

Peter Kleine-Möllhoff / Manuel Kölz / Jens Krech /  
Ulf Lindner / Boris Stassen

**Energie- und Ressourceneffizienz an der  
Hochschule Reutlingen -  
Betriebshalle,  
Vorlesungsgebäude Textil & Design,  
Hochschulservicezentrum**

Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management  
Reutlingen Working Papers on Marketing & Management

herausgegeben von Carsten Rennhak & Gerd Nufer

Nr. 2011 – 14



**Hochschule Reutlingen**  
Reutlingen University

# **Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen - Betriebshalle, Vorlesungsgebäude Textil- & Design, Hochschulservicezentrum**

Kurzfassung der Projektarbeit der Gruppe 1 des Projektes Industrial Ecology  
unter der Leitung von Prof. Peter Kleine-Möllhoff  
im MSc Production Management  
an der ESB Business School Reutlingen  
im Sommersemester 2011

Autoren:

Peter Kleine-Möllhoff

Manuel Kölz

Jens Krech

Ulf Lindner

Boris Stassen

September 2011

# Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis.....   | 1  |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                     | 3  |
| Abbildungsverzeichnis.....                                      | 4  |
| Tabellenverzeichnis.....  | 5  |
| 1 Einleitung .....  | 6  |
| 2 Vorgehensweise.....   | 6  |
| 3 Ressourcen- und Energiebedarf der untersuchten Gebäude .....  | 8  |
| 3.1 Labor- und Werkstatthallen .....                            | 8  |
| 3.1.1 Elektrische Energie.....                                  | 9  |
| 3.1.2 Wärmebedarf .....   | 10 |
| 3.1.3 Wasser.....   | 12 |
| 3.1.4 Gas .....   | 12 |
| 3.1.5 Zusammenfassung Verbraucheranalyse Gebäudekomplex 1 ..... | 13 |
| 3.1.6 Ansätze zur Optimierung Gebäudekomplex 1 .....            | 13 |
| 3.2 Fakultät Textil und Design (Gebäude 9) .....                | 16 |
| 3.2.1 Allgemeine Informationen zum Gebäude 9 .....              | 16 |
| 3.2.2 Elektrische Energie.....                                  | 17 |
| 3.2.3 Wärmeenergie .....  | 18 |
| 3.2.4 Wasser.....   | 18 |
| 3.2.5 Ansätze zur Optimierung Gebäude 9 .....                   | 18 |
| 3.3 Hochschulservicezentrum (Gebäude 10).....                   | 20 |
| 3.3.1 Allgemeine Informationen zum Gebäude 10 .....             | 20 |
| 3.3.2 Elektrische Energie.....                                  | 21 |
| 3.3.3 Wärmebedarf .....   | 24 |
| 3.3.4 Wasser.....   | 25 |
| 3.3.5 Ansätze zur Optimierung in Gebäude 10.....                | 26 |
| 4 Zusammenfassung der Energiebedarfsanalyse.....                | 29 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5     | Einsparpotentiale durch Verhaltensänderung der Nutzer .....     | 30 |
| 5.1   | Relevanz des Faktors „Mensch“ .....                             | 30 |
| 5.1.1 | Wissen .....  | 30 |
| 5.1.2 | Motivation .....  | 31 |
| 5.1.3 | Gewohnheit.....   | 31 |
| 5.1.4 | Sensibilisierung für Effizienzthemen.....                       | 31 |
| 5.2   | Projekt „Energie- und Ressourceneffizienz“.....                 | 32 |
| 5.2.1 | Faktoren für eine erfolgreiche Durchführung des Projektes ..... | 32 |
| 5.2.2 | ESB Energie-Ressort.....  | 33 |
| 6     | Zusammenfassung des Projektes, Ausblick .....                   | 34 |
|       | Quellenverzeichnis .....  | 36 |

## Abkürzungsverzeichnis

|           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| DENA      | Deutschen Energie Agentur         |
| DFÜ       | Daten-Fern-Übertragung            |
| IAF       | Institut für Angewandte Forschung |
| LCP       | Liquid Cooling Package            |
| RRI       | Reutlinger Research Institut      |
| TEC       | Fakultät Technik                  |
| TD        | Fakultät Textil und Design        |
| TK-Anlage | Telekommunikations-Anlage         |

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Betrachtete Gebäude .....  | 7  |
| Abbildung 2: Flächenanteile der Bereiche in Gebäude 1 und 1A.....                 | 8  |
| Abbildung 3: elektrischer Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen.....             | 10 |
| Abbildung 4: Wärmetauscher mit Gebläse.....                                       | 11 |
| Abbildung 5: Lüftungsrohre .....  | 12 |
| Abbildung 6: Deckenradiator .....   | 12 |
| Abbildung 7: Betriebszustände bei Elektrogeräten .....                            | 15 |
| Abbildung 8: Einzelflächen und Flächenanteile der Bereich in Gebäude 9.....       | 16 |
| Abbildung 9: Verteilung der Außenfläche und der U-Werte (eigene Darstellung)..... | 19 |
| Abbildung 10: Abwärmenutzung aus der Server-Klimatisierung .....                  | 28 |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 3.1: Datenerfassung von Verbrauchern in Gebäude 10 .....                       | 21 |
| Tabelle 3.2: Anteiliger Verbrauch für die definierten Teilbereiche.....                | 22 |
| Tabelle 3.3: Teilbereich Server/DFÜ .....  | 22 |
| Tabelle 3.4: Teilbereich Büro/Arbeitsmittel.....                                       | 23 |
| Tabelle 3.5: Teilbereich Küche/Sanitär .....   | 23 |
| Tabelle 3.6: Wasser-Verbrauchsrechnung.....  | 25 |
| Tabelle 3.7: Wasser-Verbrauchsrechnung 2.....  | 26 |
| Tabelle 4.1: Strom- und Wärmebedarf sowie spezifische flächenbezogene Verbräuche ..... | 29 |

# 1 Einleitung

In der heutigen Zeit ist es wichtig mit den Ressourcen sparsam umzugehen. Deshalb wird in dieser Projektarbeit die Ressourcen- und Energieeffizienz der Hochschule Reutlingen untersucht. Mit dem Aufzeigen der Potentiale in diesem Bereich können Kosten eingespart und die Umweltbelastung der Hochschule verringert werden.

Es handelt sich hierbei um eine **Erstanalyse** mit begrenztem Detaillierungsgrad. Dieser beinhaltet den aktuellen Status quo in Bezug auf elektrische Energie, Wärmeenergie, Wasserverbrauch und Gas. Mit Hilfe einer Verbraucheranalyse werden die Hauptverbraucher ermittelt. Anhand dieser Ergebnisse werden dann die wesentlichen Potentiale deutlich gemacht. Aus Gründen der begrenzten Zeit und der Komplexität des Themas wird nach dem Pareto-Prinzip (20/80 Regel) vorgegangen. Es soll ein Gesamtüberblick über die Ressourcennutzung geschaffen und Ansatzpunkte für spätere Projektarbeiten ermittelt werden. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit dieser Potentiale ist aus zeitlichen Gründen kein Bestandteil dieser Projektarbeit.

Die Projektarbeit wurde in 3 Gruppen aufgeteilt. Bei der vorliegenden Kurzfassung werden die Ergebnisse der Gruppe 1 dargestellt, welche die folgenden Gebäude untersuchte:

- das **Labor- und Werkstattgebäude** (Geb. 1)
- das Vorlesungsgebäude der Fakultät **Textil und Design** (Geb. 9)
- das **Hochschulservicezentrum** (Geb. 10)

## 2 Vorgehensweise

Der Hochschulcampus besteht aus 15 verschiedenen Gebäuden aus unterschiedlichsten Baujahren, teilweise sind es auch Gebäude die eigentlich nur übergangsweise genutzt werden sollten. Von daher besitzen die Gebäude zum großen Teil nur den „Stand der Technik“ aus dem Erbauungsjahr und sie werden auch sehr unterschiedlich genutzt. Sie sind deshalb auch unterschiedlich zu betrachten.

Aus der Thematik heraus, dass die Gebäude der Hochschule von dem Bauamt in Tübingen betrieben werden und die Hochschule nur eine Nutzungserlaubnis hat werden alle Wartungen und Instandhaltungen über das Bauamt Tübingen geregelt.

Im Rahmen dieser Projektarbeit werden das Labor- und Werkstattgebäude (Gebäude 1/1A), das Vorlesungsgebäude der Fakultät Textil und Design (Gebäude 9) und das Hochschulservicezentrum (Gebäude 10) untersucht. Die Lage der Gebäude sind in der folgenden Abbildung 1 markiert.



**Abbildung 1:** Betrachtete Gebäude<sup>1</sup>

Die Projektgruppe orientiert sich bei der Vorgehensweise an der VDI 4075 (PIUS-Richtlinie)<sup>2</sup>. Hierbei geht es darum, langfristig die Kosten und die Umweltbelastung zu senken und die Qualität zu optimieren.

Dazu werden die Ressourcenverbräuche analysiert. Der Hochschulcampus wird als eine Einheit gesehen, in welchen Eingangsströme hineinfließen und welche Ausgangsströme verlassen.

Im Rahmen des Projektes können aus Zeitgründen nicht alle Ein- und Ausgangsströme betrachtet werden. Deshalb werden die Ressourcen herausgesucht, welche die größte Umwelt- und Kostenrelevanz erwarten lassen. Dies sind die Ressourcen Strom, Wärme und Wasser. Die Ressource Mensch wird als Einflussgröße betrachtet.

Die Datenerfassung und der Abgleich mit den Realdaten sind in Kapitel 2 der Arbeit der Projektgruppe 2 eingehend erläutert<sup>3</sup> und wird daher an dieser Stelle nicht mehr näher beschreiben.

---

<sup>1</sup> Siehe Hochschule Reutlingen

<sup>2</sup> Siehe Verein Deutscher Ingenieure 2005

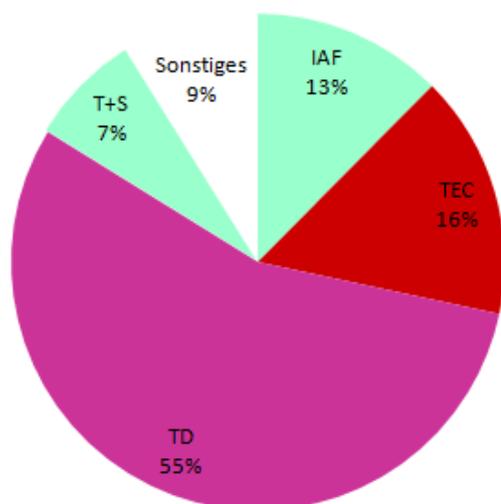
<sup>3</sup> Siehe Haussmann et.al. 2011

### 3 Ressourcen- und Energiebedarf der untersuchten Gebäude

In dem folgenden Teil dieser Arbeit werden die verschiedenen Energieverbräuche der Labor- und Werkstatthallen, des Vorlesungsgebäudes der Fakultät Textil und Design und des Servicezentrums der Hochschule genauer betrachtet. Die Leistungswerte konnten nur z.T. genau über die Typenschilder bestimmt werden. In den Fällen, in welchen keine Angaben vorlagen, wurden die Leistungen geschätzt. Die Auslastungsgrade wurden ebenfalls nach Gesprächen mit den Nutzern und den zuständigen Gebäudeverantwortlichen geschätzt.

#### 3.1 Labor- und Werkstatthallen

Das Gebäude 1 und 1A wurde 1986 in der Bauphase 3 der Entwicklungsgeschichte der Hochschule Reutlingen erbaut. Es handelt sich hierbei um einen sogenannten Solitärbau (alleinstehendes Gebäude), der insgesamt 3 nutzbare Ebenen, das sind ein Untergeschoss, das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss umfasst.



**Abbildung 2:** Flächenanteile der Bereiche in Gebäude 1 und 1A

In seiner Funktion als Labor-/Werkstattgebäude beherbergt dieser Gebäudekomplex mehrere Fakultäten der Hochschule. So sind beispielsweise die Fakultät Technik (TEC) mit dem Maschinenbau und der Mechatronik, die Fakultät Textil und Design (TD) mit der Verfahrenstechnik und Werkshallen, das Institut für Angewandte Forschung (IAF) mit dem Reutlinger Research Institut (RRi) und der Kunststofftechnik, sowie der für die gesamte Hochschule verantwortliche Bereich der Technik und Sicherheit vertreten.

Die Flächenanteile der jeweiligen Bereiche sind in Abbildung 2 dargestellt.

Der Bereich Textil und Design nimmt mit 55% den größten Anteil der Fläche in Anspruch.

Die Fakultät Technik nutzt 16% und das IAF 13%. Für den Technik- und Service-Bereich werden 7% der Fläche benötigt. Der Bereich Sonstiges bezieht sich auf allgemein genutzte Flächen wie beispielsweise Sanitärbereiche oder Installationsräume.

In den Gebäude halten sich 55 Hochschulmitarbeiter und im Durchschnitt ca. 25 Studierenden im Rahmen von Lehrveranstaltungen und Projektarbeiten auf. Es ergibt sich somit eine Anzahl von rund 80 Personen, die am Verbrauch von Ressourcen und Energie in diesem Gebäudekomplex beteiligt sind.

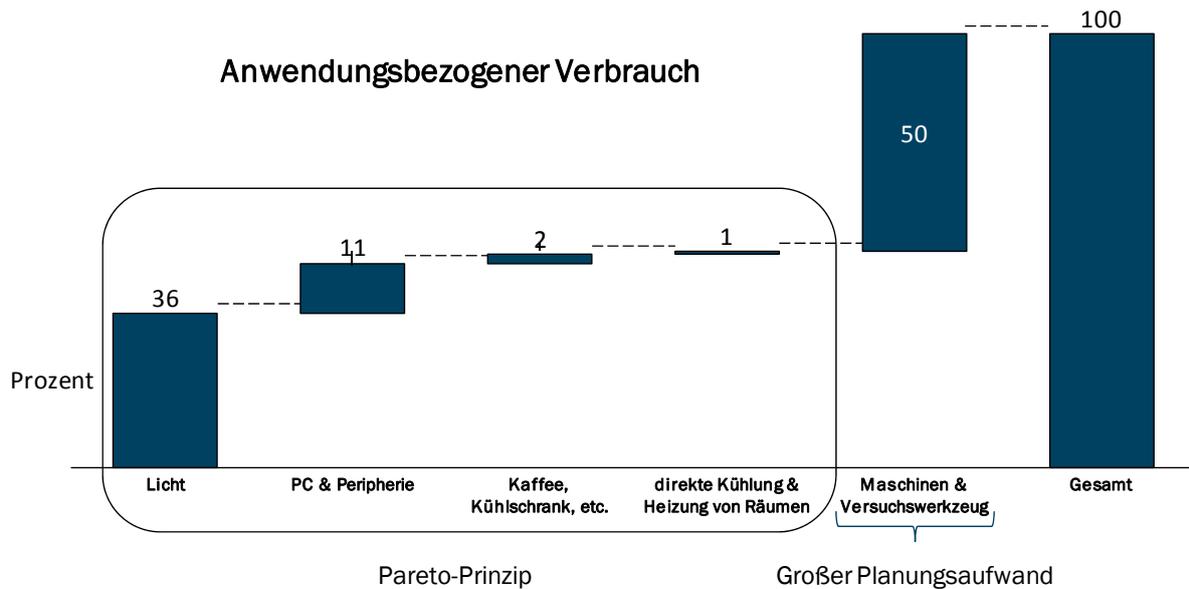
### **3.1.1 Elektrische Energie**

Zur Verbrauchsanalyse der elektrischen Energie werden die Nennleistungen der Verbraucher, sowie die Auslastungsfaktoren und die Betriebszeiten benötigt. Auf Grund der Gebäudegröße, der Benützung durch mehrere Fakultäten, der zeitlichen Beschränkung dieser Projektphase und der Komplexität der einzelnen anwendungsspezifischen Verbraucher, ist eine strukturierte und systematische Vorgehensweise bei dieser Arbeit von großer Bedeutung. Für die Abschätzung der Auslastungsfaktoren und der Betriebszeiten wurde auf Erfahrungswerte der Bereichsverantwortlichen und deren Mitarbeiter zurückgegriffen. Die Datenerhebung beschränkt sich auf die wesentlichen Hauptverbraucher und ist in einzelne Bereiche, wie Mechatronik, Maschinenbau usw. aufgeteilt.

Auf Grund der teilweise komplexen und undurchsichtigen Struktur der Verbraucher wurden aufbauend auf Erfahrungswerten Abschätzungen über die jeweiligen Nennleistungen vorgenommen. Die Aussagen der verantwortlichen Personen bezüglich Auslastungsfaktoren und Betriebszeiten sind Abschätzungen für eine erste Annäherung an den realen Verbrauch. Die in der Verbraucheranalyse ermittelten Werte sind somit in ihrer Aussagekraft eher als richtungsweisend zu verstehen.

Der errechnete Jahresgesamtverbrauch an elektrischer Energie beträgt für den Gebäudekomplex 1 insgesamt 420 MWh. Der Vorjahresverbrauch, gemessen von Januar bis Dezember 2010, betrug aber nur 178 MWh. Aufgrund dieser sehr großen Diskrepanz zur Abschätzung wurde für den Gesamtkomplex eine Referenzmessung durchgeführt und auf den Jahresverbrauch hochgerechnet. Mit dieser Methode lässt sich ein Jahresverbrauch von ca. 180 MWh prognostizieren, was dem Verbrauch von 2010 sehr nahe kommt. Durch die Referenzmessungen wurde ebenfalls festgestellt, dass in der Nachtzeit von 19 Uhr bis 7 Uhr die Hälfte der elektrischen Energie, verglichen mit der Tagzeit von 7 Uhr bis 19 Uhr verbraucht wird.

Die Absolutwerte der Abschätzung müssen in Frage gestellt werden, dennoch kann aber eine Aussage darüber getroffen werden, wie sich der Verbrauch an elektrischer Energie verteilt (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3:** elektrischer Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen

Etwa die Hälfte der elektrischen Energie wird für Maschinen und Versuchswerkzeuge verbraucht, 36 % für Beleuchtung, 11 % für PC-Equipment und die dafür notwendige Peripherie. Für Kaffemaschinen und Kühlschränke wird 2% der elektrischen Energie benötigt und für sonstige Zwecke 1 % der elektrischen Energie.

Der Textilbereich benötigt mit 13 % den größten Anteil, allerdings auch bei dem größten Flächenanteil von 55%. An zweiter Stelle folgen der Werkstattbereich und die Anlieferung (Technik u. Service und Hochschulverwaltung). Dann folgt der Bereich Maschinenbau und das RRI.

In einem Folgeprojekt müsste das Gebäude 1 noch einmal genauer in Bezug auf die Real- und Schätzwerte untersucht werden. Aufgrund der Komplexität der Verbrauchsstruktur, insbesondere im Bereich der Maschinen und Versuchswerkzeuge, sowie der begrenzten Zeit zur Datenaufnahme war dies im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht möglich.

Mit einem spezifischen Bedarf an elektrischer Energie in Höhe von ca. 18 kWh/m<sup>2</sup>a liegt der Gebäudekomplex 1 eher auf einem niedrigen Niveau. Es müsste aber ein Vergleich zu ähnlichen Gebäuden anderer Hochschulen mit technischen Laboren angestellt werden.

### 3.1.2 Wärmebedarf

Der Jahreswärmebedarf wurde über das Volumen des Gebäudes und dem Luftwechsel abgeschätzt. Es wurde angenommen, dass der Wärmeeintrag durch die anwesenden Personen (100 W) und durch die Sonneneinstrahlung auf das Dach und die Wände (134 W/m<sup>2</sup>a) durch Wärmeverluste über die Gebäudehülle kompensiert werden.

Mit dieser Betrachtungsweise ergibt sich ein Verbrauch von ca. 1.200 MWh/Jahr an Fernwärmeenergie. Von Januar bis Dezember 2010, wurden im Gebäude 1+1A tatsächlich insgesamt 1.379 MWh Fernwärme verbraucht. Eine zusätzlich durchgeführten Referenzmessungen des gesamten Gebäudekomplexes, anhand derer von einem durchschnittlichen Verbrauchswert von ca. 3 MWh/Tag ausgegangen werden kann, ergibt sich auf 365 Tage bezogen ein Gesamtverbrauch von 1.059 MWh/Jahr. Die durchgeführten Referenzmessungen haben auch gezeigt, dass der Fernwärmeverbrauch in der Nachtzeit von 19 Uhr bis 7 Uhr in der Früh nur unwesentlich geringer als tagsüber von 7 Uhr bis 19 Uhr ist.



**Abbildung 4:** Wärmetauscher mit Gebläse

Zudem wurde festgestellt dass bei einigen Maschinen die warme Abluft direkt nach außen abgeleitet oder an die Umgebungsluft im Inneren abgegeben wird.

Es werden unterschiedliche Heizungssysteme eingesetzt. So werden in manchen Räumen beispielsweise wie in Abbildung 4: Wärmetauscher mit Gebläse eingesetzt. Diese beschleunigen durch Ventilatoren die Warmluft nach **unten** in den Raum, nachdem diese an einem Wärmetauscher vorbeigeleitet wurde. Eigentlich hat aber Warmluft das Bestreben, aufgrund der geringeren Dichte aufzusteigen.

Aber auch Radiatoren, die in ihrer Funktionsweise und Anwendung den Heizkörpern im Haushalt entsprechen, kommen teilweise zum Einsatz (siehe Abbildung 5). Diese sind aber im Deckenbereich angeordnet und können somit nicht effizient beheizen.

Eine dritte Variante zum Wärmeeintrag in die Räume ist in Abbildung 5 gezeigt. Durch große Lüftungsrohre, die sich meist an den Seitenwänden der Hallen, aber auch an der Decke befinden wird Warmluft eingebracht.

Der spezifische Wärmebedarf beträgt ca. 137 kWh/m<sup>2</sup>a und liegt im Vergleich zu anderen Gebäudes der Hochschule im unteren Bereich. Aufgrund der speziellen Nutzung des Gebäudes wäre aber auch für die Wärme ein Vergleich mit ähnlichen Gebäuden anderer Hochschulen sinnvoll, um Benchmarks setzen zu können.



**Abbildung 6:** Deckenradiator



**Abbildung 5:** Lüftungsrohre

### 3.1.3 Wasser

Die Nutzung von Wasser konnte auf Grund der sehr zeitintensiven und aufwendigen Analyse der elektrischen Verbraucher nicht detailliert betrachtet werden. Eine erste Abschätzung zum Wasserverbrauch wurde jedoch durchgeführt. Details zur Schätzung sind dem ausführlichen Projektbericht zu entnehmen<sup>4</sup>. Die Schätzungen ergaben nur 18% des tatsächlichen Jahresverbrauches von 1.591 m<sup>3</sup>. Woher diese Diskrepanz kommt, konnte im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit nicht geklärt werden.

Der durch Personen verursachte Wasserverbrauch von 208 m<sup>3</sup>/Jahr in Gebäude 1 und 1A ergibt einen prozentualen Anteil in Bezug auf den Vorjahresverbrauch (2010) von 1.591m<sup>3</sup> von rund 18%. Die Aussagekraft dieses Wertes, sowie der Verbrauch der restlichen 82% sollte anhand einer im nächsten Schritt durchzuführenden detaillierten Verbraucheranalyse analysiert und bewertet werden.

### 3.1.4 Gas

Aufgrund des erheblichen Analyseaufwands und der Komplexität des Gebäudes war es in dieser Phase des Projektes nicht möglich, diese Energieform mit den zugehörigen Verbrauchern in der zur Verfügung stehenden Zeit zu analysieren. Deshalb können keine Aussagen zum Thema Gas getroffen werden. Diese Energieform muss in einem Folgeprojekt untersucht werden.

---

<sup>4</sup> Siehe Kölz et.al. 2011

### **3.1.5 Zusammenfassung Verbraucheranalyse Gebäudekomplex 1**

Die Verbrauchsanalyse in Bezug auf elektrische Verbraucher gestaltete sich deutlich aufwändiger als zu Beginn des Projektes geplant. Daher konnte die Analyse des Verbrauchs an Wärmeenergie und Wasser nur sehr rudimentär und der Verbrauch an Gas gar nicht durchgeführt werden.

Die gewonnenen Ergebnisse beim Verbrauch elektrischer Energie sind unbefriedigend, da die Differenz zwischen dem realen und dem abgeschätzten Verbrauch viel zu groß ist. Das Gebäude kann nur mit einem erheblichen Zeitaufwand bezüglich der elektrischen Verbraucher im Detail aufgenommen werden und es erscheint fraglich, ob diese Vorgehensweise für dieses Gebäude zielführend ist. Eventuell ist es sinnvoller, die in allen 3 Projekten gewonnenen Erfahrungen zur Energieeinsparung in diesem Gebäude einfach anzuwenden. Da das Gebäude von verschiedenen Fakultäten und dem RRI genutzt wird, wäre es ebenfalls sinnvoll, den realen Stromverbrauch des Gebäudekomplexes nicht nur zentral, sondern auch bereichsbezogen zu erfassen.

Bei dem Verbrauch an Wärmeenergie passen die Realwerte deutlich besser mit den Abschätzungen überein. Die Anordnung der verschiedenen eingesetzten Heizsysteme physikalisch kontraproduktiv für einen effizienten Umgang mit der Wärmeenergie.

Die Ergebnisse der Ressource Wasser sind ebenfalls aufgrund der Diskrepanzen zwischen Real- und Abschätzungswert unbefriedigend. Hier gilt das Gleiche wie bei der elektrischen Energie. Es erscheint sinnvoller, die Erfahrungen aus den anderen Projekten zur Einsparung von Wasser in diesem Gebäudekomplex anzuwenden, als eine zeitaufwändige Detailanalyse des gesamten Gebäudekomplexes durchzuführen. Zumindest in den Laboren sollte der Wasserverbrauch durch zusätzliche Wasseruhren kontinuierlich dezentral erfasst werden.

### **3.1.6 Ansätze zur Optimierung Gebäudekomplex 1**

#### **Beleuchtung**

Während der Analyse wurde beobachtet, dass die Beleuchtung der Hallen teilweise trotz hoher und mehr als ausreichender Sonneneinstrahlung eingeschaltet war. Ebenso verhält es sich aber auch mit den Beleuchtungen in Büros, Besprechungsräumen oder Lagern.

Durch Schulung der Mitarbeiter und Nutzern des Gebäudekomplexes zum effizienten Umgang mit elektrischer Energie könnte ca. 4%<sup>5</sup> eingespart werden, was bei einem vergleichsweise geringen Aufwand ein relativ großer Effekt ist.

---

<sup>5</sup> Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Verbraucherschutz, 2011

Die Umrüstung der Beleuchtung auf den Stand der Technik befindet sich bereits in der Umsetzungsphase. Untersuchungen des Fraunhofer ISI haben ergeben, dass durch diverse technische Maßnahmen bis zu 80% elektrischer Energie eingespart werden kann<sup>6</sup>.

### **Maschinen und Versuchsapparaturen**

Im Gebäude 1 gibt es mehrere Maschinen und Versuchsanordnungen, die aus verschiedenen Gründen rund um die Uhr in Betrieb sind. Ein Grund ist, dass ein Ausschalten der Maschine Fehlfunktionen verursachen, und die Maschine nicht mehr einzuschalten ist. Die Argumentation, dass dadurch Reparaturkosten entstehen, die wesentlich höher sind als die Kosten für den zusätzlichen Stromverbrauch der Maschine ist unbefriedigend. Es sollte technische Möglichkeiten geben, derartige Maschinen mit vernünftigem Aufwand so aufzurüsten, dass sie ohne Probleme abschaltbar sind.

Als weiteren großen Stromverbraucher wurden verschiedene internetbasierte Versuchsanwendungen identifiziert, die ebenfalls rund um die Uhr in Betrieb sind. Studierende sollen so rund um die Uhr von zu Hause auf die Applikationen Zugriff haben, um Versuche durchzuführen. Es wäre auf jeden Fall eine Überlegung wert, ob man diese Zeit nicht beschränkt oder die Versuche nur über einen gewissen Zeitraum betreibt. Somit könnte auch Energie eingespart werden.

Außerdem wurde beobachtet, dass eine nicht unerhebliche Anzahl an Maschinen täglich in Betrieb genommen wird, um ihre prinzipielle Einsatzfähigkeit zu garantieren. Es sollte kritisch untersucht werden, welche Maschinen überhaupt noch zum Einsatz kommen (Thema Ausmusterung) und ob ein täglich Funktionstest wirklich notwendig ist.

### **Umgang mit Elektrogeräten**

Die verschiedenen Betriebszustände bei Elektrogeräten sind von besonderer Bedeutung, wenn es um das Thema Energiesparen geht. Wie die folgende Abbildung 7 zeigt, gibt es große Unterschiede zwischen dem Normalbetrieb von Elektrogeräten, dem Bereitschafts-, dem Schein-Aus- und dem abgeschalteten Betrieb. Insbesondere PCs eignen sich sehr gut für einen Optimierungsansatz. Jedes Betriebssystem verfügt heutzutage nämlich über ein Energiemanagement, in welchem Einstellungen getroffen werden können, wie sich der PC bei Inaktivität verhalten soll. Jede Minute, die ein PC in einem Stromsparmodes (Ruhezustand) verbringt, verbraucht er ca. 90% weniger Strom, als wenn er eingeschaltet bleibt. Mittlerweile dauert sogar das erneute „Aufwecken“ des PCs weniger als eine halbe Minute,

---

<sup>6</sup> Vgl. ETG Energietechnische Gesellschaft im VDE, 2011

sodass sich durch solch eine Maßnahme auch bei kurzzeitigem Verlassen des Arbeitsplatzes der Stromverbrauch wesentlich reduzieren lässt. Bei aktiviertem und optimal eingestelltem Powermanagement bringt sich der PC automatisch in den Stromsparmodus, sodass der Benutzer nicht aktiv werden muss. Aufgrund der großen Anzahl an Computern in dem Gebäudekomplex 1 sollte dieser Ansatz konsequent umgesetzt werden.

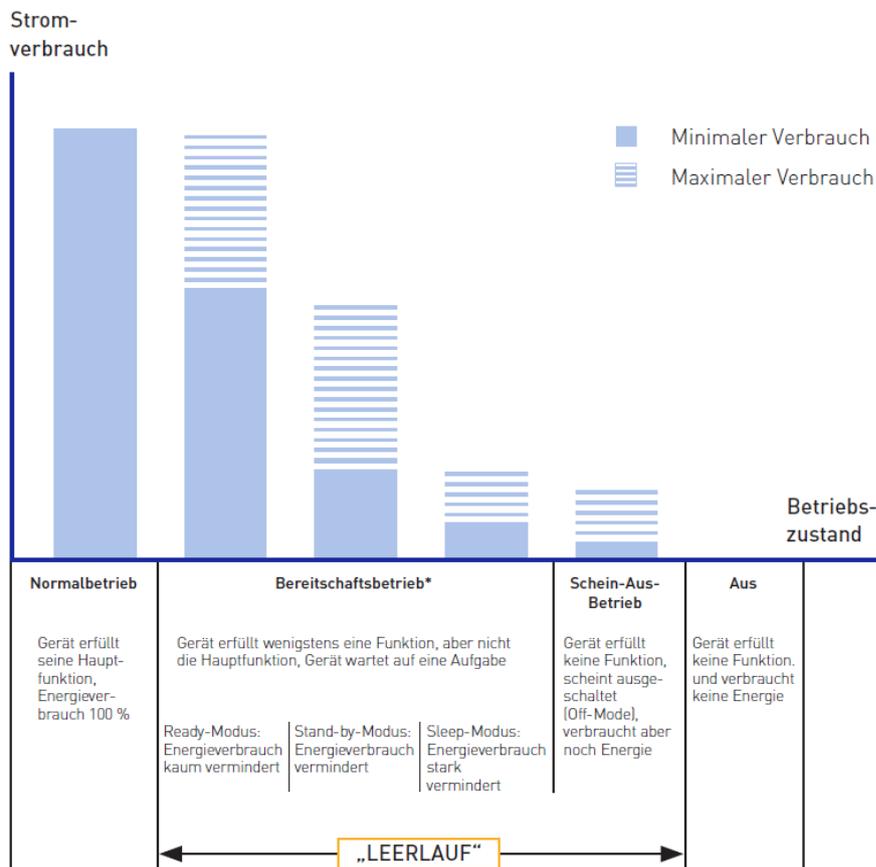


Abbildung 7: Betriebszustände bei Elektrogeräten<sup>7</sup>

Wie man in der Abbildung auch noch erkennen kann, verbrauchen die meisten elektrischen Geräte selbst im Schein-Aus-Betrieb noch Strom. Die Menge an Energie, die dafür jährlich aufgewendet addiert sich bei der Summe an Peripheriegeräten, wie beispielsweise Ladegeräte, Drucker, Scanner, LAN-Switches etc. auf erkleckliche Beträge.

Wenn jeder Mitarbeiter alle seine elektrischen Geräte an eine abschaltbare Steckdosenleiste anschließt und diese beim Verlassen der Hochschule ausschaltet, dann lässt sich Energie einsparen. Bei einem PC mit Monitor und Drucker lassen sich so z.B. 20 Wh<sup>8</sup> einsparen.

<sup>7</sup> Siehe EnBW, Energie sparen mit System, 2011

<sup>8</sup> Siehe Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Verbraucherschutz, S. 14

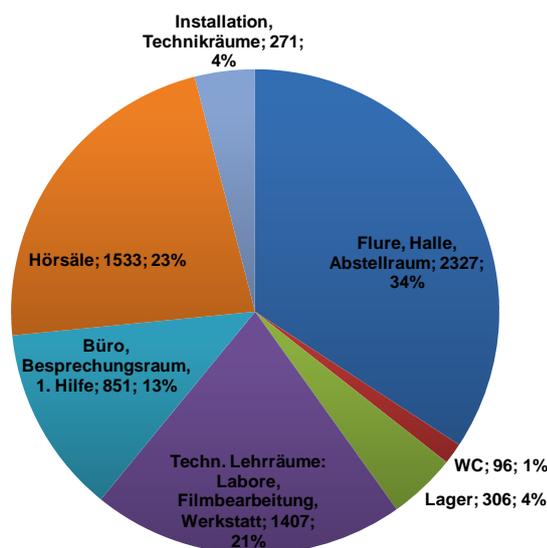
## Photovoltaik und Regenwassernutzung

Bei Folgeprojekten sollte untersucht werden, inwiefern sich das Dach des Gebäudekomplexes für die Installation einer Photovoltaik-Anlage zur Regenwassernutzung eignet.

## 3.2 Fakultät Textil und Design (Gebäude 9)

### 3.2.1 Allgemeine Informationen zum Gebäude 9

Das Gebäude 9 wurde 1962 gebaut und dient heute hauptsächlich der Fakultät Textil und Design als Vorlesungsgebäude. Das Gebäude hat einen beinahe vollständig verglasten Innenhof. Etwa 38 % der Außenfläche des Gebäudes sind verglast. Das Gebäude erstreckt sich über 4 Stockwerke. In der Abbildung 8 sind die Einzelflächen der verschiedenen genutzten Bereiche in m<sup>2</sup> und deren Anteil an der Gesamtfläche des Gebäudes dargestellt.



**Abbildung 8:** Einzelflächen und Flächenanteile der Bereich in Gebäude 9

### 3.2.2 Elektrische Energie

Für Gebäude 9 wurden die theoretischen Verbräuche nach Raumtypen und deren Flächenanteile am Gesamtgebäude ermittelt. Die Flächen stellen sich wie folgt dar:

- Flure, Hallen, Abstellräume: 2327 m<sup>2</sup>
- WC: 96 m<sup>2</sup>
- Lager: 306 m<sup>2</sup>
- Technische Lehrräume: 1407 m<sup>2</sup>
- Büros: 851 m<sup>2</sup>
- Hörsäle: 1533 m<sup>2</sup>
- Installation, Technik: 271 m<sup>2</sup>

Die Raumtypen wurden über ihre Belegungspläne hinsichtlich ihres täglichen zeitlichen Auslastungsgrades analysiert. Im Zuge dieser Analyse konnte nur die Auslastung für Hörsäle (durchschnittlich 6,5 Stunden pro Tag) und technische Lehrräume (durchschnittlich 1,2 Stunden pro Tag) ermittelt werden. Die Auslastung der restlichen Räume wurde geschätzt:

- Flure, Hallen, Abstellräume: 13,5 Stunden pro Tag
- WC: 13,5 Stunden pro Tag
- Lager: 13,5 Stunden pro Tag
- Büros: 5 Stunden pro Tag
- Installation, Technik: 1 Stunde am Tag

Für die einzelnen technischen Geräte wurden Auslastungsfaktoren in Bezug auf die maximale Nennleistung der einzelnen Geräte geschätzt. Die Verbräuche wurden wochenweise kalkuliert und unter der Annahme, dass diese 32 Wochen im Jahr genutzt werden, auf das Jahr hochgerechnet. Der theoretisch ermittelte Jahresverbrauch an elektrischer Energie beläuft sich auf 107.530 kWh. Der tatsächliche Stromverbrauch beläuft sich allerdings auf 261.040 kWh. Selbst bei einer Annahme eines 52-Wochenjahres besteht immer noch eine zu große Diskrepanz zwischen theoretischem und realen Verbrauch.

Der spezifische Strombedarf auf Grundlage des Realverbrauchs beträgt 38 kWh/m<sup>2</sup>a und liegt im Vergleich zu den anderen Gebäuden des Campus, die ebenfalls überwiegend als Hörsaalgebäude genutzt werden, auf einem vergleichbaren Niveau (Geb. 15: 32 kWh/m<sup>2</sup>a, Geb. 17: 36 kWh/m<sup>2</sup>a).

Da die Schätzwerten deutlich niedriger als die Realwerte liegen, muss davon ausgegangen werden, dass die Nutzungszeiten und die Auslastung der einzelnen Geräte deutlich höher als notwendig sind und hier Optimierungspotential besteht. An dieser Stelle müsste ein Folgeprojekt ansetzen.

### 3.2.3 Wärmeenergie

Bei der Analyse der Wärmeenergie wurden zur Berechnung des theoretischen Heizbedarfs verschiedene Kalkulationen zum Wärmeverlust über die Gebäudehülle und die Lüftung sowie über Wärmegewinn durch solare Strahlung und Körperwärme.

Die Abschätzung über Lüftungsverluste bei einer Annahme eines 2-fachen Luftwechsels kommt mit ca. 580.000 kWh/a dem realen Verbrauch an Wärmeenergie in Höhe von 676.000 kWh/a am nächsten.

Auf Basis des Realwertes ergibt sich ein spezifischer Wärmebedarf von ca. 100 kWh/m<sup>2</sup>a, was trotz des Alters des Gebäudes im Vergleich zu den anderen Gebäuden des Campus ein guter Wert ist. Für Gebäude 15 wurde beispielsweise 77 kWh/m<sup>2</sup>a und für Gebäude 05 ca. 105 kWh/m<sup>2</sup>a ermittelt <sup>9</sup>. Alle anderen untersuchten Gebäude weisen deutlich höhere spezifische Verbräuche auf.

### 3.2.4 Wasser

Das Gebäude 9 besitzt keine Wasseruhr. Daher wurde der Wasserbedarf mit den folgenden Annahmen abgeschätzt:

- 160 Betriebstage
- 100 Personen/Tag
- 17,5 Liter/(Tag und Person)= 280.000 Liter p.a.

Daraus ergibt sich ein Wasserverbrauch von 280.000 Liter pro Jahr und Kosten in Höhe von ca. 1.400 Euro pro Jahr. Aufgrund der niedrigen Kosten wurde das Thema Wasser nicht weiter verfolgt.

### 3.2.5 Ansätze zur Optimierung Gebäude 9

#### Elektrische Energie

Während des Projektes wurden folgende Zustände beobachtet:

- In den technischen Lehrräumen laufen zu jeder Zeit der Analyse die meisten Geräte im „Standby“-Modus obwohl der Raum nicht genutzt wird
- Die Auslastung der technischen Lehrräume ist sehr gering
- Große Anzahl an Leuchtstoffröhren in den Hörsälen und auf den Fluren
- In den Büros sind jeweils Drucker, Kopierer und Kaffeemaschinen verfügbar

---

<sup>9</sup> Siehe Gerstenberger et.al. s. 16

Im Gebäude 9 finden sich zwischen 600 und 700 Neonröhren (Leistungsaufnahme: 58 W) und ca. 550 Energiesparlampen (Leistungsaufnahme: 18 W). Die Umstellung der Beleuchtungstechnik wäre ein erster Ansatz zur Senkung des Stromverbrauchs. Moderne LED-Lampen benötigen nur 1 bis 2 Watt Leistungsaufnahme. Das bedeutet, dass hier eine Verbesserung des Verbrauchs um ca. 90% möglich ist. Außerdem ist die Lebensdauer von LED-Lampen signifikant höher als die der Leuchtstoffröhren bzw. Energiesparlampen.

Die Modernisierung der Beleuchtung sollte einhergehen mit der Installation von Bewegungsmeldern in den Räumen.

Auch die bessere Ausnutzung des Tageslichtes zur Beleuchtung der Räume sollte berücksichtigt werden. Die Einsparpotentiale liegen bei der Tageslichtnutzung zwischen 25% und 30%.<sup>10</sup>

### Wärmeenergie

Der größte Wärmeverlust findet über die Lüftung oder bei geschlossenen Fenstern über den Wärmedurchgang durch die Fenster statt. Die Berechnungen der Projektgruppe ergeben, dass über Dach und Wände nur ca. 21% der gesamten Wärme verloren gehen (siehe Abbildung 9).

|         | Anteil an Gesamtfläche (5202,72 m <sup>2</sup> ) | Anteil am Gesamt-U-Wert (9112,54 W/K) |
|---------|--|---------------------------------------|
| Fenster | 37,7%  | 78,4%                                 |
| Dach    | 47,4%  | 12,1%                                 |
| Wand    | 15,0%  | 9,5%                                  |

**Abbildung 9:** Verteilung der Außenfläche und der U-Werte (eigene Darstellung)

Optimierungen zur Verringerung der Wärmeverluste müssen daher zuerst bei den Lüftungsgewohnheiten und bei der Qualität der Fenster angesetzt werden.

In einem Folgeprojekt sollten mögliche Verbesserungen in Bezug auf Technik und Organisation sowie auf Kosten und Nutzen untersucht werden.

---

<sup>10</sup> (Köster, 2011)

## 3.3 Hochschulservicezentrum (Gebäude 10)

### 3.3.1 Allgemeine Informationen zum Gebäude 10

In dem Gebäude 10 auf dem Reutlinger Hochschul-Campus befindet sich das Hochschulservicezentrum. Es wurde in den 1960er Jahren erbaut und die wesentlichen Aufgaben liegen in der Unterstützung der Hochschule Reutlingen und der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg in den Bereichen Studierendenverwaltung, Ressourcenverwaltung und Datenverarbeitung<sup>11</sup>. Aufgrund des Umgangs mit sensiblen Daten unterliegt das Gebäude verschiedenen Sicherheitsstufen. Der Zutritt kann nur mit gültigem Mitarbeiterausweis erfolgen. Zu bestimmten Räumen haben auch nur ausgewählte Mitarbeiter Zugang.

Die 814 m<sup>2</sup> Nutzfläche des Gebäudes teilen sich auf zwei Stockwerke auf. Im Erdgeschoss befinden sich Büros, ein Schulungsraum, mehrere Lager- und Technikräume, sowie sanitäre Anlagen für Damen und Herren. Die Aufteilung im ersten Obergeschoss ist ähnlich dem des Erdgeschosses. Von der Art der Räumlichkeiten wird das Obergeschoss zusätzlich noch durch einige Serverräume ergänzt. Das Gebäude ist nicht unterkellert.

Insgesamt lassen sich die Räumlichkeiten in Bezug auf die Gesamtfläche in drei Raumtypen aufteilen:

- Büros: 394 m<sup>2</sup> (48% der Gesamtfläche)
- Serverräume: 100 m<sup>2</sup> (12% der Gesamtfläche)
- Lager, Sanitär, Technik, Flure: 320 m<sup>2</sup> (40% der Gesamtfläche)

Im Gebäude 10 sind 27 festangestellte Personen beschäftigt. Die übliche Wochenarbeitszeit beträgt zwischen 38 und 40 Stunden. Die Arbeitszeiten sind variabel. In der Regel sind in diesem Gebäude zwischen 7:00 und 19:00 Uhr Personen anwesend.

Gelegentlich finden Schulungen in diesem Gebäude statt, die überwiegend von externen Mitarbeitern besucht werden.

Die Besonderheit des Gebäudes 10 sind die Serverräume mit insgesamt 100 Servern.

---

<sup>11</sup> Vlg. (Hochschulservicezentrum, 2011)

### 3.3.2 Elektrische Energie

Der Ausgangspunkt der Analyse war die Aufnahme aller elektrischen Verbraucher im Gebäude 10 sowie eine Hochrechnung auf den Jahresverbrauch an elektrischer Energie.

In der nachstehenden

ist die Vorgehensweise der Datenerfassung beispielhaft dargestellt:

**Tabelle 3.1:** Datenerfassung von Verbrauchern in Gebäude 10

| Benennung                                    | Anzahl [Stck.] | Nennleistung | Auslastungsfaktor | Nutzungsgrad    |                |                   | [kWh] pro Jahr |
|--|----------------|--------------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|
|  |                |              |                   | Stunden pro Tag | Tage pro Woche | Stunden pro Woche |                |
| <b>10-101/-114/Büro (223,7m<sup>2</sup>)</b> |                |              |                   |                 |                |                   |                |
| PC   | 21             | 350          | 0,3               | 8               | 5              | 40                | 4586           |
| Drucker                                      | 1              | 300          | 0,04              | 24              | 5              | 120               | 75             |
| Monitore                                     | 24             | 80           | 1                 | 8               | 5              | 40                | 3994           |
| Leuchtstoffröhren (1,5m)                     | 72             | 58           | 1                 | 10              | 5              | 50                | 10858          |
| Laptops                                      | 6              | 60           | 1                 | 4               | 5              | 20                | 374            |
| Kaffeemaschine                               | 3              | 1200         | 1                 | 0,5             | 5              | 2,5               | 468            |

So wurden in dem dargestellten Beispiel in den Büros mit den Raumnummern 101 bis 114 insgesamt 21 PC's quantitativ erfasst. Ihre Nennleistung beträgt laut Typenschild auf den Netzteilen 350W. Durchschnittlich beträgt die Leistungsaufnahme aber nur 30% von der Nennleistung. Dies konnte mithilfe einer Referenzmessung durch einen Strommesser ermittelt werden. Daraus ergibt sich ein Auslastungsfaktor von 0,3.

Im zweiten Schritt wurde der Nutzungsgrad pro Woche erfasst. Die Anzahl der Stunden pro Tag, die das entsprechende Gerät in Betrieb ist, wurde ermittelt oder geschätzt und mit der Anzahl der Tage pro Woche, an denen der Verbraucher genutzt wird, multipliziert. Es wurde von 52 Wochen pro Jahr ausgegangen.

Bei den Computern wurde davon ausgegangen, dass diese täglich während der gesamten Arbeitszeit der Bediener eingeschaltet sind. Die Mitarbeiter in Gebäude 10 arbeiten zwischen 38 und 40 Std./Woche. Daraus ergeben sich ca. 8 Nettoarbeitsstunden pro Tag. In dieser Rechnung bleibt die Urlaubszeit ebenso unberücksichtigt, wie die variablen Pausen, in denen der PC eingeschaltet bleibt. Unter Berücksichtigung der Pausen- und Urlaubszeiten verringert sich in diesem Beispiel der Jahresverbrauch lediglich um 0,5 %. Daher wurde die oben beschriebene Methode grundsätzlich bei der Verbrauchsanalyse angewendet.

Die Bestimmung des Auslastungsfaktors basiert zum Teil auf im Rahmen der Projektarbeit durchgeführten Messungen und zum Teil auf Angaben Dritter oder Schätzungen. Bei der Auswertung wurden die Ergebnisse auf die 4 Bereiche Beleuchtung, Büro/Arbeitsmittel, Küche/Sanitär und Server/DFÜ aufgeteilt.

Der reale Stromverbrauch im Gebäude 10 betrug im Jahr 2010 insgesamt 353.520 kWh<sup>12</sup>. Kalkulatorisch wurde ein Verbrauch von 380.546 kWh ermittelt.

Die Differenz von +8% ist akzeptabel, und ermöglicht eine genauere Analyse der Verbraucherstruktur. Nach der o.g. Aufteilung ergibt sich für die vier Teilbereiche folgende Aufteilung (siehe Tabelle 3.2):

**Tabelle 3.2:** Anteiliger Verbrauch für die definierten Teilbereiche

| Bereich            | [kWh/a]        | Anteil in % |
|--------------------|----------------|-------------|
| Server/DFÜ         | 335.943        | 88,28%      |
| Büro/Arbeitsmittel | 20.386         | 5,36%       |
| Beleuchtung        | 18.491         | 4,86%       |
| Küche/Sanitär      | 5.726          | 1,50%       |
| <b>Summe:</b>      | <b>380.546</b> | <b>100%</b> |

Der Sektor „Server/DFÜ“ verursacht mit 88 Prozent den höchsten Stromverbrauch für das gesamte Gebäude. Hier wird die Potenzialanalyse ansetzen, da in der Regel der Teilbereich mit dem höchsten Verbrauch auch am meisten Potenzial zur Einsparung bietet.

Allein die 100 eingesetzten Server verbrauchen über 209.000 kWh/a elektrische Energie (siehe nachfolgende Tabelle).

Das Kaltwassergerät und die Klimaanlage können als Klimaeinheit zusammen betrachtet werden. Sie kühlen die Serverräume durchgängig auf 20°C herunter. Hierfür fallen zusammen weitere 108.000 kWh/a an.

**Tabelle 3.3:** Teilbereich Server/DFÜ

| SERVER/DFÜ       | [kWh/a]        | Anteil in Prozent |
|------------------|----------------|-------------------|
| Server           | 209.664        | 62,4%             |
| Ext. Klimaanlage | 78.624         | 23,4%             |
| Kaltwassergerät  | 29.702         | 8,8%              |
| LCP (Rittal)     | 9.435          | 2,8%              |
| TK-Anlage        | 5.242          | 1,6%              |
| Switches         | 3.276          | 1,0%              |
| <b>Summe:</b>    | <b>335.943</b> | <b>100%</b>       |

Der Verbrauch für Büro- und Arbeitsmittel liegt knapp über 20.000 kWh/a. In diesem Teilbereich wurden alle Verbraucher zusammen gefasst, die sich unmittelbar am

<sup>12</sup> Laut Hochschuleigenen Aufzeichnungen

Arbeitsplatz befinden und mit der täglichen Arbeit in Verbindung stehen. Wie der nachfolgenden Tabelle entnommen werden kann, verursachen PC's und Monitore zusammen mehr als 80% des Stromverbrauches in diesem Bereich.

**Tabelle 3.4:** Teilbereich Büro/Arbeitsmittel

| BÜRO/ARBEITSMITTEL | [kWh/a]       | Anteil in Prozent |
|--------------------|---------------|-------------------|
| PC                 | 8.848         | 43,4%             |
| Monitore           | 8.092         | 39,7%             |
| Kopierer           | 1.430         | 7,0%              |
| Drucker            | 630           | 3,1%              |
| PC Boxen           | 374           | 1,8%              |
| Laptops            | 374           | 1,8%              |
| WLAN Router        | 349           | 1,7%              |
| Sonstiges          | 298           | 1,5%              |
| <b>Summe:</b>      | <b>20.386</b> | <b>100%</b>       |

Die durchschnittliche Leistungsaufnahme eines PC's beträgt ca. 105W, die eines 22-Zoll TFT-Monitors ca. 80W. In Gebäude 10 verfügen die Mitarbeiter überwiegend über zwei Monitore pro PC, was kumuliert eine Leistungsaufnahme von 265 Watt pro Arbeitsplatz ergibt. Auf ein Jahr hochgerechnet ergibt sich ein Stromverbrauch von 550 kWh. Bei einem angenommenen Strompreis von 0,25 Euro/kWh entstehen jährlich Stromkosten von ca. 140 Euro pro Arbeitsplatz.

Für den Teilbereich „Beleuchtung“ ergibt sich ein Gesamtverbrauch von 18.491 kWh/a.

Der Teilbereich Küche/Sanitär hat den geringsten Verbrauch von allen vier Teilbereichen. Hier verursachen den größten Stromverbrauch die sieben Boiler zur Warmwasserbereitung (siehe Tabelle 3.5). Beim Boiler wird das Wasser im Tank wieder erhitzt, sobald es unter einen Temperaturschwellenwert fällt. Dies geschieht in der Regel auch nachts, sofern der Boiler nicht mit einer Zeitschaltuhr versehen ist.

**Tabelle 3.5:** Teilbereich Küche/Sanitär

| KÜCHE/SANITÄR  | [kWh/a]      | Anteil in Prozent |
|----------------|--------------|-------------------|
| Boiler         | 3.632        | 63,4%             |
| Kaffeemaschine | 1.248        | 21,8%             |
| Spülmaschine   | 390          | 6,8%              |
| Wasserkocher   | 312          | 5,4%              |
| Kühlschrank    | 105          | 1,8%              |
| Backofen       | 39           | 0,7%              |
| <b>Summe:</b>  | <b>5.726</b> | <b>100%</b>       |

Hieraus ergibt sich ein mögliches Potenzial für eine Einsparung, da sich normalerweise zwischen 19:00 und 7:00 Uhr morgens niemand im Gebäude 10 aufhält und somit auch kein Wasser erhitzt werden muss.

Der spezifische Energiebedarf des Gebäudes 10 beträgt 434 kWh/m<sup>2</sup>a. Davon werden 382 kWh/m<sup>2</sup>a durch die Server verbraucht und 52 kWh/m<sup>2</sup>a für die anderen Verbraucher. Der spezifische Verbrauch für die Server müsste auf die Anzahl der Nutzer des Servicezentrums bezogen sein und es müsste einen Vergleich zu anderen Hochschulrechenzentren angestellt werden.

Der spezifische Verbrauch der anderen Verbraucher liegt deutlich höher als der Wert von typischen Vorlesungsgebäuden auf dem Hochschulcampus.

### 3.3.3 Wärmebedarf

Auch in diesem Gebäude wurde der Jahreswärmebedarf über das Volumen des Gebäudes und den Luftwechsel abgeschätzt. Bei einem Luftwechsel von 1 ergibt sich ein theoretischer Wärmebedarf von 82.276 kWh/a.

Im Gebäude 10 befinden sich aber auch Energiequellen, die Wärme abgeben und daher von der Wärmeenergie-Bedarfsrechnung abgezogen werden müssen. Dazu gehören die Körperwärme der Mitarbeiter und maßgeblich auch die Abwärme von PC's und Monitoren, die die benötigte Leistung nahezu vollständig in Wärme umwandeln. Der menschliche Körper gibt ca. 100 Watt an Wärmeleistung an die Umgebung ab. Für 27 Mitarbeiter, die durchschnittlich 230 Tage im Jahr à 8 Stunden arbeiten, ergibt sich eine jährliche Wärmeenergie von  $Q_{\text{Körper}} = 4.968$  kWh. Für die PC's und Monitore wurde bereits ermittelt, dass diese 16.940 kWh im Jahr verbrauchen.

Für den korrigierten theoretischen Wärmeenergiebedarf ergibt sich daraus ein Wert von ca. **60.368** kWh/a.

Der reale Wärmeenergieverbrauch für das Gebäude 10 beträgt **92.570** kWh. Hieraus ergibt sich eine Differenz zum berechneten Energiebedarf von ca. 35 Prozent. Diese Differenz lässt sich durch Verluste erklären, die in der Bedarfsrechnung unberücksichtigt geblieben sind. Ein wesentlicher Faktor ist die so genannte Transmissionswärme<sup>13</sup>, die über Kältebrücken verloren geht. Typische Kältebrücken bei Gebäuden sind Fenster, Türen und Wände über die Wärme an die Umgebung außerhalb des Systems abgegeben wird. Da in diesem Fall keine Daten zur Bausubstanz zur Verfügung standen und der zeitliche Rahmen dieser Projektarbeit den Tiefgang der Analyse begrenzten, ist keine exakte Verlustrechnung durchgeführt worden. Allerdings sind Verluste von 30 - 40 Prozent bei Gebäuden dieser Art und dieses

---

<sup>13</sup> vgl. (Wikipedia, Transmissionswärme, 2011)

Alters durchaus möglich, womit der reale Energieverbrauch als plausibel und angemessen erscheint.

Bei dem o.g. realen Verbrauchswert ergibt sich eine jährlich aufzubringende Wärmeenergie von ca. 140 kWh/m<sup>2</sup>a, wobei dieser Wert auf die beheizte Fläche des Gebäudes von 665 m<sup>2</sup> bezogen ist. Die gesamte Nutzfläche des Gebäudes beträgt 814 m<sup>2</sup>.

Nach dem europäischen Energiepass befindet sich das Gebäude 10 damit im grün-gelben Bereich, was noch als „gut“ eingestuft wird<sup>14</sup>. 2002 betrug der durchschnittliche Wärmeenergie Verbrauch in Deutschland 150 kWh pro Quadratmeter pro Jahr<sup>15</sup>.

### 3.3.4 Wasser

Zur Ermittlung des Wasserverbrauchs wurde abgeschätzt wie oft die Mitarbeiter sanitäre Anlagen o.a. aufsuchen und wie viel Wasser dabei jedes Mal verbraucht wird.

Die Tabelle 3.6 bildet hier die Berechnungsgrundlage und zeigt mit wie viel Litern Verbrauch die einzelnen Stationen veranschlagt worden sind.

**Tabelle 3.6:** Wasser-Verbrauchsrechnung

|                               | Durchschnittlicher Verbrauch [Liter] | Auslastungsfaktor (pro Tag, pro Person) | Anzahl der Benutzer | Arbeitstage im Jahr |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------|---------------------|
| Toilette                      | 6                                    | 3                                       | 27                  | 218                 |
| Händewaschen                  | 1                                    | 3                                       | 27                  | 218                 |
| Trinken (Kaffee, Tee, Wasser) | 1,5                                  | 1                                       | 27                  | 218                 |
| Spülmaschine                  | 15                                   | 1                                       | 1                   | 260                 |
| Spüle                         | 20                                   | 1                                       | 1                   | 260                 |

Beim Händewaschen wurden im Versuch durchschnittlich 500 Milliliter Wasser verbraucht. Verschiedene Quellen im Internet beziffern den Verbrauch zwischen ein und drei Liter. Bei den Analysen wurde aufgrund der Versuchsergebnisse ein Liter veranschlagt.

Als Trinkwasserverbrauch wurde 1,5 Liter pro Tag veranschlagt, das entspricht ca. 4 Tassen Kaffee und 2 Gläsern Wasser. Für die Dauer der Arbeitszeit wird das als realistisch betrachtet. Für die Spülmaschine wird eine Verbrauchsmenge von 15 Litern veranschlagt. Je nach Modell und Spülgang schwankt der Verbrauch im Allgemeinen zwischen 10 und 20 Litern<sup>16</sup>.

<sup>14</sup> vgl. (Wikipedia, Energiepass, 2011)

<sup>15</sup> vgl. (FIZ Karlsruhe)

<sup>16</sup>vgl. (Infothema.de)

Da vorrangig Kaffeetassen und Gläser in der Spülmaschine gereinigt werden, reicht in der Regel ein Spülgang pro Tag.

Im ersten Obergeschoss befindet sich in der Küche noch eine Spüle, die aber nur selten für Einzelteile genutzt wird. Hier wird die tägliche Verbrauchsmenge auf 20 Liter geschätzt.

Nach der obigen Rechnung und den Einzelverbräuchen ergeben sich die in der Tabelle 3.7 aufgelisteten Wasserverbrauchsmengen.

**Tabelle 3.7:** Wasser-Verbrauchsrechnung 2

|                               | <b>Verbrauch pro Jahr [Liter]</b> | <b>In Prozent</b> |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Toilette                      | 105.948                           | 74,9%             |
| Händewaschen                  | 17.658                            | 12,5%             |
| Trinken (Kaffee, Tee, Wasser) | 8.829                             | 6,2%              |
| Spülmaschine                  | 3.900                             | 2,8%              |
| Spüle                         | 5.200                             | 3,7%              |

Insgesamt wurde ein Wasserbedarf von **141.535 Litern** errechnet. Der reale Verbrauch liegt bei **153.000 Litern**. Es ergibt sich eine Abweichung von nur zwei Prozent.

Als Hauptverbraucher kann hier die Toilettenspülung ausgemacht werden. Rund  $\frac{3}{4}$  des Trinkwassers werden hier benötigt.

### 3.3.5 Ansätze zur Optimierung in Gebäude 10

Im Folgenden werden 3 mögliche Einsparpotenziale näher betrachtet und mit Ideen zur Umsetzung ergänzt.

#### **Betriebszeit Boiler**

In Kapitel 3.3.2 wurde bereits der Stromverbrauch der sieben Boiler thematisiert. Entsprechend der Abschätzung und der Recherche nach Vergleichswerten, kann die durchschnittliche Leistungsaufnahme eines 5 – 7 Liter-Boilers mit ca. 60 Watt beziffert werden. Da das Gebäude 10 von montags bis freitags zwischen 7:00 und 19:00 Uhr besetzt ist, soll zu dieser Zeit auch warmes Wasser verfügbar sein. Für die Wochenenden und in der Zeit zwischen 19:00 und 7:00 Uhr ist dies nicht nötig.

Das bedeutet, dass von insgesamt 168 Stunden (7 x 24 h) nur 60 Stunden lang warmes Wasser zur Verfügung stehen muss. Folglich halten die Boiler zu 2/3 ihrer Betriebszeit das Wasser unnötig auf Temperatur. Der Jahresverbrauch an elektrischer Energie wird für allein für die Boiler auf ca. 3.632 kWh geschätzt (s. Kapitel 3.3.2).

Die Boiler sollten mit einer Zeitschaltuhr versehen werden, welche die Boiler nur zu den Geschäftszeiten aktiviert, sodass die Betriebszeit der Boiler um ca. 65 Prozent reduziert wird. Außerhalb der Geschäftszeiten wird aus den Boilern kein Wasser entnommen, sodass der Energieverbrauch nicht um den gleichen Betrag vermindert werden kann. Bei einem angenommenen Energieeinsparpotential von 40% könnte der Energieverbrauch der Boiler aber von bislang 3.632 kWh/a auf 2.180 kWh/a reduziert werden. Bei einem angenommenen Preis von 0,25 Euro pro kWh entspricht dies 363 Euro/a.

Programmierbare Zeitschaltuhren sind bereits für ca. 15 Euro erhältlich<sup>17</sup>. Damit lohnt sich die Aufrüstung bereits im ersten Jahr (7 x 15 Euro = 105 Euro).

### **Server-Auslastung und -Abwärme-Nutzung**

Die Server in Gebäude 10 benötigen ca. 209.000 kWh/a und die Klimatisierung ca. 108.000 kWh/a elektrische Energie (vgl. Kapitel 3.3.2). Kumuliert ergeben dies 317.000 kWh/a und somit ca. 83 Prozent des errechneten Energiebedarfs des gesamten Gebäudes.

Die von den Servern aufgenommene elektrische Energie wird nahezu komplett in Wärme umgewandelt<sup>18</sup>. Zum Schutz der elektronischen Komponenten wird der Serverraum durch ein Klimaanlage-System auf 20°C gekühlt. Die Klimaanlage erzeugt zusätzlich Abwärme.

Aus dieser Konstellation lassen sich mehrere Einsparpotenziale ableiten:

**Auslastung der Server erhöhen.** Für die Abschätzung des Energieverbrauchs der Server wurde für die Server ein Auslastungsfaktor von 30% angenommen. Wenn es möglich ist, die durchschnittliche Auslastung auf 60 – 70 Prozent zu erhöhen, kann auch der Wirkungsgrad eines Servers erhöht werden (Datendurchsatz pro kWh). Dieser Ansatz wurde bei der Konzeption des neuen Rechenzentrums (Geb. 8) auf dem Reutlinger Campus aufgegriffen. Eine nähere Ausführung erfolgt durch die Projektgruppe 3<sup>19</sup>.

**Höhere Raumtemperatur in den Serverräumen zulassen.** Mehrere Versuche bei IT-Dienstleistern haben gezeigt, dass eine Raumtemperatur von 30 – 35°C bei entsprechender Installation der Server absolut ausreichend sein kann<sup>20</sup>. Unter diesem Aspekt kann die zur

---

<sup>17</sup> <http://www.amazon.de/Programmierbare-Wochen-Zeitschaltuhr-minutengenau-LCD-Display-Ausschaltzeiten/dp/B0017SFKH2>

<sup>18</sup> vgl. (Heise, 2009)

<sup>19</sup> Siehe Gerstenberger et.al. (2011)

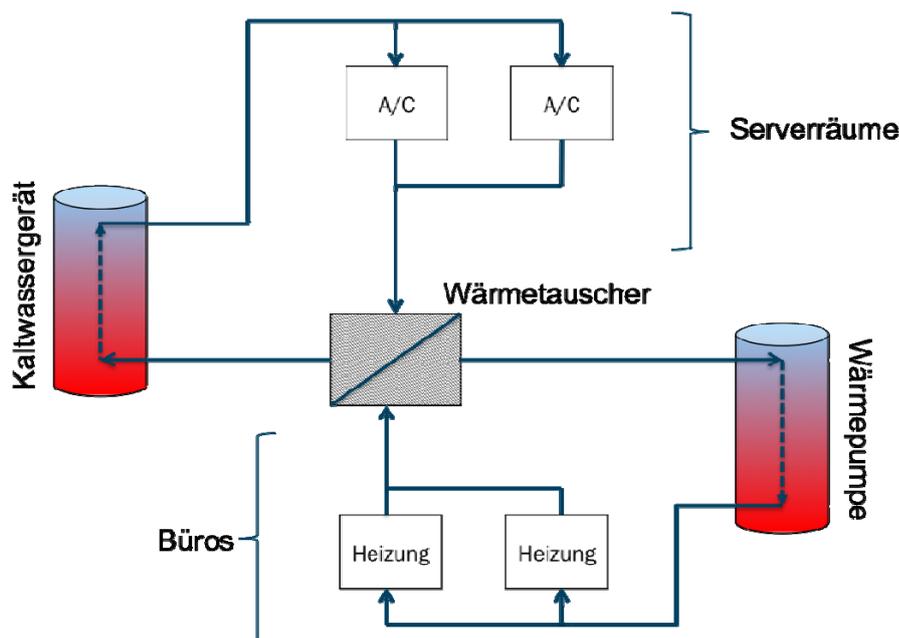
<sup>20</sup> vgl. (Spiegel Online, 2010)

Klimatisierung benötigte Energie signifikant reduziert werden. Da in den Server-Räumlichkeiten von Gebäude 10 keine Personen arbeiten, ist diese Variante denkbar.

**Serverabwärme nutzen.** Wie eingangs erwähnt, wird die benötigte elektrische Energie durch die Server nahezu vollständig in Abwärme (Wärmeenergie) umgewandelt. Hieraus lässt sich das Ziel formulieren zukünftig diese Abwärme zum Beheizen der Büros und Flure zu nutzen.

Für das Gebäude 10 ist das eine denkbare Möglichkeit, da die Energie zum Beheizen der Flure und Büros mit ca. 92.000 kWh knapp weniger als die Hälfte der elektrischen Energie zum Betrieb der Server ausmacht. Die Abwärme der Server kann mit einem einfachen Wärmetauscher, der einen Wirkungsgrad von 50 Prozent aufweist, genutzt werden. Einige IT-Dienstleister wie IBM, Host-Europe, aber auch Lufthansa haben bereits erfolgreich Projekte durchgeführt um Serverabwärme zur Beheizung von Büros und anderen Räumlichkeiten zu nutzen<sup>21</sup>.

Im Falle von Gebäude 10 wird kaltes Wasser zur Klimatisierung der Serverräume genutzt. Diese nimmt die Wärme aus den Räumen auf und führt es in einem Kreislauf zurück zu einem sog. Chiller (Kaltwassergerät), welcher das Wasser wieder herunterkühlt.



**Abbildung 10:** Abwärmenutzung aus der Server-Klimatisierung

Mithilfe eines Wärmetauschers und einer Wärmepumpe lässt sich das erwärmte Wasser der Klimaanlage nutzen um damit Wasser für den Heizungskreislauf effizient zu erhitzen. In der Abbildung 10 ist ein denkbares Anlagenkonzept dargestellt.

<sup>21</sup> vgl. (Heise, 2009)

Dieses Systemkonzept hat zwei Vorteile: Erstens wird dem erwärmten Kühlwasser des Klimaanlagekreislaufs bereits Wärme entzogen, sodass das Kaltwassergerät weniger Energie aufbringen muss um es noch weiter herunter zu kühlen. Zweitens wird das Wasser für die Heizung bereits vorgewärmt, was zur Folge hat, dass weniger Energie gebraucht wird um dieses auf die Soll-Temperatur zu erhitzen.

Im Idealfall können mit dieser Maßnahme die jährlichen Heizkosten, die über Fernwärme generiert werden, komplett eliminiert werden. Das führt zu einer Ersparnis an Wärmeenergie von 92.000 kWh/a. Bei einem angenommenen Preis für die Fernwärme von 0,10 €/kWh sind dies 9.200 €/a.

## 4 Zusammenfassung der Energiebedarfsanalyse

Im Folgenden werden zusammenfassend in der Tabelle 4.1 die Ergebnisse der Bedarfsanalyse in Bezug auf den elektrischen Strom und die Wärme dargestellt.

**Tabelle 4.1:** Strom- und Wärmebedarf sowie spezifische flächenbezogene Verbräuche

| Ort                      | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ] | Strom-<br>verbrauch<br>[kWh/a] | Wärme-<br>bedarf<br>[kWh/a] | spez. Strom-<br>verbrauch<br>[kWh/m <sup>2</sup> a] | spez. Wärme-<br>bedarf<br>[kWh/m <sup>2</sup> a] |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Geb. 01/01A              | 10.044                      | 178.000                        | 1.379.000                   | 18  | 137  |
| Geb. 09                  | 6.791                       | 261.040                        | 676.000                     | 38  | 100  |
| Geb. 10<br>(mit Server)  | 814<br>(665*)               | 353.520                        | 92.570                      | 434   | 140  |
| Geb. 10<br>(ohne Server) |                             | 17.577                         |                             | 52  |  |
| <b>Summe</b>             | <b>17.649</b>               | <b>792.560</b>                 | <b>2.147.570</b>            | <b>45</b>   | <b>122</b>                                       |
| <b>Kosten**</b>          |                             | <b>198.140 €</b>               | <b>214.575 €</b>            |   |  |

\*) beheizte Fläche    \*\*) Annahme: Stromkosten 0,25 €/kWh, Wärmekosten 0,1 €/kWh

Gebäude 9 hält in Bezug auf den Wärmebedarf gerade den Mindeststandard der EnEV 2007 von 100 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>22</sup>, Gebäude 1/1A und 10 überschreiten diesen Mindeststandard und liegen knapp über dem Niveau älterer Gebäude vor Einführung der Wärmeschutzverordnung

<sup>22</sup> Vgl. Krimmling (2007), S. 101

von 1984. Wenn die von der Projektgruppe untersuchten Gebäude auf den maximalen Wärmebedarf nach der Energieeinsparverordnung von 2007 betrieben würden (100 kWh/m<sup>2</sup>a), könnten 22% an Wärmeenergie und 39.000 €/a an Kosten eingespart werden.

## 5 Einsparpotentiale durch Verhaltensänderung der Nutzer

Bei den Gebäudeanalysen wurden in den vorangehenden Kapiteln bereits Ansätze zur Reduzierung der Energie- und Ressourcenverbräuche beschrieben. Dabei handelte es sich überwiegend um technologische Ansätze.

In diesem Abschnitt der Projektarbeit wird ein Ansatz beschrieben, welche auf die Verhaltensänderung der Nutzer abzielt. Die Analysen haben gezeigt, dass ein geändertes Nutzerverhalten ein großes Einsparpotential darstellt und von der Hochschule auf jeden Fall genutzt werden sollte.

### 5.1 Relevanz des Faktors „Mensch“

Neben der eingesetzten Technik kommt dem Faktor Mensch eine sehr große Bedeutung zur Vermeidung von Energie- und Ressourcenverschwendung zu.

Effizienz und Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen hängen nicht nur von der Beschaffenheit des Gebäudes und den eingesetzten technischen Mitteln, sondern besonders vom Nutzerverhalten ab. Beim Heizen und Lüften beispielsweise, dem Bedienen technischer Geräte und Maschinen oder dem gewünschten Raumklima. Außerdem ist der Faktor Mensch in vielen Bereichen relevant, beispielsweise bei Investitionsentscheidungen, dem Energiemanagement, der Betriebsführung und der persönlichen Einstellung.

Die Vermeidung von Energie- und Ressourcenverschwendung am Arbeitsplatz steht in Zusammenhang mit dem **Wissen**, der **Motivation** und den **Gewohnheiten** der Nutzer.

#### 5.1.1 Wissen

Oftmals fehlen das Wissen und das Bewusstsein über die Verschwendung von Ressourcen und Energie und die Folgen dieser Verschwendung. In der Regel hinterfragen die wenigsten Nutzer, wie viel Energie verbraucht wird und wie dieser Verbrauch zu den Möglichkeiten zur Befriedigung der gewünschten Leistung steht. Energieeinsparungen sind oftmals zu abstrakt, für den Menschen schwer zu erkennen und damit nicht „greifbar“. Ein weiterer Punkt ist die mangelnde Effizienzerwartung: der Nutzer glaubt nicht, dass ein geändertes Verhalten einen signifikanten Einfluss auf den Energieverbrauch hat.

In der Regel fehlt auch das Wissen, durch welche Handlungen Energie eingespart werden

kann. Viele Nutzer bleiben auch bei der gewohnten Handlung, weil die Angst besteht, etwas Falsches zu machen.

### **5.1.2 Motivation**

Die Motivation, Verhalten und Verhaltensweisen zu ändern, resultiert oftmals aus dem Wissen über die Folgen des eigenen Handelns. Darüber hinaus gibt es innere und äußere Faktoren, die zu einer fehlenden oder mangelnden Motivation führen können.

Innere Faktoren beziehen sich direkt auf den Menschen als Individuum. Für diesen ist im Allgemeinen nicht leicht, sein Verhalten zu ändern, wenn aus dieser Verhaltensänderung kein unmittelbar eigener wirtschaftlicher Vorteil entsteht. Das ist z.B. an der Hochschule der Fall. Die Anonymität des Individuums mit seinem eigenen Verhalten unterstützt dieses Verhalten insbesondere in einem großen und schwer überschaubaren Betrieb wie einer Hochschule. Zudem wird auch das Thema Energiesparen an den meisten Hochschule nicht wirklich gelebt, bzw. ist bei den Nutzern nicht anerkannt. Meist werden Dinge, wie z.B. das Ausschalten des Bildschirms oder das Aktivieren des Ruhezustands am PC als penibel und kleinlich angesehen. Es fehlen auch Vorbilder, die mit Engagement und Enthusiasmus ohne erhobenen Zeigefinger den effizienten Umgang mit Ressourcen leben und vorantreiben.

Oftmals wird als Grund für mangelnde Motivation auch das Argument angeführt, Ressourcen- und Klimaschutz sei Sache der Politik. Solche Argumente resultieren häufig aus der Angst, Komforteinbußen hinnehmen zu müssen. Der Nutzen für den Menschen als Individuum ist ein wichtiger Schlüsselfaktor, wenn es um die Bereitschaft geht, Energie einzusparen.

Als äußere Faktoren für fehlende Motivation ist eine eventuell veraltete und sanierungsbedürftige Gebäudesubstanz zu nennen, welche oftmals wenig Potential für Energieeinsparungen bietet. Weitere äußere Faktoren, die mangelnde Motivation aufkommen lassen können, sind fehlende Ansprechpartner, hohe Arbeitsbelastung oder ein schlechtes Betriebsklima.

### **5.1.3 Gewohnheit**

Die „Macht der Gewohnheit“ ist es, die durch automatisierte und unbewusste Verhaltensweisen den Blick für das Einsparen von Energie und Ressourcen oft verstellt. Vorhandene Potentiale werden erst gar nicht erkannt und können somit nicht realisiert werden.

### **5.1.4 Sensibilisierung für Effizienzthemen**

Ausgehend von den beschriebenen Faktoren als Ursache für eine mangelnde Sensibilisierung zum Thema Energie- und Ressourceneffizienz lässt sich vermuten, dass das Bewusst-

sein zum Energiesparen beim Menschen wahrscheinlich nicht von Grund auf vorhanden ist. Es kann also nicht als gegeben vorausgesetzt werden und muss deshalb zunächst vermittelt und vom Individuum (neu) gelernt werden. Zudem ist es wichtig, dass man durch eine Sensibilisierung das Thema Energiesparen als attraktiv, positiv und sinnvoll erscheinen lässt. So lässt sich die Motivation eines Einzelnen viel leichter gewinnen und macht die Implementierung von Maßnahmen wesentlich effizienter.

Es muss auch klar herausgestellt werden, dass es beim Thema Energie- und Ressourceneffizienz nicht um den Komfortverzicht für den Einzelnen geht, sondern dass das Gesamtziel, die Reduzierung von unnötigem Energie- und Ressourcenverbrauch, im Vordergrund steht.

Eine persönliche Identifikation des Individuums zur Optimierung des eigenen Verhaltens muss aufgebaut werden und somit die Grundlage zum sparsameren Umgang mit Energie und Ressourcen geschaffen werden. Energie- und ressourceneffizientes Verhalten muss als dauerhaftes Verhaltensmuster zur neuen Gewohnheit werden.

## **5.2 Projekt „Energie- und Ressourceneffizienz“**

Für eine Sensibilisierung der ganzen Hochschulgemeinde zum Thema Energiesparen bedarf es der Durchführung und Implementierung eines Projektes. Wie dieses Projekt „Energiesparen“ im Detail aussehen und welche Vorgehensweise dafür gewählt werden könnten, wird in diesem Abschnitt näher erläutert.

### **5.2.1 Faktoren für eine erfolgreiche Durchführung des Projektes**

Damit das Projekt „Energie- und Ressourceneffizienz“ an der Hochschule erfolgreich durchgeführt werden kann, müssen Faktoren identifiziert werden, welche zum erfolgreichen Gelingen beitragen.

Zu Beginn des Projektes sollte man eine Ist-Analyse zur realistischen Einschätzung des beeinflussbaren Einsparpotentials durchführen. Dies wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes bereits weitgehend durchgeführt. Nach der Identifikation der Potentiale sind in Zusammenarbeit mit der Hochschulleitung Zielvorgaben zu benennen, beispielsweise wie viel Strom oder Heizenergie prozentual pro Gebäude oder für die Hochschule generell eingespart werden soll. Wenn diese Entscheidung getroffen ist, muss ein Projektteam gebildet werden, welches interdisziplinär zusammengesetzt ist. Das Projektteam sollte aus Hochschulleitung, EDV, Haustechnik, Lehrenden und Studierenden bestehen. Das Team ist für die erfolgreiche Umsetzung des Projektes verantwortlich.

Im nächsten Abschnitt folgen Überlegungen, wie dieses Projektteam unter studentischer

Mithilfe eine Sensibilisierung des Themas Energie- und Ressourceneffizienz in der ganzen Hochschulgemeinschaft hervorrufen könnte.

### **5.2.2 ESB Energie-Ressort**

Für die Durchführung des Projektes wäre die Bildung eines Energie-Ressorts innerhalb der studentischen Organisation der ESB sinnvoll. Hier könnten Studierende ihr Wissen und Ihre Expertise mit einbringen, die sie aus dem Studium erlernen oder praktischen Arbeit mitbringen. Die Mitwirkung in diesem Ressort soll auf freiwilliger Basis über Vorlesungen hinaus bestehen.

Ziel dieses Ressorts ist die Unterstützung des Projektteams sowie die Sensibilisierung für das Thema Energie- und Ressourceneffizienz voranzutreiben, damit die Hochschulgemeinschaft sparsamer mit Ressourcen umgeht. Die Hochschule sollte zum Vorbild für energie- und ressourceneffizientes Handeln werden.

Eine fakultätsübergreifende Zusammenarbeit mit Studierenden anderer Fachrichtungen wäre sehr wichtig für das Projekt. Ein hochschulübergreifendes Ressort könnte von dem Wissen aus allen Bereichen der Hochschule profitieren. So könnten die Informatiker als Experten für das Thema PC-gestütztes Energiemanagement dienen und die Design-Studenten die Erstellung von Plakaten, Flyern und sonstigem Infomaterial unterstützen. Nach Entwicklung einer eigenen Corporate Identity mit Logo und Slogan für die Kampagne, sollten in Zusammenarbeit mit dem Projektteam Workshops vorbereitet werden, die in erster Linie für Mitarbeiter und Lehrende durchgeführt werden. Darin soll auf die Situation, die möglichen Einsparpotentiale, sowie auf die Motivation und Sensibilisierung der Studierenden eingegangen werden. Es wäre zudem wünschenswert, wenn zukünftig die Semestersprecher auch solche Workshops besuchen würden und im Semester dann als „Effizienz-Paten“ auftreten.

Das Ressort würde zudem mit der Aufgabe vertraut, Sponsoren für eine „Effizienz-Tüte“ für Erstsemester zu finden, wie es bereits an anderen Hochschulen praktiziert wird. Dadurch entsteht schon von Studienbeginn an eine gewisse Verbundenheit mit dem Thema.

Eine weitere Aufgabe ist die Erstellung von Plakaten, Flyern, Aufklebern, Türschildern und Infomaterial zum Thema Energiesparen<sup>23</sup>. Je professioneller diese erstellt werden, desto höher ist letztlich auch die Aufmerksamkeit für das Thema, da damit die Erwartungshaltung der Nutzer tendenziell steigt.

Es sollte auch ein kontinuierliches Verbesserungs-Programm ins Leben gerufen werden, um neue Ideen zu generieren. Die besten Ideen sollten prämiert werden, um die Anreize zur Teilnahme zu erhöhen.

---

<sup>23</sup> Beispiele: siehe Matthias E.

Mit Aufmerksamkeit erregenden Promotions-Aktionen, beispielsweise Stromgewinnung zum Grillen einer Bratwurst durch Fahrradfahren, könnte dem Projekt zusätzlich Schub gegeben werden.

## **6 Zusammenfassung des Projektes, Ausblick**

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde der Ressourcen- und Energiebedarf der Labor- und Werkstatthalle (Gebäude 1 und 1A), das Vorlesungsgebäude der Fakultät Textil & Design (Gebäude 9) und das Hochschulservicezentrum (Gebäude 10) ermittelt und prinzipielle Optimierungsvorschläge erarbeitet.

Die Erfassung der IST-Daten nahm insbesondere bei Gebäude 1 und 1 A in Bezug auf den elektrischen Energiebedarf extrem viel Zeit in Anspruch, ohne dass ein befriedigender Abgleich zwischen den ermittelten Einzeldaten und dem realen Gesamtverbrauch hergestellt werden konnte. Gebäude 1 und 1A müssen, wenn eine detaillierte Datenerfassung gewünscht ist, im Rahmen einer weiteren Projektarbeit noch einmal untersucht werden, wobei der Gebäudekomplex dann in Unterbereiche aufgeteilt werden sollte, die unabhängig voneinander analysiert werden.

Signifikante Einsparungen sind bei diesem Gebäudekomplex bei der Nutzung der Beleuchtung, der Nutzung des Maschinen- und Versuchsparks und dem Umgang mit Elektrogeräten möglich. Die genannten Effizienzgewinne sind überwiegend durch Schulung und Änderung des Bewusstseins der Nutzer im Umgang mit elektrischer Energie möglich und erfordern somit nur sehr geringe Investitionen.

Das Gebäude der Fakultät Textil und Design (Gebäude 9) befindet sich mit einem spezifischen Stromverbrauch von 38 kWh/m<sup>2</sup>a auf dem typischen Niveau anderer Gebäude auf dem Hochschulcampus, die weitgehend für Vorlesungen genutzt werden. Die theoretische Abschätzung des Stromverbrauchs ergibt einen deutlich niedrigeren Gesamtverbrauch als der real gemessene Gesamtverbrauch. Das bedeutet, dass elektrische Verbraucher, insbesondere die Beleuchtung, Drucker, Kopierer, Kaffeemaschinen und Geräte in den technischen Lehrräumen auch in Betrieb sind, wenn sie gar nicht benötigt werden. Signifikante Einsparungen sind daher auch hier wie bei dem Gebäudekomplex 1 durch Verhaltensänderung der Nutzer möglich.

Bei der Analyse des Hochschulservicezentrums (Gebäude 10) ergibt die Ermittlung des Gesamtstromverbrauchs über die Einzelgeräte und deren Auslastung eine sehr gute Übereinstimmung mit dem realen Gesamtverbrauch.

Erhebliche Einsparungen sind in diesem Gebäude durch eine Abschaltung der Warmwasserbereiter außerhalb der Arbeitszeiten, eine höhere Auslastung der Server, eine Anhebung

der zulässigen Maximaltemperatur in den Serverräumen sowie die Nutzung der Abwärme der Server und der Klimageräte zum Beheizen des Gebäudes möglich.

Alle untersuchten Gebäude verursachen jährlich Stromkosten in Höhe von ca. 198.000 € und jährliche Wärmekosten in Höhe von ca. 215.000 €. Wenn diese Gebäude im Durchschnitt auf den maximalen Wärmebedarf nach der Energieeinsparverordnung von 2007 betrieben würden (100 kWh/m<sup>2</sup>a), könnten 22% an Wärmeenergie und ca. 39.000 €/a an Kosten nur bei der Wärmebereitstellung eingespart werden.

Wie bereits weiter oben angeführt wurde, sind beim Verbrauch von Energie erhebliche Einsparungen durch Veränderung des Nutzerverhaltens möglich.

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde näher ausgearbeitet, welche Relevanz der Faktor „Mensch“ bei dem Thema Energie- und Ressourceneffizienz insbesondere in einer Organisation wie der Hochschule hat. Es wurden Vorschläge erarbeitet, wie durch Einrichtung eines Studentenressorts „Energie“ die Hochschulgemeinschaft sensibilisiert und zum effizienten Umgang mit Energie und Ressourcen motiviert werden kann und der bewusste Umgang mit Ressourcen zur Gewohnheit der Nutzer wird.

Die ausführlichen Ergebnisse sind dem Hauptbericht der Projektgruppe zu entnehmen<sup>24</sup>.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen konnten im Rahmen dieser Projektarbeit nicht durchgeführt werden, weil hierzu Angebote eingeholt und ausgewertet werden müssten. Dies konnte im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit nicht geleistet werden.

Mit der Hochschulleitung, dem Bauamt und den Zuständigen im Ministerium des Landes Baden-Württemberg sollte diskutiert und festgelegt werden, welche Optimierungsmöglichkeiten näher untersucht werden. In den Händen der Hochschule liegt das Potential, welches durch geändertes Nutzerverhalten gehoben werden kann.

---

<sup>24</sup> Vgl. Kölz et.al. (2011).

## Quellenverzeichnis

EnBW: Energiesparen mit System. Abgerufen am 28.08.2011 von

[http://www.enbw.com/content/de/privatkunden/\\_media/pdf/EnBW\\_Energieeffizienz\\_f\\_\\_r\\_TV\\_und\\_Audio.pdf](http://www.enbw.com/content/de/privatkunden/_media/pdf/EnBW_Energieeffizienz_f__r_TV_und_Audio.pdf)

ETG Energietechnische Gesellschaft im VDE: Internetquelle -

[http://www.duh.de/uploads/media/Schroepfel\\_Energieeffizienz.pdf](http://www.duh.de/uploads/media/Schroepfel_Energieeffizienz.pdf), Zugriff: 22.06.2011

Energieeffizienz zwischen Realität und Vision

FIZ Karlsruhe. (kein Datum). *BINE Informationsdienst - Energiesparen zu Hause*. Abgerufen am 25. Juni 2011 von

<http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/basisenergie/publikation/energiesparen-zu-hause/>

Gerstenberger S., Junghan G., Kleine-Möllhoff P., Schneider M., Weisser B.: Industrial Ecology Project, Nachhaltigkeit an der Hochschule Reutlingen, Energie- und Ressourceneffizienzpotentiale im Hochschulbereich – Kurzfassung der Projektarbeit der Gruppe 3, Reutlingen, 2011

Hausmann M, Holzhausen, M, Kleine-Möllhoff, P., Steinbrück, M, Lehr, T: Industrial Ecology Project, Nachhaltigkeit an der Hochschule Reutlingen, Energie- und Ressourceneffizienzpotentiale im Hochschulbereich – Kurzfassung der Projektarbeit der Gruppe 2, Reutlingen, 2011

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Verbraucherschutz: Energie sparen bei Heizung und Strom, Wiesbaden, 2011

Hochschule Reutlingen: Internetquelle:[www.reutlingen-university.de](http://www.reutlingen-university.de), Zugriff: 08.05.2011

Infothema.de. (kein Datum). *Ratgeber, Tripps und Tricks*. Abgerufen am 25. Juni 2011 von <http://www.infothema.de/spuelmaschinen-wasserverbrauch>

Heise. (16. April 2009). *Rechenzentrum beheizt Wohnung*. Abgerufen am 24. Juni 2011 von <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Rechenzentrum-beheizt-Wohnungen-213529.html>

Hochschulservicezentrum. (2011). Abgerufen am 25. Juni 2011 von [www.hsz-bw.de](http://www.hsz-bw.de)

Kölz M., Krech J, Stassen B., Lindner U.: Projektarbeit "Energie- und Ressourceneffizienzpotentiale an der FH Reutlingen - Gruppe 1, Reutlingen 2011

Krimmling, J.: Energieeffiziente Gebäude – Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater, 2. Aufl., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2007

Köster, H. (2011 am 15-April). Tageslichttechnik statt Sonnenschutz. *VDI Nachrichten* , p. 12.

Matthies E.: change - Energiebewusst handeln, Ruhruniversität Bochum: Abgerufen am 27.8.2011 von <http://www.change-energie.de/galerie?lang=de>

Spiegel Online. (04. April 2010). *Neue Firmenphilosophie - Wohnstand ohne Wachstum*. Abgerufen am 25. Juni 2011 von <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,684482,00.html>

Verein Deutscher Ingenieure: VDI 4075, Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) – Grundlagen und Anwendungsbereich (Blatt 1), Beuth, Berlin, 2005

Wikipedia. (2011). *Energieausweis*. Abgerufen am 25. Juni 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Energieausweis>

Wikipedia. (2011). *Transmissionswärme*. Abgerufen am 25. Juni 2011 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Transmissionswärme>

**Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management –  
Reutlingen Working Papers on Marketing & Management**

herausgegeben von

Prof. Dr. Carsten Rennhak

Hochschule Reutlingen – Reutlingen University

ESB Business School

Alteburgstraße 150

D-72762 Reutlingen

Fon: +49 (0)7121 / 271-6010

Fax: +49 (0)7121 / 271-6022

E-Mail: [carsten.rennhak@reutlingen-university.de](mailto:carsten.rennhak@reutlingen-university.de)

Internet: [www.esb-reutlingen.de](http://www.esb-reutlingen.de)

und

Prof. Dr. Gerd Nufer

Hochschule Reutlingen – Reutlingen University

ESB Business School / Reutlingen Research Institute (RRI)

Alteburgstraße 150

D-72762 Reutlingen

Fon: +49 (0)7121 / 271-6011

Fax: +49 (0)7121 / 271-906011

E-Mail: [gerd.nufer@reutlingen-university.de](mailto:gerd.nufer@reutlingen-university.de)

Internet: [www.esb-reutlingen.de](http://www.esb-reutlingen.de)

Internet: [www.reutlingen-university.de/hochschule/forschung.html](http://www.reutlingen-university.de/hochschule/forschung.html)

## Bisher erschienen

- 2006 - 1** *Felix Morlock / Robert Schäffler / Philipp Schaffer / Carsten Rennhak:*  
Product Placement – Systematisierung, Potenziale und Ausblick
- 2006 - 2** *Marko Sarstedt / Kornelia Huber:*  
Erfolgsfaktoren für Fachbücher – Eine explorative Untersuchung verkaufsbeeinflussender Faktoren am Beispiel von Marketing-Fachbüchern
- 2006 - 3** *Michael Menhart / Carsten Rennhak:*  
Drivers of the Lifecycle –  
the Example of the German Insurance Industry
- 2006 - 4** *Siegfried Numberger / Carsten Rennhak:*  
Drivers of the Future Retailing Environment
- 2006 - 5** *Gerd Nufer:*  
Sportsponsoring bei Fußball-Weltmeisterschaften:  
Wirkungsvergleich WM 2006 versus WM 1998
- 2006 - 6** *André Bühler / Gerd Nufer:*  
The Nature of Sports Marketing
- 2006 - 7** *Gerd Nufer / André Bühler:*  
Lessons from Sports:  
What Corporate Management can learn from Sports Management

- 2007 - 1** *Gerd Nufer / Anna Andresen:*  
Empirische Untersuchung zum Image der  
School of International Business (SIB) der Hochschule Reutlingen
- 2007 - 2** *Tobias Kesting:*  
Marktsegmentierung in der Unternehmenspraxis:  
Stellenwert, Vorgehen und Herausforderungen
- 2007 - 3** *Marie-Sophie Hieke / Marko Sarstedt:*  
Open Source-Marketing im Unternehmenseinsatz
- 2007 - 4** *Ahmed Abdelmoumene:*  
Direct-to-Consumer-Marketing in der Pharmaindustrie
- 2007 - 5** *Mario Gottfried Bernards:*  
Markenmanagement von politischen Parteien in Deutschland –  
Entwicklungen, Konsequenzen und Ansätze der erweiterten  
Markenführung
- 2007 - 6** *Christian Führer / Anke Köhler / Jessica Naumann:*  
Das Image der Versicherungsbranche unter angehenden  
Akademikern – eine empirische Analyse

- 2008 - 1**    *Gerd Nufer / Katharina Wurmer:*  
Innovatives Retail Marketing
- 2008 - 2**    *Gerd Nufer / Victor Scheurecker:*  
Brand Parks als Form des dauerhaften Event-Marketing
- 2008 - 3**    *Gerd Nufer / Charlotte Heine:*  
Internationale Markenpiraterie
- 2008 - 4**    *Gerd Nufer / Jennifer Merk:*  
Ergebnisse empirischer Untersuchungen zum Ambush Marketing
- 2008 - 5**    *Gerd Nufer / Manuel Bender:*  
Guerilla Marketing
- 2008 - 6**    *Gerd Nufer / Christian Simmerl:*  
Strukturierung der Erscheinungsformen des Ambush Marketing
- 2008 - 7**    *Gerd Nufer / Linda Hirschburger:*  
Humor in der Werbung

- 2009 - 1**    *Gerd Nufer / Christina Geiger:*  
In-Game Advertising
- 2009 - 2**    *Gerd Nufer / Dorothea Sieber:*  
Factory Outlet Stores – ein Trend in Deutschland?
- 2009 - 3**    *Bianca Frank / Carsten Rennhak:*  
Product Placement am Beispiel des Kinofilms  
Sex and the City: The Movie
- 2009 - 4**    *Stephanie Kienzle / Carsten Rennhak:*  
Cause-Related Marketing
- 2009 - 5**    *Sabrina Nadler / Carsten Rennhak:*  
Emotional Branding in der Automobilindustrie –  
ein Schlüssel zu langfristigem Markenerfolg?
- 2009 - 6**    *Gerd Nufer / André Bühler:*  
The Importance of mutual beneficial Relationships  
in the Sponsorship Dyad

- 2010 - 1**    *Gerd Nufer / Sandra Oexle:*  
Marketing für Best Ager
- 2010 - 2**    *Gerd Nufer / Oliver Förster:*  
Lovemarks – emotionale Aufladung von Marken
- 2010 - 3**    *Gerd Nufer / Pascal Schattner:*  
Virales Marketing
- 2010 - 4**    *Carina Knörzer / Carsten Rennhak:*  
Gender Marketing
- 2010 - 5**    *Ottmar Schneck:*  
Herausforderungen für Hochschulen und Unternehmen durch  
die Generation Y – Zumutungen und Chancen durch die neue  
Generation Studierender und Arbeitnehmer
- 2010 - 6**    *Gerd Nufer / Miriam Wallmeier:*  
Neuromarketing
- 2010 - 7**    *Gerd Nufer / Anton Kocher:*  
Ingredient Branding
- 2010 - 8**    *Gerd Nufer / Jan Fischer:*  
Markenmanagement bei Einzelsportlern
- 2010 - 9**    *Gerd Nufer / Simon Miremadi:*  
Flashmob Marketing

- 2011 - 1** *Hans-Martin Beyer / Simon Brüseken:*  
Akquisitionsstrategie "Buy-and-Build" –  
Konzeptionelle Aspekte zu Strategie und Screeningprozess
- 2011 - 2** *Gerd Nufer / Ann-Christin Reimers:*  
Looking at Sports –  
Values and Strategies for International Management
- 2011 - 3** *Ebru Sahin / Carsten Rennhak:*  
Erfolgsfaktoren im Teamsportsponsoring
- 2011 - 4** *Gerd Nufer / Kornelius Prell:*  
Operationalisierung und Messung von Kundenzufriedenheit
- 2011 - 5** *Gerd Nufer / Daniel Kelm:*  
Cross Selling Management
- 2011 - 6** *Gerd Nufer / Christina Geiger:*  
Ambush Marketing im Rahmen der  
FIFA Fußball-Weltmeisterschaft 2010
- 2011 - 7** *Gerd Nufer / Felix Müller:*  
Ethno-Marketing
- 2011 - 8** *Shireen Stengel / Carsten Rennhak:*  
Corporate Identity – Aktuelle Trends und Managementansätze
- 2011 - 9** *Clarissa Müller / Holger Benad / Carsten Rennhak:*  
E-Mobility – Treiber, Implikationen für die beteiligten Branchen und  
mögliche Geschäftsmodelle
- 2011 - 10** *Carsten Schulze / Carsten Rennhak:*  
Kommunikationspolitische Besonderheiten regulierter Märkte
- 2011 - 11** *Sarina Rehme / Carsten Rennhak:*  
Marketing and Sales – successful peace-keeping
- 2011 - 12** *Gerd Nufer / Rainer Hirt:*  
Audio Branding meets Ambush Marketing

**2011 - 13** *Peter Kleine-Möllhoff / Martin Haußmann / Michael Holzhausen / Tobias Lehr / Mandy Steinbrück:*

Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen -  
Mensa, Sporthalle, Aula, Containergebäude 20, Kindertagesstätte

**2011 - 14** *Peter Kleine-Möllhoff / Manuel Kölz / Jens Krech / Ulf Lindner / Boris Stassen:*

Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen -  
Betriebshalle, Vorlesungsgebäude Textil & Design,  
Hochschulservicezentrum

ISSN 1863-0316