

Peter Kleine-Möllhoff / Svenja Gerstenberger / Junghan Gunawan /  
Michael Schneider / Bernhard Weisser

**Energie- und Ressourceneffizienz an der  
Hochschule Reutlingen -  
Verwaltung, Bibliothek, Rechenzentrum,  
Betriebswirtschaft, Chemie,  
Wirtschaftsingenieurwesen**

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

herausgegeben von Carsten Rennhak & Gerd Nufer

Nr. 2011 – 15



**Hochschule Reutlingen**  
Reutlingen University

# **Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen - Verwaltung, Bibliothek, Rechenzentrum, Betriebswirtschaft, Chemie, Wirtschaftsingenieurwesen**

Kurzfassung der Projektarbeit der Gruppe 3 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  
Svenja Gerstenberger  
Junghan Gunawan  
Michael Schneider  
Bernhard Weisser

September 2011

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis .....	II
Formel und Einheitenverzeichnis .....	II
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	III
1 Einleitung .....	1
2 Vorgehensweise.....	1
3 Ressourcen- und Energiebedarf der untersuchten Gebäude .....	3
3.1 Gebäudeanalyse.....	3
3.2 Ressourcenverbrauch der Gebäude.....	5
3.3 Wärmebedarf .....	7
3.4 Strombedarf .....	8
3.4.1 Verbrauchswerte Strom Gebäudeüberblick.....	8
3.4.2 Stromverbrauch nach Raumarten.....	10
3.5 Wasserbedarf.....	15
4 Zusammenfassung der Energiebedarfsanalyse.....	17
5 Ressourcen- und Energieeinsparpotentiale .....	19
5.1 Optimierungsmöglichkeiten bei der Lüftungsanlage im Chemiegebäude (2) .....	19
5.2 Optimierungsmöglichkeiten bei der Beleuchtung.....	23
5.2.1 Tageslichtleitung durch Spezialjalousien (Retro-Technik).....	23
5.2.2 Modernisierung der Beleuchtung.....	24
5.2.3 Zeitschaltuhren / Bewegungsmelder .....	25
5.2.4 Zusammenfassung Beleuchtung .....	25
6 Zusammenfassung des Projektes, Ausblick .....	27
7 Literatur.....	29

## Abkürzungsverzeichnis

bzw.	Beziehungsweise
DIN	Deutsche Industrie Norm
Bib	Bibliothek
ca.	Circa
CAD	Computer Aided Design
CRT	Cathode ray tube= Kathodenstrahlröhre
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EnEV	Energieeinsparverordnung
ESB	European School of Business
EVG	Elektronisches Vorschaltgerät
HS	Hochschule
HSService BW	Hochschulservice Baden-Württemberg
IT	Informationstechnik
PC	Personalcomputer
PIUS	Produktionsintegrierter Umweltschutz
RRI	Reutlingen Research Institute
RZ	Rechenzentrum
TFT	Thin-film-transistor= Dünnschichttransistor
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	Vergleiche

## Formel und Einheitenverzeichnis

mm	Millimeter
$\eta$	Wirkungsgrad
$\Delta p$	Druckunterschied
$^{\circ}\text{C}$	Celsius
cp	Wärmekapazität bei konstantem Druck
h	Stunde
K	Kelvin
kg/h	Kilogramm pro Stunde
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramm pro Kubikmeter
kJ/(kg*K)	Kilojoule pro Kilogramm Kelvin
kW	Kilowatt
kW/m <sup>2</sup>	Kilowatt pro Quadratmeter
kWh	Kilowattstunde pro Quadratmeter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
m <sup>3</sup> /h	Kubikmeter pro Stunde
N/m <sup>2</sup>	Newton pro Quadratmeter
W	Watt oder Kilowatt

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Betrachtete Gebäude</i> .....	2
<i>Abbildung 2: Gebäude 2 - Prozentuale Aufteilung</i> .....	3
<i>Abbildung 3: Gebäude 3 - Prozentuale Aufteilung</i> .....	3
<i>Abbildung 4: Gebäude 5 - Prozentuale Aufteilung</i> .....	4
<i>Abbildung 5: Gebäude 15 - Prozentuale Aufteilung</i> .....	4
<i>Abbildung 6: Gebäude 17 - Prozentuale Aufteilung</i> .....	4
<i>Abbildung 7: Übersicht über die durchschnittlichen Verbrauchswerte der verschiedenen Gebäude</i> .....	5
<i>Abbildung 8: Anteiliger Energieverbrauch der Räume</i> .....	6
<i>Abbildung 9: Durchschnittsverbräuche der Heizung</i> .....	7
<i>Abbildung 10: Durchschnittsverbräuche der Stromverbraucher</i> .....	8
<i>Abbildung 11: Theoretischer Energieverbrauch unter Vernachlässigung der Technikräume und der Heizung</i> ....	9
<i>Abbildung 12: Übersicht der Stromverbraucher ohne Verbraucher der Technikräumen</i> .....	10
<i>Abbildung 13: Verbraucher in den Vorlesungsräumen</i> .....	11
<i>Abbildung 14: Verbraucher in den Büroräumen</i> .....	11
<i>Abbildung 15: Verbraucher in den Fluren</i> .....	12
<i>Abbildung 16: Verbraucher in den Toiletten</i> .....	12
<i>Abbildung 17: Verbraucher in den Laboren</i> .....	13
<i>Abbildung 18: Verbraucher in der Bibliothek</i> .....	13
<i>Abbildung 19: Verbraucher in den Technikräumen</i> .....	14
<i>Abbildung 20: Verbraucher in den PC- Pools</i> .....	15
<i>Abbildung 21: Wasserverbraucher an der Hochschule</i> .....	16
<i>Abbildung 22: Rotationswärmetauscher</i> .....	20
<i>Abbildung 23: Kreislaufverbund Wärmetauscher</i> .....	22
<i>Abbildung 24: Sonnenlichtführung über Spezialjalousien</i> .....	23
<i>Abbildung 25: Einsparpotential Beleuchtung</i> .....	24

## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Strom- und Wärmebedarf sowie spezifische flächenbezogene Verbräuche</i> .....	17
<i>Tabelle 2: Plattenwärmetauscher Varianten</i> .....	21
<i>Tabelle 3: Prozentualer Stromverbrauch der Beleuchtung</i> .....	26

# 1 Einleitung

In der heutigen Zeit ist es wichtig mit den Ressourcen sparsam umzugehen. Deshalb wird in dieser Projektarbeit im Fach Industrial Ecology 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.

Im Rahmen dieser Projektarbeit wird eine **Erstanalyse** durchgeführt. Hierzu werden der Stromverbrauch, der Wärmeverbrauch, der Wasserverbrauch sowie erste Ansätze zur Einsparung der Ressourcen untersucht. 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. Diese Arbeit soll als Ausgangspunkt für eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zukünftiger Projektarbeiten dienen.

## 2 Vorgehensweise

Der Hochschulcampus besteht aus 15 verschiedenen Gebäuden mit 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 sind deshalb sehr 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.

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

- das **Chemiegebäude** (Geb. 2)
- die **Bibliothek und das Rechenzentrum** (Geb. 3)
- die **Verwaltung** und das Gebäude der **Betriebswirtschaft/ESB** (Geb. 5)
- das Gebäude der **Wirtschaftsingenieure** (Geb. 15) und
- das Gebäude der **Betriebswirtschaft/ESB** (Geb. 17)



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

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

Dazu werden die Ressourcenverbräuche analysiert. Der Hochschulcampus wird als eine Einheit gesehen, in welchen Eingangsströme hinein und Ausgangsströme hinausfließen.

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, Wasser und Mensch.

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

<sup>1</sup> Siehe Hochschule Reutlingen

<sup>2</sup> Siehe Haussmann et.al. 2011

### 3 Ressourcen- und Energiebedarf der untersuchten Gebäude

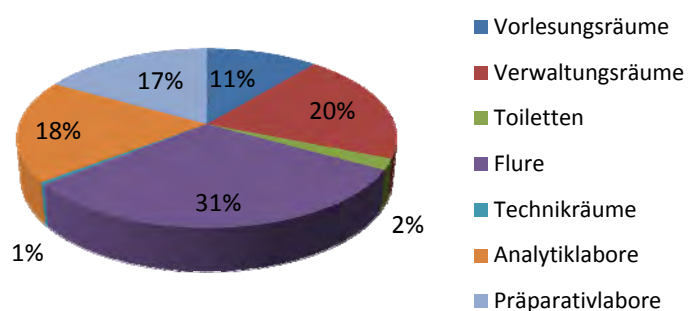
Im Rahmen der Ressourcen- und Energiebedarfsanalyse wurde zunächst untersucht, wie die einzelnen Gebäude aufgebaut sind und genutzt werden. Dann erfolgte die Erfassung der Verbraucher und deren Auslastungsfaktoren. Über die so gewonnenen Daten wurde der Gesamtverbrauch in Bezug auf Strom, Wärme und Wasser berechnet und mit den real gemessenen Verbräuchen, soweit diese vorhanden sind, verglichen. Bei guter Übereinstimmung dieser Daten kann dann sichtbar gemacht werden, an welcher Stelle die größten Optimierungspotentiale bestehen.

#### 3.1 Gebäudeanalyse

##### Gebäude 2:

Das Gebäude 2 wird von der Fakultät „Chemie“ genutzt und besteht hauptsächlich aus Chemielaboren. Diese können in die zwei Hauptlaborarten, Analytiklabore und Präparativlabore, untergliedert werden. Die Labore und das Gebäude sind mit einer Lüftungsanlage ausgestattet. Die nebenstehende Abbildung 2 veranschaulicht die räumliche Aufteilung in Gebäude 2.

**Gebäude 2 - Prozentuale Aufteilung in Raumarten bezogen auf die Fläche**

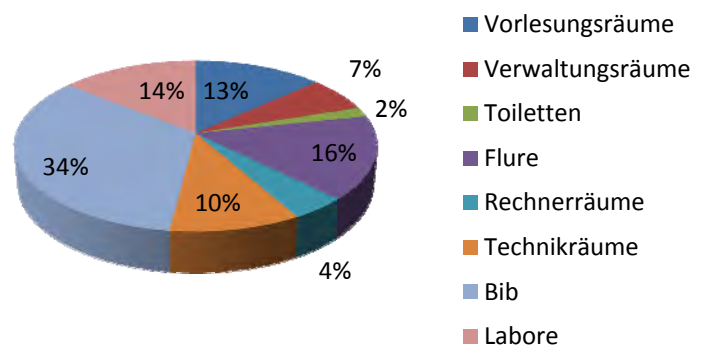


**Abbildung 2:** Gebäude 2 - Prozentuale Aufteilung

##### Gebäude 3:

Gebäude 3 hat mehrere Besonderheiten. Zum einen befinden sich die Hochschulbibliothek in diesem Gebäude und zum anderen das Rechenzentrum mit Serverräumen. Außerdem befinden sich in diesem Gebäude mehrere Mechatroniklabore. Das Gebäude ist ebenfalls mit einer Lüftungsanlage ausgerüstet. Die nebenstehende Abbildung 3 veranschaulicht die

**Gebäude 3 - Prozentuale Aufteilung in Raumarten bezogen auf die Fläche**



**Abbildung 3:** Gebäude 3 - Prozentuale Aufteilung

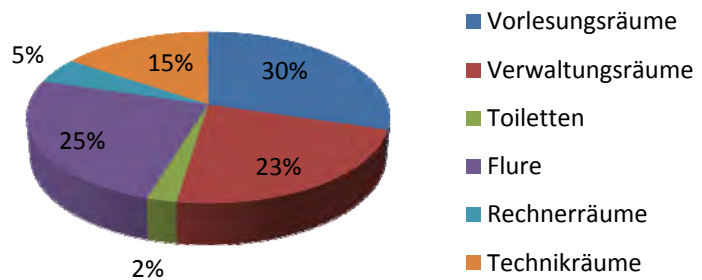
Aufteilung von Gebäude 3.

Gebäude 5:

Gebäude 5 besteht hauptsächlich aus Verwaltungs- und Vorlesungsräumen. In diesem Gebäude ist zwar ebenfalls eine Lüftungsanlage vorhanden. Diese ist allerdings außer Betrieb.

Die nebenstehende Abbildung 4 veranschaulicht die Aufteilung von Gebäude 5.

**Gebäude 5 - Prozentuale Aufteilung in Raumarten bezogen auf die Fläche**



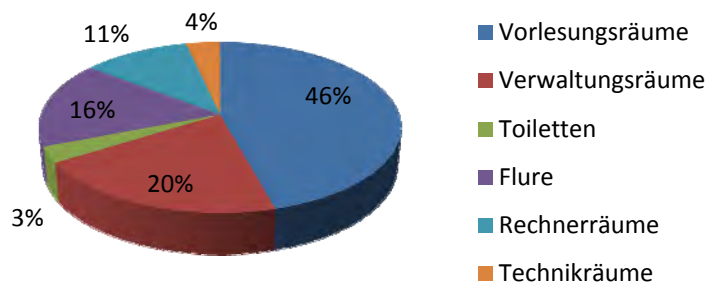
**Abbildung 4:** Gebäude 5 - Prozentuale Aufteilung

Gebäude 15:

Gebäude 15 wird von den Wirtschaftsingenieuren der Hochschule genutzt und beinhaltet hauptsächlich Verwaltungs- und Vorlesungsräume. Außerdem befindet sich dort auch ein kleinerer Serverraum.

Die nebenstehende Abbildung 5 veranschaulicht die Aufteilung von Gebäude 15.

**Gebäude 15 - Prozentuale Aufteilung in Raumarten bezogen auf die Fläche**



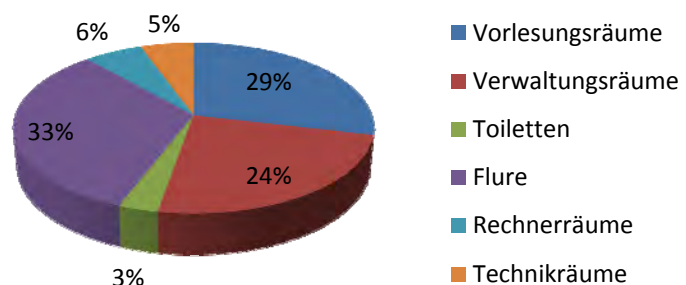
**Abbildung 5:** Gebäude 15 - Prozentuale Aufteilung

Gebäude 17:

Gebäude 17 gehört ebenfalls zur ESB. Dort befinden sich hauptsächlich Vorlesungs- und Verwaltungsräume. Und auch hier befindet sich ein Serverraum. Als Besonderheit in diesem Gebäude ist zu erwähnen, dass dort auch am Wochenende regelmäßig Vorlesungen stattfinden.

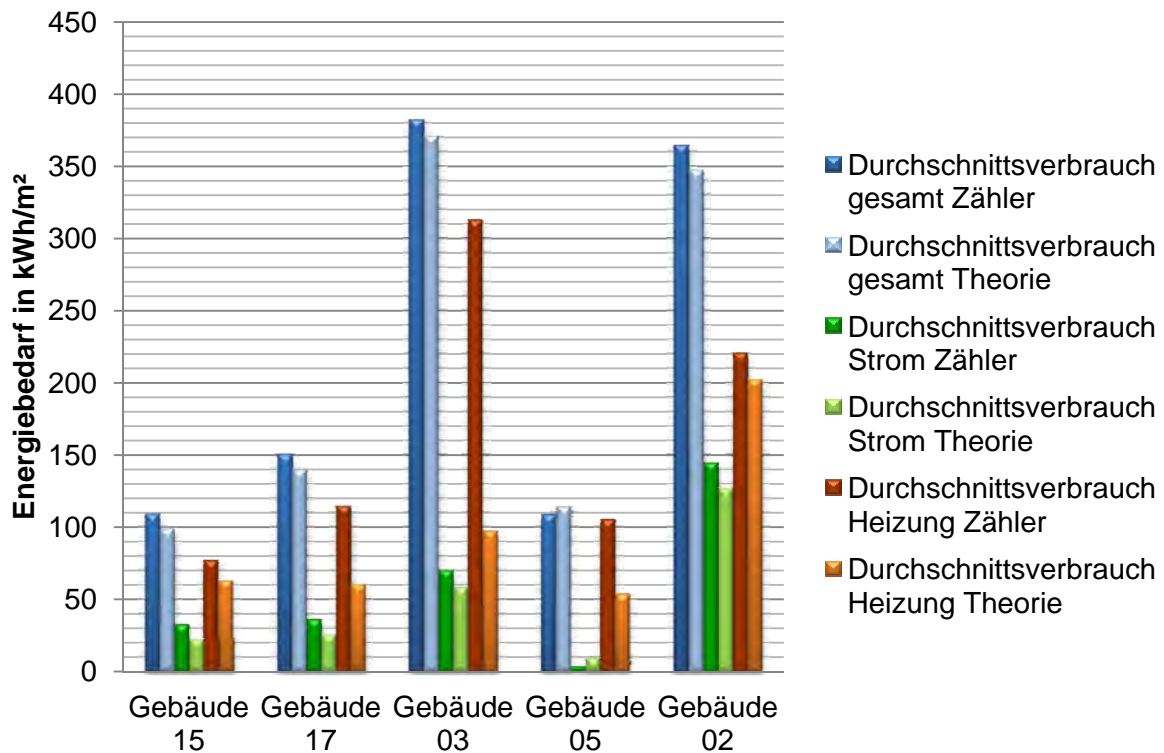
Die nebenstehende Abbildung 6 veranschaulicht die Aufteilung von Gebäude 17.

**Gebäude 17 - Prozentuale Aufteilung in Raumarten bezogen auf die Fläche**



**Abbildung 6:** Gebäude 17 - Prozentuale Aufteilung

### 3.2 Ressourcenverbrauch der Gebäude



**Abbildung 7:** Übersicht über die durchschnittlichen Verbrauchswerte der verschiedenen Gebäude

Abbildung 7 zeigt eine Übersicht über die theoretischen und realen Durchschnittsverbräuche der betrachteten Gebäude bezogen auf einen m<sup>2</sup> und das Jahr 2010.

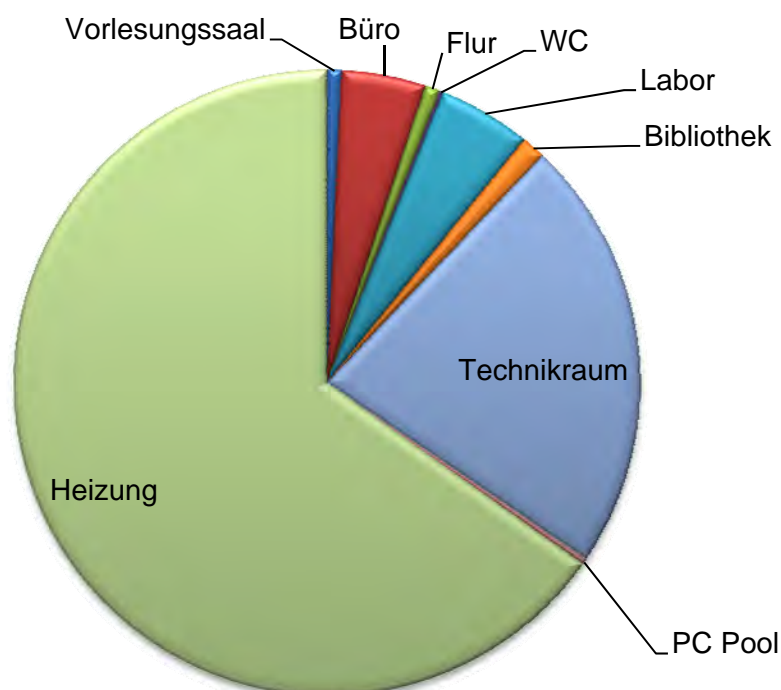
Die jeweils zwei linken Säulen zeigen den Gesamtverbrauch an Strom und Wärme, die beiden mittleren Säulen zeigen den Gesamtverbrauch an Strom und die beiden rechten Säulen den Gesamtenergieverbrauch der jeweiligen Gebäude. Die Verbräuche werden an späterer Stelle noch im Detail ausgewertet.

Es lässt sich erkennen, dass in jedem Gebäude der Hauptenergieverbraucher die Heizung ist. Gebäude 15 unterschreitet in Bezug auf die Heizung den Mindeststandard der EnEV 2007 von 100 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>3</sup>, Gebäude 17 und 5 überschreiten diesen geringfügig und Gebäude 2 und 3 liegen mit 220 bzw. 312 kWh/m<sup>2</sup>a auf dem Niveau älterer Gebäude vor Einführung der Wärmeschutzverordnung von 1984.

Der Stromverbrauch in den untersuchten Gebäuden ist sehr unterschiedlich. Die Gebäude 15, 17 und 5 liegen auf einem zu erwartenden Niveau. Sehr hoch ist mit fast 150 kWh/m<sup>2</sup>a der Stromverbrauch in Gebäude 2 und hoch mit ca. 70 kWh/m<sup>2</sup>a der Stromverbrauch in Gebäude 3.

<sup>3</sup> Vgl. Krimmling (2007), S. 101.

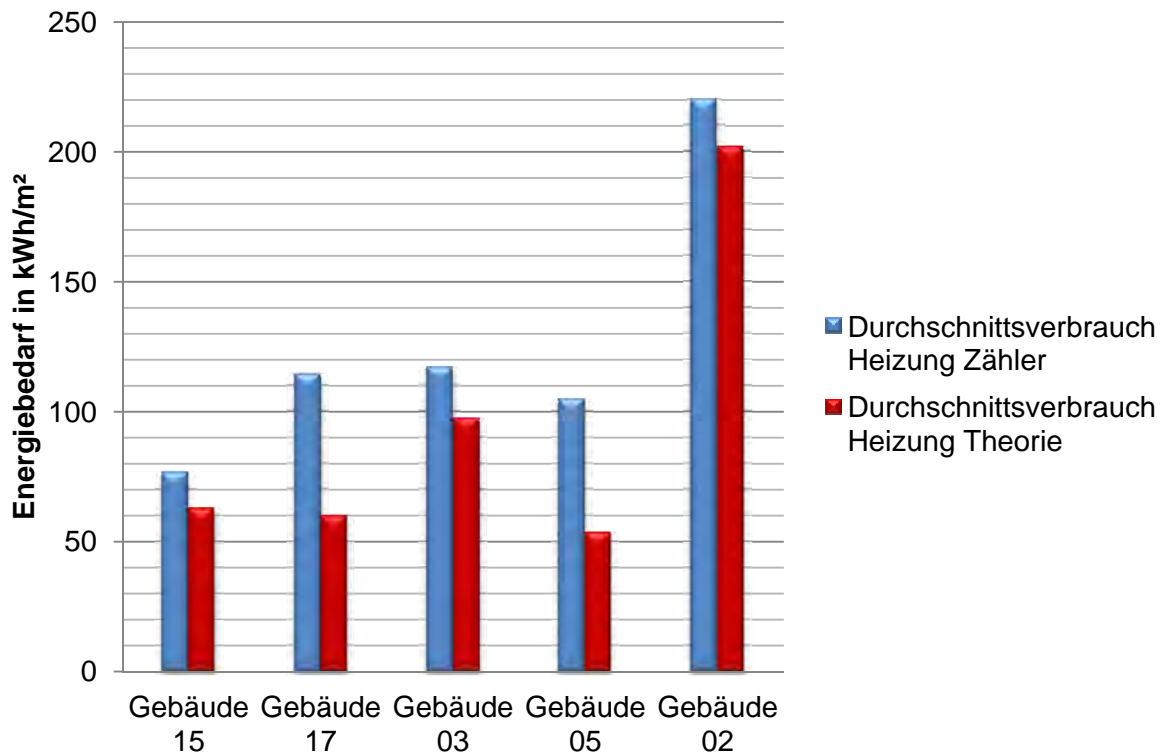
Wie sich im Durchschnitt aller untersuchten Gebäude der Energieverbrauch auf die verschiedenen Verbrauchergruppen verteilt, ist in Abbildung 8 dargestellt.



**Abbildung 8:** Anteiliger Energieverbrauch der Räume

Es ist eindeutig zu erkennen, dass der größte Energieverbraucher die Heizung ist. Den nächstgrößeren Energieverbrauch verursachen die Technikräume der Gebäude, welche unter anderem die Server für das Hochschulnetz, die Lüftungs- und Klimaanlage sowie andere Geräte, welche zur Aufrechterhaltung der Infrastruktur der Hochschule notwendig sind, beinhalten. Weitere große Verbraucher sind unter anderem die Büro- bzw. Verwaltungsräume, und die Laborräume. Die anderen Räume spielen im Vergleich eher eine kleine Rolle.

### 3.3 Wärmebedarf



**Abbildung 9:** Durchschnittsverbräuche der Heizung

Abbildung 9 zeigt den durchschnittlichen Wärmebedarf pro Quadratmeter und Jahr für die betrachteten Gebäude. Hier ist zu erkennen, dass der höchste Wärmebedarf in Gebäude 2 besteht. Dies lässt sich durch die Ausstattung des Gebäudes erklären. In diesem Gebäude befinden sich die Labore der Fakultät Chemie. Laut DIN 1946-7<sup>4</sup> sind für Gebäude, in denen Chemielabore vorhanden sind, erhöhte Wechsel der Raumluft vorgeschrieben. In diesem Fall ist ein Luftwechsel von mindestens 7 Luftwechseln pro Stunde vorgeschrieben. Dies erhöht den Heizbedarf in diesem Gebäude um ein Vielfaches, da der Wärmehalt der verbrauchten Abluft nicht für die Vorheizung der kalten Frischluft genutzt wird.

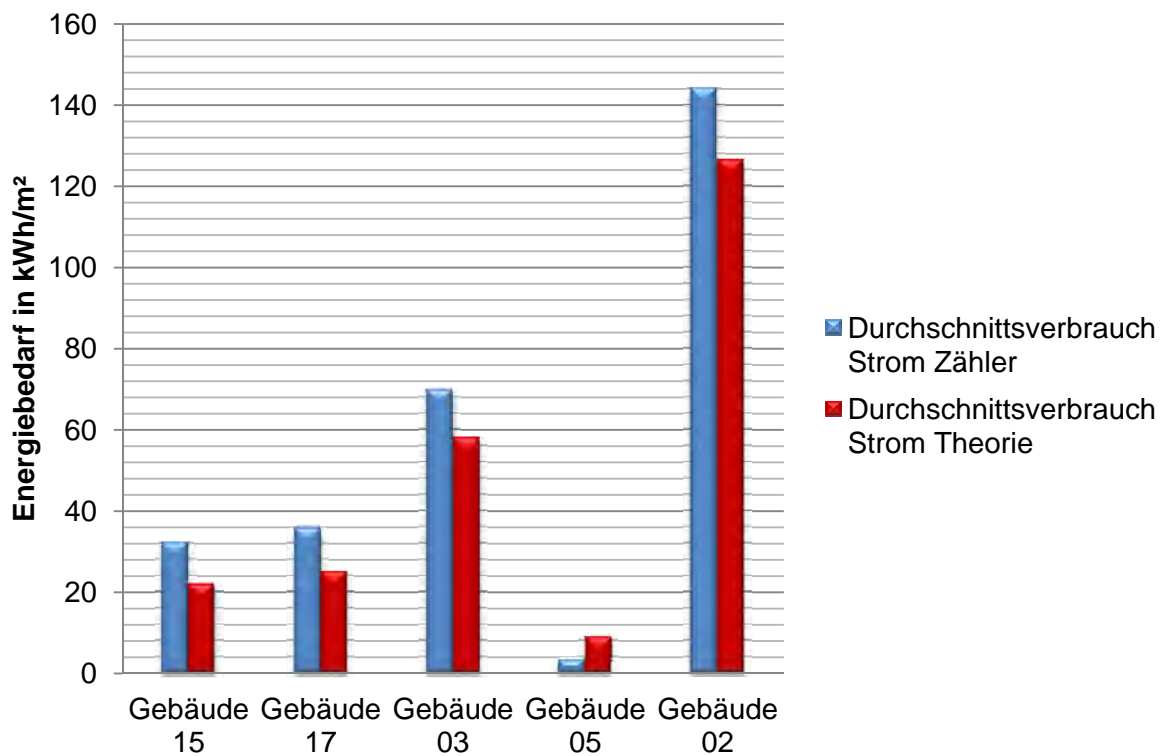
Eine interessante Erkenntnis ergibt sich, wenn man Gebäude betrachtet, welche zum Großteil von Hochschulmitarbeitern genutzt werden. Hier erkennt man, dass der Wärmebedarf dieser Gebäude (hier Gebäude 17 und Gebäude 5), deutlich von den theoretisch ermittelten Werten abweicht und Gebäude, welche anders genutzt werden, näher an den theoretischen Werten liegen. Es lässt sich vermuten, dass hier der Mensch einen entscheidenden Einfluss auf dieses Ergebnis hat. In Verwaltungsräumen, in denen Menschen einen ganzen Arbeitstag arbeiten, wird das Beheizen und Lüften der Räume durch die Nutzer der Räume individualisiert. Dies führt oft zu falschen oder „verschwenderischen“ Umgang mit der Wärmeenergie.

<sup>4</sup> Vgl. DIN 1946-7.

Oft werden Räume beheizt, obwohl es gar nicht notwendig ist oder es wird gleichzeitig gelüftet und geheizt. Zum Teil werden Räume auch die ganze Nacht oder über die Wochenenden beheizt. Dies ist ebenfalls eine nicht effiziente Nutzung der Heizung. Im Bereich der Heizungsnutzung ist es offensichtlich notwendig, ein Umdenken der Mitarbeiter herbeizuführen um weniger Energie zu verbrauchen. Man könnte aber auch die Mitarbeiter von der Verantwortung der effizienten Nutzung teilweise entbinden. Dies wäre zum Beispiel durch ein System möglich, welches nur bei tatsächlicher Anwesenheit der Mitarbeiter auch Energie bereitstellt. Eine Möglichkeit wäre zum Beispiel ein Chipkartensystem, ähnlich denen die in Hotels eingesetzt werden.

### 3.4 Strombedarf

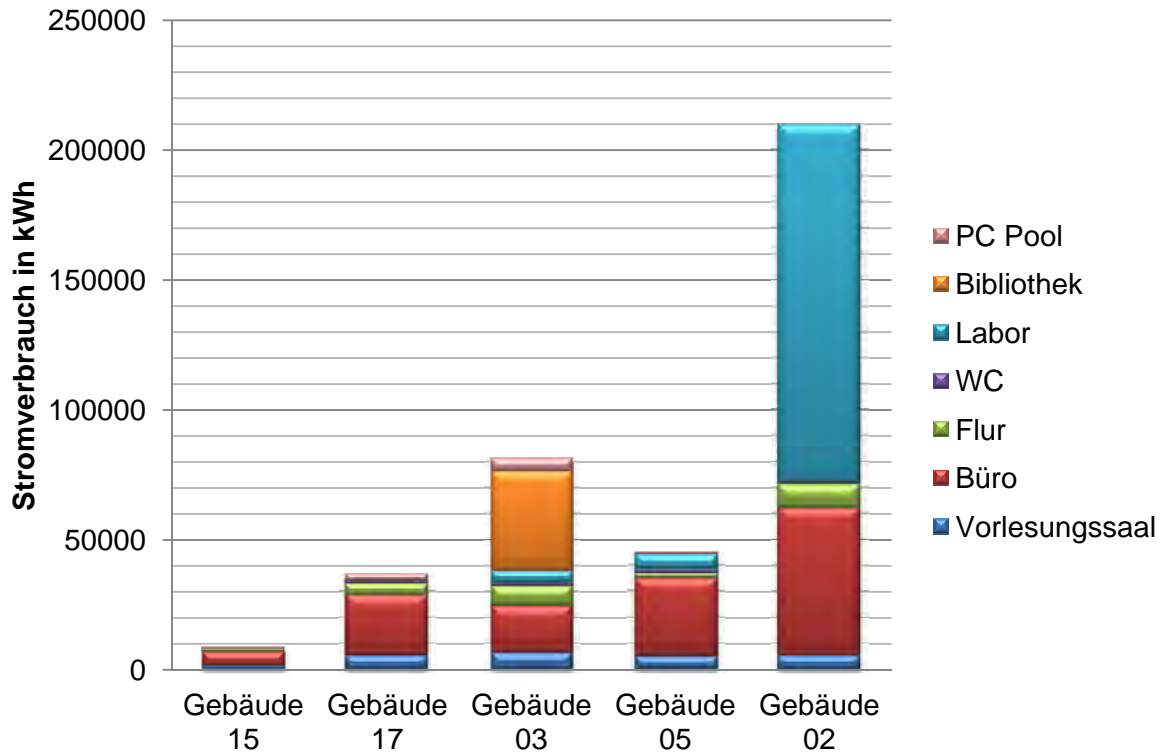
#### 3.4.1 Verbrauchswerte Strom Gebäudeüberblick



**Abbildung 10:** Durchschnittsverbräuche der Stromverbraucher

In Abbildung 10 ist der durchschnittliche Energiebedarf der Stromverbraucher in den untersuchten Gebäuden dargestellt. Für Gebäude 05 lagen nur Realwerte des Niedrigtarifstromzählers vor, sodass für dieses Gebäude mit den theoretisch ermittelten Werten weitergerechnet wurde.

Vor allem die Gebäude, in denen sich eine Lüftungsanlage, Serverräume und Laborräume befinden, weisen einen hohen elektrischen Energiebedarf auf. Um zu erkennen, welche anderen Faktoren ebenfalls eine Rolle bei dem Energieverbrauch spielen, wird im Folgenden der elektrische Energiebedarf der einzelnen genutzten Bereiche unter Ausschluss der Technikräume und der Heizungsanlage betrachtet (siehe Abbildung 11).



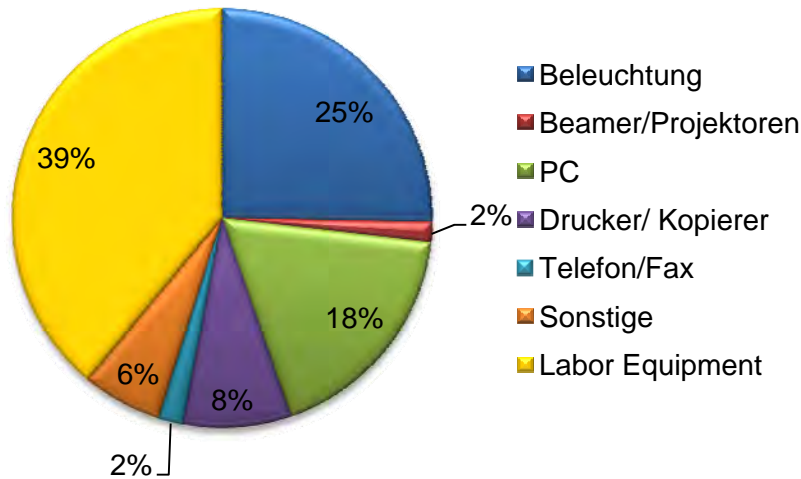
**Abbildung 11:** Theoretischer Energieverbrauch unter Vernachlässigung der Technikräume und der Heizung

Es ist zu erkennen dass neben den Technikräumen in allen Gebäuden die Büroräume einen wesentlichen Anteil an dem Stromverbrauch verursachen

Desweiteren sind es vor allem in Gebäude 3 die Bibliothek und in Gebäude 2 die Labore, welchen einen großen Anteil am Stromverbrauch haben. Für die Mechatroniklabore in Gebäude 3 lagen nur wenige Informationen vor, sodass für diese Labore nur grobe Schätzungen bezüglich der installierten Einzelleistungen und Betriebszeiten vorgenommen werden konnten.

Die detaillierte Untersuchung ergibt, dass der größte Energiebedarf sich auf wenige verschiedene Verbraucher verteilt (vgl. Abbildung 12). Rund 90 % des Energiebedarfs lassen sich drei Verbraucherguppen zuweisen. Dabei besitzen die Laborgeräte den größten Anteil am Stromverbrauch. Diese verbrauchen laut Berechnungen fast 40 % des gesamten Stromverbrauchs.

Desweiteren verbraucht das IT- Equipment, bestehend aus Computern, Drucker und Kopierer, mit ca. 26 % einen weiteren großen Anteil. Die Beleuchtung ist mit rund 25 % der drittgrößte Verbraucher. Andere Verbrauchergruppen spielen eine untergeordnete Rolle.



**Abbildung 12:** Übersicht der Stromverbraucher ohne Verbraucher der Technikräumen

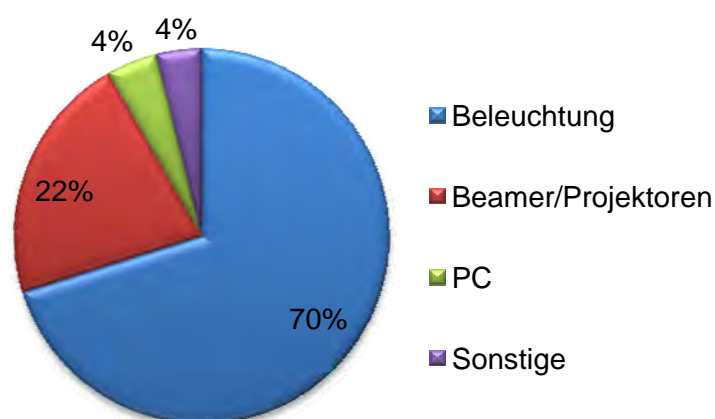
Die Ergebnisse der Recherche lassen darauf schließen, dass der Mehrverbrauch in erster Linie durch das Fehlverhalten der Nutzer zu begründen ist. Vor allem bei der Beleuchtung könnte durch ein Umdenken der Menschen Energie eingespart werden. Es ist immer wieder zu beobachten, dass das Licht eingeschaltet ist, obwohl kein Bedarf besteht. Ein Beispiel ist die Bibliothek. Hier ist aufgefallen, dass die Räume im Erdgeschoss selbst bei sonnigem Wetter den ganzen Tag beleuchtet sind, obwohl es nicht notwendig wäre. Desweiteren wird von den Mitarbeitern der Standby- und der Schein- Aus- Verbrauch unterschätzt. Studien des Fraunhofer-Instituts zeigen, dass bei Bürogeräten ein Großteil des Energieverbrauchs in diesen Betriebszuständen verbraucht wird.<sup>5</sup>

### 3.4.2 Stromverbrauch nach Raumarten

Nachdem die Gebäude als Ganzes betrachtet wurden, erfolgt im Folgenden die Analyse des Stromverbrauchs in den einzelnen Raumarten.

<sup>5</sup> Vgl. Streibel, Martin

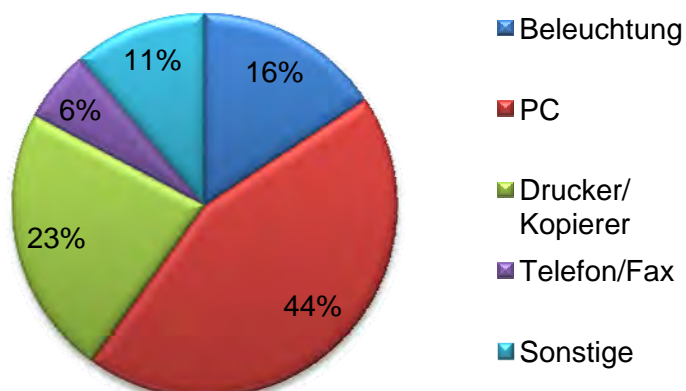
### 3.4.2.1 Vorlesungsräume



**Abbildung 13:** Verbraucher in den Vorlesungsräumen

Hauptverbraucher der Vorlesungsräume ist die Beleuchtung (vgl. Abbildung 13), gefolgt von den Daten- und Overheadprojektoren. Einsparpotential besteht vor allem in der Beleuchtung. Hier wäre es zum Beispiel möglich, durch Energiesparlampen und durch „intelligente“ Lichtsteuerungen Energie einzusparen. Durch Reduzierung des Standby- Verbrauchs von den Geräten wie Datenprojektoren und PC's sind weitere Einsparungen möglich.

### 3.4.2.2 Verwaltungsräume/ Büros

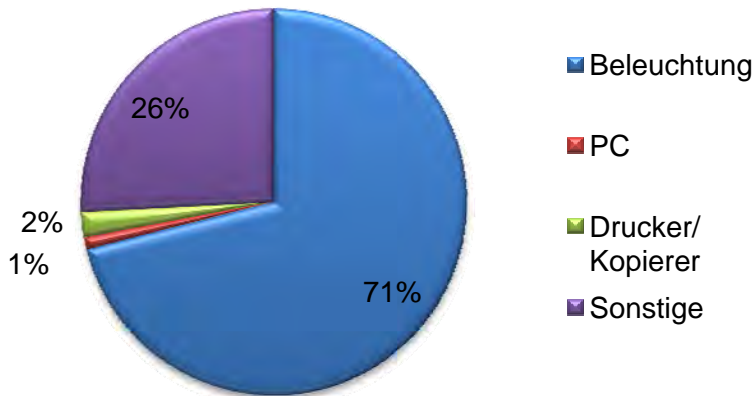


**Abbildung 14:** Verbraucher in den Büroräumen

In den Büroräumen verursacht das EDV- Equipment den größten Stromverbrauch. Vor allem die PC's benötigen den Großteil der elektrischen Energie (vgl. Abbildung 14). Hier wird auch das größte Einsparpotential in den Büroräumen vermutet.

Durch ein intelligentes Energiemanagement der verschiedenen Geräte könnte ein Teil der benötigten Energie eingespart werden. Desweiteren könnte durch Vermeidung von Standby-Verbräuchen elektrische Energie eingespart werden.

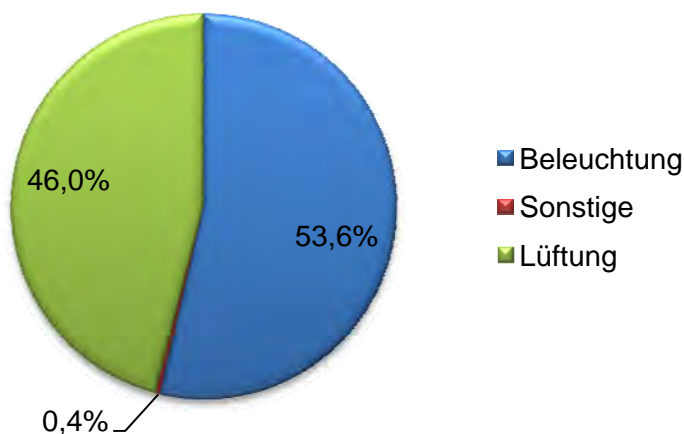
### 3.4.2.3 Flure



**Abbildung 15:** Verbraucher in den Fluren

In den Fluren ist der Hauptverbraucher die Beleuchtung (vgl. Abbildung 15). Der restliche Energiebedarf setzt sich aus den verschiedensten Verbrauchern zusammen, wie WLAN-Routern und andere Kleingeräten. Aus diesem Grund besteht auch im Bereich der Flure das größte Einsparpotential in der Beleuchtung. Es wäre zum Beispiel möglich durch Einsatz von Energiesparlampen und durch eine automatische Lichtsteuerung, durch Licht- oder Bewegungssensoren, ein Teil der bisher benötigten Energie einzusparen.

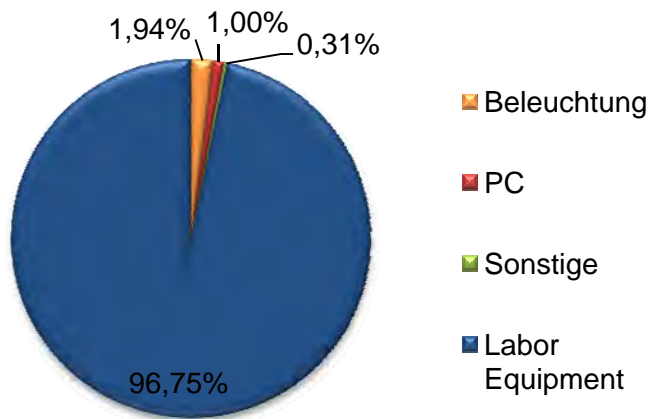
### 3.4.2.4 Toiletten



**Abbildung 16:** Verbraucher in den Toiletten

Die Hauptverbraucher in den Toiletten sind die Beleuchtung und die Lüftung (vgl. Abbildung 16). Hier bestehen auch die höchsten Einsparmöglichkeiten. Die Lüftung und die Beleuchtung sollten so gesteuert werden, dass sie nur bei Bedarf betrieben werden. In vielen Toiletten auf dem Campus sind diese Verbraucher nicht bedarfsgesteuert. Sie laufen teilweise den ganzen Tag durch, nachdem sie einmal eingeschaltet worden sind, obwohl sie prinzipiell nur in den Pausen genutzt werden. Eine solche Bedarfsteuerung könnte man mit Bewegungssensoren realisieren.

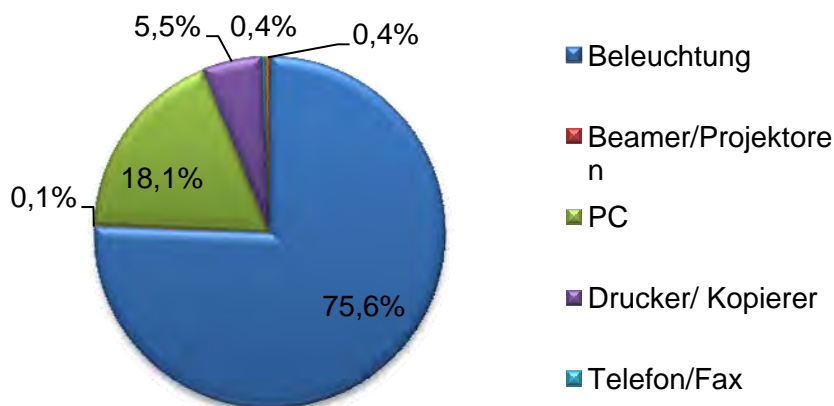
### 3.4.2.5 Labore



**Abbildung 17:** Verbraucher in den Laboren

Bei den Laboren ist der größte Verbraucher das Laborequipment (vgl. Abbildung 17). In diesen Räumen ist das Einsparpotential sehr gering, da das Laborequipment für Ausbildungs- und Forschungszwecken gebraucht wird.

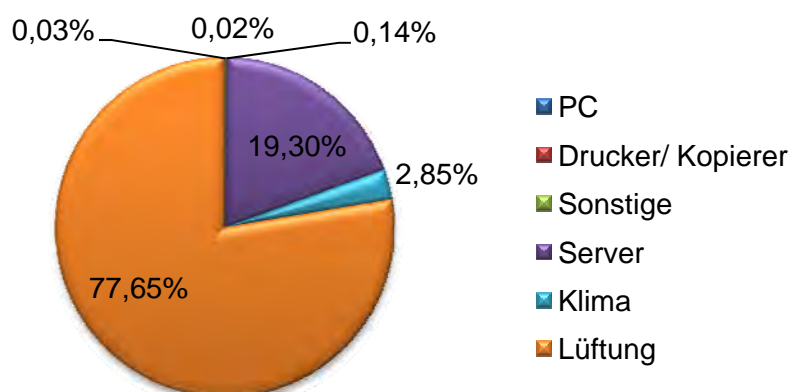
### 3.4.2.6 Bibliothek



**Abbildung 18:** Verbraucher in der Bibliothek

In der Bibliothek ist der Hauptverbraucher die Beleuchtung. Weitere Verbraucher, die eine größere Rolle beim Stromverbrauch spielen sind die IT-Geräte (vgl. Abbildung 18). Es wird vor allem Einsparpotential bei der Beleuchtung gesehen. Während der Projektrecherche war immer wieder zu beobachten, dass im Erdgeschoss der Bibliothek bei Sonnenschein das Licht angeschaltet ist.

### 3.4.2.7 Technikräume

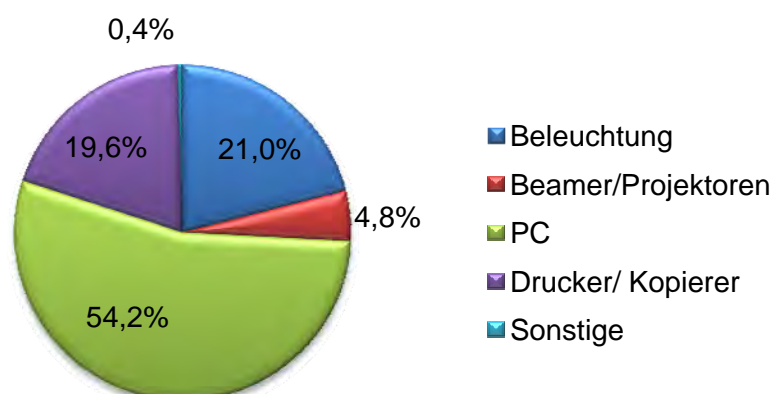


**Abbildung 19:** Verbraucher in den Technikräumen

Die größten Verbraucher in den Technikräumen sind die Lüftungsanlagen, gefolgt von den Servern des Hochschulnetzwerks (vgl. Abbildung 19). Um Energie bei den Lüftungsanlagen einzusparen, muss zunächst eine aufwendigere Analyse des Systems durchgeführt werden. Dafür müssen Messungen am System durchgeführt werden.

Um Energie im Bereich der Server einzusparen strukturiert die Hochschule das Hauptrechenzentrum in den nächsten Monaten um. Dabei wird das Rechenzentrum auf GreenIT umgestellt.

### 3.4.2.8 PC- Pools

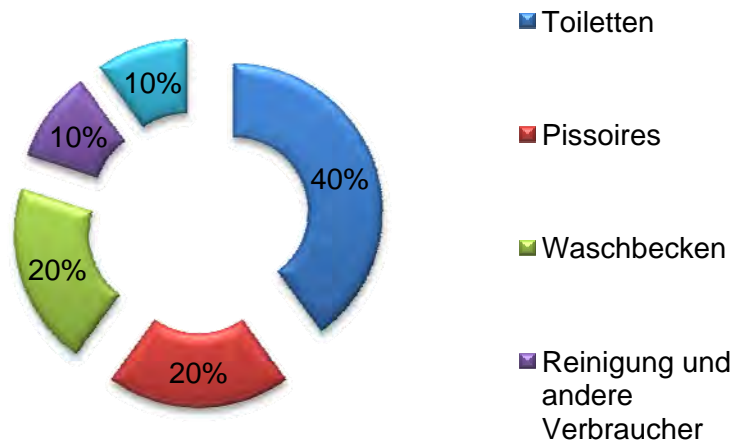


**Abbildung 20:** Verbraucher in den PC- Pools

Der größte Verbraucher in den PC- Pools ist die EDV- Ausstattung (vgl. Abbildung 20). In vielen Rechenzentren wird von den Mitarbeitern schon effizient Strom eingespart, in dem nach den Öffnungszeiten die Computer runtergefahren und vom Netz getrennt werden. So wird effizient der Verbrauch im Schein- Aus- Zustand verhindert. Desweiteren besteht bei der Beleuchtung noch Einsparpotenzial. Da diese Räume auch nicht regelmäßig benutzt werden wäre eine Bedarfsteuerung zu empfehlen.

## 3.5 Wasserbedarf

Der Wasserverbrauch der betrachteten Gebäude lag im Jahr 2010, laut den Informationen des Haustechnikteams der Hochschule, bei 3665 m<sup>3</sup>. Allerdings sind diese Daten nicht vollständig, da Daten einzelner Gebäude nicht erfasst sind. Aus diesem Grund hat das Projektteam eine überschlägige Berechnung zur Ermittlung des Einsparpotenzials durchgeführt. Die Hauptwasserverbraucher in den betrachteten Gebäude sind die Toiletten, Urinale und Waschbecken (vgl. Abbildung 21). Die Chemielabore und die Reinigung der Gebäude verursachen zusammen ca. 20% des gesamten Wasserverbrauches.



**Abbildung 21:** Wasserverbraucher an der Hochschule

Das größte Einsparpotenzial wird bei den Toilettenräumen gesehen, sie sind überwiegend noch die Erstausrüstung. Ältere Spülkästen verbrauchen zum Teil mehr als zehn Liter Wasser pro Spülung. Moderne Systeme reduzieren diesen Verbrauch je nach Bedarf auf bis zu 3 Liter pro Spülung.<sup>67</sup> Dies kann eine Reduzierung des Spülwassers um bis zu 50 % bedeuten. Desweiteren sind auch bei dem Pissoir und bei den Waschbecken Einsparungen möglich. Darüber hinaus ist auch zu Überlegen ob das Spülwasser durch ein Regenwassernutzungssystem gewonnen werden kann.

---

<sup>6</sup> Vgl. Stiftung Warentest Test 2/2002

<sup>7</sup> Vgl. Energiesparen im Haushalt.de

## 4 Zusammenfassung der Energiebedarfsanalyse

Im Folgenden werden zusammenfassend in der Tabelle 1 die Ergebnisse der Bedarfsanalyse in Bezug auf den elektrischen Strom und die Wärme dargestellt.

**Tabelle 1:** Strom- und Wärmebedarf sowie spezifische flächenbezogene Verbräuche

Ort	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Strom- verbrauch [kWh/a]	Wärme- bedarf [kWh/a]	spez. Strom- verbrauch [kWh/m <sup>2</sup> a]	spez. Wärme- bedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]
Geb. 15	798	25.750	61.153	32	77
Geb. 17	3.174	113.700	363.000	36	114
Geb. 03	5.000	249.400	1.561.000	70	312
Geb. 05	4.863	43.706	510.000	9	105
Geb. 02	5.057	729.120	1.113.000	144	220
<b>Summe</b>	<b>18.892</b>	<b>1.161.676</b>	<b>3.608.153</b>	<b>58</b>	<b>166</b>
<b>Kosten*</b>		<b>290.419 €</b>	<b>360.815 €</b>		

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

Üblicherweise werden die Energieverbräuche in der spezifischen Form bezogen auf ein Jahr und einen m<sup>2</sup> Fläche dargestellt.

Da die Gebäude der Hochschule in der vorlesungsfreien Zeit und in den Semesterferien, und das sind in Summe 16 Wochen pro Jahr, nicht vollständig genutzt werden, ist diese Darstellung eigentlich nicht korrekt. Die in der Tabelle 5 aufgelisteten spezifischen Verbrauchswerte müßten um mindestens 15 bis 25% erhöht werden.

Gebäude 15 unterschreitet in Bezug auf die Heizung den Mindeststandard der EnEV 2007 von 100 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>8</sup>, Gebäude 17 und 5 überschreiten diesen geringfügig und Gebäude 2 und 3 liegen mit 220 bzw. 312 kWh/m<sup>2</sup>a auf dem Niveau älterer Gebäude vor Einführung der Wärmeschutzverordnung von 1984. Wie bereits weiter oben angemerkt wurde, hängt die Erfüllung der Energieverbrauchsstandards nicht nur von der Gebäudebeschaffenheit sondern ganz wesentlich auch vom Nutzerverhalten ab, insbesondere bei den Gebäuden, die konventionell mit Konvektionsheizkörpern betrieben werden.

<sup>8</sup> Vgl. Krimmling (2007), S. 101.

Bei den Gebäuden, die mit einer Lüftungsanlage versehen sind, ist zwar bereits der Umluftbetrieb realisiert, der Wärmeinhalt der Abluft wird jedoch nicht genutzt.

Bei einem angenommenen Wärmepreis von 0,10 €/kWh ergeben bei den untersuchten Gebäuden je 10% Energieeinsparung eine Kosteneinsparung von ca. 36.000 €/a.

Wenn alle von der Gruppe untersuchten Gebäude im Durchschnitt auf den maximalen Wärmebedarf nach der Energieeinsparverordnung von 2007 betrieben würden (100 kWh/m<sup>2</sup>a), könnten 40% an Wärmeenergie und 144.000 €/a an Kosten eingespart werden.

Die Ressource Wasser wurde in diesem Kapitel nicht dargestellt, da ein Vergleich von Gebäuden derart unterschiedlicher Nutzung nicht sinnvoll erscheint.

## 5 Ressourcen- und Energieeinsparpotentiale

Im Kapitel 4 wurden bereits grundlegende Einsparpotentiale bei den verschiedenen Gebäuden und Raumarten beschrieben.

Im Folgenden werden zwei Optimierungsmöglichkeiten beschrieben, wobei eine Wirtschaftlichkeitsanalyse aufgrund der begrenzten zur Verfügung stehenden Projektzeit nicht durchgeführt werden konnte. Alle untersuchten Optimierungsmöglichkeiten sind im Detail der Projektarbeit dieser Gruppe zu entnehmen<sup>9</sup>.

### 5.1 Optimierungsmöglichkeiten bei der Lüftungsanlage im Chemiegebäude (2)

In Gebäude 2 (Chemiegebäude) sind gesetzliche Luftwechselzeiten aufgrund von flüchtigen Chemikalien vorgeschrieben, deshalb ist in diesem Gebäude ein Lüftungssystem für die Laboratorien installiert. In Laboratorien ist ein Luftwechsel von 7 vorgeschrieben, d.h. das Luftvolumen muss in einer Stunde 7 mal ausgetauscht werden. Aufgrund dieser hohen Luftwechselzeiten ist in Gebäude 2 die Lüftung der größte elektrische Verbraucher und dieses Gebäude benötigt zum Beheizen sehr viel Wärmeenergie. Mit Hilfe einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung könnte wärmetechnisch der Wirkungsgrad erhöht und damit die Heizkosten erheblich gesenkt werden. Aufgrund der großen Luftmengen würde dies aber hohe Investitionskosten verursachen. Zur Erwärmung der kalten Frischluft können neben einer Wärmerückgewinnungsanlage zusätzlich auch Erdwärmetauscher<sup>10</sup> zur Vorwärmung der kalten Frischluft auf über 0 °C eingesetzt werden. Erdwärmetauscher haben außerdem den Vorteil, dass sie im Sommer zur Gebäudekühlung genutzt werden können.

Mit einem Wärmerückgewinnungsgerät kann der mindestens 20°C warmen Abluft, Wärme entzogen werden und der kühlen Zuluft zugeführt werden. Die mindestens 0°C warme Luft aus dem Erdwärmetauscher kann mit einem Wärmerückgewinnungssystem je nach dessen Wirkungsgrad auf 10 bis 18°C erwärmt werden, wodurch die Heizung die Luft nur noch um wenige Grad Celsius erwärmen muss. Ein solches System spart deutlich, Wärmeenergie, Heizkosten und schont damit die Umwelt.<sup>11</sup>

In neuen zentralen Lüftungsanlagen mit einem Luftvolumenstrom über 4000 m<sup>3</sup>/h ist ein Wärmerückgewinnungsgerät seit der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 Pflicht. Bei Modernisierungen können durch ein Wärmerückgewinnungssystem Einsparpotentiale für

---

<sup>9</sup> Vgl.: Gerstenberger et.al.

<sup>10</sup> Vgl.:Paul, Eberhard

<sup>11</sup> Vgl.:Paul, Eberhard

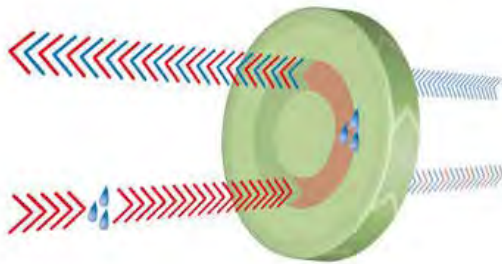
Energie und deren Kosten von mindestens 20-40% erreicht werden.<sup>12</sup>

Gebäude 2 hatte in 2010 einen Wärmebedarf von 1.113.000 kWh. Bei angenommenen Kosten von 0,1 €/kWh Wärme, wären durch ein Wärmerückgewinnungssystem damit mindestens 22.000 bis 45.000 € pro Jahr an Kosteneinsparungen realisierbar.

Zur Wärmerückgewinnung stehen verschiedene Systeme zur Auswahl:

- Rotationswärmetauscher<sup>13</sup>

Bei einem Rotationswärmetauscher wird die warme Abluft im Winter durch ein rotierendes Wärmetauscherrad geführt. Die kalte Frischluft wird im Gegenstrom zugeführt und erwärmt sich an dem Wärmetauscherrad. Im Sommer wird der Mechanismus umgekehrt und der Zuluftstrom abgekühlt. Ein Rotationswärmetauscher wie er in Abbildung 22 abgebildet ist, besitzt einen Wirkungsgrad von 65-80%.<sup>14</sup>



**Abbildung 22:** Rotationswärmetauscher<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup>Vgl.: Deutsche Energie Agentur [3]

<sup>13</sup>Vgl.: Deutsche Energie Agentur [3]

<sup>14</sup>Vgl.: EnergieAgentur.NRW

<sup>15</sup>Vgl.: Deutsche Energie Agentur [3]

- Platten-Wärmetauscher<sup>16</sup>

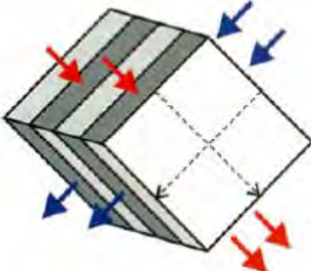
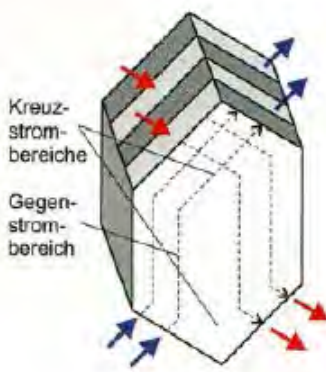
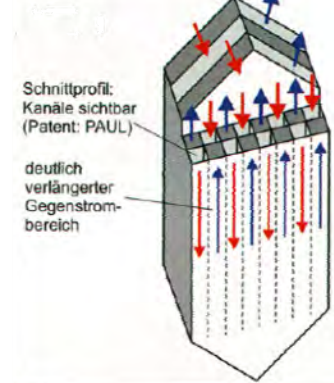
Bei einem Plattenwärmetauscher müssen der Abluftstrom und der Zuluftstrom aneinander vorbeigeführt werden. Die beiden Ströme sind durch eine wärmeleitende Metallschicht getrennt. Je größer die Fläche der Schicht ist, desto besser ist der Wärmeaustausch zwischen Abluft und Zuluft.

In Tabelle 2 sind drei verschiedene Varianten dargestellt, wobei der Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher die geringste Wärmeübertragungsfläche besitzt und somit auch den geringste Wirkungsgrad hat.

Der Gegenstrom-Kanalwärmetauscher der Firma PAUL besitzt keine Platten, sondern kleine quadratische Kanäle, wodurch die wärmetauschende Fläche sehr groß ist. Damit hat der Gegenstrom-Kanalwärmetauscher den größten Wirkungsgrad.

Der Wirkungsgrad eines Platten-Wärmetauschers liegt zwischen 45-60%.<sup>17</sup>

**Tabelle 2:** Plattenwärmetauscher Varianten<sup>18</sup>

Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher	Kreuzgegenstrom-Plattenwärmetauscher	Gegenstrom-Kanalwärmetauscher
		
Wärmerückgewinnungseffektivität	Wärmerückgewinnungseffektivität	Wärmerückgewinnungseffektivität
+	++	+++

- Kreislaufverbund Wärmetauscher

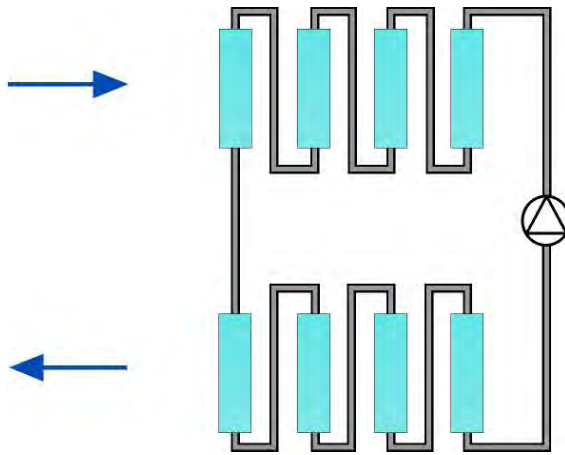
Der Kreislaufverbund Wärmetauscher (vgl. Abbildung 23) besitzt einzelne Register die in Reihe geschaltet sind und die Wärme von der Abluft auf ein flüssiges Medium

<sup>16</sup> Vgl.: Ingenieurbüro für Energieberatung

<sup>17</sup> Vgl.: EnergieAgentur.NRW

<sup>18</sup> Vgl.: Paul, Eberhard

übertragen, welches durch die Register fließt. Das flüssige Medium überträgt dann die Wärme auf die kühle Zuluft. Mit einem Kreislaufverbund Wärmetauscher ist ein Wirkungsgrad zwischen 45-70% möglich.<sup>19</sup>



**Abbildung 23:** Kreislaufverbund Wärmetauscher<sup>20</sup>

Einen Anhaltspunkt zu den Kosten der verschiedenen Systeme ist auf der Internetseite EnergieAgentur.NRW<sup>21</sup> zu finden:

- Rotationswärmetauscher: 500-700€/1000m<sup>3</sup>/h
- Platten-Wärmetauscher: 300-600€/1000m<sup>3</sup>/h
- Kreislaufverbund Wärmetauscher: 600-1200€/1000m<sup>3</sup>/h

Die Lüftung in Gebäude 2 setzt nach den Berechnungen der Projektgruppe ca. 60.000 m<sup>3</sup>/h Luft durch. Das Investitionsvolumen für einen Wärmetauscher liegt damit zwischen 18.000 und 72.000 € zuzüglich der Peripherie, wie Rohrleitungen und einer Anpassung der Ventilatoren.

Im Rahmen eines Folgeprojektes sollten die verschiedenen technischen Varianten in Bezug auf ihre Realisierbarkeit und der Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Wesentlich für die Wirtschaftlichkeit ist die Abschreibungsdauer einer Wärmerückgewinnung. Da es sich um ein langlebiges Gut handelt, sollte eine derartige Optimierung auch über einen längeren Zeitraum, z.B. 10 bis 15 Jahre betrachtet werden. Unter dieser Annahme lassen sich dann auch größere Investitionen, die einen hohen technischen Wirkungsgrad ermöglichen, realisieren.

<sup>19</sup> Vgl.: EnergieAgentur.NRW

<sup>20</sup> Vgl.: Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.

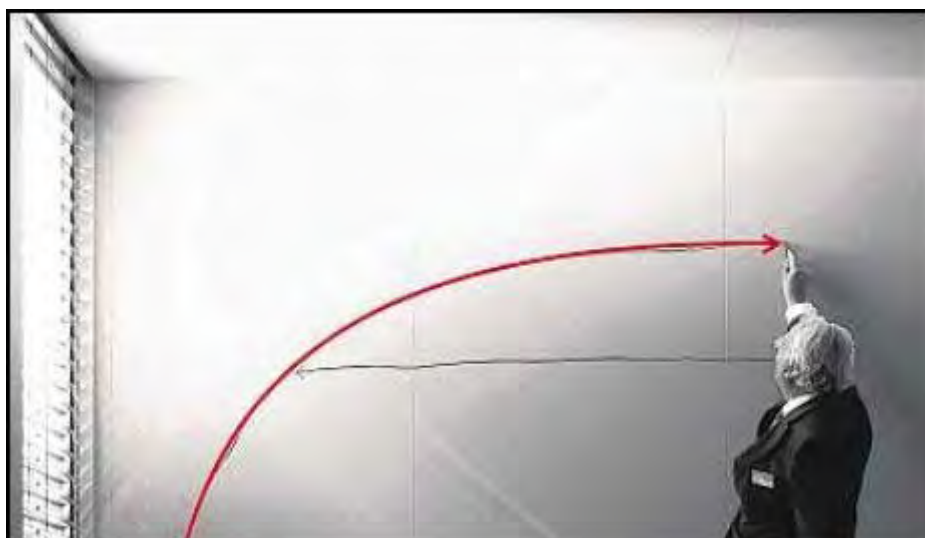
<sup>21</sup> Vgl.: EnergieAgentur.NRW

## 5.2 Optimierungsmöglichkeiten bei der Beleuchtung

In diesem Kapitel werden verschiedene Optimierungsansätze im Bereich Beleuchtung beschrieben. Zum einen wird eine Lichtleittechnik erläutert, in der das Licht über Jalousien in den Raum geleitet wird, zum anderen wird aufgelistet, wie viel Energie durch Veränderungen an der Beleuchtung eingespart sowie durch Zeitschaltuhren und Bewegungsmelder eingespart werden kann.

### 5.2.1 Tageslichtleitung durch Spezialjalousien (Retro-Technik)<sup>22</sup>

Bei der von der Firma Köster Lichtplanung entwickelten Retro-Technik wird Sonnenlicht über die spezielle Jalousien in den Raum geleitet, ohne dass der Raum dabei durch die Wärmestrahlung aufgeheizt wird. Die Jalousieelemente sind fresnelartig profiliert. Dadurch wird das einfallende Licht, wie in der Abbildung 24 veranschaulicht, zur Raumdecke geleitet und wird von dort in den Raum reflektiert. Das Sonnenlicht wird zur indirekten Beleuchtung genutzt, ohne die Wärmestrahlung in den Raum zu erhöhen, denn diese wird von den Jalousien reflektiert. Es kann auf künstliche Tagesbeleuchtung verzichtet werden, was die Wärmelast durch künstlich zusätzlich verringert. Außerdem ermöglichen die speziellen Lamellen trotzdem mit 74% eine hervorragende Durchsicht, was die Raumbehaglichkeit positiv beeinflusst. Der Hersteller erwartet eine Energieeinsparung von 25 bis 30%.



**Abbildung 24:** Sonnenlichtführung über Spezialjalousien<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Vgl. Köster H., VDI nachrichten Nr. 15/16, 2011, S. 12

<sup>23</sup> Vgl. Köster H., VDI nachrichten Nr. 15/16, 2011, S. 12

## 5.2.2 Modernisierung der Beleuchtung

In den Gebäuden der Hochschule ist noch die Beleuchtung aus den Erbauungsjahren der Gebäude installiert und steht damit nicht mehr auf dem Stand der aktuellen Technik. Es steckt damit sehr viel Einsparpotential im Bezug auf die Beleuchtung und deren Steuerung. Als Leuchtmittel sind in den Gebäuden überwiegend Leuchtstoffröhren mit dem Durchmesser von 26mm (T8 Leuchtstoffröhren) verbaut, die über einen Schalter an den Türen ein- und ausgeschaltet werden.

Das Fraunhofer Institut hat auf der Grundlage der Gebäudeausrüstung mit T8-Lampen Untersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungen haben ergeben, dass durch diverse Maßnahmen bis zu 80% Energie eingespart werden kann. (siehe Abbildung 25).

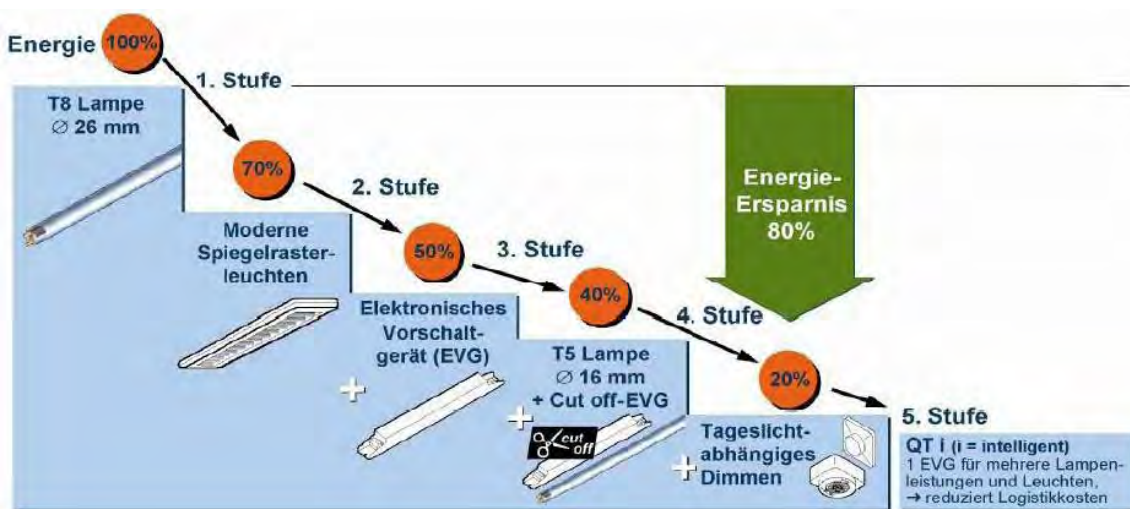


Abbildung 25: Einsparpotential Beleuchtung<sup>24</sup>

Um diese Einsparung zu erreichen, müssten folgende Änderungen an dem bestehenden Beleuchtungssystem vorgenommen werden:

- Moderne Spiegelrasterleuchten<sup>25</sup>

Standardmäßig werden Leuchten mit weißen Reflektionsflächen eingesetzt. Diese können aber nur 75% des von der Lampe erzeugten Lichts reflektieren. Bei Einsatz von Aluminiumreflektoren kann bis zu 95% des erzeugten Lichtes reflektiert werden, damit können schwächere oder weniger Lampen eingesetzt und die Stromkosten reduziert werden. Diese Reflektoren können bei bestehenden Leuchten nachgerüstet werden. Eine Energieeinsparung von 30% ist durch eine derartige Nachrüstung möglich.

<sup>24</sup> Vgl. ETG Energietechnische Gesellschaft im VDE

<sup>25</sup> Vgl. Deutsche Energie Agentur dena [4]

- Elektronisches Vorschaltgerät (EVG)<sup>26</sup>

Ein elektronisches Vorschaltgerät stabilisiert nach dem Einschalten den Vorheizstrom und liefert nach dem Vorheizen die nötige Startspannung für die Lampe. Nachdem die Lampe leuchtet, begrenzt das elektronische Vorschaltgerät den Lampenstrom. Dadurch wird die Lebensdauer der Leuchtstoffröhre verlängert und ca. 20% Energie eingespart.

- T5 Leuchtstoffröhren<sup>27</sup>

Mit dem Wechsel von einer T8 Leuchtstoffröhre zu einer T5 Leuchtstoffröhre verringert man den Leuchtstoffröhrendurchmesser von 26mm auf 16mm. Diese T5 Leuchtstoffröhren haben eine höhere Lichtausbeute bei geringerem Stromverbrauch und es kann rund 10% der Energie eingespart werden.

- Tageslicht abhängiges Dimmen<sup>28</sup>

Um Energie einzusparen ist es sinnvoll die kostenlos zur Verfügung stehende Energie der Sonne zu nutzen. Bei der Beleuchtung können durch das kostenlose Sonnenlicht ca. 20% der Energie eingespart werden. Um diese 20% zu erreichen, muss ein Dimmen der Beleuchtung durch eine tageslichtabhängige Beleuchtungssteuerung realisiert werden.

### 5.2.3 Zeitschaltuhren / Bewegungsmelder

Nicht zu unterschätzen ist, dass gerade an der Hochschule, die Beleuchtung häufig nicht nach ihrem tatsächlichen Bedarf gesteuert wird. Beispielsweise wird das Untergeschoss der Bibliothek meistens beleuchtet, obwohl niemand dort ist.

Um dieser Tatsache entgegensteuern zu können, würde sich der Einsatz von Zeitschaltuhren lohnen. Mit Zeitschaltuhren lässt sich die Beleuchtung außerhalb der Öffnungszeiten gezielt abschalten. Bei sehr wenig genutzten Räumen könnten Bewegungsmelder installiert werden, damit das Licht nicht unnötigerweise brennt.<sup>29</sup>

### 5.2.4 Zusammenfassung Beleuchtung

Die Ergebnisse in Kapitel 3.4.2 haben gezeigt, dass in der Bibliothek, den Toiletten, den Fluren und den Vorlesungsräumen die Beleuchtung den größten Teil des Stromverbrauches

---

<sup>26</sup> Vgl. Vossloh-Schwabe Deutschland GmbH

<sup>27</sup> Vgl. Feberwee, Nils

<sup>28</sup> EnergieAgentur.NRW [2]

<sup>29</sup> EnergieAgentur.NRW [2]

ausmacht. So ist, wie in der Tabelle 3 abgebildet ist, der prozentuale Anteil des Stromverbrauches bei den genannten Raumtypen größer als 50%, sogar 75% bei der Bibliothek.

**Tabelle 3:** Prozentualer Stromverbrauch der Beleuchtung

<b>Raumtyp</b>	<b>prozentualer Stromverbrauch durch Beleuchtung</b>
<b>Vorlesungsräume</b>	70%
<b>Flure</b>	71%
<b>Toiletten</b>	54%
<b>Bibliothek</b>	76%

Der Gesamtverbrauch für Beleuchtung der in Tabelle aufgelisteten Räume beläuft sich auf 67.554 kWh pro Jahr und verursacht bei einem angenommenen Strompreis von 0,25 €/kWh jährlich Stromkosten in Höhe von 16.885 €.

Würden nur die in Kapitel 5.2.2 genannten Modifikationen durchgeführt, könnten 80% des momentanen Energieverbrauchs für die Beleuchtung und ca. 13.500 € an jährlichen Kosten eingespart werden. Würde noch die Retro-Technik, Zeitschaltuhren und Bewegungsmelder eingesetzt, könnten bis zu 95% der heute benötigten elektrischen Energie und ca. 16.000 € an Kosten nur für die untersuchten Gebäude eingespart werden.

## 6 Zusammenfassung des Projektes, Ausblick

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde der Ressourcen- und Energiebedarf der Gebäude 02 (Chemie), 03 (Bibliothek, Rechenzentrum), 05 (Verwaltung und Betriebswirtschaft), 15 (Wirtschaftsingenieurwesen) und 17 (Betriebswirtschaft) ermittelt und prinzipielle Optimierungsvorschläge erarbeitet.

Die Projektgruppe hat die Gebäude in Bezug auf die einzelnen Verbrauchsarten untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Beheizung der untersuchten Gebäude bei weitem den größten Energieverbrauch verursacht. Insbesondere das Gebäude 02 (Chemie) weist mit 350 kWh/m<sup>2</sup>a einen sehr hohen spezifischen Energieverbrauch auf. Das Gebäude ist mit einer Belüftungsanlage ausgerüstet, die ohne Wärmerückgewinnung ausgestattet ist. 220 kWh/m<sup>2</sup>a werden in diesem Gebäude nur für die die Beheizung verbraucht. Hinzu kommen ca. 145 kWh/m<sup>2</sup>a für Strom, wobei der Betrieb der Lüftungsventilatoren hier erheblich zu Buche schlägt. Alle Gebäude, in welchen Lüftungsanlagen eingesetzt werden, müssten mit einer Wärmerückgewinnung ausgerüstet werden. Die technischen Möglichkeiten wurden im Rahmen dieser Arbeit eruiert.

Auffällig ist in den Gebäuden 05 und 17 die Diskrepanz zwischen dem theoretischen Heizenergiebedarf und dem tatsächlichen Energieverbrauch, welcher deutlich höher liegt. In beiden Gebäuden befinden sich ein größerer Anteil an Büros. Es wird vermutet, dass alleine durch geändertes Nutzerverhalten in diesen Gebäuden der Energiebedarf für die Beheizung signifikant gesenkt werden kann.

Neben Ventilatoren in den Technikräumen verursachen in allen Gebäuden die Büroräume einen wesentlichen Anteil an dem Bedarf an elektrischer Energie. Desweiteren sind es vor allem in Gebäude 3 die Bibliothek und in Gebäude 2 die Labore, welche einen großen Anteil am Stromverbrauch haben. Für Beleuchtung und PC-Equipment werden 43 % des gesamten elektrischen Energieverbrauchs aller untersuchten Gebäude benötigt. Bei den Vorlesungssälen, der Bibliothek und den Fluren wird mehr als 70% der elektrischen Energie für die Beleuchtung aufgewendet. Durch Aufrüstung auf den Stand der Technik sind hier mehr als 80% Energieeinsparung möglich.

Im Bereich der EDV verbirgt sich ein leicht zu nutzendes und großes Einsparpotenzial. Durch die große Anzahl an EDV- Geräten würden schon kleine Änderungen zu einem größeren Erfolg führen. Dies wäre durch einen umweltbewussten Umgang mit den Geräten machbar. Zum einen bestünde durch das konsequente Nutzen des Powermanagements der Geräte die Möglichkeit Energie einzusparen. Und zum anderen ist auch hier der Faktor Mensch eine sehr wichtige Stellgröße. Langfristige Ansätze im Bereich der EDV sind die Anschaffung energieeffizienter Geräte. Desweiteren müsste bei einer Modernisierung der IT- Ausstattung

überlegt werden, ob es nicht energieeffizientere Alternativen zum bestehenden System gibt. Als Beispiel sind die Desktop- PCs in der Verwaltung zu nennen. Es wäre sinnvoll zu überprüfen ob diese mit stromsparenden Thin Client ersetzt werden können. Das würde neben der Energieeinsparung auch den Administrationsaufwand des IT-Teams deutlich verringern.

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde auch analysiert, welche Möglichkeiten zur Gewinnung von elektrischer Energie mittels Photovoltaik an der Hochschule bestehen. Die Rahmenbedingungen für solch eine Anlage sind gut, da Reutlingen einer der sonnenreichsten Orte der Bundesrepublik ist und die Flachdachkonstruktion der Gebäude eine einfache Montage und optimale Ausrichtung ermöglichen. Darüber hinaus ist es auch möglich notwendige Dachsanierungen im Zuge der Installation einer Photovoltaikanlage durchzuführen.

Alle untersuchten Gebäude verursachen jährlich Stromkosten in Höhe von ca. 90.000 € und jährliche Wärmekosten in Höhe von ca. 250.000 €. Wenn diese Gebäude im Durchschnitt auf den maximalen Wärmebedarf nach der Energieeinsparverordnung von 2007 betrieben würden (100 kWh/m<sup>2</sup>a), könnten 40% an Wärmeenergie und ca. 144.000 €/a an Kosten nur bei der Wärmebereitstellung eingespart werden.

Details zu den oben kurz beschriebenen energieeffizienten Alternativen im Bereich EDV, zur Photovoltaiknutzung auf den Gebäuden und die ausführlichen Ergebnisse zu den Energieeinsparungen sind dem Hauptbericht der Projektgruppe zu entnehmen<sup>30</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. Das Einsparpotential durch geändertes Nutzerverhalten ist erheblich und verursacht relativ geringe Kosten, im Wesentlichen durch geeignete regelmäßige Schulungen der Hochschulmitarbeiter und der Studierenden.

An der Hochschule Reutlingen besteht ein sehr großes Potential zur Optimierung der Ressourceneffizienz, welches nicht nur durch technische Maßnahmen gehoben werden kann. Jeder Einzelne an der Hochschule muss seinen Teil zur Ressourcen- und Energieeffizienz beitragen und das Image der Hochschule Reutlingen in diesem Bereich auf das Niveau zu heben, welches im Bereich Internationalität bereits vorhanden ist.

---

<sup>30</sup> Vgl. Gerstenberger et.al. (2011).

## 7 Literatur

- Deutsche Energie Agentur dena [3] Internetquelle: [www.energieeffizienz-im-service.de](http://www.energieeffizienz-im-service.de)  
Zugriff: 17.06.2011  
Broschüre: Frische Luft für wenig Geld
- Deutsche Energie Agentur dena [4] Internetquelle: <http://www.energieeffizienz-im-service.de/innenraumbeleuchtung/energieeffizienter-oberbeleuchtung/optimierungsmoeglichkeiten.html>  
Zugriff: 23.06.2011  
Optimierungsmöglichkeiten (Innenraumbeleuchtung)
- DIN 1946-7 Raumluftechnik – Teil 7: Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien, Beuth Verlag, 2009
- EnergieAgentur.NRW Internetquelle: <http://www.ea-nrw.de/unternehmen/page.asp?TopCatID=&CatID=3913&RubrikID=3913>  
Zugriff: 16.06.2011  
Lüftungsanlagen
- EnergieAgentur.NRW [2] Internetquelle: <http://www.ea-nrw.de/unternehmen/page.asp?TopCatID=&CatID=3905&RubrikID=3905>  
Zugriff: 23.06.2011  
Beleuchtung
- Energiesparen im Haushalt.de Internetquelle: <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/tipps-zum-energiesparen/hoher-wasserverbrauch/wasser-sparen-tipps/wassersparen/wasser-sparen-toilette.html>  
Zugriff: 15.06.2011  
WC- Spülkasten
- 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
- Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. Internetquelle: [http://www.rlt-ino.de/RLtgeraet/WRG/Bauarten\\_WRG/Hochleistungs\\_KVS/hochleistungs\\_kvs.html](http://www.rlt-ino.de/RLtgeraet/WRG/Bauarten_WRG/Hochleistungs_KVS/hochleistungs_kvs.html)  
Zugriff: 17.06.2011  
Hochleistungs-Kreislaufverbundsysteme
- Feberwee, Nils Internetquelle: <http://www.reptilienlicht.de/leuchtmitteltypen/leuchtstoffroehren/unterschied-t5-t8/1-leuchtstoffroehren/6-unterschiedt5undt8.html>  
Zugriff: 23.06.2011  
Unterschied – T5 / T8  
Autor: Nils Feberwee
- Gerstenberger, S., Guna-  
wan, J., Schneider, M.,  
Weisser, B. Industrial Ecology Project, Nachhaltigkeit an der Hochschule Reutlingen, Energie- und Ressourceneffizienzpotentiale im Hochschulbereich – 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

Hochschule Reutlingen	Internetquelle: <a href="http://www.reutlingen-university.de">www.reutlingen-university.de</a> Zugriff: 08.05.2011
Ingenieurbüro für Energieberatung	Internetquelle: <a href="http://www.heiz-tipp.de/ratgeber-733-luft_luft_waermetauscher.html">http://www.heiz-tipp.de/ratgeber-733-luft_luft_waermetauscher.html</a> Zugriff: 14.06.2011 Luft-Luft Wärmetauscher Autor: Dipl.-Ing. Frank Nowotka
Krimmling, Jörn	Energieeffiziente Gebäude – Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater, 2. Aufl., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2007
Köster Helmut	Tageslichttechnik statt Sonnenschutz, VDI nachrichten Nr. 15/16, S.12, Düsseldorf, 15. April 2011
Paul, Eberhard	Internetquelle: <a href="http://www.paul-lueftung.net/downloads/sbz_12_2008.pdf">http://www.paul-lueftung.net/downloads/sbz_12_2008.pdf</a> Zugriff: 15.06.2011 Broschüre: Systeme im direkten Vergleich Erscheinungsdatum:12/2008 Autor: Dipl.-Ing. Eberhard Paul
Stiftung Warentest	Weniger zahlen, ohne zu verzichten Autor: Stiftungarentest Ausgabe: test 2/2002
Verein Deutscher Ingenieure	VDI- Richtlinien VDI 4075 Verein Deutscher Ingenieur- Koordinierungsstelle Umwelttechnik März 2005
Vossloh-Schwabe Deutschland GmbH	Internetquelle: <a href="http://www.vossloh-schwabe.com/ger/technische_hinweise/leuchtstofflampen/82.php">http://www.vossloh-schwabe.com/ger/technische_hinweise/leuchtstofflampen/82.php</a> Zugriff: 23.06.2011
Streibel, Martin	Elektronische Vorschaltgeräte (EVG) Präsentation: Energieeffiziente IT- und Bürogeräte: Mindeststandards, Labelling, Einsparpotenziale und Optimierung des Nutzerverhaltens. Autor: Dr. Martin Streibel 26. Oktober 2010, Heilbronn

**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
- 2011 - 15** *Peter Kleine-Möllhoff / Svenja Gerstenberger / Junghan Gunawan / Michael Schneider / Bernhard Weisser:*  
Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen -  
Verwaltung, Bibliothek, Rechenzentrum, Betriebswirtschaft, Chemie,  
Wirtschaftsingenieurwesen

ISSN 1863-0316