

Marie-Luise Heuser

Raumontologie und Raumfahrt um 1600 und 1900

Ideelle Ermöglichung der Raumfahrt

Um 1600 wurde der extraterrestrische Raum für die Menschheit erstmals zugänglich gemacht – wenn auch zunächst nur in kognitiver und imaginativer Hinsicht. Die bloß visuelle Bezugnahme auf den Himmel von einem festen terrestrischen Standpunkt aus weicht einem Flug- und Fahrtmotiv in den Himmel. Der Blick vom sicheren Boden aus zu den Sternen ist nun nicht mehr der einzige Zugang zu den Himmelskörpern, sondern wird ergänzt durch ein Erkunden mittels virtueller Raumfahrten. Dies geschieht nicht nur in herausgehobener Weise in der Philosophie Giordano Brunos, besonders in seinem achtbändigen Werk *De Immenso* (1591), das teils in Gedichtform und teils in Prosa verfasst ist, sondern auch in der kurz darauf von Johannes Kepler 1593 an der Tübinger Universität als Student in Angriff genommenen Schrift *Somnium* (lat. „Traum“), die neben einer geträumten Mondfahrt, die die Erzählung ausmacht, vor allem in den viel umfangreicheren Anmerkungen eine wissenschaftlich gefasste, erste Mondastronomie enthält, das heißt eine Astronomie vom fiktiven Standpunkt des Mondes aus konzipiert.¹ Möglicherweise war Brunos *De Immenso* die Inspirationsquelle für Keplers *Somnium*, eine Schrift, die erst posthum 1634 veröffentlicht werden konnte.²

Die Öffnung des Weltraums für den Menschen war nur möglich, weil in der Renaissance die auf der aristotelischen Kosmologie basierende, mittelalterliche Trennung der sublunaren und supralunaren Sphäre, d. h. des irdischen und himmlischen Bereichs, aufgehoben wurde. Der Raum wurde als einheitliche, universale Entität und als eigenständige ontologische Realität entdeckt. Frank Lestringant spricht zu Recht von der „Erfindung des Raums“ in der Renaissance.³ Die

¹ Bruno, Giordano: *De immenso et innumerabilibus liber I–VI*. Frankfurt a. M. 1591; ders.: *Das Unermessliche und Unzählbare*, 8 Bde.. Peißenberg 1999–2001; Kepler, Johannes: *Der Traum, oder: Mond-Astronomie. Somnium sive astronomia lunaris*. Mit einem Leitfaden für Mondreisende von Beatrix Langner. Hg. von Beatrix Langner. Übers. von Hans Bungarten. Berlin 2011 (zuerst: 1634).

² Heuser, Marie-Luise: *Transterrestrik in der Renaissance*. Nikolaus von Kues, Giordano Bruno und Johannes Kepler. In: *Menschen und Außerirdische. Kulturwissenschaftliche Blicke auf eine abenteuerliche Beziehung*. Hg. von Michael Schetsche und Martin Engelbrecht. Bielefeld 2008, 55–79.

³ Lestringant, Frank: *Die Erfindung des Raums. Kartographie, Fiktion und Alterität in der Literatur der Renaissance*. Erfurt 2012.

Entkopplung des Raums (*spatium*) vom Ort (*locus*) begann aber schon früher. Bereits Eriugena widersprach im 9. Jahrhundert der aristotelischen Auffassung, der Ort sei nichts anderes als eine Eigenschaft von Köpern, das heißt ihr Wo, woraus auch die Vorstellung erwuchs, dass es etwas Leeres nicht geben könne. Eriugena verwendet zwar weiterhin den Ausdruck *locus*, kommt aber innerhalb einer langen Erörterung zur Unkörperlichkeit des Raumes in seinem Hauptwerk *Periphyseon* (9. Jh. n. u. Z.) zu folgender, für die damalige Zeit erstaunlichen Schlussfolgerung: „Ist nämlich Körper etwas Anderes als Raum, so folgt daraus, dass der Raum nicht Körper sein kann.“⁴ Oder: „Ist also die sichtbare Welt ein Körper, so sind nothwendig auch ihre Theile Körper und fallen als solche nicht unter die Kategorie des Raumes, sondern der Größe. Die Körper sind also keine Räume.“⁵ Der ‚Erfindung des Raums‘ als einer unkörperlichen, ungegenständlichen, universalen und entgrenzten Entität folgte in der Renaissance die ‚Erfindung des Vakuums‘. Entgegen des aristotelischen *horror vacui* und entgegen des heftigen Widerstands der scholastischen Orthodoxie wurde die Hypothese des leeren Raums schließlich von Otto von Guericke auch experimentell nachgewiesen.⁶ Bruno, der die Entgrenzung des Universums mit all ihren metaphysischen, geometrischen, physischen, anthropologischen und ethischen Konsequenzen erstmals umfassend durchführte und reflektierte, lässt die Frage offen, ob der leere Raum zusätzlich noch mit einem feinen Äther ausgefüllt ist oder nicht.⁷ Unabhängig von der Frage des Äthers, der die primordial vorhandene Leere nach Bruno höchstens ausfüllt, wird der Raum für ihn etwas radikal Nichtgegenständliches und Universales. Man kann aus dem universalen Raum nichts ausschneiden und ihm lokal nichts hinzufügen.

Um die Homogenität des Raums mit der Mannigfaltigkeit der Figuren und materiellen Formen zu einem einheitlichen Konzept zu verschmelzen, greift Bruno auf die Metaphysik der Koinzidenz von Nikolaus von Kues zurück und dynamisierte diese. Er fügte seine Raumkonzeption in eine monadologische Metaphysik ein und integrierte dabei Raum und Kraft.⁸ Bereits in seinen italienischen Dialogen hatte Bruno das aktuell Unendliche sowohl extensional als auch intensional verstanden und es mit einer Wirkkraft versehen.⁹ In seinen *Articuli adversus mathematicos* (1588) führte Bruno seine neue Raumontologie und Geometrie in stringenter Form durch.¹⁰ Im

⁴ Scotus Eriugena, Johannes: Über die Eintheilung der Natur, Bd. 1. Hamburg 1994, 50 (zuerst: 9. Jh. n. u. Z.).

⁵ Eriugena 1994, 54 (wie Anm. 4).

⁶ Von Guericke, Otto: Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den leeren Raum. Düsseldorf 1968 (zuerst: Amsterdam 1672).

⁷ Bruno spricht vom *vacuum* in *De immenso* 1999-2001, I, 37; VI, 87; VI, 88; VI, 112 und VI, 113 (wie Anm. 1). Dass er dabei offen lässt, ob der leere Raum mit einem Äther ausgefüllt ist oder nicht, lässt sich folgender Stelle entnehmen: „Ich spreche nicht von den Teilen des Himmels, denn dort ist entweder ein leerer Raum, zu dem gewiß eine völlig unveränderte Essenz gehört, oder eine Äthersubstanz, das heißt eine äußerst feine Art von Luft, die von Anfang an den Raum in seiner Gesamtheit ausfüllt.“ (Bruno 1999-2001, IV, 109 (wie Anm. 1)). Erst mit Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie wurde die Äthertheorie schließlich überwunden. In neueren Theorien findet man dagegen wieder einen Rückbezug auf die quinta essentia im Kontext der dunklen Energie.

⁸ Heuser, Marie-Luise: Maximum und Minimum. Brunos Grundlegung der Geometrie in den *Articuli adversus mathematicos* und ihre weiterführende Anwendung in Keplers *Vom sechseckigen Schnee*. In: Die Frankfurter Schriften Giordano Brunos und ihre Voraussetzungen. Hg. von Klaus Heipcke u. a.. Weinheim 1991, 181-197.

⁹ Heuser 1991, 184 (wie Anm. 8).

¹⁰ Bruno, Giordano: *Articuli centum et sexaginta adversus huius tempestatis mathematicos atque philosophos* Prag 1588. In: Jordani

Unterschied zur Konzeption von Nikolaus von Kues, auf der seine neue Lehre aufbaut, ist für Bruno die Genesis der Natur nicht mehr als bloße Explikation gedacht, als sukzessive Entfaltung von bereits in der ungeschiedenen Einheit des Universums vorhandener Ordnungen, sondern der Beginn einer Entwicklungsreihe wird jeweils mit singulären Wirkzentren, den *Minima*, verbunden, als dessen Folge Größer-Kleiner-Relationen und Teil-Ganzes-Beziehungen auftreten können. Bruno führt also mit seiner Monadologie ein Ursprungs- und Individuierungsprinzip ein. Während Aristoteles keine Notwendigkeit sah, *Minima* in seine Kontinuumslehre aufzunehmen, da er die Existenz individueller Körper bereits voraussetzte, und auch ein Maximum als aktual Unendliches ablehnte, sind für Bruno genau umgekehrt das aktual unendliche Maximum und eine unendliche Vielzahl von *Minima* die grundlegenden ontologischen Voraussetzungen, zwischen denen er sein Axiomensystem in den *Articuli adversus mathematicos* aufspannt. Unter einem wahren Minimum versteht Bruno ein unsichtbares, noch ausdehnungsloses, punktuell Kraft- und Wirkzentrum, aus dem die jeweiligen *sphaera infinita* sich entfalten. Diese Kraft (lat. *vis*) ist *parturiens*, d. h. erzeugend, gebärend. Durch die dimensionale Entfaltung entstehen erst räumlich Ausgedehntes und die Maßeinheiten für die unterschiedlichen Qualitäten. Die Ineinsbildung von Minimum und Maximum gestaltet sich bei Bruno so, dass die *Minima* als *intensiv* unendlich aufgefasste Zentren (modern würde man sagen „Singularitäten“) ihre Kraft aus dem universellen Einen beziehen, während das Maximum als *extensives* Unendliches aufgefasst, erst aus der Entfaltung der jeweiligen Zentren entsteht. Die Verbindung von Kraft und Raum, die Bruno vornimmt, kann als Vorstufe einer feldtheoretischen Auffassung der Metrik des Raums aufgefasst werden.¹¹ Mit der Annahme, dass die geometrischen Eigenschaften des Raumes physisch wirksame Prinzipien sind, haben sowohl Bruno als auch später Kepler eine Raumauffassung vertreten, die erst wieder mit der Infragestellung der mechanistischen Naturvorstellung neu konzipiert werden konnte. So war Bernhard Riemanns nichteuklidische Mannigfaltigkeitslehre das Resultat des Nachdenkens über einen feldtheoretisch aufgefassten „physischen Raum“, den er mit der Partikularhypothese integrieren wollte.¹² Brunos Monadologie wirkte über Leibniz und Spinoza bis zu Georg Cantor, dem Begründer der transfiniten Mengenlehre, der damit eine neue mathematische Grundlage für die Monadologie liefern wollte.¹³ Die Monadologie von Bruno, Leibniz und auch Cantor setzt den Raum nicht als etwas Gegebenes a priori voraus, sondern konstituiert diesen aus etwas zuvor nicht Raumzeitlichem, den Monaden. Dieser philosophische Ansatz einer monadologischen Emergenz von Raum und Zeit aus etwas zuvor Prägeometrischen und Prätopologischen könnte vielleicht produktiv mit neueren Diskussionen um die Emergenz der Raumzeit in Theorien der Quantengravitation eingebracht werden.¹⁴

Bruni opera latine conscripta, Bd. I, 3. Stuttgart 1962, 1-118.

¹¹ Nähere Ausführungen in: Heuser 1991 (wie Anm. 8).

¹² Riemann, Bernhard: Gesammelte Werke. Berlin 1932, 533.

¹³ Heuser, Marie-Luise: Georg Cantors transfiniten Zahlen und Brunos Unendlichkeitsidee. In: Selbstorganisation. Hg. von Uwe Niedersen. Berlin 1991, 221-244. Siehe auch die wunderbare Studie von Bandmann, Hans: Die Unendlichkeit des Seins. Cantors transfiniten Mengenlehre und ihre metaphysischen Wurzeln. Frankfurt a. M. 1992.

¹⁴ Zur Emergenz der Raumzeit in neueren Theorien der Quantengravitation siehe Wüthrich, Christian und Huggett, Nick: The emergence of spacetime in quantum theories of gravity. In: Studies in the history and philosophy of modern physics 44, 3, 2013, 273-275. http://philosophyfaculty.ucsd.edu/faculty/wuthrich/pub/HuggettWuthrich2013StudHistPhilModPhys_Intro.pdf, 23.01.2016;

Die Ontologie des Raums blieb ein Mysterium. Immanuel Kant rechnete den Raum nicht mehr zu den „Gegenständen möglicher Erfahrung“ und verlegte ihn (zusammen mit der Zeit) als eine reine Anschauungsform a priori in die Binnenstruktur des menschlichen Denkens. Friedrich Wilhelm Joseph Schelling widersprach Kant. Richtig sei, dass der Raum nichts Gegenständliches sei. Wenn man Erkenntnis an die Erfahrung von Gegenständlichkeit koppelt, wie Kant dies tut, nur dann würde daraus folgen, dass, da der Raum nicht als Gegenstand erfahrbar ist, er zu einer subjektiven Anschauungsform a priori würde. Wenn man dies jedoch nicht tut, wie Schelling, dann wird der Raum als etwas Ungegenständliches zu etwas Realem, das a priori mit Bezug auf Gegenständlichkeit ist. „Es ist also nur wahr, daß ich den Raum nicht partiell wie die Dinge, sondern entweder gar nicht oder nur ganz aufheben kann.“¹⁵ Für Schelling ist der Raum „nicht bloß eine unendliche Möglichkeit im Begriff, sondern eine unendliche Möglichkeit, die existiert [sic!], eine gegenwärtige Unendlichkeit, die wir jeder einzelnen Bestimmung zu Grunde legen.“¹⁶ Wie Bruno und Leibniz, so dachte auch Schelling – die neuplatonische Tradition fortsetzend – den Raum als etwas Emergentes, das aus etwas Präontologischem, etwas nicht Raumzeitlichem, dem „vorwirklichen Seyenden [sic!]“ konstituiert ist und zwar mittels einer „Universio“, einer Umkehrung, die Schelling zufolge primordial zunächst als eine bloße „Quantitierung [sic!], gleichsam ein Zerbrechen desselben“ gesetzt ist.¹⁷

Der Raum, schon von Bruno und dann insbesondere von Schelling verstanden als „existierende Möglichkeit“, leistete der Entwicklung eines topologischen Raumverständnisses im 19. Jahrhundert Vorschub. Dies ist bereits bei dem Mathematiker Bernhard Riemann, der von der dynamistischen Naturphilosophie der Romantik stark geprägt war und der ein wesentlicher Begründer der Topologie war, erkennbar.¹⁸ Seine nichteuklidische Mannigfaltigkeitslehre war die Grundlage für Albert Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie. Einstein hält schließlich den Raum für den alleinigen Träger der Realität:

Zusammenfassend können wir symbolisch sagen: Der Raum, ans Licht gebracht durch das körperliche Objekt, zur physikalischen Realität erhoben durch Newton, hat in den letzten Jahrzehnten den Äther und die Zeit verschlungen und scheint im Begriffe zu sein, auch das Feld und die Korpuskeln zu verschlingen, so dass er als alleiniger Träger der Realität übrig bleibt.¹⁹

Wüthrich, Christian und Huggett, Nick: Emergent spacetime and empirical (in)coherence. In: *Studies in the history and philosophy of modern physics*, 44, 3, 2013, 276-285.

¹⁵ Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph: Darstellung des Naturprocesses. 1843-44. In: Friedrich Wilhelm Joseph von Schellings sämtliche Werke, 1. Abt., X. Stuttgart 1856-1861, 301-389, 316.

¹⁶ Schelling 1856-1861, 317 (wie Anm. 15).

¹⁷ Schelling 1856-1861, 311-312 (wie Anm. 15).

¹⁸ Heuser, Marie-Luise: Schelling's concept of self-organization. In: *Evolution of dynamical structures in complex systems*. Hg. von Rudolf Friedrich und Arne Wunderlin. Berlin 1992, 395-415.

¹⁹ Einstein, Albert: Raum, Äther und Feld in der Physik. In: *Forum Philosophicum I*, 1930, 173-180.

„Einsteins Vision“ wurde von John Archibald Wheeler in seiner Geometrodynamik weitergeführt und wird bis heute trotz gravierender theoretischer Probleme als eine mögliche Option moderner Raumkonzeptionen diskutiert und weitergeführt.²⁰

Wie aber soll man im leeren Raum fliegen können? Vögel benötigen wie auch Flugzeuge die Luft, um sich bewegen zu können. Im Vakuum zu fliegen, blieb lange ein ungelöstes Rätsel, bis im 19. Jahrhundert in Russland Konstantin E. Ziolkowski und in Deutschland Hermann Ganswindt auf der Basis des Newtonschen Prinzips von *actio* und *reactio* unabhängig voneinander die ersten Pläne für rückstoßangetriebene Raumschiffe entwickelten. Dann ging es Schlag auf Schlag. Mit Hermann Oberths Buch *Die Rakete zu den Planetenräumen* von 1923 und Max Valiers *Der Vorstoss in den Weltraum* von 1924 begann in Deutschland während der Weimarer Republik ein wahres „Weltraumfieber“. Die Raumfahrtbewegung, die sich im berühmten „Verein für Raumschiffahrt“, gegründet 1927 in Breslau, versammelte, verstand sich selbst als Kulturbewegung, wie der Zeitschrift dieses Vereins *Die Rakete* entnommen werden kann. Sie sah sich als „Trägerin einer der größten Kulturideen, welche die Menschheit kennt.“²¹ Die Erschließung des Alls wurde als „Kulturwerk der Raumschiffahrt“ angesehen.²² Einige der Raumfahrtpioniere schrieben selbst Sciencefiction-Erzählungen wie Max Valier oder beteiligten sich als technische Berater an der Vorbereitung des legendären Films von Fritz Lang *Frau im Mond* von 1929 wie Hermann Oberth und Rudolf Nebel. Es wundert daher nicht, dass sich die Raumfahrtbewegung dieser frühen Jahre in einer ideengeschichtlichen Tradition verortete, die sie bis zur Antike zurückführten und die in der Renaissance mit der kosmischen Philosophie Brunos einen ersten Höhepunkt erfuhr.

Brunos Philosophie der Raumfahrt und Keplers Sciencefiction-Erzählung wurden von den Raumfahrtpionieren seit der Zeit um 1900 rezipiert. Der russische Raumfahrtpionier Ziolkowski, der im späten 19. Jahrhundert die Astronautik theoretisch fundierte und 1903 erstmals die bis heute gültige Raketengrundgleichung aufstellte, bemerkte rückblickend mit Verweis auf den Märtyrertod Brunos auf dem Campo dei Fiori in Rom 1600:

Wie bedauerlich ist der Mensch doch in seinen Irrtümern! Längst ist die Zeit vorbei, da das Aufsteigen in die Luft als schändliches Vergehen angesehen und mit *Hinrichtung*, die Erwägung von der Erddrehung mit *Verbrennen* bestraft wurden.²³

Der deutsche Kulturtheoretiker Karl Debus befasste sich während der Weimarer Republik intensiv mit der Ideengeschichte der Raumfahrt und konnte seine Ergebnisse auch in einem Sammelband gemeinsam mit den technischen Beiträgen der Raumfahrtpioniere veröffentlichen. Debus hebt hervor, mit Bruno wurde „der Gedanke, auch andere Sterne könnten bewohnt sein, eine An-

²⁰ Wheeler, John Archibald: Geometrodynamik. New York 1962; Lehmkuhl, Dennis: Super-Substanzialismus in der Philosophie der Raumzeit. In: Philosophie der Physik. Hg. von Michael Esfeld. Frankfurt a. M. 2013, 50-67, insbes. 64-65.

²¹ Siehe das Vorwort zum Ergänzungsheft Januar-Juni in: *Die Rakete*, 1927.

²² *Die Rakete*, 15. Juni 1928, 96.

²³ Ziolkowski, Konstantin E.: Die Erforschung der Welt mit Rückstoßgeräten. 1911-1912. Suhl 1983, 9.

gelegenheit der europäischen Menschheit, die leidenschaftlich diskutiert wurde.“²⁴ Und Kepler „zeichnet das eigenartige Weltbild, das sich vom Monde aus dem Beobachter bieten muss, besonders den langen Tag und die lange Nacht mit ihren Hitze- und Kälteextremen, die Erscheinung der Erde am Mondhimmel, sehr anschaulich.“²⁵

Die Raumfahrtpioniere der 1920er Jahre machten Ernst mit der Idee, in den Weltraum zu fliegen. Neben den theoretischen legten sie auch die technischen Grundlagen dafür, dass es der Menschheit schließlich gelang, mit Raumschiffen die Biosphäre zu verlassen und andere Himmelskörper nun nicht mehr nur virtuell wie in der Renaissance, sondern auch empirisch zu erforschen, was als die Realisierung eines alten Menschheitstraums empfunden und gewertet wurde.

Raumschiffe kann man mittlerweile bauen, aber die entfernten Sterne bleiben bislang in unerreichbarer Ferne. Lange Zeit glaubte man, dass wir diese niemals erreichen könnten, da uns die Lichtgeschwindigkeit eine Grenze auferlegt. Mittlerweile weiß man jedoch, dass es physikalisch möglich ist, schneller als mit Lichtgeschwindigkeit andere Himmelskörper zu erreichen. Man reist dabei nicht durch den Raum wie das Licht, sondern verzerrt ihn. Hier nun wird die Verbindung von *Raumontologie und Raumfahrt* zentral. Es hat sich herausgestellt, dass eine Reise zu anderen Sternen für die Menschheit möglich wäre, wenn eine ontologische Eigenschaft des Raumes ausgenutzt werden könnte, die im 19. Jahrhundert von Bernhard Riemann postuliert und von Albert Einstein in seine Allgemeine Relativitätstheorie eingebaut wurde: die dynamische Veränderlichkeit der Metrik des Raumes.

Der theoretische Physiker Miguel Alcubierre hat 1994 auf der Basis der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie zeigen können, dass es nicht nötig ist, *durch* den Raum zu fliegen, um zu einem anderen Himmelskörper zu gelangen. Der nach ihm benannte Alcubierre-Antrieb nutzt die Möglichkeit des Raumes zu kontrahieren und zu expandieren, um wie auf einer Raumwelle durch das All zu gleiten, wobei das Raumschiff selbst unbeweglich bleibt. Dieser Antrieb basiert auf einer lokalen Expansion des Raumes hinter dem Raumschiff und einer lokalen Kontraktion vor ihm. Alcubierre erklärt:

Auf diese Art vergrößert sich der Abstand zwischen dem Abflugsort und dem Raumschiff beständig, während es dem Ziel immer näher kommt. Das Raumschiff selbst rührt sich dabei überhaupt nicht von der Stelle; es verbleibt vielmehr in einer „Blase“ mit flacher Raumzeit, so dass weder das Schiff noch die Besatzung irgendwelche Kräfte spüren. Die effektive Beschleunigung kann also durchaus sehr hohe Werte annehmen, ohne dass sie die Astronauten auch nur ein kleines bisschen in ihre Sitze presst.²⁶

²⁴ Debus, Karl: Raumschiffahrtsdichtung und Bewohnbarkeitsphantasien seit der Renaissance bis heute. In: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem. Hg. von Willy Ley. Leipzig 1928, 67-105, 69-70.

²⁵ Debus 1928, 73 (wie Anm. 24).

²⁶ Alcubierre, Miguel: Warpantrieb - Wurmlöcher - Zeitreisen. In: Sterne und Weltraum. Sonderheft „Special 6“ zum Thema Gravitation, Mai 2001, 70-76, 75; zit. n.: <http://hansschauer.de/html/dir6/ch02s08.html>, 29.11.2015.

Mit dem Alcubierre-Antrieb könnte man in etwa 2 Wochen unseren nächstgelegenen Stern, Proxima Centauri, der etwa 4,2 Lichtjahre von uns entfernt ist, erreichen. Man vergleiche damit unsere Raumsonde Voyager I, die seit 1977 unterwegs ist und die mittlerweile immerhin mit einer Geschwindigkeit von 61.000 km/h durch die Oort'sche Wolke fliegt und dabei ist, unser Sonnensystem zu verlassen: Voyager I würde etwa 56.000 Jahre bis Proxima Centauri benötigen. Der Alcubierre-Antrieb ist nicht mehr bloße Sciencefiction und wird zumindest als physikalische Möglichkeit diskutiert. Mit unseren heutigen technischen Mitteln ist er jedoch nicht realisierbar.

$$\vartheta = -\alpha \operatorname{Tr}(K)$$

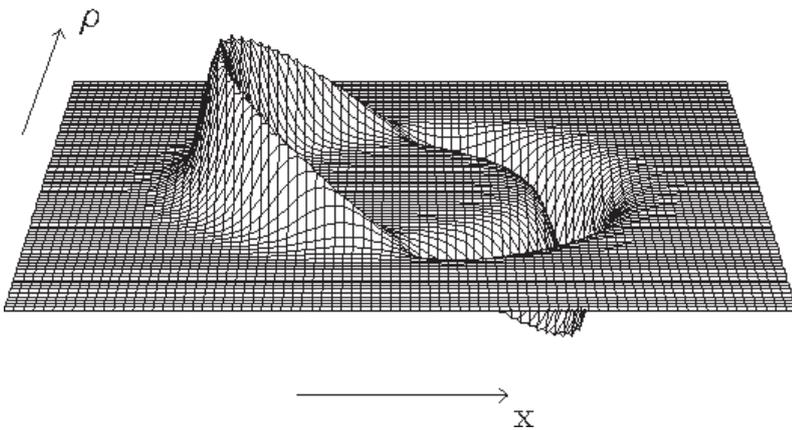


Abb.1: Alcubierre-Antrieb (1994), aus: Alcubierre, Miguel: The Alcubierre Warp Drive. In: Classical and Quantum Gravity 11, 1994, 5, L73-L77, L75.

Das Beispiel zeigt, wie eng heute *Raumontologie und Raumfahrt* miteinander verknüpft sind. Weder chemische Antriebe, noch die Kernkraft oder Materie-Antimaterie-Reaktionen ermöglichen uns den Flug zu den Sternen. Es ist vielmehr ein ‚Fast-Nichts‘, es ist der Raum selbst, der unsere Beschränkungen durch die Lichtgeschwindigkeit, die als Deskription des Raumes gilt, vielleicht irgendwann einmal überwinden könnte. Es ist also die merkwürdige Ontologie des Raumes, ihre Fähigkeit der Kontraktion und Expansion, die uns vielleicht in einer fernen Zukunft ermöglichen wird, das Universum nicht nur mit unseren Teleskopen, sondern jeweils real vor Ort zu erkunden.

So kann ich nun meine These wie folgt zusammenfassen. Die technische Raumfahrt ist das Produkt eines kulturellen Prozesses, an dessen Beginn die Mythologie, die Literatur, die Philosophie und die Kunst standen. Ein wesentlicher Markstein dieses Prozesses war die Entdeckung des Raumes in der Renaissance und die virtuellen Fahrten durch den Weltraum in Brunos Philosophie, der bald schon literarische Fahrten in den Weltraum folgten. Ein weiterer wesentlicher Markstein war die Ausarbeitung des Konzepts des universalen Raums als eigenständiger ontologischer Realität, die ebenfalls schon früh begann. Die Dynamisierung des Raumes, seine Elastizität, wird möglicherweise die Reise zu unseren entfernten Himmelsobjekten irgendwann in einer fernen Zukunft ermöglichen.

Im Folgenden möchte ich mich ausschnittsweise auf die Raumfahrtphilosophie von Giordano Bruno um 1600 und die Raumfahrtideen von Hermann Ganswindt um 1900 konzentrieren.

Raumfahrt „mit den Flügeln des Geistes“

Die Frage, wie wohl die Erde vom Mond aus betrachtet aussieht, beschäftigten Bruno und nach ihm Kepler. Erst seit 1969 haben wir ein Foto davon, welches einen enormen Einfluss auf das Selbstverständnis der globalisierten Menschheit hatte. Seitdem wird von unserem Planeten als dem „Raumschiff Erde“ gesprochen. Bruno beschäftigte auch die Frage, ob man die Erde überhaupt noch sehen kann, wenn man weiter in den Raum fliegt. Seine Antwort: höchstens noch als ganz kleinen Punkt, der dann aber für das Auge verschwindet.

Giordano Bruno stellte in *De Immenso* (1591) ausführliche Gedankenexperimente zu Raumfahrten „mit den Flügeln des Geistes“ an.

Kann man mit den Flügeln des Geistes dorthin gelangen,
wohin die Füße uns nicht tragen?
Wohlan denn, stelle Dir als erstes vor
– wenn man nicht verraten will, daß es wirklich ist –
ich sage auch, erdichte dir, du verläßt die Erde,
und fliegst direkt zum nahen Mond.²⁷

Er experimentierte bei diesen gedanklichen Raumflügen mit Perspektivverschiebungen des Sehfeldes und gelangte zu einer über die Vogelperspektive hinausgehenden planetaren Perspektive, wie das folgende Bild demonstriert:

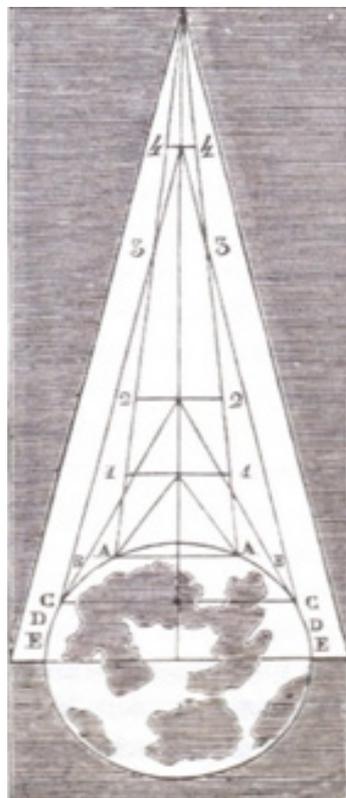


Abb. 2: Giordano Bruno, Abbildung aus: *De immenso et innumerabilis* (1591). In: Bruno, Giordano: *Das Unermessliche und Unzählbare*, Bd. 3. Peißenberg 1999-2001, 18.

²⁷ Bruno 1999-2001, Bd. 3, 12 (wie Anm. 1).

Anhand dieser Darstellung erkundet Bruno parallel zu den Neuerungen seiner Epoche im Bereich der künstlerischen Entdeckung der Perspektive und der projektiven Geometrie die Verschiebungen der Wahrnehmung, die sich durch ein Abheben von der Erde ergeben würden:

Wenn man sich von der Erde zu entfernten Bereichen des Äthers bewegt, wächst keineswegs die Größe des Horizonts. Denn je weiter man sich von der Erde entfernt, desto kleiner wird auch der Sehwinkel über derselben Grundlinie. Dies wird deutlich, wenn man über der Grundlinie AA von den Punkten 1, 2, 3 und 4 ein Dreieck zeichnet. Je weiter sich das Auge vom Anblick der sichtbaren Größe entfernt, desto kleiner ist der Winkel, der sich auf dieselben Endpunkte der Grundlinie bezieht. Dieser Winkel nähert sich immer mehr einer Geraden an, bis schließlich der Winkel bei den Augen zu null wird, die Grundlinie null wird, und das ganze Dreieck in eine Linie übergeht. [...] Während unterdessen durch die größere Entfernung das Bild des Horizonts verkleinert sichtbar wird, erkennt der Blick, je weiter er entfernt ist, einen desto größeren, die Oberfläche begrenzenden Bogen der Kugel, so daß er schließlich, wenn er weit genug entfernt ist, eine vollständige Halbkugel sieht.²⁸

Brunos Gedankenexperimente sind bezogen auf die neuartige perspektivische Wahrnehmung des Raumes in der Renaissance, die den aktual unendlich entfernten Blickpunkt entdeckt, wo „das ganze Dreieck in eine Linie übergeht“. Er erweitert jedoch die Entdeckung der irdischen Perspektive, die von der Erde aus statisch in den unendlichen Horizont blickt, zu einer dynamischen. Er sieht nicht nur ins Unendliche, sondern er bewegt sich ins Unendliche. Er hebt ab. Durch Blickumkehr zurück zur Erde entdeckt er die planetare und globale Sicht. Es wäre zu prüfen, ob Bruno damit vielleicht sogar der erste war, der in der Philosophie zu einer planetaren Perspektive gelangte.²⁹

Der Raumflug zum nahen Mond und zu anderen Himmelskörpern mit den Flügeln des Geistes führt Giordano Bruno zu Einsichten, die über die Lehre von Nikolaus Kopernikus hinausgehen. Kopernikus überwand den Geozentrismus zugunsten eines Heliozentrismus unter Beibehaltung der Fixsternsphäre als fester, umschließender Sphäre des Universums. In einem solchen Universum steht nun die Sonne statt der Erde in der Mitte des Universums. Dies war auch noch die Ansicht von Johannes Kepler. Für Bruno sind dagegen die Fixsterne Sonnen, ähnlich wie die unsere, jeweils mit eigenen Planeten. Im Universum gibt es daher für ihn kein ausgezeichnetes Zentrum mehr. Er pluralisiert die Welt und dezentralisiert sie zugleich. Daher existiert für ihn auch kein ausgezeichnetes Oben und Unten, Rechts oder Links mehr im Universum. Bezugssysteme können vielmehr beliebig festgelegt werden und sind nicht mehr durch eine zentrierte Weltordnung

²⁸ Bruno 1999-2001, Bd. 3, 16-17 (wie Anm. 1).

²⁹ Zur Entwicklung der vertikalen Perspektive in der Kunst der Renaissance siehe: Asendorf, Christoph: Von der „Weltlandschaft“ zur planetarischen Perspektive. Der Blick von oben in der Sukzession neuzeitlicher Raumvorstellungen. In: Planetarische Perspektiven. Bilder der Raumfahrt. Hg. von Annette Tietenberg und Tristan Weddigen. Marburg 2009 (= kritische berichte. Zeitschrift für Kunst- und Kulturwissenschaften 37, 2009, 3), 9-22.

mit einem festen Mittelpunkt ontologisch fixiert. Dies findet in einem (koordinatenfreien) Raumkonzept, indem es kein festgelegtes Maß gibt, seinen Ausdruck:³⁰

Sag nun, wenn du nach oben fliegst
 – wenn man noch von „oben“ sprechen kann –
 wird dann nicht ein größerer Teil der Erde sichtbar,
 und erstreckt sich der Horizont nicht immer weiter?³¹

Bezugssysteme sind für Bruno relativ und können sich je nach Beobachterstandpunkt ändern:

Wer von unserer Welt nach oben fliegt,
 wird die Erde wie einen Stern am Himmel sehen
 und wird sicher glauben,
 daß er auf einem anderen Stern nach unten sinkt.
 Wer von einem anderen Stern zu uns gelangt,
 wird dies ebenso erfahren, denn wir sind
 für jene dort, genauso wie sie für uns,
 ein leuchtender Stern am Himmel oben.
 Sie sehen uns, wie wir sie sehen.³²

Statt einem absoluten, ausgezeichneten Zentrum des Universums gibt es unzählig viele: Die Mitte der Welt ist „nirgendwo und überall“.³³ Die Zentren entstehen selbsttätig durch die jeweilige Drehung der Planetensysteme und die Eigenrotation der Himmelskörper. Für Bruno steht fest, dass sich die Sonnen mit ihren Planeten jeweils „nach eigenen Gesetzen um das eigene Zentrum drehen“.³⁴ Daraus ergibt sich, dass für Erde und Mond relativ zueinander die Sonne zu einem gemeinsamen Bezugspunkt werden kann:

Wenn Du von oben zur Erde herabblickst,
 sieht sie aus wie der leuchtende Mond,
 denn wie der Mond für die Erde
 und die Erde für den Mond einander am Himmel sind,
 und beide unten, Mitte und außen
 im selben Bezug zur Sonne erkennen,
 so haben sie auch füreinander dieselbe Gestalt
 und das gleiche Licht.³⁵

³⁰ Bruno 1999-2001, Bd. 1, 12 (wie Anm. 1): „Diesem Unermeßlichen entspricht kein Wohnsitz oder Tempel, der ein bestimmtes Maß hätte, [...]“

³¹ Bruno 1999-2001, Bd. 1, 12 (wie Anm. 1).

³² Bruno 1999-2001, Bd. 3, 35 (wie Anm. 1).

³³ Bruno 1999-2001, Bd. 6, 139 (wie Anm. 1).

³⁴ Bruno 1999-2001, Bd. 3, 15 (wie Anm. 1).

³⁵ Bruno 1999-2001, Bd. 3, 14 (wie Anm. 1).

Planeten und Monde leuchten gleichermaßen nicht aus eigener Kraft, sondern werden von ihrer jeweiligen Sonne angestrahlt. Exoplaneten, d. h. Planeten anderer Sonnensysteme, sind für uns hier auf der Erde daher auch nicht sichtbar.

Es sind Raumflüge und Raumfahrten mit den Flügeln des Geistes, die Bruno das Weltall durchstreifen lassen, um mittels Gedankenexperimenten die Struktur des Universums zu erkunden. Immer wieder wechselt er die Perspektive. Mal sieht er die Welt vom Monde aus, dann von der Sonne aus, dann fliegt er gedanklich zu anderen Himmelskörpern, um dann wieder zur Erde zurückzukehren. Diese beständige Perspektivenverschiebung hat in *De Immenso* etwas Schwindelerregendes. Der Leser verliert den Boden unter den Füßen und kann hautnah miterleben, wie sich der sichere Hafen des Geozentrismus auflöst in einen dynamisch dezentrierten und entgrenzten Raum.

Wenn du auf dem Mond wärst,
 der sich um das eigene Zentrum dreht,
 würde sich auf ähnliche Weise die ganze Welt um dich drehen,
 und wo auch immer du bist,
 wird sich ebenso die Welt um dich drehen,
 weil es dir stets durch die eigene Bewegung auf diese Weise erscheint.
 Wenn du dagegen auf der Sonne wärst
 und von dort aus alles betrachten könntest,
 was ihr Licht umkreist,
 würdest du diese Gesetze sehr leicht verstehen.³⁶

Bruno begibt sich in den Tanz der Welten, deren Unzählbarkeit, so betont er, nicht erträumt oder erfunden ist, sondern sich philosophisch gesehen aus dem mannigfaltigen, schöpferischen Hervorbringungsprozess des Universums ergibt: „Deshalb können wir so viele Sterne, Welten oder, wie ich sie nenne, große Lebewesen und Götter betrachten, die ohne Zahl und Ende überall in ihren eigenen Bereichen und Ordnungen für den Höchsten zusammenklingen und tanzen.“³⁷

Für Bruno ist diese neue Weltwahrnehmung nichts Bedrohliches.³⁸ Er feiert sie als neugewonnene Freiheit, wie später auch die Raumfahrtpioniere.

Raumfahrt und Raumontologie um 1900

Mit unmittelbarem Bezug auf den Gedankenflug oder die ‚Flügel des Geistes‘, die für die Menschheit immer schon die anthropologische Voraussetzung dafür waren, über begrenzte Räume und festgelegte Umwelten hinausgehen zu können, schrieb Max Valier, einer der bedeutenden Raumfahrtpioniere der Weimarer Republik, Mitbegründer des berühmten Vereins für Raumschiffahrt

³⁶ Bruno 1999-2001, Bd. 3, 15 (wie Anm. 1).

³⁷ Bruno 1999-2001, Bd. 1, 12 (wie Anm. 1).

³⁸ Zur Anthropologie der Raumfahrt siehe ausführlicher Heuser 2008 (wie Anm. 2).

e.V. in Breslau sowie Initiator des ‚Weltraumfiebers‘ in Deutschland:

Wie ein undurchdringlicher Panzer umgibt das Schwerefeld die Erde. Machtlos stand der Mensch bisher dieser gewaltigsten Naturkraft gegenüber, ein gefesselter Prometheus, mit ehernen Banden an den Erdboden geschmiedet, frei nur in seinen Gedanken, deren Flug nichts hemmen kann, kühn und unüberwindlich bis an die Grenzen alles Seienden vorzustößen. Nun sollen die Gedanken zur Tat werden!³⁹

Während für Bruno sowie die nachfolgenden Sciencefiction-Autoren die Raumfahrt per Gedankenflug noch die einzige Möglichkeit der Fortbewegung im Weltall darstellte, wollte man um 1900 diesen Menschheitstraum endlich Wirklichkeit werden lassen. Wie Bruno sahen die Raumfahrtspioniere in der Befreiung von der Erdgebundenheit und der Eröffnung eines unbegrenzten, extraterrestrischen Raums die Zukunft der Menschheit. Um 1900 erhält dieser Menschheitstraum in Russland von Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski und in Deutschland von Hermann Ganswindt erste wissenschaftliche und technische Grundlagen. Ich werde mich hier auf Ganswindt und sein „Weltenfahrzeug“ beschränken. Als Motiv für die Raumfahrt gibt er an, dass er durch die Expeditionen zu anderen Himmelskörpern jeweils einen Perspektivenwechsel vornehmen könnte, um – wir erinnern uns an Brunos fast gleichlautende Überlegungen oben im Text – von so jeweils verändertem Standpunkt die Welt zu erforschen:

Und so gern schon mein Auge auf dem unendlichen Sternenhimmel ruht, so leidenschaftlich gern möchte ich wohl in Wirklichkeit eine Expedition nach anderen Weltkörpern unternehmen, um von so verändertem Standpunkt die Wirklichkeit zu studiren [sic!] und meine Schlüsse zu ziehen. Ich habe mir daher die wissenschaftliche Frage vorgelegt: Ist die Möglichkeit vorhanden, außerhalb des Bereiches der Erde und ihrer Atmosphäre zu gelangen und z. B. die nächsten Planeten Venus und Mars zu besuchen?⁴⁰

Zu berücksichtigen ist der historische Kontext, in welchem Ganswindt sich dieses Ziel setzte. Um 1900 begann gerade erst die Konstruktion von Flugzeugen. Der dafür genutzte Auftrieb setzt eine Atmosphäre voraus. Auch Vögel können nur in der Luft fliegen. Wie aber sollte man sich im Vakuum des Weltraums bewegen können? Ganswindt hatte eine geniale Idee. Dafür könnte man den Rückstoß verwenden, der auf dem dritten Newtonschen Axiom basiert, dem zufolge Kräfte immer paarweise auftreten. Übt ein Körper A auf einen anderen Körper B eine Kraft aus (*actio*), so wirkt eine gleich große, aber entgegen gerichtete Kraft von Körper B auf Körper A (*reactio*). Das Rückstoßprinzip kann man sich leicht an einem Bootsfahrer verdeutlichen, der vom Boot aus Steine wegwirft. Entgegen der Wurfrichtung wird sich das Boot bewegen. So könnte man sich im Prinzip immer weiter fortbewegen, indem man Steine in den See wirft. Dieses Prinzip

³⁹ Valier, Max: Der Vorstoss in den Weltenraum. Eine technische Möglichkeit? München 1924, 6.

⁴⁰ Ganswindt, Hermann: Das jüngste Gericht. Erfindungen von Hermann Ganswindt. Schöneberg bei Berlin 1899, 7. Zu Ganswindt siehe auch Esser, Ilse: Hermann Ganswindt. Vorkämpfer der Raumfahrt mit seinem Weltenfahrzeug seit 1881. Düsseldorf 1977.

gilt auch im leeren Weltraum. Voraussetzung dafür ist die Homogenität des Raums. Dies wurde von Emmy Noether gezeigt. Da der Raum jedoch in der relativistischen Physik nicht mehr als homogen angenommen werden kann, gilt hier das Gegenwirkungsprinzip nicht mehr uneingeschränkt.⁴¹ Bei Ganswindt heißt es:

Im luftleeren Weltraum kann man natürlich nicht Luftmassen mit Flügeln erfassen und nach unten schleudern. Wie muss man es also hier machen, um dennoch die Schwerkraft zu überwinden und aufwärts steigen zu können? Antwort: - - - man nimmt sich die Luftmassen in Gestalt von Explosivstoffen, die zugleich die höchste Kraft in sich bergen, einfach mit! D. h. man konstruiert [sic!] einen Flugapparat auf Grund der Reaktionsgesetze explodirender [sic!] Stoffe.⁴²

Mit Bezug auf das Gegenwirkungsprinzip erläutert er:

Es ist dieses dasselbe Prinzip, welches zur Anwendung kommt, wenn man von einem freischwimmenden Kahn abspringt, wobei der abspringende Körper den Kahn zurückstößt. Je schneller man vom Kahn abspringt, desto schneller wird auch der Kahn die Rückwärtsbewegung annehmen.⁴³

Wie aber können sich die Menschen, die auf die Biosphäre angewiesen sind, im Weltall bewegen? Das „Vorurteil“, so Ganswindt, würde antworten: das geht nicht, das ist unmöglich. Ganswindt hat diese Bedenkenträger, die auch schon nicht an die Möglichkeit der Dampfschiffahrt, der Eisenbahn und des Autos glaubten und Innovationen immer wieder ausbremsten, abgrundtief verabscheut und mit ironischer Feder gebrandmarkt. Der Skepsis gegenüber der Möglichkeit der Raumfahrt begegnet er dabei mit einem schlagenden Gegenbeispiel:

Ich antworte jedoch darauf: ganz ebenso, wie wir unausgesetzt jährlich 125 Millionen Meilen durch den luftleeren Weltraum um die Sonne zurücklegen, ohne es auch nur mit Ausnahme der Jahreszeiten zu merken, indem wir nämlich die nöthige [sic!] Luft und Alles, was wir brauchen, mit unserer Mutter Erde mitnehmen [...].⁴⁴

Die Menschheit befindet sich immer schon im Weltraum. Wir bewegen uns permanent um die Sonne. Diese kopernikanische Entdeckung ist aber noch immer nicht wirklich in das Alltagsbewusstsein der Menschen eingegangen. Immer noch denken wir, alles drehe sich um uns und wir müssten die Erde verlassen, um in den Weltraum zu gelangen. Unser Planet ist aber bereits ein Raumschiff. Das „Raumschiff Erde“, das später von Richard Buckminster Fuller so bezeichnet wurde, findet sich als Topos bereits bei Ganswindt.

⁴¹ Näheres siehe bei Rebhan, Eckhard: Theoretische Physik. Relativitätstheorie und Kosmologie. Berlin 2012.

⁴² Ganswindt 1899, 8 (wie Anm. 40).

⁴³ Ganswindt 1899, 7-8 (wie Anm. 40).

⁴⁴ Ganswindt 1899, 9 (wie Anm. 40).

Wie aber will man die enormen Entfernungen zu anderen Himmelskörpern überwinden?

Da die Fahrgeschwindigkeit dadurch erzielt wird, daß vom schon bewegten Fahrzeug immer neue Explosionsmassen weggesprengt werden und vorn ein Hinderniß im luftleeren Raum nicht existirt, die Maschine vielmehr um so sparsamer arbeitet, je schneller man fährt, läßt sich sogar die Fahrgeschwindigkeit nach Verlassen der atmosphärischen Luft so sehr steigern, daß man den Mars oder die Venus in ca. 22 Stunden erreichen könnte, [...].⁴⁵

Mit dieser optimistischen Zukunftsaussicht plante er ein erstes Raumschiff auf der Basis des Rückstoßprinzips. Seine Konstruktionsbeschreibung findet man in seiner Schrift von 1899, die er mit folgendem Bild illustrierte:

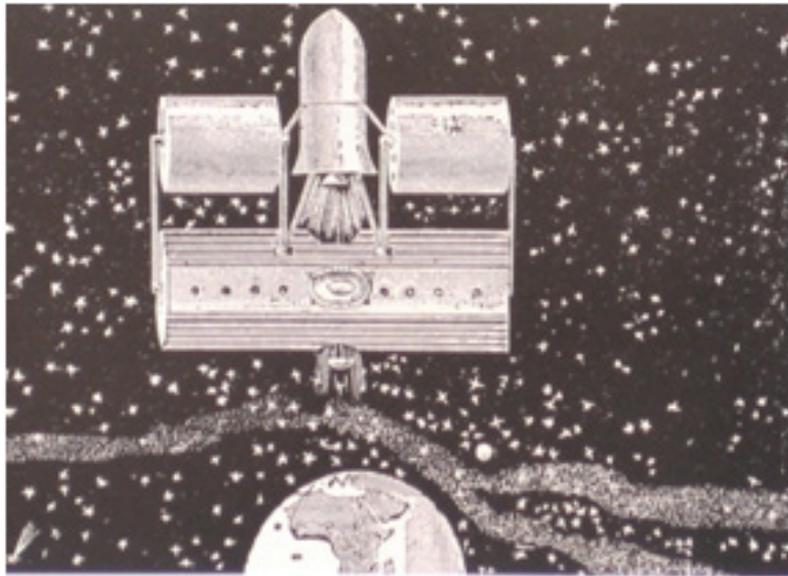


Abb. 3: Hermann Ganswindt, Weltenfahrzeug (1899). In: Ganswindt, Hermann: Das jüngste Gericht. Erfindungen von Hermann Ganswindt. Schöneberg bei Berlin 1899, 9.

Demnach befindet sich in der Mitte ein Stahlzylinder für zwei Reisende mit Proviant, der links und rechts umgeben ist von Stahlröhren, die unter hohem Druck den nötigen Luftvorrat für die Expedition beinhalten, ähnlich wie bei einem Unterseeboot. Auch an die Temperatur im kalten Weltraum hat Ganswindt gedacht. Ihre Regulation wird durch die Wärme der Explosionen erreicht, die das Weltenfahrzeug vorantreiben. Das Bild zeigt, wie sich das Raumschiff von der Erde entfernt, die als Kugel im Weltall schwebt, umgeben von einem Sternenmeer, Kometen und anderen Planeten. Von weitem ist auf der Erde nur noch der Kontinent Afrika und seine Umgebung zu erkennen. Ganswindt hat dieses die Phantasie anregende Bild für seine Vorträge eingesetzt, erstmals gehalten 1891 unter dem Titel *Ueber die wichtigsten Probleme der Menschheit*. Er setzte auch Musik ein. Um die Bevölkerung für seine neuen Erfindungen zu begeistern, lernte er in der kurzen Zeit von fünf Monaten autodidaktisch Klavier spielen und beherrschte diese Kunst so gut, dass er Klavier-Konzerte geben konnte, die er mit Vorträgen über seine Erfindungen kombinierte. Für den 3. Januar 1892 kündigte er beispielsweise mit einem Plakat ein „Kla-

⁴⁵ Ganswindt 1899, 9 (wie Anm. 40).

vier-Concert und Experimental-Vortrag über Luftschiffahrt“ im Etablissement des Herrn Funk in Allenstein an. Im ersten Teil des Programms waren Klavierstücke von Chopin und Beethoven vorgesehen, im zweiten Teil ein Vortrag über Luftschiffahrt nebst Vorführung eines tatsächlich fliegenden Flugmodells seines ebenfalls von ihm erfundenen lenkbaren Luftschiffs und im dritten Teil ausklingend wieder Musikstücke, dieses Mal von Chopin und Schubert. Dafür nahm er ein Eintrittsgeld von 1,50 Mark für den ersten und 1 Mark für den zweiten Platz, womit er den Lebensunterhalt für seine Familie mit fünf Töchtern zu bestreiten hoffte. Ganswindt blieb bitterarm und ein verkanntes Genie, bis er von den Raumfahrtpionieren der Weimarer Republik eine späte Anerkennung erhielt.

Tatsächlich wurden noch zu seinen Lebzeiten die ersten auch technischen Experimente zur Entwicklung von Raumfahrtantrieben durchgeführt, und Ganswindt, der um 1900 noch von den meisten verlacht und verspottet wurde, erhielt eine späte Würdigung seiner Verdienste durch die Raumfahrtbewegung in den 1920er Jahren, speziell durch Max Valier und Hermann Oberth, der sogar für ihn einen Spendenaufruf startete, um dem mittellosen ‚Erfinder von Schöneberg‘ ein würdiges Leben im Alter zu ermöglichen. Seiner Zeit weit vorsehend war sich Ganswindt vollkommen bewusst gewesen, dass er mit seinem Weltenfahrzeug bereits kurz vor der Jahrhundertwende den Übergang von der Sciencefiction zur realen Raumfahrt vollzog: „Ich betone nochmals, daß diese Ausführungen nicht etwa Phantasiegebilde à la Jules Verne sein sollen, sondern ein wirkliches Projekt bedeuten, welches ich in meinem Leben noch zu verwirklichen hoffe [...]“⁴⁶

Die Raumfahrtidee wurde um 1600 erstmals ernst genommen und auf der Basis einer neuen Raumontologie (Homogenität des Raumes) virtuell umgesetzt. Um 1900 trat die Raumfahrt mit den Flügeln des Geistes in das Stadium der technischen Realisierung. Auch die Raumontologie änderte sich grundlegend durch die Übernahme der Riemannschen Mannigfaltigkeitslehre in die Einsteinsche Allgemeine Relativitätstheorie. Diese ermöglicht vielleicht in irgendeiner fernen Zukunft den tatsächlichen Aufbruch zu anderen Sternen und zu Exoplaneten in habitablen Zonen, die wir jüngst erst begonnen haben, zu entdecken.

Wählen Sie als bibliographischen Nachweis dieses Textes einen der folgenden Links:

<http://hdl.handle.net/10900/69443>

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:21-dspace-694439>

<http://dx.doi.org/10.15496/publikationen-10857>

⁴⁶ Ganswindt 1899, 10 (wie Anm. 40).