

Kleine-Möllhoff, Peter; Haußmann, Martin; Holzhausen, Michael; Lehr, Tobias;  
Steinbrück, Mandy

**Working Paper**

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

Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management, No. 2011-13

**Provided in Cooperation with:**

ESB Business School, Hochschule Reutlingen

*Suggested Citation:* Kleine-Möllhoff, Peter; Haußmann, Martin; Holzhausen, Michael; Lehr, Tobias; Steinbrück, Mandy (2011) : Energie- und Ressourceneffizienz an der Hochschule Reutlingen: Mensa, Sporthalle, Aula, Containergebäude 20, Kindertagesstätte, Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management, No. 2011-13, Hochschule Reutlingen, ESB Business School, Reutlingen, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:21-opus-58420>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/57384>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

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

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

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

herausgegeben von Carsten Rennhak & Gerd Nufer

Nr. 2011 – 13



**Hochschule Reutlingen**  
Reutlingen University

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

Kurzfassung der Projektarbeit der Gruppe 2 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

Martin Haußmann

Michael Holzhausen

Tobias Lehr

Mandy Steinbrück

September 2011

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Inhaltsverzeichnis.....                                        | I   |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                    | III |
| Abbildungsverzeichnis.....                                     | IV  |
| Tabellenverzeichnis.....                                       | V   |
| 1 Einleitung .....                                             | 1   |
| 2 Vorgehensweise.....                                          | 2   |
| 2.1 Wärmebedarfsrechnung .....                                 | 3   |
| 2.2 Strombedarfsrechnung .....                                 | 5   |
| 2.3 Gasbedarfsrechnung .....                                   | 5   |
| 2.4 Wasserbedarfsrechnung .....                                | 6   |
| 3 Energie- und Ressourcenbedarf der untersuchten Gebäude ..... | 8   |
| 3.1 Mensa.....                                                 | 8   |
| 3.1.1 Strombedarf .....                                        | 8   |
| 3.1.2 Wärmebedarf .....                                        | 9   |
| 3.1.3 Wasserbedarf .....                                       | 10  |
| 3.1.4 Gasverbrauch .....                                       | 10  |
| 3.2 Sporthalle .....                                           | 11  |
| 3.2.1 Strombedarf .....                                        | 12  |
| 3.2.2 Wärmebedarf .....                                        | 13  |
| 3.2.3 Wasserbedarf .....                                       | 14  |
| 3.3 Aula .....                                                 | 14  |
| 3.3.1 Strombedarf .....                                        | 14  |
| 3.3.2 Wärmebedarf .....                                        | 15  |
| 3.3.3 Wasserbedarf .....                                       | 16  |
| 3.4 Gebäude 20.....                                            | 17  |
| 3.4.1 Strombedarf .....                                        | 17  |
| 3.4.2 Wärmebedarf .....                                        | 18  |

|       |                                                                   |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.3 | Wasserverbrauch.....                                              | 19 |
| 3.5   | Kindertagesstätte (KiTa).....                                     | 19 |
| 3.5.1 | Strombedarf .....                                                 | 19 |
| 3.5.2 | Wärmebedarf .....                                                 | 20 |
| 3.5.3 | Wasserbedarf .....                                                | 20 |
| 4     | Zusammenfassung des Energiebedarfsanalyse .....                   | 21 |
| 5     | Ressourcen- und Energieeinsparpotentiale .....                    | 23 |
| 5.1   | Überblick Ressourcen- und Energieeinsparpotentiale .....          | 23 |
| 5.2   | Energieeinsparung in der Sporthalle durch Thermosolartechnik..... | 26 |
| 5.3   | Regenwassernutzungsanlage .....                                   | 28 |
| 5.3.1 | Regenwasser für die Toilettenspülung .....                        | 29 |
| 5.3.2 | Regenwasser als Löschwasser .....                                 | 31 |
| 6     | Zusammenfassung des Projektes, Ausblick .....                     | 32 |
|       | Literatur .....                                                   | 34 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| a              | Jahr                        |
| Abb            | Abbildung                   |
| CAD            | Computer addet design       |
| cm             | Zentimeter                  |
| ESB            | European School of Business |
| h              | Stunde                      |
| K              | Kelvin                      |
| kg             | Kilogramm                   |
| KiTa           | Kindertagesstätte           |
| kJ             | Kilojoule                   |
| kW             | Kilowatt                    |
| kWh            | Kilowattstunde              |
| m              | Meter                       |
| m <sup>2</sup> | Quadratmeter                |
| m <sup>3</sup> | Kubikmeter                  |
| MWh            | Megawatt                    |
| PC             | Private Computer            |
| ROI            | Return on invest            |
| s              | Sekunden                    |
| W              | Watt                        |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 1: Übersicht Hochschule Campus .....                                                               | 2  |
| Abb. 2: Energiestufen des Energiepasses .....                                                           | 4  |
| Abb. 3: Jährlicher Stromverbrauch der Mensa und Verbrauchsaufschlüsselung .....                         | 9  |
| Abb. 4: Jährlicher Gasbedarf der Mensa und Verbrauchsaufschlüsselung .....                              | 11 |
| Abb. 5: Verteilung des Stromverbrauchs in der Sporthalle .....                                          | 12 |
| Abb. 6: Verteilung Heizbedarf in der Sporthalle .....                                                   | 13 |
| Abb. 7: Jährlicher Stromverbrauch der Aula und Verbrauchsaufschlüsselung .....                          | 15 |
| Abb. 8: Jährlicher Heizbedarf der Aula.....                                                             | 16 |
| Abb. 9: Gebäude 20 .....                                                                                | 17 |
| Abb. 10: Jährlicher Stromverbrauch und Top Stromverbraucher in Gebäude 20 .....                         | 18 |
| Abb. 11: Jährlicher Stromverbrauch der KiTa und Verbrauchsaufschlüsselung.....                          | 20 |
| Abb. 12: Energieeinsparungsmöglichkeiten Elektrizität.....                                              | 23 |
| Abb. 13: Energieeinsparungsmöglichkeiten Beleuchtung .....                                              | 24 |
| Abb. 14: Energieeinsparungsmöglichkeiten Heizung.....                                                   | 25 |
| Abb. 15: Beispiel für die Installation von Thermosolar Kollektoren auf einem Flachdach .....            | 27 |
| Abb. 16: Hydraulikschema einer Thermosolaranlage.....                                                   | 27 |
| Abb. 17: Aufbau einer Regenwassernutzungsanlage.....                                                    | 30 |
| Abb. 18: Sonnenlichtreflektion auf einem See am Beispiel der Nürnberger Versicherungen in Nürnberg..... | 31 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tab. 1: Inventarliste.....</i>                                                        | <i>5</i>  |
| <i>Tab. 2: Gasverbraucher in der Küche.....</i>                                          | <i>6</i>  |
| <i>Tab. 3: Referenzliste für WC-Besuche.....</i>                                         | <i>6</i>  |
| <i>Tab. 4: Ergänzung der für alle Projektgruppen gültigen Referenzliste.....</i>         | <i>7</i>  |
| <i>Tab. 5: Strom- und Wärmebedarf sowie spezifische flächenbezogene Verbräuche .....</i> | <i>21</i> |
| <i>Tab. 6: Relevante Daten für eine Regenwassernutzung.....</i>                          | <i>28</i> |



# 1 Einleitung

Steigende Rohstoffpreise und die Angst vor Ressourcenknappheit steigern zunehmend das Bewusstsein für „Grünes,“ bzw. nachhaltiges Handeln. Das Thema Energie- und Ressourceneffizienz wird in Zukunft eines der zentralen Themen unserer Gesellschaft sein.

Dabei versuchen nicht nur private Haushalte und die Industrie kontinuierlich ihren Energieverbrauch zu minimieren. Auch öffentliche Einrichtungen werden gezwungen, ihren Beitrag zur Energieeinsparung zu leisten, zumal erhebliche Kosteneinsparungen damit verbunden sein werden. Gerade der aktuelle Regierungswechsel in der Baden-Württembergischen Landesregierung lässt darauf schließen, dass das Thema Energie- und Ressourceneffizienz in öffentlichen Gebäuden zukünftig an Bedeutung gewinnen wird.

Die Untersuchung der Hochschule Reutlingen in Hinblick auf ihre Ressourceneffizienz bietet hierbei die Gelegenheit, in einem praxisnahen Projekt, einen Beitrag zur Ressourceneffizienz zu leisten. Da das Thema Ressourceneffizienzpotentiale sehr weit gefasst werden kann, bedarf es einer Eingrenzung der Zielsetzung. Das Ziel dieser Projektarbeit ist zunächst eine **Erstanalyse** des Energieverbrauchs bzw. des Energiebedarfes der Hochschule Reutlingen, um einen Gesamtüberblick über den Campus zu erhalten. Die Projektarbeit wurde in 3 Gruppen aufgeteilt. Bei der vorliegenden Kurzfassung werden die Ergebnisse der Gruppe 2 dargestellt, welche die folgenden Gebäude untersuchte:

- die **Mensa**
- die **Sporthalle**
- die **Aula**
- das neue **Interimscontainergebäude** (Geb. 20) und
- die **Kindertagesstätte** (KiTa)

Durch die Analyse werden Potentiale aufgedeckt, welche es der Hochschule ermöglichen, Energie, Ressourcen und Kosten einzusparen und gleichzeitig die Umweltbelastung zu senken. 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 Campus in Reutlingen besteht aus 15 verschiedenen Gebäuden, die zum Teil unterschiedlich alt bzw. unterschiedlich aufgebaut sind. Die Gebäude werden von der Hochschule Reutlingen und der Pädagogische Hochschule Ludwigsburg verwendet. Die Verwaltung der Gebäude erfolgt über das Bauamt Tübingen. Die Ausnahme bildet dabei die Mensa, welche über das Studentenwerk Tübingen-Hohenheim verwaltet wird. Das Bauamt ist zuständig für die Wartung, Instandhaltung und Verbesserung der Gebäude und ist somit neben der Hochschulleitung und der technischen Leitung eine weitere Zielgruppe dieser Arbeit.

Da es sich bei der Analyse des Energie- und Ressourcenbedarfs um ein umfangreiches Projekt handelt, wurden die Gebäude auf drei Projektgruppen aufgeteilt. Die Gebäude, die in dieser Arbeit analysiert wurden, sind die KiTa (13), die Sporthalle (11), die Aula (6), die Mensa (7) und das Interimscontainergebäude (20). Diese sind in der Abb. 1 rot markiert.



**Abb. 1:** Übersicht Hochschule Campus

Durch die Aufteilung auf Gebäude können nun die Energie- und Ressourcenverbräuche innerhalb der einzelnen Gebäude ermittelt werden. Obwohl es eine Vielzahl an verschiedenen Ressourcen, wie z.B. Papier, Druckerpatronen, Lebensmittel, Bücher, etc. gibt, wurde beschlossen, sich bei der Analyse der Gebäude auf die **Ressourcen Gas, Strom, Wasser und Wärme** zu beschränken.

Die Ressourcenverbräuche wurden gerechnet und in den Fällen, in welchen eine Verbrauchsmessung vorlag, den realen Verbräuchen gegenübergestellt. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die einzelnen Verbräuche im Verhältnis zum Gesamtverbrauch zu bewerten und damit die Bereiche zu identifizieren, welche optimiert werden sollten.

Im Folgenden wird dargestellt, wie der Wärmebedarf, der Strombedarf, der Gasbedarf und der Wasserbedarf generell berechnet wurden. Details hierzu können in dem Ergebnisbericht der Projektarbeit nachgelesen werden.

## 2.1 Wärmebedarfsrechnung

Der jährliche Wärmebedarf der Gebäude wurde bei der Analyse generell durch die Summe aller Bedarfe für Heizung und Warmwasser bestimmt:

$$Q_{\text{Gebäude}} = \sum Q_{\text{Heizung}} + \sum Q_{\text{Warmwasser}} \quad \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{Jahr}} \right]$$

Die Bereitstellung der gesamten Wärmemenge erfolgt bis auf zwei Ausnahmen durch das Fernwärmenetz der FairEnergie Reutlingen. Die Ausnahmen sind zum einen die Kindertagesstätte, deren Wärmebedarf durch eine zentrale Ölheizung abgedeckt wird und zum anderen die Warmwassererzeugung in der Mensa, die durch die Verbrennung von Erdgas entsteht.

Die Beheizung eines Gebäudes erfolgt entweder über die Lüftung oder über die Heizkörper. Zur Berechnung des Heizbedarfs wurden die folgenden drei unterschiedlichen Verfahren für die jeweiligen Gebäude verwendet: Ermittlung des Heizbedarfs über den Volumenstrom der Lüftung, das Hüllflächenverfahren sowie die Ermittlung des Heizbedarfs über Energiepass-Abschätzung.

Da die Aula, die Mensa und die Sporthalle hauptsächlich durch die **Lüftungsenergie** beheizt werden, wurde der Heizbedarf für diese Gebäude über die spezifische Wärmekapazität und der Dichte der Luft, dem Luftvolumenstrom der Lüftungsanlagen der Temperaturdifferenz und der Laufzeit der Lüftung nach der folgenden Formel berechnet:

$$Q_{\text{Lüftung}(n)} = \dot{V}_{\text{Lüftung}(n)} \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot c_{p\text{Luft}} \cdot (T_{\text{Raum}} - T_0) \cdot t_{\text{Lüftung}(n)} \cdot \frac{1}{3600} \quad \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{Jahr}} \right]$$

Zusätzliche Heizkörper in den Gebäuden wurden dabei vernachlässigt.

Das Interimsgebäude 20 besitzt keine Lüftungsanlage. Daher wurde bei diesem Gebäude das **Hüllflächenverfahren** verwendet. Nach diesem Verfahren ermittelt sich der Heizenergiebedarf  $Q_{h,a}$  aus der Differenz des jährlichen Transmissionswärmeverlustes  $Q_{T,a}$  und des

jährlichen Lüftungswärmeverlustes  $Q_{L,a}$ . Um  $Q_{T,a}$  und  $Q_{L,a}$  bestimmen zu können benötigt man das Volumen  $V$  des Gebäudes sowie dessen Hüllfläche  $A_{Hüll}$ . Außerdem wird noch der Faktor der Lüftung (hier wird 0,7 angenommen) gebraucht. Multipliziert mit dem Volumen, ergibt sich das Lüftungsvolumen  $V_L$ . Darüber hinaus ist auch der flächengewichtete mittlere U-Wert der gesamten wärmeabgebenden Außenfläche des Gebäudes  $U_{gem-Gebäude}$ , (hier 0,735) der Luftwechsel  $n$  und die ortsspezifische Gradtagszahl (hier 4526) erforderlich.<sup>1</sup>

Die KiTa ist das einzige Gebäude der Hochschule Reutlingen, das nicht durch Fernwärme, sondern durch eine zentrale Ölheizung beheizt wird. Der Heizbedarf wurde bei diesem Gebäude über das einfache **Verfahren der Energiepass-Abschätzung** vorgenommen. Dazu wird das Gebäude anhand von verschiedenen Kriterien in die Energiepassstufen, die von 0-550  $\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$  reichen, eingeordnet.

### Energieverbrauch in kWh/(m²\*Jahr)



**Abb. 2:** Energiestufen des Energiepasses

Die Kriterien umfassen z.B. aus welchem Material die Außenfassade und die Fenster bestehen, ob eine Isolierung vorhanden ist oder nicht oder wann das Gebäude gebaut wurde. Aufgrund dieser Daten erfolgt die Abschätzung des Energiebedarfs in kWh pro m² pro Jahr. Der Heizbedarf kann damit wie folgt berechnet werden:

$$Q_{\text{Heizung}} = Q_{\text{Energiepass}} \cdot A_{\text{Gebäude}} \left[ \frac{kWh}{Jahr} \right]$$

Diese Werte wurden anschließend mit dem aktuellen Ist-Verbrauch verglichen.

Neben dem Heizbedarf wird Wärme zur **Erzeugung von Warmwasser** benötigt. Diese Energie stammt, mit Ausnahme der Mensa, ebenfalls vom Fernwärmenetz der FairEnergy Reutlingen. Die Berechnung des Energiebedarfs für Warmwasser erfolgt nach der Gleichung für die Lüftung auf der vorgehenden Seite, wobei hier die zu erheizende Wassermenge und die spezifische Wärmekapazität von Wasser zugrunde gelegt werden muss.

<sup>1</sup> Vgl. Krimmling (2007), S. 64 ff.

## 2.2 Strombedarfsrechnung

Um den jährlichen Strombedarf der einzelnen Gebäude berechnen zu können wurde zunächst eine Inventarliste erstellt, in die alle Verbraucher eingetragen wurden. In der Tabelle 1 ist ein Auszug aus solch einer Inventarliste zu sehen:

**Tab. 1:** Inventarliste

| Standort  |         | Verbraucherinformationen    |       |        |              |             | Auslastung          |                       |                        | Leistungsverbrauch       |        |                         |
|-----------|---------|-----------------------------|-------|--------|--------------|-------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|--------|-------------------------|
| Raum      | Bereich | Energieverbrauchsgegenstand | Marke | Anzahl | Leistung [W] | Gas / Strom | Stunden pro Tag [h] | Auslastungsfaktor [%] | Betriebstage pro Monat | Leistung pro Monat [kWh] | Monate | Leistung pro Jahr [kWh] |
| Kafeteria | EG      | Leuchtstoffröhre            |       | 44     | 58           | Strom       | 10                  | 100%                  | 20                     | 11,60                    | 9,00   | 104,40                  |
| Kafeteria | EG      | W-LAN Router                |       | 1      | 10           | Strom       | 24                  | 100%                  | 20                     | 4,80                     | 9,00   | 43,20                   |
| Kafeteria | EG      | Getränkeautomat             |       | 2      | 370          | Strom       | 24                  | 70%                   | 20                     | 124,32                   | 9,00   | 1118,88                 |
| Kafeteria | EG      | Snackautomat                |       | 2      | 400          | Strom       | 24                  | 70%                   | 20                     | 134,40                   | 9,00   | 1209,60                 |

Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, wurde zunächst der Standort identifiziert und notiert. Anschließend wurden die relevanten Verbrauchsdaten, wie Energieverbrauchsgegenstand, Anzahl (n), Nennleistung (P) und Verbrauchsart (Strom/Gas/Wasser) in der Verbraucherinformationen festgehalten. Daraufhin erfolgte die Bewertung der Auslastung, die sich in Stunden pro Tag ( $t_{\text{Stunden/Tag}}$ ), einen Auslastungsfaktor (a) und Betriebstage pro Monat ( $t_{\text{Tag/Monat}}$ ) aufteilt. Die Festlegung dieser Werte erfolgte entweder anhand von Informationen aus Befragungen, Beobachtungen oder durch eigene Einschätzungen. Durch die Auslastung wird der durchschnittliche Energiebedarf pro Monat berechnet. Zuletzt wurde noch bewertet, wie viele gesamte Monate ( $t_{\text{Monate/Jahr}}$ ) der Verbraucher verwendet wird, um Ferien bzw. Feiertage zu berücksichtigen. Dadurch konnte schließlich der elektrische Energiebedarf in kWh/Jahr ermittelt werden.

## 2.3 Gasbedarfsrechnung

Die Mensa ist das einzige Gebäude das Erdgas verbraucht. Durch die Verbrennung von Erdgas wird Dampf und Heißwasser erzeugt. Der Dampf wird hauptsächlich zum Kochen bzw. für die Spülmaschine verwendet. Um den Gasverbrauch in  $\text{m}^3$  zu berechnen, wird zunächst der Energiebedarf aller Küchengeräte ( $W_{\text{Geräte}}$ ) und der Energiebedarf zur Warmwassererzeugung ( $Q_{\text{Warmwasser}}$ ) berechnet. Über den Heizwert ( $H_U$ ) des eingesetzten Erdgases und den Wirkungsgrad  $\eta$  der Anlagen ergibt sich dann der gesamte Jahresverbrauch an Erdgas in  $\text{m}^3/\text{Jahr}$ .

Zur Berechnung des Energiebedarfs aller Geräte ( $W_{\text{Geräte}}$ ), die Dampf benötigen, wurde ebenfalls eine Inventarliste mit allen Verbrauchsgegenständen erstellt (vgl. Tab. 2)

**Tab. 2:** Gasverbraucher in der Küche

| Raum           | Bereich | Energieverbrauchs-gegenstand | Marke | Anzahl | Leistung [W] | Gas / Strom | Stunden pro Tag [h] | Auslastungs-faktor [%] | Betriebs-tage pro Monat | Leistung pro Monat [kWh] | Monate | Leistung pro Jahr [kWh] |
|----------------|---------|------------------------------|-------|--------|--------------|-------------|---------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------|-------------------------|
| 01 Küche       | 1       | Wasserkochessel (groß)       |       | 2      | 90.000       | Gas         | 3                   | 50%                    | 20                      | 5.400                    | 9,00   | 48.600                  |
| 01 Küche       | 1       | Wasserkochessel (klein)      |       | 4      | 32.000       | Gas         | 3                   | 50%                    | 20                      | 3.840                    | 9,00   | 34.560                  |
| 01 Küche       | 2       | Wasserkochessel              |       | 7      | 32.000       | Gas         | 3                   | 50%                    | 20                      | 6.720                    | 9,00   | 60.480                  |
| 01 Küche       | 5       | Bratpfannen (neu)            |       | 1      | 28.000       | Gas         | 3                   | 100%                   | 20                      | 1.680                    | 9,00   | 15.120                  |
| 01 Küche       | 5       | Bratpfannen (alt)            |       | 3      | 14000        | Gas         | 3                   | 100%                   | 20                      | 2.520                    | 9,00   | 22.680                  |
| 01 Küche       | 5       | Kochkessel                   |       | 2      | 32.000       | Gas         | 3                   | 100%                   | 20                      | 3.840                    | 9,00   | 34.560                  |
| 03 Spülbereich | 2       | Spülmaschine                 |       | 1      | 38000        | Gas         | 7                   | 100%                   | 20                      | 5.320                    | 9,00   | 47.880                  |

Die Berechnung des Energiebedarfs der Geräte  $W_{\text{Geräte}}$  ist dabei analog zur Strombedarfsrechnung aus Kapitel 2.2.

## 2.4 Wasserbedarfsrechnung

Für die Berechnung des Wasserbedarfs wurden für WC-Besuche die in Tab 3 genannten Referenzwerte festgelegt, die von allen Projektgruppen verwendet wurden.

**Tab. 3:** Referenzliste für WC-Besuche

| Allgemeingültige Referenzwerte für WC-Besuche |                         |
|-----------------------------------------------|-------------------------|
| Toilette                                      | 8 Liter/pro WC-Besuch   |
| Pissoir                                       | 3 Liter/pro WC-Besuch   |
| Händewaschen                                  | 2,5 Liter/pro WC-Besuch |

Da diese Liste nicht alle Bedarfe an Wasser der untersuchten Gebäude abdeckte, mussten weitere Werte ergänzt werden. Zusätzlich wurden z.B. durchschnittliche Werte für Duschgänge (Sporthalle) für Kochen und für Spülen (Mensa, KiTa) benötigt. Über eine Internetrecherche wurden die auf der Folgeseite in Tabelle 4 aufgelisteten ergänzenden Werte ermittelt.

**Tab. 4:** Ergänzung der für alle Projektgruppen gültigen Referenzliste<sup>2</sup>

|   | Verbraucher                                            | Prozente vom<br>Gesamtwasser-<br>verbrauch | Liter<br>pro Tag<br>pro<br>Person | Kubikmeter<br>pro Jahr pro<br>Person |
|---|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| → | Baden/Duschen/Körperpflege                             | 35                                         | 44                                | 16,2                                 |
|   | Toilette                                               | 31                                         | 39                                | 14,4                                 |
|   | Wäsche waschen                                         | 15                                         | 19                                | 6,9                                  |
| → | Spülen                                                 | 6                                          | 8                                 | 2,8                                  |
|   | Wohnung reinigen                                       | 4                                          | 5                                 | 1,9                                  |
| → | Kochen, Trinken                                        | 3                                          | 4                                 | 1,4                                  |
|   | Garten                                                 | 2                                          | 3                                 | 0,9                                  |
| → | Sonstiges*                                             | 4                                          | 5                                 | 1,9                                  |
|   | <b>Gesamtwasserverbrauch<br/>Durchschnittshaushalt</b> | <b>100</b>                                 | <b>127</b>                        | <b>46,4</b>                          |
|   | <b>Unser Sparhaushalt nach<br/>Sparmaßnahmen</b>       | <b>100</b>                                 | <b>50</b>                         | <b>18,2</b>                          |

\*Sonstiges: Blumen gießen, Autowäsche, Aquarium etc.

Zusätzlich zu diesen Referenzwerten wurden noch andere spezielle Informationen hinzugenommen, die durch Befragungen ermittelt wurden. Dies waren z.B. Informationen darüber, wie viel Wasser für die Reinigung der Schwimmbadfilters benötigt werden, bzw. wie viel Frischwasser täglich dem Schwimmbecken zugeführt wird.

Diese Referenzwerte wurden dann anschließend auf einen Jahreswasserverbrauch hochgerechnet.

<sup>2</sup> Vgl. : [www.sparhaushalt.com](http://www.sparhaushalt.com).



### **3 Energie- und Ressourcenbedarf der untersuchten Gebäude**

In dem folgenden Teil werden die verschiedenen Energieverbräuche der Mensa, der Sporthalle, der Aula, des Interimsgebäude 20 und der KiTa genauer betrachtet. Die Leistungswerte konnten nur z.T. 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 Mensa**

In Gebäude 7 der Hochschule Reutlingen ist neben der Mensa; welche durch das Studentenwerk Tübingen betrieben wird, auch das Seminar für Didaktik und Lehrerbildung enthalten. Das Gebäude wurde 1973 erbaut und hat eine Grundfläche von ca. 3200 m<sup>2</sup>. Die Öffnungszeiten der Mensa sind von 8:30 - 16:00 Uhr täglich von Montag bis Freitag, wobei in der Zeit von 11:30 - 13:30 Uhr ca. 1.400 warme Mahlzeiten ausgegeben werden.

Im Untergeschoss befinden sich die allgemeinen Technikräume. Diese beinhalten einen Kühlmaschinenraum, einen Hochspannungsraum, einen Batterieraum, mehrere Lüftungsräume, Fernwärmezugang und Fernwärmeverteilstation, sowie die Dampf- und Warmwassererzeugung (Gasbetrieb).

Das Erdgeschoss wird zu zwei Dritteln als Aufenthaltsbereich für Studenten genutzt. Das restliche Drittel der Fläche wird für die Didaktik und Lehrerbildung verwendet.

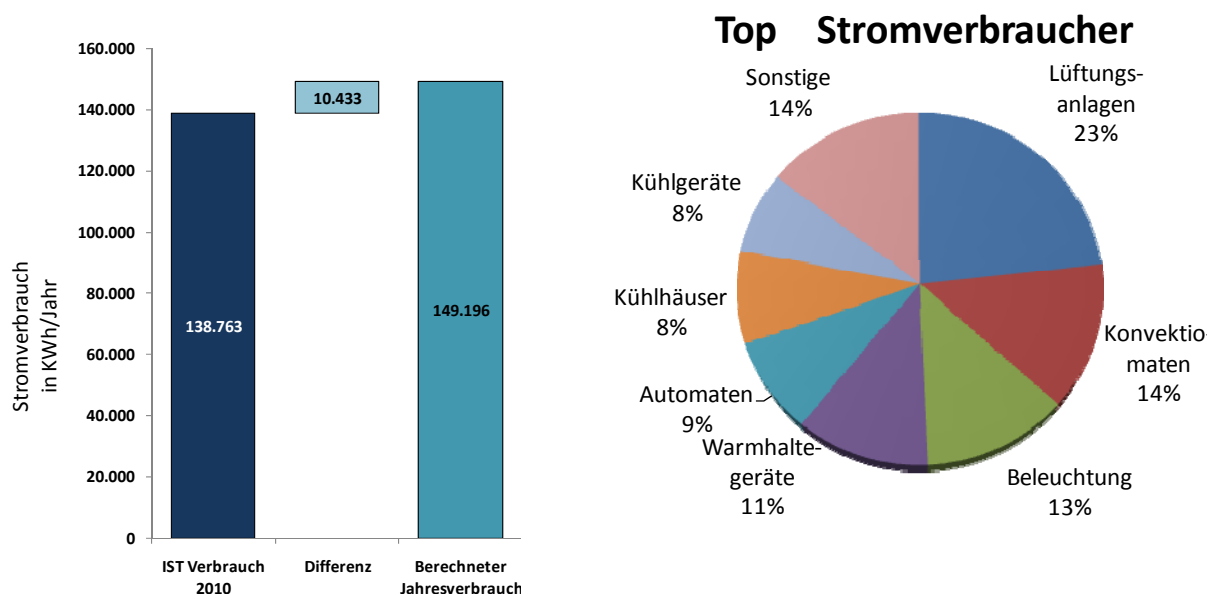
Im Obergeschoss befinden sich die Küche, die Essensausgabe, der Speisesaal, sowie weitere Räume, die für die Didaktik und Lehrerbildung verwendet werden. Die Küche kann wiederum in einen Kochbereich, einen Kühlbereich und einen Spülbereich aufgeteilt werden.

##### **3.1.1 Strombedarf**

Alle elektronischen Geräte der Mensa wurden aufgenommen und hinsichtlich ihres Verbrauchs bewertet. Details hierzu finden sich in dem Ergebnisbericht der Projektarbeit. Ähnliche Geräte wurden dabei zu Kategorien zusammengefasst.

Wie der Abb. 3 zu entnehmen ist, hatte die Mensa im Jahr 2010 einen Stromverbrauch von ca. 139 MWh. Die Berechnungen der Projektgruppe ergaben einen Wert von 149 MWh/Jahr, eine Abweichung von nur 7% und somit eine sehr gute Übereinstimmung.





**Abb. 3:** Jährlicher Stromverbrauch der Mensa und Verbrauchsaufschlüsselung

23% des gesamten Stromverbrauchs werden durch die Motoren der Lüftungsanlage verbraucht, gefolgt von den Konvektoren mit 14% Anteil und der Beleuchtung mit 13%. Warmhaltegeräte und Kühlgeräte, die hauptsächlich in der Essensausgabe verwendet werden, sowie alle Kühlhäuser und jegliche Art von Automaten haben jeweils weitere ca. 8-11% Anteil.

### 3.1.2 Wärmebedarf

Das Mensa-Gebäude ist ebenfalls an das Fernwärmenetz der FairEnergy Reutlingen angeschlossen. Im Untergeschoss des Gebäudes wird die Fernwärme an zwei Wärmetauscher-einheiten mit einer Leistung von je 1.500 kW übergeben. Zudem wird hier die Fernwärme aufgeteilt. Zur Beheizung der Räume werden zum einen die Lüftung und zum anderen Heizkörper verwendet. Da für die Beheizung zum größten Teil die Lüftung verwendet wird, wurde für die Berechnung des Heizbedarfs ausschließlich die Lüftung in Betracht gezogen. Die zusätzlichen Heizkörper wurden vernachlässigt. Die Lüftung der Mensa hat zwei Leistungsstufen mit 30.000 und 60.000 m<sup>3</sup>/h.<sup>3</sup>

Über Abluftventilatoren wird die verbrauchte Luft aus den Räumen über das Dachgeschoss ohne Wärmerückgewinnung ins Freie geblasen.

Die Außenluft wird von der durchschnittlichen Jahresaußentemperatur von 8,7°C auf 26°C erhitzt, damit die Luft mit ca. 22°C in den Räumen ankommt. Bezüglich der Lüftungsanlagen-

<sup>3</sup> Vgl.: Züger + Partner, o.J. S. 14.

fahrweise wurde angenommen, dass diese ca. 12 Stunden am Tag und im Jahr zu 45% auf Stufe 1 und zu 45% auf Stufe 2 läuft. Die restlichen 10% entfallen durch Ferien. Daraus ergibt sich ein rechnerischer jährlicher Heizbedarf von ca. 1.101 MWh. Der tatsächliche Wärmeverbrauch betrug in 2010 1.235 MWh, womit der rechnerische Wert 11% unter dem realen Wert liegt.

### **3.1.3 Wasserbedarf**

Der Wasserbedarf der Mensa wurde mit Hilfe der Referenzliste aus Kapitel 2.4 berechnet.

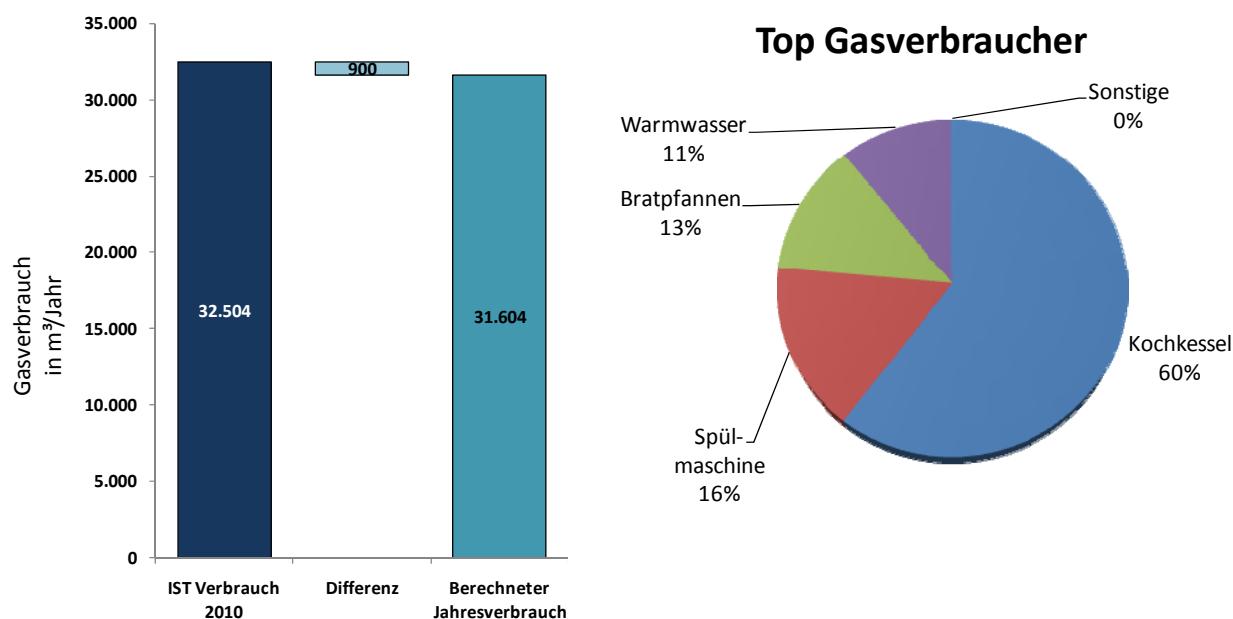
Für Essen, Spülen und sonstige Tätigkeiten fallen, basierend auf der Referenzliste, ca. 14,5 Liter Wasser pro Person und Tag an. Geschätzt wurde, dass ca. 1200 Personen an 180 Tagen diesen Verbrauch verursachen, was im Jahr ca. 3132 m<sup>3</sup> Wasser entspricht. Für Toilettengänge fallen dagegen, basierend auf der Referenzliste, ca. 10,5 Liter pro Person und Tag an. Bei geschätzten 600 Personen und 180 Tagen macht dies 1134 m<sup>3</sup> Wasser. Durch die Hochrechnung wurde somit ein durchschnittlicher Jahresbedarf von 4.266m<sup>3</sup> Wasser ermittelt. Im Jahr 2010 wurde in der Mensa tatsächlich 4.276m<sup>3</sup> Wasser verbraucht, was einem Erfassungsgrad von 99% entspricht.

### **3.1.4 Gasverbrauch**

Die Mensa ist das einzige Gebäude an der Hochschule Reutlingen bei dem Erdgas verbraucht wird. Im Erdgeschoss befindet sich ein gasbefeuerter Dampf- und Warmwassererzeuger. Der Dampf wird ausschließlich für die Küche, speziell für die Dampfkochkessel und die Spülmaschine, benötigt. Zudem steht ein weiterer Elektro-Dampf-Kessel zur Verfügung, falls der gasbefeuerte Dampferzeuger ausfallen sollte. Das Warmwasser wird mit Hilfe des Dampfes und zwei Wärmetauschern erzeugt und in drei Warmwasserspeichern mit je 4000 Liter, wobei immer nur zwei verwendet werden, gespeichert.

Durch die Aufnahme der Küchengeräte, die Dampf benötigen, wurde ein Energiebedarf von 263.880 kWh pro Jahr für diese Geräte ermittelt.

Für die Erzeugung von Warmwasser wurde ein weiterer Bedarf von 31.937 kWh pro Jahr ermittelt. Dieser basiert auf den Annahmen, dass 15% des in Kapitel 3.1.3 ermittelten Wasserverbrauchs als Warmwasser mit 50°C benötigt werden und mit einem Wirkungsgrad von 90% erzeugt wird.



**Abb. 4:** Jährlicher Gasbedarf der Mensa und Verbrauchsaufschlüsselung

Die Berechnung ergibt, wie der Abb. 4 zu entnehmen ist, dass die Mensa im Jahr ca. 31.604 m³ Gas benötigt. Der aktuelle Gasverbrauch der Mensa im Jahr 2010 betrug 32.504 m³, die Berechnung weicht damit nur um 3% vom Realwert ab.

60% der verbrauchten Gasmenge gehen auf das Konto der Kochkessel. Auf die Spülmaschine fallen ca. 16% und für die Bratpfannen ca. 13%.

Die restlichen 11% werden für die Warmwassererzeugung gebraucht.

### 3.2 Sporthalle

In dem folgenden Teil wird der Energie- und Ressourcenbedarf der Sporthalle (Gebäude 11) näher beleuchtet.

Das Gebäude 11 verfügt über eine Grundfläche von ca. 1120 m². Es beinhaltet die Sporthalle der Hochschule Reutlingen, sowie ein Lehrschwimmbecken, welches hauptsächlich von der pädagogischen Hochschule sowie von verschiedenen lokalen Gruppen genutzt wird. Die beiden großen Hallen werden größtenteils für Sportaktivitäten der Hochschule genutzt.

Das Gebäude ist eines der ältesten des gesamten Campus. Es ist zu 100% behindertengerecht eingerichtet, da hier viele Seminare der Sonderschulpädagogen stattfinden.

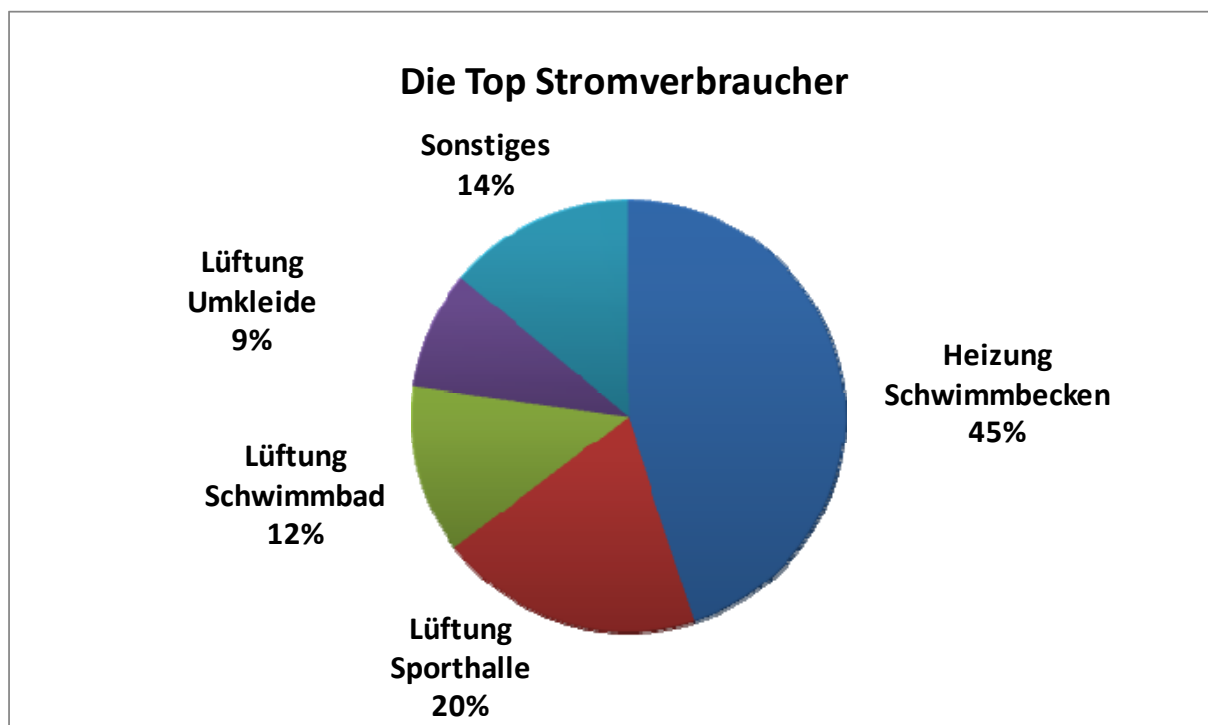
### 3.2.1 Strombedarf

Die Berechnungen zeigten, dass die Sporthalle eines der Gebäude mit dem höchsten Stromverbrauch bezogen auf die Quadratmeteranzahl ist.

Der Gesamtstromverbrauch der Sporthalle beläuft sich auf 118.560 kWh in 2010 das entspricht einem durchschnittlichen Mittelwert von 11.856 kWh in jedem Monat, wenn man von einer Nutzung des Gebäudes von 10 Monaten pro Jahr ausgeht. Die Summe des aus der Leistung, der Auslastung und der Nutzungsdauer errechneten Stromverbrauchs der aufgenommenen Verbraucher liegt bei ca. 101.000 kWh pro Jahr. Das sind 15% weniger als der Realverbrauch. Das bedeutet, dass die angenommene Auslastung durchschnittlich 15% zu niedrig angesetzt wurde.

In der Abb. 5 ist die Aufteilung auf die Hauptverbrauchergruppen dargestellt.

45% des Stromverbrauchs der Sporthalle können der Beheizung und Reinigung des Schwimmbeckens zugeordnet werden. Die Lüftungen der einzelnen Räume und Hallen wie die Umkleiden, die Schwimmhalle oder die Sporthallen stellen einen Anteil von 41% des Gesamtstromverbrauchs. 14% entfallen auf alle restlichen Stromverbraucher.



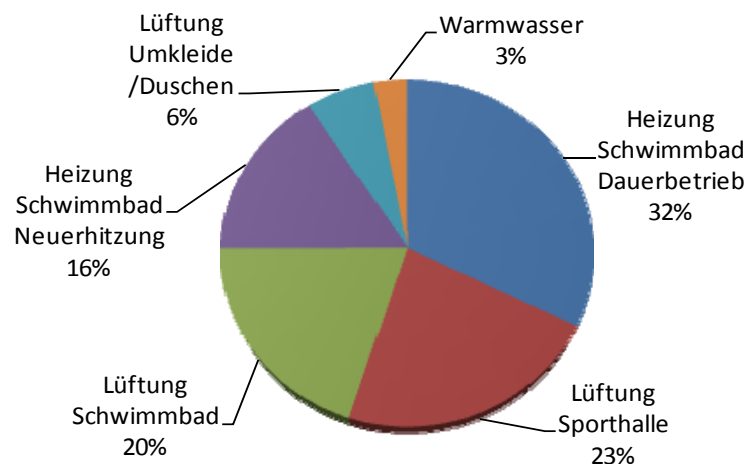
**Abb. 5:** Verteilung des Stromverbrauchs in der Sporthalle

### 3.2.2 Wärmebedarf

Auch die Sporthalle wird von der Firma FairEnergie mit Fernwärme versorgt. Die Beheizung erfolgt hauptsächlich über die Lüftung, wobei wahlweise auch herkömmliche Heizkörper ergänzend zugeschaltet werden. Die Lüftung der beiden großen Hallen ist auf 22°C und für die Schwimmhalle auf 32°C eingestellt. Die gesamte Lüftungsanlage der Sporthalle wurde im Jahr 2010 komplett erneuert und auf den aktuellen Stand der Technik gebracht.

Das Lüftungssystem wird als Umluftsystem betrieben, sodass die Frischluft- und Abluftmenge reduziert werden kann. Die Frischluft wird in einem Mischer mit einer bestimmten Menge an Abluft vermischt und somit vorgeheizt. Dieses Gemisch aus Frisch- und Abluft wird dann auf ca. 26°C aufgeheizt, damit es dann mit einer Temperatur von 22°C in der Halle ankommt.

Auch das Schwimmbadwasser wird mittels Fernwärme beheizt. Das Wasser wird einmal pro Jahr komplett ausgetauscht und neu erhitzt. Wie in Abb. 6 zu erkennen ist benötigt die Beheizung des Schwimmbeckens mit 48% fast die Hälfte des gesamten Wärmebedarfs der Sporthalle. Die andere Hälfte wird für die Heizung durch die Lüftung verbraucht. 3% der Fernwärme wird für sonstiges Warmwasser wie z.B. in den Duschen verwendet.



**Abb. 6:** Verteilung Heizbedarf in der Sporthalle

Die im Jahr 2010 verbrauchte Gesamtwärmemenge belief sich auf 585.667 kWh. Dieser Wert weicht nur geringfügig vom dem berechneten Wert von 577.713 kWh ab. 307.106 kWh/a entfallen rechnerisch auf Wärmebedarf für die Lüftung und Klimatisierung und 278.561 kWh/a auf die Beheizung des Schwimmbadwassers. Die Neuerhitzung des Schwimmbadwassers nach dem jährlichen Austausch benötigt rechnerisch 81.925 kWh.

### 3.2.3 Wasserbedarf

Der Wasserbedarf der Sporthalle ist sehr groß. Dem Schwimmbecken wird jeden Tag 1 m<sup>3</sup> Frischwasser zugeführt das sind bei 318 Nutztagen 318 m<sup>3</sup> Wasser. Zum Reinigen der drei Filter werden jeden Montag 40 m<sup>3</sup> Frischwasser benötigt. Das ergibt jährlich über 1200 m<sup>3</sup> Frischwasser zur Reinigung der Filter der Schwimmbadanlage.

Einmal im Jahr wird das 90 m<sup>3</sup> Schwimmbecken komplett entleert, gereinigt, und wieder befüllt. Zusammen mit den restlichen Wasserverbrauchern wie Toiletten oder Duschen ergibt sich einen jährlichen Gesamtwasserverbrauch von 2122 m<sup>3</sup>.

## 3.3 Aula

In dem folgenden Teil wird der Energiebedarf der Aula (Gebäude 6) näher beleuchtet.

Das Gebäude 6 des Hochschulcampus beinhaltet die Aula und das Büro der Gleichberechtigungsbeauftragten. Das Gebäude bietet 729 m<sup>2</sup> Grundfläche und wurde im Jahre 1964 erbaut. Die Aula wird nur während des Semesters für Veranstaltungen genutzt. Durchschnittlich finden hier alle zwei Wochen eine Veranstaltung, wie Messen, Konzerte und Vorträge, statt.

Das Gebäude besitzt drei Stockwerke mit der folgenden Raumaufteilung.

Das Untergeschoss beinhaltet die Versorgungstechnik, wie Fernwärmezugang und Lüftung. Die Fläche des Untergeschosses beträgt 100 m<sup>2</sup>. Nicht das ganze Gebäude ist unterkellert.

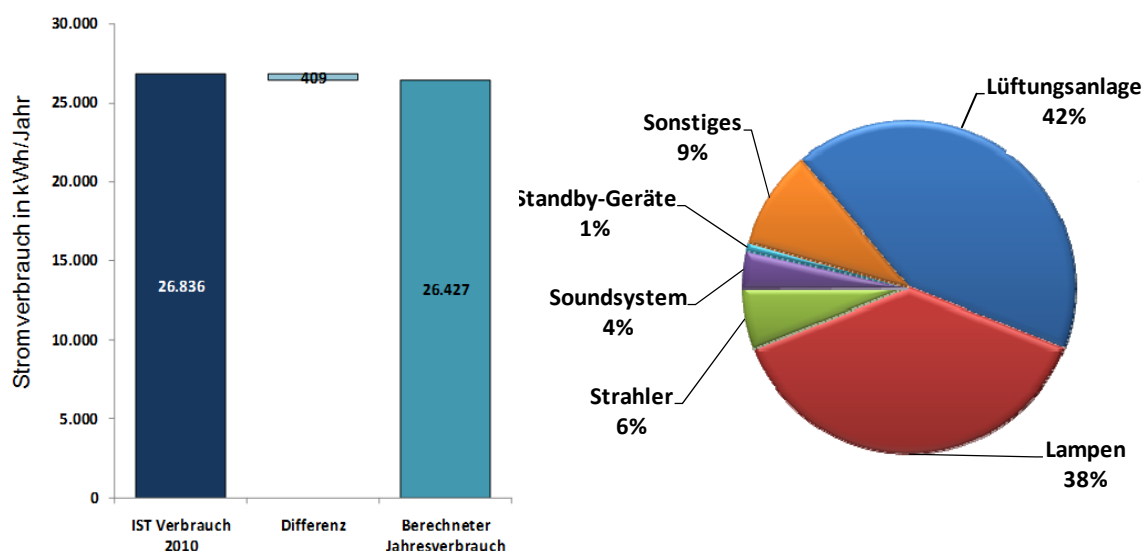
Das Erdgeschoss wird größtenteils als Empfangsbereich und Eingangsbereich genutzt. Hier befinden sich Toiletten, ein Konferenzraum, das Gleichstellungsbeauftragten Büro und einzelne Technikräume. Der Konferenzraum bietet zudem eine Küche, welche aber selten genutzt wird, da die hier stattfindenden Veranstaltungen meistens ein Catering bevorzugen.

Das Obergeschoß wird komplett als Veranstaltungsraum verwendet. Die Fläche des Veranstaltungsraumes beträgt ca. 600m<sup>2</sup> und bietet hauptsächlich Sitzmöglichkeiten für Zuschauer. Die Veranstaltungstechnik wird von einem Turm aus gesteuert, welcher sich hinter den Zuschauern befindet.

### 3.3.1 Strombedarf

Alle elektrischen Verbraucher der Aula wurden aufgenommen. Anhand ihrer Kenndaten wurde der Verbrauch ermittelt. Die Aufschlüsselung der Verbraucher ist in Abb. 7 dargestellt. Da es in der Aula jedoch nur wenige Geräte gibt werden 80 % des Gesamtverbrauchs durch die Lüftungsanlage (42%) und die Beleuchtung (38%) verursacht. Die Veranstaltungstechnik benötigt 10 %. Diese besteht aus Strahlern (6%) und einem Soundsystem (4%). Die Lüf-

tungsanlage wurde erst vor drei Jahren erneuert und befindet sich auf einem aktuellen Stand. Die Veranstaltungstechnik läuft das ganze Jahr über im Standby-Modus und verursacht dadurch ca. 1% des Gesamtverbrauchs. Wenn die Veranstaltungstechnik einmal abgeschaltet wird, bekommen die Scheinwerfer beim Wiedereinschalten ein Fremdsignal und beginnen zu flackern.

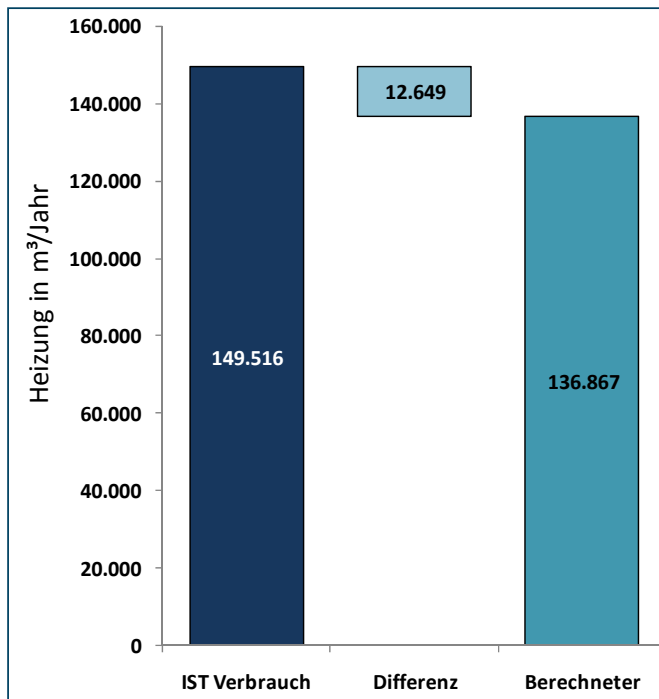


**Abb. 7:** Jährlicher Stromverbrauch der Aula und Verbrauchsaufschlüsselung

Die Abb. 7 zeigt auch den Ist-Verbrauch der Aula in 2010 im Vergleich zu dem berechneten Jahresbedarf. Der Jahresverbrauch der Aula im Jahr 2010 betrug 26.836 kWh Strom. Die berechneten Werte liegen nur 2 % darunter. Die angenommen Laufzeiten und Auslastungsgrade wurde damit hinreichend genau abgeschätzt.

### 3.3.2 Wärmebedarf

Das Gebäude 6 wird ebenfalls vom Fernwärmenetz der Stadtwerke Reutlingen versorgt. Die Wärmetauschereinheit befindet sich im Untergeschoss des Gebäudes. Das Gebäude wird durch Heizkörper und die Lüftung temperiert. Die dafür erforderliche Energie wird aus der Fernwärme gewonnen. Bei der Berechnung wurden die Heizkörper vernachlässigt. Das Lüftungssystem ist mit dem der Sporthalle vergleichbar und entspricht ebenfalls dem Stand der Technik. Der Anteil an Zu- und Abluft wird durch den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft bestimmt. Der Volumenstrom wurde dem Typenschild der Lüftung entnommen. Die Durchschnittstemperatur wurde im Internet recherchiert und die benötigte Raumtemperatur an der Anlage abgelesen. Die Nutzungstage und Betriebszeit wurden durch den Belegungsplan und Informationen durch den Hausmeister geschätzt.



**Abb. 8:** Jährlicher Heizbedarf der Aula

Wie in Abb. 8 zusehen ist, betrug im Jahre 2010 der Wärmeverbrauch 149.519 kWh. Der rechnerische Heizbedarf beträgt 136.867 kWh/Jahr und somit 8% unter dem reellen Verbrauch.

### 3.3.3 Wasserbedarf

Für dieses Gebäude wurde kein Wasserbedarf ermittelt wurde, da sich dieser lediglich auf die sanitären Einrichtungen beschränkt und die Aula nicht kontinuierlich genutzt wird.

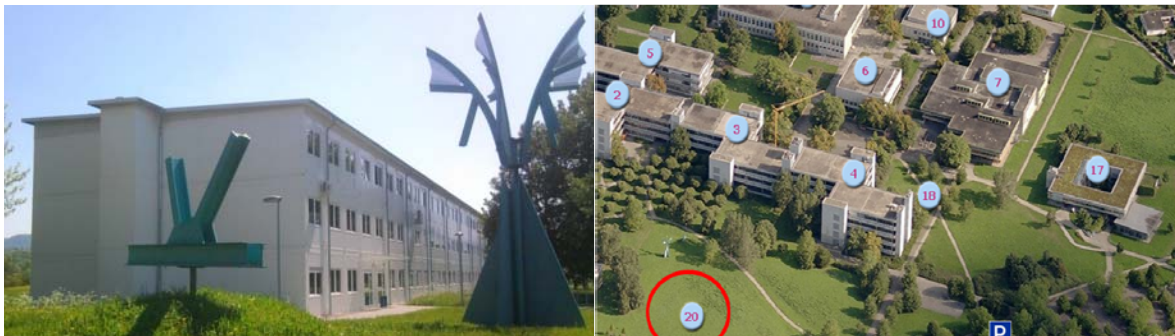


### 3.4 Gebäude 20

In dem folgenden Teil wird der Energiebedarf des Gebäudes 20 näher beleuchtet.

Das Gebäude 20 entspricht von der Nutzung einem normalen Vorlesungsgebäude mit einer Nutzung von etwa zehn Stunden pro Vorlesungstag. Dies bedeutet, dass Nutzungen am Wochenende und in den vorlesungsfreien Zeiten vernachlässigbar sind und daher nicht betrachtet wurden.

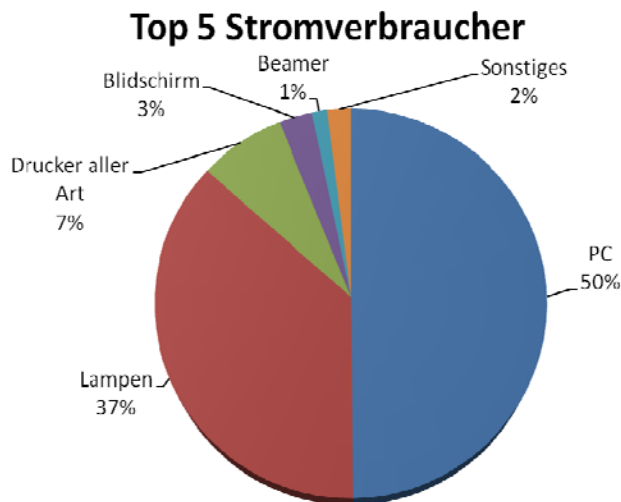
Der 2009 errichtete Containerbau besitzt eine nutzbare Grundfläche von 3678 m<sup>2</sup> und dient als Übergangsgebäude während der Sanierungsarbeiten an den Gebäuden 3 und 4. Neben den mit Beamern, Overheadprojektoren und Lampen typisch ausgestatteten Vorlesungsräumen der Fakultäten ESB, Textil und Technik befinden sich in dem Gebäude auch Büros und verschiedene Labore. Die Büros enthalten im Allgemeinen kleinere Tischdrucker, PCs, Telefone, Lampen und teilweise große Standdrucker. In den Laboren finden sich diverse kleinere Mess- und Forschungsgeräte. Darüberhinaus wird eine hohe Anzahl an PC- und CAD-Laboren betrieben, die durch ihre hohe Nutzung sowie den Stand-by Betrieb viel elektrische Energie verbrauchen.



**Abb. 9:** Gebäude 20

#### 3.4.1 Strombedarf

Der für das Gebäude 20 errechnete Stromverbrauch beläuft sich auf 77.753 kWh pro Jahr was einem Verbrauch von 21 kWh/m<sup>2</sup> entspricht. Der Realwert konnte nicht mit einem vernünftigen Zeitaufwand ermittelt werden. Die Datenlage war lückenhaft, z.T. widersprüchlich und nicht nachvollziehbar. In einer späteren Analyse müssen für das Gebäude 20 belastbare Messwerte erzeugt werden. Im Rahmen dieser Analyse werden nur die berechneten Werte zugrunde gelegt.



**Abb. 10:** Jährlicher Stromverbrauch und Top Stromverbraucher in Gebäude 20

Die größten Stromverbraucher sind die PCs aufgrund der vielen PC- und CAD-Labore. Einen weiteren hohen Anteil am Gesamtstromverbrauch hat die Beleuchtung. Alle weiteren Stromverbraucher machen zusammen nur noch 13% aus.

### 3.4.2 Wärmebedarf

Gebäude 20 besitzt keine Lüftungsanlage. Das Gebäude wird mit Hilfe normaler Konvektionsheizkörper die über Thermostate zu regeln sind, beheizt. Aufgrund dieser Tatsache wurde der Heizenergiebedarf des Gebäudes mit Hilfe des Hüllflächenverfahrens ermittelt. Der Lüftungsfaktor wurde mit 0,7 angenommen. Der flächengewichtete mittlere Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der gesamten wärmeabgebenden Außenfläche des Gebäudes  $U_{\text{gem-Gebäude}}$ , wurde zu 0,735 W/m<sup>2</sup>K bestimmt.

Der ermittelte Heizenergiebedarf beträgt 487.195 kWh. Der tatsächliche Verbrauch lag in 2010 bei 487.000 kWh, d.h. der errechnete und der reale Heizenergiebedarf stimmen sehr gut überein.

Obwohl das Gebäude erst 2009 errichtet wurde, erfüllt dieses im Realbetrieb mit 132 kW/m<sup>2</sup>K bei weitem nicht die heutigen Standards. Nach der EnEV2007 müsste der spezifische Wärmebedarf zwischen 40 und 100 kW/m<sup>2</sup>K liegen.<sup>4</sup>

Das bedeutet aber nicht, dass das Gebäude unzureichend gebaut ist. Das Nutzerverhalten bestimmt wesentlich den Energieverbrauch (z.B. Heizen bei geöffneten Fenstern).

<sup>4</sup> Vgl. Krimmling (2007), S. 101.

### 3.4.3 Wasserverbrauch

Als typisches Vorlesungsgebäude verfügt das Gebäude 20 lediglich über Toiletten bzw. Pissoirs und Waschbecken. Die Wasserverbräuche wurden wie bei allen anderen Gebäuden einheitlich mit 8 bzw. 3 Litern je Toilettengang und 2,5 Litern je Händewaschen angenommen. So ergab sich durch Schätzungen der Nutzung ein Wasserverbrauch von 1.903,5 m<sup>3</sup> pro Jahr. Ein Vergleichswert über den Realverbrauch lag für das Gebäude zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit nicht vor.

## 3.5 Kindertagesstätte (KiTa)

In dem folgenden Teil wird der Energiebedarf der KiTa (Gebäude 13) näher beleuchtet.

Das Gebäude 13 wurde im Jahre 1964 erbaut und beherbergt sowohl die Kindertagesstätte der Hochschule Reutlingen als auch eine Hausmeisterwohnung. Im Rahmen der Untersuchungen in dieser Projektarbeit wurde nur die Kindertagesstätte betrachtet. Diese wurde im Jahre 2007 eröffnet und besitzt eine Grundfläche von 126 m<sup>2</sup>. Die zu betreuenden Kinder sind im Alter von 6 Monaten bis zu 3 Jahren. 10 Kinder werden maximal betreut. Die Öffnungszeiten sind von Montag bis Freitag von 7:00 – 17:30 Uhr.

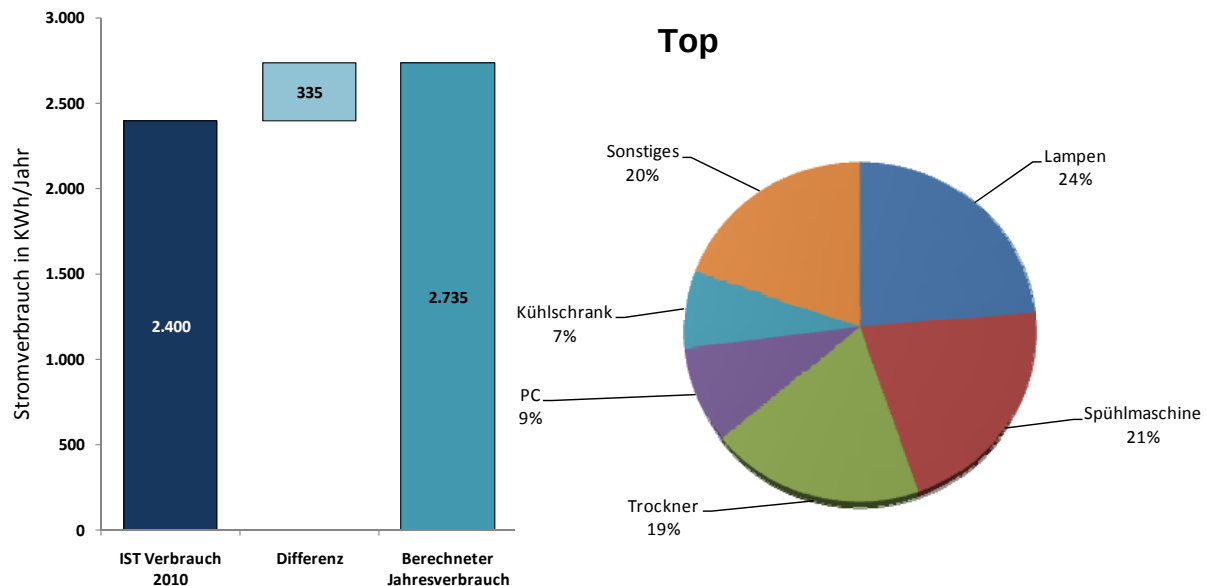
Das Gebäude ist in zwei Wohnhaushälften unterteilt, welche beide wiederum zwei Stockwerke besitzen. Die KiTa ist in einer Wohnhaushälfte untergebracht.

Im Untergeschoss befindet sich lediglich die Energieversorgung, welche durch eine Ölheizung bereitgestellt wird. Zudem befinden sich dort die Wasserzuleitungen. Das Erdgeschoss beinhaltet die Räumlichkeiten der KiTa, wie Toilette, Küche, Büro, Schlafraum und Spielzimmer.

### 3.5.1 Strombedarf

Für die Kindertagesstätte wurde ein Bedarf von 2735 kWh/Jahr elektrische Energie errechnet. Der reale Verbrauch lag in 2010 bei 2400 kWh und somit 335 kWh/Jahr bzw. 14% unter dem berechneten Wert.

Zur Veranschaulichung der Hauptverbraucher sind in Abb. 11 ebenfalls die Verbraucher in einem Kuchendiagramm dargestellt. Die fünf Topverbraucher erreichen zusammen 80 % des gesamten Stromverbrauchs. Den größten Anteil hat die Beleuchtung der KiTa mit 24 %. Gefolgt wird diese von der Spülmaschine welche einmal täglich läuft und auf 21 % kommt. Der Trockner läuft zweimal die Woche und erreicht 19 %. Weitere wesentliche Verbraucher sind der Computer mit 9 % und der Kühlschrank mit 7 %.



**Abb. 11:** Jährlicher Stromverbrauch der KiTa und Verbrauchsaufschlüsselung

### 3.5.2 Wärmebedarf

Das gesamte Gebäude wird durch eine Ölheizung beheizt. Die Erwärmung der Räumlichkeiten erfolgt durch Standard Heizkörper. Im Jahre 2010 betrug der Jahresverbrauch der KiTa 24.000 kWh/Jahr.

Der errechnete Heizbedarf wurde durch den Energiepass abgeschätzt und liegt bei 22.595 kWh/Jahr und somit 6% unter dem realen Verbrauch. Die Regulierung der Raumtemperatur erfolgt durch das Öffnen der Fenster, da die Heizkörper nicht regulierbar sind. Dies führt dazu, dass die Heizkörper durchgehend eingeschaltet sind. Die gewünschte Raumtemperatur beträgt 22 °C.

### 3.5.3 Wasserbedarf

Der Wasserverbrauch der KiTa beträgt 60 m³/Jahr. Der errechnete Bedarf stimmt mit diesem überein. Die größten Wasserverbraucher sind die Waschmaschine, die Spülmaschine und die Toiletten. Die restlichen Verbraucher wie z.B. Kaffeemaschine oder Wasserkocher sind vernachlässigbar.

Beim Warmwasser ist noch zu erwähnen das dieses auf 60 °C erhitzt wird, jedoch aus Sicherheitsgründen die Waschbecken auf 40 °C abgesichert sind. Die höhere Erhitzung ist jedoch dadurch bedingt, dass die andere Wohnung die gleichen Wasserzuleitungen besitzt und aus Komfortgründen die höhere Temperatur benötigt.

## 4 Zusammenfassung des Energiebedarfsanalyse

Im Folgenden werden zusammenfassend in der Tabelle 5 die Ergebnisse der Bedarfsanalyse in Bezug auf den elektrischen Strom und die Wärme dargestellt.

**Tab. 5: Strom- und Wärmebedarf sowie spezifische flächenbezogene Verbräuche**

| Ort                        | Fläche<br>[m²] | Strom-<br>verbrauch<br>[kWh/a] | Wärme-<br>bedarf<br>[kWh/a] | spez. Strom-<br>verbrauch<br>[kWh/m²a] | spez. Wärme-<br>bedarf<br>[kWh/m²a] |
|----------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Mensa                      | 3.200          | 139.000                        | 1.235.000                   | 43                                     | 386                                 |
| Sporthalle<br>komplett     | 1.120          | 118.560                        | 585.667                     | 105                                    | 523                                 |
| Sporthalle<br>ohne Lüftung | 1.120          |                                | 307.106                     |                                        | 274                                 |
| Aula                       | 729            | 26.836                         | 149.516                     | 37                                     | 205                                 |
| Geb. 20                    | 3.678          | 77.751                         | 487.000                     | 21                                     | 132                                 |
| KiTa                       | 126            | 2.400                          | 22.595                      | 19                                     | 179                                 |
| <b>Summe</b>               | <b>8853</b>    | <b>364.547</b>                 | <b>2.479.778</b>            | <b>41</b>                              | <b>280</b>                          |
| <b>Kosten*</b>             |                | <b>91.137 €</b>                | <b>247.978 €</b>            |                                        |                                     |

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

Üblicherweise werden die Energieverbräuche in spezifischer Form bezogen auf ein Jahr und einen m² 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.

Die Projektgruppe hat daher im Hauptbericht den Strom- und den Wärmebedarf pro m² Fläche auf die Nutzungstage bezogen. Benchmark ist aber, wie beschrieben der spezifische Jahreswert.

Der Blick auf den Wärmebedarf zeigt, dass keines der Gebäude den Standard der EnEV2007 erreicht. Nach Krimmling müßte dieser bei 40 bis 100 kWh/m<sup>2</sup>a liegen.<sup>5</sup>

Das 2007 erstellte Interimsgebäude 20 und die Kindertagesstätte entsprechen der Wärmeschutzverordnung von 1995, die anderen untersuchten Gebäude weisen deutlich schlechtere Werte auf. 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. 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 je 10% Energieeinsparung eine Kosteneinsparung von ca. 25.000 €/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 64% an Wärmeenergie und 160.000 €/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.

---

<sup>5</sup> Vgl. Krimmling (2007), S. 101.

## 5 Ressourcen- und Energieeinsparpotentiale

Im Folgenden werden zunächst stichpunktartig die möglichen Ressourcen- und Energieeinsparpotentiale aufgelistet und dann zwei Beispiele dieser Projektgruppe näher beschrieben. Details zu den einzelnen Optimierungsmöglichkeiten können dem Projektbericht entnommen werden.

Im Rahmen der Potentialanalyse konnten keine konkreten Angebote eingeholt und keine Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt werden. Die Datenaufnahme gestaltete sich so aufwendig, dass im Rahmen der Projektarbeit zeitlich keine weitere Kapazität zur Verfügung stand. Eine tiefergehende Analyse der Optimierungsmöglichkeiten muss in weiteren Projekten erfolgen.

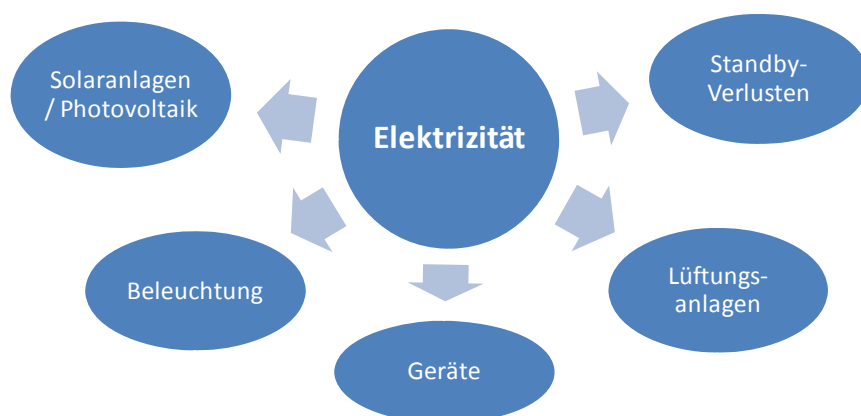
Viele Einsparungen können aber bereits durch optimierte Planung und durch geändertes Nutzerverhalten realisiert werden.

### 5.1 Überblick Ressourcen- und Energieeinsparpotentiale

Die Projektgruppe konzentrierte sich auf Einsparpotentiale, die sich aus den in den vorhergehenden Kapiteln ermittelten Verbräuchen ergeben.

Nicht betrachtet wurden Potentiale wie Bildung von Mitfahrgelegenheiten zur Einsparung von Treibstoff, Papierverbrauchsreduktion beim Drucken oder bei den Pappbechern der Mensa.

Die prinzipiellen Möglichkeiten zur **Einsparung von elektrischer Energie** sind in der Abb. 12 dargestellt.



**Abb. 12:** Energieeinsparungsmöglichkeiten Elektrizität

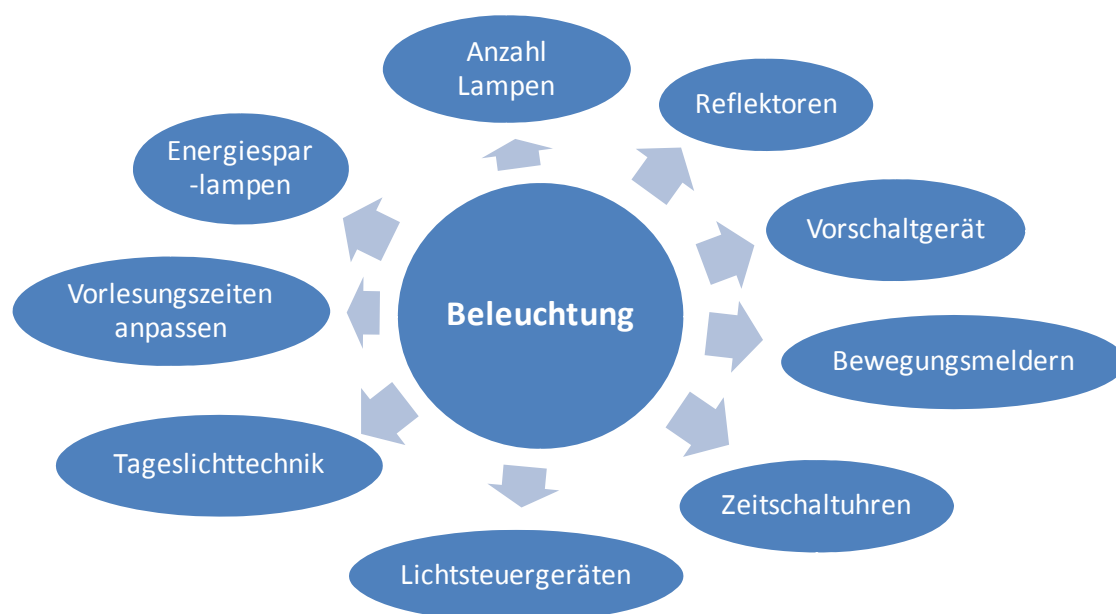
Bei der Auswahl der Geräte sollte immer die **Energieklasse** berücksichtigt werden. So sind hier gerade bei Kühlschränken die Modelle der Klasse A zu empfehlen. Durch die laufenden Kosten von elektrischen Geräten können Ersparnisse beim Kaufpreis schnell verloren gehen. Somit sollte der Energieverbrauch immer berücksichtigt werden.

Desweiteren kann sich ein **Austauschen alter Geräte** im Verlauf von nur wenigen Jahren rentieren. Als Beispiel hierfür können die offenen Getränkekühlschränke in der Mensa angeführt werden. Diese erleichtern zwar dem Kunden das Greifen der Ware, besitzen aber im Vergleich zu den anderen Modellen einen deutlich höheren Verbrauch. Die Modelle mit Glas-türen in der Mensa benötigen ca. 300 kWh, während die Modelle ohne Türe einen Verbrauch von ca. 1500 kWh besitzen.

Außerdem ist bei den elektrischen Geräten auf den **Standby-Verbrauch** zu achten. An dieser Stelle sind erhebliche Einsparungen möglich. Bei Neuanschaffungen ist auf möglichst niedrige Standby-Verbräuche zu achten. Elektrische Geräte sind möglichst gut auszulasten, d.h. möglichst viele Nutzer sollten auf ein Gerät zurückgreifen. Beispiele hierfür sind Drucker, PC's, Server, Kühlschränke.

Der Technikraum der Aula beispielsweise verursacht einen jährlichen Standby-Stromverbrauch von 455 kWh. In Gebäude 20 wurden insgesamt 195 Computer ermittelt. Um dem Standby-Verbrauch entgegenzuwirken sollten außerhalb der Öffnungszeiten der Hochschule alle elektrischen Geräte vom Stromnetz entkoppelt sein. Dies kann durch einfache und sehr wirkungsvolle Maßnahmen, wie abschaltbare Steckdosen, Zentralschalter für Gebäude bzw. Vorlesungssäle und Zeitschaltuhren realisiert werden.

In der Bedarfsanalyse wurde herausgefunden, dass die **Beleuchtung** einen sehr großen Anteil am Stromverbrauch in den Gebäuden. Die Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung sind in der Abb. 13 dargestellt.



**Abb. 13:** Energieeinsparungsmöglichkeiten Beleuchtung

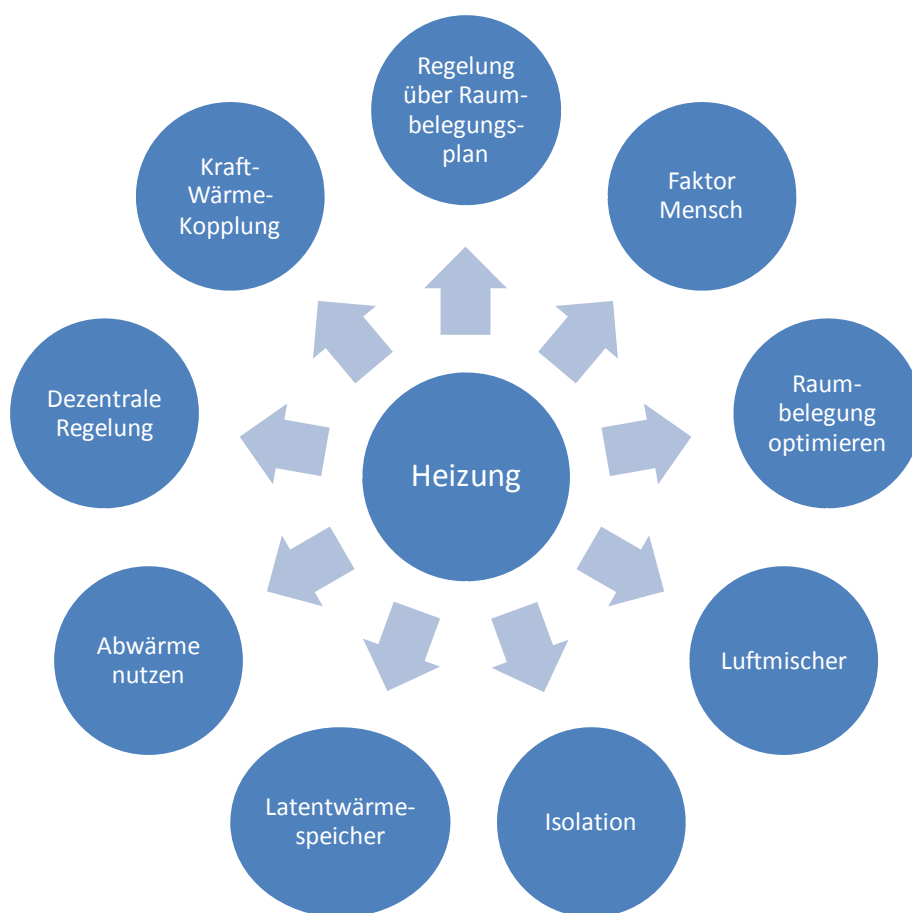


Die Beleuchtung sollte kontrolliert und nicht verschwenderisch eingesetzt werden. Hier spielt der Faktor Mensch eine sehr große Rolle. Dieser Faktor kann jedoch durch den Einsatz von Lichtsteuergeräten, Zeitschaltuhren und Bewegungsmeldern reduziert und eine kontrollierte Einsetzung der Beleuchtung ermöglicht werden.

Desweiteren sollte ein größerer Fokus auf der Nutzung des Tageslichtes liegen. Durch eine Verschiebung der Vorlesungszeiten und den Einsatz einer guten Technik zur Lenkung des Tageslichtes durch entsprechende Jalousien können erhebliche Einsparungen im Bereich der Beleuchtung erreicht werden.

Da die Beleuchtung einen Großteil des Stromverbrauchs der Hochschule ausmacht, sollten diese Punkte von den nachfolgenden Gruppen weiter verfolgt und evaluiert werden.

Die Möglichkeiten zur Verbrauchsreduzierung im Bereich **Beheizung** sind in der Abb. 14 dargestellt.



**Abb. 14:** Energieeinsparungsmöglichkeiten Heizung

Zurzeit erfolgt die Regelung der Heizung zentral. Dies führt zu unnötigen Heizleistungen. Es sollten Heizkörper mit Thermostatventilen ausgerüstet werden um eine lokale Regelung zu erreichen. Aufgrund des Isolationszustandes der Gebäude und der hohen Luftwechselraten sollte die Raumbeheizung an die Raumbelegung angepasst und die Raumbelegung optimiert werden.

Die **Hauptwasserverbraucher** in den von dieser Projektgruppe betrachteten Gebäuden die Toiletten und die Waschbecken.

Bei Waschbecken kann der Wasserverbrauch auf zwei Arten verringert werden. Erstens durch Verringerung des Wasserdruckes und zweitens durch Verringerung der Öffnungszeiten, beispielsweise über Sensoren.

Bei der Toilettenspülung kann mit modernen Spülkästen mit einer Sparfunktion oder mit wasserlosen Urinalen Wasser eingespart werden. Die Nutzung von Regenwasser sollte ebenfalls in Erwägung gezogen werden. Auf die Regenwassernutzung wird noch gesondert und detaillierter an späterer Stelle dieses Berichtes eingegangen.

Der **Faktor Mensch** muss generell bei der Betrachtung von Ressourcen berücksichtigt werden. Viele unnötige Verbräuche sind auf menschliches Handeln zurückzuführen. Im Rahmen der Darstellung der Projektgruppe 1 wird näher auf den Faktor Mensch und mögliche Einsparmaßnahmen eingegangen.

## 5.2 Energieeinsparung in der Sporthalle durch Thermosolartechnik

Die Sonne ist der zentrale Energielieferant in unserem Sonnensystem. Die auf die Kontinente auftreffende Strahlungsenergie beträgt pro Jahr etwa 219.000.000 Milliarden kWh. An einem klaren, wolkenlosen Sonnentag sind bis zu 1.000 W/m<sup>2</sup> dieser Energie zur Nutzung verfügbar. Diese Energie lässt sich relativ einfach mit Hilfe von Thermosolarkollektoren z.B. zur Unterstützung der Beheizung des Schwimmbeckens der Sporthalle, nutzen.

Ein solcher Thermosolarkollektor hat die Aufgabe, das einfallende Sonnenlicht möglichst effizient in Wärme umzuwandeln. Das Kernstück eines Kollektors ist der schwarze Absorber, der die solare Strahlungsenergie in Wärme umwandelt. Je nach Bauart und Wärmedämmung unterscheidet man Kunststoffkollektoren, Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren und Solarluftkollektoren. Die relativ kostengünstigen Kunststoffabsorber kommen aufgrund ihrer begrenzten Druck- und Temperaturbeständigkeit besonders zur Beckenwassererwärmung für Schwimmbäder zum Einsatz. Für die Anbringung der Kunststoffabsorber eignen sich flache und geneigte Dach- sowie Rasenflächen.<sup>6</sup>

Da sie komplett aus Kunststoff bestehen, bieten die Kunststoffkollektoren den Vorteil, dass sie im Einkreisssystem betrieben werden können; d.h. das chlorierte Beckenwasser kann mittels einer Umwälzpumpe direkt ohne Zwischenschaltung eines Wärmetauschers durch die

---

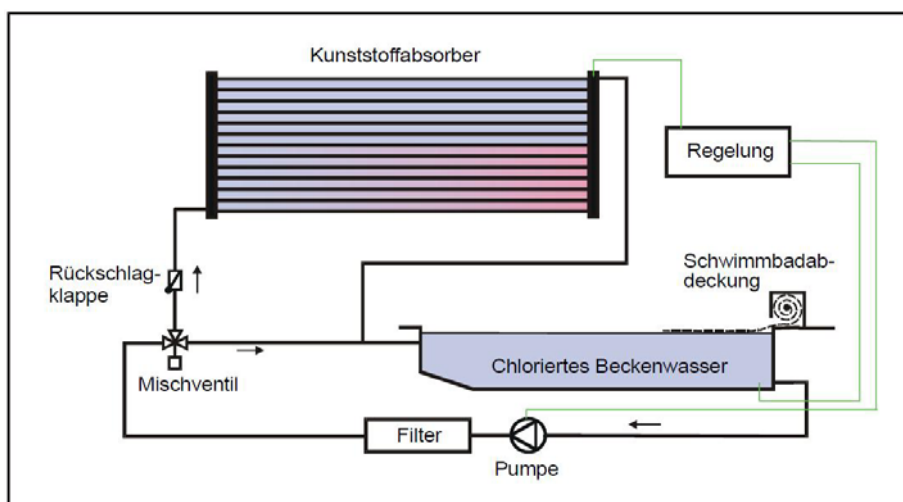
<sup>6</sup> Vgl: Weiss (2010).

Absorber fließen. Auch fällt die Belastung für das Dach relativ gering aus, da die Kollektoren einfach und ohne große Gestelle, direkt auf dem Dach befestigt werden können.<sup>7</sup>



**Abb. 15:** Beispiel für die Installation von Thermosolkollektoren auf einem Flachdach<sup>8</sup>

Abb. 15 zeigt das Hydraulikschema einer Thermosolaranlage wie sie für das Schwimmbaden der Sporthalle in Frage kommen würde.



**Abb. 16:** Hydraulikschema einer Thermosolaranlage<sup>9</sup>

Die Region Reutlingen weist eine durchschnittliche jährliche Sonneneinstrahlung von mehr als 1050 kWh/m<sup>2</sup> auf und ist somit sehr gut zur Nutzung von Thermosolaranlagen geeignet. Von den physikalischen Gegebenheiten würde die Installation einer Thermosolaranlage zur Unterstützung der Schwimmbeckenbeheizung somit durchaus Sinn machen. Wie sich das Kosten-Nutzen Verhältnis darstellt, muss in einem späteren Projekt untersucht werden.

<sup>7</sup> Vgl: Weiss (2010).

<sup>8</sup> Vgl.: Weiss (2010).

<sup>9</sup> Vgl.: Weiss (2010).

### 5.3 Regenwassernutzungsanlage

In diesem Kapitel wird analysiert, inwieweit eine Regenwassernutzungsanlage an der Hochschule Reutlingen technisch realisierbar wäre, welche Besonderheiten dabei beachtet werden müssen und welche verschiedenen Lösungsansätze es diesbezüglich gibt.

Das Gebiet rund um Reutlingen, so auch die Hochschule, steht auf bituminösen Gesteinen des sogenannten Ölschiefers. Die Baugrundhebungen waren bis Anfang der 70er Jahre noch unbekannt. Erst durch einen Schadensfall an der Hochschule Reutlingen, der aus diesen Baugrundhebungen resultierte, hat das heutige Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, die genauen Schadensursachen und deren Zusammenhänge genauer erforscht. Die Forschungen ergaben, dass sich durch eine Austrocknung des Ölschiefers ein Kristallisationsdruck bilden kann der zu erheblichen Hebungsbeträgen führt. Dabei kann es zu Hebungen von bis zu 60cm kommen.<sup>10</sup>

Ein Weg um dieser Gefahr vorzubeugen ist, den Boden künstlich feucht zu halten. Dieses Konzept wurde beispielsweise in Gebäude 17 bereits umgesetzt. Dieses Gebäude befindet sich sozusagen in einer Badewanne, das Wasser der Dachfläche wird in den Boden geleitet, um diesen konstant vom Austrocknen zu bewahren. Allerdings gibt es keine Untersuchungen, inwieweit sich dieses Konzept als erfolgreich bezeichnen lässt.

Das Bodenamt warnt vor Eingriffen, mit denen sich der Bodenwasserhaushalt des Ölschiefers in irgendeiner Weise verändern würde. Hierzu wird eine objektbezogene Baugrundberatung durch ein in der Ölschieferthematik erfahrenen Sachverständiger benötigt. Bauschäden durch Ölschieferhebung zählen zu den spektakulärsten, da sie oft erst nach Jahren zum Vorschein kommen und nicht durch eine Elementarversicherung abgedeckt werden.

Die folgende Tabelle liefert einen Überblick über die relevanten Daten der Hochschule Reutlingen in Bezug auf eine mögliche Nutzung von Regenwasser.

**Tab. 6:** Relevante Daten für eine Regenwassernutzung

|                                                            |                       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Gesamtfläche in m <sup>2</sup>                             | 190000m <sup>2</sup>  |
| Versiegelte Fläche in m <sup>2</sup>                       | 85500m <sup>2</sup>   |
| Dachfläche in m <sup>2</sup>                               | 22000m <sup>2</sup>   |
| Niederschlagsmenge in Rt. im Jahr 2009 in l/m <sup>2</sup> | 876l/m <sup>2</sup>   |
| Niederschlagswassergebühr in Rt. 2011 in €/m <sup>2</sup>  | 0,49€/m <sup>2</sup>  |
| Wasserverbrauch der Hochschule 2010 in l                   | 21.605 m <sup>3</sup> |

<sup>10</sup>Vgl. Ruch (2011).

Das Wasser der Dachflächen wird bisher in die Kanalisation geführt und hat damit keinen Einfluss auf die o.g. Ölschieferproblematik. Man könnte dieses also auffangen und nutzen. Daraus ergäben sich Steuer- und Wassereinsparungen.

Seit dem 01. Januar 2009 erhebt die Stadt Reutlingen eine gesplittete Abwassergebühr. Es werden sowohl eine Schmutzwassergebühr, sowie eine Niederschlagswassergebühr erhoben. Dabei richtet sich die Höhe der Niederschlagswassergebühr an der Größe der versiegelten Fläche und bebauten Fläche aus. Die Schmutzwassergebühr bezieht sich auf den Frischwasserverbrauch. In Reutlingen werden diese Gebühren von der FairEnergie GmbH berechnet.

Die Möglichkeiten der Regenwassernutzung sind vielfältig. So gibt es die Möglichkeit Regenwasser für die Bewässerung von Grünanlagen, für die Toilettenspülung, als Löschwasser und anderweitig einzusetzen.

Im folgenden Abschnitt sollen die Regenwassernutzung sowie die Nutzung von Regenwasser als Löschwasserspeicher genauer betrachtet werden.

### **5.3.1 Regenwasser für die Toilettenspülung**

Eine Nutzung von Regenwasser bringt vielfältige Vorteile mit sich. Nicht nur kann ein erheblicher Teil des Trinkwasserbedarfs verringert werden, sondern auch die bereits erwähnte Schmutzwasser- und Niederschlagswassergebühr verringern sich beträchtlich. Darüber hinaus bildet sich durch die Verwendung von Regenwasser weniger schnell Urinstein. Dieser entsteht nämlich hauptsächlich in Verbindung mit hartem Trinkwasser.<sup>11</sup>

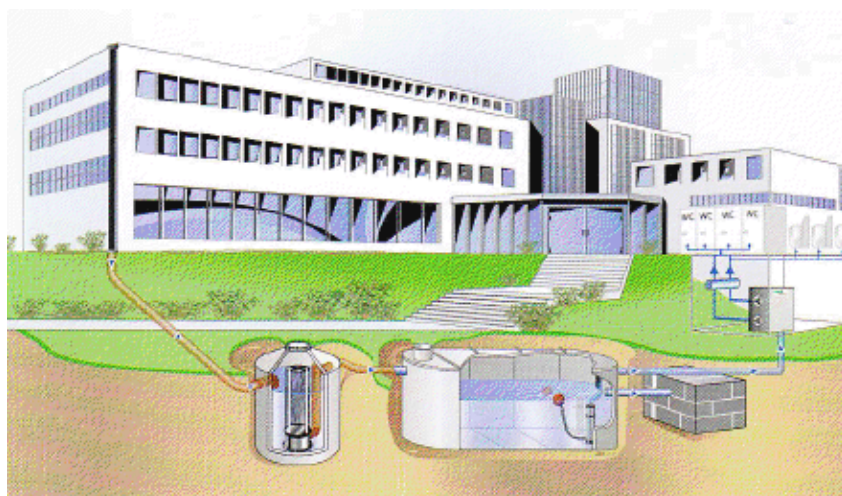
Bei einer Regenwassernutzungsanlage wird das vom Dach abfließende Regenwasser zuerst in einen Filter und anschließend einen Speicher geleitet. Durch eine beruhigte Zuführung werden am Boden abgelegte Schmutzstoffe nicht aufgewirbelt, was zu einer Verbesserung der Wasserqualität führt. Ein Überlauf verhindert das Überlaufen des Speichers. Das sich im Speicher befindende Regenwasser wird mittels einer Saugpumpe zu den entsprechenden Verbrauchern befördert. Der Wasserfüllstand des Speichers wird automatisch erfasst, so wird bei einem eventuell auftretenden Wassermangel unverzüglich Trinkwasser nachgefüllt. In der folgenden Abbildung ist der prinzipielle Aufbau veranschaulicht.

Die Sedimentschicht am Boden des Speichers wächst etwa 1mm pro Jahr und die Saugpumpen lassen die unteren 10 – 20cm unberührt. Somit ist eine Reinigung des Speichers nur alle 100 Jahre erforderlich. In den Wartungsanleitungen werden jedoch 10 Jahre ange-

---

<sup>11</sup> Vgl. König 1 (2009), S. 32.

geben, wahrscheinlich um auf der sicheren Seite zu sein.<sup>12</sup> Dies bedeutet also einen sehr geringen Wartungsaufwand. Die Reinigung des Filters wird von Hersteller zu Hersteller verschieden angegeben.<sup>13</sup>



**Abb. 17:** Aufbau einer Regenwassernutzungsanlage<sup>14</sup>

Die Kosten einer Regenwassernutzungsanlage hängen vom entsprechenden Wasserbedarf und der realisierbaren Größe des Speichers ab. Aufgrund der begrenzten zur Verfügung stehenden Zeit konnten im Rahmen dieses Projektes keine Angebote eingeholt und ausgewertet werden. Ein möglicher Ansprechpartner dafür wäre Herr Walter Häfner von der Firma Mall. Es müsste auch geklärt werden, von welchen Dachflächen Regenwasser unkompliziert gesammelt werden kann.<sup>15</sup> Geeignete Dachflächen sind z.B. Schiefer, Tonziegel und Betondachsteine.<sup>16</sup> Aber auch andere Dachflächen können sich eignen.

In kleinen und mittelständischen Industrieanlagen in denen viel Regenwasser genutzt wird und die eingesparten Gebühren entsprechend hoch sind, konnten Amortisationszeiten von unter sechs Jahren realisiert werden.<sup>17</sup> Im Klinikum Bad Hersfeld wurde teilweise auf die Nutzung von Regenwasser umgestellt. Bei einem ursprünglichen Trinkwasserverbrauch von 80.000m<sup>3</sup> ergab sich eine Amortisationsdauer von weniger als zwei Jahren. Bei dieser sehr kurzen Amortisationsdauer spielt die Förderung des Landes eine wesentliche Rolle.<sup>18</sup>

<sup>12</sup> Vgl. König 2 (2010), S. 51.

<sup>13</sup> Vgl. [www.fbr.de](http://www.fbr.de) 1.

<sup>14</sup> Vgl. König 2 (2010), S. 53.

<sup>15</sup> Vgl. König 3 (2011).

<sup>16</sup> Vgl. [www.fbr.de](http://www.fbr.de) 2.

<sup>17</sup> Vgl. [www.fbr.de](http://www.fbr.de) 3.

<sup>18</sup> Vgl. König 4 (2011).

Daher ist nicht nur ein genaues Angebot einzuholen, sondern auch die Möglichkeiten der Förderung zu prüfen.

Könnte das gesamte Regenwasser genutzt werden, so stünden der HS Reutlingen jährlich etwa 1,9 Millionen Liter Wasser zur Verfügung ( $876 \text{ l/m}^2 \text{ Niederschlag} * 22.000 \text{ m}^2 \text{ Dachfläche}$ ). Das entspricht  $19.272 \text{ m}^3$ . Darüber hinaus würde die Hochschule  $10.780 \text{ €}$  ( $22.000 \text{ m}^2 \text{ Dachfläche} * 0,49 \text{ €/m}^2$ ) Niederschlagswassergebühr sparen. Dies sind jedoch nur vorläufige Zahlen. Es ist unbedingt zu berechnen wie viel Wasser derzeit für die Toilettenspülungen benötigt wird und ob Aufwand und Nutzen wirtschaftlich sinnvoll sind.

### 5.3.2 Regenwasser als Löschwasser

Zunehmend fordern Baubehörden, dass für den Brandschutz großer Gebäude Löschwasser durch Speicher vor Ort bereitgestellt wird.<sup>19</sup>

Dies lässt sich entweder durch den oben beschriebenen Regenwasserspeicher gewährleisten oder durch einen oberirdischen Regenwasserspeicher in Form eines Löschwasserteiches.



**Abb. 18:** Sonnenlichtreflektion auf einem See am Beispiel der Nürnberger Versicherungen in Nürnberg<sup>20</sup>

Die Idee der Projektgruppe ist es, einen solchen Teich strategisch sinnvoll zwischen mehrere Vorlesungsgebäude zu legen. Dies würde nicht nur das Landschaftsbild verschönern, sondern auch das Sonnenlicht reflektieren und somit in die Vorlesungsräume und Büros leiten, gemäß dem Beispiel der Nürnberger Versicherungen in Nürnberg<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> Vgl. König 2 (2010)

<sup>20</sup> Vgl. König 5 (2011).

<sup>21</sup> Vgl. König 5 (2011).



## 6 Zusammenfassung des Projektes, Ausblick

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde der Ressourcen- und Energiebedarf der Mensa, der Sporthalle, der Aula, des Containergebäudes 20 und der Kindertagesstätte ermittelt und prinzipielle Optimierungsvorschläge erarbeitet. Die Erfassung der IST-Daten nahm sehr viel Zeit in Anspruch, konnte aber aufgrund der guten Unterstützung der für die Technik zuständigen Hochschulmitarbeiter gut durchgeführt werden. Die theoretisch ermittelten Daten stimmen mit den Realdaten sehr gut überein, sodass klare Aussagen darüber getroffen werden konnten, an welcher Stelle Optimierungsmaßnahmen getroffen werden sollten.

In der Mensa wird, obwohl die Lüftungsanlage modernisiert wurde, der größte Teil der elektrischen Energie für die Lüftungsanlagen und der größte Teil der thermischen Energie für die Beheizung dieses Gebäudes verbraucht. Mit mehr als ca. 430 kWh/m<sup>2</sup>a entspricht dieses Gebäude bei weitem nicht dem Stand der Technik.

In der Sporthalle ist der Fall ähnlich gelagert. Hier werden 523 kWh/m<sup>2</sup>a für die Beheizung aufgewendet. Die Projektgruppe erarbeitete im Rahmen dieser Arbeit einen Vorschlag, wie zumindest der Heizbedarf für das Schwimmbadwasser durch eine solarthermische Anlage deutlich verringert werden kann. Fast die Hälfte des Stromverbrauchs dieses Gebäudes wird durch den Betrieb des Schwimmbeckens verursacht.

In der Aula wird ebenfalls mit 42% der größte Stromverbrauch durch die Lüftungsanlage verursacht, der Stromverbrauch durch die Beleuchtung ist aber ebenfalls mit 38% erheblich. Der Heizbedarf der Aula ist mit 205 kWh/m<sup>2</sup>a besser als bei den o.g. Gebäuden, liegt aber dennoch weit weg von den heute üblichen Standards.

Das Containergebäude 20, welches als Interimsgebäude im Jahr 2009 errichtet wurde, schneidet mit einem Wärmebedarf von 132 kWh/m<sup>2</sup>a am besten von allen 5 untersuchten Gebäuden ab. Dieser Bedarf entspricht aber eher dem Stand der 1980er Jahre und ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das Nutzungsverhalten und nicht auf die Gebäudesubstanz zurückzuführen.

In der Kindertagesstätte wird 25% des Stromverbrauchs durch die Beleuchtung verursacht. Der Wärmebedarf entspricht mit 179 kWh/m<sup>2</sup>a ebenfalls nicht den heutigen Standards.

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 64% an Wärmeenergie und ca. 160.000 €/a an Kosten nur bei der Wärmebereitstellung eingespart werden. Hierzu wäre das Nutzerverhalten zu verändern und bei, den überwiegend über die Lüftung beheizten Gebäude, Wärmerückgewinnungssysteme zu installieren.



Neben dem elektrischen Strom und dem Wärmebedarf wurde auch der Wasserverbrauch der einzelnen Gebäude analysiert. In dieser Kurzfassung der Projektarbeit wurde skizziert, wie eine Regenwassernutzung trotz der schwierigen Bodengrundverhältnisse auf dem Hochschulcampus integriert werden könnte.

Die ausführlichen Ergebnisse sind dem Hauptbericht der Projektgruppe zu entnehmen<sup>22</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 kann es durch geeignete regelmäßige Schulungen der Hochschulmitarbeiter und der Studierenden gewährleistet werden.

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>22</sup> Vgl. Hausmann et.al. (2011).

## Literatur

- Hausmann, et.al: Industrial Ecology Project, Nachhaltigkeit an der HS Reutlingen – Energie- und Ressourceneffizienzpotentiale im Hochschulbereich, Reutlingen 2011
- Krimmling, Jörn: Energieeffiziente Gebäude – Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater, 2. Aufl., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2007
- König 1, K. W.: Himmlisches Geschenk für Maschinenbauer,  
in: UmweltMagazin, Ausgabe Januar – Februar, 2009
- König 2, K. W.: Neue Speicher braucht das Land,  
in: Neue Landschaft, Ausgabe 12, 2010
- König 3, K. W.: E-Mail vom 22.6.2011
- König 4, K. W.: Regenwassernutzung im Krankenhaus,  
in: Moderne Gebäudetechnik, Ausgabe 5, 2011
- König 5, K. W.: Industrial Water Management - Rainwater Use,  
im Rahmen der Vorlesung Industrial Ecology, März 2011
- Ruch, Dr. C.: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Referat 93 – Landesbodenkunde, E-Mail vom 08.06.2011
- Weiss, W.: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Technologie Portrait Thermische Solarenergie,  
[http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw\\_pdf/1033\\_technologieportrait\\_thermal\\_solar\\_energy.pdf](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw_pdf/1033_technologieportrait_thermal_solar_energy.pdf), zugegriffen am 16.06.2011
- www.fbr.de 1: Betrieb & Wartung von Regenwasser-Nutzungsanlagen,  
in <http://www.fbr.de/thema/wartung.htm>,  
zugegriffen am 22.6.2011
- www.fbr.de 2: Regenwassernutzungsanlagen: moderne und ökologische Haustechnik,  
in [http://www.fbr.de/publikation/fbr\\_tops/top1.pdf](http://www.fbr.de/publikation/fbr_tops/top1.pdf),  
zugegriffen am 22.6.2011
- www.fbr.de 3: Betriebs- und Regenwassernutzung für kleine und mittelständische Betriebe: wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll,  
in [http://www.fbr.de/publikation/fbr\\_tops/top8.pdf](http://www.fbr.de/publikation/fbr_tops/top8.pdf), zugegriffen am 22.6.2011

**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

**ISSN 1863-0316**