



## Schlussbericht



TU Braunschweig  
**Institut für Gebäude-  
und Solartechnik**  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### Demonstrationsprojekt **Neues Regionshaus Hannover:** Energieoptimiertes Bauen in Public- Private- Partnerships

**Antragsteller:** Technische Universität Braunschweig  
**Ausführende Stelle:** Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS),  
Univ.- Prof. Dr.- Ing. M. Norbert Fisch  
Fakultät Architektur, Bauen, Umwelt  
Mühlenpfordtstraße 23, 38106 Braunschweig

**Projektleitung:** Dipl.-Ing. Architekt Stefan Plesser  
**Projektpartner:** Universität Magdeburg  
Region Hannover  
VBD Beratungsgesellschaft für Behörden mbH

**Förderung:** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
(FKZ: 0335007X)  
proKlima – Der enercity-Fonds (AZ: E090002)

**Stand:** 26.09.2011 (Schlussbericht)

Der Forschungsbericht wurde gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Forschungsprojekt Energieoptimiertes Bauen im PPP</b>	<b>8</b>
2.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	8
2.2	Zeitplan und Ablauf des Forschungsprojekts	9
2.3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	10
2.4	Förderung	10
<b>3</b>	<b>Stand des Wissens und der Technik</b>	<b>11</b>
3.1	Innovative Technik: Energieoptimiertes Bauen	11
3.2	Innovative Verfahren: Bauen im PPP-Verfahren	11
3.3	Zielsetzung: Energieoptimiertes Bauen in PPP-Verfahren	13
<b>4</b>	<b>Das PPP-Verfahren Neues Regionshaus</b>	<b>14</b>
4.1	Das PPP-Projekt Neues Regionshaus Hannover	14
4.2	Zieldefinitionen in der funktionalen Leistungsbeschreibung	15
4.3	Ablauf des Verfahrens	19
4.4	Bewertung der Ergebnisse	23
4.5	Baukosten	28
4.6	Fazit	31
<b>5</b>	<b>Das Gebäude Neues Regionshaus Hannover</b>	<b>32</b>
5.1	Standort, Baukörper, Funktionen, Flächen	32
5.2	Gebäudehülle und Flächen	36
5.3	Energieversorgung	42
5.4	Bürokonzept	43
5.5	Trinkwasser / Regenwasser	44
5.6	Ausstattung und Sonderfunktionen	44
5.7	Gebäudeleittechnik	45
5.8	Bauablauf	46
5.9	Projektbeteiligte	49
<b>6</b>	<b>Energieeffizienz</b>	<b>50</b>
6.1	Allgemeine Grundlagen und Methoden	51
6.2	Heizung	56
6.3	Stromverbrauch gesamt	62
6.4	Kühlung	68
6.5	Lüftung	75
6.6	Pumpen	86
6.7	Beleuchtung	88
6.8	Ausstattung, TWW und Sonstige Verbraucher	96
6.9	Fazit Energieeffizienz	102



<b>7</b>	<b>Nutzerkomfort</b>	<b>105</b>
7.1	Messtechnische Untersuchungen	105
7.2	Nutzerbefragungen (Bearbeitung Universität Magdeburg)	120
7.3	Fazit Nutzerkomfort	131
<b>8</b>	<b>Interventionen</b>	<b>133</b>
8.1	Interventionen im Regionshaus Hannover	134
8.2	Informationsgespräche	135
8.3	Nutzerhandbuch	136
8.4	Service Portal	140
8.5	Fazit Interventionen	147
<b>9</b>	<b>Gebäudebetrieb</b>	<b>149</b>
9.1	Baunutzungskosten	149
9.2	Energetische Betriebsoptimierung	155
9.3	Fazit	160
<b>10</b>	<b>Diskussion, Empfehlungen und Ausblick</b>	<b>161</b>
10.1	Diskussion	161
10.2	Veranstaltungen und Publikationen	162
10.3	Empfehlungen	164
10.4	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	166
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>167</b>
11.1	Energetische Bewertung nach DIN V 18599	167
11.2	Dokumentation Energieverbrauchsmessungen	185
11.3	Abkürzungen und Indices	190
11.4	Veranstaltungen	190
11.5	Veröffentlichungen	191
11.6	Messtechnik	193
11.7	Software	197
11.8	Abbildungsverzeichnis	198
11.9	Tabellenverzeichnis	202
11.10	Referenzen	204

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Neue Regionshaus Hannover wurde 2007 als Demonstrationsgebäude nach dem Standard des Forschungsschwerpunkts EnOB- Energieoptimiertes Bauen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie errichtet. Ziel war es, einen Jahres-Primärenergiebedarf von  $100 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGF}\cdot\text{a}})$  bei gleichzeitig gutem Nutzerkomfort zu erreichen. Das Regionshaus war gleichzeitig das erste EnOB- Demonstrationsgebäude, dass in einem Public- Private- Partnership (PPP) umgesetzt wurde.

Durch die Kombination von hohen technischen Anforderungen an die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort mit der wirtschaftlichen und wettbewerblichen Situation in einem PPP bot sich die Chance, die Multiplikationsfähigkeit der technischen Standards an einem Beispiel in der Praxis zu erproben und entsprechende Erfahrungen zu sammeln.

Das PPP- Verfahren verlief erfolgreich. Aus sechs eingereichten Angeboten, die die technischen Anforderungen weitestgehend erfüllten, wurde eines umgesetzt und zum 1.4.2007 an die Region Hannover übergeben. Die Prüfung der Wirtschaftlichkeit des Angebots auf Basis des Barwertes ergab einen Vorteil von rund 19 % gegenüber einer konventionellen Beschaffung.

Das Monitoring der ersten Betriebsjahre hat gezeigt, dass der gesetzliche Grenzwert nach EnEV 2007, die zum Zeitpunkt der Ausschreibung noch nicht gültig war, von  $214 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGF}\cdot\text{a}})$  und auch der in der funktionalen Leistungsbeschreibung als Planungsziel angestrebte Kennwert von  $100 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGF}\cdot\text{a}})$  im Betrieb mit  $72 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGF}\cdot\text{a}})$  sogar noch deutlich unterschritten wurde, Abbildung 1.

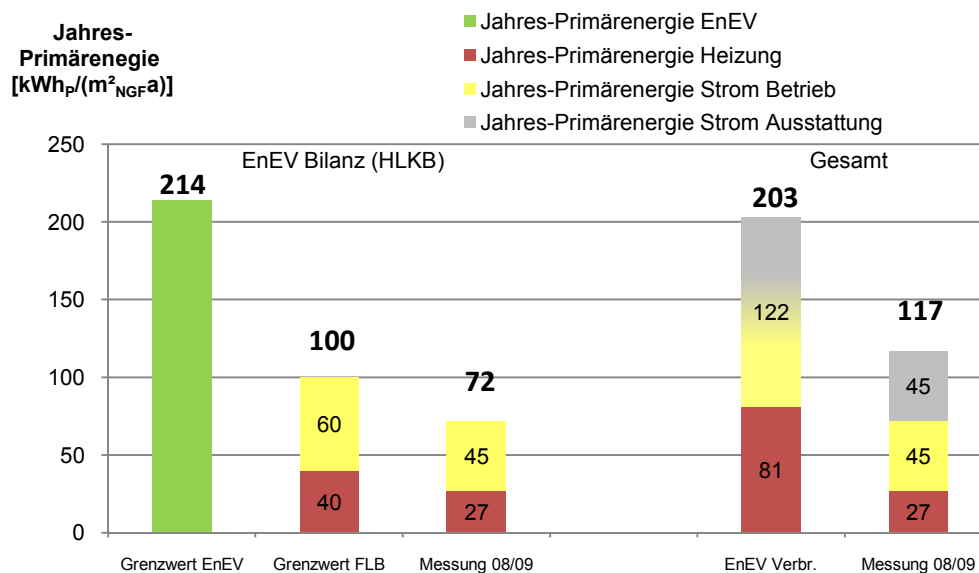


Abbildung 1 Primärenergie-Kennwerte Neues Regionshaus Hannover<sup>1</sup>

<sup>1</sup> EnEV Bedarf: Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV 2007 (Heizen, Kühlen, Lüften, Beleuchten, Hilfsenergie)

Ziel FLB: Maximal zulässiger Wert in der Funktionalen Leistungsbeschreibung

EnEV Verbrauch: Referenzwerte des Energieverbrauchs aus dem EnEV 2007 (umgerechnet in Primärenergie)

Messung 08/09: Arithmetischer Mittelwert der Jahre 2008 und 2009

Der Referenzwert des Energieverbrauchsausweises nach EnEV 2007, der den gesamten Energieverbrauch aus Wärme und Strom umfasst, liegt bei  $203 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$ . Der Gesamtverbrauch im Betrieb einschließlich der Ausstattung liegt mit  $117 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$  entsprechend bei weniger als 60 % des Verbrauchs konventioneller Gebäude.

Die bisher untersuchten Büro- Demonstrationsgebäude im Forschungsprogramm EnOB – Energieoptimiertes Bauen erreichten Verbrauchskennwerte für die Jahres- Primärenergie entsprechend der Bilanzierungsgrenzen der DIN V 18599 im Bereich zwischen 50 und  $150 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$  mit einem Mittelwert von  $92 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$ <sup>2</sup>. Bei allen untersuchten Gebäuden lag der Zielwert bei  $100 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$ . Das Regionshaus liegt mit  $72 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$  sowohl deutlich unter dem Zielwert des Forschungsprogramms als auch unter dem Mittelwert der übrigen Gebäude, Abbildung 2.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

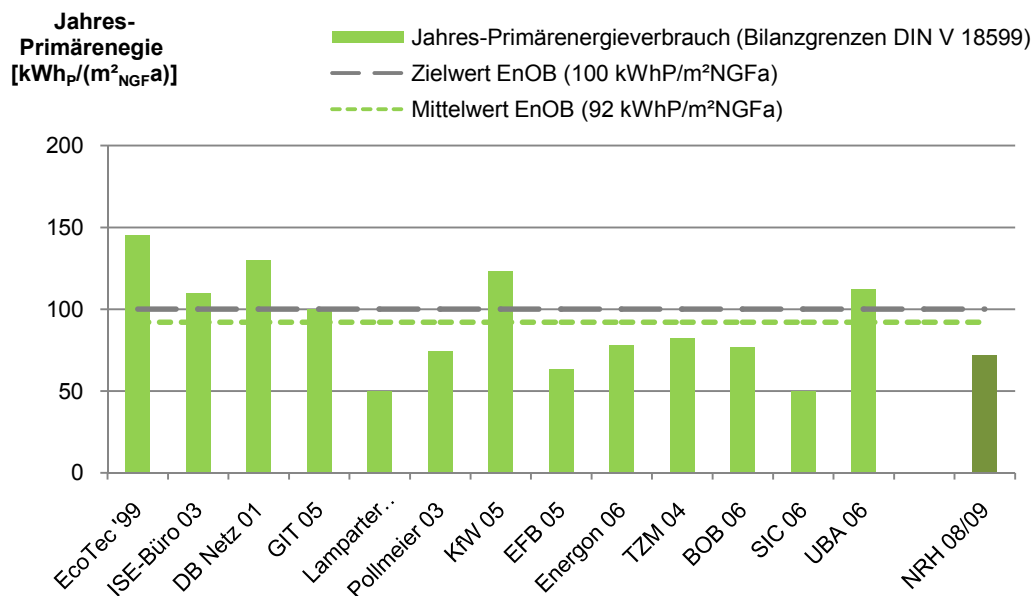


Abbildung 2 Jahres-Primärenergieverbrauch Regionshaus (NRH) und andere EnOB- Bürogebäude nach [Voss; Hoffmann et al., 2007]

Den Heizwärmebedarf, für den ein Zielwert von  $40 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$  gesetzt war, haben die Demo-Gebäude im Mittel exakt erreicht [Voss; Hoffmann et al., 2007] Auch das Regionshaus erreicht diesen Wert mit  $39 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFa}})$ . Das Neue Regionshaus Hannover ist damit im Betrieb eines der energieeffizientesten EnOB-Demonstrationsgebäude.

Das Monitoring zeigte, dass der Nutzerkomfort trotz der Anforderungen an die Energieeffizienz nicht eingeschränkt wurde. Es kam in 2008 und 2009 nur in sehr geringem Maße zu Raumtemperaturen über  $26^\circ\text{C}$ . Auch die messtechnische Analyse anderer Komfortkriterien, wie Strahlungsasymmetrie oder Luftzugrisiko, ergab keine Hinweise auf Beeinträchtigungen. Einzig die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in den von den Nutzern manuell über die Fenster zu lüftenden Büros zeigte im Winter erhöhte Werte.

<sup>2</sup> Stromgeschritten aus dezentraler Energieerzeugung sind nicht berücksichtigt.



Drei sogenannte Interventionen – die Ausgabe eines Nutzerhandbuchs, Informationsgespräche und ein Intranet-Serviceportal – wurden in den ersten Betriebsjahren durchgeführt. Obwohl eine quantitative Bewertung der Maßnahmen, vermutlich auf Grund der für die Autoren unerwartet hohen Fluktuation im Gebäude, nicht möglich war, erscheinen sie jedoch grundsätzlich geeignet, die Akzeptanz neuer und innovativer Gebäude zu verbessern.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Das Projekt hat gezeigt, dass anspruchsvolle Standards für Energieeffizienz und Nutzerkomfort in PPP- Verfahren technisch und wirtschaftlich erfolgreich umgesetzt werden können. Für zukünftige Verfahren wird empfohlen, die Mindestanforderungen an die Energieeffizienz so zu gestalten, dass im Rahmen der geforderten Nachweismöglichkeiten und der zur Verfügung stehenden Technologien und Konzepte ein ausreichender Lösungsspielraum erhalten bleibt, um unerwünschte Zwänge z.B. hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit oder funktionaler Zusammenhänge zu vermeiden. Bessere Lösungen sollten im Vergleich als höherwertige Leistung bewertet werden und nicht durch extreme Mindestanforderungen erzwungen werden. Grundsätzlich sollten bekannte Anforderungen an das Gebäude soweit möglich konkret beschrieben werden.

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Im Gebäudebetrieb hat sich gezeigt, dass das vergleichsweise einfache Energiekonzept des Regionshauses vom ersten Tag an weitgehend funktionierte. Die besonders innovativen Komponenten, die Betonkernaktivierung und das Erdsondenfeld, kamen dabei im Betrieb jedoch kaum zum Einsatz. Im Laufe der Nutzung wurden außerdem auch in diesem Gebäude Ansätze für Betriebsoptimierungen erkannt, die ein Monitoring auch ohne wissenschaftliches Forschungsprojekt als sinnvoll, und bei entsprechenden Kosten, wirtschaftlich erscheinen lassen.

Das Projekt „Neues Regionshaus Hannover“ hat gezeigt, dass Energieoptimiertes Bauen in PPP- Verfahren technisch und wirtschaftlich erfolgreich möglich ist. Projekte mit darüber hinausgehenden Zielsetzungen und Experimente mit unbekanntem Konzepten sollten jedoch in anderen Verfahren durchgeführt werden.

Die wissenschaftlichen Fragen, die sich an das Projekt Regionshaus anschließen, beziehen sich auf die Multiplikation des Energieoptimierten Bauens. Die Analyse, in wie weit Energieoptimiertes Bauen stattfindet und ob es in der Praxis erfolgreich funktioniert, erfordert neben der laborexperimentellen Arbeit, z.B. in ViBau oder LowEx, und den EnBau- und EnSan-Demonstrationsgebäuden auch eine Betrachtung des Energieoptimierten Bauens im Feld. Aus dieser Erfolgskontrolle in der Praxis können Werkzeuge und Methoden zur Qualitätssicherung und effektiven Multiplikation entwickelt werden. Das IGS koordiniert mit dieser Zielsetzung seit Ende 2009 das neue Forschungsfeld EnBop – Energetische Betriebsoptimierung.



## Dank

Die Autoren danken allen, die das Forschungsprojekt „Neues Regionshaus Hannover – Energieoptimiertes Bauen im PPP“ ermöglicht und unterstützt haben.

Unser Dank gilt insbesondere der Region Hannover, Herrn Regionspräsident Jagau, Frau Baudezernentin Thiel, Frau Baudirektorin Malkus-Butz und den Mitarbeitern ihres Teams Service Gebäude Herr Meyer, Herrn Voß, Herrn Ahrens-Hein, Herrn Mayet, Herrn Baumgarten und Herrn Kopetzki sowie allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die an den Nutzerbefragungen teilgenommen haben.

Ebenfalls danken wir Herrn Schubert von der VBD Beratungsgesellschaft für Behörden mbH für seine Unterstützung. Daneben bedanken wir uns bei allen anderen Projektbeteiligten, die zum Erfolg dieses Projekts beigetragen haben: die Planungsbüros HSK/Göttingen, BSI/Garbsen-Havelse und IB Hobert/Hannover sowie Commerzleasing AG, Bilfinger Berger AG, WILO AG, uponor GmbH, Sauter-Cumulus GmbH, Kadem Leuchten GmbH.

Ein besonderer Dank geht an den Architekten des Regionshauses Herrn Rathmann von bünemann&collegen, für die zahlreichen Unterlagen und Informationen zum Gebäude, sowie den Bauleiter der Bilfinger Berger AG Herrn Perl für die hervorragende Unterstützung während der Errichtung des Gebäudes.

Zu guter letzt bedanken wir uns bei den Fördergebern des Projekts, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und dem Projektträger Jülich sowie proKlima – Der enercity- Fonds herzlich für die Unterstützung und gute Zusammenarbeit.

Braunschweig, den 22.12.2010

Dipl.- Ing. Architekt Stefan Plesser  
Projektleiter, Abteilungsleiter IGS

Univ.- Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Institutsleiter IGS

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



## 2 FORSCHUNGSPROJEKT ENERGIEOPTIMIERTES BAUEN IM PPP

Bei einer Veranstaltung der Region Hannover im Jahre 2003 wurde die Frage diskutiert, mit welchem Energiestandard ein neues Bürogebäude der Region errichtet werden sollte. Mehrere Experten trugen einem Ausschuss der Region verschiedene Optionen von der Errichtung im gesetzlichen vorgeschriebenen Standard bis hin zum Passivhausstandard vor. Besonders wichtig war für alle Beteiligten ein zweites Ziel des geplanten Projekts: es sollte das erste Public- Private- Partnership der Region Hannover werden.

Der Autor dieses Berichts präsentierte als Mitarbeiter des IGS – Instituts für Gebäude und Solartechnik die Demonstrationsgebäude des Forschungsprogramms EnOB – Energieoptimiertes Bauen (damals noch *solarbau*) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, darunter den Neubau des Informatikzentrums an der TU Braunschweig aus dem Jahre 2000 und das EnergieForum Berlin von 2002.

Aus diesem ersten Kontakt ergaben sich weitere Gespräche und schließlich der Auftrag für die Entwicklung einer Funktionalen Leistungsbeschreibung, die erstmals die Anforderungen des EnOB- Standards in ein Public- Private- Partnership integrierten. Die Verbindung von hohen energetischen Zielsetzungen mit einem ökonomisch und wettbewerbsrechtlich ebenso anspruchsvollen wie vielversprechenden Verfahren bot eine interessante Chance für die Analyse der Multiplikationsfähigkeit innovativer Energiekonzepte in der Praxis und war Anlass und Ausgangspunkt für das Forschungsprojekt „Neues Regionshaus Hannover – Energieeffizienz im PPP“.

### 2.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojekts war die Analyse und Dokumentation der technischen, wirtschaftlichen, umweltspsychologischen und administrativen Aspekte des PPP-Projekts Neues Regionshaus Hannover. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden von Mitte 2006 bis Ende 2009 u.a. eine ausführliche Dokumentation der Projektvorbereitung und -umsetzung erarbeitet, ein messtechnisches Monitoring von Energieeffizienz und Nutzerkomfort umgesetzt sowie nutzerorientierte Interventionen durchgeführt.

Das Projekt sollte zeigen, ob energieoptimiertes Bauen in PPP-Projekten erfolgreich und effektiv umgesetzt werden kann und Empfehlungen zur Umsetzung für zukünftige Projekte entwickeln.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636





## 2.2 Zeitplan und Ablauf des Forschungsprojekts

Das Forschungsprojekt lief vom 1. Juli 2006 bis zum 30.06.2010. Die Vorbereitungen für das Projekt begannen in 2003 und mündeten in die Ausschreibung und Aufforderung zur Abgabe eines Angebots für die Errichtung des Regionshauses am 2. September 2004.

Der Zeitplan des Bau- und Forschungsprojekts ist in Tabelle 1 dargestellt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

**Tabelle 1 Projektverlaufsplan**

2003	Vorbereitung der Ausschreibung
02.09.2004	Ausschreibung / Aufforderung zur Abgabe eines Angebots
Januar 2005	Einreichungstermin / Angebotsabgabe
August 2005	Vergabe / Auftragserteilung / Vertrag
<b>Oktober 2005</b>	<b>Baubeginn (Abriss Bestandsgebäude)</b>
<b>1. Juli 2006</b>	<b>Beginn des Forschungsprojekts</b>
<b>31.03.2007</b>	<b>Baufertigstellung</b>
01.04.2007	Übergabe des Gebäudes und sukzessiver Bezug innerhalb eines Monats
ab Mai 2007	Installation Langzeit-Monitoring (LZM) in 16 Büros im 3.+4. OG
ab Juli 2007	Betriebsdatenerfassung über GLT
ab Juli 2007	Installation Langzeit-Monitoring (LZM) in 16 Büros im 2.+5. OG
30. + 31. August 2007	Informationsgespräche (3.+4. OG)
26.09.2007	1. Spot-Monitoring in 24 Büros (Sommer)
Anfang Oktober 2007	Probelauf für Service- Portal mit Testteilnehmern
17.10.2007	Service-Portal online
02.10. - 16.10.2007	1. Nutzerbefragung (Post Occupancy Evaluation)
Februar 2008	2. Nutzerbefragung
05.03.2008	2. Spot-Monitoring in 24 Büros (Winter)
07.08.2008	3. Spot-Monitoring in 24 Büros (Übergangszeit)
August 2008	3. Nutzerbefragung
November 2009	Ende LZM
31.12.2009	Ende Betriebsdatenerfassung über GLT im Projekt
02.06.2010	Fachworkshop „Energieeffizienz im PPP – Nachhaltigkeit im Wettbewerb“
<b>30.06.2010</b>	<b>Abschluss des Forschungsprojekts</b>

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636



## 2.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

### Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS), Projektleitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Technische Universität Braunschweig  
Fakultät Architektur, Bauen, Umwelt  
Mühlenpfordtstraße 23  
38106 Braunschweig

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:  
Dipl.-Ing. Architekt Stefan Plesser (Projektleiter)  
Dipl.-Ing. Franziska Bockelmann  
Dipl.-Ing. Architekt Arne Diedrich  
Cand. Arch. Leonore Brave  
Dipl.-Ing. Anatoli Hein  
Dr.-Ing. Ernesto Kuchen  
Dipl.-Ing. Henrik Langehein

### Institut für Psychologie

Abteilung Sozialpsychologie, Differentielle und Persönlichkeitspsychologie  
Prof. Dr. Volker Linneweber  
Jun.-Prof. Dr. Petra Schweizer Ries  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Universitätsplatz 2  
D-39106 Magdeburg

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:  
Dipl.-Psychologin Noreen Heße  
Dipl.-Psychologe Jan Zoellner

### Region Hannover

Hildesheimer Straße 20  
30169 Hannover

### VBD Beratungsgesellschaft für Behörden

Invalidenstraße 34  
10115 Berlin

## 2.4 Förderung

Das Projekt wurde gefördert durch das  
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, FKZ: 0335007X und  
proKlima – Der enercity-Fonds, Hannover, AZ: E090002 .

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



### 3 STAND DES WISSENS UND DER TECHNIK

Das Forschungsprojekt zum Neuen Regionshaus Hannover verbindet zwei Bereiche des Bauens: zum einen die hohen Anforderungen an Energieeffizienz und Nutzerkomfort entsprechend der Kriterien des Energieoptimierten Bauens, zum anderen die besonderen Rahmenbedingungen von so genannten Öffentlich Privaten Partnerschaften, kurz ÖPP (engl.: *Public Private Partnership*, im Weiteren *PPP*).

Die Zusammenführung der Themenkomplexe ist von besonderer Bedeutung, da die technisch Grundlagen für die Umsetzung des Energiestandards weitgehend gelegt sind, jedoch für eine erfolgreiche Umsetzung in der Breite zahlreiche Risiken bestehen.

#### 3.1 Innovative Technik: Energieoptimiertes Bauen

Die Demonstrationsprojekte des Programms solarbau:MONITOR (heute EnBau und EnSan im Förderschwerpunkt EnOB- Energieoptimiertes Bauen) haben an einer Reihe von Beispielen gezeigt, dass die Erreichung der geforderten Energiekennwerte möglich ist. Die Projekte umfassen unterschiedliche Konzeptionen und technische Komponenten und sind umfangreich dokumentiert, unter anderem in [Voss, 2005]. Gleichzeitig zeigten die Umsetzung und das begleitende Monitoring, dass die Performancepotenziale des integralen Ansatzes der Konzepte und innovativen Komponenten durch die realen Bedingungen in der Planungs- und Baupraxis gefährdet werden. Dies gilt nicht nur für die gestiegenen Anforderungen an die Planung und die Errichtung des Gebäudes. Das Nutzerverhalten in einem innovativen Gebäude kann z.B. durch Unkenntnis oder mangelnde Akzeptanz ebenso zu einer verminderten Energieeffizienz führen wie die Betriebsführung durch Personal, das noch keine Erfahrung mit neuartigen Technologien hat. Die Maßnahmen des Monitorings beim Demonstrationsprojekt Energieforum Berlin zeigten, dass ohne wissenschaftliche Begleitung eine Einhaltung der Zielwerte für die Energieeffizienz vermutlich nicht möglich gewesen wäre [Plesser and Bremer, 2004].

#### 3.2 Innovative Verfahren: Bauen im PPP-Verfahren

„Public- Private- Partnerships (PPP)- oder auch Öffentlich Private Partnerschaften (ÖPP) verfolgen das Ziel, durch eine langfristig angelegte Zusammenarbeit zwischen Öffentlicher Hand und privater Wirtschaft öffentliche Infrastrukturprojekte effizienter zu realisieren als bisher“ [Pols and Deutschland. Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung, 2009]. „Langfristig“ umfasst in diesem Zusammenhang alle Phasen vom Finanzieren, Planen und Errichten über das Betreiben bis zur eventuellen Verwertung. Damit folgt das Konzept PPP grundsätzlich dem Ansatz einer im Lebenszyklus optimierten und damit auch energieeffizienten Bewirtschaftung. Für das Energieoptimierte Bauen kann dies in gleichem Maße eine Chance zur Multiplikation hoher Standards, wie zur Identifikation und Auswahl in der Masse geeigneter Energiekonzepte sein.

Die Errichtung von Gebäuden der öffentlichen Hand wird in Zukunft vermehrt durch sogenannte PPP-Verfahren erfolgen. Ein Gesetzentwurf zum PPP-Beschleunigungsgesetz stellt 2005, also zu dem Zeitpunkt, als das Projekt Neues Regionshaus begann, fest: „Öffentliche Private Partnerschaften sind ein wichtiger Baustein bei der Modernisierung unseres Staatswesens. Aber auch die Finanzierung öffentlicher Haushalte auf der einen Seite, das hohe Leistungsniveau des Staates und der erhebliche Bedarf an modernen Infrastrukturen auf der anderen Seite zwingen dazu, über die traditionelle Arbeitsteilung zwischen Staat und Privatwirtschaft neu nachzudenken ... Mit PPP können öffentliche Leistungen nicht nur mit geringeren Kosten schneller und früher, sondern auch in höherer Qualität bereitgestellt werden“ [Fraktionen SPD und Bündnis 90 / die Grünen, 2005].

PPP lassen sich beschreiben als „langfristig, vertraglich geregelte Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und Privatwirtschaft zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben, bei der die erforderlichen Ressourcen (z.B. Knowhow, Betriebsmittel, Kapital, Personal) in einen gemeinsamen Organisationszusammenhang eingestellt und vorhandene Projektrisiken entsprechend der Risikomanagementkompetenz der Projektpartner angemessen verteilt werden“ [PWC et al, 2003].

Zum Stichtag 30. Juni 2009 wurden seit 2002 kumuliert 130 Hoch- und Straßenbauprojekte mit einem gesamten Investitionsvolumen von rund 5,45 Mrd. € abgeschlossen. Der Anteil des Hochbaus liegt bei 3,5 Mrd. € [Pols and Deutschland. Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung, 2009]. Dabei war die Anzahl der Vertragsabschlüsse in 2008 erstmals seit 2002 rückläufig, Abbildung 3.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

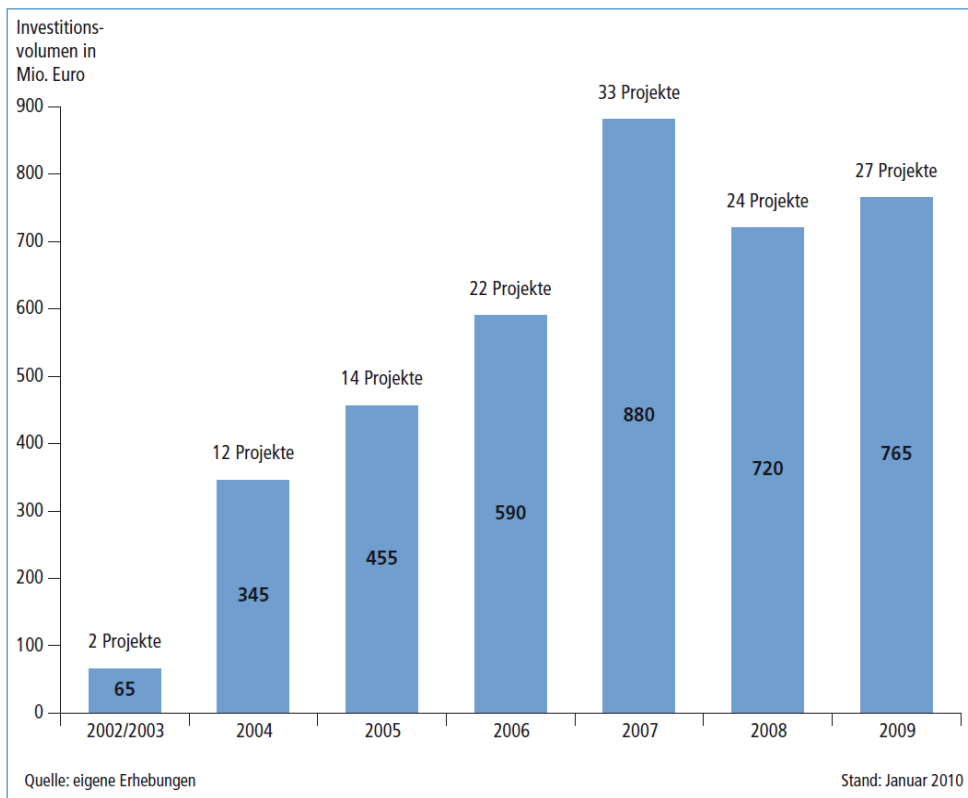


Abbildung 3 Anzahl und Investitionskosten der PPP-Projekt in Deutschland [Hochtief, 2005]

Auf Basis der Projektdaten wurden für PPP-Projekte Effizienzvorteile bei Projekten in der Größe des Neunen Regionshauses, also mit Baukosten von rund 10 Mio. €, von rund 12 % berechnet. Grundlage der Bewertung ist die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung bei Vertragsabschluss. Es liegen jedoch zur Wirtschaftlichkeit bisher kaum validierte Zahlen aus laufenden Projekten vor [Pols and Deutschland. Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung, 2009].



Für den Lebenszyklusansatz von PPPs gibt das PPP-Handbuch des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung verschiedene Effizienzpotenziale an:

- Baukosteneinsparungen bei gleichen Qualitäten
- Terminalsicherheit und –optimierung
- Betriebskosteneinsparungen
- Werterhaltung
- Generierung von Erträgen und Synergieeffekten.

Insbesondere die Verknüpfung von Planung und Betrieb soll durch das Eigeninteresse des PPP-Anbieters Effizienzsteigerungen ermöglichen.

Besonders hervorgehoben wird im PPP-Handbuch [Pols and Deutschland. Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung, 2009], dass das Ziel von PPPs nicht nur die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, sondern auch die Steigerung der Qualität ist. Im Projekt Neues Regionshaus stand besonders das Ziel einer energieoptimierten Bauweise im Mittelpunkt. Es liegt nahe, dass der integrale Planungsansatz für energieeffiziente Gebäude durch den vergleichsweise frühen Zeitpunkt der Leistungsdefinition unterstützt werden kann. Die energetischen Ziele können dabei als geschuldete Bauleistung in der Ausschreibung verankert und bei der Bewertung und Auswahl im Rahmen eines Wettbewerbs berücksichtigt werden. Die Definition von Betreiberleistungen in Bezug auf die Energieeffizienz erscheint hingegen deutlich komplexer, da Nutzung und Betrieb – vom Veranstaltungskalender über das individuelle Nutzerverhalten bis zur Qualität der Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungsleistungen – einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben können und im Betrieb mit vertretbarem Aufwand nur eingeschränkt bewertet werden können.

### 3.3 Zielsetzung: Energieoptimiertes Bauen in PPP-Verfahren

Auf Grund der zukunftsweisenden Anforderungen an das Energieoptimierte Bauen und der Bedeutung von PPP-Verfahren im Baugeschehen der Zukunft müssen Wege geschaffen werden, die entsprechenden Standards in PPP- Verfahren zu integrieren, die Qualität der Standards zu sichern und einen nachhaltig effizienten Betrieb zu ermöglichen. Entsprechende Defizite werden grundsätzlich in den Positionspapieren des Bundesverbandes der Deutschen Bauindustrie aus den Jahren 2006 und 2008 angesprochen [Stiepelmann, 2006], [Stiepelmann, 2008].

Das Neue Regionshaus Hannover bringt diese Themen in einem Projekt zusammen und bietet die Möglichkeit, die wichtigsten Stufen des Verfahrens ausgehend von der Ausschreibung der Region Hannover über Planung und Errichtung durch das Bieterkonsortium bis zur Nutzung wiederum durch die Region zu dokumentieren, Erfahrungen in der Verknüpfung zu sammeln und Hilfestellungen für zukünftige Verfahren zu schaffen.

Im Folgenden sind die wesentlichen Arbeitspakete des Forschungsprojekts beschrieben. Sie stellen den aktuellen Stand der Bearbeitung dar und werden im Laufe der Bearbeitung mit der Region und den übrigen Forschungspartnern detailliert und abgestimmt. Die Dokumentation umfasst das gesamte Projekt von der Vorbereitung in Politik und Verwaltung bis hin zur Erfolgskontrolle der Energieeffizienz in Monitoring und Nutzerbefragungen. Sie bildete die Grundlage für die Abschlussveranstaltung und das Informationsmaterial.

Vor dem Projekt waren bereits rund 20 Demonstrationsgebäude, überwiegend Bürogebäude, mit den EnOB-Zielwerten für Energieeffizienz im Rahmen des Forschungsfeldes EnBau errichtet worden. Mit diesem Projekt sollte gezeigt werden, ob sich die Ziele im Rahmen einer weitgehend „normalen“ Marktsituation – ohne wissenschaftliche „Eingriffe“ und Unterstützung – ebenfalls erreichen ließen.



## 4 DAS PPP-VERFAHREN NEUES REGIONSHAUS

Dieser Abschnitt beschreibt den Ablauf des Verfahrens zum Neuen Regionshaus Hannover als energieoptimiertes Gebäude in einem PPP.

### 4.1 Das PPP-Projekt Neues Regionshaus Hannover

Ausgehend von Erfahrungen anderer Gebietskörperschaften gab es im Vorfeld der Errichtung des Neuen Regionshauses Hannover Überlegungen, alternative Realisierungsmodelle - für die in den letzten Jahren der Begriff Öffentlich Private Partnerschaft (PPP) üblich geworden ist - zu nutzen. In einer von der Region Hannover beauftragten Machbarkeitsuntersuchung vom April 2003 wurden als mögliche wirtschaftliche Vorteile genannt:

1. Optimierung der Gesamtlösung und Nutzung von Synergieeffekten durch den Einkauf kompletter Leistungen am Markt

Bei Verbindung verschiedener Leistungen in einem Paket besteht ein wirtschaftliches Interesse der privaten Anbieter an einer Gesamtlösung, bei der die verschiedenen Leistungen (Planung, Baukosten, Finanzierung, ggf. Betrieb) – im Unterschied zur konventionellen Beschaffung – von Beginn an aufeinander abgestimmt werden. Mit dieser Realisierungsform wurden durch die Zusammenarbeit von Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen neue Wettbewerbsstrukturen am Markt geschaffen.

2. Kosteneinsparungen durch privatwirtschaftliches Handeln

Private Unternehmen als Bauherren arbeiten auf eigene Rechnung und eigenes Risiko, sind in der Regel kein öffentlicher Auftraggeber und dadurch beim Einkauf von Leistungen frei von Formalien und Entscheidungsprozessen (VOB/A, Beschlussfassungen durch politische Gremien), die eine öffentliche Verwaltung zu beachten hätte.

3. Kürzere Bauzeiten

Die Bauzwischenfinanzierung stellt für private Unternehmen einen erheblichen Kostenfaktor dar, so dass sie an einer schnellen Projektrealisierung interessiert sind. Im Gegensatz dazu wäre bei einer Eigenbaumaßnahme der öffentlichen Hand die Bauzeit in der Regel deutlich länger. Ein Grund dafür ist die Einzelgewerksvergabe, die für Bauleistungen als Regelverfahren vorgeschrieben ist.

4. Verlagerung von Risiken auf den privaten Auftragnehmer

Mit einer alternativen Projektrealisierung ist auch eine Verlagerung von Risiken auf den privaten Anbieter verbunden (z.B. Baukostenrisiko, Insolvenzrisiko von Nachunternehmern, Planungsrisiken).

Die Region Hannover entschied sich für die Realisierung des Verwaltungsneubaus in einem PPP-Verfahren.

Auf die Möglichkeit zur Vergabe von Betriebsleistungen wurde verzichtet, da diese aufgrund von Ausschreibungsergebnissen nach Einschätzung der Verwaltung selbst günstiger als durch Dritte erbracht werden können. Der Neubau ist ein Ergänzungsbau zum vorhandenen Regionshaus, so dass der Bauunterhalt und die technische Wartung in einer Hand, d.h. bei der Region verbleiben.

## 4.2 Zieldefinitionen in der funktionalen Leistungsbeschreibung

Die Region Hannover hatte das Ziel, neben der Realisierung des Neubaus im Rahmen eines PPP auch ein in vorbildlicher Weise energieeffizientes Gebäude zu errichten, ohne das Innenraumklima zu beeinträchtigen. Es mussten deshalb Zielkriterien und Nachweisverfahren für Energieeffizienz und Nutzerkomfort definiert werden, die für die besonderen Rahmenbedingungen eines PPP-Verfahrens geeignet sind.

Wichtigster Unterschied gegenüber einer konventionellen Planung ist, dass in einem PPP-Verfahren alle Kriterien, Ziele und Bewertungsmethoden in der Ausschreibung festgelegt werden müssen, da alle relevanten Entscheidungen der Planung bei der Analyse der Ergebnisse zu einem frühen Zeitpunkt, im Wettbewerb, bewertbar sein müssen. Auch für die Bieter ist dies von großer Bedeutung, um eindeutige Planungsgrundlagen und faire Wettbewerbsbedingungen zu haben. Im Verfahren sind Fragen an den Bauherrn zwar möglich, diese werden jedoch einschließlich der Antworten allen Bietern zugänglich gemacht. Es besteht die Gefahr, dass Bieter hiervon aus Gründen des Wettbewerbs nur bedingt Gebrauch machen, so dass die Möglichkeiten der Abstimmung mit dem Bauherrn beschränkt sind.

Als Grenzwert für den Jahres-Primärenergiebedarf wurde der damalige Zielwert des Forschungsschwerpunkts Energieoptimiertes Bauen von  $100 \text{ kWh}_P / (\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  ausgeschrieben. Für den Jahreswärmebedarf wurde außerdem der KfW-40-Standard festgelegt. Darüber hinaus wurden auch andere Festlegungen getroffen, die direkte Anforderungen an die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort stellen oder diese indirekt beeinflussen.

Im Folgenden werden die Randbedingungen sowie die besonderen Anforderungen dargestellt, die in der Funktionalen Leistungsbeschreibung (FLB) der Ausschreibung an Energieeffizienz und Nutzerkomfort gestellt wurden.

### 4.2.1 Baukörper und Gebäudehülle

Konstruktion	Massivbauweise, Stahlbeton Holzkonstruktionen für nicht tragende Bauteile zugelassen Dämmung der Gebäudehülle entsprechend KfW-40 Standard Wärmedämmverbundsysteme, Putzfassaden, Holz oder Blechverkleidungen sind ausgeschlossen. Alle Innenwände – mit Ausnahme der Trennwände zwischen den Teeküchen und gegebenenfalls angrenzenden WC-Räumen und den verschiebbaren Trennwänden der Multifunktionsfläche - sind in Massivbauweise zu errichten.
Fenster	Nach innen öffnende Aluminium-Holzfenster (Außenschale Aluminium, Innenschale Holz, beides thermisch getrennt miteinander verbunden, mit einem Randverbund aus Kunststoff) auszuführen. U(Fenster)-Wert von $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ Dreh-/Kippflügel Je Standardbüro sind zwei Fenster vorzusehen. Alternativ kann auch ein Fensterelement mit zwei Dreh-/Kippflügeln eingebaut werden.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



---

**Sonnenschutz** Der sommerliche Wärmeschutz muss gewährleistet sein und durch die unter „4.4.1 Gebäudesimulation“<sup>3</sup> beschriebene Simulation nachgewiesen werden. Eine Lösung ohne technische Kühlung der Büros ist anzustreben.

**Blendschutz**

---

#### 4.2.2 Energieversorgung und Technische Gebäudeausrüstung

---

**Wärmeversorgung** Anschluss an vorhandene Fernwärmeversorgung im Altbau  
Wärmeverteilnetz, Auslegungstemperaturen 70°C/55°C

---

**Wärmeverteilnetz und Übergabe** Vorgabe der Heizkreise (je Fassadenseite, Multifunktionsbereich, Heizregister Lüftung, Zentrale Warmwassererzeugung für die Küche)

Wartungsfreie Nassläuferpumpen (Mindestwirkungsgrad bei Nennleistung kleiner 500 W, 50% und größer 500 W, 75 %), Hersteller WILO, Typ Stratos

Verteilnetz aus nahtlosem Stahlrohr. Presssysteme sind zugelassen.

Vorgaben für statische Heizkörper, alternative Konzepte zulässig  
Strukturierte Plattenheizkörper mit Thermostatventilen  
Dämmung von Verteilleitungen und Kanälen:

- Kaltwasserleitungen: min. 30mm WLG035
- Warmwasserleitungen: Dämmstärke gleich Innendurchmesser
- Kalte Lüftungskanäle: min 100mm WLG 035
- Warme Lüftungskanäle im Außenbereich: min 200 mm WLG040
- Innenliegende Regenwasserleitungen: min. 50mm WLG035

Die Warmwasserbereitung für die Teeküchen dezentral mit Kochendwassergeräten.

Für Küche im Veranstaltungsbereich ist eine zentrale Warmwasserbereitung vorzusehen, Speicherinhalt 300l<sup>4</sup>.

---

**Raumluft und Kältetechnische Anlagen** Büroräume sollen nicht mit RLT-Anlagen ausgestattet werden.

Zentralgeräte Fabr. Menerga Typ Resolair oder gleichwertig mit Temperaturwirkungsgrad > 85% und Feuchterückgewinnung > 50%, max. Luftgeschwindigkeit 1,8 m/s in Blockbauweise

Bauteile

Zwei Frequenzumformer für Zuluft- Abluftventilatormotoren.

Für den Multifunktionsraum ist inkl. Foyer eine RLT-Anlage für 400 Personen, mit einen Mindestaußenluftanteil von 30 m<sup>3</sup>/h je Person, zu installieren.

---

<sup>3</sup> Siehe 4.2.5

<sup>4</sup> Dies entfiel in der Ausführung, da die Küche ausschließlich als Catering-Küche genutzt wird.





---

Regelung	<p>Die Teilbereiche des Multifunktionsraums und das Foyer sind jeweils über die Gebäudeleittechnik einzeln absper- und regelbar herzustellen.</p> <p>Regelkriterium sind Präsenz, Luftqualität und Temperatur.</p> <p>Die Raumtemperatur ist in den Räumen auf 22°C zu bemessen. Eine gleitende Anhebung ab einer Außentemperatur von 26°C auf 26°C bei einer Außentemperatur von 32°C kann berücksichtigt werden.</p>
Beleuchtung	<p>Büros: Abgependelte Leuchten mit direkt/indirekt Anteil, Ausstrahlungswinkel oberhalb 60° mit Spiegelraster, wie Trilux Typ5261-RSX mit EVG und Präsenzmelder oglw. Die Langfeldleuchten sind mit stabförmigen Dreiband-Leuchtstofflampen T 5 zu bestücken. Für die anderen Leuchten sind Kompakt-Leuchtstofflampen zu wählen.</p> <p>Flure: Einbauleuchte wie Trilux Typ 2902 W-B/TCD, EVG und Dekorscheibe oglw bzw. Wandaubauchten wie Trilux Typ 7403N oglw. oder eine Kombination von Decken- und Wandleuchten.</p>
MSR / GLT	<p>Die Schalt- und Regelungstechnik der Gewerke</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Sanitärinstallation</li><li>- Heizungsinstallation</li><li>- Raumluftechnik</li></ul> <p>ist vollständig inkl. Verkabelung zu liefern und zu installieren.</p> <p>Sämtliche Störmeldungen aus den technischen Ausbaugewerken sind aufzuschalten.</p> <p>Die Anlage ist an die vorhandene GLT, Fabr. Honeywell, anzubinden.</p>

---

#### 4.2.3 Bürokonzept

---

Büroräume	<p>Um den individuellen Bedürfnissen nahezu aller Mitarbeiter entgegen zu kommen, sind die Räume mit kipp- und offenen Fenstern (Dreh-Kipp-Flügeln) auszustatten.</p> <p>Die Heizleistung muss je Raum individuell durch die technischen Anlagen regelbar sein.</p> <p>Die Lüftung der Büroräume soll durch Fensterlüftung, also ohne mechanische Lüftungsanlagen erfolgen.</p> <p>Es ist zwingend, dass die Raumbreite von 4,20 m und die Raumtiefe von 4,70 m nicht unterschritten werden. Der Brüstungskanal kann ggf. in eine innere Vorsatzschale integriert werden. In diesem Fall kann die Raumtiefe entsprechend verkleinert werden. Die Vorgaben des KfW 40-Standards für die Außenwände sind einzuhalten. Des Weiteren ist eine lichte Raumhöhe von mindestens 2,65 m vorzusehen.</p> <p>Die Anordnung der Tür hat mittig zu erfolgen. Zur natürlichen Belichtung des Flures ist ein feststehendes Oberlicht über der Tür oder ein Seitenlicht mit transluzenter Verglasung neben bzw. in der Tür vorzusehen.</p>
-----------	---

---

#### 4.2.4 Energieeffizienz

Zum Zeitpunkt der Ausschreibung galt die Energieeinsparverordnung 2002/2004 [EnEV 04 Deutsches Informationszentrum für Technische Regeln, 2002/2004], die in Abhängigkeit von der Kompaktheit eines Gebäudes Grenzwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasser einschließlich Hilfsenergien festlegte. Ein normiertes, einheitliches Verfahren für die ganzheitliche Bilanzierung des Jahres-Primärenergiebedarfs, wie es DIN V 18599 bietet und wie es mit der EnEV 2007 [EnEV 07 Deutsches Informationszentrum für Technische Regeln, 2007] eingeführt wurde, lag noch nicht vor.

Dementsprechend wurde in der Ausschreibung eine Kombination aus Zielkennwerten, die die Berechnungsverfahren der EnEV 2002/2004 mit verschärften Anforderungen nutzen, und ingenieurtechnisch nachzuweisenden Kennwerten festgelegt. Darüber hinaus waren in der FLB verschiedene Vorgaben enthalten, die nicht mit dem Ziel einer Verbesserung der Energieeffizienz festgelegt wurden, diese jedoch beeinflussten. Die relevanten Teile der FLB sind in Tabelle 2 dargestellt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

**Tabelle 2 Zielkennwerte für die Energieeffizienz**

Jahresprimärenergie bedarf Heizung ( $Q_{PH}'$ ):	Der Jahresprimärenergiebedarf für Heizung + Warmwasserbereitung darf $40 \text{ kWh/m}^2_{ANA}$ nicht überschreiten. Hierzu ist für die Warmwasserbereitung ein Bedarfswert von $12,5 \text{ kWh/m}^2_{ANA}$ anzunehmen. Als Primärenergiefaktor für Fernwärme ist 0,7 anzusetzen.  Der Nachweis ist entsprechend der EnEV durchzuführen. Für das EnEV-Berechnungsverfahren sind die Randbedingungen für ein Mehrfamilienhaus anzusetzen, insbesondere für den Warmwasserbedarf.
Spezifischer Transmissionswärmeverlust ( $H_T'$ ):	Der spezifischen Transmissionswärmeverlust $H_T'$ muss mindestens 45 % unter dem nach der Energieeinsparverordnung geforderten Grenzwert für das Gebäude liegen.  Der Nachweis ist entsprechend der EnEV durchzuführen. Für das EnEV-Berechnungsverfahren sind die Randbedingungen für ein Mehrfamilienhaus anzusetzen, insbesondere für den Warmwasserbedarf.
Jahresprimärenergie bedarf Heizung + Strom (einschließlich Kälteerzeugung; $Q_{Pges}'$ ):	Der Jahresprimärenergiebedarf zum Betrieb des Gebäudes für Heizung und Elektrische Energie (ohne nutzungsspezifische Geräte wie Büroausstattung, Kaffeemaschinen etc.) muss weniger als $100 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche nach DIN 277 betragen. Als Primärenergiefaktor für Fernwärme ist 0,7, für Strom 3,0 anzusetzen.  Der Nachweis ist für den Primärenergiebedarf Heizung/ Warmwasser nach EnEV, für den Strombedarf auf Grundlage des „Leitfaden Elektrische Energie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt, Darmstadt, nachzuweisen (Stand: bei Ausschreibung).
Luftdichtigkeit	Die Luftdichtigkeit ist durch Blower-Door-Tests für alle Bauteile in geeigneter Weise zu überprüfen und zu dokumentieren. Das zu beauftragende Gutachterbüro ist im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festzulegen. Die Kosten für die Tests trägt der Auftragnehmer. Als Grenzwert für die $N_{50}$ -Messung muss ein Wert von $1,5 \text{ l/h}$ erreicht werden. Bauphysikalisch relevante Leckagen sind jedoch auch beim Unterschreiten dieser Grenzwerte nachzubessern.



#### 4.2.5 Nutzerkomfort

Das Einhalten der folgenden raumklimatischen Eckwerte für die Büroräume war anhand einer dynamischen Gebäudesimulation für einen Musterraum (Zweier - Büro im Obergeschoss) je Himmelsrichtung Süd, Ost und West und für die Multifunktionsflächen auf Grundlage des Testreferenzjahres für Hannover nachzuweisen, Tabelle 3.

**Tabelle 3 Zielkennwerte für den Nutzerkomfort und die thermische Simulation**

Eckdaten für die thermische Simulation:

Büroräume sind mit kipp- und öffnenbaren Fenstern (Dreh-Kipp-Flügeln) auszustatten.

Die Heizleistung muss je Raum individuell durch die technischen Anlagen regelbar sein.

Die Lüftung der Büroräume soll durch Fensterlüftung, also ohne mechanische Lüftungsanlagen erfolgen.

Raubbreite min. 4,20m, Raumtiefe min. 4,70m

Installationen im Brüstungskanal

Randbedingungen für die thermische Simulation Büro

- maximale sommerliche operative Raumtemperatur < 29°C
- Stunden zwischen 6h und 18h pro Jahr an denen 26°C Innenraumtemperatur überschritten wird < 210 h (nicht auf die Arbeitstage, sondern auf alle Tage, unabhängig von Wochenenden, Sonn- und Feiertagen, Ferien etc. bezogen)
- innere Lasten 20 W / m<sup>2</sup> (je Büro 2 Personen und 2 PCs)
- 300 lux Nennbeleuchtungsstärke bei tageslichtorientierten Büroarbeitsplätzen.
- Die Fenster sind als geschlossen anzunehmen.
- maximale operative Raumtemperatur < 29°C während einer eingeschwungenen 2-wöchigen Hitzeperiode nach VDI 2078

#### 4.3 Ablauf des Verfahrens

Das Vergabeverfahren wurde mit der Bekanntmachung der Ausschreibung am 10. Juli 2004 [Supplement Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 2004] begonnen. Bis zum Ablauf der Bewerbungsfrist des öffentlichen Teilnahmewettbewerbs am 17.08.2004 lagen Teilnahmeanträge von 26 Bewerbern vor.

Die Vergabeunterlagen wurden am 02.09.2004 an 7 ausgewählte Unternehmen versendet. Zum Submissionstermin am 14. Januar 2005 lagen von sechs Bietern Angebote vor. Die Bieter waren aufgefordert, auf der Grundlage einer ausführlichen Funktionalen Leistungsbeschreibung Entwürfe für den Neubau einzureichen und dabei die Vorgaben der Region planerisch und gestalterisch umzusetzen. Gleichzeitig waren die Bauleistungen zum Pauschalpreis und die Finanzierung mit verbindlichen Aufschlägen auf vorgegebene Referenzzinssätze anzubieten. Diese Art des Verfahrens wird seit mehreren Jahren bundesweit - auch in Niedersachsen - erfolgreich für die Ausschreibung von PPP-Lösungen genutzt [Architektenkammer Niedersachsen, 2003]. Tabelle 4 zeigt eine Übersicht über die abgegebenen Arbeiten.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

**Tabelle 4** Übersicht über die Angebote mit wesentlichen Merkmalen (Angaben der Bieter)

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### Angebot 1



Geschosse: EG + 5 OGs  
Tiefgarage: nein

$A/V_E$ -Verhältnis:  $0,27 \text{ m}^{-1}$   
BGF:  $10.242 \text{ m}^2$   
NGF:  $8.458 \text{ m}^2$   
 $BRI_a/NF_a$ :  $6,47 \text{ m}^3/\text{m}^2$   
 $VF_a/NF_a$ :  $0,50 \text{ m}^2/\text{m}^2$



$Q_{P,H}$ :  $24,9 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGF}a)$   
 $Q_{P,S}$ :  $71,5 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGF}a)$   
 $Q_{P,ges}$ :  $96,4 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGF}a)$   
 $H_T$ :  $0,32 \text{ W}/(\text{m}^2K)$

### Angebot 2



Geschosse: EG + 6 OGs (vorne), EG + 3 OGs (hinten)  
Tiefgarage: nein

$A/V_E$ -Verhältnis:  $0,25 \text{ m}^{-1}$   
BGF:  $10.031 \text{ m}^2$   
NGF:  $7.970$   
 $BRI_a/NF_a$ :  $6,17 \text{ m}^3/\text{m}^2$   
 $VF_a/NF_a$ :  $0,35 \text{ m}^2/\text{m}^2$



$Q_{P,H}$ :  $31,0 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGF}a)$   
 $Q_{P,S}$ :  $63,3 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGF}a)$   
 $Q_{P,ges}$ :  $94,3 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGF}a)$   
 $H_T$ :  $0,44 \text{ W}/(\text{m}^2K)$

Erdreichwärmetauscher für die Lüftung



### Angebot 3

Geschosse: KG + EG + 4 OGs + Staffelgeschoss  
Tiefgarage: nein

$A/V_E$ -Verhältnis:  $0,31\text{m}^{-1}$

BGF:  $10.571\text{ m}^2$

NGF:  $8,723\text{ m}^2$

$BRI_a/NF_a$ :  $6,82\text{ m}^3/\text{m}^2$

$VF_a/NF_a$ :  $0,50\text{ m}^2/\text{m}^2$

$Q_{P,H}''$ :  $32,7\text{ kWh}_p/(\text{m}^2_{NGFA})$

$Q_{P,S}''$ :  $72,8\text{ kWh}_p/(\text{m}^2_{NGFA})$

$Q_{P,ges}''$ :  $105,5\text{ kWh}_p/(\text{m}^2_{NGFA})$

$H_T'$ :  $0,58\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Keine Kühlung für Büros vorgesehen.

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-  
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531 / 391 - 3555

Fax: 0531 / 391 - 8125

e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)

[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:

Zimmerstr. 24b

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531 / 391-3635

Fax: 0531 / 391-3636



### Angebot 4

Geschosse: EG + 4 OGs + Staffelgeschoss  
Tiefgarage: ja (90 Stellpl.)

$A/V_E$ -Verhältnis:  $0,27\text{m}^{-1}$

BGF:  $12.157\text{ m}^2$  (inkl. Fläche Tiefgarage  $2.380\text{ m}^2$ )

NGF:  $9.884\text{ m}^2$

$BRI_a/NF_a$ :  $5,15\text{ m}^3/\text{m}^2$

$VF_a/NF_a$ :  $0,40\text{ m}^2/\text{m}^2$

$Q_{P,H}''$ :  $40,8\text{ kWh}_p/(\text{m}^2_{NGFA})$

$Q_{P,S}''$ :  $43,0\text{ kWh}_p/(\text{m}^2_{NGFA})$

$Q_{P,ges}''$ :  $83,7\text{ kWh}_p/(\text{m}^2_{NGFA})$

$H_T'$ :  $0,44\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Kühlung für Büros über Kaltwasseranschluss der Heizkörper.



### Angebot 5 (Siegerentwurf)

Geschosse: EG + 5 OGs  
Tiefgarage: nein

$A/V_E$ -Verhältnis:  $0,37\text{m}^{-1}$

BGF:  $8.426\text{ m}^2$

NGF:  $6.820$

$BRI_a/NF_a$ :  $5,54\text{ m}^3/\text{m}^2$

$VF_a/NF_a$ :  $0,33\text{ m}^2/\text{m}^2$

$Q_{P,H}''$ :  $51,8\text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGFa})$

$Q_{P,S}''$ :  $47,0\text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGFa})$

$Q_{P,ges}''$ :  $98,7\text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGFa})$

$H_T'$ :  $0,37\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Massive Innenwände, Betonkernaktivierung, Fenster mit integriertem Sonnen-/Blendschutz

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### Angebot 6



Geschosse: EG + 5 OGs (vorne), EG + 4 OGs (hinten)

Tiefgarage: ja (74 Stellplätze)

$A/V_E$ -Verhältnis:  $0,51\text{ m}^{-1}$

BGF:  $12.076\text{ m}^2$  (inkl. Fläche Tiefgarage  $1.969\text{ m}^2$ )

NGF:  $8.595\text{ m}^2$

$BRI_a/NF_a$ :  $6,38\text{ m}^3/\text{m}^2$

$VF_a/NF_a$ :  $0,52\text{ m}^2/\text{m}^2$

$Q_{P,H}''$ :  $47,9\text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGFa})$

$Q_{P,S}''$ :  $60,2\text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGFa})$

$Q_{P,ges}''$ :  $108,1\text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{NGFa})$

$H_T'$ :  $0,51\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Holzelementfassade, Brunnenanlage, Betonkernaktivierung

#### 4.4 Bewertung der Ergebnisse

Die Angebote, die neben den Planunterlagen unter Anderem auch einen Wärmeschutznachweis nach EnEV 2004, eine Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs sowie eine thermische Simulation zum sommerlichen Wärmeschutz in den Büros enthielten, wurden nach den in Tabelle 5 genannten Kriterien bewertet.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

**Tabelle 5 Bewertungskriterien Leistung**

1	Programmerfüllung	500
2	Organisation und Funktionalität	1000
3	Städtebauliche Einbindung	1000
4	Qualität der Architektur und Gestaltung	1500
5	Technische Gebäudeausrüstung	1350
6	Wartung und Betrieb	2000
7	Dauerhaftigkeit / Nachhaltigkeit	2000
8	Gesamteindruck	1000
	<b>Gesamtpunktzahl</b>	<b>10.350</b>

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Darüber hinaus wurde für jedes Angebot ein Barwert berechnet. Aus dem Barwert B und der Punktzahl L für die Leistung eines Angebots wurde ein Bewertungskoeffizient K gebildet, mit dem die Wirtschaftlichkeit des Angebots bewertet wurde, siehe Gleichung 1.

##### Gleichung 1

$$K = \frac{B}{L}$$

**B = Barwert** [€]  
**L = Punktezah Leistung** [Bewertungspunkt]  
**K = Bewertungskoeffizient** [€/Bewertungspunkt]

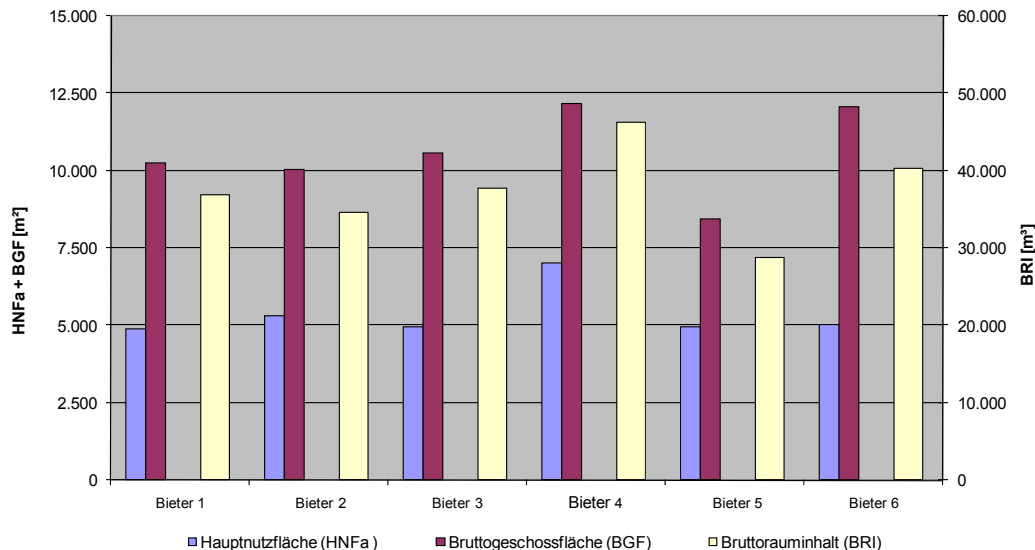
Die Ergebnisse wurden in einer umfangreichen Vorprüfung bewertet. Die eindeutig definierten Vorgaben, z.B. zur Konstruktion oder zur technischen Ausstattung der Beleuchtung konnten mit geringem Aufwand überprüft werden. Insbesondere bei den aufwändigeren Berechnungen war es jedoch sehr schwierig bzw. aufwändig, die Angebotsunterlagen im Detail zu prüfen. Dies betraf insbesondere den Wärmeschutznachweis und die Berechnungen zum Strom- und zum gesamten Jahres-Primärenergiebedarf. Unter anderem lagen folgende Unklarheiten vor:

- Unvollständige bzw. nicht plausible Angaben zu bauphysikalischen Qualitäten
- Unstimmigkeiten bei den Bezugsflächen oder Volumen
- Unklare Randbedingungen bei der Berechnung nach Leitfaden Elektrische Energie
- Fehlerhafte Durchführung des EnEV-Nachweises
- Thermische Simulationen zum sommerlichen Wärmeschutz ohne ausreichende Angabe von Randbedingungen; exakte Bewertung des Ergebnis' nur mit zusätzlicher Berechnung der Vorprüfung möglich

Die Unklarheiten verursachten eine sehr umfangreiche Vorprüfung. Die Bereiche Organisation und Funktionalität, Städtebauliche Einbindung und Qualität der Architektur und Gestaltung wurden zusätzlich durch eine eingeladene Expertenjury bewertet.

Die Entwürfe wiesen trotz des engen Rahmens der Ausschreibung abweichende Flächen und Volumina auf, siehe Abbildung 4.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs



B4: Fläche Tiefgarage (2.380 m<sup>2</sup>) in BGF enthalten; B6: Fläche Tiefgarage (1.969 m<sup>2</sup>) in BGF enthalten; B4: Fläche HNFa nach Prüfung ca. 5826m<sup>2</sup>

Abbildung 4 Flächen- und Raumanteile der Entwürfe (Grundlage: Vorprüfung)

Alle Angebote erfüllten jedoch die Anforderungen an das Raumprogramm, so dass die Hauptnutzfläche mit Ausnahme von Bieter 4 in etwa identisch bei rund 5.000 m<sup>2</sup> lag. Die Bieter 4 und 6 wählten dabei die Möglichkeit der Errichtung einer Tiefgarage. Der später erfolgreiche Bieter 5 konnte die geforderte HNF jedoch auf deutlich weniger Brutto-Rauminhalt und Brutto-Grundfläche unterbringen. Zum einen gestaltete der Entwurf die Übergänge zu den Bestandsgebäuden so, dass er im Neubau nur die Mindestraumhöhen errichten musste, während andere Entwürfe Geschosshöhen deutlich über 3 Metern vorschlugen. Zum anderen war es der einzige Entwurf, der den Multifunktionsraum nicht mit den drei Saalteilen senkrecht zur Hildesheimer Straße, sondern um 90° gedreht parallel anordnete. So konnte auf ein zusätzliches Foyer zur Erschließung des Saals neben dem Eingangsbereich verzichtet werden. Auch werden sämtliche Büros zweibündig erschlossen.

Die energetischen Zielwerte wurden teilweise – auch zum Nachteil der jeweiligen Bieter – nicht korrekt nachgewiesen, so dass die Werte nominell zum Teil überschritten wurden. Die Bewertung der Vorprüfung zeigte jedoch, dass alle Entwürfe die geforderten Grenzwerte einhalten konnten. Im Folgenden sind die Angaben der Bieter für die geforderte Unterschreitung der maximalen Transmissionswärmeverluste  $H_T'$  nach EnEV 2004 – die Mindestanforderung war 45 % - (Abbildung 5) sowie die Einhaltung der Grenzwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf Heizwärme inkl. Warmwassererzeugung von 40 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) (Abbildung 6) und den Jahres-Primärenergiebedarf von 100 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>), der zusätzlich Kühlung, Lüftung und Beleuchtung umfasste (Abbildung 7), dargestellt.



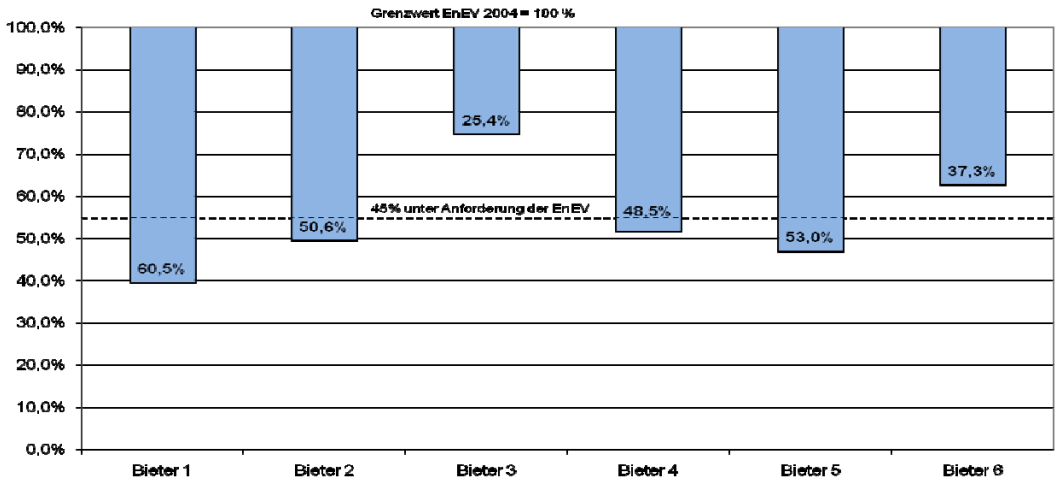


Abbildung 5 Ergebnisse für die spezifischen Transmissionswärmeverluste

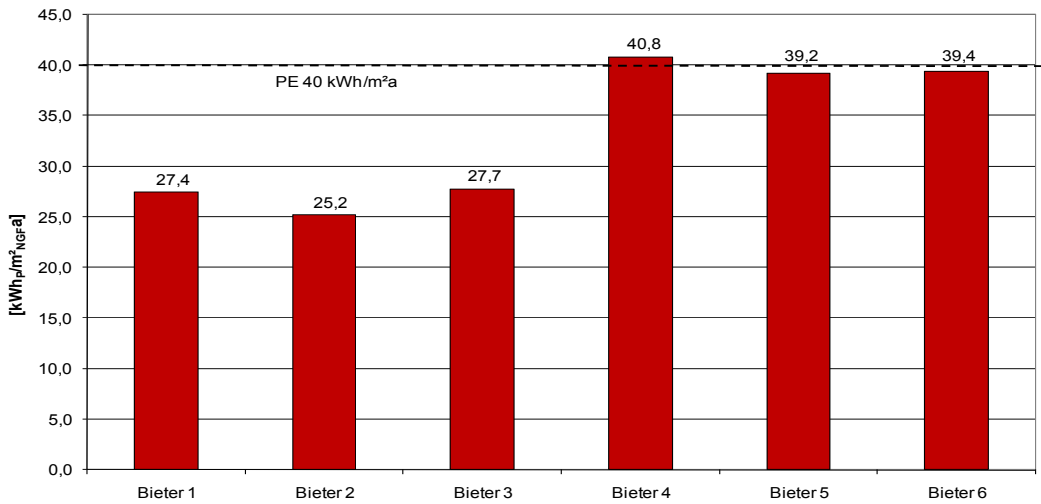


Abbildung 6 Ergebnisse für den Jahres-Primärenergiebedarf Heizwärme inkl. Warmwasser<sup>5</sup>

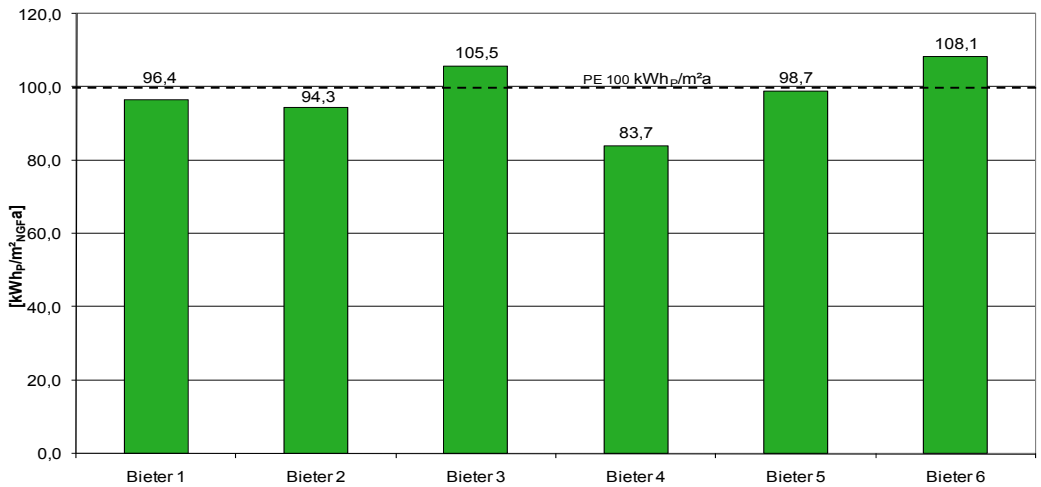


Abbildung 7 Ergebnisse für den Jahres-Primärenergiebedarf Heizwärme und Strom

<sup>5</sup> Die Bieter hatten teilweise den geforderten Pflichtteil von 12,5 kWh<sub>p</sub>/m<sup>2</sup>·a für die Warmwassererzeugung nicht berücksichtigt.

Im Wesentlichen wurden Vertragskonstruktionen angeboten, die auf einem Nutzungsrecht des Grundstücks basieren (Nutzungsrecht- und Überlassungsmodell, Mietkauf, Pacht-/Mietmodell, Bauerrichtungs- und Finanzierungsvertrag) und weitestgehend – bis auf die Vergabe von Leistungen in der Betriebsphase – dem PPP-Inhabermodell entsprechen.

Die Vorprüfung ergab, dass alle eingereichten Angebote die angestrebten Zielwerte für Energieeffizienz und Nutzerkomfort erreichen konnten. In mehreren Verhandlungsrunden, bei denen auch die Einhaltung der technischen Standards, insbesondere zum energieoptimierten Bauen ausführlich erörtert wurden, wurde der Bieter mit dem wirtschaftlichsten Angebot, also jenes mit dem niedrigsten Barwert je Bewertungspunkt ermittelt.

Tabelle 6 zeigt die abschließende Bewertung der sechs Angebote mit Bieter 5 als dem wirtschaftlichsten Angebot.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Tabelle 6 Bewertung der Angebote

		Bieter 1	Bieter 2	Bieter 3	Bieter 4	Bieter 5	Bieter 6
Barwert	[Mio. €]	14,47	13,32	20,89	15,075	11,84	20,12
Leistungspunkte	[Punkte]	8.736	6.679	7.884	7.321	7.708	8.867
Bewertungskoeffizient	[€/Punkt]	1.656	1.994	2.650	2.059	1.536	2.269

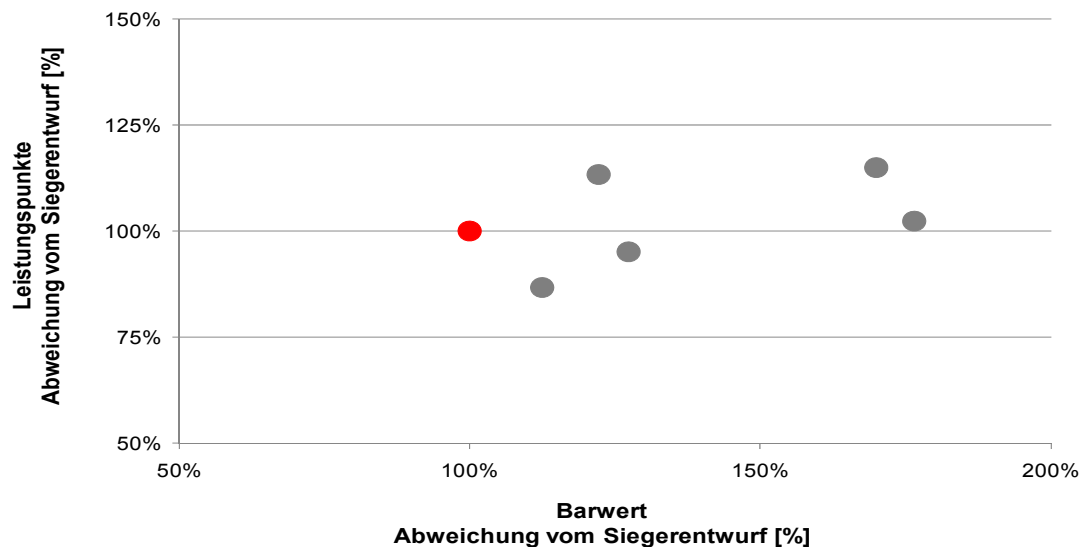


Abbildung 8 Leistungspunkte und Barwert der 6 Angebote bezogen auf das Siegerangebot (rot)

Das nach den Kriterien der Ausschreibung insgesamt wirtschaftlichste Angebot wurde von der MOLANA Vermietungsgesellschaft mbH & Co. Objekt Verwaltungsgebäude Hannover KG, einer von der CommerzLeasing gegründeten Objektgesellschaft, eingereicht. Das von der MOLANA angebotene Vertragsmodell stellte eine Kombination aus Bauerrichtungs- und Finanzierungsvertrag dar. In den entsprechenden Verträgen erhielt der Auftragnehmer zunächst das Recht auf dem Grundstück des Auftraggebers ein Gebäude zu errichten (Nutzungsvertrag). Im so genannten Immobilienmietvertrag verpflichtete sich der Auftragnehmer, alle notwendigen Leistungen für die nutzungsfertige Erstellung des Neuen Regionshauses in Hannover zu erbringen. Der Auftragnehmer beauftragte alle notwendigen Leistungen, holte in Zusammenarbeit mit der Region die erforderlichen baurechtlichen Genehmigungen ein und verpflichtete sich, das Neue Regionshaus zu dem vertraglich vereinbarten Termin nutzungsfertig zu übergeben.

Während der Bauzeit zahlte die Region weder Abschläge auf den künftigen Baupreis noch Bauzeitinsen. Die Zwischenfinanzierung, die der Auftragnehmer beschaffte, bestand aus einem Bankdarlehen auf der Basis des Euribors<sup>6</sup> mit einem Monat Laufzeit zzgl. des vereinbarten Zinsaufschlags sowie einem Darlehen der KfW-Förderbank mit einer Gesamtlaufzeit von 20 Jahren, das später auch zur Endfinanzierung dient, aber bereits während der Bauzeit abgerufen werden muss.

Die aufgrund des Immobilienmietvertrages mit Übergabe des Vertragsobjekts entstehende Forderungen sowie die bis dahin aufgelaufenen Kosten der Bauzwischenfinanzierung wurden durch den Auftragnehmer gestundet. Mit dem Auftraggeber wurde eine vierteljährliche Ratenzahlung über 20 Jahre vereinbart. Die Höhe der Raten ergab sich aus den Gesamtinvestitionskosten und den in der Finanzierungsvereinbarung geregelten Konditionen (Zinssatz für die Endfinanzierung). Sie entsprechen der Zins- und Tilgungsleistung gegenüber den refinanzierenden Banken (Bayerische Landesbank und KfW-Förderbank).

Die Forderung des Auftragnehmers MOLANA Vermietungsgesellschaft mbH & Co. Objekt Verwaltungsgebäude Hannover KG gegen die Region Hannover wurde vom Auftragnehmer an die Bayerische Landesbank in Höhe des Barwertes der Forderungen verkauft.

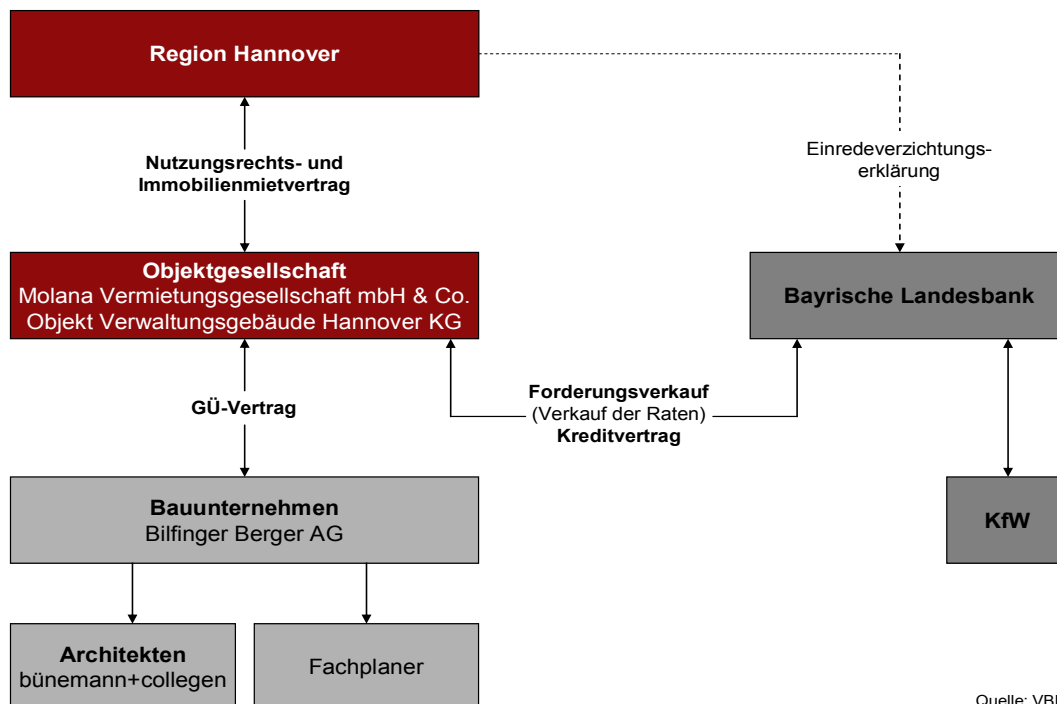
Zur Reduzierung der Finanzierungskosten, d.h. damit die Forderungen zu kommunalkreditähnlichen Konditionen angekauft werden können, gab die Region Hannover für die Endfinanzierungsphase eine Einredeverzichtserklärung gegenüber der Bayerischen Landesbank ab. Einreden der Region Hannover gegenüber dem Auftragnehmer blieben hiervon jedoch unberührt.

Die bei der alternativen Projektrealisierung entstandenen Vertragsstrukturen sind in der Abbildung 9 zusammengefasst.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

#### Realisierungsmodell Neues Regionshaus Hannover



Quelle: VBD

Abbildung 9 Übersicht der vertraglichen Bindungen

<sup>6</sup> Zinssatz für Termingelder in Euro im Interbankengeschäft  
27



Der Vergleich zwischen kreditfinanzierter konventioneller Beschaffung zeigte, dass der Barwert der alternativen Realisierungsvariante um ca. 3.060.000 € geringer als der der konventionellen Beschaffung ist. Das entspricht einem Barwertvorteil von ca. 19,9 %.

Die nominelle Gesamtbelastung aus Zins und Tilgung über die 20-jährige Laufzeit ist um ca. 4.170.000 € geringer. Das entspricht einem Vorteil von ebenfalls 19,9 % der alternativen Realisierung gegenüber der konventionellen Beschaffung.

Das angestrebte Ausschreibungsergebnis wurde erreicht.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

## 4.5 Baukosten

Obwohl die Bewertung der Angebote nach dem oben dargestellten Quotienten aus Barwert und Leistungspunkten erfolgte, mussten alle Bieter als Anlage zu ihren Angeboten eine Aufgliederung des Pauschalpreises für die Gesamtleistung nach [DIN 276 - 1 Normenausschuss Bauwesen (NABau), 2008] für die Kostengruppen 200 bis 700 bis in die zweite Ebene abgeben. Auf dieser Basis können die Baukosten der einzelnen Angebote verglichen und bewertet werden.

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 4.5.1 Grundlagen und Methodik

Die Evaluierung der Baukosten erfolgte durch einen Vergleich der Angebote untereinander sowie mit Baukostenkennwerten des BKI – Baukosteninformationszentrum der Deutschen Architektenkammern. Da diese eine Differenzierung der Kostenkennwerte nach Baustandards zu Grunde legen, wurde das Regionshaus zunächst entsprechend dem Punktesystem des BKI [W. Lackmann; A. Nehm et al., 2005] geprüft und als einfacher Standard, an der Grenze zum mittleren Standard eingeordnet, Tabelle 7.

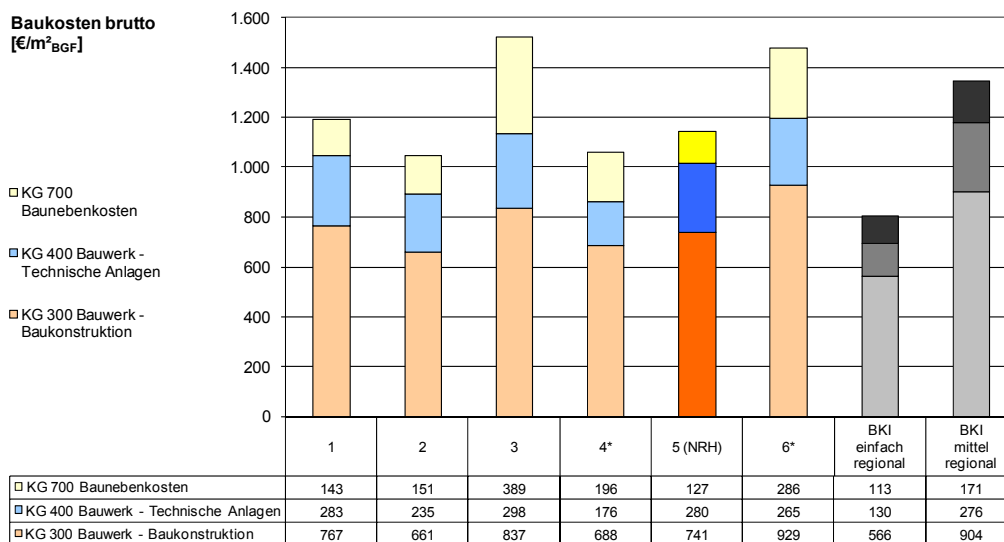
Tabelle 7 Ermittlung des Gebäudestandards nach BKI für das Neue Regionshaus Hannover

	niedrig	mittel	hoch	NRH
310 Baugrube				
320 Gründung	1	2	2	2
330 Außenwände	5	7	9	7
340 Innenwände	3	4	5	3
350 Decken	3	4	5	3
360 Dächer	2	2	4	2
370 Baukonstruktive Einbauten	0	1	1	0
390 Sonstige Maßnahmen				
410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	1	1	2	1
420 Wärmeversorgungsanlagen	1	1	2	1
430 Lufttechnische Anlagen	0	1	3	1
440 Starkstromanlagen	1	2	3	2
450 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	0	1	1	1
460 Förderanlagen	0	1	1	0
470 Nutzungsspezifische Anlagen	0	0	1	0
480 Gebäudeautomation	2	2	2	2
490 Sonstige Maßnahmen für Technische Anlagen				
Einstufung in der Summe	19-25	26-34	35-41	25

### 4.5.2 Ergebnis

Zur Bewertung der Pauschalpreise wurden die Werte für die einzelnen Kostengruppen, die von den Bietern Anfang des Jahres 2005 berechnet wurden, mit den Kostenkennwerten des BKI, Stand 1. Quartal 2005 [Lackmann;; Nehm; et al., 2005], für den einfachen und mittleren Standard verglichen. Darüber hinaus werden die abgerechneten Baukosten nach Angaben des Generalübernehmer Bilfinger Berger dargestellt [Herzog and Omet, 2010]

Abbildung 10 zeigt die flächenbezogenen Kosten für die Kostengruppen 300, 400 und 700 sowie die Referenzwerte nach BKI für Verwaltungsbauten einfachen und mittleren Standards<sup>7</sup>.



\* Die Entwürfe 4 (2.380 m<sup>2</sup>) und 6 (1.969 m<sup>2</sup>) wurden mit Tiefgaragen konzipiert. Die Flächen sind in der BGF enthalten

**Abbildung 10 Flächenbezogene Brutto-Baukosten der Angebote und Referenzwerte BKI (regional)**

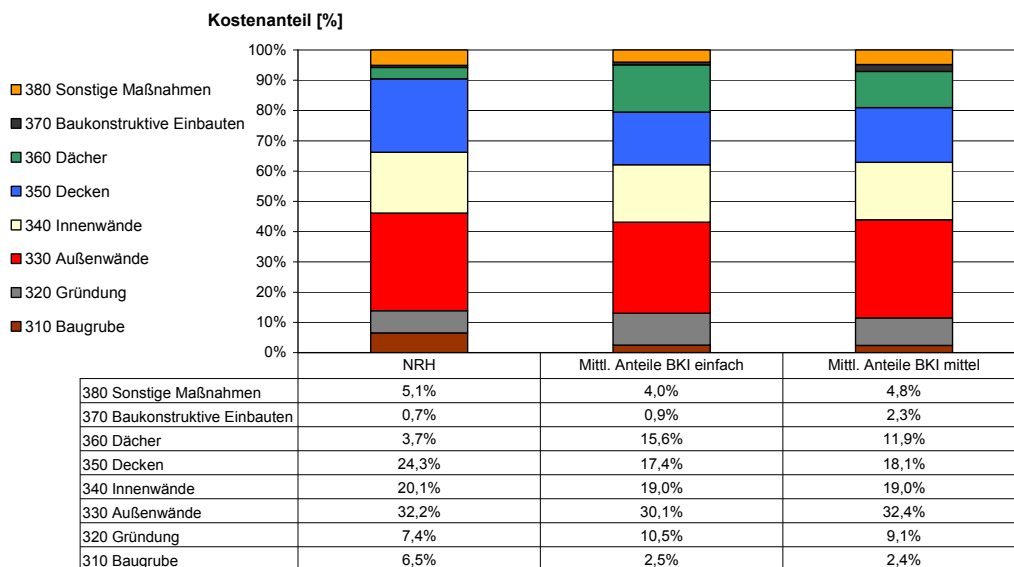
Der siegreiche Entwurf liegt mit kalkulierten Baukosten (KG 300 + 400) von 1.020 €/brutto/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> zwischen den BKI-Kennwerten für Gebäude einfachen und mittleren Standards. Bemerkenswert ist die große Spanne der Angebote. Die Baukosten Bauwerk (KG 300) der Angebote liegen zwischen 661 und 929 €/brutto/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> (Mittelwert BKI einfach/mittel: 566/904 €/brutto/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>), die für die Kosten Technische Anlagen der Kostengruppe 400 zwischen 176 und 298 €/brutto/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> (Mittelwert BKI einfach/mittel: 130/276 €/brutto/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>).

Bilfinger Berger gibt die tatsächlich abgerechneten Netto-Baukosten mit 798 €/netto/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> an [Dr. K. Herzog, 2010]. Dies entspricht 950 €/brutto/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> und liegt somit rund 7 % unter den kalkulierten Baukosten. Da den Autoren hierzu keine detaillierteren Kosten vorliegen, wird im Weiteren auf die Kalkulation des Pauschalpreises Bezug genommen.

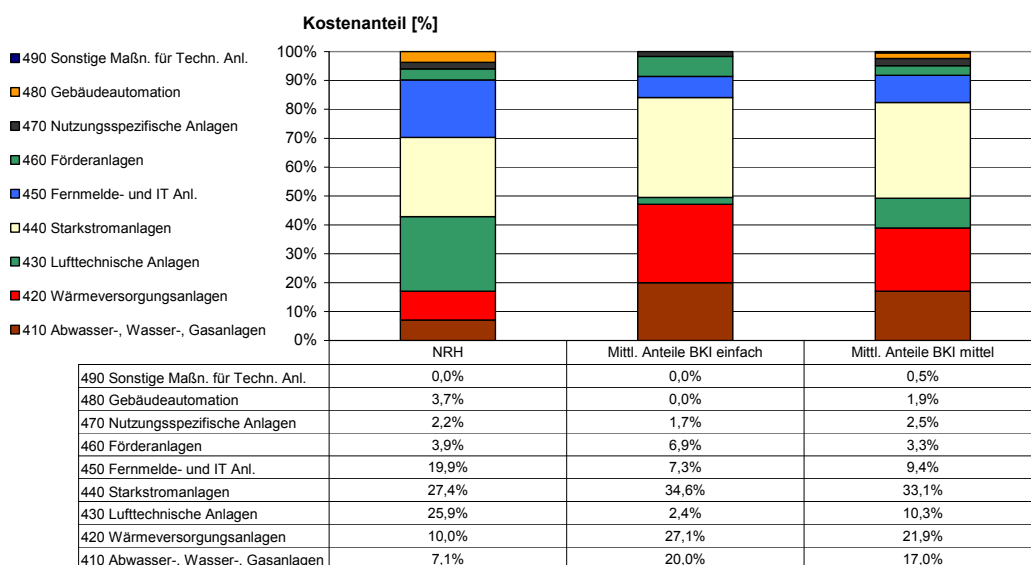
Innerhalb der Kostengruppen, also auf zweiter Ebene, ist ein Vergleich der Kostenanteile mit Bezug auf die Brutto-Grundfläche nicht zweckmäßig, da die Angebote einzelne Positionen offensichtlich unterschiedlich zugeordnet haben. Hier lagen ohne ersichtlichen technischen Grund Abweichungen um einen Faktor von fast 2 vor.

Deshalb werden in Abbildung 11 und Abbildung 12 die jeweiligen Anteile der Kostengruppen der zweiten Kostenebene innerhalb der Kostengruppen 300 und 400 nach [DIN 277 Deutsches Institut für Normung, 2005] für den Siegerentwurf mit den jeweiligen Kennwerten der BKI- Standards gegenübergestellt.

<sup>7</sup> Der BKI gibt Regionalfaktoren für die Region Hannover (0,924) und die Landeshauptstadt Hannover (0,881) an. Die Referenzwerte in diesem Bericht wurden mit einem mittleren Faktor von 0,9 berechnet, sind also 10 % niedriger als die Standardwerte. Alle Angaben sind brutto einschließlich der MwSt. von 16 %.



**Abbildung 11** Anteile der Baukosten in der Kostengruppe 300 nach DIN 276



**Abbildung 12** Anteile der Baukosten in der Kostengruppe 400 nach DIN 276

Die Kosten für Baukonstruktionen der KG 300 entsprechen in etwa den Anteilen der Referenzstandards. Die Abweichungen bei Decken und Dächern ist technisch nicht plausibel und vermutlich auf eine unterschiedliche Zuordnung einzelner Positionen (z.B. der Betonkernaktivierung oder der obersten Decke) zurückzuführen.

In Kostengruppe 400 liegen insbesondere die Kosten für die Lufttechnischen Anlagen (430) und Fernmelde- und IT-Anlagen (450) deutlich über den Anteilen der Referenzwerte. Der geringe Kostenanteil der Wärmeversorgungsanlagen ist auf Grund des Anschlusses an den Fernwärmeverteiler der Bestandsgebäude nachvollziehbar.



## 4.6 Fazit

Die Integration von anspruchsvollen Zielen für die Energieeffizienz im Rahmen eines PPP konnte im Falle des Neuen Regionshauses Hannover erfolgreich umgesetzt werden. Im Einzelnen werden folgende Punkte hervorgehoben:

- Der Barwert des siegreichen Angebots liegt fast 20 % unter den zuvor berechneten Kosten einer konventionellen Beschaffung.
- Die Angebote liegen in Bezug auf die Leistung nahe bei einander, weisen jedoch eine erhebliche Spanne bei den angebotenen Kosten auf.
- Die funktionalen und technischen Anforderungen wurden in den Angeboten weitgehend erfüllt. Es kam zu keiner signifikanten Einschränkung des Angebotsspektrums z.B. durch Ausschluss eines Angebots.
- Die Nachweise insbesondere des Energiebedarfs und des sommerlichen Wärmeschutzes konnten nur bedingt geprüft werden. In der Regel war eine umfangreiche Nachberechnung der Vorprüfung erforderlich.
- Die präzisen Vorgaben und Beschränkungen für die Räume, die konstruktive Fassadengestaltung und die technischen Anlagen führten zu gut vergleichbaren Ergebnissen.

Insgesamt konnten die hohen Anforderungen an den Energiebedarf des Forschungsprogramms EnOB – Energieoptimiertes Bauen des BMWi – dies entspricht in etwa einer Unterschreitung der Grenzwerte nach der EnEV 2007 um 50 % - erfolgreich umgesetzt werden.

TU Braunschweig  
**Institut für Gebäude-  
und Solartechnik**  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 5 DAS GEBÄUDE NEUES REGIONSHAUS HANNOVER

Das Gebäude „Neues Regionshaus Hannover“ ergänzt ein Ensemble bestehender Gebäude der Region an der Hildesheimer Straße im Stadtzentrum Hannovers. Das Grundstück liegt an einer belebten Umgebung und ist durch den öffentlichen Nahverkehr sehr gut erschlossen. Es bietet auf 8.441 m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> Raum für ca. 300 Mitarbeiter der Verwaltung der Region Hannover und ist zentrale Anlaufstelle für die Bürger der Region.

Details zu einzelnen Anlagen sind zum besseren Verständnis im Kapitel 6 *Energieeffizienz* gemeinsam mit den Messergebnissen dargestellt.

### 5.1 Standort, Baukörper, Funktionen, Flächen

Das Grundstück liegt am Hannoverschen Cityring, in einem baulichen Umfeld geprägt durch die Stadtbibliothek - einem Baudenkmal des Expressionismus - und Gebäuden der 1950er Jahre. Der Saal der Regionsversammlung schiebt sich markant aus dem sechsgeschossigen, L-förmigen Neubau<sup>8</sup> an der Hildesheimer Straße. Dieser Multifunktionsraum, der auch für andere Veranstaltungen vielfältig genutzt werden kann, reicht bis unmittelbar an den öffentlichen Fußweg. So entsteht ein harmonisches Ensemble aus Alt und Neu.

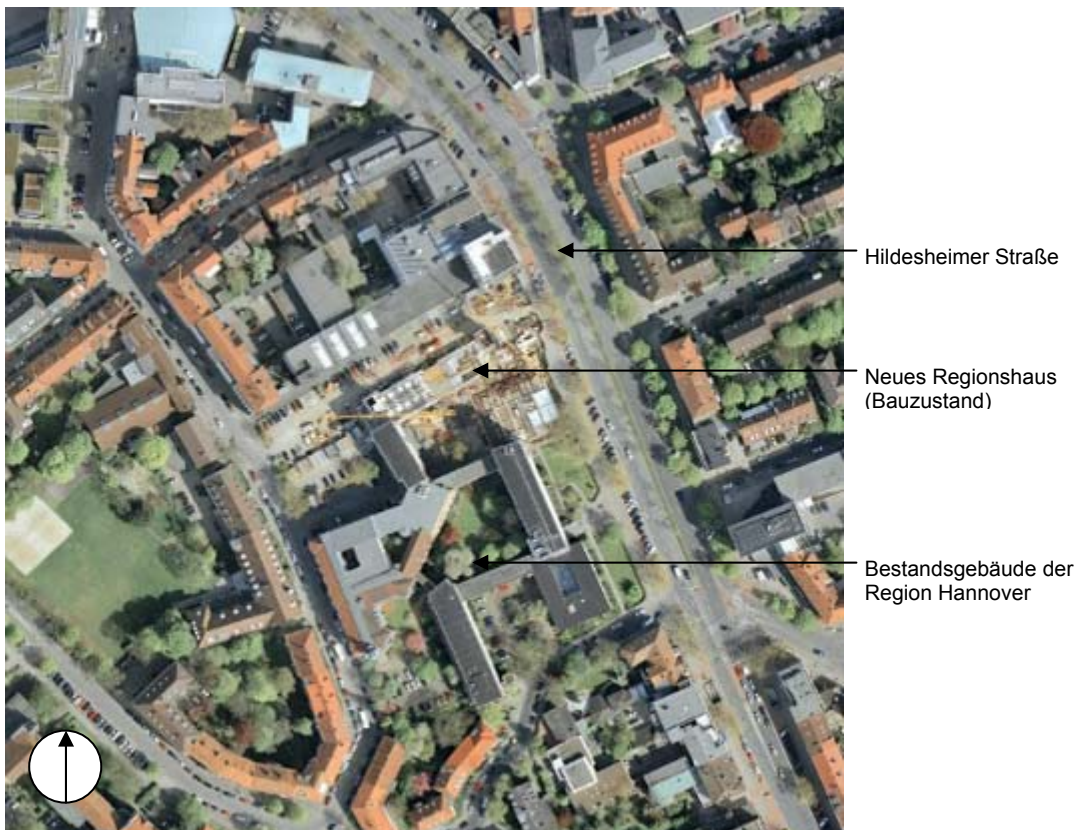


Abbildung 13 Lage des Neuen Regionshauses in der Innenstadt von Hannover (Quelle: Google Earth)

<sup>8</sup> Die Fassade des fast rechteckigen Baukörpers zur Hildesheimer Straße ist um rund 10° aus der Ostausrichtung nach Norden gedreht. Im Weiteren werden alle Fassaden entsprechend der Haupthimmelsrichtungen Ost, West, Nord, Süd benannt.



Die Materialien und die Farbgebung lehnen sich an den Bestand an. Die klar gegliederte Fassade ist geprägt von hellem portugiesischem Kalkstein und Brüstungseinsätzen aus dunklem, anthrazitfarbenem Granit, der die Öffnungen in der Fassade optisch größer wirken lässt. Der Regionssaal schiebt sich als besonderes Element aus der Fassade hinaus. Seine Baukörperform und die Verkleidung aus vorpatinierten grünen Kupferpaneelen, die bis ins Gebäudeinnere reicht, betonen seine Bedeutung als Sitz der Regionsversammlung. Wie ein großes gerahmtes Bild entsteht so das „Fenster zur Region“, das dem Betrachter einen Blick von der Straße durch das ganze Gebäude bis in den Innenhof eröffnet.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



**Abbildung 14** Ansicht Osten: Eingang und Saal an der Hildesheimer Straße (Foto: Bilfinger Berger)

Der Erweiterungsbau nimmt das städtebauliche Prinzip der Hofbildung auf und bildet mit bereits existierenden Bauteilen einen weiteren Innenhof. Dabei schafft die Gestaltung der Außenanlagen einen fließenden Übergang vom öffentlichen Raum, also den Vorflächen entlang der Hildesheimer Straße, bis zum halböffentlichen Raum durch die Anordnung von Heckenstreifen und Stauden sowie der Schichtung verschiedener Oberflächen. Im ruhig gehaltenen Innenhof mit einer schrägen grünen Ebene, die von einer Hecke eingerahmt ist, konnte eine mächtige Platane erhalten werden. Sie bildet einen Kontrast zu den neu gepflanzten filigranen Robinien mit hellem Blattwerk. Aus Kostengründen wurde auf eine Unterkellerung und Tiefgarage verzichtet. Trotzdem sind die Vorflächen und der Innenhof frei von Parkplätzen. Die Planer konnten den ruhenden Verkehr mit über 140 Stellplätzen im rückwärtigen Bereich des Grundstücks bündeln.

Von der mit patiniertem Kupfer verkleideten Wand des Multifunktionsraumes begleitet betritt der Besucher das Foyer, Abbildung 15. Von hier aus gelangt man, am geschwungenen Empfangstresen entlang, über das Treppenhaus zu den Fachbereichen in den Obergeschossen mit insgesamt 191 Zellenbüros für jeweils zwei Mitarbeiter. Oder man geht direkt in den unmittelbar angrenzenden Saal, der maximal 540 Personen Platz bietet und bei Bedarf in bis zu drei kleinere Säle unterteilt werden kann.

Durch seine großen Fensterfronten bietet der Saal nicht nur vielfältige Blickbeziehungen zum Haupteingang an der Hildesheimer Straße oder zum eher ruhigen Innenhof sondern ermöglicht gleichzeitig auch bei Unterteilung des Saales in kleinere Einheiten eine gute Tageslichtnutzung.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs



Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

Abbildung 15 Das Foyer: Eingang von der Hildesheimer Straße, rechts im Bild der Saal, links der Empfangstresen und der Zugang zu den Obergeschossen (Foto: Bilfinger Berger)

Das Gebäude wird vertikal durch zwei Treppenhäuser und zwei Aufzüge erschlossen. Die horizontale Erschließung auf den Etagen erfolgt durch innenliegende Flure. Auf einigen Etagen gibt es Übergänge zu den Bestandsbauten.

Tabelle 8 Anordnung der Funktionen im Gebäude

	<p><b>2.-5. Obergeschoss</b> Büroräume WCs, Teeküche</p>	 WCs
	<p><b>1. Obergeschoss</b> Büroräume, WCs, Teeküche Lüftungszentrale Multifunktionsanlage</p>	 Lager / Küche   Technik / EDV
	<p><b>Erdgeschoss</b> Foyer mit Empfang und Postraum, Multifunktionsraum, 700 m<sup>2</sup>, teilbar in 3 Räume Cateringküche Stuhllager WCs Büros (im westlichen Teil)</p>	 Multifunktions- raum (MFB)   Treppenhaus

Auf dem Dach des Gebäudes sind eine Lüftungsanlage für die WCs sowie die beiden Kältemaschinen für den Saal und die IT aufgestellt.

Tabelle 9 zeigt die Zusammensetzung der Gebäudeflächen nach DIN 277 entsprechend der Flächenaufstellung der Architekten bünemann & collegen.

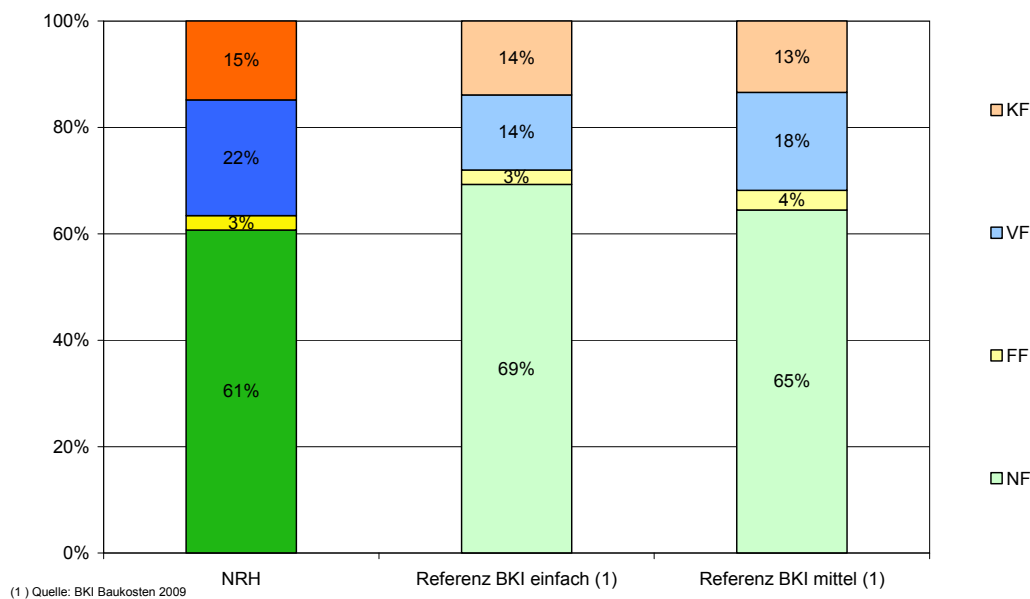
**Tabelle 9 Flächenanteile nach DIN 277<sup>9</sup>**

	Nutzfl. (NF)	Funktionsfl. (FF)	Verkehrsfl. (VF)	Netto-Grundfl. (NGF)	Konstruktions- fläche (KF)
5. OG	854	24	326	1.204	
4. OG	855	23	326	1.203	
3. OG	854	24	326	1.204	
2. OG	851	19	330	1.200	
1. OG	509	78	197	784	
EG	1.203	60	332	1.595	
<b>Summe</b>	<b>5.125</b>	<b>227</b>	<b>1.837</b>	<b>7.190</b>	<b>1.251</b>
NRH	61%	3%	22%	85%	15%
Referenz BKI einfach (1)	69%	3%	14%	86%	14%
Referenz BKI mittel (1)	65%	4%	18%	87%	13%

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Abbildung 16 zeigt die Flächenanteile im Vergleich mit den Referenzwerten des BKI Baukosteninformationszentrums 2009 [W. Lackmann; A. Nehm et al., 2005].



**Abbildung 16 Zusammensetzung der Gebäudeflächen und Referenzwerte nach BKI**

<sup>9</sup> Die gesamte NGF nach Angabe der Architekten betrug 7.134 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>. Nach Prüfung der Aufstellung ergab sich eine NGF von 7.190 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>.

## 5.2 Gebäudehülle und Flächen

Die Gebäudehülle des Neuen Regionshauses kann im besten Sinne als hochwertig, aber konventionell bezeichnet werden. Der Baukörper hat ein  $A/V_e$ -Verhältnis von  $0,3 \text{ m}^{-1}$ . Die rund  $20 \text{ m}^2_{\text{NGF}}$  großen Büroräume haben jeweils zwei Lochfenster mit Rohbaumaßen von  $1,10 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$ . Dies entspricht einer Fläche von zusammen  $3,3 \text{ m}^2$ . Die gesamte verglaste Fläche beträgt  $2,5 \text{ m}^2$ . Dies sind  $23 \%$  der Netto-Außenwandfläche (Innenmaße) von  $11,2 \text{ m}^2$  und rund  $10 \%$  bezogen auf die Netto-Grundfläche des Raumes von  $19,4 \text{ m}^2_{\text{NGF}}$ , Abbildung 17.

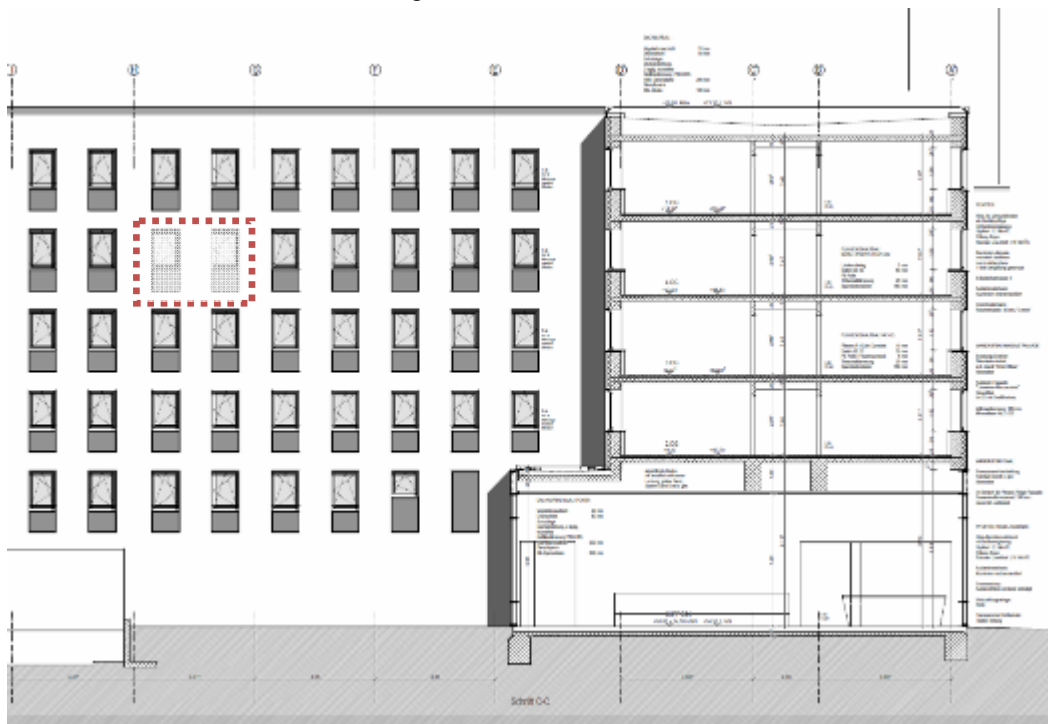


Abbildung 17 Schnitt West-Ost Foyer und Südansicht zum Hof, Fassadenbereich eines Büros

Der Multifunktionsraum verfügt in jedem der beiden äußeren Teile über ein fast fassadengroßes Fenster mit lediglich einer ca.  $1 \text{ m}$  hohen Brüstung und einem etwa  $1 \text{ m}$  hohen Sturz. Der mittlere Teil hat ein ca.  $4 \text{ m}$  breites raumhohes Fenster an der südlichen Stirnseite. Alle Fenster sind mit einem Sonnenschutz ausgestattet. Die Multifunktionsbereiche verfügen zusätzlich über einen innenliegenden Blendschutz.

Im Folgenden sind die Regeldetails<sup>10</sup> der Gebäudehülle mit den relevanten Komponenten dargestellt. Dokumentiert sind jeweils Ausschnitte aus der Revisionsplanung sowie Fotos des Bauablaufs bzw. nach Fertigstellung.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

<sup>10</sup> Architekturpläne: Architekten bünemann & collegen, Hannover  
36

### 5.2.1 Fußpunkt

Das Gebäude wurde auf rund 200 Betonpfähle gegründet. Auf die Pfähle wurde ein Rost aus Unterzügen betoniert, die die Lasten der aufgehenden Wände aufnehmen. Die Fußpunkte wurden an den erdberührenden Teilen mit 10 cm Polystyrol gedämmt. Unterhalb der aus Fertigteilen aufgelegten Bodenplatte wurde die Dämmung auf eine Sauberkeitsschicht aufgelegt, Abbildung 18.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

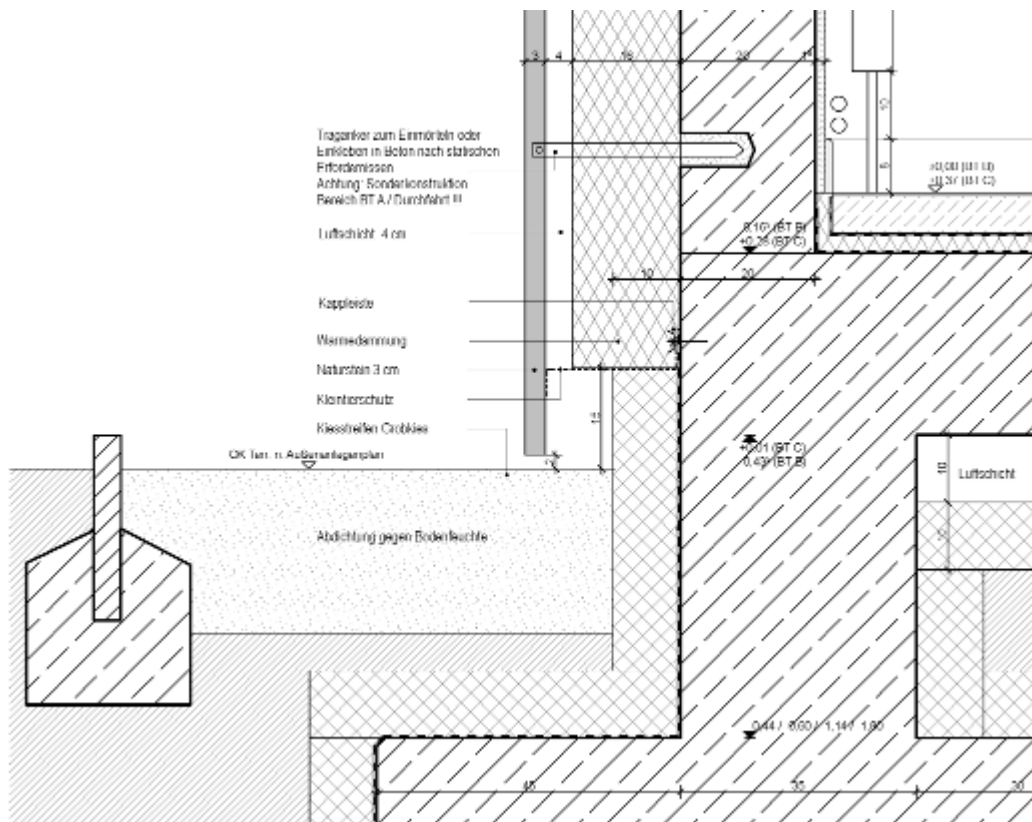


Abbildung 18 Fußpunkt: Foto Ausführung und Regeldetail

### 5.2.2 Wandaufbau und Fensteranschluss

Die Wände, die überwiegend aus Betonfertigteilen erstellt wurden, sind mit 16 cm Mineralfaser WLG 035 gedämmt. Die Verkleidung besteht aus hinterlüfteten Natursteinplatten. Die 5-6 Anker/m<sup>2</sup> zur Aufhängung der vorgehängten Fassade wurden für die Berechnung der Transmissionswärmeverluste berücksichtigt, Abbildung 19.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

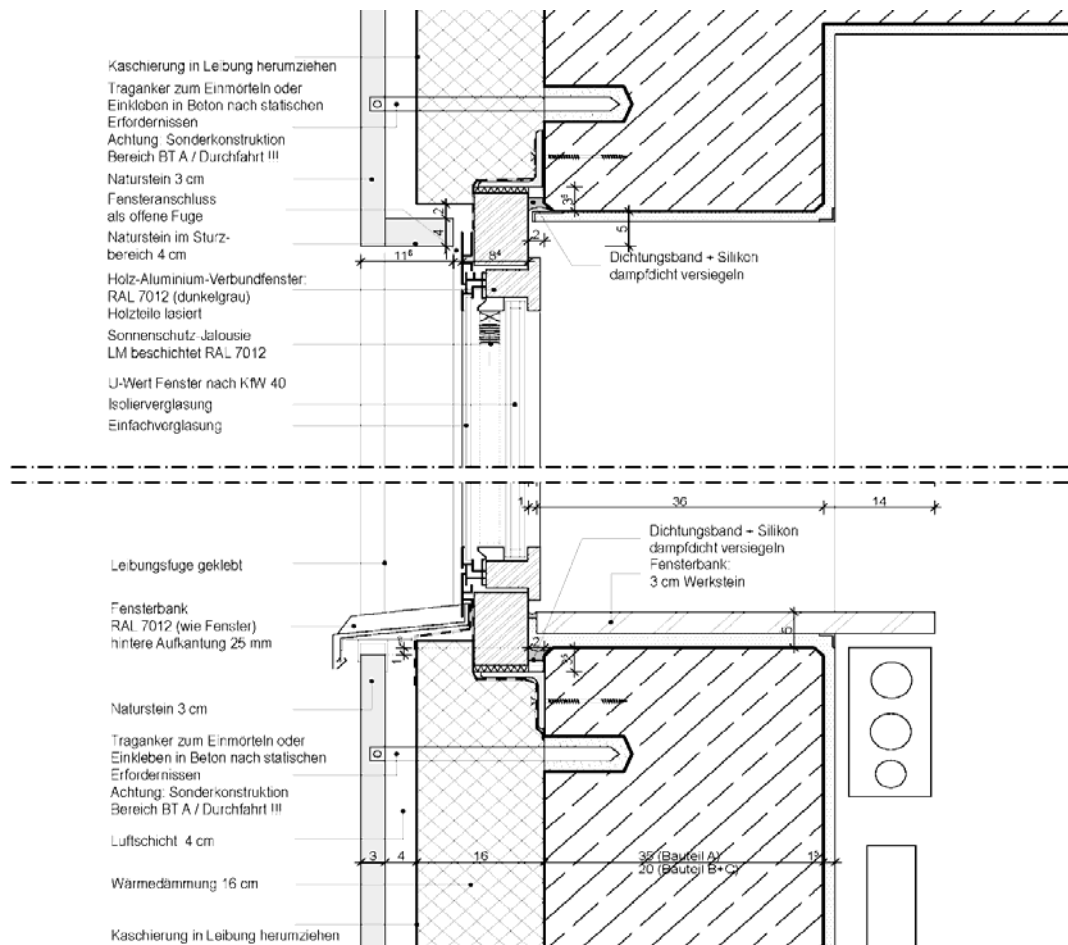


Abbildung 19 Wandaufbau und Fensteranschluss: Ausführung und Regeldetail

### 5.2.3 Fenster

Die Fenster der Büroräume wurden als Holz-Aluminium-Konstruktion mit innenliegendem, motorisch betriebenem Sonnen-/Blendschutz ausgeführt.

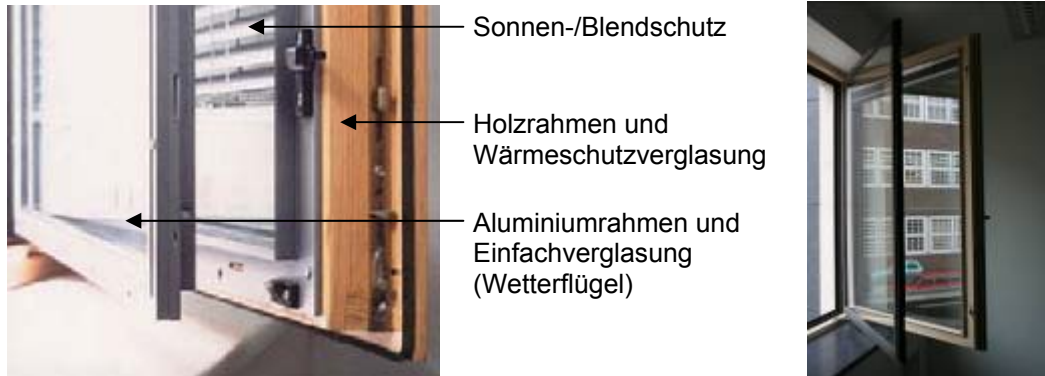


Abbildung 20 Holz-Aluminium-Fenster in den Büroräumen (jeweils mit aufgeklapptem Wetterflügel)

Der Behang aus 25 mm breiten Lamellen ist auf 2/3 der Gesamthöhe geteilt, so dass der untere Teil geschlossen werden kann, während der obere Teil Tageslicht gegen die Decke und in den Raum reflektiert, Abbildung 21.

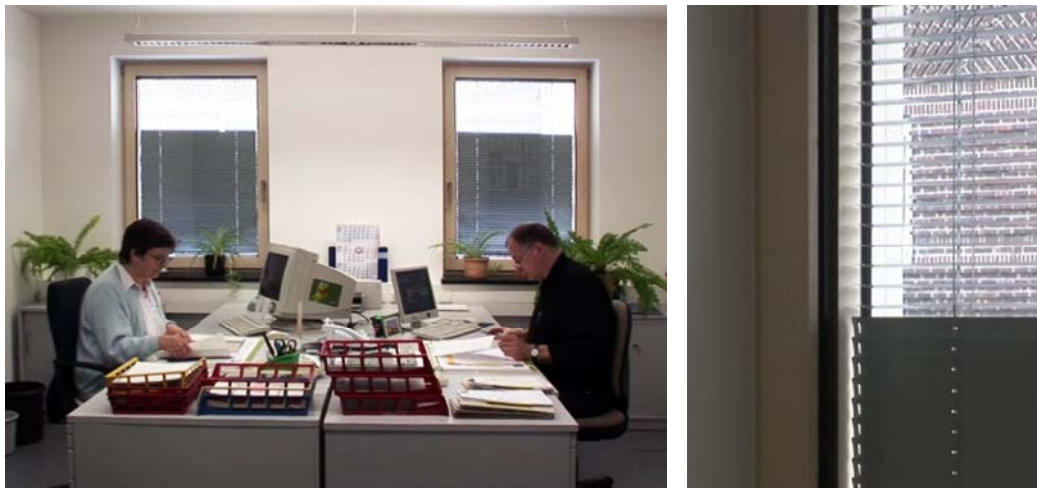


Abbildung 21 Lamellen-Raffstores als Sonnen-/Blendschutz mit Tageslichtlenkung

Die Behänge werden je Fassade zentral gesteuert. Der Nutzer kann den Behang jederzeit über Handtaster im Raum neben der Tür selbst bedienen und dabei sowohl ein vollständiges Herunter- bzw. Herauffahren auslösen – durch ca. 2 Sekunden gedrückt halten – als auch die Neigung der Lamellen durch kurzes Drücken einstellen. Nach Betätigung der Raumtaster ist die zentrale Automatik für eine definierte Zeit gesperrt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 5.2.4 Dachaufbau

Den Traufpunkt des Flachdachs bildet eine Ortbetonaufkantung, die allseitig gedämmt ist. Das Dach wurde mit einer Kiesschüttung auf einer Gefälledämmung aus Polystyrol ausgeführt, Abbildung 22.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

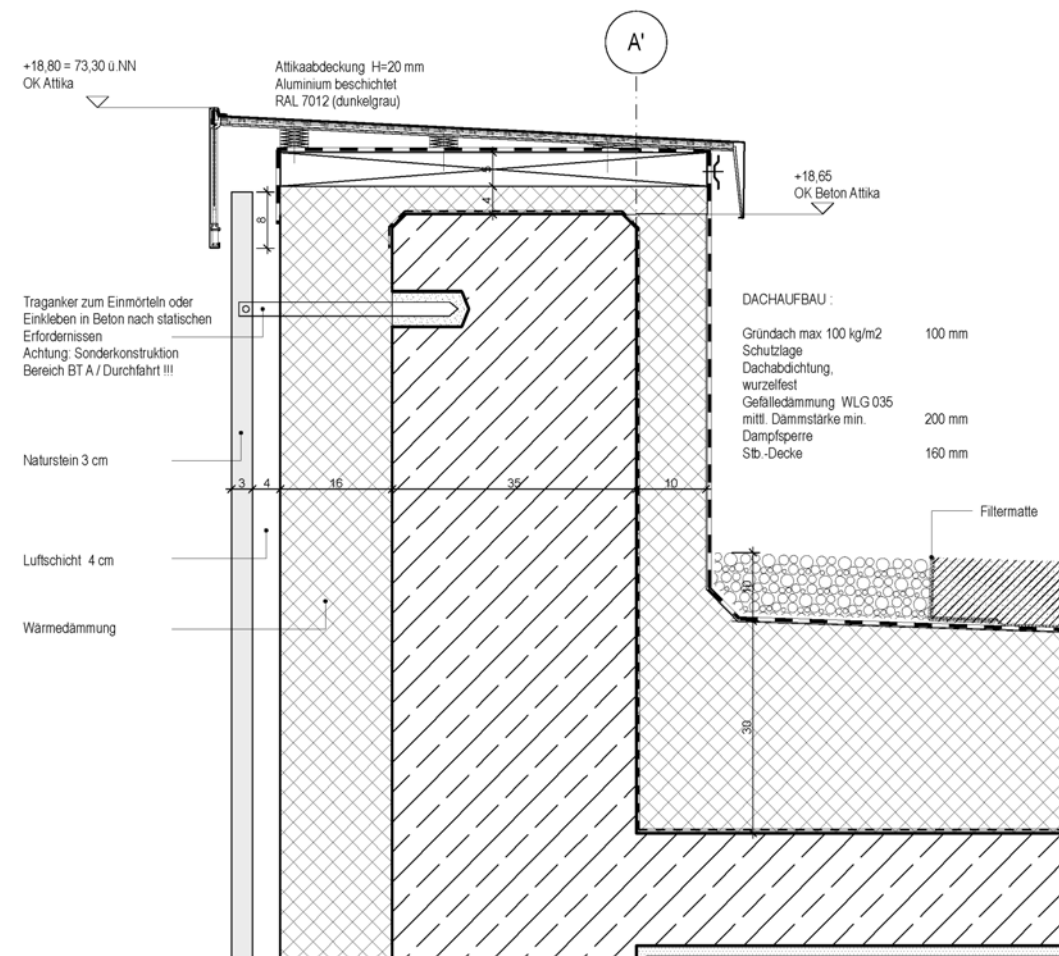


Abbildung 22 Traufpunkt und Dach: Ausführung und Regeldetail



### 5.2.5 Kennwerte

In Tabelle 10 sind die wichtigsten Kennwerte der Gebäudehülle dargestellt. Die Angaben stammen überwiegend aus der Gebäudedokumentation und beziehen sich auf die Ausführung der Regelaufbauten. In einzelnen Bereichen wurden, z.B. aus konstruktiven Gründen, abweichende Aufbauten ausgeführt. Bei Überprüfungen im Rahmen des Forschungsprojekts wurden teilweise geringe Abweichungen zu den Planungs- und Revisionsunterlagen festgestellt und entsprechend übernommen.

**Tabelle 10 Kennwerte der Gebäudehülle und Flächen**

<b>Baukörpergeometrie</b>		
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A	7.829,04	[m <sup>2</sup> ]
Beheiztes Nettovolumen V <sub>e</sub>	22.318,85	[m <sup>3</sup> ]
Kompaktheit A/V <sub>e</sub>	0,37	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]
Bezugsfläche DIN V 18599	7.306,0	[m <sup>2</sup> ]
Transmissionwärmeverlustkoeffizient H <sub>T</sub> <sup>1</sup>	0,43	[W/(m <sup>2</sup> K)]
<b>Opake Flächen</b>		
U <sub>B</sub> -Wert Bodenplatte	0,31	[W/(m <sup>2</sup> K)]
U <sub>AW</sub> -Wert Wand	0,38 <sup>11</sup>	[W/(m <sup>2</sup> K)]
U <sub>DA</sub> -Wert Dach	0,17	[W/(m <sup>2</sup> K)]

<b>Fenster Büro</b>		
Konstruktion	Holz-Alu-Rahmen	
Verglasung	WSV + ESG	
Sonnen-/Blendschutz	zw. WSV und ESG	Lamellen 25mm, RAL 9007
U <sub>w</sub>	1,2	[W/(m <sup>2</sup> K)]
G	50	[%]

<b>Fenster Saal</b>		
Konstruktion	PR-Fassade	
U <sub>w</sub> -Wert	1,3	[W/(m <sup>2</sup> K)]
g-Wert	56	[%]
Sonnenschutz	Lage: Außen	Lamellen 80mm, RAL 9007
Blendschutz	Lage: Innen	Lamellen 80mm, RAL 9007

<b>Flächen</b>		
BGF	8.441,0	[m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub> ]
NGF (IGS)	7.190,0	[m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ]
NGF (Berechnung DIN 18599) <sup>12</sup>	7.306,0	[m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ]
NGF (Architekten)	7.134,1	[m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ]
NF (Architekten)	5.125,5	[m <sup>2</sup> ]
FF (Architekten)	227,1	[m <sup>2</sup> ]
VF (Architekten) <sup>13</sup>	1.781,6	[m <sup>2</sup> ]

<sup>11</sup> In diesem Wert sind entsprechend DIN ISO 6946:1996 fünf Einmörtelanker je Quadratmeter für die Befestigung der Natursteinverkleidung berücksichtigt. Dies führt zu einer Erhöhung des U-Wertes um 0,175 W/(m<sup>2</sup>K), die im angegebenen Kennwert enthalten ist.

<sup>12</sup> Die Fläche im EnEV-Nachweis weicht ab auf Grund der dort erlaubten Vereinfachungen der Zonierung.

<sup>13</sup> In der Aufstellung fehlte ein Flurbereich mit 55,9 m<sup>2</sup> VF.

### 5.3 Energieversorgung

Das Neue Regionshaus wird mit Fernwärme mit einer Auslegungsleistung von 400 kW aus dem Verteiler des benachbarten Bestandsgebäudes und mit Netzstrom versorgt. Darüber hinaus wird ein Erdsondenfeld mit 12 Erdsonden á 70 m tiefen Doppel-U-Rohren zur Kühlung und zur Vorerwärmung der Zuluft des Multifunktionsraums sowie zur Kühlung der Büroräume über die Betonkernaktivierung genutzt. Darüber hinaus wird im Gebäude keine Energie erzeugt. Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen das Energiekonzept für den Sommer- und den Winterfall.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

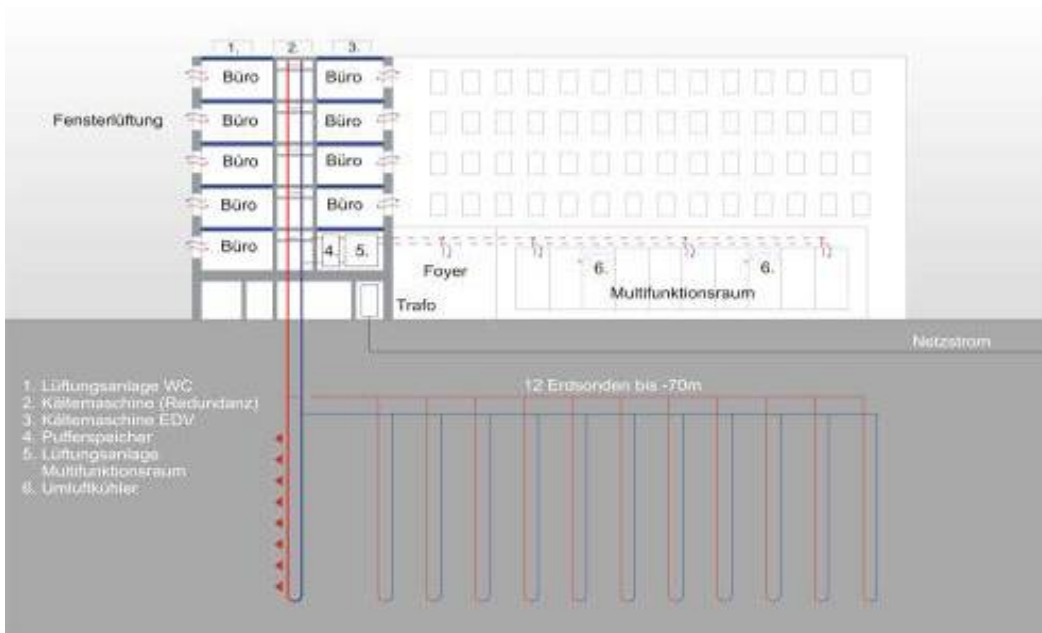


Abbildung 23 Schema des Energiekonzepts im Sommer

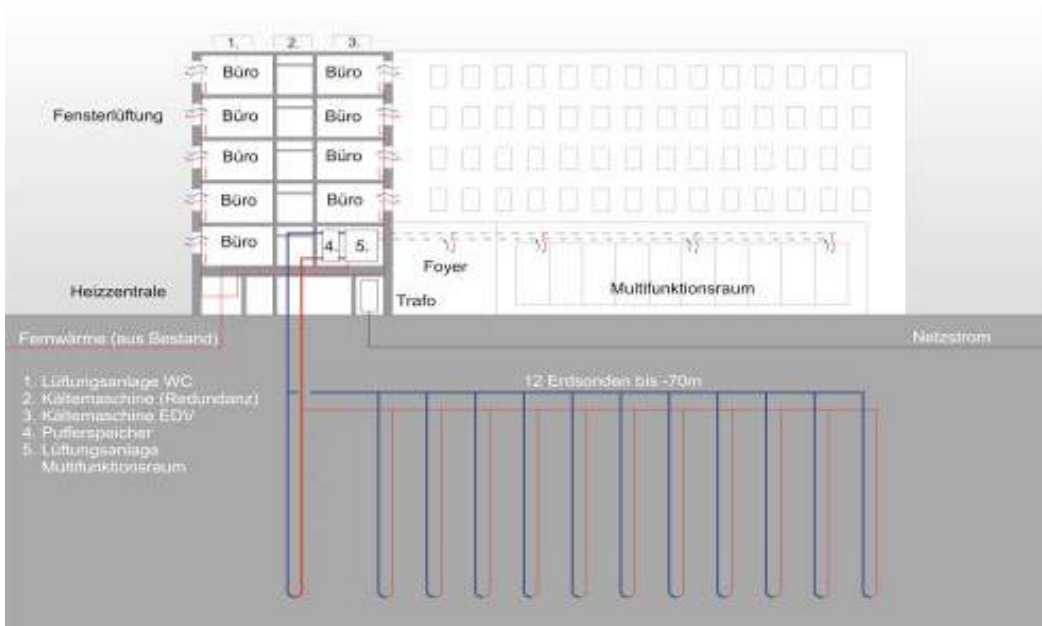


Abbildung 24 Schema des Energiekonzepts im Winter

## 5.4 Bürokonzept

Die Büroräume sind mit statischen Heizkörpern mit Thermostatventilen zur Beheizung sowie einer Betonkernaktivierung zur Kühlung ausgestattet. Die Beleuchtung erfolgt über Pendelleuchten, die manuell ein- und abgeschaltet sowie über Bewegungsmelder abgeschaltet werden. Der in die Fenster integrierte Lamellenbehang funktioniert als Sonnen- und Blendschutz. Er wird über eine autarke Automation geregelt und kann im Büro manuell übersteuert werden. Für die Kühlung ist keine Einzelraumregelung über die Gebäudeautomation vorgesehen. Abbildung 25 und Abbildung 26 zeigen das Bürokonzept und einen Raum mit einer typischen Nutzung.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

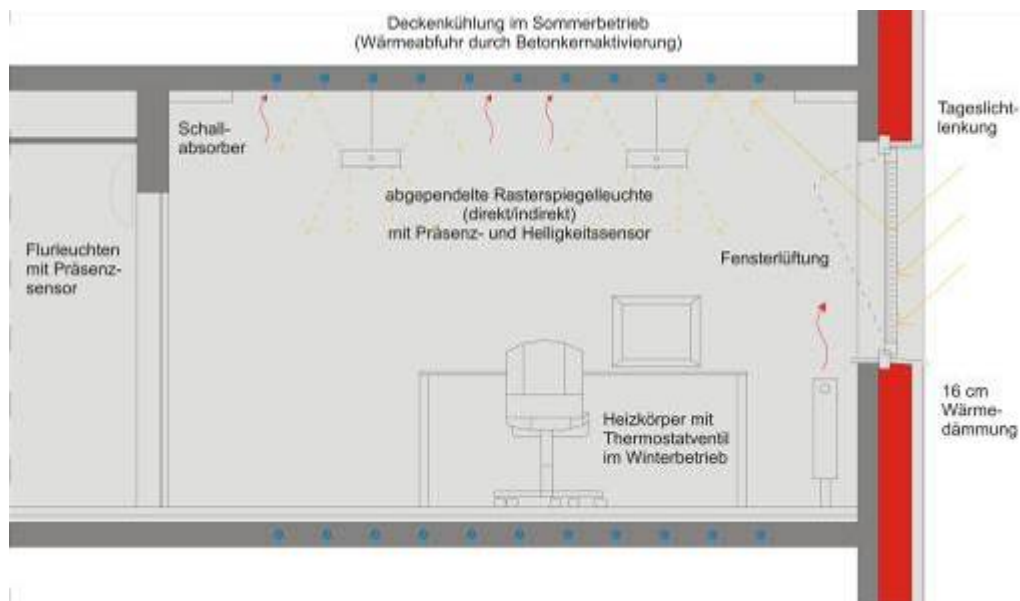


Abbildung 25 Bürokonzept



Abbildung 26 Standardbüro mit typischer Nutzung

## 5.5 Trinkwasser / Regenwasser

Das Gebäude ist an das städtische Trinkwassernetz angeschlossen. Versorgt werden die WCs, Teeküchen, die Cateringküche sowie die Außenanlagen. In der Lüftungszentrale im 1. OG ist eine Pumpe zur Druckerhöhung installiert. Auf jeder Etage befindet sich eine Teeküche, die mit elektrischen Kochendwassergeräten ausgestattet ist. Es gibt kein Trinkwarmwassernetz, die WCs verfügen lediglich über Kaltwasser.



Abbildung 27 Teeküche

Das Regenwasser der Dachflächen wird über eine Vakuumentwässerung im Gebäude abgeführt.

## 5.6 Ausstattung und Sonderfunktionen

Die Büros sind mit üblichen Arbeitsgeräten für in der Regel zwei Arbeitsplätze ausgestattet. Es werden überwiegend PCs mit Röhren oder TFT-Flachbildschirmen sowie ein gemeinsamer Drucker je Büro genutzt. Auf den Etagen ist jeweils ein Kopierer zentral aufgestellt.

In den EDV-Räumen, zwei je Regeletage, sind keine Server installiert, sondern lediglich Verteiler („Patchfelder“). Die Räume werden über Umluftgeräte gekühlt, die von einer eigenen Kältemaschine auf dem Dach versorgt werden.

Der Multifunktionsraum ist entsprechend der Nutzung für die Regionsversammlung mit einer Funkmikrofon- und Akustikanlage sowie je einem Beamer je Raumteil ausgestattet.

Im Foyerbereich ist ein selbstkühlender Getränkeautomat aufgestellt.

Die Küche ist lediglich als Catering-Küche geplant und mit entsprechenden Bereichen zur Vorbereitung und einem Geschirrspüler ausgestattet. Essen wird warm angeliefert. Es ist jedoch eine Kühlzelle installiert.



Abbildung 28 Umluftkühlgerät in einem EDV-Raum (links), Cateringküche (mitte), Getränkeautomat im Foyer (rechts)

## 5.7 Gebäudeleittechnik

Das Gebäude ist mit einem Gebäudeautomationssystem der Fa. Sauter-Cumulus GmbH ausgestattet. Alle zentralen Anlagen für Heizung, Kühlung und Lüftung sind auf die Gebäudeautomation aufgeschaltet. Auch die Beleuchtung für Foyer und Multifunktionsbereich kann über die Anlage gesteuert werden. Im Verteilerraum der Heizung sowie in der Lüftungszentrale sind zwei mit einander verbundene Schaltschränke aufgestellt, Abbildung 29.



Abbildung 29 Schaltschränke und Automationsstation (Abdeckung entfernt)

Mit dem Ziel, den Gebäudebetrieb aller Liegenschaften langfristig zentral zu überwachen, hat die Region Hannover eine Gebäude-übergeordnete Leittechnik eingeführt. Hierzu wurde ein System der Fa. Honeywell eingesetzt. Einzelne Funktionen der Automationsebene des Regionshauses, wie Zeitprogramme, Alarmer und Wartungsmeldungen können von hier aus genutzt werden. In grafischen Ansichten werden die Betriebszustände der Anlagen mit aktuellen Betriebswerten visualisiert. Auch die Zählerstände des Energie-Monitorings werden aktuell dargestellt.

## 5.8 Bauablauf

Im Folgenden sind einzelne Schritte des Bauablaufs und ein Bauzeitenplan dargestellt.

Einbringen der  
Pfahlgründung



Dämmen der  
Bodenplatte  
(Aussparungen  
für  
Pfahlgründung)



Rohbau  
Links: Fertigteile  
Rechts:  
Brückenbauwerk  
über MFB in  
Ortbeton



Installation der  
Betonkern-  
aktivierung



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Fenster- und  
Fassademontage



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Blower-Door-Test



Einbringen der  
Erdsonden



Installation TGA  
(Dämmschalen für  
Kältepumpen)



Schlüssel-  
übergabe









## 5.9 Projektbeteiligte

Die in Tabelle 11 aufgeführten Unternehmen und Institutionen waren und sind an der Durchführung des Projekts beteiligt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Tabelle 11 Projektbeteiligte

<b>PPP – Auftraggeberseite (Bauherr)</b>	
Funktionale Leistungsbeschreibung und Qualitätssicherung im Wettbewerb	EGS-Plan GmbH Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH Gropiusplatz 10 70563 Stuttgart mit energydesign braunschweig GmbH Mühlenpfordtstraße 23 38106 Braunschweig
Qualitätssicherung Planung, Errichtung, Inbetriebnahme	energydesign braunschweig GmbH Mühlenpfordtstraße 23 38106 Braunschweig
Ausschreibungsmanagement, Wirtschaftlichkeitsvergleich, Kaufmännisches Vertragscontrolling	VBD – Beratungsgesellschaft für Behörden mbH Kronenstr. 5 10117 Berlin
<b>PPP- Auftragnehmerseite</b>	
Architekten	bünemann & collegen Hubertusstraße 2 30163 Hannover
Finanzierung	CommerzLeasing Ludwig-Erhard-Allee 9 40227 Düsseldorf
Generalunternehmer	Bilfinger Berger SE Carl-Reiß-Platz 1-5 68165 Mannheim
Fachplanung Technische Gebäudeausrüstung	IB HSK Ingenieurgruppe HSK Gerhard-Gerdes-Str. 19 37079 Göttingen
Fachplanung Elektro	IB Hobert Am Kleinen Felde 130167 Hannover
Fachplanung Statik und Bauphysik	Dr. S. Burmester und K. Sellmann Ingenieurgesellschaft mbH An der Feuerwache 3-5 30823 Garbsen-Havelse

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



## 6 ENERGIEEFFIZIENZ

Besonderes Ziel des Regionshauses ist es, eine hohe Energieeffizienz im Betrieb zu erreichen. Dazu wurden in der Funktionalen Leistungsbeschreibung die in Kapitel 4.2 dargestellten Ziele definiert. In diesem Abschnitt sollen dazu nun folgende Fragen beantwortet werden:

1. **Welchen Energieverbrauch weisen das Gebäude und die einzelne Anlagen im Betrieb auf?**
2. **Wurden die Ziele der Funktionalen Leistungsbeschreibung hinsichtlich der Energieeffizienz im Gebäudebetrieb erreicht?**
3. **Wie energieeffizient ist das Gebäude im Vergleich zu den gesetzlichen Anforderungen?**

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde während der ersten Betriebsjahre ein Monitoring des Energieverbrauchs durchgeführt. Zahlreiche Energiezähler wurden installiert, auf die GLT aufgeschaltet und als 15-minütige Momentanwerte gespeichert. Zusätzlich wurden relevante Systemparameter der Gebäudeleittechnik, wie Temperaturen und Ventilstellungen gespeichert. Die Daten wurden über einen Fernzugriff bzw. eine Export-Funktion ausgelesen. Die bilanzierten Energiekennwerte wurden mit den Randbedingungen und Kennwerten der Bedarfsberechnungen verglichen.

Eine Besonderheit bildet die Annahme der gesetzlichen Anforderungen. Der Energiebedarf wurde nach EnEV 2007 auf Basis der [DIN V 18599 Deutsches Institut für Normung, 2007] mit der Software *Solar-Computer* berechnet. DIN V 18599 bietet die Möglichkeit einer ganzheitlichen energetischen Bilanzierung und mit der EnEV 2007 einer entsprechenden Methodik zur Berechnung eines individuellen Grenzwerts für den Jahres-Primärenergiebedarf mit Hilfe eines Referenzgebäudeverfahrens. Ein entsprechender Ansatz war, wie oben beschrieben, zum Zeitpunkt der Ausschreibung nur mit einfacheren Mitteln möglich. Zur Ausschreibung wurde ein Nachweis als Kombination aus gültiger EnEV 2004 zur Berechnung des Heizwärmebedarfs einschließlich der Hilfsenergie und dem Leitfaden Elektrische Energie [Hennings, 2000] gewählt.

Das im Januar 2010 erschienene [DIN V 18599 Beiblatt 1 Deutsches Institut für Normung, 2010], das die energetische Bewertung von Gebäuden mit Vorgaben für den Vergleich von Bedarf und Verbrauch unterstützen soll, ist in der Projektbearbeitung nicht mehr berücksichtigt worden. Die dort beschriebene Methodik entspricht allerdings auch nicht exakt dem hier verfolgten Ziel.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 6.1 Allgemeine Grundlagen und Methoden

Die Daten zum Energieverbrauch des Gebäudes wurden überwiegend mit Hilfe von Messtechnik erfasst, die in die Anlagentechnik und MSR integriert wurde. Die Daten aus der Automationstechnik sowie die Energiezähler (M-Bus) wurden auf der Sauter DDC gesammelt und von dort an die übergeordnete Leittechnik (Honeywell) übergeben. Die Daten wurden von der Leittechnik in Dateien im Format .csv auf einem Server des IT-Dienstleisters der Region Hannover gespeichert, auf den das IGS zugreifen konnte.

Im Folgenden werden die meteorologischen Bedingungen während des Monitorings in den Jahren 2008 und 2009 sowie die allgemeine Vorgehensweise zur Witterungsbereinigung und Fehlerkorrektur der Daten beschrieben.

### 6.1.1 Meteorologische Bedingungen

Die meteorologischen Bedingungen während des Monitorings werden für eine Normalisierung derjenigen Energieverbrauchsdaten benötigt, die in starkem Maße von diesen Bedingungen abhängen. Für die Berechnung des witterungsbereinigten Jahres-Wärmeverbrauchs  $E_{VT}$  (Endenergie für Raumheizung und Prozesswärme) wurde eine Witterungsbereinigung in Anlehnung an die [VDI 3807 Blatt 1 Verein Deutscher Ingenieure, 2007] durchgeführt.

Gradtage wurden berechnet mit

#### Gleichung 2

$$G = (20^{\circ}\text{C} - t_m) * 1d \quad \text{für} \quad t_m < 15^{\circ}\text{C}$$

mit

G Gradtage in Kd

$t_m$  Tagesmittel der Außentemperatur eines Heizztages ( $t_m < 15^{\circ}\text{C}$ ).

Für die Auswerteziträume wurden die Gradtage der Heizztage aufaddiert:

#### Gleichung 3

$$G_z = \sum_{n=1}^z (20 - t_m, n)$$

mit

z Zahl der Tage mit  $t_m < 15^{\circ}\text{C}$  im Auswertezitraum.

Die vor Ort gemessenen Temperaturen wurden mit Referenzwerten des IWU für die gleichen Zeiträume verglichen, siehe Tabelle 12.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Tabelle 12 Vergleich der Gradtagzahlen des IWU und der IGS-Messung in 2008 und 2009

		IWU	Messung NRH
		Gradtagzahl 20/15 [Kd]	Gradtagzahl 20/15 [Kd]
<b>2008</b>	<b>Gesamt</b>	<b>3.399</b>	<b>3.152</b>
	Januar	456	451
	Februar	444	433
	März	467	456
	April	352	323
	Mai	145	80
	Juni	57	34
	Juli	23	12
	August	7	7
	September	176	147
	Oktober	297	280
	November	415	397
	Dezember	559	532
<b>2009</b>	<b>Gesamt</b>	<b>3.450</b>	<b>Teilw. Datenausfall</b>
	Januar	631	617
	Februar	503	490
	März	454	433
	April	190	155
	Mai	159	104
	Juni	108	78
	Juli	19	18
	August	11	0
	September	105	88
	Oktober	352	330
	November	324	Datenausfall
	Dezember	594	579

Die Werte zeigen eine hohe Übereinstimmung in der Tendenz, wobei die Messwerte des IGS, des Temperatursensors am Gebäude, in den Wintermonaten durchgängig rund 23 Kd/Monat bzw. rund 1 K niedriger liegen als die des IWU, siehe Abbildung 32.

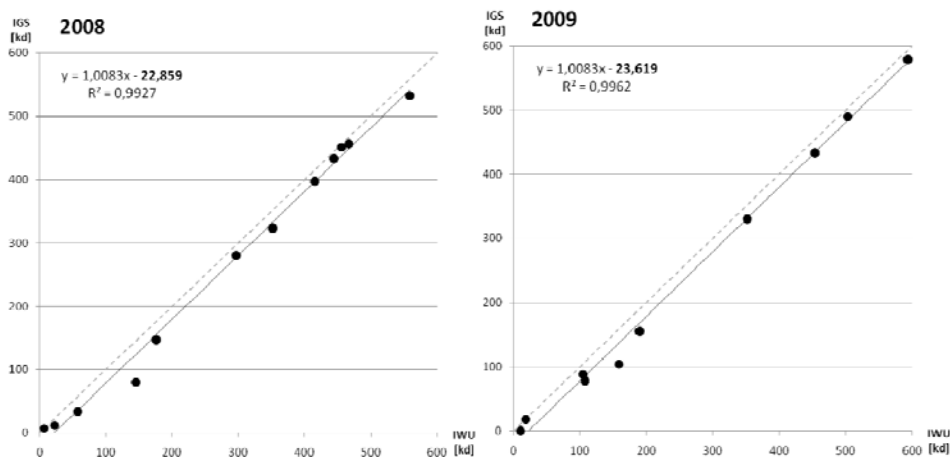


Abbildung 32 Darstellung der monatlichen Gradtagzahlen: Messung vor Ort über Kennzahlen des IWU für 2008 und 2009

### 6.1.2 Witterungsbereinigung

Mit den meteorologischen Daten wurde  $E_{VT}$  berechnet mit

Gleichung 4

$$E_{VT} = E_{Vg} * \frac{G_m}{G}$$

mit

- $E_{VT}$  bereinigter Endenergieverbrauch Raumheizung und Prozesswärme in [kWh/a]
- $E_{Vg}$  gemessener Endenergieverbrauch Raumheizung und Prozesswärme in [kWh/a]
- $G$  Gradtage in [Kd]
- $G_m$  langjähriges Mittel der Jahresgradtage in [Kd/a].

Als einheitlicher Bezugswert für den Jahres-Heizwärmeverbrauch wurde das langjährige Mittel für den Standort Würzburg nach [VDI 3807 Blatt 1 Verein Deutscher Ingenieure, 2007] von 3.883 Kd und die Gradtagzahlen des IWU verwendet.

Heizgradtage Hannover 2008 (20/15)	3.399 Kd/a
Heizgradtage Hannover 2009 (20/15)	3.450 Kd/a
Heizgradtage Würzburg langjähriges Mittel (einheitlicher Bezugswert)	3.883 Kd/a

Für dargestellte Messwerte mit kürzeren Zeiträumen als einem Jahr wurde keine Witterungsbereinigung durchgeführt. Witterungsbereinigte Endenergieverbräuche sind mit dem Index „W“ gekennzeichnet.

### 6.1.3 Fehlerkorrektur

Bei einigen Wärmemengenzählern lagen nicht für den gesamten Messzeitraum vollständige Daten vor. Für die Berechnung der Jahres-Wärmeverbräuche wurde eine Regression zwischen Wärmeverbrauch und Gradtagzahl gebildet, siehe Abbildung 33.

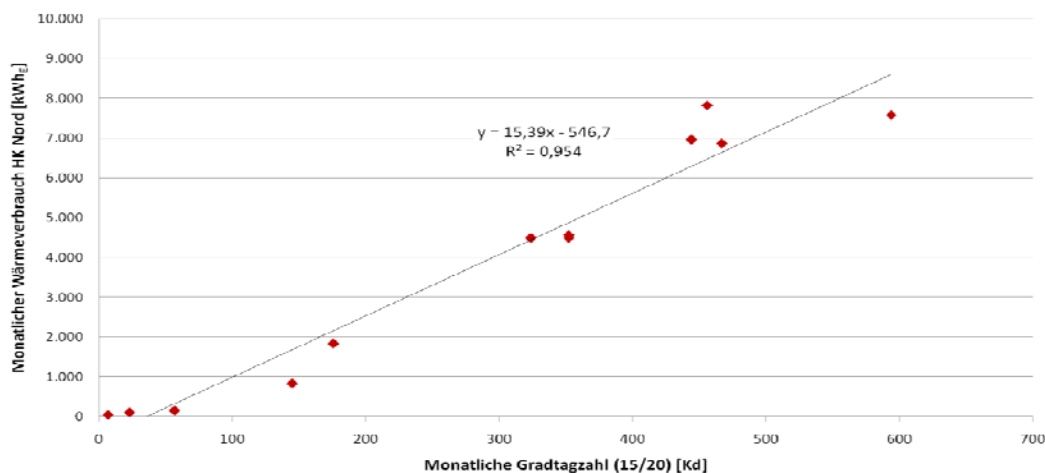


Abbildung 33 Regression zwischen Wärmeverbrauch und Gradtagzahl (Beispiel)

Mit der entsprechenden Funktion wurden die fehlenden Werte berechnet. Da die Wärmemengenzähler redundant installiert waren (Gesamtzähler und alle Teilmengen), konnten die berechneten Werte anschließend auf Plausibilität geprüft werden.

Die Stromzähler lieferten vollständige Daten im Monitoringzeitraum, so dass hier keine Fehlerkorrektur erforderlich war.

### 6.1.4 Referenzkennwerte und Primärenergiefaktoren

Zum Zeitpunkt der Planung und Errichtung des Gebäudes lag die DIN V 18599 zur Berechnung des Gesamtenergiebedarfs von Gebäuden noch nicht vor. Im PPP-Verfahren waren die entsprechenden Werte deshalb in Anlehnung an den Leitfaden Elektrische Energie zu berechnen. Dabei waren als Primärenergiefaktoren für Fernwärme 0,7 und für Strom 3,0 zu verwenden. Da die EnEV 2007 für Strom einen Kennwert für das deutsche Netz von 2,7 verwendet hat, wird dieser Wert bei den Berechnungen nach DIN V 18599 und EnEV 2007 und bei den Umrechnungen von Energieverbrauchswerten verwendet. Die Abweichung ist bei den Vergleichen zwischen Zielwerten der Funktionalen Leistungsbeschreibung und anderen Daten zu berücksichtigen. Tabelle 13 zeigt die verwendeten Primärenergiefaktoren.

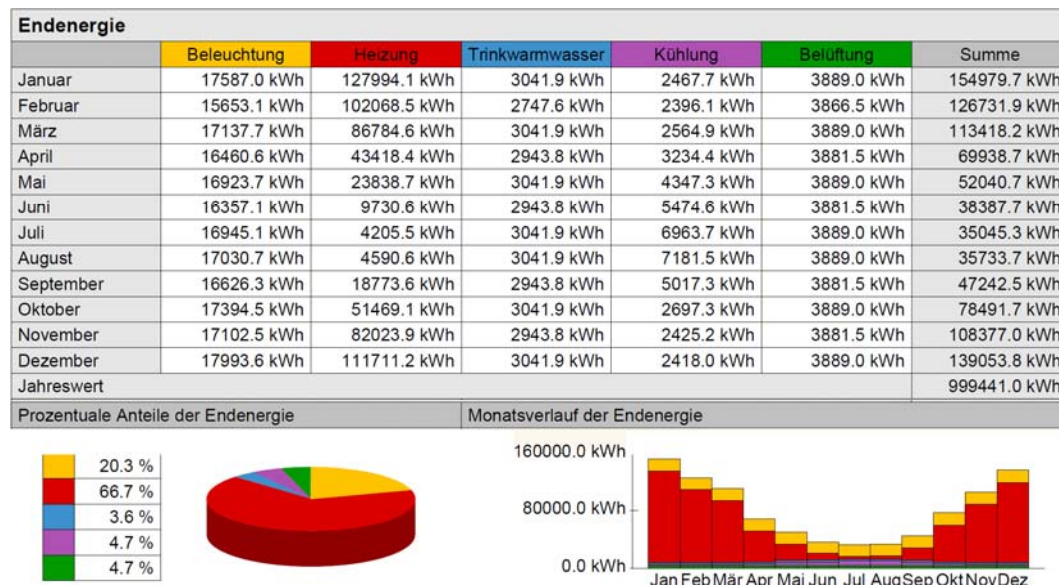
TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

**Tabelle 13**      **Verwendete Primärenergiefaktoren**

	Funktionale Leistungsbeschreibung	DIN V 18599 / EnEV 2007	Verbrauchsdaten
Netzstrom	3,0	2,7	2,7
Fernwärme <sup>14</sup>	0,7	0,7	0,7

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde eine Berechnung des Gesamtenergiebedarfs nach DIN V 18599 und EnEV 2007 mit der Software *Solar-Computer* durchgeführt. Als Referenzwert werden die Berechnungsansätze und Ergebnisse des Referenzgebäudes verwendet, die den gesetzlich geforderten Standard darstellen. Abbildung 34 und Abbildung 35 zeigen die Ergebnisse der Berechnung für das Referenzgebäude.



**Abbildung 34**      **Jahres-Endenergiebedarf Referenzgebäude nach DIN V 18599 / EnEV 2007**

<sup>14</sup> Durch den lokalen Energieversorger wurden für die Fernwärme 0,25 (2005) und 0,35 (2009) als Primärenergiefaktoren ausgewiesen.

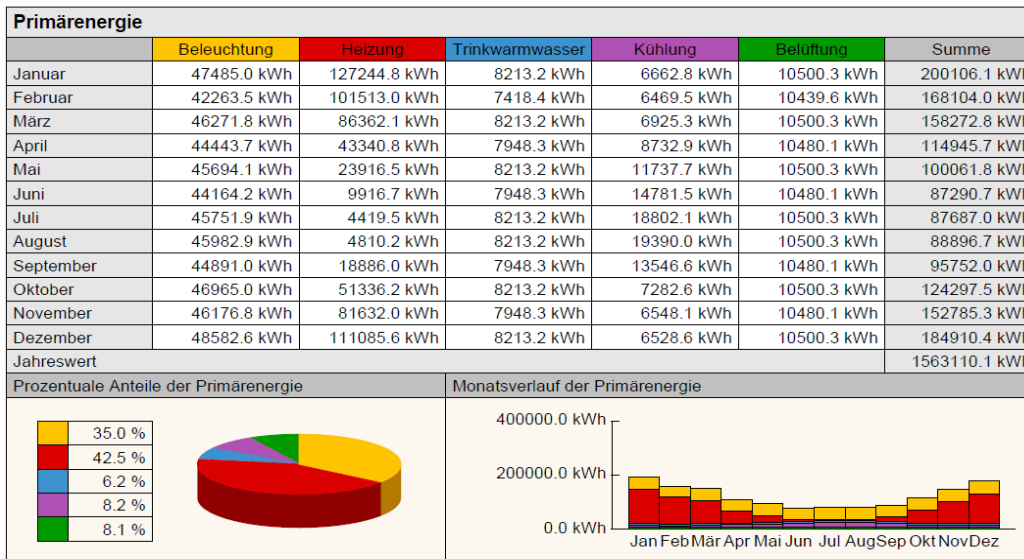


Abbildung 35 Jahres-Primärenergiebedarf Referenzgebäude nach DIN V 18599 / EnEV 2007

Die entsprechenden flächenbezogenen Kennwerte für Referenzgebäude und Neubau (Abbildung des realen Gebäudes im EnEV-Nachweis) sind in

Tabelle 14 dargestellt. Die Randbedingungen der Berechnung sind im Anhang in 11.1 aufgeführt.

Tabelle 14 Energiebedarfskennwerte Referenzgebäude nach DIN V 18599 / EnEV 2007

Referenzgebäude	Beleuchtung	Heizung	TWW	Kühlung	Belüftung	Summe
<b>Endenergie</b> kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)	28	93	5	7	7	139
<b>Primärenergie</b> kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)	76	92	13	18	18	217

Für den Gesamtwärme- und Gesamtstromverbrauch des Gebäudes werden darüber hinaus die Referenzwerte nach EnEV 2007 entsprechend dem Energieverbrauchs-ausweis<sup>15</sup> verglichen, siehe

Tabelle 15.

Tabelle 15 Energieverbrauchskennwerte Neubau nach EnEV 2007 (Energieverbrauchsausweis)

Bürogebäude	Wärmeverbrauch	Stromverbrauch
<b>Endenergie</b> kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)	120	45
<b>Primärenergie</b> PE-Fakt. Verbr.: 0,7 / 0,25 FW; 2,7 Strom kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)	84 / 30	122

<sup>15</sup> Die Werte bilden den Median aus den gemessenen Verbrauchswerten von typischen Gebäuden dieser Kategorie.

## 6.2 Heizung

Das Regionshaus Hannover wurde als Teil eines bestehenden Gebäudekomplexes errichtet. Da in den Bestandsgebäuden die entsprechenden Möglichkeiten vorhanden waren, wurde der Neubau aus einem bestehenden Verteiler versorgt, der seinerseits an das Fernwärmenetz angeschlossen ist.

Trinkwarmwasser war in der Funktionalen Leistungsbeschreibung mit  $12,5 \text{ kWh}_P / (\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  zu berücksichtigen. Da TWW im Gebäude dezentral elektrisch erwärmt wird, wurde keine separate Messung durchgeführt. Der Stromverbrauch ist in den Etagenverbräuchen enthalten, siehe 0.

### 6.2.1 Grundlagen

Das Heizungssystem des Gebäudes ist mit Temperaturen im Auslegungsfall von  $70^\circ\text{C}/55^\circ\text{C}$  und einer Auslegungsleistung von  $400 \text{ kW}$  bzw.  $56 \text{ W/m}^2_{\text{NGF}}$  an den Heizungsverteiler des benachbarten Bestandsgebäudes angeschlossen. Dieser wird wiederum von der Fernwärme der Stadt Hannover versorgt. Das Heizungsnetz gliedert sich in fünf statische und einen dynamischen Heizkreis, Abbildung 36.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

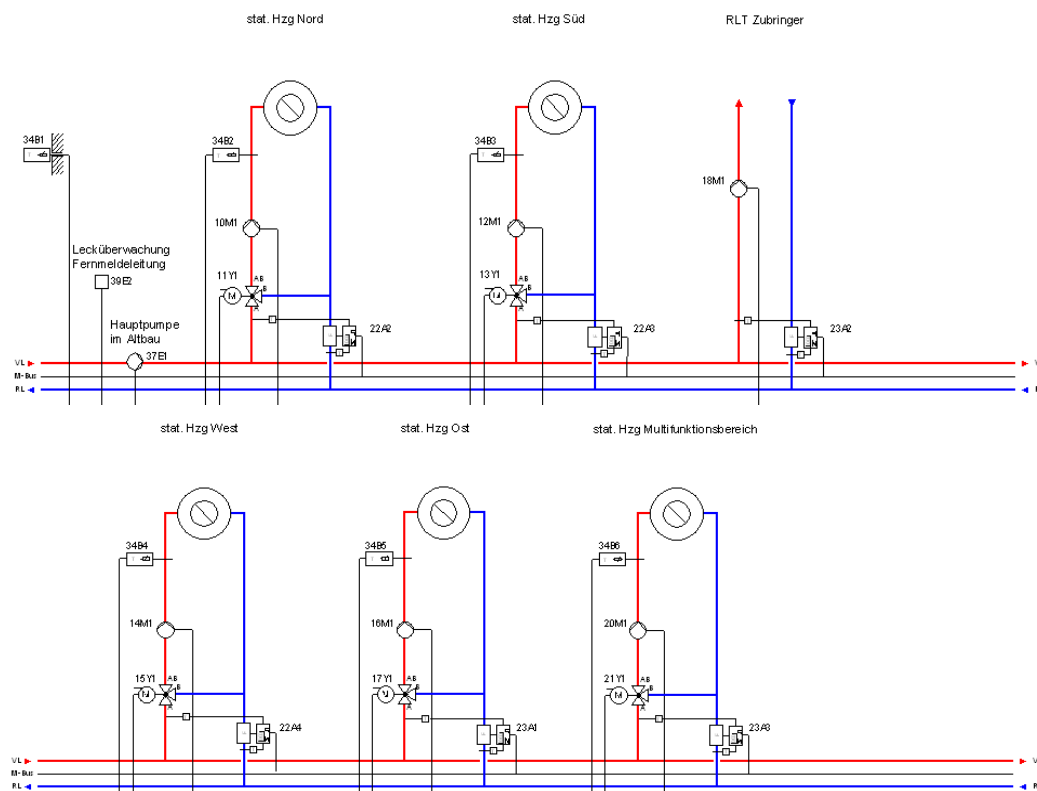


Abbildung 36 Schema der Heizungsanlage

Vier der statischen Heizkreise versorgen die jeweiligen Gebäudeseiten, der fünfte den Multifunktionsbereich und das Foyer. Die Heizreise sind jeweils als Beimischschaltung mit Dreiwegestellglied ausgeführt und mit einer elektronisch geregelten Pumpe ausgestattet.

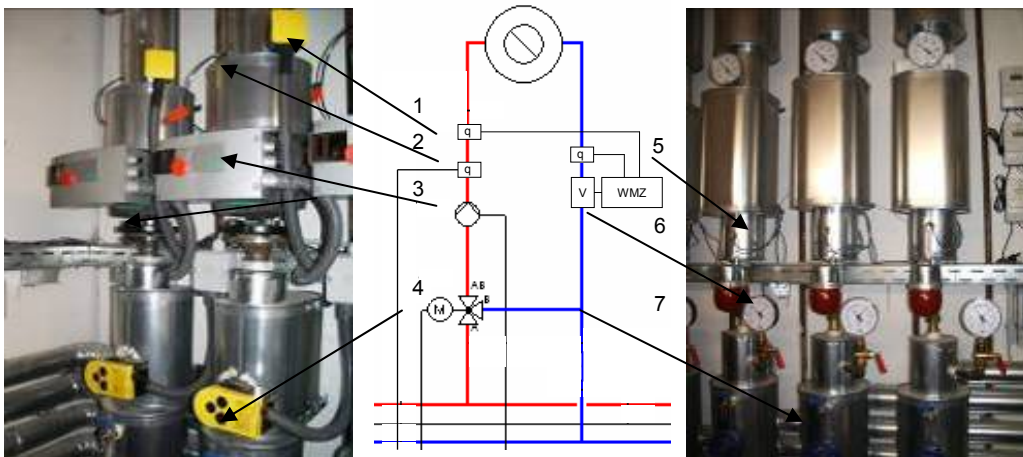




Abbildung 37 Wärmeverteiler Vorlauf, Heizkörper mit Thermostatventil, Heizkörper mit Etagenverteilungen (ungedämmt auf Putz)

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



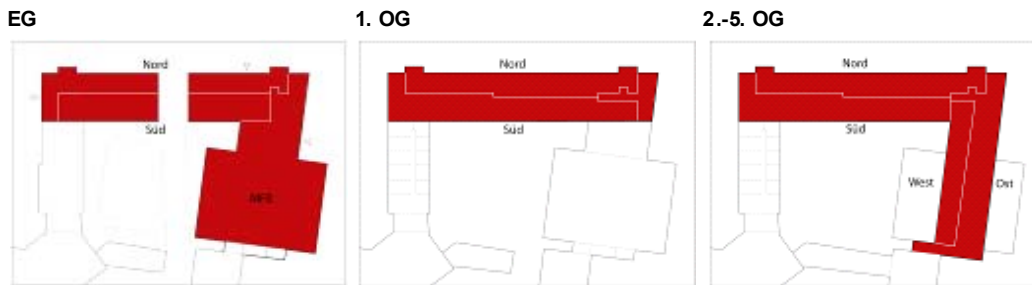
- 1: Temperatursensor, Vorlauf Regelung
- 2: Temperatursensor, WMZ Vorlauf
- 3: Pumpe
- 4: Motorisches Stellventil
- 5: Temperatursensor WMZ Rücklauf
- 6: Volumenstrommesser
- 7: Abzweig Rücklaufbeimischung

Abbildung 38 Schema eines statischen Heizkreises und Installation des Vorlaufs [Planungsgruppe HSK]

Der sechste Heizkreis versorgt die beiden Lüftungsanlagen. Zusätzlich wird das Erdsondenfeld im Winter zur Vorerwärmung der Zuluft in den Lüftungsanlagen des Multifunktionsbereichs und die Abwärme der EDV-Kältemaschine zur Vorerwärmung der Zuluft der Lüftungsanlage der WCs genutzt.

Die Heizkreise sind mit elektronisch geregelten Pumpen (Fabrikat WILO Stratos) ausgestattet. Die Vorlauftemperatur wird je Heizkreis witterungsabhängig und mit einer Nachtabsenkung geregelt.

Abbildung 39 zeigt die beheizten Flächen auf den verschiedenen Etagen.



**Versorgte NGF**

Heizkreis Nord	2.158 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> (einschl. Fluranteil 50%)
Heizkreis Süd	2.065 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> (einschl. Fluranteil 50%)
Heizkreis Ost	1.165 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> (einschl. Fluranteil 50%)
Heizkreis West	810 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> (einschl. Fluranteil 50%)
Heizkreis MFB	991 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
Heizkreis RLT	967 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
<b>Gesamte versorgte NGF</b>	<b>7.190 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub></b>

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

Abbildung 39 Beheizte Flächen und Zuordnung zu den Heizkreisen

### 6.2.2 Methodik und Messkonzept

Der Wärmeverbrauch wurde entsprechend Abbildung 40 in 15-minütigen Zeitschritten durch fest installierte Wärmemengenzähler gemessen.

**Zählerschema Wärme**

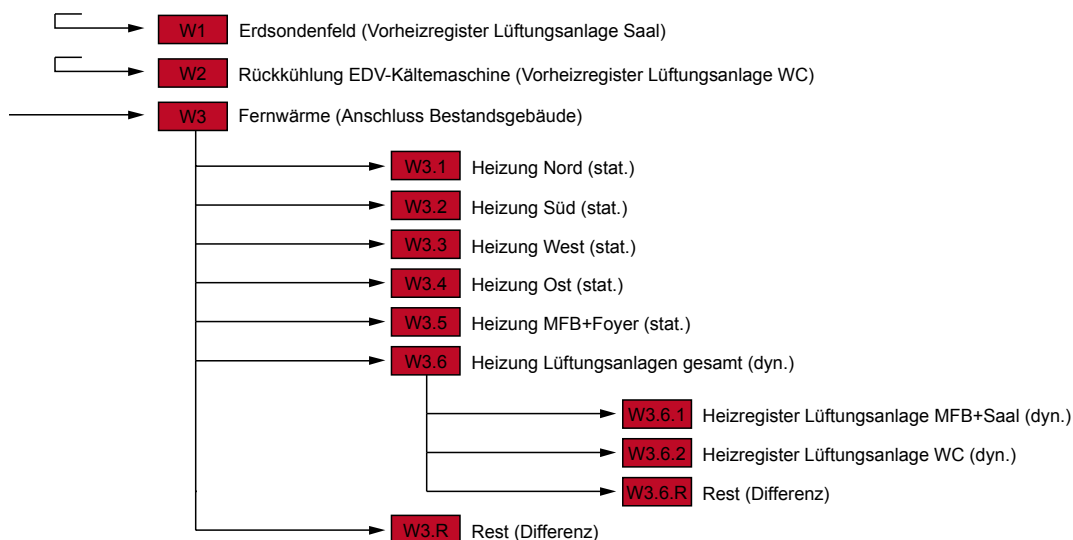


Abbildung 40 Zählerschema Wärme

Als Bilanzgrenze wurden die Summe der Wärmemengenzähler im Neubau (W3.1-6) und der Wärmemengenzähler des Erdsondenfeldes (W1) festgelegt. Die Verluste vom Verteiler im Bestandsgebäude über die im Erdreich verlegte Leitung zum Neubau (W3.R) wurden nicht berücksichtigt. Der Gesamtzähler im Altbau (W3) wurde zur Plausibilitätskontrolle der Teilzähler genutzt. Die Verluste betragen konstant ca. 4 %.

Die vom Erdsondenfeld über den Vorerhitzer in der Lüftungsanlage für den Multifunktionsraum geliefert Wärme (W1) wurde in der Bilanz berücksichtigt. Die Wärmerückgewinnung aus der Rückkühlung der Kältemaschine für die EDV für die Vorerhitzung der Außenluft in der Lüftungsanlage der WCs (W2) konnte nicht erfasst werden, da dies ein reiner Sole-Kreislauf ist.

Die Wärmemengenzähler konnten erst mit einiger Verzögerung zuverlässig in Betrieb genommen werden, so dass Messdaten nur für 2008 und 2009 vorliegen. Die vorliegenden Betriebsdaten aus der Gebäudeautomation für 2007 lassen jedoch keinen signifikanten Mehrverbrauch erkennen.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 6.2.3 Ergebnisse

Der Jahres-Endenergieverbrauch für Wärme betrug in den Jahren 2008 witterungsbereinigt 285 MWh<sub>EW</sub>/a bzw. 262 MWh<sub>EW</sub>/a in 2009. Dies entspricht einem flächenbezogenen Jahres-Endenergieverbrauch von 40 bzw. 37 kWh<sub>EW</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a), Abbildung 41.

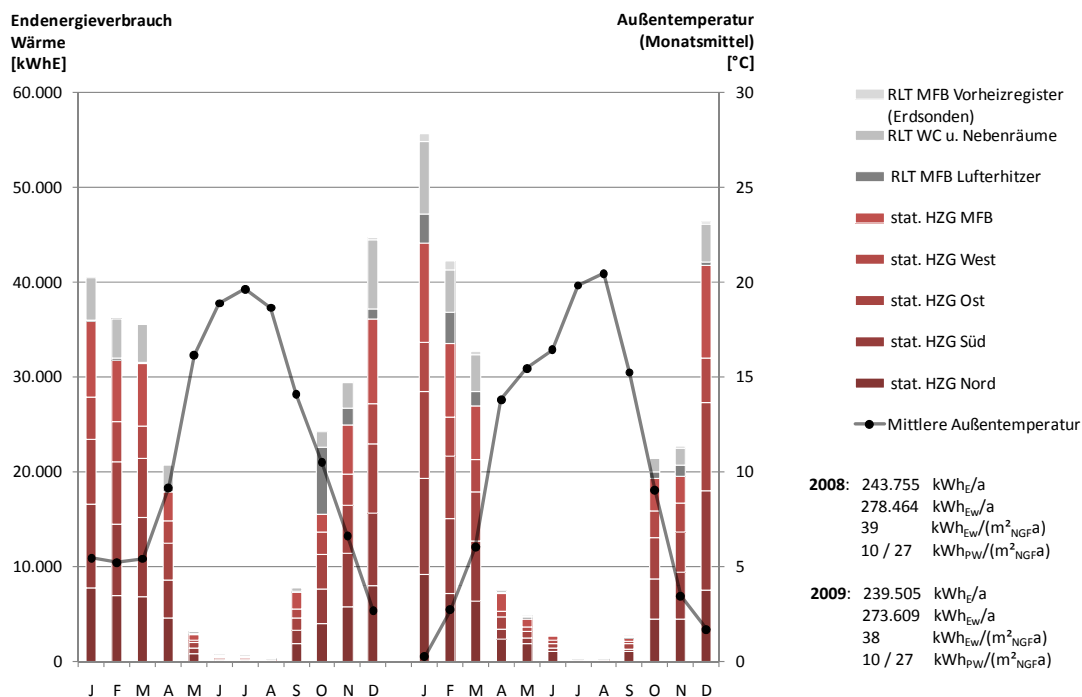


Abbildung 41 Jahres- Endenergieverbrauch Wärme 2008 und 2009

Tabelle 16 sind die Kennwerte zum Wärmebedarf und Wärmeverbrauch für das Regionshaus dargestellt. Genannt sind soweit möglich der Kennwert, der als typischer Wert für Bürogebäude im Energieverbrauchsausweis angegeben wird, die Bedarfskennwerte für das Referenzgebäude und die Zonen Multifunktionsbereich und Büros nach DIN V 18599 und EnEV 2009<sup>16</sup> [EnEV 09 Deutsches Informationszentrum für Technische Regeln, 2009] sowie die entsprechenden Werte aus den Betriebsjahren 2008 und 2009. Die Werte sind dargestellt als flächenbezogene Kennwerte. Dabei wurde der gesamte Wärmeverbrauch auf die gesamte NGF bezogen, die Verbrauchswerte der einzelnen Zonen auf die jeweils versorgte Nettogrundfläche (NGF<sub>v</sub>).

Für den Jahres-Primärenergieverbrauch sind zwei Werte angegeben. Der erste wurde mit dem mittleren Primärenergiefaktor von 0,7 für Fernwärme berechnet, der zweite mit dem vom Energieversorger zum Zeitpunkt der Errichtung ausgewiesenen Faktor von 0,254.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

**Tabelle 16 Kennwerte zum Wärmebedarf und Wärmeverbrauch**

Wärmebedarf/-verbrauch/-leistung	Kennwerte DIN V 18599 / EnEV 2009	Kennwerte NRH	
	Referenzgebäude bzw. Planung	2008	2009
<b>Mittl. Heizleistung im Auslegungsfall</b> ( $T_{amb} = -12^{\circ}C$ ) [ $W_{E15}/(m^2_{NGFa})$ ]	56 (Auslegung: 400 kW)	23	22
<b>Jahres-Endenergie HK Nord</b> [ $kWh_{Ew}/(m^2_{NGFva})$ ]		29	26
<b>Jahres-Endenergie HK Süd</b> [ $kWh_{Ew}/(m^2_{NGFva})$ ]		31	28
<b>Jahres-Endenergie HK West</b> [ $kWh_{Ew}/(m^2_{NGFva})$ ]		43	38
<b>Jahres-Endenergie HK Ost</b> [ $kWh_{Ew}/(m^2_{NGFva})$ ]		48	44
<b>Jahres-Endenergie Büros (Mittelwert)</b> [ $kWh_{Ew}/(m^2_{NGFva})$ ]	90	38	34
<b>Jahres-Endenergie MFB<sup>17</sup></b> [ $kWh_{Ew}/(m^2_{NGFva})$ ]	166	69	65
<b>Jahres-Endenergie gesamt (ohne TWW)</b> [ $kWh_{Ew}/(m^2_{NGFa})$ ]	Referenzgeb. EnEV 2007: 91 Referenz E-verbrauchsausw.: 115 Funkt. Leistungsbeschr. (FLB): 40	39	38
<b>Jahres-Primärenergie gesamt</b> <b>PE-Fakt. Bedarf: 1,0 (Gas)<sup>18</sup></b> <b>PE-Fakt. Verbr.: 0,7 / 0,25<sup>19</sup> (FW)</b> [ $kWh_{Pw}/(m^2_{NGFa})$ ]	Ref. EnEV 2007: 91 (Gas) Ref. E-verbrauchsausw : 81 (FW) Anf. FLB: 27,5 <sup>20</sup> (FW)	27 / 10	27 / 10

<sup>16</sup> DIN V 18599 und EnEV 2009 waren bei Ausschreibung und Errichtung des Gebäudes noch nicht gültig.

<sup>17</sup> Für die Berechnung der Kennwerte Bedarf und Verbrauch wurden unterschiedliche versorgte Flächen angesetzt, da die Ausführung der Heizkreise nicht exakt der Zonierung folgte, sondern einige zusätzliche Räume umfasste. Die Werte beziehen sich auf die statische und dynamische Heizung.

<sup>18</sup> Das Referenzgebäude wird mit einer Gasversorgung berechnet.

<sup>19</sup> Faktor 0,7 für Fernwärme nach DIN V 18599/ ENEV 2009; Faktor 0,25 nach Angabe EVU im Jahr 2005

<sup>20</sup> Der Zielwert von 40 kWh/m<sup>2</sup>a enthielt einen Anteil von 12,5 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>) für TWW. TWW wurde jedoch mit dezentralen elektrischen Geräten umgesetzt. Für die Heizwärme gilt ein Grenzwert von 27,5 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>).

Die Anforderung der Funktionalen Leistungsbeschreibung von maximal  $27,5 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  für den Primärenergieverbrauch Heizwärme wird durch das Gebäude im Betrieb mit  $27 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  erreicht. Der Primärenergieverbrauch liegt bei rund einem Drittel des gesetzlichen Anforderungswertes der EnEV 2007 von  $91 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  bzw. des Referenzwerts des Energieverbrauchsausweises von  $81 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ .

Deutlich wird an dieser Stelle die Bedeutung der verwendeten Primärenergie-Faktoren für die Fernwärme. Um die Anforderungen an den Wärmeschutz nicht abzuwerten, war in der Funktionalen Leistungsbeschreibung die Verwendung des PE-Faktors 0,7 vorgeschrieben worden. Zum Zeitpunkt der Ausschreibung wurde vom Energieversorger ein PE-Faktor von 0,254 für seine Fernwärme angegeben, aktuell (2009) liegt er bei 0,35. Unter Berücksichtigung dieser Werte hätte der Jahresprimärenergieverbrauch bei rund  $10 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  statt bei  $27 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  gelegen.

Abbildung 42 zeigt beispielhaft die Heizlast des Gebäudes ausgedrückt durch die gemessene Wärmeleistung in viertelstündlichen Momentanwerten für eine Woche in der Heizperiode. Deutlich erkennbar sind der Absenkbetrieb in der Nacht und am Sonntag sowie die positiven wie negativen Spitzen kurz nach dem Umschalten zwischen den Betriebsweisen.

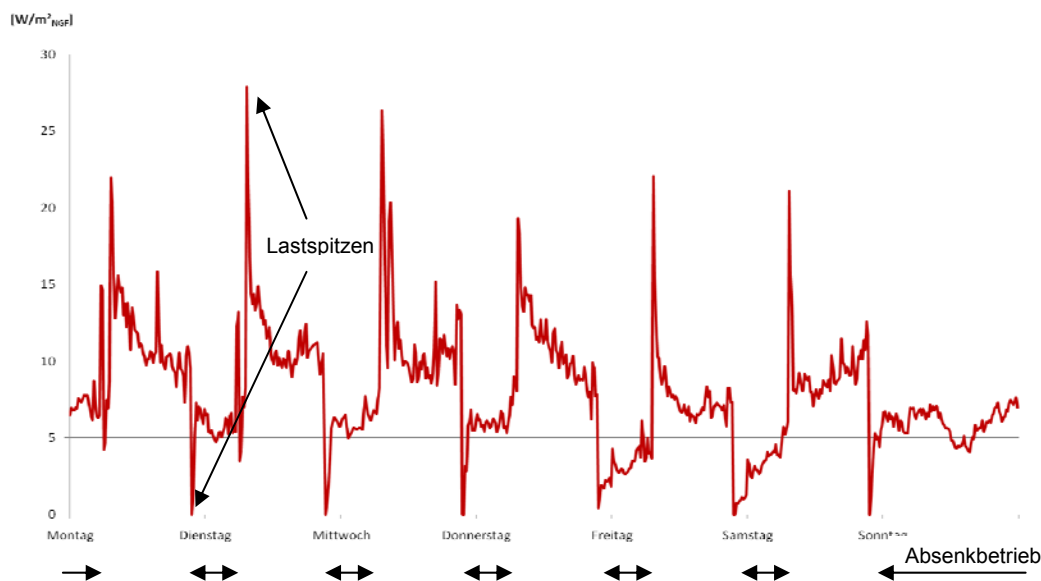
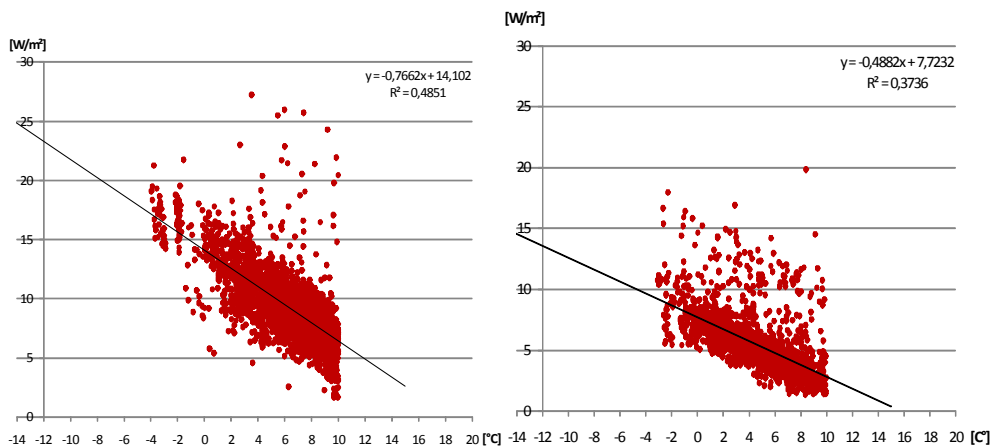


Abbildung 42 Beispielwoche Heizleistung in 2008 KW 2 (viertelstündliche Momentanwerte)

Das Gebäude hatte in 2008 eine maximale gemessene Heizlast von unter  $30 \text{ W}/\text{m}^2_{\text{NGF}}$  einschließlich der Umschaltspitzen der Nachtabsenkung. Abbildung 43 zeigt die Heizlast des Gebäudes ausgedrückt durch die gemessene Wärmeleistung in viertelstündlichen Momentanwerten für das Jahr 2008. Dargestellt sind der Normal- und der Absenkbetrieb. Zur eindeutigen Differenzierung sind hier im Tagbetrieb nur Werte für die Zeiträume Montag – Freitag von 8:00 bis 18:00 und für den Nachtbetrieb nur Werte von 22:00 bis 6:00 Uhr an allen Wochentagen einbezogen worden. Die oben sichtbaren Spitzen sind nicht berücksichtigt worden.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs  
  
Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



**Abbildung 43** Heizleistung (15-minütige Momentanwerte) über Außenlufttemperatur im Tag- (links) und Nachtbetrieb 2008 (rechts)

Durch einfache Regression ergibt sich im Auslegungsfall bei einer Außenlufttemperatur von  $-12^{\circ}\text{C}$  im Normalbetrieb eine Heizlast von rund  $23 \text{ W/m}^2_{\text{NGF}}$ , im Absenkbetrieb von  $14 \text{ W/m}^2_{\text{NGF}}$ . In der Planung wurde eine Heizlast von  $400 \text{ kW}$  bzw.  $56 \text{ W/m}^2_{\text{NGF}}$  angesetzt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 6.3 Stromverbrauch gesamt

Das Gebäude wird über das Netz mit Strom versorgt. Es gibt mit Ausnahme eines Notstromdieselaggregats keine Stromerzeugung im Gebäude. Die einzelnen Teilsysteme und die Verbrauchswerte sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.

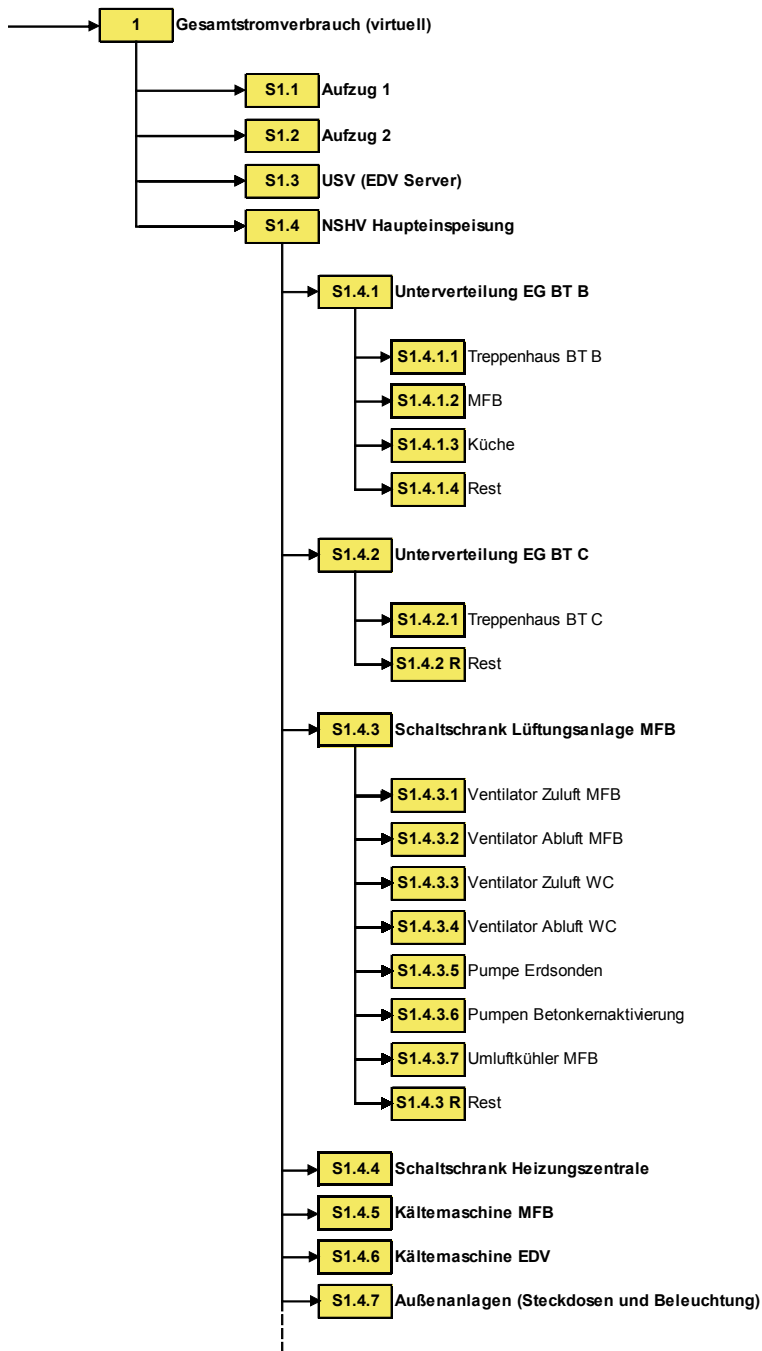
### 6.3.1 Grundlagen

Die Messung der Stromverbräuche erfolgte durch fest installierte Stromzähler, in der überwiegenden Zahl Wandlerzähler, die auf die Gebäudeautomation aufgeschaltet wurden. Erfasst wurden sowohl momentane Leistungswerte als auch Zählerstände. Das Messkonzept wurde so ausgerichtet, dass ein aussagekräftiger Vergleich zwischen Kennwerten des Referenzgebäudes nach DIN V 18599 und Messwerten aus dem Betrieb möglich ist. Nur der Anteil für die Trinkwassererwärmung konnte nicht separat gemessen werden.

### 6.3.2 Methodik und Messkonzept

Die Zählerstruktur wurde weitgehend redundant aus Gesamt- und Teilzählern aufgebaut, um durch die Prüfung der Differenzen (Rest) Plausibilitätskontrollen durchführen zu können. Abbildung 44 und Abbildung 45 zeigen das Schema der Messstellen für den Stromverbrauch im Gebäude.

Strom Endenergie Gesamt



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Abbildung 44 Zählerschema Strom - Teil A

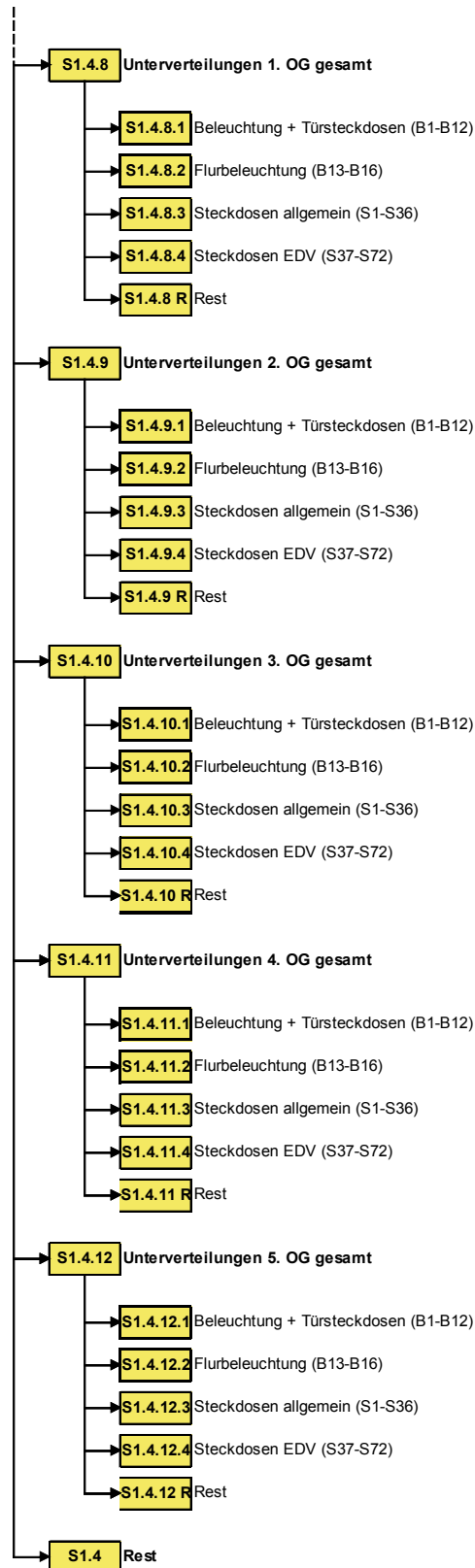


Abbildung 45 Zählerschema Strom - Teil B

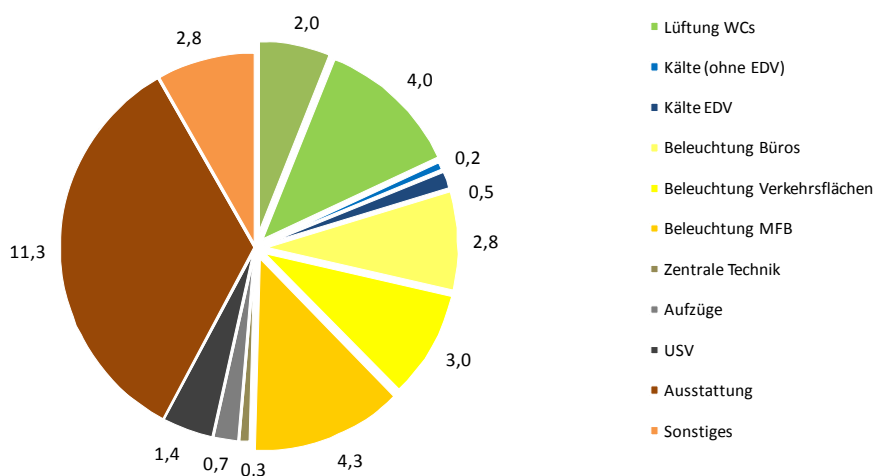


### 6.3.3 Ergebnisse

Für die meisten Zähler liegen vollständige viertelstündliche Messdaten für die Jahre 2008 und 2009 vor. Für 2007 liegen auf Grund der Inbetriebnahme im Frühling und dem teilweise verzögerten Einbau der Messtechnik keine vollständigen Daten vor. Es sind in dieser Zeit jedoch keine signifikant erhöhten Einzelverbraucher aufgefallen.

Die Strombilanz ist so exakt wie möglich in die Verbrauchsanteile für Energie zum Betrieb des Gebäudes entsprechend der Systematik der DIN V 18599 und für die sonstigen Verbräuche der Gebäudenutzung aufgeteilt. Abbildung 46 zeigt die Anteile am gesamten Endenergieverbrauch Strom für 2008 und 2009 bezogen auf die NGF.

**2008 Jahres-Energieverbrauch Strom [kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)]**



**Stromverbrauch Nutzung**

119.153 kWh<sub>E</sub>/a  
16,6 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)  
44,7 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)

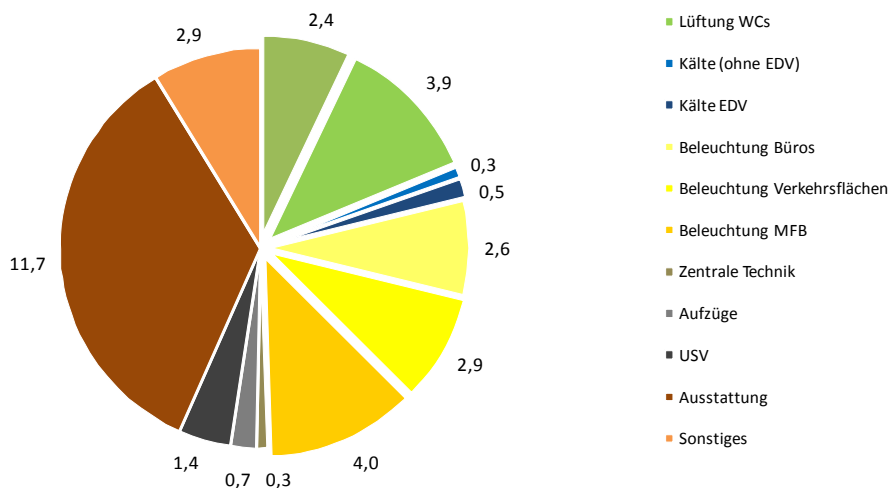
**Stromverbrauch Betrieb  
(Bilanzgrenzen DIN 18599)**

121.204 kWh<sub>E</sub>/a  
16,9 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)  
45,5 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)

**Stromverbrauch gesamt**

240.357 kWh<sub>E</sub>/a  
33 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)  
90 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)

**2009 Jahres-Energieverbrauch Strom [kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)]**



**Stromverbrauch Nutzung**

122.537 kWh<sub>E</sub>/a  
17,0 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)  
46,0 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)

**Stromverbrauch Betrieb  
(Bilanzgrenzen DIN 18599)**

119.771 kWh<sub>E</sub>/a  
16,7 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)  
45,0 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)

**Stromverbrauch gesamt**

242.308 kWh<sub>E</sub>/a  
34 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)  
91 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a)

**Abbildung 46 Jahres-Endenergieverbrauch Strom 2008 und 2009<sup>21</sup>**

<sup>21</sup> Die Primärenergiewerte sind jeweils mit einem PE-Faktor von 2,7 berechnet worden.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Der Jahres-Endenergieverbrauch Strom von 33 bzw. 34 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) in den beiden Jahren verteilte sich mit jeweils rund 17 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) zu gleichen Teilen auf Betrieb und Nutzung. Der Jahres-Primärenergieverbrauch für den Betrieb nach EnEV lag entsprechend bei rund 45 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>).

Tabelle 17 zeigt die Verbrauchswerte des Regionshauses im Vergleich mit den Referenzwerten aus dem Energieverbrauchsausweis und dem Referenzgebäude EnEV 2007.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

**Tabelle 17 Vergleich der Kennwerte Strombedarf und Stromverbrauch**

Strombedarf / -verbrauch gesamt	Referenzkennwerte	Verbrauchskennwerte NRH	
	Energieverbrauchsausweis	2008	2009
Jahres-Endenergiebedarf [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	45	33	34
Jahres-Primärenergiebedarf [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	122	90	91
<b>Strom DIN18599</b>	<b>Referenzgebäude EnEV 2007</b>		
Jahres-Endenergiebedarf [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	46	17	17
Jahres-Primärenergiebedarf [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	123	46	45
<b>Strom sonstiges (nicht 18599)</b>			
Jahres-Endenergiebedarf [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	-	17	17
Jahres-Primärenergiebedarf [kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	-	45	46

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Als Referenzwert für den Gesamtstromverbrauch wird der entsprechende Kennwert für die Energieverbrauchsausweise herangezogen, der einen Mittelwert repräsentativ ermittelter, vergleichbarer Bürogebäude einschließlich der Ausstattung darstellt. Das Regionshaus Hannover liegt mit einem Jahres-Primärenergieverbrauch von 90 bzw. 91 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) rund 25% unter dem entsprechenden Kennwert von 122 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>).

Für den Betriebsstrom werden die Kennwerte des Referenzgebäudes nach EnEV 2007 und DIN V 18599 und damit der in der Planung zu unterschreitende Grenzwert als Referenzwerte angesetzt. Das Regionshaus liegt mit einem Jahres-Primärenergiebedarf von rund 45 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) rund 55% unter dem Kennwert des Referenzgebäudes nach DIN V 18599 von 123 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>).

Die elektrische Wirklast des Gebäudes, ausgedrückt durch die gemessene Wirkleistung, liegt in der Spitze – rund 250 Viertelstundenwerte pro Jahr – bei rund 12 bis 14 W/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>, die Grundlast in rund 50 % des Jahres bei unter 2 W/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>.

Die folgenden Abbildungen zeigen Summenkurven der viertelstündlich gemessenen Wirkleistung in 2008 und 2009 (Abbildung 47) sowie typische Wochenlastgänge der beiden Jahre für den Winter- (Abbildung 48) und den Sommerbetrieb (Abbildung 49).

Wirkleistung  
[W/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>]

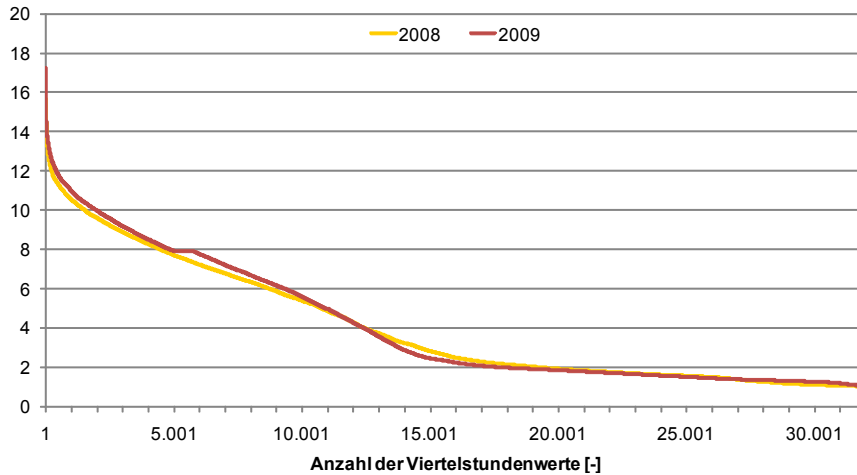


Abbildung 47 Summenkurve Wirkleistung flächenbezogen (viertelstündliche Momentanwerte)

Wirkleistung  
[W/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>]

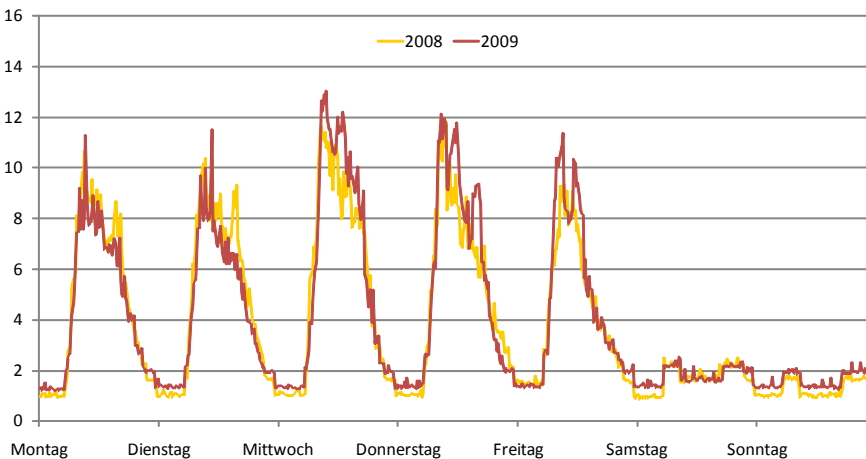


Abbildung 48 Wirkleistung Winter: KW 1, 2008 und 2009 (viertelstündliche Momentanwerte)

Wirkleistung  
[W/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>]

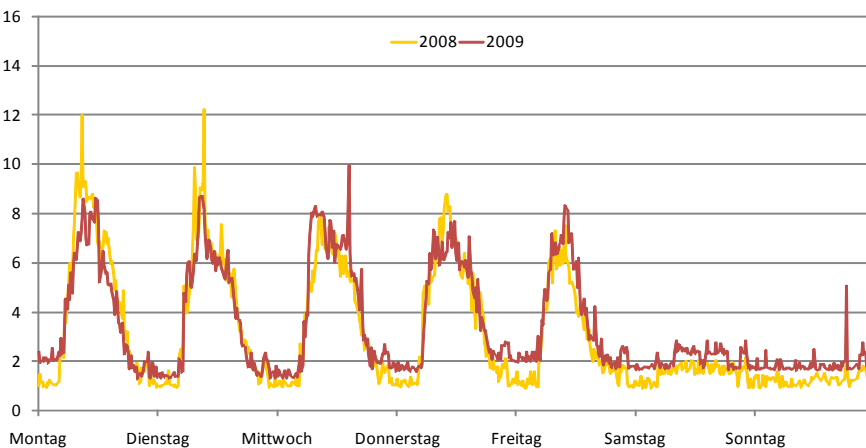


Abbildung 49 Wirkleistung Sommer: KW 28, 2008 und 2009 (viertelstündliche Momentanwerte)

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 6.4 Kühlung

Das Regionshaus Hannover ist in geringem Maße mit Technik zur Kühlung ausgestattet. Neben der Kühlung für die EDV-Räume wird die Zuluft des Multifunktionsraumes gekühlt. Die Büroräume verfügen über eine Betonkernaktivierung, die ausschließlich aus einem Erdsondenfeld gespeist wird. Büroräume der öffentlichen Verwaltung werden in der Regel – und so auch bei der Region Hannover – nicht gekühlt.

### 6.4.1 Grundlagen

Das Gebäude wird über verschiedene Systeme mit Kälte versorgt. Ein im Innenhof des Gebäudes liegendes Feld aus 12 Erdsonden als Doppel-U-Rohre mit jeweils 70 m Tiefe wird im Kühlfall als Wärmesenke genutzt, Abbildung 50.



Abbildung 50 Einbringung der Erdsonden, Temperatursensor an einer Sonde

Steht das Sondenfeld bei Kältebedarf nicht als Wärmesenke zur Verfügung, wird eine Kältemaschine auf dem Dach eingeschaltet. Beide Kälteerzeugungssysteme sind hydraulisch an einen gemeinsamen 1.000 l großen Wasserspeicher angeschlossen und können nur alternierend betrieben werden. Bei Betrieb der Betonkernaktivierung erfolgt die Kälteerzeugung ausschließlich über das Erdsondenfeld.

Aus dem Speicher werden drei Kühlkreise versorgt: die Betonkernaktivierung mit zentraler Rücklaufbeimischung, das Kühlregister der Lüftungsanlage und die Umluftkühler des Multifunktionsraums. Daneben wurde ein weiterer Kreis in das Kältenetz integriert, der im Winterfall über einen Wärmeübertrager mit einem Glykolgemisch zur Vorheizung der Außenluft in der Lüftungsanlage des Multifunktionsraums genutzt wird, Abbildung 51.

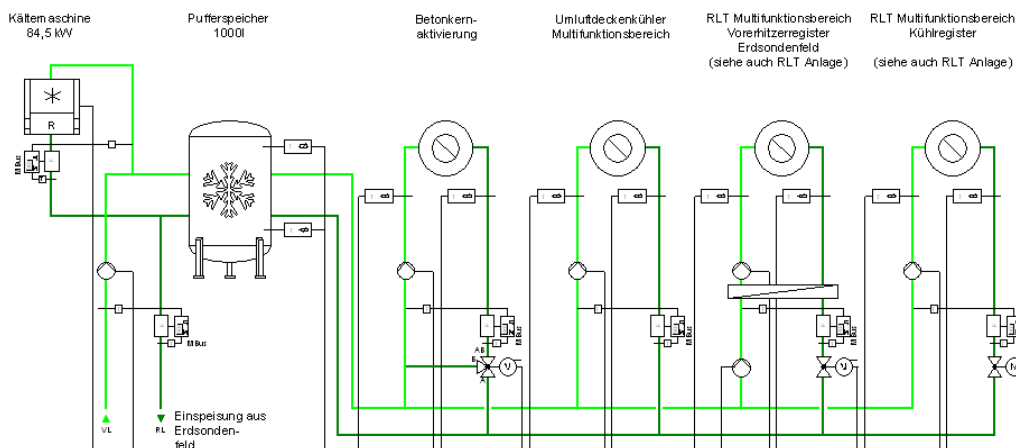


Abbildung 51 Schema der Kälteanlage

Die Kühlkreise sind mit elektronisch geregelten Pumpen ausgestattet, Abbildung 52.



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

**Abbildung 52 Kältesammler mit geregelten Pumpen in vorgeformten Dämmschalen**

Der Kühlkreis der Betonkernaktivierung gliedert sich wiederum in vier nach den Himmelsrichtungen der Fassaden aufgeteilten Strängen. Diese werden auf den Etagen hydraulisch im Tichelmannsystem versorgt. Die Etagenverteilungen liegen jeweils in den abgehängten Flurdecken unter der versorgten Etage.



**Abbildung 53 Etagenverteilung für die Betonkernaktivierung (rechts mit Manometer zur Leckageüberwachung während des Betoniervorgangs)**

Von dort versorgen die Kunststoffrohre jeweils Einheiten von einem Büro. Die mit Bewehrungsseisen vormontierten Rohrmatten wurden auf die Betonfertigteile montiert und vor Ort je Büroeinheit zusammengeschlossen und in der Deckenmitte einbetoniert.



**Abbildung 54 Einbau der Betonkernaktivierung: vormontierte Matten, Auflegen und Befestigen auf den Betonfertigteilen**



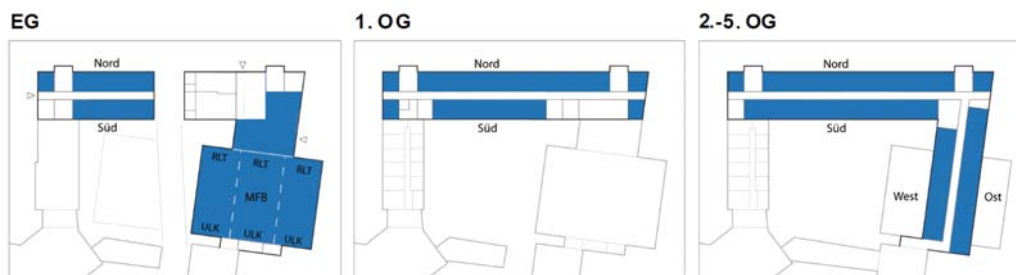
Abbildung 55    **Hydraulische Verbindung der Matten, Betonage**

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Für die im Gebäude auf jeder Etage installierte zentrale EDV, die in diesem Fall keine Server, sondern lediglich Patchfelder enthalten, ist eine separate Kältemaschine auf dem Dach aufgestellt, die die EDV-Räume über Splitgeräte mit Kälte versorgt. Die Abwärme der EDV-Kälte wird über ein Register zur Vorerwärmung der Zuluft in der Lüftungsanlage der WCs genutzt werden.

Abbildung 56 zeigt die Flächen, die mit Anlagentechnik zur Kühlung ausgestattet sind.



**Versorgte NGF**

Kühlkreis NGF USV:	129 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
Kühlkreis NGF BKA Nord:	1.358 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
Kühlkreis NGF BKA Süd:	1.112 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
Kühlkreis NGF BKA Ost:	833 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
Kühlkreis NGF BKA West:	560 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
Kühlkreis NGF RLT:	964 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
Kühlkreis NGF ULK:	964 m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>
<b>Gesamte NGF gekühlt:</b>	<b>4.884 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub></b>

Abbildung 56    **Gekühlte Flächen**

### 6.4.2 Methodik und Messkonzept

Für die Kälte wurden die erzeugte Kältemenge des Erdsondenfeldes und die der beiden Kältemaschinen sowie der Nutzenergieverbrauch von Betonkernaktivierung, Umluftkühlgeräten und Lüftungsanlage im Multifunktionsbereich messtechnisch erfasst, siehe Abbildung 57.

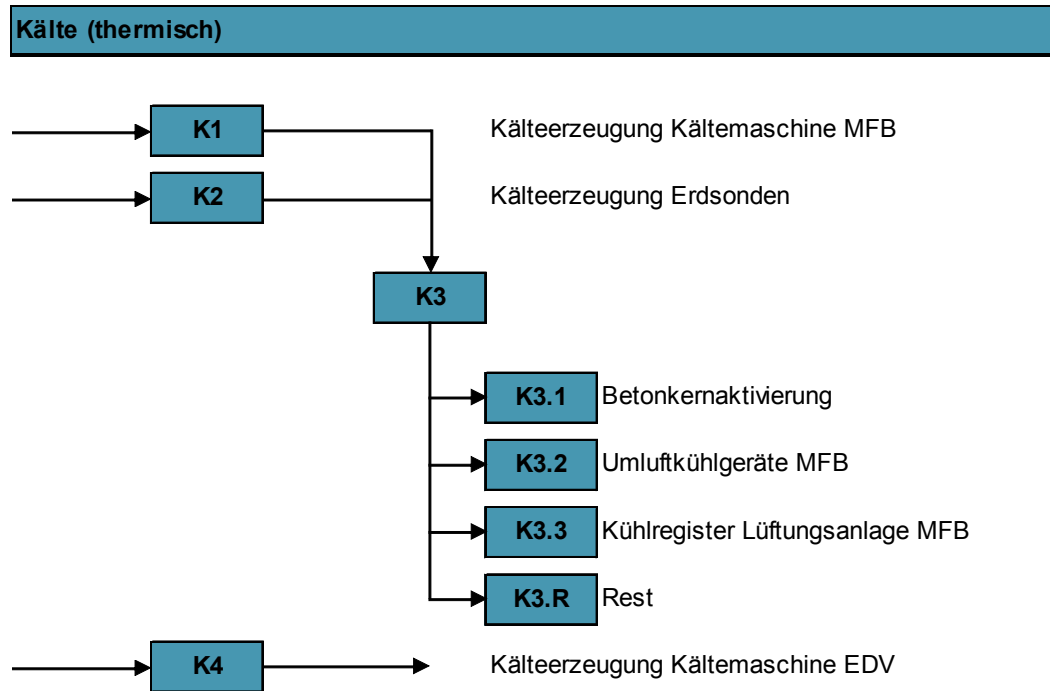


Abbildung 57 Zählerschema Kälte

Die Kältemengenzähler K1 und K2 lieferten zum Teil keine plausiblen Werte. Sie konnten deshalb nicht in die weiteren Analysen einbezogen werden.

Stromseitig wurde der Verbrauch der Kältemaschinen, der Pumpen für die Betonkernaktivierung und die Erdsonden sowie der Umluftkühlgeräte gemessen. Der Anteil der Erdsonden an der Wärmeerzeugung ist thermisch separat gemessen worden, hier jedoch im Stromverbrauch der Pumpe des Erdsondenfeldes enthalten.

Bei der Berechnung des Kühlbedarfs wird für das Referenzgebäude nach EnEV 2007 keine Kühlung für Büroräume angesetzt. Ein Kältebedarf wird hier lediglich für den Multifunktionsraum und die Serverräume angesetzt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

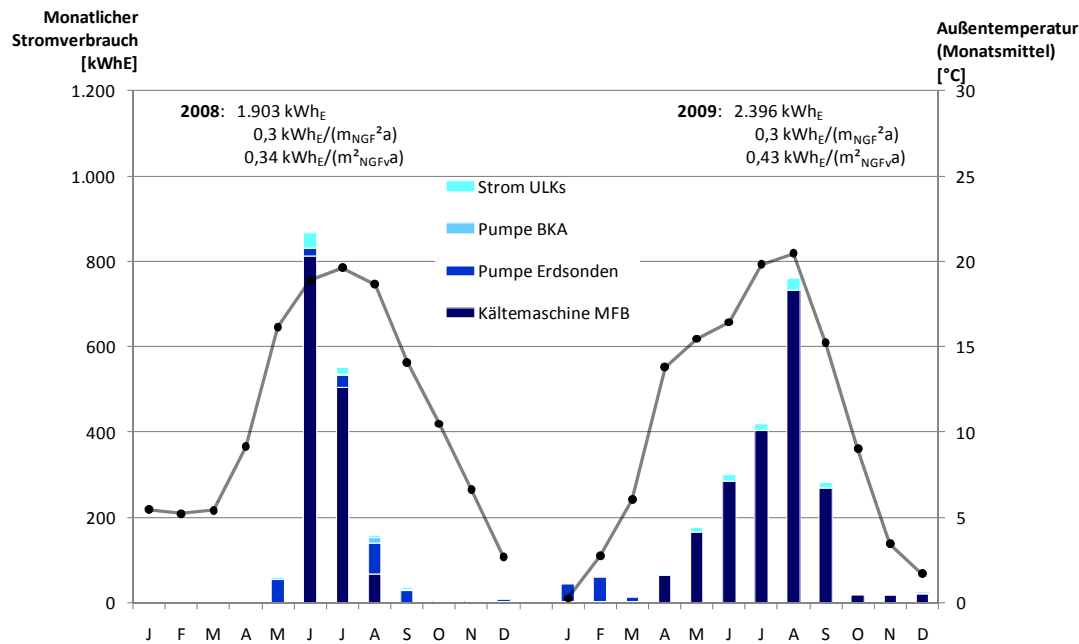
### 6.4.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden für den Bereich Komfortkühlung (Lüftung Multifunktionsbereich und Betonkernaktivierung Büros) und EDV-Kühlung dargestellt.

#### 6.4.3.1 Jahres- Energieverbrauch Komfort-Kühlung

Abbildung 58 zeigt die monatlichen und jährlichen Stromverbrauchswerte für die Komfortkühlung im Multifunktionsbereich und den Büros sowie die Außenlufttemperatur.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs



Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Abbildung 58 Stromverbrauch Komfortkühlung

Der Jahres-Primärverbrauch für Strom zur Komfortkühlung lag einschließlich der Hilfeenergie der beiden Hauptpumpen bei weniger als  $1 \text{ kWh}_P / (\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$ , Tabelle 18.

Tabelle 18 Energiekennwerte Kühlung

Bereich / Anlage	Kennwerte DIN V 18599 / EnEV 2007	Kennwerte NRH		
		Referenzgebäude	2008	2009
<b>Kühlung MFB+Foyer+Büros</b>				
Jahres-Primärenergie PE-Faktor 2,7 [ $\text{kWh}_P / (\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$ ]	8 <sup>22</sup>		1 (0,68) <sup>23</sup>	1 (0,86)
Jahres-Endenergie (elektr.) [ $\text{kWh}_E / (\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$ ]	3		0 (0,25)	0 (0,32)
<b>Kühlung Büros</b>				
Jahres-Nutzenergie (thermisch) [ $\text{kWh}_N / (\text{m}^2_{\text{NGFv}} \cdot \text{a})$ ]	0		0 (0,36)	0 (0,02)
<b>Kühlung MFB + Foyer</b>				
Jahres-Nutzenergie (thermisch) [ $\text{kWh}_N / (\text{m}^2_{\text{NGFv}} \cdot \text{a})$ ]	62		6	4

<sup>22</sup> Im Referenzgebäude nach EnEV 2007 wird für das Nutzungsprofil Büro keine Kühlung angesetzt.

<sup>23</sup> Die in Klammern angegebenen Werte sind rechnerische Werte. Auf Grund der verwendeten Messdaten ist eine Angabe nur mit den signifikanten Stellen zulässig.



Die Kühlung für die Büros wurde fast nicht genutzt (Betriebsstunden der Pumpe der Betonkernaktivierung 2008: 20h, 2009: 1h). Der Kälteverbrauch des Multifunktionsbereichs lag bei rund 10% des Bedarfs nach EnEV. Entsprechend niedrig ist mit  $1 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGF}\text{a}})$  der Jahres-Primärenergiebedarf für die Komfortkühlung. Darin verursachte der Stromverbrauch der Kältemaschine den weitaus größten Anteil.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

### 6.4.3.2 EDV-Kühlung

Zur EDV-Kühlung liegen plausible Messwerte nur zum elektrischen Energieverbrauch für die Jahre 2008 und 2009 vor, Abbildung 59.

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

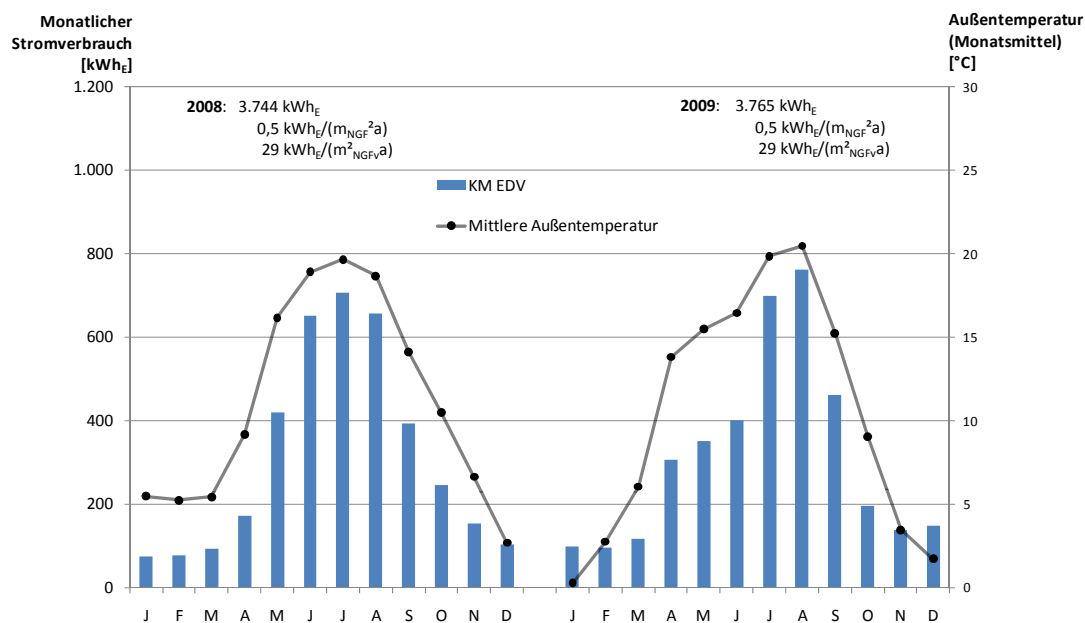


Abbildung 59 Stromverbrauch EDV-Kühlung

Der Jahres-Primärenergieverbrauch für Strom für der EDV-Kühlung lag in beiden Jahren bei rund  $1,4 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGF}\text{a}})$ , Tabelle 19.

Tabelle 19 Kennwerte der EDV-Kühlung

Bereich / Anlage	Kennwerte DIN V 18599 / EnEV 2007	Kennwerte NRH		
		Referenzgebäude	2008	2009
<b>Kühlung EDV</b>				
Jahres-Primärenergie PE-Faktor 2,7 [ $\text{kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGF}\text{a}})$ ]	8		1,4	1,4
Jahres-Endenergie (elektrisch) [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGF}\text{a}})$ ]	4		0(0,5)	0(0,5)
Jahres-Endenergie (elektrisch) [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFv}\text{a}})$ ]	198		29	29

Da die Kühlung von EDV-Anlagen in Gebäuden einen zunehmenden Anteil am Energieverbrauch von Gebäuden verursacht und deshalb auch in Energiekonzepten Berücksichtigung findet, wird im Folgenden der Stromverbrauch der EDV mit dem Stromverbrauch für die Kühlung der mit EDV ausgestatteten Räumen verglichen. Dabei wird auch der Berechnungsansatz für die internen Wärmelasten von Serverräumen nach DIN V 18599 berücksichtigt.

Die Berechnung des Kältebedarfs für Serverräume erfolgt nach DIN V 18599-10, Nutzungsprofil 21 Serverräume/Rechenzentren unter Ansatz des Stromverbrauchs als interne Wärmelasten der EDV mit

**Gleichung 5**

$$\begin{aligned}
 Q_{l, \text{fac}} &= P_{l, \text{fac}} \cdot d_{\text{Nutz, a}} \cdot h_{\text{Nutz, d}} \\
 &= 50 \text{ W}_E/\text{m}^2_{\text{NGFV}} \cdot 365 \text{ d/a} \cdot 12 \text{ h/d} \\
 &= 219.000 \text{ Wh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}}\text{a}) \\
 &= \mathbf{219 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}}\text{a})}
 \end{aligned}$$

mit

$Q_{l, \text{fac}}$  Interne Wärmelast Anlagen und Maschinene in  $\text{Wh}_E/(\text{m}^2\text{a})$   
(entspr. Jahres- Endenergiebedarf Strom Server)

$P_{l, \text{fac}}$  Mittlere thermische bzw. elektrische Leistung in  $\text{W}/\text{m}^2$

$d_{\text{nutz, a}}$  Nutzungstage im Jahr in d/a

$h_{\text{nutz, d}}$  Vollnutzungsstunden am Nutzungstag in h/d.

Es können nach Norm drei verschiedene Standards für die interne Wärmelast angesetzt werden: 50, 150 und 500  $\text{W}/\text{m}^2$ . Im Regionshaus sind keine Server aufgestellt, sondern lediglich Patchfelder installiert. Daher wird hier von einer mittleren Leistung von 50  $\text{W}/\text{m}^2$  ausgegangen. Im Referenzgebäude wird der mittlere Wert angesetzt.

Die berechneten Werte für die internen Wärmelasten (ohne Personen) und der Stromverbrauchswerte für EDV und Kühlung EDV sind in Tabelle 20 dargestellt.

**Tabelle 20 Kennwerte für berechneten Strombedarf EDV (entspricht den Internen Wärmelasten nach EnEV), gemessener Stromverbrauch EDV und gemessener Stromverbrauch EDV-Kühlung**

	Strombedarf EDV Serverräume nach DIN V 18599 (entspricht Internen Wärmelasten)	Stromverbrauch EDV (entspricht Internen Wärmelasten)		Stromverbrauch Kühlung EDV	
		2008	2009	2008	2009
	50 / 150 / 500 $\text{W}/\text{m}^2$	2008	2009	2008	2009
$[\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}}\text{a})]$	219 / 657 / 2.190	80	80	29	29

Der Energiebedarf für die Serverräume, hier abgeleitet aus den internen Wärmelasten, ist selbst bei Annahme der geringsten Wärmelasten mit 219  $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}}\text{a})$  um rund das 3-fache höher als der im Betrieb gemessene Stromverbrauch der EDV mit 80  $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}}\text{a})$ . Entsprechend ist der Strombedarf zur Kühlung deutlich höher. Dies beeinflusst die Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599 erheblich.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Vereinfacht kann davon ausgegangen werden, dass die von der EDV erzeugte Wärme vollständig durch die Kältemaschine EDV abgeführt werden muss, diese also in etwa identisch sind. Die entsprechende Kälte kann eine Kältemaschine mit einer Jahresarbeitszahl, dem Verhältnis der erzeugten Kältemenge zur verbrauchten Strommenge, von rund 3:1 erzeugen. Das Verhältnis des Stromverbrauchs der Kältemaschine EDV zum Stromverbrauch der EDV selbst (bzw. der abzuführenden Wärme) liegt mit  $80:29 \text{ kWh}_E / (\text{m}^2_{\text{NGFvA}})$  bzw. 2,8:1 in einem plausiblen Bereich.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Im Referenzgebäude nach DIN V 18599 beträgt der Anteil der EDV-Kühlung am gesamten Jahres-Primärenergiebedarf  $8 \text{ kWh}_P / (\text{m}^2_{\text{NGFvA}})$ . Dieser Anteil ist zurzeit durch den Ansatz effizienter Technik im Rahmen der DIN V 18599 nicht zu reduzieren. Eine Präzisierung zur exakteren Bewertung der Räume bzw. zur Einstufung des Nutzungsprofils ist hier geboten.

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 6.5 Lüftung

Das Gebäude wird überwiegend natürlich belüftet. Dieser Abschnitt betrachtet daher nur die mechanischen Lüftungsanlagen für den Multifunktionsraum einschließlich des Foyers und die Lüftungsanlage der WCs und Nebenräume.

### 6.5.1 Grundlagen

Die Büros verfügen über je zwei Fenster mit Dreh-Kipp-Flügeln. Eine mechanische Belüftung erfolgt über zwei getrennte raumlufttechnische Anlagen für den Multifunktionsbereich und das Foyer sowie für die WCs und Nebenräume, Abbildung 60.



Vers. NGF RLT MBF<sup>24</sup>:  $733 \text{ m}^2$   
Vers. Raumvolumen:  $3.518 \text{ m}^3$   
Vers. NGF RLT WC:  $95 \text{ m}^2$

Vers. NGF RLT WC:  $100 \text{ m}^2$

Vers. NGF RLT WC:  $208 \text{ m}^2$

Vers. NGF RLT WC ges:  $403 \text{ m}^2$   
Vers. Raumvolumen:  $971 \text{ m}^3$

Abbildung 60 Mechanisch belüftete Flächen

<sup>24</sup> Flächen- und Volumenangabe ohne Foyer: Die Lüftungsanlage versorgt auch das Foyer, ist jedoch nur für den Multifunktionsraum ausgelegt. Wird dieser in allen 3 Teilen gleichzeitig belüftet, ist die Lüftung des Foyers abgeschaltet.

### 6.5.1.1 Lüftungsanlage Multifunktionsbereich

In der Lüftungszentrale im 1. OG ist eine Zuluft/Abluft-Anlage installiert. Sie versorgt die drei Teile des Multifunktionsbereichs mit einem belüfteten Raumvolumen von 3.518 m<sup>3</sup> mit einem maximalen Volumenstrom von 17.500 m<sup>3</sup>/h bzw. einem Luftwechsel von rund 5 h<sup>-1</sup>, Abbildung 61.



Abbildung 61 Lüftungsanlage Multifunktionsbereich, Wärmerad (Regenerator), Frequenzumformer (oben)

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Es werden maximal drei der vier Bereiche mechanisch belüftet, so dass z.B. in Veranstaltungspausen das Foyer zu- und ein Teil des Multifunktionsbereichs abgeschaltet werden.

Das Lüftungsgerät saugt die Außenluft aus dem Hof über Lüftungsgitter oberhalb des Foyers an. Die Luft wird anschließend zunächst über ein Vorheiz-/Kühlregister geführt, das durch das Erdsondenfeld versorgt wird. Anschließend folgt ein Wärmerad als Regenerator, ein Heizregister und ein Kühlregister. Das Kühlregister wird entweder über die Erdsonden oder, wenn dieses als Wärmesenke nicht ausreicht, durch die Kältemaschine versorgt.

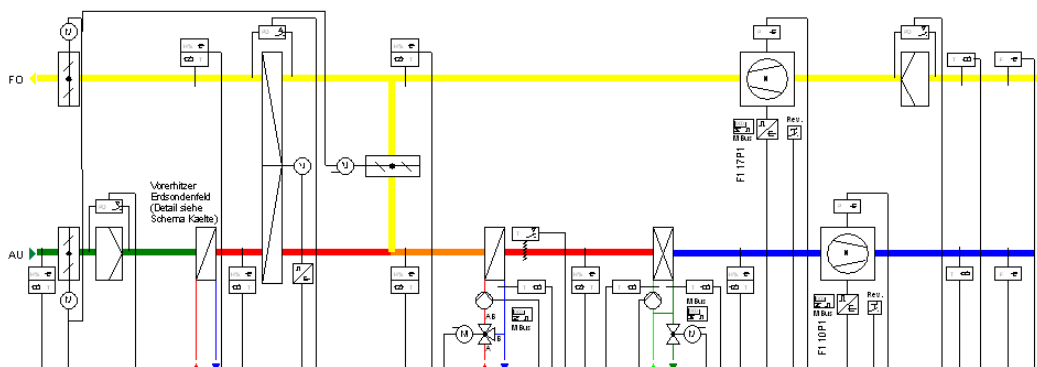


Abbildung 62 Schema der Lüftungsanlage Multifunktionsbereich nach VDI 3814 (Quelle: Funktionsbeschreibung IB HSK)

Die Anlage wird im Normalbetrieb manuell an einem Schalttableau im Pförtnerresen eingeschaltet. Die Abschaltung kann ebenfalls dort erfolgen. Eine automatische Abschaltung erfolgt zeitverzögert über die Präsenzmelder in den Saalteilen, die auch für die Abschaltung der Beleuchtung genutzt werden, Abbildung 63.



Abbildung 63 Schalt- Tableau am Pförtnerresen

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

#### 6.5.1.2 Lüftungsanlage WCs und Nebenräume

Die Lüftungsanlage für die WCs und Nebenräume ist auf dem Dach aufgestellt, Abbildung 64.



Abbildung 64 Lüftungsanlage auf dem Dach für WCs und Nebenräume, Differenzdruckmessung zur Einregulierung bei der Inbetriebnahme

Die Anlage ist in zwei Abschnitte unterteilt. Der erste versorgt die WCs, Archiv, EDV-Räume und die Lüftungszentrale in den Obergeschossen. Der zweite Teil umfasst im EG den Küchenbereich, die WCs und das Stuhllager. Diese können bei Bedarf zugeschaltet werden. Der Betrieb der zweiten Gruppe ist jedoch nur bei gleichzeitigem Betrieb der ersten Gruppe in den oberen Etagen möglich.

Die Anlage saugt die Außenluft auf dem Dach an und führt diese zunächst über das Vorheizregister, das mit Abwärme der EDV versorgt wird. Anschließend wird die Luft über eine Kreuzstromwärmeübertrager (Rekuperator) mit optionalem Bypass und ein Heizregister geführt, Abbildung 65.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

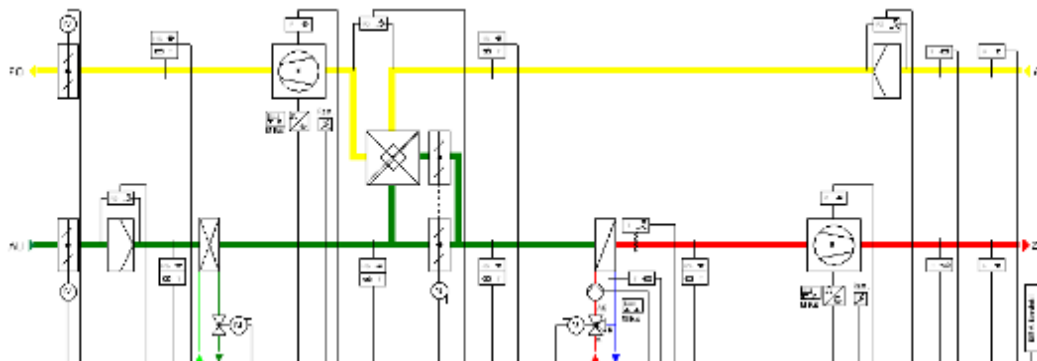


Abbildung 65 Schema der Lüftungsanlage WCs und Nebenräume nach VDI 3814 (Quelle: Funktionsbeschreibung IB HSK)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 6.5.2 Methodik und Messkonzept

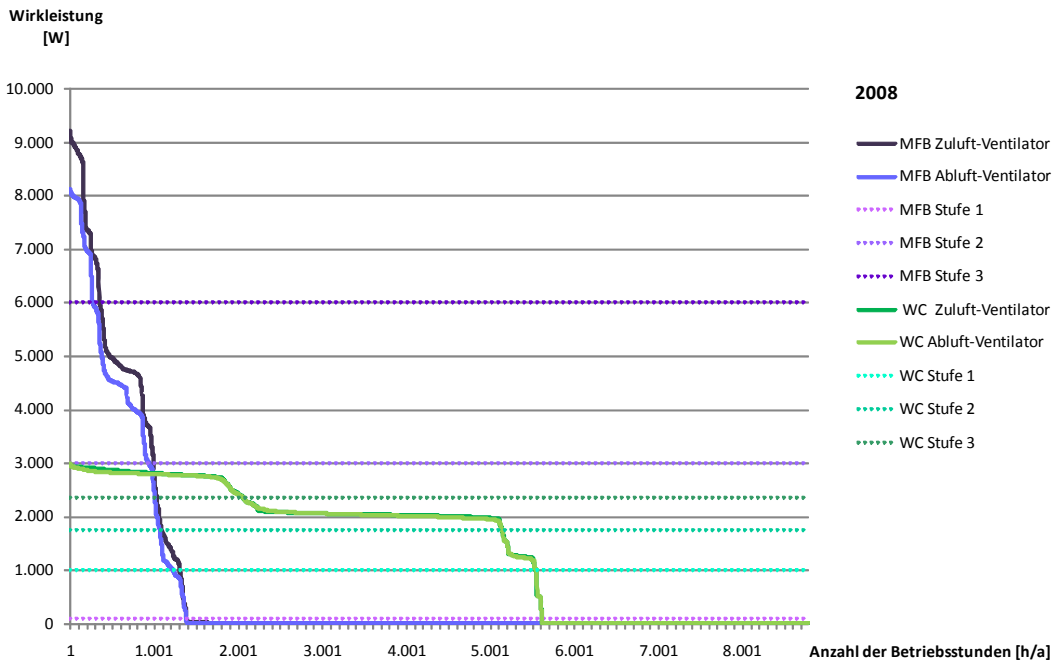
Für beide mechanischen Lüftungsanlagen wurden jeweils der Stromverbrauch bzw. die viertelstündlichen Leistungswerte der Zu- und Abluftventilatoren getrennt gemessen. Dazu wurden Betriebsdaten der Anlagen aus der Gebäudeautomation aufgezeichnet.

### 6.5.2.1 Betriebsstunden

Aus den Daten wurden zum einen die monatlichen und jährlichen Energieverbrauchswerte berechnet. Zum anderen wurden zum Vergleich mit den Annahmen der Funktionalen Leistungsbeschreibung und der DIN V 18599 / EnEV 2009 eine Analyse der Betriebsdaten durchgeführt. Da aus der Gebäudeautomation keine Daten zum jeweils aktuellen Betriebszustand der Anlagen vorlagen, wurde die Zahl der Betriebsstunden je Stufe aus der gemessenen Wirkleistung der Anlagen berechnet.

Abbildung 66 und Abbildung 67 zeigen die Summenkurven der Betriebsstunden für 2008 und 2009, aus denen sich die Betriebsstufen der WC-Anlage und, weniger deutlich, die Stufen der Lüftungsanlage des Multifunktionsbereichs ablesen lassen. Die gestrichelten Linien zeigen die verwendeten Grenzen für die Zuordnung der Betriebsstunden zu den jeweiligen Betriebsstufen. Auf Grund eines Betriebsfehlers sind auch für die WC-Lüftung drei Stufen erkennbar, obwohl hier nur zwei Stufen vorgesehen waren<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> Erläuterungen hierzu in Abschnitt 0.



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs  
  
Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Abbildung 66 Betriebsstufen der Lüftungsanlagen 2008

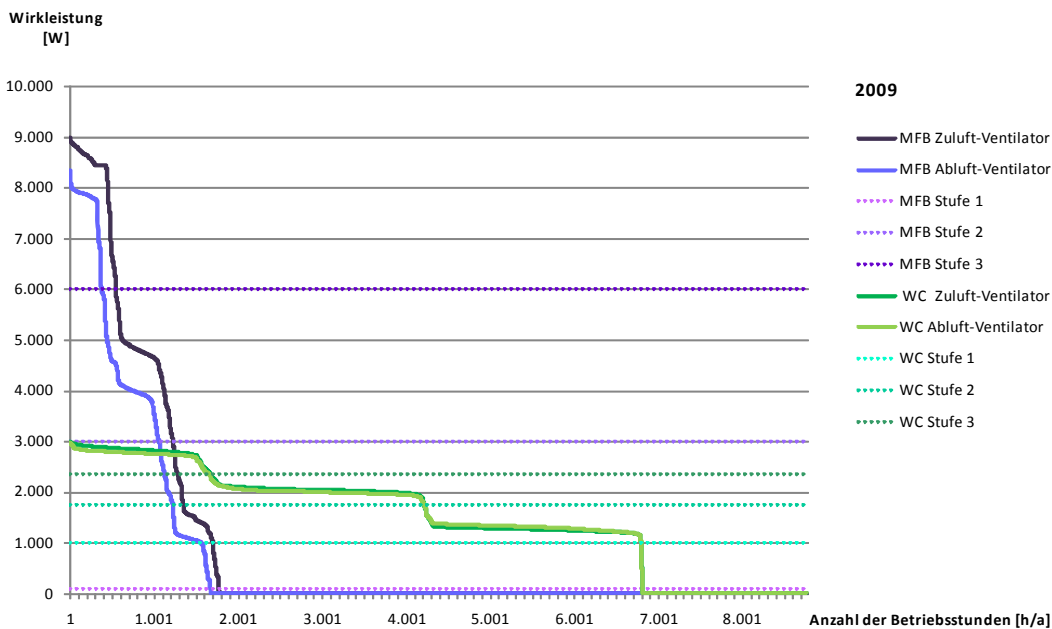


Abbildung 67 Stufen Lüftung 2009

### 6.5.2.2 Spezifische Ventilatorleistung

Die Kennwerte für die spezifische Ventilatorleistung, den  $SFP_E$ -Wert nach [DIN EN 13779 Deutsches Institut für Normung, 2007], werden berechnet mit

#### Gleichung 6

$$SFP_E = \frac{P_{mains}}{q}$$

mit

$SFP_E$  spezifische Ventilatorleistung des Ventilators in [W/(m<sup>3</sup>/s)]  
 $P_{mains}$  an die Ventilatoren gelieferte Leistung in [W]  
 $q$  Luftstrom durch den Ventilator in [m<sup>3</sup>/s].

Die Ventilatorleistung und der Luftvolumenstrom im Betrieb wurden jeweils aus den Mittelwerten der gemessenen Betriebswerte in der höchsten Betriebsstufe berechnet. Der monatliche Nutzenergiebedarf für die Luftförderung, der in diesem Fall gleich dem Endenergiebedarf ist, ist nach DIN V 18599-3 definiert als

#### Gleichung 7

$$Q_{V,E,m} = (P_{V,ZUL,m} + P_{V,ABL,m}) * t_{V,mech,m} * d_{V,mech,m}$$

mit

$Q_{V,E,m}$  monatlicher Energiebedarf für die Luftförderung [kWh/Monat]  
 $P_{V,ZUL,m}$  Elektrische Leistung eines Zuluftventilators [W]  
 $P_{V,ABL,m}$  Elektrische Leistung eines Abluftventilators [W]  
 $T_{V,mech,m}$  tägliche Betriebsstundenzahl innerhalb des Berechnungsmonats [h/d]  
 $d_{V,mech,m}$  monatliche Betriebstageanzahl der Anlage [d/Monat].

Die Betriebszeiten sind in den Nutzungsprofilen nach DIN V 18599-10 festgelegt.



### 6.5.3 Ergebnisse

Als Ergebnisse werden zunächst die gesamten Bedarfs- und Verbrauchswerte für die beiden Lüftungsanlagen und anschließend die detaillierteren Ergebnisse dargestellt.

#### 6.5.3.1 Stromverbrauch Lüftung gesamt

Der Jahres-Endenergieverbrauch für die Lüftungsanlagen lag in den Messjahren bei rund  $6 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ , der Jahres-Primärenergieverbrauch bei rund  $15 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ . Davon entfielen etwa 2/3 auf die Lüftungsanlage WC, Tabelle 21.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

**Tabelle 21 Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Lüftung**

Bereich / Anlage	Kennwerte DIN V 18599 / EnEV 2007	Kennwerte NRH	
		Referenzgebäude <sup>26</sup>	2008
<b>Lüftung MFB + Foyer</b>			
Jahres-Primärenergie 2,7 [kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	12	5	6
Jahres-Endenergie [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	4	2	2
<b>Lüftung WC + Nebenräume</b>			
Jahres-Primärenergie 2,7 [kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	5	10	10
Jahres-Endenergie [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	2	4	4
<b>Gesamt</b>			
Jahres-Primärenergie 2,7 [kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	17	15	16
Jahres-Endenergie [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	6	6	6

Die Werte liegen in der Summe in etwa bei der Summe des Referenzgebäudes nach EnEV 2007. Dabei ist jedoch der Wert für die WC-Anlage doppelt so hoch wie im Referenzgebäude; bei der Anlage RLT MFB liegt er etwa bei der Hälfte.

<sup>26</sup> In der Berechnung des Referenzgebäudes nach DIN V 18599 wurde der Multifunktionsbereich einschließlich des Foyers als Sitzungsraum mit einer versorgten Fläche von 900 m<sup>2</sup> bewertet (Nutzungsprofil 4: Besprechung, Sitzung, Seminar). Für die WC-Anlage wurde im Referenzgebäude eine belüftete Fläche 212 m<sup>2</sup> angesetzt, da große Bereiche nur zeitweise belüftet werden.

### Stromverbrauch Lüftung Multifunktionsbereich

Abbildung 68 zeigt den monatlichen Stromverbrauch der Lüftungsanlage für den Multifunktionsbereich in den Jahren 2008 und 2009. Gut erkennbar ist der stark mit der Nutzung des Multifunktionsbereichs schwankende Stromverbrauch.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

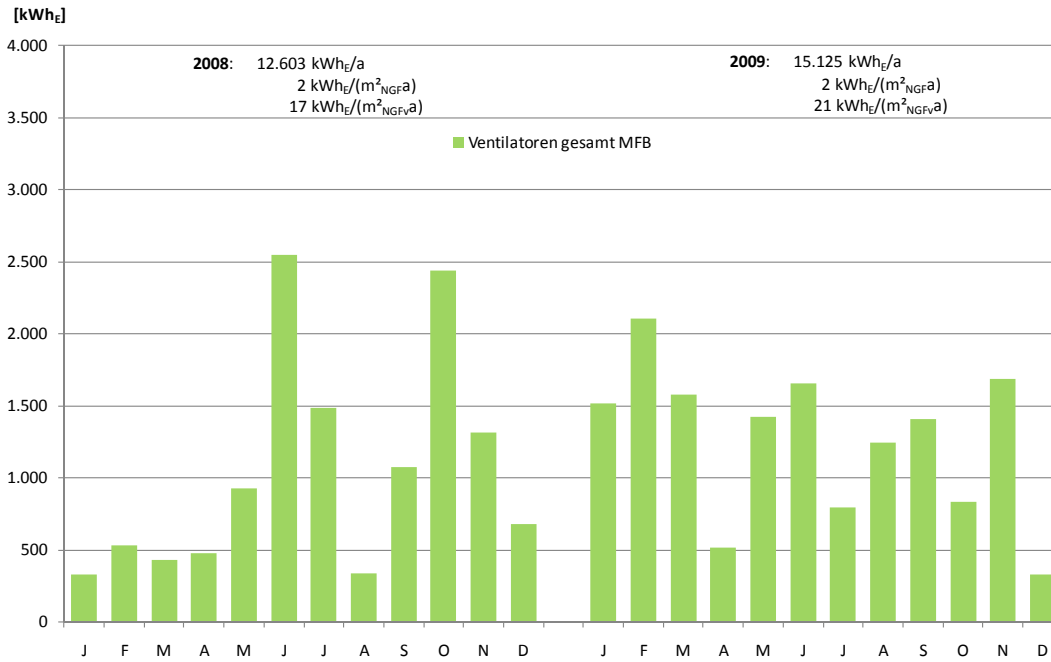


Abbildung 68 Monatlicher Stromverbrauch der Lüftungsanlage MFB (Ventilatoren)

Tabelle 22 zeigt die Kennwerte für die mittlere Wirkleistung in der dritten (höchsten) Betriebsstufe für den Zu- und den Abluftventilator, den Nenn-Volumenstrom als Auslegungswerte der Planung und die spezifische Ventilatorleistung für beide Ventilatoren in den Jahren 2008 und 2009.

Der Volumenstrom in der höchsten Stufe liegt in der ausgeführten Anlage über dem Kennwert des Referenzgebäudes. Zu beachten ist hier jedoch, dass die Anlage nicht den gesamten versorgten Raum einschließlich des Foyers gleichzeitig belüften kann.

Die Betriebswerte für die spezifische Ventilatorleistung liegen im Betrieb in der Summe im Bereich der Referenzkennwerte, die gemessenen Werte für den Zuluftventilator rund 20 % niedriger, die für den Abluftventilator 15-20 % höher als die Planungswerte. Ursache kann die aufwändige Rohrdurchführung von der Lüftungszentrale in den Saal im Abhangbereich über dem Foyer sein. Das Gebäude wurde hier als Brückenbauwerk mit entsprechend aufwändiger Konstruktion und Unterzügen errichtet, die zu einer Kanalausführung mit erhöhten Pressungen geführt haben.

**Tabelle 22 Kennwerte der Lüftungsanlage MFB / Foyer für Referenzgebäude und Betrieb**

Lüftung MFB + Foyer	DIN V 18599 / EnEV 2007 Referenzgebäude <sup>27</sup>	Betrieb 2008	Betrieb 2009
Bel. Netto-Grundfl. [ $m^2_{NGFV}$ ] <sup>28</sup>	900	733	733
Bel. Netto-Volumen [ $m^3$ ]	4.231	3.518	3.518
Netto-Grundfläche [ $m^2_{NGF}$ ]	7.306	7.190	7.190
Mittlerer Volumenstrom Stufe 3 [ $m^3/h$ ]	17.300 / 17.300	17.500 / 17.500 <sup>29</sup>	17.500 / 17.500
[ $m^3/s$ ]	4,8 / 4,8	4,8 / 4,8	4,8 / 4,8
<b>[<math>(m^3/h)/m^2</math>]</b>	<b>19 / 19</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
<b>[1/h]</b>	<b>4,1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Mittl. Gesamtdruckverlust [Pa] Stufe 1 (Zu-/Abluft=6.000 $m^3$ ): Stufe 2 (Zu-/Abluft=12.000 $m^3$ ): Stufe 3 (Zu-/Abluft=17.300 $m^3$ ): gew. Mittelwert (Zu-/Abluft):	1.200 / 750	352 / 380 1.191 / 1.226 1.923 / 1.921 1.141 / 1.164	344 / 342 1079 / 1102 1455 / 1468 967 / 979
<b>Mittlerer SFP<sub>E</sub>-Wert Stufe 3 Zuluft / Abluft [<math>W/(m^3/s)</math>]</b>	<b>2.000 / 1.250</b>	<b>1.635 / 1.464</b>	<b>1.729 / 1.571</b>
Mittlere Wirkleistung <sup>30</sup> Stufe 3 (Zuluft / Abluft /gesamt) [W]	7.600 / 4.750 / 12.350	7.858 / 7.034 / 14.892	8.303 / 7.541 / 15.844
Jahres-Betriebsstunden [h/a]			
Stufe 1:	1.080	388	545
Stufe 2:	1.080	644	682
Stufe 3:	1.092	350	540
<b>Gesamt:</b>	<b>3.252<sup>31</sup></b>	<b>1.382</b>	<b>1.767</b>
Jahres-Endenergie [ $kWh_E/a$ ]	31133	12.603	15.125
<b>[<math>kWh_E/(m^2_{NGFV}a)</math>]</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>21</b>
[ $kWh_E/(m^2_{NGFA}a)$ ]	4	2	2
Jahres-Primärenergie PE-Faktor 2,7 [ $kWh_p/a$ ]	84.059	32.768	39.325
[ $kWh_p/(m^2_{NGFA}a)$ ]	12	5	6

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

<sup>27</sup> Randbedingungen Referenzgebäude: Nettovolumen: 4.232  $m^3$ , Bezugsfläche: 899,6  $m^2$ , Mindestaußenluftvolumenstrom: flächenbezogen: 15  $m^3/(h \cdot m^2)$ , Ausführung Zu-/Abluftanlage mit geregelter Luftkonditionierung

<sup>28</sup> Die Flächen unterscheiden sich auf Grund der Zonierung im Referenzgebäude und der realen Versorgungsstruktur im Gebäude

<sup>29</sup> Planungswert

<sup>30</sup> In Stufe 3 gemessene mittlere Leistung. Die Verbrauchswerte wurden den Stufen zugerechnet mit den Grenzwerten Stufe 1: 100 – 3000 W (Zuluft), Stufe 2: 3000 - 6000 W (Zuluft), Stufe 3: > 6000 W (Zuluft).

<sup>31</sup> Die Betriebszeiten der Teillastfälle sind nach EnEV 2007 nicht eindeutig definiert. Sie wurde hier in etwa entsprechend der tatsächlichen Betriebsdaten festgelegt.

### 6.5.3.2 Stromverbrauch Lüftung WCs

Abbildung 69 zeigt den monatlichen Stromverbrauch der Lüftungsanlage für die WCs und Nebenräume in den Jahren 2008 und 2009.

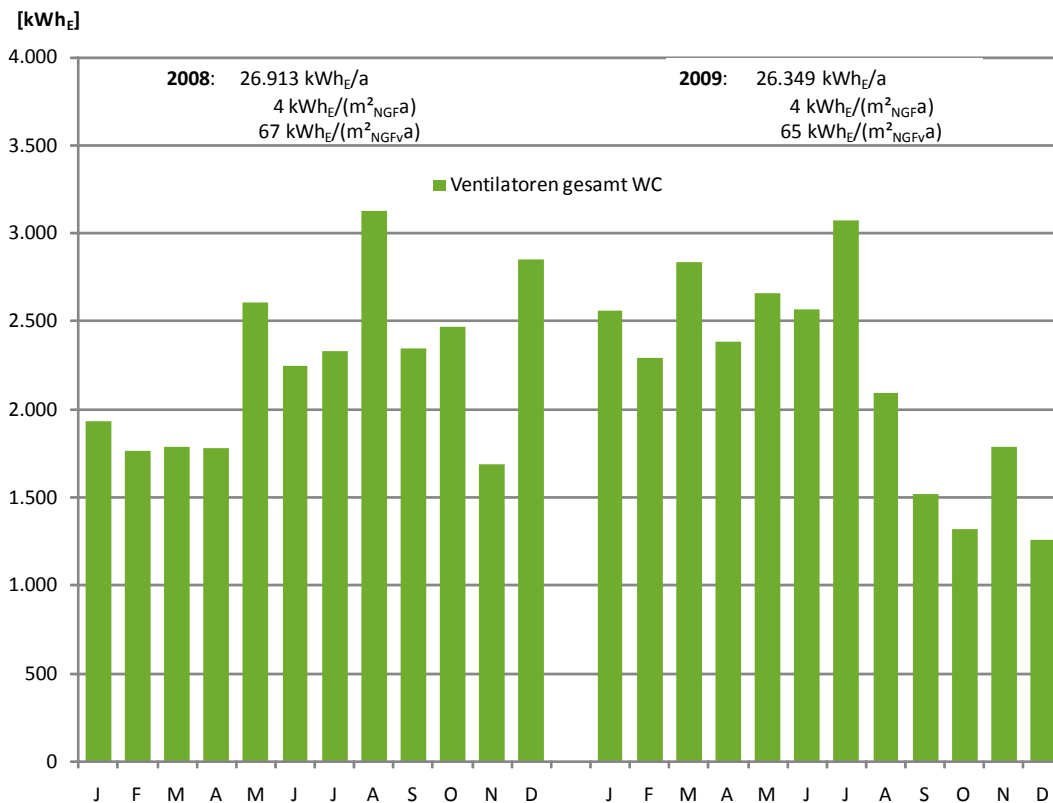


Abbildung 69 Monatlicher Stromverbrauch der Lüftungsanlage WCs (Ventilatoren)

Der Stromverbrauch, der durch die Nutzung der WCs im EG auch von Veranstaltungen abhängt, war über einige Monate auf Grund eines Betriebsfehlers deutlich erhöht (siehe auch 0).

Die flächenbezogenen Luftwechsel sind im Gebäude mit  $5 \text{ h}^{-1}$  deutlich niedriger als im Referenzgebäude mit  $10 \text{ h}^{-1}$ , da im realen Gebäude zahlreiche Nebenräume mit geringeren Anforderungen an den Luftwechsel mit versorgt werden. Auf der anderen Seite ist die spezifische Ventilatorleistung im Gebäude 25-60 % höher und die Jahresbetriebszeiten doppelt so hoch wie der jeweilige Ansatz im Referenzgebäude. Insgesamt ist der Jahres-Primärenergieverbrauch der Lüftungsanlage WC rund doppelt so hoch wie der Ansatz im Referenzgebäude.

Tabelle 23 Kennwerte der Lüftungsanlage WCs für Referenzgebäude und Betrieb

Lüftung WCs	DIN V 18599 / EnEV 2007 Referenzgebäude <sup>32</sup>	Betrieb 2008	Betrieb 2009
Bel. Netto-Grundfl. [m <sup>2</sup> NGF <sub>v</sub> ] <sup>33</sup>	212	403	403
Bel. Netto-Volumen [m <sup>3</sup> ]	551	971	971
Mittlerer Volumenstrom Stufe 3 (Zuluft / Abluft) [m <sup>3</sup> /h] [m <sup>3</sup> /s] [(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> ] [1/h]	4.500 / 5.500 1,5 / 1,3 21 / 26 10 (Abluft)	5.000 / 5.000 <sup>34</sup> 1,4 12 5	5.000 / 5.000 1,4 12 5
Mittlerer Gesamtdruckverlust [Pa] Stufe 1 (Zu-/Abluft): <sup>35</sup> Stufe 2 (Zu-/Abluft): Stufe 3 (Zu-/Abluft): gew. Mittelwert (Zu-/Abluft):	1.200 / 750	213 / 226 940 / 1.084 1.168 / 1.182 972 / 1.058	44 / 45 951 / 1.066 1.174 / 1.186 661 / 707
Mittlerer SFP <sub>E</sub> -Wert Stufe 3 Zuluft / Abluft [W/(m <sup>3</sup> /s)]	1.600 / 1.250	1.998 / 1.980	2.015 / 1.967
Mittlere Wirkleistung <sup>36</sup> Stufe 3 (Zuluft / Abluft) [W]	1.440 / 1.125 / 2.565	2.798 / 2.772 / 5.570	2.821 / 2.754 / 5.575
Jahres-Betriebsstunden [h/a] Stufe 1: Stufe 2: Stufe 3 Gesamt:	2.160 1.092 3.252 <sup>37</sup>	403 3.076 2.061 5.540	2.583 2.540 1.667 6.790
Jahres-Endenergie [kWh <sub>E</sub> /a] [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> NGF <sub>v</sub> a)] [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> NGF <sub>A</sub> )]	12.746 60 1,8	26.913 67 3,7	26.349 65 3,7
Jahres-Primärenergie [kWh <sub>p</sub> /a] [kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> NGF <sub>A</sub> )]	34.414 4,8	72.665 10,1	71.142 9,9

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

<sup>32</sup> Randbedingungen Referenzgebäude: Nettovolumen: 551 m<sup>3</sup>, Bezugsfläche: 212 m<sup>2</sup>, Mindestaußenluftvolumenstrom: flächenbezogen: 15 m<sup>3</sup>/(h\*m<sup>2</sup>)

<sup>33</sup> Die Flächen unterscheiden sich auf Grund der Zonierung im Referenzgebäude und der realen Versorgungsstruktur im Gebäude von WCs und Lagerräumen

<sup>34</sup> Planungswert

<sup>35</sup> Diese Stufe geht auf einen zeitweisen Betriebsfehler zurück und war in der Planung nicht vorgesehen.

<sup>36</sup> Angabe Volumenstrom ist Planungswert, Flächenbezug NGF MFB = 403 m<sup>2</sup>, lichte Raumhöhe: 2,41 m. Die Verbrauchswerte wurden den Stufen zugerechnet mit den Grenzwerten Stufe 1: 10 - 1750 W, Stufe 2: 1750 - 2350 W, Stufe 3: > 2350 W.

<sup>37</sup> Die Betriebszeiten der Teillastfälle sind nach EnEV 2007 nicht eindeutig definiert. Sie wurde hier in etwa entsprechend der tatsächlichen Betriebsdaten festgelegt.

## 6.6 Pumpen

Der Energieverbrauch von Pumpen ist Teil der Hilfsenergie in Gebäuden. Durch den Einsatz elektronisch geregelter Pumpen konnte der Energieverbrauch in den letzten Jahren deutlich verringert werden.

### 6.6.1 Grundlagen

Das Gebäude ist überwiegend mit elektronisch geregelten Pumpen des Fabrikats *WILO Stratos* ausgestattet. Die Position der Pumpen in den Heiz- und Kühlanlagen ist in den Kapiteln 0 und 6.4 dargestellt. Zusätzlich ist eine Pumpe zur Druckerhöhung im Trinkwassersystem installiert.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



Abbildung 70 Pumpen im Heizungs- (oben) und Kälteverteiler

### 6.6.2 Methodik

Die Pumpen sind mit einer internen elektronischen Speichereinheit ausgestattet. Diese kann über eine Schnittstelle ausgelesen werden. Die Daten der Pumpen zum elektrischen Energieverbrauch, zu den Betriebsstunden und den Anteilen der Betriebszeit in den verschiedenen Leistungsstufen wurde über diese Schnittstelle am 12.09.2009 (Heizung) und 08.01.2010 (Kühlung) ausgelesen. Die Kennwerte umfassen jeweils die gesamte Betriebszeit seit Inbetriebnahme im März 2007.

Für den gesamten Zeitraum kann ein bezogen auf Jahreszeiträume weitgehend gleichmäßiger Betrieb unterstellt werden. Um die Werte im Kontext der übrigen Kennwerte zu nutzen, wurden aus den gesamten Werten für den Energieverbrauch bzw. die Betriebsstunden entsprechend der Anteile am gesamten gemessenen Zeitraum Jahres- Kennwerte mit einem Anteil von 40% (Heizung) bzw. 33 % (Kühlung) überschlägig berechnet.

### 6.6.3 Ergebnisse

In Tabelle 24 sind die Mess- und Kennwerte der Pumpen aus der Heizungsanlage dargestellt.

Tabelle 24 Kennwerte der Pumpen Heizung und Kühlung

Pumpe in Heizkreisen		Nord	Süd	West	Ost	MFB	Summe
Fabr. WILO, Bez.:		32/1-12	32/1-12	32/1-12	32/1-12	32/1-12	
Betriebsst. gesamt <sup>1</sup>	[h]	18.093	17.669	16.066	16.598	17.817	
Betriebsst. gesamt <sup>2</sup>	[h/a]	7.237	7.068	6.426	6.639	7.127	
Betrieb ( <sup>1</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>2</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>3</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>4</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>5</sup> / <sub>5</sub> ) <sup>3</sup>	[%]	(95;5)	(83;15;2)	(95;5)	(85;15)	(85;15)	
Stromverbr. gesamt <sup>1</sup>	[kWh <sub>E</sub> ]	818	862	764	1.087	947	4.478
Stromverbr. / Jahr <sup>2</sup>	[kWh <sub>E</sub> /a]	327	345	306	435	379	1.791
Heizenergieverbr. / Jahr <sup>4</sup>	[kWh <sub>E</sub> /a]	46.388	47.252	25.391	41.618	43.269	
Hilfsenergie	%	0,7%	0,7%	1,2%	1,0%	0,9%	

Pumpe in Heizkreisen		RLT ges.	RLT Saal	RLT WC	VE RLT p	VE RLT s	Summe
Fabr. WILO, Bez.:		32/1-12	32/1-12	32/1-12	50/1-8	50/1-8	
Betriebsst. gesamt <sup>1</sup>	[h]	16.908	7.128	10.736	868	869	
Betriebsst. gesamt <sup>2</sup>	[h/a]	6.763	2.376	4.294	289	290	
Betrieb ( <sup>1</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>2</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>3</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>4</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>5</sup> / <sub>5</sub> ) <sup>3</sup>	[%]	(88;10;2)	(0;85;15)	(45;55)	(0;0;100)	(0;0;100)	
Stromverbr. gesamt <sup>1</sup>	[kWh <sub>E</sub> ]	731	408	1.072	95	62	2.368
Stromverbr. pro Jahr <sup>2</sup>	[kWh <sub>E</sub> /a]	292	136	429	32	21	910
Heizenergieverbr. / Jahr <sup>4</sup>	[kWh <sub>E</sub> /a]		10.864	25.195		1.655	
Hilfsenergie	%		1,3%	1,7%		1,2%	

Pumpe in Kühlkreisen		LK RLT	ULK	BKT Erdsonden	
Fabr. WILO, Bez.:		40/1-8	40/1-8	50/1-9	TOP 40/7
Betriebsst. gesamt <sup>1</sup>	[h]	613	570		
Betriebsst. gesamt <sup>2</sup>	[h/a]	204	190	185 / 0	659 / 342
Betrieb ( <sup>1</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>2</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>3</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>4</sup> / <sub>5</sub> ; <sup>5</sup> / <sub>5</sub> ) <sup>3</sup>	[%]	(40;60)	(0;85;15)	(5;10;75;10)	
Stromverbr. gesamt <sup>1</sup>	[kWh <sub>E</sub> ]	42	30	k.A.	k.A.
Stromverbr. pro Jahr <sup>2</sup>	[kWh <sub>E</sub> /a]	14	10	20 / 1	215 / 115

<sup>1</sup> Zeitraum ca. März 2007 bis Dezember 2009

<sup>2</sup> Aufteilung des Verbrauchs auf den Zeitraum eines Jahre als Anteil des gesamten Messzeitraums (Heizen: 40 %, Kühlen 33%),

BKT und Erdsonden wurden einzeln gemessen, Angaben für 2008 und 2009

<sup>3</sup> Leistungsstufen der Pumpen entsprechend der Darstellung erfolgt der Schnittstelle der Pumpen,

Angaben in % der Betriebszeit in den jeweiligen Leistungsstufen.

Dargestellt sind nur die Stufen (von unten), in denen die Pumpe gelaufen ist,

also für Heizkreis Nord 95% in Stufe 1/5, 5% in Stufe 2/5, kein Betrieb in den restlichen Stufen.

<sup>4</sup> Mittelwert 2008 und 2009

Der gesamte jährliche Endenergieverbrauch Strom für die Pumpen der Heizungsanlage liegt bei 2.700 kWh<sub>E</sub>/a bzw. 0,4 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Dies entspricht einem Jahres-Primärenergieverbrauch von rund 7.200 kWh<sub>P</sub>/a bzw. 1,0 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>).

Das Verhältnis der aufgewendeten elektrischen Hilfsenergie zur übergebenen Heizenergie beträgt bei den statischen Heizkreisen im Mittel rund 0,9 %, bei den dynamischen Heizkreisen rund 1,4 %.

In den Kühlkreisläufen verfügten nicht alle Pumpen über ein elektronisches Bauteil, so dass nicht alle Verbrauchswerte vorlagen.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 6.7 Beleuchtung

Die Beleuchtung ist in Bürogebäuden von besonderer Bedeutung. Die Energieeffizienz ist dabei immer im Kontext zum visuellen Komfort am Arbeitsplatz und einer bestmöglichen Tageslichtnutzung zu sehen.

### 6.7.1 Grundlagen

Die Büros verfügen über je zwei Fenster, siehe auch Kapitel 4.2. Die Fenster haben Dreh-Kipp-Beschläge und können manuell geöffnet werden. Sie sind mit Sonnen-/Blendschutz-Jalousien ausgestattet, die in den Fensterflügeln zwischen einer innenliegenden Wärmeschutzverglasung und einer äußeren Wetterschutzverglasung montiert sind. Die motorisch betriebenen Behänge bestehen aus hellgrauen 25 mm-Lamellen. Die Behänge werden zentral zeit- und witterungsabhängig gesteuert. Die Nutzer können die Einstellung durch manuelle Vorgaben übersteuern. Das obere Drittel ist abgeteilt und kann bei entsprechender Einstellung des Behangs zur Tageslichtlenkung genutzt werden, Abbildung 71.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

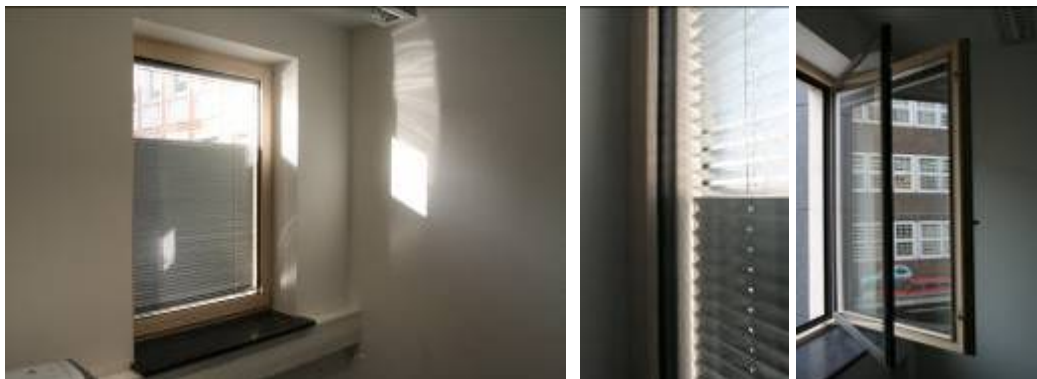
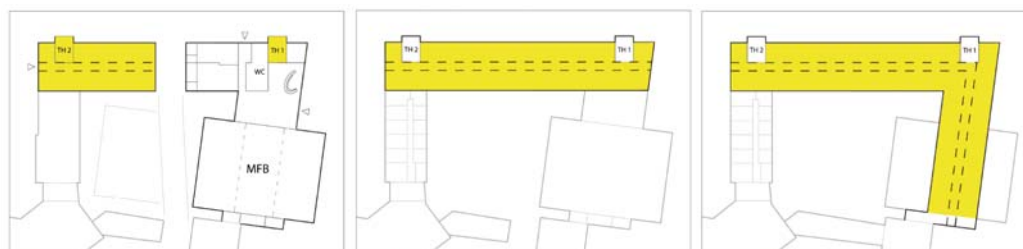


Abbildung 71 Sonnen-/Blendschutz mit Tageslichtlenkung in den Büros

Tabelle 25 zeigt die Bereiche mit künstlicher Beleuchtung, deren Stromverbrauch einzeln gemessen wurde.

Tabelle 25 Künstlich beleuchteten Flächen mit separater Messung des Stromverbrauchs



**EG**  
Versorgte NGF Büro: 247 m<sup>2</sup>  
versorgte NGF Flur.: 71 m<sup>2</sup>  
Treppenhaus 1: 20 m<sup>2</sup>  
Treppenhaus 2: 21 m<sup>2</sup>  
MFB / Foyer: 964 m<sup>2</sup>

**1. OG**  
Versorgte NGF Büro: 587 m<sup>2</sup>  
Versorgte NGF Flur.: 151 m<sup>2</sup>  
Treppenhaus 1: 18 m<sup>2</sup>  
Treppenhaus 2: 19 m<sup>2</sup>

**2.-5. OG**  
Versorgte NGF Büro: 870 m<sup>2</sup>  
Versorgte NGF Flur.: 285 m<sup>2</sup>  
Treppenhaus 1: 64 m<sup>2</sup>  
Treppenhaus 2: 68 m<sup>2</sup>

Büro gesamt: 4.314 m<sup>2</sup>  
Verkehrsflächen ges. (Flur+Trepp.) 1.968 m<sup>2</sup> (ohne Foyer)



### 6.7.1.1 Büroräume

Die Büros sind mit Pendelleuchten in zwei zur Fassade parallelen Reihen ausgestattet. Die installierte Leistung bezogen auf die Bürofläche beträgt  $11 \text{ W/m}^2_{\text{NGFv}}$ . Alle Leuchten können manuell ein- und ausgeschaltet werden und verfügen über einen Bewegungssensor zur automatischen Abschaltung,

Abbildung 72.

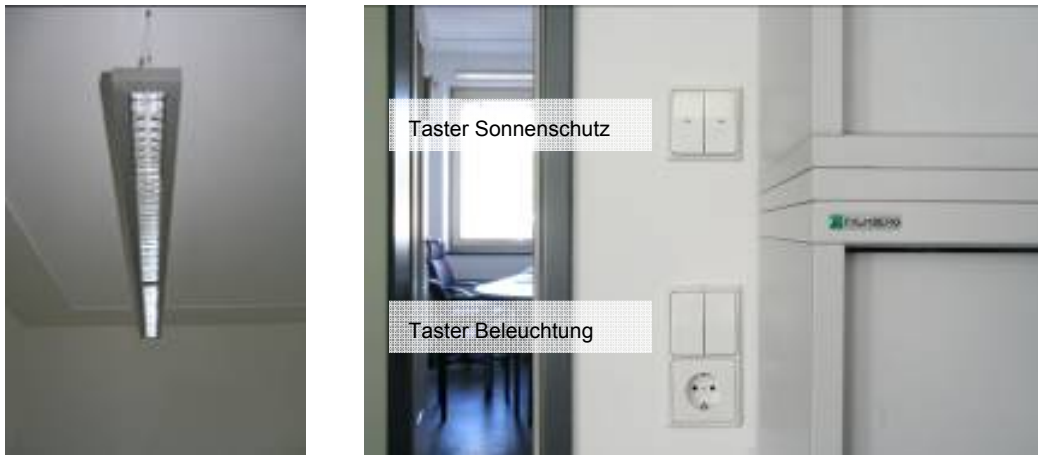


Abbildung 72 Pendelleuchten in den Büros, Taster für Beleuchtung und Sonnenschutz

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 6.7.1.2 Büroflure und Treppenhäuser

Die innen liegenden Flure werden an den Stirnseiten, an denen jeweils ein Fenster gleicher Bauart wie in den Büros liegt, mit Tageslicht versorgt. Als künstliche Beleuchtung sind, ebenso wie in den Treppenhäusern, Wandleuchten aus satiniertem Glas, bestückt mit Kompaktleuchtstofflampen installiert. Die installierte Leistung in den Fluren beträgt  $5 \text{ W/m}^2_{\text{NGFv}}$ , die in den Treppenhäusern  $11 \text{ W/m}^2_{\text{NGFv}}$ . Die Leuchten werden über Bewegungsmelder ein- und ausgeschaltet,

Abbildung 73.

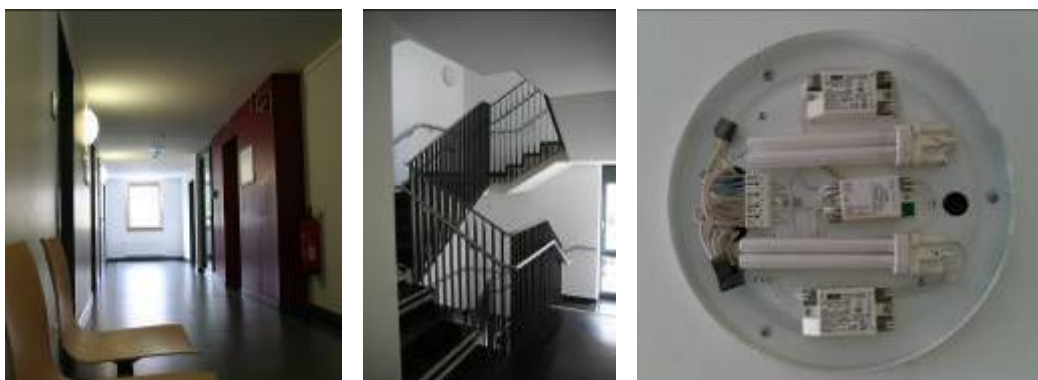


Abbildung 73 Flur- und Treppenhausbeleuchtung, bestückt mit Kompaktleuchtstofflampen und Elektrische Vorschaltgeräten

### 6.7.1.3 Foyer und Multifunktionsbereich

Der Multifunktionsbereich wird über große seitliche Fenster nach Osten – zur Hildesheimer Straße – und Westen – zum Innenhof, sowie einem Fenster nach Süden mit Tageslicht versorgt. Diese verfügen sowohl außen liegend als Sonnenschutz wie auch innen als Blend- und Sichtschutz jeweils über Jalousien aus 80 mm breiten Lamellen. Der Bereich ist mit Trennwänden in drei Räume teilbar. Der mittlere Teil verfügt im geschlossenen Zustand lediglich über das Fenster nach Süden an der Stirnseite.

Zur künstlichen Beleuchtung sind im gesamten Multifunktionsbereich Downlights mit Kompaktleuchtstofflampen in die Decken integriert, die in verschiedenen Gruppen geschaltet werden können. Jeder Einzelraum verfügt über einen Bewegungsmelder zur automatischen Abschaltung, Abbildung 74.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



Abbildung 74 Multifunktionsbereich

Das Foyer dient als Eingang von der Hildesheimer Straße sowie als Verteiler und Vorraum zum Multifunktionsbereich, Abbildung 75. Zur Ostseite ist hier eine Sonnenschutzverglasung eingesetzt worden.



Abbildung 75 Foyer mit Pförtnerresen und den Zugängen zum Multifunktionsbereich

Das Foyer verfügt außerdem über einen Zugang zum Innenhof sowie eine Verbindung zu Cateringküche und Anlieferung vom Parkplatz.

Die Beleuchtung im Foyer wurde zunächst nur als eine Leuchten-Gruppe geplant. Seit einer Umrüstung in 2008 kann sie vom Infopoint aus in 6 Gruppen nach Bedarf manuell eingeschaltet werden: 4 Reihen im Eingangsbereich vor dem Multifunktionsraum, der Bereich über dem Infopoint und der Vorbereich des Aufzugs,

Abbildung 76, siehe auch 9.2.3. Eine automatische Abschaltung über Bewegungsmelder ist nicht installiert.



Abbildung 76 Kontrollpanel des Pförtners für Lüftung und Beleuchtung (nachträglich installiert)

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

#### 6.7.1.4 Übersicht über die künstliche Beleuchtung

Tabelle 26 fasst die wichtigsten Kenndaten zur künstlichen Beleuchtung in den verschiedenen Bereichen zusammen.

Tabelle 26 Übersicht über die künstliche Beleuchtung

##### Büros

Lampen/Vorschaltgeräte	Leuchtstoffröhre T5, 2 x 54 W je Leuchte, EVG
Leuchtentyp	2 Direkt-Indirekt-Pendelleuchten Tischleuchten individuell nachgerüstet
Spez. installierte Leistung	216W/19,74m <sup>2</sup> =10,9W/m <sup>2</sup> <sub>NGFV</sub> (ohne Vorschaltgeräte)
Regelung	Ein: nur manuell Aus: manuell und präsenzabhängig (Bewegungsmelder)

##### Flure Büroetagen (2.-5. OG)

Lampen/Vorschaltgeräte	Kompaktleuchtstofflampen, 2 x 26 W je Leuchte, EVG
Leuchtentyp	25 Wandleuchten je Etage
Spez. installierte Leistung	1.300W/280,94m <sup>2</sup> =4,6W/m <sup>2</sup> <sub>NGFV</sub> (ohne Vorschaltgeräte)
Regelung	Ein: präsenzabhängig in 4 Abschnitten (Bewegungsmelder) Aus: präsenzabhängig in 4 Abschnitten (Bewegungsmelder)

##### Treppenhäuser

Lampen/Vorschaltgeräte	Kompaktleuchtstofflampen, 2 x 26 W je Leuchte, EVG
Leuchtentyp	24 Wandleuchten je Treppenhaus, 4 je Etage
Spez. installierte Leistung	2.296W/210m <sup>2</sup> =11,9W/m <sup>2</sup> <sub>NGFV</sub> (ohne Vorschaltgeräte)
Regelung	Zeitprogramm Sommer/Winter und Bewegungsmelder Ein: präsenzabhängig (Bewegungsmelder) Aus: präsenzabhängig (Bewegungsmelder)

##### Foyer

Lampen/Vorschaltgeräte	Kompaktleuchtstofflampen, 2 x 26 W je Leuchte, EVG
Leuchtentyp	24 Downlights
Spez. installierte Leistung	4 Gruppen à 8 Leuchten, Infopoint: 6, Vorbereich Aufzug: 10 1.248W/204,73m <sup>2</sup> =6,1W/m <sup>2</sup> <sub>NGFV</sub> (ohne Vorschaltgeräte)
Regelung	Ein: nur manuell Aus: manuell (früher präsenzabhängig / Bewegungsmelder)

##### Multifunktionsbereich

Lampen/Vorschaltgeräte	Kompaktleuchtstofflampen, 2 x 26 W je Leuchte, EVG
Leuchtentyp	Insgesamt Downlights in den 3 Bereichen Hild: 55x2x26W = 2.860W Mitte: 47x2x26W = 2.444W Hof: 55x2x26W = 2.860W
Spez. installierte Leistung	8.164W/732,78m <sup>2</sup> =11,14W/m <sup>2</sup> <sub>NGFV</sub> (ohne Vorschaltgeräte)
Regelung	Ein: nur manuell Aus: manuell und präsenzabhängig (Bewegungsmelder)

### 6.7.2 Methodik und Messkonzept

Der Stromverbrauch für Beleuchtung wurde entsprechend Abbildung 44 und Abbildung 45 in 15-minütigen Zeitschritten durch fest installierte Stromzähler gemessen. Die Datenerfassung erfolgte über die Gebäudeautomation.

Die Messungen des Stromverbrauchs der Bürobereiche konnte auf Grund der Installationsführung präzise und differenziert für Büros und Flure und getrennt nach den einzelnen Obergeschossen sowie den Büros im westlichen Bereich des EGs erfolgen. Auch der Stromverbrauch der Beleuchtung in den Treppenhäusern wurde separat gemessen. Für den Multifunktionsbereich erfolgte ebenfalls eine Messung. Diese umfasst jedoch neben dem Stromverbrauch für Beleuchtung auch den der Medianausstattung wie Beamer und Mikrofonanlage im Foyer als auch in den drei Saalteilen.

### 6.7.3 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Messungen für die Beleuchtung der Büros und der Verkehrsflächen dargestellt. Sie werden jeweils mit den Kennwerten für das Referenzgebäude verglichen, das nach EnEV 2007 und DIN V 18599 berechnet wurde.

#### 6.7.3.1 Stromverbrauch Beleuchtung Büros

Abbildung 77 zeigt den monatlichen Stromverbrauch für die reinen Bürobereiche. Die einzelnen Verbrauchswerte der Etagen wurden monatlich aufsummiert.

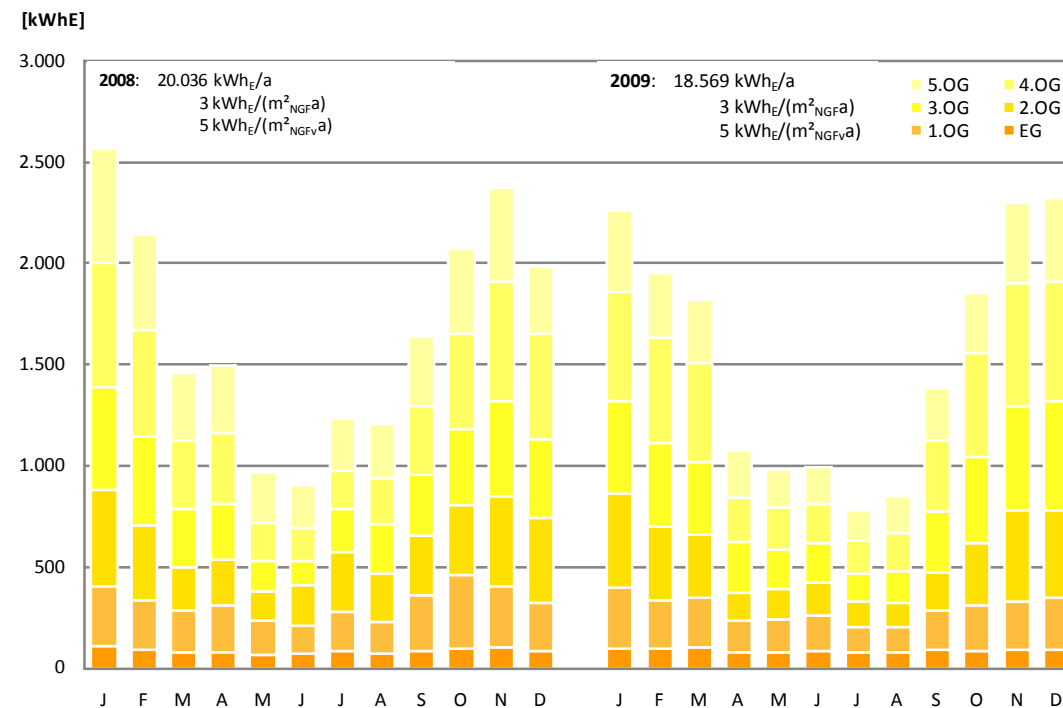


Abbildung 77 Stromverbrauch Beleuchtung Büros

Der Stromverbrauch folgt deutlich den Jahreszeiten und zeigt den Einfluss der Tageslichtnutzung. Die monatlichen Verbrauchswerte liegen im Winter mehr als doppelt so hoch wie im Sommer.

Tabelle 27 zeigt die Bedarfskennwerte des Referenzgebäudes nach EnEV 2007 und DIN V 18599 und die realen bzw. gemessenen Kennwerte für die Jahre 2008 und 2009.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs  
  
Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Tabelle 27 Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Bürobeleuchtung

Bereich / Anlage	Bedarfskennwerte DIN V 18599 / EnEV 2007	Verbrauchskennwerte NRH	
		Referenzgebäude	2008
<b>Beleuchtung Büros</b>			
Installierte Leistung <sup>38</sup> [W/m <sup>2</sup> <sub>NGFv</sub> ]	23	11	
Jahres-Endenergie [kWh <sub>E</sub> /a]	123.035	20.036	18.568
Jahres-Endenergie [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> )]	17	3	3
NGF <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> ] <sup>39</sup>	3804	4.314	
Jahres-Endenergieverbrauch [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFva</sub> )]	32	5	4
EG [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFva</sub> )]		4,2	4,3
1. OG [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFva</sub> )]		4,8	4,2
2. OG [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFva</sub> )]		4,2	3,7
3. OG [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFva</sub> )]		4,3	4,5
4. OG [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFva</sub> )]		5,2	5,3
5. OG [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFva</sub> )]		4,9	3,8
Jahres-Primärenergie PE-Faktor: 2,7 [kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> )]	46	8	7

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Die installierte Leistung der Bürobeleuchtung lag mit 11 W/m<sup>2</sup> bei knapp unter 50 % der im Referenzgebäude angesetzt installierten Leistung. Die gemessenen Verbrauchswerte für End- und Primärenergie lagen sowohl bezogen auf die gesamte Netto-Grundfläche als auch auf die versorgte (Zonen-) Fläche noch deutlicher unter den Referenzwerten. Der Jahres-Endenergieverbrauch bezogen auf die Büronutzung lag bei 3,7 - 5,3 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFva</sub>). Dies sind rund 14 % des entsprechenden Wertes im Referenzgebäude.

Auch wenn eine separate Messung nicht durchgeführt wurde, deutet dies darauf hin, dass auch die Betriebszeiten der (fest installierten) Beleuchtung geringer waren als der Ansatz im Referenzgebäude. In wieweit eine Kompensation durch die Tischleuchten erfolgte, kann nicht exakt gesagt werden. Da die Verbrauchswerte, in denen die Tischleuchten enthalten sind (Ausstattung, siehe 6.8.3), keine saisonale Schwankung aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss nicht erheblich ist.

<sup>38</sup> Durch die Vorschaltgeräte erhöht sich die Wirklast (entsp. der inst. Leistung) um jeweils rund 0,5-1 W.

<sup>39</sup> Die Fläche im Referenzgebäude ist geringer, da hier Lager, Archive, EDV-Räume und als Besprechungsräume ausgewiesene Büros anderen Zonen zugewiesen wurden.

### 6.7.3.2 Stromverbrauch Beleuchtung Verkehrsflächen

Abbildung 78 zeigt den monatlichen Stromverbrauch für die separat gemessenen Verkehrsflächen. Die einzelnen Verbrauchswerte der Etagen wurden monatlich aufsummiert.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

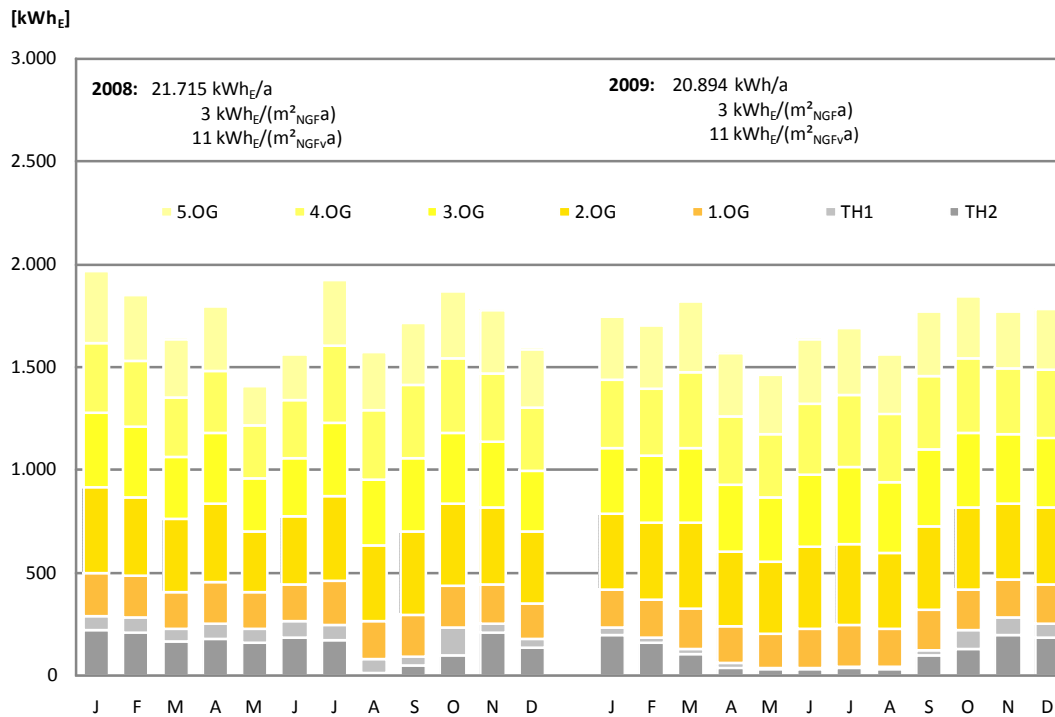


Abbildung 78 Stromverbrauch Verkehrsflächen

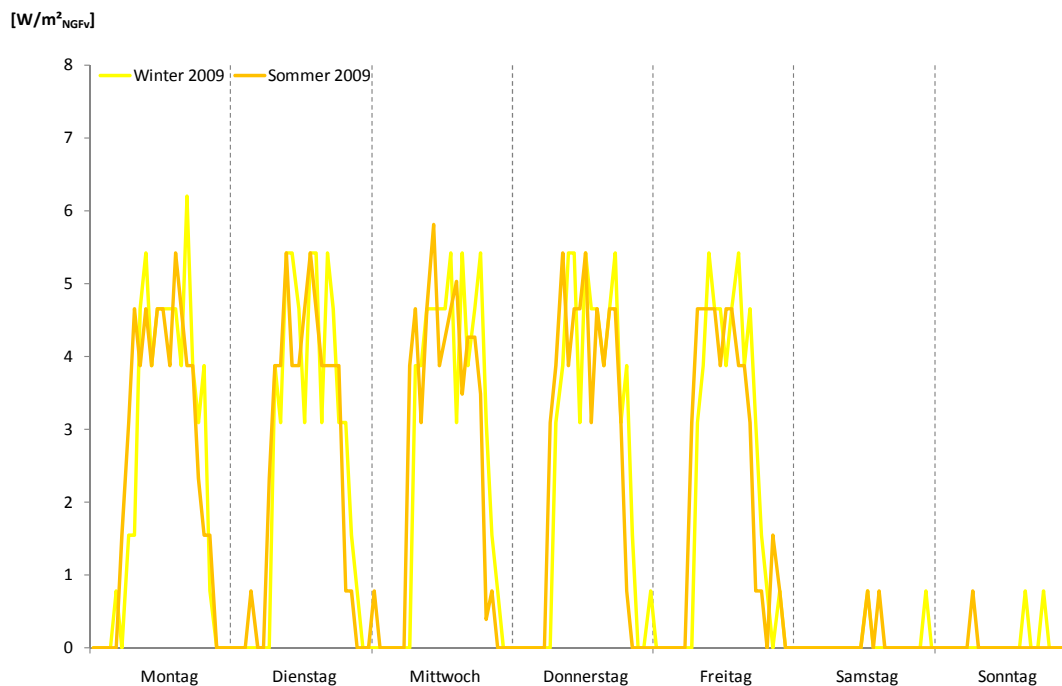
Der Stromverbrauch schwankt mit Ausnahme der Treppenhäuser, die über großflächige Fenster verfügen, deutlich geringer als in den Büros. Erkennbar ist eine Umstellung der Regelung in den Treppenhäusern im August 2008. Hier wurde die Beleuchtung über ein Zeitprogramm tagsüber ausgeschaltet.

Tabelle 27 zeigt die Bedarfskennwerte des Referenzgebäudes nach EnEV 2007 und DIN V 18599 und die realen bzw. gemessenen Kennwerte für die Jahre 2008 und 2009.

**Tabelle 28 Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Verkehrsflächen-Beleuchtung**

Beleuchtung Verkehrsflächen	Kennwerte DIN V 18599 / EnEV 2007	Kennwerte NRH	
	Referenzgebäude	2008	2009
NGF <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> ]	1.738	1.968	
Installierte Leistung VF [W/m <sup>2</sup> <sub>NGFv</sub> ]	5	8	
Jahres-Endenergie VF [kWh <sub>E</sub> /a]	20.036	21.715	20.894
Jahres-Endenergie VF [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFv</sub> a)]	12	11	11
Jahres-Endenergie VF [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> )]	3	3	3
Jahres-Primärenergie VF PE-Faktor: 2,7 [kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> )]	7	8	8

Die installierte Leistung im Regionshaus liegt mit 8 W/m<sup>2</sup><sub>NGFv</sub> deutlich über den angesetzten Werten in der DIN V 18599 mit 5 W/m<sup>2</sup><sub>NGFv</sub>. Die mittlere gemessene elektrische Leistungsaufnahme aller Flurbereiche lag an Werktagen von ca. 6 bis 18 Uhr bei rund 4,5 W/m<sup>2</sup><sub>NGFv</sub>.



**Abbildung 79 Typischer Wochenlastgang der Flurbeleuchtung (stündl. Werte KW 2+28, 2009)**

### 6.7.3.3 Stromverbrauch Foyer und Multifunktionsbereich

Für den Bereich Multifunktionsraum und Foyer konnte die Beleuchtung nur gemeinsam mit der Ausstattung gemessen werden. Auf Vergleiche mit Bedarfswerten wird deshalb an dieser Stelle verzichtet. Tabelle 29 zeigt die Verbrauchswerte für 2008 und 2009 im Vergleich zum Referenzgebäude.

**Tabelle 29 Kennwerte des Stromverbrauchs von Multifunktionsbereich und Foyer**

Beleuchtung MFB	Kennwerte DIN V 18599 / EnEV 2007	Kennwerte NRH	
		Referenzgebäude	2008
NGF <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> ]	899	733	
Installierte Leistung MFB [W/m <sup>2</sup> <sub>NGFv</sub> ]	25	11	
Jahres-Endenergie MFB [kWh <sub>E</sub> /a]	40.767,1	30.612	28.982
Jahres-Endenergie MFB [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFv</sub> a)]	45,3	42	40
Jahres-Endenergie MFB [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFv</sub> a)]	5,6	4,3	4,0
Jahres-Primärenergie MFB (2,7) [kWh <sub>P</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFv</sub> a)]	15	12	11

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 6.8 Ausstattung, TWW und Sonstige Verbraucher

Der Stromverbrauch der Ausstattung von Gebäuden ist in der Betrachtung der DIN V 18599 und der EnEV 07 nicht Teil der energetischen Bilanzierung. Sie wird jedoch als interne Wärmelast bewertet und in den Berechnungsmethoden berücksichtigt. In der Praxis ist der Anteil der Ausstattung am gesamten Stromverbrauch erheblich und ein prinzipieller Unterschied zwischen Bedarfs- und Verbrauchsberechnung.

### 6.8.1 Grundlagen

Der Energieverbrauch für die Ausstattung der Büroräume wurde differenziert nach den entsprechenden Stromunterverteilungen je Etage gemessen. Neben diesen typischen Bürogeräten, die zusammen mit der Beleuchtung dem Stromverbrauch eines Mietbereichs entsprechen, wurden auch einzelne andere Stromverbraucher separat gemessen, die nicht von der DIN V 18599 und ENEV 2007 als „Betriebsenergie“ bilanziert werden, siehe 6.3.2.



### 6.8.2 Methodik

Der Energiebedarf für Ausstattung von Räumen bzw. Arbeitshilfen wird in der DIN V 18599 indirekt durch den Ansatz interner Wärmelasten von Geräten bewertet. Die internen Lasten aus elektrischen Geräten können dem Stromverbrauch der Ausstattung gleichgesetzt werden. Aus den angesetzten Randbedingungen kann ein entsprechender Stromverbrauch für interne Wärmelasten wie folgt am Beispiel des Nutzungsprofils 1 „Einzelbüro“ nach DIN V 18599-2 berechnet werden:

#### Gleichung 8

$$\begin{aligned}
 Q_{I, \text{fac}} &= P_{I, \text{fac}} * d_{\text{Nutz, a}} * h_{\text{Nutz, d}} \\
 &= 3 \text{ W}_E/\text{m}^2 * 250 \text{ d/a} * 6 \text{ h/d} \\
 &= 4.500 \text{ Wh}_E/(\text{m}^2\text{a}) \\
 &= \mathbf{4,5 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})}
 \end{aligned}$$

mit

$Q_{I, \text{fac}}$  Interne Wärmelast Anlagen und Maschinen in  $\text{Wh}_E/(\text{m}^2\text{a})$   
(entspr. Jahres- Endenergiebedarf Strom Ausstattung)

$P_{I, \text{fac}}$  Mittlere Leistung in  $\text{W}_E/\text{m}^2$

$d_{\text{Nutz, a}}$  Nutzungstage im Jahr in d/a

$h_{\text{Nutz, d}}$  Nutzungsstunden am Tag in h/d

Für die verschiedenen Annahmen der internen Wärmelasten ergeben sich die Randbedingungen und Stromverbrauchswerte in Tabelle 30.

**Tabelle 30 Randbedingungen und Stromverbrauchswerte**

Zone	Nutzungsprofil nach DIN V 18599	Max. flächenbez. Leistung (tief/mittel/hoch)	Jährliche Nutzungstage	Tägliche Vollbenutzungsstunden	Jährliche interne Wärmelasten bzw. Strombedarf (niedrig/mittel/hoch)
		$P_{I, \text{fac}}$	$d_{\text{Nutz, a}}$	$h_{\text{Nutz, d}}$	$Q_{E, \text{fac}}$
Büro	1	3 / 7 / 15	250	6	<b>4,5 / 10,5 / 22,5</b>
MFB	4	1 / 2 / 3	250	4	<b>1,0 / 2,0 / 3,0</b>
EDV-Raum		50 / 150 / 500	365	12	<b>219 / 657 / 2.190</b>
Küche		20 / 30 / 40	300	6	<b>36 / 54 / 72</b>

Die berechneten Wärmelasten werden als Referenzwerte für die Kennwerte des Jahres-Endenergieverbrauchs der Ausstattung verwendet.

### 6.8.3 Ergebnisse

Dieser Abschnitt zeigt zunächst die Energieverbrauchswerte der Ausstattung der einzelnen Büroetagen, anschließend den Verbrauch der Etagen als Summe aus Beleuchtung und Ausstattung, also entsprechend typischer Mietbereiche, und zuletzt Verbrauchskennwerte einzelner Sonderverbraucher.

#### 6.8.3.1 Stromverbrauch Ausstattung Büro

Die Büros mit einer Fläche von je 20 m<sup>2</sup> werden in der Regel von zwei Personen genutzt. Die beiden Arbeitsplätze sind zumeist jeweils mit einem PC, einem Bildschirm (Röhre oder TFT) und einem gemeinsamen Drucker ausgestattet. Viele Nutzer haben darüber hinaus eine Tischleuchte installiert<sup>40</sup>.

Abbildung 80 zeigt die aufsummierten, monatlichen Energieverbräuche der Ausstattung in den Bürobereichen der einzelnen Etagen.

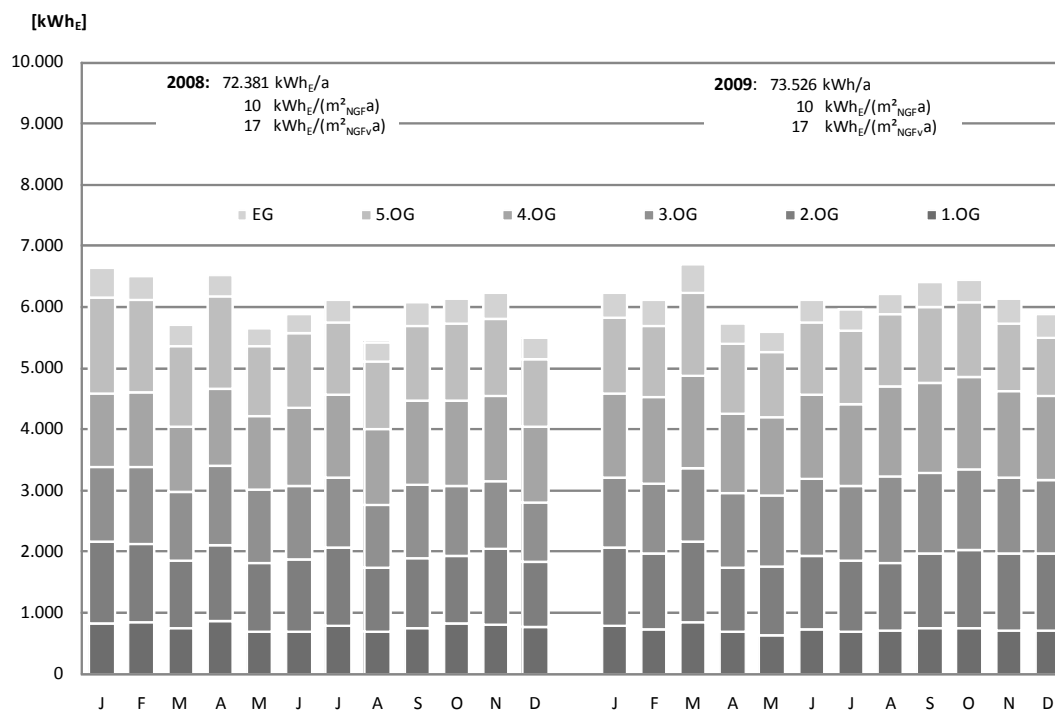


Abbildung 80 Stromverbrauch Ausstattung Büros

Der monatliche Stromverbrauch ist über das Jahr weitgehend konstant mit Schwankungen von rund ± 10%.

In Tabelle 31 sind die Energiebedarfskennwerte aufgeführt, die aus den Ansätzen für die internen Wärmelasten berechnet wurden, und die entsprechenden Verbrauchswerte der Ausstattung auf den Etagen dargestellt.

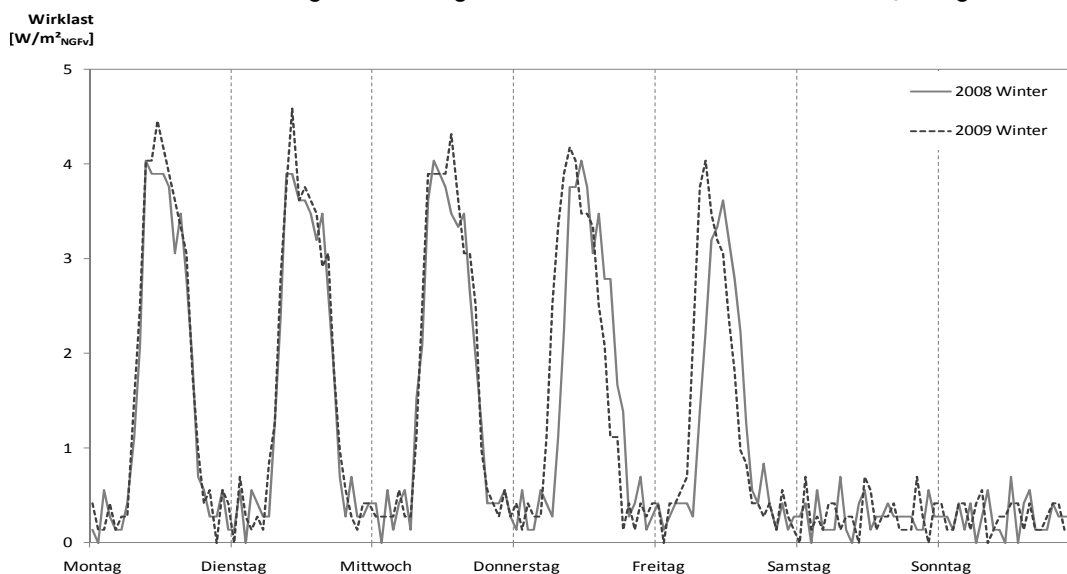
<sup>40</sup> Eine nähere Beschreibung der Büros vermittelt Abschnitt 5.4.

**Tabelle 31 Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Ausstattung in den Büros**

Ausstattung Büros	Kennwerte DIN V 18599 / EnEV 2009	Kennwerte NRH	
		Referenzgebäude	2008
Mittelwert [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ ] Niedrig/mittel/hoch	2 / 6 / 12	10	10
Mittelwert [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ ]	4,5 / 10,5 / 22,5	17	17
EG [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ ]		18	19
1. OG [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ ]		16	15
2. OG [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ ]		16	17
3. OG [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ ]		16	17
4. OG [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ ]		18	19
5. OG [ $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ ]		18	16
Jahres-Primärenergie PE-Faktor 2,7 [ $\text{kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ ]	6 / 15 / 32	27	28

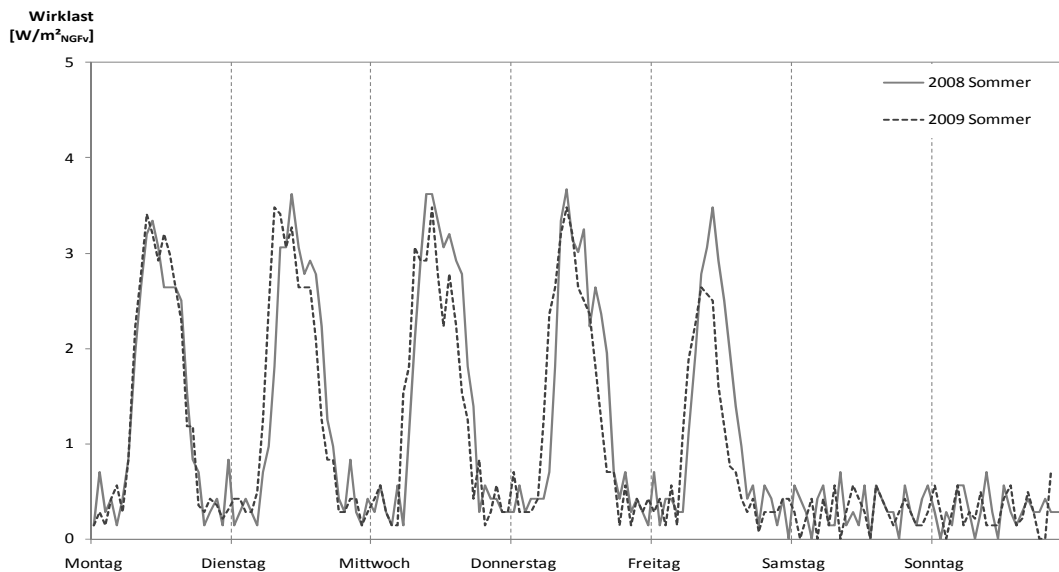
Zu erkennen ist zum einen, dass die Verbrauchswerte über alle Etagen annähernd identisch sind mit 16 - 19  $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$ . Der Mittelwert von 17  $\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFV}})$  für die für eine öffentliche Verwaltung typisch ausgestatteten Büros liegt zwischen dem Ansatz „Mittel“ und „Hoch“ für interne Wärmelasten durch Ausstattung nach DIN V 18599. Der Wert „niedrig“ erscheint hierzu im Vergleich als nicht praxisnah.

Abbildung 81 und Abbildung 82 zeigen typische Verläufe für die Wirkleistung der Ausstattung in allen Büros bezogen auf die versorgte Fläche. Neben den Nutzungszeiten ist erkennbar, dass der Standby-Verbrauch der Ausstattung, also der Stromverbrauch von Netzteilen und sonstigen nicht abgeschalteten Geräten, bei 1-2  $\text{W}/\text{m}^2_{\text{NGFV}}$  liegt.



**Abbildung 81 Wirkleistung Ausstattung in den Büros Winter: 1. KW (stündliche Momentanwerte<sup>41</sup>)**

<sup>41</sup> 1. – 5. OG Steckdosen: allgemein + Steckdosen EDV



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Abbildung 82 Wirkleistung Ausstattung in den Büros Sommer: 1. KW (stündliche Momentanwerte)<sup>42</sup>

### 6.8.3.2 Stromverbrauch je Etage (Beleuchtung und Ausstattung)

Die Büroetagen entsprechen im Neuen Regionshaus in etwa typischen Mietbereichen mit Büronutzung, Teeküchen, Toiletten etc. Um einen Vergleich mit den Verbrauchswerten von Mietobjekten zu ermöglichen, sind in Tabelle 32 die Stromverbrauchswerte für die einzelnen Etagen für die gesamte Beleuchtung und Ausstattung aufgeführt.

Tabelle 32 Stromverbrauch je Etage (Beleuchtung und Ausstattung)

Bereich / Anlage	Fläche [m <sup>2</sup> <sub>NGFV</sub> ]	Kennwert: [kWh <sub>E</sub> /a] / [kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFV</sub> a)]	
		2008	2009
<b>Mittelwert</b>		<b>20.988/ 19</b>	<b>19.030 / 19</b>
1. OG	784	14.348 / 18	13.421 / 17
2. OG	1.200	22.346 / 19	22.284 / 19
3. OG	1.204	21.509 / 18	22.951 / 19
4. OG	1.203	23.574 / 20	25.469 / 21
5. OG	1.204	23.163 / 19	21.027 / 19

Der Stromverbrauch je „Mietbereich“ lag bei rund 19 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFV</sub>a) bezogen auf die versorgte Fläche.

<sup>42</sup> 1. – 5. OG Steckdosen: allgemein + Steckdosen EDV

### 6.8.3.3 Trinkwarmwasser

Der Stromverbrauch der dezentralen Trinkwarmwassererzeugung wurde nicht separat gemessen. Er ist Teil der Etagenverbräuche, jedoch nicht der Teilmessungen für Ausstattung und Büroausstattung.

Die Differenz zwischen Gesamtmessung je Etage und den gemessenen Unterverbrauchern aus Beleuchtung und Büroausstattung lag mit Ausnahme des 1. und 5. OGs<sup>43</sup> bei rund 3-5 % der Gesamtmessung. Entsprechende Verbraucher können zentrale Kopierer und die Trinkwarmwasserbereitung in den Teeküchen sein. Der Verbrauchsanteil liegt in der Summe aller Obergeschosse bei rund  $0,7 \text{ kWh}_E/\text{m}^2_{\text{NGFA}}$  bzw.  $2 \text{ kWh}_P/\text{m}^2_{\text{NGFA}}$ .

### 6.8.3.4 Stromverbrauch sonstiger Stromverbraucher

Neben den typischen und nach DIN V 18599 bilanzierten Energieverbrauchern tragen weitere Anlagen zum Gesamtenergieverbrauch von Gebäuden bei. Im Regionshaus wurden der Stromverbrauch einzelner Anlagen sowohl durch Langzeit- wie auch durch Kurzzeitmessungen gemessen. Tabelle 33 zeigt die absoluten und die flächenbezogenen Jahresverbrauchswerte der zusätzlich anfallenden Stromverbraucher.

**Tabelle 33 Kennwerte sonstiger Stromverbraucher**

Bereich / Anlage	Kennwert: $[\text{kWh}_E/\text{a}] / [\text{kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})]$	
	2008	2009
Aufzug 1	2.657/0(0,4)	2.633/0(0,4)
Aufzug 2	2.503/0(0,3)	2.419/0(0,3)
USV (zentrale EDV)	10.259/1	10.191/1
Catering-Küche	6.648/1	7.166/1
Getränkeautomat <sup>44</sup>	1.388 / 0(0,2)	
Außenbeleuchtung	9.236/1	9.800/1

Die USV-Anlage versorgt im Gebäude lediglich die Patchfelder, also IT-Verteiler, jedoch keine Server oder sonstige PCs. Die Aufzüge, die USV und die Cateringküche haben bezogen auf die Nettogrundfläche einen Jahresstromverbrauch von jeweils rund  $1 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  bzw.  $2,6 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  und verursachen damit jeweils rund 3 % des gesamten Stromverbrauchs.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

<sup>43</sup> 1. OG: ca. 25 % (hier sind vermutlich zentrale technischen Anlagen mit enthalten), 5. OG: 8 %

<sup>44</sup> Hochrechnung aus einer Kurzzeitmessung vom 10.09.2009, 12 Uhr, bis zum 02.11.2009, 9:49 Uhr

## 6.9 Fazit Energieeffizienz

Im Rahmen des Forschungsprojekts konnte ein sehr detaillierter Vergleich des realen Energieverbrauchs des Neuen Regionshauses Hannover mit den Referenzwerten, die durch die Berechnung nach DIN V 18599 und EnEV 2007 als gesetzliche Mindestanforderungen gestellt werden, durchgeführt werden.

Der Primär- und der Endenergieverbrauch des Gebäudes im Betrieb sind deutlich niedriger als die gesetzlichen Anforderungen und Referenzwerte und unterschreiten auch die speziellen Anforderungen, die durch den EnOB-Standard von  $100 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  in der Funktionalen Leistungsbeschreibung gestellt wurden.

### Wärmeverbrauch

Der Jahres-Primärenergieverbrauch für Heizwärme lag mit  $27 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  fast exakt auf dem in der Funktionalen Leistungsbeschreibung geforderten Niveau von  $27,5 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ . Der Referenzwert für den Jahres-Endenergieverbrauch Heizwärme, der für typische Bürogebäude im Energieausweis genannt wird, ist mit  $115 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  fast 3-mal so hoch wie der Verbrauch des Neuen Regionshauses von knapp unter  $40 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ . Die Verbrauchswerte waren in den ersten Betriebsjahren 2008 und 2009 nahezu identisch. Die Heizleistung erreicht bei Außentemperatur von  $-12^\circ\text{C}$  im Betrieb mit rund  $23 \text{ W}/\text{m}^2_{\text{NGF}}$  weniger als 50 % der installierten Nennleistung.

Die Angaben des Energieversorgers zum Primärenergiefaktor für die Fernwärme in Hannover schwankten im Projektzeitraum zwischen 0,25 und 0,35, also um mehr als 30 % und sind im Vergleich zu den Vorgaben nach EnEV von 0,7 deutlich geringer. Im Rahmen des Projekts wurde soweit nicht anders vermerkt, mit 0,7 gerechnet.

### Stromverbrauch

Der Jahres-Primärenergiebedarf für Strom entsprechend den Bilanzgrenzen der DIN V 18599 betrug in den Jahren 2008 und 2009 rund  $45 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  und lag damit bei weniger als 37 % des zulässigen Wertes des EnEV- Referenzgebäudes von  $122 \text{ kWh}_P/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ .

Der gesamte Jahres-Endenergieverbrauch Strom war mit  $33 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  in den ersten beiden vollen Betriebsjahren nahezu konstant und entfiel jeweils zur Hälfte auf den Betrieb des Gebäudes entsprechend der Systemgrenzen der DIN V 18599 und auf die Ausstattung und sonstige Anlagen. Der größte Einzelanteil entfiel mit rund  $11,5 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  auf die Büroausstattung, gefolgt von der Beleuchtung (einschließlich Medientechnik im Multifunktionsbereich) von rund  $10 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  und den beiden Lüftungsanlagen mit insgesamt rund  $6,2 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ . Die Grundlast des Gebäudes, also die elektrisch aufgenommene Wirkleistung außerhalb der Nutzungszeiten, liegt bei  $1-2 \text{ W}/\text{m}^2_{\text{NGF}}$ .

Der Jahres-Endenergiebedarf für Komfortkälte in Büros und Multifunktionsraum (ohne EDV-Kühlung), der im Referenzgebäude mit  $3 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  angenommen wird, lag im Betrieb bei weniger als  $1 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ .

Bezogen auf die versorgten Flächen lag der Jahres-Endenergiebedarf für Beleuchtung in den Büros mit  $4-5 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFVA}})$  weit unter den Ansätzen des EnEV-Referenzgebäudes von  $32 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFVA}})$ . Die installierte Leistung betrug mit  $11 \text{ W}/\text{m}^2_{\text{NGFV}}$  nur knapp 50 % des entsprechenden Wertes von  $23 \text{ W}/\text{m}^2_{\text{NGFV}}$  im Referenzgebäude. Anders sieht es bei den Verkehrsflächen aus: hier lag die installierte Leistung über den Ansätzen des EnEV-Referenzgebäudes, der Verbrauch war jedoch in etwa identisch.

Die Büroausstattung der für eine öffentliche Verwaltung typischen Büros verursacht einen Stromverbrauch von rund  $17 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFVA}})$ . Der Kennwert liegt zwischen dem mittleren ( $10,5 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFVA}})$ ) und oberen ( $22,5 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFVA}})$ ) Ansatz für entsprechende interne Wärmelasten aus Geräten nach DIN V 18599.

### Jahres-Primärenergieverbrauch

Der Zielwert für den Jahres-Primärenergiebedarf nach EnEV-Referenzgebäude liegt bei rund 214 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>), der entsprechende Zielwert in der Funktionalen Leistungsbeschreibung und Ausschreibung des PPP-Verfahrens lag bei 100 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Im Betrieb wurde in den Jahren 2008 und 2009 ein mittlerer Jahres-Primärenergieverbrauch von rund 72 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) gemessen, siehe Abbildung 83.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

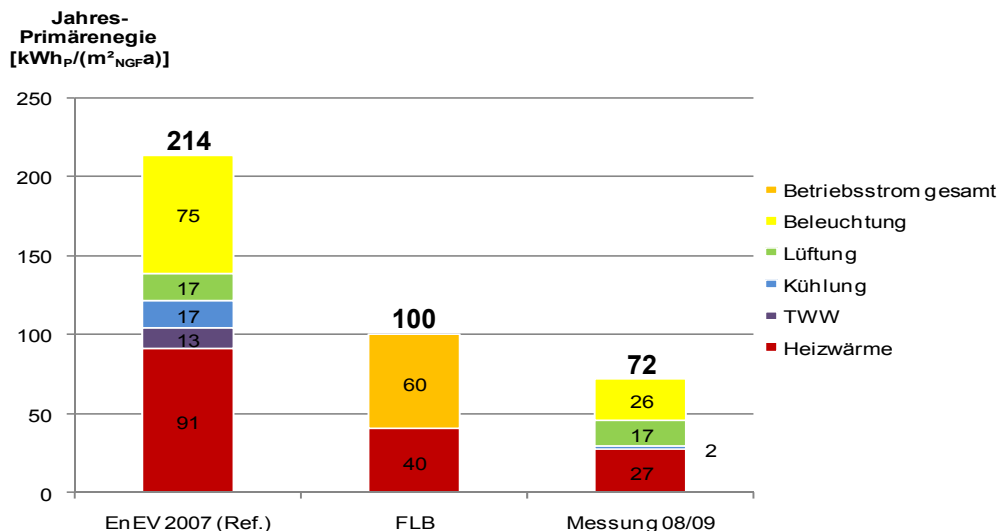


Abbildung 83 Jahres-Primärenergiebedarf / -verbrauch (EnEV-Bilanz): Ziele und Messergebnisse

Damit liegt der Verbrauch bei rund 34 % des 2007 gesetzlich zugelassen Grenzwerts und 25 % unter dem Grenzwert der Funktionalen Leistungsbeschreibung.

Im Vergleich zum Energieverbrauchsausweis nach EnEV 2007 liegt das Gebäude mit 117 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) bei rund 58 % der Referenzwerte von 203 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) in der Summe aus Jahres-Primärenergiebedarf für Heizwärme und Strom, siehe Abbildung 84.

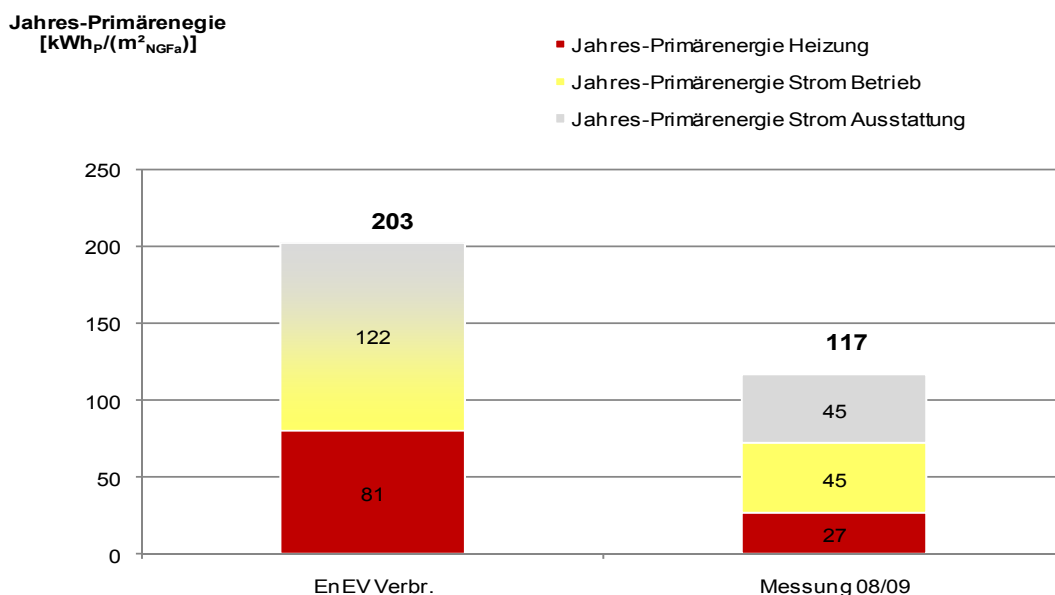


Abbildung 84 Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt: Referenzwerte und Messergebnisse

In Tabelle 34 sind die Energieverbrauchskennwerte für das gesamte Gebäude für die wichtigsten Verbrauchergruppen mit den Referenzwerten zusammengestellt.

**Tabelle 34 Vergleich der Verbrauchskennwerte mit Bedarfskennwerten**

Bereich / Anlage		Energiebedarfskennwerte	Verbrauchskennwerte	
			2008	2009
		Referenzgebäude DIN V 18599 / EnEV 2009		
<b>Primärenergie</b>				
Jahres-Primärenergie gesamt	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	Energieverbrauchsausweis: 203	117	118
Jahres-Primärenergie EnEV	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	214 Funk. Leistungsbeschr.: 100	73 <sup>45</sup>	72
<b>Heizung gesamt (ohne Trinkwarmwasser)</b>				
Jahres-Endenergie	[kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	91 Ref. Energieverbr.-ausweis: 115 Funk. Leistungsbeschr.: 40	39	38
Jahres-Primärenergie Faktor 0,25 / 0,7	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	91 <sup>46</sup> (Gas) Ref. Energieverbr.-ausweis: 81 (FW) Anf. FLB: 27,5 (FW)	10 / 27	10 / 27
<b>Strombedarf / -verbrauch gesamt</b>				
Jahres-Endenergie	[kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	Energieverbrauchsausweis: 45	33	34
Jahres-Primärenergie	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	Energieverbrauchsausweis: 122	90	91
<b>Strom (nach DIN V 18599)</b>				
Jahres-Endenergie	[kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	46	17	17
Jahres-Primärenergie	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	123 <sup>47</sup>	46	45
<b>Kühlung gesamt</b>				
Jahres-Endenergie	[kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	7	1 (0,75)	1 (0,82)
Jahres-Primärenergie	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	18	2	2
<b>Lüftung gesamt</b>				
Jahres-Endenergie	[kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	6	6	6
Jahres-Primärenergie	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	17	15	16
<b>Beleuchtung gesamt</b>				
Jahres-Endenergie	[kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	28	6	6
Jahres-Primärenergie	[kWh <sub>p</sub> /(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )]	75	16	15

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

<sup>45</sup> 2008+2009: Ohne Hilfsenergie Pumpen und Trinkwarmwasser

<sup>46</sup> PE-Faktor 1,0 für Gas

<sup>47</sup> PE-Faktor 2,7





## 7 NUTZERKOMFORT

Der thermische Nutzerkomfort ist eines der wesentlichen Ziele bei der Realisierung eines Bürogebäudes, da er die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen stark beeinflusst. Für das Neue Regionshaus Hannover sollten zwei Fragestellungen beantwortet werden:

1. **Werden die normativen Grenzwerte sowie die Anforderungen der Arbeitsstättenrichtlinien und der funktionalen Leistungsbeschreibung an den thermischen Komfort eingehalten?**
2. **Wie bewerten die Nutzer den Komfort im Gebäude?**

Zur Beantwortung der Fragen wurden ein Langzeit- und ein Kurzzeit- Monitoring, letzteres als Kombination aus physikalischen Messungen und Befragungen, sowie umweltpsychologische Untersuchungen durchgeführt. Den Schwerpunkt der Untersuchungen bildete der thermische Komfort einschließlich der Luftqualität.

### 7.1 Messtechnische Untersuchungen

Thermische Behaglichkeit ist in Büroräumen gegeben, „wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht“ [DIN 1946-2 Deutsches Institut für Normung, 1994]. [DIN 4108:2003-07 Deutsches Institut für Normung, 2003].

Thermische Behaglichkeit ist eine Basisgröße für körperliches und geistiges Leistungsvermögen. Sie wird durch die physikalischen Größen

- Operative Temperatur aus Lufttemperatur und mittlerer Strahlungstemperatur,
- Relative Luftfeuchtigkeit,
- Luftgeschwindigkeit,
- Zugluftrisiko,
- Strahlungstemperatursymmetrie und
- Temperaturgradient

bestimmt.

Zur Bewertung einer Abkühlung infolge Zugluft wird nach [DIN EN ISO 7730 Deutsches Institut für Normung, 2006] aus den Parametern Lufttemperatur, mittlere Luftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad ein prozentualer Anteil Unzufriedener ermittelt. Strahlungsasymmetrie zwischen gegenüberliegenden Bauteiloberflächen, verursacht durch warme bzw. kalte Decken oder Wände, kann thermische Unbehaglichkeit hervorrufen. Der Temperaturgradient bzw. die Temperaturschichtung beschreibt den Unterschied zwischen der Lufttemperatur am Boden (0,1m über dem Boden) und auf Körperhöhe (1,1 m). Darüber hinaus wurden weitere Größen berechnet bzw. abgeleitet:

- PMV - **P**redicted **M**ean **V**ote und
- PPD - **P**redicted **P**ercentage of **D**issatisfied.

Aus den gemessenen Größen kann der **PMV-Index (Predicted Mean Vote-Index)** ermittelt werden, der eine Vorhersage über das zu erwartende mittlere Votum zur thermischen Behaglichkeit erlaubt. Grundlage der Berechnung sind experimentelle Untersuchungen in verschiedenen Raumklimaten und entsprechende statistische Auswertungen.

Der PMV-Index wird auf einer 7-Punkte Skala von -3 bis +3 nach ASHRAE [ASHRAE and Standard, 2004] [ bewertet, siehe Abbildung 85.

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
kalt	kühl	etwas kühl	neutral	etwas warm	warm	heiß

Abbildung 85 Klassifizierung der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

Aus den gemessenen physikalischen Größen kann auch ein Prozentsatz unzufriedener Nutzer berechnet werden – der „**PPD- Index**“ (**P**redicted **P**ercentage of **D**issatisfied-Index). Über den PPD lässt sich die durchschnittliche Klimabeurteilung einer Gruppe vorhersagen.

Neben den genannten Größen wurde auch die für die Leistungsfähigkeit bedeutsame CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Räumen gemessen.

Als Maßstab für die Bewertung des thermischen Komforts im Neuen Regionshaus werden sowohl normierte Grenzwerte nach [DIN EN 7726 Deutsches Institut für Normung, 2002] und anderen Normenwerken als auch Messergebnisse von anderen, vergleichbaren Gebäuden verwendet. Abbildung 86 zeigt die verwendeten physikalischen Größen und die abgeleiteten Kennwerte sowie die Grenzwerte der entsprechenden Normen.

Messwert	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Normative Grundlage
Operative Temp.	W: 21°C ≤ T <sub>op</sub> ≤ 23°C S: 23,5°C ≤ T <sub>op</sub> ≤ 25,5°C	W: 20°C ≤ T <sub>op</sub> < 21°C W: 23°C < T <sub>op</sub> ≤ 24°C S: 23,0°C ≤ T <sub>op</sub> < 23,5°C S: 25,5°C < T <sub>op</sub> ≤ 26,0°C	W: 19°C ≤ T <sub>op</sub> < 20°C W: 24°C < T <sub>op</sub> ≤ 25°C S: 22,0°C ≤ T <sub>op</sub> < 23,0°C S: 26,0°C < T <sub>op</sub> ≤ 27,0°C	DIN EN ISO 7730:2006
Relative Feuchte	40 – 50 %	30 – 40 % 50 – 60 %	30 – 20 % 60 – 70 %	prEN 15251:2005 <sup>48</sup>
Geschwindigkeit	W: v <sub>a</sub> ≤ 0,10 S: v <sub>a</sub> ≤ 0,12	W: 0,10 < v <sub>a</sub> ≤ 0,16 S: 0,12 < v <sub>a</sub> ≤ 0,19	W: 0,16 < v <sub>a</sub> ≤ 0,21 S: 0,19 < v <sub>a</sub> ≤ 0,24	DIN EN ISO 7730:2006
Zugluftrisiko	DR < 10%	10% ≤ DR < 20%	20% ≤ DR < 30%	DIN EN ISO 7730:2006
Strahlungsasym. (vertikal)	< 10 K (Kühle Wand) < 23 K (Warme Wand)	< 10 K (Kühle Wand) < 23 K (Warme Wand)	< 13 K (Kühle Wand) < 35 K (Warme Wand)	DIN EN ISO 7730:2006
Temp. Gradient	Δt < 2 K	2 K ≤ Δt < 3 K	3 K ≤ Δt < 4 K	DIN EN ISO 7730:2006
CO <sub>2</sub> -Gehalt	< 1.000 ppm	1.000 – 1.500 ppm	> 1.500 ppm	DIN 1946-2:1994
CO <sub>2</sub> -Gehalt	Außenluft + 400ppm (= 800 ppm)	Außenluft + 600 ppm (= 1.000 ppm)	Außenluft + 1.000 ppm (= 1.400 ppm)	DIN EN 13779:2007 CO <sub>2</sub> -Gehalt über dem Gehalt in der Außenluft [ppm]
PMV	-0,2 < PMV < +0,2	-0,5 < PMV ≤ -0,2 +0,2 ≤ PMV < +0,5	-0,7 < PMV ≤ -0,5 +0,5 ≤ PMV < +0,7	DIN EN ISO 7730:2006
PPD	PPD < 6%	6% ≤ PPD < 10%	10% ≤ PPD < 15%	DIN EN ISO 7730:2006

Abbildung 86 Grenzwerte für thermische Behaglichkeit<sup>49</sup>

<sup>48</sup> DIN 1946-2:1994 gibt für die relative Feuchte mit 30 – 70 % ebenfalls einen Komfort-Bereich an, jedoch ohne weitere Unterteilung.

<sup>49</sup> Die Kennwerte sind mit den Farben der Kategorien gekennzeichnet. Kennwerte, die außerhalb der Kategorie C liegen, sind in roter Schrift markiert.



Das Optimum der Behaglichkeit sorgt für eine körperliche Entlastung des Organismus, wodurch Leistungsreserven für geistige Tätigkeiten zur Verfügung stehen. Dies unterstützt eine hohe Arbeitseffizienz und Produktivität. Thermische Behaglichkeit stellt somit auch eine betriebswirtschaftliche Größe dar.

Für die Bewertung des thermischen Raumkomforts werden in diesem Projekt zwei Bewertungsmethoden herangezogen. Ein Langzeit-Monitoring mit kontinuierlichen Messungen über zwei Jahre und ein Kurzzeit-Monitoring, in dem der Komfort an bestimmten Zeitpunkten untersucht wurde.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 7.1.1 Langzeit-Messungen

Im Langzeit-Monitoring wurde in repräsentativen Räumen die Raumtemperatur über mehr als zwei Jahre gemessen. Die Methode erlaubt eine Aussage darüber, über welche Anteile der Nutzungszeit der Büroräume bestimmte Temperaturniveaus im Raum vorlagen. Auf diese Weise kann der Anteil der Nutzungsstunden bestimmt werden, in denen eine Raumtemperatur oberhalb eines bestimmten Grenzwerts lag.

#### 7.1.1.1 Grundlagen und Methodik

In der Funktionalen Leistungsbeschreibung wurden folgende Anforderungen für den thermischen Nutzerkomfort festgelegt, die unter ebenfalls festgelegten Randbedingungen mit einer thermischen Simulation nachzuweisen waren (Auszug FLB):

- „- maximale sommerliche operative Raumtemperatur  $< 29^{\circ}\text{C}$
- Stunden zwischen 6h und 18h pro Jahr an denen  $26^{\circ}\text{C}$  Innenraumtemperatur überschritten wird  $< 210$  h (nicht auf die Arbeitstage, sondern auf alle Tage, unabhängig von Wochenenden, Sonn- und Feiertagen, Ferien etc. bezogen)
- innere Lasten  $20 \text{ W} / \text{m}^2$  (je Büro 2 Personen und 2 PCs)
- $300 \text{ lx}$  Nennbeleuchtungsstärke bei tageslichtorientierten Büroarbeitsplätzen.
- Die Fenster sind als geschlossen anzunehmen.
- maximale operative Raumtemperatur  $< 29^{\circ}\text{C}$  während einer eingeschwungenen 2-wöchigen Hitzeperiode nach VDI 2078“.

Die Randbedingungen des Nutzerkomforts wie interne und externe Wärmelasten, Fensteröffnung, Einsatz des Sonnenschutzes etc., können nur mit unangemessen hohem Aufwand präzise dokumentiert werden. Die Messergebnisse werden deshalb unter weitgehender Vernachlässigung der Randbedingungen mit Blick auf gültige Normen und die Grenzwerte der Funktionalen Leistungsbeschreibung evaluiert.

Zur Messung der Raumtemperatur wurden die Sensoren und Datenlogger U10 und U12 der Firma Hoboware verwendet. Die Spezifikationen sind in 11.6 aufgeführt. Die Datenlogger wurden in 24 repräsentativen Büros in einer Höhe von rund 1 m über dem Fußboden installiert.

Auf Grund der Nutzung in den Räumen konnten nicht alle Datenlogger in identischen Positionen installiert werden. Ein möglicher Einfluss der unterschiedlichen Positionen im Kontext der Gebäudelfunktionen und des Nutzerverhaltens wird in der Analyse der Messdaten diskutiert. Abbildung 87 zeigt einen Datenlogger und beispielhafte Einbausituationen.



Abbildung 87 Hoboware- Datenlogger und beispielhafte Einbausituationen in den Büros

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Die Messungen wurden von Juli 2007 bis November 2009 durchgeführt. Für die Auswertung werden folgende Zeiträume berücksichtigt:

01.11.2007 bis 31.10.2008 im Weiteren als Messjahr 2008 bezeichnet,  
01.11.2008 bis 31.10.2009 im Weiteren als Messjahr 2009 bezeichnet.

Die untersuchten Räume liegen repräsentativ verteilt in den vier oberen Geschossen, in denen ausschließlich Büros angeordnet sind. Es wurden Messwerte von 19 Büros berücksichtigt, zu denen Daten für die Messperioden zu jeweils mindestens 90 % der stündlichen Messzeitpunkte vorlagen. Für den Sommer 2007, unmittelbar nach der Inbetriebnahme des Gebäudes, liegen keine vollständigen Daten vor. Die vorliegenden Daten wurden jedoch dahingehend geprüft, ob eine erhebliche Abweichung von den in 2008 und 2009 gemessenen Daten vorlag.

Mit dem Langzeit-Monitoring wurde der thermische Komfort mit dem Fokus auf dem sommerlichen Wärmeschutz untersucht. Wesentliche Zielgröße war die Anzahl der Überhitzungsstunden pro Jahr. Als Überhitzungsstunden wurden solche Stunden gezählt, für die galt:

#### Gleichung 9 Überhitzungsstunden

$$T_{R,h} > 26^{\circ}\text{C}$$

mit

$T_{R,h}$  mittlere stündliche Raumtemperatur

Zur Bewertung des thermischen Komforts wurden die Daten nach Zielkriterien zweier Normen und in Bezug auf die FLB bewertet. DIN EN ISO 7730 definiert drei Komfort-Kategorien für die Raumtemperatur, jeweils für Heiz- und Kühlperiode, in denen die Raumtemperatur liegen sollte. Als Heizperiode wurde jeweils der Zeitraum vom 01.10. bis zum 31.03., die übrige Zeit des Jahres als Kühlperiode gewertet. Als Nutzungszeit wurden in Anlehnung an die DIN 4108-2 alle Stunden an Wochentagen (Montag – Freitag einschließlich Feiertagen) zwischen 8 und 18 Uhr gewertet. Für diesen Zeitraum wurden jeweils 10 momentane Messwerte bzw. Stunden pro Tag gezählt.

Darüber hinaus wurden die Messergebnisse hinsichtlich der Einhaltung des zulässigen Anteils von Jahres-Überhitzungsstunden von 10 % während der Nutzungszeit nach DIN 4108-2 und in Bezug auf die Einhaltung der Grenzwerte der FLB untersucht.

### 7.1.1.2 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Messergebnisse für die 19 Büroräume<sup>50</sup> dargestellt.

#### Bewertung entsprechend DIN EN ISO 7730:2006

Abbildung 88 und Abbildung 89 zeigen zunächst die Messergebnisse für die beiden Heizperioden 2008 und 2009 nach DIN EN ISO 7730. Sie umfassten in der Nutzungszeit jeweils 1.310 h bzw. 1.300 h.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

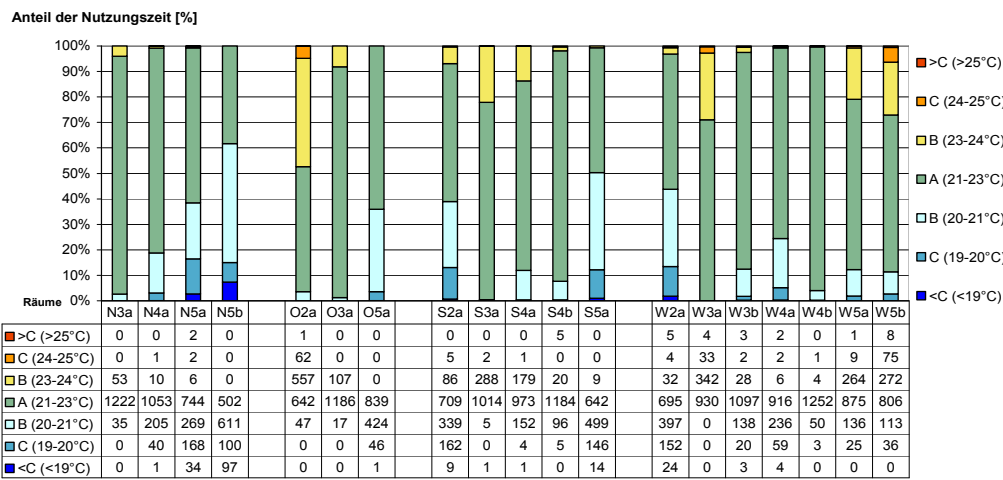


Abbildung 88 Heizperiode 2008 (01.10.2007 – 31.03.2008, Nutzungszeit = 1.310 h):  
Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

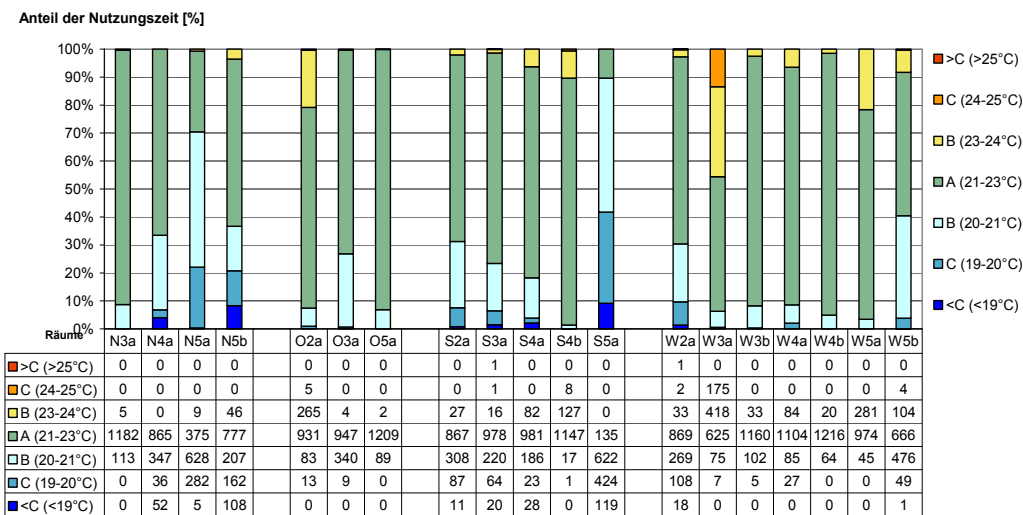


Abbildung 89 Heizperiode 2009 (01.10.2008 – 31.03.2009, Nutzungszeit = 1.300 h):  
Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

<sup>50</sup> Die Räume wurden jeweils nach der Himmelsrichtung der Fenster und der Etage benannt: „N4b“ bezeichnet einen Raum mit Ausrichtung der Fenster nach Norden im 4. Obergeschoss. Räume mit gleicher Ausrichtung und Etage werden durch den Index unterschieden.

In den Räumen lag die Raumtemperatur während rund 50 bis 95 % der Nutzungszeit in Kategorie A nach DIN EN ISO 7730:2006. Lediglich in einem Raum (S5a) lagen die Temperaturen über einen längeren Zeitraum unter 20°C. Da weder aus dem Betrieb noch aus den Nutzerbefragungen entsprechende Beschwerden bekannt sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Raumtemperatur dem Nutzerwunsch und -verhalten entspricht.

Abbildung 90 zeigt die Mittelwerte der Raumtemperaturen für die 19 Räume.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Anteil der Nutzungszeit [%]

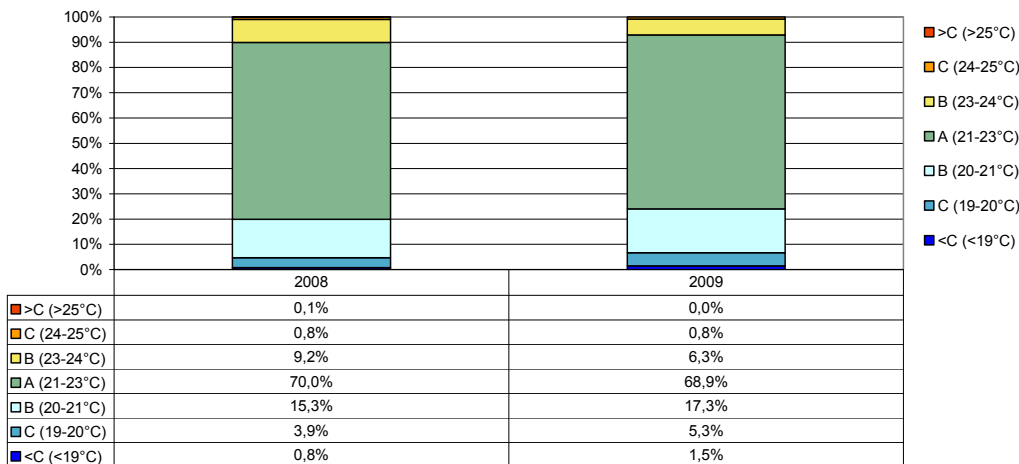


Abbildung 90 Mittelwerte Heizperioden 2008 und 2009  
Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

Im Mittel lagen die Raumtemperaturen in beiden Heizperioden zu rund 85 % der Nutzungszeit in den Kategorien A und B (kühl), also zwischen 20 und 23°C.

In Abbildung 91 und Abbildung 92 sind die Messergebnisse für die beiden Kühlperioden 2008 und 2009 nach DIN EN ISO 7730:2006 dargestellt. Sie umfassten in der Nutzungszeit jeweils 1.310 h.

Anteil der Nutzungszeit [%]

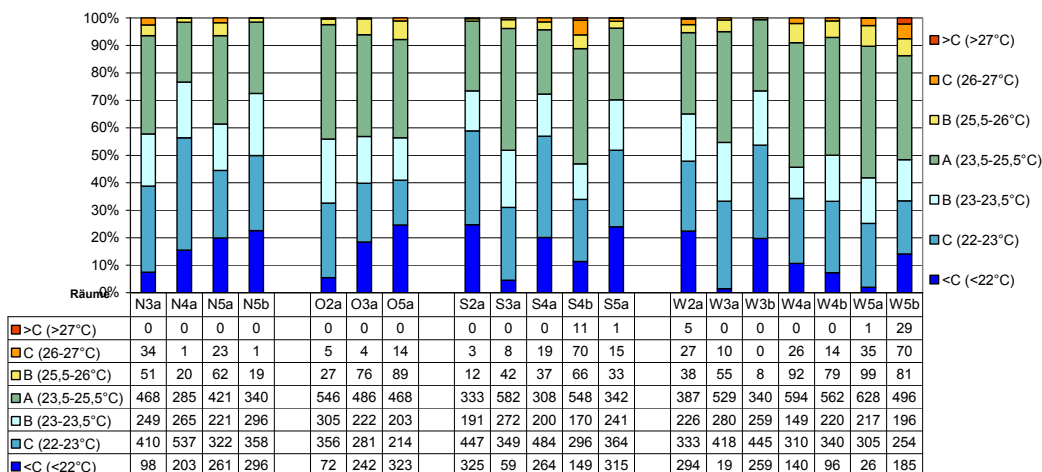


Abbildung 91 Kühlperiode 2008 (01.04.2008 – 30.09.2008, Nutzungszeit = 1.310 h):  
Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

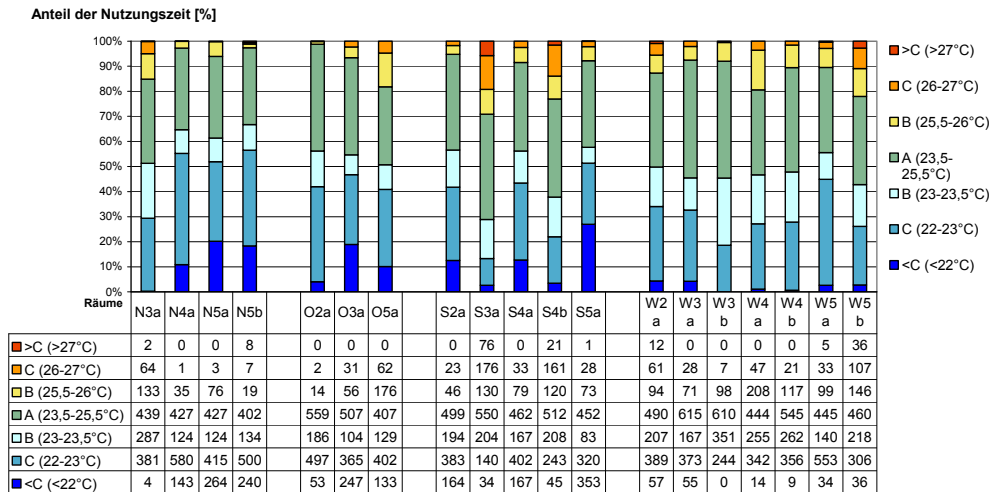


Abbildung 92 Kühlperiode 2009 (01.04.2009 – 30.09.2009, Nutzungszeit = 1.310 h):  
Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

Da die hier definierten Zeiträume der Kühlperioden auch Zeiten mit moderaten Außentemperaturen unter 20°C umfassen, ist der hohe Anteil der Nutzungszeit mit Raumlufttemperaturen unter 23°C in den Kategorien C und <C plausibel. Wichtig für den thermischen Komfort ist der sommerliche Wärmeschutz, den das Gebäude bietet. Die Messwerte zeigen, dass es lediglich in 2009 in einzelnen Räumen zu einer signifikanten Überhitzung gekommen ist. Hier lag die Raumtemperatur in drei Räumen mehr als 10 % der Nutzungszeit in der 6-monatigen Kühlperiode über 26°C. Die betroffenen Räume liegen auf der Süd- und Westseite, was auf Grund der größeren externen Wärmelasten plausibel ist.

Abbildung 93 zeigt, dass der Anteil der Nutzungszeit mit Raumtemperaturen über 26°C im Mittel in der Kühlperiode 2008 lediglich bei 1,7 % und in 2009 bei 4,2 % lag.

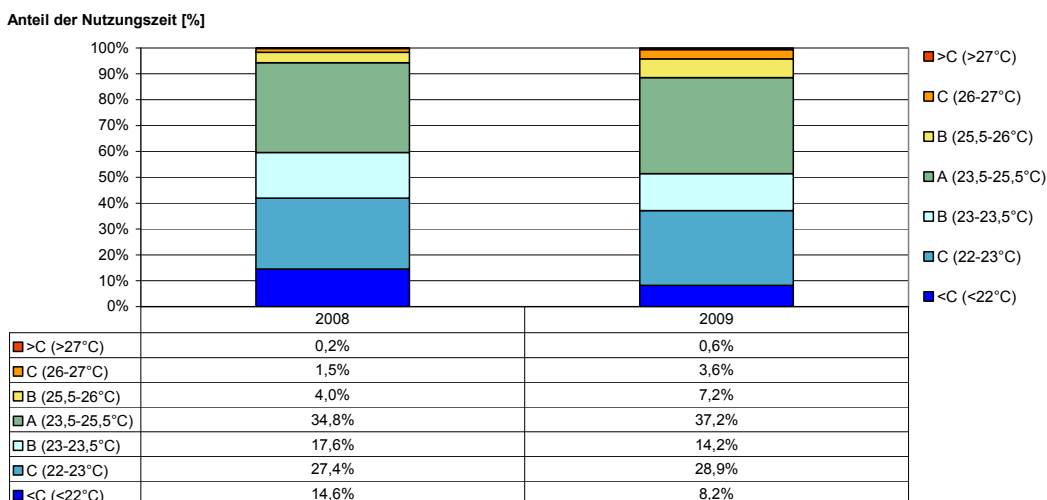


Abbildung 93 Mittelwert Sommer 2008 und 2009:  
Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

### Bewertung entsprechend DIN 4108:2

Neben der Bewertung nach DIN EN ISO 7730:2006 wird der thermische Komfort auch in Bezug auf den Grenzwert nach DIN 4108:2 bewertet. Sie begrenzt die Anzahl der jährlichen Überheizungsstunden auf 10 % der Nutzungszeit. Im Gegensatz zu den oben genannten Bewertungen bezieht sich die Nutzungszeit hier auf das gesamte Jahr, also auf rund 2.600 h/a. Die Anzahl der Überheizungsstunden ist in Abbildung 94 für die 19 Messräume für die Jahre 2008 und 2009 dargestellt. In keinem Raum wurde die zulässige Anzahl von jährlichen Überheizungsstunden überschritten.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

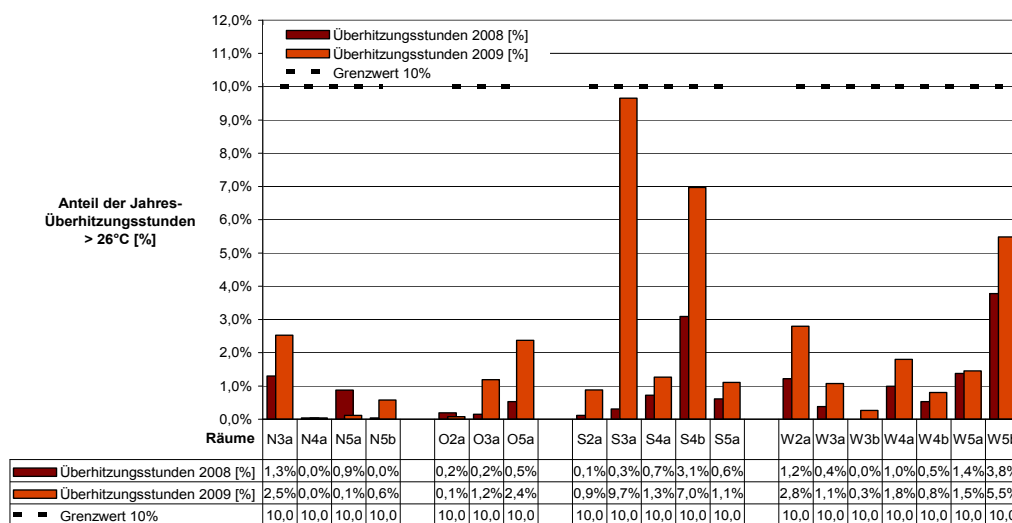


Abbildung 94 Vergleich der Jahres-Überheizungsstunden > 26°C zwischen 8 und 18 Uhr in 2008 (2.620 h) und 2009 (2.610 h) und Grenzwert nach DIN 4108

### Bewertung entsprechend der Funktionalen Leistungsbeschreibung

Abbildung 95 zeigt die Auswertung hinsichtlich der Randbedingungen und Messergebnisse der Funktionalen Leistungsbeschreibung. Nur im Jahr 2009 (ohne Betonkernaktivierung) lag die Anzahl der Überheizungsstunden in einem Raum über dem Grenzwert.

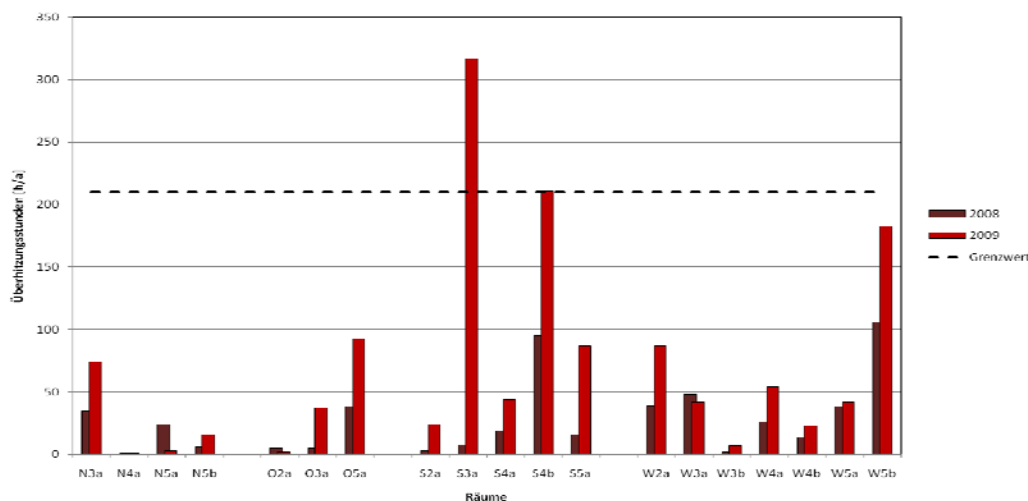


Abbildung 95 Vergleich der Jahres-Überheizungsstunden > 26°C zwischen 6 und 18 Uhr an allen Tagen in 2008 (4.392 h/a) und 2009 (4.380 h/a) und Grenzwert nach Funktionaler Leistungsbeschreibung (210 h/a)



Abbildung 96 zeigt die Messwerte für die Raumtemperatur über der Außentemperatur für den Raum S3a mit der höchsten Anzahl von Überhitzungsstunden in 2009.

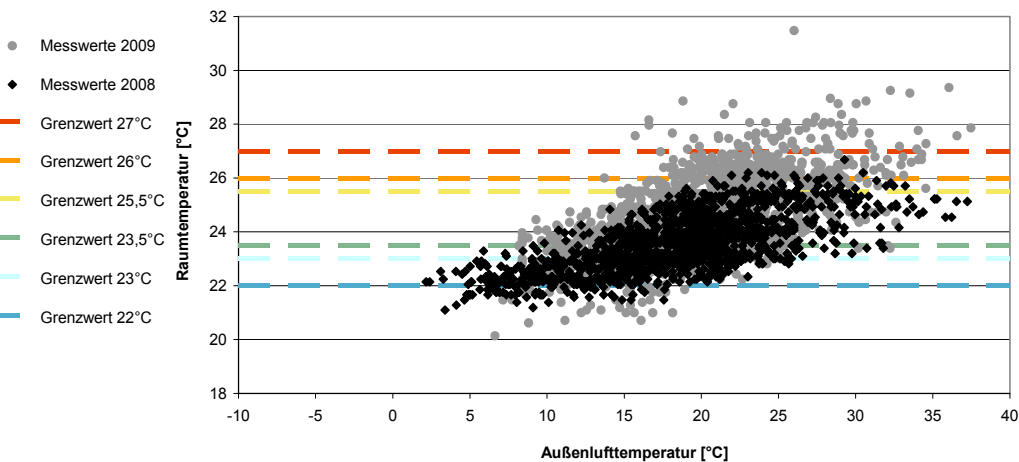


Abbildung 96 Raumtemperatur in S3a über der Außentemperatur in Kühlperiode 2008 und 2009: Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Die Außenlufttemperaturen wichen in 2009 insgesamt nicht signifikant von denen im Sommer 2008 ab (siehe Kapitel 6.1.1). Die Betriebsanalyse zeigt, dass die Betonkernaktivierung in 2009 mit Ausnahme einer Stunde nicht eingeschaltet wurde, nachdem sie in 2008 an rund 20 h eingeschaltet war. Ein direkter messtechnischer Nachweis der Funktion und Wirkung in Raum S3a liegt jedoch nicht vor.

### 7.1.2 Kurzzeit-Messungen

Die Analyse und Bewertung des thermischen Komforts bzw. des Innenraumklimas in Gebäuden ist messtechnisch aufwändig. Deshalb ist es sinnvoll, das Langzeit-Monitoring, das für die Bewertung der stark von den meteorologischen Bedingungen abhängigen Raumtemperatur durchgeführt wird, durch Kurzzeit-Messungen zu ergänzen. Hierzu wurde im Rahmen des Forschungsprojekts EVA (FKZ 0327346A) [Fisch; Plesser et al.] und in der Dissertation von [Dr. Ernesto Kuchen] ein Verfahren entwickelt, welches Messungen in einzelnen Räumen bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen mit Befragungen der Nutzer verbindet und so eine Bewertung des Innenraumklimas in Anlehnung an DIN EN ISO 7730:2006 ermöglicht - das so genannte „Spot-Monitoring“.

#### 7.1.2.1 Grundlagen und Methodik

Das vorkonfigurierte mobile Messgerät des IGS, das MobileLAB, wird für die Messung im Raum aufgestellt und an die Stromversorgung (230V) angeschlossen. Die Messung beginnt nach einer 5-minütigen Akklimatisierungsphase der Messfühler und dauert insgesamt 5 Minuten. Es werden pro Stunde in ca. vier Räumen Messungen durchgeführt, siehe „Systematik der Messung“ in Tabelle 35.

Tabelle 35 Systematik der Durchführung der Kurzzeitmessungen

Messung	Vormittags Vor 12.00				Mittags 12.00 – 14.00				Nachmittags Nach 14.00				Hinweis
Orientierung	O	S	W	N	O	S	W	N	O	S	W	N	
Winter	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Eine Messung beginnt nach einer 5-minütigen Akklimatisierungsphase und dauert insgesamt 5 Minuten.
Übergangszeit	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	
Sommer	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	Raum 1	Raum 2	Raum 3	Raum 4	

Für die Dauer der Messung wird der entsprechende Arbeitsplatz nicht genutzt. Weitere Arbeitsplätze im selben Raum sollten für die Abbildung der realen Betriebsbedingungen möglichst belegt sein.

Zusätzlich werden die innenseitigen Oberflächentemperaturen der Fassade, des Bodens und der Decke, die Kohlendioxid-Konzentration und die flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC „Total Volatile Organic Compounds“) gemessen.

Die bewegliche Messeinheit entspricht den Anforderungen der Normen DIN EN ISO 7726:2002 und DIN EN ISO 7730:2006. Die publizierten Erfahrungen aus umfangreichen Feldforschungen werden bei der Konstruktion bzw. Anordnung und Auswahl der Messinstrumente berücksichtigt. Die Sensoren stimmen mit den europäischen Normen (CE) überein und wurden vor Beginn der Untersuchungen kalibriert. Eine Beschreibung der wichtigsten Sensoreigenschaften ist im Anhang dargestellt, siehe 0.

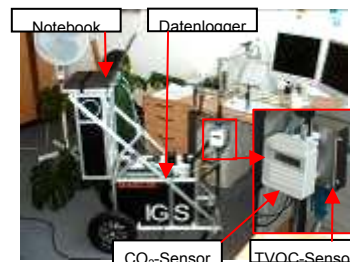
Die Werte der Lufttemperatur, der Taupunkttemperatur, der operativen Temperatur, der Asymmetrie der Strahlungstemperatur und der Luftgeschwindigkeit werden mit Sensoren des Fabrikats „Brüel & Kjær“ aufgenommen. Mit Ausnahme der Lufttemperatursensoren, die sich in einer Höhe von 1,1 m und 0,1 m über dem Boden, befinden sich alle Sensoren in einer Höhe von 1,1 m über dem Boden am Mobile-LAB angeordnet. Des Weiteren befinden sich die Messinstrumente für Kohlendioxid-Konzentration und TVOC in einer Höhe von 0,6 m über dem Boden, siehe Abbildung 97.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



Abbildung 97 Messtechnikaufbau des MobileLAB und Ablauf der Messung (schematisch)



Mobile-LAB während einer Messung am Arbeitsplatz



Messfühler zur Messung der innenklimatischen Parametern

Zur Messung der thermischen Behaglichkeit wurden in mehreren Büroräumen Kurzzeitmessungen und gleichzeitig Kurzzeitbefragung über die thermischen Aspekte der unmittelbaren Umgebung durchgeführt<sup>51</sup>.

Ziel war es, zu bestimmen, wie die Nutzer das Raumklima im Neuen Regionshaus empfinden und einen Vergleich mit anderen Gebäuden zu ermöglichen. Für das Monitoring wurden Räume ausgewählt, die das Konzept des Gebäudes in Größe, technischen Funktionen und Nutzung repräsentierten und nicht bereits im Vorhinein als „problematisch“ bekannt waren.

<sup>51</sup> Der Kurzzeitfragebogen (KZF) ist im Anhang dargestellt.

Die Außenbedingungen haben erheblichen Einfluss auf das Innenraumklima in Arbeitsräumen. Deshalb wurden die Kurzzeitmessungen soweit möglich im Sommer (Außentemperatur  $T_{amb} > 15^{\circ}\text{C}$ ), im Winter ( $T_{amb} < 10^{\circ}\text{C}$ ) und in den Übergangszeiten ( $10^{\circ}\text{C} < T_{amb} < 15^{\circ}\text{C}$ ) in Räumen unterschiedlicher Himmelsrichtungen morgens, mittags und nachmittags durchgeführt. Die Außenlufttemperatur wurde jeweils im Rahmen der Messungen in der unmittelbaren Umgebung der Gebäude gemessen. Außerdem wurde der Bewölkungsgrad bewertet (z.B.: bei 96 % der Messungen in der Übergangszeit war der Himmel „bewölkt“). Neben den Messwerten wurde der „Betriebszustand“ einzelner Systeme in den Räumen dokumentiert:

- Sonnenschutz: auf/zu
- Blendschutz: auf/zu
- Klimatechniknutzung: an/aus
- Fensterlüftung: auf/zu

Eine Übersicht über die durchgeführten Messungen zeigt Tabelle 36.

**Tabelle 36** Anzahl der durchgeführten Messungen je Etage und Jahreszeit

Anzahl der Messungen	Datum		2. OG	3. OG	4. OG	5. OG
Winter	05.03.2008	[-]	0	4	6	4
Übergangszeit	07.08.2008	[-]	8	4	8	4
Sommer	26.09.2007	[-]	2	4	7	8
<b>Gesamt</b>		[-]	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>16</b>

Die Befragung der Nutzer ist neben der physikalischen Messung der raumklimatischen Parameter ein weiteres Werkzeug zur Klassifizierung der Zufriedenheit mit dem Raumklima. Sie kann die Messung nicht ersetzen, ermöglicht aber eine Korrelation der Messwerte mit dem Empfinden der Nutzer. Die Umfrage ist von subjektivem Charakter und basiert auf Gefühlen und Wahrnehmungen einer großen Anzahl von Nutzern.

Über die Abfrage der Gewohnheiten zur Einflussnahme der Nutzer auf das thermische Raumklima kann die Verfügbarkeit und die Häufigkeit der Nutzung von Einflussmöglichkeiten zur Regulierung des Raumklimas erfasst und bewertet werden. Die Nutzer wurden befragt, welche Möglichkeiten zur Regulierung der Raumtemperatur bzw. zur Anpassung an die Raumtemperatur sie nutzen:

- die Einstellungsmöglichkeiten an der Raumtemperaturregelung des Heizkörpers (Thermostat),
- die Einstellungsmöglichkeiten an einem Bedienpaneel (GLT)<sup>52</sup>,
- die Öffnung eines Fensterflügels, einer Innentür o. ä.,
- die Einstellung eines Sonnen- oder Blendschutzes sowie
- die Anpassung der Bekleidung.

Die Qualität der Bekleidung in einer bestimmten thermischen Umgebung bestimmt den Wärmeverlust und -gewinn einer Person und stellt damit einen wesentlichen Einflussfaktor des thermischen Behaglichkeitsempfindens dar. Für die Analyse der Bekleidungsqualität bietet der Fragebogen eine Liste unterschiedlicher Bekleidungsstücke an. Zu seiner Berechnung werden standardisierte Werte herangezogen [DIN EN ISO 9920:2005].

<sup>52</sup> Diese Möglichkeit ist im neuen Regionshaus Hannover in den Büroräumen nicht vorhanden.

### 7.1.2.2 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Messergebnisse im Winter, in der Übergangszeit und im Sommer in Tabelle 37 bis Tabelle 39 dargestellt. Die Werte geben jeweils die Durchschnittswerte während der Messung nach der Akklimatisierungsphase wieder. Die Kennwerte, die auf Grundlage der Befragungen berechnet wurden sind mit einem „+“ markiert.

Mit Ausnahme einiger hoher Messwerte für die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Winter und eine erhöhte operative Raumlufttemperatur im Sommer, liegen alle gemessenen Werte in den innerhalb der in Abbildung 86 angegebenen Grenzwerten. Luftgeschwindigkeit, Zugluftrisiko, Temperaturgradient und Strahlungsasymmetrie liegen bis auf einige Ausnahmen bei allen Messungen in Kategorie A.

Im Winter herrscht bis auf jeweils drei Ausnahmen eine etwas warme operative Raumtemperatur und eine niedrige relative Feuchte, die überwiegend der Kategorie B zuzuordnen sind. Problematisch hingegen ist im Winter die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Büros. Es liegen fast alle Messwerte im eingeschränkten (> 1.000 ppm) bis unakzeptablen (> 1.400 ppm) Bereich. Diese Problematik wird später genauer betrachtet, wirkt sich aber nicht auf die Berechnung des PMV's und PPD's aus.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

**Tabelle 37 Ergebnisse Winter, 05.03.2008, Außenlufttemp.: 5,2°C, klarer Himmel**

Winter		Op. Raumtemp.	Relative Feuchte	Luftgeschw.	Zugluftrisiko	Temp.-Gradient	Strahlungsasymmetrie	CO <sub>2</sub> -Gehalt	PMV+	PPD+	PMV	PPD
Raum	Orient.	[°C]	[%]	[m/s]	[%]	[K]	[K]	[ppm]	[-]	[%]	[-]	[%]
1	S	23,30	30,65	0,08	10,73	2,77	0,03	1350	-0,17	5,59	0,06	5,08
2	N	23,73	44,04	0,04	0,00	2,40	0,37	2130	-0,05	5,05	0,26	6,42
3	W	23,37	24,41	0,05	0,00	1,93	1,10	750	0,13	5,35	0,20	5,87
4	O	23,07	39,81	0,04	0,00	0,97	0,10	1740	0,13	5,37	0,12	5,30
5	S	23,17	37,82	0,08	6,94	1,57	0,27	1440	0,39	8,10	0,23	6,06
6	N	23,93	33,93	0,11	9,21	2,80	0,50	1410	0,19	5,78	0,38	7,97
7	O	23,50	37,04	0,06	3,20	1,70	0,30	1280	0,05	5,06	0,25	6,34
8	W	22,80	36,86	0,04	0,00	0,83	0,23	1110	-0,45	9,14	0,14	5,40
9	S	23,17	27,37	0,07	4,41	0,47	0,13	1000	0,28	6,68	0,13	5,36
10	N	23,20	32,80	0,01	0,00	0,83	0,27	1230	-0,01	5,00	0,16	5,50
11	W	23,60	32,56	0,00	0,00	1,10	0,47	1500	-0,05	5,05	0,23	6,07
12	W	23,30	34,32	0,06	2,59	0,93	0,77	1060	0,50	10,22	0,20	5,81
13	O	22,10	34,03	0,06	4,62	0,13	0,47	960	0,28	6,66	-0,08	5,15
14	O	22,10	33,38	0,06	4,51	0,30	0,23	1700	0,05	5,06	-0,08	5,14

In der Übergangszeit liegen die Werte mit nur wenigen Ausnahmen im guten Bereich (Kategorie A). Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in den Büros liegen in einem breiten Spektrum vom guten bis unakzeptablen Bereich.

**Tabelle 38 Ergebnisse Übergangszeit 26.09.2008, Außenlufttemp.: 15,8°C, bedeckter Himmel**

Übergang		Op. Raumtemp.	Relative Feuchte	Luftgeschw.	Zugluftrisiko	Temp.-Gradient	Strahlungsasymmetrie	CO <sub>2</sub> -Gehalt	PMV+	PPD+	PMV	PPD
Raum	Orient.	[°C]	[%]	[m/s]	[%]	[K]	[K]	[ppm]	[-]	[%]	[-]	[%]
1	S	22,57	46,52	0,03	0,00	1,53	0,13	640	-0,23	6,09	0,12	5,31
2	N	22,70	48,95	0,05	1,81	1,23	0,07	1200	-0,27	6,47	0,15	5,48
3	W	22,53	50,77	0,03	0,00	1,00	0,07	840	0,15	5,47	0,19	5,74
4	O	21,60	48,03	0,05	0,00	0,10	0,97	590	0,20	5,87	-0,12	5,31
5	N	21,80	46,66	0,01	0,00	0,50	0,50	800	0,01	5,00	-0,02	5,01
6	W	23,40	53,80	0,08	9,42	1,03	0,30	1240	0,39	8,10	0,38	8,00
7	O	22,90	49,40	0,09	7,38	0,90	0,73	1270	0,31	7,00	0,21	5,92
8	S	21,30	47,44	0,09	11,31	0,47	0,90	620	-0,10	5,20	-0,15	5,49
9	N	21,70	48,57	0,01	0,00	0,67	0,67	780	0,18	5,67	0,03	5,02
10	S	22,50	47,03	0,04	0,00	1,17	1,23	740	0,22	5,96	0,21	5,89
11	S	22,80	46,10	0,04	0,00	0,87	0,70	770	0,06	5,08	0,25	6,32
12	N	22,37	48,07	0,07	6,23	0,33	0,20	900	-0,01	5,00	0,13	5,35
13	W	22,90	46,22	0,04	0,00	1,27	0,10	760	0,14	5,38	0,29	6,79
14	W	22,67	46,98	0,03	0,00	0,43	0,63	730	0,54	11,18	0,14	5,38
15	O	23,17	53,33	0,02	0,00	1,13	0,90	1470	0,26	6,36	0,34	7,37
16	O	23,40	53,73	0,05	0,00	0,93	0,33	1800	1,48	49,66	0,37	7,92
17	S	22,20	46,34	0,09	9,95	0,17	0,03	710	-0,01	5,00	0,09	5,15
18	N	22,30	47,88	0,04	0,00	0,27	0,30	790	0,68	14,69	0,09	5,17
19	S	21,70	46,69	0,02	0,00	0,33	0,97	600	0,50	10,26	-0,02	5,01
20	N	22,40	48,72	0,03	0,00	0,70	0,10	890	-0,35	7,56	0,13	5,37
21	O	22,20	47,97	0,01	0,00	0,37	0,90	700	0,59	12,22	0,10	5,21
22	W	23,07	46,69	0,07	5,34	1,17	1,37	900	0,30	6,87	0,37	7,91
23	O	23,20	49,05	0,04	0,00	1,10	0,87	910	0,33	7,20	0,33	7,32
24	W	22,63	46,94	0,04	0,00	0,30	0,03	820	0,39	8,16	0,09	5,19

Während der Sommermessung lag die durchschnittliche Außentemperatur bei 29,8°C. Die Messwerte für die operative Raumtemperatur liegen in den Büros überwiegend in Kategorie C (26-27°C) nach DIN EN ISO 7730:2006, in fünf Räumen auch knapp darüber. Die erhöhten Temperaturen wirken sich auf das Empfinden des Nutzers aus. Lediglich in zwei Messräumen liegen die Temperaturen im akzeptablen Bereich. Im Sommer liegen fast alle Werte für die CO<sub>2</sub>-Konzentration in Kategorie A (< 800 ppm).

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

**Tabelle 39 Ergebnisse Sommer 07.08.2008, Außenlufttemp.: 29,5°C, klarer Himmel**

Sommer		Op. Raumtemp.	Relative Feuchte	Luftgeschw.	Zugluft-risiko	Temp.-Gradient	Strahlungsasymmetrie	CO <sub>2</sub> -Gehalt	PMV+	PPD+	PMV	PPD
Raum	Orient.	[°C]	[%]	[m/s]	[%]	[K]	[K]	[ppm]	[-]	[%]	[-]	[%]
1	S	26,47	50,67	0,08	5,38	1,10	0,03	850	1,32	41,11	1,00	26,33
2	N	26,20	52,02	0,10	8,50	0,63	0,30	770	0,79	17,99	0,92	22,70
3	W	26,10	52,79	0,06	3,22	0,70	0,20	790	0,19	5,78	0,94	23,73
4	SO	25,70	65,18	0,07	5,21	0,00	0,50	400	1,25	37,80	0,92	22,71
5	S	26,40	48,87	0,10	8,08	1,40	1,67	630	0,69	14,97	1,05	28,19
6	N	26,30	51,02	0,11	8,05	0,80	0,17	620	0,68	14,58	0,96	24,44
7	W	26,70	51,50	0,07	3,76	1,20	0,20	770	0,82	19,16	1,13	31,98
8	O	27,17	49,53	0,09	6,14	1,40	0,40	690	0,91	22,43	1,16	33,08
9	S	27,23	48,49	0,10	7,36	1,77	1,07	680	0,98	25,18	1,21	35,51
10	N	26,60	50,50	0,10	7,52	0,80	0,00	690	0,81	18,85	1,06	28,80
11	S	26,67	51,45	0,04	0,00	1,00	0,50	660	0,64	13,68	1,12	31,50
12	N	25,83	52,32	0,08	5,41	0,27	0,93	550	1,10	30,47	0,91	22,43
13	W	26,70	52,81	0,17	13,21	0,80	0,90	840	1,37	43,92	1,10	30,58
14	E	26,60	53,15	0,16	13,25	0,80	0,37	880	1,19	34,80	1,13	31,80
15	O	26,70	52,70	0,16	15,49	0,60	0,20	660	1,34	42,29	1,03	27,48
16	S	26,70	51,96	0,06	3,43	1,60	0,43	630	1,39	44,90	1,19	34,59
17	N	27,07	51,39	0,08	5,82	1,63	0,27	650	0,86	20,66	1,16	33,48
18	S	27,03	50,80	0,09	5,89	1,27	0,20	670	1,34	42,27	1,14	32,41
19	N	26,97	52,29	0,12	14,39	1,07	0,03	680	0,71	15,50	1,09	29,93
20	W	26,90	53,59	0,14	20,42	0,97	0,07	900	0,90	21,94	1,07	29,14
21	O	27,10	52,97	0,14	18,43	1,17	0,27	670	0,62	12,96	1,12	31,21

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

In einzelnen Räumen ergibt sich in der Übergangszeit und im Winter ein deutlicher Unterschied zwischen gemessenem PMVs/PPDs und den auf Basis der Befragungen ermittelten Werte (PMV+/PPD+). Ursache ist in starkem Maße der in den Befragungen deutlich höher angegeben körperliche Aktivitätsgrad, der darüber hinaus auch zwischen den Nutzern sehr unterschiedlich ist, und dem Bekleidungsfaktor, mit dem die Messwerte verrechnet werden. Die Angaben der Nutzer unterscheiden sich deutlich von den normierten Randbedingungen und führen in der Berechnung zu unterschiedlichen Bewertungen.

Der CO<sub>2</sub>-Werte in den Büros liegen im Winter über den geforderten Grenzwerten. Der größte Teil der Werte liegt im eingeschränkten und unakzeptablen Bereich. Lediglich drei Messungen ergeben gute oder akzeptable Bedingungen. Der Höchstwert beträgt 2.130 ppm, das arithmetische Mittel der Messwerte 1.330 ppm. Die Umfrageergebnisse zur Luftqualität steht in keinem erkennbaren Zusammenhang zu den gemessenen Ergebnissen, siehe Abbildung 98.

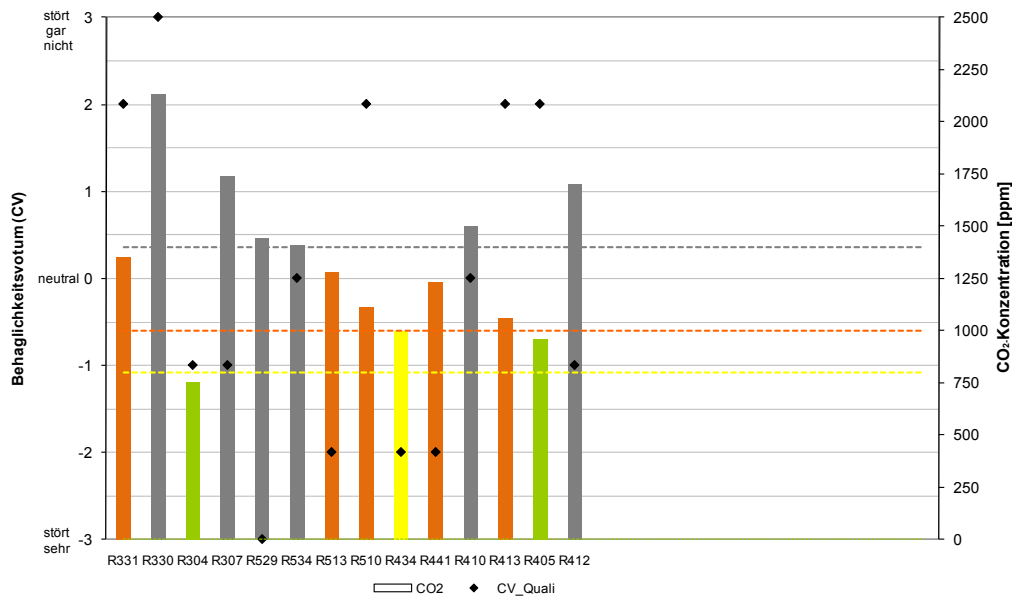


Abbildung 98 CO<sub>2</sub> – Konzentrationen in den Büros (Winter)

In der Übergangszeit und im Sommer lag der Mittelwert der CO<sub>2</sub>-Konzentration bei 895 bzw. 699 ppm und damit überwiegend im akzeptablen (B) bzw. guten Bereich (A).

In Abbildung 99 sind die Messergebnisse zur CO<sub>2</sub>-Konzentration zusammenfassend dargestellt. Die hohen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen reflektieren auch das Lüftungsverhalten der Nutzer, das bei den Messungen miterfasst wurde. Während der Messungen im Winter waren 21%, in der Übergangszeit 88% und im Sommer 81% der Räume, belüftet.

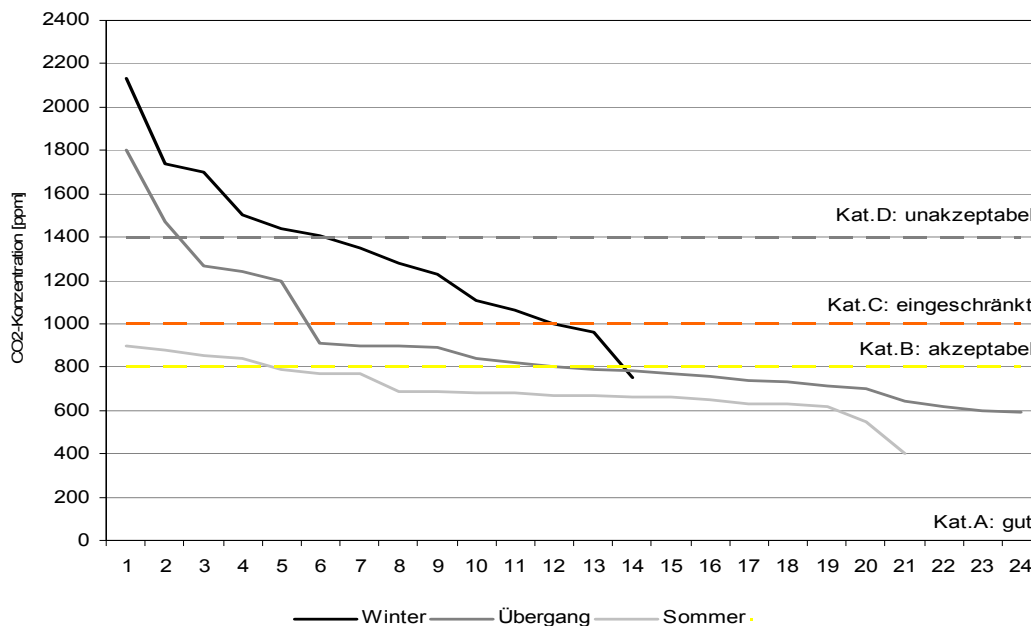


Abbildung 99 Anzahl aller Messungen und Verteilung der CO<sub>2</sub>-Konzentration

TU Braunschweig  
**Institut für Gebäude-  
 und Solartechnik**  
 Mühlenpfordtstr. 23  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel.: 0531 / 391 - 3555  
 Fax: 0531 / 391 - 8125  
 e-mail: igs@tu-bs.de  
 www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
 Zimmerstr. 24b  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel.: 0531 / 391-3635  
 Fax: 0531 / 391-3636

Abbildung 100 zeigt den Mittelwert der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Messwerte im neuen Regionshaus im Vergleich zu den entsprechenden Werten von 21 Bürogebäuden, die in den Forschungsprojekten EVA [Plesser, 2003] und TwinSkin [Fisch; Huckemann et al., 2008] gemessen wurden .

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

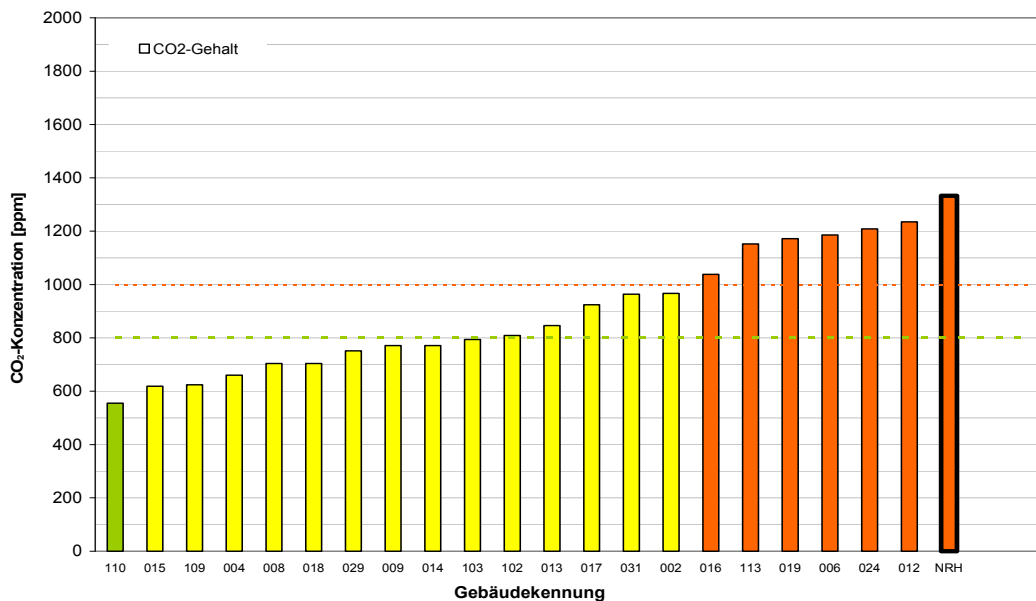


Abbildung 100 Vergleich des Mittelwerts der CO<sub>2</sub>-Konzentration der NRH mit anderen Gebäuden

Der Wert für das Regionshaus ist mit 1.333 ppm höher als die Vergleichswerte. Er liegt in Kategorie C, in der auch sechs weitere Gebäude ohne mechanische Belüftung liegen.



## 7.2 Nutzerbefragungen (Bearbeitung Universität Magdeburg)

Neben technischen Messungen sind die Bewertungen und Erfahrungen von Gebäudenutzern eine wichtige Informationsquelle für die Gebäudeevaluation. An verschiedenen Punkten zwischen der Planung und der Nutzung von Gebäuden, können Evaluationsmethoden helfen, die Gebäude-Performance zu verbessern [Walden, 2008]. Zu diesen Methoden zählen die User-Needs-Analysis (UNA; dt.: Nutzerbedürfnisanalyse) und die Post-Occupancy Evaluation (POE; dt. Evaluation nach Ingebrauchnahme).

„Die User-Needs-Analysis erfasst möglichst früh die Bedürfnisse, Wünsche und Vorlieben der Nutzer.“ [Schuemer; Dieckmann et al., 1998] Methodisch kommen bei der Nutzerbedürfnisanalyse, genau wie bei der Post-Occupancy-Evaluation empirische Verfahren zum Einsatz wie z.B. Interviews oder Befragungen.

Mit Hilfe der POE kann die Gebäudeperformanz nach technischen, funktionalen und Verhaltens- bzw. psychologischen Elementen aus Nutzersicht bewertet werden [Preiser and Vischer, 2005].

Der Nutzerkomfort stand bereits im Fokus verschiedenster deutscher und internationaler Post-Occupancy Evaluations. [Gossauer, 2008] hat sich mit der Nutzerzufriedenheit in insgesamt 17 Bürogebäuden in Deutschland befasst. Hierbei traten signifikante, jahreszeitliche Unterschiede bei der Bewertung des thermischen Komforts auf. Die Nutzer waren im Sommer weniger zufrieden mit der Raumtemperatur als im Winter. Eine Abhängigkeit vom Gebäudetyp hat sich insofern gezeigt, als „dass die Raumtemperatur in den nicht zusätzlich gekühlten Gebäude im Mittel als zu warm empfunden wird.“ (S.32). Dabei haben die objektiven Messungen der Raumtemperatur in den meisten Gebäuden keine Abweichungen vom Komfortbereich der ISO 7730 ergeben. Im Auftrag des „Center For The Built Environment“ (CBE) wurden in einer großangelegten Studie, Nutzer von 215 Bürogebäuden in Nordamerika und Finnland zur Zufriedenheit bezüglich des Innenraumklimas befragt [Huizenga; Abbaszadeh et al., 2006]

Dabei haben sich drei Problembereiche aufgetan: thermischer Komfort, Luftqualität [Huizenga; Abbaszadeh et al., 2006] und Akustik [Jensen; Smith et al., 2004]. In nur 11% der Gebäude waren die Mehrheit der Nutzer (mind. 80%) mit der wahrgenommenen Raumtemperatur zufrieden. Über alle Gebäude hinweg waren 32% der Nutzer unzufrieden mit der Luftqualität. Diese Gruppe der Unzufriedenen wurde im Detail dazu befragt, was sie an der Innenraumluft genau stört. „Stickige Luft“ (74%), „unsaubere Luft“ (67%) und „Geruchsbelästigungen“ (51%) waren die Hauptprobleme. Schlechte Gerüche waren hier vor allem auf Essen, Teppichboden oder Mobiliar und auf die Anwesenheit anderer Personen zurückzuführen. Komponenten der Nutzerzufriedenheit mit der Akustik in Bürogebäuden sind die Lautstärke (noise level) und die Möglichkeiten zur privaten Gesprächsführung [Jensen; Smith et al., 2004]. Die Befragungsteilnehmer (N=23.450) waren dabei signifikant ( $p < 0.01$ ) zufriedener mit der Lautstärke als mit der „speech privacy“. Wie die dargelegten Beispielstudien zeigen, wurde die POE bisher ausschließlich zur Erhebung der Nutzerzufriedenheit genutzt, also der „Ist-Zustand“ ermittelt. Ziel der Forschungsarbeit am Neuen Regionshaus Hannover war es dagegen, über die reine Feststellung des Komforts hinaus, den Effekt von Maßnahmen (Interventionen) zur Verbesserung des Gebäudekomfort zu bewerten (siehe Interventionen).

### 7.2.1 Grundlagen und Methodik

Im Folgenden werden zunächst einige allgemeine statische Verfahren erläutert. Anschließend wird die Durchführung der Nutzerbefragungen am Regionshaus und die Methodik der Analyse und Evaluation beschrieben.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636





### 7.2.1.1 Grundlagen zur Statistik

Im Folgenden werden die wichtigsten verwendeten statistischen Verfahren zusammenfassend in Anlehnung an [Diehl and Staufenbiel, 2007], erklärt.

#### Deskriptive Statistik

Der durchschnittliche Antwortwert bildet den *Mittelwert (M)*. Ein Mittelwert von vier entspricht bei den hier (fast ausschließlich) verwendeten siebenstufigen Skalen einer neutralen Bewertung. Die *Standardabweichung (SD= Standard Deviation)* gibt die durchschnittliche Abweichung von dem bestimmten Mittelwert an.

#### Unterschiedstestung [Diehl and Staufenbiel, 2007]

Mit einem *Chi Quadrat-Test* wird überprüft, ob eine beobachtete Häufigkeitsverteilung signifikant von einer erwarteten (theoretischen) Häufigkeitsverteilung abweicht. Genutzt wird dieses Verfahren vor allem, um zu prüfen, ob die Verteilung eines Merkmals einer Gleichverteilung entspricht. Der Chi Quadrat-Test kann bereits bei nominalskalierten Daten angewendet werden.

Können Daten in Rangreihen geordnet werden (ordinal skalierte Daten z.B. Altersgruppen), so bietet sich die Anwendung eines *Kruskall-Wallis-Tests* an. Hierbei wird auf signifikante Unterschiede zwischen den mittleren Rängen von mehr als zwei unabhängigen Stichproben getestet. Ein nah verwandtes Verfahren ist der *Mann-Whitney-U-Test*, der allerdings zwei unabhängige Stichproben bezüglich der mittleren Ränge überprüft.

Die *Einfaktorielle Varianzanalyse (Anova)* wird genutzt, um auf signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen unabhängigen Stichproben hin zu testen. Voraussetzung ist unter anderem das Vorliegen metrischer Daten.

*Signifikante Ergebnisse* liegen vor, wenn sie überzufällig sind. Ist ein Ergebnis nur mit einer Wahrscheinlichkeit von unter 5% ( $p < 0.05$ ), oder unter 1% ( $p < 0.01$ ) zufällig zustande gekommen, bezeichnet man es als signifikant (bedeutsam). Alle anderen Ergebnisse können als Tendenzen interpretiert werden, sind dabei aber nicht gegen den Zufall abgesichert.

#### Skalenkennwerte

*Cronbachs alpha* ist ein Maß der internen Konsistenz eines Skalensummscores, der über mehrere Items gebildet wurde.

### 7.2.1.2 Grundlage der Nutzerbefragungen, Durchführung und Methodik

Die Befragungen wurden onlinegestützt nach dem Bezug des Neuen Regionshaus Hannovers durchgeführt. An drei Messzeitpunkten wurde jeweils eine Ankündigungsemail mit einer entsprechenden Teilnahmeaufforderung an die Mitarbeiter des Verwaltungsgebäudes gesendet. Diese Aufforderung wurde noch einmal mit dem Hinweis auf das jeweilige Ende des Befragungszeitraumes wiederholt bzw. kurz vor Ablauf als Erinnerung (Befragungszeitraum jeweils 3 Wochen). Die Gebäudenutzer wurden innerhalb eines Jahres (2007/2008) rückwirkend zu den Sommer- und Wintermonaten befragt, siehe Tabelle 40.

Tabelle 40 Überblick Befragungszeiträume

Messzeitpunkt	t1	t2	t3
Befragungsmonat	August 2007	März 2008	August 2009
Nutzer wurden befragt zu (rückblickende Einschätzung)	Sommer	Winter	Sommer

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



Für die durchgeführten Post Occupancy Evaluations (POE) des Verwaltungsgebäudes wurde als Messinstrument ein standardisierter Fragebogen entwickelt. Das Messinstrument umfasste geschlossene, halboffene und offene Fragen. Zum Großteil wurden die geschlossenen Fragen anhand siebenstufiger Antwortskalen erfasst. Im ersten Themenkreis wurden soziodemographische Angaben und Informationen zum Arbeitsplatz der Nutzer erfasst.

Eine weitere Themenkategorie stellte die „Komfortbewertung“ dar, wobei die Mitarbeiter entsprechende Angaben zu Wohlbefinden und Präferenzen machen sollen. Dabei wurden für die Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit ASHRAE-Skalen [ASHRAE and Standard, 2004] verwendet. Die Fragen nach der Geruchseinschätzung und der Lichtsituation sind angelehnt an entsprechende Fragen aus dem Forschungsprojekt „Twin-Skin“ [Huckemann; Plesser et al., 2008], welches sich mit der Mensch-Technik Interaktion von Doppelfassaden beschäftigt hat [Schweizer-Ries; Linneweber et al., 2008]. Außerdem bilden die Bewertungen der durchgeführten Interventionen (Informationsgespräche, Nutzerhandbuch, Serviceportal) einen weiteren Bestandteil des Messinstruments. Zudem umfasst der Fragebogen Items, die das energierelevante Verhalten der Nutzer thematisieren (Lüftungsverhalten; siehe Interventionen).

Die Auswertung der quantitativen Daten aus den Nutzerbefragungen erfolgte mit Hilfe der Statistik- und Auswertungssoftware „SPSS für Windows“ (Version 15.0.1). Neben der deskriptiven Auswertung werden Korrelationsverfahren und Verfahren zur Signifikanzprüfung angewendet (Zusammenfassende Darstellung der statistische Kennwerte und Verfahren siehe unten).

Eine geplante User-Needs-Analysis (Bedürfnisanalyse von Gebäudenutzern) konnte nicht vor dem Bezug des Neubaus (April 2007) umgesetzt werden. Erst innerhalb der ersten Nutzungswochen wurden die Mitarbeiter bezüglich ihres Wissens, Erwartungen und Einstellungen in relevanten Themenbereichen (Umweltbewusstsein, Informationsbedürfnis, Handlungsbereitschaft etc.) befragt. Auf Grund der geringen Beteiligung konnten keine belastbaren Schlüsse aus der webbasierten Umfrage gezogen werden.

An den durchgeführten Nutzerbefragungen haben zwischen 84 und 127 Personen teilgenommen (siehe Tabelle 41), wobei im Durchschnitt 66,7 Datensätze je Messzeitpunkt in die Auswertung einbezogen wurden (ca. 22% der 300 Mitarbeiter). Ein Auswahlkriterium hierfür war die „Vollständigkeit“, was hier heißt, dass nicht mehr als ein Item einer relevanten thematischen Itemgruppe (z.B. „Angaben zur Fensternutzung“) unbeantwortet sein durfte. Insgesamt hat sich somit für die Untersuchung eine Gesamtstichprobengröße von N= 200 ergeben.

Tabelle 41 Anzahl der Datensätze

Messzeitpunkt	t1 Sommer	t2 Winter	t3 Sommer	gesamt
Anzahl der gewerteten Teilnehmer (Anzahl aller Teilnehmer)	67 (127)	69 (106)	64 (84 )	200 (317)

Von den Nutzern selbst wurde optional ein anonymer, vierstelliger Buchstabencode erstellt, mit dessen Hilfe die Teilnahme einzelner Personen an den drei Befragungen nachvollziehbar war (siehe Fragebogen im Anhang). Betrachtet man die sich daraus ergebene Verteilung über die verschiedenen Erhebungszeitpunkte wird deutlich, dass sich nur wenige Nutzer kontinuierlich an allen Befragungen beteiligt haben: Lediglich 6,5% aller Personen der Gesamtstichprobe haben an allen Befragungen teilgenommen und nur 1,5%-5,5% an zwei Befragungen (siehe Tabelle 42). Die Stichprobe setzt sich demnach über alle Messzeitpunkte relativ heterogen aus verschiedenen Mitarbeitern des Verwaltungsgebäudes zusammen (17%-20,5% einmalige Befragungsteilnahme). In der weiteren Analyse der Daten werden die Datensätze, gruppiert nach Messzeitpunkten, deshalb als unabhängige Stichproben behandelt und entsprechende Auswertungsmethoden angewandt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Tabelle 42 Befragungsteilnahme

Messzeitpunkt	t1,t2, t3	t1, t2	t2, t3	t1, t3	nur t1	nur t2	nur t3
N	13	10	11	3	41	34	35
N %	6,5	5	5,5	1,5	20,5	17	17,5

Um die Vergleichbarkeit dieser „Messzeitgruppen“ (t1-t3) nachzuweisen, wird im Folgenden für jede Variable sowohl die deskriptive Statistik, als auch das Ergebnis der entsprechenden Unterschiedstestung dargestellt.

Zu allen drei Messzeitpunkten war der Anteil von Männern und Frauen ausgeglichen (Männer= 46,3%-50,0%; Frauen = 50%-53,7%; siehe Tabelle 43). Dementsprechend zeigte sich kein Unterschied in der Geschlechterverteilung zwischen den Erhebungen.

Tabelle 43 Geschlechterverteilung

Geschlecht	t1 Sommer (N=67)	t2 Winter (N=69)	t3 Sommer (N=64)	Teststatistik (Test auf Unterschiede zwischen Messzeitpunkten t1-t3)	Signifikanz (zweiseitig)
männlich	46,3%	50,0%	48,4%	Chi-Quadrat-Test  Chi-Quadrat=0,187  df=2	.911
weiblich	53,7%	50,0%	51,6%		

Da das Alter der Gebäudenutzer kategorial erfasst wurde (dies diente dem Anonymitätsschutz; siehe Messinstrument), kann eine Verteilung lediglich über bestimmte Altersbereiche (siehe

Tabelle 44) dargestellt werden. Die meisten Nutzer befanden sich in der Altersspanne 36-45 Jahre (29%-34,4%) und 46-55 Jahre (33,3%-40,6%). Relativ wenige der Befragten waren zwischen 26 und 35 Jahre alt (9,4%-14,5%), sowie über 55 Jahre alt (12,4%-25%). Weniger als 3,1% der Gebäudenutzer waren unter 25 Jahre. Auch bezüglich ihres Alters unterscheiden sich die „Messzeitgruppen“ nicht überzufällig voneinander.

Tabelle 44 Altersverteilung

Alter der Nutzer (in Jahren)	t1 Sommer (N=67)	t2 Winter (N=69)	t3 Sommer (N=64)	Teststatistik (Test auf Unterschiede zwischen Messzeitpunkten t1-t3)	Signifikanz (zweiseitig)
unter 25	0,0%	1,4%	3,1%	<b>Kruskal-Wallis-Test</b> Chi-Quadrat=0,283 df=2	.838
26-35	14,9%	14,5%	9,4%		
36-45	31,3%	29,0%	34,4%		
46-55	37,3%	33,3%	40,6%		
über 55	16,4%	21,7%	12,5%		

## 7.2.2 Ergebnisse

Nachdem die Stichprobe beschrieben wurde, folgt nun die Darstellung der Ergebnisse zu den erhobenen Komfortaspekten. Zunächst werden die Einschätzungen der Gebäudenutzer (gruppiert nach Messzeitpunkten) zu jedem Komfortbereich dargestellt. Ein anschließender Vergleich zwischen den Messzeitpunkten soll mögliche Veränderungen innerhalb des Jahresverlaufs sichtbar zu machen und statistisch absichern. Komplettiert werden die Einschätzungen der Nutzer zu einzelnen Komfortparametern durch entsprechende Bewertungen: So wird in grafischen Ergebnisübersichten (Boxplots) die Zufriedenheit der Befragungsteilnehmer abgetragen. Auch hierzu erfolgt der statistische Vergleich zwischen den Messzeitpunkten.

### 7.2.2.1 Raumtemperatur

Zu allen drei Messzeitpunkten entschieden sich die meisten Nutzer für die Einschätzung der Raumtemperatur als „neutral“, siehe Tabelle 45. Der größte Anteil neutraler Bewertungen kam im Winter (t2) zustande (68,1%; im Sommer waren es 31,3%-37,5%). Insgesamt zeigt sich, dass die Raumtemperatur im Sommer eher als warm empfunden wurde ( $M_{t13}=4,43-4,61$ ) und dabei etwas stärker variieren als im Winter ( $SD_{t13}= 1,15-1,2$ ;  $SD_{t2}= 0,73$ ). Entsprechend dem hohen Anteil „neutraler“ Einzelbewertungen durch die Befragungsteilnehmer, ergibt sich für den Winter eine Gesamtbewertung im neutralen Bereich ( $M_{t2}= 4,1$ ). Hier gaben nur 11,6% die Innenraumtemperatur als „etwas kühl“ oder als „kühl“ an.

Tabelle 45 Raumtemperatur über alle Messzeitpunkte

Einschätzung Raumtemperatur	t1 Sommer (N=67)	t2 Winter (N=69)	t3 Sommer (N=64)
Mittelwert (M)	4,43	4,1	4,61
Standardabweichung (SD)	1,2	0,73	1,15
1 kalt	0	0	0
2 kühl	6,0%	2,9%	4,7%
3 etwas kühl	14,9%	8,7%	7,8%
4 neutral	31,3%	68,1%	37,5%
5 etwas warm	28,4%	15,9%	25,0%
6 warm	16,4%	4,3%	21,9%
7 heiß	3,0%	0	3,1%

Die Unterschiede in der Einschätzung der Raumtemperatur zwischen dem ersten und zweiten Messzeitpunkt (Sommer und Winter), sowie zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt (Winter und Sommer) sind signifikant ( $p_{t1t2} < .05$ ;  $p_{t2t3} < .01$ ; siehe Tabelle 46). Dagegen unterscheidet sich die Bewertung des thermischen Komforts in den beiden Sommerbefragungen nicht bedeutsam voneinander.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Tabelle 46 Unterschiedstestung Raumtemperatur

verglichene Messzeitpunkte	Teststatistik (Mann-Whitney-U-Test)	
	Mann-Whitney-U	Signifikanz (zweiseitig)
t1 und t2	1877,5	.042
t1 und t3	1972,0	.412
t2 und t3	1581,0	.002

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Nach der Zufriedenheit mit der Raumtemperatur befragt, fielen die Antworten ebenfalls entsprechend den Jahreszeiten unterschiedlich aus. Im Winter fanden die Gebäudenutzer die Raumtemperatur eher angenehm ( $M=4,84$ ) und waren sich darin auch eher einig ( $SD=1,5$ ). Weder besonders angenehm noch unangenehm fanden die Befragungsteilnehmer die Raumtemperatur im Sommer ( $M_{t1t3}=3,94-4,09$ ). Dabei variierten hier die Meinungen etwas stärker ( $SD_{t1t3}=1,77$ ).

Parallel zur Einschätzung der Raumtemperatur unterschied sich auch die Zufriedenheit signifikant mit dieser im direkten Sommer-Winter-Vergleich (siehe Abbildung 101 und Tabelle 47).

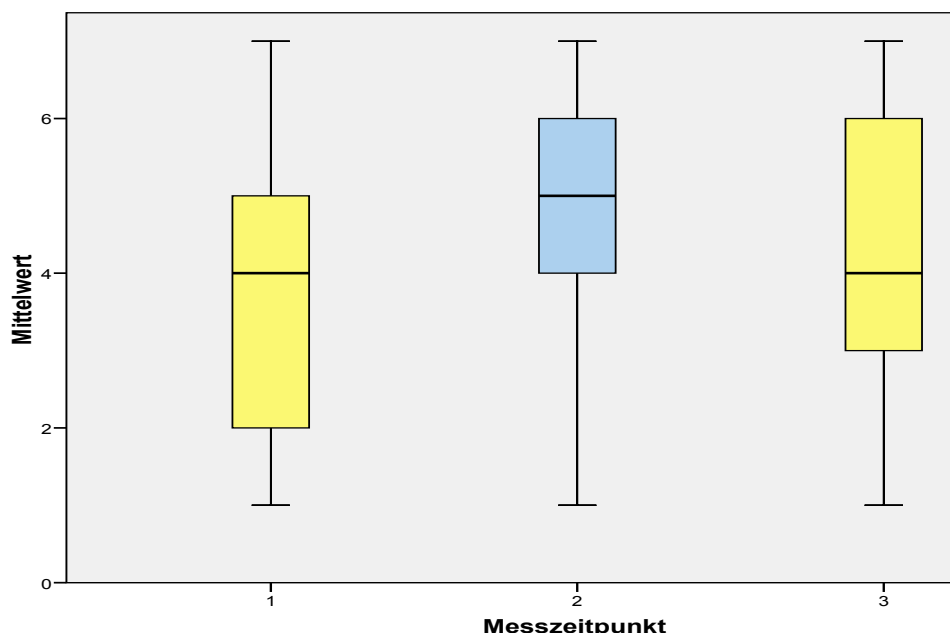


Abbildung 101 Boxplot Zufriedenheit Raumtemperatur nach Messzeitpunkten<sup>53</sup>

<sup>53</sup> Angegeben sind arithmetische Mittelwerte (dicke Querstriche); maximale bzw. minimale Antwortwerte (Balkenenden) der siebenstufigen Skala: „ Die Raumtemperatur empfinde ich im Sommer/ Winter insgesamt als: sehr unangenehm (1) - sehr angenehm (7)“. Messzeitpunkt 1= Sommer; Messzeitpunkt 2= Winter; Messzeitpunkt 3=Sommer.

**Tabelle 47 Unterschiedstestung Zufriedenheit Raumtemperatur**

verglichene Messzeitpunkte	Teststatistik (Mann-Whitney-U-Test)	
	Mann-Whitney-U	Signifikanz (zweiseitig)
t1 und t2	1590,5	.002
t1 und t3	2007,5	.622
t2 und t3	1629,5	.008

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 7.2.2.2 Geruchsbelästigung

Die Ergebnisse zu der Frage nach „Geruchsbelästigungen“ sind in

Tabelle 48 dargestellt. Zu allen Messzeitpunkten haben relativ wenige Personen gar keine störenden Gerüche in ihren Büroräumen wahrgenommen (1,5%-7,2%; Antwortwert 1: „gar nicht“). Die Antwortverteilung variiert stark (SD=1,62-1,92). Die Wahrnehmung von Geruchsbelästigungen am Arbeitsplatz hat jedoch insgesamt vom ersten bis zum zweiten Sommer abgenommen. Im ersten Sommer (t1) hat sich noch ein relativ großer Mittelwert von 5,37 ergeben, ab dem Winter (t2) ist dieser dann kontinuierlich kleiner geworden ( $M_{t2}=4,71$ ;  $M_{t3}=4,44$ ).

**Tabelle 48 Wahrnehmung „störender Gerüche“ über alle Messzeitpunkte**

„An meinem Arbeitsplatz kommt es zu Geruchsbelästigungen:“	t1 (N=67)	t2 (N=69)	t3 (N=64)
Mittelwert (M)	5,37	4,71	4,44
Standardabweichung (SD)	1,62	1,91	1,77
1 gar nicht	1,5%	7,2%	6,3%
2	7,5%	13,0%	14,1%
3	9,0%	8,7%	12,5%
4	6,0%	5,8%	4,7%
5	11,9%	18,8%	31,3%
6	38,8%	30,4%	21,9%
7 sehr stark	25,4%	15,9%	9,4%

Bei genauerer Analyse der Antworthäufigkeiten ergibt sich, dass trotz der Veränderungen sich noch immer die Mehrheit der Befragungsteilnehmer von Gerüchen belästigt fühlt (Antwortwert 5-7: Im ersten Sommer (t1) sind es 76,1%, im Winter (t2) 65,1% und im zweiten Sommer (t3) 62,6% der Mitarbeiter, die störende Gerüche wahrnehmen). Die Veränderung vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt und vom ersten zum dritten Messzeitpunkt sind signifikant ( $p_{t1t2}<.05$ ;  $p_{t1t3}<.01$ ; siehe Tabelle 49).

**Tabelle 49 Unterschiedstestung „störende Gerüche“**

verglichene Messzeitpunkte	Teststatistik (Mann-Whitney-U-Test)	
	Mann-Whitney-U	Signifikanz (zweiseitig)
t1 und t2	1824,5	.029
t1 und t3	1416,5	.001
t2 und t3	1953,5	.242

### 7.2.2.3 Tageslicht

Ebenfalls auffällige Ergebnisse zeigten sich bei der Frage nach der Helligkeit in den Büroräumen: insgesamt 60,5% der Befragungsteilnehmer empfanden ihre Büros allein durch Tageslichteinwirkung im ersten Sommer (t1) eher als dunkel (vgl. Tabelle 50).

**Tabelle 50** Wahrnehmung Tageslicht über alle Messzeitpunkte

„Mein Büro empfinde ich allein durch die Tageslichteinwirkung als:“	t1 (N=66)	t2 (N=69)	t3 (N=64)
Mittelwert (M)	5,18	4,75	4,68
Standardabweichung (SD)	1,44	1,34	1,46
1 viel zu hell	0,0%	0,0%	0,0%
2	3,0%	2,9%	3,2%
3	7,6%	10,1%	15,9%
4	28,2%	42,0%	39,7%
5	13,6%	13,0%	11,1%
6	22,7%	17,4%	11,1%
7 viel zu dunkel	24,2%	14,5%	19,0%

Dagegen waren es in den beiden darauffolgenden Befragungen nur noch 44,9% (t2) beziehungsweise 41,2 (t3). Hier empfanden die meisten Nutzer die Büroräume weder zu hell noch zu dunkel. Zwischen dem ersten und zweitem Sommer (t1 und t3) hat sich somit ein signifikanter Unterschied in der Einschätzung der Helligkeit durch Tageslichteinwirkung ergeben ( $p_{t13} < .05$ ; siehe Tabelle 51).

**Tabelle 51** Unterschiedstestung Tageslichteinwirkung

verglichene Messzeitpunkte	Teststatistik (Mann-Whitney-U-Test)	
	Mann-Whitney-U	Signifikanz (zweiseitig)
t1 und t2	1876,5	.069
t1 und t3	1666,5	.045
t2 und t3	2081	.660

Entsprechend diesen Befunden waren die Befragungsteilnehmer am zweiten und dritten Messzeitpunkt zufriedener ( $M_{t2}=3,70$ ;  $M_{t3}=3,91$ ) mit der Helligkeit in den Büroräumen, als am Ersten ( $M_{t1}=3,39$ ; siehe Abb. 2). Die Standardabweichung bewegte sich dabei zwischen 1,6 (t3) und 1,95 (t2). Eine statistisch bedeutsame Verbesserung der Nutzerzufriedenheit bezüglich der Helligkeit durch Tageslichteinwirkung hat sich im direkten Vergleich zwischen den Befragungszeitpunkten allerdings nicht ergeben (vergl. Abbildung 102 und Tabelle 52).

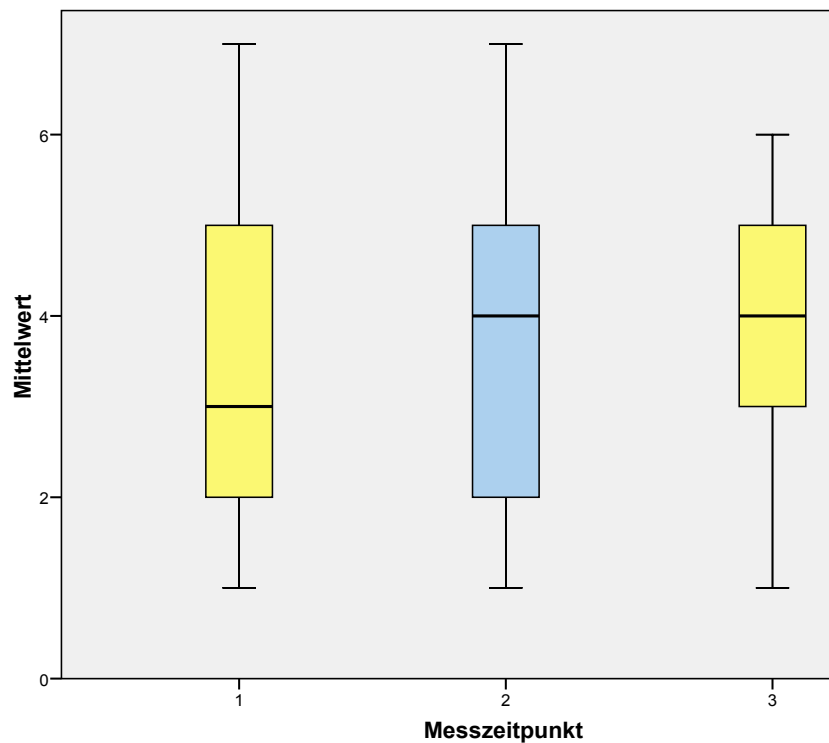


Abbildung 102 Boxplot Zufriedenheit Tageslichteinwirkung nach Messzeitpunkten<sup>54</sup>

Tabelle 52 Unterschiedstestung Zufriedenheit Tageslichteinwirkung

verglichene Messzeitpunkte	Teststatistik (Mann-Whitney-U-Test)	
	Mann-Whitney-U	Signifikanz (zweiseitig)
t1 und t2	2014,0	.376
t1 und t3	1439,5	.083
t2 und t3	1750,0	.452

#### 7.2.2.4 Raumakustik

Bei der Bewertung der Akustik im Neuen Regionshaus wurde zwischen den Büroräumen und den Fluren differenziert. Die Nutzer empfanden die Akustik in ihren Büros im Mittel eher nicht als unangenehm ( $M=2,87-3,53$ ;  $SD=1,77-1,97$ ; siehe Tabelle 53). Einen bedeutsamen Unterschied zwischen den Messzeitpunkten hat es zwischen dem ersten Sommer (t1) und dem Winter (t2) gegeben: die Akustik in den Büroräumen wurde von den Befragungsteilnehmern im Winter als angenehmer bewertet ( $p_{t12} < .05$ ; siehe Tabelle 51).

<sup>54</sup> Angegeben sind Mittelwerte (dicke Querstriche) der siebenstufigen Skala: „Die Tageslichteinwirkung empfinde ich als sehr unangenehm (1) - sehr angenehm (7)“. Messzeitpunkt 1=Sommer; Messzeitpunkt 2=Winter; Messzeitpunkt 3=Sommer



Tabelle 53 Wahrnehmung Akustik Büroräume über alle Messzeitpunkte

„Die Akustik in meinem Büro empfinde ich als unangenehm:“		t1 (N=66)	t2 (N=68)	t3 (N=63)
Mittelwert (M)		3,53	2,87	3,19
Standardabweichung (SD)		1,97	1,77	1,81
1	gar nicht	19,7%	30,9%	22,2%
2		18,2%	23,5%	25,4%
3		16,7%	11,8%	6,3%
4		10,6%	4,4%	19,0%
5		12,1%	20,6%	14,3%
6		15,2%	8,8%	9,5%
7	sehr stark	7,6%	0,0%	3,2%

Tabelle 54 Unterschiedstestung Akustik Büroräume

verglichene Messzeitpunkte	Teststatistik (Mann-Whitney-U-Test)	
	Mann-Whitney-U	Signifikanz (zweiseitig)
t1 und t2	1797,0	.043
t1 und t3	1877,0	.334
t2 und t3	1930,0	.318

Dagegen hat die Akustik im Flurbereich vor den Büroräumen etwas schlechter abgeschnitten (M=4,3-4,8), bei einer großen Variation zwischen den Bewertungen (1,9-2,1; vgl. Tabelle 55). Die Unterschiede in der Akustikbewertung des Flurbereichs sind jedoch nicht signifikant (siehe Tabelle 55).

Tabelle 55 Wahrnehmung Akustik Flurbereich über alle Messzeitpunkte

„Die Akustik im Flurbereich vor meinem Büro empfinde ich als unangenehm:“		t1 (N=66)	t2 (N=69)	t3 (N=63)
Mittelwert (M)		4,8	4,55	4,33
Standardabweichung (SD)		1,9	2,1	2,1
1	gar nicht	7,6%	11,6%	12,7%
2		9,1%	15,9%	17,5%
3		6,1%	4,3%	7,9%
4		22,7%	11,6%	9,5%
5		6,1%	10,1%	12,7%
6		24,2%	23,2%	17,5%
7	sehr stark	24,2%	23,2%	22,2%

**Tabelle 56** Unterschiedstestung Akustik Flurbereich

verglichene Messzeitpunkte	Teststatistik (Mann-Whitney-U-Test)	
	Mann-Whitney-U	Signifikanz (zweiseitig)
t1 und t2	2151,0	.572
t1 und t3	1838,0	.249
t2 und t3	2056,0	.587

### 7.2.2.5 Sonnen-/ Blendschutz

Über die Komfortbewertung hinaus hatten die Mitarbeiter des Neuen Regionshaus Hannover die Möglichkeit den installierten Sonnen-/ Blendschutz zu beurteilen. Die Aspekte „Handhabbarkeit“, „Nützlichkeit“ und „Kontrollierbarkeit des Tageslichtes“ wurden für die Auswertung in eine siebenstufige Bewertungsskala übertragen (1=sehr gut; 7=sehr schlecht).

In Tabelle 57 ist eine Zusammenfassung über die Mittelwerte, Standardabweichung und Reliabilitätskoeffizienten der drei Messzeitpunkte dargestellt. Obwohl die Zufriedenheit mit dem Sonnen-/ Blendschutz bei den Befragungsteilnehmern im Verlauf des Jahres weiter zugenommen hat, unterscheiden sich die Messzeitgruppen in diesem Aspekt nicht signifikant (vgl. Tabelle 58). Insgesamt sind die Gebäudenutzer mit dem Sonnen-/ Blendschutz eher zufrieden.

**Tabelle 57** Bewertung Sonnen-/ Blendschutz über alle Messzeitpunkte

Skala: Bewertung Sonnen-/ Blendschutz	t1 (N=64)	t2 (N=63)	t3 (N=60)
Mittelwert (M)	3,50	3,12	2,90
Standardabweichung (SD)	1,61	1,55	1,67
Cronbachs Alpha (Reliabilität)	.695	.714	.806

**Tabelle 58** Oneway Anova Bewertung Sonnen-/ Blendschutz

	Quadratsumme	Freiheitsgrade (df)	Mittel der Quadrate	F-Wert	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	11,47	2	5,74	2,20	0.114
Innerhalb der Gruppen	480,36	184	2,61		
Gesamt	491,83	186			



### 7.3 Fazit Nutzerkomfort

Insgesamt belegen die technischen Messungen, dass der Komfort im Gebäude weitgehend gut ist. Auch die Befragungen zeigen keine erhebliche Unzufriedenheit auf.

Die Langzeit-Messungen zur Raumtemperatur zeigten sowohl für den Winter als auch für den Sommer gute Werte. Im Winter lagen während der Nutzungszeit rund 70 % der Messwerte für die Raumtemperatur zwischen 21 und 23°C (Kategorie A nach DIN EN ISO 7730), ca. 20 % liegen unterhalb von 21°C.

Hinsichtlich der Anforderungen der DIN 4108, die einen Anteil von 10 % der Jahres-Nutzungsstunden oberhalb von 26°C zulässt, kam es in den Jahren 2008 und 2009 also zu keiner nennenswerten sommerlichen Überhitzung. Im Sommer lagen 2-4% der Werte während der Nutzungszeit über 26°C. Nur in 3 Räume wurden Raumtemperaturen von mehr als 26°C in mehr als 5 % der Jahresnutzungszeit mit einem Höchstwert von 9,5 % festgestellt.

Die Grenzwerte zur sommerlichen Überhitzung der Funktionalen Leistungsbeschreibung wurden in fast allen Räumen eingehalten.

Die Kurzzeit-Messungen zeigen ebenfalls weitgehend unkritische Messwerte. Die einzige festgestellte Beeinträchtigung des Innenraumklimas betrifft die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft im Winter. In der FLB waren eine Fensterlüftung und der Verzicht auf eine mechanische Lüftung der Büros vorgegeben. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration war entsprechend nicht explizit begrenzt bzw. als funktionale Vorgabe definiert. Im Betrieb lag sie mit Werten zwischen 750 ppm und 2130 ppm teilweise im eingeschränkten, zum Teil im nicht akzeptablen Bereich. Auch im Vergleich zu anderen Bürogebäuden waren die Werte vergleichsweise hoch.

Dieser Befund kann in zwei Richtungen interpretiert werden. Zum einen zeigt er, dass der Komfort in dieser Hinsicht im Betrieb teilweise eingeschränkt war. Zum anderen bestätigt er aber auch in einzelnen Räumen, dass es bei richtigem Nutzerverhalten *möglich* ist, mit der Fensterlüftung eine ausreichende Luftqualität herzustellen. Für zukünftige Projekte ist die individuelle Interpretation dieses Befunds – sowohl in Bezug auf die technische Konzeption von Gebäuden, als auch hinsichtlich der Anforderungen an das Nutzerverhalten – eine Grundsatzentscheidung für die Entwicklung von Energiekonzepten für Bürogebäude.

Im Rahmen der Nutzerbefragungen hatten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Möglichkeit, ihre subjektive Einschätzung der Komfortparameter zu dokumentieren. Erwartungsgemäß unterschied sich die Bewertung der wahrgenommenen Raumtemperatur jahreszeitlich. Etwa die Hälfte aller Gebäudenutzer empfand die Temperatur als eher warm („etwas warm“ bis „heiß“). Weder besonders warm noch kalt („neutral) fanden 31%-38% der Mitarbeiter die Raumtemperatur im Sommer. „Neutrale“ Bewertungen machten im Winter sogar den größten Anteil aus (68%). Eher als kalt empfanden nur 12% der Gebäudenutzer die Raumtemperatur im Winter. Daraus kann geschlossen werden, dass Raumtemperatur im Winter mit Hilfe des Heizsystems trotz sinkender Außentemperaturen in für den Nutzer akzeptabler Weise ausgeglichen werden konnte. Im Sommer dagegen konnte die Erwärmung des Gebäudeinneren durch die bautechnischen Maßnahmen (Dämmung, Sonnen-/Blendschutz, Kühlungssystem) nur in geringerem Maße zur Zufriedenheit der Nutzer verhindert werden.



Aus den Anmerkungen der Mitarbeiter während der Informationsgespräche ist hervorgegangen, dass störende Gerüche wahrgenommen wurden (vgl. Ergebnisse der Informationsgespräche Kapitel 8). Diese Problematik fand sich in den qualitativen Ergebnissen wieder: so haben maximal 7% Nutzer (bezogen auf die einzelnen Messzeitpunkte) keine Geruchsbelästigungen wahrgenommen. In der Wahrnehmungsstärke variierten die Antworten der Mitarbeiter allerdings relativ stark ( $SD=1,9-1,6$ ). Insgesamt nahm die Intensität der Wahrnehmung im Verlauf der drei Messzeitpunkte signifikant ab. Direkt nach Bezug des Gebäudes haben sich die Nutzer demnach am meisten durch Gerüche belästigt gefühlt. Innerhalb eines Jahres haben diese Beeinträchtigungen dann nachgelassen. Zum einen kann dies mit der tatsächlichen Reduktion von möglichen Ausdünstungen aus den verwendeten Materialien zusammenhängen. Andererseits könnte die Aufmerksamkeit auf Merkmale des Raumklimas auch besonders groß gewesen sein. Stressoren können die Wahrnehmung von Raumklimaaspekten verändern. Der Umzug in den Neubau könnte bei einigen Mitarbeitern Belastungen auf Grund der Veränderungen bedingt haben.

TU Braunschweig  
**Institut für Gebäude-  
und Solartechnik**  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



## 8 INTERVENTIONEN

Im Rahmen der Interventionsforschung wird der Versuch unternommen, Verhaltensveränderungen mit Hilfe von Maßnahmen zu erzielen und zu bewerten, die auf verschiedenen Strategien beruhen. Die Wirksamkeit psychologischer Interventionen konnte bezüglich energierelevanten Verhaltens in der gebauten Umwelt nachgewiesen werden [Abrahamse, 2007]. Neben wenigen frühen Studien im Arbeitskontext (z.B. McClelland & Cook 1980), wurden solche Maßnahmen vor allem in Privathaushalten angewendet [Mack, 2007]. Aktuelle Untersuchungen thematisierten die Wirksamkeit von Interventionen im universitären Kontext [Matthies, 2006]. Dabei handelte es sich zwar zum Teil um Bürogebäude, Ergebnisse für den außer-universitären Arbeitskontext liegen derzeit jedoch nur wenige vor [Aronson; Wilson et al., 2004].

Siero und seine Kollegen haben 1996 in einer niederländischen Fabrik eine Maßnahmenkombination erfolgreich durchgeführt [Aronson; Wilson et al., 2004]. So wurden an die Mitarbeiter Aufforderungen herangetragen, wie z.B. die Fenster bei niedrigen Außentemperaturen zu schließen oder das Licht beim Verlassen der Räume auszuschalten. Zusammen mit wöchentlichen Verhaltensrückmeldungen konnte der Anteil von nicht ausgeschaltetem Licht um 27% gesenkt werden.

Mit dem Programm „Energiebewusste RUB- Richtig Heizen und Lüften“, sollte 2006 energieeffizientes Verhalten bei Mitarbeitern und Studenten der Ruhr-Universität-Bochum (RUB) gefördert werden [Matthies, 2006]. Die Nutzer der Universität Bochum wurden auf unterschiedlichste Weise informiert z.B. mit Hilfe von Flyern, einer Website, einem „Infopaket“, Plakaten, Aufklebern und E-Mail-Rundschreiben. Vor den Maßnahmen „Rektorsratsrundschreiben an alle Dekanate“ und Ausstattung der Unterrichtsräume mit Kampagnenpostern und Fensterprompts hat der Anteil gekippter Fenster bei 73% gelegen. Drei Monate später waren es nur 7% (66% weniger gekippte Fenster). In den Campusgebäuden der RUB ist der Anteil gekippter Fenster signifikant um 5,4% gesunken (Messung durch Verhaltensbeobachtung: Rundgänge durch den Gebäudebestand). Subjektive Verhaltensdaten wurden zusätzlich mit Hilfe von Onlinebefragungen erhoben. In der Nachherbefragung (N=966) zum Bürobereich haben 50% der Beschäftigten angegeben, ausschließlich Stoßlüftung durchzuführen. Für die Gruppenarbeitsräume hat sich ergeben, dass nach der Aktion 30 % der RaumnutzerInnen „[...] immer darauf achten, dass ausschließlich stoßgelüftet wird.“ [Matthies, 2006] Das bedeutet eine signifikante Steigerung um 10%. Diese Ergebnisse sprechen für den Erfolg von Informationsstrategien. Kritisch anzumerken ist allerdings, dass bei den Beobachtungsdaten bezüglich der Fensterstellung keine Aussage darüber getroffen wird, wie lange die Fenster geöffnet waren. Damit ist nicht klar, ob es sich dabei tatsächlich um „Dauerlüfter“ gehandelt hat. Genauso wenig wird diskutiert, ob die nicht angekippten Fenster weit geöffnet oder sogar geschlossen sind. Auch bei weit geöffneten Fenstern können Energieverluste auftreten, wenn die Lüftungsdauer länger anhält.

Wie in den meisten Neubauten folgte auch im Regionshaus nach dem Bezug eine Phase der Eingewöhnung. Die Nutzer bezogen ihre Büros, organisierten ihre Arbeitsplätze in neuer Umgebung und neuen Möbeln und machten sich mit dem Gebäude vertraut.

Die Phase der Inbetriebnahme ist sowohl aus betriebstechnischer Sicht wie auch für die Nutzer besonders kritisch. Das Gebäude wird von Planern und Errichtern an Nutzer und Betreiber übergeben. Neue Bedienelemente und Konzepte für den Komfort im Gebäude müssen von den Nutzern erlernt werden. Die Betreiber müssen den Umgang mit den neuen, noch nicht im Betrieb optimierten technischen Anlagen erlernen.

Neben dem passiven, rein überwachenden Monitoring der Gebäudeperformance hinsichtlich Energieeffizienz und Nutzerkomfort wurden deshalb in dieser ersten Phase der Gebäudenutzung so genannte Interventionen durchgeführt, um die Inbetriebnahme aktiv zu unterstützen.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Um das Verständnis und das Verhalten der Nutzer im neuen Gebäude zu unterstützen wurden in den ersten zwei Betriebsjahren insgesamt drei Interventionen durchgeführt. In rund 50 Informationsgesprächen wurde den Nutzern das Energie- und Komfortkonzept im persönlichen Gespräch erläutert. Allen rund 300 Nutzern wurde das Gebäude in einem Nutzerhandbuch vorgestellt. Und schließlich wurde ein Service-Portal im Intranet der Region Hannover installiert, in dem alle Mitarbeiter der Region Hinweise, Mängel oder Servicewünsche zu rund 20 Gebäuden melden konnten.

Im Folgenden werden Konzept und Durchführung sowie Ergebnisse und Erfahrungen zu den Interventionen dargestellt und Empfehlungen für die Anwendung bzw. weitere Forschungsarbeit entwickelt. Aufwand und Kosten der Maßnahme werden als Orientierungswerte dargestellt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 8.1 Interventionen im Regionshaus Hannover

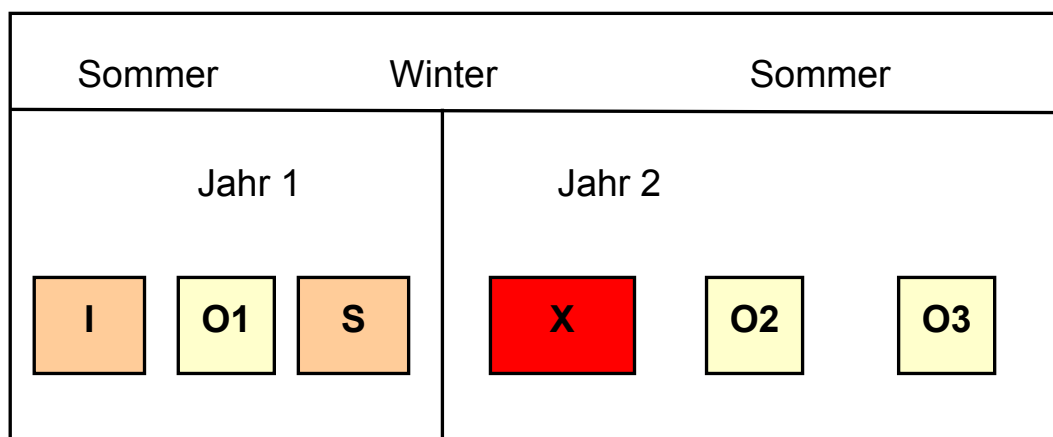
Im Regionshaus wurden drei Interventionen zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Nutzerkomforts durchgeführt:

1. Informationsgespräche,
2. die Ausgabe eines Nutzerhandbuchs und
3. die Einrichtung eines Service-Portals für die Nutzer.

Die Bewertung konnte bei allen drei Interventionen durch die Aussagen der Nutzer in den Befragungen analysiert werden. Darüber hinaus konnte für das Nutzerhandbuch auch das veränderte Verhalten der Nutzer bewertet werden.

Ursprünglich war im Rahmen des Forschungsprojektes „Neues Regionshaus Hannover“ die Umsetzung eines komparativen Untersuchungsdesigns geplant. Die Gebäudenutzer sollten dafür in verschiedene Gruppen unterteilt werden (etagenweise) und gruppenbezogenes Feedback über ihr energierelevantes Verhalten erhalten. Außerdem sollte das Projekt innerhalb einer einmaligen Informationsveranstaltung allen Mitarbeitern vorgestellt werden.

Dieses ursprüngliche Untersuchungsdesign musste aus organisatorischen Gründen verworfen werden. Stattdessen wurde ein einfaktorielles Untersuchungsdesign (dreistufig) festgelegt (siehe Abbildung 103). Dabei entsprechen die Messzeitpunkte (Befragung O1-O3) den Faktorstufen.



**Abbildung 103 Untersuchungsdesign**  
(Jahr 1= 2007; Jahr 2= 2008 I=Informationsgespräche S=Implementierung Serviceportal  
O1-O3=onlinegestützte Befragung, X= Ausgabe eines „Nutzerhandbuchs“)



Im Rahmen von einzelnen **Informationsgesprächen** wurde ein Teil der Nutzer über das Forschungsprojekt informiert (I).

Die Informierung der Gebäudenutzer mit Hilfe eines **Nutzerhandbuchs** ist die Intervention, deren Wirksamkeit auf Grund der Datenlage ausgewertet werden konnte. Umgesetzt wurde diese Maßnahme zwischen dem ersten und zweiten Messzeitpunkt.

Ergebnisse der Intervention „Nutzerhandbuch“ sollen durch den Vergleich der Befragungsergebnisse zwischen dem ersten Messzeitpunkt und dem zweiten bzw. dritten Messzeitpunkt nachgewiesen werden. Aufgrund der begrenzten Projektlaufzeit konnte keine vierte Befragung durchgeführt werden. Damit ist der Datenumfang auf zwei Sommer und nur einem Winter beschränkt.

Die dritte Intervention war die Einführung eines sogenannten **Service-Portals**. Über eine Intranetseite konnten die Nutzer Servicewünsche und Mängel an das Gebäudemanagement melden. Dort wurden die Hinweise in einem Arbeitsprozess mit Unterstützung der Website bearbeitet und archiviert. Auch hierzu liegt als Ergebnis die Analyse der Nutzerbefragungen vor.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 8.2 Informationsgespräche

Das Regionshaus Hannover schafft mit seinem anspruchsvollen Energiekonzept eine besondere und in Teilen technisch nicht notwendigerweise verständliche Umgebung für die Mitarbeiter. Diesem Informationsdefizit sollte mit Informationsgesprächen begegnet werden.

### 8.2.1 Grundlagen und Methodik

Die Informationsgespräche wurden am 30. + 31. August 2007 von zwei Vertretern des Projektteams (Bereich Architektur TU Braunschweig und Bereich Umweltpsychologie OvGU MD) im 3. und 4. OG des Gebäudes durchgeführt. Zeitlich waren die Gespräche auf jeweils zehn bis fünfzehn Minuten begrenzt. Insgesamt konnten 54 Büros erreicht werden.

Inhaltlich war das Gespräch in drei Themenschwerpunkte gegliedert: Vorstellung des Projektteams, Inhalte und Ziele des Forschungsprojektes und Hinweise zu Besonderheiten der Technik in den Büroräumen des Gebäudes. Überdies wurden Rückfragen beantwortet und Nutzungserfahrungen erfasst, um auf diese Weise schon erste Optimierungspotentiale zu identifizieren (siehe Qualitative Ergebnisse). Darüber hinaus wurden die Anmerkungen der Mitarbeiter für Modifikationen des Fragebogens (z.B. Aufnahme des Themas „Geruchsbelästigungen“) genutzt.

### 8.2.2 Ergebnisse

Ergänzend zu den Ergebnissen aus den Befragungen werden auch die Nutzerangaben aus den Informationsgesprächen dargelegt. Dabei handelt es sich um die Zusammenfassung eines Gedächtnisprotokolls, da keine technischen Hilfsmittel zur Datenaufzeichnung verwendet wurden (z.B. Tonaufnahmegerät). Thematisch wird dies auf relevante Bereiche des Raumklimas bzw. der entsprechenden Technik beschränkt.

#### 8.2.2.1 Geruchsbelästigungen

Ein besonders häufiges Anliegen der Gebäudenutzer war es, auf störende Gerüche hinzuweisen. Als mögliche Ursache haben sie dabei „Ausdünstungen“ aus der Büroausstattung z.B. aus Pinnwänden und dem Fußbodenbelag angegeben. In diesem Zusammenhang wurde der gesteigerte Bedarf nach Luftaustausch erwähnt, was z.T. zu dauerhaft geöffnet Fenstern führe. Überdies haben sich die Mitarbeiter Informationen zu diesem Thema gewünscht. Dieser Aspekt konnte nicht in das „Nutzerhandbuch“ aufgenommen werden, da dies schon vor den Informationsgesprächen gedruckt wurde.



#### 8.2.2.2 Sonnen-/ Blendschutz

Zufriedenheit mit den Jalousien wurde in Bezug auf die Funktion als Blendschutz geäußert. Weniger zufriedenstellend erschien dagegen die zentrale Steuerung. So wurden die häufigen automatischen Stellungswechsel bemängelt. Manuelle Eingriffe seien relativ aufwendig, da der Schreibtischplatz verlassen werden muss, um an die Steuerungsmodule zu gelangen. Nach dem Empfinden der Nutzer, werde nach einem manuellen Eingriff der Sonnen-/ Blendschutz die Blockade gegenüber der zentralen Steuerung viel weniger als die technisch vorgesehenen drei Stunden lang eingehalten. Als Begründung für die Notwendigkeit der individuellen Regulation wurde von einer Mitarbeiterin auch der Wunsch nach uneingeschränkter Außensicht genannt.

#### 8.2.2.3 Kühlungssystem

Im ersten Jahr (2007) kam das Deckenkühlungssystem nicht zum Einsatz. Trotzdem wurde von einigen Gebäudenutzern die angenehm geringe Raumtemperatur als schätzenswert angegeben. Dabei haben einige Mitarbeiter sogar angenommen, dass das Kühlungssystem bereits aktiviert sein müsse. In diesem Kontext wurde von einigen Nutzern angegeben, dass sie froh seien, in diesen Gesprächen Informationen zum technischen Gebäudesystem zu erhalten.

#### 8.2.2.4 Kosten der Maßnahme

Die Kosten der Maßnahme sind abhängig von der Anzahl der Personen. Zur Bewertung kann jedoch überschlägig gesagt werden, dass, je nach Raum- und Gruppengröße, an einem Tag in sechs Stunden Gesprächszeit rund 60 bis 100 Nutzer persönlich informiert werden konnten.

### 8.3 Nutzerhandbuch

Ebenfalls mit dem Ziel, den Nutzern das Konzept des Gebäudes zu erläutern und damit zusammenhängende energetisch günstige Verhaltensweisen zu vermitteln, wurde ein Nutzerhandbuch erstellt und an die Mitarbeiter verteilt.

Inhaltlich erläutert das Nutzerhandbuch wesentliche Funktionen des Energiekonzeptes und gibt Hinweise auf Handlungsmöglichkeiten, mit denen die Nutzer den Komfort in ihrem Büro und die Energieeffizienz des Gebäudes positiv beeinflussen können. In Bezug auf das Heizverhalten im Winter wurde den Nutzern das Einstellen der Thermostatventile in ihren Büros auf die Stufen zwei bis drei empfohlen. Stoßlüftung, (als sinnvollste Variante der „natürlichen Lüftung“ mit Hilfe der Fenster) wurde den Mitarbeitern ganzjährig angeraten: „[...] Grundsätzlich sollten Sie die Fenster nicht dauerhaft kippen, sondern stoßlüften. Im Winter heizen Sie sonst im wahrsten Sinne des Wortes zum Fenster hinaus. Da die Außenluft im Winter sehr trocken ist, würde durch dauerhaftes Lüften auch Ihre Raumluft ausgetrocknet. Im Sommer kann durch dauerhaft offenstehende Fenster warme Außenluft in den Raum strömen und eine effektive Kühlung verhindern.“ (S. 11).

Neben dem Heiz- und Lüftungsverhalten wurde die Funktionsweise und Steuerung des Sonnen-/ Blendschutz erläutert. Dabei wurde auf die manuellen Eingriffsmöglichkeiten mit Hilfe eines Schalters hingewiesen, nach dessen Betätigung „[...] die Behänge in [...] [den Räumen] für 3 Stunden gegenüber der automatischen Steuerung blockiert [sind].“ (S.11). Es wurde in diesem Zusammenhang erwähnt, dass die „Jalousie-Kontakte“ bei geöffnetem Fenster unterbrochen sind, auch wenn dies in der bautechnischen Umsetzung begründet liegt und nicht als weitere Möglichkeit der Steuerungsblockade eingeplant war.



Über solche Handlungs- und Funktionshinweise hinaus wurde auf das begleitende Forschungsprojekt hingewiesen und über die Durchführung eines Messprogramms und Nutzerbefragungen informiert. Abbildung 104 zeigt Auszüge des Handbuchs.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636



**Abbildung 104** Auszüge aus dem Nutzerhandbuch

### 8.3.1 Grundlagen und Methodik

Im März des zweiten Jahres wurde das Handbuch an die Teamleiter der verschiedenen Verwaltungsbereiche zur Weitergabe an die Mitarbeiter verteilt. Die Verteilung an die Teamleiter erfolgte durch die Region Hannover. Das Nutzerhandbuch wurde zwischen dem 17. und 20.04.08 an die Nutzer verteilt.

Handlungswissen und Wirksamkeitswissen wurde insofern vermittelt, als das konkrete Hinweise zu energieeffizienten (Lüftungs-)Verhalten und dessen erhoffte Effektivität gegeben wurden. Diese Empfehlungen wurden in Aufforderungsform verfasst. Außerdem wurde auf mögliche negative Konsequenzen für das Komfortempfinden (z.B. Erhöhung der Raumtemperatur im Sommer) und die Energiebilanz des Gebäudes (z.B. Wärmeverluste im Winter) hingewiesen, was den Empfehlungen aus der bisherigen Forschung entspricht [Mack, 2007]. Durch die Nutzung eines Buchs als Informationsmedium kann die Verbreitung dieser Kenntnisse angeregt werden, zum Beispiel, indem durch den Bezug auf ein Handbuch Kommunikationsprozesse zwischen den Mitarbeitern angeregt werden.



### 8.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zum Nutzerhandbuch werden hinsichtlich der Bewertung durch die Nutzer, seiner Wirksamkeit und der Kosten dargestellt.

#### 8.3.2.1 Bewertung des Nutzerhandbuchs

Die Teilnehmer der Onlinebefragung konnten das Nutzerhandbuch im Anschluss an dessen Herausgabe hinsichtlich „Themenangemessenheit“, „(Un)verständlichkeit“ und „Praxisrelevanz“ bewerten. Die Antworten lagen in Bezug auf die Auswahl der Themen meistens im mittleren Bereich, mit einer leicht positiven Tendenz. Etwas positiver fällt das Bewertungsergebnis zur „(Un)verständlichkeit“ aus. Etwa zwanzig Prozent der Mitarbeiter haben das „Nutzerhandbuch“ eher als unverständlich empfunden. Die meisten Gebäudenutzer fanden das Handbuch dagegen eher verständlich (44 %).

Damit kann geschlossen werden, dass die Beschreibungen relativ „laiengerecht“ gelungen sind. An einigen Stellen könnten die Erklärungen zu dem technischen Gebäudekonzept etwas vereinfacht werden. Am meisten variiert haben die Antworten auf die Frage nach der „Praxisrelevanz“ des „Nutzerhandbuchs“ (SD=1,87). Nur 33,4% der Mitarbeiter waren tendenziell der Meinung Hinweise erhalten zu haben, die sie in die Praxis umsetzen konnten. Eher keine praxisrelevanten Hinweise haben 40,8% der Nutzer erhalten. An dieser Stelle kann nicht geklärt werden, welche Bedingungen dazu geführt haben, dass Hinweise nicht umgesetzt werden konnten oder ob auf Seiten der Mitarbeiter wenig Interesse bestand, dies zu tun. Außerdem ist aus dieser generellen Aussage nicht abzulesen, welche Handlungshinweise eher nützlich waren und welche eher nicht.

#### 8.3.2.2 Wirksamkeit (bezüglich energieeffizienten Lüftungsverhaltens)

Die Gebäudenutzer wurden im Nutzerhandbuch zu energieeffizientem Lüftungsverhalten (Stoßlüftung) aufgefordert. Entsprechend dem umgesetzten Untersuchungsdesign sollte die Wirksamkeit dieser Maßnahme über den Vergleich zwischen den Messzeitpunkten nachgewiesen werden. Da die Intervention nach dem ersten Erhebungszeitpunkt (t1) implementiert wurde, wird dieser in Relation zu den beiden darauffolgenden gesetzt (t2 und t3). Tatsächlich hat sich der Anteil der „Stoßlüfter“ vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt um 16% erhöht. Dabei handelt es sich mit dem erzielten Kontingenzkoeffizienten  $V=0.231$  um einen moderaten, kleinen bis mittleren Effekt (nach Cohen, 1988; z.B. in Bortz & Döring, 2009), der statistisch signifikant ist ( $\chi^2=7,223$ ;  $p<0.01$ ). Vom ersten zum dritten Messzeitpunkt dagegen, hat sich der Anteil der „Stoßlüfter“ nur um 1,8 % erhöht, was kein bedeutsamer Unterschied ist ( $\chi^2=0,174$ ;  $p=0.677$ ).

Eine Interpretationsmöglichkeit dieser Ergebnislage ist es, dass die Intervention möglicherweise kurzfristig Veränderungen in dem realen System anstoßen konnte, aber keine Langzeitwirkung hatte. Andererseits muss beachtet werden, dass die Erhebungszeitpunkte mit unterschiedlichen jahreszeitlichen Bedingungen einhergehen. So betreffen die Ergebnisse des ersten und dritten Messzeitpunkt die Sommermonate, die Ergebnisse der zweiten Erhebung aber die Wintermonate. Es lässt sich die Vermutung anstellen, dass sich die Dauer der Fensteröffnungszeiten im Winter zwangsläufig verkürzt werden. In dieser Arbeit wurde „Stoßlüftung“ mit einer Fensteröffnungsdauer bis maximal 15 Minuten bei weit geöffnetem Fenster operationalisiert. Die Wahrscheinlichkeit, dass „Stoßlüftung“ umgesetzt wird, erhöht sich demnach mit verkürzten Fensteröffnungszeiten in den Wintermonaten. Gegen diese Auffassung und damit für die Wirksamkeit der durchgeführten Intervention sprechen die Ergebnisse einer anderen Studie. Hausladen und Oppermann (2002; in Clausnitzer et al., 2003) haben gezeigt, dass bei niedrigen Temperaturen die Fenster hauptsächlich gekippt und selten weit geöffnet werden. Demnach hätten auch in der vorliegenden Wintererhebung die Nutzer nicht häufiger stoßlüften müssen als im Sommer.



Die Wirksamkeit der Intervention, Informierung mit Hilfe eines „Nutzerhandbuchs“ kann insofern nicht eindeutig nachgewiesen werden, als dass es sich bei den Ergebnissen um Selbstauskünfte der Gebäudenutzer handelt. Allerdings wurde das Risiko einer Manipulation durch die Art der Befragung zum Lüftungsverhalten reduziert. Im Gegensatz zu der Untersuchung an der Universität Bochum [Matthies, 2006] sollten die Nutzer nicht angeben, ob sie „Stoßlüftung“ durchführen. In dieser Arbeit wurden die Mitarbeiter detailliert befragt, wie lange sie die Fenster öffnen und auf welche Art und Weise (angekippt vs. weit geöffnet).

Ein anderer Aspekt betrifft das Ausmaß der Verbesserung des Lüftungsverhaltens vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt. Es stellt sich die Frage, warum der Anteil an „Stoßlüftern“ nicht stärker angestiegen ist. Ein erklärender Faktor könnte die Belastung der Mitarbeiter durch störende Gerüche sein. Entsprechend der Vorannahme verlängern die Nutzer die Fensteröffnungszeiten, je stärker sie Geruchsbelästigungen wahrnehmen. Die Vermutung liegt nahe, dass der Bedarf nach dauerhafter Luftzufuhr (ermöglicht durch ständig geöffnete Fenster) verstärkt wird durch die Beeinträchtigung der Luftqualität. Innerhalb der Informationsgespräche wurde dieser Aspekt von vielen Mitarbeitern erwähnt. Wie in den Ergebnissen dazu dargestellt, haben die Nutzer Zusammenhänge der Luftbelastungen mit dem Einrichtungsmaterial (Fußboden, Pinnwände etc.) angenommen. Mit diesen Befunden lässt sich auch erklären warum die „Nicht-Stoßlüfter“ ihre Fenster meist ständig angekippt haben (17,6%-49,3% der „Nicht-Stoßlüfter“). Eine weitere Erklärungsmöglichkeit für die relativ geringe Effektivität der durchgeführten Intervention ist das Bedürfnis der Nutzer, die automatische Steuerung des Sonnen-/Blendschutz zu verhindern. Wie bereits diskutiert beeinflusst dieser Faktor ebenfalls das Fensteröffnungsverhalten der Gebäudenutzer.

### 8.3.2.3 Kosten eines Nutzerhandbuchs

Die Kosten eines Nutzerhandbuchs hängen stark von den Druckkosten und damit von der gewählten Form ab. Der redaktionelle Aufwand zur Vorbereitung ist auf Basis der Planungsunterlagen überschaubar. Bei einem Format der Unterlage wie im Regionshaus (ca. 19x12cm, 16 Seiten, farbig) sind Gesamtkosten von rund 5.000 € realistisch.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 8.4 Service Portal

Ab Dezember 2007 wurde im Intranet der Region Hannover ein Service-Portal eingerichtet. Ziel des Portals ist es, für die Nutzer eine „Adresse“ zu schaffen, unter der sie alle Fragen, Beschwerden, Serviceanforderungen oder Anregungen an das Gebäudemanagement richten können.

Das System besteht aus einer zentralen Datenbank. Zugriffsmöglichkeiten bestehen für die Nutzer und das Gebäudemanagement. Durch den personalisierten LogIn kann jeder Nutzer individuell „seine“ Tickets (Meldungen) in Eingabemasken erstellen und anschließend in Listen sichten und bearbeiten. Das Gebäudemanagement hat Zugriff auf alle Tickets. Listendarstellungen unterstützen die Übersichtlichkeit. Die einzelnen Tickets können durch das Gebäudemanagement bearbeitet werden, und so z.B. auf das Ticket antworten, Maßnahmen von Dienstleistern veranlassen und in eine Kalender eintragen oder Laufzettel für Hausmeister ausdrucken. Je nach Stand der Bearbeitung kann der Status eines Tickets auf „Neu“, „In Bearbeitung“ oder „Archiviert“ verändert werden.

Abbildung 105 zeigt das Konzept des Service-Portals mit den wesentlichen Funktionen.

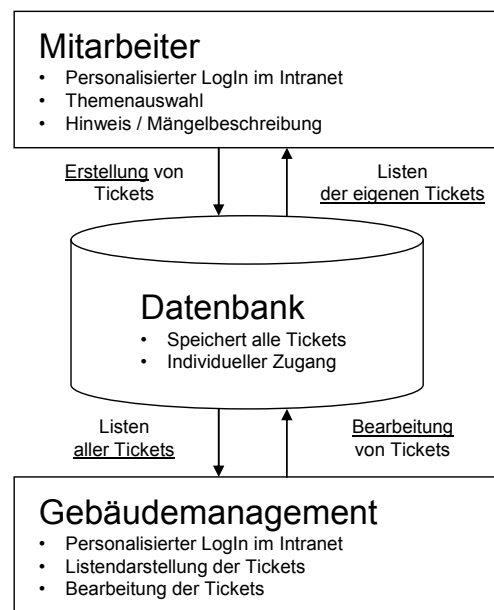


Abbildung 105 Konzept des Service-Portals

Das Service-Portal wurde von der ATD GmbH in Zusammenarbeit mit der energydesign braunschweig GmbH entwickelt und implementiert. Das Portal basiert technisch auf den *Windows SharePoint Services 3.0*, die bei jedem Windows Server 2003 im Lizenzpaket enthalten sind und so keine zusätzlichen Kosten erzeugen. Das Portal wurde auf einer vitalisierten Serverumgebung zur Verfügung gestellt. Die Anforderungen an Serverressourcen sind gering. Auf der Seite des Client (Benutzer) wird für die Bedienung des Portals lediglich ein Internetbrowser benötigt.

Die Benutzerverwaltung integrierte sich nahtlos in die bestehende IT Landschaft. Die Region Hannover nutzte intern bereits *Microsoft Active Directories* für die Benutzerverwaltung. Das Portal konnte darauf zurückgreifen und eine „Single Sign On“ Funktionalität an dem Portal realisieren. Dies bedeutet, dass die Mitarbeiter sich an dem Portal nicht erneut authentifizieren müssen. Hierzu wird die Anmeldeinformation des Arbeitsplatzrechners verwendet, mit dem sich jeder Mitarbeiter schon bei Arbeitsbeginn anmeldet.

Zugriffsrechte auf Ticketdaten können jedoch innerhalb des Serviceportals von berechtigten Personengruppen selbst verwaltet werden. Diese Funktionen und die Client-freie Umgebung auf der Benutzerseite führen dazu, dass die administrativen Kosten der eingesetzten Lösung gering sind.

Aufbauend auf den Standardfunktionalitäten der Windows SharePoint Services wurde die Anwendung in wenigen Wochen einschließlich zweier Abstimmungsgespräche und einer Einweisung umgesetzt. Lediglich anforderungsspezifische Erweiterungen in den Bereichen Design und Funktionalität der Eingabemasken wurden mittels des kostenlosen Entwicklerprogramms Microsoft SharePoint Designer 2007 hinzugefügt.

Eine Erweiterung und Anpassung an den laufenden Betrieb ist jederzeit mit geringem Aufwand möglich. Die im Portal gesammelten Daten können in die bestehende Office Umgebung, z.B. Excel, exportiert werden und stehen dort bei Bedarf für Auswertungen zur Verfügung.

Abbildung 106 und Abbildung 107 zeigen als Screenshots die Maske zur Eingabe von Hinweisen durch den Nutzer und eine Listendarstellung der vorhandenen Tickets.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636




Abbildung 106 Eingabemaske für Tickets

Die Felder der Eingabemaske sind zum Teil vorkonfiguriert, so dass eine Auswahl möglich ist, z.B. aus einer Gebäudeliste, aus Kategorien verschiedener Gewerke oder für typische Mängel. In anderen Feldern kann der Nutzer Anmerkungen als freien Text eingeben. Anschließend wird die Serviceanforderung an das Gebäudemanagement abgeschickt bzw. im System gespeichert. Damit ist das Ticket angelegt.

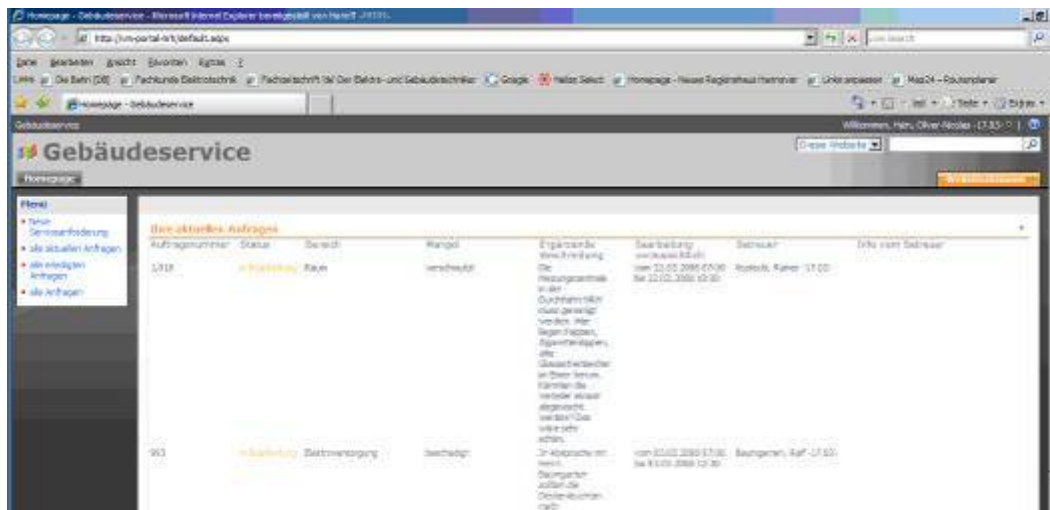


Abbildung 107 Listendarstellung

Der Nutzer sieht die Liste „seiner“ Serviceanforderungen in seinem persönlichen Konto. Hier erscheinen auch alle Bearbeitungsfortschritte oder Rückmeldungen des Teams Service Gebäude. In dieser Form können Daten z.B. in Excel-Listen exportiert werden.

Am 5.12.2007 wurden die Mitarbeiter der Region Hannover über das Service-Portal per Email informiert. Der Service steht seitdem allen Mitarbeitern über das Intranet zur Verfügung.

#### 8.4.1 Grundlagen und Methodik

Auf Intranet-Browser-Oberflächen erfolgte der vollständige Kommunikationsablauf zwischen Nutzern und Gebäudemanagement in Form von einzelnen Tickets (Meldungen). Dabei konnten die Mitarbeiter des Teams Service Gebäude auf sämtliche Tickets zugreifen und diese sowohl im System, als auch als ausgedruckte Laufzettel für Hausmeister und Fremdfirmen nutzen. Gleichzeitig war es einzelnen Mitarbeitern möglich, jederzeit ihr persönliches „Konto“ einzusehen und den Bearbeitungsstand oder Rückmeldungen des Gebäudemanagements zu prüfen.

Die Analyse der Intervention „Service-Portal“ erfolgte zum einen durch die statistische Analyse der anonymisierten Anwendungsdaten und zum anderen durch die Nutzerbefragungen. Zur Bewertung der Intervention wurden zum einen die Tickets zu insgesamt 6 Standorten der Region Hannover im Zeitraum vom 05.12.2007 bis zum 04.05.2009 in Bezug auf die Anwendung statistisch analysiert. Das Neue Regionshaus war der einzige Neubau. Schwerpunkt war die deskriptive Untersuchung der Häufigkeit der Nutzung sowie der Systeme, zu denen Meldungen abgegeben wurden.

Bei einer Nutzerbefragung (zweiter Messzeitpunkt, circa ein halbes Jahr nach der Implementierung) wurde die Häufigkeit der Nutzung des Service-Portals abgefragt und als Maßstab gewählt, um die Beteiligung zu ermitteln. Hier wurden alle Personen ausgeschlossen, die bei der Nutzungshäufigkeit „nicht zutreffend“ angeben haben, so dass 58 Datensätze für die Auswertung genutzt werden konnten.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 8.4.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zum Service-Portal werden entsprechend der Methodik in den Abschnitten Anwendungsdaten und Nutzerbefragung sowie hinsichtlich der Kosten dargestellt.

### 8.4.2.1 Anwendungsdaten

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Datenauswertung zur Nutzung des Service-Portals dargestellt. Da nicht bei allen Tickets alle Felder ausgefüllt werden mussten, können die Summen bei einzelnen Angaben voneinander abweichen.

Abbildung 108 zeigt die Anzahl der Servicetickets, die an den verschiedenen Standorten der Region im Betrachtungszeitraum gestellt wurden.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Anzahl der Service-  
anforderungen [-]

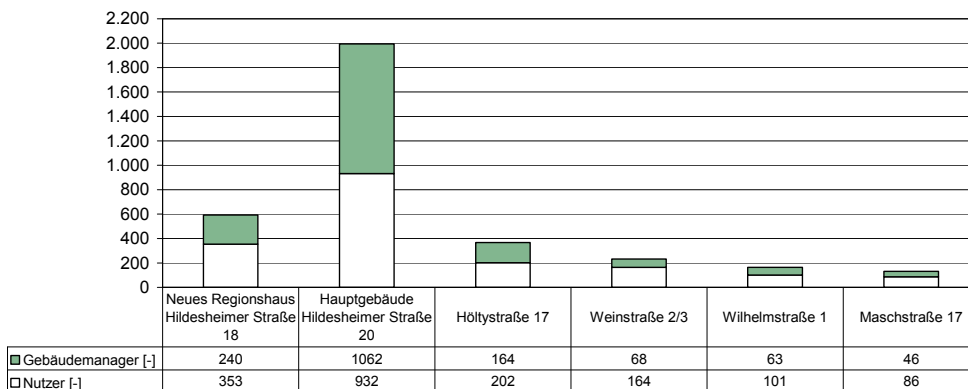


Abbildung 108 Anzahl der Servicetickets

Die Angaben sind in Service-Tickets von Nutzern, also Mitarbeitern, und solchen Tickets eingeteilt, die durch das Gebäudemanagement selbst erstellt wurden. Im Neuen Regionshaus wurden 593 Tickets erstellt, von denen 353 von Nutzern stammten. Das Gebäudemanagement hatte die Möglichkeit, selbst Vorgänge, wie z.B. den Umbau der Möblierung, als Ticket anzulegen intensiv genutzt.

Um festzustellen, wie viele Mitarbeiter das Service-Portal tatsächlich nutzen, wurden die Nutzer in „aktive“ und „nicht aktive“ Nutzer unterschieden. Ein aktiver Nutzer war dabei ein Mitarbeiter, der mindestens ein Ticket erstellt hat. Abbildung 109 zeigt den Anteil der aktiven Nutzer an der gesamten Anzahl von Mitarbeitern in den Gebäuden. Die Werte liegen zwischen 37 und 51 %. Beim Regionshaus haben mit 140 von 300 Nutzern 47 % aller Nutzer das Portal genutzt und mindestens ein Ticket erstellt.

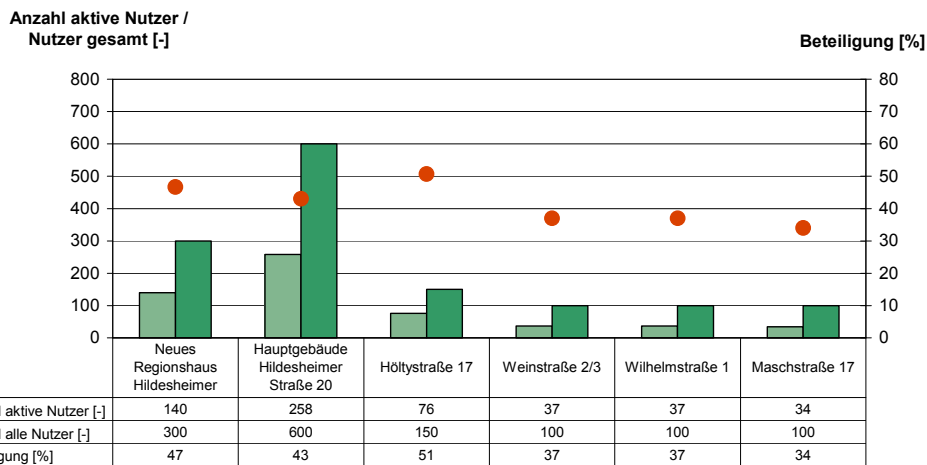


Abbildung 109 Anteil der aktiven Nutzer

In Abbildung 110 ist die Verteilung der Tickets auf einzelne Kategorien dargestellt. Unter „Rest“ sind alle nicht genannten Kategorien zusammengefasst. Die Kennwerte geben die Anzahl der Tickets je aktivem Nutzer an.

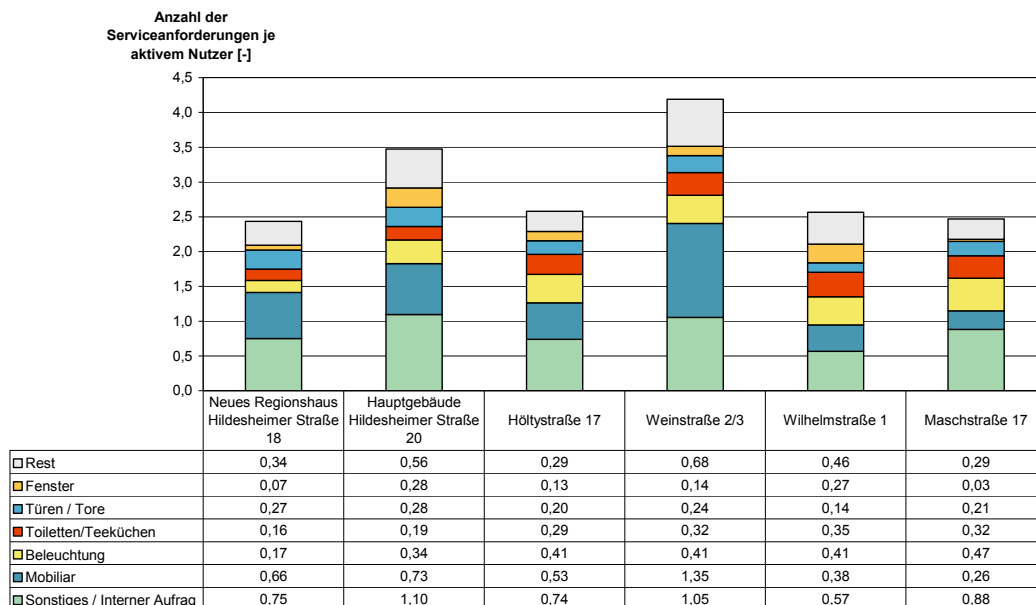


Abbildung 110 Anzahl der Tickets je aktivem Nutzer, nach Kategorien

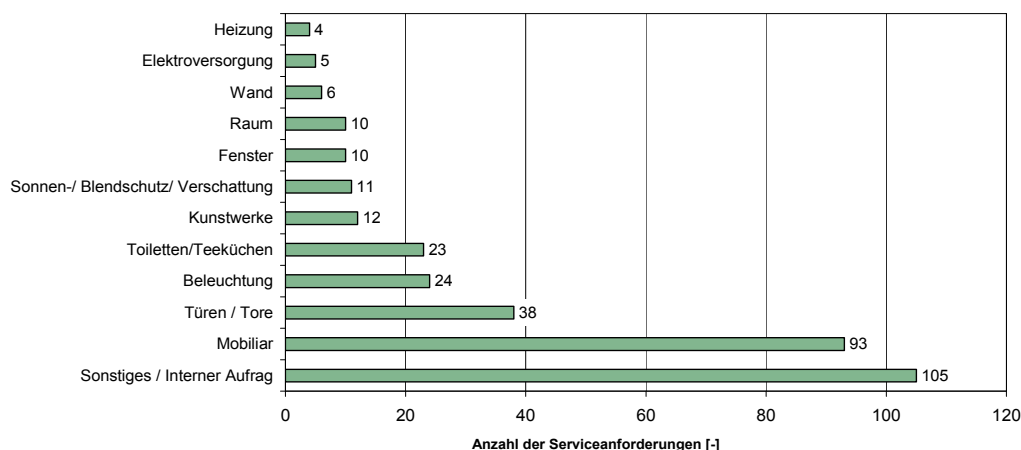
Mehr als die Hälfte der Tickets im Neubau wurden in den Kategorien „Sonstiges“ und „Mobiliar“ angelegt. Die Anzahl der Tickets, die sich auf die besonders im Rahmen des Energiekonzepts relevanten Aspekte „Fenster“ und „Beleuchtung“ beziehen, liegt beim Neuen Regionshaus bei 0,07 bzw. 0,17 Tickets je aktivem Nutzer und damit, mit Ausnahme der Fenster in der Maschstraße 17, niedriger als in den übrigen Gebäuden. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass die Nutzer die entsprechenden Systeme trotz zum Teil andersartiger Funktionen nicht als störend empfunden haben.



Im Neuen Regionshaus wurden der Beleuchtung 24 Tickets zugeordnet, Abbildung 111. Im gleichen Zeitraum wurden von den Nutzern 11 Tickets dem Sonnen-/Blendschutz und nur 4 der Heizung zugeordnet.

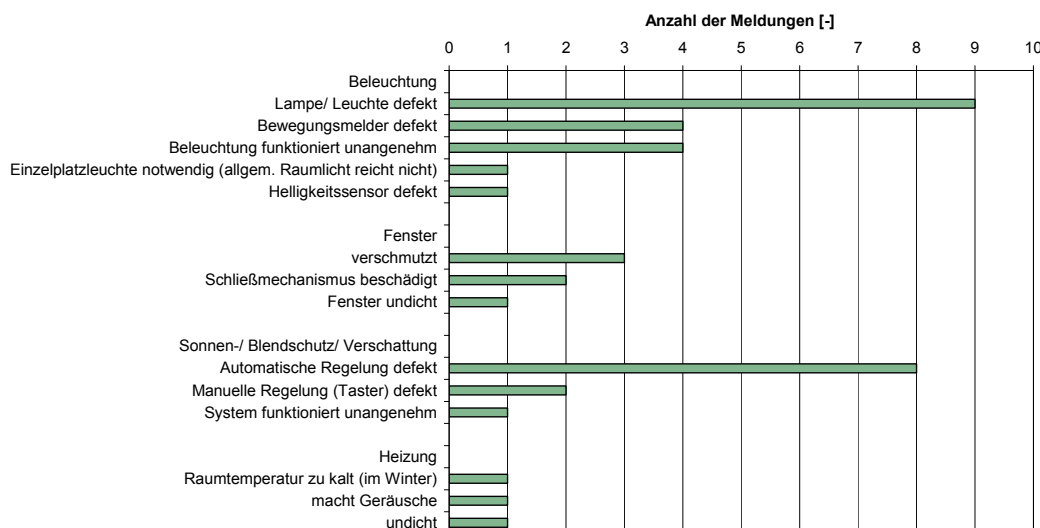
TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



**Abbildung 111** Anzahl der Tickets in den verschiedenen Kategorien im Neuen Regionshaus

Innerhalb der Tickets, die der Kategorie Beleuchtung zugeordnet waren, wurde als häufigster Grund der Defekt der Lampe bzw. Leuchte genannt. Dagegen wurde beim Sonnen-/Blendschutz eine defekte automatische Regelung als häufigster Grund für die Meldung angegeben, Abbildung 112.



**Abbildung 112** Beschreibung von Mängeln an einzelnen Systemen im Neuen Regionshaus

Zu beachten ist bei der Interpretation der Daten, dass, obwohl die Anzahl der Tickets insgesamt groß ist, die Zahlen bei einer detaillierten Betrachtung je Kategorie und Fehlerursache meist im einstelligen liegen. Weiterhin kann nicht beurteilt werden, wie groß der Anteil von „Tickets“ ist, die in konventioneller Form, also „per Zuruf auf dem Flur“ oder telefonisch erfolgt sind.

### 8.4.2.2 Nutzerbefragung

Das Serviceportal wurde in der Nutzerbefragung (Messpunkt 2) in fast allen abgefragten Bereichen positiv bewertet, Tabelle 59.

**Tabelle 59 Bewertung Serviceportal**

Item	Serviceportal		Extremwerte	Polung
	M	SD		
<b>Kommunikation</b>	4,5	1,7	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= positiv
<b>Erreichbarkeit</b>	3,1	1,5	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= negativ
<b>Strukturierung</b>	4,5	1,5	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= positiv
<b>Aufwand</b>	3,3	1,6	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= negativ
<b>Vollständigkeit</b>	4,6	1,5	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= positiv
<b>Bearbeitung</b>	4,6	1,3	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= positiv
<b>Inhalt</b>	4,6	1,4	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= positiv
<b>Informierung</b>	3,8	1,8	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= positiv
<b>Vgl. Telefon</b>	4,7	1,6	1= stimmt gar nicht; stimmt genau	7= positiv
<b>Nutzungshäufigkeit</b>	1,8	1	1= sehr selten; oft	7= sehr bipolar

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Die Nutzer geben überwiegend an, dass das Service-Portal eine Erleichterung für die Kommunikation mit dem Facility Management darstellt. Außerdem schätzen sie es als überwiegend übersichtlich und sinnvoll strukturiert ein und können überwiegend alle nötigen Angaben zu den Mängeln machen. Sowohl die Bearbeitung der Mängel als auch der inhaltliche Aufbau des Portals selbst werden als überwiegend nachvollziehbar eingestuft. Das Serviceportal ist aus Sicht der Nutzer etwas schwer zu erreichen und etwas aufwendig. Obwohl sich die Nutzer außerdem im Voraus nur mäßig gut über das Serviceportal informiert fühlen, finden sie es insgesamt überwiegend zweckmäßig und sinnvoll im Vergleich zur telefonischen Mängelmeldung.

### 8.4.2.3 Kosten

Die Kosten für die Planung und Installation eines Service-Portals oder ähnlicher Funktionen sind in starkem Maße abhängig von der gewählten technischen Lösung. Diese können eigenständige Software-Anwendungen wie im Fall des Regionshauses mit Kosten von rund 5.000 € netto sein. Teilweise sind entsprechende Funktionen aber auch Bestandteil von Facility Management Systemen. Wichtig erscheint auf Grund der Nutzerbefragungen, dass das Portal intuitiv angewendet werden kann und, insbesondere in Bezug auf die Inbetriebnahme, dass es bei Bezug des Gebäudes für die Nutzer verfügbar ist, um es in der ersten Phase der Nutzung effektiv anwenden zu können.



## 8.5 Fazit Interventionen

Die im Regionshaus umgesetzten Interventionen stellen einen besonderen Beitrag zur Betriebsoptimierung dar, da sie sich überwiegend auf den Nutzer beziehen. Dem entsprechend unterscheiden sich auch die Bewertungsmethoden zu den messtechnischen Analysen. Im Folgenden wird ein Fazit für die einzelnen Interventionen gezogen.

### 8.5.1 Informationsgespräche

Obwohl keine Aufzeichnung mit Hilfe technischer Mittel erfolgt ist, waren die Ergebnisse der Informationsgespräche für den Projektprozess von großer Bedeutung. An verschiedenen Stellen wurde bereits erwähnt, dass die Nutzererfahrungen der Mitarbeiter dazu beigetragen haben, den Fragebogen um entscheidende Punkte zu erweitern. Ohne die Hinweise der Nutzer wäre es allein mit den Befragungsergebnissen kaum gelungen die Bedeutung von Einflüssen, wie die wahrgenommenen Geruchsbelästigungen oder die Unzufriedenheit mit dem Sonnen-/ Blendschutz aufzudecken. Trotz der zeitlichen Begrenzung von zehn bis fünfzehn Minuten je Gespräch konnten wichtige Informationen an die Gebäudenutzer gegeben werden. Insgesamt waren bis auf eine Mitarbeiterin, alle Beteiligten an einem Austausch zwischen Nutzern und Forschenden interessiert. Vermehrt wurde von den Mitarbeitern auf die, bis dahin als unzureichend empfundene Informierung zu technischen Besonderheiten des Gebäudes hingewiesen. Die Durchführung der Informationsgespräche kann damit in dreifacher Hinsicht als erfolgreich beurteilt werden:

1. Der persönliche Kontakt zwischen Forschenden und Beforschten konnte hergestellt werden. Ziele und Methoden des Forschungsprojekts, sowie die Forscher selbst konnten vorgestellt werden. Diese Möglichkeiten sind für die Partizipation und die Erzielung von *Commitment* auf Seiten der Gebäudenutzer besonders nützlich, denn es verringert die Gefahr von Reaktanz-Reaktionen auf geplante Maßnahmen.
2. Nutzungsrelevante, bautechnische Aspekte des energieoptimierten Neubaus konnten erläutert werden. Verunsicherungen und Gerüchte zu vermeintlichen Funktionen konnten somit ausgeräumt und Hinweise zu energieeffizienten Verhaltensweisen gegeben werden.
3. Aus den Nutzungserfahrungen konnte auf wichtige Aspekte des bestehenden Messsystems geschlossen werden. Unter anderem wurde die Erweiterung des Messinstruments um entscheidende Bereiche ermöglicht.

Informationsgespräche, wie im Regionshaus durchgeführt, werden als geeignete und kostengünstige Maßnahme zur Verbesserung der Nutzerakzeptanz bewertet.

### 8.5.2 Nutzerhandbuch

An die Mitarbeiter der öffentlichen Verwaltung wurde ein „Nutzerhandbuch“ verteilt, was unter anderem Handlungs- und Wirksamkeitswissen zur „freien“ Lüftung des Gebäudes vermitteln sollte. Das Handbuch wurde als Information zum Gebäude von den Nutzern überwiegend positiv bewertet.

Die Gebäudenutzer wurden zu energieeffizientem Lüftungsverhalten (Stoßlüftung) aufgefordert. Entsprechend dem umgesetzten Untersuchungsdesign sollte die Wirksamkeit dieser Maßnahme über den Vergleich zwischen den Messzeitpunkten nachgewiesen werden. Da die Intervention nach dem ersten Erhebungszeitpunkt ( $t_1$ ) implementiert wurde, wird dieser in Relation zu den beiden darauffolgenden gesetzt ( $t_2$  und  $t_3$ ). Tatsächlich hat sich der Anteil der „Stoßlüfter“ vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt um 16% erhöht. Dabei handelt es sich mit dem erzielten Kontingenzkoeffizienten  $V=0.231$  um einen moderaten, kleinen bis mittleren Effekt (nach Cohen, 1988; z.B. in Bortz & Döring, 2009), der statistisch signifikant ist ( $\chi^2=7,223$ ;  $p<0.01$ ). Vom ersten zum dritten Messzeitpunkt dagegen, hat sich der Anteil der „Stoßlüfter“ nur um 1,8% erhöht, was kein bedeutsamer Unterschied ist ( $\chi^2=0,174$ ;  $p=.677$ ).

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



Eine Interpretationsmöglichkeit dieser Ergebnislage ist, dass die Intervention möglicherweise kurzfristig Veränderungen in dem realen System anstoßen konnte, aber keine Langzeitwirkung hatte. Andererseits muss beachtet werden, dass die Erhebungszeitpunkte mit unterschiedlichen jahreszeitlichen Bedingungen einhergehen. So betreffen die Ergebnisse des ersten und dritten Messzeitpunkt die Sommermonate, die Ergebnisse der zweiten Erhebung aber die Wintermonate, in der sich die Dauer der Fensteröffnungszeiten im Winter vermutlich zwangsläufig verkürzt.

Die Wirksamkeit der Intervention, Informierung mit Hilfe eines „Nutzerhandbuchs“ kann insofern nicht eindeutig nachgewiesen werden, als dass es sich bei den Ergebnissen um Selbstauskünfte der Gebäudenutzer handelt. Allerdings wurde das Risiko einer Manipulation durch die Art der Befragung zum Lüftungsverhalten reduziert. Im Gegensatz zu der Untersuchung an der Universität Bochum [Matthies, 2006] sollten die Nutzer nicht angeben, ob sie „Stoßlüftung“ durchführen. In dieser Arbeit wurden die Mitarbeiter detailliert befragt, wie lange sie die Fenster öffnen und auf welche Art und Weise (angekippt vs. weit geöffnet).

Die Wirksamkeit des Nutzerhandbuchs konnte in Bezug auf einzelne Verhaltensänderungen nicht nachgewiesen werden. Die positive Aufnahme durch die Nutzer rechtfertigt jedoch trotzdem die Bewertung der Maßnahme als geeignete Maßnahme zur Nutzerinformation.

### 8.5.3 Serviceportal

Die Tatsache, dass fast 50 % aller Nutzer das Service-Portal genutzt haben, zeigt, dass mit dieser Art von Kommunikation zwischen Nutzern und Gebäudemanagement nicht nur eine Verbesserung der Gebäudeperformance möglich ist, sondern auch eine effektive Möglichkeit zur Post-Occupancy-Evaluation gegeben ist.

Aus den Angaben der Nutzerbefragung lässt sich schließen, dass die Mehrzahl der Mitarbeiter die Vorteile eines Serviceportals gegenüber der telefonischen Mängelmeldung zu schätzen wussten: der strukturierte und inhaltlich sinnvolle Aufbau lässt es zu einem zweckmäßigen Kommunikationsinstrument werden. Als einziger Nachteil kristallisierte sich der erhöhte Aufwand heraus. Hier ist eine Erleichterung zu erwarten, sobald der Umgang mit einem solchen System einmal erlernt ist und möglichst einmal so selbstverständlich gebraucht wird, wie die Möglichkeit Emails zu verfassen.

In der Kommunikation zwischen Gebäude, Nutzer und Gebäudemanagement wird insbesondere vor dem Hintergrund zunehmender Tätigkeit am PC bzw. in internetähnlichen Anwendungen für die Bürotätigkeit ein wichtiger Forschungsbedarf gesehen. Dabei sollten nicht nur rein technische Möglichkeiten, wie die IP-gesteuerte Raumautomation vom PC aus, sondern insbesondere Möglichkeiten der aktiven Qualitätsoptimierung als Teamwork von Nutzer und Betreiber betrachtet werden.

Die Nutzung eines Service-Portals oder eines ähnlichen Angebots für Nutzer und Gebäudemanagement wird auf Grund der hohen Akzeptanz und positiven Bewertung durch die Nutzer trotzdem als sehr effektiv bewertet.

Die hier durchgeführten Untersuchungen brachten keine quantitativen Aussagen hinsichtlich einer Verbesserung der Energieeffizienz oder des Nutzerkomforts. Jedoch konnte für alle drei untersuchten Interventionen eine positive Aufnahme bei den Nutzern festgestellt werden, so dass sie als sinnvolle ergänzende Maßnahmen bei der Inbetriebnahme von Gebäuden eingesetzt werden können.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



## 9 GEBÄUEBETRIEB

Eines der zentralen Argumente für den integrierten Ansatz von PPP ist die Optimierung der Kosten im Lebenszyklus. Dies betrifft sowohl die mit Blick auf den Betrieb entwickelte Konzeption des Gebäudes als auch die dauerhaft optimale Betriebsführung. Hinsichtlich dieser Aspekte wurden die ersten Betriebsjahre des neuen Regionshauses untersucht. Dieser Abschnitt des Berichts dokumentiert die Baunutzungskosten des Gebäudes und versucht eine Bewertung unter Verwendung möglicher Referenzen. Außerdem werden einzelne Maßnahmen der Betriebsoptimierung beschrieben.

### 9.1 Baunutzungskosten

Im Gegensatz zu einem klassischen PPP wurden beim Regionshaus Hannover keine Leistungen für den Betrieb vergeben. Sie sind deshalb auch nicht Teil der Barwerte bzw. der Angebote der Bieter gewesen. Trotzdem soll die Wirtschaftlichkeit des Projekts auch unter Berücksichtigung laufender Baunutzungskosten bewerten werden.

#### 9.1.1 Berechnungsmethoden

Verschiedene Regelwerke definieren Bewertungsstrukturen für die laufenden Kosten von Gebäuden, unter anderem die DIN 18960 „Nutzungskosten im Hochbau“ [Deutsches Institut für Normung. Normenausschuss Bauwesen, 2008] und die DIN 32736 [Deutsches Institut für Normung. Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik, 2000] „Gebäudemanagement“. Die Nutzungskosten werden im Folgenden soweit möglich anhand der DIN 18960 dokumentiert. Sie werden dort definiert als „alle in baulichen Anlagen und deren Grundstücken entstehenden regelmäßigen oder unregelmäßig wiederkehrenden Kosten von Beginn ihrer Nutzbarkeit bis zu ihrer Beseitigung (Nutzungsdauer)“. Sie werden in der ersten Ebene in die Kostengruppen Kapitalkosten, Objektmanagementkosten, Betriebskosten und Instandhaltungskosten unterschieden.

Die Kapitalkosten (KG 100) sind für Planung und Errichtung des Gebäudes im Barwert der Angebote enthalten. Das Objektmanagement (KG 200) erfolgt durch das eigene Personal der Region Hannover, so dass die Kosten nicht separat berechnet werden können. Instandhaltungskosten (KG 400) können nicht sinnvoll berücksichtigt werden, da sie in langfristigen Zyklen anfallen. Eine Bewertung in den ersten drei Betriebsjahren ist nicht aussagekräftig.

Für das Neue Regionshaus Hannover werden die entsprechenden Baunutzungskosten der Kostengruppen für Versorgung (310) sowie für Inspektion und Wartung der Baukonstruktion (352) und der Technischen Anlagen (353) dargestellt.

Die Versorgungskosten (KG 310) wurden berechnet aus den Verbrauchsmengen und den von der Region Hannover mitgeteilten mittleren Energiepreisen. Als Energieverbrauch wurde jeweils der Mittelwert der Jahre 2008 und 2009 verwendet.



Die Betriebskosten (KG 300) werden differenziert in die in Tabelle 60 dargestellten Untergruppen.

**Tabelle 60 Gliederung der Kostengruppe 300 Betriebskosten nach DIN 18960**

<b>KG 310</b>		<b>Versorgung</b>
	KG 311	Wasser
	KG 312	Öl
	KG 313	Gas
	KG 314	Feste Brennstoffe
	KG 315	Fernwärme
	KG 316	Strom
	KG 317	Technische Medien
	KG 319	Versorgung, sonstiges
<b>KG 320</b>		<b>Entsorgung</b>
<b>KG 330</b>		<b>Reinigung und Pflege von Gebäuden</b>
<b>KG 340</b>		<b>Reinigung und Pflege von Außenanlagen</b>
<b>KG 350</b>		<b>Bedienung, Inspektion und Wartung</b>
	KG 351	Bedienung der Technischen Anlagen
	KG 352	Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen
	KG 353	Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen
	KG 354	Inspektion und Wartung der Außenanlagen
	KG 355	Inspektion und Wartung von Ausstattung und Kunstwerken
	KG 359	Bedienung, Inspektion und Wartung, sonstiges
<b>KG 360</b>		<b>Sicherheits- und Überwachungsdienste</b>
<b>KG 370</b>		<b>Abgaben und Beiträge</b>
<b>KG 390</b>		<b>Betriebskosten, sonstiges</b>

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 9.1.2 Bewertungsmethoden für Baunutzungskosten

Zur Bewertung von Baunutzungskosten stehen verschiedenen Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen gibt es Methoden zur Berechnung und Prognose von Baunutzungskosten.

Die [VDI 2067 Blatt 10 Verein Deutscher Ingenieure, 1998] bietet ein Verfahren zur Berechnung von Instandhaltungskosten auf Basis einer angenommenen Nutzungsdauer je Bauteil oder Anlage bzw. von Ersatzmaßnahmen sowie bedarfs- bzw. betriebsgebundenen und sonstigen Kosten. VDI 2067 kann zum Beispiel in der Planung eingesetzt werden, um verschiedene technische Varianten auf einer einheitlichen Grundlage mit Hilfe einer berechneten Annuität zu bewerten. Es ist jedoch zu berücksichtigen, „dass in der Praxis wesentliche Abweichungen in den bedarfsabhängigen Kosten auftreten können“ VDI 2067. Als absolute Bewertungsmaßstab oder Werkzeug zur Kostenprognose ist sie damit nicht empfohlen. Eine Berechnung nach VDI 2067 wurde für das Regionshaus nicht durchgeführt.



Das Zertifizierungssystem der Deutsche Gesellschaft Nachhaltiges Bauen (DGNB) enthält ebenfalls eine Bewertung der Lebenszykluskosten. Diese werden in Kriterium 16 nach DGNB Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude 2009 [DGNB and Lemaitre, 2009] aus verschiedenen Kostengruppen über die Barwertmethode und mit einem Betrachtungshorizont von 50 Jahren und einem festgelegten Zinssatz (zurzeit 5,5 %) berechnet. Neben den Herstellungskosten des Gebäudes werden die jährlichen Medien- und Reinigungskosten über flächen- bzw. mengenbezogene Preise berechnet. Zusätzlich werden der Aufwand für Wartung und Inspektion sowie die Erneuerungskosten über Faktoren aus den Baukosten der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 abgeleitet. Die Bewertung der Gesamtkosten erfolgt über eine Klassifizierung, nach der für Lebenszykluskosten von Gebäuden mittleren Standards von unter 3.720 €<sub>netto</sub>/(m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>) ein Punkt und für Gebäude mit Kosten von unter 2.100 €<sub>netto</sub>/(m<sup>2</sup><sub>BGFa</sub>) die höchste Bewertung von 10 Punkten vergeben wird.

Neben den Berechnungsmethoden für Baunutzungs- bzw. Lebenszykluskosten gibt es mehrere Quellen für Benchmarks. Die OSCAR (Office Service Charge Analysis Report) 2005 Büronebenkostenanalyse<sup>55</sup> und [H. König; N. Kohler et al., 2009]<sup>56</sup> geben Kennwerte aus abgerechneten Baunutzungskosten einzelner Bürogebäude für die verschiedenen Kostengruppen entsprechend DIN 18960 bzw. der an. Die OSCAR-Studie 2005 gibt Baunutzungskosten als Nebenkosten in Anlehnung an die zweite Berechnungsverordnung und Vollkosten nach DIN 18960 [Deutsches Institut für Normung. Normenausschuss Bauwesen, 2008] an, die unter anderem nach Jahren, Klimatisierungsstandard (klimatisiert/nicht klimatisiert) und Gebäudequalität (einfach, mittel hoch) differenziert werden. Der Nebenkostenanalyse liegen für das Jahr 2005 Daten von 38 nicht klimatisierten Gebäuden mit einer gesamten Netto-Grundfläche von 270.952 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> zu Grunde, der Vollkostenanalyse von 88 nicht klimatisierten Gebäuden mit 1.310.355 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>. Die Stichprobe bei König, die sich auf das Abrechnungsjahr 2007 bezieht, ist nicht näher beschrieben. Die Kennwerte sind nach DIN 18960 gebildet worden. Daten aus beiden Publikationen sind in Tabelle 61 dargestellt.

**Tabelle 61 Kennwert für Baunutzungskosten nach OSCAR 2005 und [König et al, 2009]**

	OSCAR 2005				König	
	unklimatisiert [€/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)]	Anteil [%]	einfach [€/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)]	Anteil [%]	einfach [€/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)]	Anteil [%]
<b>Nebenkostenrechnung</b>						
Wartung	3,84	12%	3,12	10%	3,72	12%
Strom	2,52	8%	2,16	7%	2,76	9%
Wärme	4,44	13%	4,68	15%	5,04	16%
Sonstige Kosten	22,56	68%	21,12	68%	20,04	63%
<b>Gesamt</b>	<b>33,36</b>	<b>100%</b>	<b>31,08</b>	<b>100%</b>	<b>31,56</b>	<b>100%</b>
<b>Vollkostenrechnung</b>						
Wartung, Instandsetzung, Hausmeister	14,28	7%	12,60	7%	11,88	6%
Strom	6,60	3%	5,52	3%	6,72	4%
Wärme/Kälte	4,68	2%	4,44	2%	5,52	3%
Sonstige Kosten	180,36	88%	159,24	88%	161,40	87%
<b>Gesamt (einschl. AfA und Bauunterhalt)</b>	<b>205,92</b>	<b>100%</b>	<b>181,80</b>	<b>100%</b>	<b>185,52</b>	<b>100%</b>

Der FM Benchmarking Bericht 2009 der GEFMA [Prof. U. Rotermund and Weischer, 2009] verweist zur Erläuterung der Systematik ohne nähere Angaben ebenfalls auf das Normenwerk und erläutert weitere Unterteilungen der Kostengruppen. Die Publikation gibt Daten für verschiedenen Gebäudetypen wie Laborgebäude, Unterrichts- und Bildungsgebäude sowie Sport- und Mehrzweckhallen an, die Kategorie Bürogebäude wird jedoch nicht weiter differenziert.

<sup>55</sup> OSCAR: Abrechnungszeitraum 2004, Angaben exkl. MwSt., Bezug Netto-Grundfläche

<sup>56</sup> König: Abrechnungszeitraum 2007, Angaben exkl. MwSt., Bezug Netto-Grundfläche

**Tabelle 62 Kennwert für Baunutzungskosten nach FM Benchmarkingreport<sup>57</sup>**

Kostengruppen	[€/m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ]		
	1. Quantil	Arithm. Mittel	3. Quantil
Wartung und Inspektion	1,00	3,00	4,29
Sonstiges Betreiben / Betriebsführen	2,58	5,26	7,54
Energiemanagement	0,16	0,44	0,52
Strom	4,19	7,95	10,89
Erdgas	4,68	5,35	6,54

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Bei vielen Kennwerten werden sehr große Kostenspannweiten für die einzelnen Kostengruppen angegeben. Teilweise ist das 3. Quantil mehr als viermal so groß wie das 1. Quantil. Es werden keine detaillierten Aussagen zu Umfang und Qualität der Leistungen gemacht. Auch die Erfassung der Daten des jeweils zu bewertenden Gebäudes ist aufwändig. Eine Bewertung erfordert die vollständige Erfassung und korrekte Zuordnung aller Kosten.

### 9.1.3 Baunutzungskosten im Regionshaus Hannover

Für Inspektion und Wartung liegen 26 Verträge vor, die die Region Hannover für den Neubau abgeschlossen hat. Die tatsächlich abgerechneten Kosten liegen für den Bearbeitungszeitraum nicht vor und können von den berechneten Kosten durch nach Aufwand berechnete Kosten z.B. für Ersatzteile abweichen. Aus den vorliegenden Unterlagen wurden die zum Zeitpunkt 2007/2008 zu erwartenden Betriebskosten für die Kostengruppen 352, 353, 354, 355 näherungsweise berechnet, siehe Tabelle 63.

Die Kosten für Fernwärme liegen bei rund 20.500 €/a, die für Strom bei rund 29.500 €<sub>netto</sub>/a. Die gesamten Energiekosten liegen entsprechend bei knapp 50.000 €<sub>netto</sub>/a bzw. knapp 7 €<sub>netto</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Die Referenzwerte für Vollkosten nach OSCAR 2005 und König liegen zwischen 10 und 12,50 €<sub>netto</sub>/m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>, die Angaben nach GEFMA (Mittelwert) bei rund 13 €<sub>netto</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Die Energiekosten liegen also bei 55-70 % dieser Referenzkosten.

Die Summe der vertraglich vereinbarten Leistungen für Inspektion und Wartung inkl. 19 % Mehrwertsteuer liegt bei rund 31.000 €<sub>netto</sub>/a bzw. rund 4,33 €<sub>netto</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Als Referenzwerte können hier die Angaben zur Wartung in der Nebenkostenrechnung nach OSCAR 2005 und König herangezogen werden, die mit 3,12 – 3,84 €/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Damit liegen die Wartungskosten 15 - 35 % über den Referenzwerten. In Bezug auf den Energiestandard des Gebäudes ist zu berücksichtigen, dass die Kostenanteile für die „Energiekonzept“-relevanten Gewerke Außenraffstores, Fenster, Heizung, Kälte, Lüftung, Beleuchtung (Elektroanlage Starkstrom) und Gebäudeautomation nur 1,82 €/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>), also nur rund 40 % der Wartungskosten ausmachen.

<sup>57</sup> Daten in der Quelle sind mit Bezug auf BGF angegeben und wurden hier mit dem einem Umrechnungsfaktor von 85% auf die NGF bezogen. Datenerfassungszeitraum ist 2008/2009.



Tabelle 63 Betriebskosten (Wasser, Energie, Inspektion und Wartung)<sup>58</sup>

KG Gewerk	NGF [m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ] 7190	Jahreskosten (netto)	
		[€/a]	[€/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)]
315 Fernwärme		20.423,83	2,84
316 Strom		29.349,10	4,08
<b>Summe</b>		<b>49.772,93</b>	<b>6,92</b>
<hr/>			
352 Brandschutzvorhänge		568,07	0,08
352 Brandschutztüren		1.764,00	0,25
352 Automat. Türanlagen		135,00	0,02
352 Außenraffstores		500,00	0,07
352 Alu-Holz-Fenster		3.709,00	0,52
352 Flachdach		688,00	0,10
352 Silikonfugen		480,00	0,07
<b>Summe</b>		<b>7.844,07</b>	<b>1,09</b>
353 Heizung + Kälteanlage		1.852,88	0,26
353 Lufttechn. Anlagen		2.620,00	0,36
353 Sanitärtechn. Anlagen		1.000,00	0,14
353 Sicherheitsbeleuchtung		510,00	0,07
353 Elektroanlage Starkstrom		1.852,10	0,26
353 Gebäudeautomation, MRS-Anlagen		2.585,92	0,36
353 Blitzschutz		105,00	0,01
353 Behinderten-Notruf		110,00	0,02
353 Brandmeldeanlagen		5.441,64	0,76
353 ELA-Anlage (Beschallungsanlage)		330,00	0,05
353 EMA / ÜMA		552,00	0,08
353 RWA-Anlage		220,00	0,03
353 Notrufaufschaltung Aufzüge		700,00	0,10
353 Aufzüge		1.620,00	0,23
353 Feuerlöscher		517,00	0,07
<b>Summe</b>		<b>20.016,54</b>	<b>2,78</b>
354 Pflanzenpflege		1.021,00	0,14
354 Dachbegrünung		1.350,00	0,19
354 Schranken-Anlage		330,00	0,05
<b>Summe</b>		<b>2.701,00</b>	<b>0,38</b>
355 Konferenz-Anlage		550,00	0,08
<b>Summe</b>		<b>550,00</b>	<b>0,08</b>
<b>Summe Inspektion und Wartung</b>		<b>31.111,60</b>	<b>4,33</b>

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Tabelle 64 zeigt die Berechnung der jährlichen Kosten für Wartung und Inspektion sowie für Instandsetzung auf Basis der Baukostenangaben im Wettbewerb.

<sup>58</sup> Die Energiepreise der Region Hannover liegen inkl. MwSt. bei 0,0878 €<sub>brutto</sub>/kWh für Fernwärme und 0,145 €<sub>brutto</sub>/kWh für Strom.

Tabelle 64 Baunutzungskosten nach DGNB (netto, bezogen auf NGF)

Baunutzungskosten nach DGNB (netto)		Herstellkosten		Instandsetzung		Wartung und Inspektion	
NGF	7.190	€	€/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub>	%	€/(m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> )	%	€/(m <sup>2</sup> <sub>NGFa</sub> )
<b>300</b>	<b>Baukonstruktionen</b>	<b>5.381.709,79</b>	<b>748</b>	<b>0,6%</b>	<b>4,49</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,75</b>
<b>410</b>	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	143.637,17	20	0,55%	0,11	0,70%	0,14
<b>420</b>	Wärmeversorgungsanlagen	202.212,61	28	0,50%	0,14	0,90%	0,25
<b>430</b>	Luft- und Kältetechnische Anlagen	525.243,43	73	2,40%	1,75	2,05%	1,50
<b>440</b>	Starkstromanlagen	555.689,75	77	0,65%	0,50	1,25%	0,97
<b>450</b>	Fernmelde- und infrom. Anlagen	404.332,70	56	0,25%	0,14	0,70%	0,39
<b>460</b>	Förderanlagen	78.908,76	11	1,10%	0,12	2,05%	0,22
<b>470</b>	Nutzungsspezifische Anlagen	45.177,26	6	0,25%	0,02	0,35%	0,02
<b>480</b>	Gebäudeautomation	75.689,66	11	0,25%	0,03	0,70%	0,07
<b>490</b>	Sonstige Maßnahmen für TGA	0,00	0	0,25%	0,00	0,35%	0,00
<b>400</b>	<b>Technische Anlagen</b>	<b>2.030.891,34</b>	<b>282</b>		<b>2,81</b>		<b>3,57</b>

Ohne Berücksichtigung der Preissteigerung ergeben sich nach den Ansätzen der DGNB Wartungskosten in Höhe von 0,75 €/netto/(m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>) für die Baukonstruktionen und 3,57 €/netto/(m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>) für die Technischen Anlagen. Die Summe von 4,32 €/netto/(m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>) entspricht fast exakt den Kosten der vertraglich vereinbarten Leistungen.

Das Regionshauses Hannover wurden durch Bilfinger Berger nach DGNB bewertet und mit GOLD zertifiziert. Im Rahmen der Bewertung wurden abweichend von den Angaben in Abschnitt 4.5 (1.020 €<sub>brutto</sub>/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> bzw. 879 €<sub>netto</sub>/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>) tatsächlich abgerechnete Baukosten von 798 €<sub>netto</sub>/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> zu Grunde gelegt. Als Lebenszykluskosten werden 1.779 €/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> angegeben. Damit werden die Lebenszykluskosten mit der höchsten Punktzahl, also als sehr niedrig bewertet.

Der Vergleich der Daten zum Regionshaus mit den Referenzwerten erfolgt aus mehreren Gründen unter Vorbehalt. Zum einen geben die oben im Einzelnen genannten Daten zum Regionshaus – mit Ausnahme der Kosten für Energie – nur die vertraglich vereinbarten Kosten wieder, so dass die realen Kosten hiervon abweichen können. Die größte Unsicherheit liegt jedoch in der weitgehenden Unkenntnis der erbrachten Leistungen. Dies betrifft sowohl die Referenzwerte wie auch die Kosten im Regionshaus. Eine detaillierte Bewertung von Reinigungszyklen und Wartungsintervallen, ganz zu schweigen von der Qualität, mit der diese Leistungen ausgeführt werden, ist nicht möglich.

Aus dem Vergleich kann deshalb mit Vorsicht die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die hohe Energieeffizienz keine signifikant erhöhten Wartungskosten verursacht. Vergleicht man die geringen Mehrkosten gegenüber den Referenzwerten für die Wartung von rund 0,80 €/(m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>) mit den Minderkosten für Energie von 5-6 €/(m<sup>2</sup><sub>NGFa</sub>), hat das Neue Regionshaus Hannover, ohne Berücksichtigung der zyklischen Instandhaltungs- und Erneuerungskosten in jedem Fall geringere Kosten im Vergleich zu konventionellen Gebäuden „nach EnEV“, in absoluten Zahlen von 30 - 35 T€/a (netto). Dieses Bild wird durch die gute Bewertung nach der DGNB unterstützt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 9.2 Energetische Betriebsoptimierung

Das Regionshaus ging im April 2007 in Betrieb und funktionierte von Beginn an relativ problemlos. Trotzdem wurden einige Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz erkannt und entsprechende Maßnahmen umgesetzt.

### 9.2.1 Nachtabenkung der Vorlauftemperatur der statischen Heizung

Die Heizung wird nachts und an den Wochenenden mit einem Absenkbetrieb, also mit niedrigerer Vorlauftemperatur und entsprechend niedriger Heizleistung betrieben. Für den Heizkreis Ost wurde durch Regression die stündliche Heizlast über der Außenlufttemperatur berechnet. Die Berechnung ergab, dass die Heizlast im Tagbetrieb rund  $8\text{--}10\text{ W/m}^2_{\text{NGFv}}$  höher liegt als im Nachtbetrieb. Zeitweise viel die Nachtabenkung im Heizkreis Süd jedoch aus, Abbildung 113.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

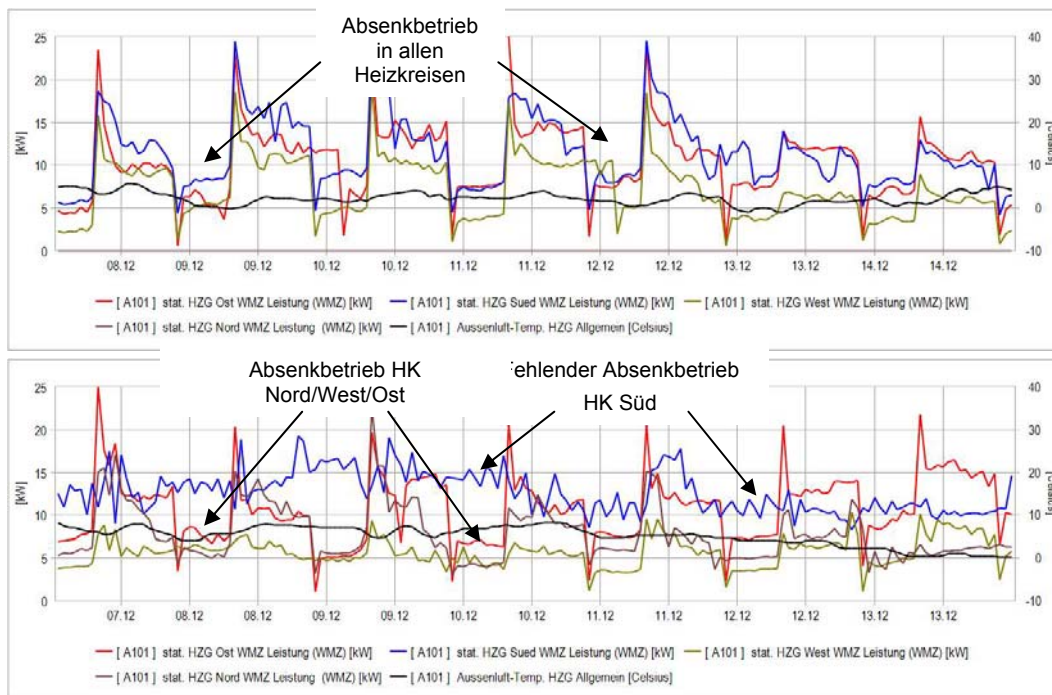


Abbildung 113 Wochengang der Heizleistung einzelner Heizkreise im Dezember 2008 (oben) und 2009

Die tatsächlichen Ausfälle konnten nur zeitweise festgestellt werden. Die Ursache liegt vermutlich in der Gebäudeautomation, unklar ist jedoch, ob in der Anlage selbst oder in unsachgemäßen Eingaben z.B. für Zeitprogramme oder sonstige Betriebswerte. Über die Gebäudeleittechnik wurde die Nachtabenkung korrigiert.

### 9.2.2 Lüftungsanlage WCs

Während des Monitorings wurde erkannt, dass die WC-Lüftungsanlage ab November 2008 mit deutlich höherem Stromverbrauch der Ventilatoren lief und diese offensichtlich auch außerhalb der Betriebszeiten liefen. Eine Analyse ergab, dass die Ventilatoren in der Gebäudeautomation nicht „auf Hand“ geschaltet waren und die Zeitprogramme aktiv waren. Offensichtlich war auf Grund eines Problems in den Frequenzumformern beim Ein- und Ausschalten die Vorgabe für den Betriebszustand „Aus“ auf eine niedrige Betriebsstufe eingestellt worden. Die Zu- und Abluft-Ventilatoren liefen im Betriebszustand „Aus“ mit einer Leistungsaufnahme von rund 2,5 kW (1,2+1,3 kW) von November bis Juli 2009 durch, Abbildung 114.

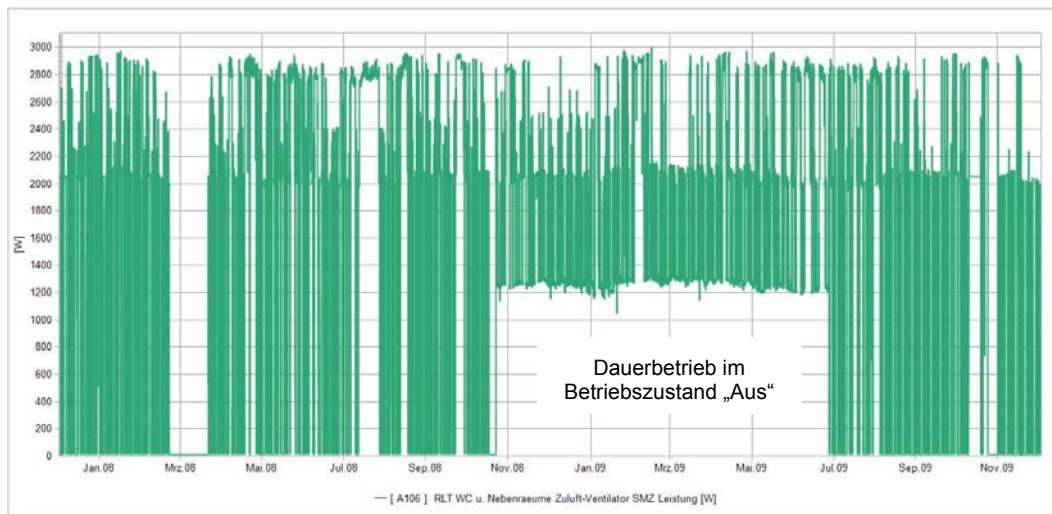


Abbildung 114 Elektrische Leistungsaufnahme Zuluft-Ventilator der RLT-Anlage WCs, 2008 - 2009

Bei geplanten Betriebszeiten von 3.250 h/a nach Nutzungsprofil 16, „WCs und Sanitäräume in Nichtwohngebäuden“ der DIN V 18599 ergibt sich ein Jahresmehrverbrauch für die Nicht-Betriebszeiten von 5.510 h/a \* 2,5 kW = 13.775 kWh<sub>E</sub>/a. Dies entspricht rund 35.000 kWh<sub>P</sub>/a, flächenbezogen 5 kWh<sub>P</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>), und damit einer Erhöhung des gesamten Jahres-Primärenergieverbrauchs um rund 4 % und der Energiekosten bei einem Strompreis von 0,145 €<sub>brutto</sub>/kWh<sub>E</sub><sup>59</sup> um rund 2.000 €<sub>brutto</sub>/a.

### 9.2.3 Beleuchtung Foyer

Die Beleuchtung im Foyer war zunächst nur als eine Gruppe vom Pfortnerplatz aus manuell ein- und ausschaltbar. Es musste also bei Bedarf jeweils die gesamte Beleuchtung eingeschaltet werden.

Im Zuge der Betriebsführung wurde die Beleuchtung im Juni 2009 in sechs einzelne Gruppen aufgeteilt, siehe 6.7.1.3, so dass nun bei ausreichendem Tageslichtangebot nur Teilbereiche eingeschaltet werden können. Diese Möglichkeit wird nach gelegentlicher Beobachtung der Autoren auch genutzt.

Für die Maßnahme wurde eine Einsparung von 5.870 kWh<sub>E</sub>/a bzw. 810 €<sub>brutto</sub>/a bei einem angesetzten Strompreis von 0,138 €<sub>brutto</sub>/kWh<sub>E</sub> (brutto)<sup>60</sup> prognostiziert. Die Kosten beliefen sich auf rund 2.150 € netto bzw. rund 2.560 € brutto mit einer statischen Amortisation von 3 Jahren.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

<sup>59</sup> Angabe Region Hannover

<sup>60</sup> Der abweichende Strompreis wurde in der Wirtschaftlichkeitsberechnung verwendet.



Der Stromverbrauch der Beleuchtung wird nicht einzeln gemessen. Aus dem gemessenen gesamten Stromverbrauch von Foyer und Multifunktionsraum einschließlich Ausstattung konnten jedoch nur eine sehr geringe Einsparung abgeleitet werden. Der Verbrauch lag in den drei Monaten vor dem Umbau bei 8.517 kWh<sub>E</sub>, im Quartal danach bei 8.039 kWh<sub>E</sub>. Überschlägig kann aus diesen Werten auf eine tatsächliche Einsparung von rund 1.000 kWh<sub>E</sub>/a bzw. 138 €<sub>brutto</sub>/a geschlossen werden. Die statische Amortisationslage entsprechend nicht bei den prognostizierten 3, sondern bei rund 19 Jahren.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

#### 9.2.4 Beleuchtung Treppenhäuser

Die Beleuchtung der Treppenhäuser wurde entsprechend der Planung bei Inbetriebnahme durch Bewegungsmelder ein- und ausgeschaltet. In der Folge war die Beleuchtung auch während der Nutzungszeit am Tage immer eingeschaltet, wenn sich Personen im Treppenhaus bewegten, obwohl auf den Podesten jeweils geschosshohe Fenster vorhanden sind, die eine Versorgung mit Tageslicht gewährleisten.

Im Zuge der Betriebsführung wurde im Sommer 2008 eine Zeitschaltung nachinstalliert, die die Regelung über Bewegungsmelder auf die Nachtstunden reduziert. Ein überschlägiger Vergleich des Stromverbrauchs der beiden ersten Halbjahre 2008 (1.551 kWh<sub>E</sub>) und 2009 (688 kWh<sub>E</sub>) zeigt, dass bezogen auf ein ganzes Jahr eine Einsparung von rund 1.700 kWh<sub>E</sub>/a bzw. 4.400 kWh<sub>p</sub>/a oder 0,6 kWh<sub>p</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) erreicht wurde.

Die Kosten der Umbauarbeiten sind nicht bekannt. Die Einsparungen liegen bei einem Strompreis von 0,145 €<sub>brutto</sub>/kWh<sub>E</sub><sup>61</sup> bei rund 246 €/a. Die Einhaltung der Anforderungen an die Beleuchtung in den Treppenhäusern wurde nicht bewertet.

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

#### 9.2.5 Pumpen

Die Auswertung der elektronisch geregelten Pumpen im Heizsystem ergab, dass die Pumpen fast ausschließlich in den kleinsten Leistungsstufen liefen. Eine betriebliche Einsparung war an dieser Stelle nicht möglich. Jedoch hätten die Pumpen vermutlich kleiner ausgelegt und entsprechend günstigere Modelle verwendet werden können. Laut Hersteller hätte dies ein Einsparpotenzial von rund 600 €<sub>brutto</sub> inkl. je Pumpe, insgesamt für die sechs Pumpen im Heizverteiler von rund 3.600 €<sub>brutto</sub> bedeutet.

#### 9.2.6 Sonnenschutz Büros

Der Sonnenschutz in den Büros wird sowohl automatisch als auch über Handschalter bedient. Die Automation sah ursprünglich vor, dass die Behänge heruntergefahren werden, wenn ein Grenzwert einer gerichteten Helligkeitsmessung für einen vorgegebenen Zeitraum überschritten wurde. Das Herauffahren wurde bei Unterschreiten eines Grenzwertes für eine bestimmte Zeit ausgelöst. Nach dem Handeingriff eines Nutzers wurde die Automatik für den entsprechenden Behang für 240 Minuten außer Betrieb genommen.

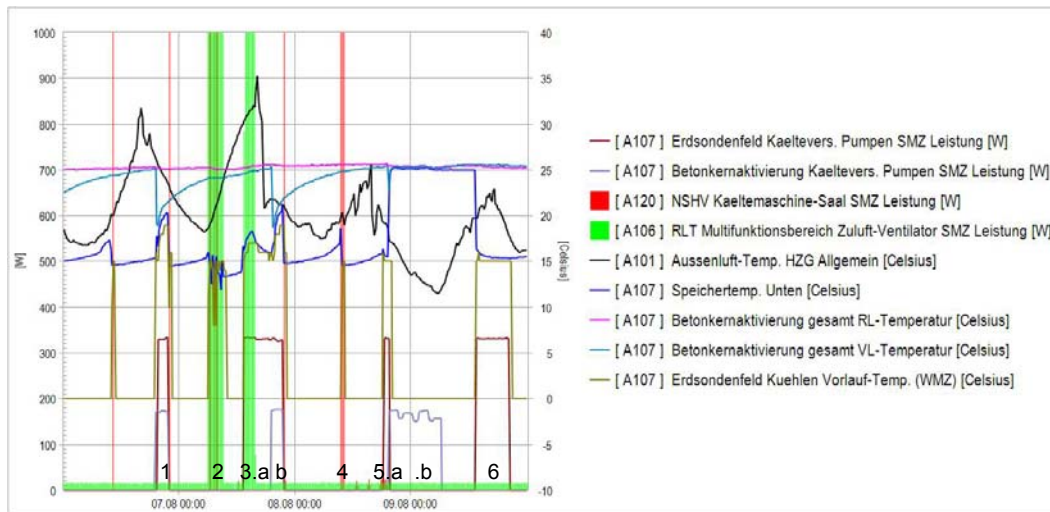
Es konnte nicht exakt bewertet werden, ob die Regelung korrekt umgesetzt wurde. Einige Nutzer bemängelten jedoch ein häufiges Herauf- und Herunterfahren der Behänge. Deshalb wurden den Nutzern im Frühjahr 2008 zwei alternative einfachere Konzepte zur Regelung vorgeschlagen. Variante 1 sah vor, dass die Behänge fassadenabhängig im Sommer jeweils immer zu einer festgelegten Zeit heruntergefahren werden. In Variante 2 erfolgte dies nur, wenn in einem festgelegten Zeitraum während des Tages in Abhängigkeit von der Fassadenausrichtung zusätzlich der Grenzwert für die Helligkeit überschritten war. Bei beiden Varianten wurde die Automatik für den Rest des Tages zurückgesetzt, wenn der Sonnenschutz einmal heruntergefahren wurde oder der Nutzer den Behang manuell bewegt hatte. Die Nutzer wählten in der Umfrage mit deutlicher Mehrheit Variante 2, die anschließend auch umgesetzt wurde.

<sup>61</sup> Angabe Region Hannover

### 9.2.7 Erdsondenfeld und Betonkernaktivierung

Die Komfortkühlung in den Büros durch Betonkernaktivierung und Erdsondenfeld lief in den Jahren 2008 und 2009 nur sehr kurze Zeit. Ziel der vorgesehenen Regelung war es, zum einen, die Komfortkühlung nur zu nutzen, um Überhitzungen der Räume zu vermeiden, also nicht um diese unterhalb von 26°C zu temperieren. Zum anderen sollte Heizen und Kühlen gleichzeitig oder in kurzen Abständen vermieden werden.

Abbildung 115 zeigt beispielhaft einige Betriebswerte der Komfortkühlung im Sommer 2008 mit Erläuterungen zu den verschiedenen Betriebsphasen.



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

<b>Betriebszustände</b>	
T=Temperatur, VL/RL=Vor-/Rücklauf, EWS=Erdreichwärmespeicher, BKA=Betonkernaktivierung, T <sub>sp,unten</sub> =untere Speichertemperatur	
<b>1</b>	Zeitprogramm: Pumpe BKA ein, Pumpe EWS ein → T <sub>VL,BKA</sub> fällt auf 19°C, T <sub>VL,EWS</sub> und T <sub>sp,unten</sub> steigen auf 15°C, anschließend steigen alle drei Temp. an
	T <sub>sp,unten</sub> > 20°C → Pumpe BKA aus, Pumpe EWS aus
<b>2</b>	RLT Saal ein (manuell), Pumpe Kühlregister ein (nicht dargestellt) → T <sub>VL,EWS</sub> hat Durchfluss, obwohl EWS-Pumpe aus; Vermutung: Ventil schließt nicht vollständig → T <sub>sp,unten</sub> ca. 15°C, EWS wird nicht eingeschaltet
<b>3.a</b>	RLT Saal ein (manuell), Pumpe Kühlregister ein (nicht dargestellt), Pumpe EWS ein → T <sub>sp,unten</sub> > 16°C, EWS wird eingeschaltet, EWS läuft weiter, T <sub>sp,unten</sub> sinkt auf T <sub>VL,EWS</sub>
<b>3.b</b>	Zeitprogramm: Pumpe BKA ein → T <sub>VL,BKA</sub> fällt auf 19°C, T <sub>VL,EWS</sub> und T <sub>sp,unten</sub> steigen auf 15°C, Anschließend steigen alle Temp. an T <sub>sp,unten</sub> > 20°C → Pumpe BKA aus, Pumpe EWS aus
<b>4</b>	T <sub>sp,unten</sub> > 20°C → KM Saal schaltet ein (EWS gesperrt), → T <sub>sp,unten</sub> unter 16°C (Hysterese), KM Saal schaltet aus
<b>5.a</b>	T <sub>amb</sub> > 20°C und T <sub>sp,unten</sub> > 16°C → Pumpe EWS ein, T <sub>sp,unten</sub> sinkt auf T <sub>VL,EWS</sub> (= ca. 15°C)
<b>5.b</b>	Zeitprogramm: Pumpe BKA ein → T <sub>BKA,VL</sub> sinkt auf ca. 18°C → Pumpe EWS aus T <sub>sp,unten</sub> > 20°C → T <sub>VL,BKA</sub> =T <sub>RL,BKA</sub> =T <sub>sp,unten</sub> = 25°C
<b>6</b>	T <sub>amb</sub> > 20°C und T <sub>sp,unten</sub> > 16°C → Pumpe EWS ein, T <sub>sp,unten</sub> sinkt auf T <sub>VL,EWS</sub> T <sub>sp,unten</sub> < 16°C → EWS aus

Abbildung 115 Betriebswerte 06.08. – 09.08.2008 der Erdsondenanlage und Betonkernaktivierung



In dem dargestellten Zeitraum geht die Betonkernaktivierung in drei Nächten in Betrieb, bricht jedoch zweimal nach rund einer Stunde ab. Nur einmal, in der Nacht vom 8. auf den 9.8. läuft sie durch alle 4 Kühlkreise durch. Dies kann nur erfolgen, wenn in einzelnen Kühlkreisen die Einschaltkriterien insgesamt und für den Kühlkreis ( $t_{RL,BKA} > 25^{\circ}\text{C}$ ) nicht erfüllt waren. Die gemessene Rücklauftemperatur (des gemeinsamen Rücklaufs) lag im gesamten Zeitraum jedoch über  $25^{\circ}\text{C}$ . Auch alle anderen Kriterien waren erfüllt, so dass keine Abschaltung hätte erfolgen dürfen.

In 2009 wurde der Einschaltgrenzwert verändert, um die Kühlung bereits ab  $t_{RL,BKA} > 23^{\circ}\text{C}$ , also häufiger in Betrieb zu nehmen. Dies führte jedoch zu dem gegenteiligen Ergebnis: die Anlage ging in 2009 fast gar nicht in Betrieb. Die einzelnen Ereignisse der Regelung können trotz des detaillierten Monitorings in 15-Minuten-Schritten nicht exakt nachvollzogen werden.

Es wird empfohlen, die vergleichsweise komplexe und mit diversen Zeitgliedern versehene Regelung in eine einfache Steuerung umzuwandeln, die das vorgesehene Betriebsprogramm der Betonkernaktivierung (ab 23 Uhr je 2 Stunden Betrieb der BKA-Kreise Süd/West/Ost/Nord) mit dem Erdsondenfeld in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur ( $T_{amb,max}$  der letzten 24h  $> 25^{\circ}\text{C}$ ) ein- und ausschaltet. Einzige zusätzliche Bedingung kann sein, dass die entsprechende Heizkreispumpe abgeschaltet ist. Dies sollte aber durch deren Abhängigkeit von der Außentemperatur bereits sichergestellt sein. Es wird erwartet, dass mit dieser Lösung eine kontinuierlichere Kühlung der Büros über BKA und EWS erfolgt. Die Leistungsfähigkeit der BKA und des EWS als Wärmesenke sollten im Betrieb überwacht und bewertet werden.

Falls die Leistungsfähigkeit des Erdsondenfeldes mit den hier genutzten moderaten Temperaturen nicht ausreicht, sollte geprüft werden, ob das Erdsondenfeld auch als Spitzenlastrückkühlung für andere Kühllasten genutzt werden kann. Hier kommt insbesondere die Umschaltung von den Luft-Rückkühlern von HannIT auf den EWS in Frage. Die Rückkühler laufen bei hohen Außenlufttemperaturen in der Regel mit geringen Wirkungsgraden und unterstützen die Bildung von Lastspitzen. Im Sommer könnte bei besonders hohen Temperaturen in den Mittagsstunden die Rückkühlung über den EWS erfolgen und so Lastspitzen und Stromverbrauch reduzieren. Hierzu sind die Anschlussmöglichkeiten zwischen IT-Rückkühlung und Erdsondenfeld im Innenhof zu prüfen. Sollte diese Lösung umgesetzt werden, besteht im Neubau weiterhin die Möglichkeit, über die Kältemaschine, die zurzeit nur für den Multifunktionsbereich vorgesehen ist, die BKA zu kühlen.

### 9.2.8 Wirtschaftlichkeit der Energetischen Betriebsoptimierung

Die Betriebsführung von Gebäuden ist Teil der Betreiberleistungen und in DIN 18960 unter Kostengruppe 350 eingeordnet. Bei innovativen und energieeffizienten Gebäuden wurde unter anderem in Projekten des Energieoptimierten Bauens, [Plesser, 2004] und [Himmeler, 2006] gezeigt, dass ein zusätzliches Monitoring erforderlich ist, um den Betrieb optimal zu gestalten. Energiemanagementsysteme wie in DIN 16001 beschrieben, unterstellen ebenfalls den Bedarf für einen zusätzlichen Controlling-Prozess.

In der Kostenstruktur des [GEFMA Benchmark Bericht] ist hierzu ein separater Kostenblock Energiemanagement enthalten. Die jährlichen Kosten bei Bürogebäuden werden im Mittel mit  $0,37 \text{ €}_{netto}$  angegeben. Dies ergäbe beim Neuen Regionshaus ein Budget von rund  $2.000 \text{ €}_{netto}/a$  für eine entsprechende Dienstleistung bzw. rund 4 % der Energiekosten.

Ohne dies präzise bewerten zu können, hält der Autor mit diesem Budget bei einer effektiven Monitoring-Infrastruktur auf Basis der Gebäudeautomation die Identifikation von Dauerläufern sowie Veränderungen von Betriebseinstellungen an der Gebäudeautomation für möglich. Eine weitergehende Analyse, wie sie zum Beispiel die Anlage zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie oder ein komplexeres Energiekonzept erfordern, würde jedoch in diesem Budgetrahmen durch Ingenieurbüros nicht wirtschaftlich geleistet werden können.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



### 9.3 Fazit

Der Gebäudebetrieb des Regionshauses erwies sich in der Praxis als weitgehend unkompliziert. Eine längere Optimierungsphase zur Erreichung der Zielwerte der Planung war nicht erforderlich.

Im Einzelnen werden folgende Punkte hervorgehoben:

- Die Energiekosten für Fernwärme und Strom fallen mit knapp  $7 \text{ €/}(m^2_{\text{NGFA}})$  netto deutlich geringer aus als bei konventionellen Gebäuden.
- Gebäude und Anlagen verursachen im Vergleich zu konventionellen Gebäuden keine erhöhten Wartungskosten oder Lebenszykluskosten.
- Das Gebäude hat ohne intensive Optimierungsmaßnahmen einen Regelbetrieb erreicht.
- Die Erdsondenanlage und die Betonkernaktivierung wurden in den ersten zwei Jahren kaum genutzt. Trotzdem ist der thermische Komfort in den Büros akzeptabel gewesen. Der Stromverbrauch für die konventionelle Kälteerzeugung (ohne EDV-Kühlung) lag mit rund  $1 \text{ kWh}_P/(m^2_{\text{NGFA}})$  bei weniger als 2 % des gesamten Jahres-Primärenergieverbrauchs  
Für die Kälteanlage wird empfohlen, in 2011 eine vereinfachte Steuerung von Betonkernaktivierung und Erdsondenfeld zu implementieren. Alternativ sollte anschließend unter technisch-wirtschaftlichen Aspekten untersucht werden, ob das Erdsondenfeld zur Rückkühlung der Kältemaschinen der IT in Spitzenlastzeiten zu nutzen.
- Das vergleichsweise einfache technische Konzept des Regionshauses hat sich im Betrieb als praxistaugliche, funktional effektive und im Vergleich zu anderen Gebäuden wirtschaftliche Lösung erwiesen. Einzige Einschränkung ist die Luftqualität mit einer in den Wintermonaten erhöhten  $\text{CO}_2$ -Konzentration. Jedoch kann auch diese, wie die Messdaten zeigen, bei richtigem Nutzerverhalten auf einem akzeptablen Maß gehalten werden.

Das Potenzial zur Kosteneinsparung im Gebäudebetrieb ist auf Grund der niedrigen Energiekosten gering, so dass der Budgetspielraum für eine entsprechende Dienstleistung unter dem Gebot der Wirtschaftlichkeit ebenfalls sehr begrenzt ist. Ein Monitoring des Gebäudebetriebs als wirtschaftliche Dienstleistung müsste unter diesem Aspekt bei dem hier gewählten einfachen Konzept ebenfalls sehr einfach gehalten werden.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636





## 10 DISKUSSION, EMPFEHLUNGEN UND AUSBLICK

Im Projekt Neues Regionshaus Hannover konnten die Autoren die Multiplizierbarkeit des Energieoptimierten Bauens in einem PPP-Verfahren beobachten. Es liegen Ergebnisse zu Bau- und Betriebskosten, zu Energieeffizienz und Nutzerkomfort in Planung und Betrieb sowie zahlreiche Projekterfahrungen vor. Im Folgenden wird insbesondere die Eignung von PPP-Verfahren zur Realisierung energieoptimierter Gebäude diskutiert und Empfehlungen für die Umsetzung gegeben. Anschließend wird der weitere Forschungsbedarf beschrieben, der sich insbesondere auf Defizite bei den Kenntnissen zur Anwendung und Umsetzung von Energieeffizienzstandards in den unterschiedlichen Verfahren bezieht.

### 10.1 Diskussion

Das PPP-Projekt Neues Regionshaus Hannover hat gezeigt, dass anspruchsvolle Anforderungen an Energieeffizienz und Nutzerkomfort in einem PPP-Verfahren umgesetzt werden können. Die gesetzten Zielwerte, die in Bezug auf die Energieeffizienz weit über die gesetzlichen Anforderungen zum Zeitpunkt der Errichtung hinausgingen, konnten in einer Lösung umgesetzt werden, die ihrerseits gleichzeitig deutlich unter den berechneten Errichtungskosten einer konventionellen Lösung lagen.

Im Nachhinein wird der beschrittene Weg und die wesentlichen zu Grunde liegenden Entscheidungen als richtig angesehen. Dies betrifft insbesondere die Strategie, eindeutige, anspruchsvolle, jedoch nicht extreme Zielwerte und technische Standards dort, wo diese eindeutig gewünscht waren, auch eindeutig und verpflichtend vorzugeben.

Als problematisch erweist sich die Vorgabe einer nicht ganz eindeutigen Nachweismethode für die Energieeffizienz und den thermischen Nutzerkomfort. Hier ist mit der DIN V 18599 nun ein großer Schritt in Richtung Standardisierung der Methodik getan. Es wird jedoch an dieser Stelle, auch aus der Erfahrung des Autors in anderen Projekten davor gewarnt, diese neue Berechnungsmethode durch extrem hohe Anforderungen an die Energieeffizienz zu strapazieren. Zum einen wird es auch hier Interpretationsspielräume, unklare Randbedingungen und schlicht schwer erkennbare fehlerhafte Anwendungen geben. Zum anderen können diese auf Grund der exakten Entscheidungsmechanik in einem PPP-Verfahren bei Nichteinhaltung zum Ausschluss eines ansonsten guten Angebots führen. Die Erreichung besonders guter Kennwerte sollte positiv in die Bewertung einfließen, aber nicht als Mindestanforderung festgelegt werden. PPP-Verfahren bieten die Möglichkeit, durch privatwirtschaftliches Handeln Synergieeffekte, Kostenvorteile und eine bessere Risikoverteilung zu nutzen. Sie sind jedoch weder ein Feld für technologische Ausnahmeleistungen noch für Experimente. Vielmehr erfordern sie zur Ausschöpfung der PPP-Potenziale eine möglichst präzise Beschreibung der zu erbringenden Leistung und der Art der Nachweisverfahren, adressieren also eher bekannte und konventionelle Anforderungen.

Auf Seiten der Bieter können zu hohe Mindestanforderungen zu erheblichen Verzerrungen einer Lösung führen. Denn bei der Optimierung eines Angebots ergeben sich spätestens bei der Preiskalkulation entgegengesetzte Kräfte, für deren optimales Austarieren im Sinne einer bestmöglichen Gesamtlösung ausreichend Spielräume vorhanden sein müssen. Sind diese nicht gegeben, bleibt die Kreativität und das Knowhow der Bieter ungenutzt oder führt – bei unterschiedlichen Interpretationen – zu unbefriedigenden Ergebnissen. Entscheidet sich ein Bieter jedoch mit Blick auf die Gesamtlösung, eine Mindestanforderung zu ignorieren, läuft er Gefahr, aus dem Verfahren ausgeschlossen zu werden.



Insbesondere bei neu zu errichtenden Bürogebäuden oder Schulen sind die technischen Optionen und damit auch die möglichen oder sinnvollen Zielsetzungen vor Verfahrensbeginn grundsätzlich bekannt. Ziel eines PPP-Verfahrens kann es deshalb nicht sein, eine „neue“ Lösung für die Aufgabe „Arbeitsplatz“ oder „Klassenraum“ zu finden.

Es ist auch nicht hilfreich, mit der Absicht mehr Planungsfreiheit zu ermöglichen, zunächst vermeintliche Optionen durch Vermeidung von Festlegungen in der funktionalen Leistungsbeschreibung zu geben, und diese anschließend durch überhöhte Anforderungen an die bilanzierte Energieeffizienz oder den Nutzerkomfort wieder zu nehmen oder sogar in Widerspruch zu setzen. So ist zum Beispiel die Frage der mechanischen Belüftung eines Büroraumes oder eines Klassenraumes nicht in erster Linie eine Frage der Energieeffizienz, sondern des Nutzerkomforts. Gleiches gilt für die Wahl einer indirekten oder direkten Beleuchtung. Der nach DIN V 18599 berechnete Jahres-Primärenergiebedarf des Neuen Regionshauses würde sich durch eine mechanische Belüftung aller Büros vermutlich um rund  $20 \text{ kWh}_p / (\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  erhöhen, durch eine direkte statt indirekte Beleuchtung um rund  $10 \text{ kWh}_p / (\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  niedriger ausfallen. Würden diese Wahlmöglichkeiten in einem Verfahren als Optionen zur Verfügung stehen, um einen extremen Energiekennwert einhalten zu können, würde ein Bieter verleitet, diese Entscheidung zu treffen, obwohl möglicherweise Wirtschaftlichkeit oder Komfort dadurch beeinträchtigt werden könnten und für den Bauherrn von größerer Bedeutung sind.

PPP-Verfahren erscheinen deshalb aus Sicht des Energieoptimierten Bauens dort als eine sinnvolle Alternative, wo hochwertige, aber verlässlich erreichbare Standards für Energieeffizienz und Nutzerkomfort angestrebt werden. Werden andere oder höhere Ziele angestrebt, sei es eine komplexe Sanierung mit vielen Unbekannten oder ein Energiestandard, der nur mit außergewöhnlichen Mitteln erreicht werden kann, sollte ein konventionelles Verfahren gewählt werden.

## 10.2 Veranstaltungen und Publikationen

Projekt und Ergebnisse wurden auf zahlreichen Veranstaltungen national und international präsentiert. Vollständige Listen sind im Anhang unter 11.4 und 11.5 aufgeführt.

Besonders herausgehoben wird an dieser Stelle die Abschlussveranstaltung zum Projekt im Regionshaus Hannover am 3.6.2010<sup>62</sup>. Vertreter der Region Hannover, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und des IGS diskutierten mit rund 40 Experten aus der öffentlichen Immobilienverwaltung, Bauwirtschaft und Politik diskutierten die durch die Forscher und den Architekten präsentierten Ergebnisse des Projekts im Kontext der Entwicklungen rund um das Energieoptimierte Bauen. Weitere Vorträge gaben einen Überblick über aktuelle Fragen rund um das Energieoptimierte Bauen in Public-Private-Partnerships, siehe Abbildung 116, und auf der Website des IGS unter <http://www.igs.bau.tu-bs.de>.

Kontrovers wurden insbesondere die Fragen nach dem „richtigen“ Energiestandard diskutiert, so z.B. das Für und Wider zur Anwendung des Passivhausstandards in Nicht-Wohngebäuden. Einen weiteren Schwerpunkt der Gespräche bildete die zunehmende Komplexität von Planungswerkzeugen, insbesondere der DIN V 18599. Weitgehender Konsens bestand unter den Teilnehmern auch dahingehend, dass die beschleunigte Umsetzung einer Vielzahl von Bau-, Sanierungs- und Optimierungsmaßnahmen – z.B. im Rahmen des zweiten Konjunkturpakets der Bundesregierung – einer Evaluierung bedarf, um zeitnah Kenntnisse über tragfähige Konzepte zu gewinnen und Hemmnisse auf dem Weg zu energieoptimierten Gebäuden zu erkennen.

Das Projekt und die Veranstaltung hat bei den Teilnehmern ein sehr positives Echo gefunden. Unter anderem entstand die Zusammenarbeit mit einem weiteren PPP in Hannover.

<sup>62</sup> Der Workshop wurde anstelle der ursprünglich geplanten Erstellung eines Handbuchs durchgeführt.



## Energieeffizienz im PPP - Nachhaltigkeit im Wettbewerb

Fachworkshop zur Integration von Zielen für nachhaltiges Bauen in öffentliche Bauvorhaben  
Donnerstag, 3. Juni 2010, 13 – 17 Uhr

Neues Regionshaus Hannover  
Hildesheimer Straße 18/20, 30169 Hannover

Gebäude sind nicht nur maßgebliche Verursacher des Klimawandels. Die vorhandenen Technologien bieten auch große Potenziale zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Doch wie gelingt die Umsetzung innovativer Konzepte in Zeiten leerer Kassen, wachsender Ansprüche an Gebäude und komplizierter gesetzlicher Rahmenbedingungen?

Der Fachworkshop „Energieeffizienz im PPP – Nachhaltigkeit im Wettbewerb“ stellt erfolgreiche Konzepte zum nachhaltigen Bauen in öffentlichen Bauvorhaben vor und diskutiert Erfahrungen und Chancen für die Zukunft.

- Welche Ziele sind realistisch?
- Welche Konzepte und Kennwerte sind geeignet?
- Welche Aussagekraft haben neue Berechnungsmethoden?
- Wie können die Ziele in verschiedenen Verfahren verankert werden?
- Wie können Qualitäten in Planung, Bau und Betrieb gesichert werden?

Erfahrene Referenten stellen die aktuellen Entwicklungen für nachhaltiges Bauen vor und diskutieren die Potenziale für öffentliche Bauvorhaben:

13:00	Begrüßung Hauke Jagau, Präsident der Region Hannover Stefan Plesser, Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig
13:20	Architektur und Nachhaltigkeit Christian Rathmann, Architekt, bünenmann + collegen
13:40	PPP- Projekte: Von Natur aus nachhaltig? Thomas Schubert, VBD
14:00	Nachhaltigkeit als Bau- und Zertifizierungsaufgabe Dr. Kati Herzog und Alice Omet, Bilfinger Berger Hochbau GmbH
14:20	Ergebnisse des Forschungsprojekts „Neues Regionshaus Hannover – Energieeffizienz im PPP“ Stefan Plesser, Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig
14:40	Kaffeepause und Gebäudebegehung
	Impulsreferate und Diskussionen
15:30	Neue Planungswerkzeuge: Von der DIN V 18599 zur dynamischen Gebäudesimulation Dipl.-Ing. Architekt Thomas Wilken, Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig
16:00	Nachhaltigkeitszertifikate: DGNB & CO. Dipl.-Ing. Carsten Bremer, energydesign braunschweig GmbH
16:30	Forschung und Entwicklung: Die nächsten Schritte zur Nachhaltigkeit Stefan Plesser, Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig
17:00	Abschluss

Der Fachworkshop ist die Abschlussveranstaltung des Forschungsprojekts „Neues Regionshaus Hannover - Energieoptimiertes Bauen im PPP“ des IGS - Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig. Projekt und Veranstaltung werden gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Mehr Infos unter: [www.enob.info](http://www.enob.info) und [www.igs.bau.tu-bs.de](http://www.igs.bau.tu-bs.de).

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

Abbildung 116 Veranstaltungsprogramm zum Workshop am 3.6.2010



### 10.3 Empfehlungen

Aus den Ergebnissen und Erfahrungen haben die Autoren eine Liste von Empfehlungen zur Integration von Energieeffizienzzielen in PPP-Verfahren zusammengestellt. Diese sind weder zwingend notwendig für den Erfolg eines PPPs noch eine Garantie für ihre Erreichung. Sie sollen lediglich Leitplanken und Orientierungshilfe für die Verfahren sein.

#### Projektvorbereitung

- Verschaffen Sie sich einen Überblick über den Stand der Technik, die Leistungsfähigkeit und Grenzen moderner Planungswerkzeuge und zukunftsweisende Ziele für Energieeffizienz und Nachhaltigkeit. Ein Tages-Workshop mit einem kompetenten Berater kann das Dickicht an Leuchtturmprojekten, Energie-Standards und Technologien lichten und belastbare Grundlagen für die Funktionale Leistungsbeschreibung und die Vorprüfung liefern.
- Nutzen Sie die Erfahrung anderer Bauherren: Es gibt in Deutschland eine Vielzahl von innovativen Gebäuden im Betrieb. Ein Besuch vor Ort – z. B. in einem der Demonstrationsgebäude aus dem Forschungsfeld EnOB – gibt Ihnen praxisnahe Eindrücke von innovativen Konzepten und Technologien.

#### Funktionale Leistungsbeschreibung

- Setzen Sie Ziele mit Augenmaß. PPP-Verfahren sind nicht geeignet für Experimente, hochkomplexe oder schwer zu beschreibende Bauaufgaben.
- Sehen Sie die Ziele für Energieeffizienz und Nutzerkomfort immer im Kontext Ihrer anderen Ziele und der allgemeinen Absicht des Projekts: Gebäude werden nicht errichtet, um Energie zu sparen.
- Prüfen Sie, ob Sie in der Lage sind, die geforderte Leistung so präzise zu beschreiben, dass die Vorteile des Verfahrens – Synergien, Risikoverlagerung, Ausnutzung des Wettbewerbs – effektiv genutzt werden können.
- Vermeiden Sie extreme Mindestanforderungen. Alle Anforderungen, die unbedingt eingehalten werden müssen, sollten den Bietern ausreichend Gestaltungsspielraum lassen. Zusätzliche Leistungen können darüber hinaus positiv bewertet werden.
- Beschreiben Sie die Leistungen so präzise wie möglich und vermeiden Sie unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten. Wenn Sie bestimmte funktionale oder technische Lösungen erhalten möchten, geben Sie sie exakt vor.
- Definieren Sie Ziele immer einschließlich der Verfahren zur Berechnung und Erfolgskontrolle, um den Bietern Klarheit über das Verfahren zu geben und eine nachvollziehbare Vorprüfung zu ermöglichen. Die Bieter sollten verstehen, wie Ihre Angebote geprüft werden.
- Definieren Sie ggf. Regeln für den Ausgleich von im Projektverlauf auftretenden Performancedefiziten. Beachten Sie dabei, dass Bonus-/Malus- Regeln angemessen, nachvollziehbar und praktikabel gestaltet werden.



## Errichtung / Inbetriebnahme

- Sichern Sie die Qualität Ihres Gebäudes: Lassen Sie zu den richtigen Zeitpunkten überprüfen, ob die Ausführungsplanung und Bauausführung dem festgelegten Konzept entspricht. Der Aufwand, als Fortführung der Vorprüfung, muss nicht groß sein: Gezielte Begehungen sowie Qualitäts- und Funktionstests bei den Abnahmen können die energetische Qualität bei geringen Kosten sichern.
- Bereiten Sie die Inbetriebnahme des Gebäudes frühzeitig vor. Das Gebäudemanagement sollte spätestens bei Baubeginn mit zunehmender Intensität in das Projekt eingebunden werden.
- Im ersten Betriebsjahr ist das Gebäudemanagement erfahrungsgemäß mit vielem beschäftigt, nur nicht mit der Energieeffizienz des Gebäudebetriebs. Je nach Erfordernis des Gebäudes sollte es durch das Monitoring einer Qualitätssicherung unterstützt werden. So kann das Gebäude schnell einreguliert und das Personal vor Ort entlastet und gleichzeitig mit dem Gebäude vertraut werden. Der Fachplaner ist hierfür prädestiniert, da er das Gebäude kennt. Notwendig ist jedoch ein klarer und nachvollziehbarer Arbeitsauftrag.
- Nehmen Sie die Nutzer mit! Ob Einzelraumregelung, automatischer Sonnenschutz oder Strahlungsheizung: Auch an das beste Gebäude muss sich der Nutzer erst gewöhnen. Gezielte (Vorab-) Informationen, wie ein Nutzerhandbuch zu Konzept, Hintergrund und Zielsetzungen, können die Akzeptanz verbessern und das Gebäudemanagement entlasten.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## Betriebsüberwachung

- Überprüfen Sie den Erfolg Ihres Gebäudes: Innovative Gebäude sind keine Selbstläufer. Deshalb sollte bei anspruchsvollen Gebäuden ab dem ersten Betriebstag ein Monitoring auf Basis der Gebäudeautomation installiert werden.
- Das Monitoring kann in der Regel nach dem ersten Betriebsjahr deutlich heruntergefahren werden. Mithilfe entsprechender Werkzeuge sind eine Dokumentation der Planungsziele und eine kontinuierliche Überwachung des Betriebs effektiv und wirtschaftlich möglich.

Es gibt keinen Königsweg für die Integration von Energieeffizienzkriterien in PPP-Verfahren. Möglich sind sowohl bilanzierte Kennwerte für das Gesamtgebäude als auch konkrete Vorgaben für einzelne Bauteile oder Anlagen. In jedem Fall aber sollte die Ausschreibung die Ziele und Kenntnisse der ausschreibenden Stelle widerspiegeln.



## 10.4 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Energieoptimiertes Bauen ist eine der wichtigsten gesamtgesellschaftlichen Aufgaben. In Veröffentlichungen zum Klimawandel wird fast immer auf den erheblichen Anteil des Gebäudebestands an der Verursachung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen hingewiesen. Dabei sind die Optionen zur Emissionsreduzierung der Gebäudebereiche durch zwei besondere Merkmale gekennzeichnet:

- Die technischen Voraussetzungen für eine drastische Verbesserung sind weitgehend vorhanden, wie die EnOB- Demonstrationsgebäude zeigen.
- Der Instandhaltungstau zeigt, dass sich der erhebliche Bedarf zur Verbesserung des Gebäudebestands ergibt sich nicht nur aus Gründen des Klimaschutzes ergibt. Es geht hier nicht um das „Ob“, sondern um das „Wie“.

Damit sind eigentlich beste Voraussetzungen für eine zügige und effektive Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudebestands gegeben. Demgegenüber steht eine weitgehende Unkenntnis darüber, in welchem Maße im Nicht-Wohnungsbau tatsächlich energieoptimiert gebaut wird und wie erfolgreich technisch mögliche Standards tatsächlich umgesetzt werden. Als weiteren Forschungsbedarf werden deshalb in diesem Kontext insbesondere folgende Fragen gesehen:

- Findet eine Multiplikation der Standards des Energieoptimierten Bauens und Sanierens in der Praxis statt?
- Welche Verfahren und Werkzeuge werden in Planung, Errichtung und Betrieb eingesetzt?
- Ist die Umsetzung mit Blick auf die Performance im Betrieb erfolgreich, wo liegen gegebenenfalls Ursachen für Defizite und wie kann diesen begegnet werden?

Die Fragestellungen sind nicht nur technisch orientiert und lassen sich methodisch nicht allein in Demonstrationsgebäuden beantworten, sondern erfordern Forschung und Entwicklung auf der Basis einer Erfolgskontrolle im Feld.

Im Forschungsfeld EnBop – Energetische Betriebsoptimierung steht deshalb die Evaluierung von Systemen und Gebäuden in der Praxis und die Optimierung der Performance, auch unter Einbeziehung anderer Disziplinen wie der Arbeits- oder Umweltpsychologie, im Mittelpunkt.

## 11 ANHANG

### 11.1 Energetische Bewertung nach DIN V 18599

Im Folgenden sind die Berechnungsgrundlagen für die Berechnungen nach DIN V 18599 / EnEV 2007 aus dem Programm Solar-Computer aufgeführt.

**Tabelle 65 Energetische Bewertung nach DIN V 18599**

<b>Nutzungszeiten und Betriebszeiten</b>			
tägliche Nutzungszeit:	von	07:00 Uhr	bis 18:00 Uhr
tägliche Nutzungsstunden:			11 h/d
jährliche Nutzungstage			250 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:			2543 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:			207 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung:	von	05:00 Uhr	bis 18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung:			13 h/d
tägliche Betriebszeit Heizung:	von	05:00 Uhr	bis 18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden Heizung:			13 h/d
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung:			250 d/a
<b>Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)</b>			
Raumsolltemperatur Heizung / Kühlung:		21 °C /	24 °C
Minimaltemperatur / Maximaltemperatur Auslegung Heizung / Kühlung:		20 °C /	26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Heizungsbetrieb:			4.0 K
Feuchteanforderung:			mit Toleranz
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
personenbezogen:	40.00 m <sup>3</sup> je h und Person	flächenbezogen:	4.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>mechanischer Außenluftstrom (Praxis)</b>			
Luftwechsel:	2.50 1/h	nur Luft: 6.00 1/h	flächenbezogen: 0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:			500 lx
Höhe der Nutzebene:			0.80 m
Minderungsfaktor ka:			0.84
relative Abwesenheit CA:			0.30
Raumindex k:			1.25
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit:			0.70
<b>Personenbelegung - maximale Belegungsdichte</b>			
gering	18.0 m <sup>2</sup> /Person	mittel:	14.0 m <sup>2</sup> /Person
		hoch:	10.0 m <sup>2</sup> /Person
<b>Interne Wärmequellen</b>			
	<b>Personen</b>	<b>Arbeitshilfen</b>	<b>Wärmezufuhr</b>
Vollnutzungsstunden:	6.0 h/d	6.0 h/d	
maximale spezifische Leistung: tief:	4.0 W/m <sup>2</sup>	3.0 W/m <sup>2</sup>	42.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
mittel:	5.0 W/m <sup>2</sup>	7.0 W/m <sup>2</sup>	72.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
hoch:	7.0 W/m <sup>2</sup>	15.0 W/m <sup>2</sup>	132.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
<b>Verschmutzungsfaktoren</b>			
Faktor für Reduktion des Gesamtenergiedurchlassgrades:			0.90
Faktor für Reduktion der Tageslichtversorgung:			0.90
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwasser</b>			
Bürogebäude	0.4 kWh	je Person und Tag	30.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)



<b>Nutzungszeiten und Betriebszeiten</b>				
tägliche Nutzungszeit:	von	07:00 Uhr	bis	18:00 Uhr
tägliche Nutzungsstunden:				11 h/d
jährliche Nutzungstage				250 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:				2543 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:				207 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung:	von	05:00 Uhr	bis	18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung:				13 h/d
tägliche Betriebszeit Heizung:	von	05:00 Uhr	bis	18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden Heizung:				13 h/d
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung:				250 d/a
<b>Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)</b>				
Raumsolltemperatur Heizung / Kühlung:		21 °C /		24 °C
Minimaltemperatur / Maximaltemperatur Auslegung Heizung / Kühlung:		20 °C /		26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Heizungsbetrieb:				4.0 K
Feuchteanforderung:				keine Anforderung
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				
personenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> je h und Person		flächenbezogen:	15.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>mechanischer Außenluftstrom (Praxis)</b>				
Luftwechsel:	0.00 1/h	nur Luft:	0.00 1/h	flächenbezogen: 0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>Beleuchtung</b>				
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:				200 lx
Höhe der Nutzebene:				0.80 m
Minderungsfaktor ka:				1.00
relative Abwesenheit CA:				0.90
Raumindex k:				0.80
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit:				1.00
<b>Personenbelegung - maximale Belegungsdichte</b>				
gering	0.0 m <sup>2</sup> /Person	mittel:	0.0 m <sup>2</sup> /Person	hoch: 0.0 m <sup>2</sup> /Person
<b>Interne Wärmequellen</b>				
		<b>Personen</b>	<b>Arbeitshilfen</b>	<b>Wärmezufuhr</b>
Vollnutzungsstunden:		0.0 h/d	0.0 h/d	
maximale spezifische Leistung:	tief:	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	mittel:	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	hoch:	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
<b>Verschmutzungsfaktoren</b>				
Faktor für Reduktion des Gesamtenergiedurchlassgrades:				0.90
Faktor für Reduktion der Tageslichtversorgung:				0.90
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwasser</b>				

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636





<b>Nutzungszeiten und Betriebszeiten</b>					
tägliche Nutzungszeit:	von	07:00 Uhr	bis	18:00 Uhr	
tägliche Nutzungsstunden:				11 h/d	
jährliche Nutzungstage				250 d/a	
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:				2543 h/a	
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:				207 h/a	
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung:	von	05:00 Uhr	bis	18:00 Uhr	
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung:				13 h/d	
tägliche Betriebszeit Heizung:	von	05:00 Uhr	bis	18:00 Uhr	
tägliche Betriebsstunden Heizung:				13 h/d	
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung:				250 d/a	
<b>Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)</b>					
Raumsolltemperatur Heizung / Kühlung:		21 °C /		24 °C	
Minimaltemperatur / Maximaltemperatur Auslegung Heizung / Kühlung:		20 °C /		26 °C	
Temperaturabsenkung reduzierter Heizungsbetrieb:				4.0 K	
Feuchteanforderung:				mit Toleranz	
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>					
personenbezogen:	20.00 m <sup>3</sup> je h und Person		flächenbezogen:	15.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )	
<b>mechanischer Außenluftstrom (Praxis)</b>					
Luftwechsel:	6.00 1/h	nur Luft:	12.50 1/h	flächenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>Beleuchtung</b>					
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:				500 lx	
Höhe der Nutzebene:				0.80 m	
Minderungsfaktor ka:				0.93	
relative Abwesenheit CA:				0.50	
Raumindex k:				1.25	
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit:				1.00	
<b>Personenbelegung - maximale Belegungsdichte</b>					
gering	4.0 m <sup>2</sup> /Person	mittel:	3.0 m <sup>2</sup> /Person	hoch:	2.0 m <sup>2</sup> /Person
<b>Interne Wärmequellen</b>					
Vollnutzungsstunden:		Personen	Arbeitshilfen	Wärmezufuhr	
maximale spezifische Leistung:	tief:	4.0 h/d	4.0 h/d		
	mittel:	18.0 W/m <sup>2</sup>	1.0 W/m <sup>2</sup>	76.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)	
	hoch:	24.0 W/m <sup>2</sup>	2.0 W/m <sup>2</sup>	104.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)	
		35.0 W/m <sup>2</sup>	3.0 W/m <sup>2</sup>	152.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)	
<b>Verschmutzungsfaktoren</b>					
Faktor für Reduktion des Gesamtenergiedurchlassgrades:				0.90	
Faktor für Reduktion der Tageslichtversorgung:				0.90	
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwasser</b>					
Bürogebäude	0.4 kWh	je Person und Tag		30.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)	

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



<b>Nutzungszeiten und Betriebszeiten</b>			
tägliche Nutzungszeit:	von	10:00 Uhr	bis 23:00 Uhr
tägliche Nutzungsstunden:			13 h/d
jährliche Nutzungstage			300 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:			2404 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:			1496 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung:	von	08:00 Uhr	bis 23:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung:			15 h/d
tägliche Betriebszeit Heizung:	von	08:00 Uhr	bis 23:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden Heizung:			15 h/d
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung:			300 d/a
<b>Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)</b>			
Raumsolltemperatur Heizung / Kühlung:		21 °C /	24 °C
Minimaltemperatur / Maximaltemperatur Auslegung Heizung / Kühlung:		20 °C /	26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Heizungsbetrieb:			4.0 K
Feuchteanforderung:			mit Toleranz
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
personenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> je h und Person	flächenbezogen:	15.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>mechanischer Außenluftstrom (Praxis)</b>			
Luftwechsel:	0.00 1/h	nur Luft:	0.00 1/h
		flächenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:			300 lx
Höhe der Nutzebene:			0.80 m
Minderungsfaktor ka:			1.00
relative Abwesenheit CA:			0.50
Raumindex k:			1.50
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit:			1.00
<b>Personenbelegung - maximale Belegungsdichte</b>			
gering	15.0 m <sup>2</sup> /Person	mittel:	10.0 m <sup>2</sup> /Person
		hoch:	5.0 m <sup>2</sup> /Person
<b>Interne Wärmequellen</b>			
	<b>Personen</b>	<b>Arbeitshilfen</b>	<b>Wärmezufuhr</b>
Vollnutzungsstunden:	7.0 h/d	6.0 h/d	
maximale spezifische Leistung:	tief: 5.0 W/m <sup>2</sup>	20.0 W/m <sup>2</sup>	155.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	mittel: 8.0 W/m <sup>2</sup>	30.0 W/m <sup>2</sup>	236.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	hoch: 16.0 W/m <sup>2</sup>	40.0 W/m <sup>2</sup>	352.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
<b>Verschmutzungsfaktoren</b>			
Faktor für Reduktion des Gesamtenergiedurchlassgrades:			0.90
Faktor für Reduktion der Tageslichtversorgung:			0.90
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwasser</b>			
Gewerbeküchen, Kantine	0.4 kWh	je Menü	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



<b>Nutzungszeiten und Betriebszeiten</b>			
tägliche Nutzungszeit:	von	07:00 Uhr	bis 18:00 Uhr
tägliche Nutzungsstunden:			11 h/d
jährliche Nutzungstage			250 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:			2543 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:			207 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung:	von	05:00 Uhr	bis 18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung:			13 h/d
tägliche Betriebszeit Heizung:	von	05:00 Uhr	bis 18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden Heizung:			13 h/d
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung:			250 d/a
<b>Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)</b>			
Raumsolltemperatur Heizung / Kühlung:		21 °C /	24 °C
Minimaltemperatur / Maximaltemperatur Auslegung Heizung / Kühlung:		20 °C /	26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Heizungsbetrieb:			4.0 K
Feuchteanforderung:			keine Anforderung
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
personenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> je h und Person	flächenbezogen:	0.15 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>mechanischer Außenluftstrom (Praxis)</b>			
Luftwechsel:	0.00 1/h	nur Luft:	0.00 1/h
		flächenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:			100 lx
Höhe der Nutzebene:			0.80 m
Minderungsfaktor ka:			1.00
relative Abwesenheit CA:			0.98
Raumindex k:			1.50
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit:			1.00
<b>Personenbelegung - maximale Belegungsdichte</b>			
gering	0.0 m <sup>2</sup> /Person	mittel:	0.0 m <sup>2</sup> /Person
		hoch:	0.0 m <sup>2</sup> /Person
<b>Interne Wärmequellen</b>			
	<b>Personen</b>	<b>Arbeitshilfen</b>	<b>Wärmezufuhr</b>
Vollnutzungsstunden:	0.0 h/d	0.0 h/d	
maximale spezifische Leistung:	tief: 0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	mittel: 0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	hoch: 0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
<b>Verschmutzungsfaktoren</b>			
Faktor für Reduktion des Gesamtenergiedurchlassgrades:			0.90
Faktor für Reduktion der Tageslichtversorgung:			0.90
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwasser</b>			

TU Braunschweig  
**Institut für Gebäude-  
 und Solartechnik**  
 Mühlenpfordtstr. 23  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel.: 0531 / 391 - 3555  
 Fax: 0531 / 391 - 8125  
 e-mail: igs@tu-bs.de  
 www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
 Zimmerstr. 24b  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel.: 0531 / 391-3635  
 Fax: 0531 / 391-3636



<b>Nutzungszeiten und Betriebszeiten</b>			
tägliche Nutzungszeit:	von	00:00 Uhr	bis 00:00 Uhr
tägliche Nutzungsstunden:			24 h/d
jährliche Nutzungstage			365 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:			4407 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:			4353 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung:	von	00:00 Uhr	bis 00:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung:			24 h/d
tägliche Betriebszeit Heizung:	von	00:00 Uhr	bis 00:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden Heizung:			24 h/d
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung:			365 d/a
<b>Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)</b>			
Raumsolltemperatur Heizung / Kühlung:		21 °C /	24 °C
Minimaltemperatur / Maximaltemperatur Auslegung Heizung / Kühlung:		20 °C /	26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Heizungsbetrieb:			4.0 K
Feuchteanforderung:			keine Anforderung
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			
personenbezogen:	40.00 m <sup>3</sup> je h und Person	flächenbezogen:	1.30 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>mechanischer Außenluftstrom (Praxis)</b>			
Luftwechsel:	0.00 1/h	nur Luft:	0.00 1/h
		flächenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>Beleuchtung</b>			
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:			500 lx
Höhe der Nutzebene:			0.80 m
Minderungsfaktor ka:			0.96
relative Abwesenheit CA:			0.50
Raumindex k:			1.50
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit:			0.50
<b>Personenbelegung - maximale Belegungsdichte</b>			
gering	40.0 m <sup>2</sup> /Person	mittel:	30.0 m <sup>2</sup> /Person
		hoch:	20.0 m <sup>2</sup> /Person
<b>Interne Wärmequellen</b>			
	<b>Personen</b>	<b>Arbeitshilfen</b>	<b>Wärmezufuhr</b>
Vollnutzungsstunden:	6.0 h/d	12.0 h/d	
maximale spezifische Leistung:	tief: 2.0 W/m <sup>2</sup>	50.0 W/m <sup>2</sup>	612.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	mittel: 2.5 W/m <sup>2</sup>	150.0 W/m <sup>2</sup>	1815.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	hoch: 4.0 W/m <sup>2</sup>	500.0 W/m <sup>2</sup>	6024.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
<b>Verschmutzungsfaktoren</b>			
Faktor für Reduktion des Gesamtenergiedurchlassgrades:			0.90
Faktor für Reduktion der Tageslichtversorgung:			0.90
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwasser</b>			

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



<b>Nutzungszeiten und Betriebszeiten</b>				
tägliche Nutzungszeit:	von	07:00 Uhr	bis	18:00 Uhr
tägliche Nutzungsstunden:				11 h/d
jährliche Nutzungstage				250 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:				2543 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:				207 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung:	von	05:00 Uhr	bis	18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden RLT und Kühlung:				13 h/d
tägliche Betriebszeit Heizung:	von	05:00 Uhr	bis	18:00 Uhr
tägliche Betriebsstunden Heizung:				13 h/d
jährliche Betriebstage RLT, Kühlung und Heizung:				250 d/a
<b>Raumkonditionen (sofern Konditionierung vorgesehen)</b>				
Raumsolltemperatur Heizung / Kühlung:		21 °C /		24 °C
Minimaltemperatur / Maximaltemperatur Auslegung Heizung / Kühlung:		20 °C /		26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Heizungsbetrieb:				4.0 K
Feuchteanforderung:				keine Anforderung
<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				
personenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> je h und Person		flächenbezogen:	0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>mechanischer Außenluftstrom (Praxis)</b>				
Luftwechsel:	0.00 1/h	nur Luft:	0.00 1/h	flächenbezogen: 0.00 m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>Beleuchtung</b>				
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:				100 lx
Höhe der Nutzebene:				0.00 m
Minderungsfaktor ka:				1.00
relative Abwesenheit CA:				0.80
Raumindex k:				0.80
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit:				1.00
<b>Personenbelegung - maximale Belegungsdichte</b>				
gering	0.0 m <sup>2</sup> /Person	mittel:	0.0 m <sup>2</sup> /Person	hoch: 0.0 m <sup>2</sup> /Person
<b>Interne Wärmequellen</b>				
		<b>Personen</b>	<b>Arbeitshilfen</b>	<b>Wärmezufuhr</b>
Vollnutzungsstunden:		0.0 h/d	0.0 h/d	
maximale spezifische Leistung:	tief:	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	mittel:	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
	hoch:	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 W/m <sup>2</sup>	0.0 Wh/(m <sup>2</sup> d)
<b>Verschmutzungsfaktoren</b>				
Faktor für Reduktion des Gesamtenergiedurchlassgrades:				0.90
Faktor für Reduktion der Tageslichtversorgung:				0.90
<b>Nutzenergiebedarf Trinkwasser</b>				

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



Allgemein

Versorgung

Die Technik beinhaltet:

- 1 zentrale Anlage(n) mit 1 Wärmeerzeuger(n)
- keine dezentrale Anlage

**zentrale Heizungsanlage**

Erzeugung

Wärmeerzeuger 1

Niedertemperaturheizkessel  
Energieträger: Erdgas H  
Baujahr: nach 1994  
außerhalb der thermischen Hülle  
Kesselspezifikation: Gebläsekessel (Öl/Gas)  
elektrisch betriebene Kesselregelung nicht vorhanden

Übergabe

System 1

**Verteilkreis Heizung 1**

Art der Wärmeübergabe: Raumheizung  
Übergabesystem: freie Heizflächen (Heizkörper), Raumhöhe <= 4 m  
Anordnung: Glasfläche nach außen mit Strahlungsschutz  
Raumtemperaturregelung: P-Regler (2 K)  
Stellantrieb: thermischer/mechanischer Stellantrieb  
Pumpe für Luftherhitzer nicht vorhanden

Vom Übergabesystem versorgte Zonen:

- 001 Standardbüro (zu 100 %)
- 002 WCs (zu 100 %)
- 004 Küche (zu 100 %)
- 005 Lager (zu 100 %)
- 006 Serverraum (zu 100 %)
- 007 Besprechungsräume (zu 100 %)
- 008 Treppenhäuser/Flur (zu 100 %)

System 2

Art der Wärmeübergabe: Raumheizung  
Übergabesystem: Warmwasser-Deckenstrahlplatte  
Raumtemperaturregelung: P-Regler (2 K)  
Stellantrieb: thermischer/mechanischer Stellantrieb  
Pumpe für Luftherhitzer nicht vorhanden

Vom Übergabesystem versorgte Zonen:

- 003 Sitzungsräume (zu 100 %)

Verteilung

Temperaturen

Vorlauf: 60,0 °C / Rücklauf: 35,0 °C  
Art der Verteilung: Zweirohrheizung  
Berechnungsverfahren: Leitungslängen aus Gebäudeabmessungen

Umwälzpumpe

Regelung: konstanter Druck  
Betriebsart: Abschaltbetrieb  
Leistung: 267 W  
hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz  
Heizungspumpe auf Bedarf ausgelegt

Verteilleitungen

Länge: 251,50 m  
U-Wert: 0,200 W/mK  
Umgebungstemperatur: 13,0 °C  
Dämmstandard: gedämmte Leitung nach 1995  
Verlegung: Verlegung im unbeheizten Bereich

Strangleitungen

Länge: 609,00 m  
U-Wert: 0,255 W/mK  
Umgebungstemperatur: 20,0 °C  
Dämmstandard: gedämmte Leitung nach 1995

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-  
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23

D - 38106 Braunschweig

Tel.: 0531/ 391 - 3555

Fax: 0531/ 391 - 8125

e-mail: igs@tu-bs.de

www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:

Zimmerstr. 24b

D - 38106 Braunschweig

Tel.: 0531/ 391-3635

Fax: 0531/ 391-3636



	Anbindeleitungen	Lage der Strangleitungen: innenliegend Länge: 4620.00 m U-Wert: 0.255 W/mK Umgebungstemperatur: 20.0 °C Dämmstandard: gedämmte Leitung nach 1995
Übergabe	System 1	<b>Verteilkreis Heizung 2</b> Art der Wärmeübergabe: RLT-Heizung Übergabesystem: Heizregister in zentralem RLT-Gerät Raumtemperaturregelung: Raumtemperatur (Kaskadenregelung Zulufttemperatur) Stellantrieb: elektromotorischer Stellantrieb Pumpe für Luftherhitzer vorhanden  Vom Übergabesystem versorgte RLT-Anlagen: 01 RLT Saal 02 RLT WC
Verteilung	Temperaturen	Vorlauf: 70.0 °C / Rücklauf: 55.0 °C Art der Verteilleitung: Zweirohrheizung Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren
	Umwälzpumpe	Regelung: konstanter Druck Betriebsart: Abschaltbetrieb Leistung: 308 W hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz Heizungspumpe auf Bedarf ausgelegt
	Verteilleitungen	Länge: 40.00 m U-Wert: 0.200 W/mK Umgebungstemperatur: 20.0 °C Dämmstandard: gedämmte Leitung nach 1995 Verlegung: Verlegung im beheizten Bereich
	Strangleitungen	Länge: 12.00 m U-Wert: 0.255 W/mK Umgebungstemperatur: 20.0 °C Dämmstandard: gedämmte Leitung nach 1995 Lage der Strangleitungen: innenliegend
	Anbindeleitungen	Länge: 10.00 m U-Wert: 0.255 W/mK Umgebungstemperatur: 20.0 °C Dämmstandard: gedämmte Leitung nach 1995

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



<b>Allgemein</b>	Versorgung	<u>Die Technik beinhaltet:</u> - keine zentrale Anlage - 1 dezentrale Anlage(n) mit 1 Wärmeerzeuger(n)
<b>dezentrale Trinkwasseranlage 1</b>		
<b>Erzeugung</b>	Wärmeerzeuger 1	Elektro-Durchlauferhitzer Energieträger: Strom-Mix
<b>Verteilkreis Trinkwasser 1</b>		
<b>Übergabe</b>	System 1	Vom Übergabesystem versorgte Zonen: 001 Standardbüro (zu 100 %) 003 Sitzungsräume (zu 100 %) 004 Küche (zu 100 %)
<b>Verteilung</b>	Leitungen	Anlage: keine Zirkulation/Rohrbegleitheizung Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren
	Zirkulationspumpe	Regelung: ungeregelt Leistung: 0 W Zirkulationspumpe auf Bedarf ausgelegt
	Anbindeleitungen	Länge: 60,00 m U-Wert: 0,255 W/mK Umgebungstemperatur: 20,0 °C Dämmstandard: gedämmte Leitung nach 1995

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636





<b>Allgemein</b>		<b>Versorgung</b>	<b>Die Technik beinhaltet:</b> - 1 indirekte(s) System(e) mit 1 Kälteerzeuger(n) - kein direktes System
<b>Kaltwassersystem</b>			
<b>Erzeugung</b>		<b>Kälteerzeuger 1</b>	Kompressionskältemaschine Art der Kühlung: luftgekühlt Energieträger: Strom-Mix außerhalb des Gebäudes Art des Verdichters: Kolbenverdichter Art der Regelung: mehrstufig schaltbar Kältemittel: R134a Kaltwasseraustrittstemperatur: 6.0 °C
<b>Übergabe</b>		<b>System 1</b>	<b>Raumkühlkreis 5</b> Art der Wärmeübergabe: Raumkühlung Nutzungsgrad der Übergabe: 1.00 sensibler Nutzungsgrad: 1.00 Ventilator für Konvektor nicht vorhanden Art des Systems: Brüstungs- und Deckengeräte  Vom Übergabesystem versorgte Zonen: 003 Sitzungsräume (zu 100 %) 007 Besprechungsräume (zu 100 %)
<b>Verteilung</b>		<b>Leitungen</b>	Art des Verteilkreises: Verteilkreise Gebäudekühlung (GEB) Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren Vorlauf: 14.00 °C / Rücklauf: 18.00 °C Nutzungsgrad der Verteilung wurde separat bestimmt Nutzungsgrad: 1.00 Lage: innerhalb der thermischen Hülle
		<b>Umwälzpumpe</b>	Regelung: geregelt Betriebsart: saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung Adaptation: nicht adaptierte Pumpe Pumpenleistung nicht bekannt Leistung: 434.25 W Druckverluste im Verteilkreis: 83 kPa Überströmeinrichtungen sind vorhanden Überströmverhältnis: 0.10 hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz Verteilkreis (Pumpe) gehört nicht zu einer Bestandsanlage hydraulische Entkopplung des Primärkreises kein Einsatz von Umlenkventilen im Verbraucherkreis keine Volumenstromanpassung durch Parallelabschaltung von Pumpen Kälte-träger: Wasser
<b>Übergabe</b>		<b>System 1</b>	<b>Raumkühlkreis 2</b> Art der Wärmeübergabe: Raumkühlung Nutzungsgrad der Übergabe: 1.00 sensibler Nutzungsgrad: 1.00 Ventilator für Konvektor vorhanden Art des Systems: Brüstungs- und Deckengeräte Nennleistung: 0.035 kW/kW spezifischer Energiebedarf: 0.070 kWh/kWh

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



		Vom Übergabesystem versorgte Zonen: 006 Serverraum (zu 100 %)
<b>Verteilung</b>	Leitungen	<p>Art des Verteilkreises: Verteilkreise Gebäudekühlung (GEB)          Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren          Vorlauf: 14.00 °C / Rücklauf: 18.00 °C          Nutzungsgrad der Verteilung wurde separat bestimmt          Nutzungsgrad: 1.00          Lage: innerhalb der thermischen Hülle</p>
	Umwälzpumpe	<p>Regelung: geregelt          Betriebsart: saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung          Adaptation: nicht adaptierte Pumpe          Pumpenleistung nicht bekannt          Leistung: 37.25 W          Druckverluste im Verteilkreis: 83 kPa          Überströmeinrichtungen sind vorhanden          Überströmverhältnis: 0.10          hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz          Verteilkreis (Pumpe) gehört nicht zu einer Bestandsanlage          hydraulische Entkopplung des Primärkreises          kein Einsatz von Umlenkventilen im Verbraucherkreis          keine Volumenstromanpassung durch Parallelabschaltung von Pumpen          Kälteträger: Wasser</p>
		<b>RLT-Kühlkreis 3</b>
<b>Übergabe</b>	System 1	<p>Art der Wärmeübergabe: RLT-Kühlung          Nutzungsgrad der Übergabe: 0.90          sensibler Nutzungsgrad: 0.90          Ventilator für Konvektor nicht vorhanden          Art des Systems: Brüstungs- und Deckengeräte</p> <p>Vom Übergabesystem versorgte RLT-Anlagen: 01 RLT Saal</p>
<b>Verteilung</b>	Leitungen	<p>Art des Verteilkreises: Verteilkreise Raumlufttechnik (RLT)          Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren          Vorlauf: 6.00 °C / Rücklauf: 12.00 °C          Nutzungsgrad der Verteilung wurde separat bestimmt          Nutzungsgrad: 0.95          Lage: innerhalb der thermischen Hülle</p>
	Umwälzpumpe	<p>Regelung: ungeregelt          Betriebsart: saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung          Adaptation: nicht adaptierte Pumpe          Pumpenleistung nicht bekannt          Leistung: 301.94 W          Druckverluste im Verteilkreis: 83 kPa          Überströmeinrichtungen sind vorhanden          Überströmverhältnis: 0.30          hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz          Verteilkreis (Pumpe) gehört nicht zu einer Bestandsanlage          hydraulische Entkopplung des Primärkreises          kein Einsatz von Umlenkventilen im Verbraucherkreis          keine Volumenstromanpassung durch Parallelabschaltung von Pumpen          Kälteträger: Wasser</p>

TU Braunschweig  
**Institut für Gebäude-  
 und Solartechnik**  
 Mühlenpfordtstr. 23  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel.: 0531 / 391 - 3555  
 Fax: 0531 / 391 - 8125  
 e-mail: igs@tu-bs.de  
 www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
 Zimmerstr. 24b  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel: 0531 / 391-3635  
 Fax: 0531 / 391-3636



Verteilung

Leitungen

Umwälzpumpe

#### Primärkreis 2

Art des Verteilkreises: Primärkreise Kälteerzeuger (PRI)  
Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren  
Vorlauf: 6.00 °C / Rücklauf: 12.00 °C  
Nutzungsgrad der Verteilung wurde separat bestimmt  
Lage: innerhalb der thermischen Hülle

Regelung: ungerregelt  
Betriebsart: saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung  
Adaptation: nicht adaptierte Pumpe  
Pumpenleistung nicht bekannt  
Leistung: 628.77 W  
Druckverluste im Verteilkreis: 83 kPa  
Überströmeinrichtungen sind vorhanden  
Überströmverhältnis: 0.30  
hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz  
Verteilkreis (Pumpe) gehört nicht zu einer Bestandsanlage  
hydraulische Entkopplung des Primärkreises  
kein Einsatz von Umlenklventilen im Verbraucherkreis  
keine Volumenstromanpassung durch Parallelabschaltung von Pumpen  
Kälteträger: Wasser

Verteilung

Leitungen

Umwälzpumpe

#### Primärkreis 3

Art des Verteilkreises: Primärkreise Kälteerzeuger (PRI)  
Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren  
Vorlauf: 6.00 °C / Rücklauf: 12.00 °C  
Nutzungsgrad der Verteilung wurde separat bestimmt  
Lage: innerhalb der thermischen Hülle

Regelung: ungerregelt  
Betriebsart: saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung  
Adaptation: nicht adaptierte Pumpe  
Pumpenleistung nicht bekannt  
Leistung: 627.48 W  
Druckverluste im Verteilkreis: 83 kPa  
Überströmeinrichtungen sind vorhanden  
Überströmverhältnis: 0.30  
hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz  
Verteilkreis (Pumpe) gehört nicht zu einer Bestandsanlage  
hydraulische Entkopplung des Primärkreises  
kein Einsatz von Umlenklventilen im Verbraucherkreis  
keine Volumenstromanpassung durch Parallelabschaltung von Pumpen  
Kälteträger: Wasser

TU Braunschweig

Institut für Gebäude-  
und Solartechnik

Mühlenpfordtstr. 23

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531 / 391 - 3555

Fax: 0531 / 391 - 8125

e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)

[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:

Zimmerstr. 24b

D - 38106 Braunschweig

Tel: 0531 / 391-3635

Fax: 0531 / 391-3636



<b>Allgemein</b>	Versorgung	<u>Die Technik beinhaltet:</u> - 2 RLT-Anlage(n)
<b>RLT Saal</b>		
<b>Erzeugung</b>	Wärmerückgewinnung	Typ der Wärmerückgewinnung: Wärmerückgewinnung, nur Wärme Wärmerückgewinnungssystem: Kreislaufverbund Kompaktwärmeübertrager Regelung: ungerregelt WRG-Größe (Rückwärmzahl): 45 %
	Heizregister	Vorlauftemperatur: 70 °C Rücklauftemperatur: 55 °C
	Kühlregister	Kühlregister: vorhanden
	Befeuchter	Typ des Befeuchters: Verdunstungsbefeuchter Art des Befeuchters: Hochdruckbefeuchter Regelung: stufenlos regelbar Regelungsart: Drehzahlregelung Sollwert der Befeuchtung: 6 g/kg Leistungsaufnahme: 0.04 W/m <sup>3</sup> h
	Zuluftventilator	Typ des Zuluftventilators: Zuluftventilator (Teil-) Klimaanlage Totaldruckerhöhung: 1200 Pa Gesamtwirkungsgrad: 0.60 Leistungsaufnahme: 2.000 kW/(m <sup>3</sup> s)
	Abluftventilator	Totaldruckerhöhung: 750 Pa Gesamtwirkungsgrad: 0.60 Leistungsaufnahme: 1.250 kW/(m <sup>3</sup> s)
		<b>Warm- und Kaltluftkreis 1</b>
<b>Übergabe</b>	System 1	Lüftungssystem/Luftführung: Schlitzluftdurchlass Nutzungsgrad Luftführung Heizen: 0.90 Nutzungsgrad Luftführung Kühlen: 1.00  Vom Übergabesystem versorgte Zonen: 003 Sitzungsräume (zu 100 %)
<b>Verteilung</b>	Leitungen	Art des Verteilkreises: Warm- und Kaltluft Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren Lage: innerhalb der thermischen Hülle Oberfläche außerhalb des Gebäudes: 0.0 m <sup>2</sup> Verlustfaktor Verteilung Heizen: 16 Verlustfaktor Verteilung Kühlen: 9
<b>RLT WC</b>		
<b>Erzeugung</b>	Wärmerückgewinnung	Typ der Wärmerückgewinnung: Wärmerückgewinnung, nur Wärme Wärmerückgewinnungssystem: Kreislaufverbund Kompaktwärmeübertrager Regelung: ungerregelt WRG-Größe (Rückwärmzahl): 45 %
	Heizregister	Vorlauftemperatur: 70 °C Rücklauftemperatur: 55 °C
	Zuluftventilator	Typ des Zuluftventilators: Zuluftventilator (Teil-) Klimaanlage Totaldruckerhöhung: 1200 Pa Gesamtwirkungsgrad: 0.60 Leistungsaufnahme: 2.000 kW/(m <sup>3</sup> s)
	Abluftventilator	Totaldruckerhöhung: 750 Pa Gesamtwirkungsgrad: 0.60 Leistungsaufnahme: 1.250 kW/(m <sup>3</sup> s)
		<b>Warm- und Kaltluftkreis 1</b>
<b>Übergabe</b>	System 1	Lüftungssystem/Luftführung: Dralldurchlass Nutzungsgrad Luftführung Heizen: 0.90 Nutzungsgrad Luftführung Kühlen: 1.00  Vom Übergabesystem versorgte Zonen: 002 WCs (zu 100 %) 004 Küche (zu 100 %) 005 Lager (zu 100 %)
<b>Verteilung</b>	Leitungen	Art des Verteilkreises: Warm- und Kaltluft Berechnungsverfahren: vereinfachtes Verfahren Lage: innerhalb der thermischen Hülle Oberfläche außerhalb des Gebäudes: 20.0 m <sup>2</sup> Verlustfaktor Verteilung Heizen: 16 Verlustfaktor Verteilung Kühlen: 9

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636



### Sonneneintragskennwert

<b>Fensterflächenanteil</b>	<b>14.69</b>
Berechnung des Sonneneintragskennwertes für jede Gebäudezone des Nicht-Wohngebäudes	

<b>Berechnung für Gebäudezone: 001 Standardbüro</b>	
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)	0.040
Zuschlag für Bauart	0.021
Bauart:	leichte Bauart
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.34
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung	0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung	0.000
Zuschlag für Fensterneigung	-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00
Zuschlag für Orientierung	0.056
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	0.56
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>	<b>0.117</b>
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>	<b>0.069</b>
Der Nachweis des Sonneneintragskennwertes ist nicht erforderlich.	

<b>Berechnung für Gebäudezone: 002 WCs</b>	
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)	0.040
Zuschlag für Bauart	0.022
Bauart:	schwere Bauart
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.19
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung	0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung	0.000
Zuschlag für Fensterneigung	-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00
Zuschlag für Orientierung	0.067
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	0.67
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>	<b>0.129</b>
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>	<b>0.006</b>
Die Anforderungen an den Sonneneintragskennwert sind erfüllt.	

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



### Sonneneintragskennwert

<b>Berechnung für Gebäudezone: 003 Sitzungsräume</b>		
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)		0.040
Zuschlag für Bauart		0.067
Bauart:	schwere Bauart	
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.58	
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung		0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung		0.000
Zuschlag für Fensterneigung		-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00	
Zuschlag für Orientierung		0.047
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	0.47	
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.154</b>
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.149</b>
Der Nachweis des Sonneneintragskennwertes ist nicht erforderlich.		

<b>Berechnung für Gebäudezone: 004 Küche</b>		
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)		0.040
Zuschlag für Bauart		0.055
Bauart:	schwere Bauart	
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.48	
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung		0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung		0.000
Zuschlag für Fensterneigung		-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00	
Zuschlag für Orientierung		0.100
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	1.00	
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.195</b>
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.082</b>
Die Anforderungen an den Sonneneintragskennwert sind erfüllt.		

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel.: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



**Sonneneintragskennwert**

<b>Berechnung für Gebäudezone: 005 Lager</b>		
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)		0.040
Zuschlag für Bauart		0.023
Bauart:	schwere Bauart	
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.20	
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung		0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung		0.000
Zuschlag für Fensterneigung		-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00	
Zuschlag für Orientierung		0.100
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	1.00	
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>		0.163
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>		0.001
Die Anforderungen an den Sonneneintragskennwert sind erfüllt.		

<b>Berechnung für Gebäudezone: 006 Serverraum</b>		
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)		0.040
Zuschlag für Bauart		0.028
Bauart:	schwere Bauart	
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.24	
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung		0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung		0.000
Zuschlag für Fensterneigung		-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00	
Zuschlag für Orientierung		0.000
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	0.00	
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>		0.068
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>		0.032
Der Nachweis des Sonneneintragskennwertes ist nicht erforderlich.		

TU Braunschweig  
**Institut für Gebäude-  
 und Solartechnik**  
 Mühlenpfordtstr. 23  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel: 0531 / 391 - 3555  
 Fax: 0531 / 391 - 8125  
 e-mail: igs@tu-bs.de  
 www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
 Zimmerstr. 24b  
 D - 38106 Braunschweig  
 Tel: 0531 / 391-3635  
 Fax: 0531 / 391-3636



**Sonneneintragskennwert**

<b>Berechnung für Gebäudezone: 007 Besprechungsräume</b>		
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)		0.040
Zuschlag für Bauart		0.041
Bauart:	schwere Bauart	
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.35	
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung		0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung		0.000
Zuschlag für Fensterneigung		-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00	
Zuschlag für Orientierung		0.100
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	1.00	
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.181</b>
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.065</b>
Der Nachweis des Sonneneintragskennwertes ist nicht erforderlich.		

<b>Berechnung für Gebäudezone: 008 Treppenhäuser/Flur</b>		
Sonneneintragskennwert für Gebäude der Klimaregion A (sommerkühl)		0.040
Zuschlag für Bauart		0.018
Bauart:	schwere Bauart	
Gewichtete Außenflächen $f_{\text{gew}}$	0.15	
Zuschlag für erhöhte Nachtlüftung		0.000
Zuschlag für Sonnenschutzverglasung und/oder Sonnenschutzvorrichtung		0.000
Zuschlag für Fensterneigung		-0.000
Korrekturfaktor für Fensterneigung $f_{\text{neig}}$	0.00	
Zuschlag für Orientierung		0.071
Korrekturfaktor für Orientierung $f_{\text{nord}}$	0.71	
<b>Zulässiger Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.129</b>
<b>Vorhandener Sonneneintragskennwert</b>		<b>0.013</b>
Die Anforderungen an den Sonneneintragskennwert sind erfüllt.		

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



## 11.2 Dokumentation Energieverbrauchsmessungen

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

**Tabelle 66 Energieverbrauchsmessung Heizung**

Verbrauch [kWh]																
Heizung Monat	Summe Neubau einschl. Leitungsverluste W1 + W3	RLT MFB Vorheizregister		Gesamt Fernwärme [kWh]	Summe Neubau [kWh]	stat. HZG Nord		stat. HZG Süd		stat. HZG West		stat. HZG Ost		RLT MFB Lufterhitzer [kWh]	RLT WC u. Nebenräume [kWh]	Rest W3R [kWh]
		W1	W3			W3.1.1	W3.1.2	W3.1.3	W3.1.4	W3.1.5	W3.1.6.1					
		[kWh]	[kWh]			[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]					
2008																
Januar	42.210	0	42.210	40.510	7.819	8.746	4.440	6.878	7.998	183	4.446	1.700				
Februar	38.650	0	38.650	36.139	6.966	7.526	4.255	6.530	6.544	204	4.114	2.511				
März	36.430	0	36.430	35.562	6.859	8.367	3.438	6.192	6.587	159	3.960	868				
April	22.140	0	22.140	20.666	4.566	4.087	2.403	3.809	2.987	421	2.392	1.474				
Mai	3.305	0	3.305	3.148	828	619	288	574	580	29	231	165				
Juni	630	0	630	600	153	138	49	86	157	4	13	32				
Juli	532	0	532	507	102	111	62	63	164	5	0	27				
August	314	0	314	299	50	56	55	30	107	1	0	16				
September	8.134	0	8.134	7.747	1.839	1.504	875	1.310	1.816	52	352	407				
Oktober	25.503	0	25.503	24.289	4.012	3.671	2.355	3.613	1.853	7.146	1.640	1.275				
November	30.981	90	30.891	29.510	5.823	5.584	3.319	5.027	5.166	1.801	2.700	1.549				
Dezember	47.002	330	46.672	44.779	8.033	7.622	4.245	7.307	8.906	1.036	7.300	2.350				
2009																
Januar	58.437	910	57.527	55.698	9.139	10.219	5.082	9.169	10.565	3.050	7.564	2.922				
Februar	44.344	990	43.354	42.280	7.174	7.940	4.115	6.573	7.732	3.314	4.443	2.217				
März	34.309	380	33.929	32.693	6.422	6.299	3.374	5.169	5.650	1.625	3.774	1.715				
April	7.980	30	7.950	7.601	2.370	999	659	1.307	1.870	134	232	399				
Mai	5.043	30	5.013	4.805	1.894	641	480	696	810	154	101	252				
Juni	2.923	20	2.903	2.785	1.111	286	398	467	409	74	20	146				
Juli	1.080	0	1.080	273	0	41	60	93	79	1	0	54				
August	760	0	760	198	0	19	35	72	72	1	0	38				
September	2.910	20	2.890	2.649	1.065	274	262	525	410	66	27	146				
Oktober	22.890	110	22.780	21.486	4.490	4.272	2.826	4.287	3.492	664	1.345	1.145				
November	24.640	240	24.400	22.719	4.485	4.987	2.970	4.228	2.851	1.199	1.759	1.232				
Dezember	49.500	160	49.340	46.320	7.576	10.497	4.736	9.229	9.735	407	3.980	2.475				
2008 2008 ges	255.831		420	255.411	243.755	47.050	48.029	25.785	41.420	42.866	11.038	27.146	12.374			
2009 2009 ges	254.816		2.890	251.926	239.505	45.725	46.474	24.996	41.815	43.672	10.689	23.243	12.741			

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

**Tabelle 67 Energieverbrauchsmessung Zentrale Anlagen**

Verbrauch [kWh]													
Zentrale Anlagen Monat	Schaltschrank Lüftungsanlage MFB S1.4.3	Ventilator Zuluft MFB S1.4.3.1	Ventilator Abluft MFB S1.4.3.2	Ventilator Zuluft WC S1.4.3.3	Ventilator Abluft WC S1.4.3.4	Ventilatoren gesamt MFB	Ventilatoren gesamt WC	Pumpe Erdsonden S1.4.3.5	Pumpen BKA S1.4.3.6	Umluftkühler MFB S1.4.3.7	Rest S1.4.3.8		
											W3	W3R	
											[kWh]	[kWh]	
2008													
Januar													
Februar	2.581	183	152	969	964	335	1.933	0	0	0	313	12%	
März	2.610	292	241	885	879	533	1.764	0	0	0	313	12%	
April	2.466	268	167	895	889	435	1.784	1	1	0	245	10%	
Mai	2.632	344	137	893	884	481	1.777	4	0	0	370	14%	
Juni	3.859	504	425	1.313	1.292	929	2.605	54	0	4	267	7%	
Juli	5.159	1.359	1.190	1.131	1.114	2.549	2.245	19	0	35	311	6%	
August	4.134	784	701	1.169	1.160	1.485	2.329	28	2	17	273	7%	
September	3.821	187	154	1.566	1.561	341	3.127	74	13	5	261	7%	
Oktober	3.795	578	498	1.178	1.165	1.076	2.343	27	4	4	341	9%	
November	5.364	1.239	1.202	1.237	1.229	2.441	2.466	0	0	0	457	9%	
Dezember	3.373	701	618	847	842	1.319	1.689	2	0	0	363	11%	
2008 gesamt	3.913	361	318	1.420	1.431	679	2.851	6	0	0	377	10%	
2009													
Januar	4.517	813	708	1.282	1.276	1.521	2.558	42	0	0	396	9%	
Februar	4.845	1.125	983	1.153	1.138	2.108	2.291	58	0	0	388	8%	
März	4.844	840	739	1.436	1.399	1.579	2.835	10	0	0	420	9%	
April	3.175	280	236	1.198	1.187	516	2.385	0	0	2	272	9%	
Mai	4.394	768	657	1.331	1.326	1.425	2.657	0	0	10	302	7%	
Juni	4.525	877	784	1.270	1.300	1.661	2.570	0	0	15	279	6%	
Juli	4.145	421	374	1.540	1.535	795	3.075	1	0	15	259	6%	
August	3.649	667	582	1.056	1.039	1.249	2.095	0	0	30	275	8%	
September	3.238	748	663	764	753	1.411	1.517	0	1	12	297	9%	
Oktober	2.461	442	397	668	651	839	1.310	0	0	0	303	12%	
November	3.849	889	801	905	886	1.690	1.791	1	0	0	367	10%	
Dezember	1.936	170	161	629	627	331	1.256	3	0	0	346	18%	
2009 gesamt	43.707	6.800	5.803	13.503	13.410	12.603	26.913	215	20	65	3.891	9%	
2009 gesamt	45.579	8.040	7.085	13.232	13.117	15.125	26.349	115	1	84	3.905	9%	



**Tabelle 68 Energieverbrauchsmessung NSHV**

Verbrauch [kWh]

NSHV Monat	Gesamtstrom- verbrauch (virtuell)	Aufzug			USV (EDV- Server)	Gesamtzähler NSHV	Unterverteilung EG BT B	Unterverteilung EG BT C	Schaltschrank Lüftungsanlage MFB	Schaltschrank Heizungszentrale	Kältemaschine MFB
		S1	S1.1	S1.2							
<b>2008</b>											
Januar	21.075	220	222	878	19.755	3478	777	2.581	267	0	
Februar	20.317	212	208	823	19.074	3946	661	2.610	252	0	
März	17.079	202	199	876	15.802	2555	556	2.466	251	0	
April	18.733	223	219	854	17.437	3387	586	2.632	220	0	
Mai	17.902	230	212	878	16.582	3040	505	3.859	132	1	
Juni	20.538	233	211	848	19.246	3335	552	5.159	96	813	
Juli	20.321	247	217	868	18.989	3326	622	4.134	87	505	
August	17.584	225	199	851	16.309	2091	524	3.821	86	67	
September	20.466	226	212	833	19.195	3798	601	3.795	159	1	
Oktober	22.629	220	213	857	21.339	3494	755	5.364	251	1	
November	22.085	217	206	832	20.830	4545	689	3.373	248	0	
Dezember	20.300	202	185	861	19.052	3356	562	3.913	264	2	
<b>2009</b>											
Januar	21.660	207	189	863	20.401	3048	633	4.517	267	2	
Februar	21.616	204	188	781	20.443	3500	646	4.845	238	2	
März	23.067	241	213	868	21.745	4241	691	4.844	249	4	
April	16.905	208	193	837	15.667	1977	526	3.175	166	64	
Mai	18.994	209	191	865	17.729	3312	493	4.394	149	166	
Juni	19.750	226	211	837	18.476	3228	566	4.525	132	285	
Juli	18.412	230	215	866	17.101	2096	523	4.145	100	404	
August	19.397	234	207	866	18.090	2797	491	3.649	93	732	
September	19.787	236	219	844	18.488	3146	614	3.238	132	269	
Oktober	19.757	226	207	875	18.449	3336	627	2.461	231	18	
November	23.294	209	196	818	22.071	4.654	674	3.849	218	17	
Dezember	18.735	203	190	871	17.471	3.351	637	1.936	242	20	
2008 gesamt	239.029	2.657	2.503	10.259	223.610	40.351	7.390	43.707	2.313	1.390	
2009 gesamt	241.375	2.633	2.419	10.191	226.132	38.686	7.120	45.579	2.217	1.983	

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs  
  
Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

NSHV Monat	Kältemaschine Außenan- EDV lagen		Unterverteilungen 1. OG gesamt	Unterverteilungen 2. OG gesamt	Unterverteilungen 3. OG gesamt	Unterverteilungen 4. OG gesamt	Unterverteilungen 5. OG gesamt	Rest	
	S.1.4.6	S.1.4.7						S.1.4.8	S.1.4.12
<b>2008</b>									
Januar	75	1.395	1.718	2298	2168	2204	2683	111	0,5%
Februar	76	1.047	1.622	2129	2088	2112	2463	68	0,3%
März	93	849	1.417	1743	1778	1745	2131	218	1,3%
April	172	542	1.625	1933	1982	1981	2322	55	0,3%
Mai	420	348	1.349	1648	1697	1724	1719	140	0,8%
Juni	650	169	1.294	1803	1674	1802	1803	96	0,5%
Juli	707	248	1.485	2086	1790	2007	1886	106	0,5%
August	656	462	1.383	1749	1670	1883	1801	116	0,7%
September	394	661	1.632	1925	1946	2156	2015	112	0,5%
Oktober	245	939	1.838	1936	1959	2301	2167	89	0,4%
November	154	1.225	1.744	2153	1985	2389	2218	107	0,5%
Dezember	102	1.351	1.660	1929	1747	2122	1934	110	0,5%
<b>2009</b>									
Januar	98	1.271	1.751	2204	2021	2313	2170	106	0,5%
Februar	96	1.085	1.592	2056	1960	2340	1984	99	0,5%
März	116	951	1.762	2145	2.017	2456	2183	86	0,4%
April	305	649	1.437	1620	1.886	1948	1812	102	0,6%
Mai	351	309	1.381	1717	1.750	1883	1679	145	0,8%
Juni	400	200	1.506	1847	1.898	2000	1808	81	0,4%
Juli	697	265	1.412	1771	1.827	1945	1821	95	0,5%
August	762	469	1.425	1.700	1.997	2080	1798	97	0,5%
September	460	765	1.559	1.887	2.093	2.268	1.968	89	0,5%
Oktober	194	1.088	1.625	2.097	2.195	2.469	1.976	132	0,7%
November	137	1.270	1.568	2.171	2.178	2.425	1.933	977	4,2%
Dezember	149	1.478	1.653	2.137	2.182	2.385	1.841	-539	-2,9%
2008 gesamt	3.744	9.236	18.767	23.332	22.484	24.426	25.142	1.328	0,6%
2009 gesamt	3.765	9.800	18.671	23.352	24.003	26.512	22.973	1.470	0,6%

**Tabelle 69 Energieverbrauchsmessung Beleuchtung**

Verbrauch [kWh]																			
Beleuchtung		Unterverteilung		Gesamt	Treppenhaus		MFB		Küche		Treppenhaus		Rest [%]		Rest [%]		Rest [%]		
EG	Monat	EG BT B	EG BT C	S1.4.1 + S1.4.2	BT B	1.4.1.1	1.4.1.2	1.4.1.3	BT C	1.4.2.1	S1.4.1 R	S1.4.2 R	S1.4.1 R	S1.4.2 R	gesamt	S1.4.1R+ S1.4.2R	S1.4.1R	S1.4.2R	
2008																			
	Januar	3.478	777	<b>4.255</b>	219	2.675	476		72	108	3%	705	91%	813	19%				
	Februar	3.946	661	<b>4.607</b>	207	3.063	573		79	103	3%	582	88%	685	15%				
	März	2.555	556	<b>3.111</b>	166	1.804	476		63	109	4%	493	89%	602	19%				
	April	3.387	586	<b>3.973</b>	181	2.452	649		74	105	3%	512	87%	617	16%				
	Mai	3.040	505	<b>3.545</b>	161	2.210	558		66	111	4%	439	87%	550	16%				
	Juni	3.335	552	<b>3.887</b>	186	2.421	627		77	101	3%	475	86%	576	15%				
	Juli	3.326	622	<b>3.948</b>	174	2.567	477		74	108	3%	548	88%	656	17%				
	August	2.091	524	<b>2.615</b>	16	1.631	342		64	102	5%	460	88%	562	21%				
	September	3.798	601	<b>4.399</b>	48	2.977	660		46	113	3%	555	92%	668	15%				
	Oktober	3.494	755	<b>4.249</b>	97	2.724	567		138	106	3%	617	82%	723	17%				
	November	4.545	689	<b>5.234</b>	209	3.476	748		46	112	2%	643	93%	755	14%				
	Dezember	3.356	562	<b>3.918</b>	138	2.612	495		41	111	3%	521	93%	632	16%				
2009																			
	Januar	3.048	633	<b>3.681</b>	200	2.282	455		34	111	4%	599	95%	710	19%				
	Februar	3.500	646	<b>4.146</b>	162	2.636	599		24	103	3%	622	96%	725	17%				
	März	4.241	691	<b>4.932</b>	108	3.197	826		20	110	3%	671	97%	781	16%				
	April	1.977	526	<b>2.503</b>	39	1.415	426		26	97	5%	500	95%	597	24%				
	Mai	3.312	493	<b>3.805</b>	31	2.490	686		6	105	3%	487	99%	592	16%				
	Juni	3.228	566	<b>3.794</b>	31	2.459	636		7	102	3%	559	99%	661	17%				
	Juli	2.096	523	<b>2.619</b>	39	1.535	419		7	103	5%	516	99%	619	24%				
	August	2.797	491	<b>3.288</b>	31	2.004	655		11	107	4%	480	98%	587	18%				
	September	3.146	614	<b>3.760</b>	102	2.228	709		22	107	3%	592	96%	699	19%				
	Oktober	3.336	627	<b>3.963</b>	127	2.606	494		94	109	3%	533	85%	642	16%				
	November	4.654	674	<b>5.328</b>	200	3.586	759		84	109	2%	589	87%	698	13%				
	Dezember	3.351	637	<b>3.988</b>	185	2.544	502		69	120	4%	568	89%	688	17%				
	2008 gesamt	40.351	7.390	<b>47.741</b>	1.802	30.612	6.648		840	1.289	3%	6.550	89%	7.839	16%				
	2009 gesamt	38.686	7.120	<b>45.807</b>	1.255	28.982	7.166		404	1.284	3%	6.716	94%	8.000	17%				

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636

1.OG Monat	Unterverteilungen 1. OG gesamt	Bürobeleuchtung	Flurbeleuchtung	Steckdosen	EDV-Steckdosen	Ausstattung	Rest [%]
	S1.4.8	S1.4.8.1	S1.4.8.2	S1.4.8.3	S1.4.8.4	S 1.4.8.3+4	S1.4.8 R
2008							
	Januar	<b>1.718</b>	292	206	562	259	821
	Februar	<b>1.622</b>	245	198	580	255	835
	März	<b>1.417</b>	209	178	511	227	738
	April	<b>1.625</b>	232	198	588	266	854
	Mai	<b>1.349</b>	166	177	466	230	696
	Juni	<b>1.294</b>	133	182	494	203	697
	Juli	<b>1.485</b>	190	212	511	281	792
	August	<b>1.383</b>	157	188	471	208	679
	September	<b>1.632</b>	272	202	510	236	746
	Oktober	<b>1.838</b>	365	204	547	273	820
	November	<b>1.744</b>	303	189	538	257	795
	Dezember	<b>1.660</b>	242	175	493	267	760
2009							
	Januar	<b>1.751</b>	301	186	523	262	785
	Februar	<b>1.592</b>	237	185	498	237	735
	März	<b>1.762</b>	241	198	543	303	846
	April	<b>1.437</b>	156	178	451	241	692
	Mai	<b>1.381</b>	164	167	414	223	637
	Juni	<b>1.506</b>	175	193	465	259	724
	Juli	<b>1.412</b>	124	199	419	268	687
	August	<b>1.425</b>	129	187	436	263	699
	September	<b>1.559</b>	191	197	447	308	755
	Oktober	<b>1.625</b>	227	195	423	320	743
	November	<b>1.568</b>	239	181	434	270	704
	Dezember	<b>1.653</b>	259	189	450	266	716
	2008 1.OG ges	<b>18.767</b>	2.806	2.309	6.271	2.962	9.233
	2009 1.OG ges	<b>18.671</b>	2.443	2.255	5.503	3.220	8.723



2.OG Monat	Unterverteilungen 2. OG gesamt	Bürobeleuchtung	Flurbeleuchtung	Steckdosen	EDV-Steckdosen	Ausstattung	Rest	[%]
		S1.4.9	S1.4.9.1	S1.4.9.2	S1.4.9.3	S1.4.9.4	S1.4.9.5 S1.4.9 R	
2008								
Januar	2.298	477	419	446	889	1.335	67	3%
Februar	2.129	369	385	517	769	1.286	89	4%
März	1.743	214	358	432	687	1.119	52	3%
April	1.933	225	385	474	780	1.254	69	4%
Mai	1.648	146	300	421	693	1.114	88	5%
Juni	1.803	206	332	441	737	1.178	87	5%
Juli	2.086	299	416	453	826	1.279	92	4%
August	1.749	239	367	399	657	1.056	87	5%
September	1.925	295	406	405	733	1.138	86	4%
Oktober	1.936	344	396	418	686	1.104	92	5%
November	2.153	446	374	432	811	1.243	90	4%
Dezember	1.929	417	350	378	697	1.075	87	5%
2009								
Januar	2.204	464	370	476	804	1.280	90	4%
Februar	2.056	363	373	467	771	1.238	82	4%
März	2.145	312	418	489	834	1.323	92	4%
April	1.620	141	358	420	615	1.035	86	5%
Mai	1.717	149	353	419	707	1.126	89	5%
Juni	1.847	160	399	461	737	1.198	90	5%
Juli	1.771	122	398	476	683	1.159	92	5%
August	1.700	121	367	473	649	1.122	90	5%
September	1.887	187	404	483	723	1.206	90	5%
Oktober	2.097	309	405	523	769	1.292	91	4%
November	2.171	448	374	522	740	1.262	87	4%
Dezember	2.137	433	373	616	626	1.242	89	4%
2008 2.OG ges	23.332	3.677	4.488	5.216	8.965	14.181	986	4%
2009 2.OG ges	23.352	3.209	4.592	5.825	8.658	14.483	1.068	5%

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs  
  
Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

3.OG Monat	Unterverteilungen 3. OG gesamt	Bürobeleuchtung	Flurbeleuchtung	Steckdosen	EDV-Steckdosen	Ausstattung	Rest	[%]
		S1.4.10	S1.4.10.1	S1.4.10.2	S1.4.10.3	S1.4.10.4	S1.4.10.5 S1.4.10 R	
2008								
Januar	2168	511	364	323	903	1226	67	3%
Februar	2088	437	343	347	908	1255	53	3%
März	1778	287	302	313	798	1111	78	4%
April	1982	276	340	354	936	1290	76	4%
Mai	1697	147	254	330	878	1208	88	5%
Juni	1674	118	281	324	866	1190	85	5%
Juli	1790	209	355	331	809	1140	86	5%
August	1670	242	320	314	706	1020	88	5%
September	1946	300	354	358	846	1204	88	5%
Oktober	1959	378	347	376	766	1142	92	5%
November	1985	468	320	334	775	1109	88	4%
Dezember	1747	393	293	288	687	975	86	5%
2009								
Januar	2021	461	319	323	829	1152	89	4%
Februar	1960	413	328	329	807	1136	83	4%
März	2.017	361	366	355	845	1.200	90	4%
April	1.886	247	331	330	892	1.222	86	5%
Mai	1.750	195	311	310	846	1.156	88	5%
Juni	1.898	192	351	336	932	1.268	87	5%
Juli	1.827	137	373	339	889	1.228	89	5%
August	1.997	157	347	348	1.055	1.403	90	5%
September	2.093	301	374	354	974	1.328	90	4%
Oktober	2.195	426	362	373	944	1.317	90	4%
November	2.178	514	333	363	883	1.246	85	4%
Dezember	2.182	539	344	351	862	1.213	86	4%
2008 3.OG ges	22.484	3.766	3.873	3.992	9.878	13.870	975	4%
2009 3.OG ges	24.003	3.943	4.139	4.111	10.758	14.869	1.052	4%



4.OG Monat	Unterverteilungen 4. OG gesamt	Bürobeleuchtung	Flurbeleuchtung	Steckdosen	EDV-Steckdosen	Ausstattung	Rest	[%]
		S1.4.11.1	S1.4.11.2	S1.4.11.3	S1.4.11.4	S1.4.11.5	S1.4.11 R	
2008								
Januar	2204	609	337	518	682	1200	58	3%
Februar	2112	526	319	508	714	1222	45	2%
März	1745	335	284	426	640	1066	60	3%
April	1981	349	307	489	775	1264	61	3%
Mai	1724	189	260	458	737	1195	80	5%
Juni	1802	160	283	495	787	1282	77	4%
Juli	2007	193	373	535	828	1363	78	4%
August	1883	229	334	511	729	1240	80	4%
September	2156	342	357	590	788	1378	79	4%
Oktober	2301	465	362	631	764	1395	79	3%
November	2389	592	333	670	719	1389	75	3%
Dezember	2122	515	305	579	643	1222	80	4%
2009								
Januar	2313	539	329	604	759	1363	82	4%
Februar	2340	523	327	611	796	1407	83	4%
März	2456	485	369	683	826	1509	93	4%
April	1948	221	329	598	715	1313	85	4%
Mai	1883	210	308	594	685	1279	86	5%
Juni	2000	199	341	622	752	1374	86	4%
Juli	1945	165	352	607	731	1338	90	5%
August	2080	187	332	693	782	1475	86	4%
September	2.268	352	357	666	805	1.471	88	4%
Oktober	2.469	512	358	660	848	1.508	91	4%
November	2.425	607	321	632	780	1.412	85	3%
Dezember	2.385	588	331	621	757	1.378	88	4%
2008 4.OG ges	24.426	4.504	3.854	6.410	8.806	15.216	852	3%
2009 4.OG ges	26.512	4.588	4.054	7.591	9.236	16.827	1.043	4%

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs  
  
Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

5.OG Monat	Unterverteilungen 5. OG gesamt	Bürobeleuchtung	Flurbeleuchtung	Steckdosen	EDV-Steckdosen	Ausstattung	Rest	[%]
		S1.4.12.1	S1.4.12.2	S1.4.12.3	S1.4.12.4	S1.4.12.5	S1.4.12 R	
2008								
Januar	2683	566	353	429	1149	1578	186	7%
Februar	2463	469	319	499	1013	1512	163	7%
März	2131	333	286	421	910	1331	181	8%
April	2322	334	310	476	1027	1503	175	8%
Mai	1719	249	190	393	745	1138	142	8%
Juni	1803	216	224	444	775	1219	144	8%
Juli	1886	252	318	440	729	1169	147	8%
August	1801	269	283	403	702	1105	144	8%
September	2015	345	305	455	767	1222	143	7%
Oktober	2167	420	328	520	739	1259	160	7%
November	2218	461	306	498	767	1265	186	8%
Dezember	1934	334	286	433	673	1106	208	11%
2009								
Januar	2170	403	308	466	780	1246	213	10%
Februar	1984	316	305	436	730	1166	197	10%
März	2183	315	341	517	845	1362	165	8%
April	1812	230	305	452	680	1132	145	8%
Mai	1679	187	287	412	645	1057	148	9%
Juni	1808	177	312	449	726	1175	144	8%
Juli	1821	151	322	460	736	1196	152	8%
August	1798	182	286	452	726	1178	152	8%
September	1.968	258	318	500	746	1.246	146	7%
Oktober	1.976	297	305	472	748	1.220	154	8%
November	1.933	397	281	417	694	1.111	144	7%
Dezember	1.841	412	295	290	658	948	186	10%
2008 5.OG ges	25.142	4.248	3.508	5.411	9.996	15.407	1.979	8%
2009 5.OG ges	22.973	3.325	3.665	5.323	8.714	14.037	1.946	8%



### 11.3 Abkürzungen und Indices

BGF	Brutto-Grundrissfläche nach DIN 277
NGF	Netto-Grundfläche nach DIN 277
NGF <sub>v</sub>	Von einem System versorgte NGF
PE-Faktor	Primärenergiefaktor
P	Primärenergie entsprechend DIN V 18599
E	Endenergie entsprechend DIN V 18599
N	Nutzenergie entsprechend DIN V 18599
w	Energieverbrauch, witterungsbereinigt
SFP	Specific Fan Power
MFB	Multifunktionsbereich

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

### 11.4 Veranstaltungen

---

<b>12. September 2006</b>	<b>Public Infrastructure</b> Projektposter am Gemeinschaftsstand Niedersachsen
<b>02. Juli 2008</b>	<b>PPP Praxisworkshop der Region Hannover</b> Vorstellung von Erfahrungen des Landkreis Harburg, Landeshauptstadt Hannover, Nord LB sowie der VBD
<b>20. Juni 2008</b>	<b>EnOB Seminar Nutzungskosten, Frankfurt am Main</b> Vortrag von Stefan Plesser, IGS, und Andreas Perl, Bilfinger Berger
<b>01. Oktober 2008</b>	<b>EnOB Seminar, Dresden</b> EnBau: Neues Regionshaus Hannover - Energieeffizientes Bauen in Public Private Partnership, Dipl.- Ing. Architekt Stefan Plesser
<b>03. Juni.2010</b>	<b>Fachworkshop "Energieeffizienz im PPP – Nachhaltigkeit im Wettbewerb"</b> Ca. 30 Experten diskutierten die Möglichkeiten, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit erfolgreich in Bauverfahren zu integrieren
<b>09. August 2010</b>	<b>Workshop zum Nachhaltigen Bauen, Düsseldorf</b> „Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen – Anwendung in der Praxis und Ergebnisse der Evaluierung“, Dr. K. Herzog
<b>25.November.2010</b>	<b>16. VBD Symposium, Berlin</b> „Vorgaben für Energieeffizienz von Gebäuden bei Ausschreibungen der öffentlichen Hand – Kennwerte und deren Grenzen“ Dipl.- Ing. Architekt Stefan Plesser, Vortrag vor rund 60 Behördenvertretern

---



## 11.5 Veröffentlichungen

- 2005**                    **Spiegelverkehrtes „L“: Verwaltungsgebäude in Hannover vorgestellt**  
BauNetz für Architekten
- 
- 2007**                    **Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsbauten**  
K. Voss, C. Hoffmann, S. Herkel, A. Wagner, G. Löhnert  
HLH Bd. 58  
Pages: 22 - 26  
Edition: 07/2007
- 
- 2007**                    **Fenster zur Region - Regionshaus Hannover**  
M. N. Fisch , S. Plesser  
Intelligente Architektur, Leinfelden-Echterdingen  
Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH  
Pages: S. 38 - 41  
Edition: 07-09/2007
- 
- 2009**                    **Mit Hocheffizienz zur Nachhaltigkeit. Regionshaus Hannover mit DGNB-Zertifikat in Gold ausgezeichnet**  
IKZ Fachplaner  
Pages: 27-29  
Edition: 4/2010
- 
- 2009**                    **PPP-Erfolgsmodell für Nachhaltigkeit**  
Dr. C. Glock, Dr. K. Herzog  
Public Private Partnership Jahrbuch 2009
- 
- 2009**                    **Ressourceneffizientes Bauen in der Praxis - Die Geschichte des Neuen Regionshauses Hannover**  
Dr. M. Jacob  
Vorträge auf dem Deutschen Bautechnik-Tag April 2009, Dresden  
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.  
DBV-Heft
- 
- 2009**                    **Vorbild für Nachhaltigkeit: Das Neue Regionshaus Hannover - Vorzeigeobjekt der Region**  
Gebäude-Energieberater GEB  
Pages: 42-45  
Edition: 11/12 2009
- 
- 2009**                    **Auf dem Prüfstand: DGNB zertifiziert 2x Gold du 2x Silber**  
M. N. Fisch, C. Bremer, T. Dülger, B. Mahler, T. Wilken  
Xia - Intelligente Architektur, Leinfelden-Echterdingen  
Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH  
Pages: S. 66-70, Edition: 67

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



- 
- 2009**                    **Nachhaltigkeitszertifizierung - Beispiele aus der Praxis**  
Dr. G. Simsch, Dr. K. Herzog  
Tagungsband 1. Darmstädter Ingenieurkongress - Bau und  
Umwelt, Darmstadt
- 
- 2009**                    **Aktuelle Entwicklungen im Bau von nachhaltigen und  
energieeffizienten Bürogebäuden und Schlussfolgerungen für  
ein geplantes Bremer Zentrum für Energie- und Umweltschutz**  
Dr. N. Lutzky, Dipl.-Geogr. S. Steck  
BAW Institut für regionale Wirtschaftsforschung GmbH, Bremen  
Pages: 72-75
- 
- 2009**                    **Für Bauherren von heute**  
Dr. G. Simsch, Dr. K. Herzog  
Frankfurter Allgemeine Zeitung FAZ
- 
- 2009**                    **Partnerschaftliche Realisierung öffentlicher Bauaufgaben - Mit  
PPP zu nachhaltigem Erfolg**  
Dr. G. Simsch, Dr. C. Glock, Dr. K. Herzog  
greenbuilding  
Pages: 8-13
- 

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



## 11.6 Messtechnik

### 11.6.1 Messtechnik Stromverbrauchsmessungen

Für die Messung der elektrischen Wirkleistung und -arbeit wurden durch Bilfinger Berger Drehstrom- und Wandlerzähler des Herstellers EIC eingebaut und auf die Gebäudeautomation aufgeschaltet,

Abbildung 117.



Abbildung 117 Beispiel der Einbausituation der Stromzähler im Schaltschrank

### 11.6.2 Messtechnik Wärmeverbrauchsmessungen

Für die thermischen Leistungs- und Arbeitsmessungen wurden durch Bilfinger Berger Wärmemengenzähler des Herstellers Ista eingebaut und über eine M-Bus-Schnittstelle auf die Gebäudeautomation aufgeschaltet.

### 11.6.3 Messtechnik Langzeit-Monitoring

Für die Messung der Raumlufttemperaturen und der relativen Raumluftfeuchte im Langzeit-Monitoring wurde folgende Messtechnik verwendet:

HOBO-Datenlogger der Serien U10-001, U12 Temp, U12 Temp/RH und U12 4 external, Synotech Sensor und Meßtechnik GmbH

### 11.6.4 Messtechnik Spot-Monitoring

Für die raumklimatischen Messungen der im Kurzzeit-Monitoring wurde folgende Messtechnik als Teile des IGS MobileLAB verwendet:

	Erfasste Größen und Messprinzip	Messgenauigkeit und -bereich.	Ansprechzeit
Innova Typ MM0060	Dieser Messfühler erfasst die operative Raumtemperatur infolge Strahlung und Konvektion. Größe, Gestalt, Farbe und Positionierung entsprechen menschliche Voraussetzungen.	$\pm 0,2 \text{ K}$ ; $t_{op}$ (5 bis $40^\circ\text{C}$ ) $\pm 0,5 \text{ K}$ ; $t_{op}$ (-20 bis $50^\circ\text{C}$ )	1 Min.
Innova Typ MM0034	Messfühler zur Erfassung der Lufttemperatur mittels eines strahlungsgeschützten Pt100-Sensors.	$\pm 0,2 \text{ K}$ ; $t_a$ (5 bis $40^\circ\text{C}$ ) $\pm 0,5 \text{ K}$ ; $t_a$ (-20 bis $50^\circ\text{C}$ )	20 Sek.
Innova Typ MM0036	Der Strahlungstemperatur-Sensor besteht aus zwei gleichen Sensorseiten, die unabhängig voneinander die Strahlungstemperatur zweier sich gegenüberliegenden Halbräume messen.	$\pm 0,5 \text{ K}$ ; $(t_r - t_a) < 15\text{K}$ $\pm 1 \text{ K}$ ; $(t_r - t_a) < 25\text{K}$ $\pm 2 \text{ K}$ ; $(t_r - t_a) < 50\text{K}$	15 sek..
Innova Typ MM0037	Zur Ermittlung der Taupunkttemperatur wird ein Spiegel zur Kondensation der Umgebungsluft abgeführt. Der Kondensationspunkt entspricht der TP-Temperatur.	$\pm 0,5 \text{ K}$ ; $(t_r - t_{dew}) < 10\text{K}$ $\pm 1 \text{ K}$ ; $(t_r - t_{dew}) < 25\text{K}$	1 Min. Messintervall (3 Min.)
Innova Typ MM0038	Die Ermittlung der Luftgeschwindigkeit nach dem Prinzip eines Konstanttemperatur-Anemometers. Erfasst wird die elektrische Leitung zur Aufrechterhaltung einer konstanten Temperatur-Differenz zwischen dem Prüf- und Referenzsensor.	$\pm(0,05 \cdot v_a + 0,05)$ ; $v_a < 1\text{m/s}$ $\pm(0,1 \cdot v_a)$ ; $1 < v_a < 10\text{m/s}$	< 0,2 Sek.
Ahlborn 7814-20	Eine Linse bündelt die vom Objekt abgestrahlte Infrarotenergie auf einen Detektor, der die Energie in ein elektrisches Signal umwandelt, um die Oberflächentemperatur zu messen. Der Detektor muss vor der Messung auf die Emissionsfaktor und Eigenschaften des Messobjektes abzustimmen.	$\pm 1 \text{ K}$ (0 bis $900^\circ\text{C}$ ) $\pm 2 \text{ K}$ (-30 bis $0^\circ\text{C}$ )	250 mSek.
DK302EXT-CMOSens	Miniaturdatenlogger mit externem Sensor zur Erfassung der Luftfeuchte und -temperatur.	$\pm 2 \%$ RH; (10 bis 90%) $\pm 0,5 \text{ K}$ ; (-30 bis $120^\circ\text{C}$ )	2 Sek.
Vaisala GMW22	Die $\text{CO}_2$ -Konzentration wird nach den Infrarot-Absorptionsverfahren erfasst. In der Testkammer des Sensors erfolgt die Messung der Absorption der IR-Strahlung durch das $\text{CO}_2$ .	$< \pm(30\text{ppm} + 2 \%$ v. Mw.); bei $25^\circ\text{C}$ (0 bis 2000 ppm) $t_a$ (-5 bis $45^\circ\text{C}$ ); $\phi$ (0 bis 85 %)	1 Min.
ETR Luqas I	Zur Ermittlung des Anteils an „flüchtige organische Verbindungen“ (TVOC). Der ermittelte Wert ist referenzlos, jedoch als Vergleich innerhalb der Messreihe zu verwenden.	Unabhängig von $t_a$ und $\phi$ (Fehler max. 3% v. Mw.)	< 5 Sek.
Gossen MAVO-Monitor	Erfassung der Leuchtdichte mit einem Silizium-Fotoelement und integrierte Korrekptionsfilter.	1 bis $1999 \text{ cd/m}^2$ $\pm(2,5 \%$ v. Mw. + 4 Digits) (Fehler max. 3% v. Mw.)	< 2 Sek (Erfahrungswert)

11.6.5 Fragenbogen Kurzzeit-Messungen

Neues Regionshaus - Hannover

Kurzzeitfragebogen zum Spot-Monitoring



Raum-Nr.: \_\_\_\_\_ Sub.Nr.: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ / \_\_\_\_ : \_\_\_\_ Uhr

Einige Fragen zu Ihrer Person

Geschlecht

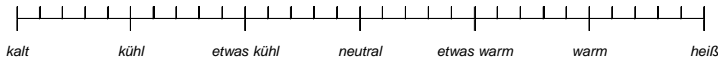
- männlich       weiblich

Wie viele Stunden Ihrer Gesamtarbeitszeit verbringen Sie an einem durchschnittlichen Arbeitstag an diesem Arbeitsplatz?

- 1 bis 3 Stunden       4 bis 6 Stunden       7 bis 10 Stunden

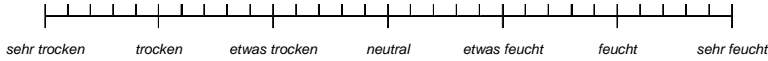
Zu dem aktuellen Klima an diesem Arbeitsplatz

1. Die Raumtemperatur empfinde ich im Moment als: (Nach Wunsch können Sie den passenden Platz zwischen zwei Kategorien markieren).



2. Die Raumtemperatur möchte ich lieber:      kälter       weder / noch       wärmer

3. Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Moment als:



4. An meinem Arbeitsplatz verspüre ich Luftzug:      ja       nein

stört mich sehr         gar nicht

5. Die Qualität der Luft im Raum empfinde ich als:

sehr schlecht         sehr gut

6. An meinem Arbeitsplatz kommt es zu Geruchsbelästigungen:      ja       nein

stört mich sehr         gar nicht

7. Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Tageslicht ?

sehr schlecht         sehr gut

8. Wie beurteilen Sie den Sonnen- und Blendschutz in Ihrem Büro ?

sehr schlecht         sehr gut

9. Zu dieser Jahreszeit reguliere ich die Raumlufttemperatur durch:

	ständig	oft	selten	nie	nicht möglich
Einstellung des Heizkörpers (Thermostat)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einstellung des Bedienpanels (GLT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Öffnung der Fensterflügel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



**Zu Ihrer Nahrungsaufnahme**

1. Bitte geben Sie an, welche **Nahrungsmittel** Sie in den letzten 15 Minuten zu sich genommen haben.

- Warmes Getränk       Koffein- Getränk       Essen   
Kühles Getränk       Zigaretten       Nichts

**Zu Ihrem Aktivitätsniveau**

2. Welche **Aktivität** haben Sie in der angegebenen Zeit überwiegend gemacht ?

	( innen )			( außen )		
	Sitzen	Stehen	Gehen	Gehen	Laufen	Auto Fahren
<b>Akt.1</b> in den letzten 10 Minuten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Akt.2</b> in den vorigen 10 Minuten vor <b>Akt. 1</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Akt.3</b> in den vorigen 10 Minuten vor <b>Akt. 2</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Akt.4</b> in den vorigen 30 Minuten vor <b>Akt. 3</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Zu Ihrer Bekleidung**

3. Bitte beschreiben Sie, welche **Kleidungsstücke** Sie im Moment tragen.

<b>FüÙe</b>					
Strümpfe	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Dünne	<input type="radio"/> Dicke	<input type="radio"/> Wolle	
Schuhe	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Leichte	<input type="radio"/> Straßen-	<input type="radio"/> Winter- /Stiefel	
<b>Mittelschicht</b>					
Unterwäsche	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Kurze	<input type="radio"/> Lange	<input type="radio"/> Schwerer Stoff	
T-Shirt	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Kurzer Ärmel	<input type="radio"/> Langer Ärmel	<input type="radio"/> Schwerer Stoff	
Hemde/Bluse	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Schulter frei	<input type="radio"/> Kurzer Ärmel	<input type="radio"/> Langer Ärmel	
<b>Außenschicht</b>					
Hose	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Kurze	<input type="radio"/> anliegend	<input type="radio"/> Locker fallend	
Kleider	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Kurzer Ärmel	<input type="radio"/> Langer Ärmel	<input type="radio"/> Schwere Stoff	
Röcke	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Minirock	<input type="radio"/> Knielang	<input type="radio"/> Knöchellang	
Pullover	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Kurzer Ärmel	<input type="radio"/> Langer Ärmel	<input type="radio"/> Rollkragen	
Jacke	<input type="radio"/> (keine)	<input type="radio"/> Leichte	<input type="radio"/> Schwere	<input type="radio"/> Anzugsjacke	

4. **Insgesamt** empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:

sehr unangenehm           sehr angenehm

5. Wenn Sie noch irgend etwas **über Ihren Arbeitsplatz** oder diesen kurzen Fragebogen mitteilen möchten, können Sie dies hier tun:

### 11.6.6 Fragebogen Nutzerbefragungen

Die Nutzerbefragungen wurden mit Microsoft Sharepoint Services im Internet durchgeführt, Abbildung 118.

Neues Regionshaus Hannover > Fragebogen NRH Sommer 2008 > Auf die Umfrage antworten

**Fragebogen NRH Sommer 2008: Auf die Umfrage antworten**

Weiter Abbrechen

Fragen zum Komfort:  
1. Die Raumtemperatur empfinde ich im Sommer insgesamt als:

kalt  
 kühl  
 etwas kühl  
 neutral  
 etwas warm  
 warm  
 heiß

1-Dies empfinde ich als:

	sehr unangenehm 1	2	3	4	5	6	sehr angenehm 7
.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Sommer als:

sehr trocken  
 trocken  
 etwas trocken  
 neutral  
 etwas feucht  
 feucht  
 sehr feucht

2-Dies empfinde ich als:

	sehr unangenehm 1	2	3	4	5	6	sehr angenehm 7
.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 118 Screenshot der Online-Befragung (Auszug)

Die Auswertung der Nutzerbefragungen erfolgte mit der Software „SPSS für Windows“ (Version 15.0.1).

## 11.7 Software

Die für die Bearbeitung des Projekts verwendete Software ist in Tabelle 70 dargestellt.

Tabelle 70 Liste der verwendeten Software

Berechnungswerkzeug zur DIN V 18599	Solar-Computer
Messdatenverarbeitung (Zeitreihen)	Ennovatis VEC
Energie-Navigator	synavision GmbH
Datenverarbeitung / Tabellenkalkulation	Microsoft Excel 2007



## 11.8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Primärenergie-Kennwerte Neues Regionshaus Hannover .....	4
Abbildung 2	Jahres-Primärenergieverbrauch Regionshaus (NRH) und andere EnOB- Bürogebäude nach [Voss; Hoffmann et al., 2007] 5	
Abbildung 3	Anzahl und Investitionskosten der PPP-Projekt in Deutschland [Hochtief, 2005] .....	12
Abbildung 4	Flächen- und Raumanteile der Entwürfe (Grundlage: Vorprüfung) .....	24
Abbildung 5	Ergebnisse für die spezifischen Transmissionswärmeverluste .....	25
Abbildung 6	Ergebnisse für den Jahres-Primärenergiebedarf Heizwärme inkl. Warmwasser	25
Abbildung 7	Ergebnisse für den Jahres-Primärenergiebedarf Heizwärme und Strom	25
Abbildung 8	Leistungspunkte und Barwert der 6 Angebote bezogen auf das Siegerangebot (rot) .....	26
Abbildung 9	Übersicht der vertraglichen Bindungen .....	27
Abbildung 10	Flächenbezogene Brutto-Baukosten der Angebote und Referenzwerte BKI (regional) .....	29
Abbildung 11	Anteile der Baukosten in der Kostengruppe 300 nach DIN 276 .....	30
Abbildung 12	Anteile der Baukosten in der Kostengruppe 400 nach DIN 276 .....	30
Abbildung 13	Lage des Neuen Regionshauses in der Innenstadt von Hannover (Quelle: Google Earth) .....	32
Abbildung 14	Ansicht Osten: Eingang und Saal an der Hildesheimer Straße (Foto: Bilfinger Berger) .....	33
Abbildung 15	Das Foyer: Eingang von der Hildesheimer Straße, rechts im Bild der Saal, links der Empfangstresen und der Zugang zu den Obergeschossen (Foto: Bilfinger Berger).....	34
Abbildung 16	Zusammensetzung der Gebäudeflächen und Referenzwerte nach BKI	35
Abbildung 17	Schnitt West-Ost Foyer und Südansicht zum Hof, Fassadenbereich eines Büros .....	36
Abbildung 18	Fußpunkt: Foto Ausführung und Regeldetail .....	37
Abbildung 19	Wandaufbau und Fensteranschluss: Ausführung und Regeldetail .....	38
Abbildung 20	Holz-Aluminium-Fenster in den Büroräumen (jeweils mit aufgeklapptem Wetterflügel).....	39
Abbildung 21	Lamellen-Raffstores als Sonnen-/Blendschutz mit Tageslichtlenkung	39
Abbildung 22	Traufpunkt und Dach: Ausführung und Regeldetail .....	40
Abbildung 23	Schema des Energiekonzepts im Sommer .....	42
Abbildung 24	Schema des Energiekonzepts im Winter .....	42
Abbildung 25	Bürokonzept .....	43
Abbildung 26	Standardbüro mit typischer Nutzung .....	43
Abbildung 27	Teeküche.....	44
Abbildung 28	Umluftkühlgerät in einem EDV-Raum (links), Cateringküche (mitte), Getränkeautomat im Foyer (rechts) .....	44
Abbildung 29	Schaltschränke und Automationsstation (Abdeckung entfernt) .....	45
Abbildung 30	Bauzeitenplan.....	48



Abbildung 31	Verleihung des DGNB-Gütesiegels in Gold an die Region Hannover durch Bauminister Tiefensee; Gütesiegel und Energieverbrauchsausweis im Foyer des Regionshauses .....48
Abbildung 32	Darstellung der monatlichen Gradtagzahlen: Messung vor Ort über Kennzahlen des IWU für 2008 und 2009 .....52
Abbildung 33	Regression zwischen Wärmeverbrauch und Gradtagzahl (Beispiel)....53
Abbildung 34	Jahres-Endenergiebedarf Referenzgebäude nach DIN V 18599 / EnEV 2007 .....54
Abbildung 35	Jahres-Primärenergiebedarf Referenzgebäude nach DIN V 18599 / EnEV 2007 .....55
Abbildung 36	Schema der Heizungsanlage .....56
Abbildung 37	Wärmeverteiler Vorlauf, Heizkörper mit Thermostatventil, Heizkörper mit Etagenverteilungen (ungedämmt auf Putz).....57
Abbildung 38	Schema eines statischen Heizkreises und Installation des Vorlaufs [Planungsgruppe HSK].....57
Abbildung 39	Beheizte Flächen und Zuordnung zu den Heizkreisen .....58
Abbildung 40	Zählerschema Wärme .....58
Abbildung 41	Jahres- Endenergieverbrauch Wärme 2008 und 2009 .....59
Abbildung 42	Beispielwoche Heizleistung in 2008 KW 2 (viertelstündliche Momentanwerte) .....61
Abbildung 43	Heizleistung (15-minütige Momentanwerte) über Außenlufttemperatur im Tag- (links) und Nachtbetrieb 2008 (rechts).....62
Abbildung 44	Zählerschema Strom - Teil A .....63
Abbildung 45	Zählerschema Strom - Teil B .....64
Abbildung 46	Jahres-Endenergieverbrauch Strom 2008 und 2009 .....65
Abbildung 47	Summenkurve Wirkleistung flächenbezogen (viertelstündliche Momentanwerte) .....67
Abbildung 48	Wirkleistung Winter: KW 1, 2008 und 2009 (viertelstündliche Momentanwerte) .....67
Abbildung 49	Wirkleistung Sommer: KW 28, 2008 und 2009 (viertelstündliche Momentanwerte) .....67
Abbildung 50	Einbringung der Erdsonden, Temperatursensor an einer Sonde .....68
Abbildung 51	Schema der Kälteanlage .....68
Abbildung 52	Kältesammler mit geregelten Pumpen in vorgeformten Dämmschalen69
Abbildung 53	Etagenverteilung für die Betonkernaktivierung (rechts mit Manometer zur Leckageüberwachung während des Betoniervorgangs).....69
Abbildung 54	Einbau der Betonkernaktivierung: vormontierte Matten, Auflegen und Befestigen auf den Betonfertigteilen .....69
Abbildung 55	Hydraulische Verbindung der Matten, Betonage .....70
Abbildung 56	Gekühlte Flächen .....70
Abbildung 57	Zählerschema Kälte .....71
Abbildung 58	Stromverbrauch Komfortkühlung .....72
Abbildung 59	Stromverbrauch EDV-Kühlung .....73
Abbildung 60	Mechanisch belüftete Flächen .....75
Abbildung 61	Lüftungsanlage Multifunktionsbereich, Wärmerad (Regenerator), Frequenzumformer (oben) .....76
Abbildung 62	Schema der Lüftungsanlage Multifunktionsbereich nach VDI 3814 (Quelle: Funktionsbeschreibung IB HSK) .....76
Abbildung 63	Schalt- Tableau am Pfortnertresen .....77

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



Abbildung 64	Lüftungsanlage auf dem Dach für WCs und Nebenräume, Differenzdruckmessung zur Einregulierung bei der Inbetriebnahme....	77
Abbildung 65	Schema der Lüftungsanlage WCs und Nebenräume nach VDI 3814 (Quelle: Funktionsbeschreibung IB HSK) .....	78
Abbildung 66	Betriebsstufen der Lüftungsanlagen 2008 .....	79
Abbildung 67	Stufen Lüftung 2009 .....	79
Abbildung 68	Monatlicher Stromverbrauch der Lüftungsanlage MFB (Ventilatoren)..	82
Abbildung 69	Monatlicher Stromverbrauch der Lüftungsanlage WCs (Ventilatoren) .	84
Abbildung 70	Pumpen im Heizungs- (oben) und Kälteverteiler .....	86
Abbildung 71	Sonnen- /Blendschutz mit Tageslichtlenkung in den Büros.....	88
Abbildung 72	Pendelleuchten in den Büros, Taster für Beleuchtung und Sonnenschutz.....	89
Abbildung 73	Flur- und Treppenhausbeleuchtung, bestückt mit Kompaktleuchtstofflampen und Elektrische Vorschaltgeräten.....	89
Abbildung 74	Multifunktionsbereich.....	90
Abbildung 75	Foyer mit Pfortnertresen und den Zugängen zum Multifunktionsbereich	90
Abbildung 76	Kontrollpaneel des Pfortners für Lüftung und Beleuchtung (nachträglich installiert)	91
Abbildung 77	Stromverbrauch Beleuchtung Büros .....	92
Abbildung 78	Stromverbrauch Verkehrsflächen.....	94
Abbildung 79	Typischer Wochenlastgang der Flurbeleuchtung (stündl. Werte KW 2+28, 2009) .....	95
Abbildung 80	Stromverbrauch Ausstattung Büros .....	98
Abbildung 81	Wirkleistung Ausstattung in den Büros Winter: 1. KW (stündliche Momentanwerte) .....	99
Abbildung 82	Wirkleistung Ausstattung in den Büros Sommer: 1. KW (stündliche Momentanwerte) .....	100
Abbildung 83	Jahres-Primärenergiebedarf / -verbrauch (EnEV-Bilanz): Ziele und Messergebnisse .....	103
Abbildung 84	Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt: Referenzwerte und Messergebnisse .....	103
Abbildung 85	Klassifizierung der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006 ...	106
Abbildung 86	Grenzwerte für thermische Behaglichkeit .....	106
Abbildung 87	Hoboware- Datenlogger und beispielhafte Einbausituationen in den Büros .....	108
Abbildung 88	Heizperiode 2008 (01.10.2007 – 31.03.2008, Nutzungszeit = 1.310 h): Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006 .....	109
Abbildung 89	Heizperiode 2009 (01.10.2008 – 31.03.2009, Nutzungszeit = 1.300 h): Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006 .....	109
Abbildung 90	Mittelwerte Heizperioden 2008 und 2009) Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006.....	110
Abbildung 91	Kühlperiode 2008 (01.04.2008 – 30.09.2008, Nutzungszeit = 1.310 h): Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006 .....	110
Abbildung 92	Kühlperiode 2009 (01.04.2009 – 30.09.2009, Nutzungszeit = 1.310 h): Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006	111

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636





Abbildung 93	Mittelwert Sommer 2008 und 2009: Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006 .....	111
Abbildung 94	Vergleich der Jahres-Überhitzungsstunden > 26°C zwischen 8 und 18 Uhr in 2008 (2.620 h) und 2009 (2.610 h) und Grenzwert nach DIN 4108 .....	112
Abbildung 95	Vergleich der Jahres-Überhitzungsstunden > 26°C zwischen 6 und 18 Uhr an allen Tagen in 2008 (4.392 h/a) und 2009 (4.380 h/a) und Grenzwert nach Funktionaler Leistungsbeschreibung (210 h/a) .....	112
Abbildung 96	Raumtemperatur in S3a über der Außentemperatur in Kühlperiode 2008 und 2009: Nutzungszeit in Kategorien der Raumtemperatur nach DIN EN ISO 7730:2006 .....	113
Abbildung 97 (schematisch)	Messtechnikaufbau des MobileLAB und Ablauf der Messung	114
Abbildung 98	CO <sub>2</sub> – Konzentrationen in den Büros (Winter) .....	118
Abbildung 99	Anzahl aller Messungen und Verteilung der CO <sub>2</sub> -Konzentration .....	118
Abbildung 100	Vergleich des Mittelwerts der CO <sub>2</sub> -Konzentration der NRH mit anderen Gebäuden.....	119
Abbildung 101	Boxplot Zufriedenheit Raumtemperatur nach Messzeitpunkten .....	125
Abbildung 102	Boxplot Zufriedenheit Tageslichteinwirkung nach Messzeitpunkten ..	128
Abbildung 103	Untersuchungsdesign (Jahr 1= 2007; Jahr 2= 2008 I=Informationsgespräche S=Implementierung Serviceportal O1-O3=onlinegestützte Befragung, X= Ausgabe eines „Nutzerhandbuchs“)	134
Abbildung 104	Auszüge aus dem Nutzerhandbuch .....	137
Abbildung 105	Konzept des Service-Portals.....	140
Abbildung 106	Eingabemaske für Tickets.....	141
Abbildung 107	Listendarstellung .....	142
Abbildung 108	Anzahl der Servicetickets.....	143
Abbildung 109	Anteil der aktiven Nutzer .....	144
Abbildung 110	Anzahl der Tickets je aktivem Nutzer, nach Kategorien .....	144
Abbildung 111	Anzahl der Tickets in den verschiedenen Kategorien im Neuen Regionshaus .....	145
Abbildung 112	Beschreibung von Mängeln an einzelnen Systemen im Neuen Regionshaus .....	145
Abbildung 113	Wochengang der Heizleistung einzelner Heizkreise im Dezember 2008 (oben) und 2009.....	155
Abbildung 114	Elektrische Leistungsaufnahme Zuluft-Ventilator der RLT-Anlage WCs, 2008 - 2009 .....	156
Abbildung 115	Betriebswerte 06.08. – 09.08.2008 der Erdsondenanlage und Betonkernaktivierung.....	158
Abbildung 116	Veranstaltungsprogramm zum Workshop am 3.7.2010.....	163
Abbildung 117	Beispiel der Einbausituation der Stromzähler im Schaltschrank .....	193
Abbildung 118	Screenshot der Online-Befragung (Auszug) .....	197

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636

## 11.9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Projektverlaufsplan .....	9
Tabelle 2	Zielkennwerte für die Energieeffizienz .....	18
Tabelle 3	Zielkennwerte für den Nutzerkomfort und die thermische Simulation.....	19
Tabelle 4	Übersicht über die Angebote mit wesentlichen Merkmalen (Angaben der Bieter) .....	20
Tabelle 5	Bewertungskriterien Leistung .....	23
Tabelle 6	Bewertung der Angebote.....	26
Tabelle 7	Ermittlung des Gebäudestandards nach BKI für das Neue Regionshaus Hannover .....	28
Tabelle 8	Anordnung der Funktionen im Gebäude .....	34
Tabelle 9	Flächenanteile nach DIN 277 .....	35
Tabelle 10	Kennwerte der Gebäudehülle und Flächen.....	41
Tabelle 11	Projektbeteiligte .....	49
Tabelle 12	Vergleich der Gradtagzahlen des IWU und der IGS-Messung in 2008 und 2009.....	52
Tabelle 13	Verwendete Primärenergiefaktoren.....	54
Tabelle 14	Energiebedarfskennwerte Referenzgebäude nach DIN V 18599 / EnEV 2007 .....	55
Tabelle 15	Energieverbrauchskennwerte Neubau nach EnEV 2007 (Energieverbrauchsausweis).....	55
Tabelle 16	Kennwerte zum Wärmebedarf und Wärmeverbrauch.....	60
Tabelle 17	Vergleich der Kennwerte Strombedarf und Stromverbrauch .....	66
Tabelle 18	Energiekennwerte Kühlung .....	72
Tabelle 19	Kennwerte der EDV-Kühlung .....	73
Tabelle 20	Kennwerte für berechneten Strombedarf EDV (entspricht den Internen Wärmelasten nach EnEV), gemessener Stromverbrauch EDV und gemessener Stromverbrauch EDV-Kühlung .....	74
Tabelle 21	Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Lüftung .....	81
Tabelle 22	Kennwerte der Lüftungsanlage MFB / Foyer für Referenzgebäude und Betrieb .....	83
Tabelle 23	Kennwerte der Lüftungsanlage WCs für Referenzgebäude und Betrieb...	85
Tabelle 24	Kennwerte der Pumpen Heizung und Kühlung .....	87
Tabelle 25	Künstlich beleuchteten Flächen mit separater Messung des Stromverbrauchs .....	88
Tabelle 26	Übersicht über die künstliche Beleuchtung .....	91
Tabelle 27	Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Bürobeleuchtung .....	93
Tabelle 28	Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Verkehrsflächen-Beleuchtung.....	95
Tabelle 29	Kennwerte des Stromverbrauchs von Multifunktionsbereich und Foyer....	96
Tabelle 30	Randbedingungen und Stromverbrauchswerte.....	97
Tabelle 31	Vergleich der Kennwerte des Stromverbrauchs der Ausstattung in den Büros .....	99
Tabelle 32	Stromverbrauch je Etage (Beleuchtung und Ausstattung).....	100
Tabelle 33	Kennwerte sonstiger Stromverbraucher.....	101



Tabelle 34	Vergleich der Verbrauchskennwerte mit Bedarfskennwerten .....	104
Tabelle 35	Systematik der Durchführung der Kurzzeitmessungen.....	113
Tabelle 36	Anzahl der durchgeführten Messungen je Etage und Jahreszeit .....	115
Tabelle 37	Ergebnisse Winter, 05.03.2008, Außenlufttemp.: 5,2°C, klarer Himmel..	116
Tabelle 38	Ergebnisse Übergangszeit 26.09.2008, Außenlufttemp.: 15,8°C, bedeckter Himmel .....	116
Tabelle 39	Ergebnisse Sommer 07.08.2008, Außenlufttemp.: 29,5°C, klarer Himmel	117
Tabelle 40	Überblick Befragungszeiträume .....	121
Tabelle 41	Anzahl der Datensätze .....	122
Tabelle 42	Befragungsteilnahme .....	123
Tabelle 43	Geschlechterverteilung.....	123
Tabelle 44	Altersverteilung.....	124
Tabelle 45	Raumtemperatur über alle Messzeitpunkte .....	124
Tabelle 46	Unterschiedstestung Raumtemperatur .....	125
Tabelle 47	Unterschiedstestung Zufriedenheit Raumtemperatur .....	126
Tabelle 48	Wahrnehmung „störender Gerüche“ über alle Messzeitpunkte .....	126
Tabelle 49	Unterschiedstestung „störende Gerüche“ .....	126
Tabelle 50	Wahrnehmung Tageslicht über alle Messzeitpunkte .....	127
Tabelle 51	Unterschiedstestung Tageslichteinwirkung.....	127
Tabelle 52	Unterschiedstestung Zufriedenheit Tageslichteinwirkung.....	128
Tabelle 53	Wahrnehmung Akustik Büroräume über alle Messzeitpunkte .....	129
Tabelle 54	Unterschiedstestung Akustik Büroräume .....	129
Tabelle 55	Wahrnehmung Akustik Flurbereich über alle Messzeitpunkte .....	129
Tabelle 56	Unterschiedstestung Akustik Flurbereich.....	130
Tabelle 57	Bewertung Sonnen-/ Blendschutz über alle Messzeitpunkte.....	130
Tabelle 58	Oneway Anova Bewertung Sonnen-/ Blendschutz .....	130
Tabelle 59	Bewertung Serviceportal .....	146
Tabelle 60	Gliederung der Kostengruppe 300 Betriebskosten nach DIN 18960 .....	150
Tabelle 61	Kennwert für Baunutzungskosten nach OSCAR 2005 und [König et al, 2009].....	151
Tabelle 62	Kennwert für Baunutzungskosten nach FM Benchmarkingreport.....	152
Tabelle 63	Betriebskosten (Wasser, Energie, Inspektion und Wartung) .....	153
Tabelle 64	Baunutzungskosten nach DGNB (netto, bezogen auf NGF) .....	154
Tabelle 65	Energetische Bewertung nach DIN V 18599.....	167
Tabelle 66	Energieverbrauchsmessung Heizung .....	185
Tabelle 67	Energieverbrauchsmessung Zentrale Anlagen .....	185
Tabelle 68	Energieverbrauchsmessung NSHV.....	186
Tabelle 69	Energieverbrauchsmessung Beleuchtung .....	187
Tabelle 70	Liste der verwendeten Software.....	197

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391 - 3555  
Fax: 0531/ 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531/ 391-3635  
Fax: 0531/ 391-3636



## 11.10 Referenzen

- [Abrahamse]** Energy conservation through behavioural change: Examining the effectiveness of a tailor-made approach. Wageningen, Grafisch Bedrijf Ponsen en Looijen bv (2007).
- [Supplement]** (2004): Supplement zum Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 2004.
- [Architektenkammer Niedersachsen]** "Beitrag der Architektenkammer Niedersachsens " Niedersächsischer Städtetag Nachrichten(2003).
- [Aronson; Wilson, et al.]** Sozialpsychologie. München, Pearson Education Deutschland GmbH (2004).
- [ASHRAE and Standard]** Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, ANSI/ASHRAE Standard; American Society of Heating, Refrigerating and , air-Conditioning Engineers (2004).
- [EnEV 04]** (2002/2004): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; 01/2002.
- [EnEV 07]** (2007): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; 06/2007.
- [EnEV 09]** (2009): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; 01/2009.
- [DIN 1946-2]** (1994): Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln); 01/1994.
- [DIN EN 7726]** (2002): Umgebungsklima - Instrumente zur Messung physikalischer Größen 04/2002.
- [DIN 4108:2003-07]** (2003): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; 07/2003.
- [DIN 277]** (2005): Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau; Beuth Verlag GmbH; 02/2005.
- [DIN EN ISO 7730]** (2006): Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit Beuth Verlag GmbH; 05/2006.
- [DIN V 18599]** (2007): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung Beuth Verlag GmbH; 02/2007.
- [DIN EN 13779]** (2007): Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme; 09/2007.
- [DIN V 18599 Beiblatt 1]** (2010): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung; Beuth Verlag GmbH; 01/2010.
- [Deutsches Institut für Normung. Normenausschuss Bauwesen]** Nutzungskosten im Hochbau : DIN 18960. Berlin, Beuth (2008).
- [Deutsches Institut für Normung. Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik]** Gebäudemanagement : DIN 32736. Berlin [u.a.], Beuth (2000).
- [DGNB and Lemaitre, D. C.]** DGNB Handbuch Neubau. Büro und Verwaltungsgebäude Version 2009. Stuttgart, DGNB (2009).



- [**Diehl and Staufenbiel**] Statistik mit SPSS für Windows. Eschborn, Dietmar Klotz (2007).
- [**Dr. Ernesto Kuchen**] Spot- Monitoring Braunschweig.
- [**Dr. K. Herzog**] (2010). Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen – Anwendung in der Praxis und Ergebnisse der Evaluierung. Düsseldorf, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Öko-Zentrum NRW.
- [**Fisch, M. N.; Huckemann, V., et al.**] F + E Projekt TwinSkin, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) (2008).
- [**Fisch, M. N.; Plessner, S., et al.**] EVA - Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude : [Gesamt-]Abschlussbericht. Braunschweig Hannover, Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek.
- [**Fraktion SPD und Bündnis 90 / die Grünen**] (2005). Gesetzentwurf zur Beschleunigung der Umsetzung von Öffentlich Privaten Partnerschaften.
- [**Gossauer, E.**] Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden - Eine Feldstudie Analyse von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Komfortparametern am Arbeitsplatz. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag (2008).
- [**H. König; N. Kohler, et al.**] Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. München, Institut für internationale Architektur Dokumentation GmbH (2009).
- [**Hennings, D. D.**] (2000). Elektrische Energie im Hochbau. Leitfaden Elektrische Energie. Darmstadt, Institut für wohnen und Umwelt.
- [**Herzog, D. K. and Omet, A.**] (2010). Nachhaltigkeit als Bau- und Zertifizierungsaufgabe. Fachworkshop "Energieeffizienz im PPP - Nachhaltigkeit im Wettbewerb". Hannover.
- [**Himmler, R.**] (2006). Energieoptimiertes Bauen und Betreiben am Beispiel des Energieforums Berlin. Clean Energy Power 2006. Berlin.
- [**Hochtief**] (2005). Positionspapier Public Private Partnership (PPP).
- [**Huckemann, V.; Plessner, S., et al.**] (2008). TwinSkin - Evaluierung von Doppelfassaden: Auf dem Prüfstand 11.
- [**Huizenga; Abbaszadeh, et al.**] Air Quality and Thermal Comfort in Office Buildings: Results of a Large Indoor Environmental Quality Survey. California, Center for the Built Environment, University of California (2006).
- [**Jensen; Smith, et al.**] Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, ANSI/ASHRAE Standard; American Society of Heating, Refrigerating and , air-Conditioning Engineers (2004).
- [**Lackmann;, W.; Nehm;, A., et al.**] BKI Baukosten - Statische Kostenkennwerte für Gebäude. Stuttgart, BKI Baukosteinformatioszentrum (2005).
- [**Mack**] Energiesparen fördern durch psychologische Interventionen. Münster, New York, Waxmann Verlag (2007).
- [**Matthies**] (2006). Energiebewusste RUB - Richtig Heizen und Lüften. Ergebnisse.
- [**DIN 276 - 1**] (2008): Kosten im Bauwesen - Teil 1: Hochbau; Beuth Verlag GmbH; 12/2008.
- [**Planungsgruppe HSK**] Funktionsbeschreibung der Gebäudeautomation zum Neuen Regionshaus Hannover. Göttingen.
- [**Plessner, S.**] (2003). EVA und TwinSkin - Evaluierung von Energiekonzepten. Berliner Energie-Impulse. Berlin.
- [**Plessner, S.**] (2004). EVA - Evaluation von Energiekonzepten: Projektvorstellung und erste Ergebnisse. Vortrag auf der Messe light + building im Rahmen des Kongresses "IEECB - Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings. Frankfurt.

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: [igs@tu-bs.de](mailto:igs@tu-bs.de)  
[www.tu-bs.de/institute/igs](http://www.tu-bs.de/institute/igs)

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636



- [Plesser, S. and Bremer, C.] (2004). EVA - Forschungsprojekt zur Evaluierung von Energiekonzepten: Auf dem Prüfstand II - Finanz IT Hannover. Intelligente Architektur Leinfelden - Echterdingen, Verlagsanstalt Alexander Koch GmbH. **01-02 / 2004**: S. 52 - 55.
- [Pols, H. and Deutschland. Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung] PPP-Handbuch : Leitfaden für öffentlich-private Partnerschaften. Bad Homburg, VVB, Vereinigte Verl.-Betriebe (2009).
- [Preiser, W. F. E. and Vischer, J.] Assessing building performance. Amsterdam ; New York, Elsevier (2005).
- [Prof. U. Rotermund and Weischer, P. D. I. M.] FM Benchmarking Bericht 2009. Höxter, Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG (2009).
- [PWC et al] PPP im öffentlichen Hochbau Band I: Leitfaden(2003).
- [Schuemer; Dieckmann, et al.] Psychologie und gebaute Umwelt. Konzepte, Methoden, Anwendungsbeispiele Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt (1998).
- [Schweizer-Ries; Linneweber, et al.] Projekt Twin Skin - Vom Nutzen der Nutzer(2008).
- [Stiepelmann, D. H.] (2006). Die ersten PPP-Projekte im öffentlichen Hochbau – Lessons Learned. Lessons Learned. Berlin, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.: 10.
- [Stiepelmann, D. H.] (2008). PPP im öffentlichen Hochbau Lessons Learned. Projekterfahrungen fortschreiben. Lessons Learned. Berlin, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.: 7.
- [VDI 2067 Blatt 10] (1998): Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Energiebedarf beheizter und klimatisierter Gebäude; VDI Verlag; 06.1998.
- [VDI 3807 Blatt 1] (2007): Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude - Grundlagen; Beuth Verlag GmbH; 03/2007.
- [Voss, K.] Bürogebäude mit Zukunft : Konzepte, Analysen, Erfahrungen. Köln, TÜV-Verl. (2005).
- [Voss, K.; Hoffmann, C., et al.] (2007). Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsbauten. HLH Bd. 58 S. 22 - 26.
- [W. Lackmann; A. Nehm, et al.] BKI Baukosten - Statische Kostenkennwerte für Gebäude. Stuttgart, BKI Baukostenzentrum (2005).
- [Walden, G. R.] Remembering Kentucky's Confederates. Charleston, SC, Arcadia Pub. (2008).

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude-  
und Solartechnik  
Mühlenpfordtstr. 23  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391 - 3555  
Fax: 0531 / 391 - 8125  
e-mail: igs@tu-bs.de  
www.tu-bs.de/institute/igs

Labor:  
Zimmerstr. 24b  
D - 38106 Braunschweig  
Tel: 0531 / 391-3635  
Fax: 0531 / 391-3636