

**Blickbewegungen beim Lesen
mathematischer Texte –
Neue Werkzeuge zur Analyse von Eye-Tracking-
Daten mit bijektiver Darstellung der Text-Leser-
Interaktion und erste Ergebnisse einer explorativen
Studie**

Dissertation

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Eberhard Karls Universität Tübingen
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt von
Dipl.-Math. Anja Panse
aus Lutherstadt Eisleben

Tübingen
2024

Gedruckt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Eberhard Karls Universität Tübingen.

Tag der mündlichen Qualifikation:

05.07.2024

Dekan:

Prof. Dr. Thilo Stehle

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Joachim Hilgert

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. Walther Paravicini

3. Berichterstatter:

Prof. Dr. Thomas Skill

Danksagung

Zwischen Tür und Angel auf dem D2-Flur der Universität Paderborn: „Anja, was ist das um Joachim?“... „Joachim hat Größe.“... „Danke für das Wort. Joachim hat Größe!“

Ich bin sehr dankbar, einem Menschen von solcher Weisheit und Größe begegnet zu sein. Prof. Dr. Joachim Hilgert entscheidet im Sinne seiner Mitarbeiter. Er ermöglichte beispielsweise Teammitgliedern das eigenständige Halten einer Vorlesung. Dabei stellte er all seine Unterlagen samt kompetentem und erfahrenem Rat zur Verfügung und trug für entsprechende Veranstaltungen vor dem Institut die Verantwortung. Auf Tagungen bindet er stets sein Team ins Zentrum des Geschehens ein. Entweder überlässt Joachim ganz und gar seinem Mitarbeiter die Bühne oder er übernimmt nötigenfalls selbst eine aktive Rolle. Dabei ist sich Joachim nicht zu schade, Vorschläge von Teammitgliedern in seine eigenen Folien einzubauen und die Leistungen seines Mitarbeiters dem Publikum positiv und ausführlich darzulegen.

Durch ein äußerst respekt- und vertrauensvolles sowie aufrichtiges Miteinander auf Augenhöhe erschafft Joachim eine hervorragende Arbeitsatmosphäre. Ich durfte bei einigen Projekten mit Joachim zusammenarbeiten. Unter anderem erprobten wir Lehrinnovationen für Studierende des gymnasialen Lehramts während der Studieneingangsphase und wirkten am Aufbau und der Leitung des Lernzentrums Mathematik mit. Neben fundierten Anregungen sowie weisem und lebenserfahrenem Rat, erfuhr ich vollste Unterstützung und die Förderung meiner Vorhaben. Diese Dissertation würde es in der vorliegenden Form nicht geben, wenn mir Joachim nicht die Freiheit gewährt hätte, Inhalte größtenteils mitzugestalten, nicht die Unterstützung garantiert hätte, gebietsnahe Wissenschaftler zu besuchen und mir nicht auf solch kompetente Art und Weise Betreuer gewesen wäre.

Ich bin zweifelsohne nicht in der Lage, meine Dankbarkeit für die Zusammenarbeit mit Joachim in voller Gänze darzustellen und beende den Absatz mit einem „Danke für alles, Joachim!“.

Meinem Zweitgutachter Prof. Dr. Walther Paravicini bin ich für seine große Toleranz sehr dankbar. Walther begab sich mutig mit auf die Reise einer nicht ganz

konventionellen Dissertation und erlaubte die Betrachtung so mancher abenteuerlichen Ideen. Ich danke Walther für viel Freiheit bei der Umsetzung des Themas, sein Einlassen auf nicht unbedingt normierte Ansätze sowie eine kritische Sicht auf die Realisierung des Projekts.

Meine Reise an der Universität Paderborn begann in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Katja Krüger. Ich bin sehr dankbar für eine sehr schöne Kooperation insbesondere beim Aufbau des Lernzentrums. Weiterhin tolerierte Katja meine Verbundenheit zu den Mathematikern und unterstützte sogar mein Interesse an hochschulmathematikdidaktischen Projekten. Sie verschaffte mir Ansprechpartner und Chancen auf Kooperationen. Weiterhin gewährte sie mir die Freiheit, in Projekten außerhalb ihrer eigenen Forschungsinteressen mitzuwirken.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Rolf Biehler war nach einer Vertragsverlängerung meine zweite Station an der Universität Paderborn. Auch bei Rolf durfte ich viel Toleranz und Freiheit erfahren. Ich bin sehr dankbar für finanzielle Unterstützung beispielsweise bei Dienstreisen oder materieller Ausstattung und für tolle Vernetzungsangebote im Dunstkreis des Kompetenzzentrums Hochschuldidaktik Mathematik (khdm). Mein Aufenthalt in England hätte ohne Rolf nicht stattgefunden, der Grundstein dafür wurde auf einer seiner Khdm-Tagungen gelegt. Die Zeit in England möchte ich sowohl aus wissenschaftlicher Perspektive als auch als Erfahrung an sich nicht missen.

Prof. Dr. Peter Bender war längere Zeit im Büro nebenan. Ich erinnere mich sehr gern an spannende und humorvolle Gespräche zwischen Tür und Angel mit wertvollen Tipps zu Forschung und dem wissenschaftlichen Spektakel.

Prof. Dr. Thomas Skill lernte ich auf einer Tagung kennen. Durch seine offene Haltung anderen Ideen und Denkweisen gegenüber, ist ein Erfahrungsaustausch mit ihm stets sehr gewinnbringend. Thomas verdanke ich Erkenntnisse zum Einsatz unterschiedlicher Lehrinnovationen. Des Weiteren bin ich ihm für seine Bereitschaft, in meiner Promotionskommission mitzuwirken, sehr dankbar.

Passende soziale Kontakte tragen sehr zum Wohlbefinden im Job bei. Ich darf mich sehr glücklich schätzen, Menschen zu kennen, für die Loyalität und füreinander Einstehen von Bedeutung sind. Nachfolgend möchte ich einige Kollegen und Freunde nennen, denen ich für viele, sowohl schöne als auch konstruktive, Momente und Unterstützung im Rahmen dieser Dissertation sehr dankbar bin. An erster Stelle bedanke ich mich bei Dr. Frank Feudel. Auch in schwierigen Situationen steht Frank seinen Freunden bei. Ich bin sehr dankbar für unsere Freundschaft an sich, für seinen kompetenten fachlichen und persönlichen Rat und seine Unterstützung, egal bei welchem Thema.

Die Kaffeepausen mit Dr. Birgit Griese und die späteren Begegnungen außerhalb der Uni, bei denen ich auch ihren Mann Dr. Hans-Jürgen Stoppel kennenlernen durfte, genoss ich sehr. Ich schätze Birgits authentische und emphatische Art, ihre äußerst reflektierten Sichtweisen und ihre durchdachten Standpunkte sehr.

Die Zeit mit Birgit und Hannes war immer sehr kurzweilig und interessant. Eine weitere langjährige Freundschaft verbindet mich mit Dr. Christian Bumiller alias Bodo. Auch für diese Verbindung bin ich sehr dankbar. Unschlagbar ist sicherlich Bodos Begabung, Themen, egal welcher Art, von jeglichen Seiten ausführlich zu analysieren. Die vielen Erkenntnisse, die ich mit und durch ihn gewann und seine Unterstützung in vielen Bereichen, schätze ich sehr. Im Rahmen dieser Dissertation erteilte mir Bodo beim Programmieren den nötigen Schubs in die richtige Richtung.

Prof. Dr. Stephan Elsenhans kenne ich seit meinem Mathestudium in Göttingen. Der glückliche Zufall ließ uns auch in Paderborn eine zeitlang am selben Institut tätig sein. Stephan ist, wie fast alle Mathematiker, die ich kenne, sehr hilfsbereit und gleichzeitig sehr authentisch. Diskussionen mit ihm auch über Themen außerhalb der Mathematik sind niveauvoll und unterhaltsam. Ich bin sehr dankbar für viele Gespräche und schätze seine Art, Mathematik darzustellen, sehr.

Während meines unvergesslichen Aufenthalts in England durfte ich Prof. Dr. Lara Alcock und Prof. Dr. Matthew Inglis kennenlernen. Neben einer hervorragenden Zusammenarbeit wurde ich sozial toll aufgenommen und integriert. Lara und Matthew lieferten mir bei einem Folgeaufenthalt die entscheidende Idee für die Datenaufbereitung der hier vorliegenden Studie. Ich bin sehr dankbar für viele unvergessliche Momente, eine sehr professionelle Zusammenarbeit und einen tollen menschlichen Kontakt.

Stefanie Tilch lernte ich im Lernzentrum Paderborn als Studentin kennen. Ich arbeitete mit ihr in mathematischen Veranstaltungen zusammen. Ihre Authentizität, ihr Rechtsempfinden und ihre Loyalität schätze ich sehr. Im Rahmen dieser Dissertation bin ich ihr für Hilfe bei der Label-Reference-Schlacht und beim Korrekturlesen sowie für viele Diskussionen sehr dankbar.

Neben Tätigkeiten im wissenschaftlichen Bereich war ich in den letzten Jahren auch im wirtschaftlichen Bereich jobmäßig unterwegs. Auch wenn die vorliegende Dissertation davon lediglich indirekt berührt ist, möchte ich Personen nennen, die mir durch ihre selbstlose, loyale und zuverlässige Unterstützung in einer unbekannten Arbeitswelt sehr weiterhalfen. Mein Dank gilt insbesondere Ingrid Klose, Stefanie Tilch, Norbert Ringeltaube, Mario Haase, Axel Rockrohr und Olaf Werner. Auch an dieser Stelle durfte ich die Bedeutung eines guten Teams erfahren und wieviel es Wert ist, wenn mehr der Erfolg einer Sache an sich und weniger das eigene Ego im Mittelpunkt stehen.

Ich beschließe diesen Abschnitt mit großem Dank an meine (Stief-)Eltern, die mich nach all ihren Möglichkeiten stets unterstützen.

Ganz, ganz lieben Dank Euch allen!

Ich widme diese Arbeit meinem Papa ohne den ich nicht wär, wo ich heute bin.

„Und ich wollte noch so vieles von Dir erfahren und mit Dir teilen.

Was gäb ich drum, Dich hier zu haben. Vielen, lieben Dank für alles!“

Inhaltsverzeichnis

Abstract	11
Einleitung	13
1 Theoretische Grundlagen	19
1.1 Das Mathematikstudium während der Studieneingangsphase . .	19
1.2 Die Begriffe <i>Lesen & Lesekompetenz</i> und <i>Lernen & Lernstrategie</i> .	20
1.3 Mathematische Texte	28
1.4 Prozesse beim Lesen mathematischer Texte	29
1.5 Modell zum Lesen von einführenden mathematischen Texten . .	36
1.6 Weitere Ergebnisse zum Leseverhalten beim Lesen mathemati- scher Texte	41
1.7 Blickbewegungen	44
2 Datenaufbereitung	47
2.1 Areas of Interest	47
2.2 Schwierigkeiten bei der Datenerhebung	53
2.3 Vorbereitung der Daten	53
2.4 Graphische Darstellung	54
2.5 Zusammenfassung der bisherigen Datenaufbereitung	59
2.6 Schwierigkeiten bei der Darstellung	62
3 Kenngrößen zur Analyse von Blickbewegungen	65
3.1 Strenge und liberale Trendlinien	65
3.2 Akkumulationen	75
3.3 Analyse von Blickbewegungen	78
3.4 Ein Beispiel	84
4 Die Studie	87
4.1 Rahmenbedingungen	87
4.2 Analyse des Lesetextes	89

5	Methode der Datenanalyse	97
5.1	Operationalisierung von Lesestrategien	97
5.2	Modell zur Analyse von Blickbewegungen	109
5.3	Methode zur Analyse der Daten	114
5.4	Vorgehen bei der Analyse der Daten	116
6	Datenanalyse der Probanden	133
6.1	Der Experte MUCK	133
6.1.1	Der Gesamtleseprozess	133
6.1.2	Folie 1 - Einleitender geschichtlicher Text	137
6.1.3	Folie 2 - Definition & Beispiel	148
6.1.4	Folie 3 - Beispiele	168
6.1.5	Folie 4 - Satz & Beweisbeginn	181
6.1.6	Folie 5 - Beweis	196
6.2	Die Novizin PAMIRA	229
6.2.1	Der Gesamtleseprozess	229
6.2.2	Folie 1 – Einleitender geschichtlicher Text	231
6.2.3	Folie 2 – Definition & Beispiel	243
6.2.4	Folie 3 – Beispiele	257
6.2.5	Folie 4 – Satz & Beweisbeginn	271
6.2.6	Folie 5 – Beweis	285
6.3	Die Novizin MAYA	298
6.3.1	Der Gesamtleseprozess	298
6.3.2	Folie 1 – Einleitender geschichtlicher Text	299
6.3.3	Folie 2 – Definition & Beispiel	315
6.3.4	Folie 3 – Beispiele	329
6.3.5	Folie 4 – Satz & Beweisbeginn	343
6.3.6	Folie 5 – Beweis	359
7	Ergebnisse	379
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	379
7.2	Gegenüberstellung der Beobachtungen von Experten und Novizen	455
7.3	„So <i>what and who cares?</i> “	460
7.4	Ideen für die Forschung	469
8	Anhang	475
8.1	Graphiken – Leserkonzepte und Rahmenmodell	475
8.2	Lesetext	476
8.3	Aufbereitete Daten der Probanden	479

Literaturverzeichnis	511
Index	521

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit besteht aus zwei Herzstücken: Zum einen aus der Entwicklung von Werkzeugen zur Analyse von Eye-Tracking-Daten mit bijektiver Betrachtung der Text-Leser-Interaktion und zum anderen einer ersten Verwendung dieser Werkzeuge in einer explorativen Studie. Dabei wird in beiden Teilen das große Ziel verfolgt, die Text-Leser-Interaktion so unvoreingenommen und detailreich wie möglich untersuchen zu können. Tatsächlich ist eine Entwicklung entsprechender Untersuchungswerkzeuge gelungen und wird im ersten Teil ausführlich vorgestellt. Im zweiten Teil verwenden wir die Werkzeuge für eine explorative Vergleichsstudie (Experten versus Novizen), in der wir herausfinden konnten, an welchen Textstellen ein Proband interessante Lesemuster zeigt. Des Weiteren ist es sogar möglich, Hypothesen zu Verstehensschwierigkeiten für Leser aufgrund der Schreibart des Textes anzugeben und Hinweise zum Verfassen beziehungsweise Überarbeiten von mathematischen Texten vorzuschlagen.

Abstract

This work consists of two core parts: on the one hand, the development of tools for analyzing eye-tracking data with a bijective view of the text-reader interaction and, on the other hand, the first use of these tools in an exploratory study. Both parts pursue the major goal of examining the text-reader interaction in as unbiased a way and in as much detail as possible. In fact, appropriate research tools have been developed successfully and are presented in detail in the first section. In the second section we use the tools for an exploratory comparative study (experts versus novices), in which we can see which text passages a test subject shows an interesting reading patterns. Furthermore, it is also possible to suggest hypotheses for the reader's difficulties in understanding on the basis of the writing style of the text and to suggest tips for writing or revising mathematical texts.

Einleitung

Die Aufzeichnung und Auswertung von Blickbewegungen finden seit über hundert Jahren in vielen Gebieten Anwendung. Eye-Tracking dient zur Analyse der Mensch-Stimulus-Interaktion sowie zur Untersuchung der Perzeption. Dabei finden wir Anwendungen sowohl zur Untersuchung kognitiver Prozesse (beispielsweise beim Lesen von Texten) als auch zur Analyse von Materialien (beispielsweise in der Werbeindustrie) beziehungsweise zur Diagnose von eventuellen kognitiven Einschränkungen (beispielsweise einer Legasthenie).

Wir geben eine Reihe von Beispielen an: Die Werbeindustrie ist unter anderem daran interessiert, wohin jemand auf einem Werbeplakat zuerst und wohin am längsten schaut. In der Sportpsychologie werden Reaktionen des Auges auf Täuschungsmanöver untersucht. In der Medizin werden die Art und Weise der Betrachtung von Röntgenbildern in Zusammenhang mit dem Erkennen eines Krankheitsbildes analysiert. Ein weiteres Beispiel ist das Leseverhalten von Menschen mit Lese-Rechtschreibschwäche verbunden mit der Fragestellung, inwiefern schon in jungen Jahren eventuell eine solche Schwäche aufgrund des Leseverhaltens diagnostiziert werden kann. In der Didaktik interessieren wir uns für das Leseverhalten von Probanden beim Lesen von Lehrtexten.

Herausforderungen während der Studieneingangsphase

Der Übergang Schule-Hochschule bringt für viele Studienanfänger im Fach Mathematik verschiedene Herausforderungen mit sich. Die neuen Formen der Stoffvermittlung (Vorlesungen samt Übungen versus Unterrichtsstunden) erfordern unter anderem auch neue Verhaltensweisen zur Aneignung der erforderlichen Inhalte (Nachbereitung der Vorlesung versus Hausaufgaben). Für die Nachbereitung der Vorlesung sind häufig ein begleitendes Skript in unterschiedlichen Formen (Mitschrift oder bereitgestelltes Skript) oder eventuell auch bereitgestellte Videos vorgesehen. In dieser Arbeit konzentrieren wir uns auf mathematische Texte und gehen auf das Lernen aus Videos nicht ein.

Die Lernform – Lesen mathematischer Texte – birgt eine Schwierigkeit in sich. Mathematische Texte unterscheiden sich durch eine hohe Komplexität und geringe Redundanz von Texten der Alltagssprache (Maier u. Schweiger, 1999). Das bedeutet: „Wenn in der Alltagssprache ein Verfasser oftmals nicht genau sagt, was er meint, und auch nicht genau das meint, was er schriftlich ausdrückt, ist der Leser daran gewöhnt und zumeist auch in der Lage, eine solche Differenz von „objektivem Bedeutungsgehalt“ des Texts und subjektiv intendierter Bedeutung aufgrund von Kontextwissen „zu korrigieren“. In der mathematischen Fachsprache jedoch, wo eine solche Differenz nach Möglichkeit vermieden wird (Eindeutigkeit und Vollständigkeit), ist der Leser dazu gezwungen, das Geschriebene „wörtlich“ zu nehmen; er muss sich jedenfalls des beschränkten Interpretationsspielraums bewusst sein, der ihm bei solchen Texten zur Verfügung steht“ (Maier u. Schweiger, 1999). In der Tat erscheint damit das Leseverhalten in völlig anderem Licht. Denn bei mathematischen Texten ist es „in aller Regel unverzichtbar, die – eventuell durch Prägnanz verstärkte – Informationsdichte einzelner Textteile, oft einzelner Sätze, mit Hilfe von Beispielen, Modelldarstellungen und Anwendungen aufzulösen. Es bedarf eines permanent reflektierenden, oftmals auf frühere Textstellen zurückgreifenden, intensiven Lesens, durchsetzt von Pausen der Vergegenwärtigung, der Exemplifizierung und der Anwendung. Wiederholtes Lesen gleicher Textstellen ist oftmals für ein volles Verstehen unverzichtbar“ (Maier u. Schweiger, 1999).

Arten von Untersuchungen zum Lesen mathematischer Texte in der Studieneingangsphase

An dieser Stelle gehen wir weniger auf Ergebnisse aus bereits abgeschlossenen Untersuchungen ein. Wir bieten vielmehr eine kleine Charakterisierung von verschiedenen Untersuchungen an. Bei Studien zum Lesen mathematischer Texte wurden sowohl makroskopische als auch mikroskopische Aspekte betrachtet. Die makroskopischen Aspekte beinhalten die Frage nach den bewussten Entscheidungen von Personengruppen, was sie lesen und wann, und Gründe für solche Entscheidungen. Dafür werden in der Regel Fragebögen verwendet. Die Forschungsinstrumente bei den mikroskopischen Aspekten sind unterschiedlicher Natur. Beispielsweise finden wir Interviews zu Geschwindigkeit und Reihenfolge von Leseprozessen (lesen Probanden die Einleitung und wenn ja, mit welcher Intensität). Des Weiteren lassen sich Fragen nach der Anfertigung eigener Notizen oder der Durchführung von Verständnischecks durch direkte Beobachtung der Probanden beantworten. Eine weitere Möglichkeit, mikroskopische Aspekte beim Lesen zu analysieren, bietet die Verwendung eines Eye-Trackers. Dabei wird das physische Leseverhalten durch die Analyse von Blickbewegungen un-

tersucht. An der Stelle erhalten wir keine Information über bewusste Denkprozesse, aber „very detailed analyses of aspects of reading that are only partially under conscious control“ (Rayner, 2009).

Bei allen hier vorgestellten Arten von Untersuchungen stellen wir fest, dass es schwierig zu sein scheint, die Text-Leser-Interaktion unvoreingenommen und detailreich zu erforschen. Die erste Wahl würde hierfür sicherlich auf den Eye-Tracker fallen. Da eine direkte Analyse der erhobenen Daten (in Form von Videos) bei einem komplexen Stimulus wie einem Text kaum möglich ist, werden häufig sogenannte Areas of Interest (AoIs) herangezogen. Dabei ist es erforderlich, vorher festzulegen, welche Textbereiche (AoIs) genauer untersucht werden sollen. Danach liefert die zugehörige Software in der Regel Statistiken unter anderem auch im Vergleich der unterschiedlichen AoIs. Ein unvoreingenommenes Herangehen (ohne vorherige Wahl von AoIs) finden wir in der Medizin, wo beispielsweise der Versuch unternommen wird, anhand von Blickbewegungen beim Lesen eine eventuell vorhandene Legasthenie diagnostizieren zu können. Dabei werden spezielle Blickbewegungen-Diagramme verwendet. Inspiriert von der Idee, die dynamischen Eye-Tracking-Daten unter Verwendung von statischen Diagrammen zu analysieren, betrachten wir die Diagramme von Inglis u. Alcock (2018). Deren AoI-Zeit-Diagramme liefern einen Ansatz zur statischen Darstellung von Blickbewegungen und somit eine Idee, um Leseprozesse unvoreingenommen und beliebig detailreich zu betrachten. Sie beinhalten allerdings keine bijektive Abbildung zwischen Text und Diagramm (die Position innerhalb einer Zeile ist nicht erkennbar). Ein Ergebnis dieser Arbeit ist ein Blickbewegungsdiagramm, welches eine bijektive Darstellung des Textes in dem Diagramm beinhaltet.

Dieses Werkzeug nutzen wir und untersuchen das Leseverhalten in einer explorativen Vergleichsstudie (Novizen versus Experten). Dabei möchten wir neben Erkenntnissen über das Leseverhalten der beiden Gruppen sogar erste Rückschlüsse auf das Verfassen von Texten gewinnen. Alle Ergebnisse dieser Arbeit sind als Hypothesen zu verstehen.

Technische Grenzen bei der Untersuchung des Leseverhaltens mittels Eye-Tracking

Ein wesentlicher Teil dieser Arbeit ist die Entwicklung neuer Werkzeuge zur Analyse von Eye-Tracking-Daten.

Eye tracking an sich ist eine infrarotbasierte Aufnahmetechnik. Aus einer Infrarotlichtquelle werden Strahlen auf das Auge gesendet. Unter Infrarot erscheinen zum einen die sonst schwarzen Pupillen hell, zum anderen kann die Netzhaut Infrarotstrahlen hervorragend reflektieren. Das heißt, dass wir mit einer infrarot-

empfindlichen Kamera in der Lage sind, gleichzeitig zwei Koordinaten zu erfassen: (1) ein Bild des Auges mit heller Pupille und (2) eine Reflexion der Infrarotstrahlen von der Hornhaut. Die Lage des zweitgenannten Werts auf dem Augapfel bleibt immer gleich. Um nun ein Koordinatensystem zur Erfassung von Koordinaten von Blickbewegungen festlegen zu können, benötigen wir nur noch einen „Aufhängepunkt“. Dieser wird durch die sogenannte Kalibrierung ermittelt. Während der Proband einem Ball auf dem Bildschirm mit den Augen folgt, berechnet ein Algorithmus die Position der Augen in Relation zum Bildschirm. An dieser Stelle erkennen wir sofort eine Fehlerquelle: Ändert der Proband seine Kopfhaltung, verschiebt er den ermittelten „Aufhängepunkt“. In vielen Studien wird dieser Problematik entweder durch wiederholtes Kalibrieren während der Datenerhebung oder durch Verwendung einer kopfstabilisierenden Kinnaufgabe begegnet. Wir fanden beide Vorschläge bei einer Studie zum Lesen eines mathematischen Textes als nicht zumutbar. Häufiges Kalibrieren stört den Konzentrationsfluss zu stark, eine Fixierung des Kopfes macht das Erstellen von eigenen Notizen seitens der Probanden schier unmöglich. Von daher entwickelten wir einen Algorithmus, der die fehlerhafte Verschiebung des „Aufhängepunktes“ im Nachhinein in den erhobenen Koordinaten rechnerisch wieder korrigiert.

Wir können Koordinaten von Blickbewegungen auf einem Bildschirm (die sogenannten Rohdaten) erfassen. Sie werden dann zur Darstellung der Eye-Tracking-Daten verwendet. Die dafür meist genutzten Tools sind Heat-Maps und Scan-Paths. Bei jeder dieser Visualisierungstechniken werden Areas of Interest (AoIs) verwendet. Das bedeutet, dass man den zu betrachteten Stimulus in Bereiche unterteilt, die für die zugrunde liegende Fragestellung von Bedeutung sind. Diejenigen Blickbewegungen, die in jeweils einer AoI landen, werden zusammengefasst und die Analyse wird AoI-weise durchgeführt. Bei der Betrachtung von Bildern ist dieses Vorgehen für viele Fragestellungen zielführend.

Beim Lesen von Texten werden unter anderem sogenannte Fixationspunktdiagramme verwendet. Auch hier werden AoIs festgelegt. Es gibt Untersuchungen, in denen AoIs anhand von Oberflächenmerkmalen – Formel versus Text – festgelegt werden. Aber häufig entspricht eine AoI einer Zeile. Somit ist es möglich zu erfassen, zu welcher Zeit der Proband in welcher Zeile war.

Allerdings wäre es vorteilhafter, wenn wir zusätzlich ablesen könnten, an welcher Stelle innerhalb der Zeile ein Proband liest. Für eine solche Visualisierung wird in dieser Arbeit ein Vorschlag für ein Blickbewegungen-Diagramm unterbreitet. Weiterhin entwickeln wir Werkzeuge, die uns das Lesen dieser Diagramme erleichtern sollen. „Beim abendlichen Schauen in den Himmel ist eine Sternkarte ein sehr hilfreiches Tool. Eine analoge Aufgabe erfüllen die zusätzlich entwickelten Werkzeuge.“ (Zitat: Joachim Hilgert)

Wir sind nun also in der Lage, die dynamischen Blickbewegungsdaten in einem statischen Diagramm bijektiv abzubilden. Somit können wir einen Leseprozess

in seiner Gänze nachvollziehen und konkret Textstellen benennen, an welchen jeweils auffällige Blickbewegungen festgestellt werden können, ohne vorher verdächtige Kandidaten festlegen zu müssen und diese dann als AoI auszuzeichnen.

Aufteilung

Diese Arbeit lässt sich grob in vier Blöcke unterteilen: (I) die Datenaufbereitung (II) die Implementierung eines Visualisierungswerkzeugs (III) die Entwicklung der Werkzeuge zur Analyse der Diagramme (IV) die Durchführung einer Eye-Tracking-Studie.

Kapitelweise ist dieses Werk wie folgt aufgebaut: Nach einer Darstellung von Ergebnissen zu technischen Grundlagen bei der Blickbewegungserfassung und zu Schwierigkeiten beim Lesen mathematischer Texte gehen wir in Kapitel 2 zum einen auf die Datenaufbereitung, also auf die Entwicklung eines Algorithmus zur Korrektur der fehlerhaften Verschiebung des „Aufhängepunktes“ ein. Zum anderen stellen wir den Prozess zur Darstellung der Blickbewegungen in dem neu entwickelten Blickbewegungen-Diagramm vor.

In Kapitel 3 werden die sogenannten Kenngrößen entwickelt. Diese Tools sollen eine Analyse darüber, inwiefern beispielsweise ein Rezipient einen Text fließend durchliest oder ob er an einer Textstelle hängenbleibt, ermöglichen.

In Kapitel 4 beginnt die Eye-Tracking-Studie mit der Beschreibung des Designs und der Analyse des Stimulus, also des verwendeten mathematischen Textes.

Das Kapitel 5 bereitet die Analyse der erhobenen Daten vor. Wir gehen von einem theoretischen Rahmenmodell und weiteren typischen Merkmalen zur Analyse von Blickbewegungen aus. Wir erstellen hier ein Modell zur Klassifizierung der Daten und zur Einordnung in die ausgewählten Merkmale.

In Kapitel 6 findet die eigentliche Datenanalyse statt.

In Kapitel 7 werden die Ergebnisse der Evaluation präsentiert und diskutiert. Am Ende dieser Ausarbeitung werden Vorschläge für die Lehre und Ideen für weitere Forschungsansätze gegeben.

In Kapitel 8 sind Graphiken, der verwendete Lesetext und die aufbereiteten Daten der Probanden angehängt.

Kapitel 1

Theoretische Grundlagen

Die Motivation zur Anfertigung der vorliegenden Arbeit entstand nach der Erprobung von Lehrinnovationen in der Veranstaltung „Einführung in mathematisches Denken und Arbeiten“. Im WS13/14 wurde diese als sogenannte *tutorielle Vorlesung* angeboten (Hilgert u. a., 2013, 2015). Angelehnt unter anderem an die Methode *inverted classroom* (Lage u. a., 2000, S. 32) erhielten die Studierenden zur Vorlesungsvorbereitung wöchentlich je einen Lehrtext, den sie lesen und zu dem sie Fragen oder Anmerkungen an das Lehrteam senden sollten. Die Kommentare der Studierenden ließen die Vermutung aufkommen, dass die Entnahme von Informationen aus Texten, Studierenden in der Studieneingangsphase erhebliche Schwierigkeiten bereitete.

In diesem Kapitel stellen wir bereits bekannte Ergebnisse zum Lesen mathematischer Texte vor und gehen auf Schwierigkeiten von Novizen ein. Weiterhin beschäftigen wir uns mit den Möglichkeiten der Datenerhebung und -analyse.

1.1 Das Mathematikstudium während der Studieneingangsphase

In der Studieneingangsphase eines Mathematikstudiums besteht das Angebot zur Stoffvermittlung traditionell aus Vorlesungen und Übungen.

In einer Vorlesung werden die fachmathematischen Inhalte vom Dozenten in der Regel an der Tafel präsentiert. Während er alle Definitionen, Sätze und Beweise anschreibt, liest er diese laut vor und ergänzt sie durch mündliche Kommentare (Artemeva u. Fox, 2011; Fukawa-Connelly u. a., 2017). Nach Wild u. Möller (2014, S. 13) „kann man eine Vorlesung als Text ansehen, sodass Grundlegendes zum Lernen aus schriftlichen Texten auch für mündlich Präsentiertes gilt.“

Weiterhin verlangt ein Studium der Mathematik für die Veranstaltungsform *Vorlesung (samt Übung)*, dass Studierende einen großen Teil des vorgegebenen Work-

loads mit dem eigenständigen Nachbereiten der vermittelten Inhalte inklusive der Bearbeitung der wöchentlichen Übungsaufgaben verbringen (Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, 2016).

Studierende lernen also neue mathematische Inhalte häufig, indem sie sich mit entsprechenden Texten auseinandersetzen und zwar einerseits in Form von Mitschriften beziehungsweise Lehrbüchern oder andererseits während entsprechender Veranstaltungen (Rav, 1999; Selden u. Selden, 2003; Weber, 2004).

1.2 Die Begriffe *Lesen & Lesekompetenz* und *Lernen & Lernstrategie*

Völlig im Einklang mit dem vorigen Absatz kann das Lesen (mathematischer Texte) als eine Lerngelegenheit angesehen werden (Österholm, 2006). „Sei es im traditionellen Schulunterricht (z. B. Schüler lesen im Biologiebuch), sei es in einem projektorientierten Seminar im Studium (z. B. Studierende lesen etwas in einem Buch aus der Bibliothek nach) oder sei es beim autodidaktischen Lernen (z. B. jemand liest einen Artikel aus dem Internet) – man könnte hier sicherlich noch viele weitere Lehr-Lern-Arrangements aufführen –, das Lernen aus Texten spielt immer eine bedeutsame Rolle“ (Wild u. Möller, 2014). Diesen Standpunkt nehmen auch wir in dieser Arbeit ein (siehe Abschnitt 1.1) und betrachten wie auch Wild u. Möller (2014) Lesen als eine „wichtige Lernform“. Das bedeutet unter anderem, dass Erkenntnisse zu den Themen *erfolgreiches Lernen* und *Lernstrategien* im Zusammenhang mit dem Lesen mathematischer Texte diskutiert werden können. Zunächst widmen wir uns den Begriffen *Lesen & Lesekompetenz* und *Lernen & Lernstrategie*.

Eine Definition der Tätigkeit *Lesen*

Für die Tätigkeit *Lesen* gibt es unterschiedliche Definitionen. Rosenblatt (1985, S. 100) beispielsweise definiert den „reading act as an event involving a particular individual and a particular text, happening at a particular time, under particular circumstances, in a particular social and cultural setting, and as part of the ongoing life of the individual and the group.“

Die unterschiedlichen Definitionen des Begriffs *Lesen* hängen davon ab, in welchem Fachgebiet der Leseprozess betrachtet wird (für einen ersten Überblick siehe (Christmann u. Groeben, 2013, ab S. 145)). In dieser Arbeit ziehen wir die folgende Charakterisierung von *Lesen* heran. Christmann u. Groeben (2013, S. 145) charakterisieren *Lesen als Textverstehen* als „eine Wechselwirkung zwischen Text(-Information) und Rezipienten/-innen(-Wissen): eine Text-Leser-Interaktion“. Sie geben zunächst eine „naive Vorstellung“ vom *Lesen* basierend auf den

„frühesten Kommunikationsmodellen aus der lerntheoretisch dominierten Phase der behavioristischen Psychologie (Shannon u. Weaver, 1949)“ an: „Im intuitiven Alltagsverständnis ist *Lesen* eine eher passive Rezeption dessen, was in dem jeweiligen Text an Bedeutung, Information oder Botschaft enthalten ist“. [...] „Die Problematik einer solchen Konzeption des Lesens als eher passive, vom Text determinierte Rezeption“ verdeutlichen Christmann u. Groeben (2013, S. 145) anhand von Einträgen in ein Lexikon. Weiterhin argumentieren sie unter Verwendung des Beispiels von Lexikon-Einträgen, dass „das Textverstehen auch und gerade eine kognitiv-aktive (Re-)Konstruktion von Information darstellt, in der die im Text enthaltene ‚Botschaft‘ aktiv mit dem Vor- und Weltwissen der Rezipienten/innen verbunden wird“ und zitieren Hörmann (1980): „Wir erfassen im Vorgang des Verstehens nicht nur Information, wir schaffen auch Information, nämlich jene Information, die wir brauchen, um die Äußerung in einen sinnvollen Zusammenhang stellen zu können“.

Definition Lesekompetenz

Bevor wir uns dem Begriff der Lesekompetenz widmen, klären wir zunächst, was es bedeutet, einen Text zu verstehen. In seinem Buch beschreibt Kintsch (1998) drei Stufen von Leseverständnis:

- *Surface-Component*

„When the reader is reading a text [...] that at least some of the exact words and phrases are remembered at least for a time“

- *Textbase*

„The textbase consists of the network of propositions that represent the meaning of the text, as understood by a particular reader“

- *Situation-Model*

„a construction that integrates the textbase and relevant aspects of the comprehender’s knowledge“

Um den Begriff *Lesekompetenz* zu definieren, greifen wir auf die PISA-Studie zurück (Artelt u. a., 2001). „Unter Lesekompetenz versteht PISA die Fähigkeit, geschriebene Texte unterschiedlicher Art in ihren Aussagen, ihren Absichten und ihrer formalen Struktur zu verstehen und in einen größeren Zusammenhang einzuordnen, sowie in der Lage zu sein, Texte für verschiedene Zwecke sachgerecht zu nutzen. Nach diesem Verständnis ist Lesekompetenz nicht nur ein wichtiges Hilfsmittel für das Erreichen persönlicher Ziele, sondern eine Bedingung für die

Weiterentwicklung des eigenen Wissens und der eigenen Fähigkeiten – also jeder Art selbstständigen Lernens – und eine Voraussetzung für die Teilnahme am gesellschaftlichen Leben.“

Das bedeutet, dass *Lesekompetenz* im Sinne von Artelt u. a. (2001) mit der dritten Stufe *situation model* von Textverständnis im Sinne von Kintsch (1998) gleichgesetzt werden kann.

Die Begriffe *Lernen* und *Lernstrategie*

Ziel dieses Abschnitts ist eine Festlegung von Konventionen in Bezug auf die Begriffe *Lesestrategie* und *Handlungsweise*. Dafür beschäftigen wir uns im Folgenden mit der Definition des Begriffs (*erfolgreiches*) *Lernen* und betrachten Lernstrategien und deren Klassifikationen.

Lernen und erfolgreiches Lernen

Die folgenden Informationen sind aus dem Lehrbuch von Gold u. Hasselhorn (2017) entnommen. In diesem finden wir den Begriff *Lernen* definiert als einen „Prozess, bei dem es zu überdauernden Änderungen im Verhaltenspotenzial als Folge von Erfahrungen kommt“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 35). Die Autoren betrachten verschiedene Zielsetzungen beim Lernen. Wir konzentrieren uns bei Lernprozessen auf das Ziel des Wissenserwerbs.

Für eine Definition von *erfolgreichem Lernen* muss die Perspektive benannt werden, aus welcher der Lernprozess bewertet wird. An dieser Stelle betrachten wir den Standpunkt des Lernenden. Gold u. Hasselhorn (2017, S. 65) ziehen als Ausgangspunkt für *erfolgreiches Lernen* „das Ende der 1980er Jahre von Pressley u. a. (1989) skizzierte Modell der »guten Informationsverarbeitung«“ heran und schreiben: „Auf der Basis der Informationsverarbeitungsmodelle des menschlichen Gedächtnisses haben die Autoren das strategische und reflexive Verhalten der Lernenden als Grundlage allen erfolgreichen Lernens bezeichnet. Sie sind der Überzeugung, dass ein planvolles und selbstgesteuertes, also selbstreguliertes Lernverhalten, Voraussetzung für das Erlernen aller bedeutungshaltigen Inhalte ist (Pressley u. McCormick, 1995).“ Gold u. Hasselhorn (2017, S. 66) haben das GIV-Modell (Modell der »guten Informationsverarbeitung«) dargestellt. Dabei „handelt es sich um eine Art Merkmals- oder Checkliste erfolgreich Lernender. Pressley u. a. (1989) schreiben den »guten Informationsverarbeitern« die folgenden Merkmale zu:

- Sie planen ihr Lernverhalten.
- Sie nutzen effiziente Lernstrategien.

- Sie wissen, wie, wann und warum solche Strategien einzusetzen sind.
- Sie sind motiviert, diese Strategien einzusetzen.
- Sie nutzen Lernstrategien zunehmend automatisch.
- Sie überwachen ihre Lern- und Leistungsfortschritte.
- Sie reflektieren ihr Lernverhalten.
- Sie verfügen über ein Kurzzeitgedächtnis mit hoher Kapazität.
- Sie verfügen über ein reichhaltiges Weltwissen.
- Sie vertrauen ihren Lernfähigkeiten.
- Sie sind davon überzeugt, dass sie sich stets weiter verbessern können und halten dies auch für wünschenswert.
- Sie stellen sich immer wieder neue(n) Anforderungen.“

Strategie und Lernstrategie

Die obige Liste des GIV-Modells liefert konkrete Handlungsmuster für erfolgreiches Lernen. Sie spiegelt abermals den von Gold u. Hasselhorn (2017) und Pressley u. a. (1989) dargebotenen Zusammenhang zwischen erfolgreichem Lernen und entsprechenden Strategien des Lernens wider. Wir betrachten nun den Begriff *Strategie* näher. Zunächst geben wir eine Definition und Merkmale einer Strategie an. Abschließend betrachten wir den konkreten Begriff *Lernstrategie*.

Strategie „Eine *Strategie* besteht aus einer kognitiven Operation oder einer Sequenz unabhängiger kognitiver Operationen, die den zwangsläufig beim Bearbeiten einer Aufgabe stattfindenden Prozessen übergeordnet sind und auf diese zurückgreifen. Strategien dienen kognitiven Zielen (z. B. dem Verstehen oder Behalten) und sind potentiell bewusste und kontrollierbare Aktivitäten (Pressley u. a., 1985, S. 4).

Die Definition von Pressley u. a. (1985) trifft schon die beiden Hauptmerkmale, die in späteren Präzisierungen des Strategiebegriffs als notwendige Bestandteile identifiziert wurden: die Zielgerichtetheit und die Tatsache, dass es sich bei Strategien stets um mehr handeln muss als nur um die obligatorischen Vorgänge und Erfordernisse bei der Bearbeitung von Reizinformationen. Nach einer Sichtung der einschlägigen Literatur konnte Hasselhorn (1996) sechs weitere häufig angeführte Merkmale von Strategien identifizieren: dass Strategien (1) absichtlich, (2) bewusst und (3) spontan eingesetzt werden, dass sie vom Lernenden (4)

ausgewählt und (5) kontrolliert werden und dass der Strategieeinsatz (6) Anteile der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses verbraucht.“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 88)

Lernstrategie Den äußeren Rahmen dieses Abschnitts bildet der Standpunkt eines Lernenden, dessen Lernprozess anhand des Merkmals *Erfolg* bewertet werden kann. Wie oben dargestellt, hängt Erfolg von entsprechenden Strategien ab, die während des Lernprozesses angewandt werden. Wir befinden uns also in einer konkreten Lernsituation. Somit spezifizieren wir den Begriff *Strategie* und betrachten *Lernstrategien*. Gold u. Hasselhorn (2017, S. 89) geben folgende Definition des Begriffs *Lernstrategie* an: „Unter Lernstrategien versteht man Prozesse bzw. Aktivitäten, die auf ein Lern- oder Behaltensziel ausgerichtet sind und die über die obligatorischen Vorgänge bei der Bearbeitung einer Lernanforderung hinausgehen. Lernstrategien weisen wenigstens eine zusätzliche Eigenschaft auf, indem sie entweder intentional, bewusst, spontan, selektiv, kontrolliert und/oder kapazitätsbelastend sind bzw. eingesetzt werden.“

Klassifikation von Lernstrategien

In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns mit Klassifikationen beziehungsweise Taxonomien von Lernstrategien. „Zu den prominentesten Taxonomien von Lernstrategien gehört die Unterscheidung zwischen kognitiven Strategien, metakognitiven Strategien und Stützstrategien des externen Ressourcenmanagements (Dansereau, 1985; Weinstein u. Mayer, 1986)“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 89). Wir interessieren uns im Rahmen dieser Arbeit zum einen für interne Bedingungen für erfolgreiches Lernen. Somit betrachten wir einerseits kognitive und metakognitive Lernstrategien. Weiterhin spielen beim erfolgreichen Lesen mathematischer Texte auch ausgewählte Stützstrategien eine Rolle. Deswegen betrachten wir Details zu diesen Strategien auf Basis von Wild u. Schiefele (1994).

Kognitive Strategien

„*Kognitive Strategien* werden üblicherweise gemäß ihrer besonderen Funktionen im Lernprozess unterteilt. Die Bezeichnungen fallen dabei eher phänomenologisch aus, indem zwischen Memorier- oder Wiederholungs- sowie Organisations- und Elaborationsstrategien unterschieden wird (z. B. (Friedrich u. Mandl, 1992), (Wild, 2000)). In Anlehnung an (Mayer, 2003) bevorzugen wir eine funktionale Beschreibung der unterschiedlichen Kategorien kognitiver Strategien und schlagen vor, von mnemonischen Strategien, strukturierenden Strategien und von generativen Strategien zu sprechen.“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 90)

Mnemonische Strategien. „Mnemonische Strategien oder Mnemotechniken sind Techniken, die dabei helfen, neue Informationen im Arbeitsgedächtnis zu halten, um eine Verknüpfung mit dem bereits vorhandenen (aber nicht spontan aktivierten) Vorwissen zu unterstützen.“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 90)

Strukturierende Strategien. „Die strukturierenden Strategien (Mayer, 2003) zielen auf die internen Verknüpfungen und Strukturen des Lernmaterials. Dabei geht es darum, aus der Vielzahl von Informationen die relevanten herauszusuchen und in einer verstehens- und behaltensförderlichen Weise aufeinander zu beziehen.“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 91)

Generative Strategien. „Wittrock (1974) hat Lernen als eine »generative Aktivität« bezeichnet, weil der Lernende aktiv Beziehungen zwischen Ideen bzw. Informationen herstellen muss. Solche Aktivitäten bezeichnen wir in Anlehnung an einen Vorschlag von Mayer (2003) als *generative Strategien*. Sie haben zum Ziel, ein tieferes Verständnis zu erzeugen. Im Gegensatz zu den Strukturierungsstrategien geht es dabei nicht um eine Reduktion der Informationsvielfalt, sondern um eine Elaboration relevanter Informationen und um Maßnahmen der Verknüpfung mit dem bereits verfügbaren Vorwissen. Eine generative Strategie wäre z. B. die Analogienbildung. Analogien können hilfreich sein, um bestimmte Merkmale des neu zu Erlernenden besser zu verdeutlichen. Eine weitere wirksame Strategie dieser Art ist die Selbstbefragung. Generiert der Lernende Fragen an den Text und versucht diese unter Rückgriff auf den Text und auf sein verfügbares Vorwissen zu beantworten, so führt dies zu besseren Verstehens- und Behaltensleistungen (z. B. (Singer, 1978)). Ob es sich allerdings bei der Selbstbefragung noch um eine kognitive oder schon um eine metakognitive Strategie handelt, ist zumindest fraglich.“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 91/92)

Metakognitive Strategien

„Der flexible, kritische und reflektierte Umgang mit kognitiven Strategien gewinnt mit zunehmender Komplexität der Lernanforderung an Bedeutung. Als Schlüssel eines kritisch-reflektierten Lernens gelten übergeordnete Strategien der *Planung*, *Überwachung*, *Bewertung* und der darauf basierenden *Regulation* des eigenen Lernprozesses. Diese werden als *metakognitive Strategien* bezeichnet, da sie auf die Steuerung und Kontrolle der kognitiven Strategien ausgerichtet sind (Brown, 1978), (Borkowski u. Turner, 1990, Kap. 6.4). Kritisch-reflexivem Lernen liegt ein Wechselspiel metakognitiver Prozesse zugrunde, das sich je nach Phase des Lernprozesses, in dem sich die lernende Person gerade befindet, unterschiedlich ausgestaltet.“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 92)

Planung. „Die *Planung* steht am Beginn einer Aufgabe, ist also essentiell für die frühen Phasen eines Lernprozesses. Dazu gehört zum einen die Feststellung, welches Ziel überhaupt angestrebt wird, und zum anderen, wie dieses Ziel erreicht werden kann. Klauer (2000) hat eine hilfreiche Unterscheidung für die Zielfestlegung vorgeschlagen, indem er zwischen den eigentlichen Planungszielen (primäre Ziele) und den sogenannten Effizienzzielen des Lernens (sekundäre Ziele) differenziert“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 92). Zur Verdeutlichung der beiden Ziele nennen Gold u. Hasselhorn (2017, S. 92) als ein primäres Ziel „einen Text über den Niedergang der Weimarer Republik für eine angekündigte Klausur im Fach Geschichte durchzuarbeiten, während ein assoziiertes sekundäres Ziel sein mag, dafür nicht mehr als drei Stunden Arbeitszeit investieren zu müssen und (dennoch) eine gute Benotung zu erhalten.“

Überwachung und Regulation. „*Überwachung* bezieht sich nicht nur auf die Feststellung von Ist-Soll-Diskrepanzen, sondern auch auf die Korrektur einer Aufgabenbearbeitung bzw. auf das kritische Begleiten des eigenen Bearbeitungsfortschritts. [...] Hacker (1998) sieht eine wesentliche Funktion der Überwachung darin, Informationen über den bereits erreichten Lernstand bzw. das erreichte Verständnisniveau zu sammeln. Durch die Überwachung angeregt, werden Prozesse der *Regulation* ausgelöst, die das Verstehen und Behalten steuern. Im Ergebnis tragen diese Regulationsprozesse dazu bei, die Ressourcen für eine Aufgabenbearbeitung klarer zu definieren, eine konkrete Abfolge von Schritten für die Bearbeitung festzulegen und die Intensität und Geschwindigkeit des strategischen Vorgehens genauer zu bestimmen (Hacker, 1998)“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 92/93).

Bewertung. „Die *Bewertung* erfolgt nach Beendigung einer Lernaufgabe. In enger Bezugnahme auf den vorangegangenen Planungsprozess wird nun beurteilt, ob die Ergebnisse mit den gesetzten Zielen übereinstimmen. Gleichzeitig ist auch von Relevanz, ob der Lernprozess so wie vorgestellt abgelaufen ist. Waren die vorher ausgewählten Strategien wirklich hilfreich gewesen oder zeigte es sich schon während der Aufgabenbearbeitung, dass einige Strategien nicht zum erwünschten Effekt führten? Konnte der selbst gesetzte Zeitplan eingehalten werden, oder war die eingeplante Zeit gar zu großzügig bemessen? Schraw u. Moshman (1995) haben darauf hingewiesen, dass die Reflektion solcher Fragen auch Auswirkungen auf die Art der Bearbeitung zukünftiger Aufgaben hat. So trägt auch das Bewerten zu einer ständigen Verbesserung und Verfeinerung des Lernprozesses und zur strategischen Expertise bei“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 93).

Ressourcenbezogene Lernstrategien

„Ein wesentlicher Teilbereich des Lernerverhaltens umfasst die Verfügbarmachung von Ressourcen, die das eigentliche Lernen unterstützen oder vor äußeren Einflüssen abschirmen. Dies sind Selbstmanagementaktivitäten, die Lernaktivitäten insgesamt organisieren. Hierzu gehören beispielsweise die Suche oder Gestaltung einer günstigen Lernumgebung, ein effektives Planen der Arbeitszeit oder Formen der Selbstmotivation. Dansereau (1985) sowie Friedrich u. Mandl (1992) gebrauchen hier den Begriff der Stützstrategien; wir bezeichnen diesen Bereich in Anlehnung an die Terminologie des MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) als ressourcenbezogene Lernstrategien. Darüber hinaus erscheint uns eine Unterteilung dieses Bereichs in die Beeinflussung externer und interner Ressourcen zum differenzierten Verständnis der Lernorganisation hilfreich zu sein“ (Wild u. Schiefele, 1994, S. 187).

Interne Ressourcen. „Die Bereitstellung interner Ressourcen betrifft das Management der eigenen Anstrengung («effort management»), das Management des eigenen Zeitbudgets («time management») und die Investition von Aufmerksamkeit und Konzentration («attention management»)“ (Wild u. Schiefele, 1994, S. 187).

Externe Ressourcen. „Die Nutzung externer Ressourcen für den eigenen Lernerfolg kann durch die Nutzung der Lernumgebung, das Hinzuziehen zusätzlicher Literatur oder durch die Nutzung der Möglichkeiten von Arbeitsgruppen geschehen.“ (Wild u. Schiefele, 1994, S. 187)

Konventionen – *Lesestrategie* und *Handlungsweise*

An dieser Stelle weisen wir auf die folgende Wahl von Bezeichnungen in dieser Arbeit hin. Wir sprechen von einer *Lesestrategie*, wenn bei der kognitiven Operation neben der Zielgerichtetheit (Pressley u. a., 1985) auch die sechs Merkmale (siehe 1.2), dass Strategien (1) absichtlich, (2) bewusst und (3) spontan eingesetzt werden, dass sie vom Lernenden (4) ausgewählt und (5) kontrolliert werden und dass der Strategieeinsatz (6) Anteile der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses verbraucht (Hasselhorn, 1996) inbegriffen sind. (Beispielsweise: „Ich möchte mir einen Überblick über die Sachverhalte in diesem Text verschaffen“ oder „Ich möchte einen bestimmten technischen Schritt detailliert nachvollziehen.“)

Weiterhin zeigt ein Rezipient beim Lesen *Handlungsweisen* (Beispielsweise: zügiges Lesen von Einleitung, Definitionen und Sätzen samt Überspringen der Beweise oder sofortiges Springen zu einer bestimmten Textstelle und dortiges

längeres Verweilen oder Kopieren von Formeln aus dem Text). Die Wahl von Handlungsweisen kann sowohl bewusst als auch unbewusst erfolgen. Des Weiteren geht einer Handlungsweise nicht zwingend eine bewusste Wahl einer Strategie voraus.

1.3 Mathematische Texte

Das sinnentnehmende Lesen von Fachliteratur wird heutzutage in vielen Fachrichtungen von den Lehrenden als problematisch angesehen. In der Mathematik stehen Studierende gerade in der Studieneingangsphase vor einer besonderen Herausforderung. Sie begegnen mathematischen Texten, die durch eine Andersartigkeit im Vergleich zu anderen Lehr- und später auch wissenschaftlichen Texten herausstechen. Auf diese Andersartigkeit gehen wir nun ein und zitieren Maier u. Schweiger (1999, S. 49) (vergleiche auch Barton u. Heidema (2002)).

In der Mathematik ist man „in besonderer Weise bestrebt, Sachverhalte und Ideen mit einem möglichst geringen Aufwand an sprachlichen Mitteln darzustellen. Prägnante Sätze, die zugleich auch eindeutig und vollständig sind, werden als elegant bzw. sogar als Ausdruck fachlicher Qualifikation empfunden. Im Einzelnen ist mit dem Bemühen um Prägnanz folgendes gemeint:

- Man belegt relativ einfache Symbole und Ausdrücke mit einem möglichst großen Bedeutungsumfang, so dass mit geringen sprachlichen Mitteln relativ viel Information übermittelt werden kann.
- Man formuliert Sätze so knapp, wie es eine sachgerechte Beschreibung des jeweiligen Sachverhalts ohne Informationsverlust eben noch zulässt. Man vermeidet jede Art von Redundanz.
- Die Wahl der Notationen und zugehörigen Sprechweisen erfolgt nach dem Prinzip der Zweckmäßigkeit und des minimalen Aufwandes.“

In vielen mathematischen Texten befinden sich Beweise. Sie bestehen häufig aus einer Folge von Argumenten (Rav, 1999, S. 14/15). Außerdem besitzt ein Beweis, neben solch einer Folge, eine logische Struktur. Diese besteht aus „logical components of proofs: indeed, these components are the nuts and bolts for holding together the conceptual framework engendered by the methodological components of proofs“ (Rav, 1999, S. 29). (Fallis, 2003) weist insbesondere bei Beweisen darauf hin, dass „mathematicians sometimes intentionally leave gaps in their proofs“ und gibt eine Charakterisierung dieser Lücken an.

1.4 Prozesse beim Lesen mathematischer Texte

In diesem Kapitel nehmen wir den Leseprozess beim Lernen aus mathematischen Texten in den Fokus. Aus der Charakterisierung von mathematischen Texten (Abschnitt 1.3) folgt, dass, schon nach dem Lesen relativ weniger Zeilen, eine große Menge an Informationen auf den Leser zukommt. Die Frage, wie diese Informationen verarbeitet werden, führt uns in die pädagogische Psychologie zum Gebiet *Lernen* genauer zur *selektiven Aufmerksamkeit*. Wir starten diesen Abschnitt mit einem kleinen Ausflug in das Thema und ziehen das Buch von Gold u. Hasselhorn (2017) heran. Danach betrachten wir eine Unterteilung des Gesamtleseprozesses in Teilprozesse (*Zooming-in* und *Zooming-out*) und charakterisieren diese beiden Prozesse. Danach gehen wir auf verschiedene Handlungsmuster beim Lesen mathematischer Texte ein und stellen abschließend bekannte Verhaltensmuster unterschiedlicher Personengruppen während eines Leseprozesses dar.

Selektive Aufmerksamkeit

„Der Engländer Donald Broadbent hat sich bereits früh mit der Frage beschäftigt, wie unser Informationsverarbeitungssystem die ständige Überflutung durch sensorisch registrierte Informationsmerkmale bewältigt. Dabei inspirierte ihn eine Aufmerksamkeitsleistung der für die Radarüberwachung von Flugzeugen zuständigen Soldaten im Zweiten Weltkrieg. Diesen gelang es nämlich, mit verschiedenen Piloten gleichzeitig zu kommunizieren, obgleich deren Stimmen nur über einen einzigen Lautsprecher zu hören waren. Auf der Basis zahlreicher Experimente formulierte Broadbent (2013) die sogenannte Filtertheorie der Aufmerksamkeit, die von einer grundsätzlich beschränkten Informationsverarbeitungskapazität des Menschen ausgeht. Danach reguliert die Aufmerksamkeit den Informationsfluss von den sensorischen Registern zum Arbeitsgedächtnis. Die Aufmerksamkeit bzw. die Aufmerksamkeitszuwendung hat die Funktion eines Filters und wirkt wie ein früher Engpass oder Flaschenhals, der im Ergebnis dafür verantwortlich ist, dass nur einige wenige Informationen im kognitiven System weitergeleitet werden. Broadbents Filtertheorie der Aufmerksamkeit besagt nun, dass die Auswahl der weiter zu verarbeitenden Informationen bereits sehr früh im Prozess der Informationsverarbeitung stattfindet. Die Frage, wann genau die Selektion aufgrund von Informationsmerkmalen geschieht und welche ihrer Bestandteile in welchem Umfang »voranalysiert« werden, hat zu zahlreichen experimentellen Analysen und theoretischen Auseinandersetzungen geführt (vgl. Pashler u. Taylor (1998); Yantis u. a. (2000)) Dabei hat sich herausgestellt, dass es wohl unterschiedliche Filter gibt, die für den Flaschenhalseffekt verantwortlich sind. Ihre Funktionsweise wird sowohl von den Reizmerkmalen selbst (Bottom-

up) als auch von den Zielen und dem Vorwissen der die Informationen verarbeitenden Person (Top-down) beeinflusst. Eine hilfreiche Klassifikation der für die Aufmerksamkeitszuwendung beim absichtlichen Lernen relevanten Prozesse stammt von Neisser (1967). In seiner Zwei-Prozess-Theorie der selektiven Aufmerksamkeit unterscheidet Neisser zwischen einem Diskriminationsprozess, in dessen Verlauf die in den sensorischen Registern festgehaltenen Informationsmerkmale danach beurteilt werden, ob sie relevant sind oder nicht, und einem Prozess der Zuweisung der vorhandenen (und begrenzten) Aufmerksamkeitskapazität auf die als relevant erkannten Informationsmerkmale (Fokussierung)“. (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 69/70) „Die beiden von (Neisser, 1967) unterschiedenen Funktionen wurden ursprünglich im Sinne zweier singulärer Prozesse aufgefasst. Es hat sich in den Analysen zur selektiven Aufmerksamkeit jedoch gezeigt, dass die Funktion der Kapazitätszuweisung über wenigstens zwei weitere, sich durchaus in unterschiedlicher Weise entwickelnde Prozesse realisiert wird: (1) durch das Fokussieren relevanter Information und (2) durch das hemmende Unterdrücken irrelevanter Information.“ (Gold u. Hasselhorn, 2017, S. 157)

Charakterisierung der Leseprozesse

Beim Lesen mathematischer Beweise finden wir eine Unterteilung von Denkbeziehungsweise Leseprozessen in lokale und globale Prozesse (Rav, 1999; Selden u. Selden, 2003; Weber, 2008; Weber u. Mejia-Ramos, 2011; Inglis u. Alcock, 2012). Für einen möglichen Ansatz zur Erläuterung dieser Unterteilung ziehen wir die Filtertheorie (siehe Abschnitt 1.4) von Broadbent (2013) beziehungsweise die Analysen von Pashler u. Taylor (1998) und Yantis u. a. (2000) heran. Mathematische Texte zeichnen sich durch ein hohes Maß an Komplexität aus (siehe Abschnitt 1.3). Das bedeutet, dass wir unterstellen können, dass die grundsätzlich beschränkte Informationsverarbeitungskapazität dazu führen kann, dass eine „Auswahl der weiter zu verarbeitenden Informationen bereits sehr früh im Prozess der Informationsverarbeitung stattfindet“ (Gold u. Hasselhorn, 2017). Wir können von der Anwendung unterschiedlicher Filter ausgehen (Pashler u. Taylor, 1998; Yantis u. a., 2000). Für einen globalen Leseprozess könnte eine Top-down-Funktionsweise (beispielsweise globales Verständnis als ein Leseziel) eines Filters als Ursache für dessen Anwendung dienen und für einen lokalen Leseprozess entsprechend eine Bottom-up-Funktionsweise (beispielsweise ein lokaler Stolperstein als Ursache eines lokalen Leseprozesses).

Wir werden diese Leseprozesse nun näher beschreiben. Die Begriffe *Zooming-in* und *Zooming-out* bezeichnen in dieser Arbeit disjunkte Teilprozesse eines Gesamtleseprozesses. Disjunkt deswegen, weil wir aufgrund der Filtertheorie von Broadbent (2013) samt den Analysen von Pashler u. Taylor (1998) und Yantis u. a. (2000) davon ausgehen, dass beide Prozesse nicht gleichzeitig stattfinden können.

Sicherlich können diese Prozesse während eines Gesamtleseprozesses in verschiedener Anzahl und mit unterschiedlicher Gewichtung auftreten. Die Verteilung der Gewichte hängt dabei von der gewählten Strategie ab.

Der *Zooming-in*-Prozess

Wir gehen nun auf die von Fallis (2003) aufgegriffenen Lücken in Beweisen ein. Zum Erreichen von Textverständnis ist es nötig diese zu füllen. Ein Vorgehen liefert Rav (1999, S. 14/15): „In reading a paper or monograph it often happens – as everyone knows too well – that one arrives at an impasse, not seeing why a certain claim B is to follow from claim A , as its author affirms. Let us symbolise the author’s claim by $A \rightarrow B$. (The arrow functions iconically: there is an informal logical path from A to B . It does not denote formal implication.) Thus, in trying to understand the author’s claim, one picks up paper and pencil and tries to fill in the gaps. After some reflection on the background theory, the meaning of the terms and using one’s general knowledge of the topic, including eventually some symbol manipulation, one sees a path from A to A_1 from A_1 to A_2 , ..., and finally from A_n to B . This analysis can be written schematically as follows:

$$A \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_2, \dots, A_n \rightarrow B.$$

Explaining the structure of the argument to a student or non-specialist, the other may still fail to see why, for instance, A_1 ought to follow from A . So again we interpolate $A \rightarrow A', A' \rightarrow A_1$. But the process of interpolations for a given claim has no theoretical upper bound. “Rav (1999) schlägt also vor diese Lücken durch Konstruktion geeigneter Unterargumente zu füllen. Selden u. Selden (2003, S. 25) beschreiben in ihrer Studie ähnliches: „Most students seemed content to attempt a careful line-by-line check to see whether each mathematical assertion followed from previous assertions“. Allerdings beinhaltet der *Line-by-Line-Check* auch das Heranziehen von Beispielen: „Several students said that they would try to go through a proof with an example, but few gave evidence of doing so during their validations“ (Selden u. Selden, 2003, S. 26). Auch Weber u. Mejia-Ramos (2011, S. 340) gehen auf die Interpretation eines Beweis als eine Reihe von Argumenten ein. Sie betrachten ebenso das Füllen von eventuellen Verständnislücken und bezeichnen diesen Vorgang als *Zooming-in*-Strategie: „...mathematicians may attempt to understand and increase their overall confidence in a proof by viewing the proof as a series of inferences and looking carefully at each inference within a proof. Figuratively speaking, we say the mathematicians attempt to reach these goals by zooming in on the problematic parts of the proof.“ Sie konnten in ihren Experteninterviews auch die Verwendung von Beispielen als Strategie zum Füllen von Verständnislücken finden: „However, mathematicians also seem to

employ non-deductive arguments to reach this goal. Six of the nine mathematicians in this study claimed to use examples to help them understand a proof. Indeed, several of them described a process by which the line-by-line reading of the proof would be accompanied by a parallel study of one or more specific examples.“ Inglis u. Alcock (2012) vergleichen die von Rav (1999) erforderlichen Schritte $A_i \rightarrow A_{i+1}$ mit den von Toulmin (1958) eingeführten „Warrants: a justification that allows the reader to conclude that A_{i+1} follows from some subset of $A_i, A_{i-1}, \dots, A_1$, and known axioms, definitions, or theorems.“ Manchmal treten solche Warrants in mathematischen Beweisen implizit auf. Weber u. Alcock (2005) schreiben dazu: „A warrant might not be explicitly written, especially if the author thinks that it is easy to infer.“ Nach Inglis u. Alcock (2012) steht der Leser bei der Begegnung mit einem warrant drei Aufgaben gegenüber: „He or she must (a) accurately determine when a warrant is required, (b) correctly infer the implicit warrant intended by the author, and (c) evaluate the warrant’s mathematical validity.“

Der *Zooming-out*-Prozess

Mathematiker benutzen nicht nur eine *Zooming-in*-Strategie. Zum Verstehen der logischen Struktur bestehend aus den *logical components* (Rav, 1999, S. 29) eines Beweises, gehen Mathematiker in einen Prozess, der von Weber u. Mejia-Ramos (2011, S. 341) als *Zooming-out* bezeichnet wird. Mit dieser Strategie betrachten Mathematiker „the high-level structure of the proof and thinking carefully about, not the individual inferences, but the ideas or methods in the proof“ (Weber u. Mejia-Ramos, 2011, S. 341).

Weber (2008) unterstreicht das Auftreten solch eines Leseprozesses, indem er 8 Mathematikprofessoren von regionalen Universitäten in den südlichen Vereinigten Staaten interviewte. Jeder der Probanden war ein erfolgreicher aktiver Forscher und relativ jung. Weiterhin hatten alle Teilnehmer einen Doktorgrad an einer bekannten Forschungsuniversität erworben und mehrere Artikel in angesehenen Zeitschriften über ihre jeweiligen Forschungsgebiete publiziert. Außerdem waren sie zwischen drei und zehn Jahren als Mitglieder in einem Mathematikfachbereich tätig und hatten diverse Lehrerfahrungen. Weber (2008) räumt ein, dass seine Ergebnisse eventuell nicht auf Mathematiker verallgemeinert werden können, wenn sie nicht alle der obigen Eigenschaften erfüllen, beispielsweise auf Mathematiker, die nicht mehr aktiv forschen. Die Probanden wurden gebeten, Beweise zu validieren und während dieses Prozesses laut zu denken. In einem weiteren Teil der Studie wurden jedem Probanden Fragen in Hinblick auf sein Verhalten beim Validieren eines Beweises gestellt. Ein Ergebnis bei Weber (2008) bezieht sich auf das Verhalten der Probanden zu Beginn ihres Validierungsprozesses. Die Probanden beschrieben, dass sie zuerst die Struktur des Beweises che-

cken bevor sie zu einer zeilenweise Verifizierung übergehen. Dabei nennt Weber (2008) die folgenden Beispiele von Antworten der Mathematiker auf die Frage „How do you determine whether or not an argument is a valid proof?“.

„Math. B: I will first try to understand the structure of the proof, to get an overview of the argument that’s being used. After that, if that’s reasonable, I’ll check the individual steps to make sure each of them are valid.

Math. E: I first look for a thread of logic. I ask myself, what is this person trying to accomplish? What techniques are they doing? What is the thread of logic running throughout the proof? After that I look at the statements in the proof. If I don’t see how a statement follows, I try to verify the statement is clear and obvious.

Math. C: I just read through the proof to just to get the big picture, just to get the feel, to get the flow of it and then go back and get the details...I would try and glance over it to see the general flow, and then go line by line.

Math. F: I ask myself, what is the person trying to show and how are they trying to show it? Then I look at each step in the proof, see if the step follows from the previous ones, and see if the steps put together actually does what the author is trying to do.“

Die Mathematiker in der Studie von Weber (2008) beschreiben hier also eine Facette der Zooming-out-Strategie zu Beginn eines Validierungsprozesses.

Inglis u. Alcock (2012) und Inglis u. Alcock (2018) untersuchten das Leseverhalten beim Lesen mathematischer Texte in Hinblick auf eine anfängliche Zooming-out-Strategie (welche sie auch als „Initial-Skimming-Strategy“ bezeichnen), also die Frage, ob die Probanden ein erstes schnelles Durchlesen des Textes vollzogen haben. An der zweiten Studie nahmen zehn Experten („assistent professor or higher level“) der School of Mathematics at Loughborough University teil. Jeder von ihnen war aktiv in der Forschung tätig und hatte zahlreiche wissenschaftliche Beiträge veröffentlicht. Bei fünf der Experten handelte es sich um angewandte Mathematiker, vier waren reine Mathematiker und einer war Statistiker. Es waren acht Nationalitäten vertreten. Die Probanden wurden gebeten, einen selbst gewählten wissenschaftlichen Artikel, den sie demnächst lesen wollten aber damit noch nicht begonnen hatten, am Bildschirm zu lesen. Bei beiden Studien erhielten sie das Ergebnis, dass keine Zooming-out-Strategie vorliegt.

An dieser Stelle wenden wir ein, dass ein kritischer Blick auf die in Kapitel 5.1 (S. 105) vorgestellte Operationalisierung von Zooming-out nützliche Hinweise auf die Diskrepanz der Ergebnisse von Weber (2008) und Inglis u. Alcock (2012) beziehungsweise Inglis u. Alcock (2018) geben könnte.

Unser Standpunkt

Wir können zusammenfassend festhalten, dass beim sinnentnehmenden Lesen mathematischer Beweise sowohl lokale als auch globale Lese- und Denkprozesse stattfinden. Dabei sind die Techniken während dieser Prozesse unterschiedlich. Für die Beschäftigung des Lesers mit eigenen lokalen Verständnisschwierigkeiten verwenden wir in dieser Arbeit den Begriff des *Zooming-in*-Prozesses, für einen globalen Verstehensprozess den des *Zooming-out*-Prozesses. In der Literatur sind häufig die Begriffe *Zooming-in-Strategy* beziehungsweise *Zooming-out-Strategy* zu finden. Allerdings interpretieren wir diese Begriffe in der hier vorliegenden Arbeit weniger als Strategien im Sinne der Definition aus Abschnitt 1.2, sondern vielmehr als Prozesse.

Bei der Betrachtung von Handlungsmustern eines Lesers (siehe Abschnitt 1.4) stehen wir auf dem Standpunkt, dass jedes Handlungsmuster sowohl während eines *Zooming-in*- als auch während eines *Zooming-out*-Prozesses verwendet werden kann.

Weiterhin differenzieren wir zwischen *Zooming-out* und *Skimming*. Unter *Skimming* verstehen wir hier angelehnt an Inglis u. Alcock (2012) und Inglis u. Alcock (2018) ein Handlungsmuster, bei welchem ein Leser zunächst einen Durchgang durch entsprechend lange Teile des Textes oder den gesamten Text vollzieht. Danach erfolgt ein weiterer aber langsamerer Durchgang durch große Teile der zuvor gelesenen Bereiche. An dieser Stelle wollen wir darauf hinweisen, dass die Verwendung von Zettel & Stift häufig als zu dem Leseprozess zugehörig angesehen wird. (vgl. Houston (2012), Shepherd u. a. (2012), Shepherd u. Van De Sande (2014)). Das unterstützen wir und begreifen in dieser Arbeit das oben beschriebene Verhalten auch dann als *Skimming*, wenn der zweite Durchlauf deswegen langsamer ist, weil der Proband Zettel und Stift verwendet und beispielsweise Teile aus dem Text kopiert.

Handlungsmuster beim Lesen mathematischer Texte

Es ist bekannt, dass „reading mathematics requires unique knowledge and skills not taught in other content areas“ (Barton u. Heidema, 2002). Nach Maier u. Schweiger (1999, S. 49) muss der Leser „den anstrengenden Versuch unternehmen die Bedeutung von Fachausdrücken bzw. die geänderte Bedeutung der als Fachausdrücke verwendeten Ausdrücke der Alltagssprache zutreffend zu erfassen.“ Shepherd u. Van De Sande (2014) fassen dieses Ziel etwas weiter und sprechen vom Verstehen mathematischer Einführungstexte. Sie beschreiben Handlungsmuster, welche zum Erreichen dieses Zieles beitragen. Zur Charakterisierung dieser Muster betrachten sie drei Dimensionen (*Mathematische Sprachkompetenz, Reflektion von Verständnis, Engagement*) und ordnen jeder Dimension un-

terschiedliche Größen zu. Bevor wir die entsprechenden Größen hier wiedergeben, betrachten wir zunächst die Beschreibung jeder Dimension.

- *Mathematische Sprachkompetenz*: Art und Weise wie ein Leser Worte und Symbole verbalisiert
- *Reflektion von Verständnis*: Art und Weise inwiefern ein Leser sein eigenes Verständnis reflektiert und inwiefern er mit erkannten Verständnisproblemen umgeht.
- *Engagement*: Art und Weise inwiefern Leser den Inhalt einer Passage erkunden und inwiefern sie in Inhalte außerhalb der aktuellen Passage schauen, um den mathematischen Kontext vollständiger zu verstehen.

Jeder der drei Dimensionen ordnen Shepherd u. Van De Sande (2014) bestimmte Größen auf folgende Art und Weise zu.

- Mathematische Sprachkompetenz
 - Dekodieren
 - Überfliegen
 - Erfassen der Bedeutung

Shepherd u. Van De Sande (2014) definieren *Erfassen der Bedeutung* als fließende Phrasierung der Bedeutung der dargestellten Symbole oder Symbolgruppen im Gegensatz zu einer wörtlichen Verbalisierung der Symbolnamen oder Strukturen.
- Reflektion von Verständnis
 - Verständnis-Checks (Häufigkeit und Intensität)
 - Zeitaufwand für Verständnis
 - Hartnäckigkeit
- Engagement
 - Erforschen
 - Durchsuchen

Wir werden wiederholt Bezug zu den von Shepherd u. Van De Sande (2014) vorgestellten Dimensionen nehmen, da diese einerseits eine gute Struktur vorgeben und andererseits viele der folgenden Strategien in dieser Darstellung zu finden sind.

Das Leseverhalten unterschiedlicher Personengruppen

Wie in den vorigen Abschnitten dargestellt, haben mathematische Texte besondere Eigenschaften und erfordern spezielle Lesetechniken. An dieser Stelle widmen wir uns der Frage, inwiefern verschiedene Personengruppen unterschiedliche Lesetechniken einsetzen. Wir gehen auf Ergebnisse von Studien ein, die das Leseverhalten unterschiedlicher Personengruppen untersucht haben. Aufgrund der Andersartigkeit mathematischer Texte ist es zunächst nicht verwunderlich, dass „Experienced readers of narrative text forms are not automatically competent readers of mathematical texts“ (Shepherd u. a., 2012). Sicherlich fällt der Einstieg ins Lesen dieser eher unbekannten Textart nicht leicht und es ist nicht überraschend dass „students complain about how hard it is to read their mathematics textbooks“ (Shepherd u. Van De Sande, 2014).

1.5 Modell zum Lesen von einführenden mathematischen Texten

Shepherd u. Van De Sande (2014) untersuchten das Leseverhalten von drei Experten (erfahrene Lehrende beziehungsweise Forschende) und drei fortgeschrittenen Studierenden (ein Masterstudent und 2 Doktoranden) beim lauten Lesen (und Denken) der ersten Seiten eines Lehrbuchs zur Differentialgeometrie. Dabei waren die Probanden aufgefordert, den Text mit dem Ziel zu lesen, die Inhalte zu lernen. Die Teilnehmer hatten die Möglichkeit, Notizen anzufertigen. Weiterhin wurden die Probanden im Anschluss an den Leseteil der Studie interviewt und gebeten, über die gelesenen Inhalte zu reflektieren und zu beschreiben, wie sie im Allgemeinen lesen, um Inhalte zu verstehen. Zum Vergleich des Leseverhaltens dieser fortgeschrittenen Gruppe mit dem von Novizen wurden die Transkripte einer früheren Studie (Shepherd u. a., 2012) entsprechend neu kodiert. Die Teilnehmer dieser Studie waren 11 Studierende einer Universität im Mittleren Westen der Vereinigten Staaten. Sie waren aus einem Precalculus-Kurs beziehungsweise aus Calculus-I-Kursen ausgewählt worden. Während dieser Studie lasen die Novizen entweder einen Text aus einem Precalculus-Lehrbuch zum Thema „The Wrapping Function“ oder einen Text aus einem Calculus-Lehrbuch zum Thema „Extrema on an Interval“. Die Dimensionen zum Verstehen mathematischer Einführungstexte und damit einhergehende Lesestrategien nach Shepherd u. a. (2012) haben wir im vorigen Abschnitt dargestellt. Die beiden folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Studie von Shepherd u. Van De Sande (2014). Dabei befinden sich in Tabelle 1.1 Tendenzen von Konzepten von Lesern mit unterschiedlicher Expertise beim Lesen eines mathematischen Textes mit dem Ziel des Lernens. Tabelle 1.2 liefert ein Rahmenmodell zum Lesen ma-

thematischer Einführungstexte. Da im weiteren Verlauf Aspekte von Shepherd u. Van De Sande (2014) in unsere Datenanalyse einfließen, bieten wir an dieser Stelle mit den Tabellen 1.1 und 1.2 eine Übersetzung der originalen Tabellen aus dem Artikel von Shepherd u. Van De Sande (2014) an. Eine Übersetzung ist auch eine Interpretation. Um Informationsverlust zu vermeiden, befinden sich Graphiken der Originale im Anhang (siehe Abbildungen 8.1 und 8.2).

Tabelle 1.1: Tendenzen von Konzepten von Lesern mit unterschiedlicher Expertise beim Lesen eines mathematischen Textes mit dem Ziel des Lernens nach Shepherd u. Van De Sande (2014)

		Undergraduate	Graduate	Mathematiker
Mathematische Sprachkompetenz	Dekodieren	Könnten eventuell mit einigen Begriffen und Symbolen nicht vertraut sein	Sind im Allgemeinen mit technischen Begriffen und Symbolen vertraut	Sind mit technischen Begriffen und Symbolen vertraut
	Überfliegen	Lesen ohne zu überfliegen	Lesen ohne zu überfliegen obwohl ihnen einige Konzepte vertraut sein könnten	Überfliegen ihnen vertraute Konzepte
	Erfassen der Bedeutung	Lesen Worte und Symbole wortwörtlich	Erfassen manchmal die Bedeutung der Symbole	Paraphrasieren, fassen zusammen und erfassen die Bedeutung von Symbolen
Reflektion von Verständnis	Verständnis-Checks (Häufigkeit und Intensität)	Führen sporadisch kurssprachliche Checks durch, die das Nachsprechen kurzer Phrasen beinhalten	Führen häufig Checks durch, die eine wiederholte Lesewiederholung von Sätzen beinhalten	Führen bei Bedarf häufig sorgfältige Checks durch

	Verwendete Zeit auf Verstehen	Verwenden Zeit, um Beispiele zu verstehen aber benötigen im Allgemeinen einen Anstoß	Verwenden Zeit, um Beispiele zu verstehen	Verwenden Zeit, um Beispiele zu verstehen und zu erweitern
	Hartnäckigkeit	Geben auf, wenn ein Schwellenwert an Unverständnis erreicht ist	Sind gewillt, weiterzumachen und kehren bei Bedarf zu missverstandenen Ideen zurück	Sind gewillt, weiterzumachen und sind zuversichtlich, dass sie die Ideen letztendlich verstehen werden
Engagement	Erforschen	Verbleiben innerhalb der Einführung, aber beschränken ihre Aufmerksamkeit auf den Text (versus Figuren)	Verwenden alle Elemente der Einführung (z.B. Figuren), um Ideen zu verstehen	Verwenden bei Bedarf Elemente der Einführung und sind auch gewillt eigenständig Beispiele zu generieren
	Durchsuchen	Sind nicht gewillt, interne Ressourcen (z.B. den Index) zu verwenden und haben eine begrenzte Vorstellung von der Nützlichkeit externer Ressourcen	Sind gewillt, interne und externe Ressourcen zur Verdeutlichung von Konzepten zu verwenden	Sind gewillt, interne und externe Ressourcen zur Verdeutlichung von Konzepten zu verwenden

Tabelle 1.2: Rahmenmodell zum Lesen mathematischer Einführungstexte nach Shepherd u. Van De Sande (2014)

	Mathematische Sprachkompetenz	reflektierte Verstehenskompetenz	Engagement
Novizen	Lesen Worte und Symbole stockend	Haben keine oder nur geringe Einsicht in eigene Verständnisschwierigkeiten und keine Zuversicht, Schwierigkeiten zu bewältigen	Verwenden kaum weitere Ressourcen und generieren fast gar keine eigenen Beispiele
Fortgeschrittene	Lesen Worte und Symbole fließend	Haben mäßige Kenntnis und sind gewillt, mit Verständnisschwierigkeiten umzugehen. Sind manchmal unsicher über das geeignete Vorgehen	Verwenden weitere Ressourcen aber generieren kaum eigene Beispiele
Experten	Lesen Worte und Symbole fließend und erfassen die Bedeutung von Symbolen	Kennen mögliche Schwierigkeiten und sind sicher in der Wahl von Kompensationsstrategien	Verwenden weitere Ressourcen und sind gewillt, eigene Beispiele zu generieren

1.6 Weitere Ergebnisse zum Leseverhalten beim Lesen mathematischer Texte

An dieser Stelle wollen wir weitere Literatur zum Lesen mathematischer Texte vorstellen, die insbesondere Lesestrategien beziehungsweise Handlungsmuster von Probanden thematisiert. Die vorgestellten Erkenntnisse verzahnen wir, wo möglich, mit dem Modell von Shepherd u. Van De Sande (2014).

Reihenfolge eines Leseprozesses

Die Andersartigkeit mathematischer Texte (vgl. Abschnitt 1.3) im Vergleich zu Prosaliteratur wirft die Frage auf, in welcher Reihenfolge Rezipienten mathematische Texte lesen. Ein Handlungsmuster hierzu beschreiben Barton u. Heidema (2002), nämlich, dass „mathematics students must be able to read not only from left to right, as they do in other subject areas, but also from right to left (as when reading an integer number line), from top to bottom or vice versa (as when reading from tables), and even diagonally (when reading some graphs)“.

Inglis u. Alcock (2012) stellen sich die Frage, inwiefern Mathematiker und Undergraduates Beweise in unterschiedlicher Reihenfolge lesen. Bei einer Zooming-in-Strategie erwarten sie im wesentlichen eine sequentielle Lesereihenfolge. Zur Untersuchung dieser Strategie verwendeten sie einen Eye-Tracker und betrachteten die Zeilen-Transitions-Matrix. Dafür identifizierten sie jede Sakkade, die in einer Zeile des Beweises startete und landete (im Gegensatz zu denjenigen, die die leeren Bereiche überquerten). Dann zählten sie die Anzahl derjenigen Sakkaden, die in einer neuen Zeile landeten und die Anzahl derjenigen, die in der gleichen Zeile landeten, auf der sie gestartet waren. Alle so gezählten Sakkaden ergaben die Sakkaden innerhalb des Beweises. Dabei differenzierten sie die Sakkaden nach der Anzahl der Zeilen, die diese übersprangen. Zur besseren Charakterisierung dieser Sakkaden verwendeten Inglis u. Alcock (2012) eine sogenannte Warrant-Seeking-Methode. Sie identifizieren in einem ihrer vorgelegten Beweise in der Studie Warrants in dem Beweis und analysierten, inwiefern sich die angezeigten Between-Line-Sakkaden auf eine Warrant-Seeking-Strategie zurückführen lassen.

Auch zu der in Abschnitt (1.4) betrachteten „Skimming-Strategy“ wurden von Inglis u. Alcock (2012) beziehungsweise Inglis u. Alcock (2018) Untersuchungen durchgeführt.

An dieser Stelle weisen wir darauf hin, dass es kaum Aussagen darüber gibt, inwiefern ein Proband Textstücke eines mathematischen Textes linear liest.

Engagement beim Lesen mathematischer Texte

Bereits Maier u. Schweiger (1999, S. 49) weisen darauf hin, dass „die höhere Prägnanz bzw. Informationsdichte mathematischer Texte“ den Leser dazu zwingt, „Wort für Wort zu lesen, um den Sinn komplett aufzunehmen. Dadurch werden auch an das Kurzzeitgedächtnis weit höhere Anforderungen gestellt. Hier sollte, auch im Unterricht, auf geeignete Hilfen verwiesen werden, wie das Erstellen von Notizen, das Aufschreiben der Schlüsselwörter, das selbständige Nachvollziehen von Rechnungen, das Nachschlagen unbekannter Termini usw.“

Die Dimension *Engagement* von Shepherd u. Van De Sande (2014) umfasst neben dem Heranziehen weiterer Quellen unter anderem auch das Anfertigen von Notizen. Shepherd u. a. (2012) weisen darauf hin, dass das Erstellen von Notizen oder das Kopieren wichtiger Ideen auf Papier eine Strategie ist, um sich an den Text zu erinnern.

In der Studie von Weber (2008) validierten Mathematiker Beweise und waren gebeten, laut zu denken. Die Probanden verwendeten bei der line-by-line Strategie nicht nur Argumente, die auf mathematischen Aussagen beruhten, sondern argumentierten auch beispielbezogen. Dabei fanden sie neben der Generierung von Beispielen und der Argumentation am Beispiel auch Folgerungen anhand von Gegenbeispielen. In der Studie von Selden u. Selden (2003) behaupteten die Novizen, dass sie Beispiele generieren, taten dies aber eher nicht. Wir erinnern nochmals an das Modell von Shepherd u. Van De Sande (2014). Ihre Ergebnisse bestätigen die eben beschriebenen Resultate: Während die Undergraduates und Graduates gar keine, beziehungsweise nur wenige eigene Beispiele generierten, zeigten die Experten den Willen eigene Beispiele heranzuziehen.

Lesen von Formeln

In einem mathematischen Text finden wir unterschiedliche Oberflächenmerkmale, wie beispielsweise Formeln oder Fließtext. In Abhängigkeit von diesen verschiedenen Textbausteinen zeigen Probanden Unterschiede im Leseverhalten. Das lässt sich bereits bei Schülerinnen und Schülern, welche „ignore realistic considerations and focus on numbers and keywords“ (Österholm, 2008), beobachten. Selden u. Selden (2003) interviewten acht Bachelor-Studierende im zweiten, dritten bzw. vierten Studienjahr an einer staatlichen Universität in den Vereinigten Staaten. Alle Probanden waren Teilnehmer eines „Übergang zu Beweisen“-Kurses. Jeder von ihnen hatte Calculus in einer Veränderlichen bereits gehört, einige auch Calculus in mehreren Veränderlichen, Differentialgleichungen, Matrixalgebra oder diskrete Strukturen. Einer der Probanden war gleichzeitig in einem Bachelor/Master-Zahlentheorie-Kurs eingeschrieben. Die Probanden wurden gebeten, vier „Beweise“ anderer Studierenden hinsichtlich deren Korrektheit

zu beurteilen. Dabei waren sie aufgefordert, diese zu lesen und währenddessen laut zu denken. Am Ende des Interviews wurden den Probanden allgemeine Fragen unter anderem zum Lesen von Beweisen gestellt. Die meisten Teilnehmer dieser Studie schienen damit zufrieden zu sein, den jeweiligen Beweis sorgfältig zeilenweisen zu überprüfen, um zu sehen, ob eine mathematische Behauptung aus einer vorigen Behauptung folgt. Beim Lesen eines Beweises gaben die Teilnehmer an, dass sie sicher gingen, dass alle Schritte logisch korrekt waren. Sie überprüften die Rechnungen und schauten, ob irgendetwas ausgelassen war. Einige Studierende sagten, dass sie versuchen, mit einem Beispiel durch einen Beweis zu gehen, aber nur wenige zeigten dieses Verhalten in dieser Studie beim Validieren. Selden u. Selden (2003) schreiben, dass die Ergebnisse dieser Studie andeuten, dass die Probanden dazu neigen, sich auf Oberflächenmerkmale von Argumenten zu fokussieren.

Die Ergebnisse von Inglis u. Alcock (2012) gehen in die gleiche Richtung. Sie zeichneten Oberflächenmerkmale, also Formeln, als den Teil eines mathematischen Textes aus, der durch die Verwendung des Mathmodus in $\text{\LaTeX}$ erstellt wurde. Sie fanden unter Verwendung eines Eye-Trackers heraus, dass Studierende proportional länger auf Formeln verweilten als Mathematiker (55 % der Zeit verweilten Studierende auf Formeln und 45 % der Zeit verweilten Mathematiker auf Formeln). Inglis u. Alcock (2012) schreiben davon, dass eine mögliche Erklärung darin besteht, dass es Studierenden im Vergleich zu den Mathematikern schwerer fällt, die Formeln durchzuarbeiten. Somit müssen sie diesen Stellen mehr Aufmerksamkeit widmen als die Mathematiker. Diese Annahme stützen Inglis u. Alcock (2012) weiterhin dadurch, dass sie die mittlere Fixationsdauer der beiden Gruppen untersuchten und herausfanden, dass die Studierenden eine längere Fixationsdauer auf diesen Stellen hatten als die Mathematiker (433 *ms* im Vergleich zu 343 *ms*). Daraus ließe sich nach Inglis u. Alcock (2012) annehmen, dass Studierende eine höhere kognitive Anstrengung benötigen, um die Formeln durchzuarbeiten als Mathematiker. Weiterhin verweilten die Studierenden ungefähr so lange wie auch die Mathematiker auf dem gesamten Text (370 *s* im Vergleich zu 349 *s*). Die Mathematiker verweilten vergleichsweise länger auf den Teilen des Beweises, die keine Formeln waren. Inglis u. Alcock (2012) stellten eine weitere Hypothese für diese Beobachtungen auf, nämlich, dass die Studierenden nicht soviel Zeit zum Studieren der Logik der Argumente investierten wie die Mathematiker. Das ist für Inglis u. Alcock (2012) plausibel, da die Teile, die die logischen Beziehungen erläutern, hauptsächlich im Text und weniger in den Formeln zu finden sind. Dies unterstreichen sie mit der Beobachtung, dass im Vergleich zu den Studierenden Mathematiker eher dazu neigten, ihre Aufmerksamkeit zwischen aufeinanderfolgenden Zeilen hin und her springen zu lassen. Inglis u. Alcock (2012) nehmen daraufhin an, dass sich Mathematiker mehr anstrengen, implizite Zusammenhänge zu schlussfolgern.

1.7 Blickbewegungen

Unsere bisherige Betrachtung von Leseverhalten fußte auf Merkmalen, die durch Interviews oder Beobachtungen ohne Verwendung weiterer Hilfsmittel erhoben werden können. In diesem Abschnitt nehmen wir einen weiteren Standpunkt ein und betrachten die mechanischen Bewegungen des Auges beim Lesen. Dabei finden wir auch Blickbewegungen, die wir als Indikatoren für entsprechende Verhaltensmuster beim Lesen interpretieren.

Zum scharfen Sehen sind sowohl Augen- als auch Blickbewegungen notwendig. Dabei „sind Augenbewegungen alle Bewegungen des Auges, die allein durch Beobachtung des Auges selbst erfasst und interpretiert werden können. Im Gegensatz hierzu werden als Blickbewegungen solche Bewegungen des Auges bezeichnet, die in Verbindung mit dem vom Auge aufgenommenen Informationen interpretiert werden. Bei der Erfassung von Blickbewegungen muss folglich neben der Augenbewegung definitionsgemäß immer auch der „Zielort“ der Augen mit erfasst oder anderweitig bestimmt werden“ (Joos u. a., 2003, S. 2).

Blickbewegungen beim Lesen

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf dem Lesen. Dabei liefert der zugrunde liegende Text genau den oben genannten Zielort. Dem entsprechend nehmen Blickbewegungen hier einen großen Stellenwert ein.

Zunächst könnte man annehmen, dass beim (*fließenden*) Lesen die Augen gleichmäßig über den Text *fließen* und dabei die Informationen kontinuierlich aufgenommen werden. Das ist nicht der Fall. Aufgrund der Anatomie der Retina sind zum scharfen Sehen Augenbewegungen notwendig. Beim Lesen können auf der Zeile, die gelesen wird, drei (Sehschärfe-)Bereiche gekennzeichnet werden. Dabei gehen wir von dem Punkt aus, der momentan fixiert wird. In einem Intervall von 2° Länge um den Fixationspunkt befindet sich die *foveale Region*. Dehnen wir dieses Intervall um weitere 5° aus, landen wir in der *parafovealen Region*. Alles außerhalb der parafovealen Region wird als *periphere Region* bezeichnet. Scharfes Sehen ist in der fovealen Region sehr gut möglich, es wird schlechter in der parafovealen Region und ist in der peripheren Region noch weniger möglich. Somit sorgt der Leser unter Verwendung von Augenbewegungen dafür, dass derjenige Text, den er scharf sehen möchte, in die foveale Region fällt. Tatsächlich bewegen wir also unsere Augen entlang der Textzeile schnell und sprunghaft von einer Fixation zur nächsten (Rayner, 2009; Heller u. Radach, 1999). Dabei bezeichnen wir denjenigen Zeitabschnitt als Fixation, in welchem die Augen auf dem Stimulus ruhen und neue Informationen aufgenommen werden. Die beiden grundlegenden Komponenten von Blickbewegungen beim Lesen sind also die *Sakkaden* und die *Fixationen*. Meistens betrachtet man bei der Analyse von

Blickbewegungen die Höhe beziehungsweise Länge einer Sakkade. Bei Fixationen ist eher deren Dauer von Interesse.

Eigenschaften von Blickbewegungen beim Lesen

Wir betrachten Eigenschaften von Blickbewegungen und der beiden Komponenten *Sakkaden* und *Fixationen* näher und beziehen uns dafür auf den Übersichtsartikel von Rayner (2009).

Die Dauer einer Sakkade hängt von dem Weg ab, den sie zurücklegt. Ein Weg von 2° ist ein typisches Maß beim Lesen. Für diesen benötigt eine Sakkade ungefähr 30 ms.

Im Zusammenhang mit Sakkaden müssen wir eine weitere Größe, die sogenannte *Sakkadenlatenz* betrachten. Bevor das „motorische Programm“ zur Ausführung einer Sakkade gestartet wird, muss diese geplant und dafür ihr Ziel festgelegt werden. Diese Verzögerungszeit beträgt zwischen 175 - 200 ms.

Während einer Sakkade ist die Sicht unterdrückt. Demzufolge werden neue Informationen während der Fixationen aufgenommen. Es gibt Ausnahmen, bei denen auch während einer Sakkade Informationen aufgenommen werden aber in der Regel bewegen sich die Augen während einer Sakkade so schnell über den Stimulus, dass alles eher verschwommen wahrgenommen wird.

Beim stillen Lesen beträgt die mittlere Fixationsdauer 225 - 250 ms und die mittlere Sakkadenlänge 2° beziehungsweise 7 - 9 Buchstabenlängen. Schon beim lauten Lesen erhalten wir für diese Größen andere Werte. Die mittlere Fixationsdauer beträgt 275 - 325 ms und die Sakkadenlänge beträgt $1,5^\circ$ beziehungsweise 6 - 7 Buchstabenlängen. Wir konzentrieren uns in dieser Arbeit auf das stille Lesen. Zu beachten gibt es, dass es sich hier um Mittelwerte handelt und wir bei Fixationen mit einer Streuung zwischen 50 - 75 ms und 500 - 600 ms rechnen kann. Ebenso streuen Sakkaden zwischen einer Buchstabenlänge und 15 - 20 Buchstabenlängen. Es ist wichtig zu erwähnen, dass diese Werte sich auf einen englischsprachigen Text beziehen beziehungsweise auf einen Text, dessen Satz das Alphabet zu Grunde liegt. Außerdem hängen diese Werte vom Schwierigkeitsgrad des Textes, den Lesefertigkeiten und dem Schrittssystem ab. Ist der Text vergleichsweise schwieriger, so werden die Fixationsdauer länger, die Sakkadenlänge kürzer und es können mehr Regressionen beobachtet werden. Auch bei Leseanfängern beobachten wir längere Fixationen, kürzere Sakkaden und mehr Regressionen als bei geübten Lesern.

Beim Lesen müssen wir eine weitere wichtige Größe, die Regressionen betrachten. Regressionen sind zur Leserichtung entgegengesetzte Sakkaden und werden auch Rückwärtssakkaden genannt. Sie nehmen 10 - 15 % der Zeit bei geübten Lesern ein. Die meisten der Regressionen sind direkt zum vorherigem Wort gerichtet, doch wenn das Verstehen nicht flüssig läuft oder der Text besonders schwie-

rig ist, lassen sich vermehrt längere Regressionen zu früheren Wörtern im Text beobachten. Regressionen sind nicht gut verstanden, da es schwierig ist, sie experimentell zu kontrollieren. Allerdings müssen wir Regressionen von *Return-Sweeps* unterscheiden. Diese verlaufen zwar von rechts nach links verlaufen aber von einem Zeilenende zum Zeilenanfang der nächsten Zeile. Des Weiteren wollen wir erwähnen, dass die erste und letzte Fixation auf einer Zeile typischerweise 5 - 7 Buchstabenlängen vom Zeilenende entfernt liegen. Also befinden sich ca. 80 % des Textes zwischen den Fixationsgrenzen.

Die *mittlere Fixationsdauer* ist keine besonders informative Größe um lokale Schlüsse zu ziehen; sie ist eine nützliche globale Größe. Das Problem mit der mittleren Fixationsdauer liegt an zwei Komponenten beim Lesen. Zum einen überspringen Leser Wörter beim Lesen. Inhaltsgebende Wörter werden zu 85 % der Zeit fixiert, wobei Funktionswörter zu 35 % der Zeit fixiert werden. Funktionswörter werden eher übersprungen, da sie meist kurz sind und es gibt eine Beziehung zwischen Wortlänge und der Wahrscheinlichkeit, dass das Wort fixiert wird. Nimmt die Wortlänge zu, nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass das Wort fixiert wird, zu, nimmt die Länge des Wortes ab, so nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass es fixiert wird, ab und die Wahrscheinlichkeit, dass es übersprungen wird, zu. Wörter die 2 - 3 Buchstabenlängen lang sind werden nur zu 25 % der Zeit fixiert, wobei Wörter, die 8 Buchstabenlängen und mehr lang sind fast immer fixiert werden. Zum anderen werden längere Wörter häufig mehr als nur einmal fixiert bevor weitergelesen wird, das bedeutet, dass sie refixiert werden. Das mit Überspringen und Refixieren verbundene Problem führte zu der Entwicklung alternativer Größen zur Fixationszeit. Diese Größen sind die *Erste-Fixations-Dauer* (die Dauer der ersten Fixation auf einem Wort), die *Einfach-Fixations-Dauer* (diejenigen Fälle bei denen nur eine Fixation auf einem Wort stattfindet) und die *Blickdauer* (die Summe aller Fixationen auf einem Wort bevor ein anderes Wort fixiert wird). All diese Größen sind abhängig von dem Wort, welches beim ersten vorwärtsgerichteten Durchlauf fixiert wird. Auch diese Größen sind kein perfekter Ansatz um herauszufinden, wie lange es braucht, jedes Wort zu verarbeiten, denn: vorherige Informationen, vor einem Wort, welches zuvor fixiert wurde, provozieren Übertragungseffekte, wobei die Verarbeitung eines gegebenen Wortes auf die Fixation des nächsten Wortes übertragen wird. In dem Fall, in welchem ein Leser jedes Wort genau einmal fixiert, wäre die Fixationsdauer eine geeignete Größe.

Kapitel 2

Datenaufbereitung

2.1 Areas of Interest

Bei Eye-Tracking-Studien werden Blickbewegungen aufgezeichnet. Wissenschaftler, die unter Verwendung von Eye-Trackern arbeiten, interessieren sich dafür, welche Bewegungen auf unterschiedlichen Stimuli beziehungsweise auf Bereichen dieser Stimuli zu erkennen sind. Interessante Bereiche werden Areas of Interest (AoIs) genannt. Diese werden der Studie und dem Stimulus entsprechend gewählt.

In dieser Studie bestehen die Stimuli aus Bildern von Texten zum Thema „Die EULERSche φ -Funktion“ (siehe S. 49 - 52). Die jeweiligen Texte unterscheiden sich in Art und Länge. Der erste Stimulus ist ein geschichtlicher Text über LEONHARD EULER. Danach finden wir die Definition der EULERSchen φ -Funktion und ein einfaches Beispiel. Zwei weitere, im Vergleich zum ersten anspruchsvollere, Beispiele werden durch den dritten Stimulus dargeboten. Mit dem vierten Stimulus adressieren wir die Aussage über die Multiplikativität der EULERSchen φ -Funktion und beginnen mit deren Beweis. Für das Verständnis des Beweises ist es sehr nützlich, wenn der Proband beim weiteren Lesen den Anfang des Beweises vor Augen hat. Deshalb besteht der fünfte Stimulus aus zwei Spalten. In der linken Spalte befindet sich der Inhalt vom vierten Stimulus, also der Beginn des Beweises. In der rechten Spalte des fünften Stimulus wird der Beweis weitergeführt und beendet. Die Stimuli insgesamt beinhalten also Zeilen bestehend aus geschichtlichem Text, mathematischem Text und mathematischen Formeln.

Wir interessieren uns für das Leseverhalten der Probanden. Dabei möchten wir nachvollziehen, was in den einzelnen Zeilen der Texte passiert. Es bietet sich somit an, die AoIs so zu wählen, dass sie die Zeilen des Textes widerspiegeln. Wir entscheiden uns für entsprechend angepasste Rechteckflächen, welche die jeweilige Zeile umrahmen. Jedes Zeichen soll dabei als gleichberechtigt gelten;

Formelnummern sind ausgeschlossen (die Gründe dafür werden im Abschnitt 2.4 erläutert).

Auf den nachfolgenden Seiten befindet sich der Text dieser Studie. Er ist in der Form abgebildet, wie ihn die Probanden auf dem Bildschirm gesehen haben. Der Text besteht aus den oben beschriebenen fünf Stimuli. Somit werden fünf Screens dargestellt. Bei Eye-Tracking-Studien zum Lesen von Texten ist es aus technischen Gründen sinnvoll, die Zeilenabstände im Vergleich zu dem eines üblichen Textsatzes zu vergrößern. In dieser Studie wurden die jeweiligen Zeilenabstände pro Screen so maximiert, dass der jeweilige Text die Seite ausfüllt.

Die grauen Rechtecke um die jeweiligen Zeilen symbolisieren die gewählten AoIs. Diese waren für die Probanden nicht sichtbar. Die Nummerierung der AoIs beginnt mit eins für die erste Zeile und wird dann sukzessive weitergezählt. Die AoIs in der ersten Spalte des fünften Stimulus erhalten die Nummern eins bis zehn und die in der rechten Spalte die Nummern elf bis achtzehn.

Screen 1

Die EULERSche φ -Funktion

LEONHARD EULER (1707 – 1783) stammte aus Basel, weshalb er auf der zur Zeit gültigen schweizerischen 10-Franken-Note abgebildet ist. Er verbrachte allerdings den größten Teil seiner wissenschaftlichen Laufbahn in St. Petersburg als Mitglied der dortigen Akademie; von 1714 bis 1766 war er Mitglied der Königlichen Akademie in Berlin.

EULERS Werk gilt als beispiellos, nicht nur bezüglich seines Umfangs: Er verfasste mehr als 850 wissenschaftliche Arbeiten und schrieb etwa 20 Bücher. Er beschäftigte sich auch mit naturwissenschaftlichen und philosophischen Fragen, der Schwerpunkt seiner Arbeit lag aber in der Mathematik.

Screen 2

Definition 1. Für $n \in \mathbb{N}$ bezeichnen wir mit $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$. Man nennt φ die EULERSche φ -Funktion.

Beispiel 1. Ist p eine Primzahl, dann ist

$$\varphi(p) = p - 1, \quad (0.1)$$

denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.

Screen 3

Beispiel 2. Ist p^α eine Primzahlpotenz, dann ist

$$\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right), \quad (0.2)$$

denn von den p^α Zahlen zwischen 1 und p^α ist jede p -te Zahl durch p teilbar.

Beispiel 3. Sind p und q verschiedene Primzahlen, dann ist

$$\varphi(pq) = (p-1)(q-1), \quad (0.3)$$

denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar, q dieser Zahlen sind durch p

teilbar, und eine ist durch p und q teilbar, es gilt also $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$.

Screen 4

Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$.

Beweis. Wir denken uns die Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck angeordnet:

1	2	...	t	...	b
---	---	-----	-----	-----	-----

$b+1$	$b+2$	...	$b+t$	...	$2b$
-------	-------	-----	-------	-----	------

$2b+1$	$2b+2$	...	$2b+t$	...	$3b$
--------	--------	-----	--------	-----	------

$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
----------	----------	----------	----------	----------	----------

$sb+1$	$sb+2$	...	$sb+t$	...	$(s+1)b$
--------	--------	-----	--------	-----	----------

$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
----------	----------	----------	----------	----------	----------

$(a-1)b+1$	$(a-1)b+2$	...	$(a-1)b+t$	...	ab
------------	------------	-----	------------	-----	------

Screen 5

Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$.

Beweis. Wir denken uns die Zahlen zwischen 1 und ab in

einem Rechteck angeordnet:

1	2	...	t	...	b
$b+1$	$b+2$	...	$b+t$	...	$2b$
$2b+1$	$2b+2$	...	$2b+t$	...	$3b$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$sb+1$	$sb+2$	...	$sb+t$	...	$(s+1)b$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$(a-1)b+1$	$(a-1)b+2$	...	$(a-1)b+t$	...	ab

Nun streichen wir alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle

nicht zu b teilerfremden Zahlen. Es verbleiben $\varphi(b)$ Spalten. Eine nicht-gestrichene Spalte

enthält aus jeder Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter, denn aus

$$s_1 b + t \equiv s_2 b + t \pmod{a} \quad (0.4)$$

folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq$

$s_1, s_2 < a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfrem-

de Zahlen. Insgesamt gibt es daher $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a und zu b (also zu ab) teilerfremde Zahlen

zwischen 1 und ab .

2.2 Schwierigkeiten bei der Datenerhebung

„... eye-tracking can be problematic when researchers need to locate participants' fixations with a high degree of accuracy and precision. [...] there are multiple factors that limit the accuracy and precision of eye-movement data, including operating distance from the screen and participants' ethnicity. Even under optimal conditions, the calibration of the eye-tracker tends to degrade over time due to changes in screen illumination, participants' fatigue, and other factors“ (Vadillo u. a., 2015).

Für jeden Probanden lassen sich aus der Eye-Tracking-Software Videos herunterladen, welche die Blickbewegungen pro Stimulus wiedergeben. In vielen unserer Videos verlaufen die Blickbewegungen nicht längs der Buchstaben derjenigen Zeile, die der Proband tatsächlich liest. Sie befinden sich teilweise zwischen den Zeilen, gehen über das Zeilenende hinaus oder brechen vor dem Zeilenende um. Unser Text beinhaltet Zeilen unterschiedlicher Länge. Somit lässt sich anhand der Videos leicht zuordnen, zu welcher Zeile die entsprechenden Blickbewegungen gehören. Sie sind häufig um einen Abstand $d'_y \in \mathbb{R}$ parallel zur x -Achse verschoben. Dies bringt zwei problematische Effekte mit sich.

- Anhand der Videos entsteht teilweise ein fälschlicher Eindruck, welche Zeile der Proband liest.
- Ausgehend von den Rohdaten werden viele Fixationen einer falschen oder gar keiner AoI zugeordnet.

Diese Situation diskutieren wir in den folgenden Abschnitten.

2.3 Vorbereitung der Daten

Wir thematisieren nun die oben beschriebene Problematik. Dazu benötigen wir zunächst ein paar Begriffe. Aus der Eye-Tracking-Software erhalten wir Rohdaten. In diesen finden wir zu jeder gemessenen Fixation deren Ortskoordinaten ($\text{Fix } X, \text{Fix } Y$). Dabei befindet sich der Nullpunkt in der oberen linken Ecke des Screens. Die AoIs haben die Form eines Rechtecks. Somit besitzen sie jeweils Randkoordinaten $(x_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}), y_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}))$ und $(x_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}}), y_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}}))$. Die Eye-Tracking-Software liefert diese Koordinaten, nachdem innerhalb der Software die AoIs in die jeweiligen Stimuli eingezeichnet worden sind. Wir können nun jeder Fixation ($\text{Fix } X, \text{Fix } Y$) ihre entsprechende AoI zuordnen. Dabei setzen wir fest, dass die Nummer der AoI ($\text{AoI}_{\text{Nr}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)}$) der zugehörigen Zeilennummer des vorgegebenen Texts entspricht. Diejenigen Fixationen, die keiner AoI zugeordnet werden können, bilden wir auf 0 ab.

2.4 Graphische Darstellung

Inglis u. Alcock (2018) veranschaulichen Blickbewegungen durch Diagramme, auf deren x -Achse sie die Zeit und deren y -Achse sie die Paragraphennummer abtragen (siehe S. 106, Abbildung 5.2). Wir übernehmen deren Vorgehensweise. Die Rohdaten aus dem Eye-Tracker enthalten zunächst zu jeder Fixation deren Startzeit. Diese wird als x -Koordinate (Zeit) abgetragen. Für die y -Koordinate ermitteln wir die Zeilennummer sprich AoI_{Nr} wieder unter Verwendung der Ortskoordinaten ($FixX, FixY$). Die Abbildung 2.1 zeigt ein Beispiel für solch eine Graphik.

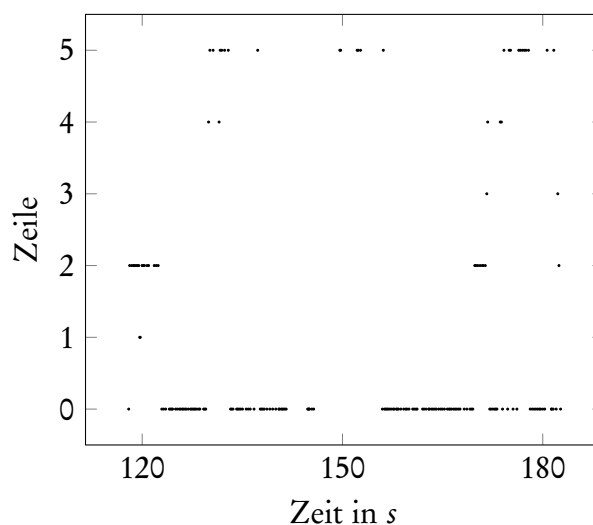


Abbildung 2.1: Blickbewegungen mit AoI-Koordinaten der Probandin METHODY auf Folie 2

Anhand dieser Graphik lassen sich zwei Probleme benennen:

- Viele Fixationen können keiner AoI zugeordnet werden. Diese Fixationen werden auf die Null abgebildet.
- Die AoI_{Nr} n werden in Abhängigkeit von der Zeit in der Graphik (Abb. 2.1) sehr „gedrängt“ abgebildet. Dadurch verschwimmen die Punkte zu einer Linie und wir verlieren die Information, wieviele Fixationen in der jeweiligen Linie liegen und zu welchem Zeitpunkt eine Fixation stattfindet.
- Wir können lediglich darüber eine Aussage treffen, ob sich Fixationen in einer Zeile befinden. Wie diese innerhalb jeder einzelnen Zeile verteilt sind, wissen wir nicht.

Dieser Problematik begegnen wir im folgenden Abschnitt.

Fließkoordinaten

Riegler (2016) bespricht das Thema *Lesen* in seinen Veranstaltungen. Dabei sind

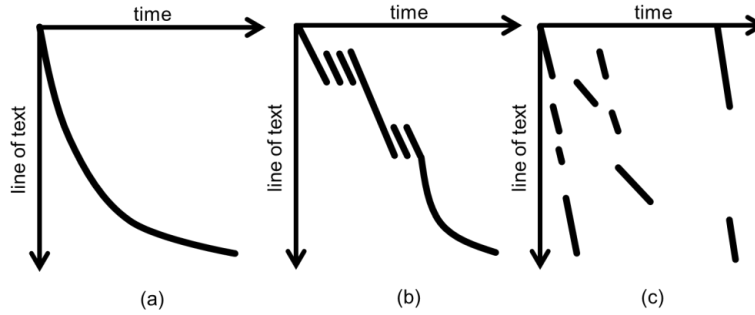


Figure 1: Typical exemplars of students' reading diagrams (a and b), contrasted with the instructor's reading diagram (c).

Abbildung 2.2: Beispiele von Lesediagrammen nach Riegler (2016)

die Studierenden aufgefordert „to visualize their reading strategy on a piece of paper in a diagram as shown in Fig. 2.2“. Die Lesediagramme von Riegler (2016) liefern uns eine Idee zur Verbesserung unseres Blickbewegungen-Diagramms (S. 54, Abbildung 2.1). Ziel ist es, unsere Blickbewegungen so abzubilden, dass wir den Eindruck von nicht vorhandenen Sprüngen zwischen Zeilen vermeiden und dass wir eine Charakterisierung der Fixationen innerhalb einer Zeile erhalten. Dazu betrachten wir folgende Vorüberlegung.

Der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden AoIs ist in der obigen Graphik (Abbildung 2.1) trivialerweise gleich eins. Diesen Zwischenraum wollen wir nutzen, um die Blickbewegungen innerhalb jeder einzelnen Zeile zu charakterisieren. Wir skalieren die x -Koordinaten $\text{Fix}X$ der Fixationen nun so, dass diese Werte zwischen null und eins annehmen. Dabei sollen Werte nahe bei null Fixationen am Anfang der Zeile und Werte nahe bei eins Fixationen nahe am Ende der Zeile darstellen. Für Zeilenanfang und Zeilenende verwenden wir die Randkoordinaten $(x_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}), x_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}}))$ der entsprechenden AoI.

Die Formel

$$\begin{aligned} \text{FIX}_{\text{fließ}}(\text{Fix} X, \text{Fix} Y) &:= \\ &:= \frac{\text{Fix} X - x_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix} X, \text{Fix} Y))}{x_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix} X, \text{Fix} Y)) - x_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix} X, \text{Fix} Y))} \end{aligned} \quad (2.4.1)$$

realisiert unsere obige Idee. Bilden wir nun

$$\begin{aligned} \text{KOORD}_{\text{fließ}}(\text{Fix} X, \text{Fix} Y) &:= \\ &:= \text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix} X, \text{Fix} Y) + \text{FIX}_{\text{fließ}}(\text{Fix} X, \text{Fix} Y) \end{aligned} \quad (2.4.2)$$

können wir zu jeder Startzeit einer Fixation eine Fließkoordinate angeben.

Aufgearbeitete Diagramme

Aus praktischen Gründen bilden wir beispielsweise das Lesen der 1. Zeile zwischen den Werten 1 und 2, und das der 5. Zeile zwischen den Werten 5 und 6 ab. Diejenigen Fixationen, die keiner AoI zugeordnet werden können, schicken wir auf 0. In unserem Python-Code erhält die 1. Zeile die AoI_{Nr} 0 und die Fixationen, die nicht in einer AoI liegen, die Zuordnung -1 . Demzufolge bilden wir $KOORD_{fließ}(Fix X, Fix Y) + 1$ und erhalten als neue Graphik zur Darstellung der Blickbewegungen Abbildung 2.3. In dieser Graphik ist noch nicht die anfangs

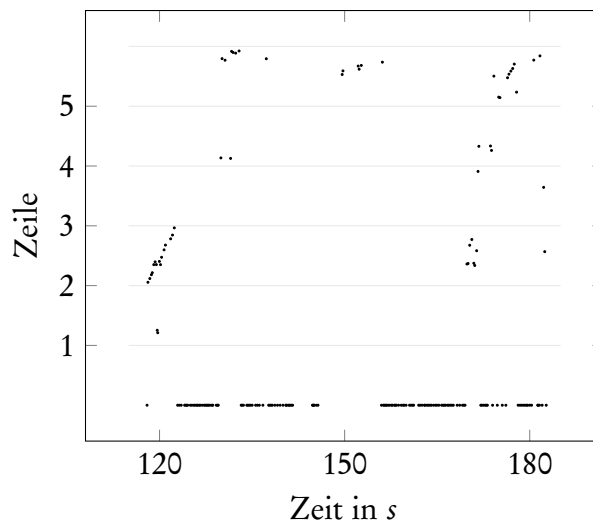


Abbildung 2.3: Blickbewegungen mit Fließkoordinatender ohne Optimierung der AoIs der Probandin METHODY auf Folie 2

beschriebene (siehe Abschnitt 2.2) problematische Verschiebung d'_y eingegangen.

Optimierung der AoIs

Den in Abschnitt 2.2 geschilderten Schwierigkeiten wegen der Verschiebung d'_y begegnen wir mit der folgenden Idee. Ziel ist es, pro Screen alle Blickbewegungen so nach oben beziehungsweise unten zu verschieben, dass sie in ihrer zugehörigen Zeile landen. Das bedeutet, dass wir eine optimale Verschiebung $d_y \in \mathbb{R}$ in y -Richtung ($d_x = 0$) so suchen, dass möglichst viele Fixationen einer AoI zugeordnet werden. Wir möchten also den Abstand der Fixation $(Fix X, Fix Y)$ zur Mittellinie der entsprechenden AoI minimieren. Das realisieren wir, indem wir

den *Fehler*

$$F(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y) := \left(\frac{(\text{Fix } Y - d_y) - \frac{\gamma_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)) + \gamma_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y))}{2}}{\gamma_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)) - \gamma_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y))} \right)^2 \quad (2.4.3)$$

für alle Fixationen pro Stimulus minimieren. Dafür bilden wir die Summe von $F(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y)$ über alle Fixationen und suchen das Minimum dieser Summe in Abhängigkeit von d_y .

Wir drücken unser Vorhaben anders aus. Die Funktion $F(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y)$ hat für festes d_y Werte in $\left[0; \frac{1}{4}\right]$. Definieren wir die *Qualität*

$$Q(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y) := 1 - 4 \cdot F(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y), \quad (2.4.4)$$

so ist das oben beschriebene Ziel gleichbedeutend damit, $Q(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y)$ über alle Fixationen zu summieren und das Maximum der Summe in Abhängigkeit von d_y zu suchen.

Die Auswirkungen dieses Vorgehens verdeutlichen wir nun graphisch. Zur bes-

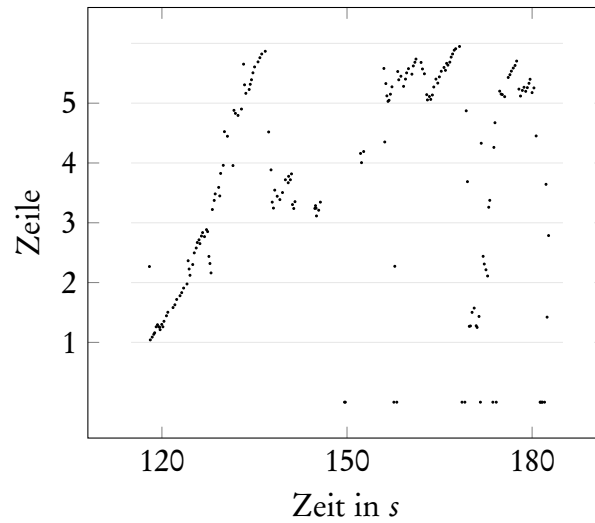


Abbildung 2.4: Blickbewegungen mit Fließkoordinaten mit Optimierung der AoIs der Probandin METHODY auf Folie 2

seren Lesbarkeit modifizieren wir auf die im Folgenden beschriebene Art und Weise das Diagramm in Abbildung 2.4. Das Ergebnis der für die Modifikation notwendigen Schritte ist in Abbildung 2.5 zu sehen. Die Zeilen des Lesetextes werden im Diagramm durch graue Rechtecke, deren längste Seite parallel zur

$$\begin{aligned} \text{Fix}_{\text{fließ}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y) &:= \\ &:= \frac{\text{Fix } X - x_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y))}{x_{\max}(\text{AoI}_{\max}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)) - x_{\min}(\text{AoI}_{\max}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y))} \end{aligned} \quad (2.4.5)$$

The scatter plot shows the sequence of points from the 'Zeile' variable over time. The x-axis is 'Zeit in s' (Time in seconds) ranging from 120 to 180. The y-axis is 'Zeile' (Row) ranging from 1 to 5. A shaded gray region highlights the time interval from approximately 138 to 150 seconds. The data points show a clear upward trend in 'Zeile' as 'Zeit in s' increases, with some fluctuations and a period of high frequency (many points) between 170 and 180 seconds.

Vergleich der Diagramme

Vergleichen wir das finale Diagramm mit dem ursprünglichen (hier mit dem ersten in Abschnitt 2.4), so sehen wir folgende Vorteile.

- Die Funktion $\text{KOORD}_{\text{fließ}}$ liefert eine „eins zu eins“-Darstellung der Fixationen des Probanden in einer Graphik. Wir können also anhand der neuen Diagramme nachvollziehen, wie ein Teilnehmer eine entsprechende Seite gelesen hat.
- Das aufbereitete Diagramm beinhaltet zeilenspezifische Informationen zu den Blickbewegungen. Im Vergleich zu den ursprünglichen Diagrammen bietet das finale Diagramm die Möglichkeit zu Aussagen über
 - die Position innerhalb der Zeile (Anfang, Mitte, Ende),
 - die Bewegungsrichtung innerhalb einer Zeile (vorwärts oder rückwärts),
 - Länge und Art der Sakkaden (beispielsweise Rückwärtssakkaden zum Anfang einer Zeile).
- Wir gehen davon aus, dass ein Proband den Text annähernd linear durchliest. Dann können wir anhand der aufbereiteten Diagramme Aussagen über die Geschwindigkeit treffen, mit der ein Teilnehmer eine oder mehrere Passagen liest und diese mit der Geschwindigkeit verschiedener Probanden beim Lesen entsprechender Textteile der gleichen Seite vergleichen. Können wir die Blickbewegungen einer linearen Funktion zuordnen, so bedeuten unterschiedliche Anstiege unterschiedliche Geschwindigkeiten. Ein größerer Anstieg m_2 als m_1 symbolisiert dann eine höhere Geschwindigkeit v_2 als v_1 .
- Es ist nun möglich, markante Textstellen, wie zum Beispiel Formeln in dem Diagramm zu markieren beispielsweise durch ein helles Rechteck parallel zur x -Achse, dessen Breite exakt so auf der y -Achse abgetragen werden kann, dass Länge und Position der Textstelle eins zu eins dargestellt werden. Natürlich müssen die entsprechenden Koordinaten ermittelt und wie oben beschrieben skaliert werden.

2.5 Zusammenfassung der bisherigen Datenaufbereitung

Um die wesentlichen Punkte dieses Kapitels zu verdeutlichen, betrachten wir zwei Bijektionen. Dazu vereinbaren wir zunächst drei Konventionen:

- Alle Zeilen der Texte auf den einzelnen Screens haben Breite null. Das bedeutet, dass wir die y -Koordinate einer jeden Zeile mit der Zeilennummer identifizieren.

- Wir betrachten an dieser Stelle nur diejenigen Punkte, die einer AoI zugeordnet werden.
- Die jeweiligen Fixationsdauern vernachlässigen wir an dieser Stelle.

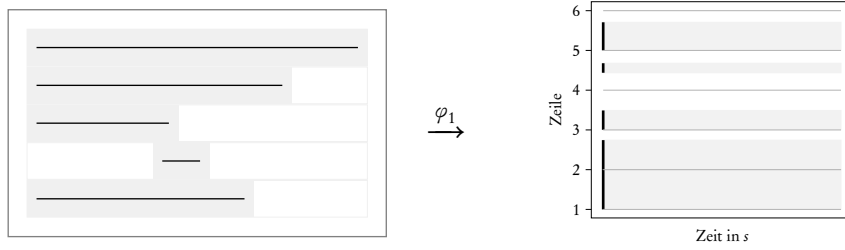
In dem hier verwendeten mathematischen Text ist auf jeder Folie der Startpunkt der längsten Zeile gleichzeitig das Minimum aller Startpunkte der Zeilen auf der entsprechenden Folie und der Endpunkt der längsten Zeile gleichzeitig das Maximum aller Endpunkte der Zeilen auf der entsprechenden Folie. Das muss nicht unbedingt so sein. Wir benötigen somit für eine allgemeine Darstellung ein weiteres Hilfsmittel: Das Konstrukt einer Quasizeile. Für jede Folie betrachten wir zu den auf ihr befindlichen Zeilen alle Koordinaten der Startpunkte der entsprechenden AoIs. Von diesen Koordinaten wählen wir die kleinste ($AoI_S^{\min}(x)$) aus. Analog wählen wir auf derselben Folie aus den Koordinaten der Endpunkte aller AoIs die größte ($AoI_S^{\max}(x)$) aus. Bilden wir nun die sogenannte *Quasizeile*, die in horizontaler Richtung bei $AoI_S^{\min}(x)$ beginnt und bei $AoI_S^{\max}(x)$ endet, so ist deren Länge größer oder gleich der Länge der längsten AoI auf der entsprechenden Folie.

Bijektion φ_1 zwischen Text und Diagramm Die Abbildung φ_1 bildet die Zeilen des Textes auf einer Folie auf die y -Achse des Zeile-Zeit-Diagramms ab. Dabei gehen wir davon aus, dass die Quasizeile so abgebildet würde, dass deren Bild auf der y -Achse Länge eins hätte. Des Weiteren soll jede Zeile so abgebildet werden, dass sich ihr Bild im Intervall $[n, n + 1)$ befindet, wobei n der Zeilennummer der jeweiligen Zeile entspricht. Die Verteilung der Bereiche, in denen sich innerhalb der Zeilen Text befindet, beziehungsweise, in denen sich kein Text befindet, soll im entsprechenden Verhältnis abgebildet werden. Mathematisch können wir die eben geschilderte Situation auf die folgende Art und Weise ausdrücken.

$$\varphi_1 : \{\text{Zeile}\} \rightarrow \{[n, n + 1), n \in \mathbb{N}_0, n \leq \text{Anzahl der Zeilen}\} \quad (2.5.1)$$

$$\text{Zeile}_{Nr} \mapsto \left[\frac{AoI_S(Nr)(x)}{|Quasizeile|} + AoI_{Nr}, \frac{AoI_E(Nr)(x)}{|Quasizeile|} + AoI_{Nr} \right)$$

Betrachten wir Abbildung 2.6 so sehen, wir dass φ_1 den grauen Bereichen im linken Bild die Breiten der grauen Rechtecke im rechten Bild zuordnet.

Abbildung 2.6: Bijektion φ_1 zwischen Text & Diagramm

Bijektion φ_2 zwischen Blickbewegungen beim Lesen des Textes und Graph im Zeile-Zeit-Diagramm Mit der Bijektion φ_2 identifizieren wir die (dynamischen) Fixationsstarts mit einem (statischen) Graphen im Zeile-Zeit-Diagramm (siehe Abb. 2.7). Für Abbildung φ_2 betrachten wir nur diejenigen Fixationen, die einer AoI zugeordnet werden können. Diese bezeichnen wir als AoI-Fixationen. Mit φ_2 ordnen wir den Ortskoordinaten einer AoI-Fixation in einer Zeile auf dem Screen einen Punkt im Zeile-Zeit-Diagramm zum Zeitpunkt ihres Beginns zu. Dabei benutzen wir die gleiche Skalierung wie für φ_1 , was bedeutet, dass beispielsweise eine Fixation, die sich auf dem Screen in der Mitte der n -ten Zeile befindet auch auf die Mitte des grauen Intervalls, welches in $[n, n + 1)$ enthalten ist, abgebildet wird. Mathematisch ausgedrückt bedeutet das das Folgende.

$$\begin{aligned} \varphi_2 : \{ \text{AoI-Fixation} \} \times \\ \times \{ \text{Zeitpunkt zu Fixationsbeginn} \} \rightarrow \\ \{ \text{Zeitpunkt zu Fixationsbeginn} \} \times \\ \times \{ \text{Fließkoordinaten} \} \end{aligned} \quad (2.5.2)$$

$$(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, t) \mapsto (t, \text{FIX}_{\text{fließ}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)), \text{ wobei}$$

$$\text{FIX}_{\text{fließ}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y) := \frac{\text{Fix } X - \text{AoI}_S^{\min}(x)}{|\text{Quasizeile}|} + \text{AoI}_{\text{Nr}}$$

Abbildung 2.7: Bijektion φ_2 zwischen Blickbewegungen & Graph

2.6 Schwierigkeiten bei der Darstellung

Wir machen an dieser Stelle auf eine technische Problematik aufmerksam, die uns bereits zu Beginn begegnet war: Liest ein Proband längere Zeit den Text auf einer Folie (abhängig von der Lesegeschwindigkeit ungefähr 100 s oder mehr), werden die Fixationen in den Diagrammen sehr gedrängt abgebildet (siehe Abbildung 2.8).

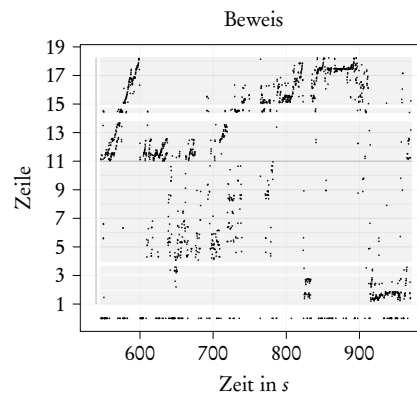


Abbildung 2.8: Blickbewegungen des Probanden KARL auf Folie 5

Das hat die gleiche Auswirkung auf die Kenngrößen-Diagramme (Kapitel 3). Dieser Situation kann man wie folgt begegnen.

- Bei der Textauswahl und deren Aufbereitung für den Eye-Tracker könnte darauf geachtet werden, dass nicht zu viele Zeilen auf einer Folie stehen. Allerdings begegnet uns dieses Phänomen weiterhin, je komplexer ein Text ist und der Proband somit auch auf kurzen Texten länger verweilt.
- Die Zeit, die ein Proband maximal auf einer Folie verweilt, könnte begrenzt werden. Technisch umgesetzt könnte der Eye-Tracker nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit automatisch auf eine weitere Folie, identisch zu der eben gelesenen, springen.
- Die Diagramme könnten bearbeitet (vergrößern, hineinzoomen, in zeitliche Abschnitte unterteilen,...) werden.

An dieser Stelle entschieden wir uns, die Diagramme in zeitliche Abschnitte zu unterteilen. Das führen wir beispielhaft auf der nächsten Seite für die Abbildung 2.8 vor. Der Proband verweilte 424 s auf Folie 5. Wir unterteilen diesen Zeitabschnitt in acht Intervalle mit jeweiliger Länge von 53 s und erhalten entsprechend acht Diagramme. Klebt man diese zusammen erhält man wieder das ursprüngliche Diagramm (2.8).

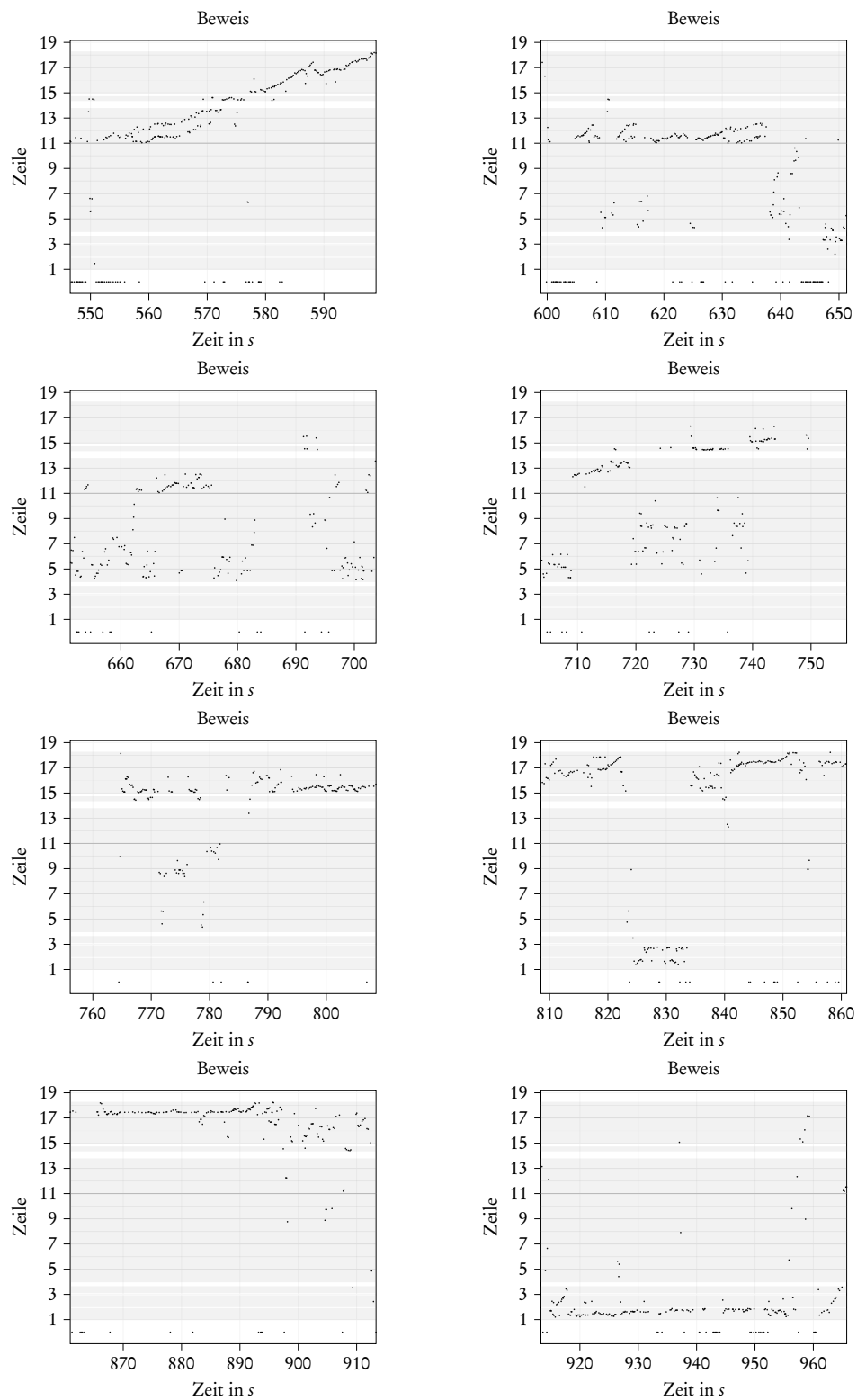


Abbildung 2.9: Zerlegung des Blickbewegungsdiagramms von Karl zu Folie 5

Kapitel 3

Kenngrößen zur Analyse von Blickbewegungen

Im vorigen Kapitel 2 lag der Fokus auf der Darstellung dynamischer Blickbewegungen mittels statischer Zeile-Zeit-Diagramme. Nun steht die Frage „Inwiefern können anhand dieser Diagramme Blickbewegungen analysiert werden?“ im Mittelpunkt. Sogenannte Trendlinien und Akkumulationen fungieren bei deren Beantwortung als Hauptwerkzeuge. Trendlinien kennzeichnen einen Lesefluss und Akkumulationen eine Häufung von Fixationen an bestimmten Textstellen. In diesem Kapitel stellen wir jeweils Bedingungen für strenge und liberale Vorwärts- und Rückwärtstrendlinien und für Akkumulationen auf. Anschließend wird dargestellt, wie diese für eine programmiertechnische Umsetzung mathematisch ausgedrückt werden können. Die jeweilige Beschreibung der einzelnen Werkzeuge mündet in deren graphischer Darstellung.

3.1 Strenge und liberale Trendlinien

Einer Menge M von Punkten, die annähernd auf einer Geraden liegen und die mindestens eine vorgegebene Anzahl n an Punkten enthält, wird eine *Trendlinie* zugeordnet. Dabei werden zwei Typen unterschieden: Strenge und liberale Trendlinien. Unter diesen beiden Typen befinden sich jeweils Vorwärts- und Rückwärtstrendlinien. Folgende Sprechweise wird von nun an verwendet: Sind die Punkte $p_i, i \in \mathbb{N}$, die einzigen Elemente der oben beschriebenen Menge M , so sagen wir: Die Punkte p_i gehören zu einer Trendlinie beziehungsweise die Trendlinie besteht aus den Punkten $p_i, i \in \mathbb{N}$.

Im weiteren Verlauf charakterisieren wir die unterschiedlichen Typen von Trendlinien.

Bedingungen für strenge Vorwärtstrendlinien

Für die kommenden Überlegungen benötigen wir einige Bezeichnungen.

- Zeit t : x -Koordinate
- $y_i \in \mathbb{R}^+$: y -Koordinate des i -ten Punktes in einer Trendlinie, wobei $i \in \mathbb{N}$
- $t_i \in \mathbb{R}^+$: t -Koordinate des i -ten Punktes in einer Trendlinie, wobei $i \in \mathbb{N}$
- n_{vTL} : Mindestanzahl an Punkten, aus denen eine Vorwärtstrendlinie gebildet wird
- $d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$: Maximaler Abstand in t -Richtung zweier benachbarter Punkte, die zu einer Trendlinie gehören
- $d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$: Maximaler Abstand in y -Richtung zweier benachbarter Punkte, die zu einer Trendlinie gehören

Nun können wir Kriterien für *strenge Vorwärtstrendlinien* angeben. Eine strenge Vorwärtstrendlinie soll folgende Bedingungen erfüllen:

1. Eine strenge Vorwärtstrendlinie besteht aus einer Mindestanzahl an Punkten.
2. Die Blickbewegung soll stets vorwärts gerichtet sein. Rückwärtssakkaden sind nicht erlaubt.
3. Die Vorwärtssakkaden dürfen jeweils nicht zu lang sein.

Mathematisch ausgedrückt bedeutet das das Folgende:

1. $n_{\text{vTL}} \geq n, n \in \mathbb{N}$
2. $y_{i+1} > y_i$
3. $y_{i+1} < y_i + d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$ und $t_{i+1} < t_i + d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$

Bedingungen für strenge Rückwärtstrendlinien

Wir beginnen wieder mit der Festlegung von Bezeichnungen.

- n_{rTL} : Mindestanzahl an Punkten aus denen eine Rückwärtstrendlinie gebildet wird
- $d_{y_{\min}}^{\text{TL}}$: Mindestabstand in y -Richtung zweier benachbarter Punkte die zu einer Trendlinie gehören

Es werden nun Bedingungen für die *strengen Rückwärtstrendlinien* genannt. Die ersten drei Kriterien sind analog zu den strengen Vorwärtstrendlinien und wir führen nur die mathematischen Ausdrücke auf. Zuvor nennen wir noch ein viertes Kriterium, welches wir zur Charakterisierung von strengen Rückwärtstrendlinien hinzufügen wollen.

4. Die Rückwärtssakkaden sollen nicht zu kurz sein.

Die mathematischen Ausdrücke lauten wie folgt.

1. $n_{\text{rTL}} \geq m, m \in \mathbb{N}$
2. $y_{i+1} < y_i$
3. $y_{i+1} > y_i - d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$ und $t_{i+1} < t_i + d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$
4. $y_i - y_{i+1} > d_{y_{\min}}$

Programmiertechnische Realisierung

Die Berechnung der Trendlinien erfolgt unter Verwendung eigens erstellter Programmcodes. Dabei werden alle Punkte (Fixationen) nacheinander durchlaufen. Für jeden einzelnen Punkt wird anhand der oben genannten Kriterien entschieden, ob die aktuelle Trendlinie um diesen erweitert wird oder ob bei ihm die Trendlinie abbricht und er somit potentieller Startpunkt einer neuen Trendlinie ist. Sobald eine Trendlinie abbricht, wird überprüft, ob diese lang genug ist und dementsprechend akzeptiert oder verworfen wird. Für die konkrete Berechnung der Trendlinien müssen für die Variablen n_{vTL} , $d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$, $d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$ und n_{rTL} Werte gewählt werden. Dem wollen wir uns nun widmen.

Die minimale Anzahl n_{vTL} an Punkten, die eine Vorwärtstrendlinie bilden

In dieser Studie waren die Probanden aufgefordert, den Text still zu lesen. Wir erinnern an die in Abschnitt 1.7 eingeführten Größen und deren mittlere Werte beim Lesen von Texten und wiederholen an dieser Stelle diejenigen Werte, die wir für weitere Erläuterungen benötigen. Beim stillen Lesen beträgt die mittlere Sakkadenlänge 2° (Hier ist mit „-länge“ die Bogenlänge des entsprechenden Kreissektors mit Winkel der Größe 2° gemeint.) beziehungsweise 7 - 9 Buchstabenlängen (Rayner, 2009). Allerdings hängen diese Werte vom Schwierigkeitsgrad des Textes und den Lesefertigkeiten des Probanden ab. Ist der Text vergleichsweise schwieriger, so wird die Sakkadenlänge kürzer. Auch bei Leseanfängern beobachten wir kürzere Sakkaden als bei geübten Lesern (Rayner, 1998). Wir legen eine Sakkadenlänge von 7 Buchstabenlängen zu Grunde. Weiterhin

legen wir fest, dass sich eine Vorwärtstrendlinie mindestens über eine halbe Zeile erstreckt. Betrachten wir die vorletzte Zeile unseres Textes auf Screen 1 und die erste Zeile auf Screen 2, so sehen wir, dass wir für 5 Fixationen im ersten Fall kurz vor der Mitte der Zeile stoppen und im zweiten Fall kurz hinter der Mitte der Zeile. Somit setzen wir $n_{vTL} = 5$.

Der maximale Abstand in t -Richtung $d_{t_{max}}^{TL}$ zweier benachbarter Punkte, die zu einer Trendlinie gehören. Aufeinanderfolgende Punkte, die zu einer Trendlinie gehören, sollen nicht zu weit voneinander weg liegen. Die obere Grenze $d_{t_{max}}^{TL}$ bezieht sich auf deren horizontalen Abstand. Also stellt $d_{t_{max}}^{TL}$ eine Grenze für die Zeitdauer vom Beginn einer Fixation zum Beginn der nächsten Fixation dar. Beim stillen Lesen beträgt die mittlere Fixationsdauer 225 - 250 ms, wobei sie zwischen 50 - 75 ms und 500 - 600 ms streut (Rayner, 2009). Auch diese Größen hängen vom Schwierigkeitsgrad des Textes und den Lesefertigkeiten des Probanden ab. Ist der Text vergleichsweise schwieriger, so wird die Fixationsdauer länger. Weiterhin beobachten wir bei Leseanfängern längere Fixationen als bei geübten Lesern (Rayner, 1998). Außerdem müssen wir für einen angemessenen Wert von $d_{t_{max}}^{TL}$ die Dauer einer Sakkade berücksichtigen. Dazu erinnern wir an die zwei Variablen *Sakkadendauer* und *Sakkadenlatenz*. Die Sakkadendauer hängt von dem Weg ab, den die Sakkade zurücklegt. Für einen Weg von 2° benötigt eine Sakkade ungefähr 30 ms (Rayner, 2009). Bevor eine Sakkade gestartet wird, muss deren Ziel festgelegt und diese geplant werden. Diese Verzögerungszeit beträgt zwischen 175 - 200 ms (Rayner, 2009; Becker u. Jürgens, 1979; Rayner u. a., 1982). Bilden wir die Summe aller größten Werte, die in die Gesamtzeitdauer vom Beginn einer Fixation zum Beginn der nächsten Fixation einfließen, erhalten wir 780 ms. Da ein mathematischer Text schwierig ist (Mayer u. Schweiger, 1999), dieser von Anfängern gelesen wird und es sich weiterhin um eine obere Grenze handelt, gehen wir davon aus, dass sich die Lesegeschwindigkeit eher verringert. Wir runden also auf und setzen $d_{t_{max}}^{TL} = 1,5 \text{ s}$.

Der maximale Abstand in y -Richtung $d_{y_{max}}^{TL}$ zweier benachbarter Punkte, die zu einer Trendlinie gehören. Wir betrachten nun den vertikalen Abstand zweier Punkte beziehungsweise dessen obere Grenze $d_{y_{max}}^{TL}$. An dieser Stelle sei nochmal erwähnt, dass in y -Richtung mit den Fließkoordinaten (siehe Abschnitt 2.4) gearbeitet wird. Wir erinnern uns, dass diese zwischen null und eins liegen. Weiterhin werden Fixationen zu Beginn einer Zeile auf die Null und solche am Ende einer Zeile auf die Eins abgebildet. Wie oben bereits erwähnt, beträgt die mittlere Sakkadenlänge 2° beziehungsweise 7 - 9 Buchstabenlängen. Sie streut zwischen 1 und 15 - 20 Buchstabenlängen (Rayner, 2009). An dieser Stelle legen wir fest, dass eine Vorwärtstrendlinie abbricht, wenn eine Sakkade mehr als 35

Buchstabenlängen beträgt, was auf Screen 2 in der ersten Zeile ungefähr der halben Zeile entspricht. Somit setzen wir $d_{y_{\max}}^{\text{TL}} = 0,5$.

Die minimale Anzahl n_{rTL} an Punkten, die eine Rückwärtstrendlinie bilden.

Beim Lesen gibt es neben den vorwärts gerichteten (*progressiven*) Sakkaden auch rückwärts gerichtete (*regressive*) Sakkaden. Diese machen 10 - 20 % der Sakkaden bei geübten Lesern aus. Die Länge von Regressionen beträgt die Hälfte der Länge von vorwärts gerichteten Sakkaden. Die meisten Regressionen zielen direkt auf das vorige Wort. Gibt es Schwierigkeiten beim Verstehen oder ist der Text besonders schwierig, lassen sich vermehrt Regressionen zu früheren Wörtern im Text beobachten. An dieser Stelle sei erwähnt, dass unser Programmcode so angelegt ist, dass sogenannte *Return-Sweeps* (Regressionen vom Ende der einen zum Anfang der nachfolgenden Zeilen) nicht als rückwärtsgerichtete, sondern vorwärtsgerichtete Bewegungen verarbeitet werden. Wir betrachten an dieser Stelle Trendlinien, die aus mindestens 2 Fixationen bestehen und setzen daher $n_{\text{rTL}} = 2$.

Der Mindestabstand in y -Richtung $d_{y_{\min}}$ zweier benachbarter Punkte, die zu einer Trendlinie gehören. Mit der Wahl von $n_{\text{rTL}} = 2$ könnten wir Rauschen in den Rückwärtstrendlinien erhalten. Denn Regressionen treten nicht nur bei Verständnisschwierigkeiten auf. Beispielsweise treten innerhalb eines Wortes Reflexationen auf, wenn ein Wort nicht in der Mitte fixiert wird (Optimal-Viewing-Position-Effects, siehe McConkie u. a. (1989); ORegan u. Lévy-Schoen (1987); Rayner u. Fischer (1996); Rayner u. a. (1996); Vitu (1991); Vitu u. a. (1990). Diese Intrawort-Rückwärtssakkaden betrachten wir nicht. Von daher verlangen wir, dass diese länger als ein halbes Wort sind. Wir gehen von 10 Wörtern pro Zeile aus und setzen somit $d_{y_{\min}} = 0,05$.

Der maximale Abstand in y -Richtung $d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$ und der maximale Abstand in t -Richtung $d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$ zweier benachbarter Punkte, die zu einer Trendlinie gehören.

Diese Werte für Rückwärtstrendlinien setzen wir mit der gleichen Argumentation den analogen Werten für die Vorwärtstrendlinien gleich.

Graphische Darstellung

Mit Hilfe dieser mathematischen Beschreibungen kann nun ein Code realisiert werden, unter dessen Verwendung die strengen Vorwärtstrendlinien und Rückwärtstrendlinien ermittelt werden. Mit Hilfe der errechneten Start- und Endpunkte von strengen Trendlinien können wir diese nun graphisch darstellen.

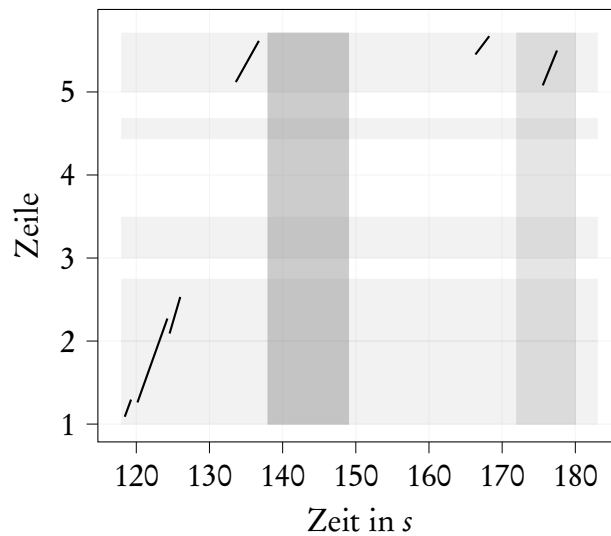


Abbildung 3.1: Strenge Vorwärtstrendlinien aus den Blickbewegungen der Probandin METHODY auf Folie 2

Bedingungen für liberale Vorwärtstrendlinien

Es ist bekannt, dass bei der Aufnahme von Blickbewegungen viel Rauschen in den Daten vorhanden ist (Inglis u. Alcock, 2013). Mit den *liberalen Trendlinien* begegnen wir genau diesem Rauschen. Im Unterschied zu strengen Trendlinien berücksichtigen wir bei liberalen Trendlinien, dass Lesen nicht zwingend durch ausschließlich streng monotone Vorwärtsbewegungen der Blicke präsentiert wird. Deshalb erlauben wir innerhalb liberaler Trendlinien auch Rückwärtssakkaden von nicht allzu dominantem Auftreten. Für deren Beschreibung benötigen wir zusätzlich folgende Variable.

- d_{crash} : Maximaler Abstand in *falsche y*-Richtung zweier benachbarter Punkte die zu einer *liberalen* Trendlinie gehören.

Wir stellen die folgenden Bedingungen auf:

1. Eine liberale Vorwärtstrendlinie besteht aus einer Mindestanzahl an Punkten.
2. Die Blickbewegungen sollen in der Regel vorwärts gerichtet sein, allerdings sind nicht zu lange Rückwärtssakkaden erlaubt.
3. Es dürfen maximal n Punkte hintereinander in rückwärts gerichteter Richtung laufen.
4. Die Vorwärtssakkaden dürfen jeweils nicht zu lang sein.

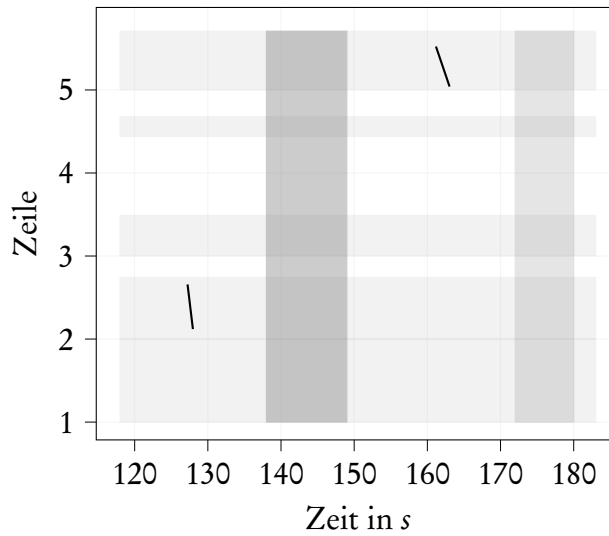


Abbildung 3.2: Strenge Rückwärtstrendlinien aus den Blickbewegungen der Probandin METHODY auf Folie 2

5. Eine liberale Vorwärtstrendlinie soll stets positiven Anstieg haben.

Mathematisch ausgedrückt bedeutet das:

1. $n_{vTL} \geq n, n \in \mathbb{N}$
2. $y_{i+1} > y_i - d_{\text{crash}}$
3. Ein Punkt, der zu einer liberalen Vorwärtstrendlinie gehört, darf nicht in einer strengen Rückwärtstrendlinie von mehr als $n_{RT} \in \mathbb{N}$ Punkten sein.
4. $y_{i+1} < y_i + d_{y_{\text{max}}}^{\text{TL}}$ und $t_{i+1} < t_i + d_{t_{\text{max}}}^{\text{TL}}$
5. Die y -Koordinate des letzten Punktes muss stets größer sein als die des ersten Punktes.

Bedingungen für liberale Rückwärtstrendlinien

In dieser Arbeit werden liberale Rückwärtstrendlinien im weiteren Verlauf keine Rolle spielen. Der Vollständigkeit halber sind an dieser Stelle die mathematischen Ausdrücke festgehalten.

1. $n_{rTL} \geq m, m \in \mathbb{N}$
2. $y_{i+1} < y_i + d_{\text{crash}}$

3. Ein Punkt, der zu einer liberalen Rückwärtstrendlinie gehört, darf nicht in einer strengen Vorwärtstrendlinie von mehr als $n_{VT} \in \mathbb{N}$ Punkten sein.
4. $y_{i+1} > y_i - d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$ und $t_{i+1} < t_i + d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$
5. Die y -Koordinate des letzten Punktes muss stets kleiner sein als die des ersten Punktes.

Programmiertechnische Realisierung

Analog zur Berechnung der strengen Trendlinien durchläuft bei der Berechnung von liberalen Trendlinien unser Programm alle Punkte (Fixationen) nacheinander. Auch hier wird für jeden einzelnen Punkt anhand der oben genannten Kriterien entschieden, ob die aktuelle Trendlinie um diesen erweitert wird oder ob bei ihm die Trendlinie abbricht und er somit Startpunkt einer neuen Trendlinie ist. Sobald eine Trendlinie abbricht, wird auch hier überprüft, ob diese lang genug ist und dementsprechend akzeptiert oder verworfen wird. Für die Berechnung der Trendlinien müssen wieder für die Variablen n_{vTL} , $d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$, $d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$ und d_{crash} Werte gewählt werden. Die Werte für n_{vTL} , $d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$, $d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$ sind gleich den entsprechenden Werten bei strengen Trendlinien. Wir betrachten lediglich die Größe d_{crash} .

Der maximale Abstand in falscher y -Richtung d_{crash} zweier benachbarter Punkte, die zu einer liberalen Trendlinie gehören. Innerhalb einer liberalen Vorwärtstrendlinie ist es erlaubt, eine Stelle im Text mehrmals hintereinander zu fixieren und weiterhin sich ein Stück in die falsche Richtung zu bewegen. Ein Blick zurück führt also nicht zum Abbruch der Trendlinie, wenn dieser nicht zu lang ist und der Vorwärtstrend beibehalten wird. Wir lassen Rücksprünge bis zu $\frac{1}{3}$ einer Zeilenlänge zu. Somit wählen wir für den maximalen Abstand in falsche y -Richtung zweier benachbarter Punkte, die zu einer liberalen Trendlinie gehören, $d_{\text{crash}} = 0,33$.

Graphische Darstellung

Mit Hilfe dieser mathematischen Beschreibungen kann nun ein Code realisiert werden unter dessen Verwendung die liberalen Vorwärtstrendlinien und Rückwärtstrendlinien ermittelt werden.

Neue Größen zur Datenanalyse

Die Ermittlung der Trendlinien eröffnet uns neue Möglichkeiten die Daten zu analysieren. Beispielsweise können wir die

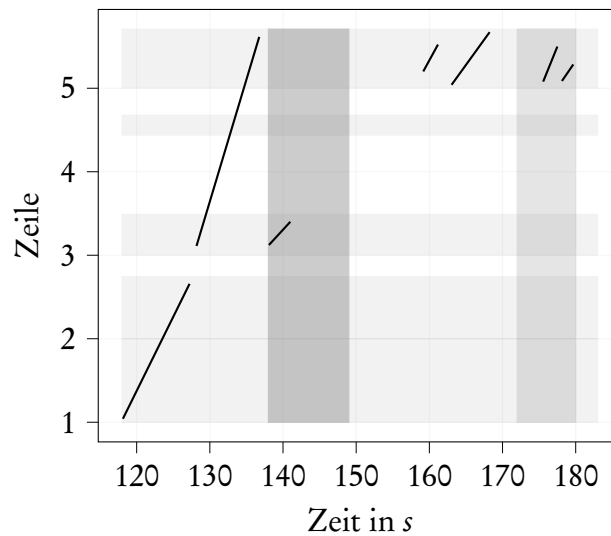


Abbildung 3.3: Liberale Vorwärtswärtstrendlinien aus den Blickbewegungen der Probandin METHODY auf Folie 2

- Länge von Trendlinien unter Verwendung der Einheit *eine Zeilenlänge*
- Anzahl von linearen Lesedurchläufen durch bestimmte Textbereiche
- Lesegeschwindigkeit

betrachten. Es ließen sich auch Größen, wie *Anzahl der Punkte in einer Trendlinie im Verhältnis zur Länge der Trendlinie* oder *Geschwindigkeit im Verhältnis zur Anzahl der Punkte in einer Trendlinie* betrachten. In dieser Arbeit werden diese Größen keine Rolle spielen und wir vernachlässigen sie an dieser Stelle.

Wir betrachten nun die oben aufgeführten Größen genauer.

Länge von Trendlinien unter Verwendung der Einheit *eine Zeilenlänge*.

Trendlinien sind Indikatoren für einen „linearen“ Lesefluss. Wir verwenden an dieser Stelle den Begriff „linear“ obwohl uns bewusst ist, dass Augenbewegungen nicht fließend stattfinden, sondern durch Fixationen und schnelle Sprünge zwischen den Fixationen vollzogen werden. An dieser Stelle nehmen wir einen globaleren Standpunkt ein: Mit Blick auf den Gesamtleseprozess meinen wir hier mit „linear“, dass bestimmte Textbereiche in einem Zug durchlaufen werden, ohne lange Unterbrechungen und ohne große Sprünge.

Überquert eine Trendlinie ein oder mehrere, graue, waagerechte Rechtecke, dürfen wir schließen, dass der Proband die entsprechenden Zeilen linear gelesen hat. Dabei sehen wir auch, wie lang diese Trendlinien und entsprechend, wie lang die gelesenen Textbereiche sind. Aus den Diagrammen können wir also ablesen, auf

welchen Textbereichen lineare Leseprozesse stattfinden. Damit erhalten wir eine erste Idee vom Ablauf des Gesamtleseprozesses. Dieser wird durch Hinzunahme der Akkumulationen (siehe Abschnitt 3.2) vervollständigt.

Anzahl von linearen Lesedurchläufen durch bestimmte Textbereiche. Wiederholtes Lesen von Textbereichen können wir unter Verwendung der Trendlinien erkennen. Überqueren mehrere Trendlinien dasselbe graue, waagerechte Rechteck, so wurde die zugehörige Zeile mehrfach gelesen. Die oben erstellten Diagramme mitsamt den Trendlinien erlauben uns, zeilen- beziehungsweise textbereichsweise zu untersuchen, wieviele lineare Leseprozesse auf den jeweiligen Bereichen vollzogen wurden.

Lesegeschwindigkeit. Treffende Aussagen über die Lesegeschwindigkeit können generell erst nach ihrer Berechnung gemacht werden. Dafür liefern uns die Trendlinien mit ihren jeweiligen Anfangs- und Endpunkten die nötigen Voraussetzungen.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen zwei Punkten p_1, p_2 auf einer *Weg-Zeit*-Kurve ist gleich dem Anstieg der Sekante durch p_1, p_2 . Die Trendlinien liefern somit erste Vorstellungen in Bezug auf die Lesegeschwindigkeit auf bestimmten Textbereichen. An dieser Stelle müssen wir allerdings etwas vorsichtig sein. Aus Gründen einer möglichst realitätsnahen Abbildung befindet sich in den Diagrammen eine Darstellung der Textzeilen der jeweiligen Folie des Lesetextes. Sie werden durch die waagerechten grauen Rechtecke symbolisiert. Dabei stellt die jeweilige Breite der Rechtecke (zwischen $[0, 1]$) die Länge der Textzeilen dar. Wir betrachten Abbildung 3.3, welche sich auf die zweite Folie des Lesetextes bezieht. Beispielsweise ist dort die erste Zeile die längste und die 4. Zeile die kürzeste. Sie befindet sich ungefähr in der Mitte im Vergleich zur ersten Zeile. Im Diagramm ist dies wie folgt dargestellt: Das erste Rechteck hat maximale Breite (1) und ist weder ober- noch unterhalb von weißen Bereichen umrahmt. Das vierte Rechteck hat eine kürzere Breite ($< 0,5$) und ist von oben und unten durch weiße Bereiche eingerahmt. Die weißen Bereiche in den Diagrammen entsprechen den weißen Bereichen auf den Folien des Lesetextes.

Verlaufen nun Trendlinien über mehrere Zeilen, so werden die Trendlinien beim Überqueren der weißen Bereiche künstlich in die Länge gezogen. Dadurch verzerrt, genauer vergrößert sich deren Anstieg, also deren Geschwindigkeit (Beispielsweise taucht dieser Umstand bei der von links gezählten, vierten liberalen Trendlinie in Abbildung 3.3 auf). Man könnte diese Situation beheben, indem man entweder die weißen Bereiche ausschneidet und somit die grauen Rechtecke aneinander schiebt oder die Übergänge der Trendlinien über die weißen Bereiche durch senkrechte Strecken darstellt. Wir haben uns gegen den ersten Vorschlag

entschieden aufgrund der besseren Lesbarkeit (Eine nichtkonstante Skalierung der y -Achse wollten wir nicht Kauf nehmen.). Den zweiten Vorschlag haben wir nicht aufgegriffen wegen der besseren Übersichtlichkeit, da wir davon ausgehen, dass weitere Linien dazu führen, dass das Diagramm eher unbequemer zu lesen ist.

Zur ersten Einschätzung der Lesegeschwindigkeit ist es empfehlenswert, zusätzlich das Diagramm der Blickbewegungen (Abb.2.5) heranzuziehen.

3.2 Akkumulationen

Beim Lesen mathematischer Texte erwartet man *nicht*, dass der Leser den Text mit ungefähr konstanter Geschwindigkeit liest, sondern vielmehr, dass er häufiger an Textstellen verharret. Dadurch entsteht eine Häufung von Fixationen, was wir im Folgenden als *Akkumulation* bezeichnen.

Bedingungen für Akkumulationen

Zunächst legen wir die folgenden Bezeichnungen fest:

- A_t^{lu} : t -Koordinate der linken unteren Ecke der Akkumulation
- A_y^{lu} : y -Koordinate der linken unteren Ecke der Akkumulation
- A_t^{ro} : t -Koordinate der rechten oberen Ecke der Akkumulation
- A_y^{ro} : y -Koordinate der rechten oberen Ecke der Akkumulation
- n_{Akk} : Mindestanzahl an Punkten, aus denen eine Akkumulation gebildet wird
- $d_{y_{\text{max}}}^{\text{Akk}}$: Maximaler Abstand in y -Richtung eines Punktes zu einer Akkumulation, zu der er hinzugenommen wird
- $d_{t_{\text{max}}}^{\text{Akk}}$: Maximaler Abstand in t -Richtung eines Punktes zu einer Akkumulation, zu der er hinzugenommen wird

Wir können nun Bedingungen für Akkumulationen aufstellen und diese dann mathematisch beschreiben.

1. Akkumulationen bestehen aus einer Mindestanzahl an Punkten.
2. Eine Akkumulation wird durch eine Anzahl von Fixationen gebildet, die nah beieinander liegen.

3. Eine Menge von einer begrenzten Anzahl hintereinander ausgeführter, vorwärts gerichteter Blickbewegungen darf nicht in einer Akkumulation liegen.

Das bedeutet mathematisch ausgedrückt das Folgende:

1. Eine Akkumulation besteht aus mindestens $n_{\text{Akk}} \in \mathbb{N}$ Punkten.
2. Eine weitere Fixationen (x, y) wird zu einer Akkumulation hinzugenommen, wenn gilt:

$$\left[(t - A_t^{\text{ro}}) \leq d_{t_{\text{max}}}^{\text{Akk}} \right] \wedge \left[(|y - A_y^{\text{ro}}| \leq d_{y_{\text{max}}}^{\text{Akk}}) \vee (|y - A_y^{\text{lu}}| \leq d_{y_{\text{max}}}^{\text{Akk}}) \right]$$

3. Punkte einer Akkumulation sind nicht in einer strengen Vorwärtstrendlinie enthalten.

Programmiertechnische Realisierung

Analog zur Berechnung von Trendlinien durchläuft bei der Berechnung von Akkumulationen unser Programm alle Punkte (Fixationen) nacheinander. Abermals wird für jeden einzelnen Punkt anhand der oben genannten Kriterien entschieden, ob die aktuelle Akkumulation um diesen erweitert wird oder ob bei ihm die Akkumulation abbricht und er somit Startpunkt einer neuen Akkumulation ist. Sobald eine Akkumulation abbricht, wird auch hier überprüft, ob diese groß genug ist und dementsprechend akzeptiert oder verworfen wird. Für die Berechnung von Akkumulationen müssen wieder für die Variablen n_{Akk} , $d_{t_{\text{max}}}^{\text{Akk}}$, $d_{y_{\text{max}}}^{\text{Akk}}$ Werte gewählt werden. Für die Variablen $d_{t_{\text{max}}}^{\text{Akk}}$ und $d_{y_{\text{max}}}^{\text{Akk}}$ argumentieren wir auf die gleiche Art und Weise wie bei Trendlinien und setzen sie gleich den im Abschnitt 3.1 festgestellten Werten. Wir betrachten also nur die Größe n_{Akk} .

Die minimale Anzahl n_{Akk} von Punkten, die eine Akkumulation bilden.

Wir erinnern uns nochmal kurz, wie Akkumulationen gebildet werden. Liegt ein Punkt hinreichend nah an der bereits gebildeten Akkumulationen (also an dem Rechteck im Diagramm), so erweitern wir die Akkumulation um ihn. Bei der Konstruktion von Akkumulationen unterliegen wir der Bedingung (3) *Punkte einer Akkumulation sind nicht in einer strengen Vorwärtstrendlinie enthalten*. Diese haben wir zum einen aufgenommen, weil ohne sie alle strengen Vorwärtstrendlinien als Akkumulation angezeigt werden würden. Zum anderen finden wir beim mehrfachen Lesen eines Zeilenabschnitts, also bei Fixationshäufungen, durchaus Rückwärtssakkaden und auch kurze strenge Vorwärtstrendlinien. Eine Akkumulation kann somit ein Startgebiet von Fixationshäufungen sein, die

durch strenge Vorwärtstrendlinien unterbrochen sind. Wir wählen also die minimale Anzahl an Punkten, die eine Akkumulation bilden, nicht zu groß und setzen $n_{\text{Akk}} = 5$.

Graphische Darstellung

Mit Hilfe dieser mathematischen Beschreibungen kann nun ein Code realisiert werden, unter dessen Verwendung die Akkumulationen ermittelt werden.

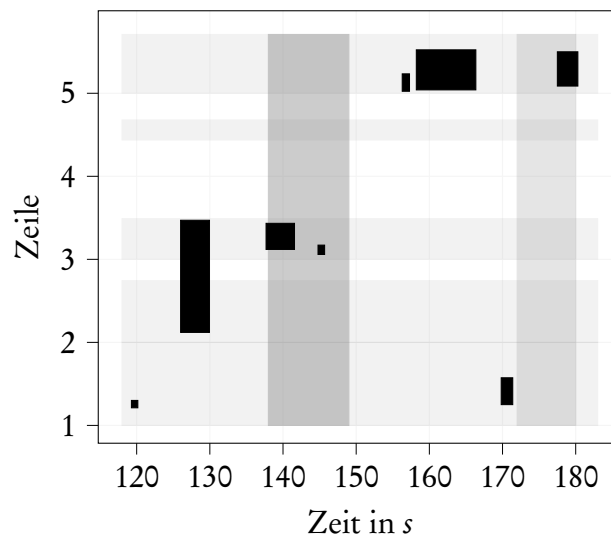


Abbildung 3.4: Akkumulationen aus den Blickbewegungen der Probandin METHODY auf Folie 2

Akkumulationen – Ursachen für deren Auftreten

Bei der Suche nach Akkumulationen spielen die Regressionen eine entscheidende Rolle. Akkumulationen werden angezeigt, wenn mindestens fünf Punkte nahe beieinander liegen. Somit können Akkumulationen sowohl aus Vorwärtssakkaden als auch aus Regressionen bestehen.

Eine Akkumulation kann durch folgende Situationen auftreten.

1. Die Fixationen bilden eine (so nicht existente, da zu kurze) strenge Vorwärtstrendlinie, die aus maximal vier Punkten besteht und an deren Start oder Ende sich zusätzlich weitere wenige Punkte befinden. Es besteht also einerseits die Möglichkeit, dass diese Punkte neben einer Akkumulation eine liberale Vorwärtstrendlinie bilden. In diesem Fall interpretieren wir diese Fixationen als liberale Vorwärtstrendlinie.

Andererseits können die zusätzlichen Punkte so liegen, dass sowohl zu Beginn als auch am Ende der strengen Vorwärtstrendlinie je eine Regression liegt. (vgl. Abb. 3.4, 5. Zeile, vorletzte Akkumulation). Auch diesen Prozess interpretieren wir als liberale Rückwärtstrendlinie.

2. Die Fixationen bilden eine strenge Rückwärtstrendlinie an deren Start oder Ende sich eventuell weitere Punkte befinden. Dieses Leseverhalten interpretieren wir als Rückwärtstrendlinie und nicht als Akkumulation.
3. Eine Akkumulation ist ein Indikator für eventuell nur einen Start einer Umgebung, in der sich Punkte häufen. (Siehe Abb. 3.4 und Abb. 2.5 Zeile 3, letzte Akkumulation.) Akkumulationen brechen an einem Punkt $p_k, k \in \mathbb{N}$ ab, wenn p_k zu weit weg liegt oder p_k Startpunkt einer strengen Vorwärtstrendlinie ist. Es kann also sein, dass die Umgebung, in der sich Punkte häufen, größer ist als durch die Akkumulation im Diagramm angezeigt wird. (vgl. Abb. 3.4, 5. Zeile, letzte Akkumulation)

In allen drei hier beschriebenen Situationen ist die zusätzliche Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms zur korrekten Interpretation erforderlich.

3.3 Analyse von Blickbewegungen

Wir beginnen den Abschnitt mit einem Überblick über die Kenngrößen und deren jeweiligen Zusammenhang mit dem Leseverhalten des entsprechenden Probanden. Abschließend diskutieren wir die Größen *mittlere Fixationsdauer* und *Akkumulationen* als Indikatoren für kognitive Anstrengung.

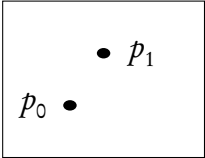
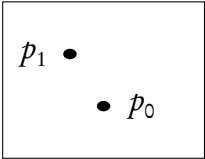
Wir legen an dieser Stelle folgende Konventionen fest.

- Als *Textstelle* bezeichnen wir einen Punkt in einem Text. Ein *Textstück* ist ein wählbarer Ausschnitt eines Textes, der eine festgelegte Länge besitzt. Unter einem *Textbaustein* verstehen wir einen mathematischen Baustein, wie beispielsweise eine Definition, einen Satz mit dessen Beweis oder ein Beispiel.
- Die Beschreibung der Kenngrößen erfolgt auf Grundlage ihres Auftretens im Blickbewegungen-Diagramm. Die Interpretation bezieht sich auf den Text, den der Proband gelesen hat. Aufgrund der Konstruktion der Blickbewegungen-Diagramme existiert eine Bijektion zwischen Diagramm und Text. Wir wählen für denjenigen Punkt im Text, der zum Punkt p_k im Diagramm gehört, die Bezeichnung $P_k, k \in \mathbb{N}$.

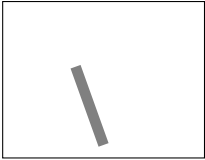
- Wir sagen, dass eine Kenngröße isoliert liegt, wenn sich keine weitere Kenngröße in der näheren Umgebung der betrachteten Kenngröße befindet.
- Der Interpretation der Kenngrößen liegt die Eye-Mind-Hypothese (Just u. Carpenter, 1980) zu Grunde. Wir schließen diejenigen Fälle aus, in denen ein Leser zwar den Text liest, aber in Gedanken mit anderen Dingen beschäftigt ist.
- Wir sprechen aus einer globalen Sicht von *linearem Lesen*, obwohl lokal betrachtet Lesen kein linearer Prozess ist, sondern aus Verharren auf Textstellen (Fixationen) und schnellen Sprüngen (Sakkaden) besteht.
- Wenn wir davon sprechen, dass gelesene Inhalte verarbeitet werden, behaupten wir nicht, eine Aussage über Art und Qualität der Verarbeitung machen zu können. Insbesondere wird an dieser Stelle in keinster Weise deutlich, inwiefern die Inhalte dabei vom Leser verstanden werden.

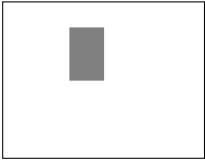
Kenngrößen – eine Übersicht

An dieser Stelle geben wir eine Übersicht über die Kenngrößen. Dabei wiederholen wir kurz, bei welchen Blickbewegungsmustern die jeweilige Kenngröße auftritt. Dafür legen wir das Blickbewegungen-Diagramm zu Grunde. An dieser Stelle weisen wir darauf hin, dass die Punkte in t -Richtung auf natürliche Art und Weise monoton wachsend auftreten, dass also $t_k < t_{k+1}, k \in \mathbb{N}$, da die Zeit nicht zurückgedreht werden kann.

Kenngröße	Merkmale	Leseverhalten
Vorwärtssakkade von p_0 zu p_1 	Der Punkt p_0 hat eine kleinere y-Koordinate als der Punkt p_1. und Der Punkt p_0 hat eine kleinere x -Koordinate als der Punkt p_1 .	Der Leser springt von einer Textstelle P_0 zu einer nachfolgenden Textstelle P_1.
Regression von p_1 zu p_0 	Der Punkt p_1 hat eine kleinere y-Koordinate als der Punkt p_0. und Der Punkt p_1 hat eine kleinere x -Koordinate als der Punkt p_0 .	Der Leser springt von einer Textstelle P_1 zu einer vorigen Textstelle P_0.

Kenngröße	Merkmale	Leseverhalten
strenge Vorwärtstrendlinie 	• Mindestens fünf Punkte liegen nah beieinander. <i>und</i> Jeder Punkte liegt oberhalb seines Vorgängers.	• Der Text wird linear gelesen.
liberale Vorwärtstrendlinie 	• Mindestens fünf Punkte liegen nah beieinander. <i>und</i> Die Punkte bilden aus globaler Sicht eine monoton wachsende Gerade. <i>oder</i> Einige Punkte liegen ein kleines Stück unterhalb ihres Vorgängers.	• Aus globaler Sicht wird der Text linear gelesen. – Eventuell wird etwaiges Rauschen in den Daten (z.B. Blickbewegungen zur Fokussierung der fovealen Region) bereinigt. – Eventuell vollzieht der Leser mehrfach, kurze Rückwärtssakkaden und liest kurze Textstücke erneut. Bei der Betrachtung des Leseprozesses aus globaler Sicht sollen Regressionen dieser Art vernachlässigt werden.

Kenngröße	Merkmale	Leseverhalten
strenge Rückwärtstrendlinie 	• Mindestens zwei Punkte liegen nah beieinander. <i>und</i> Jeder Punkte liegt unterhalb seines Vorgängers. <i>Anmerkung:</i> Regressionen von kurzer Länge sind hier auch beinhaltet.	• Der Text wird linear rückwärts abgelaufen.
liberale Rückwärtstrendlinie 	• Mindestens fünf Punkte liegen nah beieinander. <i>und</i> Die Punkte bilden aus globaler Sicht eine monoton fallende Gerade. <i>und</i> Es ist erlaubt dass einige Punkte ein kleines Stück oberhalb ihres Vorgängers liegen.	• Aus globaler Sicht wird der Text linear rückwärts abgelaufen. – Eventuell wird etwaiges Rauschen in den Daten (z.B. Blickbewegungen zur Fokussierung der fovealen Region) bereinigt. – Eventuell vollzieht der Leser mehrfach, kurze Vorwärtssakkaden und liest kurze Textstücke erneut. Bei der Betrachtung des Leseprozesses aus globaler Sicht sollen Vorwärtssakkaden dieser Art vernachlässigt werden.

Kenngröße	Merkmale	Leseverhalten
Akkumulation 	• Mindestens fünf Punkte liegen nah beieinander. <i>und</i> Die Punkte liegen nicht auf einer strengen Vorwärtstrendlinie.	• In der Umgebung um eine Textstelle P_0 vollzieht der Leser unregelmäßige Blickbewegungen, die sowohl Vorwärtssakaden als auch Regressionen beinhalten. Er liest Textstellen (eventuell mehrfach) wiederholt. Dabei ist nicht unbedingt eine Reihenfolge zu erkennen.
	<i>oder</i> Die Punkte bilden eine strenge Rückwärtstrendlinie	• <i>keine Interpretation an dieser Stelle</i> (vgl. Abschnitt 3.2, Situation 2)
	<i>oder</i> Die Punkte bilden eine liberale Vorwärtstrendlinie. Diese ist eher kurz. Die meisten Punkte würden auf einer strengen Vorwärtstrendlinie liegen. Es ist nur deshalb keine strenge Vorwärtstrendlinie, weil sie nicht die Mindestanzahl an Punkten enthält.	• <i>keine Interpretation an dieser Stelle</i> (vgl. Abschnitt 3.2, Situation 1)

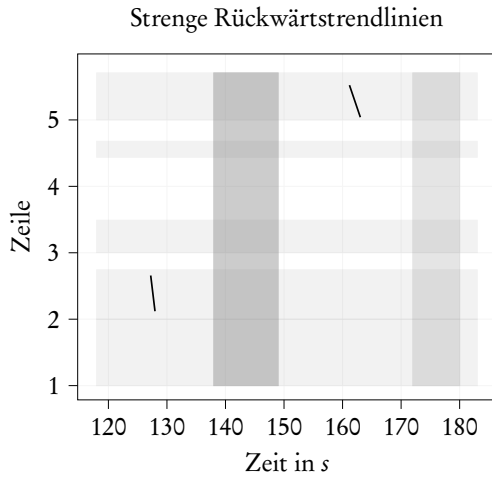
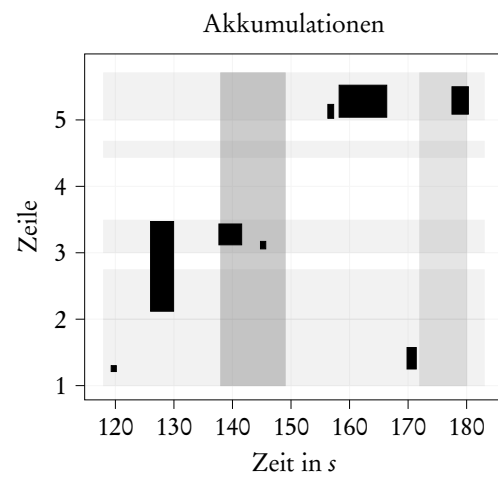
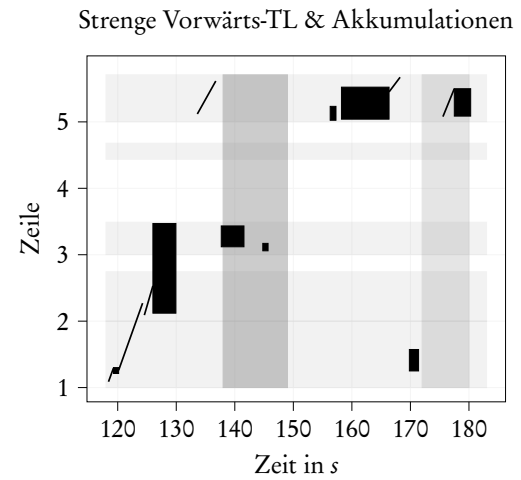
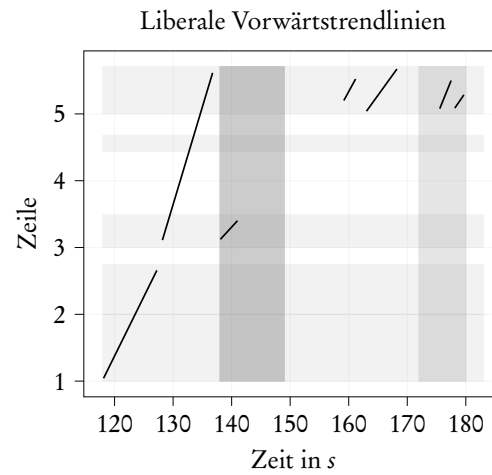
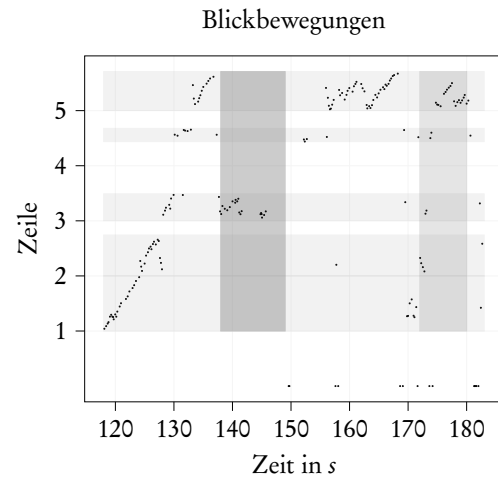
3.4 Ein Beispiel

Im diesem Abschnitt finden wir ein Beispiel für die Darstellung einer gelesenen Seite für die Probandin *METHODY* (Name wurde geändert). Für jede Seite wird zunächst eine Übersicht gezeigt, welche aus fünf Diagrammen besteht. Das erste Bild zeigt die Blickbewegungen der Probandin. Danach werden in den jeweiligen Diagrammen die Akkumulationen, die strengen Rückwärtstrendlinien, die strengen Vorwärtstrendlinien und die liberalen Vorwärtstrendlinien dargestellt. Auf die Darstellung der liberalen Rückwärtstrendlinien verzichten wir bei diesem Experiment. Die Einbeziehung liberaler Rückwärtstrendlinien ergibt dann Sinn, wenn das globale Leseverhalten beim Lesen von langen Texten über mehrere Seiten analysiert werden soll. Dementsprechend würden die AoIs beispielsweise als Rechtecke über jeweils Seiten gewählt.

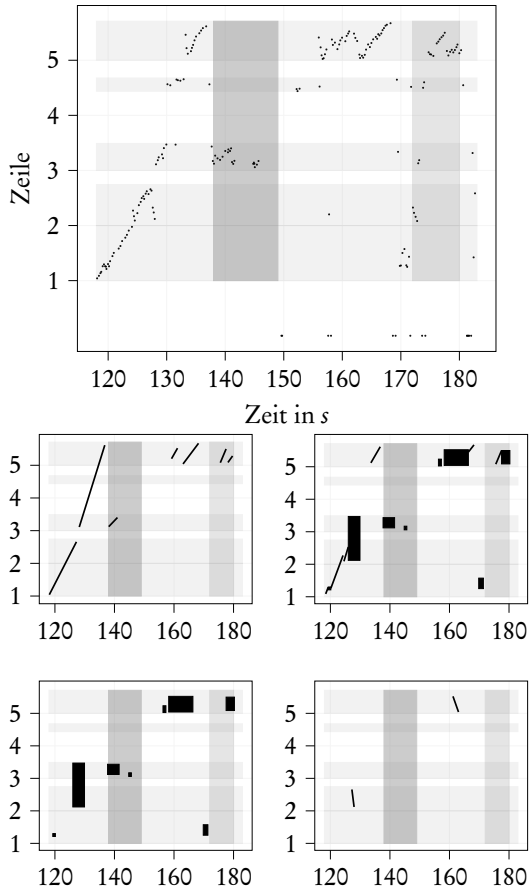
Die jeweiligen Aufzeichnungen beinhalten neben den Blickbewegungen Audioaufnahmen und Aufzeichnungen dessen, was der Teilnehmer aufschreibt. Wir stellen die Daten nach der Übersicht in einer dreispaltigen Tabelle dar. Die erste Spalte beinhaltet die Diagramme. In der zweiten Spalte finden wir die Notizen, die der Teilnehmer mit dem Smart-Pen festgehalten hat und in der dritten die Dialoge, die gesprochen wurden. In den Diagrammen in der ersten Spalte sind Phasen, in denen gesprochen wird, durch hellgraue Rechtecke gekennzeichnet, Phasen, in denen geschrieben wird, durch dunkelgraue Rechtecke.

Die letzte Seite 5 des Lesetextes (an dieser Stelle nicht sichtbar) im Experiment ist in zwei Spalten unterteilt. In den Diagrammen finden wir die Zeilen der linken Spalte mit den Werten 1 - 10 unterhalb der gezogenen schwarzen Linie. Die Zeilen der rechten Spalte finden wir oberhalb der schwarzen Linie mit Werten von 11 bis 18.

Folie 2 - Definition



AoI	rel. Verwd. %	mittl. Fixd. %
1	9.43206	20.0325
2	8.53906	16.2887
3	20.5624	18.6745
4	25.5678	23.6318
5	35.8987	21.3724

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Geschrieben	Gesprochen
Blickbewegungen 	<i>P:</i> p Prim: $\varphi(p) = p - 1$ <i>(ab 138s)</i> <i>(149s)</i>	<i>I:</i> <i>ab (173s)</i> Und was haben Sie hier gemacht? <i>P:</i> Den Satz aufgeschrieben, aber ich bin ein bisschen unschlüssig bei dem letzten Satz, da weiß ich nicht ganz genau. <i>I:</i> Mhm. <i>(180s)</i>

Kapitel 4

Die Studie

4.1 Rahmenbedingungen

Probanden

Die Teilnehmer können wir unterteilen in *Novizen* und *Experten*. Sie lassen sich wie folgt charakterisieren. Novizen sind Studierende im ersten Semester, die im SS16 die Veranstaltung „Einführung in mathematisches Denken und Arbeiten“ besuchten. Sie wurden in der ersten Vorlesung darüber informiert, dass das Experiment ca. eine Stunde dauert. Daraufhin haben sie im Rahmen einer anonymen moodle-Umfrage entschieden, ob sie an der Studie teilnehmen möchten. Experten sind Doktoranden im Bereich *Reine Mathematik* an der Universität Paderborn.

Ort der Datenerhebung

Die Erfassung der Daten mit einem Eye-Tracker fand im Labor der AG Sportpsychologie im Department Sport und Gesundheit an der Universität Paderborn statt.

Während des Experiments sind nur der Teilnehmer und die durchführende Person anwesend. Proband und Durchführer kennen sich nicht und werden sich auch zukünftig nicht in einer Prüfungssituation an der Universität Paderborn begegnen.

Ablauf

Das Experiment beginnt mit einer kurzen Vorrede der durchführenden Person. Danach werden die Daten erhoben, woraufhin Schlussworte folgen. Die Datenerhebung bezieht sich auf das Leseverhalten der Probanden. Dementsprechend

wird der Teilnehmer gebeten, einen Text sinnentnehmend zu lesen. Dabei erfasst ein Eye-Tracker die Augenbewegungen und ein Smart-Pen die schriftlichen und die Sprach-Notizen des Probanden.

Vorrede

In der Vorrede wird nach der Begrüßung den Teilnehmern zunächst für die Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie gedankt und sie werden darauf hingewiesen, dass es sich um eine Studie zum Lesen mathematischer Texte handelt. Dem Teilnehmer wird mitgeteilt, dass sämtliche Daten anonym und vertraulich behandelt werden. Der Proband wird wiederholt darauf hingewiesen, dass das Experiment ca. eine Stunde dauert. Danach wird der Aufbau des Experiments dargelegt.

Erhebung der Daten für den Leseprozess

Nach der Kalibrierung des Eye-Trackers wird der Proband gebeten, den Text am Bildschirm mit dem Ziel „Verständnis der Inhalte“ zu lesen. Er wird darauf hingewiesen, dass er durch Mausklick weiterblättern kann und Stift und Papier benutzen darf. Außer der Aufforderung nach jedem Weiterblättern zu äußern, womit er sich gerade auf der Seite beschäftigt hat, werden keinerlei weitere Instruktionen gegeben.

Verwendung der Daten

An dieser Studie nahmen zehn Probanden teil, unter ihnen gab es zwei Experten. Die Daten wurden für unterschiedliche Aspekte verwendet. Ein Datensatz besteht aus insgesamt fünf Folien beziehungsweise insgesamt 38 Zeilen mathematischen Texts. Jeder Datensatz eines Probanden wurde genau einmal benutzt. Das bedeutet, dass diejenigen Datensätze, die für die Datenaufbereitung (Entwicklung der Blickbewegungen-Diagramme und der zugehörigen Kenngrößen) herangezogen wurden, für eine inhaltliche Datenanalyse zum Leseverhalten nicht mehr verwendet wurden.

Äußeres Lesetextdesign

In einer ersten Pilotierungserhebung der Daten betrachteten wir die Datensätze von zwei Novizen. Dabei begegneten wir der Problematik des Rauschens in Eye-Tracking-Daten. Beispielsweise waren in den Datenvideos der Probanden Blickbewegungen sowohl genau auf als auch unter- und oberhalb einer Zeile zu sehen.

Viele Fixationen konnten keiner Zeile zugeordnet werden. Eine erste Maßnahme in Bezug auf diese Problematik war die äußere Veränderung des Lesetextes. Der Zeilenabstand wurde deutlich vergrößert.

Datenaufbereitung

Für die Datenaufbereitung verwendeten wir zur Erstellung der Blickbewegungen- und Kenngrößendiagramme den Datensatz eines Novizen und zur Adressierung von Schwierigkeiten (beispielsweise eine zu dicht gedrängte Darstellung der Fixationen) den Datensatz eines Experten. Des Weiteren verwendeten wir die Datensätze von drei Novizen zum Abgleich der entwickelten Diagramme mit den entsprechenden Datenvideos. Dabei unterteilten wir die Gesamtlesezeit auf einer Folie in kleine Zeitspannen (ca. 5s) und betrachteten den Leseverlauf während einer kleinen Zeitspanne. Danach verglichen wir den Leseverlauf mit dem in dem zugehörigen Datenvideo. Diesen Prozess wiederholten wir für jede Zeitspanne. Wir konnten eine sehr gute Übereinstimmung der Blickbewegungsdiagrammdaten mit denen in den Videos feststellen. Wir haben an der Stelle keine statistische Analyse durchgeführt, da bereits die Eye-Tracking-Daten an sich ein Rauschen mit sich führen. An dieser Stelle handelt es sich um einen ersten subjektiven Abgleich beider Darstellungen der erhobenen Daten.

Analyse des Leseverhaltens

Zur ersten Verdeutlichung der Anwendung der entwickelten Datenaufbereitungstools wurden im Rahmen einer explorativen Studie zur Analyse des Leseverhaltens zwei Novizen und ein Experte also insgesamt 114 Zeilen mathematischer Text analysiert.

4.2 Analyse des Lesetextes

Jedem Probanden der Studie wird der gleiche Text vorgelegt. Diesen analysieren wir nun. Das erfolgt angelehnt an Selden u. Selden (2003).

Ein mathematischer Text besteht aus unterschiedlichen Bausteinen (Definitionen, Sätze, Beweise). Jeder Baustein stellt verschiedene Anforderungen an den Rezipienten (Houston, 2012).

Mit der folgenden Sachanalyse geben wir Vorschläge einerseits zum Textverständnis der Probanden und andererseits zu Anforderungen an den Leser. Dabei ziehen wir teilweise Kintsch (1998) heran (siehe Abschnitt 1.2).

Der Lesetext

Für unsere Studie wählten wir als Thema „Die EULERSche φ -Funktion“. Es gehört zu dem Gebiet der elementaren Zahlentheorie. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass es ohne weitere mathematische Teilgebiete auskommt und dass die Problemstellungen leicht verständlich sind.

Der den Probanden vorgelegte Text (Abschnitt 8.2) ist bis auf kleine Abwandlungen aus dem Buch von Scheid (2002) übernommen, welches sich laut Rückentext an „Studenten im Lehramtsstudiengang der Primarstufe, aber auch an alle anderen Lehramtsstudenten des Faches Mathematik“ richtet. Der Text beginnt mit einem geschichtlichen Teil (Zeile 1 - 8) über LEONHARD EULER. Die Inhalte werden in einem literarischen Text dargestellt. Dem folgt ein fachmathematischer Teil zum Thema „Die EULERSche φ -Funktion“. In diesem finden wir zunächst die Definition der EULERSchen φ -Funktion, gefolgt von drei Beispielen zur Bestimmung einiger Werte dieser Funktion in Spezialfällen. Der Text mündet in einer Aussage über die Multiplikativität der EULERSchen φ -Funktion und deren Beweis.

Zu Definition 1

Zu Beginn des fachmathematischen Textes wird die EULERSche φ -Funktion definiert:

Definition 1. Für $n \in \mathbb{N}$ bezeichnen wir mit $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$. Man nennt φ die EULERSche φ -Funktion.

Diese Definition wirft zwei Fragen auf:

1. Wie lässt sich $\varphi(n)$ als mathematisches Objekt fassen?
2. Wie lässt sich $\varphi(n)$ für ein konkretes $n \in \mathbb{N}$ berechnen?

Zu Frage 1

Der Name suggeriert bereits, dass es sich um eine Abbildung handelt. Definition 1 liefert uns eine zugängliche Beschreibung dieser Abbildung. Mit der alternativen Darstellung

$$\begin{aligned} \varphi : \mathbb{N} &\rightarrow \{1, 2, 3, \dots, n\} \\ n &\mapsto \#\{k \in \mathbb{N} : \text{ggT}(k, n) = 1, 1 \leq k \leq n\} \end{aligned} \tag{4.2.1}$$

erhalten wir eine komplexere Illustration der EULERSchen φ -Funktion mit den folgenden Vorteilen.

- Definitions- und Wertebereich sind sofort ersichtlich.
- Wir sehen, was der Ausdruck „zu n teilerfremde Zahlen“ bedeutet: Zwei Zahlen $n, k \in \mathbb{N}$ heißen teilerfremd, wenn $\text{ggT}(k, n) = 1$ richtig ist.

Zu Frage 2

Zur Beantwortung von Frage 2 betrachten wir das Beispiel

$$\begin{aligned}\varphi(6) &= \#\{k \in \mathbb{N} : \text{ggT}(k, 6) = 1, 1 \leq k \leq 6\} \\ &= \#\{1, 5\} \\ &= 2.\end{aligned}$$

Wir suchen also diejenigen Elemente, die keinen gemeinsamen Teiler mit $n = 6$ haben, schreiben diese auf und zählen sie dann.

Anforderungen an die Probanden

Mit Definition 1 werden Kenntnisse zum Konzept der Abbildung vorausgesetzt. Das Concept-Image von Studierenden in Bezug auf den Funktionenbegriff umfasst diesen nicht in seiner Gesamtheit (Clement, 2001; Vinner u. Dreyfus, 1989). Vielmehr ist es reduziert auf beispielsweise „geometrische oder trigonometrische Ausdrücke“ (Breidenbach u. a., 1992).

Die EULERSche φ -Funktion ist nicht durch solch einen geschlossenen Ausdruck darstellbar (siehe 4.2.1). Demzufolge ist damit zu rechnen, dass die Novizen zunächst Schwierigkeit haben, diesen korrekt im Sinne einer Abbildung zu interpretieren. Allerdings muss hinzugefügt werden, dass zum Verständnis dafür, wie die φ -Funktion funktioniert, Definition 1 sehr zugänglich aufgeschrieben ist und ein Verständnis auf der dritten Kintsch-Stufe an dieser Stelle nicht nötig ist.

Mit den Novizen wurden die Begriffe „größter gemeinsamer Teiler“ und „teilerfremd“ ausführlich in der Vorlesung besprochen und in den Übungen geübt. Experten dürften mit dieser Definition keine Schwierigkeiten haben.

Zu den Beispielen 1, 2 und 3

Nach Angabe der Definition 1 folgt die Vorstellung von drei Beispielen.

Beispiel 1. Ist p eine Primzahl, dann ist

$$\varphi(p) = p - 1, \tag{4.2.2}$$

denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.

Das erste Beispiel zeigt die Anwendung der Definition 1 auf eine Primzahl p . Mit der angegebenen erklärenden Begründung müsste das Beispiel gut verständlich sein.

In Beispiel 2 betrachten wir die φ -Funktion angewendet auf eine Primzahlpotenz p^α .

Beispiel 2. Ist p^α eine Primzahlpotenz, dann ist

$$\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right), \quad (4.2.3)$$

denn von den p^α Zahlen zwischen 1 und p^α ist jede p -te Zahl durch p teilbar. Die linke Seite der Gleichung (4.2.3) wird damit begründet, dass „von den p^α Zahlen zwischen 1 und p^α jede p -te Zahl durch p teilbar ist.“ An dieser Stelle ist es hilfreich, diese Zahlen aufzuschreiben, um sie dann zu zählen:

$$1 \cdot p, 2 \cdot p, \dots, p^{\alpha-1} \cdot p = p^\alpha.$$

Das sind offensichtlich $p^{\alpha-1}$ Zahlen und somit sind von p^α Zahlen $p^\alpha - p^{\alpha-1}$ nicht durch p teilbar. Die rechte Seite folgt aus den Regeln der Bruchrechnung. Mit dem dritten Beispiel erhalten wir eine Formel zur Berechnung der φ -Funktion eines Produktes zweier verschiedener Primzahlen.

Beispiel 3. Sind p und q verschiedene Primzahlen, dann ist

$$\varphi(pq) = (p-1)(q-1), \quad (4.2.4)$$

denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar, q dieser Zahlen sind durch p teilbar, und eine ist durch p und q teilbar, es gilt also $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$.

Schreibt man die Zahlen $1, \dots, pq$ angeordnet in einer Tabelle mit p Spalten (beziehungsweise q Spalten) auf, findet man in der letzten Spalte sofort die p (beziehungsweise q) durch q (beziehungsweise p) teilbaren Zahlen. Diese subtrahieren wir von dem Produkt pq .

Zu beachten ist nun, dass es eine Zahl pq gibt, die sowohl durch p als auch durch q teilbar ist. Diese haben wir doppelt subtrahiert weswegen 1 addiert wird.

Zu Satz 1 und dessen Beweis

Satz 1 besagt, dass für teilerfremde Argumente a, b die φ -Funktion multiplikativ ist.

Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$.

Wir schauen uns zunächst die „High-Level-Structure“ des Beweises, also den Beweis aus globaler Sicht, an. Danach widmen wir uns den lokalen mathematischen Zusammenhängen, die in diesem Text auftreten.

Beweis. Wir denken uns die Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck angeordnet:

$$\begin{array}{cccccc}
 1 & 2 & \dots & t & \dots & b \\
 b+1 & b+2 & \dots & b+t & \dots & 2b \\
 2b+1 & 2b+2 & \dots & 2b+t & \dots & 3b \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 sb+1 & sb+2 & \dots & sb+t & \dots & (s+1)b \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 (a-1)b+1 & (a-1)b+2 & \dots & (a-1)b+t & \dots & ab
 \end{array} \tag{4.2.5}$$

Nun streichen wir alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle nicht zu b teilerfremden Zahlen. Es verbleiben $\varphi(b)$ Spalten. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält aus jeder Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter, denn aus

$$s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a} \tag{4.2.6}$$

folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq s_1, s_2 < a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremde Zahlen. Insgesamt gibt es daher $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a und zu b (also zu ab) teilerfremde Zahlen zwischen 1 und ab . $\square$

Der Beweis aus globaler Sicht

Die Beweisidee ist von elementarer Natur: Die Zahlen von 1 bis ab werden auf die angegebene Weise angeordnet und wir erhalten eine Tabelle (8.2.4). Diese hat a Zeilen und b Spalten, also ab Einträge. In je einer Spalte sind entweder alle Zahlen oder keine teilerfremd zu b . Wir betrachten diejenigen Spalten, die aus zu b teilerfremden Zahlen bestehen. In denen suchen wir nach zu a teilerfremden Zahlen. Im Ergebnis erhalten wir $\varphi(a)\varphi(b)$ Zahlen, die sowohl zu a als auch zu b teilerfremd sind.

Auf Folgendes weisen wir an dieser Stelle hin. Es ist nicht offensichtlich, dass wir auch umgekehrt alle Einträge gefunden haben, die nicht zu ab teilerfremd sind. Wir können erstmal nur sicher sein, dass

$$\varphi(ab) \leq \varphi(a)\varphi(b) \tag{4.2.7}$$

richtig ist.

Der Beweis aus lokaler Sicht

Im Rahmen von *Zooming-in* geht es darum, die in einem mathematischen Beweis natürlich auftretenden Lücken (Fallis, 2003) zu füllen. Unter anderem widmen wir uns der Frage, warum in (4.2.7) tatsächlich Gleichheit gilt. Doch der Reihe nach:

- Als erstes erwähnen wir, dass üblicherweise nicht angegeben ist (auch in Satz 1 nicht), aus welcher Menge die Zahlen a, b, s, s_1, s_2 und t stammen. Betrachten wir die Definition 1 der φ -Funktion, so ist offensichtlich, dass diese nur aus $\mathbb{N}$ sein können.
- Wir wollen einsehen, wie man aus Gleichung (4.2.6) $s_1 = s_2$ folgert und betrachten Folgendes:

$$\begin{aligned} s_1 b + t &\equiv s_2 b + t \pmod{a} \\ \Leftrightarrow a \mid (s_1 b + t - (s_2 b + t)) & \quad (4.2.8) \\ \Leftrightarrow a \mid b(s_1 - s_2). \end{aligned}$$

Nun wissen wir, dass laut Voraussetzung a und b teilerfremd sind, womit $a \mid (s_1 - s_2)$ richtig sein muss. Benutzen wir nun $0 \leq s_1, s_2 < a$, so folgt mit $|s_1 - s_2| \leq \max\{s_1, s_2\} < a$ die gewünschte Aussage.

- Betrachten wir noch einmal die Überlegungen zum Streichen der entsprechenden Einträge in der Tabelle: Sobald wir eine zu b teilerfremde Zahl gefunden haben, wissen wir, dass auch alle darunter stehenden Zahlen zu b teilerfremd sind. Das bedeutet, dass wir ganze Spalten streichen dürfen. Zeilenweise gilt das nicht.
- Warum gilt tatsächlich Gleichheit in (4.2.7)? Diese Frage können wir anders ausdrücken: Gibt es in der Tabelle (4.2.5) Einträge, die sowohl zu a als auch zu b teilerfremd sind aber nicht zu ab ? Die Begründung für die verneinende Antwort finden wir durch folgendes

Lemma 1. Für $a, b, k \in \mathbb{N}$ gilt:

$$\text{ggT}(ab, k) = 1 \Leftrightarrow \text{ggT}(a, k) = 1 \text{ und } \text{ggT}(b, k) = 1.$$

Beweis. Für die Hinrichtung wissen wir, dass $\text{ggT}(ab, k) = 1$ gleichbedeutend damit ist, dass wir ganze Zahlen x und y finden, so dass

$$abx + ky = 1$$

richtig ist. Das können wir einerseits schreiben als

$$a(bx) + ky = 1,$$

was $\text{ggT}(a, k) = 1$ liefert. Genauso erhalten wir aus

$$b(ax) + ky = 1$$

$$\text{ggT}(b, k) = 1.$$

Die Rückrichtung geht von der Existenz von $x_1, y_1, x_2, y_2 \in \mathbb{Z}$ aus, sodass

$$ax_1 + ky_1 = 1 \text{ und } bx_2 + ky_2 = 1$$

gelten. Wir multiplizieren beide Seiten und erhalten

$$\begin{aligned} (ax_1 + ky_1)(bx_2 + ky_2) &= 1 \\ \Leftrightarrow ab(x_1x_2) + k(ax_1y_2 + bx_2y_1 + ky_1y_2) &= 1 \end{aligned}$$

woraus mit $x_1x_2, ax_1y_2 + bx_2y_1 + ky_1y_2 \in \mathbb{Z}$ folgt: $\text{ggT}(ab, k) = 1$. □

In dem hier vorgestellten Beweis benutzen wir die Charakterisierung des Begriffes „teilerfremd“ durch die Existenz von $x, y \in \mathbb{Z}$ mit $abx + ky = 1$. Diese ist allen Probanden der Studie bekannt. Es war Teil des Stoffes der Veranstaltung „Einführung in mathematisches Denken und Arbeiten“, an der alle Novizen teilnahmen.

Kapitel 5

Methode der Datenanalyse

Die aufbereiteten Daten sind mit den AoI-Zeit-Diagrammen aus Kapitel 2 graphisch darstellbar und wir haben sogenannte Kenngrößen (Trendlinien und Akkumulationen) bestimmt (Kapitel 3).

Ziel dieses Kapitels ist es, ein Rahmenmodell zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen zu erstellen. Wir gehen dabei wie folgt vor. Zunächst betrachten wir zu den Themen *Leseverhalten* und *Operationalisierung von Lesestrategien* die (teilweise bereits aufgegriffene) Literatur. Dabei verdeutlichen wir bereits erforschte Aspekte von Verhalten beim Lesen mathematischer Texte. Für die Operationalisierung von Lesestrategien ordnen wir die in Abschnitt 2.4 erstellten Blickbewegungsdiagramme in bereits vorhandene Analysemethoden ein und adaptieren entsprechende Größen zur Datenanalyse. Damit erhalten wir ein Rahmenmodell.

5.1 Operationalisierung von Lesestrategien

Um die erhobenen Daten auswerten zu können, müssen entsprechende Merkmale beim Lesen mathematischer Texte operationalisiert werden. Bei Eye-Tracking-Studien werden unterschiedliche Größen auf verschiedene Art und Weise interpretiert (Holmqvist u. a., 2011).

Wir beginnen mit dem Merkmal *Engagement* und stützen uns dabei auf das Modell von Shepherd u. Van De Sande (2014). Danach betrachten wir ausführlich das Merkmal *Reihenfolge von Leseprozessen*. Abschließend gehen wir auf Vorschläge zur Operationalisierung der Merkmale *kognitive Anstrengung* und *Verteilung der Aufmerksamkeit* ein.

Engagement

Nach Shepherd u. Van De Sande (2014) ist das Merkmal *Engagement* charakterisiert durch die Analyse, inwiefern von den Probanden

- interne und externe Ressourcen verwendet werden und
- eigenständig Beispiele generiert werden.

Unter internen Ressourcen verstehen die Autoren dabei Textstücke, die in der Textquelle vorhanden sind, wie beispielsweise Skizzen oder Beispiele zu einer Definition, der Index oder das Inhaltsverzeichnis. Externe Ressourcen wären weitere Quellen, wie ein Buch oder Informationen aus dem Internet.

Ist während des Leseprozesses die Verwendung von Zettel und Stift erlaubt, können die Notizen der Probanden daraufhin untersucht werden, inwiefern eigenständig Beispiele oder andere Textstücke generiert wurden.

In Shepherd u. a. (2012) finden wir die Anfertigung von Notizen oder das Kopieren wichtiger Informationen als eine Strategie, um Inhalte aus einem Text im Gedächtnis zu behalten.

Für diese Studie operationalisieren wir das Merkmal *Engagement* zum einen durch die Analyse der Notizen der Probanden. Dabei widmen wir uns den Fragen

- Kopiert der Proband Textstücke?
- Generiert der Proband eigene Beispiele oder notiert er eigene Kommentare?

Zur Frage der Verwendung von weiteren Ressourcen beschränken wir uns lediglich auf interne Ressourcen. Weitere Quellen als der vorgegebene Text standen den Probanden hier nicht zur Verfügung. Wir greifen hier etwas vor. Zur Untersuchung der Verwendung interner Ressourcen ziehen wir eine Scan-Path-Analyse durch visuelle Inspektion heran (siehe Abschnitt 5.1). Wir betrachten also das entsprechende Blickbewegungen-Diagramm und widmen uns der Frage

- Schaut der Proband vorherige Textbausteine nach?

Reihenfolge von Leseprozessen

In Abschnitt 2.5 beschreibt die Abbildung φ_2 eine Bijektion zwischen den Blickbewegungen auf einem Text und einem AoI-Zeit-Diagramm (Abschnitt 2.4). Dabei werden Fixationen, die keiner AoI zugeordnet werden konnten, und die Dauer einer jeden Fixation vernachlässigt.

Wir beginnen diesen Abschnitt mit einer Rechtfertigung der gewählten Methode zur Datenanalyse durch eine Inspektion der AoI-Zeit-Diagramme. Dann betrachten wir den Begriff des Scan-Path. Interessanterweise können die AoI-Zeit-Diagramme aus Abschnitt 2.4 als Darstellung eines Scan-Paths aufgefasst werden. Das könnte man so ausdrücken, dass das Bild der Abbildung φ_2 eine Darstellung eines Scan-Paths ist.

Danach stellen wir ausgewählte Größen zur Scan-Path-Analyse vor. Dabei greifen wir Größen, die üblicherweise zur Betrachtung von Bildern oder zum Lesen von Listen herangezogen werden, auf. Das ergibt Sinn, da ein mathematischer Text Teilaspekte eines komplexen Bildes beinhaltet. Ein Überblick zu diesem Thema befindet sich in Holmqvist u. a. (2011). Diesem Buch sind die Informationen des ersten Teils dieses Abschnitts entnommen.

Abschließend gehen wir auf Vorschläge zur Operationalisierung von der Reihenfolge von Leseprozessen außerhalb der Scan-Path-Analyse ein. Dabei nehmen wir Studien zum Lesen mathematischer Texte in den Fokus (siehe beispielsweise Inglis u. Alcock (2012), Inglis u. Alcock (2018), Panse u. a. (2018)).

Datenanalyse durch visuelle Inspektion

Visualisierte Scan-Paths werden häufig verwendet, um einen ersten Eindruck darüber zu erhalten, wohin ein Proband schaut und in welcher Reihenfolge. Es gibt aber eine Reihe weiterer Gründe, warum visualisierte Scan-Paths bei der Datenanalyse herangezogen werden. Beispielsweise betrachtet Buswell (1935) die Reihenfolge und die Position individueller Fixationen und welche Objekte nicht fixiert wurden. Zur Datenanalyse durch visuelle Inspektion geben Holmqvist u. a. (2011) an: „This manual analysis and the description of the Scan-Path serve a particular pedagogic purpose that quantitative analysis could not easily provide.“ In anderen Fällen sind die Software oder die statistischen Werkzeuge unzulänglich. Für weitere Informationen siehe Holmqvist u. a. (2011, S.257 f.).

Scan-Paths

Definition. Den Ausdruck *Scan-Path* verwendeten Noton u. Stark (1971a) und Noton u. Stark (1971b) bereits in den 1970er Jahren. Andere gebräuchliche Ausdrücke für Scan-Path sind *Scan-Pattern*, *Search-Pattern*, *Scan-Sequence*, *Gaze-Sequence*, *Fixation-Track*, *Inspection-Pattern* und *Eye-Movement-Pattern*. Es gibt unterschiedliche Definitionen eines Scan-Path. Diese unterscheiden sich darin, ob ein Scan-Path für genau einen Probanden bezüglich genau eines speziellen Stimulus erstellt wird (Noton u. Stark, 1971a,b) oder ob die Blickbewegungen nicht nur exklusiv für einen Probanden beschrieben werden sollen. In früheren Jahren basierte die gebräuchlichste Definition eines Scan-Path auf Noton u. Stark

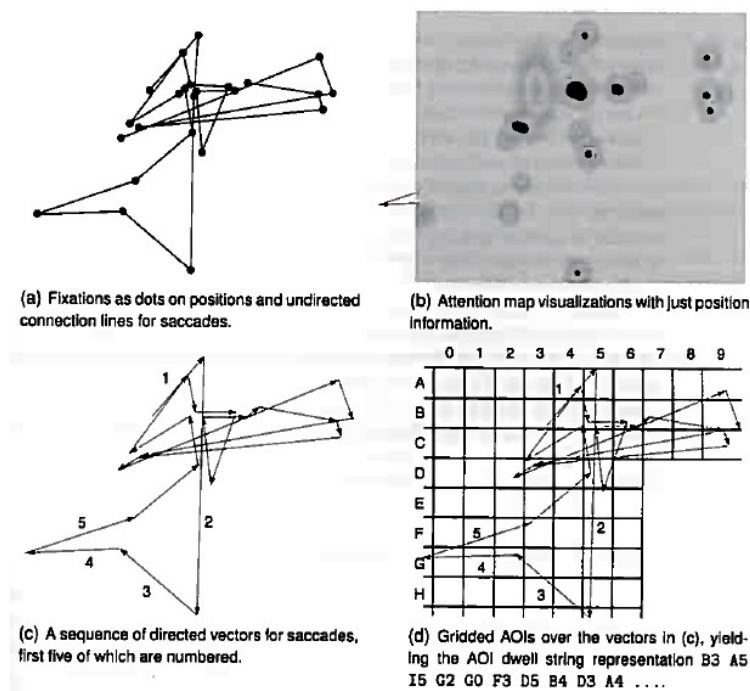


Abbildung 5.1: Visualisierung von vier unterschiedlichen Scan-Path-Darstellungen des gleichen Datensatzes nach Holmqvist u. a. (2011, S. 255)

(1971a). Danach besteht ein Scan-Path aus einer Folge von Sakkaden. Einige Definitionen beinhalten auch Fixationspositionen. Fixationsdauern werden selten bei Scan-Path-Größen verwendet.

Holmqvist u. a. (2011) definieren einen *Scan-Path* als die „route of oculomotor events through space within a certain timespan“. Somit enthält der *Path* einen Anfang und ein Ende. Die genaueste Bestimmung eines Scan-Path, die ein Eye-Tracker berechnen kann, sind die Koordinaten der Blickbewegungsdauer eines Probanden alle $\frac{1}{F_s}$ Sekunden, wobei F_s die Aufnahme-Frequenz des Eye-Trackers ist. Die Betrachtung von Bildern führt zu zweidimensionalen Raumkoordinaten (x, y) und somit kann ein Scan-Path der Länge L als eine Folge von Koordinaten $S_i = (x_i, y_i)$, $i = 1, 2, \dots, L$, beschrieben werden.

Unter einer *Scan-Path-Funktion* verstehen Holmqvist u. a. (2011) eine Abbildung, die ein oder mehrere Scan-Paths auf eine Darstellung des jeweiligen Scan-Paths abbildet. Abbildung 5.1 zeigt vier unterschiedliche Scan-Path-Darstellungen der gleichen Daten. Als minimale Anforderung an eine Scan-Path-Beschreibung wird eine Folge gefordert, die Informationen über die Reihenfolge beinhaltet. Das bedeutet, dass die Änderung der Reihenfolge der Elemente in einer Folge, die einen Scan-Path beschreibt, zu einer Änderung der Darstellung des Scan-Path führt.

Visualisierung. Es gibt unterschiedliche Arten der Visualisierung von Scan-Paths. Dabei wird zwischen dynamischen (beispielsweise Videos) und statischen (siehe Abbildung 5.1) Visualisierungen unterschieden. Die meisten Software-Pakete unterstützen vier Typen der statischen Visualisierung von Scan-Paths: Rohdaten-Scan-Paths, welche die ganze Menge an rohen (x, y) -Koordinaten enthalten und Fixationen-basierte Scan-Paths, welche Fixationen plotten. Für Fixationen-basierte Scan-Paths gibt es drei Optionen für mögliche Visualisierungen. Teilweise werden Kreise verwendet, deren Größe abhängig von der Fixationsdauer variiert. Falls solche Kreise verwendet werden, besteht zusätzlich die Möglichkeit, die Reihenfolge der Fixationen durch entsprechende Nummern neben jeder Fixation zu verdeutlichen.

Der dynamische Aspekt eines Scan-Path findet bei der statischen Visualisierung durch Verbindungslinien zwischen den Fixationen oder durch Nummerierung der Fixationen Beachtung. Wird die Verdeutlichung der dynamischen Aspekte weggelassen, erhalten wir lediglich eine Veranschaulichung der Verteilung der Häufung der entsprechenden Fixationen und damit erste Ideen zur Verteilung der Aufmerksamkeit.

Diejenigen Scan-Path-Darstellungen, die mehr als reine Visualisierungen sind, bieten weiterhin eine Darstellung der Daten an, welche für eine computergestützte Analyse und Statistiken verwendet werden kann.

Nach Holmqvist u. a. (2011) ist der Stand der Eye-Tracking-Software 2010 in Bezug auf die Analyse von Scan-Paths: „If you want to use the existing scanpath measures, you therefore need to export data such as raw data samples, fixations, saccades, and/or AOIs, and then implement the measures yourself.“

Holmqvist u. a. (2011) weisen unter anderem darauf hin, dass bei Scan-Path-Darstellungen stets Informationen des eigentlichen Scan-Path verloren gehen, beispielsweise die räumliche oder zeitliche Genauigkeit. Andere Eigenschaften, wie zum Beispiel die Fixationsdauer werden manchmal komplett ignoriert. Die Autoren erwähnen auch, dass Größen, die Scan-Path-Darstellungen verwenden, Rauschen in ihren Werten aufzeigen. Scanpath-Ereignisse und -Darstellungen stehen dabei oben in der Hierarchie.

Scanpath-Ereignisse

Fixationen und Sakkaden sind Blickbewegungs-Ereignisse, die aus erhobenen Rohdaten ermittelt werden können. *Scan-Path-Ereignisse* sind zeitlich begrenzte Muster, welche in Folgen von Blickbewegungen auftreten. Typischerweise bestehen Scan-Path-Ereignisse aus Unterschans der Länge zwei oder mehr in einer Folge von Fixationen, Sakkaden oder anderen Ereignissen (beispielsweise langsamen Bewegungen des Auges, wenn dieses einem sich bewegenden Objekt folgt). Ein Scan-Path-Ereignis kann mit jeder Art von Form oder Muster in Verbindung ge-

bracht werden, weswegen eine fast unendliche Anzahl an Scan-Path-Ereignissen existieren kann.

An dieser Stelle gehen wir auf ausgewählte Ereignisse, die speziell für das Lesen von Texten geeignet sind, ein. Weitere Informationen befinden sich in Holmqvist u. a. (2011, S. 262 f.).

Der Back-Track. Ein *Back-Track* ist eine spezielle Beziehung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sakkaden, wobei die zweite in entgegengesetzter Richtung zur ersten verläuft.

In der Leseforschung sind Back-Tracks „sequences of three or more leftgoing saccades, each of which is not greater than 13 characters spaces in extent. Typically these comprise a series of short saccades directed to a sequence of words, which are, as a result, inspected in reverse order“ (Murray u. Kennedy, 1988).

Tatler u. Vincent (2008) fanden heraus, dass einer Umkehrung der Richtung in einem Scan-Path eine Fixation längerer Fixationsdauer als die mittlere Fixationsdauer vorausgeht.

In Bezug auf die in Kapitel 2 ermittelten Kenngrößen entspricht die sogenannte strenge Rückwärtstrendlinie dem hier definierten Back-Track.

Regressionen. Der nah verwandte Begriff *Regression* bezeichnet Ereignisse, die ähnlich zu backtracks aber nicht das Gleiche sind. Bei einer Regression bewegt sich die Sakkade in entgegengesetzter Richtung zum Text aber nicht unbedingt in entgegengesetzter Richtung zu der vorigen Sakkade.

Regression-Events existieren in unterschiedlicher Größe: eine *In-Word-Regression* ist eine kleine Rückwärtsbewegung innerhalb eines Wortes, eine *Between-Word-Regression* bewegt sich im Textstück weiter zurück zu einem vorigen Wort.

Der Regression-Scan-Path. Dieses Ereignis ist ein Leseereignis. Der *Regression-Scan-Path* ist charakterisiert durch ein Zurückspringen im Text und nochmaliges Lesen eines Textstücks. Der Regression-Scan-Path endet, wenn der Ausgangspunkt des ursprünglichen vorwärts-Leseprozesses, also der Startpunkt der Regression, wieder erreicht ist und der ursprüngliche Leseprozess von links nach rechts fortgesetzt wird.

Hyönä u. a. (2002) und Hyönä u. a. (2003) unterscheiden weiterhin zwischen *Re-inspections* (wenn Teile eines soeben fixierten Textstücks erneut gelesen werden) und *Look-backs* (wenn Teile eines (nicht unmittelbar) zuvor gelesenen Textstücks erneut gelesen werden).

Es lässt sich feststellen, dass ein Regression-Scan-Path ein nochmaliges Lesen eines Textstücks anzeigt. Dabei unterscheiden wir eine lokale Wiederholung (*Re-inspection*) von einer globalen (*Look-back*).

Der Look-back. *Look-backs* werden als Sakkaden auf AoIs, auf die bereits geblickt wurde, operationalisiert. Sie sind auch bekannt als *Returns* und *Refixations*. Der Begriff *Look-back* gehört eher zu Blickverhalten, welches sich auf einen ausgedehnten räumlichen Bereich bezieht. Er wird meist außerhalb des Gebiets der Leseforschung, zum Beispiel das Suchen nach einem Ziel in einem visuellen Bereich oder einem Link auf einer Webseite, betrachtet.

„Returning to a previously fixated item constitutes a failure of memory“ (Gilchrist u. Harvey, 2000). Das Arbeitsgedächtnis hat eine begrenzte zeitliche Kapazität und es sollte beachtet werden, wie lange es her ist, dass die AoI zuvor bereits betrachtet wurde. Anstoß für eine Verifizierung der operationalisierten Definition (Mennie u. a., 2007) und für weitere Forschung ergab die Frage, inwiefern sich ein Look-back auf einer AoI deren Inhalt nicht mehr im Arbeitsgedächtnis ist von einem Blick auf noch nicht fixierte Inhalte unterscheiden (Gilchrist u. Harvey, 2000).

An dieser Stelle weisen wir darauf hin, dass diese Größe des „nochmal etwas Nachschauens“ beim Lesen mathematischer Texte relevant ist. Hier greifen die bildähnlichen Aspekte mathematischer Texte.

Der Look-ahead. *Look-aheads* sind vorwärts gerichtete Sakkaden, die in Fixationen auf Objekte münden, die bald benutzt, wieder aufgenommen oder auf andere Art und Weise Teil von zukünftigen Aktionen sind.

Der Sweep. Aaltonen u. a. (1998) definieren einen *Sweep* als eine „sequence that consists of saccades that are stable or move in the same direction, and of the fixations that are the end points of the saccades. A down sweep starts with a saccade that moves down, and an up sweep starts with a saccade that moves up. (In the beginning of a task, a sweep may start with a stable saccade; then the first unstable saccade determines the direction of the first sweep.)“.

Auch bei der Untersuchung von Leseprozessen bei mathematischen Texten ist diese Größe interessant, da beispielsweise Matrizen sowohl spalten- als auch zeilenweise gelesen werden können.

Zooming-in und Zooming-out

An dieser Stelle diskutieren wir Vorschläge zur Operationalisierung von Zooming-in und Zooming-out. Wir stellen zunächst lokale und globale Unterschans vor, denen jeweils unterschiedliche Arten kognitiver Verarbeitung bei der Bildbetrachtung zugeordnet werden. Danach gehen wir zum Lesen mathematischer Texte über und betrachten Ideen zur Operationalisierung von Zoomin-in und Zooming-out.

Lokale und globale Unterscans. Die Idee lokaler Scan-Paths ist, dass räumlich begrenzte Sakkaden mit einer kleinen Amplitude zu einem lokalen scan von besonderen Details in einem kleinen Bereich des Stimulus gehören. Von größeren Sakkaden wird angenommen, dass diese zu einem globalen Überblicks-Scanning gehören. Überblicks-Scans scheinen nicht nur durch längere Sakkadenamplituden assoziiert zu sein, sondern auch durch kürzere Fixationsdauern (Unema u. a., 2005). Diese und andere Autoren gehen davon aus, dass globale und lokale Scan-Paths Indikatoren für zwei unterschiedliche Arten kognitiver Verarbeitung sind; umfassend (ambient) und fokussiert (focal). Die Unterscheidung stützt sich auf die bekannte Beobachtung, dass die Fixationsdauer allmählich wächst vom Zeitpunkt an, an dem der Stimulus zu sehen ist. Währenddessen nimmt die Sakkadenamplitude ab. Probanden zeigen zunächst zu Beginn einen Scan der hervorstechenden Merkmale eines Bildes – lange Sakkaden, kurze Fixationen (ambiente Verarbeitung) – und untersuchen später detaillierter die lokalen Bereiche – unter Verwendung von kurzen Sakkaden und langen Fixationen (focale Verarbeitung). Die Unterscheidung zwischen lokal und global suggeriert an dieser Stelle, dass eine Sortierung nach der Sakkadenamplitude beispielsweise die Daten in zwei qualitativ unterschiedliche Kategorien einteilen würde. Dazu wird ein Schwellenwert benötigt, was ein großer Nachteil ist.

Aus theoretischer Sicht behaupten Groner u. a. (1984), dass lokale Scans nicht unbedingt aus kurzen Sakkaden und globale Scans nicht aus langen Sakkaden bestehen müssen. Vielmehr werden lokale Scan-Paths von der Echtzeit kognitiver Verarbeitung gesteuert, wobei globale Scan-Paths von einer Gesamt-Such-Strategie oder einem Zweck gesteuert werden. Der erstere ist eine Bottom-up-Mediation von Scan-Paths, die letztere spiegelt die Top-down-Kontrolle wieder.

Ambiente und focale Fixationen. Ambient und focal sind zwei unterschiedliche kognitive Zustände, von denen angenommen wird, dass eine Fixation mit ihrer vorhergehenden Sakkade zu ihnen gehören kann. Für weitere Informationen zur Operationalisierung verweisen wir auf Holmqvist u. a. (2011, S. 266 f.). Buswell (1935) bemerkt, dass die ersten Fixationen auf einem Bild kürzer (ungefähr 210 ms) als die späteren (ungefähr 360 ms) sind. Auch die Sakkadenamplituden sind länger in dem anfänglichen Scan und nehmen mit der Zeit ab. Verschiedene Studien belegten diese Ergebnisse und interpretierten diese als Indikatoren für eine erste Orientierungsperiode, auf die eine gründlichere Inspektion der informativen Details folgt.

Unema u. a. (2005) sehen eine ambiente Verarbeitung als einen bottom-up-gesteuerten Prozess an, welcher einen Überblick für späteres focales Verarbeiten schafft. Focale Verarbeitung hingegen spiegelt ihrer Meinung nach eine top-down-gesteuerte gründliche Untersuchung der Details wieder.

Für weitere Vorschläge zur Operationalisierung siehe Holmqvist u. a. (2011, S. 266/267).

Zooming-in. In einigen Arbeiten wird das von Rav (1999) beschriebene Füllen von Lücken als Zooming-in-Strategie (Weber u. Mejia-Ramos, 2011) bezeichnet. Inglis u. Alcock (2012) stellen sich die Frage, inwiefern Mathematiker und Undergraduates Beweise in unterschiedlicher Reihenfolge lesen. Bei einer Zooming-in-Strategie erwarten sie im wesentlichen eine sequentielle Lesereihenfolge. Zur Untersuchung dieser Strategie verwendeten sie einen Eye-Tracker und betrachteten die Zeilen-Transitions-Matrix. Dafür identifizierten sie jede Sakkade, die in einer Zeile des Beweises startete und landete (im Gegensatz zu denjenigen, die die leeren Bereiche überqueren). Dann zählten sie die Anzahl derjenigen Sakkaden, die in einer neuen Zeile landeten und die Anzahl derjenigen, die in der gleichen Zeile landeten auf der sie gestartet waren. Alle so gezählten Sakkaden ergaben die Sakkaden innerhalb des Beweises. Dabei differenzierten sie die Sakkaden nach der Anzahl der Zeilen, die diese übersprangen. Zur besseren Charakterisierung dieser Sakkaden verwendeten Inglis u. Alcock (2012) eine sogenannte Warrant-Seeking-Methode. Sie identifizierten in einem ihrer vorgelegten Beweise in der Studie Warrants in dem Beweis und analysierten, inwiefern sich die angezeigten Between-Line-Sakkaden auf eine Warrant-Seeking-Strategie zurückführen lassen.

Zooming-out. Die Idee für eine Operationalisierung von *Zooming-out* von Inglis u. Alcock (2012, S. 363) bezieht sich auf den Beginn eines Versuchs einen Beweis zu validieren. Beim Validieren eines Beweises wird der Proband am Ende des Leseprozesses gebeten, den Beweis hinsichtlich seiner Gültigkeit zu bewerten. Bei Eye-Tracking-Studien zum Thema „Validieren eines Beweises“ wird häufig nach einer anfänglichen Skimming-Strategie gefragt. Inglis u. Alcock (2012) operationalisieren diese Strategie als einen Spezialfall der *Zooming-out*-Strategie. Bei der im Folgenden beschriebenen *Zooming-out*-Strategie gehen Inglis u. Alcock (2012, S. 363) davon aus, dass die echten Daten weniger sauber sind als die Operationalisierungen suggerieren. Dennoch nehmen sie an, dass die Strategie ausreichend deutlich ist, um verschiedene Vorhersagen über die Häufigkeit von unterschiedlichen Typen von Blickbewegungen während einer Beweisvalidierung zu machen.

Bei Zooming-out erwarten Inglis u. Alcock (2012) im Wesentlichen eine nicht-sequentielle Lesereihenfolge. Inglis u. Alcock (2012, S. 372) operationalisieren die *Zooming-out*-Strategie zu Beginn eines Validierungsversuches wie folgt. Um zu erforschen, ob Mathematiker Zooming-out benutzen, berechnen sie die Zeit der ersten Fixation auf jeder Zeile eines jeden Beweises. Danach betrachten sie den prozentualen Anteil der Gesamtzeit, die die Probanden zum Validieren benutzt

haben. Dies lässt Schlüsse zu, ob sie ein erstes schnelles Durchlesen vollzogen haben.

In Inglis u. Alcock (2018) verfolgen die Autoren zur Operationalisierung von *Skimming* die gleiche Idee wie in Inglis u. Alcock (2012), generieren aber ein Scan-Path-Ereignis: „If a participant adopted an initial skim strategy, we would expect their fixation plot to look something like that shown in Figure 1. We operationalised this by evaluating whether or not each participant’s LOESS curve entered the light grey box: if the focus of a participant’s attention entered the last third of the reading material within the first third of their reading attempt, we coded this as a skim.“

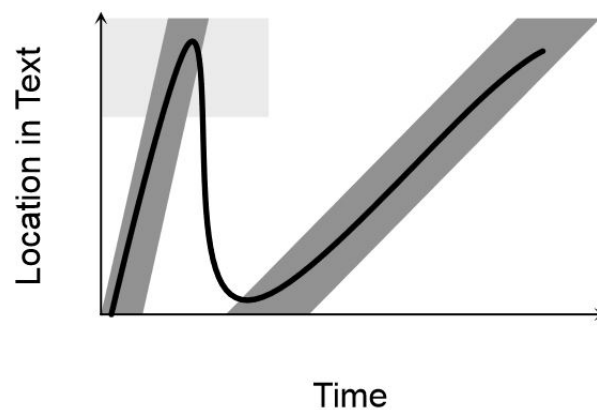


Figure 1. The type of fixation plot and LOESS curve we would expect if a participant had adopted an initial skimming strategy.

Abbildung 5.2: Erwartete Fixationenumgebung und LOESS-Kurve bei anfänglichem Skimming nach Inglis u. Alcock (2018)

In dieser Studie erstellten Inglis u. Alcock (2018) für jeden Probanden Paragraph-Zeit-Diagramme, in denen die Fixationen abgebildet sind. Sie zogen für jeden Probanden die entsprechende LOESS-Kurve heran. Bei LOESS (Locally estimated Scatterplot Smoothing) handelt es sich um eine lokale Regression, die zur Glättung von Streudiagrammen verwendet wird. Inglis u. Alcock (2018) fanden bei keinem der Mathematiker eine anfängliche Skimming-Strategie.

Kognitive Anstrengung

Die Eye-Mind-Hypothese von Just u. Carpenter (1980) geht davon aus, dass es ohne nennenswerte Störfaktoren einen direkten Zusammenhang zwischen dem, was fixiert und dem, was verarbeitet wird, gibt. Das bedeutet, dass ein Proband

exakt so lange auf ein Objekt schaut, so lange er es verarbeitet. Diese Hypothese wurde in weiteren Arbeiten bereits diskutiert und in Frage gestellt. Dennoch dient sie nach wie vor einigen Studien als Basis. Wie beispielsweise Inglis u. Alcock (2012) legen auch wir die Eye-Mind-Hypothese zur Betrachtung von kognitiver Anstrengung zu Grunde. Wir gehen also davon aus, dass eine höhere mittlere Fixationsdauer ein Indikator für eine höhere kognitive Anstrengung ist. Weiterhin werden zur Untersuchung kognitiver Anstrengung Regressionen betrachtet. Dabei unterscheiden wir beim Lesen Regressionen innerhalb eines Wortes und Regressionen zwischen verschiedenen Wörtern. Die ersteren sind Indikatoren für einen lexikalischen Aktivierungsprozess. Es geht also darum, dass Wort an sich zu verstehen. Letztere deuten auf Integrationsprozesse, die den Satz betreffen, hin. Dabei wird eher die Frage, wie unterschiedliche Worte miteinander in Verbindung stehen, in den Fokus genommen (Holmqvist u. a., 2011, S. 425). Zur Operationalisierung der kognitiven Anstrengung eignen sich also die Indikatoren

- mittlere Fixationsdauer und
- Regressionen.

Bei der Suche nach Akkumulationen gehen die Pupillenerweiterung und die mittlere Fixationsdauer nicht ein, wohl aber die Regressionen. Akkumulationen können häufig Indikatoren dafür sein, dass in einem Textstück viel Bewegung beim Lesen herrschte. Sind dabei die Sprünge eher klein, kann das ein Hinweis dafür sein, dass der Leser an dieser Stelle hängenblieb. Auch mehrfaches Lesen von Textstücken und Zurückspringen zu Textstellen wird durch Akkumulationen angezeigt. Dies ist der Fall, da Akkumulationen stets Regressionen beinhalten.

Es stehen somit zwei unabhängige Indikatoren zur Untersuchung von kognitiver Anstrengung zur Verfügung. Zum einen die mittlere Fixationsdauer und zum anderen die Akkumulationen. Es ergibt durchaus Sinn, beide Größen getrennt zur Interpretation von Blickbewegungen heranzuziehen. Betrachten wir die Akkumulationen in Abbildung 3.4 mit den zugehörigen Blickbewegungen (Abb. 2.5) (Die Abbildungen samt unten stehender Tabelle befinden sich auch in dem Beispiel auf S. 85) und zusätzlich die entsprechenden Daten für die relative Verweildauer (relativ, weil diese in Relation zur Zeilenlänge gesetzt wurde) beziehungsweise die mittlere Fixationsdauer.

Zeile	rel. Verwd. %	mittl. Fixd. %
1	9.43206	20.0325
2	8.53906	16.2887
3	20.5624	18.6745
4	25.5678	23.6318
5	35.8987	21.3724

Auffällig ist, dass die mittlere Fixationsdauer auf Zeile 4 am höchsten ist, dort aber die geringste Anzahl an Akkumulationen vorliegt. In Zeile 5 liegt, angezeigt durch die Akkumulationen, vermehrtes nochmaliges Lesen dieser Zeile vor. Die Betrachtung des zugrundeliegenden Texts, liefert uns hierfür folgende Interpretation: Zeile 4 besteht aus einer 6-Zeichen-langen Formel zur Berechnung der φ -Funktion einer Primzahl. Diese kann aufgrund der kurzen Länge mit einem Blick erfasst werden. In Zeile fünf finden wir die Begründung der Aussage, die die Formel in Zeile vier postuliert. Diese Begründung ist vergleichsweise viel länger und erstreckt sich fast über $\frac{4}{5}$ einer Gesamtzeile. Wir haben also eine Aussage in Form einer Formel, die sich durch nur wenige Zeichen darstellen lässt und eine weitere Aussage in Form einer Begründung, die ungefähr viermal länger ist. Zur Erfassung der Formel genügen ein, maximal zwei, Fixationen. Um die Begründung zu erfassen, sind natürlich mehr als ein oder zwei Fixationen und Sakkaden nötig. Gehen wir nun davon aus, dass eine erhöhte kognitive Anstrengung erforderlich ist, um beides inhaltlich zu verstehen. So ist es für den Leser der Formel möglich, auf dieser zu verweilen. Die kognitive Anstrengung wird somit durch eine längere mittlere Fixationsdauer dargestellt. Es finden automatisch weniger Augenbewegungen statt, weil diese für den kurzen Text nicht erforderlich sind. Die erhöhte kognitive Anstrengung auf der Begründung kann nicht durch eine höhere mittlere Fixationsdauer weniger Fixationen umgesetzt werden. Hier vollzieht der Proband vermehrt wiederholtes Lesen einzelner Textteile. Wir finden somit vermehrt Vorwärts- und Rückwärtssakkaden, die durch Akkumulationen angezeigt werden. Wir erkennen hier also zwei unterschiedliche Verhaltensweisen beim Lesen, obwohl es möglich ist, dass die kognitive Anstrengung auf beiden Textbereichen ungefähr gleich ist. Das heißt, dass wir mit den Akkumulationen und der mittleren Fixationsdauer zwei unabhängige Indikatoren für kognitive Anstrengung zur Verfügung haben. Die Entscheidung, welcher Indikator kognitive Anstrengung anzeigt, hängt von der Textstruktur ab. An dieser Stelle machen wir nochmal darauf aufmerksam, dass die Art und Weise der Blickbewegungen eines Lesers unabhängig von der Schwierigkeit des Textes grundlegend von dessen Struktur abhängt.

Verteilung der Aufmerksamkeit

Rayner u. a. (2012) sagen, dass langsamere kognitive Prozesse beim Lesen die Verweildauer beeinflussen. Inglis u. Alcock (2012) verwenden die Verweildauer auf den jeweiligen AoIs als Indikator für die Verteilung der Aufmerksamkeit.

5.2 Modell zur Analyse von Blickbewegungen

Wir stellen nun diejenigen Größen und Merkmale vor, die in das Rahmenmodell aufgenommen werden. Eine vollständige Übersicht dieses Rahmenmodells befindet sich am Ende dieses Kapitels in Form von Tabelle 5.3.

Reihenfolge von Leseprozessen

Zooming-in und Zooming-out

Betrachten wir nochmal die unterschiedlichen Standpunkte zu focalem (Zooming-in, S. 104) und ambientem Verhalten (Zooming-out, S. (104). Sowohl bei der Betrachtung von Bildern als auch beim Lesen mathematischer Texte fällt eines auf: Abhängig vom Standpunkt kann ein und dieselbe Operationalisierung entweder eine Interpretation von focalem oder ambientem Leseverhalten induzieren. Zu der Frage, wann Mathematiker beim Lesen eines Beweises Zooming-out verwenden, finden wir bei Weber u. Mejia-Ramos (2011, S. 341): „It is difficult to say how mathematicians „zoom out“ from a proof by encapsulating particular strings of inferences of a proof into methods and then determine if those methods are valid. We suspect that this process gets at the heart of mathematical reasoning and is as cognitively complex as any task in mathematics. We imagine this process would have to involve structural–intuitive evidence, using one’s intuition about the mathematics being discussed to see how the mathematical methods being used would work in one’s mental models.“

Ein Vorschlag für die Operationalisierung von Zooming-in beziehungsweise Zooming-out beinhaltet das Hinzuziehen weiterer Daten wie Notizen und Kommentare der Leser. Dann könnten diese beiden Prozesse eventuell wie folgt operationalisiert werden.

Zooming-in

- Es befinden sich vermehrt Fixationen auf einem eher kleineren Textstück **und** es existieren Notizen oder Kommentare, die eigene Gedanken zu dieser Textstelle enthalten.

Zooming-out

- Es befinden sich vermehrt Fixationen auf einem eher größeren Textstück **und** es existieren Notizen oder Kommentare, die eine entsprechende Argumentationskette enthalten, oder der Leser kommentiert entsprechend sein Verhalten.

Auch mit diesen Operationalisierungen behalten wir ein Risiko, dass es dennoch Fälle gibt, in denen der Leser weder *Zooming-in* noch *Zooming-out* benutzt hat. Aber die Wahrscheinlichkeit hat sich verringert.

Für diese Studie sind diese beiden Prozesse nur schwer zu identifizieren, weswegen sie nicht in das Modell aufgenommen werden.

Skimming

Wir unterscheiden *Zooming-out* von *Skimming*. Unter *Skimming* verstehen wir hier angelehnt an Inglis u. Alcock (2012, 2018), dass ein Leser zunächst einen Durchlauf durch entsprechend lange Teile des Textes oder den gesamten Text vollzieht. Danach erfolgt ein weiterer aber langsamerer Durchlauf durch große Teile der zuvor gelesenen Bereiche. An dieser Stelle weisen wir darauf hin, dass die Verwendung von Zettel & Stift häufig als zu dem Leseprozess zugehörig angesehen wird. (vgl. Houston (2012), Shepherd u. a. (2012), Shepherd u. Van De Sande (2014)). Das unterstützen wir und begreifen hier unter *Skimming* auch dann das oben beschriebene Verhalten, wenn der zweite Durchlauf deswegen langsamer ist, weil der Proband nun Zettel und Stift verwendet und beispielsweise Teile aus dem Text abschreibt.

Wir möchten die Information, ob ein weiterer Durchlauf durch den Text unter Verwendung von Zettel und Stift vollzogen wurde, nicht verlieren. Deshalb nehmen wir in unser Modell zu *Skimming* die folgenden drei Punkte auf. Auf der rechten Seite steht, wie diese Eigenschaften operationalisiert werden.

- schneller erster Durchlauf zu Beginn des Leseprozesses $\rightsquigarrow$ *Skimming-Kurve* im *AoI-t*-Diagramm
- zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes $\rightsquigarrow$ liberale oder strenge Vorwärtstrendlinie als erste Kenngröße
- weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen $\rightsquigarrow$ Fixationen über alle Intervalllängen verteilt

Lineares Lesen

Wir bleiben weiterhin bei dem Merkmal *Reihenfolge von Leseprozessen*. Die eigens erstellten Kenngrößen geben uns die Möglichkeit, weitere Merkmale eines Leseprozesses zu untersuchen. Insbesondere Fragen, die sich auf den Prozess des linearen Lesens beziehen, können wir nun betrachten. In der Literatur werden in Verbindung mit der Frage, inwiefern ein Proband eine Spalte rauf oder runter liest, *Sweeps* herangezogen. Das übertragen wir auf das Lesen einer Matrix beziehungsweise einer Tabelle.

Weiterhin können wir unsere Daten daraufhin untersuchen, ob ein Teilnehmer längere Textstücke linear liest oder auch welche Textstücke er gegebenenfalls ausschließlich einmal linear durchliest. Dazu betrachten wir unsere Daten unter Verwendung der hier entwickelten Trendlinien. Somit nehmen wir in unser Modell zum linearen Lesen die folgenden Größen auf.

- lineares Lesen über mehrere Zeilen $\rightsquigarrow$ liberale oder strenge Vorwärtstrendlinie
- ausschließlich lineares Lesen von Textstücken $\rightsquigarrow$ genau eine liberale (strenge) Vorwärtstrendlinie über die entsprechenden Zeilen
- lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix $\rightsquigarrow$ liberale oder strenge Vorwärtstrendlinie
- spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix $\rightsquigarrow$ Sweeps

Regressionen

Aus der Literatur zur Scan-Path-Analyse kennen wir bereits Reinspections und Look-backs. Bei Reinspections wird danach gefragt, inwiefern ein und dasselbe Textstück mehrfach gelesen wird. Look-backs induzieren ein Nachschauen von vorherigen Textstücken oder -bausteinen. Auch diese Größen können wir operationalisieren und nehmen sie in unser Modell auf.

- mehrfaches Lesen desselben Textstücks $\rightsquigarrow$ Reinspection, Look-back
- Nachschauen von vorherigen Textbausteinen $\rightsquigarrow$ spezialisierter Look-back

Bei dem Merkmal *Nachschauen von vorherigen Textbausteinen* wird eine Spezialisierung der Look-backs verwendet. Darunter verstehen wir, dass sich die Fixationen zurück zu einem (mathematischen) Textbaustein bewegen, also beispielsweise zu einer Definition oder zu einem Beispiel. Zurückspringen zu beliebigen Textstücken beziehungsweise zu beliebigen AoIs findet unter Umständen an dieser Stelle keine Beachtung.

Bei den obigen beiden Punkten fällt auf, dass sie keine echte Operationalisierung der Merkmale liefern. Darum kümmern wir uns als nächstes. Die Operationalisierung für spezialisierte Look-backs (zweiter Punkt) verläuft analog zu der von Look-backs. Wir betrachten den ersten Punkt *mehrfaches Lesen desselben Textstücks* näher. An dieser Stelle unterscheiden wir ein lokales (Reinspections) und ein globales (Look-backs) Leseverhalten. Bevor wir mit der Operationalisierung starten, positionieren wir uns zunächst zu Hinweisen aus der Literatur. Laut Holmqvist u. a. (2011) werden *Look-backs* als Sakkaden auf AoIs, auf die bereits geblickt wurde, operationalisiert, wobei hier Stimuli betrachtet werden, die

einen ausgedehnten räumlichen Bereich abdecken. Hier ist also ausschließlich von räumlichen Größen die Rede. Gilchrist u. Harvey (2000) gehen auf einen zeitlichen Aspekt ein und bedenken, dass das Arbeitsgedächtnis eine begrenzte zeitliche Kapazität hat und beachtet werden sollte, wie lange es her ist, dass die AoI zuvor bereits betrachtet wurde. Dem stimmen wir zu. Demzufolge formulieren wir nicht nur Bedingungen an die Raumkoordinate y , sondern auch an die Zeitkoordinate t .

Zur Operationalisierung von lokalen Reinspections und globalen Look-backs, werden folgende Konventionen festgelegt. Der Punkt (t_0, y_0) im AoI- t -Diagramm symbolisiert diejenige Stelle Y_0 im Text, die zum Zeitpunkt t_0 fixiert wurde und danach wieder betrachtet wird. Dabei ist zu beachten, dass beim wiederholten Betrachten einer Textstelle die entsprechenden Fixationen sich höchstwahrscheinlich in einer kleinen Umgebung um diesen Punkt befinden und folglich nicht exakt die gleiche Ortskoordinate wie Y_0 haben. Von daher betrachten wir bei der folgenden Operationalisierung im AoI- t -Diagramm eine ε -Umgebung, $\varepsilon \in \mathbb{R}, \varepsilon > 0$, um die y -Koordinate des Punktes (t_0, y_0) . Wir bezeichnen die jeweiligen Koordinaten der wiederholten Fixationen im AoI- t -Diagramm mit $(t_1, y_1^\varepsilon), (t_2, y_2^\varepsilon), \dots$, und es gilt $|y_0 - y_j^\varepsilon| < \varepsilon, j \in \mathbb{N}, j \leq \# \text{Wiederholungen}$.

Lokale Lesewiederholungen – Reinspections. Wir betrachten zwei Fälle.

- Die Punkte $(t_1, y_0), (t_2, y_0^\varepsilon), (t_3, y_0^\varepsilon), \dots, t_1 < t_2 < t_3, \dots$ sind in paarweise verschiedenen Kenngrößen enthalten und die Abstände zwischen t_1 und t_2 , t_2 und $t_3, \dots$ sind nicht zu groß, also kleiner als ein vorgegebener Zeitwert d_t .
 - Einen Spezialfall stellen mehrere parallele Trendlinien dar, wobei jede die konstante Funktion $f: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+, x \mapsto y_0$ schneiden und für die $t_2 - t_1 < d_t, t_3 - t_2 < d_t, \dots$ gilt.
Selbstverständlich kann das wiederholte Fixieren von y_0 auch in Zusammenhang mit anderen Kenngrößen, wie Akkumulationen auftreten.
- Die Punkte $(t_1, y_0), (t_2, y_0^\varepsilon), (t_3, y_0^\varepsilon), \dots$ sind Elemente jeweils paarweise verschiedener Punktwolken $W_1, W_2, W_3, \dots$, und der jeweilige Abstand zwischen t_1 und t_2 , t_2 und $t_3, \dots$ ist nicht zu groß, also kleiner als ein vorgegebener Zeitwert d_t .
 - Wir müssen erläutern, was hier mit einer Punktwolke W gemeint ist. Eine Punktwolke besteht aus mindestens drei Punkten. Für einen Punkt (t_n, y_n) einer Punktwolke gilt: Es gibt einen weiteren Punkt

$(t_m, y_m) \in W$ so, dass der Abstand zwischen (t_n, y_n) und (t_m, y_m) kleiner als ein vorgegebener Abstand d ist.

Es ergibt Sinn, den Abstand d in Abhängigkeit von dem zugrunde liegenden Stimulus zu wählen. Für das Lesen von Texten könnte man den Abstand d gleich dem Abstand d^{Akk} wählen.

Globale Lesewiederholungen – Look-backs. Wird ein Textstück aus globaler Sicht mehrfach gelesen, stellt sich das im AoI- t -Diagramm wie folgt dar.

- Für die Punkte (t_1, y_0) , (t_2, y_0^ε) , $(t_3, y_0^\varepsilon), \dots$ gilt: Sie sind in paarweise verschiedenen Kenngrößen enthalten oder sind Elemente jeweils paarweise verschiedener Punktwolken $W_1, W_2, W_3, \dots$ und der jeweilige Abstand zwischen t_1 und t_2 , t_2 und $t_3, \dots$ ist größer als ein vorgegebener Zeitwert d_t .

Kognitive Anstrengung

Aus der Literatur wissen wir, dass die kognitive Anstrengung zum einen durch die Fixationsdauer und zum anderen durch Regressionen angezeigt wird. Wie in Abschnitt 5.1 diskutiert, nehmen wir anstelle von Regressionen Akkumulationen als Indikator in den Fokus. Selbstverständlich können die zu untersuchenden Textstücke stets frei gewählt werden. Bei mathematischen Texten ergibt es Sinn wie Inglis u. Alcock (2012) zwischen Formeln und Fließtext zu unterscheiden. Wir nehmen folgende Größen in unser Modell auf.

- längeres Fixieren einer Textstelle $\rightsquigarrow$ Fixationsdauer
- Vorwärts- und Rückwärtssprünge innerhalb eines Textstücks $\rightsquigarrow$ Akkumulationen

Verteilung der Aufmerksamkeit

Die Verteilung der Aufmerksamkeit lässt sich durch die Verweildauer auf entsprechend ausgewählten AoIs operationalisieren. Auch an dieser Stelle unterscheiden wir zwischen dem Lesen von Formeln und dem Lesen von Fließtext. Wir nehmen die folgenden Punkte in das Modell auf.

- vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln $\rightsquigarrow$ höhere Verweildauer auf Formeln
- vermehrt Aufmerksamkeit auf Fließtext $\rightsquigarrow$ höhere Verweildauer auf Fließtext

Engagement

Bei dem Merkmal Engagement wird untersucht, inwiefern der Proband Text kopiert, eigene Kommentare generiert beziehungsweise weitere (interne oder externe) Ressourcen heranzieht. An dieser Stelle betrachten wir nur interne Ressourcen, also Textbausteine auf dem angezeigten Screen. Externe Ressourcen wie weitere Literatur standen den Teilnehmern nicht zur Verfügung. Wir nehmen die folgenden Punkte in das Modell auf.

- Kopieren von Textstücken $\rightsquigarrow$ kopierter Text in den Notizen
- Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) $\rightsquigarrow$ eigens generierte Kommentare in den Notizen
- Konzentration auf weitere Ressourcen $\rightsquigarrow$ Look-back auf anderen Textbaustein

5.3 Methode zur Analyse der Daten

In diesem Abschnitt stellen wir eine Methode zur Analyse von aufbereiteten Eye-Tracking-Daten (in Form der Blickbewegungen-Diagramme) samt Notizen vor. Für die Auswertung der Daten an sich verwenden wir die Scan-Path-Analyse durch visuelle Inspektion (Holmqvist u. a., 2011). Wir gehen dabei in zwei Schritten vor, die von den ersten zwei Stufen der dokumentarischen Methode (Bohnsack, 2014) motiviert sind. Dies ist eigentlich eine Methode zur Auswertung qualitativer Daten. Sie liefert aber auch an dieser Stelle einen hilfreichen Rahmen. Weiterhin benutzen wir eine Methode, die eher in der Marktforschung und im Management eingesetzt wird, die Benchmark-Analyse (Haderler u. a., 2000). Verzaubern wir die dokumentarische Methode mit der Benchmark-Analyse, erhalten wir einen Rahmen für die Datenauswertung.

Wir beginnen mit der Vorstellung beider Methoden. Danach erarbeiten wir die Analysewerkzeuge. Dabei betrachten wir den Leseprozess sowohl aus globaler als auch aus lokaler Sicht. Abschließend stellen wir ein vollständiges Rahmenmodell zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen vor.

Die dokumentarische Methode

Die dokumentarische Methode ist ein Standardverfahren zur Interpretation von Gruppendiskussionen, Alltagsgesprächen, Interviews, Bildern und Filmen. Die folgenden Beschreibungen sind dem Buch (Bohnsack, 2014) entnommen. Bei der dokumentarischen Methode werden 4 Stufen betrachtet:

1. formulierende Interpretation
2. reflektierende Interpretation
3. Fallbeschreibung
4. Typenbildung

In Stufe 1 geht es darum, sich einen Überblick über den Gesamtverlauf zu verschaffen. Die formulierende Interpretation zielt auf die Frage ab, *was* der Proband tut. Der Interpret leistet zusammenfassende Formulierungen. Dabei bleibt er zunächst konsequent innerhalb des Relevanzsystems, also des Rahmens der Probanden. Er nimmt zu Wahrheits- und Realitätsgehalt der Daten keine Stellung. Es handelt sich um eine Interpretation, da hier etwas begrifflich-theoretisch erläutert wird, was im Text implizit bleibt.

Die reflektierende Interpretation (Stufe 2) zielt auf die Rekonstruktion und Explikation des Rahmens, innerhalb dessen das Thema abgehandelt wird. Hierbei geht es um die Art und Weise, wie das Thema behandelt wird. Die reflektierende Interpretation fragt also danach, *wie* der Proband die oben beschriebenen Dinge tut. Das wird dadurch sichtbar gemacht, dass Alternativen gegen einander gehalten werden: Es werden Kontingenzen sichtbar sowie negative und positive Gegenhorizonte benannt und beschrieben.

In der Fallbeschreibung (Stufe 3) wird die Gesamtheit des Falls zusammenfassend charakterisiert.

In Stufe 4 werden Bezüge zwischen spezifischen Orientierungen und dem Erlebnishintergrund, in dem die Genese der Orientierungen zu suchen ist, herausgearbeitet.

Die Benchmark-Analyse

Laut Haderl u. a. (2000) ist Benchmarking ein „Instrument der Wettbewerbsanalyse. B. ist der kontinuierliche Vergleich von Produkten, Dienstleistungen sowie Prozessen und Methoden mit (mehreren) Unternehmen, um die Leistungslücke zum sog. Klassenbesten (Unternehmen, die Prozesse, Methoden etc. hervorragend beherrschen) systematisch zu schließen. Grundidee ist es, festzustellen, welche Unterschiede bestehen, warum diese Unterschiede bestehen und welche Verbesserungsmöglichkeiten es gibt. - Schritte: (1) Auswahl des Objektes (Produkt, Methode, Prozess), das analysiert und verglichen werden soll. (2) Auswahl des Vergleichsunternehmens. Dabei ist wichtig, festzulegen, welche Ähnlichkeiten zur Gewährungsleistung der Vergleichbarkeit gegeben sein müssen. (3) Datengewinnung (Analyse von Sekundärinformationen; Gewinnung von Primärinformationen, z. B. im Rahmen von Betriebsbesichtigungen). (4) Feststel-

Tabelle 5.1: Formulierende Interpretation des Leseprozesses von PROBANDNAME aus globaler Sicht

Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s	Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s
1	1		2	1	
1	2		2	2	
1	3		2	3	
1	4		2	4	
1	5		2	5	
3	1		4	1	
3	2		4	2	
3	3		4	3	
3	4		4	4	
3	5		4	5	

lung der Leistungslücken und ihrer Ursachen. (5) Festlegung und Durchführung der Verbesserungsschritte. - Vgl. auch -> Betriebsvergleich“

5.4 Vorgehen bei der Analyse der Daten

In diesem Abschnitt beschreiben wir, wie wir in der Praxis bei der Datenanalyse vorgehen und auf welche Art und Weise die dokumentarische Methode (siehe Abschnitt 5.3) und die Benchmark-Analyse (siehe Abschnitt 5.3) ineinander greifen.

Der Leseprozess aus globaler Sicht

In einem ersten Schritt unserer Auswertung ist es zunächst interessant, den Leseprozess aus globaler Sicht zu betrachten. Dabei können wir sowohl die Anzahl der Durchläufe, die der Proband tätigte als auch die Zeit, die er auf jeder Folie verbracht hat, heranziehen. Wir erinnern uns, dass die Verweildauer auf einem Stimulus ein Maß für die Verteilung der Aufmerksamkeit ist. Wir verwenden die ersten beiden Stufen der dokumentarischen Methode. Für die formulierende Interpretation benutzen wir zur besseren Darstellung die Tabelle 5.1. Wir stellen an dieser Stelle dar, *was* der Proband tut und erhalten einen Überblick über den gesamten Leseprozess, also alle Durchgänge durch alle Folien.

In der zweiten Stufe der dokumentarischen Methode, der reflektierenden Interpretation, geht es um die Art und Weise *wie* der Proband liest. Diese Beleuchtung der Daten strukturieren wir anhand der folgenden Leitfragen.

Besonderheiten beim Leseprozess des Probanden aus globaler Sicht

- i) Wie ist die Aufmerksamkeit im Leseprozess global über die Folien verteilt?
- ii) Welche Besonderheiten lassen sich bei der Reihenfolge des Gesamtleseprozesses beobachten?

Der Leseprozess aus lokaler Sicht – folienweise Betrachtung

Für die Analyse des Leseprozesses aus lokaler Sicht verwenden wir wieder die dokumentarische Methode (siehe Abschnitt 5.3).

Wir merken zunächst zwei Erwartungen an die Probanden an, welche die Auswahl der Daten limitiert: Zum einen unterstellen wir, dass ein Leser beim wiederholten Lesen eines gesamten Textes kaum noch Handlungsweisen zeigt, die nicht auch bereits beim ersten Lesen desselben Textes zu beobachten waren. Wir gehen also davon aus, dass wir den Großteil an typischen Handlungsweisen beim Lesen mathematischer Texte im ersten Durchlauf durch die fünf Folien beobachten können. Zum anderen erwarten wir, dass bei unterschiedlichen Textarten (wie beispielsweise einleitender Prosatext versus mathematischer Beweis) entsprechend unterschiedliche Handlungsweisen vom Leser verwendet werden. Wir konzentrieren uns somit auf die ersten fünf Folien, sprich den ersten Durchlauf des Probanden durch den gesamten Text. Während des Leseprozesses aus lokaler Sicht, also der folienweisen Analyse des Leseprozesses, blenden wir Fragen aus globaler Sicht, also eine folienübergreifende Analyse, aus.

Wir beschreiben nun, wie wir die ersten beiden Stufen der dokumentarischen Methode umsetzen.

Zur ersten Stufe der Analyse – Formulierende Interpretation des Leseprozesses

Wir beleuchten den Leseprozess aus lokaler Sicht folienweise. Dabei benennen wir Daten zu den Merkmalen

1. Reihenfolge des Leseprozesses
2. kognitive Anstrengung
3. Verteilung der Aufmerksamkeit
4. Engagement
5. mündlichen Aussagen.

[illegible]

Zur zweiten Stufe der Analyse – Reflektierende Interpretation des Lese- prozesses

In der zweiten Stufe der Interpretation beleuchten wir die Interaktion des Lesers mit dem Text. Dafür wird zunächst für jede Folie eine Übersicht zum Leseverhalten des entsprechenden Probanden unter Verwendung der Tabelle 5.3 angefertigt. Tabelle 5.3 erstellen wir anhand des Kenntnisstands aus der Literatur. Diese Tabelle ist das Werkzeug für die reflektierende Interpretation. Sie liefert gleichzeitig eine Struktur zur Auswertung der Daten und wir betrachten die folgenden Leitfragen zu den Merkmalen *Reihenfolge des Leseprozesses, Kogni-*

tive Anstrengung, Verteilung der Aufmerksamkeit und Engagement.

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

- (i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?
- (ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lese-durchgang durch den gesamten Text beobachten?
- (iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lese-durchgängen durch den gesamten Text beobachten?

Lineares Lesen von Textstücken & Strategien beim Lesen von Tabellen und Matrizen

- (i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?
- (ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?
- (iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?
- (iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

- (i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?
- (ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?
- (iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Kognitive Anstrengung

- (i) Welche Textstellen werden länger fixiert?
- (ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Verteilung der Aufmerksamkeit

- (i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?
- (ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?

Engagement

- (i) Welche Textstücke kopiert der Proband?
- (ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?
- (iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Bei der Analyse des Leseprozesses des jeweiligen Probanden legen wir die in diesem Kapitel formulierten Leitfragen zugrunde. Unter Verwendung der Fragen stellen wir die entsprechenden Beobachtungen dar. Im Anschluss daran erfolgt eine Interpretation der Beobachtungen und eine Begründung der Interpretation. Die Textstruktur lässt sich beispielsweise für die erste Leitfrage wie folgt darstellen.

Leitfrage (i): Wie ist die Aufmerksamkeit im Leseprozess global über die Folien verteilt?

Beobachtungen

Interpretationen

(Interpretative) Begründungen

Die gefundenen Ergebnisse sammeln wir im Kapitel 7 in je einer Tabelle dem jeweiligen Merkmal entsprechend (siehe Tabellen 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17). In den Tabellen halten wir die Beobachtungen und Interpretationen mit entsprechenden Bezeichnungen samt Querverweisen auf die entsprechenden (interpretativen) Begründungen fest. Mit Zunahme der analysierten Folien der Probanden füllen sich die Ergebnistabellen im Kapitel 7 „Ergebnisse“. Um Wiederholungen im Analyseprozess der einzelnen Folien bei den Interpretationen und Begründungen zu vermeiden, verweisen wir im Verlauf der Analyse auf bereits vorhandene Einträge in den Ergebnistabellen.

Tabelle 5.3: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen von PROBANDNAME auf Folie X

Beobachtungen zum Leseverhalten		Operationalisierung	
Reihenfolge von Leseprozessen	Be- ginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018) zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	Skimming-Kurve im AoI- <i>t</i> -Diagramm liberale (strenge) VTL Fixationen auf allen Intervallen & Notizen
	lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen ausschließlich lineares Lesen von Textstücken lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	liberale oder strenge VTL ausschließlich liberale oder strenge VTL liberale (strenge) VTL Sweeps
	Regres- sionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	Reinspections; parallele VTL Look-back, Regressionen Regressionen
kgn. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln höhere kognitive Anstrengung bei Text	mittlere Fixationsdauer, Akkumulationen mittlere Fixationsdauer, Akkumulationen	
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Anfertigung v. Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	höhere Verweildauer & Notizen höhere Verweildauer auf Formeln höhere Verweildauer auf Text	
Enga- gement	Kopieren von Text Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) Konzentration auf weitere Ressourcen	kopierter Text in Notizen eigens generierte Beispiele in Notizen Look-back auf anderen Textbaustein	

Tabelle 5.4: Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – Globaler Gesamtleseprozess

	Beobachtung	Interpretation
Globaler Gesamtleseprozess		

Tabelle 5.5: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Globaler Gesamtleseprozess

	Beobachtung	Interpretation
Globaler Gesamtleseprozess		

Tabelle 5.6: Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – Globale Anfangsstrategie

	Beobachtung	Interpretation
Globale Anfangsstrategie		

Tabelle 5.7: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Globale Anfangsstrategie

	Beobachtung	Interpretation
Globale Anfangsstrategie		

Tabelle 5.8: Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – Lineares Lesen & Lesen von Tabellen

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		

Tabelle 5.9: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Lineares Lesen & Lesen von Tabellen

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		

Tabelle 5.10: Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – Regressionen

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		

Tabelle 5.11: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Regressionen

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		

Tabelle 5.12: Ergebnisse Experten: Kognitive Anstrengung

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		

Tabelle 5.13: Ergebnisse Novizen: Kognitive Anstrengung

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		

Tabelle 5.14: Ergebnisse Experten: Verteilung der Aufmerksamkeit

	Beobachtung	Interpretation
Verteilung der Aufmerksamkeit		

Tabelle 5.15: Ergebnisse Novizen: Verteilung der Aufmerksamkeit

	Beobachtung	Interpretation
Verteilung der Aufmerksamkeit		

Tabelle 5.16: Ergebnisse Experten: Engagement

	Beobachtung	Interpretation
Engagement		

Tabelle 5.17: Ergebnisse Novizen: Engagement

	Beobachtung	Interpretation
Engagement		

Bei beiden Betrachtungsweisen des Leseprozesses (lokal und global) fließt bei der reflektierenden Interpretation (Stufe 2) auch die Benchmark-Analyse ein, wobei die Benchmark in den Worten der dokumentarischen Methode als *Gegenhorizont* dient. Für den ersten Schritt der Benchmark-Analyse wählen wir als das zu analysierende Objekt das Leseverhalten der Probanden. Das in Schritt zwei festzulegende Vergleichsobjekt ist das Leseverhalten des Probanden MUCK. Dieser Teilnehmer war zum Zeitpunkt der Datenanalyse ein Promotionsstudent. Inzwischen ist er nach erfolgreichem Abschluss der Promotion in einem Unternehmen außerhalb des Hochschulbereichs tätig. Er stellt für uns eine optimale Benchmark dar, weil er sein Studium erfolgreich abgeschlossen hat und wir dabei unterstellen, dass er talentiert aber nicht hochbegabt ist. Anders ausgedrückt unterstellen wir damit, dass er sich mathematische Inhalte Schritt für Schritt erarbeiten musste und sich im Laufe seiner Studieneingangsphase eine Arbeitsweise zum erfolgreichen Lesen mathematischer Texte angeeignet hat. Wir gehen also davon aus, dass MUCK eventuelle anfängliche Schwierigkeiten bei der Aneignung mathematischer Inhalte durch Lesen, überwunden hat. Das zum Zeitpunkt der Datenerhebung vorhandene Kompetenzniveau von MUCK ist aus unserer Sicht ein wünschenswertes Ziel für alle Studierenden der Mathematik – auch für Lehramtsstudierende. In diesem Sinne ist MUCK für diese Studie eine geeignete Benchmark.

Kapitel 6

Datenanalyse der Probanden

In diesem Kapitel widmen wir uns konkret der Datenauswertung. Als äußeren Rahmen benutzen wir die im Abschnitt 5.4 beschriebene Kombination aus Teilen der Benchmark-Analyse und der dokumentarischen Methode (siehe Abschnitt 5.3). Bei jedem Kandidaten beschreiben wir zunächst angelehnt an die erste Stufe der dokumentarischen Methode, was er tut. Dafür stellen wir Kenngrößen (Trendlinien und Akkumulationen) in einer entsprechenden Tabelle dar. Wir benutzen dabei die folgenden Abkürzungen. Akkumulationen werden durch „AKK“, strenge Vorwärtstrendlinien durch „sVTL“, liberale Vorwärtstrendlinien durch „lVTL“, strenge Rückwärtstrendlinien durch „sRTL“ und liberale Rückwärtstrendlinien durch „lRTL“ abgekürzt. Steht im Index an einer Kenngröße der Buchstabe „ w “, so bedeutet das, dass der Kandidat die entsprechende Textstelle zum wiederholten Male liest. Zum Beispiel steht die Bezeichnung Akk-sVTL _{w} dafür, dass der Proband erst auf einem Textstück verharnte (AKK) und danach das gleiche Textstück zum wiederholten Male aber linear (sVTL _{w}) las. Wir beginnen mit dem Benchmark-Kandidaten MUCK und betrachten danach die Novizen PAMIRA und MAYA.

6.1 Der Experte *MUCK*

In diesem Kapitel betrachten wir den Experten MUCK. Bevor wir jede einzelne Folie analysieren, betrachten wir alle Foliendurchläufe des Probanden.

6.1.1 Der Gesamtleseprozess

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit im Leseprozess global über die Folien verteilt?

Tabelle 6.1: Der Gesamtleseprozess des Experten MUCK

Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s	Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s
1	1	25 (2; 0,2 %)	2	1	-
1	2	25	2	2	25 (11; 2,2 %)
1	3	50 (4; 0,6 %)	2	3	-
1	4	70 (6; 0,6 %)	2	4	-
1	5	289	2	5	400 (76; 9,6 %)
3	1	-	4	1	-
3	2	80	4	2	-
3	3	-	4	3	-
3	4	-	4	4	-
3	5	200	4	5	-

Beobachtung

- (1) MUCK hält sich auf den Zeilen von Folie 5 am längsten auf (Über den Gesamtleseprozess summiert ist die Verweildauer auf Folie 5 höher als die Summe der Verweildauern auf den anderen Folien.).
- (2) Die Verweildauer ist beim ersten Durchlauf auf Folie 5 deutlich höher als auf den ersten vier Folien.

Interpretation

- (1) Auf Folie 5 befindet sich der Beweis des Satzes von Folie 4. MUCK beschäftigt sich also die meiste Zeit mit dem Beweis der Multiplikativität der EULERSchen φ -Funktion. Wir bieten zwei Interpretationen an:
 - (a) *Priorisierung verschiedener Textbausteine*
 MUCK priorisiert Beweise sehr hoch und entscheidet sich bewusst, diese sehr gründlich und, im Vergleich zu den anderen Textbausteinen,

intensiver zu studieren. Im Rahmen seiner Priorisierung liest er die Informationen der niedriger priorisierten Textbausteine nicht mit dem gleichen Ziel und somit der gleichen Verstehenstiefe, wie den Beweis.

(b) *Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine*

Ein Beweis an sich ist ein Text für dessen Verständnis häufig vergleichsweise mehr Aufwand nötig ist als für das Verständnis anderer mathematischer Textbausteine. MUCK nimmt sich für den Verstehensprozess die entsprechende Zeit.

(2) Wir bieten zwei Interpretationen an:

(a) *Priorisierung verschiedener Textbausteine*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) „*Priorisierung verschiedener Textbausteine*“ von S. 134.

(b) *Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) „*Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine*“ von S. 135.

(Interpretative) Begründung

(1a) *Fähigkeit zur Charakterisierung verschiedener mathematischer Textbausteine*

Ein Experte besitzt die Kompetenzen zur Priorisierung unterschiedlicher Textbausteine und ist außerdem in der Lage, ein Leseziel und daraus resultierend eine Lesestrategie festzulegen. Im Rahmen dieser Lesestrategie entscheidet er, wie er seine Ressourcen (Engagement, Zeit,...) verteilen möchte. Dabei investiert er nur ungern unnütz seine Ressourcen. Das bedeutet, dass der Verstehensgrad beim Lesen von mathematischen Textbausteinen dem Leseziel/der Lesestrategie angepasst werden kann. Beispielsweise verarbeitet er eventuell eine Definition und zugehörige Beispiele bei einem ersten Durchlauf durch einen Text zunächst mit dem Ziel, zu wissen, wo die entsprechenden Informationen stehen. Erst bei späteren Aktivitäten, wie dem Verständnis oder dem Erstellen eines Beweises, möchte er die entsprechende Definition eventuell anwenden. Dann widmet er der Definition mehr Aufmerksamkeit, bis er in der Lage ist, sie für seinen Zweck anzuwenden. Ein Experte kennt die Charakterisierungen und Rollen unterschiedlicher mathematischer Textbausteine (Definitionen, Sätze, Beweise, Beispiele,...). Er weiß, dass in einem Beweis sehr viele mathematische Fertigkeiten (Anwendung von Definitionen, vorherigen Aussagen, mathematischen Techniken,...) zusammenfließen und dass Beweise Erläuterungen und Begründungen für mathematische Aussagen liefern und somit zu einem Verständnisprozess in hohem Maße beitragen. Das erklärt

eine sehr hohe Verweildauer auf dem Beweis im Vergleich zu den anderen Textbausteinen.

- (1b) *Höherer Schwierigkeitsgrad aufgrund höherer Informationsdichte und höherer Anzahl an mathematischen (Teil-)Aussagen*

Bei einem Beweis ist die Informationsdichte häufig vergleichsweise höher als bei anderen mathematischen Textbausteinen. Des Weiteren befinden sich in einem Beweis häufig mehr logisch verknüpfte mathematische (Teil-)Aussagen als in anderen mathematischen Textbausteinen. Dies führt bei einem Verstehensprozess zu mehr Aufwand und benötigt entsprechend mehr Zeit. Ein Experte ist bemüht, mathematische Beweise zu verstehen und investiert die dafür notwendigen Ressourcen.

- (2a) *Fähigkeit zur Charakterisierung verschiedener mathematischer Textbausteine*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1a) „Fähigkeit zur Charakterisierung verschiedener mathematischer Textbausteine“ von S. 135.

- (2b) *Höherer Schwierigkeitsgrad aufgrund höherer Informationsdichte und höherer Anzahl an mathematischen (Teil-)Aussagen*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1b) „Höherer Schwierigkeitsgrad aufgrund höherer Informationsdichte und höherer Anzahl an mathematischen (Teil-)Aussagen“ von S. 136.

(ii) Welche Besonderheiten lassen sich bei der Reihenfolge des Gesamtleseprozesses beobachten?

Beobachtung

- (1) MUCK absolviert drei Durchläufe durch den Text. Während des ersten Durchlaufs betrachtet er nacheinander die Folien 1 bis 5. Beim zweiten und dritten Durchlauf zeigt er das gleiche Leseverhalten: Er springt von Folie 5 zu Folie 2 und wieder zurück zu Folie 5.

Interpretation

- (1) *Erhöhtes Engagement (gezieltes Nachschauen vorheriger Textbausteine) zur Überwindung von Verständnisschwierigkeiten*

Auf Folie 2 befindet sich die Definition der EULERSchen φ -Funktion. Wir finden während des 2. Durchlaufs nach einem ersten Lesen des Beweises einen

Sprung zur Definition der EULERSchen φ -Funktion. Auch der dritte Lese-durchlauf ist durch dieses Verhalten charakterisiert. MUCKs Verhalten interpretieren wir an dieser Stelle als ein gezieltes Nachschauen eines vorigen Textbausteins, also als eine Erhöhung des Engagements. MUCK zieht somit einen weiteren Textbaustein (die Definition) hinzu, um den Beweis zu verstehen.

(Interpretative) Begründung

- (1) *Bewusste Auswahl vertrauter Tools zur Überwindung von Verständnisschwierigkeiten*

Der Beweis ist im Vergleich zum Text auf den anderen Folien schwieriger zu verstehen. Ein Experte ist sehr bemüht, Verständnisschwierigkeiten zu überwinden. Dafür stehen ihm verschiedene Tools (unter anderem das Tool *Sichtung weiterer Quellen*) zur Verfügung, die unter das Merkmal *Engagement* fallen. Ein Experte ist mit der Verwendung dieser Tools vertraut und verwendet diese entsprechend.

6.1.2 Folie 1 - Einleitender geschichtlicher Text

Zunächst betrachten wir MUCKs Durchlauf durch die erste Folie, auf der sich ein geschichtlicher Text über LEONHARD EULER befindet.

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 1 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MUCK auf Folie 1 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Das Blickbewegungen-Diagramm von MUCK zeigt im zeitlichen Verlauf eine Verteilung von Blickbewegungen über den Wertebereich, die darauf schließen lässt, dass der gesamte Text betrachtet wurde. Es werden also keine Textstellen ausgelassen.

Im Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulationen-Diagramm befindet sich eine Akkumulation. Wir interpretieren sie als Rauschen in den Daten. Wir ziehen zur Interpretation das Blickbewegungen-Diagramm und das Liberale-Vorwärtstrendlinien-Diagramm heran. Die beiden liberalen Vorwärtstrendlinien werden durch die Frage, ob es sich um mathematische Inhalte handelt, unterbrochen. Ansonsten decken die liberalen Vorwärtstrendlinien den gesamten Wertebereich ab und wir zeichnen sie als echte Kenngrößen aus.

Tabelle 6.2: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 1

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	1	0 - 2
IVTL	2 - 5	2 - 10
IVTL	6 - 9	15 - 22
einzelne Fixationen	6 & 7	23 - 25

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer ist auf den Zeilen 9 (14,6 %), 5 (13,35 %) und 3 (12,9 %) am höchsten. Sie streut zwischen 5,7 % und 14,6 %.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer ist auf Zeile 6 am höchsten mit 22 %, gefolgt von der zweithöchsten relativen Verweildauer in Zeile 5 mit 18,5 % und von der dritthöchsten in Zeile 3 mit 13,54 %. Die relative Verweildauer streut zwischen 3,56 % und 22 %.

Zum Engagement. MUCK *fertigt beim Lesen der 1. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. MUCK kommentiert sein Leseverhalten nicht, fragt aber zwischen 12 s und 15 s nach, ob es um Mathe geht.

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 1 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MUCK mit den Inhalten auf Folie 1 umgeht.

Tabelle 6.3: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen des Experten MUCK – Folie 1

		Beobachtungen zum Leseverhalten	Operationalisierung
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	Z. 2 - 5 (2 - 10 s), Z. 6 - 9 (15 - 22 s)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	Z. 4, Z. 8 - 9
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 2 (2 s, 12 s), Z. 5 (8 s, 13 s), Z. 6 (13 s, 24 s), Z. 7 (18 s, 23 s)
kgn. Anst.		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen	<i>nicht vorhanden</i>
		weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i>
Vtlg. d. Afmsk.		höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 5 (13,4 %), Z. 3 (12,9 %)
		höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 9 (14,6 %)
		vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
Engagement		vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln	Z. 5 (18,5 %)
		vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	Z. 3 (13,54 %), Z. 6 (22 %)
		Kopieren von Text	<i>nicht vorhanden</i>
		Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
		Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Beobachtung

(1) MUCK liest den Text, mit Ausnahme der Nachfrage, ob es „schon um Mathe geht“, einmal komplett durch. Dies erfolgt in einem linearen Leseprozess. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten des Experten beim Lesen verschiedener Textarten (Jahreszahlen versus Fließtext) an dieser Stelle feststellen.

Interpretation

(1) Wir bieten vier Interpretationen an.

(a) *Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine*

Es handelt sich um einen Prosatext. Wir gehen davon aus, dass MUCK auf keine Verständnisschwierigkeiten stößt.

(b) *Konzentration auf globale Zusammenhänge*

MUCK möchte sich zunächst einen Überblick verschaffen, worum es in diesem Text eigentlich geht. Er fokussiert sich dabei inhaltlich auf ein Gesamtbild, also auf globale Zusammenhänge.

(c) *Priorisierung verschiedener Textbausteine*

MUCK priorisiert den einleitenden Text eher niedrig und entscheidet sich bewusst, diesen, im Vergleich zu den anderen Textbausteinen, eher weniger intensiv zu studieren.

(d) *Leseziel bei unterschiedlich priorisierten Textbausteinen*

Wir erweitern an dieser Stelle die Interpretation (1c) *Priorisierung verschiedener Textbausteine* von S. 141. Das Verhalten von MUCK könnte ein Hinweis dafür sein, dass MUCK im Rahmen einer Priorisierung die Informationen der ersten Folie nicht mit dem gleichen Ziel und somit der gleichen Verstehenstiefe liest wie andere Textbausteine.

(Interpretative) Begründung

(1a) *Lesen ohne Verständnisschwierigkeiten*

Das Leseverhalten des Experten entspricht demjenigen, das wir generell von einem routinierten Leser beim Rezipieren von Prosatexten dieser Art erwarten würden. Die Inhalte lassen sich von dem Experten ohne viele Rückwärtssprünge, Denkpausen oder Engagement anderer Art erfassen.

(1b) *Gleichmäßiges Lesen eines gesamten Textes*

Einem Experten ist bewusst, dass Texte sowohl globale als auch lokale Zusammenhänge beinhalten. Beispielsweise sind die Charakterisierung eines Textes (geschichtlicher Text) sowie der Hauptprotagonist (LEONHARD EULER) globale Informationen. Beziehen wir die Nachfrage des Experten, ob es „schon um Mathe geht“ mit ein, können wir davon ausgehen, dass er den Text niedriger priorisiert und lediglich globale Informationen wahrnimmt.

(1c) *Fähigkeit zur Charakterisierung verschiedener mathematischer Textbausteine*

Ein Experte kennt die Charakterisierungen und Rollen unterschiedlicher mathematischer Textbausteine, insbesondere auch die von einleitenden beziehungsweise historischen Texten. Er weiß, dass solch ein Text einen motivierenden Einstieg in ein mathematisches Thema liefern kann, aber zunächst keine entscheidenden mathematischen Inhalte enthält. Die Nachfrage des Experten, ob es „schon um Mathe geht“, könnten wir so interpretieren, dass der Experte diesen Text als *nicht-mathematischen*-Text einstuft und entsprechend niederpriorisiert.

- (1d) *Entscheidung über den Einsatz eigener Ressourcen beim Lesen verschiedener mathematischer Textbausteine*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (1a) „*Fähigkeit zur Charakterisierung verschiedener mathematischer Textbausteine*“ von S. 135 ab.

Ein Experte besitzt die Kompetenzen zur Priorisierung unterschiedlicher Textbausteine und ist außerdem in der Lage, ein Leseziel und daraus resultierend eine Lesestrategie festzulegen. Im Rahmen dieser Lesestrategie entscheidet er, wie er seine Ressourcen (Engagement, Zeit,...) verteilen möchte. Dabei investiert er nur ungern unnütz seine Ressourcen. Das bedeutet, dass der Verstehensgrad beim Lesen von mathematischen Textbausteinen dem Leseziel/der Lesestrategie angepasst werden kann. Beispielsweise könnte er an dieser Stelle den Text eher niederpriorisiert haben. Dann könnte er das Ziel *Kenntnisnahme der Inhalte* verfolgt haben.

- (ii) **Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?**

Beobachtung

- (1) MUCK liest Zeile 4 („seiner wissenschaftlichen Laufbahn in St. Petersburg als Mitglied der dortigen Akademie;“) und die Zeilen 8 - 9 („naturwissenschaftlichen und philosophischen Fragen, der Schwerpunkt seiner Arbeit lag aber in der Mathematik.“) genau einmal linear durch.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) Die vorige Beobachtung (1) von S. 140 und die entsprechenden Interpretationen (1a) - (1d) samt Begründungen (1a) - (1d) bieten eine Interpretation dafür, dass eher liberal betrachtet ein linearer Leseprozess auf dieser Folie stattfand. Er wurde durch eine Sprechphase unterbrochen, wobei anderweitige Gedächtnisprozesse stattfanden. Wir bieten an dieser Stelle keine direkte Interpretation und (interpretative) Begründung des einmaligen linearen Lesens der Zeilen 4 und 8 - 9 an. Wir unterstellen, dass MUCK eigentlich einen einmaligen ausschließlich linearen Leseprozess über alle Zeilen durchgeführt hätte. Seine Verwunderung über die vorliegende Textart veranlasste ihn wahrscheinlich zu seiner Nachfrage. Diese Unterbrechung des linearen Leseprozesses betrachten wir nicht im Sinne einer Text-Leser-Interaktion auf inhaltlicher Basis. Wir verweisen auf das Merkmal *Regressionen* (siehe Tabelle 7.7) samt den entsprechenden Beobachtungen (i) & (ii) mit den Interpretationen (i) & (ii).

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können globale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

- (1) MUCK liest Zeile 2 zunächst zu Beginn während eines linearen Leseprozesses. Vor der Sprechphase unterbricht er den linearen Leseprozess und springt von Zeile 5 auf Zeile 2. Somit finden wir wiederholt Blickbewegungen auf Zeile 2.
- (2) Während der Sprechphase, springt MUCK zurück von Zeile 2 auf Zeile 5 und somit befinden sich auf Zeile 5 Blickbewegungen zum wiederholten Mal. Diese Fixationen bilden mit einer kleinen Unterbrechung den Beginn eines weiteren linearen Leseprozesses von Zeile 5 bis zum Ende des Textes.
- (3) MUCK blickt nach dem Gesamtdurchlauf des Textes und 2 s vor dem Wechsel auf die nächste Folie auf die Zeilen 6 und 7. Mit anderen Worten: In den letzten Sekunden des Aufenthalts von MUCK auf Folie 1 befinden sich wiederholte Blickbewegungen auf den Zeilen 6 und 7, die keine Kenngröße (Trendlinie oder Akkumulation) bilden.

Interpretation

- (1) *Ausstieg aus dem Leseprozess mit Beginn der Sprechphase*

MUCK widmet seine Aufmerksamkeit der Sprechphase. Er wendet sich vom Text ab, steigt also aus dem Leseprozess aus und verharrt an einer beliebigen Stelle, in dem Fall auf einem Punkt auf dem Bildschirm, die für den Leseprozess keine Bedeutung hat.

(2) *Wiederaufnahme des Leseprozesses*

Inmitten der Sprechphase erhält MUCK unter anderem „Ja“ als Antwort auf seine Frage, ob es „um Mathe“ geht. Zwar werden noch ein paar weitere Worte gesprochen aber wir nehmen an, dass der Leseprozess nach dieser Antwort wieder eingeleitet wird. MUCK kehrt zu der Textstelle zurück, an welcher er den Leseprozess unterbrochen hat. Zur Wiederaufnahme des Leseprozesses liest er das vor der Unterbrechung gelesene Textstück zum wiederholten Mal.

(3) *Ausstieg aus dem Leseprozess und Einleitung des Übergangs auf die folgende Folie*

Wir schlagen als Interpretation dieses Verhaltens den Ausstieg aus dem Leseprozess auf Folie 1 und den Wechsel per Mausklick auf Folie 2 vor.

(Interpretative) Begründung

(1) *Sprechphase und sinnentnehmender Leseprozess finden nicht gleichzeitig statt*

Aus Abschnitt 1.4 wissen wir, dass die Informationsverarbeitungskapazität des Menschen grundsätzlich beschränkt ist und dass die Aufmerksamkeit den Informationsfluss von den sensorischen Registern zum Arbeitsgedächtnis reguliert. Wir gehen somit davon aus, dass Sprechphase und sinnentnehmender Leseprozess nicht gleichzeitig stattfinden, die Sprechphase also eine Unterbrechung des Leseprozesses darstellt. Dies ist eine Situation, in welcher die Eye-Mind-Hypothese nicht greift.

(2) *Wiederaufnahme des Fadens des zuvor gelesenen Inhalts*

Während der zweiten Hälfte der Sprechphase filtert der Experte die Informationen und richtet seine Aufmerksamkeit wieder auf den Leseprozess, genauer die Wiederaufnahme des Leseprozesses. Dafür liest der Experte das vor der Unterbrechung gelesene Textstück zum wiederholten Mal. Bei einer sich selbst gestellten (Wiedereinstiegs-)Frage, wie beispielsweise „An welche Inhalte knüpfe ich wieder an?“, kann ein „Sich-wieder-ins-Gedächtnis-rufen“ der zuletzt gelesenen Informationen durch Lesen des zuletzt verarbeiteten Textstücks zum erfolgreichen Erinnern an die zuvor gelesenen Inhalte führen.

(3) *Wahlloses Betrachten des Bildschirms während anderweitiger Gedächtnisprozesse*

Wir schlagen zwei Begründungen vor. Zum einen könnte MUCK einen kurzen Denkprozess durchlaufen (um sich beispielsweise die soeben gelesenen Inhalte nochmal durch den Kopf gehen zu lassen) und verharret dabei auf einem beliebigem Punkt im Raum, in dem Falle, auf einem Punkt auf

dem Bildschirm. Zum anderen könnte die Entscheidung, weiterzuklicken und der Prozess des Klickens an sich in diesem Zeitfenster stattfinden.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung

(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf den Zeilen 5 („von 1714 bis 1766“) und 3 „schweizerischen 10-Franken-Note“ am zweit- und dritthöchsten.

Text

- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 9 („aber in der Mathematik.“) am höchsten.

Interpretation

- (1) *Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses*

Bei einem Experten unterstellen wir, dass er neben dem lokalen Verständnis der Inhalte auch einen reflektierten Umgang mit Informationen aus Texten aus globaler Sicht anstrebt. Damit ist beispielsweise gemeint, dass er Informationen in einen größeren Zusammenhang einordnet beziehungsweise hinter den Daten liegende Informationen erarbeitet. Wir interpretieren an dieser Stelle, dass MUCK eventuell eine Auswahl an weiterführenden Informationen „herausgelesen“ hat.

- (2) *Keine Interpretation*

Zeile 9 ist die letzte Zeile und besteht aus vier einfach zu verstehenden Wörtern. An dieser Stelle können wir keine Interpretation der Daten anbieten.

(Interpretative) Begründung**(1) *Reflektiertes Lesen von Zahldaten***

Sowohl in Zeile 5 (Daten eines Lebensabschnitts) als auch in Zeile 3 (Gestaltung einer bestimmten Banknote) befinden sich Textstücke, die zum einen Zahlen enthalten und zum anderen können aus diesen „Zahldaten“ weiterführende Informationen herausgelesen werden. Beispielsweise könnte sich der Leser in Zeile 5 fragen, wie lange die Mitgliedschaft dauerte oder auch in welchem Alter LEONHARD EULER die Mitgliedschaft aufnahm beziehungsweise beendete. In Bezug auf die Daten in Zeile 3 könnte ein Leser zunächst die Note in Land, Wert,... für sich selbst einordnen wollen. Anders ausgedrückt ist auf diesen Textstücken die Informationsdichte vergleichsweise höher als auf dem restlichen Text.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Es findet keine Häufung von Fixationen statt.

Verteilung der Aufmerksamkeit**(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?****Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf den Zeilen 5 („von 1714 bis 1766 war er Mitglied der Königlichen Akademie in Berlin.“) und 3 („schweizerischen 10-Franken-Note abgebildet ist. Er verbrachte allerdings den größten Teil“) am zweit- und dritthöchsten.

Interpretation

- (1) *Erhöhte Aufmerksamkeit durch Erhöhung der kognitiven Anstrengung beziehungsweise durch das wiederholte Lesen von Textstücken*

Die Erhöhung der kognitiven Anstrengung und Lesewiederholungen führen zu einer Erhöhung der Aufmerksamkeit. Das kann proportional geschehen. Insbesondere sind Stolpersteine Verursacher von Lesewiederholungen beziehungsweise einer Erhöhung der kognitiven Anstrengung.

(Interpretative) Begründung**(1) *Lesewiederholungen und kognitive Anstrengung erhöhen die Verweildauer***

Die Aufmerksamkeit wird durch die Verweildauer operationalisiert. Einerseits lassen Lesewiederholungen einen Probanden länger auf einem Textstück verweilen.

Die kognitive Anstrengung wird entweder durch die Variable *mittlere Fixationsdauer* oder durch die Variable *Akkumulation* operationalisiert. Also gehen andererseits beide Variablen mit einer vergleichsweise längeren Verweildauer auf entsprechenden Textstücken einher.

Somit kann jede der drei Variablen (Lesewiederholung, Fixation, Akkumulation) eine Erhöhung (eventuell sogar proportional) der relativen mittleren Verweildauer, also der Variable des Merkmals *Verteilung der Aufmerksamkeit* verursachen.

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 6 („EULERS Werk gilt als beispiellos, nicht nur bezüglich seines Umfangs: Er verfasste mehr als“) am höchsten.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(b) *Wiederaufnahme eines zuvor unterbrochenen Leseprozesses*

In Zeile 6 befinden sich keine schwer zu verstehenden Inhalte oder Textstücke mit hoher Informationsdichte. Wir interpretieren einen Zusammenhang der höheren Aufmerksamkeit auf dieser Zeile mit der Wiederaufnahme des Leseprozesses nach der Sprechphase und gehen davon aus, dass der Wiedereinstieg in den Leseprozess diesen zunächst etwas verlangsamt.

(Interpretative) Begründung**(1b) *Höhere Gedächtnisleistung bei Wiederaufnahme eines Leseprozesses***

Wir gehen davon aus, dass der Wiedereinstieg in einen sinnentnehmenden Leseprozess mehr Ressourcen erfordert als ein lineares Durchlesen.

Während der Sprechphase können bereits Teile aus dem Kurzzeitgedächtnis wieder entwichen sein. Also muss sich der Leser erinnern, was er zuvor gelesen hat. Gehen wir davon aus, dass solch ein Erinnerungsprozess hier vorhanden ist, so findet er wahrscheinlich parallel zum Leseprozess auf Zeile 6 statt. Eventuell wechseln sich die beiden ab. Dieser weitere Erinnerungsprozess wäre eine Erläuterung für das langsamere Lesen von Zeile 6.

Engagement

(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.1.3 Folie 2 - Definition & Beispiel

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 2 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MUCK auf Folie 2 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Die Blickbewegungen von MUCK sind laut Blickbewegungen-Diagramm so über den Wertebereich verteilt, dass wir davon ausgehen können, dass er beim Lesen keine Wörter ausgelassen hat.

Wir konzentrieren uns auf dieser Folie auf das Diagramm „Strenge Vorwärtstrendlinien & Akkumulationen“, da es den Leseprozess sehr gut widerspiegelt. Alle Größen in diesem Diagramm zeichnen wir als Kenngrößen aus. Bei der Interpretation ziehen wir das Blickbewegungen-Diagramm hinzu. Die strengen Vorwärtstrendlinien decken den gesamten Wertebereich ab.

An dieser Stelle vernachlässigen wir die liberalen Vorwärtstrendlinien, da sie keine weitere Information zur Interpretation des Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulationen-Diagramms hinzufügen.

Tabelle 6.4: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 2

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
sVTL-AKK-sVTL	1 - 2	26 - 32
sVTL-AKK	1 - 2	32 - 34
sVTL	3 - 4	35 - 37
sVTL	4 - 5	38 - 40
einzelne Fixationen	2 & 1	41 - 42
einzelne Fixationen	5	42 - 43
sVTL	4 - 5	43 - 45
AKK	1	45 - 46

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 14,9 % und 32,2 % und ist auf Zeile 4 am höchsten. Sie ist auf Zeile 5 (19,7 %) am zweithöchsten und auf Zeile 1 (17 %) am dritthöchsten. Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 7,2 % und 38,4 % und ist auf Zeile 4 am höchsten, gefolgt von der zweithöchsten relativen Verweildauer in Zeile 1 mit 21,3 % und von der dritthöchsten in Zeile 5 mit 18 %.

Zum Engagement. MUCK *fertigt beim Lesen der 2. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. *Es sind keine verbalen Äußerungen vorhanden.*

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 2 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MUCK mit den Inhalten auf Folie 2 umgeht.

Tabelle 6.5: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen des Experten MUCK – Folie 2

		Beobachtungen zum Leseverhalten	Operationalisierung
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	Z. 3 - 4 (35 - 37 s) Z. 4 - 5 (38 - 40 s) Z. 4 - 5 (43 - 45 s)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	Z. 3 (35 - 36 s)
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 (26 s, 45 s), Z. 2 (31 s, 46 s) lokal: Z. 1 (26 s, 27 s), Z. 2 (30 s, 31 s), Z. 1 - 2 (28 s, 32 s), Z. 4 - 5 (36 s, 42 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen	Sprung vom Beispiel in die Definition (41 - 42 s)
		weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i>
kgn. Anst.		höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 4: 32,2 %, Z. 1: 17 % Akkumulationen: Z. 1 (1)
		höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 5: 19,7 % Akkumulationen: Z. 1 - 2 (1), Z. 2 (1)

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i> Z. 4 (38,4 %) Z. 1 (21,3 %) Z. 5 (18 %)
Enga- gement	Kopieren von Text Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses**Globale Herangehensweise**

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Beobachtung

(1) MUCK liest die Voraussetzung und die Aussage des Beispiels (Zeilen 3 - 4: „Ist p eine Primzahl, dann ist $\varphi(p) = p - 1$;“) zusammenhängend linear durch.

(2) MUCK liest die Aussage des Beispiels und die entsprechende Begründung (Zeilen 4 - 5: „ $\varphi(p) = p - 1$, denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“) zusammenhängend linear durch.

Interpretation

(1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) *Sofortiges Textverständnis*

MUCK hat auf Anhieb ein für ihn selbst zufriedenstellendes komplettes Textverständnis erreicht. Er muss somit den linearen Leseprozess nicht unterbrechen.

(b) *Verknüpfung von Voraussetzung und Aussage*

MUCK bringt Voraussetzung und Aussage in einen Zusammenhang.

(2) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (ii), Interpretation (iia)

(b) *Verknüpfung von Aussage und Begründung*

Wir wandeln an dieser Stelle die obige Interpretation (1b) „*Verknüpfung von Voraussetzung und Aussage*“ von S. 153 leicht ab.

MUCK bringt Aussage und Begründung in einen Zusammenhang.

(Interpretative) Begründung

(1a) *Lineares Lesen vertrauter und kurzer Textstücke*

Wir befinden uns auf dem Gebiet der Zahlentheorie. Mathematische Inhalte in diesem Bereich sind in der Regel leicht zugänglich. Alle Objekte, die in diesem Textabschnitt vorkommen, sind für einen Experten leicht verständlich und zugänglich. Bei einem Experten gehen wir davon aus, dass Primzahlen bekannte Objekte sind. Des Weiteren sind sowohl die Voraussetzung als auch die Aussage ein jeweils kurzes Textstück und die Bezeichnung p für Primzahl ist typisch und hinweisend. Außerdem ist die Aussage an sich für einen Experten leicht zu erfassen. Er ist mit dem Objekt *Abbildung* vertraut, kann die Schreibweise deuten und die Wirkung der φ -Funktion auf eine Primzahl ablesen. Er kann die Aussage also mathematisch einordnen.

(1b) *Zusammenhängendes Lesen von aneinander gekoppelten Objekten (Voraussetzung & Aussage)*

Ein Experte weiß, dass die Voraussetzung ein entscheidendes Textstück für den Sinn einer Aussage ist. Die beiden Textstücke sind also sehr stark aneinander gekoppelt. Von daher könnte der Experte beide zusammenhängend lesen wollen.

(2a) *Lineares Lesen leicht zugänglicher Textstücke*

Wir meinen hier mit *leicht zugänglich*, dass der Leser mit allen Objekten im Text (in dem Fall eine Primzahl p) vertraut ist. Bei einem Experten gehen wir davon aus, dass Primzahlen bekannte Objekte sind. Des Weiteren kann er die Aussage mathematisch einordnen.

- (2b) *Zusammenhängendes Lesen von aneinander gekoppelten Objekten (Aussage & Begründung)*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (1b) „*Zusammenhängendes Lesen von aneinander gekoppelten Objekten (Voraussetzung & Aussage)*“ von S. 153 ab.

Ein Experte möchte verstehen, warum eine Aussage gilt. Somit ist es nicht verwunderlich, dass er im Anschluss an die (leicht mathematisch einordbare) Aussage deren Begründung liest. Weiterhin ergibt eine Begründung ohne Aussage keinen Sinn. Die beiden Textstücke sind also sehr stark aneinander gekoppelt. Von daher könnte der Experte beide zusammenhängend lesen wollen.

- (ii) **Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?**

Beobachtung

- (1) MUCK liest die Voraussetzung des Beispiels (Zeile 3: „Ist p eine Primzahl, dann ist“) genau einmal linear durch.

Interpretation

- (1) *Sofortiges Textverständnis*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) „*Sofortiges Textverständnis*“ von S. 152.

(Interpretative) Begründung

- (1) *Lineares Lesen vertrauter und kurzer Textstücke*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1a) „*Lineares Lesen vertrauter und kurzer Textstücke*“ von S. 153.

- (iii) **Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?**

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

- (iv) **Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?**

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können globale und lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) MUCK liest die Voraussetzung der Definition der EULERSchen φ -Funktion (Zeile 1: „**Definition 1.** Für $n \in \mathbb{N}$ bezeichnen wir mit $\varphi(n)$ “) zweimal.
- (2) MUCK liest die letzten zwei Drittel der Definition der EULERSchen φ -Funktion (Zeile 2: „Man nennt φ die EULERSche φ -Funktion.“) zweimal.

lokal

- (3) MUCK liest sowohl die Aussage des Beispiels als auch deren Begründung (Zeilen 4 - 5: „ $\varphi(p) = p - 1$, denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“) zweimal.
- (4) MUCK liest von Zeile 1 das Textstück „ $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n “ zweimal.
- (5) MUCK liest von den Zeilen 1 - 2 das Textstück „teilerfremden Zahlen aus der Menge“ zweimal.
- (6) MUCK liest von den Zeilen 1 - 2 das Textstück „die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$. Man nennt φ die EULERSche φ -Funktion“ zweimal.

Interpretation

- (1) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

MUCK kehrt zur Definitionsvoraussetzung zurück, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte (an dieser Stelle die Grundmenge, sprich den Zahlbereich $\mathbb{N}$), in Erinnerung zu rufen (eventuell auch kurz zu überprüfen, ob es sich um die natürlichen oder die ganzen Zahlen handelt) und/oder einzuprägen.

- (2) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva)

(3) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1) „*Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*“ von S. 155 ab.

MUCK möchte sich die Formel und die Begründung der Formel einprägen.

(b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

MUCK befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. MUCK möchte durch nochmaliges Lesen des Textstücks zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(4) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va)

(b) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb)

(5) Wir bieten drei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va)

(b) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb)

(c) *Korrektur der ersten Fixation von der Zeilenmitte zum Zeilenanfang*

Beim Lesen des Zeilenumbruchs fixiert MUCK eventuell nicht auf Anhiob den gewünschten Zeilenanfang und korrigiert entsprechend seine Blickposition.

(6) Wir bieten drei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va)

(b) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb)

(c) *Erschließen weitgreifenderer Informationen*

MUCK möchte weitere Informationen aus einer Definition herauslesen, beispielsweise möchte er eine Definition als Ganzes verstehen und auch anwenden können.

(Interpretative) Begründung

- (1) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)*

Ein Experte ist in der Lage, mathematische Textstücke zu charakterisieren, zu priorisieren und darüber zu entscheiden, welche Informationen er sich für den weiteren Leseverlauf einprägen möchte. Die vorausgesetzte Grundmenge ist ein sehr wichtiger Inhalt und entscheidend für die folgenden mathematischen Zusammenhänge.

- (2) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: zu Grunde liegende Menge)*

Wir wandeln die vorige Begründung (1) „Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)“ von S. 157 ab.

Ein Experte ist in der Lage, mathematische Textstücke zu charakterisieren, zu priorisieren und darüber zu entscheiden, welche Informationen er sich für den weiteren Leseverlauf einprägen möchte. An dieser Stelle befinden sich ein, für den weiteren Verlauf wichtiges, mathematisches Objekt, nämlich die Menge, aus der die zu n teilerfremden Zahlen gewählt werden und die Bezeichnung der Funktion.

- (3a) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Anwendung einer Definition auf ein prominentes Objekt)*

Wir wandeln die vorige Begründung (1) „Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)“ von S. 157 ab.

Ein Experte ist in der Lage, mathematische Textstücke zu charakterisieren, zu priorisieren und darüber zu entscheiden, welche Informationen er sich für den weiteren Leseverlauf einprägen möchte. Die Anwendung einer Definition (hier: die EULERSche φ -Funktion) auf prominente Objekte (hier eine Primzahl) ist ein mathematischer Zusammenhang, den sich Experten typischerweise im Rahmen des Verständnisses einer Definition verdeutlichen und wahrscheinlich hoch priorisieren.

- (3b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Variablendeklaration oder Exemplifikation*

Eventuell hat sich der Experte nach dem ersten Lesen des Textstücks kurz ins Gedächtnis gerufen, das p eine Primzahl ist.

Weiterhin könnte er durch wiederholtes Lesen einen Exemplifikationsprozess starten und im Kopf ein Zahlenbeispiel einsetzen. Die Begründung des Beispiels an sich ist für einen Experten höchstwahrscheinlich nicht schwierig zu verstehen. Eventuell ist aber die Darstellung der Inhalte etwas verwirrend. Das kann dazu führen, dass der Experte aufgrund kleiner Missverständnisse den Text nur knapp nicht vollständig verstanden hat. Wir gehen davon aus, dass der Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte, und somit könnte ein nochmaliges Lesen der Formel samt ihrer Begründung dem Experten mehr Textverständnis einbringen.

- (4a) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Teil einer Definition)*

Wir wandeln die vorige Begründung (1) „Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)“ von S. 157 ab.

Ein Experte ist in der Lage, mathematische Textstücke zu charakterisieren, zu priorisieren und darüber zu entscheiden, welche Informationen er sich für den weiteren Leseverlauf einprägen möchte. Eine Definition oder Teile dieser, sind mathematische Textbausteine, die sich Experten typischerweise im Rahmen eines Verständnisprozesses verdeutlichen und wahrscheinlich hoch priorisieren.

- (4b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund höherer Komplexität bei verketteten Funktionen*

Die EULERSche φ -Funktion ist eine Verkettung zweier Funktionen. An dieser Stelle wird die äußere Funktion („Zählen von Elementen einer Menge“) beschrieben. Eventuell ist es für den Experten nicht alltäglich, dass mit einer Funktion eine Anzahl bestimmt wird. Außerdem ist an der Stelle noch nicht klar, wovon die Anzahl zu bestimmen ist. Eventuell führten die eben aufgeführten beiden Punkte oder einer der beiden zu leichter Verwirrung bei dem Experten. Wir gehen davon aus, dass der Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte. Ein nochmaliges Lesen verhalf ihm wahrscheinlich zu mehr Textverständnis. Vielleicht vergewisserte er sich auch durch nochmaliges Lesen des Textstücks, dass er nichts überlesen hat, da die Informationen zu diesem Zeitpunkt noch unvollständig sind.

- (5a) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Teil einer Definition)*

Wir wandeln die vorige Begründung (1) „Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)“ von S. 157 ab.

Ein Experte ist in der Lage, mathematische Textstücke zu charakterisieren, zu priorisieren und darüber zu entscheiden, welche Informationen er sich für den weiteren Leseverlauf einprägen möchte. Eine Definition oder Teile dieser sind mathematische Textbausteine, die sich Experten typischerweise im Rahmen eines Verständnisprozesses verdeutlichen und wahrscheinlich hoch priorisieren. Wir betrachten an dieser Stelle die EULERSche φ -Funktion. Das ist eine verkettete Funktion, wobei die innere Funktion aus der Ermittlung der zu n teilerfremden Zahlen aus der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ besteht.

(5b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund höherer Komplexität bei verketteten Funktionen*

Die EULERSche φ -Funktion ist eine Verkettung zweier Funktionen. An dieser Stelle wird die innere Funktion („Ermittlung derjenigen Menge, die aus den zu n teilerfremden Zahlen besteht“) beschrieben. Eventuell ist die beschreibende Darstellung der Funktion oder die Funktion an sich für den Experten nicht alltäglich. Vielleicht führte das zu leichter Verwirrung bei dem Experten. Wir gehen davon aus, dass der Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte. Ein nochmaliges Lesen verhalf ihm eventuell zu mehr Textverständnis. Möglicherweise vergewisserte er sich auch durch nochmaliges Lesen des Textstücks, dass er nichts falsch gelesen hat (Beispielsweise werden hier eben nicht die Teiler von n , sondern zu n teilerfremde Zahlen gesucht.).

(5c) *Rückwärtstrendlinie von einem Textstückende zum Zeilenanfang*

Das Textstück befindet sich am Zeilenanfang. Weiterhin beginnt der Leser den Leseprozess auf dieser Zeile direkt mit einer Rückwärtstrendlinie vom Textstückende zum Zeilenanfang. Direkt daraufhin erfolgt das Lesen der Zeile von Zeilenbeginn an. Eventuell haben die Augen beim Sprung von der vorigen Zeile zur aktuellen Zeile den neuen Zeilenanfang nicht korrekt genug getroffen und wir sehen an dieser Stelle eine Korrektur der ersten Fixation auf der Zeile.

(6b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund höherer Komplexität bei verketteten Funktionen*

Die (verkettete) EULERSche φ -Funktion ist in beschreibender Darstellung angegeben. Dabei werden zuerst die äußere und danach die innere Funktion benannt. Bei der Anwendung einer verketteten Funktion auf ein Element aus dem Definitionsbereich geht man in umgekehrter Reihenfolge („von innen nach außen“) vor. Eventuell führte diese Diskrepanz zu kleinen Verständnisschwernissen bei dem Experten. Wir gehen davon aus,

dass der Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte, und somit könnte ein nochmaliges Lesen der Definition dem Experten mehr Textverständnis einbringen.

(6c) *Verknüpfung einzelner Textstücke und Herauslesen weiterer Informationen*

Die Definition wird in der eher untypischen beschreibenden Darstellung dargeboten. Familiärer ist eine Darstellung unter Verwendung von Definitionsbereich, Wertebereich, und geschlossener Zuordnungsvorschrift. Wir gehen davon aus, dass der Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte. Eventuell wandelte er beim nochmaligen Lesen Teile der beschreibenden Definitionsdarstellung in ihm vertrautere Textstücke (Definitionsbereich, Wertebereich, geschlossene Zuordnungsvorschrift) um. Das verhalf ihm eventuell zu mehr Textverständnis.

Die Definition enthält die charakterisierenden Begriffe *Anzahl*, *Zahlen aus der Menge* $\{1, 2, 3, \dots, n\}$, *zu n teilerfremd*. Um zu einem Verständnis der gesamten Definition zu gelangen, müssen diese Begriffe in einen korrekten globalen Zusammenhang gebracht werden. Wir gehen davon aus, dass der Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte. Ein nochmaliges Lesen verhalf ihm eventuell zu mehr Textverständnis aus globaler Sicht.

(ii) **Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?**

Beobachtung

- (1) Nach einem ersten vollständigem Lesen des Beispiels (Zeilen 3 - 5: „**Beispiel** 1. Ist p eine Primzahl, dann ist $\varphi(p) = p - 1$, denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“) springt MUCK in die Definition in Zeile 1 und dort zu den Textstellen „mit $\varphi(n)$ “ und „Man“.

Interpretation

- (1) *Blick auf ein beliebiges Textstück, wobei die dortigen Inhalte keine Bedeutung haben*

MUCK blickt während eines Denkprozesses auf einen beliebigen Punkt auf dem Bildschirm. Dabei findet keine neue Informationsaufnahme statt. Eventuell werden bereits gelesene Informationen verarbeitet.

(Interpretative) Begründung**(1) Sprung zu keiner inhaltlich hilfreichen Textstelle**

Der Experte springt nach dem Lesen des Beispiels in die Definition. Zunächst könnte angenommen werden, dass hier die Variable „Engagement“ erhöht wird und MUCK einen weiteren Textbaustein (Definition) zum Verständnis des Beispiels heranzieht. Betrachten wir aber die Textstellen innerhalb der Definition genauer, stellen wir fest, dass er auf die Funktionsbezeichnung „mit $\varphi(n)$ “ und dem Wort „Man“ blickt. Da er nach diesem Sprung wieder zum Beispiel zurückkehrt, gehen wir einerseits davon aus, dass er im Verstehensprozess des Beispiels war. Die beiden zwischenzeitlich betrachteten Textstellen in der Definition sind wenig hilfreich beim Verständnis des Beispiels. Somit gehen wir davon aus, dass er lediglich mit dem Blick kurz abschweifte und dabei willkürlich auf den Bildschirm blickte. Währenddessen entnahm er keine Informationen aus dem Text.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung**(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?****Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Aussage des Beispiels 1, also auf der Formel (Zeile 4: „ $\varphi(p) = p - 1$ “), am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Voraussetzung der Definition (Zeile 1: „ $n \in \mathbb{N}$ “) am dritthöchsten.

Text

- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 5 auf den Textstücken „Zahlen“ und „teilerfremd“ am zweithöchsten.

Interpretation

(1) Wir bieten drei Interpretationen an.

- (a) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (3b) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 156 leicht ab.

MUCK befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. MUCK möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch längeres Fixieren) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

- (b) *Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte*

MUCK möchte im Rahmen eines Verstehensprozesses alle Informationen einer Textstelle erfassen.

- (c) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen“ von S. 155 leicht ab.

MUCK fixiert die Aussage des Beispiels länger, um sich die für den weiteren Verlauf wichtigen Inhalte (an dieser Stelle die Anwendung der EULERSchen φ -Funktion auf eine Primzahl) in Erinnerung zu rufen und/oder einzuprägen.

(2) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ib),

siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),

siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)

(3) *Betontes Lesen von wichtigen Begriffen*

MUCK liest im Rahmen eines Verstehensprozesses die entscheidenden Begriffe beim wiederholten Lesen mit besonderer Betonung (leise).

(Interpretative) Begründung*(1a) (Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Exemplifikation*

Das Textstück „ $\varphi(p) = p - 1$ “ beinhaltet eine Aussage zur Anwendung der EULERSchen φ -Funktion, die durch Einsetzen eines einfachen Zahlenbeispiels (beispielsweise für $p = 5$) einleuchtend ist. Eventuell führte diese Aussage zunächst zu leichter Verwirrung beim Experten, er ist aber in der Lage den Stolperstein konkret zu benennen.

(1b) Vergleichsweise höhere Informationsdichte bei Formeln als bei Fließtexten

Eine Formel beinhaltet auf einem Raum (beispielsweise das entsprechende Stück Zeile) vergleichsweise mehr Informationen als ein Fließtext. Weiterhin lässt sich eine hinreichend kurze Formel mit nur einer beziehungsweise sehr wenigen Fixationen vom Auge des Lesers erfassen. Wir gehen davon aus, dass ein Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte. Aus den oben genannten Argumenten (hohe Informationsdichte & Erblicken durch sehr wenige Fixationen) folgt dann eine Reduzierung der Lesegeschwindigkeit auf Formeln beziehungsweise ein Innehalten auf dieser Textstelle.

(1c) Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Anwendung einer Definition auf ein Beispiel)

Für einen Experten sind Beispiele hoch priorisierte Textbausteine. Des Weiteren liefert die Anwendung einer Definition auf spezielle Beispiele neben mehr inhaltlichem Verständnis für den weiteren Verlauf wichtige Eigenschaften der Definition. Der Experte könnte sich an dieser Stelle die Eigenschaft der EULERSchen φ -Funktion einprägen.

(3) Höhere Fixationsdauer auf entscheidenden Textstücken bei einem wiederholten Leseprozess im Einklang mit einer kognitiven Verarbeitungsreihenfolge

Der Experte befindet sich im wiederholten Leseprozess der Begründung der Formel. Die Aussage „denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“ könnte in zwei Etappen kognitiv verarbeitet werden: (1) Wir erfassen die Zahlen zwischen 1 und p außer p , also die Zahlen $1, \dots, p - 1$ (falls $p > 2$) und (2) stellen dann fest, dass genau diese „Zahlen“ jeweils „teilerfremd“ zu p sind. Wir gehen davon aus, dass ein Experte die mathematischen Inhalte verstehen möchte. Eventuell findet die hier vorgeschlagene zweite Etappe der kognitiven Verarbeitung der Begründung

während des zweiten Lesens der Begründung statt. Eine etwas längere Betrachtung, also eine Betonung der beiden wichtigen Worte „Zahlen“ und „teilerfremd“ könnte den Verstehensprozess des Experten unterstützen.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 1 auf der Definitionsvoraussetzung „ $n \in \mathbb{N}$ “ eine Akkumulation.

Text

- (2) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 1 - 2 auf dem Textstück „die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus der Menge“ eine Akkumulation.
- (3) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ “ eine Akkumulation.

Interpretation

- (1) Wir bieten drei Interpretationen an.

- (a) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „*Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*“ von S. 155 leicht ab.

Es häufen sich Fixationen auf der Definitionsvoraussetzung, da MUCK sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte (an dieser Stelle die Grundmenge, sprich den Zahlbereich $\mathbb{N}$), in Erinnerung ruft (eventuell auch kurz überprüft, ob es sich um die natürlichen oder die ganzen Zahlen handelt) und/oder einprägt.

- (b) *Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte*

Wir verwenden an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Interpretation (1b) „*Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte*“ von S. 162.

(2) Wir bieten drei Interpretationen an:

- (a) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib)
- (b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Interpretation (1a) „*Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*“ von S. 162 leicht ab.

MUCK befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. MUCK möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(3) Wir bieten vier Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (b) *Korrektur der ersten Fixation von der Zeilenmitte zum Zeilenanfang*
Beim Lesen des Zeilenumbruchs fixiert MUCK eventuell nicht auf An-
hieb den gewünschten Zeilenanfang und korrigiert entsprechend seine
Blickposition.

Interpretative Begründung

- (1a) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1) „*Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)*“ von S. 157.

- (1b) *Vergleichsweise höhere Informationsdichte bei Formeln als bei Fließtexten*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (1b) „*Vergleichsweise höhere Informationsdichte bei Formeln als bei Fließtexten*“ von S. 163 ab.

Eine Formel beinhaltet auf dem von ihr benötigten Raum (beispielsweise das entsprechende Stück Zeile) vergleichsweise mehr Informationen als ein

Fließtext. Wir gehen davon aus, dass Experten die mathematischen Inhalte verstehen möchten. Aus den oben genanntem Argument (hohe Informationsdichte) folgt dann eine Reduzierung der Lesegeschwindigkeit auf Formeln beziehungsweise eine Häufung von Fixationen auf dieser Textstelle.

(2b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund verwirrender Reihenfolge*

Das Textstück ist nicht in der Reihenfolge aufgeschrieben, die beispielsweise bei Exemplifikation angewendet wird (Die Anzahl wird erst am Ende des Exemplifikationsprozesses bestimmt).

(3b) *Rückwärtstrendlinie von einem Textstückende zum Zeilenanfang*

Die Akkumulation entsteht aufgrund einer Rückwärtstrendlinie. Das Textstück befindet sich am Zeilenanfang. Weiterhin beginnt der Leser den Leseprozess auf dieser Zeile direkt mit einer Rückwärtstrendlinie vom Textstückende zum Zeilenanfang. Direkt daraufhin erfolgt das Lesen der Zeile von Zeilenbeginn an. Eventuell haben die Augen beim Sprung von der vorigen Zeile zur aktuellen Zeile den neuen Zeilenanfang nicht korrekt genug getroffen und wir sehen an dieser Stelle eine Korrektur der ersten Fixation auf der Zeile.

Verteilung der Aufmerksamkeit

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf der Aussage des Beispiels (Zeile 4: „ $\varphi(p) = p - 1$ “) am höchsten.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (b) *Die relative Verweildauer pro Zeile korreliert mit der Informationsdichte der Zeile*

MUCK hält sich auf den Zeilen mit hoher Informationsdichte am längsten und auf denen mit niedriger Informationsdichte am kürzesten auf.

(Interpretative) Begründung

- (1b) *Die kognitive Verarbeitung der Inhalte benötigt bei Textstücken mit vergleichsweise höherer Informationsdichte mehr Zeit als bei Textstücken mit niedrigerer Informationsdichte*

Betrachten wir die beiden Zeilen 4 und 3. Zeile 4 besteht nur aus einer Formel „ $\varphi(p) = p-1$ “ und Zeile 3 aus der Voraussetzung „Ist p eine Primzahl, dann ist“. Während wir Zeile 3 immens verkürzen könnten zu „ p prim“, ist das bei Zeile 4 gar nicht möglich. Ein Vorschlag zur Ermittlung eines Maßes für die Informationsdichte einer Zeile ist also die Frage danach; Inwiefern eine Zeile verkürzter dargestellt werden kann. Wenden wir dieses Kriterium auf die gegebenen Zeilen an, so sehen wir, dass die Informationsdichte der Zeilen mit der beobachteten relativen Verweildauer des Experten korreliert. Das lässt sich mit den Annahmen, dass ein Experte so lange auf einem Textstück verweilt, bis er es hinreichend verstanden hat und dass ein Textstück mit vergleichsweise höherer Informationsdichte einen aufwendigeren und damit auch längeren kognitiven Verarbeitungsprozess benötigt, begründen.

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf der Definition (Zeile 1: „Für $n \in \mathbb{N}$ bezeichnen wir mit $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus“) am zweithöchsten.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf der Begründung der Aussage des Beispiels (Zeile 5: „denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“) am dritthöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?**

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.1.4 Folie 3 - Beispiele

Auf Folie 3 befinden sich 2 Beispiele. Das erste thematisiert die Anwendung der EULERSchen φ -Funktion auf eine Primzahlpotenz, das zweite die Anwendung dieser Funktion auf ein Produkt zweier Primzahlen.

Dabei besitzt der Textaufbau stets die gleiche Struktur: In der ersten Zeile jedes Beispiels (1. & 4. Zeile auf Folie 3) finden wir die Voraussetzung, in der zweiten Zeile jedes Beispiels (2. & 5. Zeile auf Folie 3) eine Formel und in der dritten Zeile jedes Beispiels (3. & 6. Zeile auf Folie 3) eine Begründung für die Gültigkeit der jeweiligen Formel.

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 3 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MUCK auf Folie 3 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. In jeder Zeile von Folie 3 befinden sich Blickbewegungen, aus denen wir schließen können, dass der Proband den gesamten Text angeschaut hat. Des Weiteren ziehen wir alle Akkumulationen bis auf diejenige in Zeile 1 (48 - 52 s) und alle strengen Vorwärtstrendlinien aus dem Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulation-Diagramm zur Interpretation heran. Außerdem sei angemerkt, dass wir die dritte Akkumulation (Zeile 2 - 3, ca. 58 - 60 s) oben abschneiden. Wir erhalten dem Leseverlauf entsprechend die folgende Tabelle zur Benennung der Kenngrößen.

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 10,4 % und 24,9 %. Sie ist auf Zeile 5 am höchsten, auf Zeile 6 (17,9 %) am zweithöchsten und auf Zeile 7 (12,8 %) am dritthöchsten. Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Tabelle 6.6: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 3

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
AKK	1	51 - 52
sVTL-AKK _w	2	53 - 56
sVTL-AKK-sVTL-AKK _w -sVTL _w	1 - 3	57 - 64
AKK-sVTL _w -AKK _w	2	64 - 70
AKK-sVTL _w -AKK _w	3 - 5	70 - 77
sVTL-AKK _w -sVTL _w -AKK _w -sVTL _w	6	78 - 87
sVTL	6	88 - 90
sVTL-AKK-sVTL	6 - 7	90 - 94
sVTL	6	96 - 98
AKK	7	102 - 103

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 3,3 % und 27,9 %. Sie ist auf Zeile 2 am höchsten, auf Zeile 6 (25,4 %) am zweithöchsten und auf Zeile 5 (18,6 %) am dritthöchsten.

Zum Engagement. MUCK *fertigt beim Lesen der 3. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. *Es sind keine verbalen Äußerungen vorhanden.*

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 3 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MUCK mit den Inhalten auf Folie 3 umgeht.

Tabelle 6.7: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen des Experten MUCK – Folie 3

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	<i>nicht vorhanden</i>
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
Regressionen		mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 2 (53 s, 64 s), Z. 3 (60 s, 70 s), Z. 6 (77 s, 97 s), Z. 7 (91 s, 102 s) lokal: Z. 2 (53 s, 54 s) & (55 s, 56 s, 57 s) & (66 s, 67 s) & (68 s, 69 s), Z.3 (60 s, 61 s) & (59 s, 63 s) & (70 s, 71 s), Z. 6 (83 s; 84 s) & (88 s, 90 s, 91 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen	<i>nicht vorhanden</i>
		weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i>
kgn. Anst.		höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 5 (24,9 %); Z. 7 (12,8 %) Akkumulationen: Z. 2 (4); Z. 5 (1); Z. 7 (1)
		höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 6 (17,2 %) Akkumulationen: Z. 3 (3); Z. 6 (2); Z. 7 (1)

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i> Z. 2 (27,9 %); Z. 5 (18,6 %) Z. 6 (25,4 %)
Enga- gement	Kopieren von Text Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Es werden keine Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, linear durchgelesen.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können globale und lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) MUCK liest von Zeile 2 die Formel „ $\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “ zweimal.
- (2) MUCK liest von Zeile 3 das Textstück „ p -te Zahl durch p “ zweimal.
- (3) MUCK liest von Zeile 6 das Textstück „ pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar“ zweimal.
- (4) MUCK liest von Zeile 7 die Formel „ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ “ zweimal.

lokal

- (5) MUCK liest von Zeile 2 die erste Hälfte der Formel „ $\varphi(p^\alpha) = p^\alpha -$ “ zweimal.
- (6) MUCK liest von Zeile 2 die Mitte der Formel „ $-p^{\alpha-1} = p^\alpha (1$ “ zweimal.
- (7) MUCK liest von Zeile 2 die Mitte der Formel „ $p^\alpha - p^{\alpha-1}$ “ zweimal.
- (8) MUCK liest von Zeile 2 die Mitte und das Ende der Formel „ $p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right),$ “ zweimal.
- (9) MUCK liest von Zeile 3 das Textstück „ p -te Zahl durch p “ (zusätzlich mit globaler Wiederholung, siehe obige Beobachtung (2) von S. 173) zweimal.
- (10) MUCK liest von Zeile 3 das Textstück „ p^α Zahlen zwischen 1 und p^α ist jede“ zweimal.
- (11) MUCK liest von Zeile 6 das Textstück „denn p von den pq Zahlen“ zweimal.
- (12) MUCK liest von Zeile 6 das Textstück „ q dieser Zahlen sind durch p “ zweimal.

Interpretation

(1) Wir bieten drei Interpretation an.

(a) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva)

(b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (3b) „*Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*“ von S. 156.

(c) *Erschließen weitgreifenderer Informationen*

MUCK möchte weitere Informationen aus einer Formel herauslesen. Beispielsweise möchte er die Formel für ein umfassenderes Verständnis anders darstellen und diese Darstellung in einem globalen Zusammenhang setzen.

(2) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)

(3) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)

(4) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)

(5) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)

(6) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),

siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)

- (7) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (8) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (9) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (10) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (11) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (12) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)

(Interpretative) Begründung

- (1b) *(Benennbarer) Stolpersteins beispielsweise aufgrund nicht sofort offensichtlicher Aussage*

Die Formel verdeutlicht die Anwendung der EULERSchen φ -Funktion auf eine Primzahlpotenz. Dabei ist beispielsweise der erste Schritt nicht auf den allerersten Blick offensichtlich und könnte zu einem Stolperstein bei dem Experten führen. Die Begründung (Zeile 3) dafür taucht erst nach Angabe der Formel auf. Beim zweiten Schritt wird p^α ausgeklammert. An beiden Stellen könnten kleine Verständnisschwierigkeiten für den Experten entstehen, die er beim wiederholten Lesen höchstwahrscheinlich ausräumt.

(1c) *Erschließen weitgreifenderer Informationen*

Interessant könnte eine weiterführende Betrachtung des zweiten Terms $p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ sein. Beispielsweise könnte er zu $(p-1)p^{\alpha-1}$ umgeschrieben und diese Darstellung in einem weitgreifenderen Zusammenhang interpretiert werden.

(ii) **Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?**

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) **Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?****Beobachtung**

- (1) MUCK springt von dem Textstück „ q teilbar“ im letzten Drittel von Zeile 6 auf das Textstück „denn p “ im ersten Drittel der Zeile 6. Er kehrt somit zum Anfang der Zeile 6 zurück und liest anschließend die gesamte Zeile 6.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (3b) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 156 leicht ab.

MUCK befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. MUCK möchte durch Heranziehen eines zuvor gelesenen Textbausteins zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(b) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen“ von S. 155 leicht ab.

MUCK springt auf ein vorheriges Textstück innerhalb eines Textbausteins, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen.

(Interpretative) Begründung

- (1a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mehrerer Rollen ein und derselben Bezeichnung und/oder eines nicht hierarchischen Aufschriebs*

Die Begründung „denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar“ enthält drei Bausteine: (1) die zentralen mathematischen Objekte sind die Zahlen von 1 bis pq ; (2) es handelt sich um pq Stück; (3) von diesen sind p -Stück durch q teilbar. Zum einen nehmen p und q unterschiedliche Rollen ein: Die Zahlen pq und q und jeweils die Anzahl pq -Stück und p -Stück. Des Weiteren sind die Objekte nicht hierarchisch und auch nicht handlungsfolgend geordnet. Das könnte zu leichter Verwirrung bei dem Experten und somit zu einem Stolperstein geführt haben.

- (1b) *Erinnerungsscheck durch Verwendung bekannter Strukturen*

Das Textstück „denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar“ erinnert einen Experten eventuell an das Bilden von Restklassen: In den Zahlen zwischen 1 und pq finden wir nämlich die Zahlen $1 \cdot q, 2 \cdot q, \dots, p \cdot q$. Das sind genau diejenigen Zahlen, die durch q teilbar sind und es sind p -Stück. Eventuell verwendet er diese Verdeutlichung der Begründung für einen Erinnerungsscheck (die Feststellung, dass es tatsächlich p -Stück Zahlen sind).

Kognitive Anstrengung

- (i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Aussage des Beispiels 3 (Zeile 5: „ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$ “) am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der letzten Folgerung von Beispiel 3 (Zeile 7: „ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ “) am dritthöchsten.

Text

- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 6 auf dem Textstück „durch q “ am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)
- (2) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)
- (3) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?**Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Auf Zeile 2 befindet sich auf dem Textstück „ $-p^{\alpha-1} = p^{\alpha}$ “ eine Akkumulation.
- (2) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „ $\varphi(p^{\alpha}) = p^{\alpha} - p^{\alpha-1} = p^{\alpha} \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “ eine Akkumulation.
- (3) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „ $\varphi(p^{\alpha}) = p^{\alpha} - p^{\alpha-1}$ “ eine Akkumulation.
- (4) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „ $= p^{\alpha}(1 -$ “ eine Akkumulation.
- (5) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 5 auf dem Textstück „ $\varphi(pq) = (p - 1)$ “ eine Akkumulation.
- (6) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 7 auf dem Textstück „ $\varphi(pq) = pq - p - q$ “ eine Akkumulation.

Text

- (7) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „denn von den p^{α} Zahlen“ eine Akkumulation.

- (8) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „ p^α Zahlen zwischen 1 und p^α ist jede p -te Zahl“ eine Akkumulation.
- (9) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „ p -te Zahl durch p “ eine Akkumulation.
- (10) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 6 auf dem Textstück „ p von pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar,“ eine Akkumulation.
- (11) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 6 auf dem Textstück „ pq Zahlen von 1 bis pq “ eine Akkumulation.
- (12) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 7 auf dem Textstück „und eine ist durch p “ eine Akkumulation.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (2) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (3) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (4) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (5) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (6) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)

- (7) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (8) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (9) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (10) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (11) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (12) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)

Verteilung der Aufmerksamkeit

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf der Aussage des Beispiels 2
(Zeile 2: „ $\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “) am höchsten.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf der Aussage des Beispiels 3
(Zeile 5: „ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$ “) am dritthöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf der Begründung des Beispiels 3 (Zeile 6: „denn p von pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar, q dieser Zahlen sind durch p “) am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?**

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.1.5 Folie 4 - Satz & Beweisbeginn**Formulierende Interpretation**

Zur Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 4 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MUCK auf Folie 4 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Auf jeder Zeile von Folie 4 befinden sich Fixationen. Die meisten liegen so nah beieinander, dass wir davon ausgehen können, dass der Abstand zwischen zwei Fixationen nicht größer ist als die Länge der fovealen Region. Somit können wir schließen, dass der Proband den gesamten Text auf den Zeilen 1 - 5 und 7 & 9 gelesen hat. In Zeile 6 sind lediglich zwei Fixationen auf dem Beginn dieser Zeile abgebildet. Wir finden Fixationen auf der Zeile 0 (163 - 168 s) und auf der Zeile 8 (159 - 162 s), die falsch zugeordnet sind. Nach Betrachtung des entsprechenden Blickbewegungsvideos sind folgende Zuordnungen richtig: Die Fixationen, die sich in Zeile 0 befinden, gehören in Zeile 9 und diejenigen von Zeile 8 in Zeile 7. Ursache der falschen Zuordnung könnten drei Dinge sein. Zum einen ist der Proband Brillenträger. Von daher ist es leicht möglich, dass die Fixationen durch das Brillenglas eventuell gebrochen aufgezeichnet werden. Zum anderen befindet sich, so wie zwischen zwei Zeilen auch, zwischen zwei Areas of Interest ein Abstand, dessen Größe von der Größe der Zeilenabstände abhängt. Weiterhin sind wir bereits auf der vierten Folie. Somit könnte die Kalibrierung nicht mehr ganz exakt sein. Es spricht einiges dafür, dass die Blickbewegungen eher in einem nicht zu einer AoI zugehörigen Textfeld landeten. Die jeweiligen Abstände zwischen den Zeilen 1, 2 & 3 sind größer als die der Abstände der restlichen Zeilen. Das liegt daran, dass ab Zeile 3 eine Tabelle steht. Das bedeutet, dass innerhalb der Tabelle ein viel höheres Risiko für eine falsche Zuordnung einer Fixation zu einer Zeile besteht. Es entsteht also eine vergleichsweise höhere Fehlerquelle. Beim Erstellen von Texten für den Eye-Tracker empfehlen wir von daher einen hinreichend großen und weiterhin äquidistanten Abstand zwischen je zwei vertikal benachbarten Zeilen. An dieser Stelle weisen wir darauf hin, dass die Wahl eines geeigneten Textsatzsystems bedacht werden sollte. L^AT_EX beispielsweise liefert die Umsetzung der äquidistanten Abstände vertikal benachbarter Zeilen nicht automatisch.

Zur Bestimmung der Kenngrößen in Bezug auf den Text von Folie 4 ziehen wir sowohl das Blickbewegungen-Diagramm als auch das Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulationen-Diagramm heran. Wir zeichnen alle Akkumulationen als Kenngrößen aus. Bei genauer Betrachtung der beiden Akkumulationen auf Zeile 9 unter Hinzunahme des Blickbewegungen-Diagramms sehen wir die folgenden beiden Auffälligkeiten. Die erste Akkumulation umfasst größtenteils das Zeilenende, erstreckt sich aber aufgrund nur einer Fixation (Ausreißer) über fast die gesamte Zeile 9. Die zweite Akkumulation erstreckt sich über den gleichen Zeilenbereich, wie die korrigierte Version (ohne Berücksichtigung des Ausreißers) der ersten Akkumulation. Beide Akkumulationen liegen zeitlich gesehen nah beieinander, werden aber aufgrund von drei Fixationen nicht als zusammenhängende Akkumulation dargestellt. Die vier Fixationsausreißer werden hier ignoriert, und wir betrachten anstelle von zwei Akkumulationen eine einzige

Akkumulation, die sich über das Ende von Zeile 9 erstreckt. Weiterhin fällt auf, dass zwischen 124 & 130 s keine Fixationen aufgezeichnet wurden. Wir erhalten die folgende Tabelle von Kenngrößen des Experten in Bezug auf Folie 4.

Tabelle 6.8: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 4

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
AKK	1	103 - 104
sVTL-AKK-sVTL	1 - 2	105 - 109
sVTL	2	110 - 111
sVTL	3	113 - 114
sVTL	2	115 - 116
sVTL-AKK-sVTL	3 & 4	117 - 120
einzelne Fixationen	8 & 9	120 - 121
AKK	2	122 - 124
<i>keine Fixationen</i>		124 - 130
einzelne Fixationen	4 & 5	130 - 133
sVTL-AKK	9	135 - 143
AKK	7	144 - 150
einzelne Fixationen	4 & 5	151 - 159
AKK (<i>im Diagramm auf Zeile 8</i>)	7	159 - 162
Blickbewegungen (<i>im Diagramm auf Zeile 0</i>)	9	163 - 168

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 4,8 % und 21 %. Sie ist am höchsten auf Zeile 7 gefolgt von Zeile 9 (14,5 %) und Zeile 4 (13,3 %). Wir merken an dieser Stelle an, dass diese Werte etwas verzerrt sein könnten. Diejenigen Fixationen, die nicht korrekt den Zeilen zugeordnet waren, gehen auch nicht in die Berechnung der mittleren Fixationsdauer ein. Somit könnte es sein, dass die Mittelwerte eventuell etwas abweichen. Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 0,8 % und 19,9 %. Dabei ist sie am höchsten auf der 7. Zeile. Auf Zeile 9 beträgt sie 19,2 % und auf Zeile 4 beträgt sie 11,9 %. An dieser Stelle haben die fehlenden Werte auf den Zeilen 7 & 9 eine größere Auswirkung als bei der mittleren Fixationsdauer, da deren Dauer nicht in die jeweilige Summe einfließt. Da die Verweildauer ohnehin auf diesen beiden Zeilen am höchsten ist, würde das tatsächliche Ergebnis nur deutlicher herauskommen, aber sich nicht ändern.

Zum Engagement. *MUCK fertigt beim Lesen der 4. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. *Es sind keine verbalen Äußerungen vorhanden.*

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 4 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MUCK mit den Inhalten auf Folie 4 umgeht.

Tabelle 6.9: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen des Experten MUCK – Folie 4

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	<i>nicht vorhanden</i>
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Z. 3 (113 - 114 s), Z. 4 (119 - 120 s), Z. 9 (134 - 135 s)
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Z. 5, 8, 9 (Sp. 1, 120 - 121 s), Z. 3, 7, 9 (Sp. 1, 134 - 135 s), Z. 4, 3 (Sp. 1, 111 - 112 s)
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 2 (110 s, 114 s, 122 s), Z. 4 (119 s, 151 s), Z. 5 (131 s, 154 s), Z. 9 (134 s, 141 s) lokal: Z. 1 (104 s, 106 s) & (105 s, 107 s), Z. 2 (110 s, 114 s), Z. 3 (113 s, 117 s), Z. 9 (134 s, 136 s, 137 s, 139 s, 141 s, 143 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen	<i>nicht vorhanden</i>
		weitere Textsprünge	Z. 4 (116 s) von „ $b + 1$ “ zu Z. 2 „Zahlen zwischen 1 und ab “;

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kgn. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 7 (21 %), Z. 9 (14,5 %), Z. 4 (13,3 %)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	Akkumulationen: Z. 3 (1), Z. 7 (1), Z. 9 (2) Akkumulationen: Z. 1 (2), Z. 2 (1)
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln	Z. 7 (19,9 %), Z. 9 (19,2 %), Z. 4 (11,9 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i>
Enga- gement	Kopieren von Text	<i>nicht vorhanden</i>
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
	Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Es werden keine Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, linear durchgelesen.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Beobachtung

(1) MUCK liest von Zeile 3, von der ersten Zeile der Tabelle, das Textstück „2 ... t ... b “ zeilenweise.

(2) MUCK liest von Zeile 4, also von der zweiten Zeile der Tabelle, das Textstück „ $b + 1$ $b + 2$... $b + t$ “ zeilenweise.

(3) MUCK liest von Zeile 9, also von der siebten Zeile der Tabelle, das Textstück „ $(a - 1)b + 1$ $(a - 1)b + 2$... $(a - 1)b + t$ “ zeilenweise.

Interpretation

(1) Wir bieten zwei Interpretationen an:

(a) *Bewusste Entscheidung für ein zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix*
 MUCK ist bewusst, dass er Tabellen oder Matrizen in unterschiedlichen Richtungen (horizontal, vertikal, diagonal, ...) lesen kann und dabei verschiedene mathematische Inhalte erfährt. Er entscheidet sich bewusst für ein zeilenweises Lesen.

(b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (3b) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 156 leicht ab.

MUCK befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. MUCK möchte durch zeilenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(2) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
 siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb)

(3) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
 siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb)

(Interpretative) Begründung

(1a) *Erfahrungen im Erschließen mathematischer Zusammenhänge bei Verwendung unterschiedlicher Leserichtungen*

Der Experte hat während seines Studiums und seiner Zeit als Doktorand viele Erfahrungen mit dem Lesen beispielsweise von Matrizen gesammelt. Wir können davon ausgehen, dass er an diesen Objekten kennengelernt hat, dass in unterschiedlichen Leserichtungen verschiedene mathematische Zusammenhänge herausgelesen werden können. Von daher können wir davon ausgehen, dass er sich bewusst an dieser Stelle für eine zeilenweise Betrachtung der Inhalte entscheidet.

(1b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund nicht definierter Variablen*

In Zeile 1 der Darstellung der Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck taucht die Variable t auf, die vorher nicht definiert wurde. Eventuell stößt

der Experte deswegen auf einen kleinen Stolperstein und erschließt durch zeilenweises Lesen die Rolle dieser Variable.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Beobachtung

- (1) MUCK liest innerhalb der Tabelle in Spalte 1 den dritten Eintrag „ $2b + 1$ “, den sechsten Eintrag „ $:$ “ und den siebten Eintrag „ $(a - 1)b + 1$ “ spaltenweise.
- (2) MUCK liest innerhalb der Tabelle in Spalte 1 den ersten Eintrag „ 1 “, den fünften Eintrag „ $s b + 1$ “ und den siebten Eintrag „ $(a - 1)b + 1$ “ spaltenweise.
- (3) MUCK liest innerhalb der Tabelle in Spalte 1 den zweiten Eintrag „ $b + 1$ “ und den ersten Eintrag „ 1 “ spaltenweise.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) *Bewusste Entscheidung für ein spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) *Bewusste Entscheidung für ein zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix* von S. 188 leicht ab.

MUCK ist bewusst, dass er Tabellen oder Matrizen in unterschiedlichen Richtungen (horizontal, vertikal, diagonal, ...) lesen kann und dabei verschiedene mathematische Inhalte erfährt. Er entscheidet sich bewusst für ein spaltenweises Lesen.

- (b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)* von S. 188 leicht ab.

MUCK befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. MUCK möchte durch spaltenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

- (2) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (v), Interpretation (vb)
- (3) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (v), Interpretation (vb)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *Erfahrungen im Erschließen mathematischer Zusammenhänge bei Verwendung unterschiedlicher Leserichtungen*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1a) „Erfahrungen im Erschließen mathematischer Zusammenhänge bei Verwendung unterschiedlicher Leserichtungen“ von S. 188 leicht ab.

Der Experte hat während seines Studiums und seiner Zeit als Doktorand viele Erfahrungen mit dem Lesen beispielsweise von Matrizen gesammelt. Wir können davon ausgehen, dass er an diesen Objekten kennengelernt hat, dass in unterschiedlichen Leserichtungen verschiedene mathematische Zusammenhänge herausgelesen werden können. Von daher können wir davon ausgehen, dass er sich bewusst an dieser Stelle für eine spaltenweise Betrachtung der Inhalte entscheidet.

- (1b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund der Struktur der Terme in einer Spalte*

Die Darstellung der Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck wirft bei einem Experten wahrscheinlich die Frage auf, welche Struktur die Terme in der jeweiligen Spalte haben. Zunächst ist die Faktorzerlegung vielleicht nicht sofort offensichtlich. Eventuell stößt der Experte innerhalb der Tabelle auf diesen (kleinen) Stolperstein und versucht durch spaltenweises Lesen zu mehr Verständnis zu gelangen.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können globale und lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) MUCK liest von Zeile 2 das Textstück „Zahlen zwischen 1 und ab “ zweimal.
- (2) MUCK liest von Zeile 4 das Textstück „ $b + t$ “ zweimal.
- (3) MUCK liest von Zeile 5 das Textstück „ $2b + 1$ “ zweimal.
- (4) MUCK liest von Zeile 9 das Textstück „ $(a - 1)b + 1$ “ zweimal.

lokal

- (5) MUCK liest von Zeile 1 das Textstück „Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ zweimal.
- (6) MUCK liest von Zeile 1 das Textstück „ $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$ “ zweimal.
- (7) MUCK liest von Zeile 2 das Textstück „Zahlen zwischen 1 und ab “ zweimal.
- (8) MUCK liest von Zeile 3 das Textstück „ $t \dots b$ “ zweimal.
- (9) MUCK liest von Zeile 9 das Textstück „ $(a - 1)b + 1$ “ sechsmal.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (2) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (3) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)

- (4) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (5) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (ve)
- (6) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (7) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (8) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (9) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Beobachtung

- (1) MUCK springt von dem Textstück „ $b + 1$ “ aus Zeile 4 zu dem Textstück „Zahlen zwischen 1 und ab “ aus Zeile 2.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (vii), Interpretation (viiia),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (vii), Interpretation (viiib)

Kognitive Anstrengung

(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 7 auf dem Textstück „ $(s + 1)b$ “ am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 9 auf dem Textstück „ $(a - 1)b + 1$ “ am zweithöchsten.
- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 4 auf dem Textstück „ $b + 1$ “ am dritthöchsten.

Text

Die mittlere Fixationsdauer ist auf erklärendem Text vergleichsweise niedrig.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)
- (2) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)
- (3) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „2 ... t ... b “ eine Akkumulation.
- (2) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich eine Akkumulation auf Zeile 7 („ $s b + 1$... $s b + 2$... $s b + t$... $(s + 1)b$ “).
- (3) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 9 auf dem Textstück „ $(a - 1)b + t$ “ eine Akkumulation.

Text

- (4) Zu Beginn des Leseprozesses befinden sich auf Zeile 1 auf dem Textstück „Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ zwei Akkumulationen.
- (5) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „Zahlen zwischen 1 und $a b$ in einem Rechteck angeordnet:“ eine Akkumulation.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (2) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (3) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)
- (4) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia)
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)

- (5) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)

Verteilung der Aufmerksamkeit

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist am höchsten auf Zeile 7
(„ $s b + 1 \quad s b + 2 \quad \dots \quad s b + t \quad \dots \quad (s + 1)b$ “).
- (2) Die relative Verweildauer ist am zweithöchsten auf Zeile 9
(„ $(a - 1)b + 1 \quad (a - 1)b + 2 \quad \dots \quad (a - 1)b + t \quad \dots \quad a b$ “).
- (3) Die relative Verweildauer ist am dritthöchsten auf Zeile 4
(„ $b + 1 \quad b + 2 \quad \dots \quad b + t \quad \dots \quad 2b$ “).

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (3) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?

Die Aufmerksamkeit ist auf erklärendem Text vergleichsweise niedrig.

Engagement

(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.1.6 Folie 5 - Beweis

Folie 5 wurde zweispaltig präsentiert. Inhaltlich wird auf dieser Folie der Beweis von Folie 4 weitergeführt. Zum weiteren Nachvollziehen des Beweises auf Folie 5 ist es nötig, die Inhalte von Folie 4 präsent zu haben. Wir gehen davon aus, dass Leser diese Inhalte nicht im Kopf behalten. Deshalb haben wir Folie 4 in der linken Spalte von Folie 5 nochmals abgebildet. Dabei wurde die gesamte Folie skaliert und wird verkleinert angezeigt. Außerdem haben wir aus Platzgründen einen zusätzlichen Zeilenumbruch in Zeile 2 vorgenommen und die ursprünglich 9 Zeilen bestehende Folie 4 steht nun mit 10 Zeilen auf Folie 5. In der rechten Spalte von Folie 5 steht in normaler Schriftgröße die Weiterführung des Beweises bis zum Beweisende. Dieser besteht aus 8 Zeilen. Dementsprechend finden wir im Diagramm zu Folie 5 in den Zeilen 1 bis 10 diejenigen Blickbewegungen, die auf der linken Spalte, also auf dem nochmals abgedruckten Text von Folie 4, stattfinden. In den Zeilen 11 bis 18 werden diejenigen Blickbewegungen abgebildet, die auf der rechten Spalte also auf dem Text, der den Beweis fortsetzt, aufgezeichnet wurden.

Wir machen an dieser Stelle auf eine technische Problematik aufmerksam. MUCK hält sich 289 s auf dieser Folie auf. Des Weiteren liest er relativ schnell und es sind sehr viele Zeilen auf dieser Folie abgedruckt gewesen. Es ist möglich, zu jeder Fixation Fließkoordinaten zu bestimmen und damit auch Blickbewegungs-Diagramme zu erstellen. Allerdings sind die Daten sehr gedrängt dargestellt. Es gibt mehrere Auswege.

- Die Diagramme könnten vergrößert werden. Genauer gesagt, wenn man die originalen Graphiken, die Python erzeugt, betrachtet, kann man beliebig nahe hineinzoomen.
- Bei der Textauswahl und dessen Aufbereitung könnte man darauf achten, dass nicht zu viele Zeilen auf einer Folie stehen. Allerdings wird man hier wahrscheinlich scheitern, wenn die Texte komplexer werden.
- Eventuell könnte man die Zeit, die ein Proband maximal auf einer Folie verweilt, eingrenzen. Vielleicht könnte nach Ablauf der vorgegebenen Zeit der Eye-Tracker automatisch auf eine weitere Folie identisch zu der eben gelesenen springen.

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 5 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MUCK auf Folie 5 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. In jeder der Zeilen 11 - 18 von Folie 5 befinden sich Fixationen. Die meisten liegen so nah beieinander, dass wir davon ausgehen können, dass der Abstand zwischen zwei Fixationen nicht größer ist als die Länge der fovealen Region. Somit können wir schließen, dass der Proband den gesamten Text auf den Zeilen 11 - 18 gelesen hat.

Zur Bestimmung der Kenngrößen in Bezug auf den Text von Folie 5 ziehen wir sowohl das Blickbewegungen-Diagramm als auch das Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulationen-Diagramm heran. Wir zeichnen alle Akkumulationen als Kenngrößen aus.

Bei genauer Betrachtung der Blickbewegungen auf Zeile 11 (175 - 177 s) sehen wir die folgende Auffälligkeit. Die Blickbewegungen häufen sich auf dem Anfang von Zeile 12, bilden aber aufgrund nur einer einzigen Fixation keine Akkumulation. Der Fixationsausreißer wird hier ignoriert, und wir betrachten anstelle der einzelnen Fixationen eine Akkumulation auf dem Beginn von Zeile 11. Da der Lesetext auf Folie 5 zweiseitig abgedruckt ist, markieren wir die Blickbewegungen in der linken Spalte des Textes, also auf den Zeilen 1 - 10, in grau. Wir erhalten die folgende Tabelle von Kenngrößen des Experten in Bezug auf Folie 5.

Tabelle 6.10: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	1, 2, 3	170 - 171
sVTL-AKK-sVTL-AKK	11 - 12	172 - 181
AKK	12	181 - 183
AKK	11	183 - 185
AKK-sVTL-AKK _w	11	185 - 190
AKK	12	191 - 192
sVTL-AKK	11	192 - 194
sVTL	12	196 - 197
AKK	4	198 - 199
einzelne Fixationen	5	199 - 200
einzelne Fixationen	6	200 - 201
AKK	5	201 - 202

Tabelle 6.11: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	2	202 - 203
AKK	11	203 - 204
AKK	12	206 - 207
AKK	15	209 - 210
AKK-sVTL _w	11	213 - 216
AKK	12	217 - 218
einzelne Fixationen	4	218 - 219
AKK	11 - 12	219 - 221
AKK	12	222 - 224
einzelne Fixationen	11	224 - 227
einzelne Fixationen	3	228 - 230
sVTL-AKK	11 - 12	235 - 240
sVTL	14	241 - 243
einzelne Fixationen	14	244
AKK	15	246 - 247
AKK	13	247 - 249
sVTL	13 - 14	249 - 250
einzelne Fixationen	14	250 - 253
AKK	15	257 - 258
AKK-sVTL	15 - 16	258 - 263
einzelne Fixationen	15	266
AKK-sVTL	16 - 18	267 - 273
AKK	12	276 - 277
AKK-sVTL	11	280 - 282
sVTL-AKK _w	11	283 - 285
AKK-sVTL _w -AKK _w	11	290 - 301
AKK	11 - 12	303 - 304
AKK	11 - 12	305 - 306

Tabelle 6.12: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	12	307 - 308
einzelne Fixationen	12	318
sVTL	13	317 - 320
sVTL	12 - 13	321 - 322
14 sVTL	13 - 14	322 - 323
AKK-sVTL _w	14 - 15	326 - 330
AKK	14	330 - 335
sVTL	15	335 - 336
einzelne Fixationen	14	337
AKK	15	339 - 342
AKK	14	342 - 343
sVTL	15	344 - 346
sVTL-AKK	15	347 - 354
sVTL-AKK-sVTL	15 - 16	356 - 364
AKK	16	365 - 367
AKK	15	368 - 369
sVTL-AKK	16	370 - 373
AKK	15	374 - 375
einzelne Fixationen	13	376 - 378
AKK	12	379 - 380
sVTL	13	380 - 382
AKK-sVTL-AKK _w -sVTL _w -AKK-sVTL	15 - 16	383 - 398
sVTL-AKK-sVTL _w	16 - 17	398 - 407
einzelne Fixationen	13	409 - 410
AKK-sVTL _w	13	411 - 414
AKK-sVTL	12 - 14	415 - 417
sVTL	14	418 - 419
AKK-sVTL-AKK	12 - 14	421 - 426

Tabelle 6.13: Kenngrößen des Experten MUCK – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
AKK-sVTL	14 - 15	427 - 432
einzelne Fixationen	14	432 - 443
einzelne Fixationen	8	434 - 435
einzelne Fixationen	6, 7, 8	437 - 440
einzelne Fixationen	6	443 - 444
AKK-sVTL-AKK _w -sVTL _w -AKK	15 - 16	445 - 454
einzelne Fixationen	8, 9, 10	456 - 458
AKK	17	460 - 461
einzelne Fixationen	13	409 - 410
AKK-sVTL _w	13	411 - 414
AKK-sVTL	12 - 14	415 - 417
sVTL	14	418 - 419
AKK-sVTL-AKK	12 - 14	421 - 426
AKK-sVTL	14 - 15	427 - 432
einzelne Fixationen	14	432 - 443
einzelne Fixationen	8	434 - 435
einzelne Fixationen	6, 7, 8	437 - 440
einzelne Fixationen	6	443 - 444
AKK-sVTL-AKK _w -sVTL _w -AKK	15 - 16	445 - 454
einzelne Fixationen	8, 9, 10	456 - 458
AKK	17	460 - 461

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut auf den Zeilen 11 bis 18 zwischen 3,8 % und 8,8 %. Dabei ist sie auf Zeile 18 am höchsten, auf Zeile 16 (6,7 %) am zweithöchsten und auf Zeile 15 (6,2 %) am dritthöchsten. Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer ist auf den Zeilen 14 (31,7 %), 15 (17,1 %) und 16 (11,2 %) am höchsten. Sie streut auf den Zeilen 11 bis 18 zwischen 0,3 % und 31,7 %.

Zum Engagement. MUCK fertigt in diesem Durchlauf keine Notizen an. Allerdings sollte hier festgehalten werden, dass für diese Arbeit nur der erste Durchlauf durch die Folien betrachtet wird. Beim zweiten und dritten Durchlauf konzentriert sich der Experte fast ausschließlich auf den Beweis und fertigt auch Notizen an.

Mündliche Aussagen. *Es sind keine verbalen Äußerungen vorhanden.*

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MUCK auf Folie 5 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MUCK mit den Inhalten auf Folie 5 umgeht.

Tabelle 6.14: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen des Experten MUCK – Folie 5

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	Lineares Lesen über mehrere Zeilen	Z. 17 - 18 (270 - 273 s)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	Z. 17 - 18 (270 - 273 s)
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Sp. 1 von Z. 4, 5, 6 (199 - 201 s)

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 11 (172 s, 235 s, 290 s) & (184 s, 280 s) & (192 s, 203 s, 213 s, 224 s), Z. 12 (175 s, 196 s, 217 s, 303 s) & (177 s, 237 s) & (206 s, 321 s, 379 s, 415 s, 421 s), Z. 13 (207 s, 409 s) & (247 s, 318 s, 380 s, 411 s, 422 s), Z. 14 (210 s, 241 s, 250 s, 323 s, 330 s, 342 s, 418 s, 427 s, 436 s, 441 s, 455 s), Z. 15 (209 s, 246 s, 326 s, 339 s, 417 s) & (253 s, 357 s, 383 s) & (335 s, 374 s, 445 s) & (347 s, 367 s, 408 s, 429 s), Z. 16 - 17 (260 s, 392 s, 446 s), Z. 16 (369 s, 398 s) lokal: Z. 11 (183 s, 185 s) & (192 s, 193 s) & (224 s, 226 s) & (213 s, 215 s) & (290 s, 293 s, 296 s) & (283 s, 284 s), Z. 12 (179 s, 181 s) & (189 s, 191 s) & (217 s, 219 s, 222 s) & (224 s, 226 s) & (303 s, 305 s, 307 s), Z. 13 (247 s, 322 s) & (318 s, 322 s) & (376 s, 378 s) & (409 s, 411 s) & (412 s, 413 s, 415 s), Z. 14 (241 s, 244 s) & (250 s, 251 s) & (323 s, 326 s, 330 s, 337 s) & (424 s, 427 s) & (433 s, 436 s) & (441 s, 442 s), Z. 15 (263 s, 266 s) & (339 s, 340 s, 341 s, 344 s, 347 s, 348 s, 353 s, 356 s, 359 s, 360 s, 362 s) & (389 s, 390 s) & (408 s, 410 s) & (429 s, 430 s), Z. 16 (262 s, 266 s) & (395 s, 396 s) & (397 s, 398 s, 399 s, 402 s, 406 s) & (447 s, 449 s, 452 s)

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
	Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i> Z. 12 (197 s) von „teilerfremde Zahlen“ zu Z. 4 - 6, Z. 11 (285 s) von „Zahlen beginnen“ zu Z. 4, Z. 11 (301 s) von „Zahlen beginnen“ zu Z. 4
kgn. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 15 (6,2 %) Akkumulationen: Z. 4 (1), Z. 5 (1), Z. 14 (3), Z. 14 - 15 (2), Z. 15 (10), Z. 15 - 16 (2)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 18 (8,8 %), Z. 16 (6,7 %) Akkumulationen: Z. 11 (10), Z. 11 - 12 (5), Z. 12 (7), Z. 12 - 13 (2), Z. 13 (1), Z. 16 (6), Z. 17 (4)
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i> Z. 14 (31,7 %), Z. 15 (17,1 %) Z. 16 (11,2 %)
Enga- gement	Kopieren von Text	<i>nicht vorhanden</i>
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i> Z. 12 (197 s) von „teilerfremde Zahlen“ zu Z. 4 - 6, Z. 11 (285 s) von „Zahlen beginnen“ zu Z. 4, Z. 11 (301 s) von „Zahlen beginnen“ zu Z. 4

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Beobachtung

(1) MUCK liest die Zeilen 17 - 18 („(-)de Zahlen. Insgesamt gibt es daher $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a und zu b (also zu ab) teilerfremde Zahlen zwischen 1 und ab .“) zusammenhängend linear durch.

(2) MUCK liest von den Zeilen 13 - 14 das Textstück „Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter, denn aus $s_1 b + t \equiv$ “ zusammenhängend linear durch. Dieses Verhalten zeigt er hier viermal.

Interpretation (und interpretative Begründung)

(1) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (ii), Interpretation (iib)

(2) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (ii), Interpretation (iib)

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?**Beobachtung**

- (1) MUCK liest die Zeilen 17 - 18 („(-)de Zahlen. Insgesamt gibt es daher $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a und zu b (also zu ab) teilerfremde Zahlen zwischen 1 und ab .“) genau einmal linear durch.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Die Tabelle wird nicht zeilenweise gelesen.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?**Beobachtung**

- (1) MUCK liest innerhalb der Tabelle in Spalte 1 den ersten Eintrag „1“, den zweiten Eintrag „ $b + 1$ “ und den dritten Eintrag „ $2b + 1$ “ spaltenweise.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.5, Beobachtung (v), Interpretation (vb)

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf**(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?****Beobachtung**

Wir können globale und lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) MUCK liest die Zeile 11 „Nun streichen wir alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle“ zweimal.

- (2) MUCK liest von Zeile 11 das Textstück „alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen“ viermal.
- (3) MUCK liest von Zeile 11 das Textstück „alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle“ dreimal.
- (4) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „nicht zu b teilerfremden Zahlen“ viermal.
- (5) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „nicht zu b teilerfremden Zahlen. Es verbleiben $\varphi(a)$ Spalten“ zweimal.
- (6) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „Eine nicht-gestrichenen Spalte“ fünfmal.
- (7) MUCK liest von Zeile 13 das Textstück „ $\text{mod } a$ genau einen Vertreter, denn aus“ zweimal.
- (8) MUCK liest von Zeile 13 das Textstück „enthält aus jeder Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter, denn aus“ fünfmal.
- (9) MUCK liest die Zeile 14 („ $s_1 b + t \equiv s_2 b + t \pmod{a}$ “) elfmal.
- (10) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$,“ fünfmal.
- (11) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq$ “ dreimal.
- (12) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq$ “ dreimal.
- (13) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ dreimal.
- (14) MUCK liest von den Zeilen 16 - 17 das Textstück „ $s_1, s_2 \leq a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichenen Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremde Zahlen“ dreimal.
- (15) MUCK liest von Zeile 16 das Textstück „Eine nicht-gestrichenen Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfrem-“ zweimal.

lokal

- (16) MUCK liest von Zeile 11 das Textstück „mit einer nicht zu b “ aus globaler Sicht an drei unterschiedlichen Zeitpunkten und aus lokaler Sicht jeweils zweimal.

- (17) MUCK liest von Zeile 11 das Textstück „einer nicht zu b teilerfremden Zahl“ aus globaler Sicht an drei unterschiedlichen Zeitpunkten. Zum ersten Zeitpunkt liest MUCK das Textstück zweimal und zum zweiten dreimal.
- (18) MUCK liest von Zeile 11 das Textstück „einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen“ zweimal.
- (19) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „Es verbleiben $\varphi(b)$ Spalten. Eine nicht-gestrichene“ zweimal.
- (20) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „nicht zu b teilerfremden“ zweimal.
- (21) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „nicht zu b teilerfremden Zahlen“ aus globaler Sicht an zwei unterschiedlichen Zeitpunkten und aus lokaler Sicht jeweils dreimal.
- (22) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „ $\varphi(b)$ Spalten“ zweimal.
- (23) MUCK liest von Zeile 12 das Textstück „Eine nicht-gestrichene“ zweimal.
- (24) MUCK liest von Zeile 13 das Textstück „Restklasse mod a “ zweimal.
- (25) MUCK liest von Zeile 13 das Textstück „enthält aus jeder Restklasse mod a genau einen Vertreter“ aus globaler Sicht an zwei unterschiedlichen Zeitpunkten. Zum ersten Zeitpunkt liest MUCK das Textstück zweimal und zum zweiten dreimal.
- (26) MUCK liest von Zeile 13 das Textstück „genau einen Vertreter“ zweimal.
- (27) MUCK liest von Zeile 13 das Textstück „einen Vertreter“ zweimal.
- (28) MUCK liest von Zeile 14 das Textstück „ $s_1 b + t \equiv s_2 b + t \pmod{a}$ “ aus globaler Sicht an fünf unterschiedlichen Zeitpunkten und aus lokaler Sicht jeweils zweimal. Zu einem weiteren Zeitpunkt liest MUCK das Textstück aus lokaler Sicht viermal. Zum ersten Zeitpunkt liest MUCK das Textstück dreimal, zum zweiten viermal und zum dritten fünfmal.
- (29) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „ $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ zweimal.
- (30) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$, wegen ggT “ aus globaler Sicht an zwei unterschiedlichen Zeitpunkten. Zum ersten Zeitpunkt liest MUCK das Textstück elfmal und zum zweiten zweimal.
- (31) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „ $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ zweimal.

- (32) MUCK liest von Zeile 15 das Textstück „ $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2$ “ zweimal.
- (33) MUCK liest von Zeile 16 das Textstück „Spalte enthält also“ zweimal.
- (34) MUCK liest von Zeile 16 das Textstück „also genau $\varphi(a)$ zu a “ fünfmal.
- (35) MUCK liest von Zeile 16 das Textstück „Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ “ zweimal.
- (36) MUCK liest von Zeile 16 das Textstück „Eine nicht-gestrichen Spalte“ zweimal.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (2) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (3) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (4) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (5) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (6) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)

- (7) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (8) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (9) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (10) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (11) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (12) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (13) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (14) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (15) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)

- [illegible]

- (25) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (ve)
- (26) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (27) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (28) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (ve)
- (29) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (30) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (ve)
- (31) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (32) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)

- (33) *Blick auf ein beliebiges Textstück, wobei die dortigen Inhalte keine Bedeutung haben*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „*Blick auf ein beliebiges Textstück, wobei die dortigen Inhalte keine Bedeutung haben*“ von S. 160.

- (34) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (35) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)
- (36) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (va),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vb),
siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (v), Interpretation (vc)

(Interpretative) Begründung

- (33) *Wiederholtes Lesen eines Textstückes, das aus nicht relevanten Inhalten besteht*

Das Textstück „Vertreter, denn aus“ an sich enthält keine mathematische Aussage oder einen mathematischen Zusammenhang. Es ist also allein betrachtet wenig hilfreich beim Verständnis des Beweises. Somit gehen wir davon aus, dass der Experte während eines Denkprozesses lediglich mit dem Blick kurz abschweifte und dabei ein Textstück zum wiederholten Male las. Währenddessen entnahm er keine Informationen aus dem Text.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Beobachtung

- (1) MUCK liest zunächst die Zeilen 11 - 12 mit vierfacher Wiederholung. Danach springt er von Zeile 12 „teilerfremde Zahlen“ auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 4 - 6. Er liest auf Zeile 4 das Textstück „1“, auf Zeile 5 das Textstück „ $b + 1$ “ und auf Zeile 6 das Textstück „ $2b + 1$ “.
- (2) MUCK springt von dem Textstück „Zahlen beginnen“ in Zeile 11 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4 auf Zeile 4 auf das Textstück „2 ... t “.
- (3) MUCK springt von dem Textstück „Zahlen beginnen“ in Zeile 11 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4 auf Zeile 4 auf das Textstück „ t ... b “.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.
 - (a) *Reflektierter Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus*
 Das von MUCK gelesene Textstück enthält einen Springstimulus (das Wort „Spalten“). Nach intensiver Auseinandersetzung mit der Frage, welche Objekte in den Spalten gestrichen werden, springt MUCK reflektiert in die Spalten der Tabelle.
 Ein Springstimulus animiert MUCK, sehr reflektiert an eine Textstelle zu springen.
 - (b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*
 Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)* von S. 176.
- (2) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (viii), Interpretation (viia),
 siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (viii), Interpretation (viib)
- (3) siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (viii), Interpretation (viia),
 siehe Tabelle 7.7, Beobachtung (viii), Interpretation (viib)

(Interpretative) Begründung*(1a) Reflektierter Springstimulus aufgrund eines Verständnischecks*

Das Wort „Spalten“ benennt einen Bestandteil eines Objekts, nämlich einer Tabelle. Diese Tabelle befindet sich auch in unserem Lesetext. Von daher benennt das Wort „Spalten“ eine konkrete Textstelle. Wir unterstellen, dass der Experte aufgrund des Springstimulus „Spalten“ animiert wurde, zu einem geeigneten und von ihm bewusst gewählten Zeitpunkt innerhalb seines Leseprozesses in die Spalten zu springen. Allerdings beschäftigt er sich zunächst intensiv mit der Frage, welche Spalten gestrichen werden sollen, die in den Zeilen 11 und 12 thematisiert wird. Er liest nämlich, bevor er springt, das Textstück (Zeile 11 - 12) mit vierfacher Wiederholung. Wir können also davon ausgehen, dass er eine klare Vorstellung von den zu streichenden Spalten hat und eventuell lediglich für einen Verständnischeck in die Spalten der Tabelle springt.

(1b) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines Anwendungschecks

In den Zeilen 11 - 12 steht die Charakterisierung derjenigen Spalten, die gestrichen werden sollen. Der Experte setzt sich zunächst intensiv mit der vorgegebenen Charakterisierung auseinander. Wir gehen davon aus, dass er sich während dieser Auseinandersetzung den Inhalt des Textstücks im Kurzzeitgedächtnis merkt. Eventuell hat er die Charakterisierung theoretisch verstanden, kann sie aber noch nicht vollständig umsetzen. Er möchte eventuell die Umsetzung anhand konkreter Terme vollziehen. Er stößt also auf einen bewussten Stolperstein, den er überwinden möchte. Dazu springt er in die Tabelle, in der sich genau die Terme befinden, auf die er die zuvor gelesene Charakterisierung nun in der Praxis anwenden kann.

Kognitive Anstrengung**(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?****Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welche Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 15 auf dem Textstück „ $s_1b \equiv s_2b \bmod a$ “ am dritthöchsten.

Text

- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 18 („zwischen 1 und ab “) am höchsten.
- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 16 auf dem Textstück „Eine nicht-gestrichenen Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfrem-“ am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic)
- (2) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (3) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (i), Interpretation (ie)

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?**Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 4 auf dem Textstück „1 2“ eine Akkumulation.
- (2) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 5 auf dem Textstück „ $b + 1$ “ eine Akkumulation.
- (3) Auf Zeile 14 auf dem Textstück „ $s_1 b + t \equiv s_2 b + t \pmod{a}$ “ befinden sich in der Mitte des Leseprozesses zwei und zum Ende des Leseprozesses zwei Akkumulationen.

- (4) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 14 - 15 auf dem Textstück „ $s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a}$ folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$ “ eine Akkumulation.
- (5) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 14 - 15 auf dem Textstück „ $s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a}$ folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ eine Akkumulation.
- (6) Auf Zeile 15 auf dem Textstück „folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ befinden sich zu Beginn des Leseprozesses eine und in der Mitte des Leseprozesses drei Akkumulation(en).
- (7) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 15 auf dem Textstück „folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$ “ eine Akkumulation.
- (8) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 15 auf dem Textstück „wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ eine Akkumulation.
- (9) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 15 auf dem Textstück „folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ eine Akkumulation.
- (10) Auf Zeile 15 auf dem Textstück „also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ befinden sich zu Beginn des Leseprozesses eine und in der Mitte des Leseprozesses zwei Akkumulationen.
- (11) Auf Zeile 15 befinden sich auf dem Textstück „also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq$ “ in der Mitte des Leseprozesses eine und zum Ende des Leseprozesses eine Akkumulation.
- (12) Auf den Zeilen 15 - 16 befinden sich auf dem Textstück „also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq s_1, s_2 \leq a$ auch $s_1 = s_2$ “ in der Mitte des Leseprozesses eine und zum Ende des Leseprozesses eine Akkumulation.

Text

- (13) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 11 auf dem Textstück „Nun streichen wir alle Spalten, die mit einer nicht“ eine Akkumulation.
- (14) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 11 auf dem Textstück „Spalten, die mit einer nicht“ eine Akkumulation.
- (15) Auf Zeile 11 auf dem Textstück „zu b teilerfremden Zahl beginnen“ befinden sich zu Beginn des Leseprozesses zwei und in der Mitte des Leseprozesses drei Akkumulationen.

- (16) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 11 auf dem Textstück „die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl, also alle“ eine Akkumulation.
- (17) Zu Beginn des Leseprozesses befinden sich auf Zeile 11 auf dem Textstück „beginnen, also alle“ zwei Akkumulationen.
- (18) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 11 auf dem Textstück „streichen wir alle Spalten“ eine Akkumulation.
- (19) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 11 - 12 auf dem Textstück „alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle nicht zu b “ eine Akkumulation.
- (20) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 11 - 12 auf dem Textstück „teilerfremden Zahl beginnen, also alle nicht zu b teilerfremden Zahlen.“ eine Akkumulation.
- (21) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 11 - 12 auf dem Textstück „die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl, also alle nicht zu b teilerfremden Zahlen. Es verbleiben $\varphi(b)$ Spalten.“ eine Akkumulation.
- (22) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 11 - 12 auf dem Textstück „beginnen, also alle nicht zu b “ eine Akkumulation.
- (23) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 11 - 12 auf dem Textstück „teilerfremden Zahl beginnen, also alle nicht zu b teilerfremden Zahlen.“ eine Akkumulation.
- (24) Auf Zeile 12 auf dem Textstück „Spalten. Eine nicht-gestrichene Spalte“ befinden sich zu Beginn des Leseprozesses eine und am Ende des Leseprozesses eine Akkumulation.
- (25) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 12 auf dem Textstück „verbleiben $\varphi(b)$ Spalten. Eine nicht-gestrichene Spalte“ eine Akkumulation.
- (26) Auf Zeile 12 auf dem Textstück „nicht zu b teilerfremden“ befinden sich zu Beginn des Leseprozesses eine und in der Mitte des Leseprozesses eine Akkumulation.
- (27) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 12 auf dem Textstück „nicht zu b teilerfremden Zahlen. Es verbleiben“ eine Akkumulation.

- (28) Auf Zeile 12 auf dem Textstück „Eine nicht-gestrichene Spalte“ befinden sich zu Beginn des Leseprozesses eine und am Ende des Leseprozesses eine Akkumulation.
- (29) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 12 - 13 auf dem Textstück „Eine nicht-gestrichene Spalte enthält aus jeder Restklasse $\text{mod } a$ “ eine Akkumulation.
- (30) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 13 auf dem Textstück „jeder Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter“ eine Akkumulation.
- (31) Zu Beginn des Leseprozesses auf Zeile 13 befindet sich auf dem Textstück „enthält aus jeder Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter“ eine Akkumulation.
- (32) Am Ende des Leseprozesses befinden sich auf Zeile 16 auf dem Textstück „enthält also genau $\varphi(a)$ “ zwei Akkumulationen.
- (33) Auf den Zeilen 16 - 17 befinden sich auf dem Textstück „Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremde Zahlen.“ zu Beginn des Leseprozesses eine und am Ende des Leseprozesses eine Akkumulation.
- (34) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf den Zeilen 16 - 17 auf dem Textstück „enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremde Zahlen.“ eine Akkumulation.
- (35) Am Ende des Leseprozesses befinden sich auf Zeile 16 auf dem Textstück „Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau“ zwei Akkumulationen.
- (36) Auf Zeile 17 auf dem Textstück „(-)de Zahlen. Insgesamt gibt“ befindet sich am Ende des Leseprozesses eine Akkumulation.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (2) Wir bieten fünf Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)

- (b) *Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses*

Wir wandeln an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Interpretation (1) „*Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses*“ von S. 145 leicht ab.

Bei einem Experten unterstellen wir, dass er neben dem lokalen Verständnis der Inhalte auch einen reflektierten Umgang mit Informationen aus Texten aus globaler Sicht anstrebt. Damit ist beispielsweise gemeint, dass er Informationen in einen größeren Zusammenhang einordnet, beziehungsweise hinter den Daten liegende Informationen erarbeitet. Wir interpretieren an dieser Stelle, dass MUCK eventuell eine Auswahl an weiterführenden Informationen „herausgelesen“ hat.

- (3) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (4) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (5) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (6) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)

- (7) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (8) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (9) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (10) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (11) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (12) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (13) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),

siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)

- (14) *Blick auf ein beliebiges Textstück, wobei die dortigen Inhalte keine Bedeutung haben*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „*Blick auf ein beliebiges Textstück, wobei die dortigen Inhalte keine Bedeutung haben*“ von S. 160.

- (15) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (16) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (17) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iie)
- (18) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (19) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (20) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (21) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)

- [illegible]

- (30) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid)
- (31) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (32) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iie)
- (33) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (34) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iid),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (35) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)
- (36) siehe Tabelle 7.9, Beobachtung (ii), Interpretation (iif)

(Interpretative) Begründung**(2b) *Einordnung eines Textstücks in ein mathematisches Gesamtkonzept***

Das Textstück „ $b + 1$ “ befindet sich in der ersten Spalte und zweiten Zeile der Tabelle. Der Experte könnte sich an dieser Stelle ausgehend von diesem Eintrag den Aufbau der Spalten und vielleicht auch weiter noch den Aufbau der gesamten Tabelle überlegen.

(14) *Verharren auf einem Textstück, das aus nicht relevanten Inhalten besteht*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (33) „*Wiederholtes Lesen eines Textstückes, das aus nicht relevanten Inhalten besteht*“ von S. 213 ab.

Das Textstück „Spalten, die mit einer nicht“ an sich enthält keine mathematische Aussage oder einen mathematischen Zusammenhang. Es ist also allein betrachtet wenig hilfreich beim Verständnis des Beweises. Somit gehen wir davon aus, dass der Experte während eines Denkprozesses lediglich mit dem Blick kurz abschweifte und dabei auf einer Stelle auf dem Bildschirm verharrte. Währenddessen entnahm er keine Informationen aus dem Text.

Verteilung der Aufmerksamkeit**(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?****Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 14 („ $s_1 b + t \equiv s_2 b + t \pmod{a}$ “) am höchsten.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 15 („folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$ wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq$ “) am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 16 („ $s_1, s_2 \leq a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremd-“) am dritthöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.11, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?**

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?**Beobachtung**

- (1) MUCK liest zunächst die Zeilen 11 - 12 mit vierfacher Wiederholung. Danach springt er von Zeile 12 von dem Textstück „teilerfremde Zahlen“ auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 4 - 6. Er liest auf Zeile 4 Spalte 1 das Textstück „1“, auf Zeile 5 Spalte 1 das Textstück „ $b + 1$ “ und auf Zeile 6 Spalte 1 das Textstück „ $2b + 1$ “.
- (2) MUCK springt von Zeile 11 von dem Textstück „Zahlen beginnen“ auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeile 4 auf das Textstück „ $2 \quad \dots \quad t$ “.
- (3) MUCK springt von Zeile 11 von dem Textstück „Zahlen beginnen“ auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeile 4 auf das Textstück „ $t \quad \dots \quad b$ “.

Interpretation

(1) Wir bieten vier Interpretationen an.

- (a) *Reflektierter Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) „*Reflektierter Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus*“ von S. 214.

- (b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)* von S. 176.

- (c) *Blick auf ein beliebiges Textstück, wobei die dortigen Inhalte keine Bedeutung haben*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „*Blick auf ein beliebiges Textstück, wobei die dortigen Inhalte keine Bedeutung haben*“ von S. 160.

- (d) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „*Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*“ von S. 155 leicht ab.

MUCK springt auf ein vorheriges Textstück innerhalb eines Textbausteins, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen.

(2) siehe Tabelle 7.13, Beobachtung (i), Interpretation (ia),

siehe Tabelle 7.13, Beobachtung (i), Interpretation (ib)

(3) siehe Tabelle 7.13, Beobachtung (i), Interpretation (ia),

siehe Tabelle 7.13, Beobachtung (i), Interpretation (ib)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *Springstimulus aufgrund eines Verständnisschecks*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1a) „*Reflektierter Springstimulus aufgrund eines Verständnisschecks*“ von S. 215.

(1b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines Anwendungschecks*

Wir verwenden an dieser Stelle die Begründung (1b) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines Anwendungschecks*“ von S. 215.

(1c) *Sprung zu keiner inhaltlich hilfreichen Textstelle*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1) „*Sprung zu keiner inhaltlich hilfreichen Textstelle*“ von S. 161 ab.

Der Experte springt nach dem Lesen der Zeilen 11 - 12 des Beweises auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet. Eine mögliche interpretative Begründung lautet, dass er während eines kognitiven Verarbeitungsprozesses der Zeilen 11 bis 12 lediglich mit dem Blick kurz abschweifte und dabei willkürlich auf den Bildschirm blickte. Währenddessen entnahm er keine Informationen aus dem Text.

(1d) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (3a) „*Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten*“ von S. 157 leicht ab.

Ein Experte ist in der Lage, mathematische Textstücke zu charakterisieren, zu priorisieren und darüber zu entscheiden, welche Informationen er sich für den weiteren Leseverlauf einprägen möchte. Um die Handlungsanweisung der Zeile 11 im Beweis „Nun streichen wir“ gedanklich ausführen zu können, ist es nötig, die inhaltliche Struktur der Spalten in dem Rechteck abrufen zu können. Wir gehen davon aus, dass der Experte sich dessen bewusst ist und dementsprechend auf die Spalten des Rechtecks springt, um sich deren Struktur einzuprägen.

6.2 Die Novizin *PAMIRA*

In diesem Kapitel betrachten wir die Novizin PAMIRA. Bevor wir jede einzelne Folie analysieren, betrachten wir alle Foliendurchläufe der Probandin.

6.2.1 Der Gesamtleseprozess

Tabelle 6.15: Der Gesamtleseprozess der Novizin PAMIRA

Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s		Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s
1	1	54 (21; 2,3 %)		2	1	
1	2	38 (15; 2,9 %)		2	2	
1	3	60 (23; 3,3 %)		2	3	
1	4	47 (18; 2 %)		2	4	
1	5	62 (24; 3 %)		2	5	
3	1			4	1	
3	2			4	2	
3	3			4	3	
3	4			4	4	
3	5			4	5	

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit im Leseprozess global über die Folien verteilt?

Beobachtung

- (1) PAMIRA hält sich auf den Zeilen von Folie 3 vergleichsweise am längsten auf (die durchschnittliche relative Verweildauer beträgt auf der 3. Folie 3,3 % pro Zeile). Allerdings ist die Streuung über alle Folien betrachtet sehr klein.

- (2) PAMIRA hält sich auf den Zeilen der Folien 1 & 5 vergleichsweise am zweitlängsten auf (die durchschnittliche relative Verweildauer beträgt auf den Folien 1 & 5 pro Zeile jeweils 3 %). Allerdings ist die Streuung über alle Folien betrachtet sehr klein.

Interpretation

- (1) *Priorisierung verschiedener Textbausteine*

PAMIRA priorisiert unterschiedliche mathematische Textbausteine (Einleitung, Definition, Beispiel, Satz, Beweis) gleich.

- (2) siehe Tabelle 7.2, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(Interpretative) Begründung

- (1) *Beweise sind für Novizen vergleichsweise unzugänglichere Textbausteine*

Auf den Folien 1 bis 5 befinden sich unterschiedliche mathematische Textbausteine (Einleitung, Definition, Beispiel, Satz, Beweis). Die relative Verweildauer ist auf jedem Textbaustein fast gleich. Eine Erklärung könnten wir darin finden, dass in der Schule häufig kalkülartiges Rechnen praktiziert wird. Das Verstehen von Definitionen, Sätzen und *nicht*-kalkülartigen Beispielen oder gar von Beweisen sind eher Randthemen. Somit ist für Novizen das Lesen dieser neuartigen Textbausteine zunächst eher unzugänglich und wird mit dem gleichen Engagement, wie das Lesen eines historischen Texts durchgeführt.

- (ii) Welche Besonderheiten lassen sich bei der Reihenfolge des Gesamtleseprozesses beobachten?

Beobachtung

- (1) PAMIRA absolviert genau einen Durchlauf durch alle fünf Folien.

Interpretation

- (1) *Beendigung kognitiver Prozesse beim Verlassen (eines Teiles) der Textquelle*

PAMIRA beendet eine Auseinandersetzung mit den mathematischen Inhalten auf der jeweiligen Folie spätestens in dem Moment, in dem sie die Folie verlässt. Eine folienübergreifende Verzahnung findet eher nicht statt.

(Interpretative) Begründung

(1) „Schubladendenken“

In der Schule wird der Stoff eher wenig inhaltsübergreifend vermittelt. Vielmehr ist es üblich, die Inhalte in kleinere Themenkomplexe zu unterteilen. Nach Vermittlung eines Themenkomplexes wird dieser häufig durch einen Leistungsscheck abgeschlossen. Diese Art der Stoffvermittlung könnte zu einem „Schubladendenken“ führen. Eine nochmalige Betrachtung vorheriger Folien findet hier nicht statt. Somit kommen Novizen eventuell nicht auf die Idee, Inhalte, die sich in unterschiedlichen Textquellen befinden, miteinander zu verknüpfen.

6.2.2 Folie 1 – Einleitender geschichtlicher Text

Zunächst betrachten wir PAMIRAs Durchlauf durch die erste Folie, auf der sich ein geschichtlicher Text über LEONHARD EULER befindet.

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 1 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, PAMIRA auf Folie 1 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Wir betrachten das Blickbewegungen-Diagramm. Zu Beginn gibt es einige Fixationen (0 - 6 s), die nicht zugeordnet werden konnten. Das liegt daran, dass die Probandin beim Lesen der Überschrift über der Zeile fixiert und beim Lesen des Textes unter der Zeile fixiert. Bei diesem Verhalten werden die Fixationen die zu der Überschrift gehören keiner AoI zugeordnet. PAMIRAs Blickbewegungen sind ansonsten so über den Wertebereich verteilt, dass wir davon ausgehen können, dass sie beim Lesen keine Wörter ausgelassen hat.

Wir konzentrieren uns auf dieser Folie auf das Diagramm „Liberale Vorwärtstrendlinien“, da es den Leseprozess sehr gut widerspiegelt. Alle Größen in diesem Diagramm zeichnen wir als Kenngrößen aus.

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer ist auf den Zeilen 6, 4 (12,6 %) und 2 (12,2 %) am höchsten. Sie streut zwischen 5,7 % und 14,6 %.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer ist auf Zeile 3 am höchsten mit 19,1 %, gefolgt von der zweithöchsten relativen Verweildauer

Tabelle 6.16: Kenngrößen der Novizin PAMIRA – Folie 1

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
<i>einzelne Fixationen</i>	1	0 - 6
einzelne Fixationen	1	0 - 6
IVTL	2 - 3	6 - 18
IVTL	3 - 4	19 - 26
IVTL	5 - 7	30 - 46
IVTL	8 - 9	49 - 54

in Zeile 6 mit 14 % und von der dritthöchsten in Zeile 2 mit 12,9 %. Die relative Verweildauer streut zwischen 0,46 % und 19,1 %.

Zum Engagement. PAMIRA *fertigt beim Lesen der 1. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. *Es sind keine verbalen Äußerungen vorhanden.*

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 1 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* PAMIRA mit den Inhalten auf Folie 1 umgeht.

Tabelle 6.17: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Probandin PAMIRA – Folie 1

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	Z. 1 - 9, 0 - 54 s
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	Z. 2 - 3 (6 - 18 s), Z. 3 - 4 (19 - 26 s), Z. 5 - 7 (30 - 46 s), Z. 8 - 9 (49 - 54 s)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	lokal Z. 3 (17 s, 20 s) global Z. 3 (13 s, 19 s)
Nachschauen von vorherigen Textbausteinen		<i>nicht vorhanden</i>	
weitere Textsprünge		<i>nicht vorhanden</i>	

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kgn. Anst.	höhere bei Formeln höhere kognitive Anstrengung bei Text	<i>nicht vorhanden</i> Fixationsdauer: Z. 6 (14,9 %), Z. 4 (12,6 %), Z. 2 (12,2 %)
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i> Z. 3 (19,1 %), Z. 6 (14 %), Z. 2 (12,9 %)
Enga- gement	Kopieren von Text Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) Verwendung weiterer Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Beobachtung

(1) PAMIRA liest den Text bis auf eine lokale Lesewiederholung der 3. Zeile einmal komplett durch. Dies erfolgt aus globaler Sicht (sichtbar in dem Liberale-Vorwärtstrendlinien-Diagramm) in einem linearen Leseprozess. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten von PAMIRA beim Lesen verschiedener Textarten (Jahreszahlen versus Fließtext) an dieser Stelle feststellen (Die Lesewiederholung der 3. Zeile impliziert die gesamte Zeile und nicht ausschließlich die Zahl „10“).

Interpretation

(1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) *Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine*

Wir verwenden an dieser Stelle die Interpretation (1a) „*Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine*“ von S. 140.

- (b) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen“*

PAMIRA interpretiert den Arbeitsauftrag „Lies den Text auf Verständnis!“ durch „Lies den Text genau einmal durch!“.

(Interpretative) Begründung

- (1a) *Lesen ohne Verständnisschwierigkeiten*

Wir verwenden an dieser Stelle die Begründung (1a) „*Lesen ohne Verständnisschwierigkeiten*“ von S. 141.

- (1b) *Verwendung bekannter Lesetechniken*

In der Schule ist es in vielen Fächern, die Textlesen beinhalten, möglich, durch einmaliges Lesen ein Textverständnis zu erlangen. Weiterhin ist es im Fach Mathematik in der Schule nicht unbedingt üblich, dass mathematische Inhalte durch eigenständiges Lesen erarbeitet werden. Außerdem sind beim Lesen mathematischer Inhalte andere Lesetechniken als bei literarischen Texten (Zusammenfassen versus Entblättern) zielführend. Von daher könnte die Möglichkeit bestehen, dass Novizen über die Lesetechniken aus der Schule (beispielsweise langsames konzentriertes Durchlesen des gesamten Textes) verfügen und ausschließlich diese verwenden.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Beobachtung

- (1) PAMIRA liest den Text bis auf eine lokale Lesewiederholung der 3. Zeile einmal komplett durch. Dies erfolgt aus globaler Sicht (sichtbar in dem Libérale-Vorwärtstrendlinien-Diagramm) in einem linearen Leseprozess. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten von PAMIRA beim Lesen verschiedener Textarten (Jahreszahlen versus Fließtext) an dieser Stelle feststellen (Die Lesewiederholung der 3. Zeile impliziert die gesamte Zeile und nicht ausschließlich die Zahl „10“).

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (i), Interpretation (ib)

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können lokale und globale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) PAMIRA liest von Zeile 3 das Textstück „schweizerischen 10-Franken-Note abgebildet ist. Er verbrachte“ zweimal.

lokal

- (2) PAMIRA liest von Zeile 3 das Textstück „Er verbrachte“ zweimal. (Danach liest sie die Zeile von vorn.)

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (3b) „*Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*“ von S. 156.

- (b) *Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (3b) „*Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*“ von S. 156 leicht ab.

PAMIRA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann keinen konkreten

Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. PAMIRA möchte durch nochmaliges Lesen des Textstücks zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(2) *Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*

PAMIRA liest ein Textstück ohne größere kognitive Verarbeitung der Inhalte. Eventuell findet auch keine neue Informationsaufnahme statt. Möglicherweise ist sie mit ihren Gedanken abgeschweift.

(Interpretative) Begründung

(1a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund unbekannter Bezeichnungen*

Das Textstück „schweizerischen 10-Franken-Note abgebildet ist. Er verbrachte“ beinhaltet eine wahrscheinlich für Novizen unbekannte Banknote aus der Schweiz. Womöglich könnte dies zu einem Stolperstein während des Leseprozesses von Novizen geführt haben. Wir gehen davon aus, dass sie die Inhalte verstehen möchten. Ein nochmaliges Lesen verhalf ihnen eventuell zu mehr Textverständnis.

(1b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund unbekannter Bezeichnungen*

Die potentiellen Textschwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund unbekannter Bezeichnungen“ von S. 238.

(2) *Keine kognitive Verarbeitung eventuell aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung*

In der Schule wird häufig das konzentrierte Lesen nicht trainiert. Vielleicht fällt es Novizen eher schwer, sich längere Zeit zu konzentrieren. Weiterhin kann ein für einen Novizen zu schwieriger Text dazu führen, dass der Rezipient die Inhalte nicht (mehr) aufnimmt. Novizen könnten also aufgrund von eventuellem Konzentrationsmangel oder möglicherweise auch Überforderung die gelesenen Inhalte nicht kognitiv verarbeiten, sondern lediglich mechanisch die Buchstaben ablaufen.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung

(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

Die mittlere Fixationsdauer ist auf Formeln vergleichsweise niedrig.

Text

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 6 („EULERS Werk gilt als beispiellos, nicht nur bezüglich seines Umfangs: Er verfasste mehr als“) am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 4 („seiner wissenschaftlichen Laufbahn in St. Petersburg als Mitglied der dortigen Akademie;“) am zweithöchsten.
- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 2 („LEONHARD EULER (1707 – 1783) stammte aus Basel, weshalb er auf der zur Zeit gültigen“) am dritthöchsten.

Interpretation

- (1) An dieser Stelle können wir keine Interpretation der Daten anbieten.
- (2) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle die Interpretation (1a) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 162.

- (3) *Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1) „Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses“

von S. 145 leicht ab.

Bei Novizen unterstellen wir, dass sie neben dem lokalen Verständnis der Inhalte auch einen reflektierten Umgang mit einfach zu erfassenden Informationen aus Texten aus globaler Sicht anstreben. Damit ist beispielsweise gemeint, dass sie Informationen in einen größeren Zusammenhang einordnen, beziehungsweise hinter den Daten liegende Informationen erarbeiten. Wir interpretieren das Leseverhalten an dieser Stelle so, dass PAMIRA eine Auswahl an weiterführenden Informationen „herausgelesen“ hat.

(Interpretative) Begründung

- (2) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund unbekannte Wörter (Das Wort „Akademie“ ist in dem Zusammenhang unbekannt)*

In dieser Zeile befindet sich das Wort „Akademie“. Eventuell ist dieses Wort Novizen gar nicht oder im Zusammenhang mit Mathematikern nicht bekannt. Die Worte „Kunstakademie“ oder „Platons Akademie“ könnten bereits im Vor- beziehungsweise Weltwissen der Novizen vorhanden sein. Wir gehen davon aus, dass sie einen konkreten Stolperstein benennen können.

- (3) *Reflektiertes Lesen von Zahlendaten*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (1) „*Reflektiertes Lesen von Zahlendaten*“ von S. 146 ab.

In Zeile 2 (Daten eines Lebensabschnitts) befinden sich Textstücke, die zum einen Zahlen enthalten und zum anderen können aus diesen „Zahlendaten“ weiterführende Informationen herausgelesen werden. Beispielsweise könnte sich der Leser in Zeile 2 fragen, wie alt LEONHARD EULER wurde.

Des Weiteren wäre es möglich, dass die Probanden im Sinne vom „Textverstehen“ die in den Zahlendaten enthaltene Botschaft aktiv mit ihrem Vor- und Weltwissen verbinden, also die Zeit in der LEONHARD EULER gelebt hat mit anderen geschichtlichen Ereignissen verknüpfen und somit geschichtlich einordnen.

Anders ausgedrückt ist auf diesen Textstücken die Informationsdichte vergleichsweise höher als auf dem restlichen Text.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Es findet keine Häufung von Fixationen statt.

Verteilung der Aufmerksamkeit

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die Verweildauer ist auf Zeile 3 („schweizerischen 10-Franken-Note abgebildet ist. Er verbrachte allerdings den größten Teil“) am höchsten.
- (2) Die Verweildauer ist auf Zeile 2 („LEONHARD EULER (1707 – 1783) stammte aus Basel, weshalb er auf der zur Zeit gültigen“) am dritthöchsten.

Interpretation

- (1) *Erhöhte Aufmerksamkeit durch das wiederholte Lesen von Textstücken*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1) „*Erhöhte Aufmerksamkeit durch Erhöhung der kognitiven Anstrengung beziehungsweise durch das wiederholte Lesen von Textstücken*“ von S. 146 ab.

Durch mehrfaches Lesen eines Textstücks wird die Aufmerksamkeit auf demselben Textstück erhöht.

- (2) *Erhöhte Aufmerksamkeit durch Erhöhung der kognitiven Anstrengung*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1) „*Erhöhte Aufmerksamkeit durch Erhöhung der kognitiven Anstrengung beziehungsweise durch das wiederholte Lesen von Textstücken*“ von S. 146 ab.

Erhöhte kognitive Anstrengung auf einem Textstück erhöht die Aufmerksamkeit auf demselben Textstück.

(Interpretative) Begründung

- (1) *Lesewiederholungen erhöhen die Verweildauer*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (1) „*Lesewiederholungen und kognitive Anstrengung erhöhen die Verweildauer*“ von S. 147 ab.

Die Aufmerksamkeit wird durch die Verweildauer operationalisiert. Lesewiederholungen eines Probanden lassen ihn länger auf einem Textstück verweilen. Dadurch erhöht sich die Verweildauer, also auch die Aufmerksamkeit auf dem Textstück.

- (2) *Die zugehörigen Variablen des Merkmals „kognitive Anstrengung“ erhöhen die Verweildauer*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (1) „*Lesewiederholungen und kognitive Anstrengung erhöhen die Verweildauer*“ von S. 147 ab.

Die kognitive Anstrengung wird entweder durch die Variable *mittlere Fixationsdauer* oder durch die Variable *Akkumulation* operationalisiert. Beide Variablen gehen mit einer vergleichsweise längeren Verweildauer auf entsprechenden Textstücken einher. Somit wird dadurch (eventuell sogar proportional) die relative mittlere Verweildauer, also die Variable des Merkmals *Verteilung der Aufmerksamkeit* erhöht.

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 6 („EULERS Werk gilt als beispiellos, nicht nur bezüglich seines Umfangs: Er verfasste mehr als“) am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement

(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.2.3 Folie 2 – Definition & Beispiel

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 2 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, PAMIRA auf Folie 2 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Die Probandin beantwortet zunächst die Frage „Was hast Du gerade gemacht?“. Am Ende des Aufenthalts auf der Folie sagt sie, dass sie nochmal das Ende durchgehen muss. Diese Zeitabschnitte werden nicht zur Interpretation des Leseprozesses herangezogen.

Wir betrachten das Blickbewegungen-Diagramm. Die Blickbewegungen von PAMIRA sind so über den Wertebereich verteilt, dass wir davon ausgehen können, dass sie beim Lesen keine Textstellen ausgelassen hat.

Wir konzentrieren uns auf dieser Folie auf das Diagramm „Strenge Vorwärtstrendlinien & Akkumulationen“, da es den Leseprozess sehr gut widerspiegelt. Alle Größen in diesem Diagramm zeichnen wir als Kenngrößen aus.

Tabelle 6.18: Kenngrößen der Novizin PAMIRA – Folie 2

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
sVTL-AKK-sVTL _w	1	71 - 75
sVTL-AKK-sVTL _w	1	76 - 80
sVTL-AKK-sVTL	2 - 3	80 - 85
AKK	1	85 - 87
AKK	1	87 - 90
sVTL-AKK-sVTL _w	1 - 4	90 - 95
einzelne Fixationen	4	95 - 96
sVTL	5	97 - 99
sVTL	5	99 - 101
vorwärts gerichtete Fixationen	5	101 - 103
vorwärts gerichtete Fixationen	3	105 - 106
einzelne Fixationen	5	107

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 17,4 % und 26,9 %. Sie ist am höchsten auf Zeile 4, gefolgt von Zeile 5 (18,7 %) und Zeile 1 (18,6 %). Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 11,9 % und 33,3 %. Dabei ist sie am höchsten auf der 1. Zeile. Auf Zeile 5 beträgt sie 19,2 % und auf Zeile 4 beträgt sie 19 %.

Zum Engagement. PAMIRA *fertigt beim Lesen der 2. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. Auf Nachfrage durch den Interviewer „Was hast du gerade gemacht?“, antwortet PAMIRA: „Ja, ich habe jetzt quasi die allgemeinen Informationen über EULER gelesen und jetzt kommen wir zur nächsten Seite und hier ist die Definition zunächst.“.

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 2 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* PAMIRA mit den Inhalten auf Folie 2 umgeht.

Tabelle 6.19: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Probandin PAMIRA – Folie 2

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	<i>nicht vorhanden</i>
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 – 3 (74 s, 87 s) lokal: Z. 1 (71 s, 73 s), Z. 1 (76 s, 79 s), Z. 1 (88 s, 89 s), Z. 3 (92 s, 93 s), Z. 5 (98 s, 99 s), Z. 5 (100 s, 101 s), Z. 5 (107 s, 108 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen	<i>nicht vorhanden</i>
		weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i>

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kgn. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 4 (26,9 %) Akkumulationen: Z. 1 (2); Z. 2 (1); Z. 3 (1)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 5 (18,7 %), Z. 1 (18,6 %) Akkumulationen: Z. 1 (2)
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln	Z. 4 (19 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	Z. 1 (33,3 %), Z. 5 (19,2 %)
Enga- gement	Kopieren von Text	<i>nicht vorhanden</i>
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
	Verwendung weiterer Ressourcen	85 s von Z. 3 zu Z. 1

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Es werden keine Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, linear durchgelesen.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können lokale und globale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) PAMIRA liest aus globaler Sicht zunächst die Definition der EULERSchen φ -Funktion (Zeilen 1 - 2: „Für $n \in \mathbb{N}$ bezeichnen wir mit $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$.“) und die Voraussetzung des Beispiels (Zeile 3: „Ist p eine Primzahl“). Danach springt sie wieder zum Anfang des Textes, also zur Definition zurück und liest dann die gesamte Folie, also die Definition und das Beispiel bis zum Ende.

lokal

- (2) PAMIRA liest von Zeile 1 das Textstück „Für $n \in \mathbb{N}$ “ zweimal.
- (3) PAMIRA liest von Zeile 1 das Textstück „teilerfremden Zahlen“ zweimal.
- (4) PAMIRA liest von Zeile 1 das Textstück „wir mit $\varphi(n)$ die Anzahl der zu“ zweimal.
- (5) PAMIRA liest von Zeile 3 das Textstück „Ist p eine“ zweimal.
- (6) PAMIRA liest von Zeile 5 das Textstück „1 und p außer p “ zweimal.
- (7) PAMIRA liest von Zeile 5 das Textstück „teilerfremd“ zweimal.
- (8) PAMIRA liest von Zeile 5 das Textstück „sind zu p “ zweimal.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via)
- (b) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib)

- (2) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation

- (1) „*Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*“ von S. 155.

(3) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle die Interpretation (3b) „*Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*“ von S. 156.

- (b) *Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) „*Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*“ von S. 237.

- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (5) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib)
- (6) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (7) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (8) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit mathematischer Bezeichnungen*

Wir gehen davon aus, dass der Sprung mit der Textstelle, an der er erfolgt, inhaltlich nichts zu tun hat. Wir können nämlich unterstellen, dass der Novize nicht am Lesen des Beispiels interessiert ist, da er dessen Aussage (die

Formel in Zeile 4) nicht liest. Vielmehr stoppt er an dieser Stelle den Leseprozess, um keine weiteren Inhalte aufzunehmen beziehungsweise diese dann zu verarbeiten, da er die vorherige Definition noch nicht hinreichend verstanden hat und eher diese nochmal lesen möchte. Eine Aufnahme noch weiterer Inhalte aus dem Beispiel könnte den Verstehensprozess behindern. Eventuell führen eine ungünstige Wahl der Funktionsbezeichnung zu Schwierigkeiten bei Novizen. Wir gehen davon aus, dass Novizen den griechischen Buchstaben φ nicht verstehen beziehungsweise nicht lesen können. In der Schule werden maximal die Buchstaben α , β und γ als Bezeichnungen für Winkel eingeführt. Das könnte zu Verwirrung und Unverständnis führen, woraufhin Novizen versuchen durch mehrfaches Lesen die Bezeichnung zu entschlüsseln.

- (1b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit mathematischer Bezeichnungen*

Die mathematische Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „(Benennbarer) Stolperstein (beispielsweise aufgrund Unklarheit mathematischer Bezeichnungen)“ von S. 249.

- (2) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)*

Für einen Novizen sind die natürlichen Zahlen als vorausgesetzte Grundmenge eher ungewöhnlich. In der Schule werden häufig stillschweigend die reellen Zahlen vorausgesetzt. Dennoch kann auch ein Novize in der Hälfte des ersten Semesters, eine gewisse Wichtigkeit der zu Grunde liegenden Menge erahnen.

- (3a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines dem Rezipienten unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs*

Eventuell kennen Novizen den Begriff „teilerfremd“ nicht. Der Begriff an sich ist in gewisser Weise selbsterklärend und führt den Leser zumindest zur richtigen Idee. Von daher könnte ein wiederholtes Lesen dieses Textstücks eventuell zu mehr Verständnis führen.

- (3b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines dem Rezipienten unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs“ von S. 250.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung**(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?****Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Aussage des Beispiels (Zeile 4: „ $\varphi(p) = p - 1$ “) am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Voraussetzung der Definition (Zeile 1: „ $n \in \mathbb{N}$ “) am dritthöchsten.

Text

- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Begründung der Aussage des Beispiels (Zeile 5: „denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“) am zweithöchsten.

Interpretation

- (1) Wir bieten vier Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia)
- (b) *Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) „*Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*“ von S. 237 leicht ab.

PAMIRA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt

des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. PAMIRA möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch längeres Fixieren) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(c) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1c) „*Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*“ von S. 162 leicht ab.

PAMIRA fixiert die Aussage des Beispiels länger, um sich die für den weiteren Verlauf wichtigen Inhalte (an dieser Stelle die Anwendung der EULERSchen φ -Funktion auf eine Primzahl) in Erinnerung zu rufen (eventuell auch kurz zu überprüfen, ob es sich um die natürlichen oder die ganzen Zahlen handelt) und/oder einzuprägen.

(d) *Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte*

Wir verwenden an dieser Stelle die Interpretation (1b) „*Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte*“ von S. 162.

- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (id),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie)

- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *(Benennbarer) Stolperstein aufgrund von unzureichendem Verständnis einer zugrunde liegenden Definition*

Wir erweitern an dieser Stelle die Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Exemplifikation*“ von S. 163.

Das Textstück „ $\varphi(p) = p - 1$ “ beinhaltet eine Aussage zur Anwendung der Definition der EULERSchen φ -Funktion, die durch Einsetzen eines einfachen Zahlenbeispiels (beispielsweise für $p = 5$) einleuchtend ist. Eventuell führte diese Aussage zunächst zu leichter Verwirrung beim Novizen, sie sind aber in der Lage die Unklarheiten konkret zu benennen. Wir gehen

davon aus, dass Novizen Beispiele verstehen möchten. Ein längeres Fixieren verhalf ihnen eventuell zu mehr Textverständnis.

- (1b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein aufgrund von unzureichendem Verständnis einer zugrunde liegenden Definition*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein aufgrund von unzureichendem Verständnis einer zugrunde liegenden Definition*“ von S. 252.

- (1c) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Anwendung einer Definition auf ein Beispiel)*

Wir verwenden an dieser Stelle die Begründung (1c) „*Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Anwendung einer Definition auf ein Beispiel)*“ von S. 163.

- (1d) *Vergleichsweise höhere Informationsdichte bei Formeln als bei Fließtexten*

Wir verwenden an dieser Stelle die Begründung (1b) „*Vergleichsweise höhere Informationsdichte bei Formeln als bei Fließtexten*“ von S. 163.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Auf Zeile 1 auf der Definitionsvoraussetzung „ $n \in \mathbb{N}$ “ befinden sich zu Beginn des Leseprozesses eine und in der Mitte des Leseprozesses eine Akkumulation.
- (2) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „ φ -Funk-“ eine Akkumulation.
- (3) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „ p eine“ eine Akkumulation.

Text

- (4) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 1 auf dem Textstück „teilerfremden Zahlen“ eine Akkumulation.
- (5) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 1 auf dem Textstück „Anzahl der zu n teilerfremden“ eine Akkumulation.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an:

- (a) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1a) „*Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*“ von S. 164 leicht ab.

Auf einem Textstück häufen sich eventuell deswegen Fixationen, weil PAMIRA die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte (an dieser Stelle die Grundmenge, sprich den Zahlbereich $\mathbb{N}$), sich in Erinnerung rufen (eventuell auch kurz überprüfen, ob es sich um die natürlichen oder die ganzen Zahlen handelt) und/oder einprägen möchte.

- (b) *Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte*

Wir verwenden an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Interpretation (1b) „*Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte*“ von S. 162.

- (2) *Diese Beobachtung ist schwer zu interpretieren.*

- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb)

- (4) Wir bieten drei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva)

- (b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle die Interpretation (2b) „*Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*“ von S. 165.

PAMIRA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann einen konkreten

Stolperstein benennen. PAMIRA möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

- (c) *Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*

Wir verwenden an dieser Stelle die Interpretation (1b) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 237.

PAMIRA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. PAMIRA möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

- (5) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (2) „Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von, für den weiteren Leseverlauf wichtigen, Inhalten (hier: Voraussetzung)“ von S. 250.

- (1b) *Vergleichsweise höhere Informationsdichte bei Formeln als bei Fließtexten*

Wir verwenden an dieser Stelle (varibalenübergreifend) die Begründung (1b) „Vergleichsweise höhere Informationsdichte bei Formeln als bei Fließtexten“ von S. 163.

- (4b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs“ von S. 250.

- (4c) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs“ von S. 250.

Verteilung der Aufmerksamkeit

- (i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf der Aussage des Beispiels (Zeile 4: „ $\varphi(p) = p - 1$ “) am dritthöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

- (ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf der Voraussetzung der Definition (Zeile 1: „Für $n \in \mathbb{N}$ bezeichnen wir mit $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus“) am höchsten.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf der Begründung des Beispiels (Zeile 5: „denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“) am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement

(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.2.4 Folie 3 – Beispiele

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 3 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, PAMIRA auf Folie 3 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Wir betrachten das Blickbewegungen-Diagramm. Es befinden sich keine nennenswerten Blickbewegungen auf der 1. Zeile. Wir gehen davon aus, dass PAMIRA die 1. Zeile nicht gelesen hat. PAMIRAs Blickbewegungen sind so über den Wertebereich verteilt, dass wir davon ausgehen können, dass sie beim Lesen, außer der 1. Zeile, keine Textstellen ausgelassen hat.

Wir konzentrieren uns auf dieser Folie auf das Diagramm „Strenge Vorwärtstrendlinien & Akkumulationen“, da es den Leseprozess sehr gut widerspiegelt. Alle Größen in diesem Diagramm zeichnen wir als Kenngrößen aus.

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 9,1 % und 18,7 %. Sie ist am höchsten auf Zeile 5 gefolgt von Zeile 6 (18,5 %) und Zeile 7 (15,6 %). Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 3,1 % und 26,7 %. Dabei ist sie am höchsten auf der 5. Zeile. Auf Zeile 4 beträgt sie 22 % und auf Zeile 6 beträgt sie 16,8 %.

Tabelle 6.20: Kenngrößen der Novizin PAMIRA – Folie 3

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
AKK	2	120 - 123
einzelne Fixationen	3	124 - 125
AKK	3	128 - 129
einzelne Fixationen	2	130 - 133
einzelne Fixationen	4	134 - 136
sVTL-AKK-sVTL	4 - 5	136 - 140
AKK-sVTL	5 - 6	141 - 148
sVTL	6	148 - 150
sVTL	6	151 - 152
AKK-sVTL _w	6	152 - 155
AKK-sVTL-AKK	7	155 - 161
AKK	4	167 - 169

Zum Engagement. PAMIRA *fertigt beim Lesen der 3. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. PAMIRA sagt am Ende ihres Leseprozesses auf der Folie 3: „Hier waren noch zwei weitere Beispiele“.

Reflektierende Interpretation. Die Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 3 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* PAMIRA mit den Inhalten auf Folie 3 umgeht.

Tabelle 6.21: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin PAMIRA – Folie 3

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	<i>nicht vorhanden</i>
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	Z. 6, 145 - 148 s
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
Regressionen		mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 4 (135 s, 163 s) lokal: Z. 2 (120 s, 121 s, 122 s, 123 s), Z. 2 (130 s, 133 s), Z. 4 (135 s, 136 s), Z. 4 (164 s, 165 s, 167 s), Z. 5 (140 s, 143 s), Z. 5 (142 s, 144 s), Z. 6 (151 s, 154 s), Z. 6 (152 s, 153 s), Z. 7 (156 s, 157 s), Z. 7 (160 s, 161 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i> global: Z. 2 (118 s): Beginn des Leseprozesses auf Folie 3 mit Zeile 2

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kgn. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 5 (18,7 %), Z. 7 (15,6 %) Akkumulationen: Z. 2 (1), Z. 5 (1)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 6 (18,5 %) Akkumulationen: Z. 3 (1), Z. 4 (2), Z. 6 (1), Z. 7 (1), Z. 7 (1)
Vtlg. d. Afmk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln	Z. 5 (26,7 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	Z. 4 (22 %), Z. 6 (16,8 %)
Enga- gement	Kopieren von Text	<i>nicht vorhanden</i>
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
	Verwendung weiterer Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Es werden keine Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, linear durchgelesen.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Beobachtung

(1) PAMIRA liest die ersten zwei Drittel von Zeile 6 („denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar“) genau einmal linear durch.

Interpretation

(1) Wir bieten drei Interpretationen an:

(a) *Sofortiges Textverständnis*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) „*Sofortiges Textverständnis*“ von S. 152 leicht ab.

PAMIRA hat auf Anhieb ein für sie selbst zufriedenstellendes komplettes Textverständnis erreicht.

(b) *Dekodieren der Zeichen*

PAMIRA dekodiert lediglich die Zeichen, erfasst aber nicht die Inhalte.

(c) *Keine Reflexion des eigenen Leseprozesses*

PAMIRA merkt nicht, dass sie die mathematischen Inhalte nicht versteht und setzt den Leseprozess unreflektiert fort.

(Interpretative) Begründung

(1a) *Relativ leicht zugängliche mathematische Inhalte*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (1a) „*Lineares Lesen vertrauter und kurzer Textstücke*“ von S. 153 ab.

Wir befinden uns auf dem Gebiet der Zahlentheorie. Mathematische Inhalte in diesem Bereich sind in der Regel leicht zugänglich. Alle Objekte, die in diesem Textabschnitt vorkommen, werden in der Schule thematisiert.

(1b) *Verwirrende Darstellung der mathematischen Inhalte*

Wir betrachten die Darstellung der mathematischen Inhalte dieses Textabschnitts. Die mathematischen Inhalte sind nicht hierarchisch geordnet. Des Weiteren nimmt der Ausdruck „ pq “ zwei unterschiedliche Rollen (Anzahl & letzte Zahl in der Darstellung) ein. Das könnte zu Verwirrung und Unverständnis führen, welche eine Kapitulation mit sich bringen könnten.

(1c) *Keine Kompetenz in der Selbsteinschätzung in Bezug auf das inhaltliche Verständnis beim sinnentnehmenden Lesen mathematischer Texte*

In der Schule eignen sich die Schüler mathematische Inhalte kaum durch eigenständiges Rezipieren von entsprechenden Texten an. Die Stoffaufnahme erfolgt eher durch Erläuterungen und angeleitetes Üben seitens der Lehrperson. Ein reflektierter Umgang mit mathematischen Texten wird selten thematisiert. Es kann also sein, dass Studenten gerade zu Beginn ihres Studiums keine Kompetenzen im Einschätzen ihres eigenen Verstehensprozesses aus der Schule mitbringen. In diesem Fall bemerken sie auftretende Verständnisschwierigkeiten während eines Leseprozesses nicht.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können globale und lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) PAMIRA liest auf der vierten Zeile das Textstück „**Beispiel 3.** Sind p und q verschiedene Primzahlen, dann ist“ in der Mitte ihres Leseprozesses einmal und kehrt zu dieser Zeile am Ende ihres Leseprozesses, während der Sprechphase „Hier waren noch zwei weitere Beispiele.“ auf Folie 3 dorthin zurück. Wir interpretieren das an dieser Stelle nicht weiter.

lokal

- (2) PAMIRA liest von Zeile 2 das Textstück „ $p^\alpha - p^{\alpha-1}$ “ viermal.
- (3) PAMIRA liest von Zeile 2 das Textstück „ $p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “ zweimal.
- (4) PAMIRA liest von Zeile 4 das Textstück „**Beispiel 3.** Sind p “ an zwei unterschiedlichen (globalen) Zeitpunkten im Leseprozess auf Folie 3 zum einen zweimal und zum anderen dreimal. (siehe obige Beobachtung 1 von S. 263)
- (5) PAMIRA liest von Zeile 5 das Textstück „ $\varphi(pq)$ “ zweimal.
- (6) PAMIRA liest von Zeile 5 das Textstück „ $(p-1)$ “ zweimal.
- (7) PAMIRA liest von Zeile 6 das Textstück „durch q “ zweimal.
- (8) PAMIRA liest von Zeile 6 das Textstück „ q dieser Zahlen sind“ zweimal.
- (9) PAMIRA liest von Zeile 7 das Textstück „und eine ist durch p “ zweimal.
- (10) PAMIRA liest von Zeile 7 das Textstück „ $pq - p - q + 1$ “ zweimal.

Interpretation

- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (3) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (5) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (6) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (7) (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
(b) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (8) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (9) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (10) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(Interpretative) Begründung

- (7a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mehrerer Rollen ein und derselben Bezeichnung und/oder eines nicht hierarchischen Aufschriebs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mehrerer Rollen ein und derselben Bezeichnung und/oder eines nicht hierarchischen Aufschriebs*“ von S. 177.

- (7b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mehrerer Rollen ein und derselben Bezeichnung und/oder eines nicht hierarchischen Aufschriebs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (7a) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mehrerer Rollen ein und derselben Bezeichnung und/oder eines nicht hierarchischen Aufschriebs*“ von S. 264.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Beobachtung

- (1) PAMIRA überspringt zu Beginn des Leseprozesses auf Folie 3 die 1. Zeile und beginnt den Leseprozess auf der 3. Folie mit dem Lesen von Zeile 2.

Interpretation

- (1) *Lesestil entsprechend des Oberflächenmerkmals des Texts*

Auf den ersten beiden Zeilen der Folie 3 befinden sich die Voraussetzung „Ist p^α eine Primzahlpotenz“ (Zeile 1) und die Aussage „ $\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “, (Zeile 2) des ersten Beispiels. PAMIRA priorisiert die Formel höher als die Voraussetzung.

(Interpretative) Begründung

- (1) *Formeln sind vertraute Objekte und (insbesondere, wenn zentriert gesetzt) Eye-Catcher*

Novizen sind mathematische Formeln und die Anwendung entsprechender Termumformungen aus der Schule sehr vertraut. Gerade im zweiten Schritt der Termumformungen in der zweiten Zeile auf Folie 3 werden entsprechende Umformungen angewendet.

Des Weiteren werden mathematische Bausteine, wie Definitionen und insbesondere Voraussetzungen in der Schule kaum thematisiert, beziehungsweise im Schulbuch (falls dort vorhanden) übersprungen. Vielmehr werden sehr häufig schweigend die reellen Zahlen als der zu betrachtende Zahlbereich vorausgesetzt. Das bedeutet, dass Novizen die Bedeutung einer Voraussetzung nicht kennen.

Wir wissen, dass gerade Novizen eher Formeln fixieren als mathematischen Fließtext, ihren Leseprozess also (teilweise) von Oberflächenmerkmalen leiten lassen. Die Formel ist zentriert dargestellt. Das könnte bei einem Novizen einen Schlüsselreiz auslösen, die Formel fungiert also als Eye-Catcher.

Aus den eben dargestellten drei Punkten kann das Überspringen der Voraussetzung abgeleitet werden.

Kognitive Anstrengung

(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Behauptung von Beispiel 3 (Zeile 5: „ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$ “) am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der letzten Folgerung von Beispiel 3 (Zeile 7: „ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ “) am dritthöchsten.

Text

- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der ersten Hälfte der Begründung der Aussage von Beispiel 3 (Zeile 6: „durch q “) am zweithöchsten.

Interpretation

- (1) Wir bieten drei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie)
- (b) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia)
- (c) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib)

- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie)

- (3) *Leseprozess, bei dem kaum Textverständnis erreicht wird*

PAMIRA fixiert das Ende „durch q “ der ersten (Teil-)Folgerung „denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q “ der Begründung von Beispiel 3 am zweitlängsten. Wir schlagen als Interpretation einen Leseprozess vor, bei dem kaum Textverständnis erreicht wird, sondern PAMIRA sich eher wundert, warum p Zahlen durch q teilbar sein sollen.

(Interpretative) Begründung

- (1b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Rollenunklarheit mathematischer Objekte oder unzureichender Kenntnis über vorausgesetzte mathematische Konzepte*

Die Aussage „ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$ “ kann als Erweiterung von der Aussage „ $\varphi(p) = p-1$ “ und als Vorbereitung auf Satz 1 mit der Aussage „ $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$, wenn $\text{ggT}(a, b) = 1$ “, angesehen werden. Eventuell entsteht für Novizen an dieser Stelle ein Stolperstein, da sie wahrscheinlich das Konzept einer Primzahl samt dem Konzept des größten gemeinsamen Teilers zweier Primzahlen und die Aussage „ $\varphi(p) = p-1$ “ nicht hinreichend verstanden haben.

- (1c) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Rollenunklarheit mathematischer Objekte oder unzureichender Kenntnis über vorausgesetzte mathematische Konzepte*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1b) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Rollenunklarheit mathematischer Objekte oder unzureichender Kenntnis über vorausgesetzte mathematische Konzepte*“ von S. 267.

- (3) *Verwirrende Darstellung der mathematischen Inhalte*

Wir verwenden an dieser Stelle die Begründung (7a) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mehrerer Rollen ein und derselben Bezeichnung und/oder eines nicht hierarchischen Aufschriebs*“ von S. 264.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Zu Beginn des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „ $p^\alpha - p^{\alpha-1}$ “ eine Akkumulation.
- (2) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 5 auf dem Textstück „ $\varphi(pq) = (p-1)$ “ eine Akkumulation.
- (3) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 7 auf dem Textstück „ $pq - p - q + 1$ “ eine Akkumulation.

Text

- (4) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „durch p teilbar“ eine Akkumulation.
- (5) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 4 auf dem Textstück „verschiedene Primzahlen“ eine Akkumulation.
- (6) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 6 auf dem Textstück „ q dieser Zahlen sind“ eine Akkumulation.
- (7) Am Ende des Leseprozesses befindet auf Zeile 7 auf dem Textstück „und eine ist durch p “ eine Akkumulation.
- (8) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 4 auf dem Textstück „**Beispiel 3.** Sind p und q verschiedene Primzahlen“ eine Akkumulation.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)

- (4) *Leseprozess, bei dem kaum Textverständnis erreicht wird*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (3) „Leseprozess, bei dem kaum Textverständnis erreicht wird“ von S. 266 ab.

Auf dem Ende „durch p “ der Schlussfolgerung „denn von den p^{α} Zahlen zwischen 1 und p^{α} ist jede p -te Zahl durch p teilbar.“ der Begründung von Beispiel 2 befindet sich eine Akkumulation. Wir schlagen als Interpretation einen Leseprozess vor, bei dem kaum Textverständnis erreicht wird, sondern PAMIRA sich eher wundert, warum jede p -te Zahl durch p teilbar sein soll.

- (5) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva)

- (6) *Diese Beobachtung ist schwer zu interpretieren.*
- (7) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd)
- (8) Wir bieten zwei Interpretationen an.
 - (a) Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva)
 - (b) *Kapitulation nachdem kaum Textverständnis erreicht wurde*
PAMIRA erreicht während des Rezipierens von Beispiel 3 kaum Textverständnis und bricht den Leseprozess auf Folie 3 ab.

(Interpretative) Begründung

- (4) *Verwirrende Darstellung der mathematischen Inhalte*
Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (7a) „*Verwirrende Darstellung der mathematischen Inhalte*“ von S. 264 ab.
Wir betrachten die Darstellung der mathematischen Inhalte dieses Textabschnitts. Die mathematischen Inhalte sind nicht der Reihenfolge der Anwendung entsprechend geordnet. Des Weiteren nehmen die Ausdrücke „ p^α und p “ zwei unterschiedliche Rollen (Anzahl & letzte Zahl in der Darstellung, beziehungsweise eine bestimmte Stelle & eine bestimmte Zahl) ein. Das könnte zu Verwirrung und eher wenig Textverständnis führen.
- (8b) *Verwirrende Darstellung der mathematischen Inhalte und Abbruch des Leseprozesses auf der Folie nach Rückkehr zur Voraussetzung*
Wir erweitern an dieser Stelle die Begründung (4) „*Verwirrende Darstellung der mathematischen Inhalte*“ von S. 269.
Wir betrachten die Darstellung der mathematischen Inhalte dieses Textabschnitts. Die mathematischen Inhalte sind nicht der Reihenfolge der Anwendung entsprechend geordnet. Des Weiteren nehmen die Ausdrücke „ pq , p und q “ zwei unterschiedliche Rollen (Anzahl & letzte Zahl in der Darstellung, beziehungsweise Anzahl & eine bestimmte Zahl) ein. Das könnte zu Verwirrung und eher wenig Textverständnis führen.
Des Weiteren kehrt PAMIRA zum Ende des Leseprozesses auf dieser Folie zur Voraussetzung zurück und beendet danach den Leseprozess auf der Folie durch weiterklicken. PAMIRA könnte, nachdem sie kaum Textverständnis entwickelt hat, versuchen, den Text ein weiteres Mal zu lesen. Wir gehen davon aus, dass Novizen eher wenig Arbeitstechniken zum Textverständnis zur Verfügung stehen. Ein nochmaliges Lesen könnte eine Wahl einer Arbeitstechnik sein. Allerdings stellt PAMIRA nach dem wiederholten Lesen der Voraussetzung fest, dass sie auf diese Art und Weise nicht mehr Textverständnis erlangt und kapituliert.

Verteilung der Aufmerksamkeit**(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?****Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 5 („ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$ “) am höchsten.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 4 („Sind p und q verschiedene Primzahlen, dann ist“) am zweithöchsten.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 6 („denn p von den pq Zahlen von 1 und pq sind durch q teilbar, q dieser Zahlen sind durch p “) am dritthöchsten.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?**

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.2.5 Folie 4 – Satz & Beweisbeginn

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 4 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, PAMIRA auf Folie 4 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Wir betrachten das Blickbewegungen-Diagramm. Es befinden sich keine nennenswerten Blickbewegungen auf den Zeilen 4, 7 und 9. Wir gehen davon aus, dass PAMIRA die 4., 7. und 9. Zeile nicht gelesen hat. PAMIRAs Blickbewegungen sind so über den Wertebereich verteilt, dass wir annehmen können, dass sie beim Lesen, außer den Zeilen 4, 7 und 9, keine Textstellen ausgelassen hat.

Wir konzentrieren uns bei der Benennung der Kenngrößen auf die Diagramme „Blickbewegungen“ und „Strenge Vorwärtstrendlinien & Akkumulationen“, da sie den Leseprozess sehr gut widerspiegeln. Die Akkumulation in Zeile 6 ziehen wir nicht zur Interpretation heran, da sich in Zeile 6 vertikale Pünktchen befinden. Alle weiteren Größen in diesem Diagramm zeichnen wir als Kenngrößen aus.

Tabelle 6.22: Kenngrößen der Novizin PAMIRA – Folie 4

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	1	172 - 173
AKK	1	173 - 174
AKK	1	176 - 177
sVTL-sRTL _w -sVTL _w	3	187 - 192
AKK	3	188 - 190
sVTL	5	192 - 194
AKK	6	195 - 197
sVTL	6	198 - 200
einzelne Fixationen	5, 6, 8	201 - 207
einzelne Fixationen	2	209 - 210
AKK	1	210 - 212
einzelne Fixationen	2	216 - 218

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 4,2 % und 20,5 %. Sie ist auf am höchsten Zeile 8 gefolgt von Zeile 6 (20,2 %) und Zeile 3 (16 %). Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 0,5 % und 31 %. Dabei ist sie am höchsten auf der 1. Zeile. Auf Zeile 6 beträgt sie 29,2 % und auf Zeile 3 beträgt sie 18,1 %.

Zum Engagement. PAMIRA *fertigt beim Lesen der 4. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. PAMIRA sagt zu Beginn ihres Leseprozesses auf der Folie 4: „Jetzt sehe ich hier einen Satz von ggT und φ .“.

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 4 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* PAMIRA mit den Inhalten auf Folie 4 umgeht.

Tabelle 6.23: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin PAMIRA – Folie 4

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Z. 3 (187 s)
			Z. 5 (192 s)
			Z. 6 (198 s)
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Spalte 2 (204 s)
			Spalte 4 (205 s)
			Spalte 3 (206 s)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 (172 s, 176 s, 209 s) lokal: Z. 1 (172 s, 173 s) & (176 s, 178 s) & (209 s, 211 s), Z. 3 (187 s, 189 s, 190 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kg. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Z. 8 (20,5 %), Z. 6 (20,2 %), Z. 3 (16 %) Akkumulationen: Z. 1 (4), Z. 3 (1)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	Akkumulationen: <i>nicht vorhanden</i>
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln	Z. 1 (31 %), Z. 6 (29,2 %), Z. 3 (18,1 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i>
Enga- gement	Kopieren von Text	<i>nicht vorhanden</i>
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
	Verwendung weiterer Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Es werden keine Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, linear durchgelesen.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Beobachtung

(1) PAMIRA liest Zeile 3, also die erste Zeile der Tabelle,

(„1 2 ... t ... b“) zeilenweise.

(2) PAMIRA liest Zeile 5, also die dritte Zeile der Tabelle,

(„ $2b + 1$ $2b + 2$... $2b + t$... $3b$ “) zeilenweise.

(3) PAMIRA liest Zeile 6, also die vierte Zeile der Tabelle,

(„ $\vdots$ $\vdots$ $\vdots$ $\vdots$ $\vdots$ $\vdots$ “) zeilenweise.

Interpretation

(1) Wir bieten vier Interpretationen an.

(a) *Zeilenweises Lesen aufgrund strukturdarstellender Elemente*

PAMIRA wird durch strukturdarstellende Elemente, wie horizontale Pünktchen (...) zum zeilenweisen Lesen innerhalb einer Tabelle animiert.

(b) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 237 ab.

PAMIRA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann einen konkreten Stolperstein benennen. PAMIRA möchte durch zeilenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(c) *Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 276 leicht ab.

PAMIRA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. PAMIRA möchte durch zeilenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

(d) *Bekannte Lesetechnik aus der Schule*

PAMIRA hat Schwierigkeiten, die mathematischen Inhalte der Tabelle zu verstehen. Sie versucht, durch die Verwendung ihr bekannter Lesetechniken die Unklarheit zu beseitigen.

(2) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viid)

(b) *Fortsetzung der Lesetechnik „zeilenweises Lesen einer Tabelle“*

PAMIRA las die Tabelle während eines vorigen Leseprozesses zeilenweise. Sie behält diese Technik bei und liest während eines weiteren Leseprozesses die Tabelle weiterhin zeilenweise.

(3) *Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (2) „*Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*“ von S. 238.

(Interpretative) Begründung

(1a) *Starker Einfluss durch strukturdarstellende Elemente*

Die horizontalen Pünktchen (...) und der Auftakt zum Zählen „1, 2, ...“ animieren stark, zum zeilenweise Lesen. Eventuell lässt sich gerade ein Novize davon sehr stark beeinflussen.

(1b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund spezieller Darstellungen mathematischer (Zahlen-)Mengen*

Die Darstellung der Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck ist ohne Anfertigung eines Zahlenbeispiels für einen Novizen eher schwer verständlich. Gerade die Rollen der Variablen s und t samt der jeweiligen Zeilen entsprechenden Faktorzerlegung sind nicht unbedingt offensichtlich. Eventuell stoßen Novizen innerhalb der Tabelle auf Stolpersteine und versuchen durch zeilenweises Lesen zu mehr Verständnis zu gelangen.

(1c) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund spezieller Darstellungen mathematischer (Zahlen-)Mengen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1b) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund spezieller Darstellungen mathematischer (Zahlen-)Mengen*“ von S. 277.

(1d) *Verwendung bekannter Lesetechniken*

In der Schule werden Tabellen zeilenweise gelesen und auch aufgeschrieben. Somit sind Novizen mit dieser Lesetechnik vertraut.

(2) *Beibehaltung des vorigen Leseverhaltens*

PAMIRA las bereits die vorherigen Textstücke zeilenweise. Sie sieht eventuell keinen Anlass, seine bisherige Lesestrategie zu ändern. Des Weiteren ist PAMIRA wahrscheinlich nicht bewusst, dass sie beim spaltenweisen Lesen der Tabelle weitere mathematische Zusammenhänge erkennen würde.

(3) *Keine kognitive Verarbeitung eventuell aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (2) „Keine kognitive Verarbeitung eventuell aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung“ von S. 238.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Beobachtung

- (1) PAMIRA liest innerhalb der Tabelle in Spalte 2 den vierten Eintrag „:“ und den sechsten Eintrag „:“ spaltenweise.
- (2) PAMIRA liest innerhalb der Tabelle in Spalte 6 den vierten Eintrag „:“ und sechsten Eintrag „:“ spaltenweise.
- (3) PAMIRA liest innerhalb der Tabelle in Spalte 4 den fünfte Eintrag „ $s \cdot b + t$ “ und den sechsten Eintrag „:“ spaltenweise.

Interpretation

(1) *Spaltenweises Lesen initiiert durch vertikale Pünktchen*

Wir unterstellen, dass PAMIRA nicht sinnentnehmend liest. Die vertikalen abgedruckten Pünktchen veranlassen PAMIRA spaltenweise zu lesen.

(2) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (v), Interpretation (v)

(3) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (v), Interpretation (v)

(Interpretative) Begründung*(1) Lesen von Textstücken ohne Inhalt*

„Pünktchen“ stehen für Textlücken, die der Rezipient selbstständig füllen kann. Werden solche „Pünktchen“ aber ohne die vorherigen bedeutenden Textstücke gelesen, ist davon auszugehen, dass kein sinnentnehmendes Lesen stattfindet.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf**(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?****Beobachtung**

Wir können globale und lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) PAMIRA liest auf der ersten Zeile das Textstück „Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist“ zu Beginn ihres Leseprozesses und kehrt zu dieser Zeile am Ende ihres Leseprozesses auf Folie 4 dorthin zurück.

lokal

- (2) PAMIRA liest von Zeile 1 das Textstück „**Satz 1.** Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ zu Beginn des Leseprozesses (zusätzlich mit globaler Wiederholung, siehe Beobachtung (1) von S. 279) zweimal und am Ende des Leseprozesses zweimal.
- (3) PAMIRA liest von Zeile 3 das Textstück „ $1 \quad 2 \quad \dots \quad t \quad \dots \quad b$ “ zunächst vorwärts, dann rückwärts und noch einmal vorwärts.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via)
- (b) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib)

- (2) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic)
- (b) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(3) Wir bieten zwei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic)
- (b) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen*

Hinter vielen mathematischen Begriffen steckt viel mehr als die reine Formel. Das ist beim größten gemeinsamen Teiler der Fall. Die Voraussetzung $\text{ggT}(a, b) = 1$ birgt die Teilerfremdheit in sich. In der Schule ist es eher untypisch, dass dargebotene Inhalte gründlich nachgearbeitet und eventuell eigenständig aufgefächert werden müssen, um zu einem umfassenden Verständnis zu gelangen. Vielmehr passiert das schon automatisch während des Unterrichts. Das ist an der Hochschule nicht der Fall. Aus den eben genannten beiden Punkten kann ein nicht vorhandenes umfassendes Verständnis des Konzeptes des größten gemeinsamen Teilers gefolgert werden. Novizen ist aber bewusst, dass es sich hierbei um die Voraussetzung von Satz 1 handelt. Eventuell gehen sie davon aus, dass sie ohne Verständnis der Voraussetzung kaum eine Chance haben, die Aussage zu verstehen. Des Weiteren können wir aufgrund der Lesewiederholungen des Novizen interpretieren, dass ihm für den weiteren Leseprozess die Wichtigkeit eines Verständnisses der Voraussetzung bewusst ist.

- (1b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen*“ von S. 280.

- (2a) *(Benennbarer) Stolperstein aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen und wiederholtes Lesen aufgrund struktureller Prozesskompetenz*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein (beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen)*“ von S. 280.

- (2b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein (beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen)*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein (beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen)*“ von S. 280.

- (3a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Rollenunklarheit mathematischer Objekte*

Die beiden Variablen t und b wurden im Text nicht benannt beziehungsweise definiert. Selbstverständlich könnte einerseits ein fortgeschrittener Leser herauslesen, zu welchen Mengen beide Variablen gehören und ein Novize andererseits eventuell aus Sorglosigkeit die natürlichen Zahlen zugrunde legen. Dennoch kann das Fehlen einer Deklaration der Variablen zu Schwierigkeiten gerade bei einem Novizen führen. Weiterhin treten beide Variablen in unterschiedlichen Rollen auf: Die Variable b wurde bereits im Satz verwendet. Sie ist ein Element der natürlichen Zahlen entsprechend der Voraussetzung $\text{ggT}(a, b) = 1$ und markiert weiterhin im Beweis den Endpunkt des „Rechtecks“, in dem die Zahlen zwischen 1 und ab angeordnet werden. Die Variable t fungiert als Laufvariable in dem „Rechteck“. Die beiden unterschiedlichen Rollen der Variablen beziehungsweise ein Unvermögen zur Benennung der jeweiligen Rolle seitens der Novizen könnten zu einem Stolperstein während des Leseprozesses von Novizen geführt haben. Eventuell ist Novizen bewusst, dass sie das Textstück nicht verstanden haben.

- (3b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Rollenunklarheit mathematischer Objekte*

Die mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Rollenunklarheit mathematischer Objekte“ von S. 281.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung

(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 8 („: : : : :“) am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 6 („: : : : :“) am zweithöchsten.
- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 3 auf dem Textstück „2 ...“ am dritthöchsten.

Text

Die mittlere Fixationsdauer ist auf erklärendem Text vergleichsweise niedrig.

Interpretation

1. *Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (2) „*Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*“ von S. 238.

2. siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
3. siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if)

(Interpretative) Begründung

- (1) *Keine kognitive Verarbeitung eventuell aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (2) „*Keine kognitive Verarbeitung eventuell aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung*“ von S. 238.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Zu Beginn des Leseprozesses befinden sich auf der Voraussetzung von Satz 1 (Zeile 1: „ $\text{ggT}(a, b) = 1$ “) drei Akkumulationen.
- (2) In der Mitte des Leseprozesses befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „1 2 ... t ... b“ eine Akkumulation.
- (3) Am Ende des Leseprozesses befindet sich auf der Voraussetzung und der Aussage von Satz 1 (Zeile 1: „Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$ “) eine Akkumulation.

Text

Es findet keine Häufung von Fixationen auf Text statt.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretation an.
 - (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
 - (b) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (2) (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
(b) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund von unzureichendem Verständnis eines mathematischen Begriffs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen“ von S. 280.

- (1b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund von unzureichendem Verständnis eines mathematischen Begriffs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der Begründung (1a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen“ von S. 280.

- (2a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen“ von S. 281.

- (2b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit bei mathematischen Begriffen“ von S. 281.

Verteilung der Aufmerksamkeit

- (i) **Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?**

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 1 („Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$.“ am höchsten.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 6 („ $\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & t & \dots & b \end{pmatrix}$ “) am zweithöchsten.
- (3) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 3 („ $1 \quad 2 \quad \dots \quad t \quad \dots \quad b$ “) am dritthöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) *Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*
Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (2) „Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden“ von S. 238.
- (3) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(Interpretative) Begründung

- (2) *Keine kognitive Verarbeitung eventuell aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (2) „*Keine kognitive Verarbeitung eventuell aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung*“ von S. 238.

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?

Die Aufmerksamkeit ist auf erklärendem Text vergleichsweise niedrig.

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?**

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.2.6 Folie 5 – Beweis

Folie 5 wurde zweispaltig präsentiert. Inhaltlich wird auf dieser Folie der Beweis von Folie 4 weitergeführt. Zum weiteren Nachvollziehen des Beweises auf Folie 5 ist es nötig, die Inhalte von Folie 4 präsent zu haben. Wir gehen davon aus, dass Leser diese Inhalte nicht im Kopf behalten. Deshalb haben wir Folie 4 in der linken Spalte von Folie 5 nochmals abgebildet. Dabei wurde die gesamte Folie skaliert und wird somit verkleinert angezeigt. Außerdem haben wir aus Platzgründen einen zusätzlichen Zeilenumbruch in Zeile 2 vorgenommen und die aus ursprünglich 9 Zeilen bestehende Folie 4 steht nun mit 10 Zeilen auf Folie 5. In der rechten Spalte von Folie 5 steht in normaler Schriftgröße die Weiterführung des Beweises bis zum Beweisende. Dieser besteht aus 8 Zeilen. Dementsprechend finden wir im Diagramm zu Folie 5 in den Zeilen 1 bis 10 diejenigen Blickbewegungen, die auf der linken Spalte, also auf dem nochmals abgedruckten Text von Folie 4, stattfinden. In den Zeilen 11 bis 18 werden diejenigen Blickbewegungen

abgebildet, die auf der rechten Spalte, also auf dem Text, der den Beweis fortsetzt, aufgezeichnet wurden.

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 5 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, PAMIRA auf Folie 5 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Wir betrachten das Blickbewegungen-Diagramm. PAMIRAs Blickbewegungen sind so über den Wertebereich verteilt, dass wir annehmen können, dass sie beim Lesen der Zeilen 11 - 18 keine Textstellen ausgelassen hat.

Wir konzentrieren uns bei der Benennung der Kenngrößen auf die Diagramme „Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulationen“ und „Liberale Vorwärtstrendlinien“, da sie den Leseprozess sehr gut widerspiegeln. Die auftretenden Akkumulationen im Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulationen-Diagramm interpretieren wir an dieser Stelle als Rauschen in den Daten und zeichnen sie nicht als Kenngrößen aus. Die meisten der auftretenden liberalen Vorwärtstrendlinien sind auch gleichzeitig strenge Vorwärtstrendlinien.

Tabelle 6.24: Kenngrößen der Novizin PAMIRA – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
sVTL	11	225 - 227
lVTL	11 - 12	228 - 236
sVTL	12	237 - 239
sVTL	13	240 - 244
einzelne Fixationen	14	246
einzelne Fixationen	7 - 5	247 - 248
sVTL	15	249 - 251
einzelne Fixationen	8	251 - 253
sVTL	15	254 - 257
sVTL	15	258 - 260
sVTL	16	261 - 264

Tabelle 6.25: Kenngrößen der Novizin PAMIRA – Folie 5

IVTL	16 - 17	265 - 274
einzelne Fixationen	18	274 - 278
IVTL	11 - 12	228 - 236
IVTL	16 - 17	265 - 274

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut auf den Zeilen 11 bis 18 zwischen 6,2 % und 10,8 %. Sie ist am höchsten auf Zeile 15, gefolgt von der Zeile 17 (10,2 %) und der Zeile 13 (9,8 %).

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut auf den Zeilen 11 bis 18 zwischen 6,4 % und 17,8 %. Dabei ist sie am höchsten auf der 12. Zeile. Auf Zeile 15 beträgt sie 16,4 % und auf Zeile 16 beträgt sie 12,8 %.

Zum Engagement. PAMIRA *fertigt beim Lesen der 5. Folie keine Notizen an.*

Mündliche Aussagen. *Es sind keine verbalen Äußerungen vorhanden.*

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von PAMIRA auf Folie 5 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* PAMIRA mit den Inhalten auf Folie 5 umgeht.

Tabelle 6.26: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin PAMIRA – Folie 5

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	Z. 12 - 13, Z. 16 - 18
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	lokal: Z. 11 (219 s, 222 s, 228 s) & (225 s, 229 s), Z. 15 (250 s, 254 s, 258 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i> Stopp & zurück: Z. 12 Sprung von „Spalten“ zu Z. 10 „ $(a - 1)b + 2$ “ und zu Z. 12 „Eine nicht gestrichene Spalte“, Z. 14 Sprung von „ $s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a}$ “ zu Z. 7 „:“, Z. 6 „ $2b + 1$ “, Z. 5 „ $b + 1$ “ und zu Z. 15 „folgt ...“

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kg. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 15 (10,8 %), Z. 17 (10,2 %) Fixationsdauer: Z. 13 (9,8 %)
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i> Z. 15 (16,4 %) Z. 16 (12,8 %), Z. 12 (17,8 %)
Enga- gement	Kopieren von Text Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) Verwendung weiterer Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i> Sprung in die Tabelle (2), (247 s, 251 s)

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Es werden keine Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, linear durchgelesen.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Beobachtung

- (1) PAMIRA liest die Zeilen 12 - 13, also das Textstück „Eine nicht-gestrichene Spalte enthält aus jeder Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter, denn aus“ genau einmal linear durch.
- (2) PAMIRA liest die Zeilen 16 - 18, also das Textstück „ $s_1, s_2 < a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremde Zahlen. Insgesamt gibt es daher $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a und zu b (also zu ab) teilerfremde Zahlen zwischen 1 und ab .“ genau einmal linear durch.
- (3) Wir nehmen eine weitere Beobachtung auf, die nicht direkt aus der Datentabelle herausgelesen werden kann, aber bei der Betrachtung der Blickbewegungen-Diagramme auffällt. Ließen wir größere Abstände zwischen benachbarten Fixationen zu und ignorierten wir die wenigen Fixationen in den

Zeilen 5 bis 7, könnten wir genau eine liberale Vorwärtstrendlinie über alle Fixationen legen. Grob geschaut liest PAMIRA den Text annähernd genau einmal linear durch.

Interpretation

(1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.6 Beobachtung (iv), Interpretation (ivb)

(b) *Lesestil entsprechend des Oberflächenmerkmals des Texts*

Das Textstück besteht bis auf die Formel „mod a “ aus Worten. Wir interpretieren, dass PAMIRA beim Lesen von Textstücken, die mit Worten dargestellt werden, den gleichen Stil wie den beim Lesen von Alltagstexten verwendet.

(2) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),

siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd)

(3) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iii), Interpretation (iiib)

(Interpretative) Begründung

(1a) *Wenig Engagement bei anspruchsvolleren Textstücken, eventuell verursacht durch eine verwirrende Darstellung der mathematischen Inhalte*

Auch wenn dieses Textstück mit Worten dargestellt wird, lässt sich der Inhalt eher nicht auf den ersten Blick erfassen. Zum einen enthält er die Verneinung „nicht-gestrichen“, zum anderen erfordern die Formulierungen „eine [...] Spalte“, „aus jeder“ und „genau einen“ eine gewisse Sensibilität während des Verstehensprozesses. PAMIRA liest weder mit Lesewiederholungen noch finden wir Rückwärtssprünge oder andere Anzeichen von erhöhtem Engagement. Wir unterstellen somit, dass PAMIRA nicht sinnentnehmend liest.

(1b) *Verwendung ausschließlich bekannter Lesetechniken aus der Schule*

In der Schule ist es eher unüblich, dass sich Schüler mathematische Inhalte per Selbststudium aneignen. Somit waren Novizen kaum mit dem Lesen solcher Texte konfrontiert und kennen die typischen Arbeitstechniken nicht. Wir unterstellen, dass Novizen in der Schule Lesetechniken, wie beispielsweise das Auffächern eines Textes unter Verwendung von Zettel und Stift nicht kennengelernt haben und somit nicht verwenden.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Die Tabelle wird nicht zeilenweise gelesen.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Die Tabelle wird nicht spaltenweise gelesen.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

lokal

- (1) PAMIRA liest von Zeile 11 das Textstück „Nun streichen wir alle Spalten,“ dreimal.
- (2) PAMIRA liest von Zeile 11 das Textstück „also alle“ zweimal.
- (3) PAMIRA liest von Zeile 15 das Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ dreimal.

Interpretation

- (1) *(Frühere) Kapitulation samt Weiterlesen mit Einschränkung des Verstehensprozesses*

PAMIRA beschäftigt sich mit Textstücken, die keinen Verstehensprozess von mathematischen Inhalten verlangen, intensiver als mit denjenigen, die mathematische Inhalte in sich tragen. Wir interpretieren, dass PAMIRA die (vorigen) mathematischen Inhalte (bisher) so wenig verstanden hat, dass sie einen allumfassenden und tiefgründigen Verstehensprozess aufgegeben hat. Dennoch liest sie weiter, schränkt den Verstehensprozess aber auf Textstücke mit *nicht*-mathematischen Inhalten ein.

- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (3) Wir bieten zwei Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic)
 - (b) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(Interpretative) Begründung

(1) *Fokus auf Handlungsanweisungen*

Die Textstücke zu Beginn und am Ende von Zeile 1 beinhalten eine Handlungsanweisung, nämlich das Streichen von Spalten. Das Zwischentextstück erfordert die Verarbeitung mathematischer Inhalte. PAMIRA liest die Textstücke zu Beginn und am Ende von Zeile 1 vergleichsweise öfter als das sich dazwischen befindende Textstück. Das könnte ein Hinweis dafür sein, dass PAMIRA einen Verstehensprozess der mathematischen Inhalte aufgegeben hat. Vielmehr sortiert sie während der Auswahl derjenigen Inhalte, die sie weiter kognitiv verarbeiten möchte, mathematische Inhalte innerlich aus.

(3a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit mathematischer Zusammenhänge*

PAMIRA wählt beim Leseprozess des Textstücks „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ die Technik des wiederholten Lesens. Die Aussage dieses Textstücks ist eher nicht auf den ersten Blick erfassbar und die Inhalte lassen sich eher weniger durch eine Merktechnik erfassen. Eine geeignetere Technik hier wäre die Exemplifikation, also die Generierung eines geeigneten Beispiels.

(3b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Unklarheit mathematischer Zusammenhänge*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein (beispielsweise aufgrund Unklarheit mathematischer Zusammenhänge)“ von S. 293.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Beobachtung

- (1) PAMIRA springt von dem Textstück „Spalten“ in Zeile 12 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeile 10. Sie liest den Eintrag „ $(a - 1)b + 2$ “.

- (2) PAMIRA springt von dem Textstück „ $s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a}$ “ in Zeile 14 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 5 - 7. Sie liest auf Zeile 7 den Eintrag „:“, auf Zeile 6 den Eintrag „ $2b + 1$ “ und auf Zeile 5 den Eintrag „ $b + 1$ “. Danach kehrt sie auf den Anfang von Zeile 15 „folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$ “ zurück.

Interpretation

- (1) *Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus*

Das von PAMIRA gelesene Textstück enthält einen Springstimulus. Durch einen Springstimulus wird PAMIRA animiert, in die Tabelle zu springen (eventuell mit einer kleinen Zeitverzögerung).

- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (viii), Interpretation (viii)

(Interpretative) Begründung

- (1) *Springstimulus*

Das Wort „Spalten“ benennt einen Bestandteil eines Objekts, nämlich einer Tabelle. Diese Tabelle befindet sich tatsächlich auch in unseren Lesetext. Von daher benennt dieses Wort eine konkrete Textstelle. Das Textstück aus Zeile 12 „Eine nicht-gestrichene Spalte“ enthält den Springstimulus „Spalten“. Des Weiteren beinhalten Zeile 13 die unbegründete mathematische Aussage „enthält aus jeder Restklasse“ und Zeile 14 den Ansatz „ $s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a}$ “ für die dann folgende Begründung. Einerseits kann an dieser Stelle das Wort „Spalten“ ein Springstimulus sein. Andererseits könnten die Terme „ $s_1b + t$ “ und „ $s_2b + t$ “ ein Springstimulus sein, da sie analog zu den Termen aus der Tabelle sind.

Kognitive Anstrengung

- (i) **Welche Textstellen werden länger fixiert?**

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) die mittlere Fixationsdauer relativ hoch ist.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 15 auf den Textstücken „ $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$ “, „ $\text{ggT}(a, b) = 1$ “, „ $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ und „ $0 \leq$ “ am höchsten.

- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 17 auf den Textstücken „ $\varphi(a)\varphi(b)$ “, „ a “, „ b “ und „ ab “ am zweithöchsten.

Text

1. Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 13 auf dem Textstück „einen Vertreter“ am dritthöchsten.

Interpretation

- (1) Wir bieten vier Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie)

- (b) *Oberflächenmerkmale als Blickfang*

PAMIRA hält sich länger auf Formeln auf, weil diese im Text auffallen.
Wir unterstellen an dieser Stelle kaum Textverständnis der Probandin.

- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ih)

- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if)

(Interpretative) Begründung

- (1b) *Oberflächenmerkmale als Anhaltspunkt*

Eventuell könnte eine Lesetechnik lauten, dass Novizen zunächst versuchen, die vertrauten Objekte aus der Schule, also die Formeln zu verstehen. Von daher könnte es eine erhöhte Aufmerksamkeit auf Formeln nur aufgrund ihres Oberflächenmerkmals geben.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Es findet keine Häufung von Fixationen statt.

Verteilung der Aufmerksamkeit**(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?****Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 15 („folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq$ “) am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 16 („ $s_1, s_2 < a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremd“) am dritthöchsten.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 12 („nicht zu b teilerfremde Zahlen, Es verbleiben $\varphi(b)$ Spalten. Eine nicht-gestrichene Spalte“) am höchsten.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?**

Es werden keine Textstücke kopiert.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Beobachtung

- (1) PAMIRA springt von dem Textstück „Spalten“ in Zeile 12 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeile 10. Sie liest den Eintrag „ $(a-1)b+2$ “.
- (2) PAMIRA springt von dem Textstück „ $s_1b+t \equiv s_2b+t \pmod{a}$ “ in Zeile 14 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 5 - 7. Sie liest auf Zeile 7 den Eintrag „:“, auf Zeile 6 den Eintrag „ $2b+1$ “ und auf Zeile 5 den Eintrag „ $b+1$ “. Danach kehrt sie auf den Anfang von Zeile 15 „folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$ “ zurück.

Interpretation

- (1) *Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus*

Wir verwenden an dieser Stelle die Interpretation (1) „*Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus*“ von S. 294.

Das von PAMIRA gelesene Textstück enthält einen Springstimulus. Ein Springstimulus animiert PAMIRA in die Tabelle zuspringen (eventuell mit einer kleinen Zeitverzögerung).

- (2) siehe Tabelle 7.13, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(Interpretative) Begründung

- (1) *Springstimulus*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die gleiche Begründung (1) „*Springstimulus*“ von S. 294.

6.3 Die Novizin MAYA

In diesem Kapitel betrachten wir die Novizin MAYA. Bevor wir jede einzelne Folie analysieren, betrachten wir alle Foliendurchläufe der Probandin.

6.3.1 Der Gesamtleseprozess

Tabelle 6.27: Der Gesamtleseprozess der Novizin MAYA

Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s	Durchlauf	Foliennr.	Dauer in s
1	1	143 (21; 2,4 %)	2	1	-
1	2	134 (20; 4 %)	2	2	-
1	3	125 (19; 2,7 %)	2	3	-
1	4	111 (16; 1,8 %)	2	4	-
1	5	160 (24; 3 %)	2	5	-
3	1	-	4	1	-
3	2	-	4	2	-
3	3	-	4	3	-
3	4	-	4	4	-
3	5	-	4	5	-

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit im Leseprozess global über die Folien verteilt?

Beobachtung

- (1) MAYA hält sich auf den Zeilen von Folie 2 vergleichsweise am längsten auf (die durchschnittliche relative Verweildauer beträgt auf der 2. Folie 4 % pro Zeile). Allerdings ist die Streuung über alle Folien betrachtet sehr klein.

- (2) MAYA hält sich auf den Zeilen von Folie 5 vergleichsweise am zweitlängsten auf (die durchschnittliche relative Verweildauer beträgt auf Folie 5 pro Zeile 3 %). Allerdings ist die Streuung über alle Folien betrachtet sehr klein.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.2, Beobachtung (i), Interpretation (i)
(2) siehe Tabelle 7.2, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(ii) Welche Besonderheiten lassen sich bei der Reihenfolge des Gesamtleseprozesses beobachten?

Beobachtung

- (1) MAYA absolviert genau einen Durchlauf durch alle fünf Folien.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.2, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)

6.3.2 Folie 1 – Einleitender geschichtlicher Text

Zunächst betrachten wir MAYAs Durchlauf durch die erste Folie, auf der sich ein geschichtlicher Text über LEONHARD EULER befindet.

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 1 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MAYA auf Folie 1 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Das Blickbewegungen-Diagramm von MAYA zeigt Blickbewegungen auf dem gesamten Wertebereich. Es werden keine y -Werte ausgelassen.

Wir unterteilen die Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms von MAYA in Bezug auf den Leseprozess auf Folie 1 in zwei aufeinanderfolgende Prozesse. Bei dem ersten Lesedurchlauf fertigt MAYA keine Notizen an, bei dem zweiten Durchlauf kopiert sie Textstücke. Die Trennung der beiden Prozesse (mit und ohne Anfertigung von Notizen) ist in der Kenngrößen-Tabelle durch eine horizontale Doppellinie gekennzeichnet.

Die durchgezogene liberale Vorwärtstrendlinie deckt den gesamten Wertebereich

ab. Sie entspricht im Vergleich zu den anderen Kenngrößen am ehesten den Blickbewegungen und wird als echte Kenngröße ausgezeichnet. Zwischen 0 s - 35 s finden wir drei Akkumulationen. Diese streichen wir an dieser Stelle, da hier die liberale Vorwärtstrendlinie dominiert. Das Gleiche gilt für die beiden auftretenden Rückwärtstrendlinien. Wie die liberale Vorwärtstrendlinie decken auch die auftretenden strengen Vorwärtstrendlinien hintereinander den gesamten Wertebereich ab. Sie zeigen kleine Schwankungen in der Lesegeschwindigkeit, was wir an dieser Stelle vernachlässigen. Wir zeichnen also keine strenge Vorwärtstrendlinie als echte Kenngröße aus.

MAYA fertigt zwischen 35 s - 138 s Notizen an. Diese beinhalten wortwörtliche Textstücke oder Wörter aus dem vorliegenden Text. Während des Schreibprozesses sind Blickbewegungen auf allen Zeilen außer der ersten Zeile zu sehen. Wir finden viele strenge Vorwärtstrendlinien und zwei Akkumulationen. Die strengen Vorwärtstrendlinien decken ab der 2. Zeile den gesamten Wertebereich ab. Sie sind durch Zeitabstände zwischen 3 s - 15 s unterbrochen. Auffällig sind drei parallele strenge Vorwärtstrendlinien in Zeile 5. Wir zeichnen an dieser Stelle die strengen Vorwärtstrendlinien als echte Kenngrößen aus. Zusätzlich ziehen wir die zwei Akkumulationen bei ungefähr 72 s und 108 s heran. Alle anderen Kenngrößen während des Schreibprozesses lassen wir außer Betracht.

Tabelle 6.28: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 1

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
IVTL	1 - 9	1 - 39
einzelne Fixationen	1	40
einzelne Fixationen	2	40 - 42
sVTL	2	47 - 48
IVTL	2 - 3	51 - 56
sVTL	3 - 4	62 - 65
sVTL	4	70 - 71
AKK	4	72
sVTL	5	78 - 79
sVTL	5	85 - 86
sVTL	5	87 - 88
IVTL	6 - 7	97 - 102

Tabelle 6.29: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 1

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
AKK	7	107 - 109
sVTL	7 - 8	120 - 123
sVTL	8 - 9	130 - 132

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer ist auf den Zeilen 4 (12,6 %), 5 (12,3 %) und 1 (12,1 %) am höchsten. Allerdings halten wir an dieser Stelle fest, dass die mittlere Fixationsdauer hier nicht stark (zwischen 9,3 % und 12,6 %) streut. Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer ist auf Zeile 5 am höchsten mit 17,7 %. Sie hat einen deutlichen Abstand zur zweit- und dritthöchsten relativen Verweildauer in Zeile 6 mit 13,9 % und in Zeile 2 mit 13,2 %. Die relative Verweildauer schwankt zwischen 6,9 % und 17,7 %.

Zum Engagement. MAYA fertigt beim Lesen von Folie 1 Notizen an.

Mündliche Aussagen. MAYA kommentiert ihr Leseverhalten, indem sie mitteilt, dass sie die erste Seite gelesen und sich Notizen gemacht hat. Diese Aussage ziehen wir für die weitere Interpretation nicht heran.

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 1 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MAYA mit den Inhalten auf Folie 1 umgeht.

Tabelle 6.30: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin MAYA – Folie 1

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018) zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i> 1 - 39 s 40 - 132 s
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	Z. 1 - 9 (1 - 39 s); Z. 2 - 3 (51 - 54 s); Z. 3 - 4 (62 - 65 s); Z. 6 - 7 (97 - 102 s); Z. 7 - 8 (120 - 123 s); Z. 8 - 9 (130 - 132 s)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 (1 s, 40 s), Z. 2 (4 s, 40 s), Z. 3 (9 s, 55 s), Z. 4 (13 s, 63 s), Z. 5 (18 s, 78 s), Z. 6 (24 s, 97 s), Z. 7 (29 s, 101 s), Z. 8 (34 s, 121 s), Z. 9 (38 s, 131 s) lokal: Z. 1 (1 s, 3 s), Z. 2 (52 s, 55 s), Z. 4 (64 s, 70 s), Z. 5 (78 s, 5 s, 87 s), Z. 7 (101 s, 107 s), Z. 8 (121 s, 139 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kg. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 5 (12,3 %) Fixationsdauer: Z. 4 (12,6 %), Z. 1 (12,1 %) Akkumulationen: Z. 4 (1), Z. 7 (1)
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	Z. 5 (17,7 %), Z. 2 (13,2 %), Z. 6 (13,9 %) Z. 5 (17,7 %), Z. 2 (13,2 %) Z. 6 (13,9 %), Z. 2 (13,2 %)
Engagement	Kopieren von Text	Z. 2 („Leonard Euler, Basel“), Z. 3 („10 Franken Note“), Z. 4 („St. Petersburg (Akademie)“), Z. 5 („1714-1766: Königl. Akademie in Berlin“), Z. 6 („mehr als“), Z. 7 („850 wissenschaftliche Arbeiten ca. 20 Bücher“), Z. 8 („naturw. & philos. Fragen“), („Schwerpunkt“), Z. 9 („Mathe“)
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
	Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Beobachtung

(1) MAYA liest zu Beginn innerhalb von 39 s den Text einmal komplett linear durch.

Interpretation

(1) Wir bieten zwei Interpretationen an.

(a) *Konzentration auf globale Zusammenhänge*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) „*Konzentration auf globale Zusammenhänge*“ von S. 141.

(b) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen“*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen“* von S. 236.

(Interpretative) Begründung

(1a) *Gleichmäßiges Lesen eines gesamten Textes*

MAYA liest den gesamten Text mit konstanter Geschwindigkeit von Anfang bis Ende durch. Das ist an der liberalen Vorwärtstrendlinie von Zeile 1 bis Zeile 9 erkennbar.

(1b) *Verwendung bekannter Lesetechniken*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1b) „*Verwendung bekannter Lesetechniken*“ auf S. 236.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Beobachtung

- (1) MAYA geht den Text bis auf die Überschrift ein zweites Mal innerhalb von 92 s komplett durch. Dabei fertigt sie Notizen an.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an:

- (a) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“*

Wir erweitern an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen“* von S. 236.

MAYA interpretiert den Arbeitsauftrag „Lies den Text auf Verständnis.“ durch „Lies den Text genau einmal durch. Fertige danach eigene Notizen an.“.

- (b) *Konzentration auf lokale Zusammenhänge*

MAYA möchte während eines zweiten Lesedurchlaufs durch den gesamten Text von ihr ausgewählte Textstücke tiefergehender verarbeiten. Der Schreibprozess dient dabei unter anderem zur Verlangsamung des Lese- beziehungsweise Denkprozesses. Sie fokussiert sich dabei inhaltlich auf lokale Zusammenhänge.

(Interpretative) Begründung

- (1a) *Verwendung bekannter Lesetechniken*

Wir erweitern an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1b) *„Verwendung bekannter Lesetechniken“* von S. 236. In der Schule ist es in vielen Fächern, die Textlesen beinhalten, möglich, durch einmaliges Lesen ein Textverständnis beziehungsweise einen Verständnis bezüglich der globalen Zusammenhänge zu erlangen. Lokale Zusammenhänge können durch einen Schreibprozess ins Visier genommen werden. Weiterhin ist es im Fach Mathematik in der Schule nicht unbedingt üblich, dass mathematische Inhalte durch eigenständiges Lesen erarbeitet werden. (Außerdem sind beim Lesen mathematischer Inhalte andere Lesetechniken als bei literarischen Texten (Zusammenfassen versus Entblättern) zielführend.) Von daher könnte die Möglichkeit bestehen, dass Novizen über die Lesetechniken aus der Schule (beispielsweise langsames konzentriertes Durchlesen

des gesamten Textes und darauffolgendes Anfertigen von eigenen Notizen) verfügen und ausschließlich diese verwenden.

- (1b) *Wiederholter Durchlauf durch den gesamten Text während eines gleichzeitig stattfindenden Schreibprozesses*

Es werden ausgewählte Textstücke kopiert. Schreibprozesse können bewusst dazu verwendet werden, Denkprozesse zu verlangsamen und somit die Konzentration zu steuern.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

- (i) **Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?**

Beobachtung

- (1) MAYA liest den Text einmal komplett durch. Dies erfolgt aus globaler Sicht (sichtbar in dem Libérale-Vorwärtstrendlinien-Diagramm) in einem linearen Leseprozess. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten von MAYA beim Lesen verschiedener Textarten (Jahreszahlen versus Fließtext) an dieser Stelle feststellen.
(Nach dem soeben beschriebenen ersten Lesedurchlauf erfolgt ein weiterer Durchlauf mit Anfertigung von Notizen.)
- (2) MAYA liest während des Schreibprozesses die Zeilen 2 bis 3, 3 bis 4, 6 bis 7, 7 bis 8, 8 bis 9 linear durch.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.
- (a) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (i), Interpretation (ia)
 - (b) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“*
Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“* von S. 305.
- (2) *Lineares Lesen zur Auswahl derjenigen Textstücke, die notiert werden*
Während eines linearen Leseprozesses von nicht zu langen Textstücken wählt MAYA diejenigen Informationen, die sie im Anschluss notiert, aus.

(Interpretative) Begründung**(1b) *Verwendung bekannter Lesetechniken***

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung

(1a) „*Verwendung bekannter Lesetechniken*“ von S. 305.

(2) *Die Textstücke beinhalten notierte Inhalte. Längen der Textstücke und Pausen nach dem Lesen eines Textstücke sind jeweils ungefähr gleich lang.*

Diejenigen Textstücke, die MAYA während des Schreibprozesse linear liest, beinhalten allesamt Informationen, die sie in ihren Notizen festhält. Betrachten wir weiterhin das Liberale-Vorwärtstrendlinien-Diagramm, stellen wir fest, dass sowohl die jeweiligen gelesenen Textstücke ungefähr gleich lang sind als auch die jeweiligen Pausen. Novizen könnten an dieser Stelle stets so weit lesen, wie sie Informationen, die sie aus diesem Textstück notieren möchten, im Kurzzeitgedächtnis speichern können. Dann unterbricht sie kurz den Leseprozess, um in den Schreibprozess einzusteigen. Da die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses konstant ist, ergeben die annähernd gleich langen Lesepausen insofern Sinn, als dass in dieser Pausenzeit ungefähr immer die gleiche Menge an Informationen notiert wird.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?**Beobachtung**

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können lokale und globale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) Alle in Tabelle 6.30 unter dem Merkmal „mehrfaches Lesen desselben Textstücks“ genannten globalen Daten entstehen, da MAYA einen zweiten Lese-durchlauf durch den gesamten Text unternimmt, bei welchem sie Notizen anfertigt. Die Lesewiederholungen treten also dadurch auf, dass MAYA den gesamten Text zweimal durchgeht. Diese interpretieren wir nicht unter dem momentanen Merkmal *Regression* wohl aber unter dem Merkmal *Engagement*.

lokal

- (2) MAYA liest während des ersten Durchlaufs von Zeile 1 das Textstück „ φ -Funktion“ zweimal.
- (3) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 2 das Textstück „weil er auf der zur Zeit gültigen“ zweimal, wobei eine Rückwärtstrendlinie zwischen den beiden Wiederholungen liegt.
- (4) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 4 das Textstück „Laufbahn in St. Petersburg“ zweimal.
- (5) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 5 das Textstück „1766 war er Mitglied der königlichen Akademie“ dreimal.
- (6) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 7 das Textstück „850 wissenschaftliche Arbeiten“ zweimal.
- (7) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 8 das Textstück „und philosophischen“ zweimal.

Interpretation

- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic)

- (3) *Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen*

MAYA möchte sich durch nochmaliges Lesen des Textstücks die Informationen, die sie notieren möchte, kurz merken.

- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
(5) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
(6) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
(7) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)

(Interpretative) Begründung

- (3) *Nochmaliges Lesen als Werkzeug zum Memorieren*

Ein typisches Vorgehen bei Merkprozessen ist das nochmalige Lesen entsprechender Textstücke.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung

(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 5 auf dem Textstück „1714 bis 1766“ am zweithöchsten.

Text

- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 4 auf den Wörtern „Mitglied“ und „Akademie“ am höchsten.

- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 1 auf dem Textstück „ φ -Funktion“ am dritthöchsten.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an,

- (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ic)
- (b) *Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (3) „*Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen*“ von S. 309 leicht ab.

MAYA möchte sich durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch längeres Fixieren) auf dem Textstück die Informationen, die sie notieren möchte, kurz merken.

- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia)

- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia)

(Interpretative) Begründung

- (1b) *Längeres Fixieren als Werkzeug zum Memorieren*

Wir wandeln an dieser Stelle die Begründung (3) „*Nochmaliges Lesen als Werkzeug zum Memorieren*“ von S. 309 leicht ab.

Ein typisches Vorgehen bei Merkprozessen ist eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch längeres Fixieren) entsprechender Textstücke.

- (ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann. Außerdem unterteilen wir den Leseprozess in zwei Durchläufe. Während des ersten Durchlaufs fertigt MAYA keine und während des zweiten Durchlaufs fertigt sie Notizen an.

Formel

Die mittlere Fixationsdauer ist auf Formeln vergleichsweise niedrig.

Text

- (1) Während des zweiten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 4 auf dem Textstück „dortigen Akademie“ eine Akkumulation.
- (2) Während des zweiten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 7 auf dem Textstück „850 wissenschaftliche Arbeiten“ eine Akkumulation.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
 - (b) *Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen*
Wir wandeln an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Interpretation (1b) „*Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen*“ von S. 310 leicht ab.
MAYA möchte sich durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) auf dem Textstück die Informationen, die sie notieren möchte, kurz merken.
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)

(Interpretative) Begründung

- (1b) *Akkumulation als Werkzeug zum Memorieren*
Wir wandeln an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Begründung (1b) „*Nochmaliges Lesen als Werkzeug zum Memorieren*“ von S. 310 leicht ab.
Ein typisches Vorgehen bei Merkprozessen ist eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) entsprechender Textstücke.

Verteilung der Aufmerksamkeit

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 5 („von 1714 bis 1766 war er Mitglied der Königl. Akademie in Berlin.“) am höchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 2 („LEONHARD EULER (1707 – 1783) stammte aus Basel, weshalb er auf der zur Zeit gültigen“) am dritthöchsten.

Interpretation

- (1) Wie bieten zwei Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)
 - (b) *Verlängerung des Aufenthalts auf Textstücken durch einen Schreibprozess*
MAYA zeigt eine höhere Verweildauer auf denjenigen Textstücken, die sie kopiert. Der Schreibprozess verlängert den Aufenthalt auf den Textstücken, die als Grundlage für Notizen dienen.
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

(Interpretative) Begründung

- (1b) *Wiederholtes Lesen der Textstelle, die kopiert wird.*

Um Textstücke zu kopieren, ist es nötig, diese im Kurzzeitgedächtnis zu speichern. Von daher liest MAYA die entsprechenden Textstücke mehrfach. Dieses Verhalten lässt sich sowohl aus globaler als auch aus lokaler Sicht beobachten. Mehrfaches Lesen eines Textstücks erhöht die Verweildauer auf diesem Textstück.

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 2 („LEONHARD EULER (1707 - 1783) stammte aus Basel, weshalb er auf der zur Zeit gültigen“) am dritthöchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 6 („EULERS Werk gilt als beispiellos, nicht nur bezüglich seines Umfangs: Er verfasste mehr als“) am zweithöchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?****Beobachtung**

- (1) MAYA kopiert wesentliche Stationen und Eckdaten zu LEONHARD EULER stichpunktartig:
 - „Basel“,
 - „10 Franken Note“,
 - „St. Petersburg (Akademie)“,
 - „1714-1766: Königl. Akademie in Berlin“,
 - „mehr als 850 wissenschaftliche Arbeiten ca. 20 Bücher“,
 - „naturw. & philos. Fragen“,
 - „Schwerpunkt Mathe“.

Interpretation

- (1) *Inhalte werden im eigenen Stil als Unterstützung für die weitere Verwendung festgehalten*

MAYA fertigt eigene Notizen an, um die dargebotenen Inhalte in ihrem eigenen Stil zu sichern. Damit erleichtert sie sich wahrscheinlich eine spätere Wiederverwendung (während des jetzigen Leseprozesses oder auch für eine spätere Nachbereitung beispielsweise für Übungsaufgaben oder Prüfungsvorbereitungen).

(Interpretative) Begründung

- (1) *Bekannte Arbeitstechnik aus der Schule*

In der Schule sind Arbeitstechniken, wie die Anfertigung von Stichpunkten während eines Leseprozesses bekannt. Auch das Schreiben von beispielsweise Karteikarten zur Prüfungsvorbereitung verwenden Schüler häufiger. Von daher interpretieren wir, dass Novizen bereits häufiger mit der Arbeitstechnik erfolgreich Kurse absolviert haben. Sie kennen (zumindestens unterbewusst) die Vorteile der Arbeitstechnik und verwenden sie somit hier.

- (ii) **Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?**

Beobachtung

- (1) MAYA generiert das Textstück „Leonard Euler“ als ihre Überschrift.

Interpretation

- (1) *Eigene Überschrift passend zu eigenen Notizen*

MAYA ist sich bewusst, dass sie wesentliche Stationen und Eckdaten zu LEONHARD EULER kopiert. Entsprechend übernimmt sie nicht die Überschrift aus dem vorliegenden Text, sondern generiert eine eigene Überschrift passend zu ihren Stichpunkten.

(Interpretative) Begründung

- (1) *Unpassende Überschrift bei Übernahme aus dem Text*

Die Überschrift aus dem Text „Die EULERSche φ -Funktion“ würde zu MAYAs Notizen nicht passen, da sie Stichpunkte zu LEONHARD EULERS

Leben notiert. Wir gehen davon aus, dass sie sinnentnehmend und mit viel Verständnis liest und somit auch eine zu ihren Notizen passende Überschrift „Leonard Euler“ wählt.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.3.3 Folie 2 – Definition & Beispiel

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 2 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MAYA auf Folie 2 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. MAYA beginnt den Leseprozess nachdem sie „2“ notiert hat. Bei der Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms sehen wir, dass Blickbewegungen über den gesamten Wertebereich des Diagramms verteilt sind; es werden keine y -Werte ausgelassen.

Wir unterteilen die Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms von MAYA in Bezug auf den Leseprozess auf Folie 2 in zwei aufeinanderfolgende Prozesse. Bei dem ersten Lesedurchlauf fertigt MAYA keine Notizen an, bei dem zweiten Durchlauf kopiert sie Textstücke. Die Trennung der beiden Prozesse (mit und ohne Anfertigung von Notizen) ist in der Kenngrößen-Tabelle durch eine horizontale Doppellinie gekennzeichnet.

Bei der Betrachtung des Libérale-Vorwärtstrendlinien-Diagramms sehen wir, dass vor Beginn des Schreibprozesses zwei liberale Vorwärtstrendlinien den gesamten Wertebereich abdecken. Lediglich aufgrund einer nicht-zuordbaren Fixation erhalten wir nicht nur eine durchgezogene, sondern zwei kurz unterbrochene Trendlinien. Die verursachende Fixation kommt durch eine Blickbewegung, die auf die Formelnummer fixiert, zustande. (Die Formelnummer ist kein Teil einer AoI.) Wir können an dieser Stelle die beiden liberalen Trendlinien als eine durchgezeichnete Trendlinie auffassen und identifizieren diese (durchgezogene) Trendlinie als echte Kenngröße. Die strengen Vorwärtstrendlinien decken gemeinsam mit den vier Akkumulationen den gesamten Wertebereich ab. An dieser Stelle ist die liberale Vorwärtstrendlinie die dominierende Größe und wir zeichnen keine strenge Vorwärtstrendlinie als echte Kenngröße aus. Von den sechs Akkumulationen betrachten wir keine näher. Wir zeichnen keine Rückwärtstrendlinien als Kenngrößen aus.

Nach dem ausschließlichen Leseprozess macht die Probandin Notizen zu allen Zeilen. Dabei schreibt sie Teile des Textes ab und lässt lediglich Füllwörter weg. Bei der letzten Zeile ändert sie die Reihenfolge und notiert „teilerfremd“ in der Mitte ihres Stichpunktes und nicht erst am Ende, wie im Text. Wir finden zwei strenge Vorwärtstrendlinien und eine Akkumulation, die gemeinsam die erste Zeile abdecken. In der 2. Zeile befinden sich zwei strenge Vorwärtstrendlinien und in der 5. Zeile drei. Diese zeichnen wir alle als echte Kenngrößen aus. Wir betrachten auch die Akkumulationen in den Zeilen 2, 3 und 5 als echte Kenngrößen. Auffällig sind die einzelnen Blickbewegungen in Zeile 4 bei 240 s, die zu keiner Kenngröße gehören.

Tabelle 6.31: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 2

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
IVTL	1 - 5	156 - 179
AKK	1	184
sVTL	1	187 - 189
sVTL	1	192 - 193
einzelne Fixationen	1	196
einzelne Fixationen	1	199
einzelne Fixationen	1	202
einzelne Fixationen	2	204
einzelne Fixationen	2	207
sVTL-AKK _w -sVTL _w	2	210 - 214
AKK	2	216 - 218
einzelne Fixationen	2	221 - 222
einzelne Fixationen	3	215
AKK	3	219 - 233
einzelne Fixationen	4	236 - 242
sVTL-sVTL _w -AKK _w	5	242 - 247
sVTL	5	263 - 265

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 18,4 % und 22,2 % und ist auf Zeile 4 am höchsten. Sie ist auf Zeile 2 (20,8 %) am zweithöchsten und ist auf Zeile 5 (20,1 %) am dritthöchsten. Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben. Wir haben keine echten Regressionen.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 16,2 % und 23,2 %. Sie ist auf Zeile 2 am höchsten, gefolgt von der Zeile 4 (22,3 %) und von der Zeile 5 (20,3 %)

Zum Engagement. MAYA fertigt beim Lesen von Folie 2 Notizen an.

Mündliche Aussagen. MAYA kommentiert ihr Leseverhalten, indem sie mitteilt, dass sie die Seite durchgelesen und sich Notizen gemacht hat.

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 2 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MAYA mit den Inhalten auf Folie 2 umgeht.

Tabelle 6.32: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin MAYA – Folie 2

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018) zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i> 156 - 179 s 184 - 265 s
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen ausschließlich lineares Lesen von Textstücken lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Z. 1 - 5 (156 - 179 s), Z. 4 - 5 (242 - 246 s) <i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 (156 s, 180 s), Z. 2 (164 s, 204 s), Z. 3 (170 s, 215 s), Z. 4 (173 s, 236 s), Z. 5 (175 s, 242 s) lokal: Z. 1 (188 s, 192 s), Z. 2 (204 s, 207 s) & (211 s, 213 s, 216 s) & (211 s, 213 s, 221 s), Z. 3 (230 s, 233 s), Z. 5 (242 s, 243 s) & (244 s, 245 s, 246 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>
	kg. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 4 (22,2 %), Z. 2 (20,8 %) Akkumulationen: Z. 1 (1); Fixationsdauer: Z. 5 (20,1 %) Akkumulationen: Z. 2 (2), Z. 3 (1), Z. 5 (1)

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	Z. 2 (23,2 %), Z. 4 (22,3 %), Z. 5 (20,3 %) Z. 2 (23,2 %), Z. 4 (22,3 %) Z. 5 (20,3 %)
Engagement	Kopieren von Text Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...) Konzentration auf weitere Ressourcen	Z. 1 „Def. $n \in \mathbb{N}$ “, „ $\varphi(n)$ Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus“, Z. 2 „ $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ “, „ φ = Eulersche φ -Funktion“, Z. 3 „Beispiel 1“, „ p prim“, Z. 4 „ $\varphi(p) = p - 1$ “, Z. 5 „alle Zahlen zu 1 & p sind teilerfremd außer p zu p selbst“ <i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses**Globale Herangehensweise**

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Beobachtung

(1) MAYA liest zu Beginn innerhalb von 23 s den Text einmal komplett linear durch.

Interpretation (und interpretative Begründung)

(1) siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (i), Interpretation (ib)

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Beobachtung

(1) MAYA geht den Text ein zweites Mal innerhalb von 81 s komplett durch. Dabei fertigt sie Notizen an.

Interpretation

(1) Wir bieten drei Interpretationen an.

(a) siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (ii), Interpretation (iia)

(b) siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (ii), Interpretation (iib)

(c) *Wiederverwendung zuvor benutzter Lesetechniken auf Folie n mit $n > n_0$ und $n, n_0 \in \mathbb{N}$*

MAYA verwendet auf Folie 2 die gleiche Lesestrategie (Nach einem ersten Durchlesen werden Notizen angefertigt.), wie auf der zuvor gelesenen Folie 1. Sie sieht also keinen Anlass, beispielsweise andere Arbeitstechniken oder Lesestrategien heranzuziehen.

Interpretative Begründung

- (1c) *Keine Kompetenz für die Bewertung von Lesetechniken zum Lesen mathematischer Texte*

Wir gehen davon aus, dass die Lesetechnik auf Folie 1 nach Ansicht von MAYA erfolgreich war, also zu hinreichend Textverständnis führte. Es könnte sein, dass Novizen nicht in der Lage sind und/oder nicht auf die Idee kommen, ihre Lesestrategie zu reflektieren und gegebenenfalls einer anderen Textart anzupassen. Gerade in Hinblick auf die andersartige Textform (historischer Text versus mathematischer Text) wären andere Lesestrategien, wie beispielsweise die Generierung eigener Beispiele erfolgreicher.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

- (i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Beobachtung

- (1) MAYA liest den Text einmal komplett durch. Dies erfolgt aus globaler Sicht (sichtbar in dem Liberale-Vorwärtstrendlinien-Diagramm) in einem fast linearen Leseprozess. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten von MAYA beim Lesen verschiedener Textarten (Formel versus Fließtext) an dieser Stelle feststellen.

Interpretation

- (1) Wir bieten zwei Interpretationen an:

- (a) *(Unbewusste) Übernahme der Lesetechnik aus dem direkt zuvor vollzogenem Leseprozess, insbesondere auch textartübergreifend*

Wir erweitern an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen (& anschließend Notizen anfertigen)“* von S. 305 um die Interpretation (1c) *Wiederverwendung zuvor benutzter Lesetechniken auf Folie n mit $n > n_0$ und $n, n_0 \in \mathbb{N}$* von S. 320.

MAYA verwendet globale Lesetechniken, wie beispielsweise „Lesen ist gleichbedeutend mit einmal durchlesen (& anschließend Notizen anfertigen)“ und „Wiederverwendung zuvor benutzter Lesetechniken auf Folie n mit $n > n_0$ und $n, n_0 \in \mathbb{N}$ “.

- (b) *(Frühere) Kapitulation samt Weiterlesen mit Einschränkung des Verstehensprozesses*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1) „*(Frühere) Kapitulation samt Weiterlesen mit Einschränkung des Verstehensprozesses*“ von S. 292.

- (c) *Konzentration auf globale Zusammenhänge*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1b) „*Konzentration auf globale Zusammenhänge*“ von S. 141.

(Interpretative) Begründung

- (1a) *Verwendung bekannter Lesetechniken*

Wir erweitern an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1a) „*Verwendung bekannter Lesetechniken*“ von S. 305 um die Begründung (1c) „*Keine Kompetenz für die Bewertung von Lesetechniken zum Lesen mathematischer Texte*“ von S. 321. In der Schule ist es in vielen Fächern, die Textlesen beinhalten, möglich, durch einmaliges Lesen ein Textverständnis beziehungsweise ein Verständnis bezüglich der globalen Zusammenhänge zu erlangen. Lokale Zusammenhänge können durch einen Schreibprozess ins Visier genommen werden. Weiterhin ist es im Fach Mathematik in der Schule nicht unbedingt üblich, dass mathematische Inhalte durch eigenständiges Lesen erarbeitet werden. (Außerdem sind beim Lesen mathematischer Inhalte andere Lesetechniken als bei literarischen Texten (Zusammenfassen versus Entblättern) zielführend.) Von daher könnte die Möglichkeit bestehen, dass Novizen über die Lesetechniken aus der Schule (beispielsweise langsames konzentriertes Durchlesen des gesamten Textes und darauffolgendes Anfertigen von eigenen Notizen) verfügen und ausschließlich diese verwenden.

Wir gehen davon aus, dass die Lesetechnik auf Folie 1 nach Ansicht von MAYA erfolgreich war, also zu hinreichend Textverständnis führte. Es könnte sein, dass Novizen nicht in der Lage sind und/oder nicht auf die Idee kommen, ihre Lesestrategie zu reflektieren und gegebenenfalls einer anderen Textart anzupassen. Gerade in Hinblick auf die andersartige Textform (historischer Text versus mathematischer Text) wären andere Lesestrategien, wie beispielsweise die Generierung eigener Beispiele erfolgreicher.

- (1b) *Keine Kompetenz für die Bewertung von Lesetechniken zum Lesen mathematischer Texte*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1c) „*Keine Kompetenz für die Bewertung von Lesetechniken zum Lesen mathematischer Texte*“ von S. 321.

(1c) *Gleichmäßiges Lesen eines gesamten Textes*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung

(1a) „*Gleichmäßiges Lesen eines gesamten Textes*“ von S. 304.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können lokale und globale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) Diejenigen in Tabelle 6.32 unter dem Merkmal „mehrfaches Lesen desselben Textstücks“ genannten globalen Daten in Bezug auf die Zeilen 1, 2, 4 und 5 entstehen, da MAYA einen zweiten Lesedurchlauf durch den gesamten Text unternimmt, bei welchem sie Notizen anfertigt. Die Lesewiederholungen treten also dadurch auf, dass MAYA den gesamten Text zweimal durchgeht. Diese interpretieren wir nicht unter dem momentanen Merkmal *Regression* wohl aber unter dem Merkmal *Engagement*.

lokal

- (2) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 1 das Textstück „ $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n “ zweimal.
- (3) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 2 das Textstück „der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ “ zweimal.

- (4) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 2 das Textstück „EULERSche φ -Funktion“ dreimal.
- (5) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 3 das Textstück „ p eine Primzahl“ zweimal.
- (6) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 5 das Textstück „und p außer“ zweimal.
- (7) MAYA liest während des zweiten Durchlaufs von Zeile 5 das Textstück „außer p sind“ zweimal.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
- (3) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
- (5) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
- (6) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)
- (7) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ii), Interpretation (ii)

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung**(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?****Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Aussage des Beispiels (Zeile 4: „ $\varphi(p) = p - 1$ “) am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 2 auf dem Textstück „ φ “ am dritthöchsten.

Text

- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 5 auf dem Textstück „teilerfremd“ am zweithöchsten.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (3) Wir bieten an dieser Stelle drei Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
 - (b) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia)
 - (c) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib)

(Interpretative) Begründung

- (3b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines dem Rezipienten unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (3a) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs“ von S. 250 leicht ab.

Eventuell kennen Novizen den Begriff „teilerfremd“ nicht. Der Begriff an sich ist in gewisser Weise selbsterklärend und führt den Leser zumindest zur richtigen Idee. Von daher könnte ein längeres Fixieren dieses Textstücks eventuell zu mehr Verständnis führen.

- (3c) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (3b) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund eines unbekannten und gleichzeitig selbsterklärenden Begriffs“ von S. 326.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?**Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann. Außerdem unterteilen wir den Leseprozess in zwei Durchläufe. Während des ersten Durchlaufs fertigt MAYA keine und während des zweiten Durchlaufs fertigt sie Notizen an.

Formel

- (1) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 1 auf dem Textstück „ $n \in \mathbb{N}$ “ eine Akkumulation.

Text

- (2) Während des zweiten Durchlaufs befinden sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „Man nennt φ die EULERSche φ “ zwei Akkumulationen.
- (3) Während des zweiten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 3 auf dem Textstück „ p eine Primzahl“ eine Akkumulation.
- (4) Während des zweiten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 5 auf dem Textstück „alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p “ eine Akkumulation.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)
- (4) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)

Verteilung der Aufmerksamkeit**(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?****Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 2 („der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$. Man nennt φ die EULERSche φ -Funktion.“) am höchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf der Aussage des Beispiels (Zeile 4: „ $\varphi(p) = p - 1$ “) am zweithöchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf der Begründung des Beispiels (Zeile 5: „denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.“) am dritthöchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?****Beobachtung**

- (1) MAYA kopiert stichpunktartig die Textstücke

„Def. $n \in \mathbb{N}$ “, „ $\varphi(n)$ Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus“,
 „ $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ “,
 „ φ = Eulersche φ -Funktion“,
 „Beispiel 1)“,
 „ p prim“,
 „ $\varphi(p) = p - 1$ “,
 „alle Zahlen zu 1 & p sind teilerfremd außer p zu p selbst“.

Interpretation

- (1) Wir bieten drei Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (i), Interpretation (i)
 (b) *Konzentration auf lokale Zusammenhänge*

MAYA möchte während eines zweiten Lesedurchlaufs durch den gesamten Text von ihr ausgewählte Textstücke tiefergehender verarbeiten. Der Schreibprozess dient dabei unter anderem zur Verlangsamung des Lese- beziehungsweise Denkprozesses und erhöht die Konzentration. Sie fokussiert sich inhaltlich auf lokale Zusammenhänge.

(c) *Sichern von Inhalten ohne substanzielles intellektuelles Engagement*

MAYA ist aus dem Verstehensprozess teilweise oder ganz ausgestiegen, möchte aber dennoch Inhalte schriftlich sichern. Eventuell möchte sie die Notizen bei einer späteren Weiterverarbeitung (Übungszettel oder Prüfungsvorbereitung) wieder verwenden.

(Interpretative) Begründung

(1b) *Wiederholter Durchlauf durch den gesamten Text während eines gleichzeitig stattfindenden Schreibprozesses*

Es werden ausgewählte Textstücke kopiert. Schreibprozesse können bewusst dazu verwendet werden, Denkprozesse zu verlangsamen und somit die Konzentration zu steuern.

(1c) *Gewohnte Arbeitstechnik aus Vorlesungen*

Häufig sind Novizen während mathematischer Veranstaltungen mit dem Abschreiben der Inhalte von der Tafel beschäftigt, verpassen mündliche Kommentare oder verfolgen eventuell Verstehensprozess überhaupt nicht mehr. Demzufolge könnten auch an dieser Stelle Novizen die Arbeitstechnik *Kopieren ohne Verstehensprozess* aus Gewohnheit anwenden.

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.3.4 Folie 3 – Beispiele

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 3 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MAYA auf Folie 3 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Bei der Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms sehen wir, dass Blickbewegungen über den gesamten Wertebereich des Diagramms verteilt sind; es werden keine y -Werte ausgelassen.

Wir unterteilen die Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms von MAYA in Bezug auf den Leseprozess auf Folie 3 in zwei aufeinanderfolgende Prozesse. Bei dem ersten Lesedurchlauf fertigt MAYA keine Notizen an, beim zweiten Durchlauf kopiert sie Textstücke. Die Trennung der beiden Prozesse (mit und ohne Anfertigung von Notizen) ist in der Kenngrößen-Tabelle durch eine horizontale Doppellinie gekennzeichnet.

Die liberalen Vorwärtstrendlinien erstrecken sich über den gesamten Wertebereich. Wir zeichnen alle als echte Kenngrößen aus. Außerdem ziehen wir die drei ersten strengen Vorwärtstrendlinien in Zeile 2 zur Interpretation heran. Auffällig bei den ersten beiden strengen Vorwärtstrendlinien ist der deutlich geringere Anstieg im Vergleich zu allen anderen Trendlinien. Die ebenfalls zu Zeile 2 gehörigen beiden Akkumulationen, die Akkumulation in Zeile 5, die Akkumulation in Zeile 6 und die beiden Akkumulationen in Zeile 7 ziehen wir zur Interpretation heran. Die weiteren Akkumulationen betrachten wir nicht.

Die Probandin schreibt Teile aus dem Text ab. Nach den Überschriften „Beispiel 2)“ und „Beispiel 3)“ notiert sie die Formeln, wobei sie die Voraussetzung für die zweite Formel umschreibt: Anstatt „ p und q verschieden“ schreibt sie: „ $p \neq q$ “. Für den Schreibprozess betrachten wir im Strenge-Vorwärtstrendlinien-&-Akkumulationen-Diagramm die beiden Vorwärtstrendlinien.

Tabelle 6.33: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 3

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
IVTL	1 - 2	280 - 292
IVTL	2 - 3	294 - 304
IVTL	4 - 5	306 - 315
IVTL	6 - 7	320 - 331
einzelne Fixationen	1	278 - 279
sVTL	1	280 - 284
sVTL-AKK _w -sVTL	2	284 - 292
AKK	2	293 - 296
sVTL-AKK _w -sVTL	3 - 4	297 - 308
sVTL-AKK	5	309 - 316
sVTL.	4	317 - 319
AKK-sVTL-sVTL-AKK-sVTL-AKK	6 - 7	319 - 335

Tabelle 6.34: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 3

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
AKK	1	336 - 337
einzelne Fixationen	2	348 - 356
sVTL	3 - 4	365 - 367
sVTL	4 - 5	371 - 373
einzelne Fixationen	5	376 - 383
einzelne Fixationen	6	387 - 388
einzelne Fixationen	7	391 - 398
einzelne Fixationen	4	402

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 10,5 % und 20,8 %. Sie ist auf Zeile 5 am höchsten, gefolgt von Zeile 2 (17,9 %) und ist auf Zeile 7 (15,6 %) am dritthöchsten. Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 6,6 % und 26,4 %. Sie ist auf Zeile 2 am höchsten (26,4 %), gefolgt von der Zeile 5 (23,3 %) und von der Zeile 7 beträgt sie (14,2 %).

Zum Engagement. MAYA fertigt beim Lesen von Folie 3 Notizen an.

Mündliche Aussagen. MAYA kommentiert ihr Leseverhalten, indem sie mitteilt, dass sie die Seite durchgelesen und sich Notizen gemacht hat.

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 3 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MAYA mit den Inhalten auf Folie 3 umgeht.

Tabelle 6.35: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin MAYA – Folie 3

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	280 - 332 s
	Lineares Lesen	weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	348 - 398 s
		lineares Lesen über mehrere Zeilen	<i>nicht vorhanden</i>
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
Regressionen		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 (278 s, 336 s, 348 s), Z. 2 (284 s, 348 s), Z. 3 (297 s, 365 s), Z. 4 (304 s, 317 s, 371 s), Z. 5 (310 s, 376 s), Z. 6 (323 s, 387 s), Z. 7 (325 s, 388 s), lokal: Z. 1 (278 s, 280 s), Z. 2 (286 s, 293 s), Z. 3 (298 s, 304 s), Z. 7 (328 s, 329 s, 332 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen	<i>nicht vorhanden</i>
		weitere Textsprünge	von Z. 5 zu Z. 4 (317 s): („ p und q verschiedene Primzahlen“)

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kgn. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 5 (20,8 %), Z. 2 (17,9 %), Z. 7 (15,6 %) Akkumulationen: Z. 2 (2), Z. 5 (1), Z. 7 (1) Akkumulationen: Z. 6 (1), Z. 7 (1)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen	Z. 2 (26,4 %), Z. 7 (14,2 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln	Z. 2 (26,4 %), Z. 5 (23,3 %), Z. 7 (14,2 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	<i>nicht vorhanden</i>
Engagement	Kopieren von Text	Z. 1 „Beispiel 2“, Z. 2 „ $\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “, Z. 4 „Beispiel 3“, Z. 7 „ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ “
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	Z. 4 „ $p \neq q$ “
	Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Beobachtung

(1) MAYA liest zu Beginn innerhalb von 52 s den Text einmal komplett fast linear durch.

Interpretation (und interpretative Begründung)

(1) siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (i), Interpretation (ia)

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Beobachtung

(1) MAYA geht den Text ein zweites Mal innerhalb von 50 s komplett durch. Dabei fertigt sie Notizen an.

Interpretation (und interpretative Begründung)

(1) siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (ii), Interpretation (iib)

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Es werden keine Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, linear durchgelesen.

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Es ist keine Tabelle oder Matrix im Text vorhanden.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können lokale und globale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) Diejenigen in Tabelle 6.35 unter dem Merkmal „mehrfaches Lesen desselben Textstücks“ genannten globalen Daten in Bezug auf die Zeilen 1, 2, 4, 5 und bezüglich des Textstücks von Zeile 7 „ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$.“ entstehen, da MAYA einen zweiten Lesedurchlauf durch den gesamten Text unternimmt, bei welchem sie Notizen anfertigt. Die Lesewiederholungen treten also dadurch auf, dass MAYA den gesamten Text zweimal durchgeht. Diese interpretieren wir nicht unter dem momentanen Merkmal *Regression* wohl aber unter dem Merkmal *Engagement*.
- (2) MAYA liest aus globaler Sicht von Zeile 3 das Textstück „denn von den p^α Zahlen zwischen 1 und p^α ist jede p -te Zahl durch p teilbar.“ zweimal und beim zweiten Mal schneller als beim ersten Mal durch. Der zweite Durchlauf ist ein Schreibprozess. Während des zweiten Durchlaufs fertigt MAYA zu diesem Textstück keine Notizen an.
- (3) MAYA liest aus globaler Sicht von den Zeilen 6 - 7 das Textstück „sind durch q teilbar, q dieser Zahlen sind durch p teilbar, und eine ist durch p und q teilbar, es gilt also“ zweimal und beim zweiten Mal schneller als beim ersten Mal durch. Der zweite Durchlauf ist ein Schreibprozess. Während des zweiten Durchlaufs fertigt MAYA zu diesem Textstück keine Notizen an.

lokal

- (4) MAYA liest während des ersten Durchlaufs von Zeile 1 das Textstück „**Beispiel 2.** Ist p^α “ zweimal.
- (5) MAYA liest während des ersten Durchlaufs von Zeile 2 das Textstück „ $p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha (1 -$ “ zweimal.
- (6) MAYA liest während des ersten Durchlaufs das Textstück „ $\varphi(pq) = pq - p$ “ von Zeile 7 dreimal.

Interpretation

- (2) *Skimming (oder: Bewusste Entscheidung gegen eine weitere kognitive Verarbeitung)*

MAYA liest die Begründung (dargestellt als mathematischer Text) der zugehörigen Aussage (dargestellt als Formel) während eines Schreibprozess zum wiederholten Mal. Wir interpretieren an dieser Stelle, dass MAYA bewusst nach Formeln eventuell auch nach mathematischen Aussagen sucht, um diese in Form von Notizen festzuhalten. Begründungen registriert sie zwar während dieses Prozesses, entscheidet sich aber gegen eine weitere kognitive Verarbeitung von ihnen. An dieser Stelle könnte Skimming unterstellt werden.

- (3) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (v), Interpretation (v)
- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (5) Wir bieten vier Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib)
 - (b) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
 - (c) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (6) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

Interpretative Begründung

- (2) *Schnelles Lesen von Textstücken ohne Anfertigung entsprechender Notizen während eines Schreibprozesses*

MAYA liest während eines Schreibprozesses das Textstück mit höherer Geschwindigkeit als beim ersten Durchlauf und fertigt dabei keine Notizen zu dem Textstück an.

- (5b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund von Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen*

Bei der mathematischen Umformung „ $p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha(1 - \frac{1}{p})$ “ wird das Ausklammern eines Terms mit einer Potenz angewendet. Novizen zeigen häufig Schwierigkeiten beim Ausklammern von Termen generell und beim Rechnen mit Potenzen.

- (5c) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mathematischer Umformungen mit Potenzen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (5b) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund von Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen“ von S. 337.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Beobachtung

- (1) MAYA springt von Zeile 5 („ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$,“) zu Zeile 4 („Sind p und q verschiedene Primzahlen, dann ist“).

Interpretation

- (1) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1) „Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen“ von S. 155 ab. MAYA hat Verständnisprobleme mit der Aussage des Beispiels und kehrt zu Textstücken zurück, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen.

(Interpretative) Begründung

- (1) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von für den weiteren Leseverlauf wichtigen Inhalten (hier: Voraussetzung)*

MAYA springt von der Aussage des Beispiels zurück in die Deklaration der beiden Variablen p und q , sie schaut also die Voraussetzung nach.

- (iii) **Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?**

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung

- (i) **Welche Textstellen werden länger fixiert?**

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Aussage (Zeile 5: „ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$ “) des Beispiels 3 am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der Aussage des Beispiels 2 (Zeile 2: „ $p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “) am zweithöchsten.
- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf der letzten Folgerung (Zeile 7: „ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ “) des Beispiels 3 am dritthöchsten.

Text

Die mittlere Fixationsdauer ist auf erklärendem Text vergleichsweise niedrig.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (id),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ih)

(2) Wir bieten sechs Interpretationen an.

- (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ih),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (b) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia)
- (c) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib)

(3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ih),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

(Interpretative) Begründung

(2b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der Begründung (5b) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen*“ von S. 337.

(2c) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mathematischer Umformungen mit Potenzen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der Begründung (5b) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen*“ von S. 337.

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann. Außerdem unterteilen wir den Leseprozess in zwei Durchläufe. Während des ersten Durchlaufs fertigt MAYA keine und während des zweiten Durchlaufs fertigt sie Notizen an.

Formel

- (1) Während des ersten Durchlaufs befinden sich in Zeile 2 auf dem Textstück „ $p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha (1 -$ “ zwei Akkumulationen.
- (2) Während des ersten Durchlaufs befindet sich in Zeile 5 auf dem Textstück „ $= (p - 1)(q - 1)$ “ eine Akkumulation.
- (3) Während des ersten Durchlaufs befindet sich in Zeile 7 auf dem Textstück „ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ “ eine Akkumulation.

Text

- (4) Während des ersten Durchlaufs befindet sich in Zeile 6 auf dem Textstück „denn p von den pq “ eine Akkumulation.
- (5) Während des ersten Durchlaufs befindet sich in Zeile 7 auf dem Textstück „ist durch p “ eine Akkumulation.

Interpretation

- (1) Wir bieten an dieser Stelle vier Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)
 - (b) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
 - (c) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)
- (4) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (5) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)

(Interpretative) Begründung

- (1b) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der Begründung (5b) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen“ von S. 337.

- (1c) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund mathematischer Umformungen mit Potenzen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der Begründung (5b) „(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund Schwierigkeiten bei mathematischen Umformungen mit Potenzen“ von S. 337.

Verteilung der Aufmerksamkeit**(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?****Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 2 („ $\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ “) am höchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 5 („ $\varphi(pq) = (p-1)(q-1)$ “) am zweithöchsten.
- (3) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 7 („teilbar, und durch eine ist durch p und q teilbar, es gilt also $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ “) am dritthöchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)
- (3) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?

Die Aufmerksamkeit ist auf erklärendem Text vergleichsweise niedrig.

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?****Beobachtung**

(1) MAYA kopiert stichpunktartig die Textstücke

„Beispiel 2.“,

$$„\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)“,$$

„Beispiel 3.“,

$$p \neq q,$$

$$„\varphi(pq) = pq - p - q + 1“.$$

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
 siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
 siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?**Beobachtung**

- (1) MAYA generiert ausgehend von dem Textstück „Sind p und q verschiedene Primzahlen“ in Zeile 4

$$„p \neq q“.$$

Interpretation

- (1) Wir bieten drei Interpretationen an:
- (a) siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (i), Interpretation (i)

- (b) *Gefühl von Kompetenz durch Verwendung „typischer“ mathematischer Sprachelemente, hier: verkürzte Formelschreibweise*

MAYA erlebt ein Gefühl von Kompetenz, indem sie einen mathematischen Sachverhalt, der in dem Text durch eine Beschreibung in Textform gegeben ist, durch eine verkürzte Formelschreibweise darstellt.

- (c) *Ersparnis von Schreibarbeit*

MAYA möchte sich Schreibarbeit ersparen und notiert die Inhalte so kurz, wie möglich.

(Interpretative) Begründung

- (1b) *Positives „Lernempfinden“ und Freude*

Gerade zu Beginn des Studiums lässt sich bei Novizen beobachten, dass sie Kurzschreibweisen positiv ansprechen. Das führt teilweise zur Verwendung von Quantoren, wie $\forall$ oder $\exists$ in mathematischen Fließtexten. An dieser Stelle unterstellen wir, dass auch ein (positives) „Lernempfinden“ mit diesem Verhalten verbunden ist. MAYA hat also Freude daran, Kurzschreibweisen zu verwenden.

- (1c) *An dieser Stelle können wir keine Begründung angeben.*

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.3.5 Folie 4 – Satz & Beweisbeginn

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 4 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MAYA auf Folie 4 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Bei der Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms sehen wir, dass sich auf Folie 4 außer auf den Zeilen 6 und 8 auf dem gesamten restlichen Text Blickbewegungen befinden. Diese decken den gesamten Wertebereich jeder dieser Zeilen ab. Wir unterteilen die Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms von MAYA in Bezug auf den Leseprozess auf Folie 4 in zwei aufeinanderfolgende Prozesse. Bei dem ersten Lesedurchlauf fertigt MAYA keine Notizen an, beim zweiten Durchlauf kopiert sie Textstücke. Die Trennung der beiden Prozesse (mit und ohne

Anfertigung von Notizen) ist in der Kenngrößen-Tabelle durch eine horizontale Doppellinie gekennzeichnet.

Wir ziehen die erste und die vierte liberale Vorwärtstrendlinie während des ausschließlichen Leseprozesses zur Interpretation heran und kennzeichnen diese als echte Trendlinien. Die liberalen Vorwärtstrendlinien decken den gesamten Wertebereich außer den von den Zeilen 6 und 8 vollständig ab. Auffällig ist, dass nach der ersten liberalen Vorwärtstrendlinie bis zur Mitte von Zeile 3 die nächste Vorwärtstrendlinie beim Anfang von Zeile 2 beginnt. Dann finden wir einige parallele Trendlinienteilstücke, wobei man im Vergleich mit dem Blickbewegungen-Diagramm sieht, dass die dritte liberale Vorwärtstrendlinie nur aufgrund einer einzigen Fixation in der Mitte der vorigen (zweiten) Trendlinie beginnt. Wir ziehen also nur die Überschneidung der dritten und vierten liberalen Vorwärtstrendlinie zur Interpretation heran.

Auffällig ist außerdem die letzte liberale Vorwärtstrendlinie im Leseprozess auf Zeile 2. Ziehen wir das Blickbewegungen-Diagramm heran, so erkennen wir nach dem Lesen des gesamten Textes einen weiteren Leseprozess, der wieder in der ersten Zeile beginnt. Dabei erkennt man eine Akkumulation in der ersten Zeile und eine Trendlinie in der zweiten. Außerdem sind einige Blickbewegungen auf die Zeilen 3, 4, 5 und 7 verteilt. Auch diese Größen zeichnen wir als echte Kenngrößen aus.

Bemerkenswerterweise ist das Diagramm der strengen Vorwärtstrendlinien ähnlich dem der liberalen Trendlinien. Wir ziehen auch die strengen Vorwärtstrendlinien als echte Kenngrößen heran. An dieser Stelle sei bemerkt, dass strenge Vorwärtstrendlinien in einer Akkumulation nicht erlaubt sind. Gerade in der Zeile 3 häufen sich Fixationen, welche aber innerhalb mehrerer strenger Vorwärtstrendlinien liegen. Also wird an dieser Stelle keine Akkumulation angezeigt. Wir ziehen insgesamt die drei Akkumulationen in der ersten Zeile, und jeweils die Akkumulation in Zeile 2, Zeile 4, Zeile 5, Zeile 7 und Zeile 9 als Kenngröße heran.

MAYA fertigt Notizen ausschließlich zur ersten Zeile dieser Folie an. Sie schreibt „Satz 1“ und die Behauptung des Satzes „ $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$ “ ab, wobei sie dieser ein „Zz“ (zu zeigen) voranstellt. Es befinden sich dabei vermehrt Blickbewegungen auf der ersten Zeile und vereinzelt auf der zweiten. Die einzelnen Fixationen interpretieren wir.

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut zwischen 0 % und 22,5 %. Sie ist am höchsten auf Zeile 7 gefolgt von Zeile 5 (18,4 %) und Zeile 4 (12,6 %). Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Tabelle 6.36: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 4

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	1	408 - 409
AKK-sVTL-AKK	1	409 - 417
IVTL	2 - 3	410 - 418
AKK	2	418 - 420
sVTL-sVTL _w -sVTL _w -sVTL _w	2 - 4	423 - 432
IVTL	2 - 4	425 - 432
sVTL	4	433 - 434
AKK-sVTL	4 - 5	435 - 441
AKK	5	443 - 444
AKK-sVTL	7	445 - 451
sVTL-AKK _w	9	451 - 455
einzelne Fixationen	2	455 - 456
AKK	1	456 - 457
sVTL	2	459 - 460
spaltenweises Lesen	3 - 6	467 - 469
einzelne Fixationen	1	484 - 511
einzelne Fixationen	1 & 2	511 - 514

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer streut zwischen 0 % und 29,5 %. Dabei ist sie am höchsten auf der 1. Zeile. Auf Zeile 2 beträgt sie 14,9 % und auf Zeile 5 beträgt sie 14 %.

Zum Engagement. MAYA fertigt beim Lesen von Folie 4 Notizen an.

Mündliche Aussagen. MAYA fragt nach, ob sie die zweite Seite des bereitgestellten Notizblocks verwenden kann und kommentiert ihr Leseverhalten, indem sie mitteilt, dass sie die Seite durchgelesen und sich Notizen gemacht hat.

Reflektierende Interpretation. Die Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 4 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten

Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MAYA mit den Inhalten auf Folie 4 umgeht.

Tabelle 6.37: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin MAYA – Folie 4

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018)	<i>nicht vorhanden</i>
		zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes	<i>nicht vorhanden</i>
		weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	Z. 2 - 3 (410 - 418 s), Z. 2 - 4 (425 - 432 s)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
		lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	zeilenweise mit Regressionen Z. 3 - 9 (421 - 455 s)
	Regressionen	spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Spalte 2 von Z. 5 und 7, (460 s), Spalte 2 von Z. 3 - 6 (467 - 469 s)
		mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 (408 s, 456 s, 484 s), Z. 2 (417 s, 425 s, 458 s) lokal: Z. 1 (456 s, 458 s) & (497 s, 500 s, 502 s), Z. 2 - 3 (417 s, 423 s), Z. 3 (429 s, 430 s) Z. 4 (433 s, 435 s) Z. 5 (439 s, 443 s) Z. 9 (451 s, 453 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen weitere Textsprünge	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i>

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
kg. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 7 (22,5 %), Z. 5 (18,4 %), Z. 4 (12,6 %) Akkumulationen: Z. 1 (3), Z. 4 (1), Z. 5 (1), Z. 7 (1), Z. 9 (1) Akkumulationen: Z. 2 (1)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	
Vtlg. d. Afm. sk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen	Z. 1 (29,5 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln	Z. 1 (29,5 %), Z. 5 (14 %)
	vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	Z. 2 (14,9 %)
Enga- gement	Kopieren von Text	Z. 1 („Satz 1“, „Zz: $\varphi(a, b) = \varphi(a)\varphi(b)$ “)
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
	Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten.

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Beobachtung

(1) MAYA liest die Zeilen 2 - 3 („*Beweis*. Wir denken uns die Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck angeordnet: 1 2 ...“) zusammenhängend linear durch.

(2) MAYA liest die Zeilen 2 - 4

(„Rechteck angeordnet:

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & & 2 & \dots & t & \dots & b \\ b+1 & & & & & & \end{array}$$

zusammenhängend (zeilenweise) linear durch.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iii), Interpretation (iiib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb)
- (2) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iii), Interpretation (iiib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd)

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?**Beobachtung**

- (1) MAYA liest von Zeile 3, also von der ersten Zeile der Tabelle, das Textstück „1 2 ... t“ zeilenweise.
- (2) MAYA liest Zeile 4, also die zweite Zeile der Tabelle („ $b+1$ $b+2$... $b+t$... $2b$ “), zeilenweise.
- (3) MAYA liest Zeile 5, also die dritte Zeile der Tabelle („ $2b+1$ $2b+2$... $2b+t$... $3b$ “), zeilenweise.
- (4) MAYA liest Zeile 7, also die fünfte Zeile der Tabelle („ $sb+1$ $sb+2$... $sb+t$... $(s+1)b$ “), zeilenweise.
- (5) MAYA liest Zeile 9, also die siebte Zeile der Tabelle („ $(a-1)b+1$ $(a-1)b+2$... $(a-1)b+t$... ab “), zeilenweise.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viid)
- (2) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viid),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viie)

- (3) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viia),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viid),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viie)
- (4) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viia),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viid),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viie)
- (5) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viia),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viid),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viie)

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Beobachtung

- (1) MAYA liest innerhalb der Tabelle in Spalte 2 den dritten Eintrag „ $2b + 2$ “ und den fünften Eintrag „ $s b + 2$ “ spaltenweise.
- (2) MAYA liest innerhalb der Tabelle in Spalte 2 den ersten Eintrag „2“, den zweiten Eintrag „ $b + 2$ “, den dritten Eintrag „ $2b + 2$ “ und den vierten Eintrag „ $\therefore$ “ spaltenweise.

Interpretation

- (1) Wir bieten drei Interpretationen an.
 - (a) *Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*
Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1b) „Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)“ von S. 276 leicht ab.
MAYA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann einen konkreten Stolperstein benennen. MAYA möchte durch spaltenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

- (b) *Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein)*

Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1c) „*Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)*“ von S. 276 leicht ab.

MAYA befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Sie kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. MAYA möchte durch spaltenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen.

- (c) *Bekannte Lesetechnik aus der Schule*

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1d) „*Bekannte Lesetechnik aus der Schule*“ von S. 276.

- (2) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
 siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vi), Interpretation (vib),
 siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vi), Interpretation (vic)

(Interpretative) Begründung

- (1a) *(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund spezieller Darstellungen mathematischer (Zahlen-)Mengen*

Wir wandeln an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund spezieller Darstellungen mathematischer (Zahlen-)Mengen*“ von S. 277 ab.

Die Darstellung der Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck ist ohne Anfertigung eines Zahlenbeispiels für einen Novizen eher schwer verständlich. Gerade die Rollen der Variablen s und t samt der in der jeweiligen Spalte stehenden entsprechenden Faktorzerlegung sind nicht unbedingt offensichtlich. Eventuell stoßen Novizen innerhalb der Tabelle auf Stolpersteine und versuchen durch spaltenweises Lesen zu mehr Verständnis zu gelangen.

- (1b) *(Nicht unbedingt benennbarer) Stolperstein beispielsweise aufgrund spezieller Darstellungen mathematischer (Zahlen-)Mengen*

Die potentiellen mathematischen Schwierigkeiten sind die gleichen wie in der obigen Begründung (1a) „*(Benennbarer) Stolperstein beispielsweise*

aufgrund spezieller Darstellungen mathematischer (Zahlen-)Mengen“ von S. 352.

(1c) *Verwendung bekannter Lesetechniken*

Wir wandeln an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1d) „*Verwendung bekannter Lesetechniken*“ von S. 277 leicht ab.

In der Schule werden Tabellen häufig spaltenweise gelesen und auch aufgeschrieben. Somit sind Novizen mit dieser Lesetechnik vertraut.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können globale und lokale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) MAYA liest von Zeile 1 das Textstück „Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist“ dreimal und beim dritten Mal schneller als bei den ersten beiden Malen durch. Der dritte Durchlauf ist ein Schreibprozess. Während des dritten Durchlaufs fertigt MAYA zu diesem Textstück keine Notizen an.
- (2) MAYA liest von Zeile 2 das Textstück „Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck angeordnet“ dreimal und beim dritten Mal schneller als bei den ersten beiden Malen durch. Der dritte Durchlauf ist ein Schreibprozess. Während des dritten Durchlaufs fertigt MAYA zu diesem Textstück keine Notizen an.

lokal

- (4) MAYA liest von Zeile 1 das Textstück „ $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ zweimal.
- (5) MAYA liest von Zeile 1 das Textstück „ $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$ “ dreimal.
- (6) MAYA liest von den Zeilen 2 - 3 das Textstück „*Beweis*. Wir denken uns die Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck angeordnet: 1 2 ...“ zweimal.
- (7) MAYA liest von Zeile 3 das Textstück „... t ... b “ einmal vorwärts, danach rückwärts und dann nochmal vorwärts.

- (8) MAYA liest von Zeile 4 das Textstück „ $b+2 \quad \dots \quad b+t \quad \dots \quad 2b$ “ einmal vorwärts und dann rückwärts.
- (9) MAYA liest von Zeile 5 das Textstück „ $2b+2 \quad \dots \quad 2b+t$ “ zweimal.
- (10) MAYA liest von Zeile 9 das Textstück „ $(a-1)b+1 \quad (a-1)b+2 \quad \dots$ “ zweimal.

Interpretation

- (1) Wir bieten vier Interpretationen an.
- (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib)
 - (b) *Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*
Wir wandeln an dieser Stelle die Interpretation (1) „*Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen*“ von S. 155 leicht ab.
MAYA kehrt zur Voraussetzung des Satzes zurück, um sich die für den weiteren Verlauf wichtigen Inhalte (an dieser Stelle $\text{ggT}(a, b) = 1$), in Erinnerung zu rufen und/oder einzuprägen.
- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vic)
- (3) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (5) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (6) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

- (7) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (8) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (9) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(Interpretative) Begründung

- (1b) *Kompetenz in Priorisierung von Textstücken und Memorieren von für den weiteren Leseverlauf wichtigen Inhalten (hier: Voraussetzung)*

Ein Novize könnte Schwierigkeiten haben die Voraussetzung „ $ggT(a, b) = 1$ “ in voller Gänze zu verstehen. Sowohl der Begriff an sich als auch die Rolle als Voraussetzung könnten Schwierigkeiten bereiten. In der Schule werden häufig Voraussetzungen stillschweigend hingenommen oder eher wenig thematisiert. Dennoch kann auch ein Novize in der Hälfte des ersten Semesters, eine gewisse Bedeutung von Voraussetzungen erahnen.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?

Es lassen sich keine weiteren Textsprünge beobachten.

Kognitive Anstrengung

(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine höhere Fixationsdauer festgestellt werden kann.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf dem Textstück „ $s b + t \quad \dots \quad (s + 1)b$ “ von Zeile 7 am höchsten.

- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 5 auf dem Textstück „ $2b+1 \quad 2b+2$ “ am zweithöchsten.
- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf dem Textstück „ $b+t \quad \dots \quad 2b$ “ von Zeile 4 am dritthöchsten.

Text

Die mittlere Fixationsdauer ist auf erklärendem Text vergleichsweise niedrig.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if)
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if)

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann. Außerdem unterteilen wir den Leseprozess in zwei Durchläufe. Während des ersten Durchlaufs fertigt MAYA keine und während des zweiten Durchlaufs fertigt sie Notizen an.

Formel

- (1) Während des ersten Durchlaufs befinden sich auf der Voraussetzung von Satz 1 (Zeile 1: „ $\text{ggT}(a, b) = 1$ “) zwei Akkumulationen.
- (2) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf der Aussage von Satz 1 (Zeile 1: „ $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$ “) eine Akkumulation.

- (3) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 4 auf dem Textstück „ $b+2 \quad \dots \quad b+t \quad 2b$ “ eine Akkumulation. Diese entsteht aufgrund einer Rückwärtstrendlinie.
- (4) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 5 auf dem Textstück „ $\dots \quad 2b+t \quad 3b$ “ eine Akkumulation.
- (5) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 7 auf dem Textstück „ $sb+1 \quad sb+2 \quad \dots$ “ eine Akkumulation.
- (6) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 9 („ $(a-1)b+1 \quad (a-1)b+2 \quad \dots \quad (a-1)b+t \quad ab$ “) eine Akkumulation.

Text

- (7) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 2 auf dem Textstück „Zahlen zwischen 1 und ab “ eine Akkumulation.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (iva),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (4) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)

- (5) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (6) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (7) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)

Verteilung der Aufmerksamkeit

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 1 („Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$.“) am höchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 5 („ $2b + 2 \dots 2b + t \quad 3b$ “) am dritthöchsten.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
 siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 2 („Beweis. Wir denken uns die Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck angeordnet:“) am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement

(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?

Beobachtung

- (1) MAYA kopiert stichpunktartig die Textstücke

„Satz 1“

„Zz: $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$ “.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iic),
siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (iv), Interpretation (iva)

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

6.3.6 Folie 5 – Beweis

Folie 5 wurde zweispaltig präsentiert. Inhaltlich wird auf dieser Folie der Beweis von Folie 4 weitergeführt. Zum weiteren Nachvollziehen des Beweises auf Folie 5 ist es nötig, die Inhalte von Folie 4 präsent zu haben. Wir gehen davon aus, dass Leser diese Inhalte nicht im Kopf behalten. Deshalb haben wir Folie 4 in der linken Spalte von Folie 5 nochmals abgebildet. Dabei wurde die gesamte Folie skaliert und wird somit verkleinert angezeigt. Außerdem haben wir aus Platzgründen einen zusätzlichen Zeilenumbruch in Zeile 2 vorgenommen und die aus ursprünglich 9 Zeilen bestehende Folie 4 steht nun mit 10 Zeilen auf Folie 5. In der rechten Spalte von Folie 5 steht in normaler Schriftgröße die Weiterführung des Beweises bis zum Beweisende. Dieser besteht aus 8 Zeilen. Dementsprechend finden wir im Diagramm zu Folie 5 in den Zeilen 1 bis 10 diejenigen Blickbewegungen, die auf der linken Spalte, also auf dem nochmals abgedruckten Text von

Folie 4, stattfinden. In den Zeilen 11 bis 18 werden diejenigen Blickbewegungen abgebildet, die auf der rechten Spalte, also auf dem Text, der den Beweis fortsetzt, aufgezeichnet wurden.

Formulierende Interpretation

Zur Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 5 werden zunächst die entsprechenden Kenngrößen bestimmt. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *was*, also welche Inhalte, MAYA auf Folie 5 liest.

Verteilung der Blickbewegungen und Benennung der Kenngrößen. Wir unterteilen die Betrachtung des Blickbewegungen-Diagramms von MAYA in Bezug auf den Leseprozess auf Folie 5 in zwei aufeinanderfolgende Prozesse. Bei dem ersten Lesedurchlauf fertigt MAYA keine Notizen an, beim zweiten Durchlauf kopiert sie Textstücke. Die Trennung der beiden Prozesse (mit und ohne Anfertigung von Notizen) ist in der Kenngrößen-Tabelle durch eine horizontale Doppellinie gekennzeichnet.

Zunächst halten wir fest, dass der Leseprozess bei 679 s endet, wo die Probandin äußert „Okay, ich bin fertig mit lesen“.

Wir unterteilen das Diagramm. Wie oben beschrieben, wird die linke Spalte der Folie 5 in den Zeilen 1 bis 10 und die rechte Spalte in den Zeilen 11 bis 18 abgebildet. Der Haupttext steht in der rechten Spalte und wir gehen davon aus, dass die bereits gelesenen Inhalte der linken Spalte eher durch Nachschauen Beachtung finden.

In den Zeilen 11 bis 18 decken die Blickbewegungen den gesamten Wertebereich ab. Es wird keine Zeile ausgelassen.

Wir ignorieren die anfänglichen Blickbewegungen in den Zeilen 1, 5, 10, 11 und 14. Unserer Meinung nach dienen diese dazu, sich auf der Folie zurechtzufinden. Dabei stellt die Probandin wahrscheinlich fest, dass sie die linke Spalte der Folie bereits kennt und startet dann den eigentlichen Leseprozess auf der rechten Spalte mit der Zeile 11.

Auffällig ist, dass es zunächst einen kompletten Durchlauf durch alle Zeilen 11 bis 18 gibt. Allerdings ist dieser nicht linear. Wir finden Unterbrechungen, in denen Fixationswolken auf den Zeilen 4 bis 10 zu sehen sind.

Dann startet ein zweiter Durchlauf durch den Beweis auf Zeile 11. Er endet beim Anfang von Zeile 16. Dieser verläuft quasilinear von Zeile 11 bis Zeile 14 (liberale Vorwärtstrendlinien) mit zwei Unterbrechungen und damit einhergehenden Fixationen auf den Zeilen 4 bis 10. Er endet mit einzelnen Blickbewegungen auf den Zeilen 15 und 16.

Wir ziehen an dieser Stelle zur Interpretation des Leseverlaufs das Diagramm „Strenge Vorwärtstrendlinien & Akkumulationen“ heran und kennzeichnen die

dort abgebildeten Trendlinien und Akkumulationen als echte Kenngrößen. An dieser Stelle betrachten wir die liberalen Trendlinien lediglich unterstützend, da deren Diagramm dem der strengen Trendlinien mit den Akkumulationen sehr ähnelt. Des Weiteren betrachten wir im Blickbewegungen-Diagramm die isoliert liegenden Punkte auf den Zeilen 4 bis 10.

Ab Zeile 14 fallen die Wechsel zwischen strengen Vorwärtstrendlinien und Akkumulationen auf. Betrachten wir an dieser Stelle die in Zeile 14 abgebildeten Blickbewegungen. Diese erscheinen fast parallel zur x -Achse. Angezeigt werden sie durch die Akkumulation auf dieser Zeile. Hier haben wir die Situation, dass eine Akkumulation zwar eine Häufung von Blickbewegungen anzeigt, aber die Fläche des Rechtecks (Akkumulation) kleiner ist als die Umgebung, in der die zu interpretierenden Fixationen liegen. Insgesamt ziehen wir ohne Betrachtung des Schreibprozesses die beiden Akkumulationen auf Zeile 11, die drei Akkumulationen auf Zeile 12, die Akkumulation auf Zeile 14, die drei Akkumulationen auf Zeile 15, die Akkumulation auf Zeile 16 und die beiden Akkumulationen auf Zeile 17 zur Interpretation heran.

MAYA fertigt Notizen an und schreibt dabei Teile aus dem Text ab. Genauer gesagt notiert sie die Formeln aus den Zeilen 14 bis 16. Sie lässt dabei die Verbindungswörter („folgt“, „also“, „und damit auch“) zwischen den Formeln weg und schreibt die Formeln untereinander. Lediglich „und damit auch“ ersetzt sie durch einen Folgepfeil, wobei sie hier die Voraussetzung und Folgerung in einer Zeile, also nicht untereinander, notiert. In ihren Notizen fehlt in der ursprünglichen Formel „ $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ der Zusatz „ $\pmod{a}$ “. Während des Schreibprozesses zeichnen wir die Akkumulation auf Zeile 15 als Kenngröße aus.

Betrachten wir aus globaler Sicht den gesamten Leseverlauf, so erkennen wir zwei fast komplette Durchläufe durch die rechte Spalte von Folie 5. Der erste Durchlauf ist komplett, beim zweiten wird die kurze letzte Zeile weggelassen.

Tabelle 6.38: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	1	520
einzelne Fixationen	11	521
einzelne Fixationen	1	523
lib. VTL-AKK	11	524 - 532
spaltenweises Lesen (rückw.)	4 - 1	532 - 533
einzelne Fixationen	4, 5, 6	533 - 537

Tabelle 6.39: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
AKK	12	539 - 541
einzelne Fixationen	4 & 5	542 - 543
sVTL	12 - 13	544 - 548
einzelne Fixationen	14	548 - 550
einzelne Fixationen	8	551 - 554
AKK	14	554 - 558
AKK-sVTL _w -AKK _w -sVTL-sVTL-AKK-sVTL-AKK-sVTL	15 - 18	560 - 591
einzelne Fixationen	9 - 10	593 - 595
IVTL	11 - 12	593 - 600
AKK-sVTL	11	595 - 600
einzelne Fixationen	4 & 5	601 - 602
einzelne Fixationen	1 & 2	602 - 604
IVTL	11 - 12	603 - 610
AKK-sVTL	11 - 12	604 - 607
einzelne Fixationen	12	607 - 609
einzelne Fixationen	5 & 6	609 - 612
einzelne Fixationen	8	612
AKK-sVTL-sVTL	12 - 13	613 - 616
IVTL	12 - 14	613 - 618
einzelne Fixationen	13 - 16	617 - 620
einzelne Fixationen	11, 12, 14	620 - 623
einzelne Fixationen	14	635 - 640
einzelne Fixationen	15	640 - 643
AKK	15	646 - 648
sVTL	15	649 - 651

Tabelle 6.40: Kenngrößen der Novizin MAYA – Folie 5

Kenngröße	Zeile	Zeitraum in s
einzelne Fixationen	15	653 - 654
sVTL	15	658 - 659
einzelne Fixationen	16	663 - 670
IVTL	16 - 17	672 - 676

Zur kognitiven Anstrengung. Die mittlere Fixationsdauer streut auf den Zeilen 11 - 18 zwischen 4,9 % und 8,3 %. Dabei ist sie auf den Zeilen 14, 18 (8,2 %) und 15 (7,8 %) am höchsten.

Akkumulationen, die wir zur Interpretation höherer kognitiver Anstrengung heranziehen, entsprechen denjenigen, die wir bereits in der vorigen Beschreibung gekennzeichnet haben.

Zur Verteilung der Aufmerksamkeit. Die relative Verweildauer ist auf den Zeilen 14 (26,2 %), 15 (15,1 %) und 16 (9,9 %) am höchsten. Sie streut auf den Zeilen 11 - 18 zwischen 2,2 % und 26,2 %.

Zum Engagement. MAYA fertigt beim Lesen von Folie 5 Notizen an.

Mündliche Aussagen. MAYA kommentiert ihr Leseverhalten, indem sie mitteilt, dass sie fertig ist.

Reflektierende Interpretation

Die Analyse der Blickbewegungen von MAYA auf Folie 5 wird nun vertieft. Wir benennen Beobachtungen der ausgewählten Merkmale (siehe Tabelle 5.3) in einer entsprechenden Tabelle und interpretieren die beobachteten Größen anhand formulierter Leitfragen (siehe Abschnitt 5.4). Dazu geben wir Beobachtungen, entsprechende Vorschläge für Interpretationen und (interpretative) Begründungen an. Wir ermitteln somit in diesem Abschnitt, *wie* MAYA mit den Inhalten auf Folie 5 umgeht.

Tabelle 6.41: Zur Analyse von Blickbewegungen und Notizen der Novizin MAYA – Folie 5

		Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
Reihenfolge von Leseprozessen	Beginn	Skimming-Strategie nach Inglis u. Alcock (2018) zu Beginn: Lineares Durchlesen des gesamten Textes weiterer Durchlauf unter Anfertigung von Notizen	<i>nicht vorhanden</i> <i>nicht vorhanden</i> <i>für die Z. 14 - 19 vorhanden</i>
	Lineares Lesen	lineares Lesen über mehrere Zeilen	lib. VTL.: (561 s, 15) - (591 s, 18)
		ausschließlich lineares Lesen von Textstücken	<i>nicht vorhanden</i>
	Regressionen	lineares zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	Z. 5 (535 - 537 s) & (602 - 604 s), Z. 8 (rückwärts) (612 - 613 s)
		spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix	<i>nicht vorhanden</i>
		mehrfaches Lesen desselben Textstücks	global: Z. 1 (520 s, 603 s), Z. 5 (533 s, 602 s), Z. 6 (534 s, 610 s), Z. 8 (551 s, 612 s), Z. 11 (524 s, 595 s), Z. 12 (530 s, 605 s), Z. 13 (545 s, 614 s), Z. 14 (548 s, 616 s), Z. 15 (560 s, 618 s), Z. 16 - 17 (572 s, 663 s), Z. 14 - 16 (548 s, 620 s) lokal: Z. 1 (520 s, 523 s), Z. 5 (535 s, 542 s) & (602 s, 610 s) Z. 11 (595 s, 604 s), Z. 12 (530 s, 539 s), Z. 14 (616 s, 625 s), Z. 15 (618 s, 640 s, 646 s) & (650 s, 653 s) & (658 s, 659 s) Z. (663 s, 672 s)
		Nachschauen von vorherigen Textbausteinen	<i>nicht vorhanden</i>

	Beobachtungen während des Leseprozesses	Charakterisierung der Textstelle
	weitere Textsprünge	von Z. 12 (539 s) „Spalten“ zu Z. 4 - 6, von Z. 14 (550 s & 552 s & 558 s) „ $s_1 b + t$ “ zu Z. 10 - 8, von Z. 11 (601 s) „also alle“ zu Z. 4 - 5, von Z. 12 (609 s) „Spalten“ zu Z. 5 - 6
kgn. Anst.	höhere kognitive Anstrengung bei Formeln	Fixationsdauer: Z. 14 (8,3 %), Z. 15 (7,8 %) Akkumulationen: Z. 14 (1), Z. 15 (2), Z. 15 - 16 (1), Z. 17 (1)
	höhere kognitive Anstrengung bei Text	Fixationsdauer: Z. 18 (8,2 %) Akkumulationen: Z. 11 (1), Z. 11 - 12 (1), Z. 12 (3), Z. 16 - 17 (1)
Vtlg. d. Afmsk.	vermehrt Aufmerksamkeit bei Notizen vermehrt Aufmerksamkeit auf Formeln vermehrt Aufmerksamkeit auf Text	Z. 14 (26,2 %), Z. 15 (15,1 %), Z. 16 (9,9 %), Z. 14 (26,2 %), Z. 15 (15,1 %) Z. 16 (9,9 %)
Engagement	Kopieren von Text	Z. 14 „ $s_1 b + 1 \equiv s_2 b + t \pmod{a}$ “, Z. 15 „ $s_1 b \equiv s_2 b, s_1 \equiv s_2, 0 \leq$ “, Z. 16 „ $s_1, s_2 \leq a \Rightarrow s_1 = s_2$ “
	Generierung von eigenen Kommentaren (Beispiele, ...)	<i>nicht vorhanden</i>
	Konzentration auf weitere Ressourcen	<i>nicht vorhanden</i>

Reihenfolge des Leseprozesses

Globale Herangehensweise

(i) Welche globale Herangehensweise ist zu Beginn des Leseprozesses erkennbar?

Es ist keine globale Herangehensweise erkennbar.

(ii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten?

Es lassen sich keine Besonderheiten beim ersten Lesedurchlauf durch den gesamten Text beobachten.

(iii) Welche Besonderheiten (beispielsweise Notizen) lassen sich bei mehreren Lesedurchläufen durch den gesamten Text beobachten?

Beobachtung

(1) MAYA geht die Folien 11 bis 18 ein zweites Mal innerhalb von 83 s komplett durch. Dabei fertigt sie aus den Zeilen 14 bis 18 Notizen an.

Interpretation (und interpretative Begründung)

(1) siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.4, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)

Lineares Lesen von Textstücken insbesondere auch von Textstücken aus Tabellen und Matrizen

(i) Welche Textstücke, die über mehrere Zeilen reichen, liest der Proband linear durch?

Beobachtung

(1) MAYA liest die Zeilen 15 - 18 innerhalb von 30 s zusammenhängend linear durch.

Interpretation

- (1) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iii), Interpretation (iiia),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iii), Interpretation (iiib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd)

(ii) Welche Textstücke liest der Proband genau einmal linear durch?

Es werden keine Textstücke genau einmal linear durchgelesen.

(iii) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Zeilen einer Tabelle oder Matrix?**Beobachtung**

- (1) MAYA liest Zeile 5 („ $2b + 1 \quad 2b + 2 \quad \dots \quad 2b + t \quad 3b$ “) zeilenweise.
(2) MAYA liest von Zeile 8 das Textstück
„ $s b + 2 \quad \dots \quad s b + t \quad \dots \quad (s + 1)b$ “ zeilenweise.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiia),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiic),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiid)
(2) siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiia),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiib),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiic),
siehe Tabelle 7.6, Beobachtung (vii), Interpretation (viiid)

(iv) Welches Verhalten zeigt der Proband beim Lesen der Spalten einer Tabelle oder Matrix?

Die Tabelle wird nicht spaltenweise gelesen.

Regressionen und deren Auswirkungen auf den Leseverlauf

(i) Welche Textstücke werden mehrfach gelesen?

Beobachtung

Wir können lokale und globale Lesewiederholungen desselben Textstücks beobachten.

global

- (1) MAYA liest von Zeile 1 das Textstück „ $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ zweimal.
- (2) MAYA liest Zeile 5 („ $2b + 1 \quad 2b + 2 \quad \dots \quad 2b + t \quad 3b$ “) zweimal.
- (3) MAYA liest von Zeile 6 und Zeile 8 die vertikalen Pünktchen jeweils zweimal.
- (4) MAYA liest Zeile 11 das („Nun streichen wir alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle“) zweimal.
- (5) MAYA liest von Zeile 12 das Textstück „teilerfremde Zahlen. Es bleiben“ dreimal.
- (6) MAYA liest von Zeile 13 das Textstück „enthält aus jeder Restklasse $\bmod a$ genau einen Vertreter, denn aus“ zweimal.
- (7) MAYA liest Zeile 14 („ $s_1 b + t \equiv s_2 b + t \bmod a$ “) zweimal.
- (8) MAYA liest von Zeile 15 das Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \bmod a$ “ zweimal.
- (9) MAYA liest von den Zeilen 16 - 17 das Textstück „ $s_1, s_2 \leq a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremde Zahlen. Insgesamt gibt es daher $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a und zu b (also zu ab) teilerfremde Zahlen“ zweimal.
- (10) Der in Tabelle 6.41 unter dem Merkmal *mehrfaches Lesen desselben Textstücks* genannte Eintrag „(548 s, 620 s)“ in Bezug auf die Zeilen 14 - 16 entsteht, da MAYA einen weiteren Lesedurchlauf durch den Text unternimmt, bei welchem sie Notizen anfertigt. Die Lesewiederholung tritt also dadurch auf, dass MAYA den Text zum wiederholten Mal durchgeht. Diese interpretieren wir nicht unter dem momentanen Merkmal *Regression* wohl aber unter dem Merkmal *Engagement*.

lokal

- (11) MAYA liest von Zeile 1 das Textstück „Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ zweimal.

- (12) MAYA liest von Zeile 5 das Textstück „ $2b + 1 \quad 2b + 2$ “ zweimal.
- (13) MAYA liest von Zeile 11 das Textstück „einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle“ zweimal.
- (14) MAYA liest von Zeile 12 das Textstück „ b teilerfremden Zahlen. Es bleiben“ zweimal.
- (15) MAYA liest Zeile 14 („ $s_1 b + t \equiv s_2 b + t \pmod{a}$ “) zweimal.
- (16) MAYA liest von Zeile 15 das Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \pmod{a}$ “ zweimal.
- (17) MAYA liest von Zeile 15 das Textstück „wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ “ zweimal.
- (18) MAYA liest von Zeile 15 das Textstück „einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle“ zweimal.
- (19) MAYA liest von Zeile 15 das Textstück „also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $1 \leq$ “ zweimal.
- (20) MAYA liest Zeile 16 („ $s_1, s_2 \leq a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfrem-“) zweimal.

Interpretation

- (1) Wir bieten vier Interpretationen an.
 - (a) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (v), Interpretation (v),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib)
 - (b) *Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“*
Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (1a) „*Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“*“ von S. 248.
- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (v), Interpretation (v),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ix), Interpretation (ix)

- (3) *Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*
Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Interpretation (2) „*Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden*“ von S. 238.
- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (v), Interpretation (v),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ix), Interpretation (ix)
- (5) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (v), Interpretation (v),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ix), Interpretation (ix)
- (6) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (v), Interpretation (v),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (via),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (vi), Interpretation (vib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (ix), Interpretation (ix)
- (7) Die Lesewiederholungen entstehen durch den Schreibprozess und werden nicht weiter interpretiert.
- (8) Die Lesewiederholungen entstehen durch den Schreibprozess und werden nicht weiter interpretiert.
- (9) Die Lesewiederholungen entstehen durch den Schreibprozess und werden nicht weiter interpretiert.
- (10) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (11) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia)

- (12) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (13) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (14) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (15) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (16) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (17) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (18) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)
- (19) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (ic),
siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (i), Interpretation (id)

(Interpretative) Begründung**(1b) Verwendung bekannter Lesetechniken**

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1a) „Verwendung bekannter Lesetechniken“ von S. 305.

(3) Keine kognitive Verarbeitung aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung

Wir verwenden an dieser Stelle die Begründung (2) „Keine kognitive Verarbeitung aufgrund Konzentrationsmangels oder Überforderung“ von S. 238.

(ii) Welche vorherigen Textstücke schaut der Proband nach?

Es werden keine vorherigen Textstücke nachgeschaut.

(iii) Welche weiteren Textsprünge, die nicht unter den Punkten (i) und (ii) erfasst werden, lassen sich beobachten?**Beobachtung**

- (1) MAYA springt von der Textstelle „Spalten“ in Zeile 12 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 4 bis 6. Sie liest auf Zeile 4 das Textstück „1 2“, auf Zeile 5 das Textstück „ $b + 1 \quad b + 2 \quad \dots \quad b + t \quad \dots \quad 2b$ “ und auf Zeile 6 das Textstück „ $2b + 1 \quad 2b + 2 \quad \dots \quad 2b + t \quad \dots \quad 3b$ “.
- (2) MAYA springt von dem Textstück „ $s_1 b + t$ “ in Zeile 14 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 8 und 10. Sie liest auf Zeile 10 den Eintrag „ $(a - 1)b + 2$ “ und auf Zeile 8 den Eintrag „ $sb + 2$ “.
- (3) MAYA springt von dem Textstück „also alle“ in Zeile 11 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 4 und 5. Sie liest auf Zeile 4 das Textstück „1 2“ und auf Zeile 5 die Textstücke „ $b + 1 \quad b + 2$ “ und „ $2b$ “.
- (4) MAYA springt von der Textstelle „Spalten“ in Zeile 12 auf die zusätzlich links abgedruckte Folie 4, auf der sich die Tabelle befindet, in die Zeilen 5 und 6. Sie liest auf Zeile 5 das Textstück „ $b + 1 \quad b + 2$ “ und die Zeile 6 („ $2b + 1 \quad 2b + 2 \quad \dots \quad 2b + t \quad \dots \quad 3b$ “).

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (viii), Interpretation (viii)
- (2) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (viii), Interpretation (viii)
- (3) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (viii), Interpretation (viii)
- (4) siehe Tabelle 7.8, Beobachtung (viii), Interpretation (viii)

Kognitive Anstrengung**(i) Welche Textstellen werden länger fixiert?****Beobachtung**

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) die mittlere Fixationsdauer relativ hoch ist.

Formel

- (1) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 14 („ $s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a}$ “) am höchsten.
- (2) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 15 auf den Textstücken „folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$ “ und „also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ “ am dritthöchsten.

Text

- (3) Die mittlere Fixationsdauer ist auf Zeile 18 („zwischen 1 und ab .“) am zweithöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ih),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ih),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ia),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ib),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (ie),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (i), Interpretation (if)

(ii) In welchen Umgebungen von Textstellen häufen sich Fixationen über einen längeren Zeitraum?

Beobachtung

Wir unterscheiden an dieser Stelle auf welcher Art von Textstück (Formel oder Text) eine Häufung von Fixationen festgestellt werden kann. Außerdem unterteilen wir den Leseprozess in zwei Durchläufe. Während des ersten Durchlaufs fertigt MAYA keine und während des zweiten Durchlaufs fertigt sie Notizen an.

Formel

- (1) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 14 („ $s_1 b + t \equiv s_2 b + t \mod a$ “) eine Akkumulation.
- (2) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf den Zeilen 15 - 16 auf dem Textstück „und damit wegen $0 \leq s_1, s_2 < a$ auch $s_1 = s_2$ “ eine Akkumulation.
- (3) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 15 auf dem Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \mod a$,“ eine Akkumulation.
- (4) Während des zweiten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 15 auf dem Textstück „folgt $s_1 b \equiv s_2 b \mod a$,“ eine Akkumulation.
- (5) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 17 auf dem Textstück „ $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a “ eine Akkumulation.

Text

- (6) Während des ersten Durchlaufs befindet sich in Zeile 11 auf dem Textstück „Nun streichen wir alle Spalten,“ eine Akkumulation.

- (7) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf den Zeilen 11 - 12 auf dem Textstück „nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle nicht zu b teilerfremden“ eine Akkumulation.
- (8) Während des ersten Durchlaufs befinden sich auf Zeile 12 auf dem Textstück „zu b teilerfremden Zahlen. Es bleiben $\varphi(b)$ Spalten.“ zwei Akkumulationen.
- (9) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf Zeile 12 auf dem Textstück „nicht-gestrichene“ eine Akkumulation.
- (10) Während des ersten Durchlaufs befindet sich auf den Zeilen 16 - 17 auf dem Textstück „zu a teilerfremde Zahlen“ eine Akkumulation.

Interpretation

- (1) (a) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)
(b) *Oberflächenmerkmale als Blickfang*
Wir verwenden an dieser Stelle (variablenübergreifend) die Interpretation (1b) „*Oberflächenmerkmale als Blickfang*“ von S. 295.
- (2) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (3) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (4) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf),
siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (v), Interpretation (v)

- (5) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivb),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (6) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd)
- (7) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (8) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)
- (9) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc)
- (10) siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivc),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivd),
 siehe Tabelle 7.10, Beobachtung (iv), Interpretation (ivf)

(Interpretative) Begründung

(1b) Oberflächenmerkmale als Anhaltspunkt

Wir verwenden an dieser Stelle (merkmalsübergreifend) die Begründung (1b) „*Oberflächenmerkmale als Anhaltspunkt*“ von S. 295.

Verteilung der Aufmerksamkeit

(i) Wie ist die Aufmerksamkeit auf Formeln verteilt?

Beobachtung

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 14 („ $s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a}$ “) am höchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.
- (2) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 15 („folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq$ “) am zweithöchsten, insbesondere während MAYA Notizen anfertigt.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)
- (2) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i),
siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (iii), Interpretation (iii)

(ii) Wie ist die Aufmerksamkeit auf erklärendem Text verteilt?**Beobachtung**

- (1) Die relative Verweildauer ist auf Zeile 16 („Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremd-“) am dritthöchsten.

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.12, Beobachtung (i), Interpretation (i)

Engagement**(i) Welche Textstücke kopiert der Proband?****Beobachtung**

- (1) MAYA kopiert stichpunktartig die Textstücke

$$\text{„}s_1b + 1 \equiv s_2b + t \pmod{a}\text{“,}$$

$$\text{„}s_1b \equiv s_2b\text{“,}$$

$$\text{„}s_1 \equiv s_2\text{“,}$$

$$\text{„}0 \leq s_1, s_2 \leq a \rightarrow s_1 = s_2\text{“}.$$

Interpretation (und interpretative Begründung)

- (1) siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iia),
siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iib),
siehe Tabelle 7.14, Beobachtung (ii), Interpretation (iic)

(ii) Welche Art von eigenen Kommentaren, Beispielen, Skizzen, ... generiert der Proband?

Es werden keine eigenen Kommentare, Beispiele, Skizzen, ... generiert.

(iii) Welche Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins zieht der Proband heran?

Es werden keine Ressourcen außerhalb des aktuellen Textbausteins herangezogen.

Kapitel 7

Ergebnisse

In diesem Kapitel widmen wir unsere Aufmerksamkeit den Resultaten unserer explorativen Studie. Wir beginnen mit einer zusammenfassenden Darstellung der Ergebnisse in Tabellenform. Danach betrachten wir eine Gegenüberstellung der Beobachtungen des Leseverhaltens von Experten und Novizen. Abschließend unterbreiten wir Vorschläge zum Schreiben mathematischer Texte und zur Einbindung des Themas „Lesen mathematischer Texte“ in die Lehre.

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei der Datenanalyse der Probanden (Kapitel 6) hielten wir uns an die Struktur *Beobachtung, Interpretation, (interpretative) Begründung*. Dabei betrachteten wir bei der *Beobachtung* was der Proband tut, bei der *Interpretation* welche Absicht oder Motivation des Probanden zugrunde liegen könnte und bei der *(interpretativen) Begründung* inwiefern die mathematischen Inhalte oder Eigenschaften der beobachteten Variable die jeweiligen angebotenen Interpretationen rechtfertigen. Einerseits zur Übersichtlichkeit und andererseits um unnötige Wiederholungen bei der Datenanalyse (Kapitel 6) zu vermeiden, stellen wir nun die gefundenen Beobachtungen und entsprechenden Interpretationen etwas verallgemeinert in Tabellenform dar. Dabei geben wir am Ende jedes Interpretationseintrags an, zu welcher *Tabelle zur Analyse der Blickbewegungen und Notizen* (Prototyp siehe 5.3) die Beobachtung samt Interpretation gehört. Die *(interpretative) Begründung* befindet sich nicht in den hier dargestellten Ergebnistabellen. Allerdings lassen sich die zugehörigen Begründungen durch Querverweise am Ende jeder Interpretation im Kapitel 6 einfach finden. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass es keine Tabelle *Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – globale Herangehensweise* gibt. Wir interpretieren ein entsprechendes Verhalten bei dem Experten nicht im Sinne einer globalen Anfangstechnik. Vielmehr gehen wir

davon aus, dass der Experte sein Leseverhalten an den ihm vorgegebenen Text beziehungsweise an eventuell auftretende Verstehensschwierigkeiten anpasst. Bei der Beobachtung des Leseverhaltens verschiedener Probanden unterscheiden wir, auf welcher Art von Textstück die Beobachtung jeweils stattfindet. Dazu geben wir eine für unsere Studie geeignete Klassifizierung von Textstücken an. Anmerken müssen wir an dieser Stelle, dass die Kategorien nicht unbedingt trennscharf sind.

Einleitende beziehungsweise historische Texte

Unter *einleitenden* beziehungsweise *historischen Texten* verstehen wir Fließtexte, die nicht aus mathematischen Inhalten bestehen.

Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegende Mengen

Bezeichnungen sind an dieser Stelle Benennungen oder Symbole zur Darstellung mathematischer Objekte.

Beispielsweise gehört die Deklaration *zugrunde liegender Mengen* mathematischer Aussagen in diese Kategorie. In der Regel sind zugehörige Textstücke zu dieser Kategorie für das Verständnis der weiteren Inhalte in einem Text unabdingbar.

Mathematische Fließtexte

Mathematische Fließtexte können in allen Bausteinen mathematischer Texte (Definition, Satz, Beweis, Beispiel) auftreten. Sie enthalten mathematische Aussagen oder Definitionen, die sowohl unter Verwendung von Formelausdrücken als auch beschreibend dargestellt sein können.

Jahreszahlen

Jahreszahlen treten eher in einleitenden beziehungsweise historischen Texten auf.

Formeln

Formeln treten einerseits in mathematischen Fließtexten auf und können andererseits auch einzeln auftreten. Häufig sind sie zentriert abgedruckt, sie können aber auch innerhalb einer Fließtextzeile stehen.

Tabelle 7.1: Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – Globaler Gesamtleseprozess

	Beobachtung	Interpretation
Globaler Gesamtleseprozess	(i) <i>Sprünge von einer Folie n zu einer anderen Folie m, $n, m \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$, $n \neq m$, und anschließende Rückkehr zu Folie n</i> Der Experte unterbricht den Leseprozess auf einer Folie, um auf einer anderen Folie einen Textbaustein zu lesen und kehrt zum ursprünglichen Text zurück.	(i) <i>Erhöhtes Engagement (gezieltes Nachschauen vorheriger Textbausteine) zur Überwindung von Verständnisschwierigkeiten</i> Der Experte zieht während eines Verstehensprozesses einen weiteren Textbaustein (beispielsweise eine Definition) hinzu, um einen anderen Textbaustein (beispielsweise einen Beweis) beziehungsweise ein Textstück (beispielsweise eine Formel) zu verstehen. <i>(Tab. 6.3, Begr. S. 137)</i>

		Ergebnisse
Globaler Gesamtleseprozess	Beobachtung	Interpretation
	(ii) <i>Vergleichsweise hohe Verweildauer auf dem Beweis (über den Gesamtleseprozess betrachtet)</i> Der Experte schenkt, über den Gesamtleseprozess betrachtet, den größten Teil seiner Aufmerksamkeit dem Beweis.	(iia) <i>Priorisierung verschiedener Textbausteine (Fokus auf Beweisen)</i> Ein Experte priorisiert Beweise sehr hoch und entscheidet sich bewusst, diese sehr gründlich und, im Vergleich zu den anderen Textbausteinen, intensiver zu studieren. Im Rahmen seiner Priorisierung liest er die Informationen der niedriger priorisierten Textbausteine nicht mit dem gleichen Ziel und somit der gleichen Verstehens-tiefe wie den Beweis. <i>(Tab. 6.1, Begr. S. 135)</i> (iib) <i>Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine (Fokus auf Beweisen)</i> Ein Beweis an sich ist ein Text für dessen Verständnis häufig vergleichsweise mehr Aufwand nötig ist als für das Verständnis anderer mathematischer Textbausteine. Der Experte nimmt sich für den Verstehensprozess die entsprechende Zeit. <i>(Tab. 6.1, Begr. S. 136)</i>
		382

	Beobachtung	Interpretation
Globaler Gesamtleseprozess	(iii) <i>Vergleichsweise hohe Verweildauer auf dem Beweis während des ersten Durchlaufs durch alle Folien</i> Die Verweildauer ist beim ersten Durchlauf auf dem Beweis höher als auf den ersten vier Folien.	(iiia) <i>Priorisierung verschiedener Textbausteine (Fokus auf Beweisen)</i> Ein Experte priorisiert Beweise sehr hoch und entscheidet sich bewusst, diese sehr gründlich und, im Vergleich zu den anderen Textbausteinen, intensiver zu studieren. Im Rahmen seiner Priorisierung liest er die Informationen der niedriger priorisierten Textbausteine nicht mit dem gleichen Ziel und somit der gleichen Verstehens-tiefe wie den Beweis. <i>(Tab. 6.1, Begr. S. 136)</i>
		(iiib) <i>Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine (Fokus auf Beweisen)</i> Ein Beweis an sich ist ein Text für dessen Verständnis häufig vergleichsweise mehr Aufwand nötig ist als für das Verständnis anderer mathematischer Textbausteine. Der Experte nimmt sich für den Verstehensprozess die entsprechende Zeit. <i>(Tab. 6.1, Begr. S. 136)</i>

Tabelle 7.2: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Globaler Gesamtleseprozess

Globaler Gesamtleseprozess	Beobachtung	Interpretation
	(i) <i>Verweildauer auf verschiedenen Textbausteinen</i> Der Novize hält sich auf unterschiedlichen mathematischen Textbausteinen (Definition, Beispiel, Satz und Beweis) gleich lange auf.	(i) <i>Priorisierung verschiedener Textbausteine</i> Der Novize priorisiert unterschiedliche mathematische Textbausteine (Einleitung, Definition, Beispiel, Satz, Beweis) gleich. (Tab. 6.15, Begr. S. 230)
	(ii) <i>Der Gesamtleseprozess besteht aus genau einem vergleichsweise gleichmäßigen (relative Zeit pro Zeile) Durchlauf durch alle fünf Folien</i> Der Novize absolviert genau einen Durchlauf durch alle fünf Folien, wobei er auf jeder Folie gleich lange verweilt.	(ii) <i>Beendigung kognitiver Prozesse beim Verlassen (eines Teiles) der Textquelle</i> Der Novize beendet eine Auseinandersetzung mit den mathematischen Inhalten auf der jeweiligen Folie spätestens in dem Moment, in dem er die Folie verlässt. Eine folienübergreifende Verzahnung findet eher nicht statt. (Tab. 6.15, Begr. S. 231)

Tabelle 7.4: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Globale Herangehensweise

Beobachtung	Interpretation
Globale Herangehensweise	(i) <i>Zu Beginn des Leseprozesses: Lineares gleichmäßiges Durchlesen des gesamten Textes</i> Der Novize liest zu Beginn den Text einmal komplett linear durch. Dabei ist die Lesegeschwindigkeit auf allen Zeilen konstant.
	(ia) <i>Konzentration auf globale Zusammenhänge (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize möchte sich zunächst einen Überblick verschaffen, worum es in diesem Text eigentlich geht. Er fokussiert sich dabei inhaltlich auf ein Gesamtbild, also auf globale Zusammenhänge. (Tab. 6.30, Begr. S. 304) (ib) <i>Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen“ (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize interpretiert den Arbeitsauftrag „Lies den Text auf Verständnis!“ als „Lies den Text genau einmal durch!“. (Tab. 6.30, Begr. S. 304)

	Beobachtung	Interpretation
Globale Herangehensweise	(ii) <i>Zweiter Durchlauf mit Anfertigung von Notizen</i> Der Novize geht den Text ein zweites Mal komplett durch. Dabei fertigt er Notizen an.	(iia) <i>Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“ (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize interpretiert den Arbeitsauftrag „Lies den Text auf Verständnis.“ als „Lies den Text genau einmal durch. Fertige danach eigene Notizen an.“. <i>(Tab. 6.30, Begr. S. 305)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Globale Herangehensweise		(iib) <i>Konzentration auf lokale Zusammenhänge (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize möchte während eines zweiten Lese-durchlaufs durch den gesamten Text von ihm aus-gewählte Textstücke tiefergehender verarbeiten. Der Schreibprozess dient dabei unter anderem zur Verlangsamung des Lese- beziehungsweise Denk-prozesses. Er fokussiert sich inhaltlich auf lokale Zusammenhänge. <i>(Tab. 6.30, Begr. S. 306)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Globale Herangehensweise		(iic) <i>Wiederverwendung zuvor benutzter Lesetechniken auf Folie n mit $n > n_0 \in \mathbb{N}$ (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize verwendet auf Folie n, $n \in \mathbb{N}$, die gleiche Lesestrategie (nach einem ersten Durchlesen werden Notizen angefertigt), wie auf der zuvor gelesenen Folie n_0 mit $n > n_0$, $n_0 \in \mathbb{N}$. Häufig befindet sich auf Folie n_0 ein einleitender beziehungsweise historischer Text und auf der Folie n ein mathematischer Fließtext. Er sieht also keinen Anlass, andere Arbeitstechniken heranzuziehen. <i>(Tab. 6.32, Begr. S.321)</i>

Tabelle 7.5: Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – Lineares Lesen & Lesen von Tabellen

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(i) <i>Lineares Lesen über mehrere Zeilen</i> Der Experte liest den einleitenden, historischen Text komplett linear durch. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten des Experten beim Lesen verschiedener Textarten (Jahreszahlen versus Fließtext) feststellen.	(ia) <i>Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Während des Leseprozesses ist der Experte nicht mit Verständnisschwierigkeiten konfrontiert. (Tab. 6.3, Begr. S. 141)
		(ib) <i>Konzentration auf globale Zusammenhänge (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Experte möchte sich zunächst einen Überblick verschaffen, worum es in diesem Text eigentlich geht. Er fokussiert sich dabei inhaltlich auf ein Gesamtbild, also auf globale Zusammenhänge. (Tab. 6.3, Begr. S. 141)

Lineares Lesen	Beobachtung	Interpretation
		(ic) <i>Priorisierung verschiedener Textbausteine (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Experte priorisiert den einleitenden Text eher niedrig und entscheidet sich bewusst, diesen, im Vergleich zu den anderen Textbausteinen, eher weniger intensiv zu studieren. <i>(Tab. 6.3, Begr. S. 141)</i> (id) <i>Leseziel bei unterschiedlich priorisierten Textbausteinen (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Experte liest im Rahmen einer Priorisierung die Informationen der ersten Folie nicht mit dem gleichen Ziel und somit der gleichen Verstehens-tiefe wie andere Textbausteine. <i>(Tab. 6.3, Begr. S. 142)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(ii) <i>Lineares Lesen zweier mathematischer Textbausteine über mehrere Zeilen (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Experte liest die Voraussetzung und die zugehörige Aussage beziehungsweise die Aussage und die zugehörige Begründung linear durch.	(iia) <i>Sofortiges Textverständnis (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte hat auf Anhieb ein für ihn selbst zufriedenstellendes komplettes Textverständnis erreicht. Er muss somit den linearen Leseprozess nicht unterbrechen. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 153, 153)</i> (iib) <i>Lineares Lesen von zusammengehörigen Textstücken (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Die beiden zugehörigen Textbausteine (Voraussetzung und Aussage beziehungsweise Aussage und Begründung) werden in einen Zusammenhang gebracht. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 153, 154)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(iii) <i>Einmaliges lineares Lesen von Textstücken</i> Der Experte liest ein Textstück genau einmal durch.	(iii) <i>Sofortiges Textverständnis (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Experte hat auf Anhieb ein für ihn selbst zufriedenstellendes komplettes Textverständnis erreicht. (Tab. 6.5, Begr. S. 154)
	(iv) <i>Zeilenweises Lesen von Tabelleneinträgen</i> Der Experte liest die Einträge einer Tabelle zeilenweise.	(iva) <i>Bewusste Entscheidung für ein zeilenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Dem Experten ist bewusst, dass er Tabellen oder Matrizen in unterschiedlichen Richtungen (horizontal, vertikal, diagonal,...) lesen kann und dabei verschiedene mathematische Inhalte erfährt. Er entscheidet sich bewusst für ein zeilenweises Lesen. (Tab. 6.9, Begr. S. 188)

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		(ivb) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch zeilenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.9, Begr. S. 188)</i>
	(v) <i>Spaltenweises Lesen von Tabelleneinträgen</i> Der Experte liest die Einträge einer Tabelle spaltenweise.	(va) <i>Bewusste Entscheidung für ein spaltenweises Lesen einer Tabelle oder Matrix (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Dem Experten ist bewusst, dass er Tabellen oder Matrizen in unterschiedlichen Richtungen (horizontal, vertikal, diagonal,...) lesen kann und dabei verschiedene mathematische Inhalte erfährt. Er entscheidet sich bewusst für ein spaltenweises Lesen. <i>(Tab. 6.9, Begr. S. 190)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		(vb) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch spaltenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.9, Begr. S. 190)</i>

Tabelle 7.6: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Lineares Lesen & Lesen von Tabellen

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(i) <i>Lineares Lesen über mehrere Zeilen</i> Der Novize liest den einleitenden, historischen Text komplett linear durch. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten des Novizen beim Lesen verschiedener Textarten (Jahreszahlen versus Fließtext) feststellen.	(ia) <i>Schwierigkeitsgrad verschiedener Textbausteine (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Jahreszahlen)</i> Während des Leseprozesses ist der Novize nicht mit Verständnisschwierigkeiten konfrontiert. (Tab. 6.17, Begr. S. 236)
		(ib) <i>Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen“ (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Novize interpretiert den Arbeitsauftrag „Lies den Text auf Verständnis!“ als „Lies den Text genau einmal durch!“. (Tab. 6.17, Begr. S. 236)

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		(ic) <i>Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“ (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Jahreszahlen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize interpretiert den Arbeitsauftrag „Lies den Text auf Verständnis.“ als „Lies den Text genau einmal durch. Fertige danach eigene Notizen an.“. (Tab. 6.30, Begr. S. 307)
	(ii) <i>Lineares Lesen über mehrere Zeilen während eines Schreibprozesses</i> Der Novize liest während eines Schreibprozesses nicht zu lange Textstücke über mehrere Zeilen linear durch.	(ii) <i>Lineares Lesen zur Auswahl derjenigen Textstücke, die notiert werden (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Während eines linearen Leseprozesses von nicht zu langen Textstücken, wählt der Novize diejenigen Informationen, die er im Anschluss notiert, aus. (Tab. 6.30, Begr. S. 307)

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(iii) <i>Lineares Lesen über mehrere Zeilen</i> Der Novize liest Textstücke (beispielsweise eine Definition samt anschließendem Beispiel) komplett linear durch. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Verhalten des Novizen beim Lesen verschiedener Textarten (Formel versus Fließtext) feststellen.	(iiia) <i>(Unbewusste) Übernahme der Lesetechnik aus dem direkt zuvor vollzogenem Leseprozess, insbesondere auch textartübergreifend (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize verwendet globale Lesetechniken, wie beispielsweise „Lesen ist gleichbedeutend mit einmal durchlesen (& anschließend Notizen anfertigen)“ und „Wiederverwendung zuvor benutzter Lesetechniken auf Folie n mit $n > n_0$ und $n, n_0 \in \mathbb{N}$“ eher unbewusst beziehungsweise unreflektiert. <i>(Tab. 6.32, Begr. S. 322)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		(iiib) <i>(Frühere) Kapitulation samt Weiterlesen mit Einschränkung des Verstehensprozesses (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize beschäftigt sich mit Textstücken, die keinen Verstehensprozess von mathematischen Inhalten verlangen, intensiver als mit denjenigen, die mathematische Inhalte in sich tragen. Er hat die mathematischen Inhalte so wenig verstanden, dass er einen tiefgründigen Verstehensprozess aufgegeben hat. Dennoch liest er weiter, schränkt den Verstehensprozess aber auf Textstücke mit <i>nicht</i>-mathematischen Inhalten ein. <i>(Tab. 6.32, Begr. S. 322)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		(iiic) <i>Konzentration auf globale Zusammenhänge (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize möchte sich zunächst einen Überblick verschaffen, worum es in diesem Text eigentlich geht. Er fokussiert sich dabei inhaltlich auf ein Gesamtbild, also auf globale Zusammenhänge. <i>(Tab. 6.32, Begr. S. 323)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(iv) <i>Einmaliges lineares Lesen von Textstücken</i> Der Novize liest ein Textstück genau einmal durch.	(iva) <i>Sofortiges Textverständnis (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize hat auf Anhieb ein für ihn selbst zufriedenstellendes komplettes Textverständnis erreicht. (Tab. 6.21, Begr. S. 262)
		(ivb) <i>Dekodieren der Zeichen (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize dekodiert lediglich die Zeichen des Textstücks, erfasst aber die Inhalte nicht. (Tab. 6.21, 6.26, Begr. S. 262, 291)
		(ivc) <i>Keine Reflexion des eigenen Leseprozesses (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize merkt nicht, dass er die mathematischen Inhalte nicht versteht und setzt den Leseprozess unreflektiert fort. (Tab. 6.21, Begr. S. 262)

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		(ivd) <i>Lesestil entsprechend des Oberflächenmerkmals des Texts (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize verwendet beim Lesen von Textstücken, die mit Worten dargestellt werden, den gleichen Stil wie den beim Lesen von Alltagstexten. <i>(Tab. 6.26, Begr. S. 291)</i>
	(v) <i>Spaltenweises Lesen von vertikalen Pünktchen in einer Tabelle</i> Der Novize liest „:“ in einer Tabelle zeilenübergreifend spaltenweise, d.h. er überspringt in der Spalte diejenigen Zeilen, in denen keine Pünktchen stehen.	(v) <i>Spaltenweises Lesen initiiert durch vertikale Pünktchen (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Die vertikalen abgedruckten Pünktchen veranlassen den Novizen spaltenweise zu lesen. <i>(Tab. 6.23, Begr. S. 279)</i>

Lineares Lesen	Beobachtung	Interpretation
	(vi) <i>Spaltenweises Lesen von Tabelleneinträgen</i> Der Novize liest die Einträge einer Tabelle spaltenweise.	(via) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Novize möchte durch spaltenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.37, Begr. S. 352)</i>
		(vib) <i>Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. Der Novize möchte durch spaltenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen <i>(Tab. 6.37, Begr. S. 352)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(vii) <i>Zeilenweises Lesen von Tabelleneinträgen</i> Der Novize liest die Einträge einer Tabelle zeilenweise.	(vic) <i>Bekannte Lesetechnik aus der Schule (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize hat Schwierigkeiten, die mathematischen Inhalte der Tabelle zu verstehen. Er versucht, durch die Verwendung ihm bekannter Lesetechniken die Unklarheit zu beseitigen. <i>(Tab. 6.37, Begr. S. 353)</i>
		(viia) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Novize möchte durch zeilenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen <i>(Tab. 6.23, Begr. S. 277)</i>

Lineares Lesen	Beobachtung	Interpretation
		(viib) <i>Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. Der Novize möchte durch zeilenweises Lesen der Tabelle zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen <i>(Tab. 6.23, Begr. S. 277)</i> (viic) <i>Bekannte Lesetechnik aus der Schule (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize hat Schwierigkeiten, die mathematischen Inhalte der Tabelle zu verstehen. Er versucht, durch die Verwendung ihm bekannter Lesetechniken die Unklarheit zu beseitigen. <i>(Tab. 6.23, Begr. S. 277)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen		(viid) <i>Zeilenweises Lesen aufgrund strukturdarstellender Elemente (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize wird durch strukturdarstellende Elemente, wie horizontale Pünktchen (...), zum zeilenweisen Lesen innerhalb einer Tabelle animiert. <i>(Tab. 6.23, Begr. S. 277)</i>
		(viie) <i>Fortsetzung eines zeilenweisen Leseprozesses (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize las die Tabelle während eines vorherigen Leseprozesses zeilenweise. Er behält diese Technik bei und liest während eines weiteren Leseprozesses die Tabelle weiterhin zeilenweise. <i>(Tab. 6.23, Begr. S. 278)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Lineares Lesen	(viii) <i>Lineares Lesen strukturdarstellender Elemente entgegen der initiierten Leserichtung</i> Der Novize liest strukturdarstellende Elemente entgegen deren jeweils initiierten Leserichtung. Beispielsweise liest er vertikale Pünktchen in horizontaler Richtung.	(viii) <i>Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize liest ein Textstück ohne größere kognitive Verarbeitung der Inhalte. Eventuell findet auch keine neue Informationsaufnahme statt. Möglicherweise ist er mit seinen Gedanken abgeschweift. <i>(Tab. 6.23, Begr. S. 278)</i>

Tabelle 7.7: Ergebnisse Experten: Reihenfolge des Leseprozesses – Regressionen

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(i) <i>Aus globaler Sicht: Sprung auf eine bereits gelesene Textstelle (x_0) zu Beginn einer Sprechphase</i> Vor der Sprechphase unterbricht der Experte den linearen Leseprozess und springt von der aktuellen Textatelle (x_1) auf eine bereits gelesene Textstelle (x_0).	(i) <i>Ausstieg aus dem Leseprozess mit Beginn der Sprechphase (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Experte widmet seine Aufmerksamkeit der Sprechphase. Er wendet sich vom Text ab, steigt also aus dem Leseprozess aus und verharret an einer beliebigen Stelle, in dem Fall auf einem Punkt auf dem Bildschirm, die für den Leseprozess keine Bedeutung hat. <i>(Tab. 6.3, Begr. S. 144)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(ii) <i>Aus globaler Sicht: Sprung zurück von einer bereits gelesenen Textstelle (x_0) auf die aktuelle Textstelle (x_1) während einer Sprechphase</i> Während der zweiten Hälfte der Sprechphase springt der Experte zurück von der bereits gelesenen Textstelle (x_0) auf die aktuelle Textstelle (x_1) und setzt den Leseprozess fort.	(ii) <i>Wiederaufnahme des Leseprozesses (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Inmitten der Sprechphase erhält der Experte die Antwort auf seine Frage. Daraufhin kehrt er zu der Textstelle zurück, an welcher er den Leseprozess unterbrochen hat. Zur Wiederaufnahme des Leseprozesses liest er das, vor der Unterbrechung gelesene, Textstück zum wiederholten Mal. <i>(Tab. 6.3, Begr. siehe S. 144)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(iii) <i>Aus globaler Sicht: Blickbewegungen auf beliebigen Zeilen vor einem Folienwechsel</i> In den letzten Sekunden des Aufenthalts von dem Experten auf einer Folie befinden sich wiederholte Blickbewegungen auf unterschiedlichen Zeilen, die keine Kenngröße (Trendlinie oder Akkumulation) bilden.	(iii) <i>Ausstieg aus dem Leseprozess und Einleitung des Übergangs auf die folgende Folie (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Dieses Verhalten ist Teil des Ausstiegs aus dem Leseprozess von einer Folie (f_0) und des Wechsels per Mausklick auf eine andere Folie (f_1). (Tab. 6.3, Begr. S. 144)
	(iv) <i>Aus globaler Sicht: Wiederholtes Lesen von, für den weiteren Verlauf wichtigen, Textstücken</i> Der Experte liest Voraussetzungen beziehungsweise zu Grunde liegende Mengen, Bezeichnungen, Eigenschaften von beziehungsweise Aussagen über mathematische(n) Objekte(n) zum wiederholten Mal.	(iva) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte kehrt zu Textstücken zurück, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. (Tab. 6.5, Begr. S. 157, 157)

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		(ivb) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte stößt während des Lesens eines Textstücks auf einen (kleineren) Stolperstein und kann ihn konkret benennen. Daraufhin liest er das Textstück mehrfach. <i>(Tab. 6.7, Begr. S. 175)</i> (ivc) <i>Erschließen weitgreifender Informationen (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte möchte weitere Informationen aus einer Definition herauslesen, beispielsweise möchte er eine Definition als Ganzes verstehen und auch anwenden können. <i>(Tab. 6.7, Begr. S. 176)</i>

Beobachtung	Interpretation
(v) <i>Aus lokaler Sicht: Wiederholtes Lesen von, für den weiteren Verlauf wichtigen, Textstücken</i> Der Experte liest Voraussetzungen, zu Grunde liegende Mengen, Bezeichnungen, Eigenschaften von beziehungsweise Aussagen über mathematische(n) Objekte(n) zum wiederholten Mal.	(va) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte kehrt zu Textstücken zurück, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 157, 158, 158)</i> (vb) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Texten, Formeln)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch nochmaliges Lesen des Textstücks zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 157, 158, 159, 159)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		(vc) <i>Erschließen weitgreifender Informationen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Texten, Formeln)</i> Der Experte möchte weitere Informationen aus einem Textstück herauslesen, beispielsweise möchte er eine Definition als Ganzes verstehen und auch anwenden können. (Tab. 6.5, Begr. S. 160)
		(vd) <i>Blick auf einen beliebigen Punkt, wobei die Inhalte dieser Textstelle keine Bedeutung haben (Fokus auf mathematischen Texten, Formeln)</i> Der Experte blickt während eines Denkprozesses auf einen beliebigen Punkt auf dem Bildschirm. Dabei findet keine neue Informationsaufnahme statt. Eventuell werden bereits gelesene Informationen verarbeitet. (Tab. 6.14, Begr. S. 213)

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		(ve) <i>Korrektur der ersten Fixation von der Zeilenmitte zum Zeilenanfang (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Texten, Formeln)</i> Beim Lesen des Zeilenumbruchs fixiert der Leser eventuell nicht auf Anhieb den gewünschten Zeilenanfang und korrigiert entsprechend seine Blickposition. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 159)</i>
	(vi) <i>Sprung zu vorherigen Textbausteinen (hier: vom Beispiel in die Definition)</i> Wir betrachten die zwei unterschiedlichen Textbausteine $T_1, T_2 \in \{\text{Einleitung, Definition, Beispiel, Satz, Beweis}\}$. Der Experte springt von einer Textstelle x_0 innerhalb von T_1 zu einer Textstelle y_0 innerhalb von T_2.	(vi) <i>Blick auf einen beliebigen Punkt, wobei die Inhalte dieser Textstelle keine Bedeutung haben (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen)</i> Der Experte blickt während eines Denkprozesses auf einen beliebigen Punkt auf dem Bildschirm. Dabei findet keine neue Informationsaufnahme statt. Eventuell werden bereits gelesene Informationen verarbeitet. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 161)</i>

	Beobachtung	Interpretation	Ergebnisse
Regressionen	(vii) <i>Sprung innerhalb eines Textbausteins</i> Der Experte springt innerhalb eines Textbausteins (Einleitung, Definition, Beispiel, Satz und Beweis) von einer Textstelle x_0 zu einer Textstelle x_1.	(viia) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch Heranziehen eines zuvor gelesenen Textbausteins zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. (Tab. 6.7, Begr. S. 177)	
		(viib) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte springt auf ein vorheriges Textstück innerhalb eines Textbausteins, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. (Tab. 6.7, Begr. S. 177)	

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(viii) <i>Sprung zu vorherigen Textbausteinen</i> Der Experte springt von einem Textstück auf die zusätzlich mit abgedruckte Tabelle der vorherigen Folie.	(viii a) <i>Reflektierter Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Das vom Experten gelesene Textstück enthält einen Springstimulus (das Wort „Tabelle“). Nach intensiver Auseinandersetzung mit der Frage, welche Objekte in den Spalten gestrichen werden, springt der Experte reflektiert in die Spalten der Tabelle. Ein Springstimulus animiert ihn, sehr reflektiert an eine Textstelle zu springen. (Tab. 6.14, Begr. S. 215)
		(viii b) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch nochmaliges Lesen des Textstücks zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. (Tab. 6.14, Begr. S. 215)

Tabelle 7.8: Ergebnisse Novizen: Reihenfolge des Leseprozesses – Regressionen

Beobachtung	Interpretation
(i) <i>Aus lokaler Sicht: Wiederholtes Lesen von einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln</i> Der Novize liest einleitende beziehungsweise historische Texte, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematische Fließtexte und Formeln direkt hintereinander zum wiederholten Mal.	(ia) <i>Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize liest ein Textstück ohne größere kognitive Verarbeitung der Inhalte. Eventuell findet auch keine neue Informationsaufnahme statt. Möglicherweise ist er mit seinen Gedanken abgeschweift. <i>(Tab. 6.17, Begr. S. 238)</i> (ib) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize kehrt zu Textstücken zurück, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. <i>(Tab. 6.19, Begr. S. 250)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		(ic) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Novize möchte durch nochmaliges Lesen des Textstücks zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.19, 6.21, 6.23, 6.26, 6.35, Begr. S. 250, 264, 280, 281, 293, 337)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		(id) <i>(Nicht unbedingt benennbare) Erkenntnis von unzureichendem Verständnis nach dem Lesen eines Textstücks (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize hat nach dem Lesen eines Textstücks (typischerweise an einem Satzende oder Zeilenende) das Gefühl, dass er den soeben gelesenen Inhalt nicht (hinreichend) verstanden hat. Er kann aber keinen konkreten Stolperstein oder eine sonstige (eventuell globale) Schwierigkeit benennen. <i>(Tab. 6.19, 6.21, 6.23, 6.26, 6.35, Begr. S. 250, 264, 280280, 281, 293, 337)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(ii) <i>Wiederholtes Lesen von Textstücken während eines Schreibprozesses</i> Der Novize liest bei einem zweiten Durchlauf durch den Text, bei dem er Notizen anfertigt, ein Textstück mehrfach nacheinander.	(ii) <i>Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Novize muss die Informationen, die er notieren möchte, im Kurzzeitgedächtnis speichern. Somit liest er die entsprechenden Textstücke, um sie sich kurzzeitig einzuprägen. <i>(Tab. 6.30, Begr. S. 309)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(iii) <i>Aus lokaler Sicht: Mehrfaches Lesen einer mathematischen Vorgehensweise (ohne mathematischem Inhalt)</i> Der Novize liest ein Textstück, dass Vorgehensweisen oder Handlungsanweisungen wie „Streichen von Spalten“ beinhaltet, mehrmals.	(iii) <i>(Frühere) Kapitulation samt Weiterlesen mit Einschränkung des Verstehensprozesses (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize beschäftigt sich mit Textstücken, die keinen Verstehensprozess von mathematischen Inhalten verlangen, intensiver als mit denjenigen, die mathematische Inhalte in sich tragen. Er hat die mathematischen Inhalte so wenig verstanden, dass er einen tiefgründigen Verstehensprozess aufgegeben hat. Dennoch liest er weiter, schränkt den Verstehensprozess aber auf Textstücke mit <i>nicht</i>-mathematischen Inhalten ein. <i>(Tab. 6.26, Begr. S. 293)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(iv) <i>Sprung auf die Formel zu Beginn des Leseprozesses</i> Der Novize überspringt die Voraussetzung des mathematischen Textbausteins und beginnt den Leseprozess mit der Betrachtung der Formel.	(iv) <i>Lesestil entsprechend des Oberflächenmerkmals des Texts (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize priorisiert Formeln höher als Voraussetzungen. <i>(Tab. 6.21, Begr. S. 265)</i>
	(v) <i>Aus globaler Sicht: Vergleichsweise schnelles Lesen von Textstücken ohne Anfertigung entsprechender Notizen während eines Schreibprozesses</i> Der Novize überfliegt Textstücke während eines Schreibprozesses, fertigt aber keine Notizen an.	(v) <i>Skimming (oder: Bewusste Entscheidung gegen eine weitere kognitive Verarbeitung) (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize entscheidet sich während eines Schreibprozesses bewusst gegen eine weitere kognitive Verarbeitung ausgewählter mathematischer Inhalte. <i>(Tab. 6.35, Begr. S. 337)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(vi) <i>Aus globaler Sicht: Wiederholtes Lesen längerer Textstücke</i> Der Novize liest Textstücke (zum Beispiel Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen) aus globaler Sicht zum wiederholten Mal.	(via) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Novize möchte durch nochmaliges Lesen des Textstücks zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.17, 6.19, 6.23, Begr. S. 238, 249, 280)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		(vib) <i>Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein) (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. Der Novize möchte durch nochmaliges Lesen des Textstücks zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.17, 6.19, 6.23, Begr. S. 238, 250, 280)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen		(vic) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize kehrt zu Textstücken zurück, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. <i>(Tab. 6.37, Begr. S. 355)</i> (vid) <i>Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize liest ein Textstück ohne größere kognitive Verarbeitung der Inhalte. Eventuell findet auch keine neue Informationsaufnahme statt. Möglicherweise ist er mit seinen Gedanken abgeschweift. <i>(Tab. 6.41, Begr. S. 372)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(vii) <i>Sprung innerhalb eines Textbausteins</i> Der Novize springt innerhalb eines Textbausteins (beispielsweise innerhalb eines Beispiels) von einem Textstück (beispielsweise einer mathematischen Aussage) zu einem anderen Textstück (beispielsweise zur Voraussetzung).	(vii) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize kehrt zu Textstücken zurück, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. <i>(Tab. 6.35, Begr. S. 338)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Regressionen	(viii) <i>Aus globaler Sicht: Sprung auf vorherige Tabelle</i> Der Novize springt von einem Textstück zu einer Tabelle.	(viii) <i>Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Ein Springstimulus animiert den Novizen, in die Tabelle zu springen (eventuell mit einer kleinen Zeitverzögerung). <i>(Tab. 6.26, Begr. S. 294)</i>
	(ix) <i>Aus globaler Sicht: Wiederholtes Lesen während eines Schreibprozesses</i> Der Novize liest Textstücke (mathematische Fließtexte) während eines Schreibprozesses zum wiederholten Mal.	(ix) <i>Lesen ist gleichbedeutend mit „einmal durchlesen & anschließend Notizen anfertigen“ (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize interpretiert den Arbeitsauftrag „Lies den Text auf Verständnis.“ als „Lies den Text genau einmal durch. Fertige danach eigene Notizen an.“. <i>(Tab. 6.41, Begr. S. 372)</i>

Tabelle 7.9: Ergebnisse Experten: Kognitive Anstrengung

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(i) <i>Höhere mittlere Fixationsdauer auf Jahreszahlen, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln</i> Der Experte betrachtet Jahreszahlen, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegende Mengen, mathematische Fließtexte und Formeln vergleichsweise länger.	(ia) <i>Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses (Fokus auf Jahreszahlen, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Während eines sinnentnehmenden Leseprozesses auf lokaler Ebene von leicht zu erfassenden Textstücken mit vergleichsweise hoher Informationsdichte ermittelt der Experte weitere Informationen beziehungsweise Bezüge. (Tab. 6.3, Begr. S. 146)
		(ib) <i>Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte möchte im Rahmen eines Verstehensprozesses alle Informationen einer Textstelle erfassen. (Tab. 6.5, Begr. S. 163)

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(ic) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte fixiert Textstücke länger, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 163)</i> (id) <i>Betontes Lesen von wichtigen Begriffen (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Experte liest im Rahmen eines Verstehensprozesses die entscheidenden Begriffe beim wiederholten Lesen mit besonderer Betonung (leise). <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 163)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(ie) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch längeres Fixieren) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 163)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(ii) <i>Akkumulation auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten und Formeln</i> Während des Leseprozesses häufen sich Fixationen auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten und Formeln.	(iia) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Es häufen sich Fixationen beispielsweise auf der Definitionsvoraussetzung, da der Experte sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen Inhalte in Erinnerung ruft (eventuell auch kurz überprüft, ob es sich um die natürlichen oder die ganzen Zahlen handelt) und/oder einprägt. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 165)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(iib) <i>Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte möchte im Rahmen eines Verstehensprozesses alle Informationen einer Textstelle erfassen. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 165)</i>
		(iic) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.7, Begr. S. 166)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(iia) <i>Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Während eines sinnentnehmenden Leseprozesses auf lokaler Ebene von leicht zu erfassenden Textstücken mit vergleichsweise hoher Informationsdichte ermittelt der Experte weitere Informationen beziehungsweise Bezüge. (Tab. 6.14, Begr. S. 225) (iib) <i>Blick auf einen beliebigen Punkt, wobei die Inhalte dieser Textstelle keine Bedeutung haben (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Experte blickt während eines Denkprozesses auf einen beliebigen Punkt auf dem Bildschirm. Dabei findet keine neue Informationsaufnahme statt. Eventuell werden bereits gelesene Informationen verarbeitet. (Tab. 6.14, Begr. S. 225)

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(iif) <i>Korrektur der ersten Fixation von der Zeilenmitte zum Zeilenanfang (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten)</i> Beim Lesen des Zeilenumbruchs fixiert der Leser eventuell nicht auf Anhieb den gewünschten Zeilenanfang und korrigiert entsprechend seine Blickposition. <i>(Tab. 6.5, Begr. S. 166)</i>

Tabelle 7.10: Ergebnisse Novizen: Kognitive Anstrengung

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(i) <i>Höhere mittlere Fixationsdauer auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Jahreszahlen und Formeln</i> Der Novize betrachtet einleitende beziehungsweise historische Texte, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematische Fließtexte, Jahreszahlen und Formeln vergleichsweise länger.	(ia) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Jahreszahlen und Formeln)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Novize möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch längeres Fixieren) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. (Tab. 6.17, 6.21, 6.32, 6.35, Begr. S. 240, 252, 267, 326, 339)

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(ib) <i>Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein) (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Jahreszahlen und Formeln)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. Der Novize möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch längeres Fixieren) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.19, 6.23, 6.32, 6.35, Begr. S. 253, 267, 326, 339)</i>

Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(ic) <i>Gewinnung zusätzlicher Informationen während eines, auf lokaler Ebene stattfindenden, Leseprozesses (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Während eines sinnentnehmenden Leseprozesses auf lokaler Ebene von leicht zu erfassenden Textstücken mit vergleichsweise hoher Informationsdichte ermittelt der Novize weitere Informationen beziehungsweise Bezüge. <i>(Tab. 6.17, Begr. S. 240)</i> (id) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize fixiert Textstücke länger, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. <i>(Tab. 6.19, Begr. S. 253)</i>

Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(ie) <i>Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize möchte im Rahmen eines Verstehensprozesses alle Informationen einer Textstelle erfassen. <i>(Tab. 6.19, Begr. S. 253)</i> (if) <i>Leseprozess, bei dem kaum Textverständnis erreicht wird (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Beim Leseprozess erreicht der Novize kaum Textverständnis und wundert sich beispielsweise über die mathematische Aussage des gelesenen Textstücks. <i>(Tab. 6.21, Begr. S. 267)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(ih) <i>Oberflächenmerkmale als Blickfang (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize hält sich am längsten auf Formeln auf, da diese im Text auffallen. (Tab. 6.26, Begr. S. 295)
	(ii) <i>Höhere mittlere Fixationsdauer auf strukturdarstellenden Elementen</i> Der Novize fixiert strukturdarstellende Elemente (beispielsweise vertikale Pünktchen) im Vergleich zu andersartigen Textstücken länger.	(ii) <i>Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize liest ein Textstück ohne größere kognitive Verarbeitung der Inhalte. Eventuell findet auch keine neue Informationsaufnahme statt. Möglicherweise ist er mit seinen Gedanken abgeschweift. (Tab. 6.23, Begr. S. 282)

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(iii) <i>Höhere mittlere Fixationsdauer auf Textstücken während eines Schreibprozesses</i> Die mittlere Fixationsdauer ist beispielsweise auf der Aussage des Beispiels also auf der Formel während eines Schreibprozesses vergleichsweise sehr hoch.	(iii) <i>Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize möchte sich die Informationen, die er notieren möchte, kurz merken. Somit fixiert er die entsprechenden Textstücke länger. <i>(Tab. 6.32, Begr. S. 310)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(iv) <i>Akkumulation auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Jahreszahlen und Formeln</i> Während des Leseprozesses häufen sich Fixationen auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Jahreszahlen und Formeln.	(iva) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Es häufen sich Fixationen auf Textstücken, von denen sich der Novize, eventuell für den weiteren Verlauf wichtige, Inhalte in Erinnerung rufen möchte (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einprägen möchte. (Tab. 6.19, Begr. S.255)
		(ivb) <i>Erfassen aller Informationen eines Textstücks mit hoher Informationsdichte (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize möchte im Rahmen eines Verstehensprozesses alle Informationen einer Textstelle erfassen. (Tab. 6.19, Begr. S. 255)

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung		(ivc) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Novize möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.23, 6.35, Begr. S. 283, 284, 341)</i>

Kognitive Anstrengung	Beobachtung	Interpretation
		(ivd) <i>Leseprozess, bei dem kaum Textverständnis erreicht wird (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize erreicht kaum Textverständnis und wundert sich eher über die gelesenen mathematischen Inhalte. <i>(Tab. 6.21, Begr. S. 269)</i> (ive) <i>Kapitulation nachdem kaum Textverständnis erreicht wurde (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize beschäftigt sich mit Textstücken, die keinen Verstehensprozess von mathematischen Inhalten verlangen, intensiver als mit denjenigen, die mathematische Inhalte in sich tragen. Er hat die mathematischen Inhalte so wenig verstanden, dass er einen tiefgründigen Verstehensprozess aufgegeben hat. Dennoch liest er weiter, schränkt den Verstehensprozess aber auf Textstücke mit <i>nicht</i>-mathematischen Inhalten ein. <i>(Tab. 6.30, Begr. S. 269)</i>

Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(ivf) <i>Nicht unbedingt benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (unbewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nicht vollständig verstanden. Er kann keinen konkreten Stolperstein oder sonstige Schwierigkeiten benennen. Der Novize möchte durch eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung (durch Häufung von Fixationen) auf dem Textstück zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.23, 6.35, Begr. S. 284, 284, 341)</i> (ivg) <i>Oberflächenmerkmale als Blickfang (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize hält sich am längsten auf den Formeln auf, da diese im Text auffallen. <i>(Tab. 6.41, Begr. S. 376)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Kognitive Anstrengung	(v) <i>Akkumulation auf einem Textstück während eines Schreibprozesses</i> Während des Schreibprozesses häufen sich Fixationen beispielsweise auf der Aussage eines Beispiels also auf einer Formel während eines Schreibprozesses.	(v) <i>Memorieren von Informationen im Kurzzeitgedächtnis zur Erstellung von Notizen (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Zeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize möchte sich die Informationen, die er notieren möchte, kurz merken. Somit fixiert er die entsprechenden Textstücke länger. <i>(Tab. 6.30, Begr. S. 311)</i>

Tabelle 7.11: Ergebnisse Experten: Verteilung der Aufmerksamkeit

	Beobachtung	Interpretation
Verteilung der Aufmerksamkeit	(i) <i>Vergleichsweise hohe relative Verweildauer auf Textstücken mit vergleichsweise hoher kognitiver Anstrengung beziehungsweise mit Lesewiederholungen</i> Die relative Verweildauer ist auf Textstücken, auf denen der Experte eine vergleichsweise hohe kognitive Anstrengung zeigt beziehungsweise Lesewiederholungen unternimmt, vergleichsweise hoch.	(i) <i>Erhöhte Aufmerksamkeit durch Erhöhung der kognitiven Anstrengung beziehungsweise durch das wiederholte Lesen von Textstücken (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Jahreszahlen, Formeln)</i> Die Erhöhung der kognitiven Anstrengung sowie Lesewiederholungen führen zu einer Erhöhung der Aufmerksamkeit. Das kann proportional geschehen. Insbesondere können Stolpersteine eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung verursachen. (Tab. 6.3, Begr. S. 147)

	Beobachtung	Interpretation
Verteilung der Aufmerksamkeit	(ii) <i>Vergleichsweise relativ höhere Verweildauer bei Wiederaufnahme des Leseprozesses</i> Die Verweildauer ist beim Lesen von Textstücken während des Wiedereinstiegs in den Leseprozess höher als beim Lesen von Textstücken während eines linearen Leseprozesses.	(ii) <i>Die Wiederaufnahme des Leseprozesses verlangsamt diesen zunächst (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Experte widmet viel Aufmerksamkeit dem Lesen der Zeile nach der Sprechphase, da der Wiedereinstieg in den Leseprozess diesen verlangsamt. (Tab. 6.3, Begr. S. 147)
	(iii) <i>Hohe relative Verweildauer auf Formeln und niedrige relative Verweildauer auf kürzbarem Text</i> Der Experte hält sich relativ betrachtet auf Formeln am längsten und auf Zeilen mit Textstücken, die aus mathematischer Sicht zu einem großen Teil aus Füllwörtern bestehen, am kürzesten auf.	(iii) <i>Die relative Verweildauer pro Zeile korreliert mit der Informationsdichte der Zeile (Fokus auf Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, Formeln)</i> Der Experte hält sich auf den Zeilen mit hoher Informationsdichte am längsten und auf denen mit niedriger Informationsdichte am kürzesten auf. (Tab. 6.5 Begr. S. 167)

Tabelle 7.12: Ergebnisse Novizen: Verteilung der Aufmerksamkeit

	Beobachtung	Interpretation
Verteilung der Aufmerksamkeit	(i) <i>Vergleichsweise hohe relative Verweildauer auf Textstücken mit vergleichsweise hoher kognitiver Anstrengung beziehungsweise mit Lesewiederholungen</i> Die relative Verweildauer ist auf Textstücken, auf denen der Novize eine vergleichsweise hohe kognitive Anstrengung zeigt beziehungsweise Lesewiederholungen unternimmt, vergleichsweise hoch.	(i) <i>Erhöhte Aufmerksamkeit durch Erhöhung der kognitiven Anstrengung beziehungsweise durch das wiederholte Lesen von Textstücken (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Die Erhöhung der kognitiven Anstrengung und Lesewiederholungen führen zu einer Erhöhung der Aufmerksamkeit. Das kann proportional geschehen. Insbesondere können Stolpersteine eine Erhöhung der kognitiven Anstrengung verursachen. (Tab. 6.17, Begr. S. 241, 242)

	Beobachtung	Interpretation
Verteilung der Aufmerksamkeit	(ii) <i>Höhere relative Verweildauer auf strukturdarstellenden Elementen</i> Der Novize verweilt auf strukturdarstellenden Elementen (beispielsweise vertikale Pünktchen) vergleichsweise länger.	(ii) <i>Lesen eines beliebigen Textstücks, wobei die dortigen Inhalte nicht erfasst werden (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize liest ein Textstück ohne größere kognitive Verarbeitung der Inhalte. Eventuell findet auch keine neue Informationsaufnahme statt. Möglicherweise ist er mit seinen Gedanken abgeschweift. (Tab. 6.23, Begr. S. 285)
	(iii) <i>Höhere relative Verweildauer auf Textstücken während eines Schreibprozesses</i> Die relative Verweildauer ist auf Textstücken (beispielsweise der Aussage eines Beispiels) während eines Schreibprozesses vergleichsweise sehr hoch.	(iii) <i>Verlängerung des Aufenthalts auf Textstücken durch einen Schreibprozess (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, Bezeichnungen beziehungsweise zugrunde liegenden Mengen, mathematischen Fließtexten, Jahreszahlen, Formeln)</i> Der Schreibprozess verlängert den Aufenthalt auf den Textstücken, die als Grundlage für Notizen dienen. (Tab. 6.30, Begr. S. 312)

Tabelle 7.13: Ergebnisse Experten: Engagement

Engagement	Beobachtung	Interpretation
	(i) <i>Sprung zu vorherigen Textbausteinen</i> Der Experte springt von einem Textstück auf die zusätzlich mit abgedruckte Tabelle der vorherigen Folie.	(ia) <i>Reflektierter Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Das vom Experten gelesene Textstück enthält einen Springstimulus (das Wort „Tabelle“). Nach intensiver Auseinandersetzung mit der Frage, welche Objekte in den Spalten gestrichen werden, springt der Experte reflektiert in die Spalten der Tabelle. Ein Springstimulus animiert ihn, sehr reflektiert an eine Textstelle zu springen. <i>(Tab. 6.14, Begr. S. 227)</i> (ib) <i>Benennbare Erkenntnis von unzureichendem Verständnis während und/oder nach dem Lesen eines Textstücks (bewusster Stolperstein) (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte befindet sich in einem Verstehensprozess und hat den Inhalt des Textstücks nur knapp nicht vollständig verstanden. Er kann einen konkreten Stolperstein benennen. Der Experte möchte durch Heranziehen eines zuvor gelesenen Textbausteins zu einem besseren oder zu vollem Verständnis gelangen. <i>(Tab. 6.14, Begr. S. 228)</i>

Engagement	Beobachtung	Interpretation
		(ic) <i>Blick auf einen beliebigen Punkt, wobei die Inhalte dieser Textstelle keine Bedeutung haben (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte blickt während eines Denkprozesses auf einen beliebigen Punkt auf dem Bildschirm. Dabei findet keine neue Informationsaufnahme statt. Eventuell werden bereits gelesene Informationen verarbeitet. <i>(Tab. 6.14, Begr. S. 228)</i> (id) <i>Erinnerung an oder Einprägen von wichtige(n) Informationen (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Experte springt auf ein vorheriges Textstück innerhalb eines Textbausteins, um sich eventuell die, für den weiteren Verlauf wichtigen, Inhalte in Erinnerung zu rufen (eventuell auch für einen kurzen Erinnerungsscheck) und/oder einzuprägen. <i>(Tab. 6.14, Begr. S. 228)</i>

Tabelle 7.14: Ergebnisse Novizen: Engagement

	Beobachtung	Interpretation
Engagement	(i) <i>Sprung zu vorherigen Textbausteinen</i> Der Novize springt während des Leseprozesses auf Folie 5 auf die (mit abgedruckte) Tabelle der vorigen Folie 4.	(i) <i>Textsprung aufgrund eines im Textstück enthaltenen Springstimulus (Fokus auf mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Ein Springstimulus animiert einen Novizen, in die Tabelle zu springen (eventuell mit einer kleinen Zeitverzögerung). (Tab. 6.26, Begr. S. 297)
	(ii) <i>Kopieren von wesentlichen Inhalten</i> Der Novize kopiert wesentliche Inhalte aus dem Text.	(iia) <i>Inhalte werden im eigenen Stil als Unterstützung für die weitere Verwendung festgehalten (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize fertigt eigene Notizen an, um Inhalte im eigenen Stil zu sichern. Damit kann eine Erleichterung bei einer späteren Wiederverwendung einhergehen. (Tab. 6.30, Begr. S. 314)

	Beobachtung	Interpretation	Ergebnisse
Engagement		(iib) <i>Konzentration auf lokale Zusammenhänge (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize möchte während eines zweiten Lese-durchlaufs durch den gesamten Text von ihm ausgewählte Textstücke tiefergehender verarbeiten. Der Schreibprozess dient dabei unter anderem zur Verlangsamung des Lese- beziehungsweise Denkprozesses und erhöht die Konzentration. Der Novize fokussiert sich inhaltlich auf lokale Zusammenhänge. <i>(Tab. 6.32, Begr. S. 329)</i> (iic) <i>Sichern von Inhalten ohne substanzielles intellektuelles Engagement (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten, mathematischen Fließtexten, Formeln)</i> Der Novize ist aus dem Verstehensprozess teilweise oder ganz ausgestiegen, möchte aber dennoch Inhalte schriftlich sichern. <i>(Tab. 6.32, Begr. S. 329)</i>	452

	Beobachtung	Interpretation
Engagement	(iii) <i>Generierung eigener Überschriften</i> Der Novize generiert passend zu seinen Notizen eine eigene Überschrift.	(iii) <i>Eigene Überschrift passend zu eigenen Notizen (Fokus auf einleitenden beziehungsweise historischen Texten)</i> Der Novize ist sich bewusst, dass er wesentliche Stationen und Eckdaten zum Text kopiert. Entsprechend übernimmt er nicht die Überschrift aus dem vorliegenden Text, sondern generiert eine eigene Überschrift passend zu seinen Stichpunkten. <i>(Tab. 6.30, Begr. S. 314)</i>
	(iv) <i>Darstellung von mathematischen Inhalten in verkürzter Schreibweise</i> Der Novize notiert mathematische Inhalte in verkürzter Schreibweise.	(iva) <i>Gefühl von Kompetenz durch Verwendung „typischer“ mathematischer Sprachelemente, hier: verkürzte Formelschreibweise (Fokus auf mathematischen Fließtexten)</i> Der Novize erfährt ein Kompetenzerleben, indem er einen mathematischen Sachverhalt, der in dem Text durch eine Beschreibung in Textform gegeben ist, durch eine verkürzte Formelschreibweise darstellt. <i>(Tab. 6.35, Begr. S. 343)</i>

	Beobachtung	Interpretation
Engagement		(ivb) <i>Ersparnis von Schreibaarbeit</i> Der Novize möchte sich Schreibaarbeit ersparen und notiert die Inhalte so kurz, wie möglich. (Tab. 6.35, Begr. S. 343)

7.2 Gegenüberstellung der Beobachtungen von Experten und Novizen

Bei der Datenanalyse betrachteten wir sowohl Merkmale, die den Leseprozess der Probanden eher aus globaler Sicht charakterisieren als auch Merkmale, die eher eine lokale Sicht auf die Leseprozesse mit sich brachten. Bei der Gegenüberstellung der Beobachtungen von Experten und Novizen gehen wir merkmalsweise vor und teilen die Merkmale entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu der jeweiligen Sicht auf den Leseprozess (lokal oder global) auf.

Der Leseprozess aus globaler Sicht

In diesem Abschnitt betrachten wir die Merkmale, die den Leseprozess eher aus globaler Sicht charakterisieren. Wir starteten die Analyse des jeweiligen Probanden mit einem Überblick über den gesamten Leseprozess. Wir haben dabei einerseits ermittelt, wieviel Zeit ein Proband vergleichsweise auf den Folien verbrachte oder anders ausgedrückt, inwiefern die Verweildauer auf den Folien streut, also ob ein Proband auf jeder Folie eher gleichmäßig verweilte oder ob es Folien gibt, auf denen er sich deutlich länger aufhielt. Andererseits untersuchten wir, in welcher Reihenfolge der Proband die Folien betrachtete und inwiefern Folien mehrfach gelesen wurden beziehungsweise inwiefern er eventuell zwischen den Folien gesprungen ist. Für die oben beschriebenen Analysen haben wir die Merkmale *Verteilung der Aufmerksamkeit (Fokus auf dem Gesamtleseprozess)* und *Reihenfolge des Leseprozesses (Fokus auf dem Gesamtleseprozess)* herangezogen.

Des Weiteren betrachteten wir die Fragen, inwiefern aus globaler Sicht eine globale Lesetechnik (beispielsweise ein erstes Durchlesen des gesamten Textes auf der jeweiligen Folie) erkennbar war und ob Notizen angefertigt wurden. Diese beiden Analysen führten wir unter Verwendung der Merkmale *Reihenfolge des Leseprozesses – Globale Anfangstechnik* und *Engagement* durch. An dieser Stelle ist erwähnenswert, dass die ersten beiden genannten Merkmale (*Verteilung der Aufmerksamkeit (Fokus auf dem Gesamtleseprozess)* und die *Reihenfolge des Leseprozesses (Fokus auf dem Gesamtleseprozess)*) eine folienübergreifende Betrachtungsweise beinhalten. Bei allen anderen Merkmalen erfolgt die Analyse folienweise also *nicht* folienübergreifend.

Verteilung der Aufmerksamkeit (Fokus auf dem Gesamtleseprozess)

Der fortgeschrittene Mathematiker. Die durchschnittlichen Anteile der Gesamtlesezeit pro Zeile auf der entsprechenden Folie streuen hier zwischen 0,4 % und 9,6 %. MUCK verweilt am längsten auf Folie 5 (9,55 % der Gesamtlesezeit pro Zeile) gefolgt von Folie 2 (2,2 %). An dieser Stelle weisen wir darauf hin,

dass die Angabe auf Folie 5 eine sehr deutlich höhere Zeitspanne auf dem Beweis ausmacht. Da sich auf dieser Folie 8 Zeilen befinden, bedeutet das, dass er 76,4 % seiner Gesamtlesezeit auf dieser Folie verbracht hat.

Die Novizen. Die durchschnittlichen Anteile der Gesamtlesezeit pro Zeile auf der entsprechenden Folie streuen bei den Novizen zwischen 1,8 % und 4 %. An dieser Stelle fügen wir hinzu, dass eine höhere Verweildauer auf einer Folie häufig mit dem Kopieren von Textstücken des Probanden einhergeht. Es ist kein signifikanter Unterschied der jeweiligen relativen Verweildauer beim Lesen unterschiedlicher Textarten zu erkennen. Anders ausgedrückt bedeutet das, dass wir bei den Novizen ein gleichbleibendes Maß an Aufmerksamkeit auf unterschiedlichen mathematischen Textbausteinen beobachten konnten.

Reihenfolge des Leseprozesses (Fokus auf dem Gesamtleseprozess)

Der fortgeschrittene Mathematiker. MUCK durchläuft die Folien insgesamt dreimal. Dabei beschäftigt er sich im ersten Durchlauf mit allen Folien, im zweiten und dritten mit den Folien zwei und fünf.

Nach dem ersten Durchlauf kehrt MUCK zweimal zu dem Beweis zurück. Er unterbricht dabei das Lesen des Beweises, um die Definition der EULERSchen φ -Funktion zu fixieren.

Die Novizen. Alle Novizen durchlaufen den gesamten Foliensatz genau einmal. Dabei beschäftigen sie sich mit jeder Folie des Datensatzes.

Reihenfolge des Leseprozesses – Globale Anfangslesetechnik

Ursprüngliche Basis für das Merkmal *Reihenfolge des Leseprozesses – Globale Anfangslesetechnik* bildete die Variable *Skimming* von Inglis u. Alcock (2018). Betrachten wir die Operationalisierung von *Skimming* nach Inglis u. Alcock (2018) mit der entsprechenden LOESS-Kurve im AoI-*t*-Diagramm, dann suchen wir nach einem Verhalten, bei dem der Proband einen schnellen Durchgang durch den Text vollzieht auf welchen ein langsamerer Durchgang, wieder durch den gesamten Text, folgt. Im Unterschied zu Inglis u. Alcock (2018) verwendeten wir an dieser Stelle keine LOESS-Kurve, sondern strenge beziehungsweise liberale Vorwärtstrendlinien. Wir haben hier unterschieden, ob ein Proband bei eventuell auftretender Skimming-Kurve Notizen anfertigt oder nicht. Das folgende Verhalten konnten wir beobachten.

Betrachten wir alle Folien mit deren unterschiedlichen Textarten, so konnten wir bei keinem einzigen der Probanden bei der Betrachtung des reinen Leseprozesses (ohne Anfertigung von Notizen) eine anfängliche Skimming-Kurve vorfinden.

Der fortgeschrittene Mathematiker. Einerseits entspricht die Beobachtung des *Nicht*-Vorhandenseins einer anfänglichen Skimming-Strategie den Ergebnissen von Inglis u. Alcock (2018), die behaupten, dass auch Experten keine Skimming-Strategie verwenden. Das widerspricht den Erkenntnissen von Weber u. Mejia-Ramos (2011), in deren Studie die Mathematiker (Experten) behaupten, dass sie sehr wohl eine Skimming-Strategie verwenden. An dieser Stelle hinterfragen wir die Operationalisierung von Skimming nach Inglis u. Alcock (2018). Ist es tatsächlich so, dass beim Überfliegen eines Textes auf einen ersten schnellen Durchlauf ein weiterer langsamer Durchlauf durch den gesamten Text erfolgt? Könnte es nicht eventuell auch sein, dass ein Experte zunächst Teile überliest, vielleicht eher Oberflächenmerkmale wie Formeln wahrnimmt, dort eventuell kurz hängenbleibt, wiederholt Textstücke überfliegt und hängenbleibt, um dann vielleicht zu einer bestimmten Stelle eventuell mitten im Text zurückzukehren, um diese dann gründlicher zu lesen? Legt man solch ein Leseverhalten einer Skimming-Strategie zu Grunde, müsste eine andere Operationalisierung gewählt werden. Wir verweisen an dieser Stelle auf unseren Vorschlag einer Operationalisierung auf S. 470.

Die Novizen. Es ist nicht verwunderlich, dass die Novizen keine skimming-Strategie zeigen. Gerade mit wenig Erfahrung beim Lesen mathematischer Texte und mit einem Text, der ein neues Thema behandelt, ergibt eine Skimming-Strategie wenig Sinn.

Wir konnten aber andere globale (Anfangs-)Lesetechniken beobachten: Eine Novizin absolvierte auf den Folien 1, 3 und 5 genau einen Lesedurchlauf und las den jeweiligen Text vollständig (fast) linear durch. Eine andere Novizin absolvierte auf den Folien 1, 2, 3 und 5 zwei Lesedurchläufe. Dabei las sie den jeweiligen Text beim ersten Durchlauf komplett (fast) linear durch. Während des zweiten Durchlaufs fertigte sie Notizen an. Die dabei entstandene Kurve im AoI-*t*-Diagramm entspricht der Skimming-Kurve von Inglis u. Alcock (2018). Allerdings muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Lesegeschwindigkeit sich in beiden Fällen nicht verringert. Die Beschäftigung insgesamt mit dem Text dauert beim zweiten Durchgang länger, weil es Lesepausen gibt, in denen die Notizen angefertigt werden. Bei der Beobachtung der beiden Durchgänge, wobei der zweite unter Anfertigung von Notizen stattfand, erhielten wir die Idee zur Operationalisierung von *Skimming* und wir verweisen abermals auf unseren Vorschlag einer Operationalisierung auf S. 470.

Engagement

Der fortgeschrittene Mathematiker. Der fortgeschrittene Mathematiker verwendet wiederholt weitere Ressourcen (angezeigt durch Textsprünge) und erhöht

somit das Engagement.

Die Novizen. Die Novizen zeigen durch Textsprünge und der Erstellung eigener Notizen, die größtenteils durch Kopieren von Textstücken entstehen, ein höheres Engagement.

Der Leseprozess aus lokaler Sicht

In diesem Abschnitt betrachten wir die Merkmale, die den Leseprozess eher aus lokaler Sicht charakterisieren. Dazu zählen wir die *Reihenfolge des Leseprozesses* (*Lineares Lesen, Lesen von Matrizen und/oder Tabellen, Regressionen*), die *Kognitive Anstrengung* und die *Verteilung der Aufmerksamkeit* (*Folienweise Betrachtung*). Es findet bei keinem der genannten Merkmale eine folienübergreifende Betrachtung statt.

Reihenfolge des Leseprozesses – Lineares Lesen

Liberale und strenge Vorwärtstrendlinien über mehrere Intervalle der Länge eins auf der y -Achse zeigen uns ein lineares Lesen über mehrere Zeilen an. Wir betrachten also ein Leseverhalten, welches ein lineares Lesen von mindestens 1,5 Zeilen beinhaltet. An dieser Stelle diskutieren wir, inwiefern solche Leseprozesse bei den unterschiedlichen Probanden auftraten.

Auffällig ist, dass auf Folie 4 keiner der Probanden mehrere Zeilen linear liest. Auf Folie 4 befindet sich in Zeile 1 der eher formellastig formulierte Satz der Multiplikativität der EULERSchen φ -Funktion. In Zeile 2 ist der Beginn des Beweises, der mit der Anordnung der Zahlen von 1 bis ab in einem Rechteck eingeleitet wird. Ab Zeile 3 ist dieses sogenannte Rechteck veranschaulicht. An dieser Stelle könnte unterstellt werden, dass dieser Text sich nicht zum linearen Lesen über mehrere Zeilen eignet.

Der fortgeschrittene Mathematiker. Der fortgeschrittene Mathematiker liest Prosatexte linear durch. Des Weiteren können wir ein lineares Durchlesen von zwei zusammengehörigen Textbausteinen (beispielsweise Voraussetzung und die zugehörige Aussage) beobachten.

Die Novizen. Die Novizen lesen sowohl Prosatexte als auch Textstücke, die aus mathematischen Fließtexten bestehen, linear durch. Dabei lassen sich teilweise kaum Unterschiede im Leseverhalten bei verschiedenen Textarten (Formel versus Fließtext) beobachten.

Reihenfolge des Leseprozesses – Lesen von Matrizen und/oder Tabellen

An dieser Stelle betrachten wir eine Tabelle. Dabei erwarten wir als lineare Lese-prozesse das Lesen der Zeilen beziehungsweise das Lesen der Spalten. Beide Lese-prozesse konnten unter Verwendung der AoI-*t*-Diagramme operationalisiert werden. Für einen Vorschlag zum spaltenweisen Lesen einer Tabelle (oder Matrix) siehe S. 470.

Der fortgeschrittene Mathematiker. Der fortgeschrittene Mathematiker liest die Einträge der Tabelle sowohl spaltenweise als auch zeilenweise.

Die Novizen. Die Novizen lesen die Einträge der Tabelle sowohl spaltenweise als auch zeilenweise. Bemerkenswert an dieser Stelle ist, dass die Leserichtung einer Novizin den abgedruckten Strukturelementen (vertikale beziehungsweise horizontale Pünktchen) folgte.

Reihenfolge des Leseprozesses – Regressionen

Regressionen führen zu unterschiedlichem Leseverhalten. Beispielsweise sind globale und lokale Lesewiederholungen eine Folge von Regressionen.

Der fortgeschrittene Mathematiker. Der fortgeschrittene Mathematiker liest sowohl aus globaler als auch aus lokaler Sicht Voraussetzungen beziehungsweise zu Grunde liegende Mengen, Bezeichnungen, Eigenschaften von beziehungsweise Aussagen über mathematische(n) Objekte(n) zum wiederholten Mal. Des Weiteren springt der Experte sowohl innerhalb eines mathematischen Textbausteins als auch zwischen unterschiedlichen mathematischen Textbausteinen. Dabei ließen sich beispielsweise Sprünge innerhalb eines Beweises und Sprünge von einem Beispiel in die zugehörige Definition beobachten.

Die Novizen. Bei den Novizen finden wir lokale Lesewiederholungen auf Pro-satexten, Bezeichnungen und mathematischen Fließtexten. Globale Lesewiederholungen befinden sich auf Bezeichnungen. Desweiteren lesen Novizen mathematische Vorgehensweisen, wie „Streichen von Spalten“ mehrfach. Außerdem finden wir Regressionen innerhalb eines Beweises nach dem Lesen eines Springstimulus. Ein Novize übersprang zu Beginn die Voraussetzung und begann den Lese-prozess auf der Folie mit dem Lesen der abgedruckten Formel. Weiterhin gab es Lesewiederholungen während eines Schreibprozesses.

Kognitive Anstrengung

Die *kognitive Anstrengung* wird durch die Variablen *kognitive Anstrengung* und *Akkumulation* operationalisiert.

Beide Variablen tauchten bei beiden Personengruppen auf allen Textarten auf. Das ist an der Stelle eine logische Konsequenz, da wir folienweise stets aufs Neue die kognitive Anstrengung betrachtet haben. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass der Experte beim Lesen des Beweises eine deutlich höhere Anzahl an Akkumulationen zeigte als die Novizen.

Verteilung der Aufmerksamkeit (Folienweise Betrachtung)

Die *Verteilung der Aufmerksamkeit* wird durch die relative Verweildauer operationalisiert. Wir halten zunächst fest, dass Lesewiederholungen und eine höhere kognitive Anstrengung auf einer entsprechenden AoI die relative Verweildauer auf dieser AoI erhöhen.

Der fortgeschrittene Mathematiker. Der fortgeschrittene Mathematiker hält sich auf Formeln am längsten und auf Zeilen mit Textstücken, die aus mathematischer Sicht zu einem großen Teil aus Füllwörtern bestehen, am kürzesten auf.

Die Novizen. Bei den Novizen konnten wir beobachten, dass ein Schreibprozesses die Aufmerksamkeit erhöht.

7.3 „So what and who cares?“

In diesem Abschnitt nutzen wir die gefundenen Ergebnisse rund um das Thema „Lesen mathematischer Texte“ für Vorschläge für die Lehre. Außerdem betrachten wir unseren Algorithmus zur Erstellung der Blickbewegungsdiagramme kritisch und zeigen vor allem Schwächen auf. Weiterhin liefern wir Vorschläge für zukünftige Forschungsansätze.

Wir beginnen mit Vorschlägen zur Umsetzung des Themas *Lesen mathematischer Texte* in der Lehre. Dabei betrachten wir zwei Bereiche: *Das Schreiben mathematischer Lehrtexte* und *Die Thematisierung des Lesens mathematischer Texte in Veranstaltungen*.

Vorschläge zum Schreiben mathematischer Texte

Die vorliegenden Ergebnisse unserer Studie liefern Hinweise dafür, inwiefern Vorschläge zum Schreiben mathematischer Texte formuliert werden können. An dieser Stelle weisen wir nochmal darauf hin, dass es sich um eine explorative

Studie handelt, in der Interpretationen angeboten wurden. Diese können durch quantitative Studien überprüft werden. Das gilt auch für die folgenden Vorschläge.

Globale und lokale Struktur mathematischer Zusammenhänge

Mathematische Inhalte, beispielsweise ein Beweis, bestehen in der Regel sowohl aus globalen als auch aus lokalen mathematischen Zusammenhängen. Betrachten wir Forster (2004), ein Standardwerk für die Analysis I, stellen wir fest, dass globalen Zusammenhängen, wie der Erläuterung von Beweisideen beziehungsweise -strukturen eher weniger Aufmerksamkeit geschenkt wird. In mathematischen Lehrtexten liegt häufig der Schwerpunkt auf einer mehr oder weniger detaillierten Darstellung der lokalen Zusammenhänge. Die globalen Zusammenhänge lassen sich aus dem entsprechenden Text häufig „herauslesen“. Erfahrungsgemäß fällt das Studierenden gerade zu Beginn ihres Studiums eher schwer. In der Literatur (Selden u. Selden, 2003; Weber, 2008; Weber u. Mejia-Ramos, 2011; Inglis u. Alcock, 2012, 2018) finden wir die in früheren Kapiteln beschriebenen beiden Lesestrategien *Zooming-in* und *Zooming-out* verbunden mit der Diskussion, ob und wann Mathematiker diese beiden Strategien in Vorlesungen verwenden (Artemeva u. Fox, 2011; Fukawa-Connelly u. a., 2017).

An dieser Stelle lautet der Hinweis auch globale Zusammenhänge in einem Lehrtext anzusprechen und eventuell detaillierter zu erläutern.

„Der Autor führt die Augen des Lesers durch den Text (spazieren).“

Das Zitat entstand während eines Meetings zur Besprechung der Interpretationen einiger Ergebnisse und stammt von Joachim Hilgert. Wir ziehen drei Stimuli (*Springstimulus*, *Strukturdarstellendes Element* und *Inhaltliche Aufschreiberichtung*) heran, nach deren Auftreten wir Veränderungen im Leseverhalten von Probanden beobachten konnten. Des Weiteren verdeutlichen wir Vermutungen darüber, inwiefern die Augen eines Lesers von der Art der Darstellung eines Texts geleitet werden können. Anders ausgedrückt benennen wir mit den Begriffen *Springstimulus*, *Strukturdarstellendes Element* und *Inhaltliche Aufschreiberichtung* Reize, die vermutlich ein bestimmtes Verhalten eines Rezipienten (insbesondere eines Novizen) hervorrufen können. Zur Einordnung dieser Begriffe liegt es nahe, ein Modell heranzuziehen, welches Wirkungen beschreibt beziehungsweise Wirkungsrichtungen verdeutlicht. Wir betrachten ein sich selbst erklärendes „Grundmodell des Wirkungsvorgangs“ (Jäckel, 2011): Das behavioristische Stimulus-Response-Modell (siehe Abbildung 7.1). Für jeden der Begriffe *Springstimulus*, *Strukturdarstellendes Element* und *Inhaltliche Aufschreiberichtung* deklarieren wir im Rahmen des Stimulus-Response-Modells sowohl die Rolle des

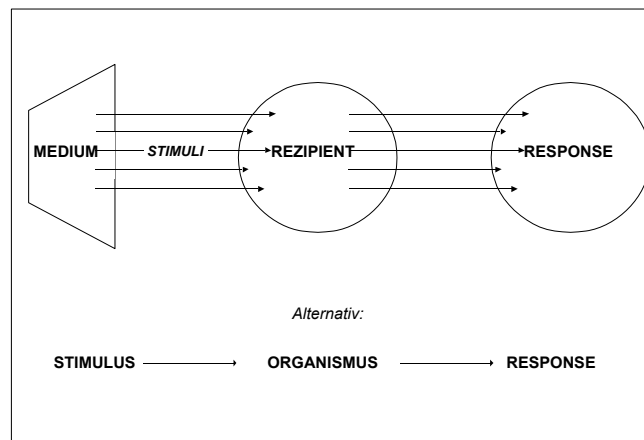


Abbildung 7.1: Die Grundstruktur des Stimulus-Response-Modells nach Jäckel (2011)

Stimulus als auch die der Response.

Springstimulus. In unserem Lesetext finden wir auf Folie 5 das Wort „Spalten“. Einerseits charakterisiert dieses Wort einen Bestandteil eines Objekts, hier den einer Tabelle. Auf der vorigen Folie 4 unseres Lesetextes (und auch auf Folie 5, allerdings dort nicht als Haupttext, sondern als zusätzliche Informationsgabe, unter anderem verdeutlicht durch eine kleinere Schriftgröße) befindet sich tatsächlich eine Tabelle. Von daher benennt dieses Wort andererseits eine konkrete Textstelle in unserem vorgegebenen Lesetext.

Während des Leseprozesses konnten wir beobachten, dass Rezipienten nach dem Wort „Spalten“ im Text auf Folie 5 in die Spalten der entsprechenden Tabelle von Folie 4 gesprungen waren. Im Sinne des Stimulus-Response-Modells übernimmt das Wort *Spalten* die Rolle des Stimulus und das *Springen des Probanden* übernimmt die Rolle der Response. Wir widmen uns an dieser Stelle noch der Frage, inwiefern dieses Verhalten für den Verstehensprozess eines Rezipienten hilfreich sein könnte. Betrachten wir den Verlauf des Beweises, so werden zunächst die Zahlen zwischen 1 und ab in einer Tabelle dargestellt. Direkt danach befindet sich die Handlungsanweisung „Nun streichen wir alle Spalten,...“ und erst daraufhin mathematische Erläuterungen zu denjenigen Spalten, die gestrichen werden sollen. In den Spalten der Tabelle finden wir keine direkten Hinweise, welche Spalten zum Streichen ausgewählt werden und warum. Von daher unterstellen wir, dass die Novizen aufgrund des Springstimulus „Spalten“ ihre Augen auf genau dieses Objekt richteten, obwohl dieses Verhalten für einen Verstehensprozess in diesem Moment eher wenig hilfreich ist.

Einen weiteren Springstimulus finden wir auf Folie 5 in der Formel „ $s_1 b + t \equiv$

$s_2b + t \bmod a$ “. Die Terme in dieser Formel sind analog zu denjenigen in der Tabelle auf Folie 4. Wir konnten beobachten, dass Novizen direkt nach dem Lesen der Formel „ $s_1b + t \equiv s_2b + t \bmod a$ “ zurück in die Tabelle sprangen. Im Sinne des Stimulus-Response-Modells übernimmt die *strukturell analoge Formel* die Rolle des Stimulus und das *Springen des Probanden* entspricht der Rolle der Response. Aus Sicht von Textverständnis kann es hilfreich sein, analoge Terme in unterschiedlichen Situationen zu betrachten allerdings hilft ein Blick in die Tabelle auch an dieser Stelle nicht unbedingt beim Verstehensprozesses des Beweises auf Folie 5.

Inhaltliche Aufschreiberichtung. Im europäischen Raum ist es üblich zeilenweise und von links nach rechts zu schreiben. Somit wird eine entsprechende Leserichtung initiiert. Innerhalb von Tabellen oder auch Matrizen gibt es mehrere Richtungen (horizontal, vertikal und diagonal) zum Lesen. Abhängig von der Richtung, in der ein Leser rezipiert, kann er zu unterschiedlichen Informationen über die dargebotenen Inhalte gelangen. In unserer Studie finden wir auf Folie 4 eine Tabelle mit mathematischen Termen als Einträge. Die Zahlen sind hier in horizontaler Richtung angeordnet. Wir konnten beobachten, dass Novizen die Tabelle zunächst horizontal lasen. Für die Einordnung im Rahmen des Stimulus-Response-Modells gehen wir davon aus, dass die Leserichtung des Rezipienten in dem (ersten) Moment ausschließlich von der Aufschreiberichtung der Zahlen beeinflusst wird. Somit übernimmt im Sinne des Stimulus-Response-Modells die *Aufschreiberichtung der Zahlen* die Rolle des Stimulus und die *Leserichtung des Probanden* entspricht der Rolle der Response.

Strukturdarstellendes Element. Auf Folie 4 befindet sich der Beginn des Beweises. Er startet mit der Anordnung der Zahlen zwischen 1 und ab in einer Tabelle. Die Tabelle wird danach abgebildet. Sie enthält unter anderem vertikale (:) und horizontale Pünktchen (...) als Einträge.

Während des Leseprozesses konnten wir beobachten, dass Novizen nach dem Lesen von vertikalen Pünktchen (:) spaltenweise weiterlasen. Im Sinne des Stimulus-Response-Modells übernehmen die *strukturdarstellenden Elemente*, wie beispielsweise horizontale oder vertikale Pünktchen die Rolle des Stimulus und die *Leserichtung des Probanden* entspricht der Rolle der Response.

Weitere Beispiele im Kontext mathematischer Texte für strukturdarstellende Elemente könnten Pfeile in (kommutativen) Diagrammen oder (exakten) Sequenzen sein. Auch in anderen Kontexten fungieren Verbindungslinien oder Pfeile (beispielsweise in Mind-Maps) eventuell jeweils als strukturdarstellendes Element.

Umgang mit Springstimuli, inhaltlichen Aufschreiberichtungen & strukturdarstellenden Elementen. Eventuell ist einigen Dozenten die Wirkung von Springstimuli, Aufschreiberichtungen & strukturdarstellenden Elementen auf ihre Leser nicht in vollem Umfang bewusst. Dann würden wir neben einem reflektierten Umgang einen sehr sensiblen Umgang mit diesen Objekten vorschlagen. Sie könnten von Autoren bewusst eingesetzt werden, um Lesern eine hilfreiche Führung durch einen Text anzubieten beispielsweise durch kleine *Regieanweisungen*, wie „Wir betrachten nochmals die vorige *konkrete* Definition und...“ oder „Wir verwenden nun unsere Überlegungen über *eine konkrete Textstelle*...“ im Text. In Bezug auf die Anordnung der Zahlen in einem Rechteck könnte ein Autor abwägen, ob er die Zahlen spaltenweise anordnen möchte und dann entsprechend Zeilen streicht oder wie hier dargestellt, eine zeilenweise Anordnung wählt. Beides kann zunächst eine horizontale oder vertikale Leserichtung beim Rezipienten veranlassen. Horizontale beziehungsweise vertikale Pünktchen beispielsweise innerhalb einer Tabelle veranlassen gerade Novizen zum horizontalen beziehungsweise vertikalen Lesen. Gerade bei mathematischen Inhalten treten unterschiedliche Argumente in der jeweiligen Leserichtung auf. Von daher kann eine Motivation des Lesers, sowie spaltenweise als auch zeilenweise oder sogar diagonal zu lesen sinnvoll sein.

Reihenfolge von Voraussetzungen und Folgerungen in Folgerungsketten & verneinende Formulierungen

Bei einigen Novizen konnten wir beobachten, dass an Textstellen, an denen die zentralen mathematischen Objekte nicht in hierarchischer Reihenfolge stehen, die Reihenfolge der Abläufe in einem Satz nicht synchron zu den tatsächlichen Handlungen ist oder verneinende Formulierungen auftreten, kein flüssiges Lesen stattfand. Das kann man sehr unterschiedlich interpretieren. Eventuell könnten die eben genannten Beobachtungen zu Schwierigkeiten im Leseprozess führen. Auch an dieser Stelle empfehlen wir einen bewussten Umgang mit verneinenden Formulierungen und der Reihenfolge mathematischer Objekte beziehungsweise Handlungsanweisungen.

Vorschläge zur Umformulierung des Textes unserer Studie Wir betrachten zunächst Folie 3, Zeile 6. Der Teilsatz lautet im Original „denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar.“ In diesem Satz stecken drei Bausteine: die zentralen mathematischen Objekte sind die Zahlen von 1 bis pq ; das sind pq Stück; von diesen sind p -Stück durch q teilbar. Wir hatten bereits diskutiert, dass es günstig sein könnte, die zentralen Objekte an den Anfang zu setzen und dann eine Reihenfolge an Tätigkeiten einzuhalten. Somit wäre ein Vorschlag diesen Satz umzuformulieren: „Wir betrachten die Zahlen von 1 bis pq . Von diesen pq

Zahlen sind p (-Stück) durch q teilbar.“

Einen weiteren Vorschlag zur Umformulierung bieten wir für ein Textstück aus Folie 5 an. In den ersten beiden Zeilen fällt auf, dass hier mit einer verneinenden Formulierung „nicht zu b teilerfremd“ gearbeitet wird. Weiterhin betrachten wir unterschiedliche zentrale Objekte („zu b teilerfremde Zahlen“ und „Spalten“). Des Weiteren wird das zentrale Objekt nach dessen Eigenschaften genannt („... nicht zu b teilerfremden Zahl...“). Außerdem beginnt der Satz mit der Tätigkeit, die man zum Schluss tun soll („Streichen“) und das zentrale Objekt („Spalten“), dass zuletzt in Aktion tritt, am Anfang. Eventuell bereitet diese Satzstruktur Schwierigkeiten bei der Erfassung des Textes. Ein Vorschlag, diesen Satz umzuformulieren wäre eine weitere Alternative zu der Verneinung anzubieten, das zentrale Objekt vor dessen Eigenschaften zu nennen und die Reihenfolge der Tätigkeiten zu beachten: *Wir betrachten die erste Zeile des Rechtecks. Dort gibt es Zahlen, die mit b mindestens einen gemeinsamen Teiler $t \in \mathbb{N}, t > 1$, haben oder anders ausgedrückt, Zahlen, die nicht zu b teilerfremd sind. Wir suchen nun alle Spalten, die mit solch einer Zahl beginnen und streichen sie.*

Vorschläge zur Thematisierung des Lesens mathematischer Texte in Lehrveranstaltungen

An dieser Stelle schlagen wir ein paar wenige Methoden vor, wie das Thema *Lesen mathematischer Texte* in Lehrveranstaltungen umgesetzt werden könnte. Wir weisen zunächst darauf hin, dass sich bereits viele Mathematikdozenten, wie zum Beispiel Houston (2012); Hilgert u. a. (2015) und Dietz (2018) mit der Vermittlung des Lesens mathematischer Texte beschäftigen und entsprechend Literatur mit umfassenden Hinweisen zu diesem Thema anbieten. Von daher gehen wir an dieser Stelle nicht auf die vielerorts bekannten Hinweise wie beispielsweise die Verwendung von Zettel und Stift ein.

Hinweise auf einer Metaebene

Häufig geben Dozenten ihren Studierenden Tipps zu Arbeitsweisen und zum Studium. Das geschieht meistens auf einer Metaebene. An dieser Stelle könnte ein Dozent beispielsweise auf die Besonderheiten mathematischer Texte eingehen und deren Zusammensetzung aus lokalen und globalen Zusammenhängen. Auch könnten beispielsweise konkrete Fragen, die bei Verständnisschecks angewendet werden können, thematisiert werden. Bei der Überprüfung des eigenen Verständnisses kann sich der Leser unterschiedliche Fragen stellen. Diese beziehen sich entweder auf einen lokalen Zusammenhang oder einen globalen Zusammenhang. Ein Vorschlag seitens Joachim Hilgert für eine kleine Eselsbrücke lautet: Lokal frage Dich: „Ist das richtig?“, global frage Dich: „Ist das wichtig?“.

Weitere Vorschläge für Verständnischecks sind die folgende Fragen. Für lokales Verständnis: Wieso folgt die Aussage in der zweiten Zeile aus der in der ersten Zeile?, Lässt sich die Aussage durch ein Beispiel verdeutlichen? Für globales Verständnis: Welche Beweisstrategie wird verwendet?, Was sind Voraussetzung, Behauptung und die Beweisidee?, Wie lässt sich die Aussage in ein mathematisches Gesamtbild einordnen?, Welche Teilaussagen ergeben die Gesamtaussage des Beweises? Hodds u. a. (2014) geben einen Vorschlag zu einem Self-explanation Training. Auch darauf kann in Lehrveranstaltungen eingegangen werden.

Vorführen

Erfahrungsgemäß führte es zu „Aha-Erlebnissen“, wenn Studierende sahen, wie ein Experte liest. Die vielen zusätzlichen Überlegungen, die eventuell in Form von Randnotizen oder Nebenrechnungen plötzlich transparent werden, führten zu Äußerungen, wie „Ich bin nicht zu dumm, wenn ich nicht gleich alles verstehe?“ oder „Selbst Professoren machen Nebenrechnungen?“ und könnten eventuell Veränderungen im eigenen Leseverhalten anstoßen. Bei dem Ziel des lokalen Verständnisses führt häufig lineares Durchlesen eines mathematischen Textes nicht zum gewünschten Ergebnis. Auch könnte an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, wo im Text globale Zusammenhänge beschrieben stehen oder inwiefern diese selbst erarbeitet werden müssen.

Für solche Vorführungen eignen sich ein Visualizer samt Text oder Lückenskript, in welchem Platz für zusätzliche Überlegungen bereits eingebaut ist, sehr gut.

Leseaufgaben

Sowohl auf Übungsblättern als auch in schriftlichen Tests ist es möglich, Studierenden Leseaufgaben zu stellen. Dabei können Sie durch die oben genannten Fragen zu lokalen und globalen mathematischen Zusammenhängen angeregt werden, Arbeitstechniken zum Lesen mathematischer Texte einzuüben.

Wir geben hier zwei Beispiele für Leseaufgaben an. In Aufgabe 1 finden wir einen Beweis. Die Aufgabe besteht darin, zu dem vorgegebenen Text Fragen zu beantworten. Die Fragen (ii) - (vi) zielen auf lokale Zusammenhänge ab. Die Fragen (i) und (vii) fokussieren globale Zusammenhänge.

In Aufgabe 2 soll eine gegebene Aussage bewiesen werden (Teilaufgabe 3). Allerdings sollte die Aussage an sich zunächst verstanden werden. Dazu dienen die Teilaufgaben 1. und 2., die auf lokale Zusammenhänge der Aussage abzielen. Teilaufgabe 4. fokussiert globale Zusammenhänge dieses Themas.

Aufgabe 1 Bestimmen Sie alle $n, k \in \mathbb{N}$ mit $(n-1)! = n^k - 1$.

Zur Lösung dieser Ihnen bekannten Hausaufgabe betrachten wir das Folgende.

Für n gerade ist die einzige Lösung $(n, k) = (2, 1)$. Die Eindeutigkeit dieser Lösung haben Sie bereits bewiesen.

Betrachten wir nun die einzigen beiden Lösungen für ungerade n :

$$(n_1, k_1) = (3, 1) \text{ und } (n_2, k_2) = (5, 2).$$

Die Eindeutigkeit dieser Lösungen beweisen wir nun wie folgt:

Angenommen für ungerades $n > 5$ gäbe es weitere Lösungen der Gleichung

$$(n-1)! = n^k - 1. \quad (7.3.1)$$

Es gilt

$$(n-1) \mid (n-2)!. \quad (7.3.2)$$

Daraus folgt dann

$$(n-1)^2 \mid (n^k - 1). \quad (7.3.3)$$

Durch Faktorisierung von $n^k - 1$ erhalten wir

$$n^k - 1 = (n-1)(1 + n + n^2 + \dots + n^{k-1}). \quad (7.3.4)$$

Wir wissen, dass auch der zweite Faktor durch $n-1$ teilbar ist. Damit erhalten wir also

$$(1 + n + n^2 + \dots + n^{k-1}) \equiv k \equiv 0 \pmod{n-1}. \quad (7.3.5)$$

Wir haben somit gezeigt, dass gilt

$$n-1 \mid k. \quad (7.3.6)$$

Dies ist aber nicht möglich, da (6) im Widerspruch zu

$$n^{n-1} - 1 > (n-1)! \quad (7.3.7)$$

steht. Somit sind die bereits angegebenen Lösungen die einzigen.

- (i) Welches Beweisprinzip wird für die Eindeutigkeit der ungeraden beiden Lösungen verwendet? Schlüsseln Sie das Beweisprinzip auf und geben Sie die dafür notwendigen Aussagen an.
- (ii) Verdeutlichen Sie sich die Gleichung 7.3.2 unter Verwendung des Zahlenbeispiels $n = 7$.

- (iii) Bei der Folgerung von Gleichung 7.3.2 auf Gleichung 7.3.3 fehlen Zwischenschritte. Geben Sie diese an.
- (iv) Warum ist in der Gleichung 7.3.4 der zweite Faktor durch $(n-1)$ teilbar?
- (v) Erläutern Sie, warum in Gleichung 7.3.5
 $(1 + n + n^2 + \dots + n^{k-1}) \equiv k \pmod{n-1}$ gilt.
- (vi) Begründen Sie die Gültigkeit von Ungleichung 7.3.7.
- (vii) Geben Sie den für den Beweis entscheidenden Schluss an. Benutzen Sie dafür, die sich aus Gleichung 7.3.6 ergebende Folgerung und die Ungleichung 7.3.7.

Aufgabe 2 Seien $a, b \in \{0, \dots, m-1\}, a_1, a_2 \in [a]_m, b_1, b_2 \in [b]_m$. Dann gilt

$$a_1 + b_1 \text{ und } a_2 + b_2$$

liegen in derselben Restklasse modulo m .

1. Zur Verdeutlichung der obigen Aussage betrachten wir folgende Tabelle für Restklassen modulo 7. Füllen Sie zunächst die Lücken in dieser Tabelle aus.

	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
...	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	...
...	[]	[-16]	[-15]	[-14]	[-13]	[-12]	[-11]	...
...	[]	[-9]	[]	[-7]	[]	[]	[]	...
...	[-3]	[-2]	[]	[0]	[]	[2]	[3]	...
...	[4]	[5]	[]	[7]	[]	[9]	[10]	...
...	[11]	[12]	[13]	[14]	[]	[]	[]	...
...	[]	[]	[]	[21]	[22]	[23]	[24]	...
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	

2. Beschreiben Sie unter Verwendung von Einträgen aus der Tabelle die obige Aussage in eigenen Worten.
3. Zeigen Sie die obige Aussage allgemein.
4. Das Konzept der Wohldefiniert ist Ihnen bereits an anderen Stellen in dieser Veranstaltung begegnet. Zählen Sie drei weitere Themengebiete hierfür auf.

7.4 Ideen für die Forschung

Kritische Betrachtung der Algorithmen zur Datenaufbereitung

Diese Arbeit bietet einen Vorschlag zur Aufbereitung und Auswertung von Blickbewegungsdaten. Dabei liegt unter anderem der Fokus auf der Betrachtung der Reihenfolge von Leseprozessen. Inspiriert von der Idee von Inglis u. Alcock (2018) stellten wir Blickbewegungen in einem AoI-*t*-Diagramm dar. Die Diagramme von Inglis u. Alcock (2018) geben Aufschluss darüber, in welcher AoI (z. B. Zeile) die Fixationen landen. Wir konnten diese Idee insofern weiterentwickeln, dass wir aus dem entsprechenden Diagramm nun ablesen können, auf welche Stelle in einer Zeile ein Proband blickt. Das eröffnet die Möglichkeit, beobachtetes Verhalten im Leseprozess direkt mit dem zugrundeliegenden Stimuli in Verbindung zu bringen. Für die Aufbereitung der Daten und die Erstellung der Diagramme haben wir einen Algorithmus vorgeschlagen. Den betrachten wir in diesem Kapitel kritisch.

Nicht-zuordbare Fixationen in einem Diagramm

Diejenigen Fixationen, die unter Verwendung des Algorithmus' keiner AoI zugeordnet werden konnten, werden auf -1 abgebildet und sind somit in den Diagrammen sichtbar. Viele nicht-zuordbare Fixationen könnten eventuell folgende Ursachen haben. Zum einen könnte ein technisches Problem bei der Datenerhebung stattgefunden haben. Beispielsweise werden Blickbewegungen, die zu weit seitlich außerhalb der AoIs liegen, nicht in dem Optimierungsprozess des Algorithmus' beachtet. Eine solche Verschiebung (eventuell bei einem Brillenträger) wird in keinsten Weise durch den Algorithmus begründet.

Außerdem scheitert der Algorithmus zur Bestimmung der optimalen Verschiebung der AoIs, wenn der Proband zeilenweise sowohl oberhalb des Textes als auch unterhalb des Textes fixiert. Wir suchen mit dem Algorithmus die optimale Verschiebung, so dass möglichst viele Fixationen in allen AoIs landen. Dabei verschieben wir alle AoIs gleichzeitig. Diese gleichzeitige Verschiebung ist der Grund dafür, warum der Algorithmus scheitert, wenn ein Proband zeilenweise sein Leseverhalten ändert, indem er mal oberhalb und mal unterhalb des Textes beim Lesen fixiert.

Die Fehlerrate des Algorithmus sinkt, je mehr Zeilen des gesamten Textes auf einer Folie unterschiedlich lang sind. Dabei genügen ein bis zwei kürzere Zeilen in einem Text, damit der Algorithmus hinreichend gut arbeiten kann. Es ergibt somit wenig Sinn, jede Zeile einzeln zu betrachten und die optimale Verschiebung zu ermitteln. Es würde schnell passieren, dass Fixationen auf gleich langen vertikal benachbarten Zeilen nicht hinreichend gut einer AoI zugeordnet werden

können.

Betrachten wir das Scheitern des Algorithmus als Analysetool für das Leseverhalten, könnte hier eventuell ein Hinweis dafür vorliegen, dass der Proband vielleicht eher willkürlich auf dem Stimuli umhergeschaut und nicht ernsthaft gelesen hat.

Neue Operationalisierungen von Merkmalen beim Lesen

Spaltenweises Lesen. An dieser Stelle lautet das erste Ergebnis, dass wir eine Operationalisierung für spaltenweises Lesen unter Verwendung des AoI- t Diagramms angeben können (siehe Abbildung 7.2). Betrachten wir also ein solches

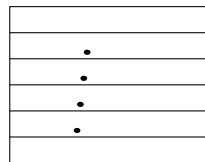


Abbildung 7.2: Operationalisierung: Spaltenweises Lesen

Diagramm und dessen y -Achse. Beim spaltenweisen Lesen springt die nachfolgende Fixation in eine andere Zeile sprich in ein anderes Intervall $[n, n + 1)$, $n \in \mathbb{N}$ als ihre vorangegangene. Dabei landen die betreffenden aufeinanderfolgenden Fixationen stets im gleichen Bereich (beispielsweise erstes Drittel) der jeweiligen Zeile. Die Zeitabstände sind hier eher klein (keine größeren Abstände in t -Richtung). Diese Operationalisierung ist auch programmiertechnisch umsetzbar. Dazu wäre es sinnvoll, die AoIs senkrecht zu wählen, also beispielsweise um je eine Spalte eine AoI zu legen.

Skimming. In dieser Untersuchung konnten wir kein Skimming im Sinne der Operationalisierung von Inglis u. Alcock (2018) in unseren Daten finden. Ziehen

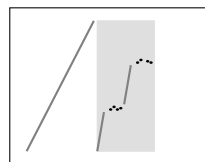


Abbildung 7.3: Operationalisierung: Skimming während eines Schreibprozesses

wir allerdings die Betrachtung von Schreibprozessen (in Abbildung 7.3 gekennzeichnet durch das graue Rechteck) hinzu, können wir einen Vorschlag zur Operationalisierung von Skimming anbieten. Wir gehen davon aus, dass ein erster (annähernd) linearer Lesedurchgang ohne Anfertigung von Notizen stattfand.

Die Lesegeschwindigkeit während des ersten Durchgangs (Anstieg der ersten Trendlinie) dient dabei als Ausgangsgeschwindigkeit für einen Vergleich.

Der Proband liest nun während eines Schreibprozesses ein mathematisches (Teil-)Textstück zum wiederholten Mal (dargestellt in Abbildung 7.3 beispielsweise durch die zweite Trendlinie). Dabei liest er das Textstück mit einer höheren Geschwindigkeit als beim ersten Durchlauf (größerer Anstieg der zweiten Trendlinie als der der ersten Trendlinie) und fertigt zu genau diesem (Teil-)Textstück keine Notizen an. Notizen werden zu derjenigen Textstelle angefertigt, auf der sich in Abbildung 7.3 einzelne Fixationen befinden. In dem Fall könnte sich (angelehnt an die Beobachtungen in unseren Daten) an dieser Textstelle eine kurze Formel, die mit einer Fixation wahrgenommen werden kann, befinden. Der Proband sucht also bewusst nach Textstellen, die er in Form von Notizen festhalten möchte. Die dazwischenliegenden (Teil-)Textstücke werden dabei mit höherer Geschwindigkeit überflogen, also geskimmt.

Gezieltes Nachschauen – globale Sicht. *Problematik:* Betrachten wir diese Prozessgröße für den gesamten Leseprozess also folienübergreifend, so finden wir sie nicht bei der Betrachtung der einzelnen Diagramme. Dazu müssen wir den Leseprozess in seiner Gesamtheit betrachten. Die Übersichtstabelle (siehe Tabelle 5.1) liefert dafür erste Indikatoren.

Vorschlag für die Zukunft: Es wäre möglich, den gesamten Leseprozess in einem Diagramm abzubilden. Dabei lassen sich die jeweiligen Folien wie folgt kennzeichnen. Auf der x -Achse markiert man die entsprechenden Zeitintervalle für die Dauer der jeweiligen Folie. Vielleicht möchte man auch zur y -Achse parallele Geraden verwenden, die Anfang beziehungsweise Ende einer Folie markieren.

Vermutung beim Lesen von Formeln.

- Verweildauer kurz, Fixationsdauer hoch & eher wenig Akkumulationen:
 - Die Formel ist eher kurz und von daher sind nicht so viele Fixationen nötig, um die gesamte Formel ins Arbeitsgedächtnis zu übernehmen.
 - Die kognitive Anstrengung, um die einzelnen Terme in der Formel zu erfassen, ist eher hoch.
- Verweildauer lang, Fixationsdauer niedrig & vermehrt Akkumulationen:
 - Die Formel ist eher lang und es sind mehrere Fixationen nötig, um die Formel ins Arbeitsgedächtnis zu übernehmen.
 - Die einzelnen Terme der Formel sind leichter zu erfassen.

- Verweildauer lang, Fixationsdauer hoch & vermehrt Akkumulationen:
 - Die Formel ist eher lang und es sind mehrere Fixationen nötig, um die Formel ins Arbeitsgedächtnis zu übernehmen.
 - Die kognitive Anstrengung, um die einzelnen Terme in der Formel zu erfassen, ist eher hoch.
- Verweildauer kurz, Fixationsdauer niedrig & eher wenig Akkumulationen:
 - Die Formel ist eher kurz und von daher sind nicht so viele Fixationen nötig, um die gesamte Formel ins Arbeitsgedächtnis zu übernehmen.
 - Die einzelnen Terme der Formel sind leichter zu erfassen.

Neue Forschungsfragen

An dieser Stelle geben wir Vorschläge zur weiteren Forschung, wobei quantitative Untersuchungen Sinn ergeben würden.

Beeinflussen gezielt verwendete Springstimuli das Leseverhalten?

Die Wirkung der Stimuli in einem Text könnte durch eine quantitative Studie untersucht werden. Dabei könnte das Merkmal *Engagement* fokussiert werden. Eventuell könnte in einer Vergleichsstudie zwischen Experten und Novizen ermittelt werden, ob Probanden vermehrt auf vorherige Textbausteine (beispielsweise Definitionen) blicken wenn diese im Text erwähnt werden. Auch könnte hierbei untersucht werden, inwiefern ein Unterschied festgestellt werden kann, wenn sich der entsprechende Textbaustein auf der gleichen Seite oder auf einer anderen Seite befindet.

Beeinflussen gezielt verwendete Beispiele das Leseverhalten?

Novizen fokussieren Beispiele. An dieser Stelle könnte unter Verwendung zweier inhaltlicher gleicher aber in der Anordnung der Textbausteine unterschiedlicher Texte festgestellt werden, inwiefern sich das Engagement beim Leseverhalten durch die gezielte Verwendung von Beispielen beeinflussen lässt. Gerade beim Lesen von Definitionen wäre ein abgesichertes Ergebnis in Bezug auf den Einfluss des Ortes des Beispiels (davor, danach oder beides) interessant. Selbstverständlich sollte das Beispiel die Definition entweder einleiten oder direkt anwenden. Die Frage, inwiefern Beispiele ein wiederholtes Lesen einer Definition provozieren, wäre an dieser Stelle spannend.

Beeinflussen unterschiedlich geschriebene Texte gleichen Inhalts das Leseverhalten?

An dieser Stelle wäre eine Vergleichstudie mit mindestens zwei entsprechend preparierten Texten (Einer, der aus einem typischen Buch entnommen ist versus einem überarbeiteten Text, der alle vorgeschlagenen Hinweise beinhaltet) denkbar. Dabei könnten die folgenden Fragen fokussiert werden. Inwiefern lässt sich die Lesbarkeit eines Satzes/Textes durch die Einhaltung einer hierarchischen Reihenfolge der zentralen Objekte beeinflussen?

Wir greifen hier die Beobachtung auf, dass ein Novize bei schwierigeren Texten eventuell eher dazu neigen könnte, Texte linear zu lesen. Dann wäre es interessant zu untersuchen, inwiefern sich durch den Aufschrieb eines Textes das Lesen über mehrere Zeilen beeinflussen (eventuell bei einem Novizen verhindern) lässt.

Kapitel 8

Anhang

8.1 Graphiken – Leserkonzepte und Rahmenmodell

Table 2
Trends in how readers of various expertise approach reading of mathematical text for the purpose of learning.

		An Undergraduate	A Graduate	A Mathematician
Mathematical fluency	Decoding	May be unfamiliar with some vocabulary and symbols	Is generally familiar with technical vocabulary and symbols	Is familiar with technical vocabulary and symbols
	Skimming	Reads without skimming	Reads without skimming although some concepts may be familiar	Skims over familiar concepts
	Reading-the-meaning	Reads words and symbols verbatim	Sometimes reads the meaning of symbols	Paraphrases, summarizes, or reads-the-meaning of symbols
Comprehension monitoring	Performing checks (frequency and depth)	Performs infrequent, cursory checks involving repeating short phrases	Performs frequent checks involving repeatedly rereading sentences	Performs frequent, careful checks, if needed
	Spending time on understanding	Spends time understanding examples but generally requires prompting	Spends time understanding examples	Spends time understanding and extending examples
	Persevering	Gives up when reaches threshold level of confusion	Is willing to keep going and return to confusing ideas, if needed	Is willing to keep going and confident that ideas will eventually be understood
Engagement	Exploring	Remains inside exposition but restricts attention to text (vs. figures)	Uses all elements of exposition (e.g., figures) to understand ideas	Uses elements of exposition as needed and also is willing to create new examples
	Searching	Is unwilling to use internal resources (e.g., index) and restricted view of external resource usefulness	Is willing to use internal and external resources for clarification of concepts	Is willing to use internal and external resources for clarification of concepts

Abbildung 8.1: Tendenzen von Konzepten von Lesern mit unterschiedlicher Expertise beim Lesen eines mathematischen Textes mit dem Ziel des Lernens – Graphik aus Shepherd u. Van De Sande (2014)

Table 3
Framework for reading mathematical exposition.

	Mathematical fluency	Comprehension fluency	Engagement
Novice	Reads words and symbols haltingly	Unaware of or not confident in fixing failures to understand	Minimal attention to resources and little or no example creation
Intermediate	Reads words and symbols smoothly	Moderately aware of and willing to fix failures to understand but sometimes unsure how	Attention to resources but may not create examples
Expert	Reads words and symbols smoothly and reads the meaning of symbols	Fully aware of and confident in ability to fix failures to understand	Attention to resources (if needed) and willing to create examples

Abbildung 8.2: Rahmenmodell zum Lesen mathematischer Einführungstexte – Graphik aus Shepherd u. Van De Sande (2014)

8.2 Lesetext

Die *EULERSche* φ -Funktion

LEONHARD EULER (1707 – 1783) stammte aus Basel, weshalb er auf der zur Zeit gültigen schweizerischen 10-Franken-Note abgebildet ist. Er verbrachte allerdings den größten Teil seiner wissenschaftlichen Laufbahn in St. Petersburg als Mitglied der dortigen Akademie; von 1714 bis 1766 war er Mitglied der Königinlichen Akademie in Berlin.

EULERS Werk gilt als beispiellos, nicht nur bezüglich seines Umfangs: Er verfasste mehr als 850 wissenschaftliche Arbeiten und schrieb etwa 20 Bücher. Er beschäftigte sich auch mit naturwissenschaftlichen und philosophischen Fragen, der Schwerpunkt seiner Arbeit lag aber in der Mathematik.

Definition 1. Für $n \in \mathbb{N}$ bezeichnen wir mit $\varphi(n)$ die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus der Menge $\{1, 2, 3, \dots, n\}$. Man nennt φ die *EULERSche* φ -Funktion.

Beispiel 1. Ist p eine Primzahl, dann ist

$$\varphi(p) = p - 1, \quad (8.2.1)$$

denn alle Zahlen zwischen 1 und p außer p sind zu p teilerfremd.

Beispiel 2. Ist p^α eine Primzahlpotenz, dann ist

$$\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right), \quad (8.2.2)$$

denn von den p^α Zahlen zwischen 1 und p^α ist jede p -te Zahl durch p teilbar.

Beispiel 3. Sind p und q verschiedene Primzahlen, dann ist

$$\varphi(pq) = (p-1)(q-1), \quad (8.2.3)$$

denn p von den pq Zahlen von 1 bis pq sind durch q teilbar, q dieser Zahlen sind durch p teilbar, und eine ist durch p und q teilbar, es gilt also $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$.

Satz 1. Ist $\text{ggT}(a, b) = 1$, dann ist $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$.

Beweis. Wir denken uns die Zahlen zwischen 1 und ab in einem Rechteck angeordnet:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 2 & \dots & t & \dots & b \\ b+1 & b+2 & \dots & b+t & \dots & 2b \\ 2b+1 & 2b+2 & \dots & 2b+t & \dots & 3b \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ sb+1 & sb+2 & \dots & sb+t & \dots & (s+1)b \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (a-1)b+1 & (a-1)b+2 & \dots & (a-1)b+t & \dots & ab \end{array} \quad (8.2.4)$$

Nun streichen wir alle Spalten, die mit einer nicht zu b teilerfremden Zahl beginnen, also alle nicht zu b teilerfremden Zahlen. Es verbleiben $\varphi(b)$ Spalten. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält aus jeder Restklasse $\text{mod } a$ genau einen Vertreter, denn aus

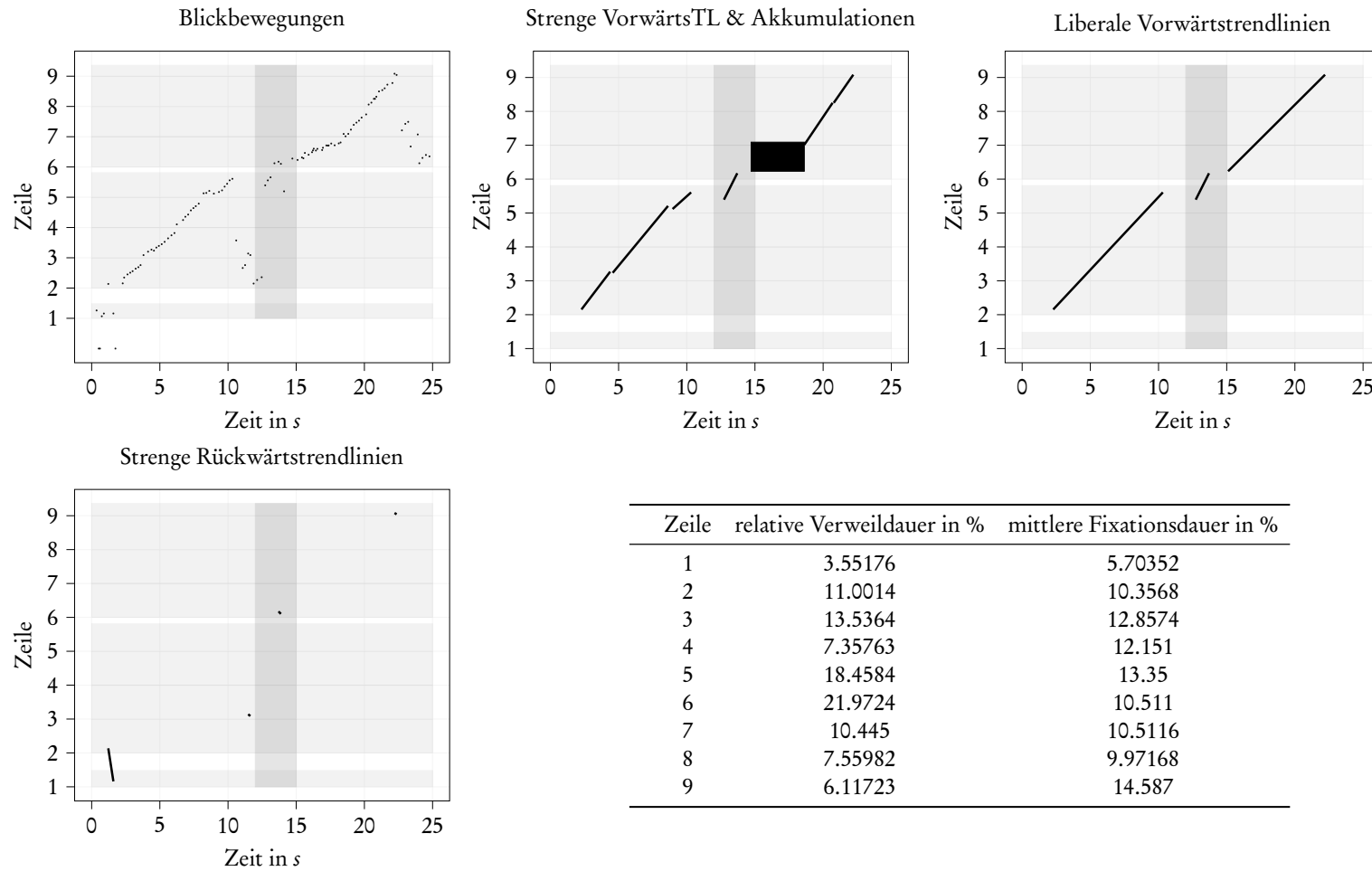
$$s_1b + t \equiv s_2b + t \pmod{a} \quad (8.2.5)$$

folgt $s_1b \equiv s_2b \pmod{a}$, wegen $\text{ggT}(a, b) = 1$ also $s_1 \equiv s_2 \pmod{a}$ und damit wegen $0 \leq s_1, s_2 < a$ auch $s_1 = s_2$. Eine nicht-gestrichene Spalte enthält also genau $\varphi(a)$ zu a teilerfremde Zahlen. Insgesamt gibt es daher $\varphi(a)\varphi(b)$ zu a und zu b (also zu ab) teilerfremde Zahlen zwischen 1 und ab . $\square$

8.3 Aufbereitete Daten der Probanden

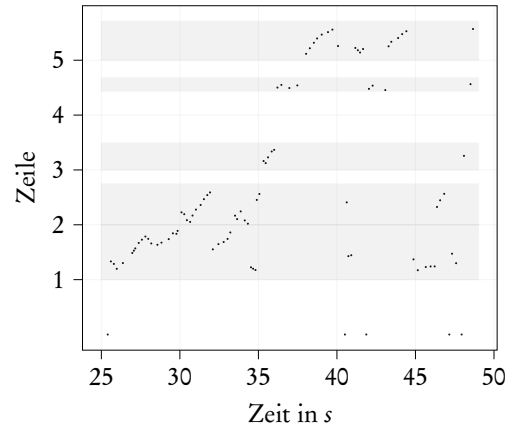
Aufbereitete Daten – *MUCK*

Folie 1 – Einleitender geschichtlicher Text

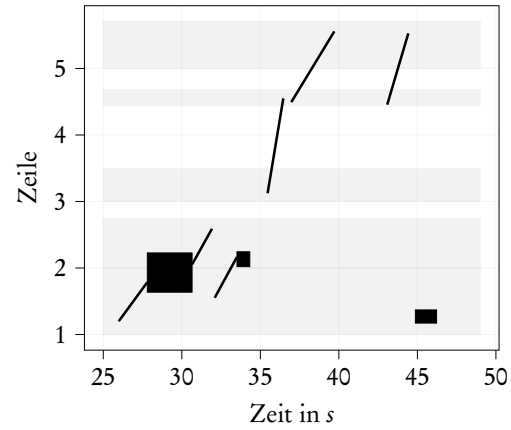


Folie 2 – Definition & Beispiel

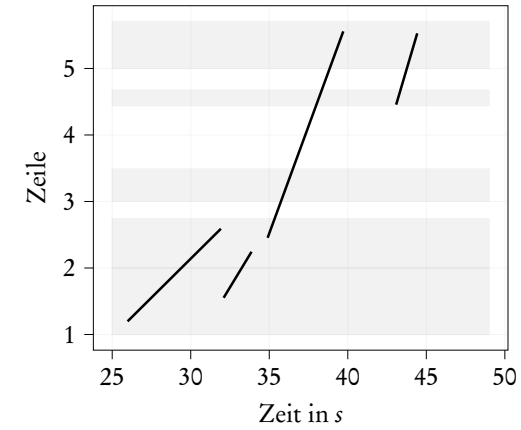
Blickbewegungen



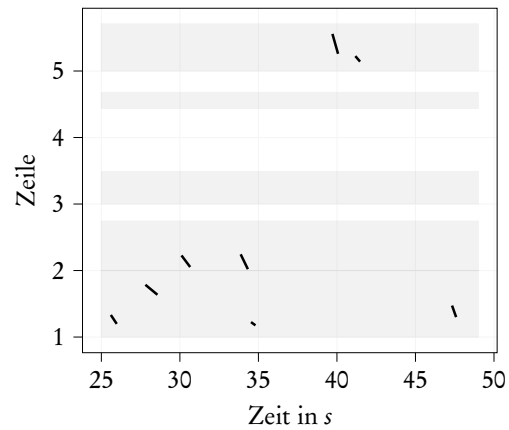
Strenge VorwärtsTL & Akkumulationen



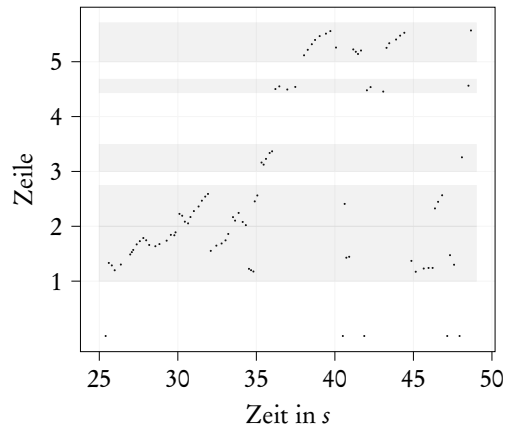
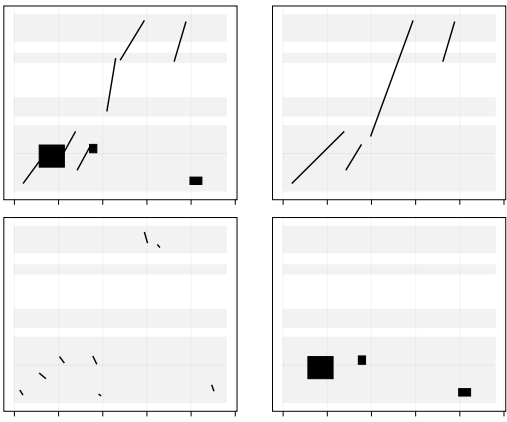
Liberale Vorwärtstrendlinien



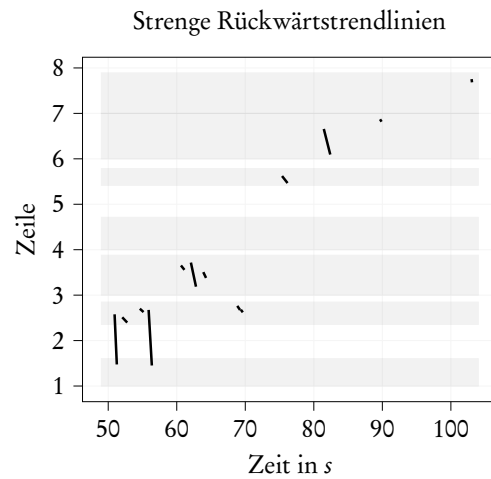
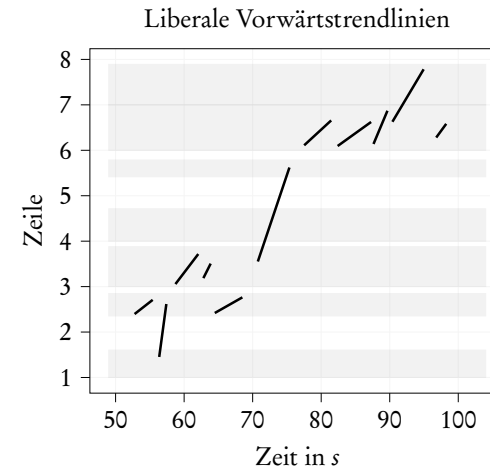
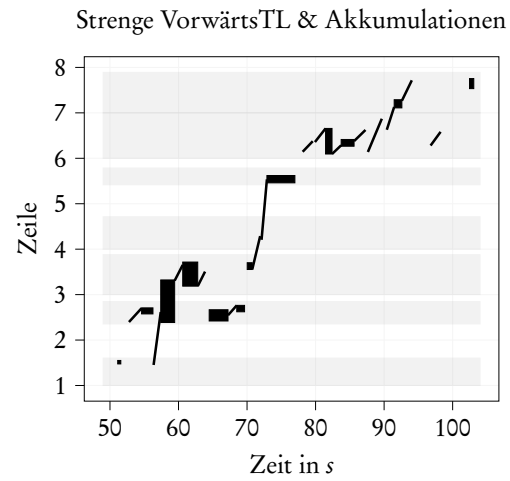
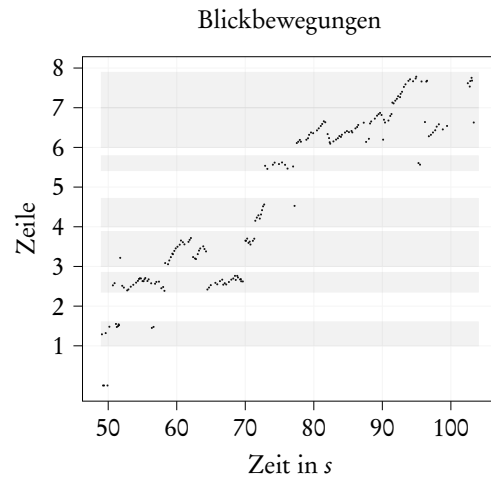
Strenge Rückwärtstrendlinien



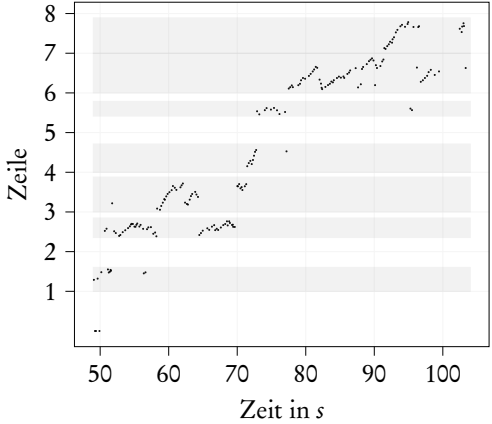
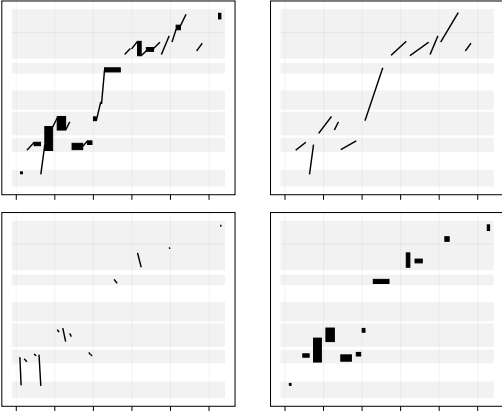
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	21.3134	16.9899
2	15.0738	14.8857
3	7.18611	16.2596
4	38.4224	32.1733
5	18.0042	19.6915

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen  		

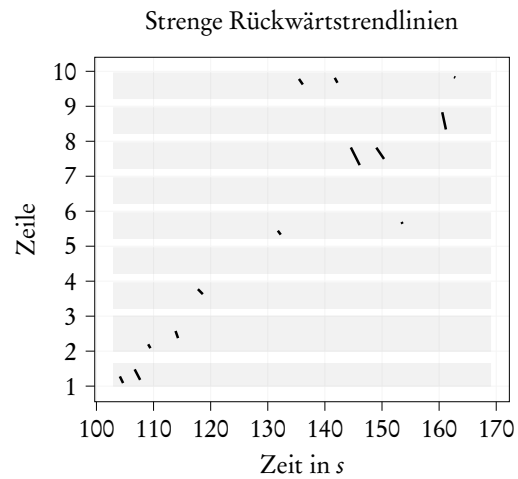
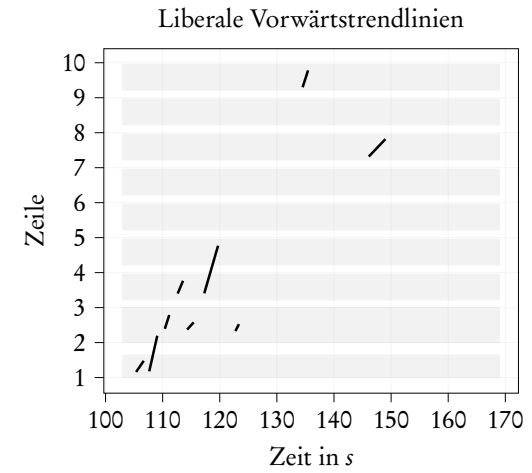
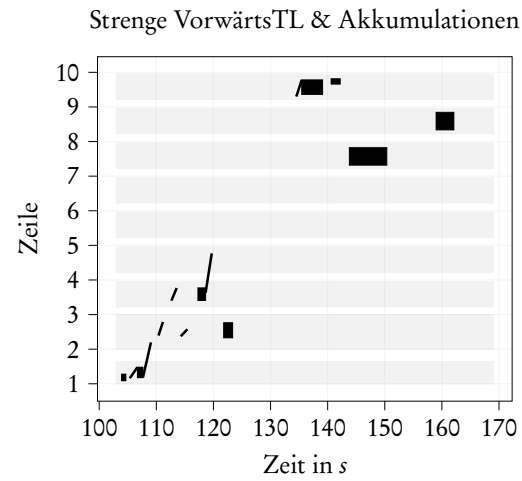
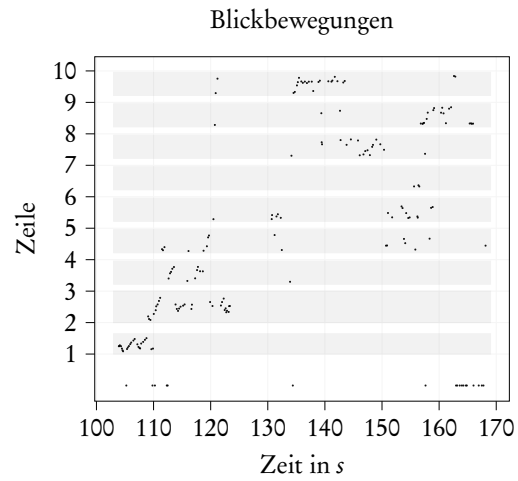
Folie 3 – Beispiele



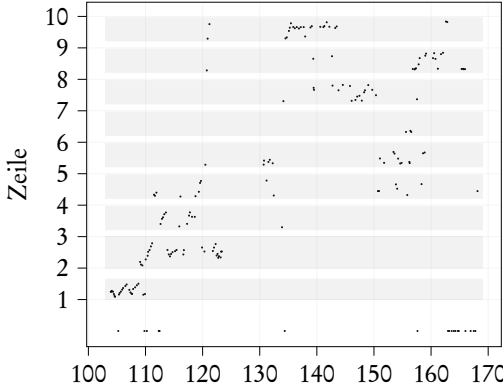
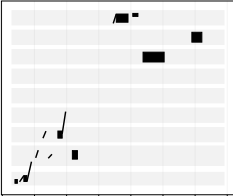
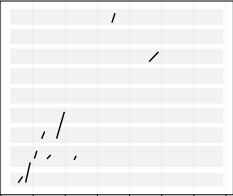
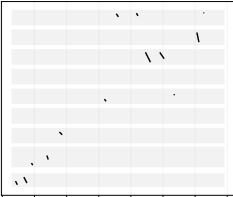
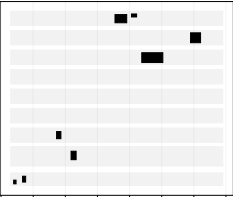
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	4.38961	10.5538
2	27.9239	11.6826
3	12.164	12.5234
4	3.29275	10.3984
5	18.5714	24.8985
6	25.3906	17.1675
7	8.26769	12.7758

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen  		

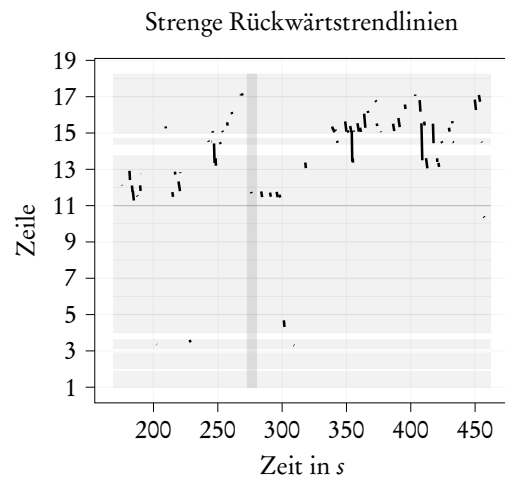
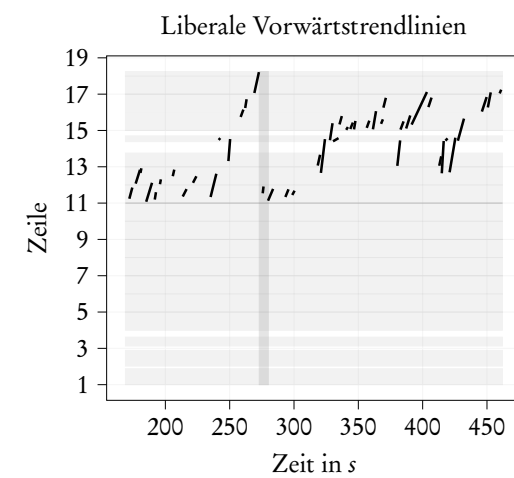
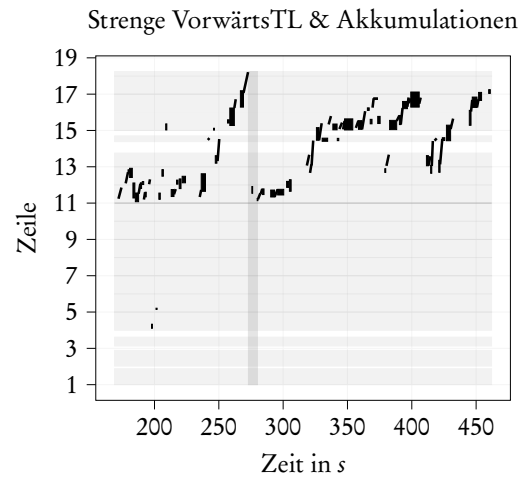
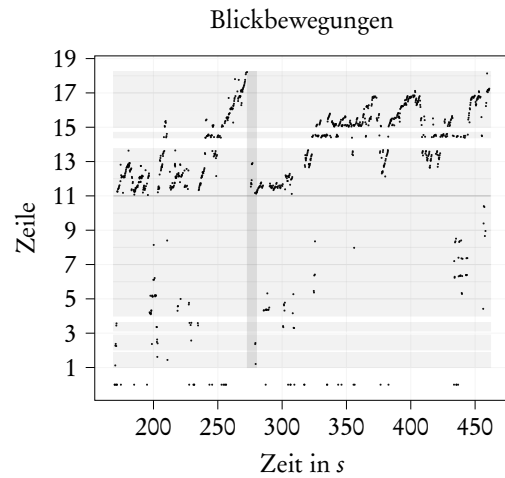
Folie 4 – Satz & Beweisbeginn



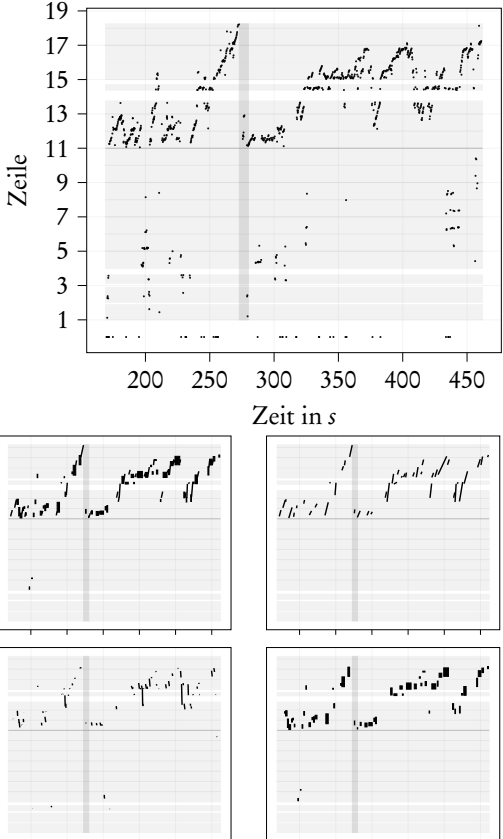
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	11.293	7.84698
2	10.3375	8.91548
3	6.24481	9.86986
4	11.9106	13.288
5	8.83275	9.30671
6	0.764193	4.83119
7	19.9065	20.9747
8	11.5496	10.4309
9	19.1611	14.5363

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen     		

Folie 5 – Beweis

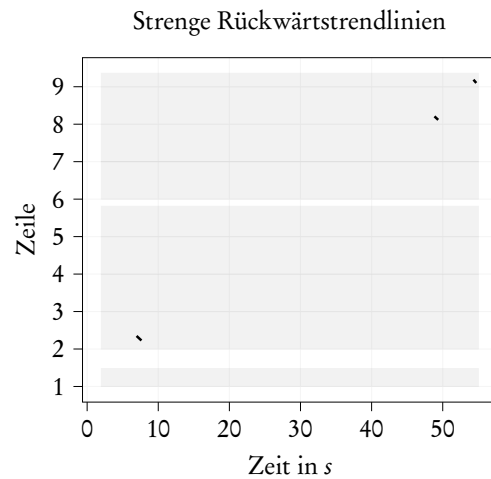
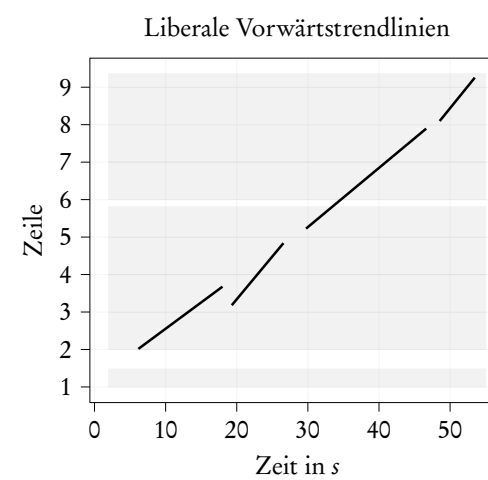
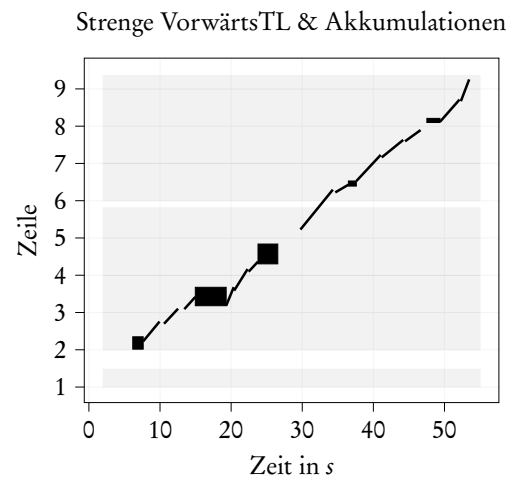
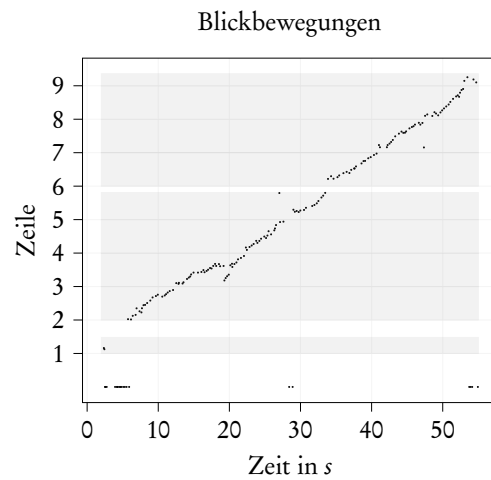


Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	0.165909	2.04198
2	0.668272	2.95194
3	3.61071	7.579
4	2.6574	5.33506
5	1.27763	4.48874
6	1.27327	4.77167
7	0.811236	6.51463
8	1.26773	6.4785
9	0.0661183	3.71674
10	0.303669	8.53514
11	8.51187	4.56882
12	7.52933	3.75124
13	7.76314	4.74532
14	31.7164	7.7124
15	17.1372	6.19672
16	11.1945	6.71568
17	2.02022	5.09422
18	2.02534	8.80222

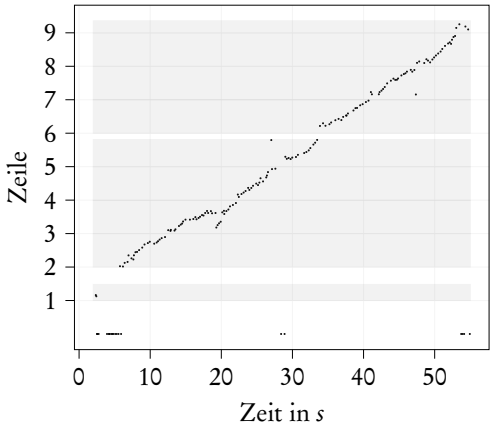
1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen 	<i>P:</i> (ab 273s) Ja, okay, das ist ja ganz schön, ja anders als irgendein so ein, ja okay. (284s) <i>I:</i> (ab 279s) Hm'hm. (279s)	

Aufbereitete Daten – *PAMIRA*

Folie 1 – Einleitender historischer Text

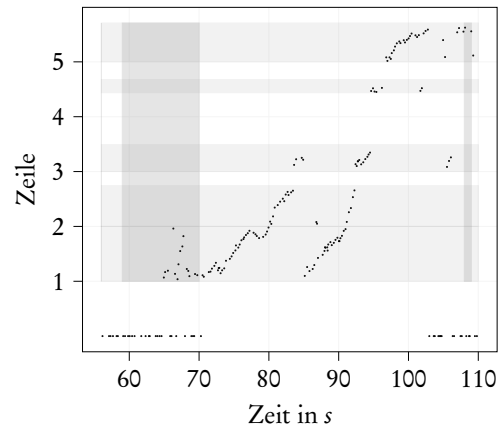


Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	0.467343	2.26209
2	12.8762	12.1791
3	19.1033	10.6348
4	12.0694	12.6485
5	11.3626	12.3855
6	14.0041	14.8789
7	12.8198	12.0368
8	10.8008	11.3006
9	6.49651	11.6736

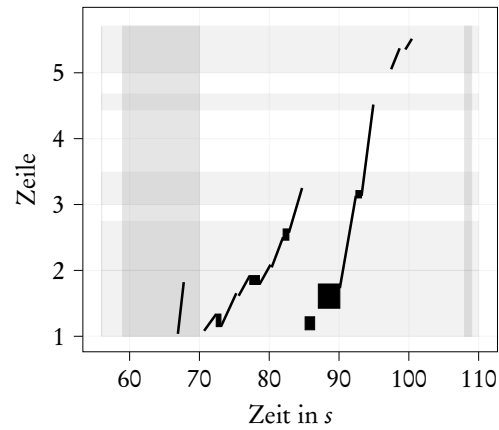
1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen 		

Folie 2 – Definition & Beispiel

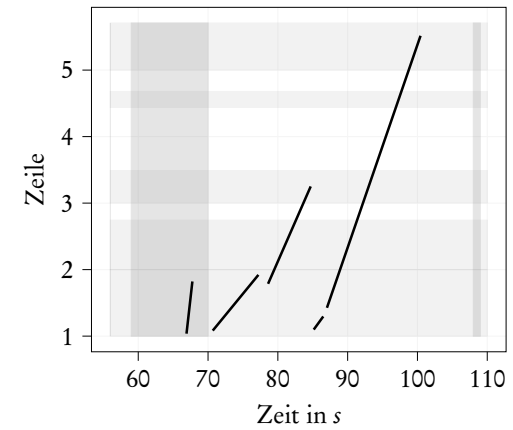
Blickbewegungen



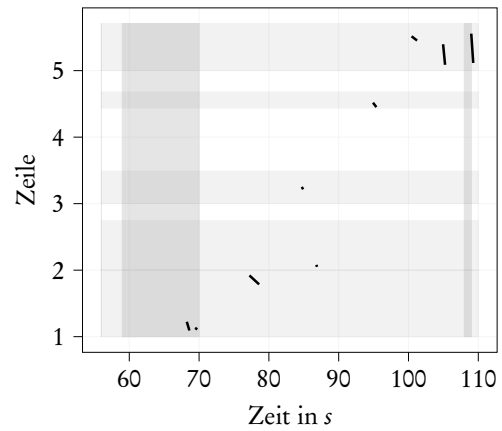
Strenge VorwärtsTL & Akkumulationen



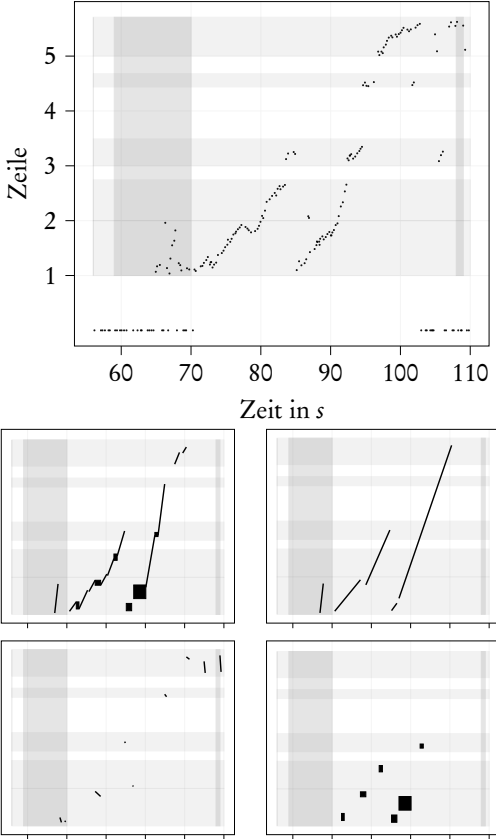
Libérale Vorwärtstrendlinien



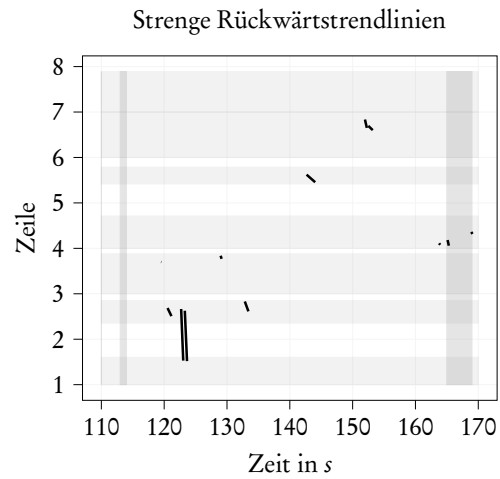
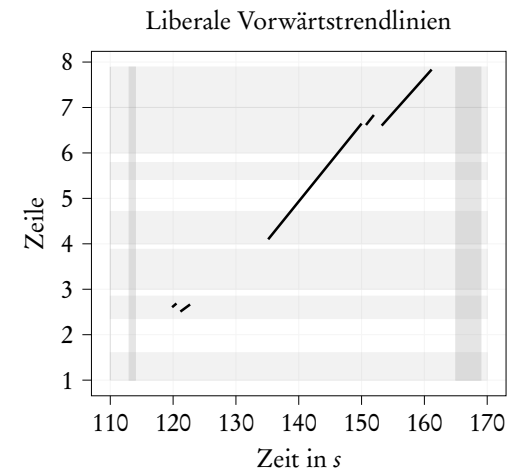
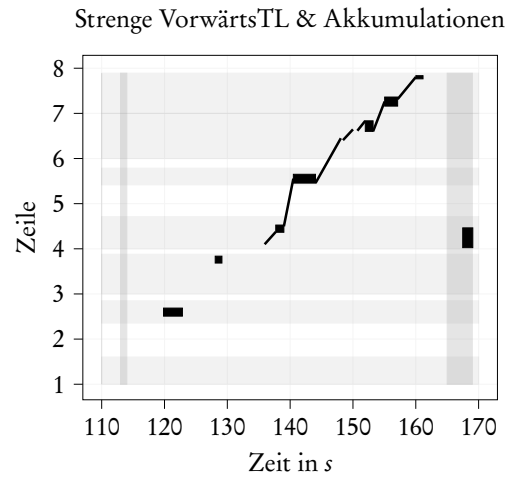
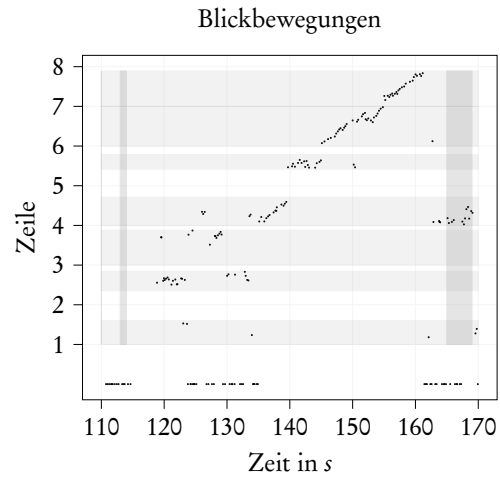
Strenge Rückwärtstrendlinien



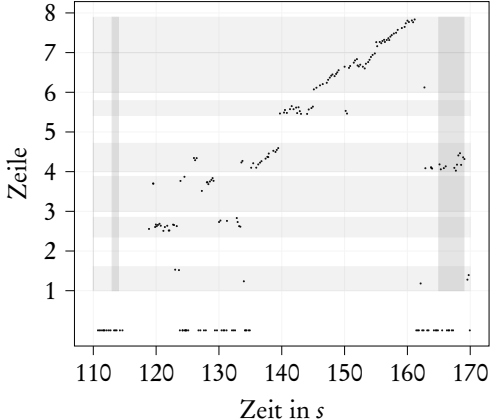
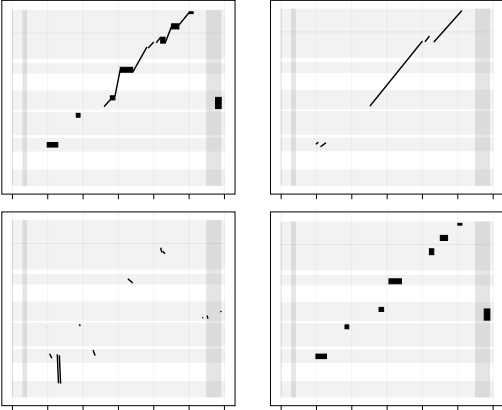
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	33.2931	18.5654
2	11.9248	17.4171
3	16.5574	18.4699
4	18.9904	26.8792
5	19.2343	18.6685

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen 	<i>I:</i> (56s) Was hast du gerade gemacht? <i>P:</i> (ab 59s) Ja, ich habe jetzt quasi die allgemeinen Informationen über Euler gelesen und jetzt kommen wir zur nächsten Seite und hier ist die Definition zunächst. (70s) <i>P:</i> (ab 108s) (undeutlich: Ich muss nochmal das Ende durchstöbern??) (109s)	

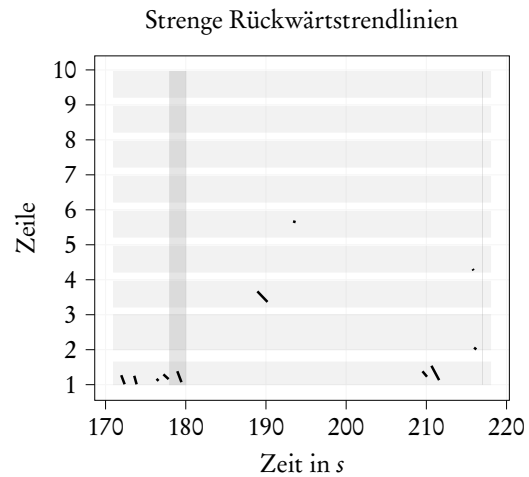
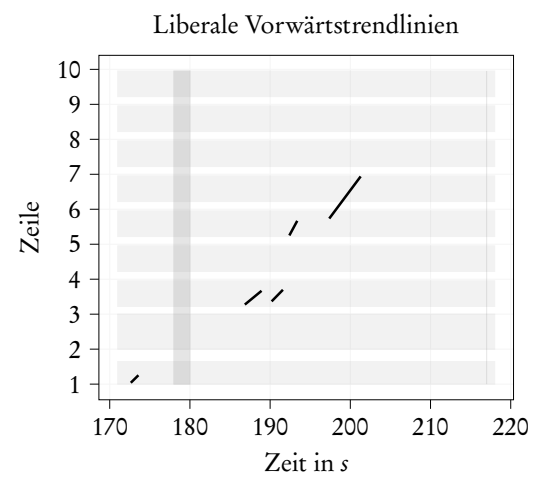
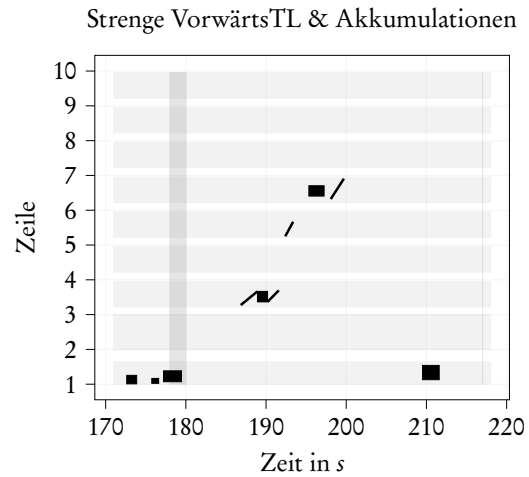
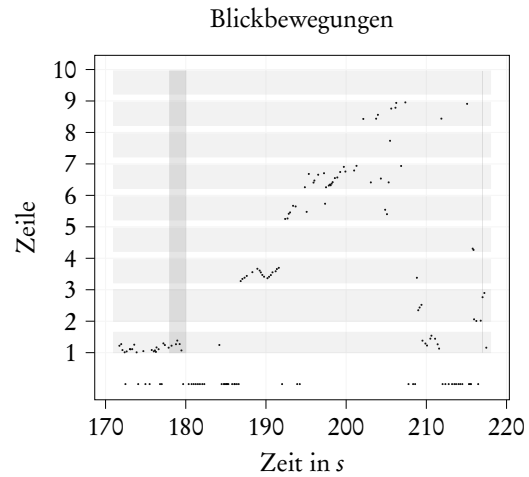
Folie 3 – Beispiele



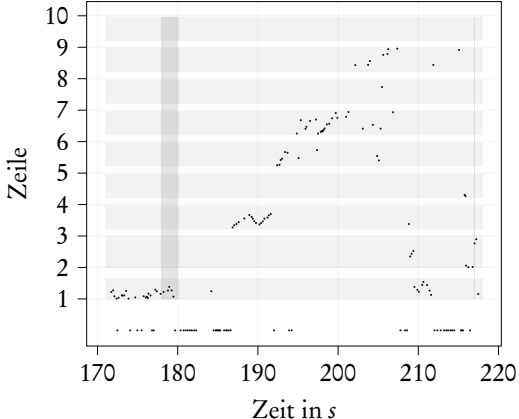
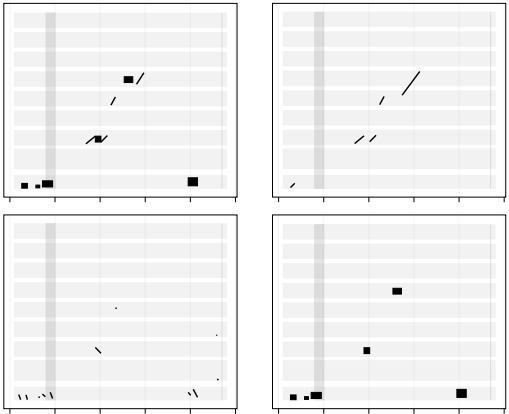
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	3.11632	10.6621
2	15.6948	11.9775
3	3.65439	9.10182
4	21.9844	15.2429
5	26.7305	18.6995
6	16.8065	18.466
7	12.0131	15.8501

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen  	<i>I:</i> Mhm. (110s) <i>P:</i> Beispiel 2. (113s) <i>I:</i> Mhm. (114s) <i>P:</i> (ab 165s) (Gemurmel) Hier waren noch zwei weitere Beispiele (169s) <i>I:</i> Mhm. (169s)	

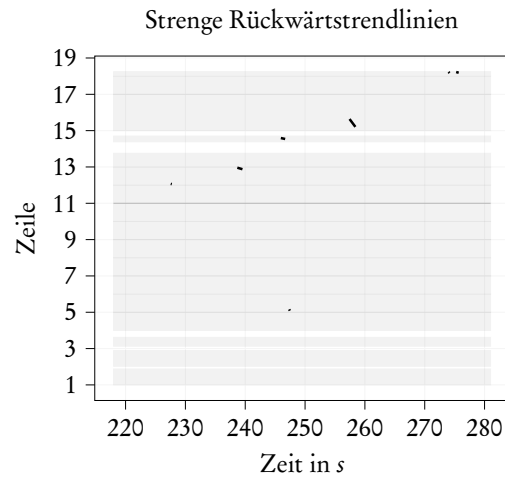
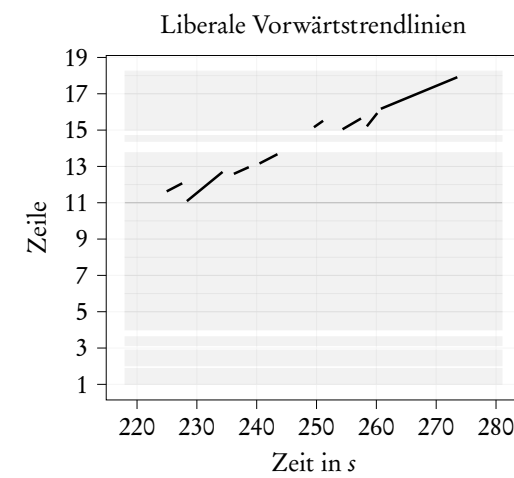
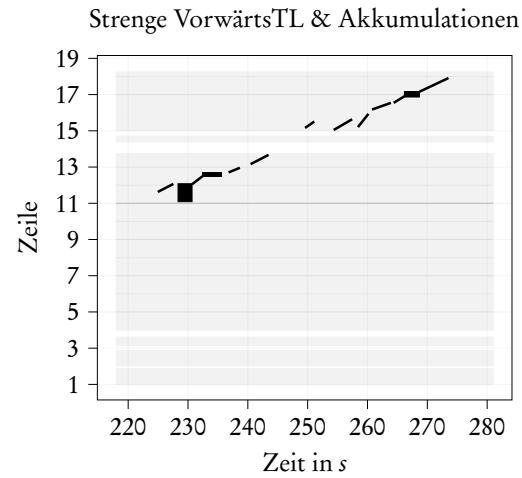
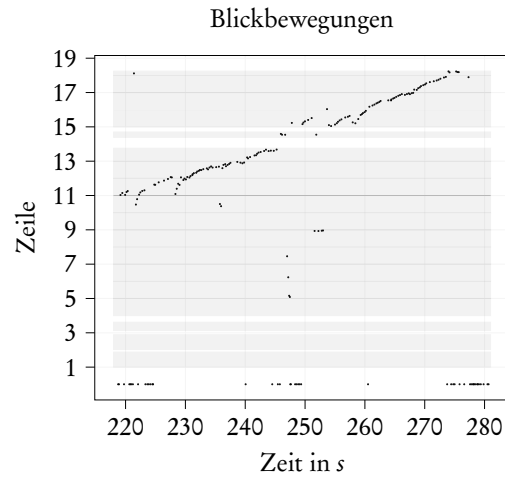
Folie 4 – Satz & Beweisbeginn



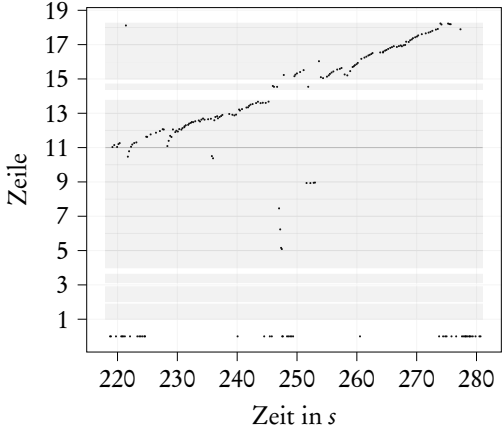
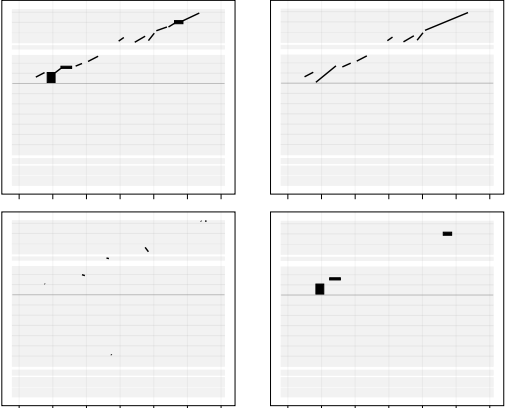
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	31.0096	12.4035
2	3.81487	10.3574
3	18.1244	16.0315
4	0.532132	4.23617
5	5.22909	8.32548
6	29.2318	20.2354
7	0.500204	7.96399
8	11.5579	20.4466

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen  	<i>P:</i> (ab 178s) Jetzt sehe ich hier einen Satz von ggT und φ. (180s) <i>P:</i> Ja, okay. (217s)	

Folie 5 – Beweis



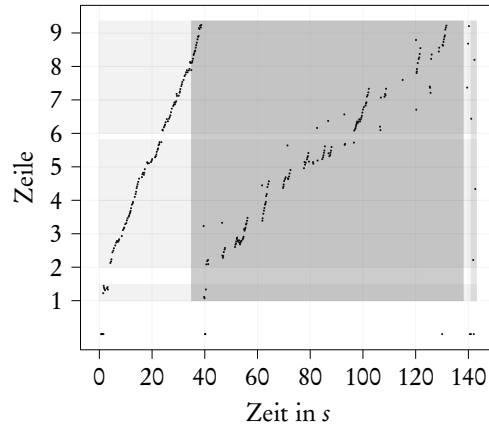
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0.371793	2.4615
6	0.3158	4.18158
7	0.391951	5.18991
8	3.34166	11.0619
9	0	0
10	1.36399	4.51522
11	10.9979	8.8066
12	17.758	8.84127
13	10.8416	9.8121
14	6.42698	8.46696
15	16.4022	10.8271
16	12.8162	9.3702
17	9.85389	10.2427
18	9.11814	6.22295

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen  		

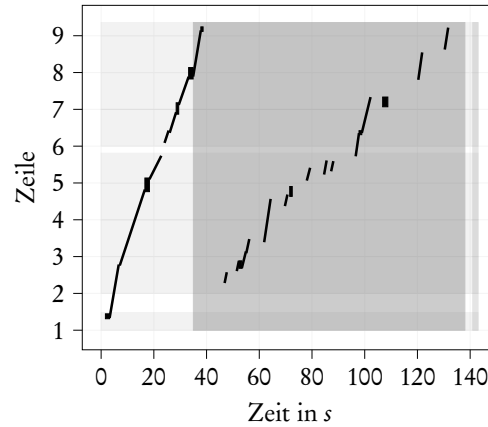
Aufbereitete Daten – MAYA

Folie 1 – Einleitender geschichtlicher Text

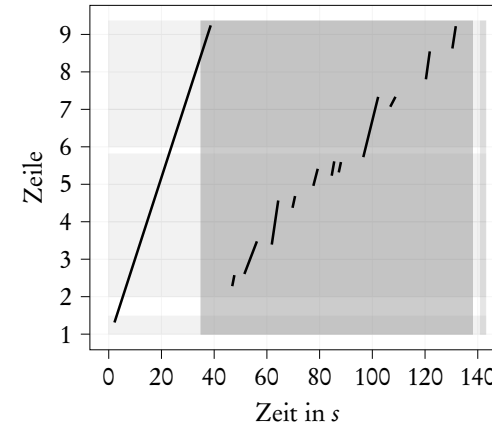
Blickbewegungen



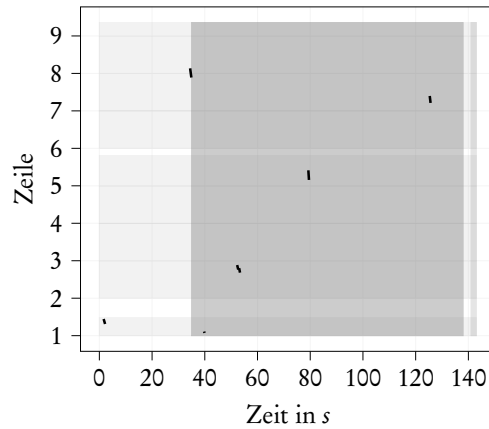
Strenge VorwärtsTL & Akkumulationen



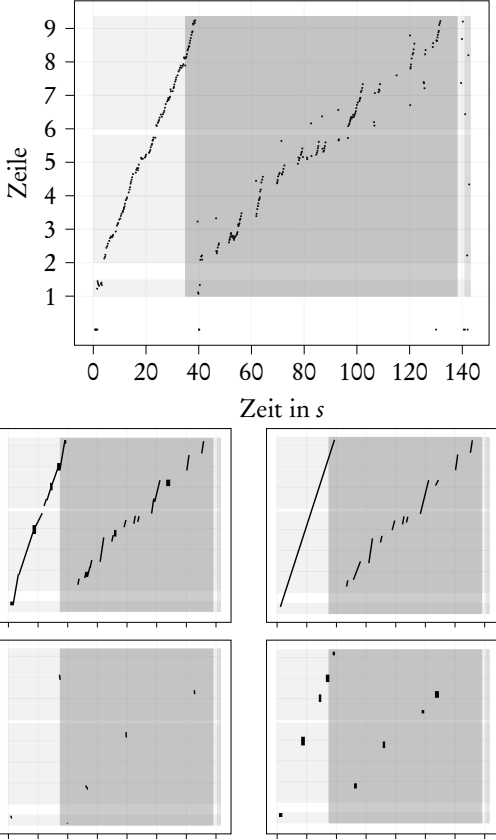
Liberaler Vorwärtstrendlinien



Strenge Rückwärtstrendlinien

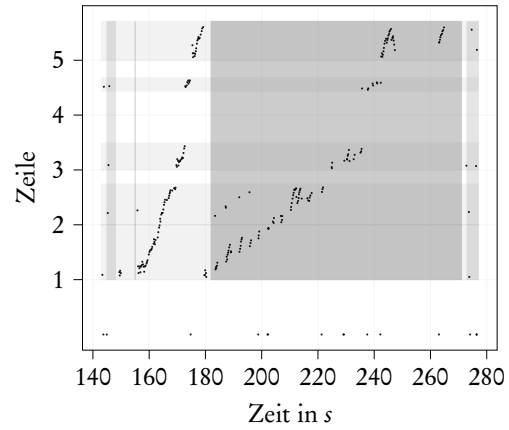


Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	8.23006	12.0766
2	13.1958	11.6283
3	9.44493	10.1266
4	11.5256	12.6496
5	17.7458	12.2736
6	13.9223	11.1133
7	10.5337	10.794
8	8.50526	9.31954
9	6.89661	10.0184

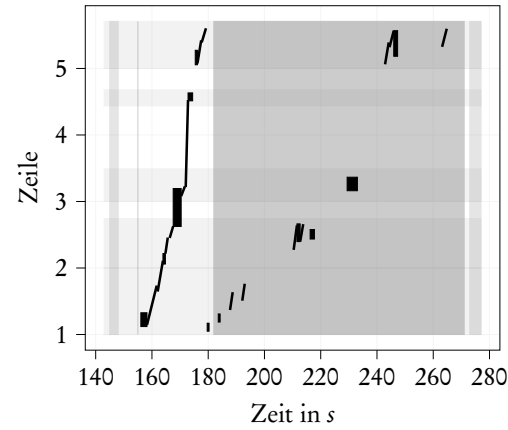
1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen 	<i>P:</i> Okay, weiter. (141s) <i>I:</i> (ab 142s) Mhmm, was haben Sie jetzt gerade gemacht? (143s)	<i>P:</i> (ab 35s) Leonard Euler Basel 10 Franken Note St. Petersburg (Akademie) 1714-1766: Königl. Akademie in Ber- lin mehr als 850 wissenschaftliche Arbeiten ca. 20 Bücher naturw. & philos. Fragen Schwerpunkt Ma- the (138s)

Folie 2 – Definition & Beispiel

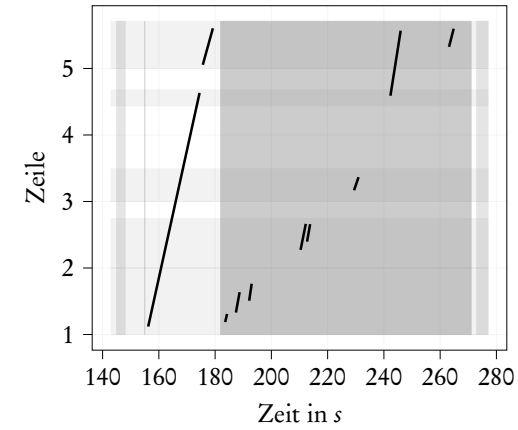
Blickbewegungen



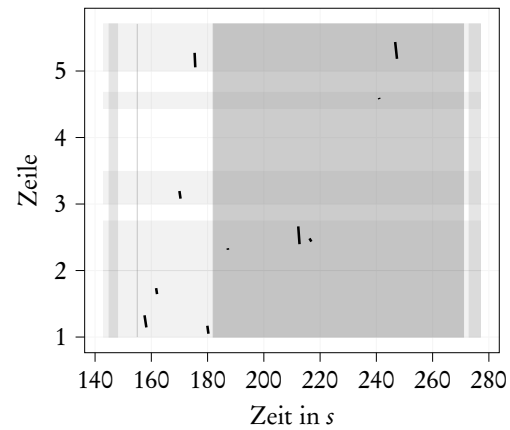
Strenge VorwärtsTL & Akkumulationen



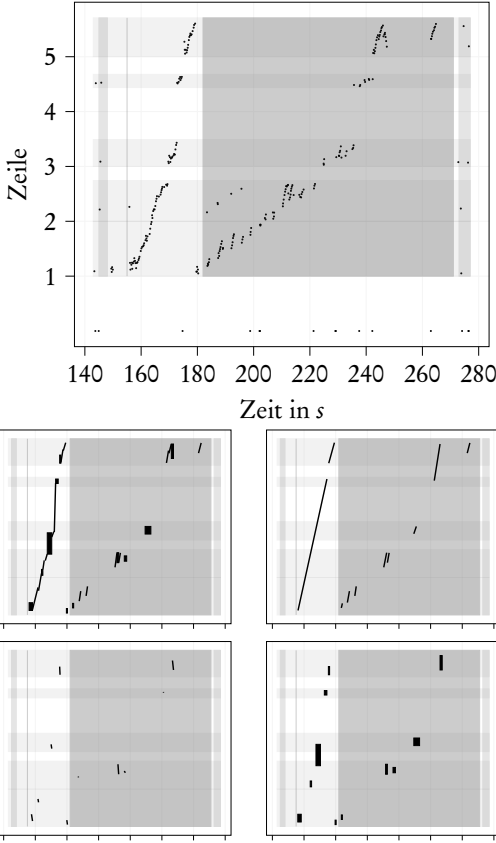
Liberale Vorwärtstrendlinien



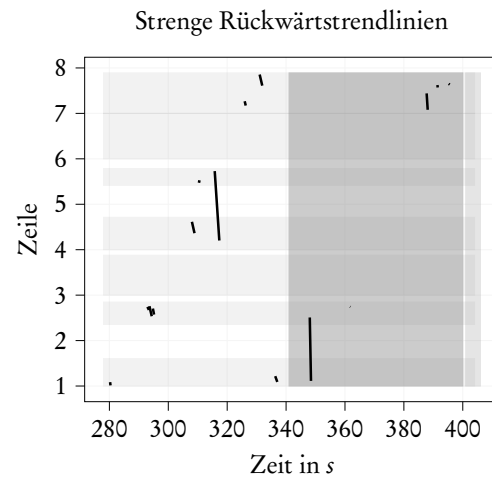
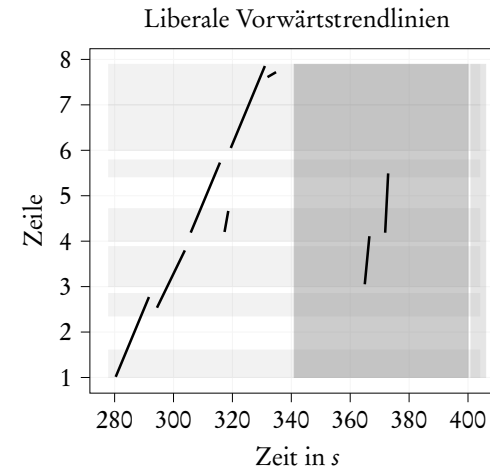
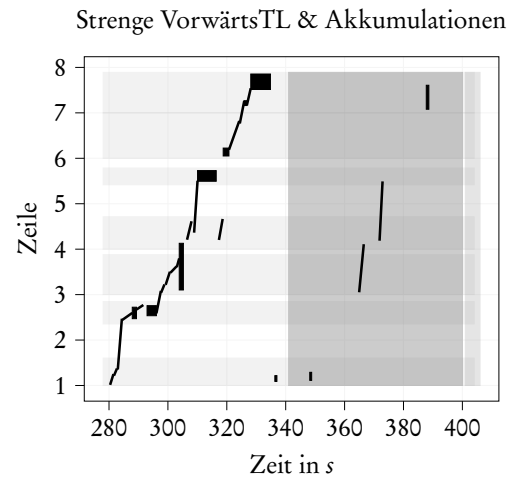
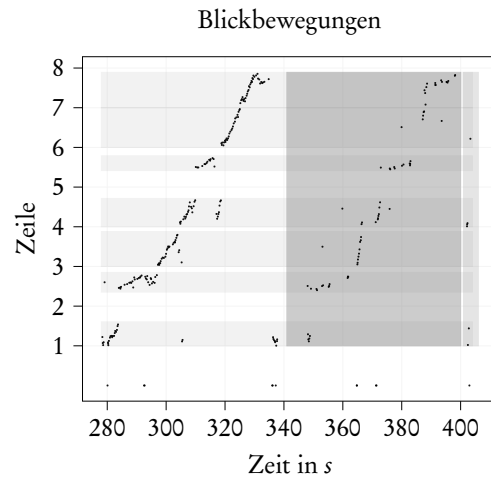
Strenge Rückwärtstrendlinien



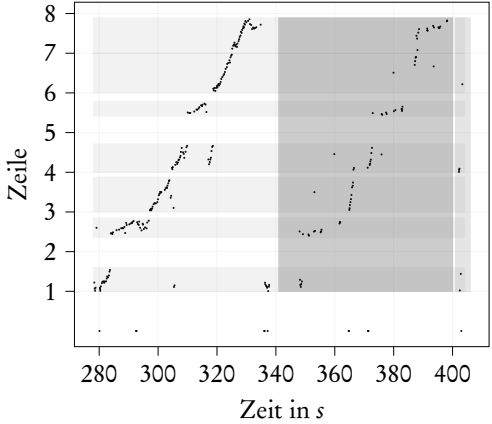
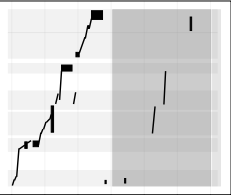
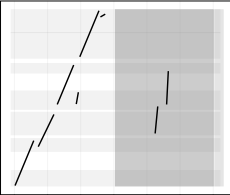
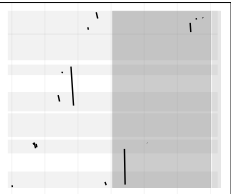
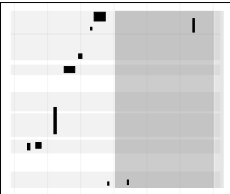
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	18.0547	18.4753
2	23.2479	20.8198
3	16.1739	18.3718
4	22.2714	22.1919
5	20.252	20.1412

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen 	<i>P:</i> (ab 145s) Ich habe erst die erste Seite gelesen und mir dazu Notizen gemacht. (148s) <i>P:</i> (ab 273s) Okay, Seite durchgelesen und mir auch dazu Notizen gemacht. (277s) <i>I:</i> Super. (277s)	<i>P:</i> (2.) (155s) <i>P:</i> (ab 182s) <u>Def.</u> $n \in \mathbb{N}$ $\varphi(n)$ Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen aus $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ Φ = Eulersche Φ-Funktion <u>Beispiel 1)</u> p prim $\varphi(p) = p - 1$ alle Zahlen zu 1 & p sind teilerfremd außer p zu p selbst (271s)

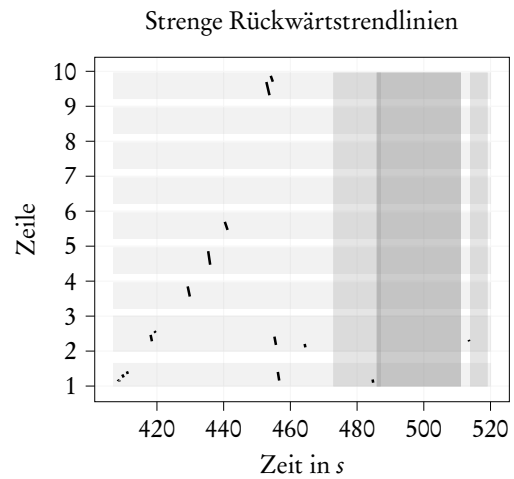
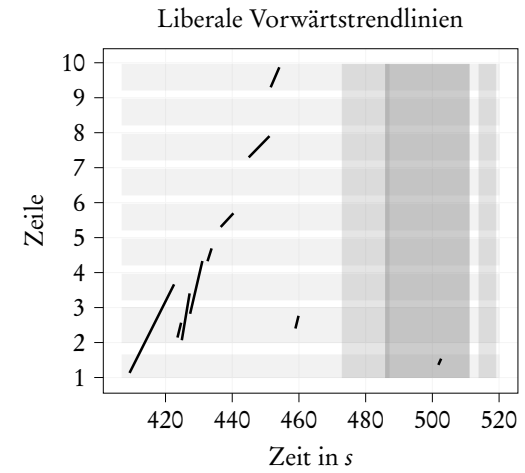
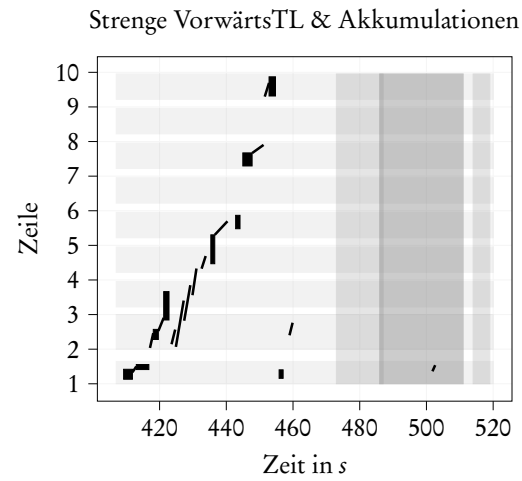
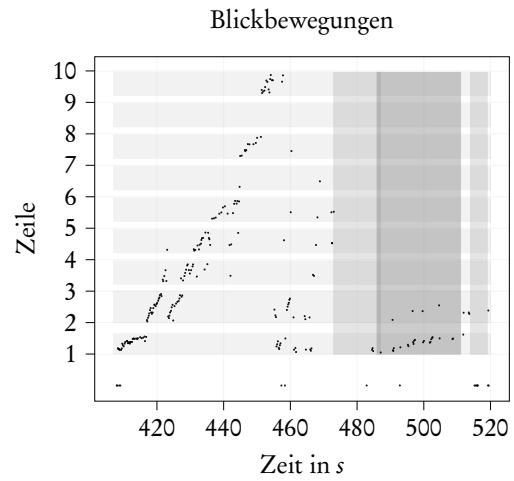
Folie 3 – Beispiele



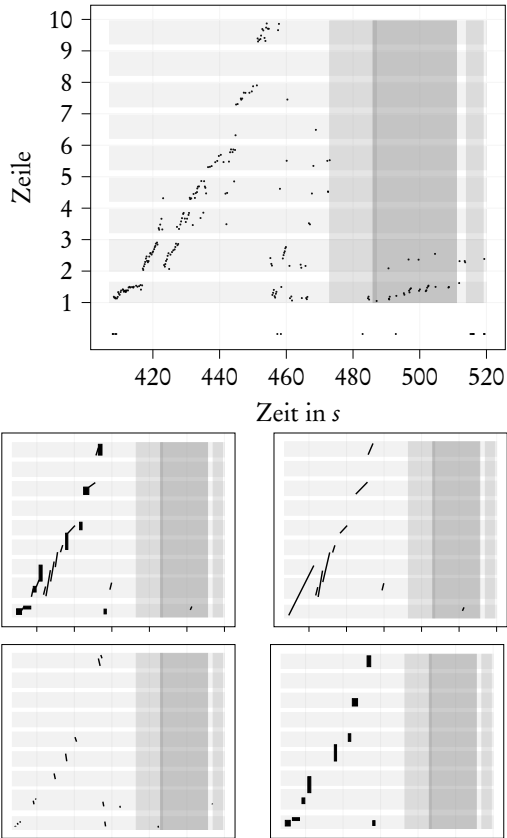
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	10.6268	10.4604
2	26.4003	17.8724
3	8.60022	12.3252
4	10.2369	10.7497
5	23.2588	20.7842
6	6.64812	12.1741
7	14.2289	15.6341

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen     	<i>P:</i> (ab 401s) Okay, dann die dritte Seite gelesen, auch wieder Notizen gemacht. (405s) <i>I:</i> Mhmm. (406s)	<i>P:</i> (ab 341s) <u>Beispiel 2)</u> $\varphi(p^\alpha) = p^\alpha - p^{\alpha-1} = p^\alpha \left(1 - \frac{1}{p}\right)$ <u>Beispiel 3)</u> $p \neq q$ $\varphi(pq) = pq - p - q + 1$ (400s)

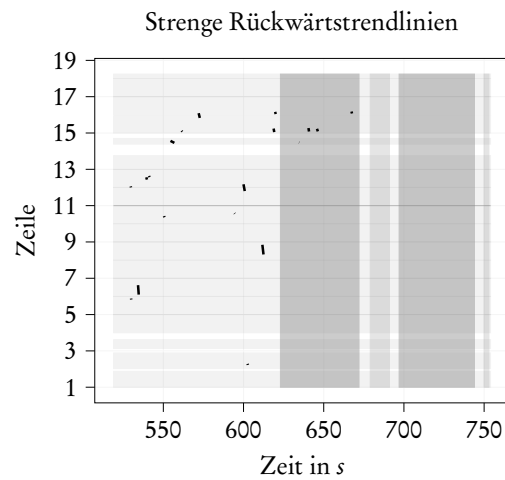
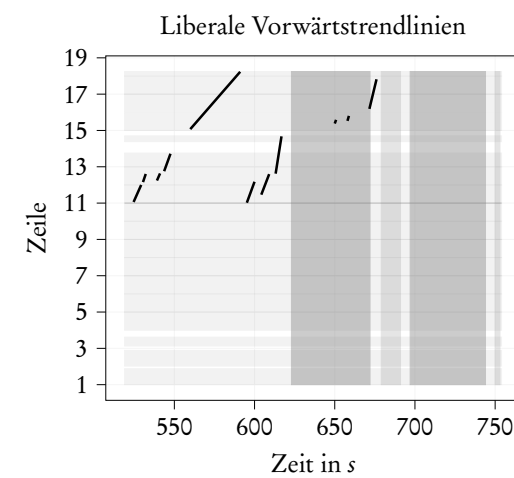
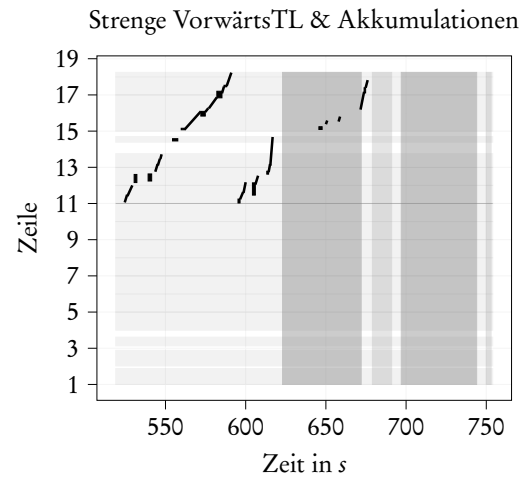
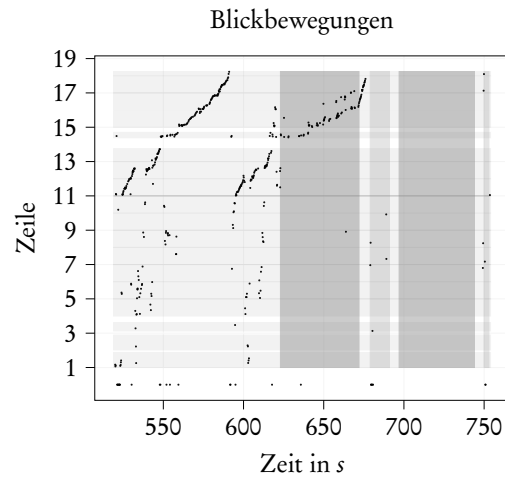
Folie 4 – Satz & Beweisbeginn



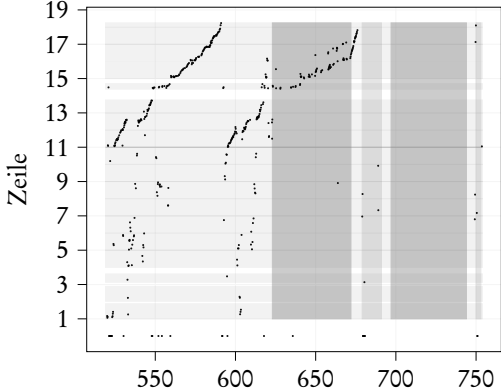
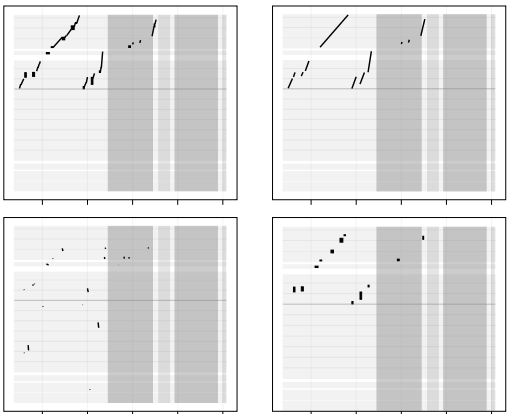
Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	29.463	8.40261
2	14.9264	8.17164
3	10.4411	10.7485
4	12.2025	12.5617
5	13.9971	18.4115
6	0.707499	8.37571
7	11.4084	22.5097
8	0	0
9	6.8539	10.8186

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen 	<i>P:</i> (ab 473s) Kann ich auch die zweite Seite verwenden vom Block? (475s) <i>I:</i> (ab 476s) Ja gern. (lacht) (undeutlich) alles gut. Jetzt merke ich es mir, weiß auf welcher Seite Sie sind. (486s) <i>P:</i> (lacht) (487s) <i>P:</i> (ab 514s) Jetzt die vierte Seite. (516s) <i>I:</i> Mhmm. (516s) <i>P:</i> (ab 517s) gelesen und mir auch wieder Notizen gemacht. (519s)	<i>P:</i> (ab 486s) <u>Satz 1</u> <i>Zz:</i> $\varphi(a, b) = \varphi(a)\varphi(b)$ (511s)

Folie 5 – Beweis



Zeile	relative Verweildauer in %	mittlere Fixationsdauer in %
1	2.2159	4.38464
2	0.49691	3.88174
3	0.970812	4.25891
4	1.39725	4.73529
5	4.44737	5.2425
6	2.37541	6.44023
7	0.558204	3.78352
8	4.36651	6.57696
9	0.391264	3.536
10	2.1876	5.39186
11	7.96861	5.83766
12	8.75425	5.25896
13	3.99707	4.93805
14	26.1866	8.31029
15	15.064	7.75637
16	9.85756	5.95454
17	5.83218	5.51681
18	2.93244	8.19566

1. Durchlauf, <i>ohne Übungsaufgabe</i>	Gesprochen	Geschrieben
Blickbewegungen  Zeit in s 	<i>P:</i> (ab 679s) Okay, ich bin fertig mit lesen. (680s) <i>I:</i> (ab 681s) Okay, super. (682s)	<i>P:</i> (ab 623s) $s_1 b + 1 \equiv s_2 b + t \pmod{a}$ $s_1 b \equiv s_2 b$ $s_1 \equiv s_2$ $0 \leq s_1, s_2 \leq a \Rightarrow s_1 = s_2$ (672s)

Literaturverzeichnis

- [Aaltonen u. a. 1998] AALTONEN, Antti ; HYRSKYKARI, Aulikki ; RÄIHÄ, Kari-Jouko: 101 spots, or how do users read menus? In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1998, S. 132–139
- [Artelt u. a. 2001] ARTELT, Cordula ; BAUMERT, Jürgen ; KLIEME, Eckhard ; NEUBRAND, Michael ; PRENZEL, Manfred ; SCHIEFELE, Ulrich ; SCHNEIDER, Wolfgang ; SCHÜMER, Gundel ; STANAT, Petra ; TILLMANN, Klaus-Jürgen u. a.: PISA 2000: Zusammenfassung zentraler Befunde. (2001)
- [Artemeva u. Fox 2011] ARTEMEVA, Natasha ; FOX, Janna: The writing's on the board: The global and the local in teaching undergraduate mathematics through chalk talk. In: *Written Communication* 28 (2011), Nr. 4, S. 345–379
- [Barton u. Heidema 2002] BARTON, Mary L. ; HEIDEMA, Clare: *Teaching reading in mathematics*. Mid-continent Research for Education and Learning Aurora, CO, 2002
- [Becker u. Jürgens 1979] BECKER, Wolfgang ; JÜRGENS, Reinhart: An analysis of the saccadic system by means of double step stimuli. In: *Vision research* 19 (1979), Nr. 9, S. 967–983
- [Bohnsack 2014] BOHNSACK, Ralf: *Rekonstruktive Sozialforschung: Einführung in Methodologie und Praxis qualitativer Forschung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014 (3)
- [Borkowski u. Turner 1990] BORKOWSKI, John G. ; TURNER, Lisa A.: Transsituational Characteristics of Metacognition. In: WEINERT, Franz E. (Hrsg.) ; SCHNEIDER, Wolfgang (Hrsg.): *Memory performance and competencies: Issues in growth and development*. Mahwah: Erlbaum, 1990, S. 283–300
- [Breidenbach u. a. 1992] BREIDENBACH, Daniel ; DUBINSKY, Ed ; HAWKS, Julie ; NICHOLS, Devilyna: Development of the process conception of function. In: *Educational studies in mathematics* 23 (1992), Nr. 3, S. 247–285

- [Broadbent 2013] BROADBENT, Donald E.: *Perception and communication*. Elsevier, 2013
- [Brown 1978] BROWN, Ann L.: Knowing when, where, and how to remember; a problem of metacognition. In: *Advances in instructional psychology* 1 (1978)
- [Buswell 1935] BUSWELL, Guy T.: How people look at pictures: a study of the psychology and perception in art. (1935)
- [Christmann u. Groeben 2013] CHRISTMANN, Ursula ; GROEBEN, Norbert: *Psychologie des Lesens*. KG Saur, 2013
- [Clement 2001] CLEMENT, Lisa L.: Connecting research to teaching: What do students really know about functions? In: *The Mathematics Teacher* 94 (2001), Nr. 9, S. 745–748
- [Dansereau 1985] DANSEREAU, Donald F.: Learning strategy research. In: *Thinking and learning skills* 1 (1985), S. 209–239
- [Dietz 2018] DIETZ, Hans M.: *Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler: Band 1: Grundlagen und eindimensionale Analysis*. Springer-Verlag, 2018
- [Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik 2016] FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK, INFORMATIK UND MATHEMATIK: *Besondere Bestimmungen der Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen mit dem Unterrichtsfach Mathematik an der Universität Paderborn*. Präsidium der Universität Paderborn, 2016 <https://plaz.uni-paderborn.de/studierende>
- [Fallis 2003] FALLIS, Don: Intentional gaps in mathematical proofs. In: *Synthese* 134 (2003), Nr. 1/2, S. 45–69
- [Forster 2004] FORSTER, Otto: *Analysis 1*. Springer, 2004
- [Friedrich u. Mandl 1992] FRIEDRICH, Helmut F. ; MANDL, Heinz: Lern- und Denkstrategien–ein Problemaufriß. In: *Lern-und Denkstrategien. Analyse und Intervention* (1992), S. 3–54
- [Fukawa-Connelly u. a. 2017] FUKAWA-CONNELLY, Timothy ; WEBER, Keith ; MEJÍA-RAMOS, Juan P.: Informal content and student note-taking in advanced mathematics classes. In: *Journal for Research in Mathematics Education* 48 (2017), Nr. 5, S. 567–579

- [Gilchrist u. Harvey 2000] GILCHRIST, Iain D. ; HARVEY, Monika: Refixation frequency and memory mechanisms in visual search. In: *Current Biology* 10 (2000), Nr. 19, S. 1209–1212
- [Gold u. Hasselhorn 2017] GOLD, Andreas ; HASSELHORN, Marcus: *Pädagogische Psychologie*. 4. W. Kohlhammer Verlag, 2017. – ISBN 9783170319776
- [Groner u. a. 1984] GRONER, Rudolf ; WALDER, Franziska ; GRONER, Marina: Looking at faces: Local and global aspects of scanpaths. In: *Advances in psychology* Bd. 22. Elsevier, 1984, S. 523–533
- [Hacker 1998] HACKER, D.J.: Self-regulated comprehension during normal reading. In: HACKER, Douglas J. (Hrsg.) ; DUNLOSKY, John (Hrsg.) ; GRAESSER, Arthur C. (Hrsg.): *Metacognition in educational theory and practice*. Mahwah: Erlbaum, 1998, S. 165–191
- [Haderler u. a. 2000] HADELER, Thorsten ; WINTER, Eggert ; ARENTZEN, Ute: Gabler Wirtschaftslexikon, 15. In: *Auflage, Wiesbaden* (2000), S. 2832–2833
- [Hasselhorn 1996] HASSELHORN, Marcus: *Kategoriales Organisieren bei Kindern: Zur Entwicklung einer Gedächtnisstrategie*. Hogrefe, Verlag für Psychologie, 1996
- [Heller u. Radach 1999] HELLER, Dieter ; RADACH, Ralph: Eye movements in reading. In: *Current oculomotor research*. Springer, 1999, S. 341–348
- [Hilgert u. a. 2013] HILGERT, J. ; HOFFMANN, M. ; PANSE, A.: Kann professorale Lehre tutoriell sein? Ein Modellversuch zur Einführung in mathematisches Denken und Arbeiten. In: PARAVICINI, W. (Hrsg.) ; SCHNIEDER, J. (Hrsg.): *Tagungsband zum Hansekolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik*. WTM-Verlag, Münster, 2013, S. 23–36
- [Hilgert u. a. 2015] HILGERT, Joachim ; HOFFMANN, Max ; PANSE, Anja: *Einführung in mathematisches Denken und Arbeiten*. Springer, 2015
- [Hodds u. a. 2014] HODDS, Mark ; ALCOCK, Lara ; INGLIS, Matthew: Self-explanation training improves proof comprehension. In: *Journal for Research in Mathematics Education* 45 (2014), Nr. 1, S. 62–101
- [Holmqvist u. a. 2011] HOLMQVIST, Kenneth ; NYSTRÖM, Marcus ; ANDERSSON, Richard ; DEWHURST, Richard ; JARODZKA, Halszka ; WEIJER, Joost Van d.: *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. OUP Oxford, 2011

- [Hörmann 1980] HÖRMANN, Hans: Der Vorgang des Verstehens. In: *Sprache und Verstehen* 1 (1980), S. 17–29
- [Houston 2012] HOUSTON, Kevin: *Wie man mathematisch denkt: Eine Einführung in die mathematische Arbeitstechnik für Studienanfänger*. Springer, 2012
- [Hyönä u. a. 2002] HYÖNÄ, Jukka ; LORCH JR, Robert F. ; KAAKINEN, Johanna K.: Individual differences in reading to summarize expository text: Evidence from eye fixation patterns. In: *Journal of Educational Psychology* 94 (2002), Nr. 1, S. 44
- [Hyönä u. a. 2003] HYÖNÄ, Jukka ; LORCH JR, Robert F. ; RINCK, Mike: Eye movement measures to study global text processing. In: *The Mind's Eye*. Elsevier, 2003, S. 313–334
- [Inglis u. Alcock 2012] INGLIS, Matthew ; ALCOCK, Lara: Expert and novice approaches to reading mathematical proofs. In: *Journal for Research in Mathematics Education* 43 (2012), Nr. 4, S. 358–390
- [Inglis u. Alcock 2013] INGLIS, Matthew ; ALCOCK, Lara: Skimming: A response to weber and mejia-ramos. In: *Journal for Research in Mathematics Education* 44 (2013), Nr. 2, S. 472–474
- [Inglis u. Alcock 2018] INGLIS, Matthew ; ALCOCK, Lara: Watching mathematicians read mathematics. In: *Proceedings Of the 42nd PME, Umeå, Sweden* Bd. 3, 2018, S. 139–146
- [Jäckel 2011] JÄCKEL, Michael: *Medienwirkungen*. 5. VS Verlag für Sozialwissenschaften Wiesbaden, 2011
- [Joos u. a. 2003] JOOS, Markus ; RÖTTING, Matthias ; VELICHKOVSKY, Boris M.: Die Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden, innovative Anwendungen. In: *Handbuch der Psycholinguistik* 1 (2003)
- [Just u. Carpenter 1980] JUST, Marcel A. ; CARPENTER, Patricia A.: A theory of reading: From eye fixations to comprehension. In: *Psychological review* 87 (1980), Nr. 4, S. 329
- [Kintsch 1998] KINTSCH, Walter: *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge university press, 1998
- [Klauer 2000] KLAUER, K.C.: Planen im Alltag: Ein wissensbasierter Prozess. In: *Psychologie und Zukunft. Prognosen, Prophezeiungen, Pläne* (2000), S. 171–187

- [Lage u. a. 2000] LAGE, Maureen J. ; PLATT, Glenn J. ; TREGLIA, Michael: Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. In: *The journal of economic education* 31 (2000), Nr. 1, S. 30–43
- [Maier u. Schweiger 1999] MAIER, Hermann ; SCHWEIGER, Fritz: *Mathematik und Sprache: Zum Verstehen und Verwenden von Fachsprache im Mathematikunterricht*. öbv & hpt, 1999
- [Mayer 2003] MAYER, Richard E.: *Learning and instruction*. Prentice Hall, 2003
- [McConkie u. a. 1989] MCCONKIE, George W. ; KERR, Paul W. ; REDDIX, Michael D. ; ZOLA, David ; JACOBS, Arthur M.: Eye movement control during reading: II. Frequency of refixating a word. In: *Perception & Psychophysics* 46 (1989), Nr. 3, S. 245–253
- [Mennie u. a. 2007] MENNIE, Neil ; HAYH, Mary ; SULLIVAN, Brian: Look-ahead fixations: anticipatory eye movements in natural tasks. In: *Experimental brain research* 179 (2007), Nr. 3, S. 427–442
- [Murray u. Kennedy 1988] MURRAY, Wayne S. ; KENNEDY, Alan: Spatial coding in the processing of anaphor by good and poor readers: Evidence from eye movement analyses. In: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A* 40 (1988), Nr. 4, S. 693–718
- [Neisser 1967] NEISSER, Ulric: *Cognitive psychology*. New York Appleton (deutsch 1974: Kognitive Psychologie. Stuttgart: Klett), 1967
- [Noton u. Stark 1971a] NOTON, David ; STARK, Lawrence: Scanpaths in eye movements during pattern perception. In: *Science* 171 (1971), Nr. 3968, S. 308–311
- [Noton u. Stark 1971b] NOTON, David ; STARK, Lawrence: Scanpaths in saccadic eye movements while viewing and recognizing patterns. In: *Vision research* 11 (1971), Nr. 9, S. 929–942
- [ORegan u. Lévy-Schoen 1987] OREGAN, Jay K. ; LÉVY-SCHOEN, Ariane: Eye Movements. In: *From Physiology to Cognition*. Amsterdam (1987)
- [Österholm 2006] ÖSTERHOLM, Magnus: Characterizing reading comprehension of mathematical texts. In: *Educational studies in mathematics* 63 (2006), Nr. 3, S. 325–346
- [Österholm 2008] ÖSTERHOLM, Magnus: Do students need to learn how to use their mathematics textbooks?: The case of reading comprehension. In: *Nordisk matematikdidaktikk* 13 (2008), Nr. 3, S. 53–73

- [Panse u. a. 2018] PANSE, Anja ; ALCOCK, Lara ; INGLIS, Matthew: Reading proofs for validation and comprehension: An expert-novice eye-movement study. In: *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education* 4 (2018), Nr. 3, S. 357–375
- [Pashler u. Taylor 1998] PASHLER, Harold E. ; TAYLOR, JG: The psychology of attention. In: *Trends in Neurosciences* 21 (1998), Nr. 6, S. 271
- [Pressley u. a. 1989] PRESSLEY, Michael ; BORKWSKI, John G. ; SCHNEIDER, Wolfgang: Good information processing: What it is and how education can promote it. In: *International Journal of Educational Research* 13 (1989), Nr. 8, S. 857–867
- [Pressley u. a. 1985] PRESSLEY, Michael ; FORREST-PRESSLEY, Donna L. ; ELLIOTT-FAUST, Darlene ; MILLER, Gloria: Children's use of cognitive strategies, how to teach strategies, and what to do if they can't be taught. In: *Cognitive learning and memory in children*. Springer, 1985, S. 1–47
- [Pressley u. McCormick 1995] PRESSLEY, Michael ; MCCORMICK, Christine: *Advanced educational psychology for educators, researchers, and policymakers*. Harpercollins College Division, 1995
- [Rav 1999] RAV, Yehuda: Why do we prove theorems? In: *Philosophia mathematica* 7 (1999), Nr. 1, S. 5–41
- [Rayner 1998] RAYNER, Keith: Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. In: *Psychological bulletin* 124 (1998), Nr. 3, S. 372
- [Rayner 2009] RAYNER, Keith: The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. In: *Quarterly journal of experimental psychology* 62 (2009), Nr. 8, S. 1457–1506
- [Rayner u. Fischer 1996] RAYNER, Keith ; FISCHER, Martin H.: Mindless reading revisited: Eye movements during reading and scanning are different. In: *Perception & psychophysics* 58 (1996), Nr. 5, S. 734–747
- [Rayner u. a. 2012] RAYNER, Keith ; POLLATSEK, Alexander ; ASHBY, Jane ; CLIFTON JR, Charles: *Psychology of reading*. Psychology Press, 2012
- [Rayner u. a. 1996] RAYNER, Keith ; SERENO, Sara C. ; RANEY, Gary E.: Eye movement control in reading: a comparison of two types of models. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 22 (1996), Nr. 5, S. 1188

- [Rayner u. a. 1982] RAYNER, Keith ; WELL, Arnold D. ; POLLATSEK, Alexander ; BERTERA, James H.: The availability of useful information to the right of fixation in reading. In: *Perception & Psychophysics* 31 (1982), Nr. 6, S. 537–550
- [Riegler 2016] RIEGLER, Peter: Fostering Literacy in and via Mathematics. In: *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* (2016)
- [Rosenblatt 1985] ROSENBLATT, Louise M.: Viewpoints: Transaction versus interaction: A terminological rescue operation. In: *Research in the Teaching of English* (1985), S. 96–107
- [Scheid 2002] SCHEID, Harald: *Elemente der Arithmetik und Algebra*. Heidelberg, Berlin, Spektrum, Akad. Verl., 2002. – 4. Auflage
- [Schraw u. Moshman 1995] SCHRAW, Gregory ; MOSHMAN, David: Metacognitive theories. In: *Educational psychology review* 7 (1995), Nr. 4, S. 351–371
- [Selden u. Selden 2003] SELDEN, Annie ; SELDEN, John: Validations of proofs considered as texts: Can undergraduates tell whether an argument proves a theorem? In: *Journal for Research in Mathematics Education* 34 (2003), Nr. 1, S. 4–36
- [Shannon u. Weaver 1949] SHANNON, Claude E. ; WEAVER, Warren: The mathematical theory of communication, 117 pp. In: *Urbana: University of Illinois Press* (1949)
- [Shepherd u. a. 2012] SHEPHERD, Mary D. ; SELDEN, Annie ; SELDEN, John: University students' reading of their first-year mathematics textbook. In: *Mathematical Thinking and Learning* 14 (2012), Nr. 3, S. 226–256
- [Shepherd u. Van De Sande 2014] SHEPHERD, Mary D. ; VAN DE SANDE, Carla C.: Reading mathematics for understanding—from novice to expert. In: *The Journal of Mathematical Behavior* 35 (2014), S. 74–86
- [Singer 1978] SINGER, Harry: Active comprehension: From answering to asking questions. In: *The Reading Teacher* 31 (1978), Nr. 8, S. 901–908
- [Tatler u. Vincent 2008] TATLER, Benjamin W. ; VINCENT, Benjamin T.: Systematic tendencies in scene viewing. In: *Journal of Eye Movement Research* 2 (2008), Nr. 5, S. 1–18
- [Toulmin 1958] TOULMIN, St.: The uses of argument cambridge university press. In: *Cambridge, UK* (1958)

- [Unema u. a. 2005] UNEMA, Pieter J. ; PANNASCH, Sebastian ; JOOS, Markus ; VELICHKOVSKY, Boris M.: Time course of information processing during scene perception: The relationship between saccade amplitude and fixation duration. In: *Visual cognition* 12 (2005), Nr. 3, S. 473–494
- [Vadillo u. a. 2015] VADILLO, Miguel A. ; STREET, Chris N. ; BEESLEY, Tom ; SHANKS, David R.: A simple algorithm for the offline recalibration of eye-tracking data through best-fitting linear transformation. In: *Behavior research methods* 47 (2015), Nr. 4, S. 1365–1376
- [Vinner u. Dreyfus 1989] VINNER, Shlomo ; DREYFUS, Tommy: Images and definitions for the concept of function. In: *Journal for research in mathematics education* 20 (1989), Nr. 4, S. 356–366
- [Vitu 1991] VITU, Françoise: The influence of parafoveal preprocessing and linguistic context on the optimal landing position effect. In: *Perception & Psychophysics* 50 (1991), S. 58–75
- [Vitu u. a. 1990] VITU, Françoise ; O'REGAN, J. K. ; MITTAU, Mireille: Optimal landing position in reading isolated words and continuous text. In: *Perception & psychophysics* 47 (1990), S. 583–600
- [Weber 2004] WEBER, Keith: Traditional instruction in advanced mathematics courses: A case study of one professor's lectures and proofs in an introductory real analysis course. In: *The Journal of Mathematical Behavior* 23 (2004), Nr. 2, S. 115–133
- [Weber 2008] WEBER, Keith: How mathematicians determine if an argument is a valid proof. In: *Journal for Research in Mathematics Education* 39 (2008), Nr. 4, S. 431–459
- [Weber u. Alcock 2005] WEBER, Keith ; ALCOCK, Lara: Using Warranted Implications to Understand and Validate Proofs. In: *For the Learning of Mathematics* 25 (2005), Nr. 1, 34–51. <http://www.jstor.org/stable/40248484>. – ISSN 02280671
- [Weber u. Mejia-Ramos 2011] WEBER, Keith ; MEJIA-RAMOS, Juan P.: Why and how mathematicians read proofs: An exploratory study. In: *Educational Studies in Mathematics* 76 (2011), Nr. 3, S. 329–344
- [Weinstein u. Mayer 1986] WEINSTEIN, Claire E. ; MAYER, Richard E.: The teaching of learning strategies in M. Wittrock (ED) hand book of research on teaching pp (315–327). In: *New York, Macmillan* (1986)

- [Wild u. Möller 2014] WILD, Elke ; MÖLLER, Jens: *Pädagogische Psychologie*. Springer-Verlag, 2014
- [Wild u. Schiefele 1994] WILD, Klaus-Peter ; SCHIEFELE, Ulrich: Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. In: *Zeitschrift für differentielle und diagnostische Psychologie* (1994)
- [Wild 2000] WILD, K.P.: Lernstrategien im Studium: Strukturen und Bedingungen [Study strategies in college students: Structures and conditions]. In: *Münster, Germany: Waxmann* (2000)
- [Wittrock 1974] WITTROCK, Merlin C.: Learning as a generative activity. In: *Educational Psychologist* 11 (1974), Nr. 2, S. 87–95
- [Yantis u. a. 2000] YANTIS, Steven u. a.: Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control. In: *Attention and performance* 18 (2000), S. 73–103

Index

- (Fix X , Fix Y), 53
- $(x_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}}, y_{\max}(\text{AoI}_{\text{Nr}})), 53$
- $(x_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}}, y_{\min}(\text{AoI}_{\text{Nr}})), 53$
- A_t^{lu} , 75
- A_y^{lu} , 75
- A_t^{ro} , 75
- A_y^{ro} , 75
- $F(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y)$, 57
- $Q(\text{Fix } X, \text{Fix } Y, d_y)$, 57
- $\text{AoI}_{\text{Nr}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)}$, 53
- $\text{FIX}_{\text{fließ}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)$, 55
- $\text{KOORD}_{\text{fließ}}(\text{Fix } X, \text{Fix } Y)$, 55
- d_{crash} , 70
- $d_{t_{\max}}^{\text{TL}}$, 66
- $d_{y_{\max}}^{\text{Akk}}$, 75
- $d_{y_{\max}}^{\text{TL}}$, 66
- $d_{y_{\min}}^{\text{TL}}$, 66
- n_{Akk} , 75
- n_{rTL} , 66
- n_{vTL} , 66
- t , 66
- t_i , 66
- y_i , 66
- Akkumulation, 75
- AoI, 47
- AoI-Fixation, 60
- Area of Interest, 47
- Back-Track, 102
- Benchmark-Analyse, 115
- Bewertung, 26
- Bezeichnung, 382
- dokumentarische Methode, 115
- einleitender Text, 382
- Eye-Mind-Hypothese, 79
- Fallbeschreibung, 115
- Fehler, 57
- Formel, 382
- formulierende Interpretation, 115
- GIV-Modell, 22
- Handlungsweise, 27
- historischer Text, 382
- inhaltliche Aufschreiberichtung, 465
- Jahreszahl, 382
- Kenngroße, isoliert, 79
- Lernen, 22
- Lernen, erfolgreich, 22
- Lernstrategie, 24
- Lesekompetenz, 21
- Lesen als Textverstehen, 20
- Lesen, linear, 79
- Lesen, spaltenweise, 472
- Leseverständnis, 21
- Look-ahead, 103
- Look-back, 103
- mathematischer Fließtext, 382
- Planung, 26
- Qualität, 57

- Quasizeile, 60
- Rückwärtstrendlinie, streng, 67
reflektierende Interpretation, 115
- Regieanweisung, 466
- Region, foveal, 44
Region, parafoveal, 44
Region, peripher, 44
- Regression, 69, 102
Regression, Between-Word, 102
Regression, In-Word, 102
Regression-Scan-Path, 102
- Regulation, 26
- Reinspection, 102
- Return-Sweep, 69
- Sakkade, progressiv, 69
Sakkade, regressiv, 69
Sakkadendauer, 45
Sakkadenlänge, 45
Sakkadenlatenz, 45
- Scan-Path, 99
Scan-Path-Ereignis, 101
Scan-Path-Funktion, 100
- Situation-Model, 21
- Skimming, 34, 472
- Springstimulus, 464
- Stimulus-Response-Modell, 464
- Strategie, 23
Strategie, generativ, 25
Strategie, kognitiv, 24
Strategie, metakognitiv, 25
Strategie, mnemonisch, 25
Strategie, strukturierend, 25
strukturdarstellendes Element, 465
- Surface-Component, 21
- Sweep, 103
- Textbase, 21
Textbaustein, 78
Textstück, 78
Textstelle, 78
- Trendlinie, 65
Trendlinie, liberal, 70
Typenbildung, 115
- Überwachung, 26
- Verweildauer, relativ, 107
Vorwärtstrendlinie, liberal, 70
Vorwärtstrendlinie, streng, 66
- Warrant, 32
Warrant-Seeking-Methode, 41
- Zooming-in, 31
Zooming-out, 32
zugrunde liegende Menge, 382