

Integriertes Klimaschutzkonzept für die Flensburger Hochschulen

Workshop Gebäude

Flensburg, 03.12.2014

Dipl. Wi.-Ing. Simon Laros, Dipl. Wi.-Ing. Martin Beer
SCS Hohmeyer | Partner GmbH

Zeitplan

09:00	45 min	Einführung - Ziele und Ablauf des Workshops - Das integrierte Klimaschutzkonzept für den Campus Flensburg - Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen des Gebäudebestands
09:45	15 min	Pause
10:00	50 min	Maßnahmen zur Reduzierung des Stromverbrauchs - Identifizierung der umsetzbaren Maßnahmen nach Technologie - Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen
10:50	70 min	Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmeverbrauchs - Identifizierung und Priorisierung kurz- und mittelfristig umsetzbarer Maßnahmen - Langfristig umsetzbare Maßnahmen / Maßnahmen im Sanierungszyklus - Optimierung des Wärmenetzes auf dem Campus
12:00	15 min	Pause
12:15	40 min	Strategien für die Umsetzungsphase - Mittelbeantragung bei der GMSH - Aufgaben eines möglichen Klimaschutzmanagements - Einbeziehung von MitarbeiterInnen und Studierenden
12:55	5 min	Schlusswort

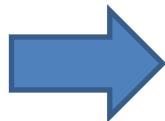
Das integrierte Klimaschutzkonzept für den Campus Flensburg

Ziele des Klimaschutzkonzeptes

- Bestandsaufnahme Energieverbräuche und CO₂-Emissionen
 - Immobilien
 - MitarbeiterInnenmobilität
 - Erstellung einer fortschreibbaren Energie- und CO₂-Bilanz
 - Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen
 - Reduzierung der CO₂-Emissionen um 30 % bis 2020
 - Aufzeigen eines Wegs zur CO₂-Neutralität bis 2050
 - Detaillierter abgestimmter Maßnahmenkatalog für die Hochschulen
 - Aktivierung und Motivation von MitarbeiterInnen
-

Fragen der Maßnahmendefinition

- **WAS?** – Art und Wirkweise der Maßnahme? Chancen / Hemmnisse?
- **WER?** – Verantwortlichkeit? Externe Zusammenarbeit?
- **WANN?** – Zeitpunkt der Umsetzung? Priorisierung?
- **WIE VIEL?** – Umfang und Einsparung?
- **WIE TEUER?** – Kosten der Umsetzung / Folgekosten?



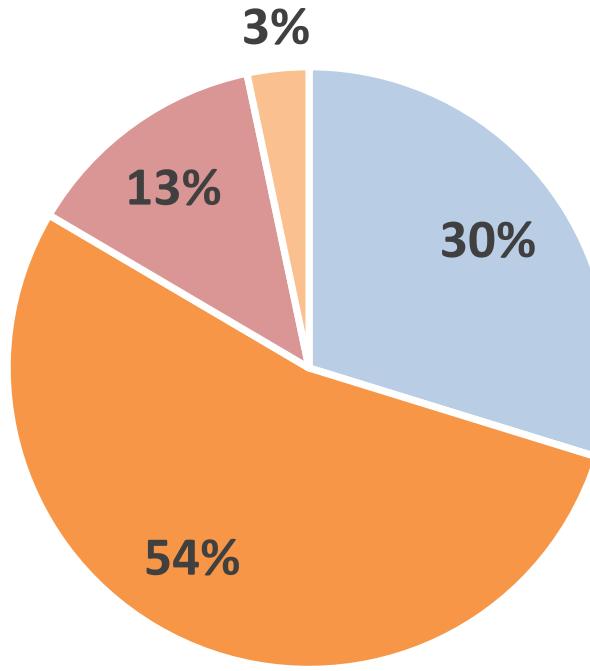
Entwicklung eines abgestimmten Handlungsplanes

Auswertung Energieverbrauch und CO₂-Emissionen Gebäude

Betrachtete Gebäude



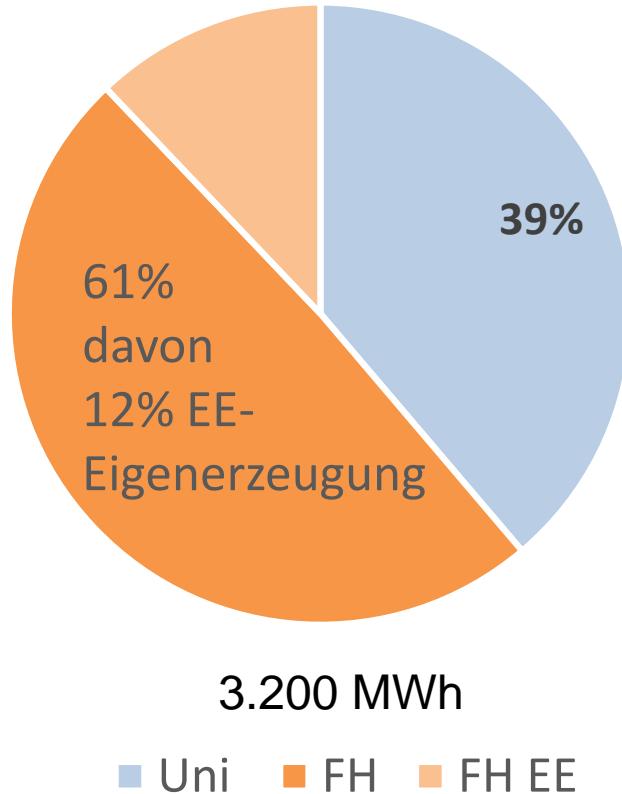
Wärmebedarf im Jahr 2013



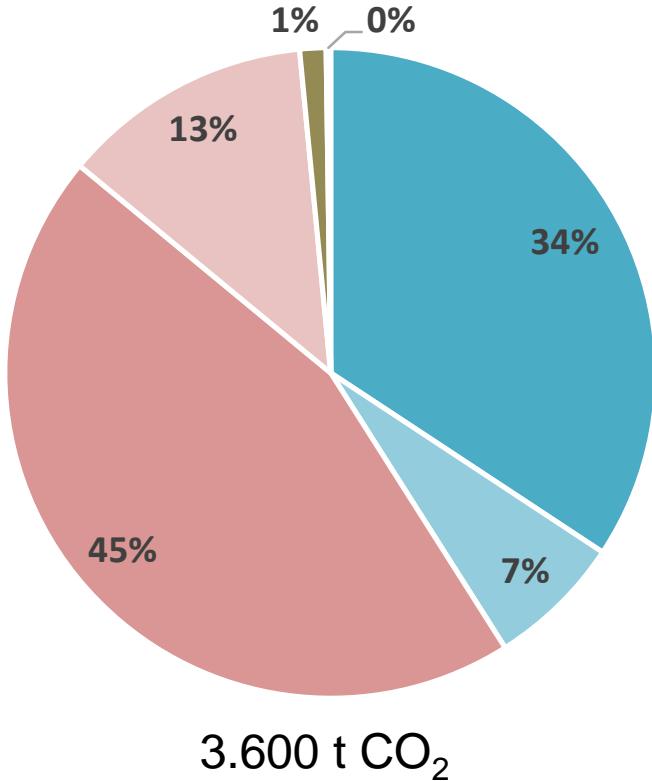
5.200 MWh (witterungsbereinigt)

- Uni
- FH
- Verluste Wärmenetz
- FH Außenstelle Kielseng

Strombedarf im Jahr 2013

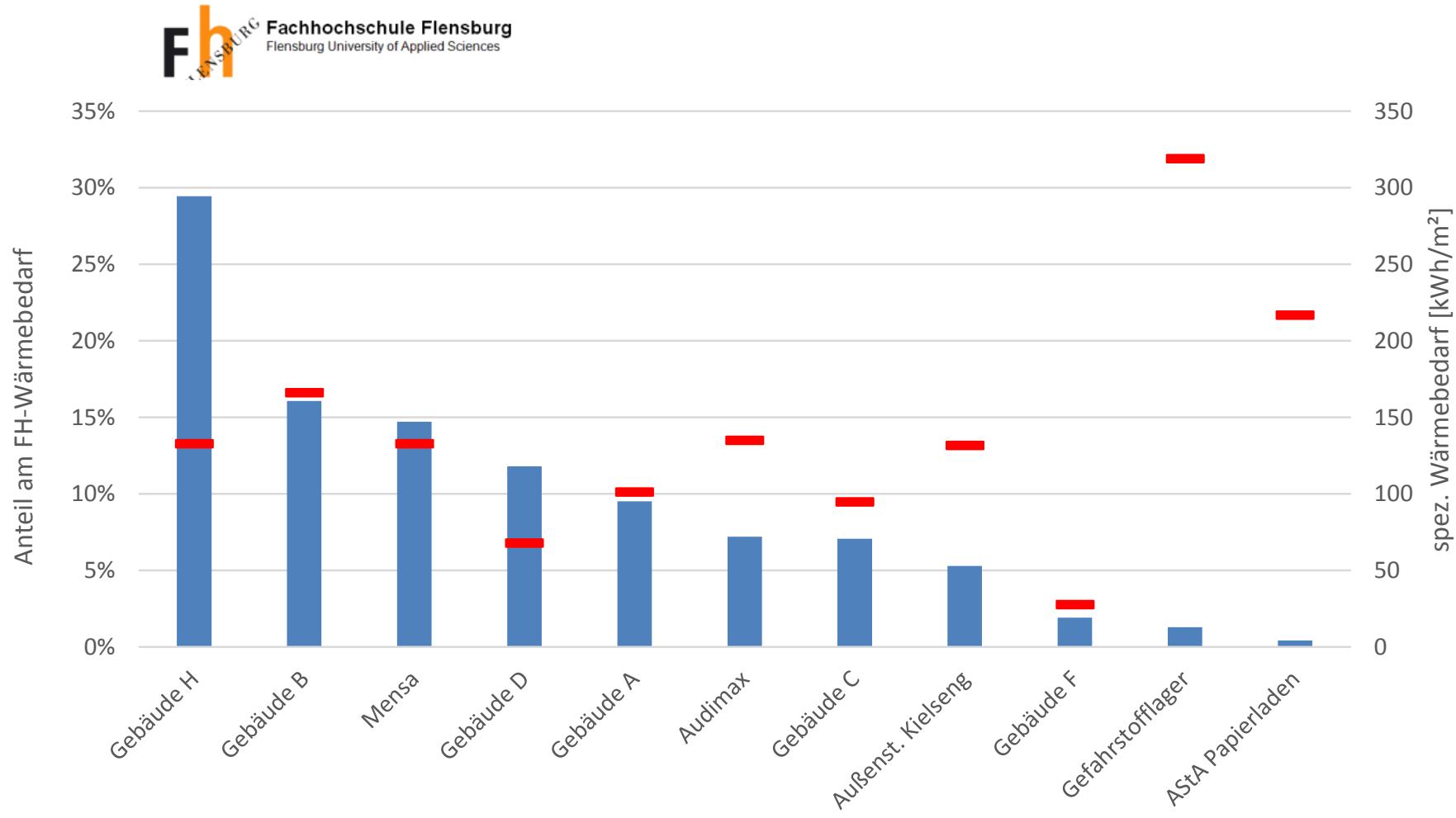


CO₂-Emissionen Bereich Gebäude

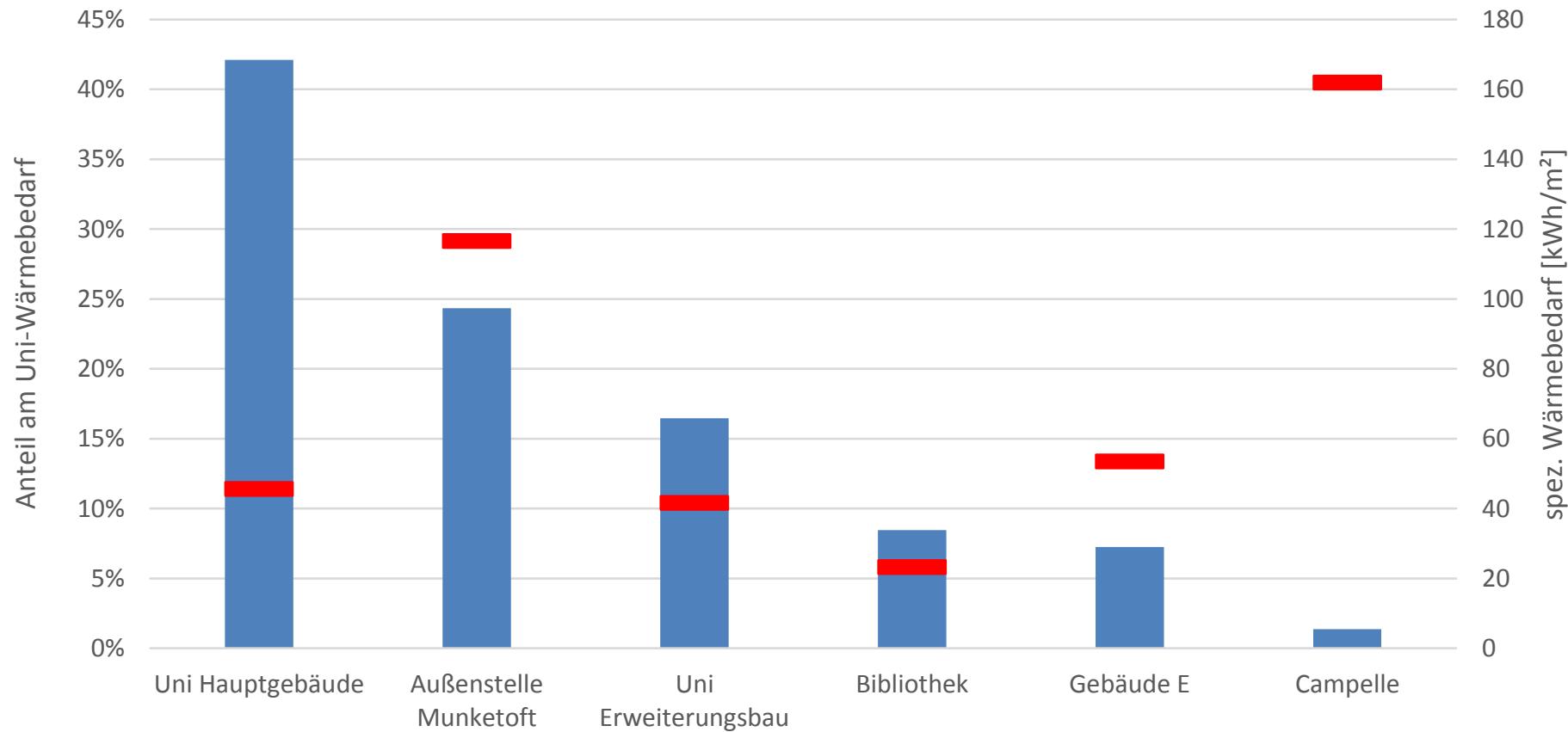


- Strom direkt
- FW direkt
- Heizöl direkt
- Strom indirekt
- FW indirekt
- Heizöl indirekt

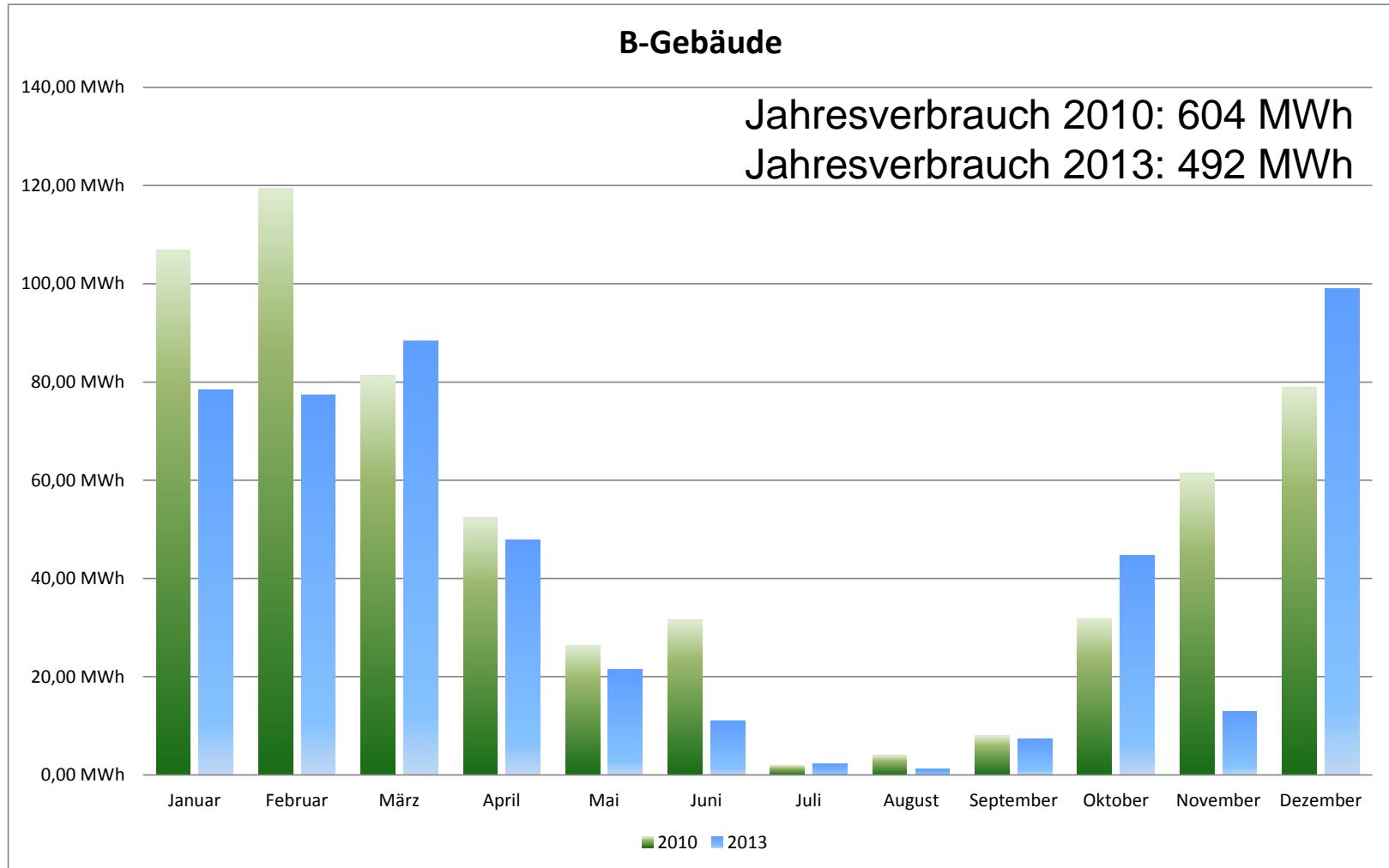
Portfolio-Darstellung Wärme



Portfolio-Darstellung Wärme



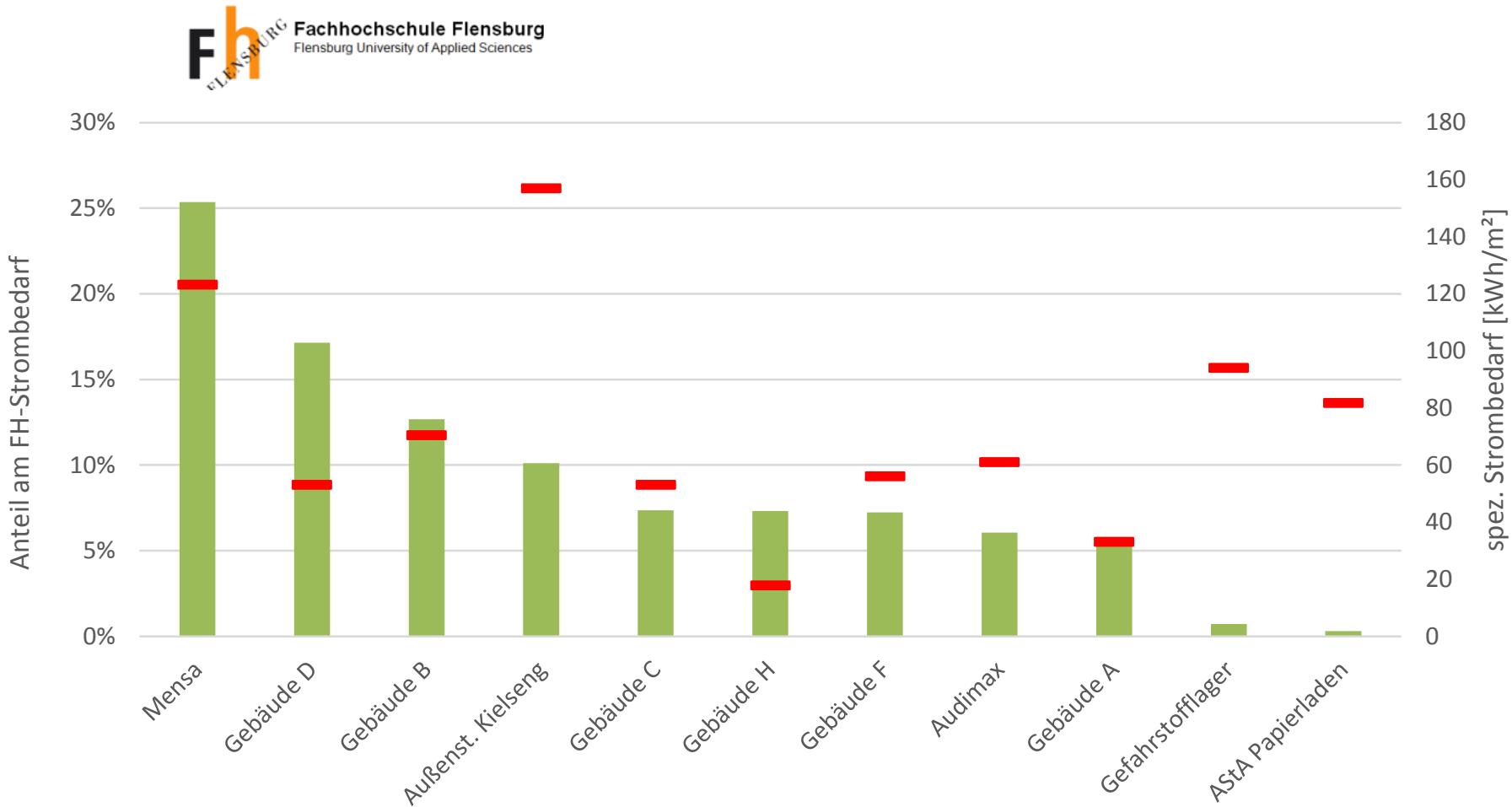
Wärmeverbrauch Monatsverteilung



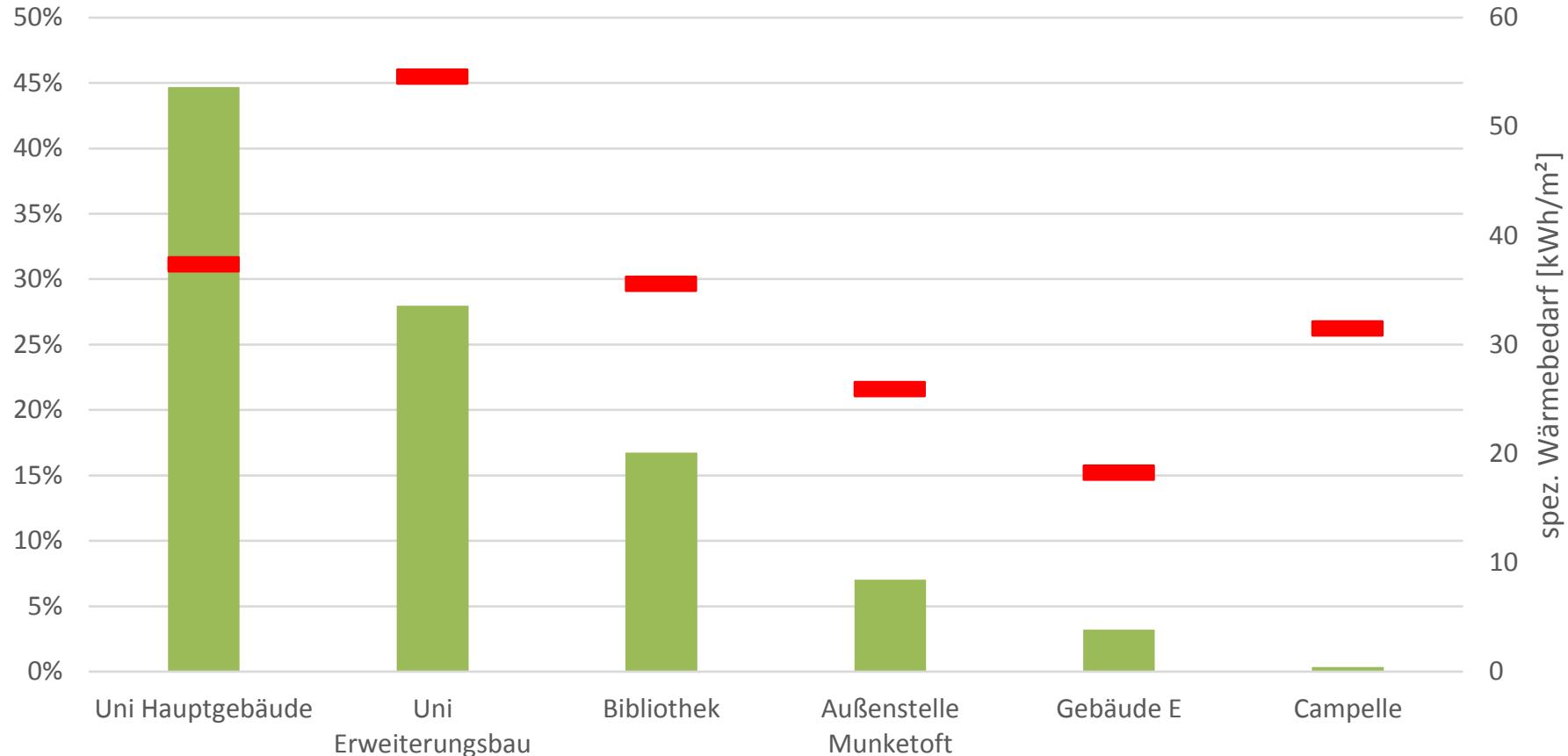
Schlussfolgerungen

- In 5 Wintermonaten > 70 Prozent des Wärmeverbrauches
 - Sanierung des B-Gebäudes hat zu signifikanten Einsparungen geführt -> ca. 20 Prozent
 - Dennoch verbraucht das B-Gebäude mehr Wärmeenergie als die Mensa
 - Die Hauptgebäude der Hochschulen sind die größten Gesamtverbraucher
-

Portfolio-Darstellung Strom

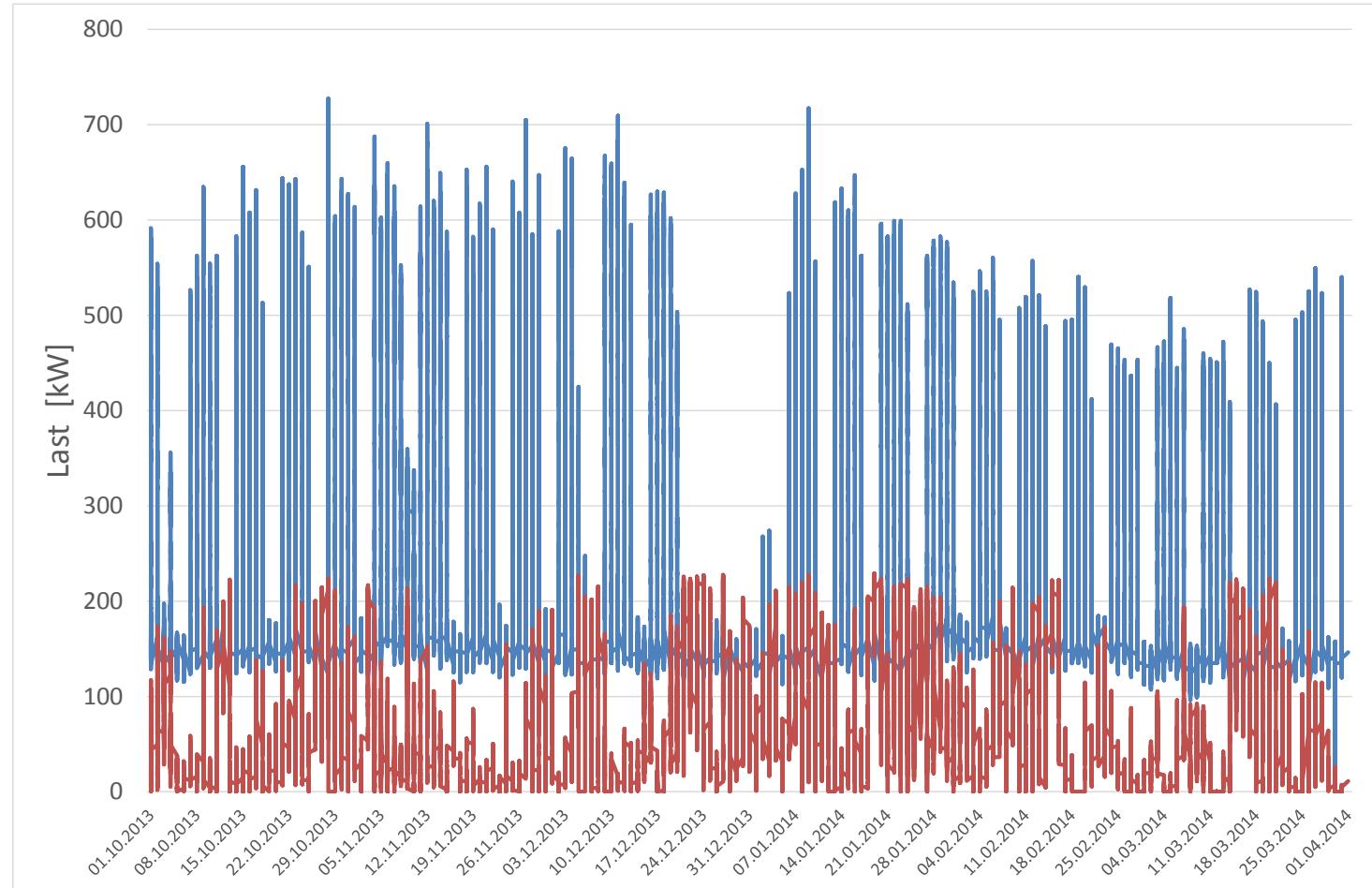


Portfolio-Darstellung Strom

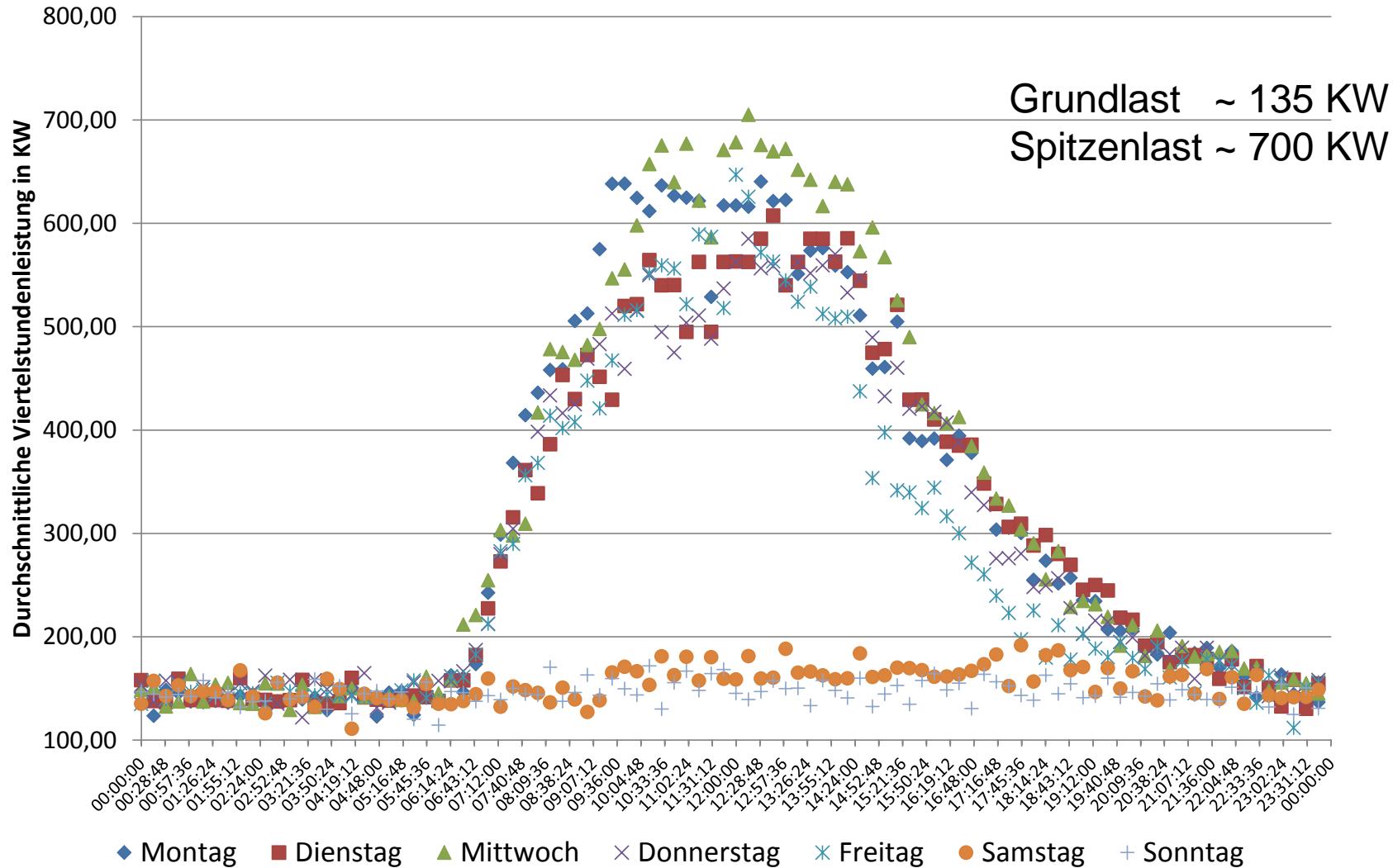


Erzeugung und Eigennutzung EE

Erzeugungskurve FH vs. Lastgang FH (Okt 2013 – März 2014)

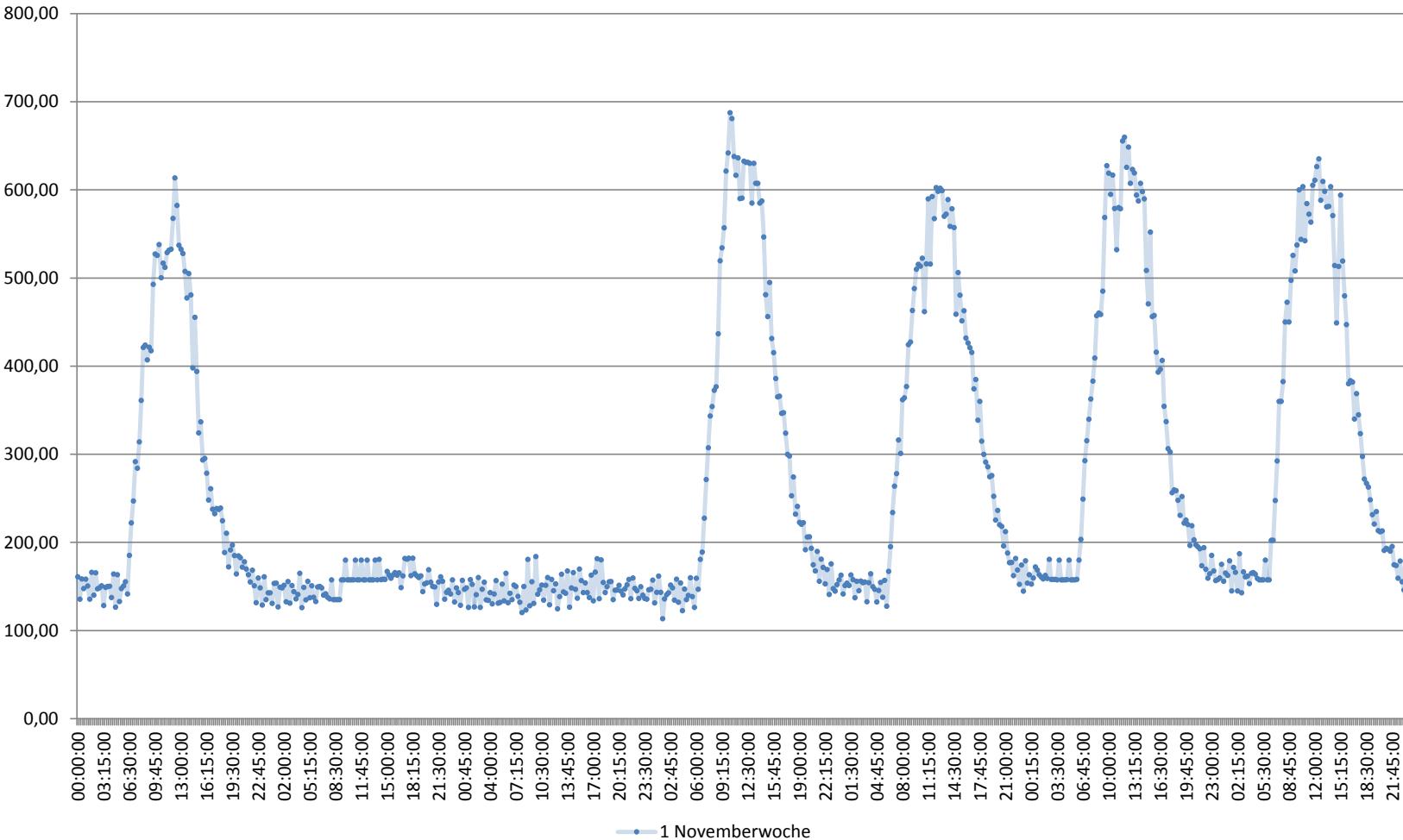


Lastgang FH

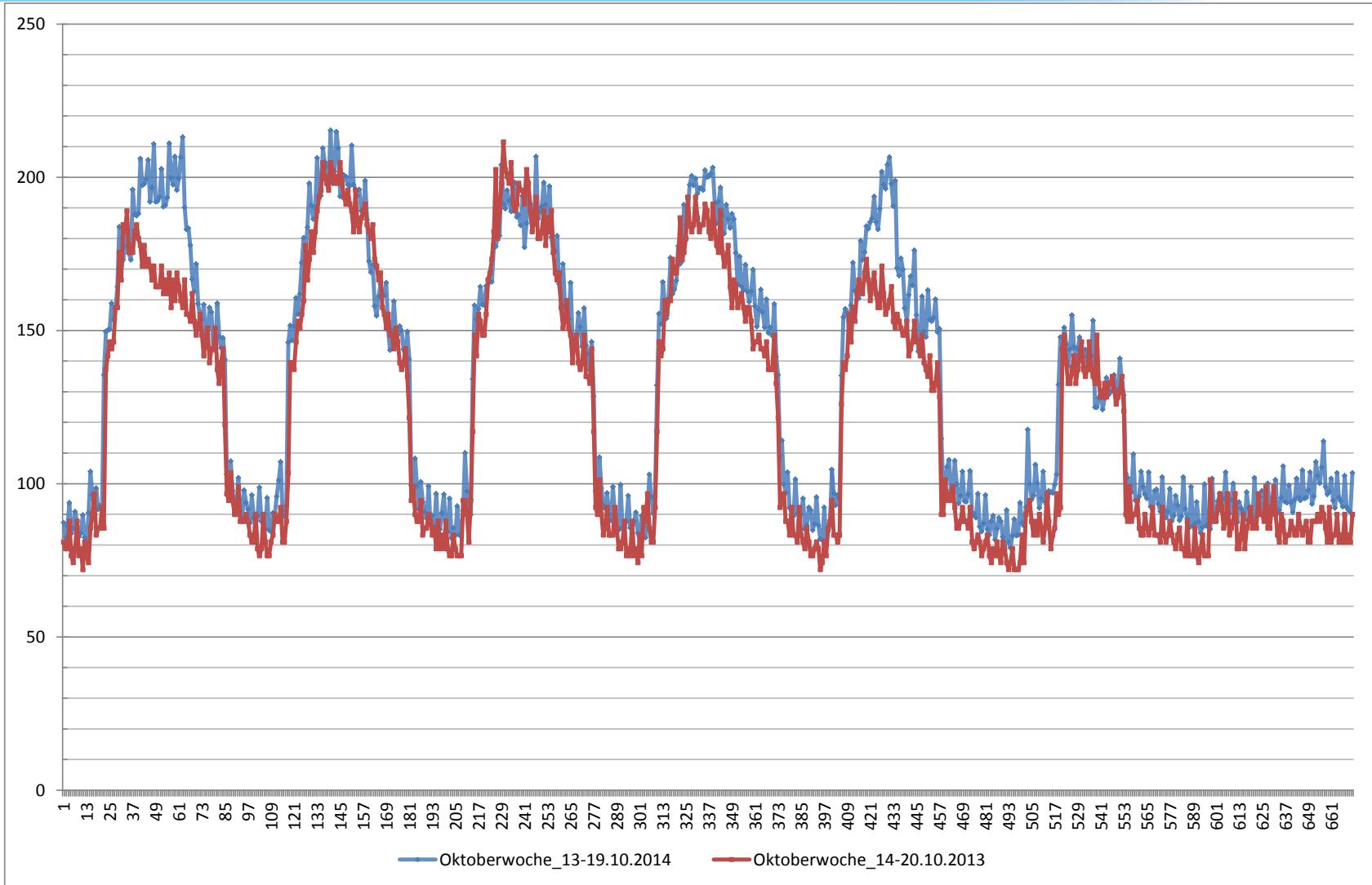


Lastgang im Wochenverlauf FH

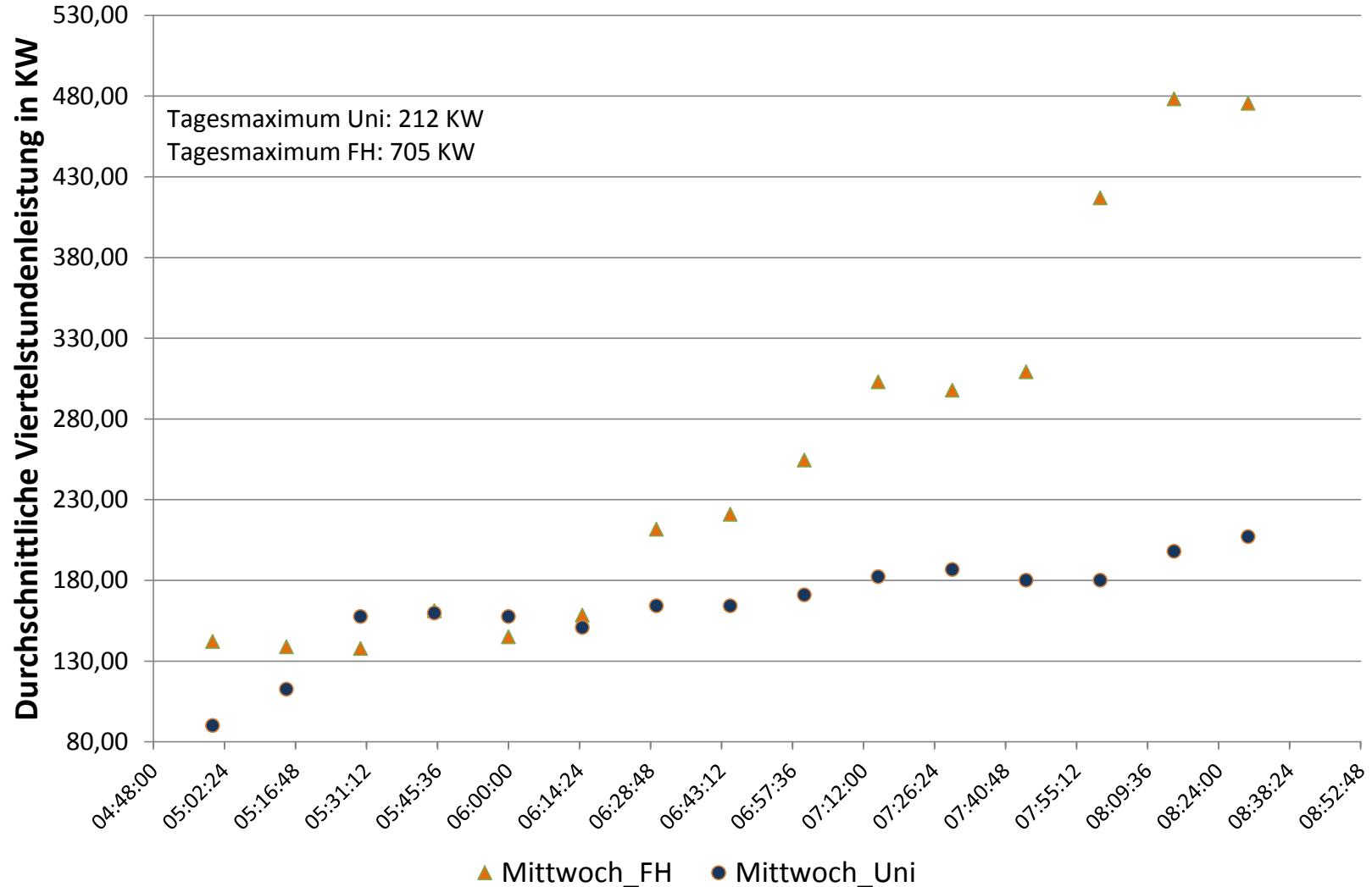
1 Novemberwoche



Vergleich Uni 2013/2014



Vergleich des Tagesstarts



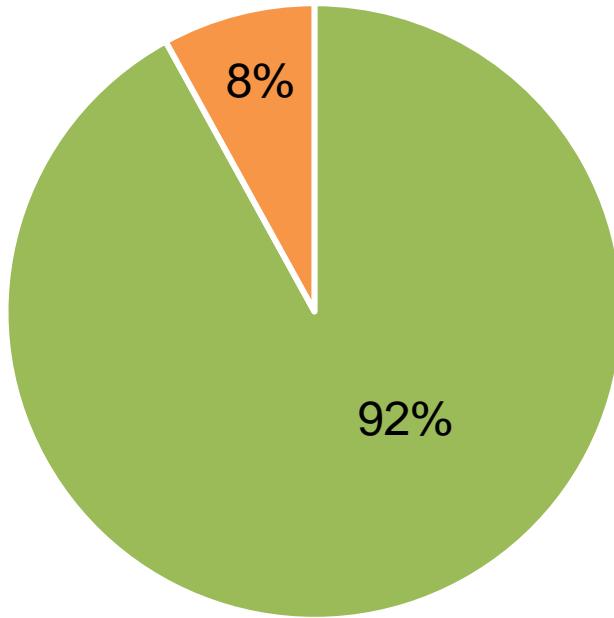
Abschätzung des Einsparpotentials

- $82,124 \text{ kWh/a} \times 250 = 20.531 \text{ kWh}$
- $\times 0,183 \text{ ct/kWh} = 3.757 \text{ € pro Jahr}$

Fazit Lastgänge

- Lastgänge sind eine gute Informationsquelle
 - Weitere Aufschlüsselung der Lastgänge sinnvoll
 - Verschiebung/ Verteilung der Lastspitzen im Tagesverlauf führt zu einer Kostensenkung
 - Vergleich zwischen den Hochschulen bietet Synergiepotentiale
 - Es gibt noch ein PV-Ausbaupotential bei der Universität
-

Erzeugung und Eigennutzung EE



420 MWh/a

- Eigenverbrauch
- Einspeisung

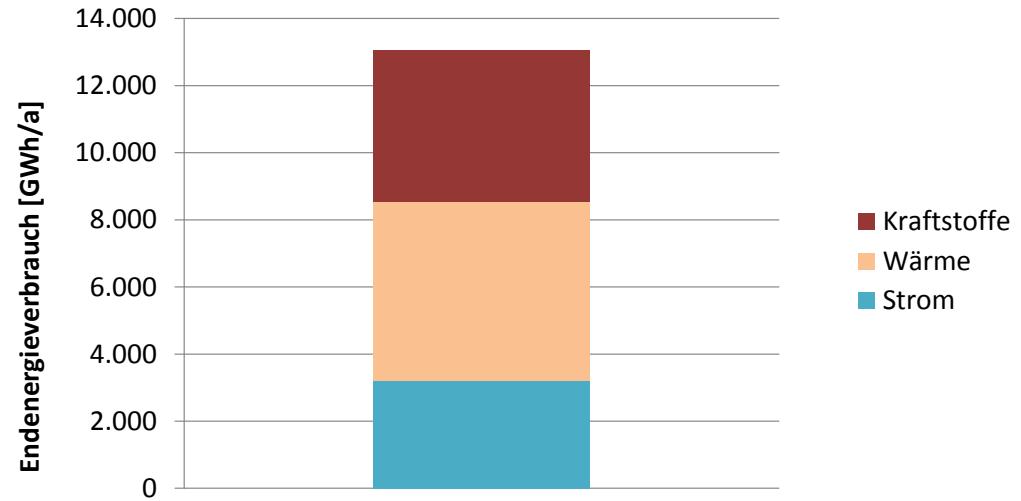
- Windenergieanlage erzeugt Strom im Wert von ca. 96.000 Euro/Jahr
- Davon werden ca. 6.000 €/Jahr ohne Entgelt ins Stadtwerkenetz eingespeist

Einordnung in die Energie- und CO₂-Bilanz

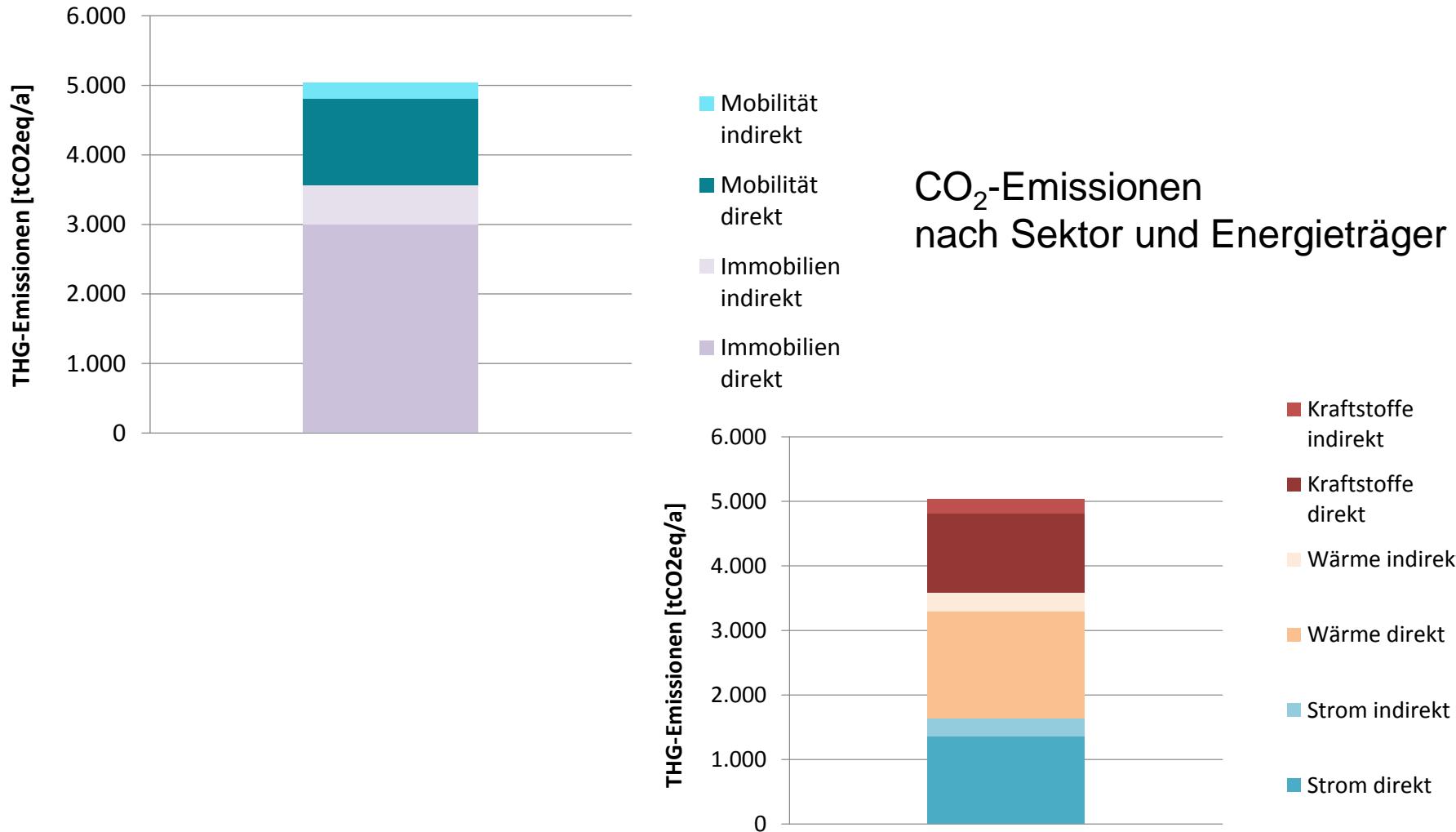
Energie- und CO₂-Bilanz 2013



Endenergieverbrauch
nach Sektor und Energieträger

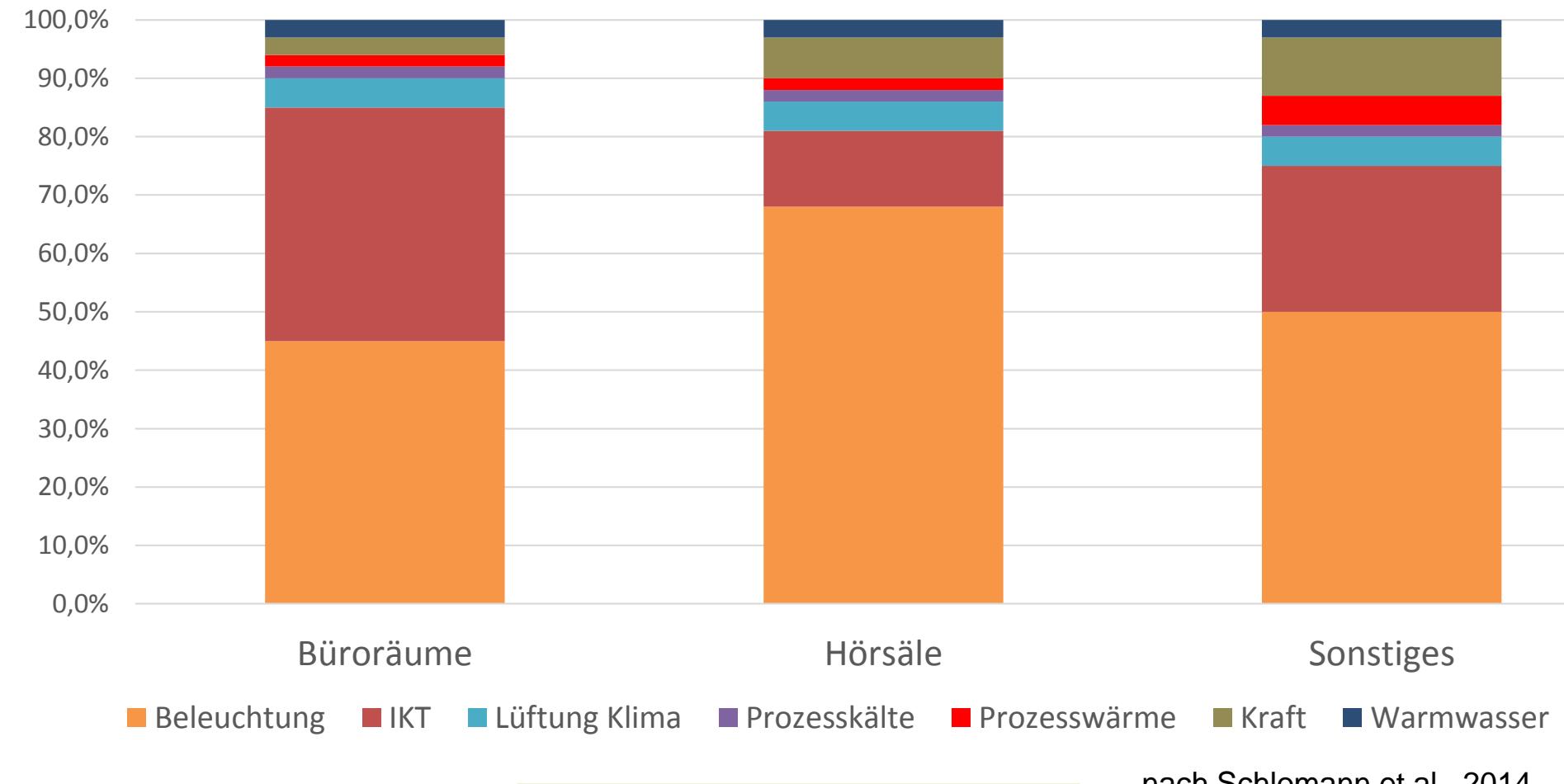


Energie- und CO₂-Bilanz 2013



Maßnahmen zur Reduzierung des Stromverbrauches

Stromverbrauch nach Querschnittstechnologien



Generelle Maßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs

Beschaffung und Vergabe von Aufträgen

- Langfristig die verursachten CO₂-Emissionen bei der Vergabe und der Beschaffung berücksichtigen
- Aufforderung zur Ausweisung der Kosten und CO₂-Emissionen im Lebenszyklus (ggf. Zweistufig)
- Verrechnung mit dem CO₂-Preis einer Kompensation ca. 14 € pro Tonne CO₂
- Vergabe an das resultierend wirtschaftlichste Angebot
 - ⇒ Ökobilanz wäre noch besser im Sinne der Nachhaltigkeit
 - ⇒ Zunächst Pilotausschreibungen in besonders relevanten Bereichen und Nutzen von Leitfäden und bundesweiten Initiativen einer nachhaltigkeitsfördernden Beschaffung durch die öffentliche Hand

Optimierung der Betriebsführung

- Energieeinstellungen IT (→ Arbeitsgespräch IT)
- GLT und EIB
- Grundlast reduzieren
- Energetische Optimierung von Laboreinrichtungen

LED und RLT im Rahmen der NKI

Gegenstand der Förderung sind:

- der Einbau hocheffizienter LED-Beleuchtung in Verbindung mit einer nutzungsgerechten Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung der Innen- und Hallenbeleuchtung mit einem CO₂-Minderungspotenzial von mindestens 50 %,
-> Zuschuss 30 %, nur komplette LED-Leuchten mit Regelung
- die Sanierung und Nachrüstung von raumlufttechnischen Geräten
-> Zuschuss 25 %
- Folgende Kriterien bei zentralen RLT-Geräten müssen erfüllt werden:
 - die Energieeffizienzklasse A+
 - Wärmerückgewinnung
 - bedarfsgerechte Steuerung (z. B. Luftgütesensoren, Zeitprogramme, manuelle Eingriffsmöglichkeiten)
- Nicht förderfähig: Planungsleistungen, unwirtschaftliche Maßnahmen, Mindestzuwendung 5.000 €

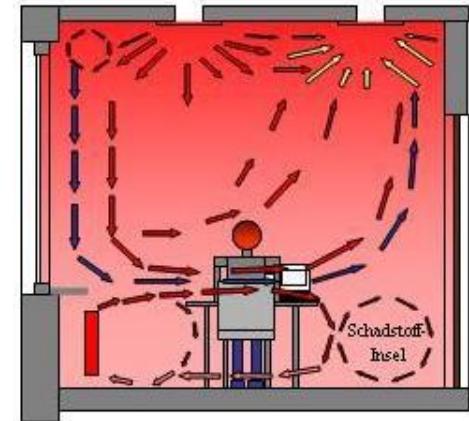
Optimierung LED und RLT

- Gebündelte Antragstellung möglich
 - Ähnliche Antragsbedingungen
(Zusammenschlussvereinbarung, Formblatt)
 - Umrüstung von Leuchten mit hohen Nutzungszeiten
und hohen Regelungspotential sinnvoll
 - Kühlung mit Fernwärme
→ Adsorptionskältemaschine?
 - Welche Gebäude kommen in Frage?
-

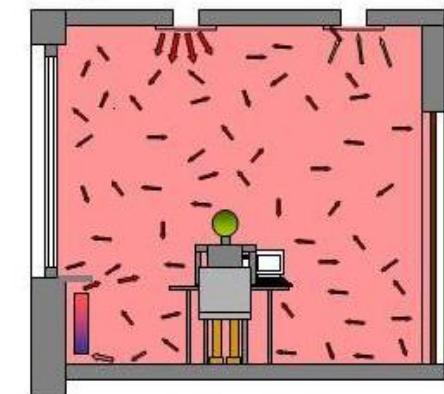
BAOPT – Bosch Energy and Building Solutions

- 30-70 % Energiekostensenkung
- Geringe Kosten 25.000 €/Hörsaal
- Mehr Raumkomfort/Luftqualität
- Physikalische Erklärung?: Chaotische Luftverteilung führt zu Isolierschichten und Behaglichkeit
- FH Kiel hat das System installiert
- Viele positive Referenzen (Bothe FH Kiel)

Gerichtete Strömung



konventionell
Ungerichtete Strömung



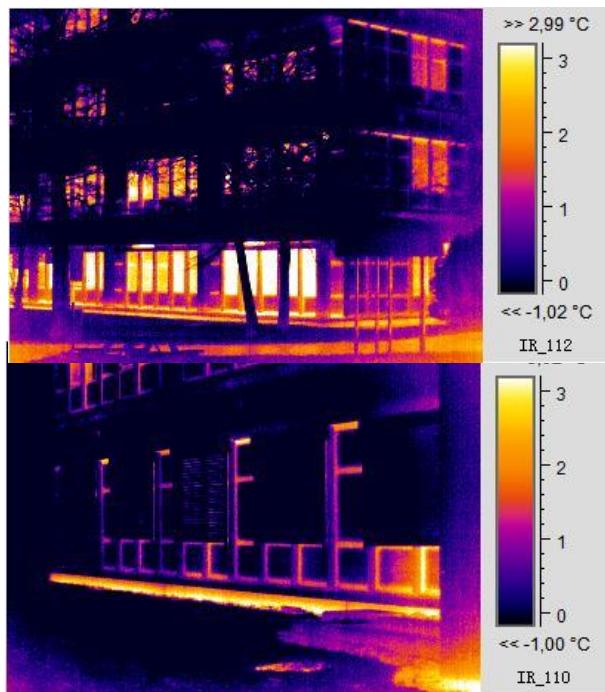
BAOPT®

Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmeverbrauches

Infrarotaufnahmen FH



A



C



B

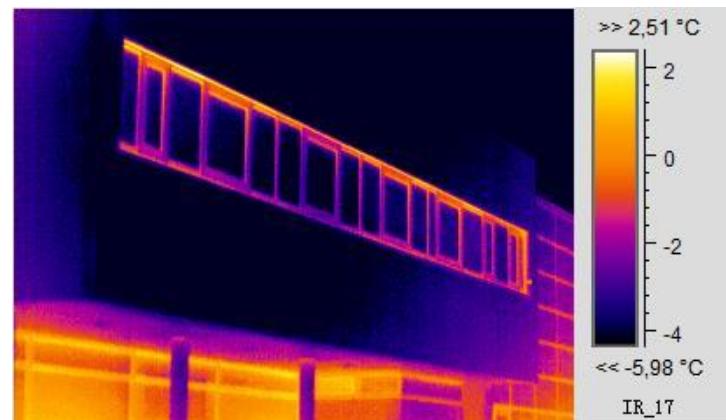


H

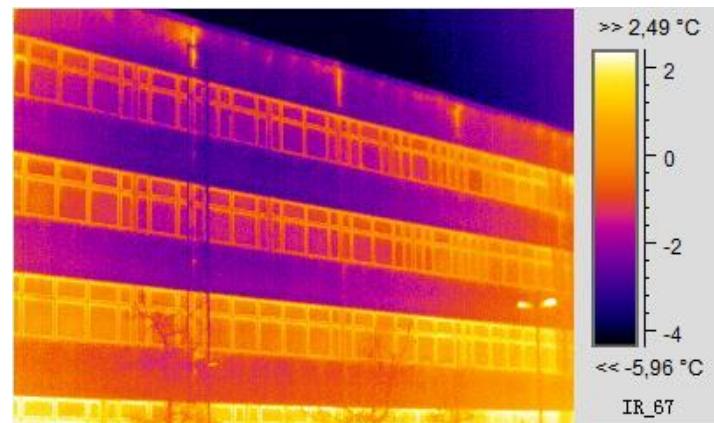
Infrarotaufnahmen Uni



EB

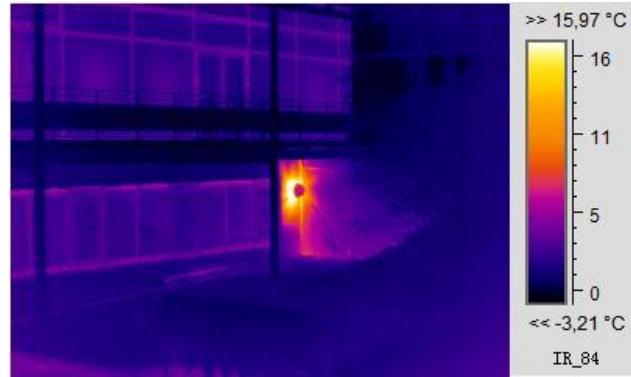
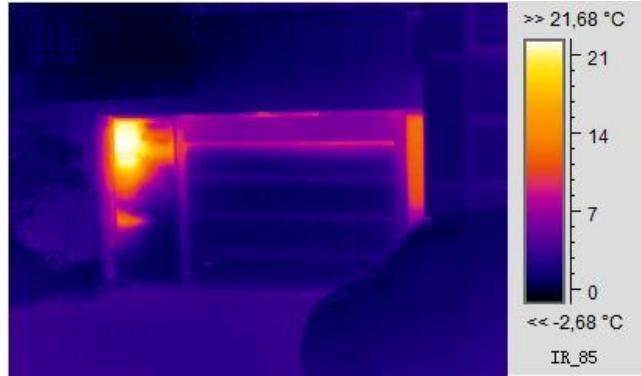


Mensa

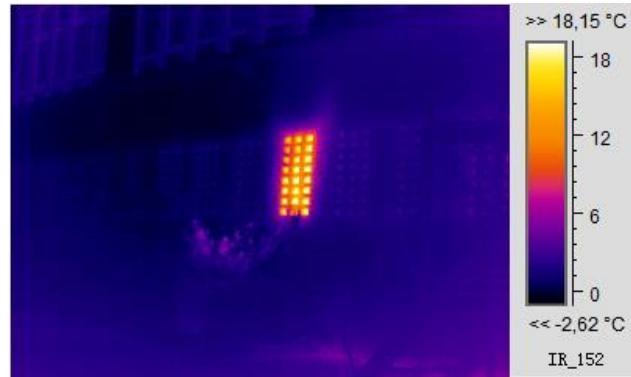
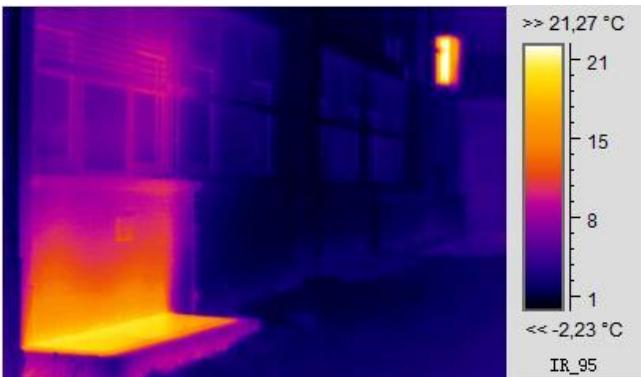


HG

Campus-Hotspots



Mensa



FW-Übergabe

D

B

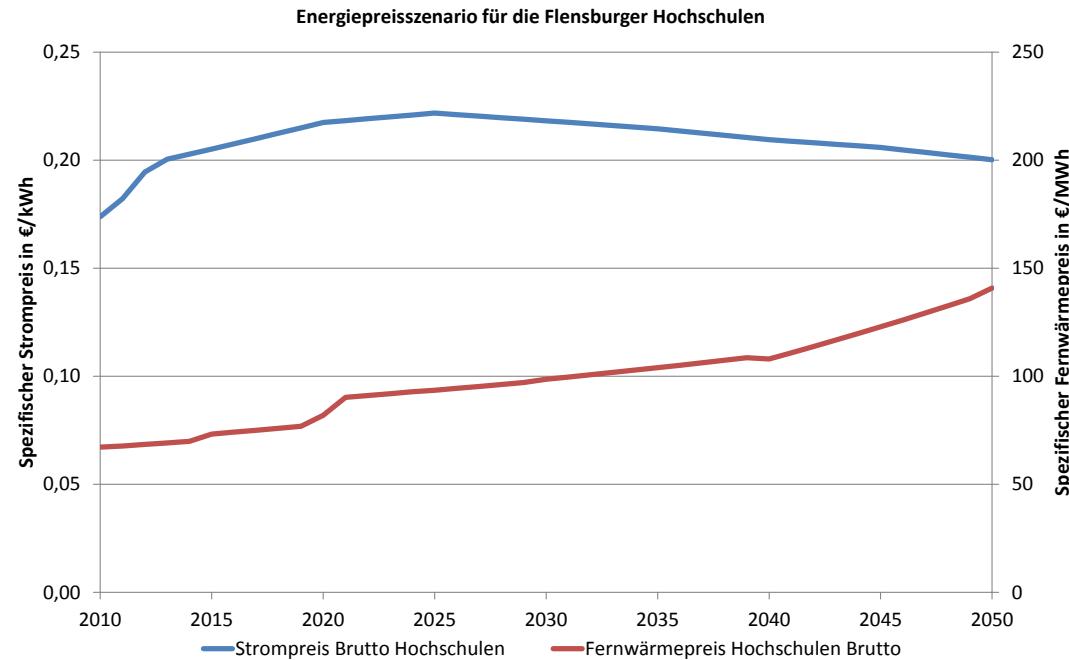


- Umgang mit dem Kasseler Modell? A, B, C, H
 - Steigerung der Dichtigkeit
 - Schadstoffbelastung bei der Umsetzung von Maßnahmen beachten! (Asbest, PCB?)
 - Außendämmung?
 - Innendämmung? → voll/partiell? (70 €/m² für 50 mm)
 - Welche Gebäude werden in absehbarer Zeit angefasst? → Sanierungszyklen
-

Prüfung der Anwendbarkeit des Kopplungsprinzips im Sanierungszyklus

Hintergrund:

- Die meisten energetischen Verbesserungen der Gebäudehülle sind nur bei Kopplung an ohnehin notwendige Sanierungen wirtschaftlich
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen ermöglichen viel Spielraum bei der Wahl der Annahmen (Zins, Preissteigerung, Betrachtungszeitraum)
- Wichtig: Lebensdauer des Bauteils als Betrachtungszeitraum



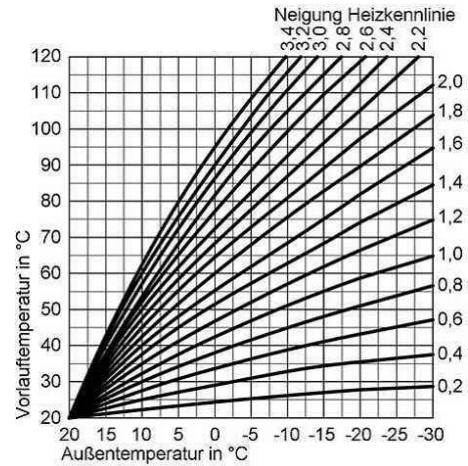
Dämmung Dach / oberste Geschossdecken

- Realisierung außerhalb der Sanierungszyklen möglich
- Anforderung gemäß EnEV 2014
- Wirtschaftlichkeit einer Ausführung über dem EnEV-Standard (ggf. Passivhausstandard) prüfen!
- Welche Gebäude kommen für die wirtschaftliche Umsetzung dieser Maßnahme in Frage?



Geringinvestive Maßnahmen

- Einrichtungsoptimierung
 - Windfänge / Temperatur-Zonierung
 - Maßnahmen zur Steigerung der Behaglichkeit
 - Reduzierung Zugluft -> Blower Door Test
 - Sicherstellung einer optimalen Luftzirkulation an den Radiatoren
 - Potentiale? Umsetzungswahrscheinlichkeit?
- Systemoptimierung / -steuerung
 - Nachtabsenkung, Hydraulischer Abgleich, etc.
 - Bestehen noch verbleibende Potentiale?



Klimaschutz-Infotafeln

- Infotafeln in den Eingängen der relevanten Hochschulgebäude
- Professionelles Layout im Stile des Klimapakt Flensburg e.V.
- Allgemeine Informationen zum Klimawandel, zum Klimaschutzprozess und zur individuellen Handlungsmöglichkeit der Hochschulangehörigen
- Gebäudespezifische Information zum Strom und Wärmeverbrauch
- Während Kampagnen und insbesondere während der Heizperiode monatliches Feedback mit Witterungsbereinigung und Vergleichswerten (Hochschulen, Vorjahreszeiträume)
- Möglichkeit zur Information über aktuelle und generelle Klimaschutzangebote und Anreize zur Verhaltensänderung (ggf. Wettbewerb unter den Gebäuden)



Kampagne Verhaltensänderung

Nutzung des Change Kampagnenportals für Hochschulen

- Regelmäßige Mails des Klimaschutzmanagements mit Hinweisen und Tipps zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz
- Wettbewerb zwischen den Hochschulen / unter den Gebäuden
- Verknüpfung mit Aktionen des Klimapakt



Notwendige Kriterien Neubau

- Endenergiebedarf $\sim 40 \text{ kWh/m}^2$
- Temperaturniveau Heizungsvorlauf ca. 50 – 60 °C
(Versorgung aus dem Rücklauf der anderen Gebäude möglich)
- Erreichbar durch:
 - Gebäudedämmung
 - 3-fach verglaste Fenster
 - Flächenheizungen / Bauteilaktivierung
 - Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
 - Passive Solarnutzung

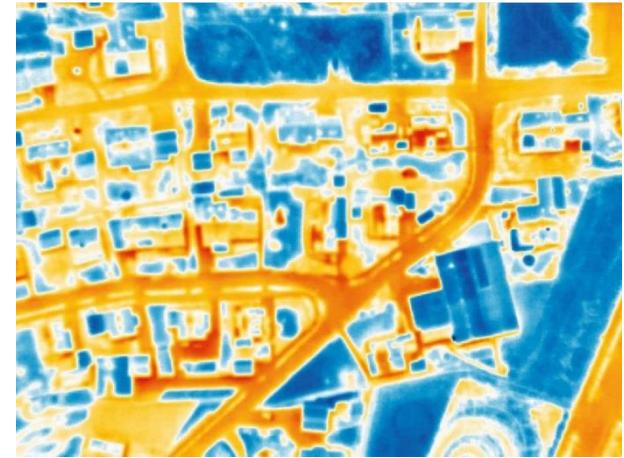


Notwendige Zusatzkriterien im Neubau

- LED-Beleuchtung
- Dachflächen sollen PV-geeignet sein und Kopplung mit PV-Installation prüfen (mind. $3,5 \text{ W/m}^2$ NGF)
- Ökobilanz-optimierte Gebäude aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten sinnvoll, allerdings sicherlich teurer als Standard-Bauweise

Wärmenetzoptimierung

- 13 % des Fernwärmeverbrauchs!
- Erfassen die Gebäudezähler alle Verbräuche (Keller, Labore)?
- Infrarot-Luftbildaufnahmen des Stadtwerke-FW-Netzes
 - Geplant für das Jahr 2015
 - Überprüfung der Wärmeverluste
 - Auch Überprüfung der Dachflächen möglich
- Wann stehen ohnehin Sanierungsmaßnahmen am Campus-Wärmenetz an?
- Lüftung mit Wärmerückgewinnung + Reduzierung Warmluftverluste in den Übergabestationen



- Reduzierung der Vorlauftemperaturen für einzelne Gebäude / Anschluss aus dem Rücklauf?
 - Zunächst Gebäude mit niedrigem spez. Wärmebedarf / Wärmelast und Neubauten
 - Schrittweise auch Bestandsgebäude nach Modernisierung
 - Anschluss der Gebäude über Drei-Leiter-System zur Mischung von Rücklauf und Vorlauf
 - Pilotvorhaben Bahnhofsumfeld Flensburg



Alternative Wärmeversorgung

- CO₂-neutrale Fernwärme bis zum Jahr 2050
- Dennoch: Campus-Wärmenetz bietet gute Voraussetzungen für dezentrale Alternativen
- Konsistent mit dem Klimapakt Flensburg ab ca. 2025

Solarthermie-Freiflächenanlage
inkl. Saisonwärmespeicher &
Wärmepumpen zur Hebung des
Temperaturniveaus

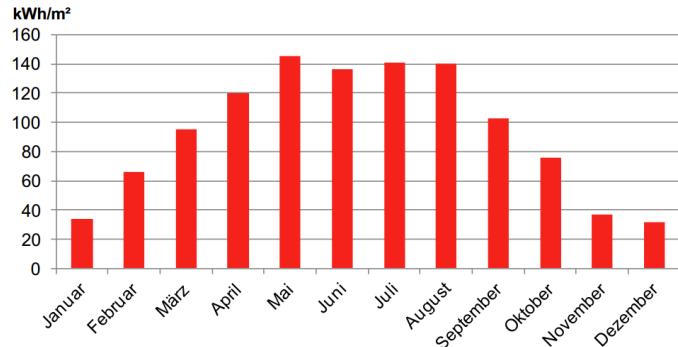


Wärmepumpen mit
Erdsonden

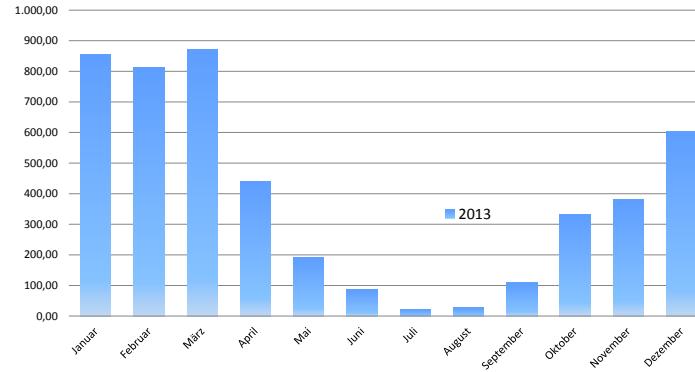


Solarthermie

Globalstrahlung im Jahresverlauf



Wärmebedarf im Jahresverlauf



→ Ausgleich über Saison-speicher

Direkte Entnahme aus Saisonspeicher & Entnahme über Wärmepumpen zur Erreichung der gewünschten Vorlauftemperaturen (z.B. 80 °C)

Solarthermie

Beispiel Gram Fjernvarme, DK



Campus Flensburg:

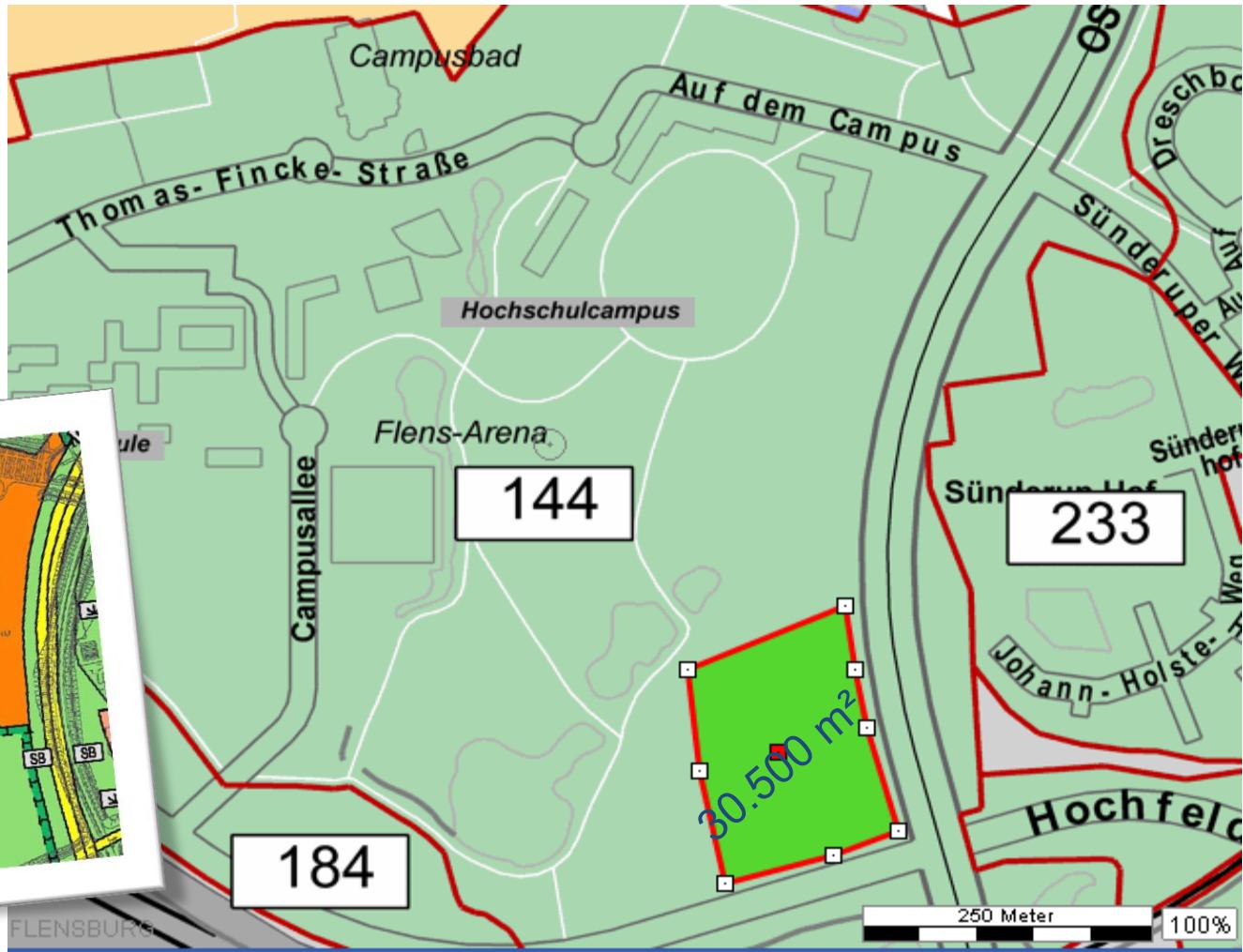
Erzeugung und
Flächenbedarf

5.000 MWh/a
Wärmeerzeugung

Erzeugung Solarthermie	4.000	MWh/a
Strombedarf Wärmepumpen	1.000	MWh/a
Wärmepumpen Leistungszahl	5	
Fläche Solarmodule	9.524	m ²
Grundstücksfläche Solarmodule	23.810	m ²
Grundstücksfläche Erdbeckenspeicher	6.696	m ²
Grundstücksfläche gesamt	30.506	m ²
Leistung Wärmepumpen	2.158	kW

Flächenbedarf

Flächen-
nutzungsplan
Flensburg



Vergleichende Kostenbetrachtung

Solarthermie inkl. Saisonspeicher

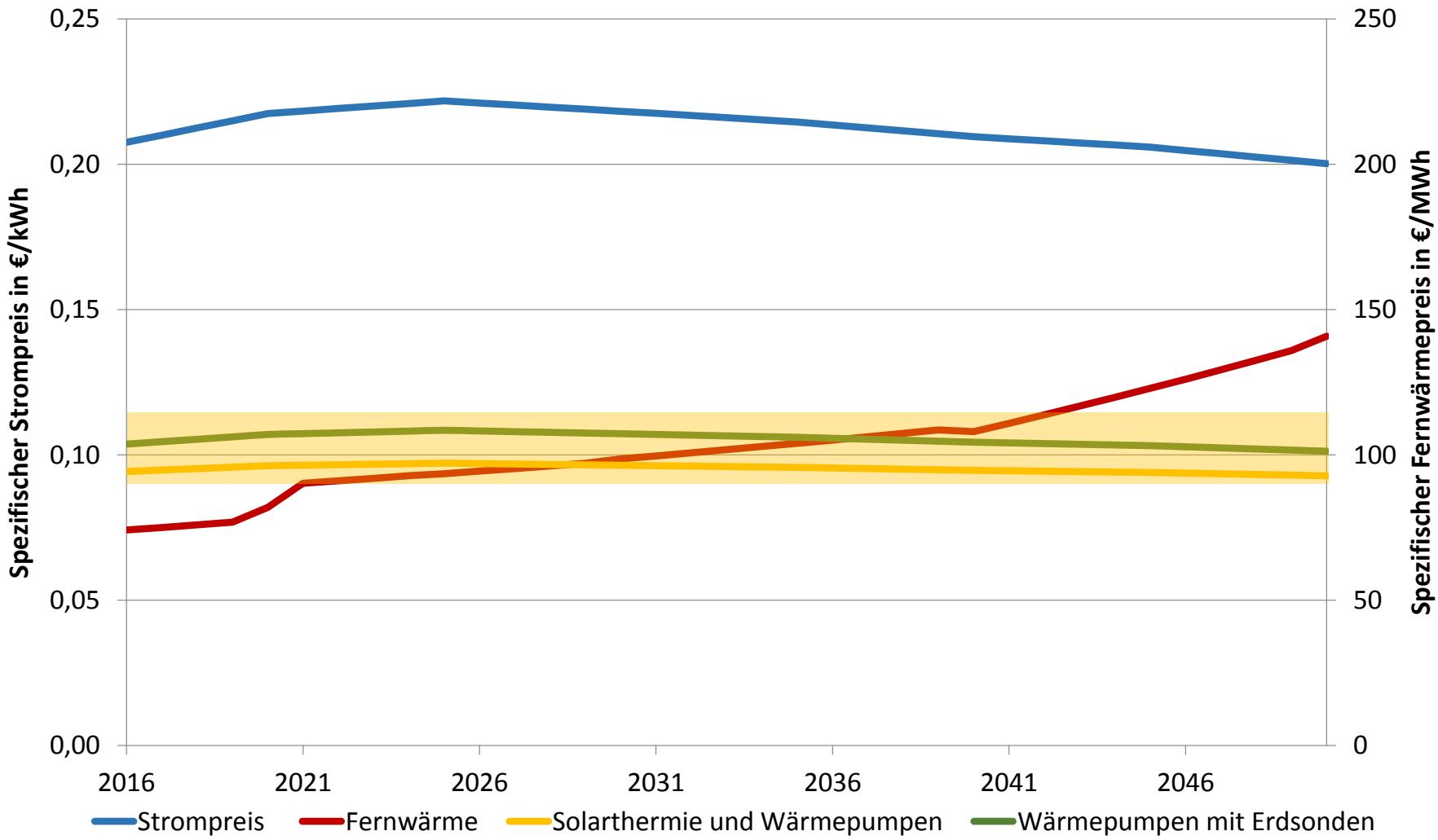
Solarthermiemodule	1.913.690 €	
Erdwärmespeicher	758.929 €	
Wärmepumpen	959.111 €	
Planung, Grunderwerb, Gebäude	1.700.000 €	
KfW-Förderung	- 801.786 €	
SUMME Invest	4.529.944 €	
Annuität	263.850 €	p.a.
Verbrauchskosten Wärmepumpen	200.000 €	p.a.

Wärmepumpen mit Erdsonden

Wärmepumpen	959.111 €	
Erdsonden inkl. Bohrung	1.294.800 €	
Wärmespeicher	300.000 €	
Planung, Gebäude	700.000 €	
KfW-Förderung	- 90.000 €	
SUMME Invest	3.163.911 €	
Annuität	184.284 €	p.a.
Verbrauchskosten Wärmepumpen	333.333 €	p.a.

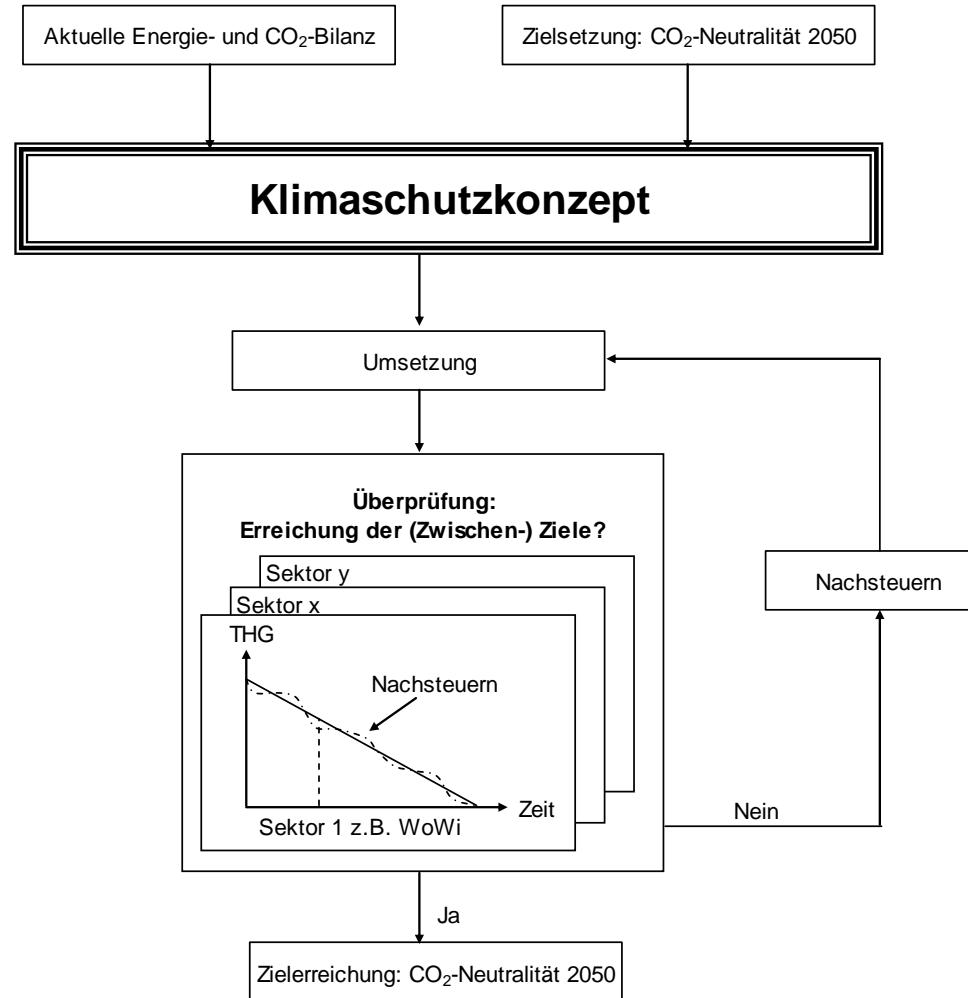
Bei einem Strompreis von 0,20 €/kWh

Preisszenario Wärme



Monitoring und Controlling

Hintergrund



Benötigte Daten

- Strom- und Fernwärmeverbrauch nach Gebäuden (Monatswerte) → auch als Grundlage für das Verbrauchs-Feedback
 - Stromverbrauch zukünftiger E-Ladestationen für Elektrofahrräder und Elektroautos
 - Strom-Lastgänge
 - Erzeugung der Anlagen zur EE-Stromproduktion
 - Informationen zu Energie-Lieferverträgen (z.B. CO₂-Intensität, Anschlussleistung)
 - Informationen zu den durchgeführten Maßnahmen
-