

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Institut für energieoptimierte Systeme (EOS)  
Fakultät Versorgungstechnik

## **Betriebsmonitoring und Qualitätssicherung des Neubaus des Seminar- und Hörsaalgebäudes in Salzgitter-Calbecht für die Ostfalia - Hochschule für angewandte Wissenschaften**

Abschlussbericht über ein Forschungsprojekt,  
unter dem Az: 28742-25 von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert



Deutsche Bundesstiftung Umwelt



von

Katja Ackermann, Tim Petruszek, Lars Kühl  
Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel

August 2014

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>28742</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme	<b>107.623,00 €</b>
<b>Antragstitel</b>	<b>Betriebsmonitoring und Qualitätssicherung des Neubaus des Seminar- und Hörsaalgebäudes in Salzgitter-Calbecht für die Ostfalia - Hochschule für angewandte Wissenschaften</b>				
<b>Stichworte</b>	Nichtwohngebäude, Hochschulbau, öffentliche Gebäude, Nachhaltigkeit, Energieeffizienz, Niedrigstenergiegebäude,				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>3 Jahre und 4 Monate</b>	<b>28.11.2010</b>	<b>31.03.2014</b>	<b>2</b>		
Abschlussbericht					
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Ostfalia - Hochschule für angewandte Wissenschaften Salzdahlumer Str. 46-48 38302 Wolfenbüttel			Tel	05331 - 939 39 610
				Fax	05331 - 939 39 612
				Projektleitung Prof. Dr.-Ing. Lars Kühl	
				Bearbeiter B. Bergmann, M. Eng. N. Scheffer, M. Eng.	
<b>Kooperationspartner</b>	-				
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
<p>Für den Campus Salzgitter-Calbecht errichtet die Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften den Neubau eines Hörsaalgebäudes. Um den steigenden Anforderungen an Energieeinsparung und die nachhaltige Energiebereitstellung gerecht zu werden, werden zu Beginn der Planungen im Jahr 2007 entsprechende Vorgaben für Energieeffizienz und einzuhaltende Energiekennwerte gemacht. Darüber hinaus soll der Kostenrahmen des landesüblichen Standards eingehalten werden. Im Hochschulbau des Landes Niedersachsen stellt das Gesamtprojekt damit ein Bauvorhaben mit Pilotcharakter dar.</p> <p>In einer ersten Phase des Projektes wird bereits die wissenschaftliche Begleitung und Durchführung des VOF-Verfahrens durch die DBU gefördert (Az: 25764-25). Das Ziel ist dabei, aus mehreren Arbeiten den für die Erreichung der gesteckten Ziele geeigneten integralen Entwurf eines Planungsteams auszuwählen. Auf Basis einer Bewertungsmatrix, die neben energetischer Qualität und Nachhaltigkeit auch architektonisch-funktionale Aspekte berücksichtigt, geht letztendlich der Siegerentwurf hervor. Dieser ist Gegenstand der zweiten Phase des Forschungsprojektes (Az: 28742-25). Die Errichtung und Inbetriebnahme des Neubaus des Hörsaalgebäudes Salzgitter wird in diesem Vorhaben wissenschaftlich begleitet und dokumentiert. Das übergeordnete Ziel ist der Nachweis, das öffentliche Gebäude integral und nachhaltig geplant umgesetzt und betrieben werden können. Im Rahmen des Monitorings soll demonstriert werden, das durch den ökonomischen und ökologischen Betrieb von öffentlichen Gebäuden, ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden kann. Wesentliche Aufgabe innerhalb des Vorhabens ist damit der Abgleich der Planungsvorgaben mit dem real ausgeführten Zustand insbesondere aus energetischer Sicht. Der erwartete Nutzen gestaltet sich hier vielseitig. Zum einen wird für das Gebäude selbst eine Qualitätsprüfung durchgeführt und Optimierungspotentiale aufgezeigt. Zum anderen werden Erkenntnisse aus diesem Projekt dokumentiert, so dass sie auf andere Gebäude der öffentlichen Hand, speziell Projekte aus dem Hochschulbau, übertragen werden können. Daraus leiten sich direkt weitere Teilziele, wie z.B. das Energiemonitoring mit Erfassung, Bereitstellung und Auswertung der erforderlichen Daten ab. Weiterhin ist die unmittelbare Einbindung des Neubaus in den Lehrbetrieb zur Festigung des Nachhaltigkeitsaspekts in der Lehre geplant.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

## **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

### **1. Qualitätssicherung im Bauprozess**

- Prüfung der Ausführungsplanung auf energetische Zielvorgaben im Projekt
- Unterstützung bei der Gestaltung der Ausführungsplanung und Angebotsbewertung
- Qualitätssicherung im Kernprozess (Hülle und Anlagentechnik)
- Begleitung der Übergabe und Inbetriebnahme

### **2. Monitoring**

- Entwicklung des Monitoringkonzeptes
- Abstimmung der HLK-Planung auf das Monitoringkonzept
- Beschaffung weiterer Messtechnik mit anschließendem Testen der Messtechnik
- Messphase 1 – Einfahrphase
- Parameteranpassung
- Monitoringphase und Betriebsoptimierung

## **Ergebnisse und Diskussion**

Abweichungen zum geplanten Verlauf des Projektes haben sich im Wesentlichen hinsichtlich des zeitlichen Ablaufplans ergeben. Die Fertigstellung des Gebäudes und der damit mögliche Nutzungsbeginn erfolgen im März 2013. In der ursprünglichen Zeitplanung ist die Aufnahme der 1. Phase des Monitorings, dem Einfahren der Anlage, für Januar bis März 2012 geplant. Im Anschluss daran sollen die Betriebsparameter angepasst werden. Das eigentliche Betriebsmonitoring soll von Juni 2012 bis Mai 2013 durchgeführt werden. Aufgrund der Verschiebung des Zeitplans im Ganzen wird somit eine kostenneutrale Verlängerung bis zum 31.03.2014 notwendig. Die Messstellen können ab dem Jahreswechsel 2012/2013 sukzessive in Betrieb genommen und getestet werden. Ein Messkonzept mit der Möglichkeit zur Fernauslese wird umgesetzt. Die Messwerte bestätigen insgesamt die Erreichung des geplanten energetischen Standards. Damit ergibt die Untersuchung auch, dass trotz Einhaltung der Kostenrichtwerte für Hochschulbau ein erhöhter energetischer Standard im öffentlichen Bereich umgesetzt werden kann. Das Ziel, das Monitoring mit in den Lehrbetrieb der Ostfalia Hochschule zu integrieren, kann im Wintersemester 2013/2014 im Rahmen eines Labors der Lehrveranstaltung „Regenerative Energiesysteme“ des Masterstudienganges Energiesystemtechnik erstmalig erreicht werden. Im Rahmen der Bilanzierung des Wärmepumpenbetriebes wird die Funktion des Energiekonzeptes erläutert und werden die Studierenden in der Umsetzung des Monitorings ausgebildet. Die Integration des Gebäudes in die studentische Ausbildung sowie in die Weiterbildung der Mitarbeiter des Staatlichen Baumanagements soll fortgesetzt werden.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Um Erkenntnisse aus dem Projekt bzw. speziell aus dem untersuchten Gebäudebetrieb, Planungsvorgang und Bauablauf für andere erlebbar zu machen, werden zwei Workshops in den Räumlichkeiten des neuen Hörsaalgebäudes durchgeführt. Die Grundstruktur der Workshops beinhaltet jeweils einen Theorie- und einen Praxisteil. Besonderer Wert wird hierbei auf den Dialog und den gegenseitigen Erfahrungsaustausch gelegt. Um für die Teilnehmer einen umfassenden Einblick in alle Bereiche bieten zu können, referieren neben Projektverantwortlichen der Begleitforschung auch Vertreter des Gebäudemanagements der Ostfalia als Betreiber und der im Gebäude ansässigen Fakultät K als Gebäudenutzer.

## **Fazit**

Mit dem neuen Hörsaalgebäude der Ostfalia Hochschule wird ein Nichtwohngebäude errichtet, das dem Standard eines Niedrigstenergiegebäudes entspricht. Verbrauchsmessungen haben gezeigt, dass die im Zuge des Bauvorhabens getroffenen Maßgaben hinsichtlich des Heizenergiebedarfes erreicht werden können. Optimierungspotential birgt eine stärkere Berücksichtigung der vorlesungsfreien Zeit bei Wahl der Regelparameter. Hier ist auch für andere vergleichbare Gebäude ein Hinweis zur effizienteren Betriebsweise gegeben. Weiterhin hat sich gezeigt, dass hochinvestive Komponenten, wie z.B. der Luft-Erdwärmeübertrager, von großem Nutzen sind. Häufig scheidet eine Investition in derartige, nicht zwingend erforderliche Anlagenteile daran, dass ihr Nutzen nicht richtig bewertet wird. Im Vorfeld von Planern durchgeführte Simulationen haben hier die Entscheidung zur Umsetzung maßgeblich beeinflusst. Die sich in den Messdaten abzeichnende Entwicklung der Verbrauchsdaten ergibt, dass das für dieses Gebäude benannte Effizienz-Ziel erreicht ist und dass das Prinzip hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und energetischer Effizienz auf andere öffentliche Nichtwohn- bzw. Hochschulgebäude übertragen werden kann.

---

## Inhalt

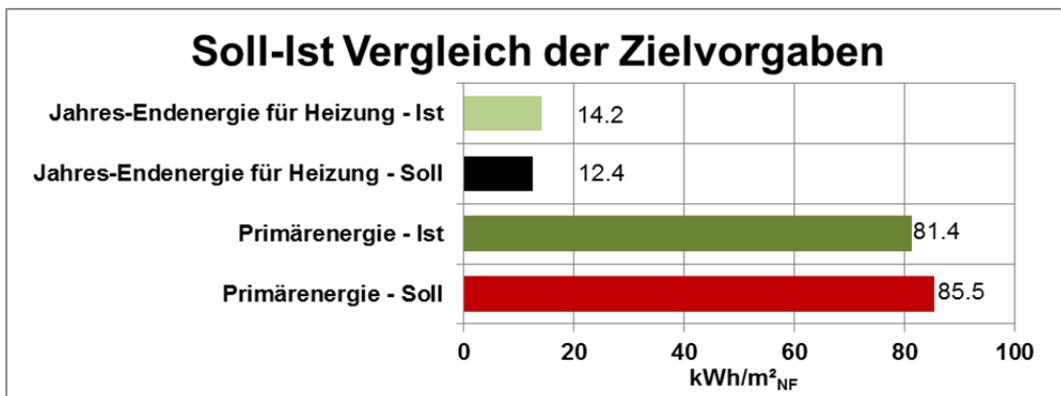
PROJEKTKENBLATT .....	3
1 ZUSAMMENFASSUNG .....	7
2 EINLEITUNG .....	9
2.1 Energieeffizienz in Nichtwohngebäuden .....	9
2.2 Projektidee .....	11
3 VORSTELLUNG VON GEBÄUDE UND PROJEKTABLAUF .....	13
3.1 Vorstellung des Gebäudes.....	13
3.2 Zielvorgaben für die Umsetzung .....	16
3.3 Projektablauf und Vorgehen .....	17
4 PLANUNGSPHASE .....	21
4.1 Integrale Planung .....	21
4.2 Energiekonzept und Simulation .....	22
5 UMSETZUNGSPHASE .....	25
5.1 Qualitätssicherung Hochbau .....	25
5.2 Qualitätssicherung Anlagentechnik .....	28
6 MONITORING .....	32
6.1 Messkonzept .....	32
6.2 Umsetzungsgrad des Messkonzeptes .....	37
6.3 Ergebnisse .....	38
6.3.1 Zielwertvorgaben .....	38
6.3.2 Last und Deckung von Wärme- und Kälte.....	39
6.3.3 Erdregister .....	40
6.3.4 Erdsondenfeld .....	41
6.3.5 Betriebswasser .....	43
7 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE .....	44
7.1 Optimierung und Parameteranpassung für dieses Gebäude .....	44

---

7.2	Übertragbarkeit auf andere Gebäude.....	44
8	EINBINDUNG IN DIE LEHRE UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT.....	45
8.1	Lehrveranstaltung im Master Energiesystemtechnik .....	45
8.2	Workshops zu Betriebsmonitoring und Energieeffizienz.....	46
8.3	Synergien mit anderen Forschungsvorhaben .....	48
9	FAZIT .....	48
9.1	Weiteres Vorgehen .....	48
9.2	Ausblick .....	49
10	LITERATURVERZEICHNIS.....	51

## 1 Zusammenfassung

Der Neubau eines Hörsaal- und Seminargebäudes der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften am Campus Salzgitter wird in einem zweiphasigen Begleitforschungsprojekt wissenschaftlich begleitet. Ziel ist die Umsetzung eines Niedrigstenergiegebäudes im niedersächsischen Hochschulbau bei Einhaltung des gegebenen Kostenrahmens. In Abstimmung mit den entsprechenden Stellen des Landes Niedersachsen soll das Gebäude als Modellprojekt für Bauvorhaben des Landes dienen. Die in diesem Abschlussbericht dokumentierten Untersuchungen geben das Vorgehen und die Ergebnisse der zweiten Phase des begleitenden Forschungsvorhabens wieder.

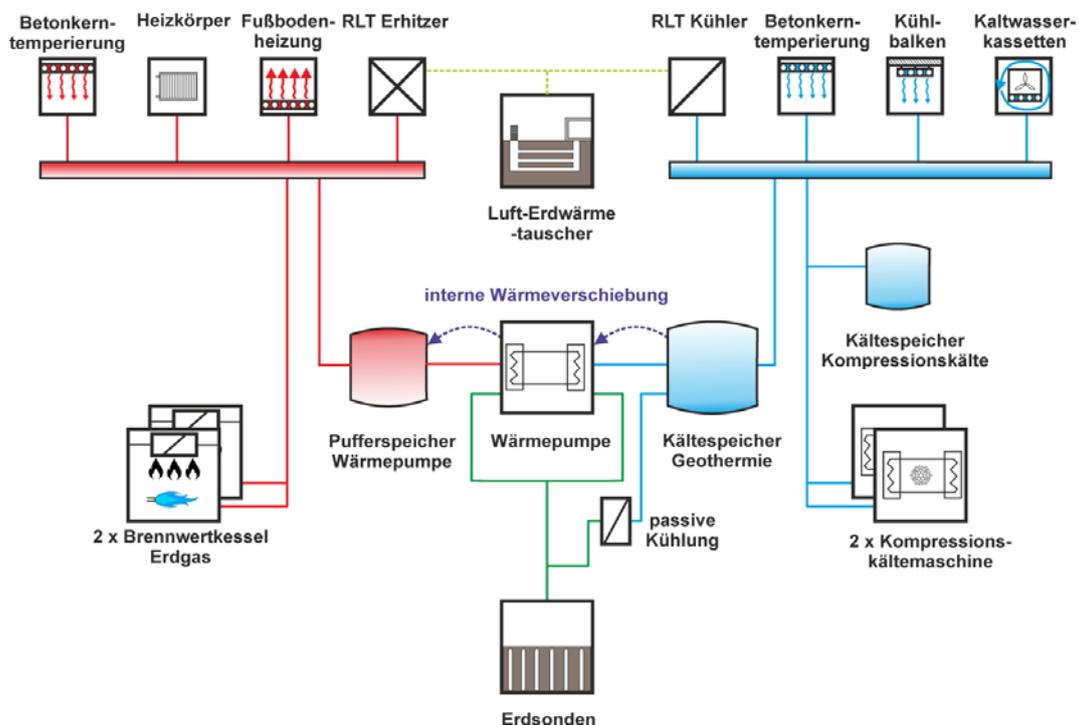


**Bild 1** Soll-Ist Vergleich der wichtigsten energetischen Zielvorgaben mit gemessenen Werten.

Im Vorfeld entstehen neben dem Technikkonzept (siehe Bild 2) zunächst Zielwertvorgaben (siehe Bild 1) in Anlehnung an die Vorgaben der EnEV 2009. Festgelegt werden u.a. die Unterschreitung des Primärenergiebedarfs  $Q_p$  des nach EnEV ermittelten Referenzgebäudes um 30% und ein Jahres-Endenergiebedarf für Heizung  $Q_{H'} < 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Öffentliche Gebäude werden nach der Bauphase an den Bauherrn bzw. die Nutzer übergeben. Der Betrieb der Anlagen wird im Rahmen der Inbetriebnahme überprüft, die Regelparameter werden auf die Einhaltung der Bedingungen bei Inbetriebnahme eingestellt. Die Randbedingungen der Nutzung der Gebäude können sich verändern, die Regelparameter der Anlagen können je nach Bedarf verstellt werden oder sich im Betrieb verändern. Eine Überprüfung und ein Abgleich der Anlagen und der resultierenden Energiekennwerte im Betrieb erfolgt in aller Regel nicht.

Ob die avisierten, im Planungsprozess ermittelten Kennwerte in der Praxis erreicht werden, wird nicht ermittelt. Das Neubauvorhaben „Hörsaalgebäude Salzgitter“ geht hier bewusst andere Wege. Neben einer integralen Konzeptentwicklung, einer Qualitätssicherung in der Bauphase, bei Inbetriebnahme und Übergabe sowie einem anschließendem Monitoring des Gebäudes im Betrieb werden Maßnahmen getroffen, den Betrieb des Gebäudes entsprechend den Planungsvorgaben umzusetzen und die angestrebten Energiekennwerte

zu erreichen. Ein wesentlicher Aspekt des Forschungsvorhabens ist damit die Entwicklung, Integration und Umsetzung eines Messkonzeptes, auf Basis dessen vor allem die Qualitätssicherung der Maßnahmen zur Energieeinsparung und umweltschonenden Energiebereitstellung erfolgen soll. Das Betriebsmonitoring hat gezeigt, dass der Primärenergiebedarf von  $85,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  unterschritten werden kann. Der gemessene Verbrauch überschreitet den berechneten theoretischen Jahres-Endenergiebedarf für Heizung von  $12,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  geringfügig und beträgt  $14,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  im Betrieb (siehe 6.3.1).



**Bild 2** Vereinfachte Darstellung des Energiekonzeptes mit den unterschiedlichen Verbrauchern und Erzeugern von Wärme und Kälte im neuen Hörsaalgebäude.

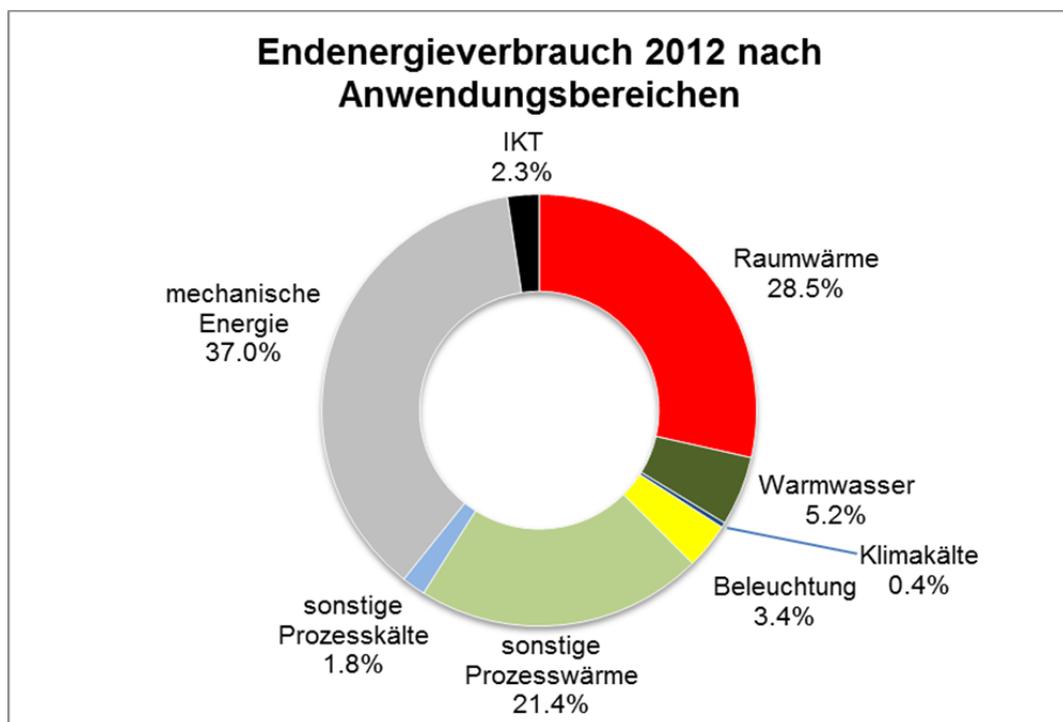
Des Weiteren kann die ressourcenschonende Funktionsweise spezieller Anlagenkomponenten der regenerativen Energiegewinnung, wie dem Luft-Erdwärmeeübertrager zur Vorkonditionierung der Außenluft für die raumlufttechnischen Anlagen, bestätigt werden.

Gefördert wird das Forschungsvorhaben von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) unter dem Aktenzeichen 28742-25. Durchgeführt wird das Projekt von der Fakultät Versorgungstechnik der Ostfalia Hochschule mit der Unterstützung vom Staatlichen Baumanagement Südniedersachsen als Bauherr/Auftraggeber, dem Gebäudemanagement (Dezernat 4) der Ostfalia als Betreiber und dem Planungsteam agn Niederberghaus & Partner GmbH.

## 2 Einleitung

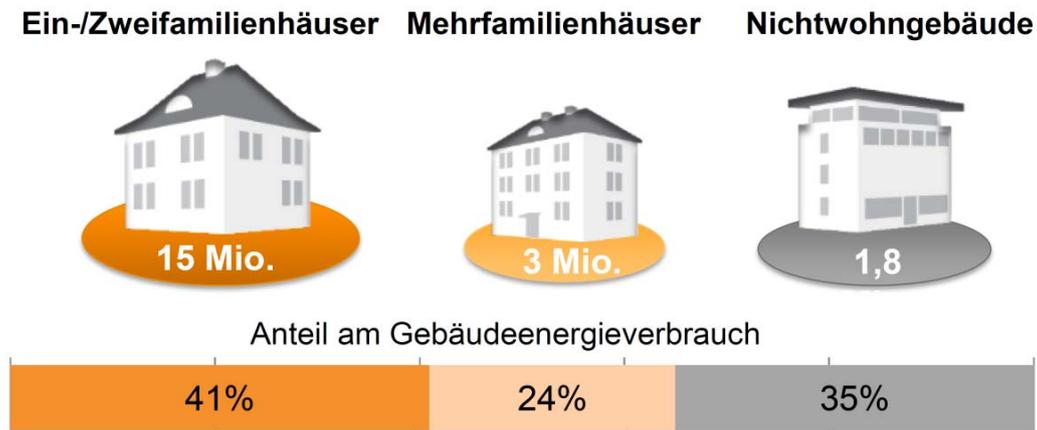
### 2.1 Energieeffizienz in Nichtwohngebäuden

Durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) bereitgestellte Energiedaten belegen für das Jahr 2012 einen Endenergieverbrauch von 2500 TWh für die Bundesrepublik Deutschland. Die Anteile verschiedener Anwendungsbereiche am Gesamtverbrauch sind in Bild 3 dargestellt. Aus den Anteilen für Raumwärme, Warmwasser, Klimakälte und Beleuchtung können ca. 37,5 % des Jahresverbrauchs dem Gebäudebereich zugeordnet werden.



**Bild 3** Darstellung der Anteile verschiedener Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch Deutschlands des Jahres 2012. BMWi Energiedaten

In einer weiteren Unterteilung des Energieverbrauchs aus dem Gebäudebereich in die drei Gebäudegruppen Ein-/Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) (siehe Bild 4) beträgt der Anteil der Nichtwohngebäude etwa 35 % des Energieverbrauches. Die Abbildung beziffert darüber hinaus die Anzahl der Gebäude der drei Gruppen, auf die der jeweilige Anteil am Energieverbrauch zurück zu führen ist. Trotz der deutlich geringeren Anzahl der Gebäude geht etwa ein Drittel des Energieverbrauchs auf Büro- und Gewerbebauten zurück. Hierdurch wird der vergleichsweise hohe flächenbezogene Energieverbrauch und die damit verbundene Notwendigkeit der Entwicklung und Umsetzung standort- und nutzungsbezogener Energiekonzepte für Nichtwohngebäude deutlich.



**Bild 4** Anteile der Gebäudegruppen Ein-/Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude am Energieverbrauch im Gebäudebereich (Bigalke, et al., 2012)

Folglich kann zur Erreichung der seitens der Bundesregierung definierten Klimaschutzziele auch im Bereich der Bildungsbauten ein Beitrag geleistet werden. Dies erfolgt auf der einen Seite durch bauseitige Maßnahmen wie der Reduzierung des Verbrauchs, des Einsatzes regenerativer Energien und der Überwachung bzw. Optimierung des Betriebes. Andererseits werden durch die Integration der energetischen Optimierung in die Ausbildung auf unterschiedlichen Ebenen Multiplikatoreffekte erzielt. Nutzer werden früh an das Thema Ressourcenschonung und Energieeffizienz im Gebäude heran geführt. Ingenieurstudenten erleben am realen Objekt die Wirksamkeit eines abgestimmten Energiekonzeptes und lernen Messtechnik im Sinne eines objektbezogenen Monitorings einzusetzen.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) stellt für das Benchmarking Energieverbrauchskennwerte für verschiedene Arten von Bildungsbauten zusammen (siehe Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom Juli 2009). Diese werden als Vergleichswerte für die EnEV 2009 festgelegt. Für den Bereich Hochschulbau werden je nach Gebäudenutzung verschiedene Heizenergie-Verbrauchskennwerte als Referenzfall genannt:

- Fachhochschulen  $80 \text{ kWh}/(\text{m}_{\text{NGF}}^2 \cdot \text{a})$
- Hochschulgebäude  $90 \text{ kWh}/(\text{m}_{\text{NGF}}^2 \cdot \text{a})$
- Institutsgebäude  $85 - 140 \text{ kWh}/(\text{m}_{\text{NGF}}^2 \cdot \text{a})$  (BMVBS, 2009)

Der für den Neubau des Hörsaalgebäudes Salzgitter erreichte Kennwert für den Jahres-Endenergiebedarf für Heizung von unter  $40 \text{ kWh}/(\text{m}_{\text{NGF}}^2 \cdot \text{a})$  dokumentiert die erfolgreiche Arbeit im Projekt von der Projektierung über die Umsetzung bis zum Betrieb.

## 2.2 Projektidee

Die Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften hat im Frühjahr 2013 in Salzgitter Stadtteil Calbecht ein neues Hörsaal- und Seminargebäude errichtet (Ansicht nach Fertigstellung siehe Bild 5).

Mit stetigem Anstieg der Studierendenzahlen am Standort Salzgitter in den letzten Jahren ist diese Baumaßnahme zur Schaffung neuer Räumlichkeiten notwendig geworden. Mit dem Ziel der Umsetzung eines innovativen und energiesparenden Gebäudes werden bereits in der Konzeptphase neue Wege verfolgt. Die Integrale Planung unter Mitwirkung aller Beteiligten, der Einsatz moderner Planungswerkzeuge in der Konzeptphase, die Qualitätssicherung auf der Baustelle und die Betriebsoptimierung im Rahmen eines Monitorings nach Fertigstellung sind Maßnahmen, die über den sonst üblichen Landesstandard im Hochschulbau Niedersachsens hinausgehen.



**Bild 5** Westansicht des neuen Hörsaalgebäudes im Niedrigstenergiestandard im Frühjahr 2013 (Quelle: Ostfalia Hochschule - Hochschulentwicklung und Kommunikation; Foto: Kuster)

In einer ersten Projektphase wird bereits das VOF-Verfahren begleitet, um die Erfüllung der Anforderungen in den Entwürfen sicher zu stellen. Über festgelegte Zielwerte (siehe Abschnitt 3.2) zu Jahres-Primärenergiebedarf und Jahres-Endenergiebedarf für Heizung wird der Standard eines Niedrigstenergie-Institutsgebäudes festgelegt. Im Rahmen des VOF-Verfahrens wurde schließlich aus Konzepten mehrerer teilnehmender Planungsteams, bestehend aus Architekten, Bauphysikern und TGA-Planern, ein Siegerentwurf ermittelt. Dieses Verfahren findet unter wissenschaftlicher Begleitung in der ersten Projektphase statt.

---

Der Siegerentwurf und dessen Umsetzung ist Untersuchungsgegenstand in dieser zweiten Projektphase. Bild 5 zeigt den Neubau im Frühjahr 2013 unmittelbar nach Nutzungsbeginn. Die Architektur des kompakten Gebäudes lehnt sich an die auf dem Campus vorhandenen älteren Zechengebäude an und stellt nun die neue Eingangssituation des Standortes dar. Mit der Anforderung der Abgabe ausschließlich integral erarbeiteter Entwurfsvorlagen wird dem Bestreben Nachdruck verliehen, ein nachhaltig geplantes und energieeffizientes Gebäude umzusetzen. Die Umsetzung eines Monitorings im Betrieb wird bereits zu Planungsbeginn als Forderung festgeschrieben.

Tatsächlich haben die Betreiber und Nutzer öffentlicher Gebäude und Liegenschaften derzeit aufgrund fehlender messtechnischer Ausstattung im Bestand sowie in der Regel auch im Neubau wenig Möglichkeiten den Gebäudebetrieb real zu bewerten und Optimierungen des Betriebes durchzuführen. Eine teilweise messtechnische Ausstattung der Anlagen in den Gebäuden verbessert die Situation zwar grundsätzlich, muss aber die wesentlichen Verbraucher erfassen, um reale Möglichkeiten für Betriebsoptimierungen zu ermöglichen.

Aus dem für die Errichtung des Hörsaalgebäudes definierten Ziel der Umsetzung eines ganzheitlichen Energiekonzeptes leitet sich direkt das Hauptziel der zweiten Phase dieses begleitenden Forschungsprojektes ab. Dies besteht darin, eine Qualitätssicherung durchzuführen, um den geplanten energetischen Standard im eigentlichen Betrieb auch tatsächlich zu erreichen. Das Ergebnis soll darüber hinaus zeigen, ob und wie die hier gemachten Ansätze auf andere zukünftige Hochschul- bzw. allgemein öffentliche Gebäude übertragbar sind. Das Vorhaben soll als Demonstrationsprojekt einen Beitrag zum Umgang mit Energie in Nichtwohn- bzw. Hochschulgebäuden leisten.

Durch die DBU wird in diesem Projekt die Entwicklung und Umsetzung eines Messkonzeptes mit anschließender wissenschaftlicher Begleitung in einer Monitoringphase gefördert. Diese Maßnahme ermöglicht den Nachweis des Planungserfolges und die energetische und wirtschaftliche Bewertung der getroffenen Maßnahmen. Der nachhaltige Gebäudebetrieb soll nicht nur in der Planung gefordert, sondern real im Betrieb auch erreicht werden und nachweisbar sein.

Darüber hinausgehend soll der Nachhaltigkeitsgedanke den Studierenden verschiedener Fakultäten durch Einbindung des Gebäudes in den Lehrbetrieb vermittelt werden. Mit Gebäude, regenerativer Anlagentechnik und dem geförderten Messkonzept bietet sich die Möglichkeit der Durchführung von Laborveranstaltungen an einem realen Gebäude im Betrieb. Dies versteht sich als innovatives Teilprojekt innerhalb des Forschungsprojektes.

---

## **3 Vorstellung von Gebäude und Projektablauf**

### **3.1 Vorstellung des Gebäudes**

Der Neubau dient der Fakultät Verkehr-Sport-Tourismus-Medien (Fakultät K) als Hörsaalgebäude. Auf ca. 3300 m<sup>2</sup> Nutzfläche sind darin eine Bibliothek, Labore, Poolräume, Mitarbeiter-/Professorenbüros, ein modernes Videostudio mit Räumen für digitale Nachbearbeitung, Hör- und Seminarsäle sowie Serverräume untergebracht. Die geplanten Labore und Rechnerarbeitsräume dienen vorwiegend dem Studiengang Mediendesign.

#### **Historie**

Im Vorfeld der Beantragung der Baumaßnahme erfolgt in Zusammenarbeit mit dem staatlichen Baumanagement und der Hochschule die Entwicklung eines Raumprogrammes für das geplante Lehrgebäude. Dieses Raumprogramm wird am 16. August 2007 genehmigt. Die Oberfinanzdirektion (OFD) nimmt aus baufachlicher Sicht Stellung zu den voraussichtlichen Programmkosten.

Am 26.09.2007 findet das erste Gespräch zwischen der Hochschule, dem Ministerium für Wirtschaft und Kultur (MWK), der Oberfinanzdirektion (OFD) und der Bundesstiftung Umwelt (DBU) statt. Ziel dieses Termins ist es zu erörtern, unter welchen Voraussetzungen das geplante Bauvorhaben über den sonstigen Landesstandard hinausgehend, als Niedrigstenergiegebäude und Modellprojekt für folgende Bauvorhaben des Landes durchgeführt werden kann. In der Zeit von September 2007 bis Februar 2008 wird in Absprache mit dem Finanzministerium (MF), der OFD, dem MWK und der DBU ein Anforderungsprofil für das geplante Projekt entwickelt.

Im Frühjahr 2008 erfolgt die Auslobung eines VOF-Verfahrens. Es wird festgelegt, dass sich Teams bestehend aus Architekten, TGA-Planern und Bauphysikern gemeinsam bewerben müssen. In der 1. Runde des VOF-Verfahrens haben ca. 34 Planungsteams teilgenommen, von denen 5 Bewerber den Auftrag zur Abgabe eines Vorentwurfs erhalten haben. Die Grundlage für das zu erstellende Technikkonzept, die zu entwerfenden Fassadendetails und die Lebenszyklusbetrachtung bildet ein für die Wettbewerbsphase vorgegebener Anforderungskatalog.

Am 21.10.2008 erfolgt das Zuschlagsverfahren innerhalb der 2. Runde des VOF-Verfahrens mit der Präsentation der Entwürfe durch die Planer und anschließender Bewertung der Planungsvorschläge. Die Entwürfe sind nachfolgend zusammengestellt (siehe Bild 6).



**Bild 6** Die 5 architektonischen Entwürfe der engeren Auswahl aus 34 Bewerbern.

Aus den im Zuge des VOF-Verfahrens vorgestellten Entwürfen wird unter wissenschaftlicher Begleitung in der ersten Projektphase (Az. 25764-25) der Siegerentwurf ermittelt (siehe Bild 6). Der agn Niederberghaus & Partner GmbH wird der Planungsauftrag im November 2008 erteilt und es folgt die Entwurfsplanung mit verschiedenen Planungsvarianten.

In den ersten Phasen der Entwurfsplanung wird eine umfassende integrale Vertiefung der angestrebten Ziele durchgeführt. Dabei sind verschiedene Konzepte zur Technik und zur Konstruktion des geplanten Gebäudes zu entwerfen und zu vergleichen. Die Entwürfe aus der Wettbewerbsphase sind in Bezug auf die Gebäudegrundrisse, die Reduzierung der Verkehrsflächen und der TGA-Planung zu überarbeiten. Ende Januar 2010 ist die HU-Bau fertiggestellt und wird im April 2010 der GNUE-Kommission (Große Neu- und Erweiterungsbauten- Kommission) vorgestellt.

Bestandteil des umgesetzten Technikkonzeptes ist ein Erdluftregister zur Vorwärmung bzw. Vorkühlung der Außenluft für die Lüftungsanlagen. Diese Variante der TGA- Planung wird im Juni 2009 diskutiert. Ein Nachweis der Wirtschaftlichkeit ist zu erbringen sowie Anfragen seitens des Landesrechnungshofes zu klären.

Im Frühjahr 2010 wird die erstellte HU-Bau bewilligt und es folgt der Baubeginn im Herbst 2010 mit der Grundsteinlegung am 09.05.2011. Im Februar 2011 wird nach Entwurf eines Monitoringkonzeptes ein Nachtrag zur HU-Bau für Messeinrichtungen in Höhe von 92.000 € erstellt. Nach dem Richtfest am 15.11.2011 folgen ca. 16 Monate später, im Februar 2013 die Fertigstellung des Bauvorhabens und der Einzug der Fakultät der Ostfalia Hochschule Verkehr- Sport- Tourismus-Medien in das Lehrgebäude. Die offizielle Einweihung findet am 16.05.2013 statt.

---

## Architektur

Der Ostfalia Campus am Standort Salzgitter befindet sich auf dem ehemaligen Tagebaugelände des Schachts Hannoversche Treue 2 in Calbecht. Die Architektur des Neubaus orientiert sich an den historischen Zechengebäuden, die auf dem Gelände noch bestehen und teilweise ebenfalls durch die Ostfalia genutzt werden. Als vorwiegendes Fassadenmaterial stellt ein Ziegelklinker eine materielle Verbindung zum Bestand her. Der Neubau ist als massive Skelettkonstruktion konzipiert. In Bild 6 ist eine Ansicht des Gebäudes in der Entwurfsphase dargestellt.

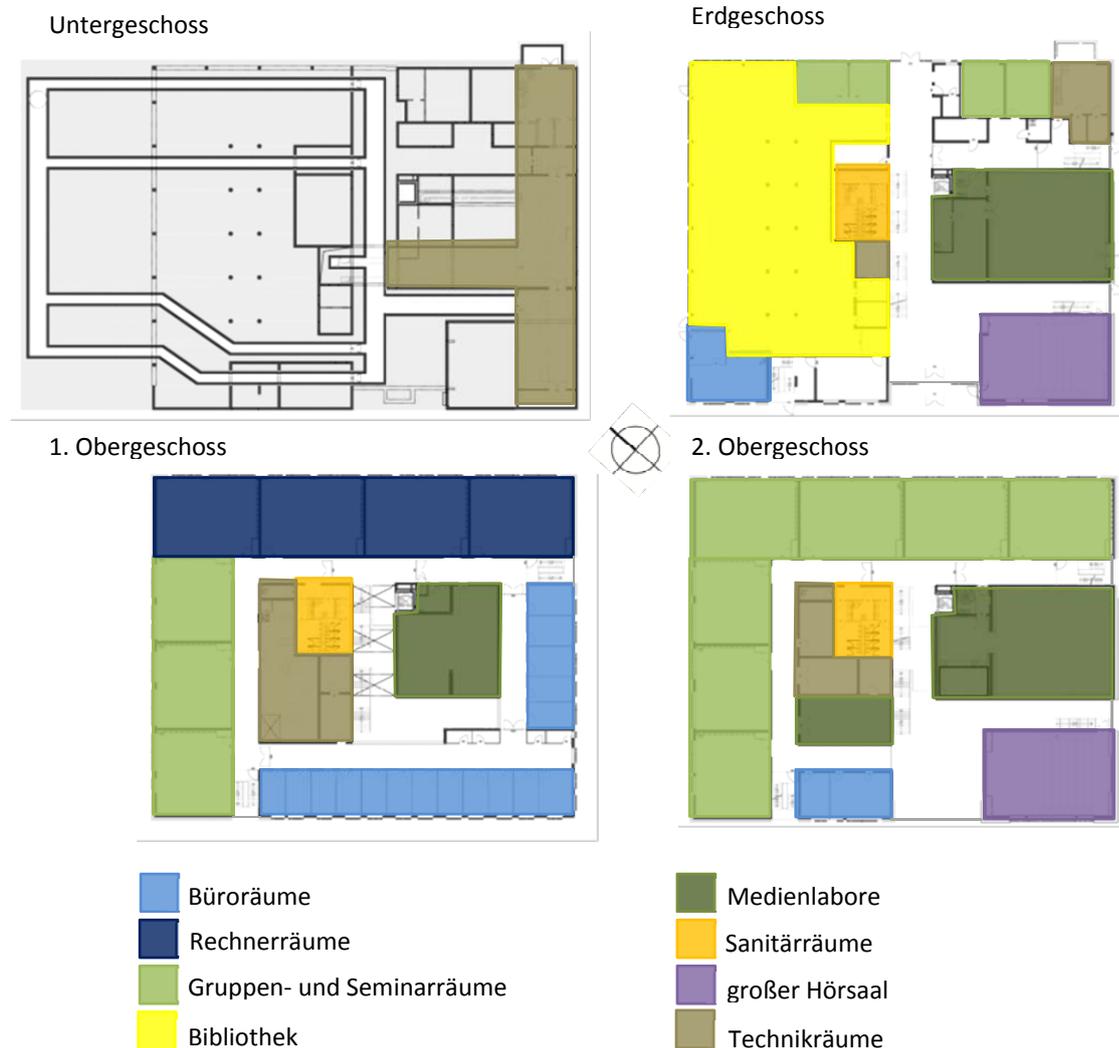
Die wesentlichen Gebäudedaten sind:

Brutto-Geschossfläche BGF:		5.490 m <sup>2</sup>
Brutto-Rauminhalt	BRI:	23.270 m <sup>3</sup>
Nutzfläche 1-7	NF <sub>1-7</sub> :	3.296 m <sup>2</sup>
Nutzfläche 1-6	NF <sub>1-6</sub> :	3.011 m <sup>2</sup> (früher Hauptnutzfläche)
Gesamtkosten:		16.800.000 €

Die Bibliothek als in sich abgeschlossener Bereich umfasst die nördliche Erdgeschossenebene. Der Hörsaal und das Videostudio mit angeschlossenem Labor sind ebenfalls im Erdgeschoss angeordnet. Die gesonderte Stellung des Hörsaals wird nach außen über ein kontrastierendes Fassadenmaterial dargestellt.

Die Seminarräume und Büros in den beiden Obergeschossen umschließen die innenliegenden Labor- bzw. Nebenräume und sind ihren Funktionen entsprechend in Gruppen zusammengefasst (siehe Bild 7).

Der Neubau ist als massive Skelettkonstruktion konzipiert. Die transparenten Außenflächen sowohl in der Außenwand als auch im Dach sind zur Vermeidung von Wärmeverlusten und thermischer Überlastung auf ein notwendiges Maß reduziert. Die Außenbauteile werden, dem energetischen Konzept folgend, hochwärmegedämmt ausgeführt. Der sommerliche Wärmeschutz stellt sich vorwiegend durch außenliegende Raffstores an Büro- und Lehrräumen dar und wird um feststehende Lamellen im Bereich der Fenster von Treppenaufgängen und Foyer ergänzt. Als vorwiegendes Fassadenmaterial kommt ein Ziegelklinker zum Einsatz und stellt somit auch eine materielle Verbindung zum Bestand her.



**Bild 7** Anordnung der Räume nach Nutzung in den Grundrissen der vier Geschossebenen.

### 3.2 Zielvorgaben für die Umsetzung

Hinsichtlich der Energieeffizienz werden verbindliche Vorgaben getroffen. Der Energiestandard des Gebäudes geht über die Anforderungen für Neubauten deutlich hinaus. Mit einem Jahres-Primärenergiebedarf von unter 90 kWh/(m<sup>2</sup>·a) und einem Jahres-Endenergiebedarf für Heizung von unter 40 kWh/(m<sup>2</sup>·a) werden die Vorgaben der EnEV 2009 um über 30% unterschritten und damit die Anforderungen der EnEV 2014 erfüllt.

Darüber hinaus sind weitere qualitativ oder quantitativ festgeschriebene Ansprüche an Anlagen und Gebäude festgeschrieben. Das Gebäude soll ein kompaktes A/V-Verhältnis sowie eine geringe In- und Exfiltration bzw. eine hohe Dichtheit aufweisen und die EnEV-Anforderungen an die U-Werte der Außenbauteile unterschreiten.

Die einzuhaltenden Werte sind nachfolgend zusammengestellt.

Anforderung an U-Werte:	Boden gegen Erdreich	< 0,40 W/(m <sup>2</sup> ·K)
	Außenwände	< 0,20 W/(m <sup>2</sup> ·K)
	Fenster	< 0,80 W/(m <sup>2</sup> ·K)
	Dach	< 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K)

### 3.3 Projektablauf und Vorgehen

Die Vorgehensweise bei den durchzuführenden Arbeitsschritten orientiert sich an drei wesentlichen Hauptaufgabengebieten. Dies sind die Qualitätssicherung im Bauprozess, das Monitoring und die anschließende Auswertung bzw. Betriebsoptimierung.

#### Qualitätssicherung im Bauprozess

Aus vorhandenen Entwurfs- und Planungsunterlagen sind zunächst die relevanten energetischen Zielvorgaben zu erfassen und zu sondieren. Diese dienen als Grundlage für einen Vergleich mit dem realen Gebäude- und Anlagenbetrieb. Die Unterlagen werden vom Planungsteam agn Niederberghaus & Partner, dem Gebäudemanagement der Ostfalia und dem staatlichen Baumanagement Südniedersachsen zur Verfügung gestellt. Nach Sichtung der Unterlagen (Planunterlagen, Lastermittlungen, Simulationen und Anlagenschemata zur Energieversorgung) erfolgen Gespräche zur Unterstützung bei Ausführungsplanung und Angebotsbewertung. Dies gilt insbesondere für die Monitoring-relevanten Aspekte, wie die zu beschaffenden messtechnischen Einrichtungen, aber auch eventuelle Anpassungen des Planungsstandes. Im eigentlichen Bauprozess erfolgt die Qualitätssicherung über den Abgleich der Ausführung mit Planung und Ausschreibung sowie die Überprüfung des fachgerechten und mängelfreien Einbaus von Materialien und Anlagen im Rahmen von regelmäßigen Begehungen. Die Durchführung der Qualitätssicherung wird entsprechend dokumentiert und mit der Teilnahme an den Inbetriebnahmen abgeschlossen.

Daraus lassen sich die Arbeitsschritte ableiten:

- Prüfung der Ausführungsplanung auf energetische Zielvorgaben im Projekt
- Unterstützung bei der Gestaltung der Ausführungsplanung
- Unterstützung bei der Bewertung der Angebote
- Qualitätssicherung im Kernprozess (Hülle und Anlagentechnik)
- Begleitung der Übergabe und Inbetriebnahme

---

## Monitoring

Zur Vorbereitung des Monitorings wird zunächst ein auf das Energiekonzept abgestimmtes Messkonzept entwickelt. In Abstimmung mit den TGA-Planern HLK wird das Messkonzept MSR-seitig in die Ausführungsplanung integriert. Der Umfang der messtechnischen Ausstattung wird in Abschnitt 6.1 näher beschrieben. Nach Einbau der Messtechnik durch Fachfirmen erfolgt dann eine Funktions- und Plausibilitätskontrolle der ersten Messwerte. Im Anschluss an Inbetriebnahme und Gebäudeübergabe wird der Gebäudebetrieb aufgenommen. Hier wird zunächst durch Messungen über etwa 3 Monate die Einfahrphase erfasst und im Hinblick auf die Notwendigkeit von Parameteranpassungen bewertet. Die eigentliche, mindestens einjährige Monitoringphase schließt daran an.

Die durchzuführenden Arbeiten stellen sich damit wie folgt dar:

- Entwicklung des Monitoringkonzeptes
- Abstimmung der Planung HLK auf das Monitoringkonzept
- Beschaffung und Kalibrierung weiterer Messtechnik
- Testen der Messtechnik
- Messphase 1 – Einfahren der Messtechnik
- Erste Bilanzierung / Parameteranpassung
- Betriebsbegleitendes Monitoring / Betriebsoptimierung

## Auswertung

Die Auswertung der erfassten Messdaten erfolgt in Form der Bilanzierung des Gebäudebetriebes und dem Vergleich der Ergebnisse für den Energieverbrauch mit den Zielvorgaben. Weiterer Inhalt der Prüfung ist die Bewertung der Funktion des Anlagenbetriebes im Kontext zur Nutzung und zum Außen- bzw. Raumklima.

Die zeitliche Abfolge der in Kapitel 3.2 festgelegten Arbeitsschritte wird in Tabelle 1 verdeutlicht. Dargestellt sind darin der zum Zeitpunkt der Antragstellung geplante Ablauf (hellblau) und die Abweichungen davon (grün), die sich letztendlich über die Laufzeit ergeben haben. Schraffierte Zeitbereiche (grün-weiß) stellen Abschnitte dar, während der die entsprechenden Arbeiten nur mit Einschränkungen durchgeführt werden konnten.

---

## Wesentliche Abweichungen im Ablauf

Ohne die Einfahrphase der Messtechnik sollte der Zeitraum des Monitorings mindestens ein Jahr betragen. Damit kann der Gebäudebetrieb über den Zeitraum von einem Jahr mit Winter- und Sommerperiode ausgewertet werden. Eine Verlängerung der intensiven Messphase auf eine Dauer von bis zu 3 Jahren ermöglicht weiterhin die sichere Bewertung des Erfolges der durchgeführten Optimierungsmaßnahmen.

In Tabelle 1 ist der zeitliche Ablauf der Projektphasen mit Durchführung des Monitorings dargestellt. Die Phase der messtechnischen Begleitung wird im Projekt bis zum 31.03.2014 im Rahmen einer kostenneutralen Verlängerung ausgedehnt. Die Notwendigkeit ergibt sich aus der verspäteten Inbetriebnahme des Gebäudes im 2. Quartal 2013. Zwar entstehen nur geringere Verzögerungen in der Umsetzungsphase, allerdings hat sich der Prozess insgesamt durch eine Verlängerung der Entwurfsplanung und eine Verzögerung des Genehmigungsverfahrens verschoben. Zum Zeitpunkt der Antragstellung wurde mit einer früheren Fertigstellung gerechnet.

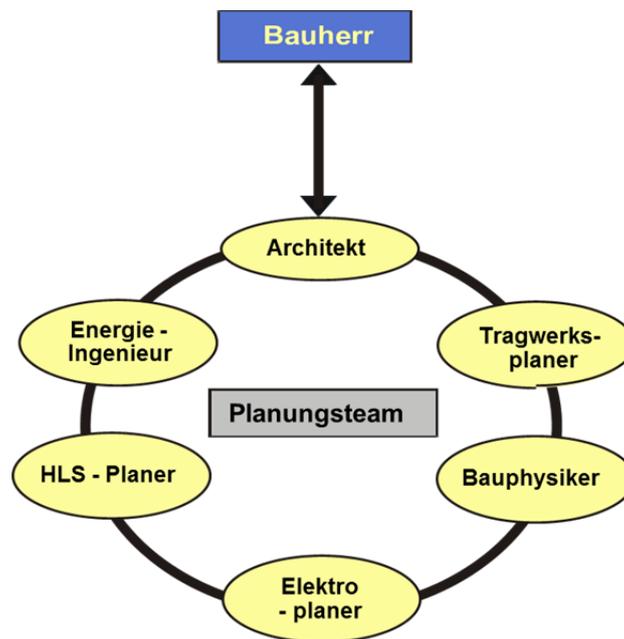
Die Aufschaltung der Messtechnik erfolgt auf Grund des gewerkeabhängig verzögerten Bauablaufs und Überschneidungen mit der Inbetriebnahme der übrigen technischen Gebäudeausrüstung sukzessive. Das Testen der Messtechnik kann deshalb mit Einschränkungen in der Zeit zwischen dem 02.2013 und 07.2013 vorgenommen werden. Vereinzelt werden Messdaten erst ab Januar 2013 erfasst und aufgezeichnet. Arbeiten an der Datenleitung zur Fernauslese der Daten werden im ersten Quartal 2013 abgeschlossen.



## 4 Planungsphase

### 4.1 Integrale Planung

Bei der „Integralen Planung“ werden die einzelnen Planungsphasen von allen Beteiligten parallel begleitet und Planungsinhalte in stetiger Abstimmung bearbeitet. Die verschiedenen Planungsbeteiligten sind je nach den Anforderungen der Bauaufgabe in den zeitlichen Ablauf integriert (Architekten, Statiker, TGA-Planer, Bauphysiker, Außenanlagenplanung, siehe Darstellung in Bild 8).



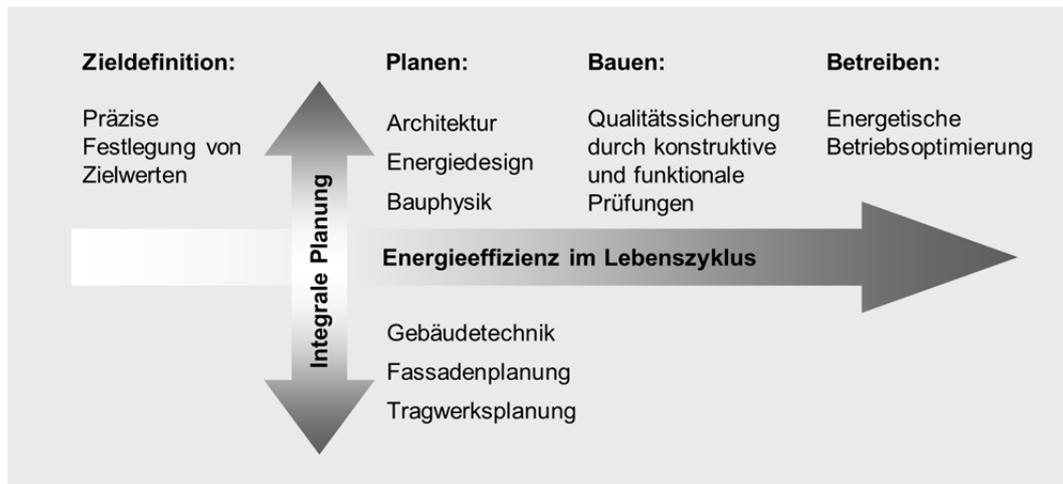
**Bild 8** Integrale Planung - Planer agieren dem Bauherren gegenüber als Planungsteam.

Die Durchführung eines Planungswettbewerbs ist eine Voraussetzung zur Gewährleistung der architektonischen, funktionalen und energetischen Qualität eines Bauvorhabens. Eine integrative und interdisziplinäre Herangehensweise bei der Erarbeitung der Wettbewerbsbeiträge führt zu einer Verankerung der Energieeffizienz bereits im ersten Entwurfsstadium. Dies wird durch die Anforderungen an die Zusammenstellung des Wettbewerbsteams sowie den geforderten Inhalten der zu erarbeitenden Unterlagen erreicht.

Wesentliche Inhalte bei der Erarbeitung / Prüfung des Energiekonzeptes:

- Erarbeitung eines geeigneten Energiekonzeptes in Bezug auf Standort, Entwurf und Nutzung bestehend aus baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen
- Definition und Prüfung energetischer Zielvorgaben
- Zusammenstellung der erforderlichen Wettbewerbsabgabeleistungen

Abgestimmte Maßnahmen in den Bereichen Architektur, Bauphysik und Technik bestimmen die Funktionalität eines Energiekonzeptes unter Beachtung der Kriterien Verfügbarkeit, Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit der Energieversorgung.



**Bild 9** Struktur des Zusammenwirkens zwischen Phasen der integralen Planung und Betriebsmonitoring im Hinblick auf einen optimierten Gebäudebetrieb.

## 4.2 Energiekonzept und Simulation

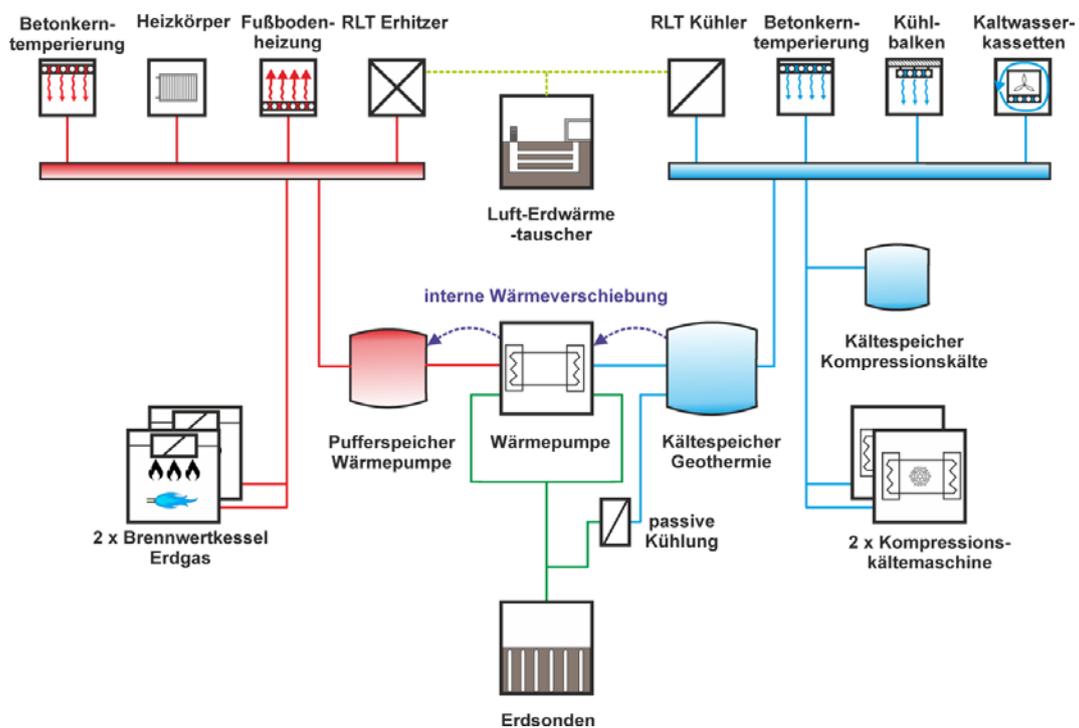
Das Energiekonzept für den Neubau des Hörsaalgebäudes in Salzgitter vereinigt unterschiedliche Maßnahmen zur Minderung des Energieverbrauchs, Integration regenerativer Energieträger, und zur Betriebsoptimierung. Bild 10 zeigt eine schematische Darstellung des umgesetzten Energiekonzeptes. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten und Überhitzung im Sommer sind die transparenten Außenflächen, sowohl in Außenwänden als auch im Dach, auf ein notwendiges Maß reduziert. Die nutzungsbedingt vorhandene technische Ausstattung der Labore verursacht interne Wärmelasten und bedingt die Notwendigkeit das Gebäude in den Sommermonaten zu kühlen.

Das umgesetzte Energiekonzept umfasst unter anderem eine Erdsondenanlage mit einer Sole/Wasser Wärmepumpe zum Heizen und Kühlen. Die Lüftungsanlagen tragen zur Reduzierung der thermischen Verluste des Gebäudes und der Komfortverbesserung bei. Ein vorgeschalteter Beton Luft-Erdwärmeübertrager trägt im Sommer und Winter zur thermischen Vorkonditionierung der Außenluft bei. Die Wärmepumpe hat eine Heizleistung von ca. 60 kW und eine Kühlleistung von 45 kW. Als Wärmequelle (Heizfall) oder Wärmesenke (Kühlfall) fungiert ein Erdsondenfeld, bestehend aus insgesamt 15 Doppel-U Sonden. 14 Sonden sind auf eine Tiefe von ca. 95 m abgeteuft. Die im Zuge eines Thermal-Response-Tests erstellte Bohrung mit 150 m Tiefe ist ebenfalls in das Feld integriert. Die Wärmepumpe ist hydraulisch so eingebunden, dass diese bei gleichzeitigem Auftreten von

Kühllasten, beispielsweise durch die ganzjährige Serverkühlung, und Heizlasten gleichzeitig Heizen und Kühlen kann. In diesem Fall fungiert der 2500 Liter Kältespeicher des Geothermiesystems als Wärmequelle und der 1500 Liter Heiz-Pufferspeicher der Wärmepumpe als Wärmesenke.

Als Spitzenlastsysteme stehen auf der Heizseite zwei Erdgas-Brennwertkessel mit einer Leistung von 60 kW zur Verfügung. Kälteseitig werden zwei Kompressionskältemaschinen mit je 60 kW in Kombination mit einem 1000 Liter Kältespeicher eingesetzt.

Sowohl auf der Heiz- als auch auf der Kälteseite werden für die Verteilung auf die unterschiedlichen Abnehmerkreise sogenannte Zortström-Verteiler eingesetzt. Durch spezielle Einbauten bildet sich eine Temperaturschichtung im zylindrischen Zortströmverteiler aus. Der Vorteil des Verteilers ist die Möglichkeit der Bedienung von Verbraucherkreisen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus. Die jeweiligen Vor- und Rücklaufleitungen werden in Schichten mit dem entsprechenden Niveau angeschlossen. Gleiches gilt für den Anschluss unterschiedlicher Erzeuger an den Verteiler.



**Bild 10** Prinzipdarstellung des Energiekonzeptes mit Wärmepumpe als zentraler Erzeuger

Im Hörsaalgebäude werden folgende Wärme- und Kälteübergabesysteme mit den zugehörigen Auslegungstemperaturniveaus eingesetzt:

### Heizseite:

- Betonkernaktivierung (29 °C / 26 °C)
- Fußbodenheizung (36 °C / 31 °C)
- Heizregister von Lüftungsanlagen (40 °C / 25 °C)
- statische Heizung (55 °C / 40 °C)

### Kälteseite:

- Betonkernaktivierung (16 °C / 20 °C)
- Kühlbalken (16 °C / 19 °C)
- Kühlregister der Lüftungsanlage (10 °C / 14 °C)
- Kaltwasserkassetten (10 °C / 14 °C)

Von zentraler Bedeutung für das Energiekonzept ist der Luft-Erdwärmeübertrager (L-EWT). Unterhalb des teilunterkellerten Gebäudes verlaufen vier parallele Betonkanäle mit einer Querschnittsfläche von 1 m<sup>2</sup> je Kanal, über die Außenluft mit >18 oder <14 °C angesogen werden kann. Im Temperaturbereich zwischen 14 und 18 °C wird die Außenluft direkt über Dach angesogen. Bild 11 zeigt den Ansaugturm des Erdregisters im Außenbereich der Liegenschaft.



**Bild 11** Ansaugturm des Erdregisters

Im L-EWT wird die Luft vorgekühlt oder –gewärmt. Dadurch soll zum einen der Energieverbrauch durch Heiz- und Kühlregister der RLT verringert werden. Zum anderen soll

aber auch eine Verringerung auftretender Lastspitzen bewirken, dass die Register mit gemäßigten Temperaturen gefahren werden können und die Wärmepumpe einen möglichst hohen Deckungsanteil an der gesamten Energiebereitstellung hat.

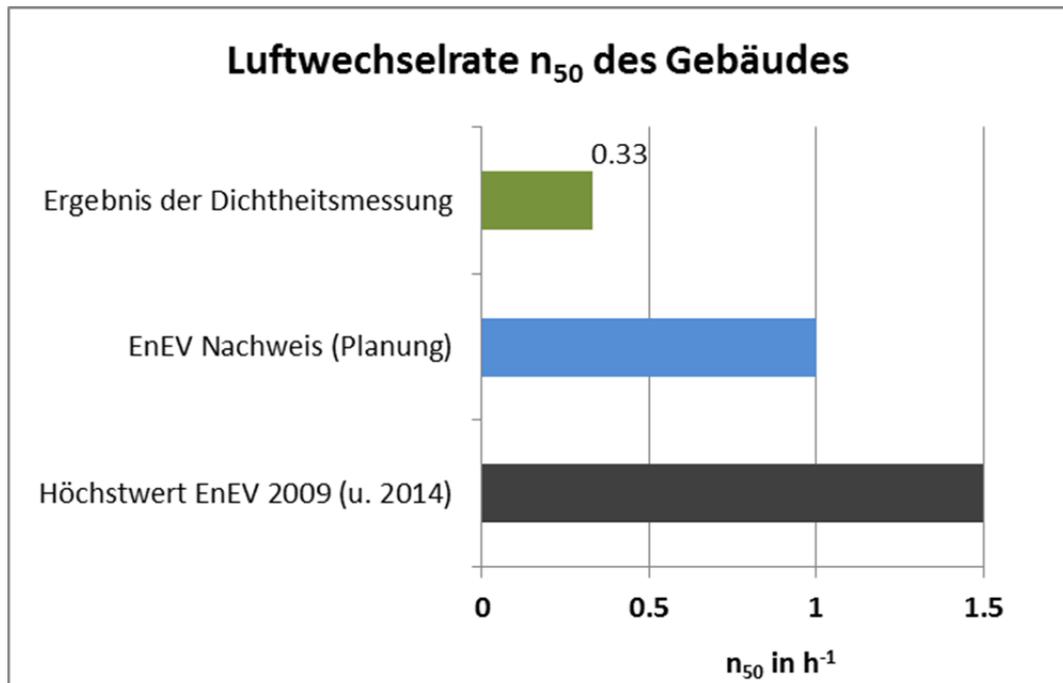
## 5 Umsetzungsphase

In der Bauphase erfolgt seitens der wissenschaftlichen Begleitung die Qualitätssicherung der Umsetzung der baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen in die Praxis. Die definierten Qualitäten sind einzuhalten und mängelfrei einzubauen, um die prognostizierten Kennwerte erreichen zu können. Die Qualitätssicherung erstreckt sich auf hochbauliche und anlagentechnische Maßnahmen.

### 5.1 Qualitätssicherung Hochbau

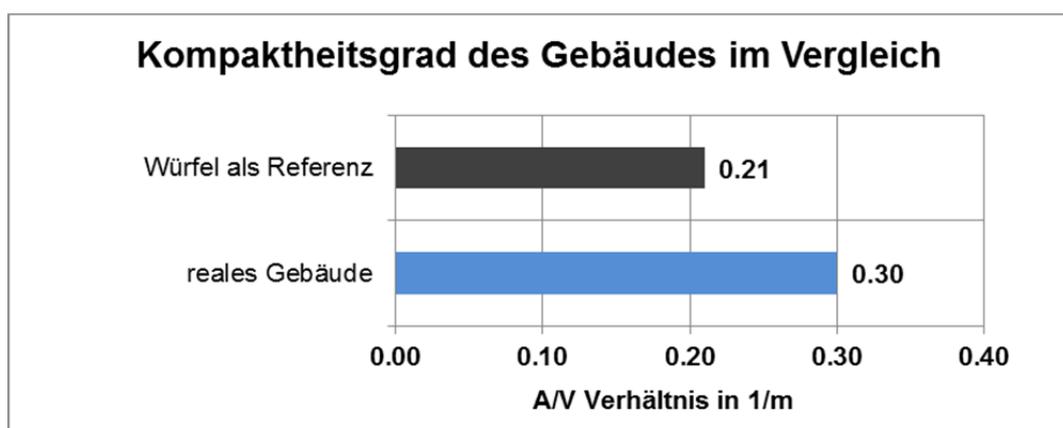
Die Beurteilung der energieeffizienten Gestaltung und Ausführung der Gebäudehülle erfolgt unter zwei wesentlichen Aspekten. Um nachhaltig den geplanten verminderten Energieverbrauch im Betrieb sicherstellen zu können, müssen zum einen die Dämmeigenschaften der Fassadenbauteile wie z.B. Dach, Außenwände, Bodenplatte und Fenstern durch den Aufbau gegeben sein. Zum anderen ist eine gewisse Sorgfalt bei der Ausbildung der Dichtebene zur Erreichung der Gebäudedichtheit nötig.

Die EnEV 2009 fordert bei mit einer Lüftungsanlage ausgestatteten Gebäuden bei Luftdichtheitsmessungen die Einhaltung einer Luftwechselrate  $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ . Im EnEV-Nachweis der Planer wurde die Luftwechselrate mit  $1,0 \text{ h}^{-1}$  berücksichtigt. Eine Luftdichtheitsmessung bzw. Blower-Door-Test nach DIN EN 13829 wird am 28.01.2013 nach Abschluss der Arbeiten an den wärmeübertragenden Umschließungsflächen durchgeführt. Die Messung nach Verfahren B ergibt einen  $n_{50}$ -Wert von  $0,33 \text{ h}^{-1}$ , was für eine qualitativ hochwertige Ausführung der Dichtebene spricht. Grenz- und Planungswerte werden weit unterschritten (siehe Bild 12).



**Bild 12** Darstellung der betreffenden Luftwechselraten mit dem Messwert.

Ein weiterer Aspekt der energetisch günstigen Gestaltung des Baukörpers ist das Verhältnis von wärmeabgebender Gebäudehüllfläche zum beheizten umbauten Gebäudevolumen, dem A/V-Verhältnis oder Kompaktheitsgrad des Gebäudes. Je niedriger der Wert bei sonst gleichbleibenden Randbedingungen ist, desto thermisch günstiger ist die Form des Baukörpers. Die Hüllfläche des ausgeführten Gebäudes beträgt  $6.782 \text{ m}^2$  bei einem umbauten Volumen von  $22.350 \text{ m}^3$ . Damit ergibt sich ein A/V-Verhältnis von  $0,30 \text{ m}^{-1}$ .



**Bild 13** Kompaktheitsgrad bzw. A/V Verhältnis des Gebäude im Vergleich zu einem Würfel gleichen Rauminhaltes.

Beim Bau von Passivhäusern und Niedrigstenergiegebäuden wird zu Zwecken der Energieeinsparung in der Regel die Form eines Würfels als Bauform mit geringstem A/V-

Verhältnis bei noch gegebener Praktikabilität angesehen. Der Kompaktheitsgrad des Hörsaalgebäudes liegt im Vergleich dazu recht günstig (siehe Bild 13).

Im Rahmen der Qualitätssicherung im Bauprozess werden regelmäßig Begehungen der Baustelle vorgenommen. Tabelle 1 zeigt die U-Werte der wichtigsten Außenbauteile gem. Umsetzung im Vergleich zu den Anforderungen der EnEV 2009.

**Tabelle 1:** Gegenüberstellung der U-Werte von Ausführung und Höchstwerten der EnEV 2009

	Höchstwert EnEV 09	Ausführung	Unterschreitung
Einheit	W/(m <sup>2</sup> *K)	W/(m <sup>2</sup> *K)	
Bodenplatte	≤ 0,35	0,257	27%
Außenwand	≤ 0,35	0,211	40%
Fenster	≤ 1,90	<0,80	58%
Flachdach	≤ 0,20	0,129	36%

Durch Einsatz von 160 mm Dämmung aus Mineralwolle bei Außenwänden (siehe Darstellung in) und Einbau von Fenstern mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung (U-Wert < 0,8 W/(m<sup>2</sup>·K)) konnte die in den Zielvorgaben avisierte energetische Qualität der Außenhülle erreicht werden.



**Bild 14** Einbringung der Mineralwolle-Dämmung (160 mm) zwischen Stahlbetonwand und Ziegelfassade.

Bild 15 zeigt die Ausbildung der Fensterkonstruktion mit montierten Elementen des außenliegenden Sonnenschutzes. Hier sind schienengeführte Raffstores von 80 mm Breite zur Ausführung gekommen.



**Bild 15** Ausbildung der Fensterkonstruktion der SW-Fassade (10. – 11.2011)

In Bild 16 ist ein Fensteranschluss im Innenbereich des Gebäudes dargestellt.



**Bild 16** Fensteranschluss im Innenbereich

## 5.2 Qualitätssicherung Anlagentechnik

In der Rohbauphase werden zunächst die Einbringung der Betonkernaktivierung (siehe Bild 17) sowie die Installation der Fußbodenheizung (siehe Bild 18) im Bauprozess überwacht und dokumentiert. Beachtung findet hier die fachgerechte, der Auslegung entsprechende Verlegung der Rohrschlangen, um eine gleichmäßige Kälte- bzw. Wärmeverteilung gewährleisten zu können.



**Bild 17** Rohrmäander der Betonkernaktivierung an Bewehrung (links) (21.06.2011) und Herstellung der Geschosdecke zwischen EG und 1. OG (rechts).



**Bild 18** Verlegearbeiten der Fußbodenheizung in der Bibliothek im Erdgeschoss (links) und fertig verlegte Rohrmäander im 2. Obergeschoss im Eckbüro mit Südausrichtung.

Die Bohrarbeiten für die Erdsondenanlage werden innerhalb der Rohbauphase durchgeführt ( Bild 19).



**Bild 19** Bohrarbeiten Erdsonden

Die Zuluft einbringung für den Hörsaal im Erdgeschoss erfolgt über Aussparungen im Fußbereich der Sitzplätze. Bild 20 zeigt eine Gegenüberstellung des Hörsaals in der Rohbauphase und nach Abschluss der Baumaßnahme.



**Bild 20** Gegenüberstellung des Hörsaals im Erdgeschoss: Rohbau/nach Fertigstellung

Bild 21 zeigt die Dämmung der Innenwände, der Rohrleitungen sowie der über den Boden geführten Kaltwasserleitung. Die Dämmung der Heizungsrohrleitung ist mit Kompaktdämmhüllen ausgeführt.



**Bild 21** Dämmung der Innenwände und Rohrleitungen (links); Dämmung der über den Boden geführten Kaltwasserleitung und der Heizungsrohrleitung mit Kompaktdämmhülle (rechts).

Nach Abschluss der Rohbauphase wird die Anlagentechnik in den Technikzentralen im Untergeschoss und im Erdgeschoss untergebracht und installiert. Mit der anschließenden Inbetriebnahme ist die Funktionsfähigkeit der Anlagen nachgewiesen und die Einstellungen der erforderlichen Leistungen und Temperaturen im Sinne der Qualitätssicherung überprüft.

In Bild 22 ist der Zortström- Kälteverteiler im Anlieferungszustand und nach der Installation dargestellt. Bild 23 zeigt eine der Kompressionskältemaschinen zur Kältespitzenlastabdeckung während der Inbetriebnahme.



**Bild 22** Zortström-Kälteverteiler im Anlieferungszustand (links) und fertig installiert und isoliert (Mitte);

**Bild 23** Inbetriebnahme der Kältemaschinen (rechts)

Die Anordnung des Pufferspeichers der Wärmepumpe mit einem Fassungsvermögen von 1.500 L sowie die fertiggestellte Abnehmerkreise mit dem Zortström- Heizverteiler in der Technikzentrale im Erdgeschoss sind in Bild 24 dargestellt. Die installierten Gasbrennwertheizkessel für die Wärmespitzenlastabdeckung zeigt Bild 25.



**Bild 24** Heizzentrale mit 1.500 L Pufferspeicher der Wärmepumpe und Anordnung der Abnehmerkreise um den Zortström-Heizverteiler

**Bild 25** Spitzenlast-Gasbrennwertheizkessel

---

## 6 Monitoring

### 6.1 Messkonzept

Die Datenbasis für den Vergleich von Betriebs- und Planungswerten liefert die messtechnische Begleitung des Gebäudebetriebes. In der am Anfang des Monitorings stehenden Entwicklung des Messkonzeptes sind die notwendigen Sensoren mit ihren Montagepositionen, der Auflösung sowie Datenübertragung, -speicherung und -verwaltung zu definieren.

Das Messkonzept setzt zur Kostenminimierung und Erhöhung der Transparenz im Betrieb auf der standardgemäß umgesetzten Gebäudeleittechnik auf. Die GLT-spezifische Betriebssoftware des Gebäudemanagements ermöglicht die Darstellung von momentanen Betriebszuständen. Um Betriebsituationen analysieren und Energiebilanzen über definierte Zeiträume vornehmen zu können, sind jedoch Trendverläufe von Messdaten über längere Zeiträume bedeutend.

Die installierte Neutrino GLT ist in Absprache mit der Firma Kieback&Peter so konfiguriert worden, dass Messdaten in einem Zeitintervall erfasst und zwischengespeichert werden. Die Daten werden für einen Zeitraum von mindestens 4 Wochen vorgehalten und stehen zur Abfrage über eine SQL-Datenbank zur Verfügung. Für die Umsetzung des Messkonzeptes wird die Verbindung zwischen GLT und abfragendem Rechner durch Anschaffung einer ODBC-Schnittstelle als Software-Aufsatz für die GLT geschaffen. Mitarbeiter der Fakultät Versorgungstechnik und des Gebäudemanagements können so die Adressen der Messstellen ansprechen und in Excel-Tabellen einlesen. Die vorhandenen Sensoren werden über die Regelung des Systems hinaus zur Erfassung der Betriebsdaten und Bilanzierung des Systems genutzt.

Darüber hinaus werden eigens für das Monitoringkonzept Wärme- und Kältemengenzähler, zusätzliche Temperaturfühler sowie Stromzähler eingeplant und verbaut. Das Messkonzept umfasst im Wesentlichen die Messung der nachfolgend aufgeführten Parameter:

#### Zählerliste:

#### **Wärmemengen: W01 – Wärmepumpenpufferspeicher zum Wärmeverteiler**

- W02 – Zuleitung von der Kesselkaskade
- W03 – Heizkreis der statischen Heizung
- W04 – Heizkreis der Fußbodenheizung
- W05 – Heizkreis der Betonkernaktivierung
- W06 – Heizkreis der RLT-Anlagen zusammengefasst

- W07 – Heizkreis der RLT-Anlage 2 des Videostudios
- W08 – Zuleitung von Wärmepumpe zu Pufferspeicher
- W09 – Wärmeeintrag/-entzug aus den Erdwärmesonden
- W10 – Heizkreis der RLT-Anlage 4 der Rechnerräume

**Kältezähler: K01 – Zuleitung vom Geothermie-Kältespeicher**

- K02 – Zuleitung vom Speicher der Kompressionskälte
- K03 – Kühlkreis der Kühlbalken (außer Videostudio)
- K04 – Kühlkreis der Kaltwasserkassetten
- K05 – Kühlkreis der Kühlbalken (nur Videostudio)
- K06 – Kühlkreis der Betonkernaktivierung
- K07 – Kühlkreis der RLT-Anlage 1 (Hörsaal)
- K08 – Kühlkreis der RLT-Anlage 2 (Videostudio)
- K09 – Kühlkreis der RLT-Anlage 4 (Rechnerräume)
- K10 – Zuleitung der Kompressionskältemaschine 1
- K11 – Zuleitung der Kompressionskältemaschine 2
- K12 – Rückkühlwerk
- K13 – Kälteerzeugung der aktiven Kühlung Wärmepumpe
- K14 – passive Kälteerzeugung über Erdsonden

**Wassersähler: H01 – Messung des Trinkwasserbezugsmenge (M-Bus)**

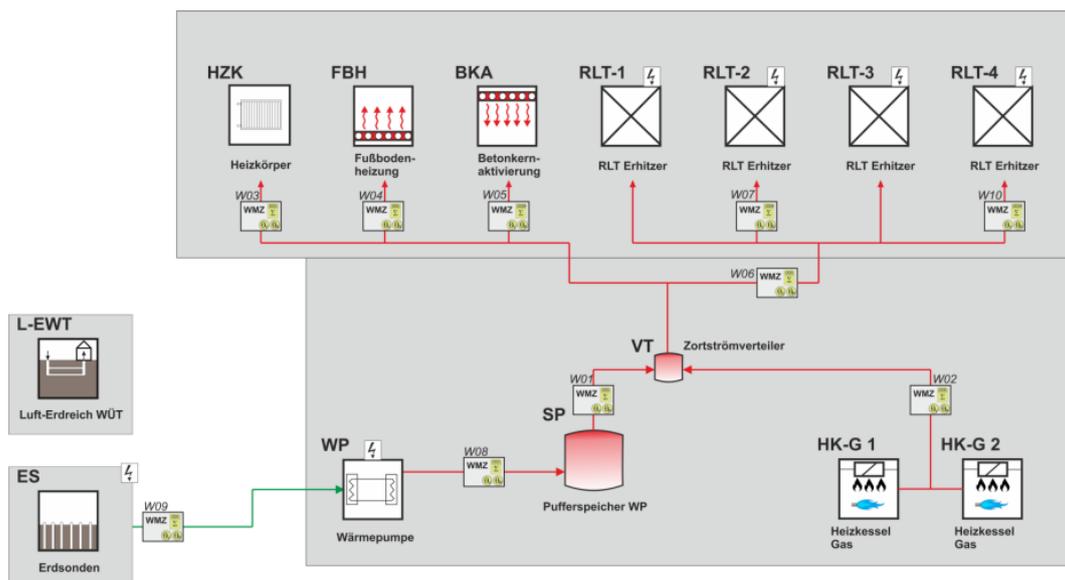
**Erdgaszähler: G01 – Messung des Erdgasbezugs (M-Bus)**

**Stromzähler: E01 – Stromverbrauch RLT 01 (Hörsaal)**

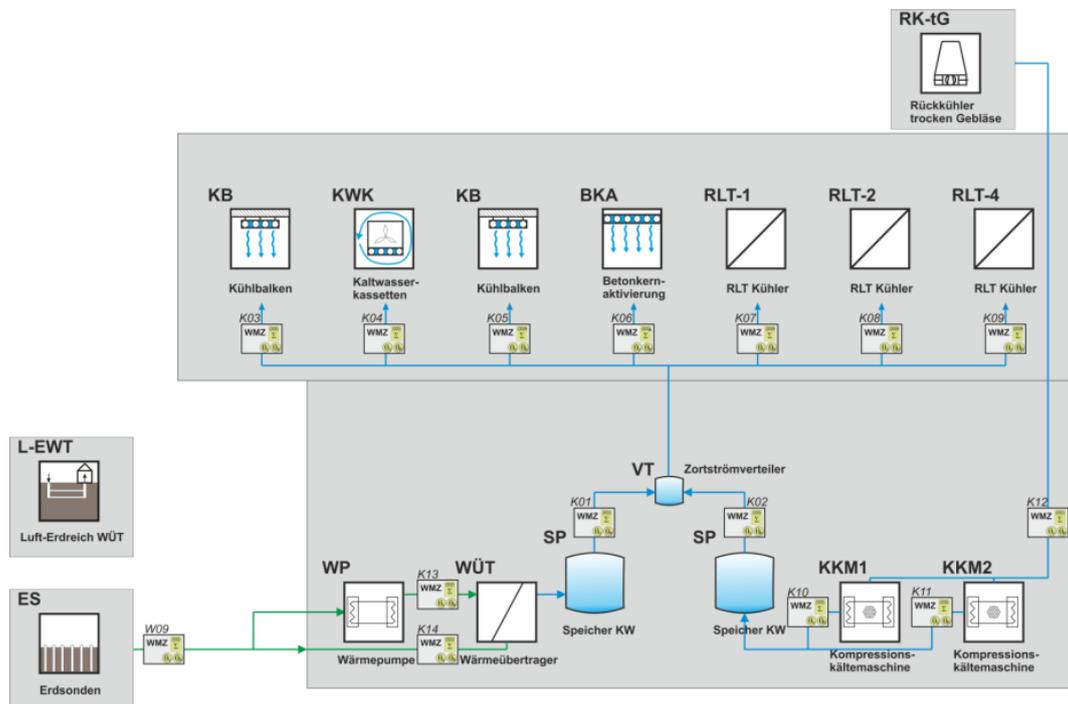
- E02 – Stromverbrauch RLT 02 (Videostudio)
- E03-04 – Beleuchtung
- E05 – Solepumpen
- E06 – Wärmepumpe Heizbetrieb
- E07 – Wärmepumpe Kühlbetrieb
- E08 – Wärmepumpe Versorgung gesamt
- E26 – Stromverbrauch RLT 03 (Seminarräume + Bibliothek)

- E27 – Stromverbrauch RLT 04 (Rechnerräume)
- E18 – Kältemaschine 1
- E19 – Kältemaschine 2
- diverse – Beleuchtung

Die Wärme- und Kältezählung ist um Rechenwerke des Typs Colec ST der Firma Aquametro AG erweitert, über die Werte für Energiemengen aus gemessenem Volumenstrom und Temperaturdifferenzen erzeugt und an die GLT übermittelt werden. Erdgas- und Wasserverbrauch werden über die Hauptzähler im Hausanschluss erfasst und mittels M-Bus Schnittstelle ebenfalls auf die GLT geschaltet. Bild 26 und Bild 27 zeigen schematisch das Wärme- und Kältebereitstellungskonzept mit den aufgelisteten Zähleinrichtungen (Wärme - Bild 26 und Kälte - Bild 27).



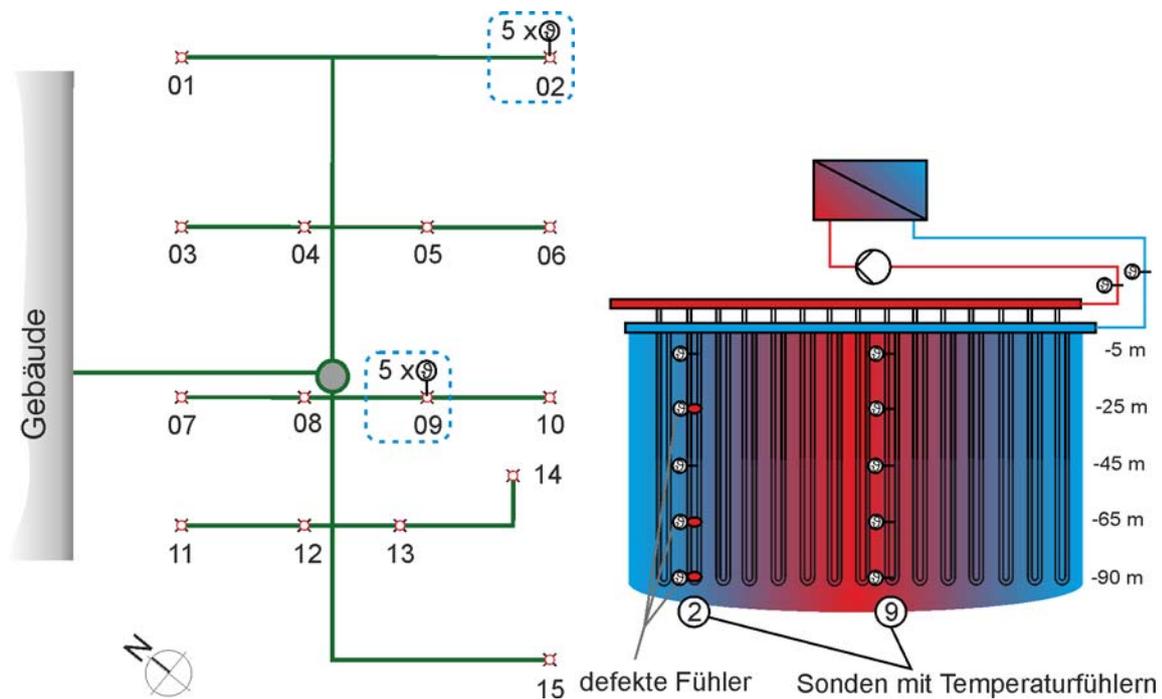
**Bild 26** Schematische Darstellung von Wärmeversorgungs- und Messkonzept



**Bild 27** Schematische Darstellung von Kälteversorgungs- und Messkonzept

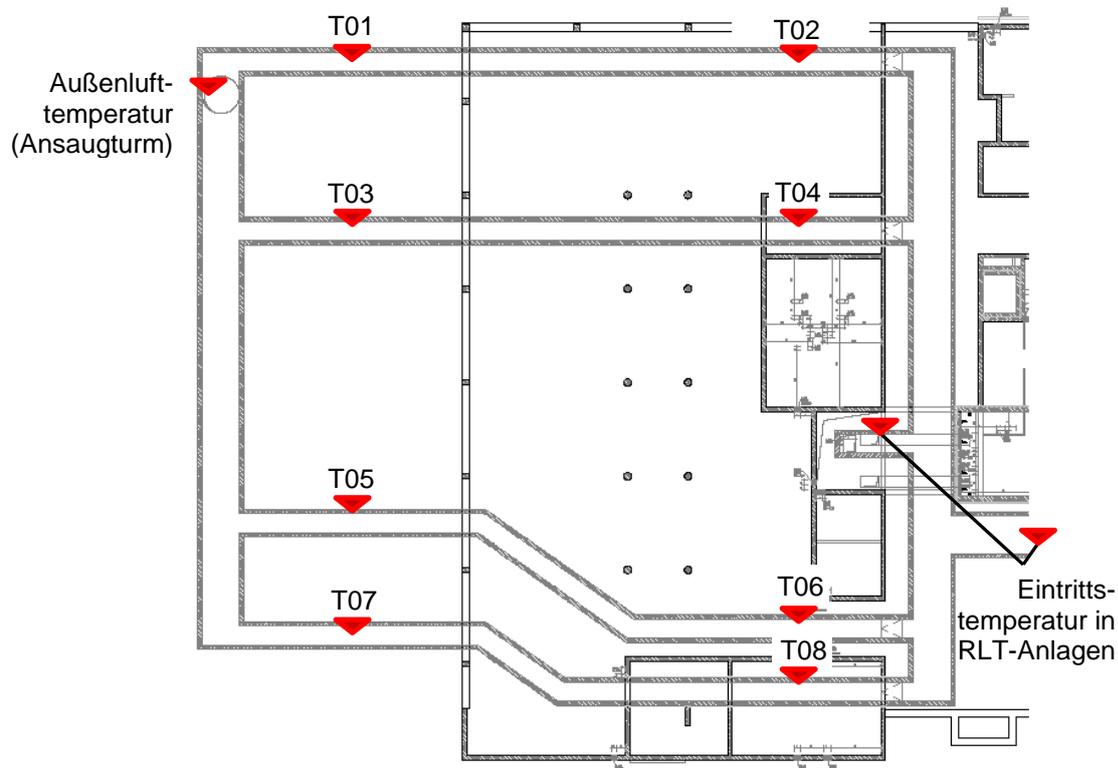
Weiterhin werden Temperaturen an Vor- und Rücklaufleitungen von Verbrauchern, in Speichern auf verschiedenen Höhen sowie Außen- und RLT-Temperaturen erfasst. Die Temperaturmessungen im Sondenfeld und im Erdregister werden in erweiterter Form realisiert. Zwei der insgesamt 15 Erdsonden werden mit je 5 Pt100 Temperaturfühlern in den Tiefen 5, 25, 45, 65 und 90 m ausgestattet.

Die Fühler werden an den Doppel-U-Sonden angebracht und liegen im Verpressmaterial. Damit kann das thermische Verhalten des Sondenfeldes langfristig überwacht werden, um beispielsweise Frostschäden bei zu starker Auskühlung über die Heizperiode oder eine Überhitzung in der Kühlperiode erkennen und beurteilen zu können. Die Anordnung aller Sonden im Feld und die Benennung der messtechnisch ausgestatteten Sonden ist in Bild 28 abgebildet.



**Bild 28** links - Anordnung der Sonden im Sondenfeld schematisch in der Draufsicht dargestellt;  
rechts - Verteilung der Fühler über die Tiefe und Markierung defekter Fühler.

Zur detaillierten Betrachtung des Luft-Erdwärmeübertragers sind acht Temperaturfühler an den Kanalwänden, verteilt über das Kanalsystem, installiert. In Kombination mit Messfühlern für Außenlufttemperatur am Ansaugturm und Eintrittstemperatur in die RLT-Anlagen kann die Temperaturentwicklung über den L-EWT erfasst werden. Die Fühler im Kanal sind in Abständen von 6,5 m bis 60 m gemessen vom Eintrittsort der Luft in den L-EWT angebracht. Die genaue Anordnung gibt Bild 29 wieder.



**Bild 29** Darstellung der Ebene -1 (Untergeschoss) mit Messpunkten im L-EWT

## 6.2 Umsetzungsgrad des Messkonzeptes

In Bezug auf die Funktionalität bzw. die Betriebsfähigkeit des geplanten Messkonzeptes bestehen derzeit noch Probleme mit den Elektrozählern. Die verwendeten Zählertypen können zunächst in Betrieb genommen werden und liefern plausible Messwerte. Beim regelmäßigen Abrufen der Daten über die ODBC-Schnittstelle werden jedoch im Verlauf des Monitorings vermehrt Zählerausfälle festgestellt. In unregelmäßigen Abständen entstehen so Datenlücken von mehreren Tagen bis zu einigen Wochen. Die Ursache dafür liegt darin begründet, dass die M-Bus Adresse durch den Zähler einem Wechsel unterzogen wird, so dass die GLT die erfassten Daten über beschriebene Zeiträume nicht erfassen kann. Die zählerinterne Erfassung erfolgt dennoch, so dass der korrekte Wert auf dem Zählerdisplay ablesbar bleibt.

Das Gebäudemanagement hat darauf reagiert, indem Zählerstände fortan regelmäßig abgelesen werden, bis die Mängel behoben sind. Derzeit sind Angebote für einen Austausch der Zähler angefragt. Das Messkonzept soll nach dem Austausch mit GLT-kompatiblen Zählern dem geplanten Konzept entsprechen.

Darüber hinaus fehlt ein Zähler für die Solepumpen des Geothermiesystems. Dies wird parallel zum oben genannten Zähleraustausch ebenfalls behoben.

Bei der hydraulischen Einbindung des Kältezählers der passiven Kühlung werden eine Tauchhülse und damit ein Temperaturfühler fehlerhaft positioniert. Der Mangel wird aufgezeigt und im Februar 2013 provisorisch behoben. Die zuletzt erfassten Messwerte zeigen jedoch, dass die Plausibilität der Messwerte angezweifelt werden muss und der Bedarf einer Überprüfung von Zähler bzw. Messdaten besteht. Sollte sich herausstellen, dass der Zähler korrekt arbeitet, ist die Einbindung der passiven Kühlung in das Energiekonzept zu überprüfen.

Aus den Ausführungen oben ist die Notwendigkeit der Durchführung eines Monitorings über einen Zeitraum von ca. 3 Jahren zur kompletten Erfassung des Betriebes und der Durchführung einer Betriebsoptimierung plausibel.

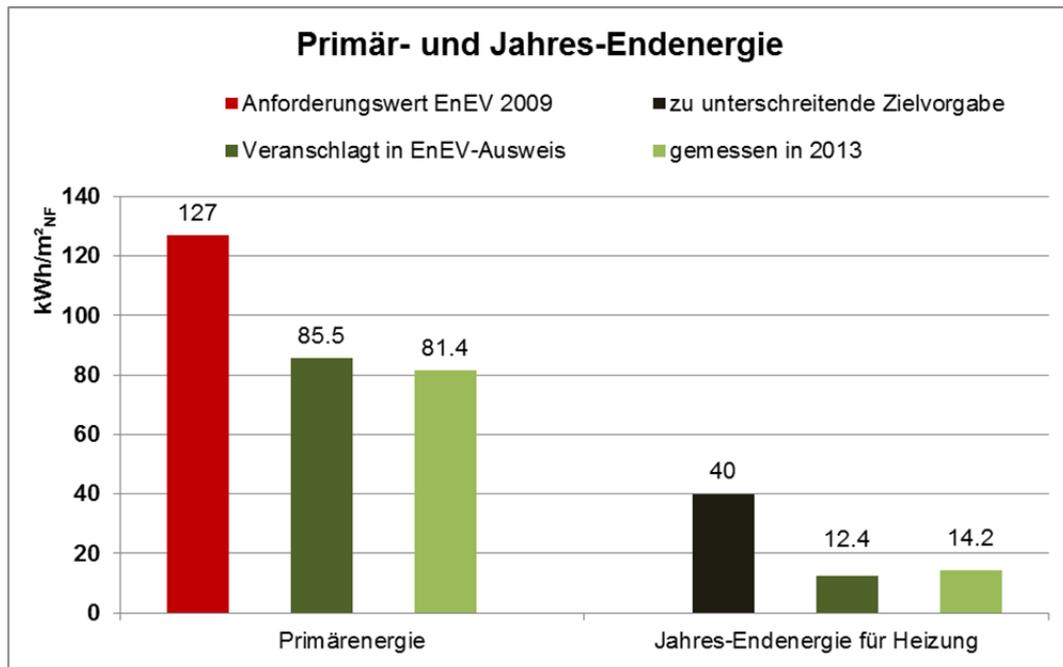
## **6.3 Ergebnisse**

### **6.3.1 Zielwertvorgaben**

Den in Abschnitt 3.2 zusammengestellten wesentlichen Zielvorgaben für dieses Neubauprojekt werden die aus den Messungen ermittelten Betriebsdaten sowie Anforderungswerte der EnEV 2009 gegenübergestellt (siehe Bild 30). Die geplante Unterschreitung des Jahres-Primärenergiebedarfs von  $127 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  um min. 30 % kann im Betrieb realisiert werden.

Mit den erfassten  $81,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  Primärenergieverbrauch im Jahr 2013 (zwischen 09.01.13 und 02.04.2014) wird der Zielwert knapp unterschritten. Der Jahres-Endenergiebedarf für die Beheizung des Gebäudes soll den Wert von  $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  unterschreiten. Im EnEV-Nachweis wird ein Bedarf von  $12,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  ermittelt. Im erfassten Betriebsjahr beträgt der tatsächliche Jahres-Endenergieverbrauch  $14,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .

Die Zielvorgabe wird damit zwar unterschritten, die Planungswerte jedoch geringfügig überschritten. Im Allgemeinen lässt sich auf Basis dieser Messwerte die Aussage treffen, dass die Zielvorgaben im Bauvorhaben erfüllt werden. Ob die aus Gebäudebetrieb ermittelten Verbrauchswerte langfristig auf diesem Niveau gehalten werden können oder sich nach Austrocknung und der Einregulierung der Anlagen sogar noch weiter senken, muss in der Fortführung des Monitorings überprüft werden.



**Bild 30** Gegenüberstellung von Anforderungs-, Ziel- und Messwerten zu Primärenergie und Jahres-Endenergie für Heizung

### 6.3.2 Last und Deckung von Wärme- und Kälte

Bild 31 zeigt die wärme- und kälteseitig gemessenen Energiemengen unterteilt nach den unterschiedlichen Erzeugern und Verbrauchern. Die Daten stammen aus einem Zeitraum von 8 Monaten vom 01.08.2013 bis zum 31.03.2014.

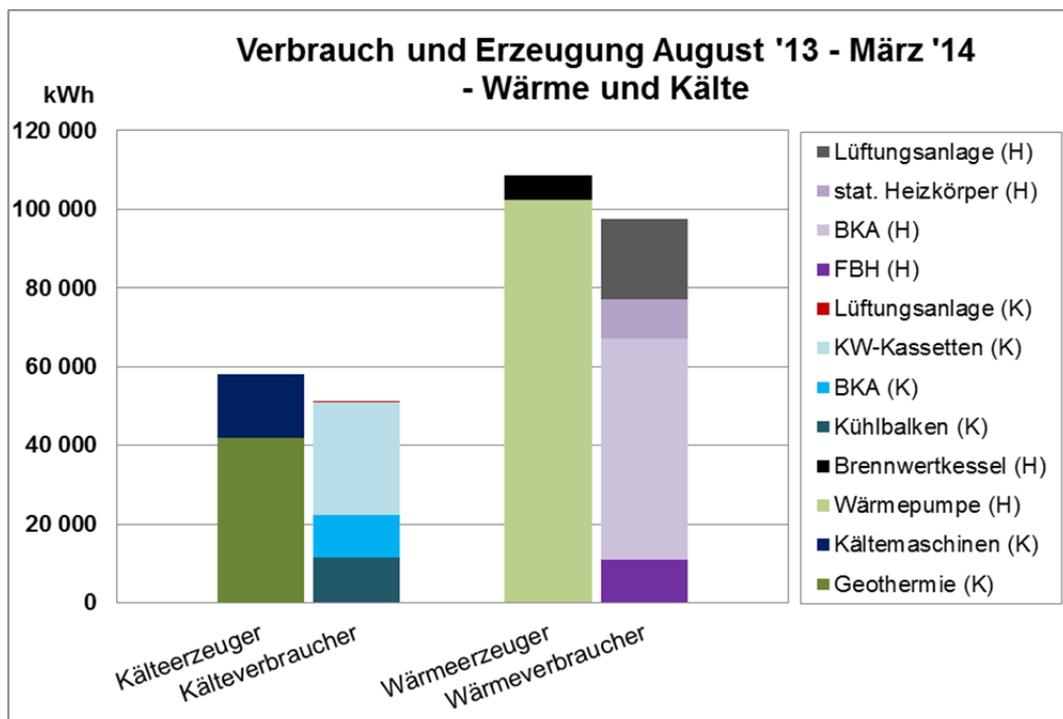
Auffällig ist der geringe Anteil der Wärmebereitstellung durch die Brennwertkessel. Mit 6.267 kWh haben die Brennwertkessel an der gesamten Erzeugung von 108.576 kWh im Messzeitraum einen Anteil von weniger als 6 %. Die Wärmepumpe hat den größten Anteil an der Wärmelieferung.

Der Wärmeverbrauch im Gebäude wird hier größtenteils durch die Niedertemperaturheizsysteme Betonkernaktivierung und Fußbodenheizung bestimmt. In Bezug auf den Anteil der Lüftungsanlagen ist auch der Einfluss des Luft-Erdwärmeübertragers durch Vorkonditionierung der Außenluft erkennbar. Hier ist die Einbindung der regenerativen Energie in das Gesamtsystem gelungen, der Nachheizbedarf der Zuluft fällt entsprechend gering aus.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich auf der Kälteseite ab. In Summe werden innerhalb des Betrachtungszeitraums 58.108 kWh Kälte bereitgestellt. Mit einem Anteil der Kompressionskältemaschinen von knapp 28 % und der umschaltbaren Wärmepumpe von

72 % fällt der regenerative Anteil zwar geringer aus als im Fall der Wärmebereitstellung, fällt aber noch deutlich höher aus als der Beitrag fossiler Energie.

Dies ist begründet durch den vergleichsweise hohen Anteil der Kaltwasserkassetten am Kälteverbrauch zur Serverkühlung auf niedrigem Temperaturniveau. Auffällig ist wiederum der sehr geringe Anteil der Lüftungsanlagen am Verbrauch. Die kälteseitige Vorkonditionierung der Außenluft an heißen Tagen durch den Erdwärmetauscher hat hier ebenfalls starken Einfluss.



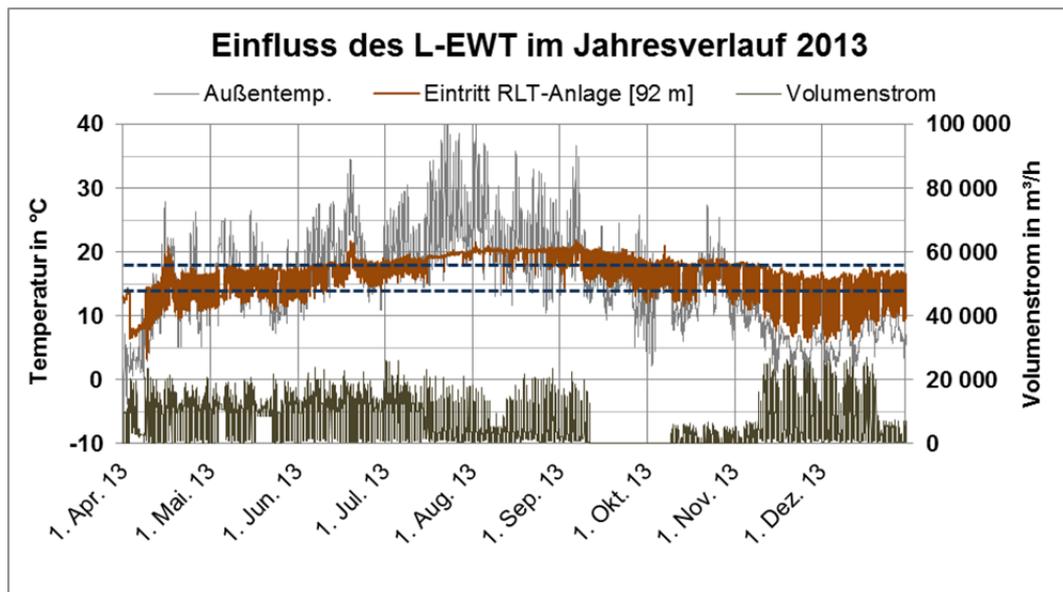
**Bild 31** Gegenüberstellung von Wärme- und Kältebelastungen der einzelnen Verbraucherkreise und der Anteile der Erzeugerarten.

### 6.3.3 Erdregister

Den Verlauf des summierten Luftvolumenstromes der RLT-Anlagen sowie der Außen- und RLT-Eintrittstemperatur zeigt Bild 32. Der durch die blau gestrichelten Linien eingefasste Bereich markiert das Temperaturband, in dem die Außenluft direkt über einen Bypass im Dach angesaugt wird. Eine Vorkonditionierung der Außenluft durch den L-EWT ist hier nicht notwendig. Die Darstellung zeigt im Überblick, dass vor allem in den Sommermonaten hohe Außentemperaturen bis 38 °C sehr gut gedämpft werden können.

Damit in Verbindung steht der in Bild 31 ersichtliche geringe Kühlenergieverbrauch durch die raumluftechnischen Anlagen. Im Vergleich zur Dämpfung im Sommer erfolgt die

Vorwärmung der Außenluft in den Wintermonaten nicht im gleichen Maße. Gerade in Bereichen, wo verhältnismäßig hohe Volumenströme gefördert werden (November und Dezember 2013) ist die Leistungsfähigkeit des Wärmeübertragers eingeschränkt. Dennoch wird die kalte Außenluft, mit Ausnahme eines Ausreißers im April, stets auf mehr als 5 °C und damit in den frostfreien Bereich angehoben.

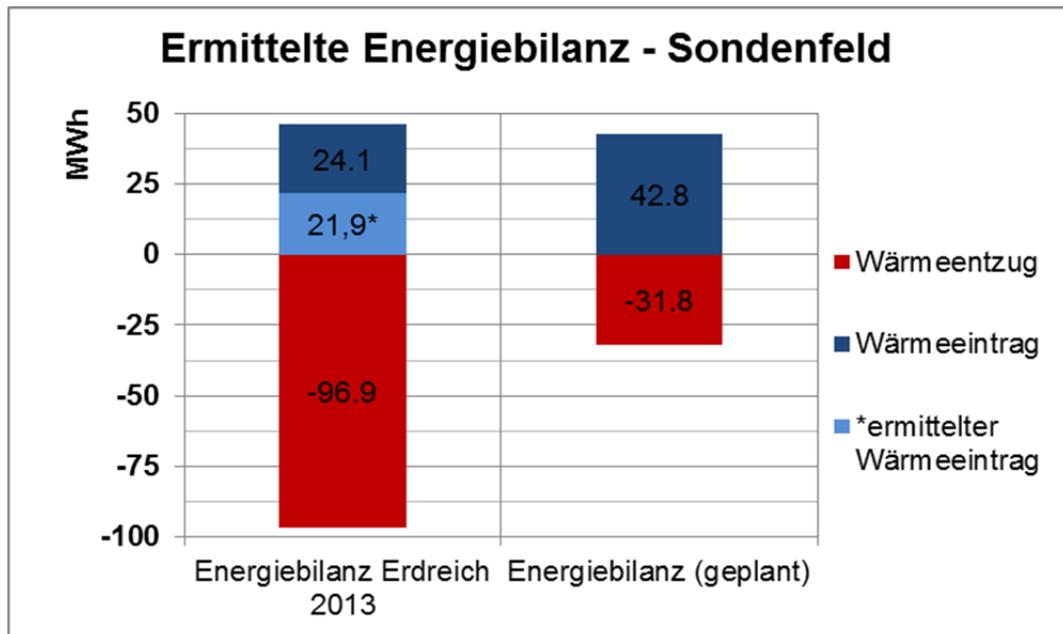


**Bild 32** Temperaturverlauf und geförderter Volumenstrom im Erdregister

#### 6.3.4 Erdsondenfeld

In den Systembetrachtungen des Planungsprozesses werden Annahmen zu Wärmeeintrag in bzw. Wärmeentzug aus dem Erdreich durch Kühlen und Heizen getroffen. Planmäßig werden innerhalb der Planung ca. 42,8 MWh Wärmeeintrag und 31,8 MWh Entzug veranschlagt. Diese Werte sind den gemessenen Energiemengen in Bild 33 gegenübergestellt. Ein Anteil des Wärmeeintrags durch Gebäudekühlung wird hierbei über einen Monatsschlüssel ermittelt, da sich die Messtechnik im 2. Quartal 2013 teilweise noch in der Testphase befindet.

Der Wärmeeintrag deckt sich nahezu mit den geplanten Werten. Im Heizbetrieb werden deutlich größere Energiemengen entzogen, als ursprünglich angesetzt. Ca. 60 % der 96,9 MWh Wärmeentzug erfolgen vor Aufnahme der Gebäudenutzung und fallen in die Bauphase. Hier ist durch Baufeuchte und Restarbeiten an der Gebäudehülle für die zukünftige Entwicklung ein Rückgang zu erwarten.



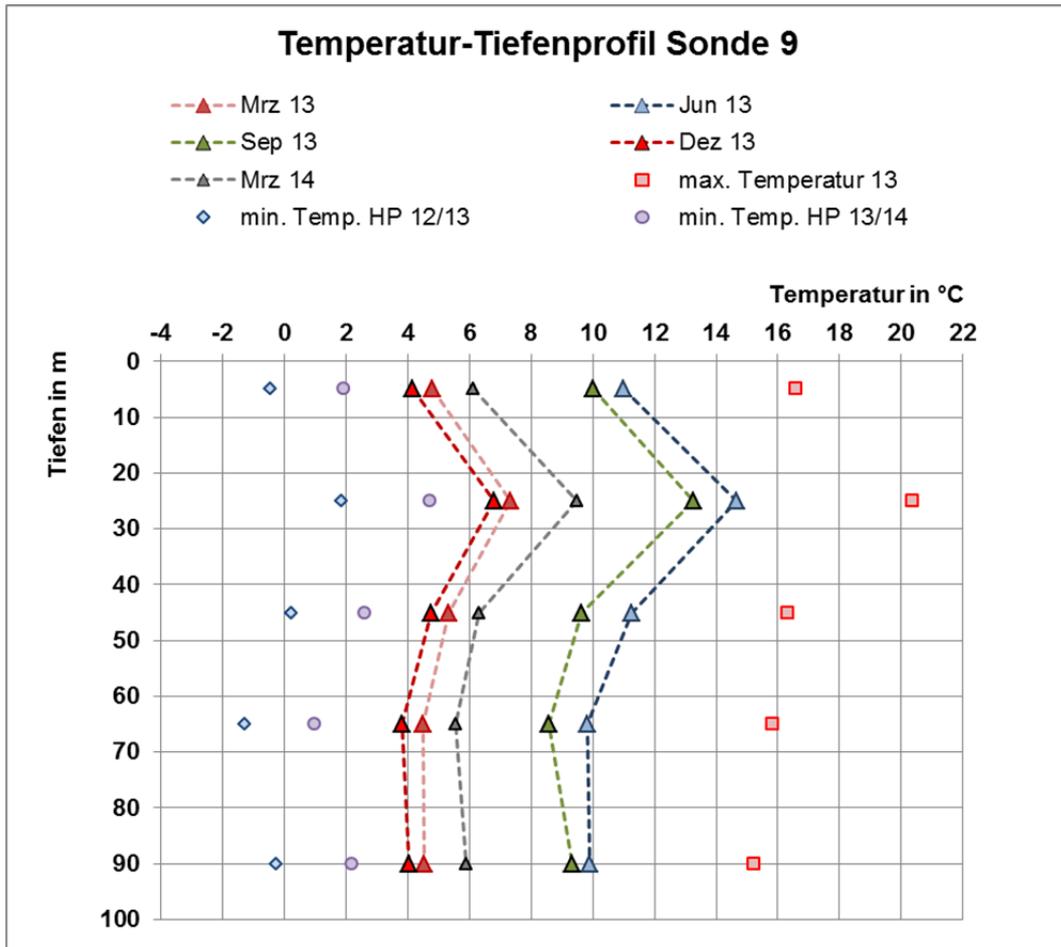
**Bild 33** Energiebilanz des Erdsondenfeldes

In Bild 34 sind Temperatur-Tiefenprofile unterschiedlicher Betrachtungszeiträume zusammengestellt. Exemplarisch sind Temperaturen für alle fünf erfassten Tiefen der Erdsonden der Monate März, Juni, September und Dezember aus 2013 und März 2014 dargestellt.

Erkennbar sind hier die jahreszeitlich und betrieblich bedingten Schwankungen. Deutlich wird auch, dass im ersten Betriebsjahr von Gebäude und Geothermieanlage die Temperaturen in der Sonde qualitativ durchgängig geringere Werte aufweisen. Im März 2014 (grau) liegen die Temperaturen im Vergleich zu März 2013 ca. 2 K höher.

Dargestellt sind hier auch die minimalen Temperaturen der Heizperiode 2013 (soweit erfasst) und die der Heizperiode 2014. Anfang 2013 wurden Temperaturen unter 0 °C gemessen. In der letzten Heizperiode beträgt das Minimum jeden Messpunktes zwischen 1,7 und 4,7 °C. Ursache für die stärkere Auskühlung des Erdreichs im ersten Abschnitt von 2013 könnten höhere Laufzeiten der Wärmepumpe in der noch laufenden Ausbauphase des Gebäudes in den Wintermonaten und noch laufenden Arbeiten an der Einbindung in die Regelung sein.

Die aktuelleren Werte der 2. Heizperiode entsprechen eher den Bedingungen des regulären Gebäudebetriebes. Auf Basis der aktuelleren Werte kann von einer passenden Dimensionierung des Erdsondenfeldes und der eher geringen Gefahr von Frostschäden ausgegangen werden.



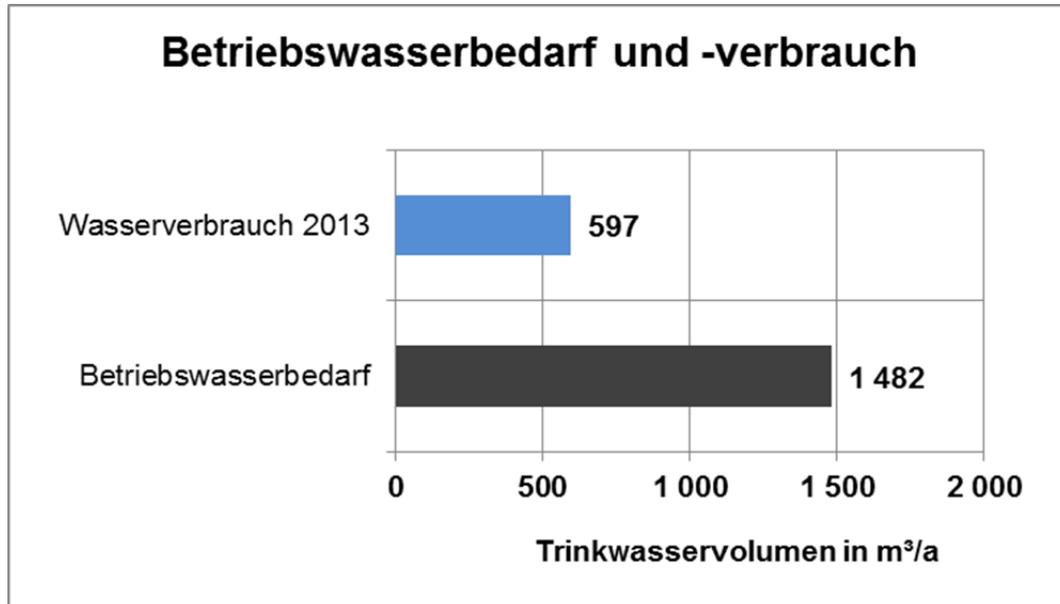
**Bild 34** Temperatur-Tiefenprofile zu verschiedenen Zeitpunkten 2013/2014

### 6.3.5 Betriebswasser

Das Ergebnis der Verbrauchsmessung von Betriebswasser ist dem im Vorfeld berechneten Betriebswasserbedarf in Bild 35 gegenübergestellt.

Der tatsächliche Verbrauch liegt mit ca. 597 m<sup>3</sup> im Jahr 2013 weit unter dem geplanten Bedarf von 1483 m<sup>3</sup>/a. Zwar wird das Gebäude im ersten Quartal 2013 noch nicht und im restlichen ersten Halbjahr nicht voll genutzt, dennoch kann man anhand des Messwertes eine fortwährende Unterschreitung des geplanten Bedarfes annehmen. Vernachlässigt man die dezentralen elektrischen Warmwasserbereiter in den Teeküchen (EG und 1. OG) und Putzmittelräumen, spielt der jährliche Betriebswasserverbrauch aus energetischer Sicht in direktem Bezug auf das Gebäude eher eine untergeordnete Rolle. Auf der anderen Seite wirkt sich ein ressourcenschonender Umgang mit Trinkwasser positiv auf die Vermeidung von Abwässern und damit auf verminderte Kosten für Trink- und Abwasser aus. Die dazu im Hörsaalgebäude getroffenen Maßnahmen beschränken sich auf die ausschließliche

Verwendung von Kaltwasseranschlüssen in den allgemein zugänglichen Bereichen mit selbstschließenden Armaturen.



**Bild 35** Betriebswasserverbrauch 2013 und geplanter –bedarf

## 7 Bewertung der Ergebnisse

### 7.1 Optimierung und Parameteranpassung für dieses Gebäude

Die dargestellte Gegenüberstellung von erzeugter und verbrauchter Kühlenergie (siehe Bild 31) zeigt, dass der regenerative Anteil an der Wärmeerzeugung im Vergleich zur Kälteerzeugung geringer ausfällt. Hier besteht Optimierungspotential. Die Serverkühlung beeinflusst den Kühlenergieverbrauch maßgeblich. Da die Solltemperatur der Serverräume derzeit auf 21°C eingestellt ist, kann der Bedarf häufig nicht durch die im Kühlmodus betriebene Wärmepumpe gedeckt werden.

Die Kältebereitstellung erfolgt häufig über die für die Spitzenlastdeckung vorgesehene Kompressionskälteanlage. Eine Anhebung der Soll-Raumtemperatur in den Serverräumen soll Abhilfe schaffen. Die Betriebsoptimierung erfolgt hier über die Anhebung der Soll-Temperatur und die Bewertung der sich ergebenden Soll-Raumtemperatur.

### 7.2 Übertragbarkeit auf andere Gebäude

Für zukünftige Hochschul- und Bildungsbauten können von vorne herein Einsparpotentiale erschlossen werden, indem vorlesungsfreie, bzw. allgemein Zeiträume mit schwach

ausgeprägter Gebäudebelegung, fest in die Regelungsmechanismen der GLT integriert werden. Im Falle des Hörsaalgebäudes Salzgitter müssen beispielweise die Sollwerte für Raumtemperaturen der in Sommermonaten schwach besetzten Rechnerräume durch Mitarbeiter des Gebäudemanagements manuell in der Betriebssoftware angepasst werden. Anderenfalls werden Raumtemperaturen auf Werte geregelt, die für einen behaglichen Raumkomfort im regulären Betrieb dienen. Eine feste Verankerung von Zeitprogrammen ist hier ein allgemeingültiger Lösungsansatz.

Weiterhin übertragbar ist eine verstärkte Nutzung von Simulationssoftware zur Unterstützung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. Aus der zunehmenden Dichtigkeit von Gebäuden resultiert ein geringerer natürlicher Luftaustausch. In Verbindung mit hohen Anforderungen an die Luftqualität in Räumlichkeiten für die Lehre kommen damit vermehrt Lüftungsanlagen zum Einsatz.

Um langfristig Energieverbrauch und -kosten gering zu halten, ist im Fall des Neubaus des Hörsaalgebäudes Salzgitter Luft-Erdreichwärmeübertrager vorgesehen. Der Einsatz geeigneter Simulationssoftware in der Planungsphase hat die energetische und wirtschaftliche Bewertung der investiv hochwertigen Maßnahme ermöglicht und wesentlich zur Entscheidungsfindung und Umsetzung beigetragen.

## **8 Einbindung in die Lehre und Öffentlichkeitsarbeit**

### **8.1 Lehrveranstaltung im Master Energiesystemtechnik**

Das Hörsaalgebäude soll nicht nur gemäß der geplanten Nutzung durch die Fakultät K als Raum für die Lehre dienen, sondern darüber hinaus auch in die Ingenieurausbildung eingebunden und selbst ein Teil integrierter Hochschulausbildung sein. Die Aspekte der nachhaltigen Energieversorgung als festen Bestandteil in der Lehre zu verankern ist definiertes Ziel dieses Forschungsvorhabens.

Das Ziel, das Monitoring mit in den Lehrbetrieb der Ostfalia Hochschule zu integrieren, kann erstmalig im Wintersemester 2013/2014, im Rahmen des Labors der Lehrveranstaltung Regenerative Energiesysteme im Masterstudienganges Energiesystemtechnik, erreicht werden. Dort findet durch die Studierenden zunächst eine Bilanzierung der Wärmepumpe auf Basis von Messwerten statt. Weiterhin werden Komponenten und Funktion des Energiekonzeptes erläutert.

Das Gebäude wird auch zukünftig für Lehrzwecke eingesetzt. Dass Anlagentechnik nicht wie üblich anhand von Prüfständen in den bereits existierenden Laboren erläutert und vermessen wird, sondern im Rahmen eines realen im Betrieb befindlichen Gebäudes, wird

positiv bewertet. Für die Zukunft sind die Fortführung und eine weitere inhaltliche Vertiefungen der Laborveranstaltungen gewünscht und geplant.

Ein Synergieeffekt hat sich darüber hinaus durch die ODBC-Schnittstelle zur Fernauslese der Daten ergeben, mittels derer auch der Zugriff auf die GLT den Ostfalia-Standort Wolfenbüttel möglich ist. Hierdurch können im Bachelorstudiengang ebenfalls neue Inhalte in Laborveranstaltungen integriert werden.

## **8.2 Workshops zu Betriebsmonitoring und Energieeffizienz**

Erkenntnisse aus dem Projekt - Planungsvorgang und Bauablauf sowie insbesondere aus dem untersuchten Gebäudebetrieb werden im Rahmen von zwei Workshops in den Räumlichkeiten des neuen Hörsaalgebäudes vermittelt.

Die Grundstruktur der Workshops beinhaltet einen Theorie- und einen Praxisteil. Darin werden zum einen das Gebäude und die Anlagentechnik, besonders die Einbindung erneuerbarer Energien, vorgestellt und im Zuge einer Begehung erläutert. Zum anderen werden das Messkonzept und Auszüge aus den Monitoringergebnissen präsentiert. Im Praxisteil schließt sich dann eine Auswahl von Messungen wie z.B. zur Leistungszahl der Wärmepumpe, Raumkomfort und Luftdichtheitsmessungen an. Die Teilnehmer führen die Messungen und die Auswertung der Ergebnisse hierbei selbst aus. Besonderer Wert innerhalb der Veranstaltungen wird jeweils auf den Dialog und gegenseitigen Erfahrungsaustausch gelegt.

Der erste Workshop wird am 18.02.2014 im Rahmen einer „Hochschulübergreifenden Weiterbildung“ (HüW) mit dem Titel „Betrieb & Energie - Betriebsoptimierung in der Praxis“ durchgeführt. Die Leitung des Workshops obliegt der HIS-Hochschulentwicklung (siehe Bild 36). Um für die Teilnehmer einen umfassenden Einblick gewährleisten zu können, referieren neben Projektverantwortlichen der Begleitforschung auch das Gebäudemanagement der Ostfalia und Stellvertreter der Fakultät K als Gebäudenutzer. Das Auditorium in dieser Veranstaltung setzt sich im Wesentlichen aus Vertretern von Gebäudemanagement- und Betriebstechnikabteilungen von Universitäten und Fachhochschulen aus NRW und NDS zusammen.

Der zweite Workshop (20.03.2014) richtet sich an Mitarbeiter öffentlicher Einrichtungen. Die Teilnehmer kommen aus dem Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN) sowie der Landkreis und Stadtverwaltung Goslar. Der Workshop wird unter dem Titel „Workshop zur Betriebsoptimierung - Hörsaalgebäude der Ostfalia-Hochschule in Salzgitter Calbecht“, mit vergleichbarer inhaltlicher Zusammensetzung durchgeführt.



**Bild 36** Eindrücke aus dem HüW-Workshop; Dichtheitsmessung (oben rechts) und Leckageortung (unten rechts) als Werkzeug zur Beurteilung der Qualität der Gebäudehülle im Neubau und Bestand, sowie Gebäudebegehung (links) mit Vorstellung der Technik.

Die Diskussionsrunden mit gegenseitigem Erfahrungsaustausch erweisen sich als besonders aufschlussreich. Gemessen am Interesse der Teilnehmer aus beiden Workshops, stellten sich für die Übertragbarkeit auf andere Bauvorhaben im Hochschulbau und öffentlichen Bereich dabei einige Aspekte besonderer Bedeutung heraus:

- Die Durchführung von Verfahren zur Auswahl von Planungsteams bestehend aus TGA-Planern und Architekten kann Ansprüche an die energetische Qualität des Gebäudes im Vorfeld frühzeitig positiv beeinflussen.
- Die Bearbeitung der Bauaufgabe in Planungsteams fördert allgemein die Qualität im Bauprozess.
- Die Umsetzung von energetischen Maßnahmen innovativen Charakters, die über landesübliche Standards hinausgehen, ist unter akzeptablen Kosten durchführbar.
- Eine frühzeitige Einbindung und ständige ausgeprägte Abstimmung zwischen Auftraggeber, Betreiber und Nutzer egalisieren potentielle Konfliktpotentiale im Nachgang.
- Vielfach können mögliche Synergieeffekte, durch Zusammenarbeit von Gebäudemanagement und hochschulinternen Instituten, Fachbereichen oder Fakultäten nutzbar gemacht werden, um den Energiehaushalt der eigenen Liegenschaft detaillierter betrachten zu können.

Weitere Workshops sind für den Zeitraum um den Jahreswechsel 2014/2015 avisiert.

### **8.3 Synergien mit anderen Forschungsvorhaben**

Im Verlaufe des DBU-Projektes hat sich ein Synergieeffekt entwickelt, der sich in der Verwendung des Hörsaalgebäudes als Untersuchungsobjekt in zwei weiteren Forschungsvorhaben darstellt. Dies betrifft die Projekte „KaP – Kälteanlagen in der Praxis“ (FKZ: 03ET1066A) und „geo:build – Systemoptimierung erdgekoppelter Wärme- und Kälteversorgung von Bürogebäuden – reversible Wärmepumpen und freie Kühlung (FKZ: 03ET1024A), gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Innerhalb des Forschungsprojektes „Kälteanlagen in der Praxis“ werden Werkzeuge zum Erkennen und Bewerten von Optimierungspotentialen innerhalb eines Kälteanlagen-systems entwickelt. Hierbei wird nicht nur auf die Erzeugung, sondern auch auf die Bereiche Verteilung und Verbraucher eingegangen. Durch das umfangreiche Monitoring-Konzept des Hörsaalgebäudes in Salzgitter-Calbecht ist es möglich, jeder der drei Zonen (Erzeugung, Verteilung, Verbraucher) einzeln sowie gemeinsam zu bilanzieren. Dadurch können Rückschlüsse auf äußere oder innere Einflüsse auf einzelne Komponenten des Kältesystems gezogen und Optimierungsmaßnahmen entwickelt werden. Auch kann durch Aufnahme der Messdaten der Einfluss unterschiedlicher Maßnahmen auf das Betriebsverhalten des Systems festgestellt werden, z.B. Auswirkungen von Teillastbetrieb der Kälteanlagen (alternierender Betrieb), Auswirkungen von Speicherintegration, Einfluss durch die Anpassung der Kaltwasservorlauf-temperatur.

Im Forschungsprojekt geo:build sollen auf Basis von Simulationen, Monitoring und Bestandsdokumentation von ausgewählten Gebäuden und Anlagen fundierte Regelungs- und Planungsstrategien für die Abstimmung der Umschaltung zwischen passiver und mechanischer Kühlung entwickelt werden. Hier werden Nichtwohngebäude betrachtet, die mit einer reversiblen Wärmepumpe ausgestattet sind. Die optimale Ausnutzung des Erdreiches als saisonalen Speicher über optimierte Regelungen zu ermöglichen, ist Ziel des Forschungsvorhabens. Aufgrund der Ausstattung des Hörsaalgebäudes mit einer umschaltbaren Wärmepumpe für Heizung und Kühlung, und der durch die DBU-geförderten messtechnischen Ausstattung, kann das Gebäude in das Projekt mit aufgenommen werden. Vorteilhaft ist die über das Messkonzept gegebene Betrachtungstiefe, die vor allem im Hinblick auf Validierung von Simulationsmodellen wichtige Erkenntnisse liefert.

## **9 Fazit**

### **9.1 Weiteres Vorgehen**

Der Fokus des weiteren Vorgehens liegt auf der Beseitigung noch ausstehender Mängel im Messkonzept. Zwar konnte über das umgesetzte Betriebsmonitoring die Erreichung der

angestrebten Energiekennwerte dokumentiert werden, dennoch sollte für die Zukunft die Möglichkeit bestehen, eine differenziertere Betrachtung vornehmen zu können.

Höchste Priorität hat der Austausch der Stromzähler, die Probleme hinsichtlich der Korrelation mit der GLT aufweisen. Dadurch wird die Möglichkeit wiederhergestellt, die erfassten Verbrauchsdaten der Stromzähler über die Fernauslese bereitzustellen. Dies ist vor allem wichtig, da erhöhter personeller Aufwand durch manuelles Ablesen der Zähler entsteht. Weiterhin soll in Abstimmung mit dem Gebäudemanagement der Anteil der passiven Kühlung an der Energiebereitstellung vergrößert werden.

## 9.2 Ausblick

Die erfolgreiche Umsetzung des Projektes stellt eine modellhafte Vorgehensweise für zukünftige Bauprojekte im Hochschulbau für das staatliche Baumanagement Südniedersachsen und andere Instanzen des öffentlichen Bereiches dar. Das Interesse der Übertragbarkeit des Projekts besteht nicht allein in der Umsetzung eines Niedrigstenergiegebäudes. Neben dem ökologischen Aspekt ist das Projekt vielmehr der Beleg dafür, dass der überdurchschnittliche Standard durch den integralen Ansatz auch ökonomisch unter Einhaltung der Kostenrichtwerte im Hochschulbau umsetzbar ist. Die Wahl eines Planungsteams und der verstärkte Einsatz von Simulationen in der Konzept- und Planungsphase sind hier hervorzuheben.

Speziell für dieses Vorhaben ist es wichtig, dass das Betriebsmonitoring auch im Anschluss an die Begleitforschung fortbestehen kann. Von Vorteil ist hier die Anbindung des Gebäudes an das Labor der Fakultät Versorgungstechnik. Weiterhin soll die Einbindung des vorhandenen Messkonzeptes in die Lehrveranstaltungen der Ostfalia weiter vertieft werden. Im Zuge dieser Lehrveranstaltungen können weiterhin die wesentlichen Verbrauchsdaten in regelmäßigen Abständen, sowohl durch Bachelor- als auch Masterstudenten erfasst werden und somit vor allem den Studierenden eine Diskussionsgrundlage zu klimarelevanten Nachhaltigkeitsaspekten im Gebäudebetrieb bieten.

Weiterhin besteht das Interesse, das Gebäude auch fakultätsübergreifend vermehrt in die Lehre einzubinden. Hier besteht durch Kooperation mit dem Studiengang Mediengestaltung als Nutzer eine gute Ausgangsbasis für die Publikation von Daten und Erkenntnissen aus dem Gebäudebetrieb auf unterschiedlichen Ebenen.

Im Zuge des Erfahrungsaustausches während der Workshops haben sich einige besonders interessante Themen heraus kristallisiert. So werden Neubauten in der Regel zwar mit Zählern zur Verbrauchserfassung ausgestattet, dennoch ermöglicht die umgesetzte Mindestausstattung nur eine geringe Detailtiefe der Auswertung. Detaillierte Aussagen zu

möglichen Optimierungen können nicht getroffen werden. Darüber hinaus ist im Gebäudebestand eine unzureichende Verbrauchserfassung vorherrschend. Reges Interesse besteht generell an einem vermehrten Erfahrungsaustausch.

Die Weiterführung der Öffentlichkeitsarbeit ist entsprechend erklärtes Ziel der Hochschule, der Nutzer und des Baumanagements. Über die Integration des Monitorings in die Hochschulausbildung sowie das Angebot von Workshops an Betreiber und Planer soll das Gebäude auch nach Abschluss als Demonstrationsobjekt für wirtschaftlich darstellbares, nachhaltiges Bauen nutzbar sein.

---

## 10 Literaturverzeichnis

Bigalke, Uwe, et al. 2012.

*Der dena-Gebäudereport 2012 - Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.* Energieeffiziente Gebäude. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH(dena), 2012.

BMVBS. 2009.

*Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand.* Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin : BMVBS, 2009.