



Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für Gebäude- und Solartechnik  
Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Mühlenpfordtstraße 23  
D-38106 Braunschweig

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



# EnEff Campus: *blueMAP* TU Braunschweig

Integraler energetischer Masterplan TUBS 2020/2050

Forschungsprojekt im Förderkonzept EnEff:Stadt

Dipl.-Ing. Tanja Beier



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

04.05.2016

## Ziele

- Energetische Optimierung des **Campus als Stadtquartier**
- Verdopplung der Klimaschutzziele 2020:  
- **40% Primärenergie**
- Masterplan zur Umsetzung



04 | 2012

09 | 2015

2018

2020

2050

Masterplan

Umsetzung

Monitoring



1.Phase

2.Phase

## Integrales Forschungsteam TU Braunschweig

### Hochschulleitung

#### GB3

Gebäudemanagement  
Jörg Jaspers

#### IGS

Institut für Gebäude- und Solartechnik  
Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch

#### iSE

Institut für Städtebau und  
Entwurfsmethodik  
Prof. U. Brederlau

#### IfP

Institut für Psychologie  
Prof. Dr. S. Kauffeld

#### elenia

Institut für Hochspannungstechnik und  
Elektrische Energieanlagen  
Prof. Dr.-Ing. M. Kurrat  
Prof. Dr.-Ing. B. Engel

### Kooperationspartner extern

- Hochschule der Bildenden Künste  
Institut für Transportation Design,  
Prof. Dr. Wolfgang Jonas
- HIS – HE  
Hochschulentwicklung
- synavision GmbH  
(Monitoring)
- BS I ENERGY

## Schwerpunktthemen

1. Städtebau, Architektur
2. Bauphysik, Gebäudetechnik
3. Energieversorgung / -erzeugung / -verteilung
4. Verkehr + Mobilität
5. Nutzerverhalten



## Kennzahlen TU Braunschweig

6 Fakultäten

122 Institute

3.500 Beschäftigte

18.000 Studierende

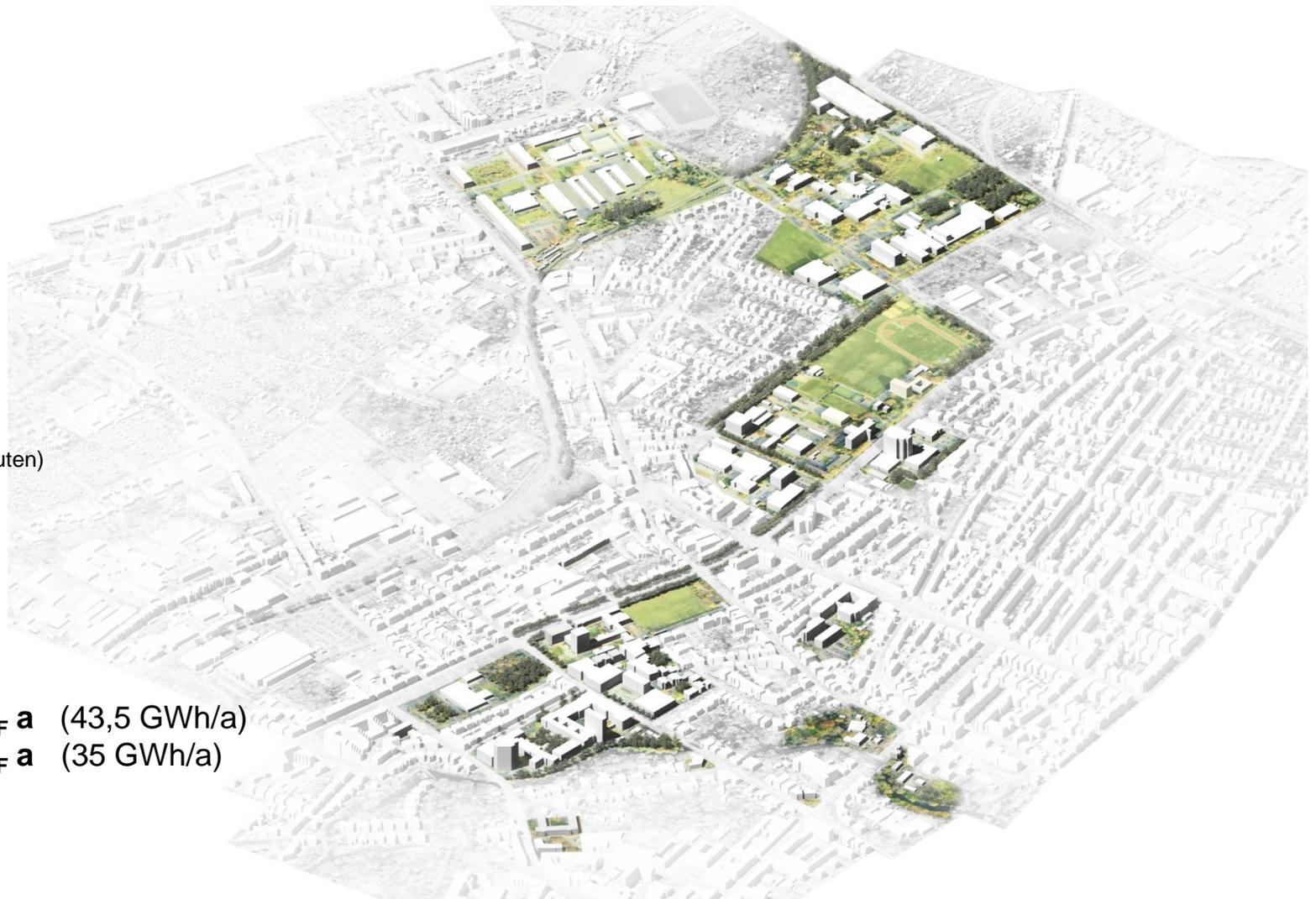
**201 Gebäude** (inkl. Neubauten)

400.000 m<sup>2</sup>  
Nettogrundfläche

### Endenergieverbrauch

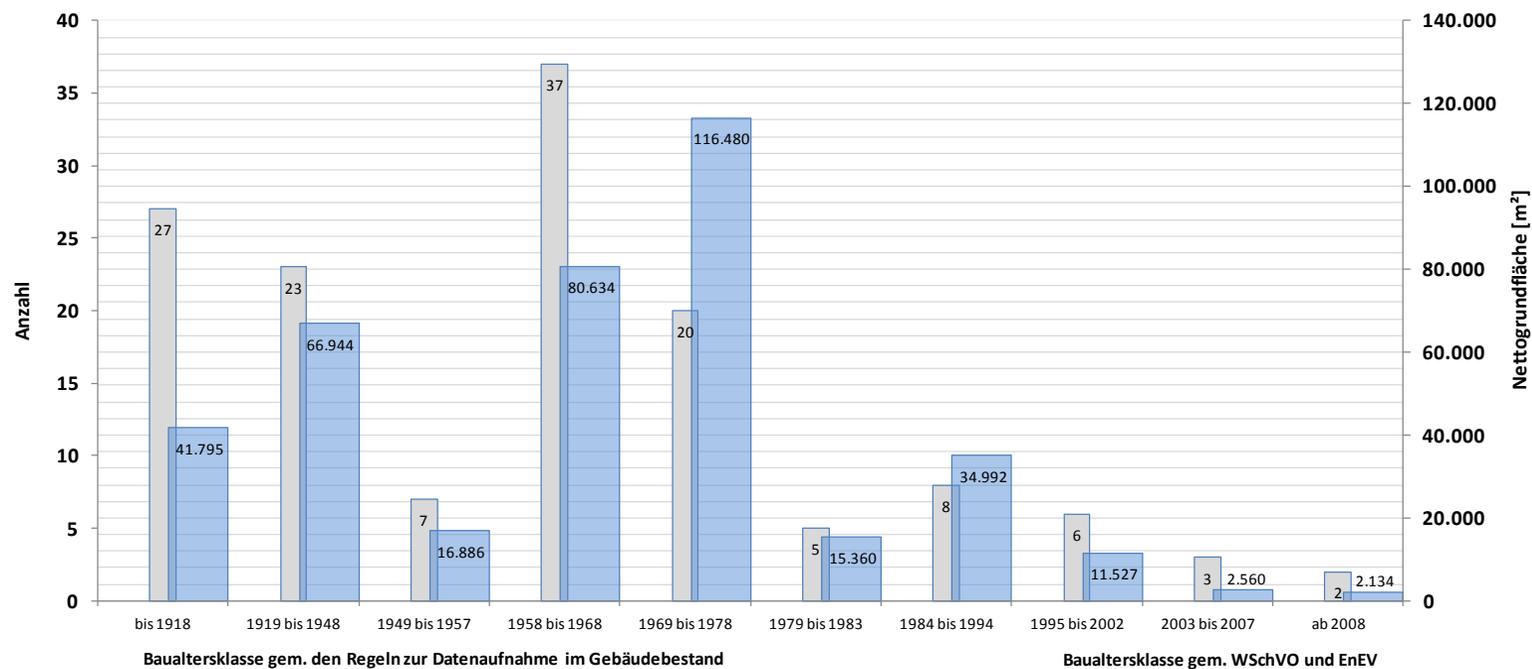
Wärme: **109 kWh/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> a** (43,5 GWh/a)

Strom: **87 kWh/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> a** (35 GWh/a)

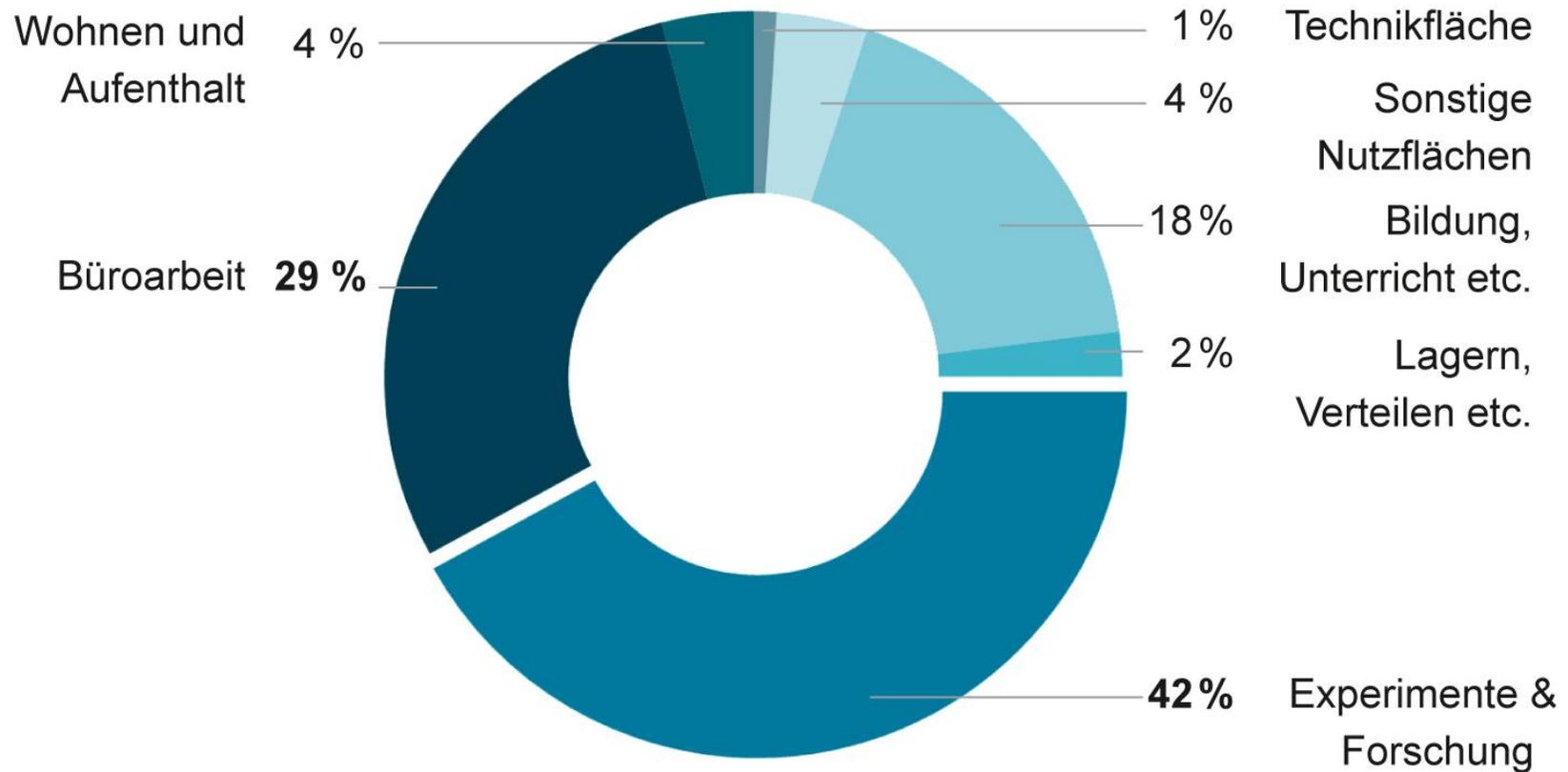


## Gebäude verschiedener Baualtersklassen

...vor 1900	35.635 m <sup>2</sup>	9,15 %
...zwischen 1900 und 1950	64.245 m <sup>2</sup>	16,5 %
...zwischen 1950 und 1980	217.534 m <sup>2</sup>	55,86 %
...nach 1980	71.984 m <sup>2</sup>	18,49 %



## Verteilung der Nutzungsgruppen nach DIN 277-2

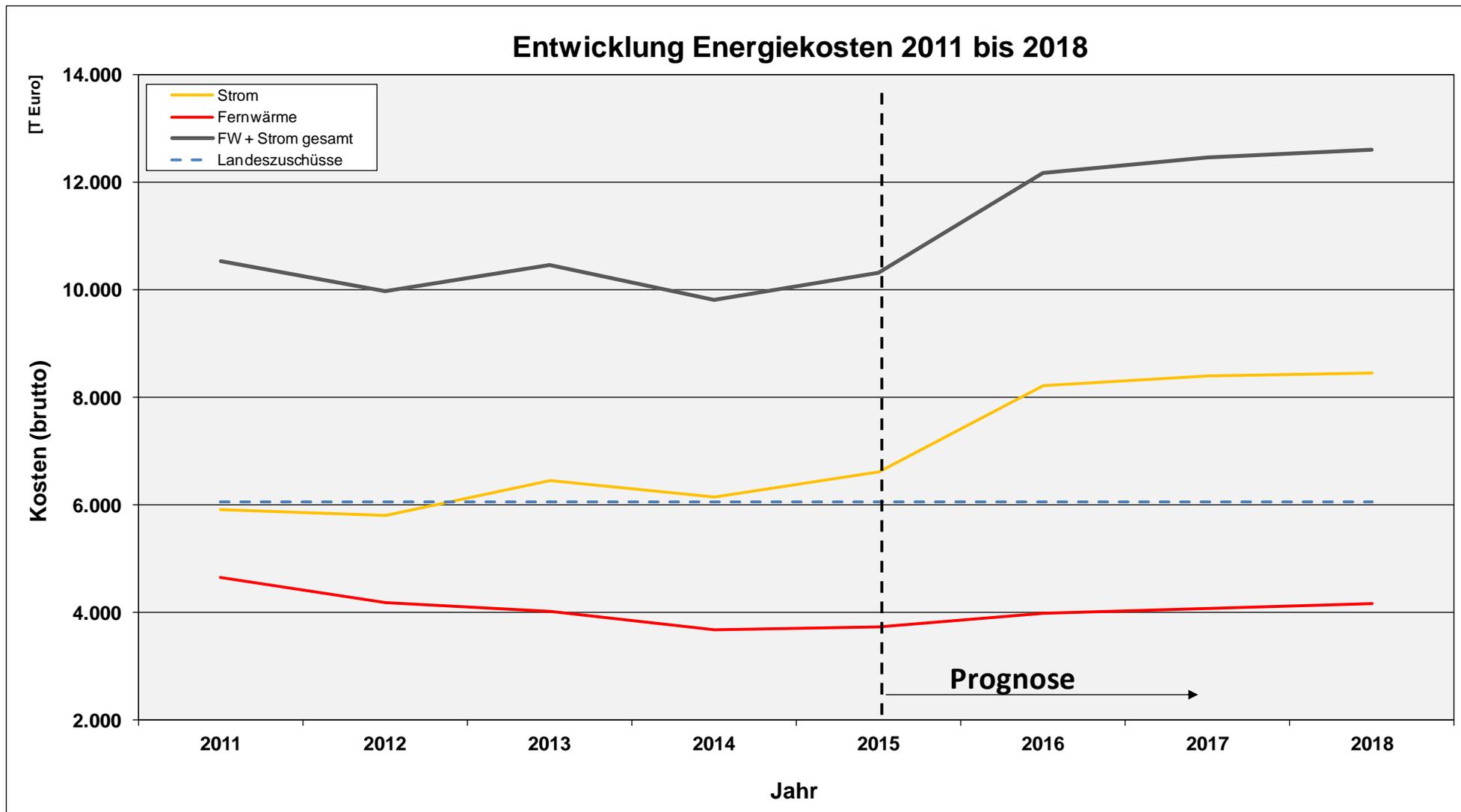


## In Bau befindliche **Forschungszentren**

Zusätzliche Fläche bis 2016: **15.740 m<sup>2</sup> HNF (6,31 % Zuwachs)**

Keine Förderung zusätzlicher Betriebskosten durch Bund und / oder Land

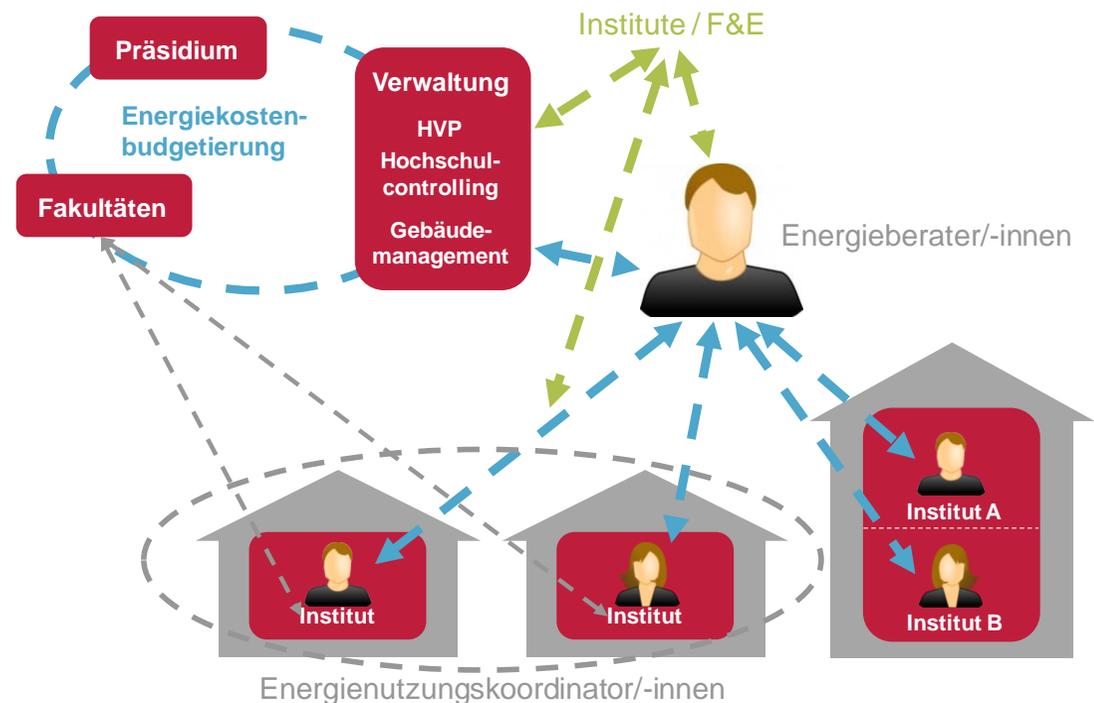




## Umsetzungskonzept

1. Etablierung der zum 01.01.2014 eingeführten Energiekostenbudgetierung
2. Änderung des Nutzerverhaltens
3. Technische und bauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz
4. Forschungsprojekte zum Untersuchungsobjekt TU Braunschweig


**Entlastung TU Haushalt**



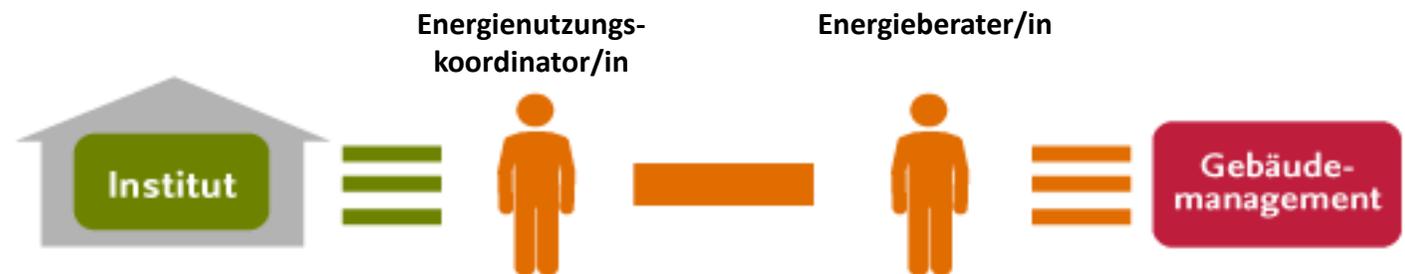
## Energienutzungs-koordinator

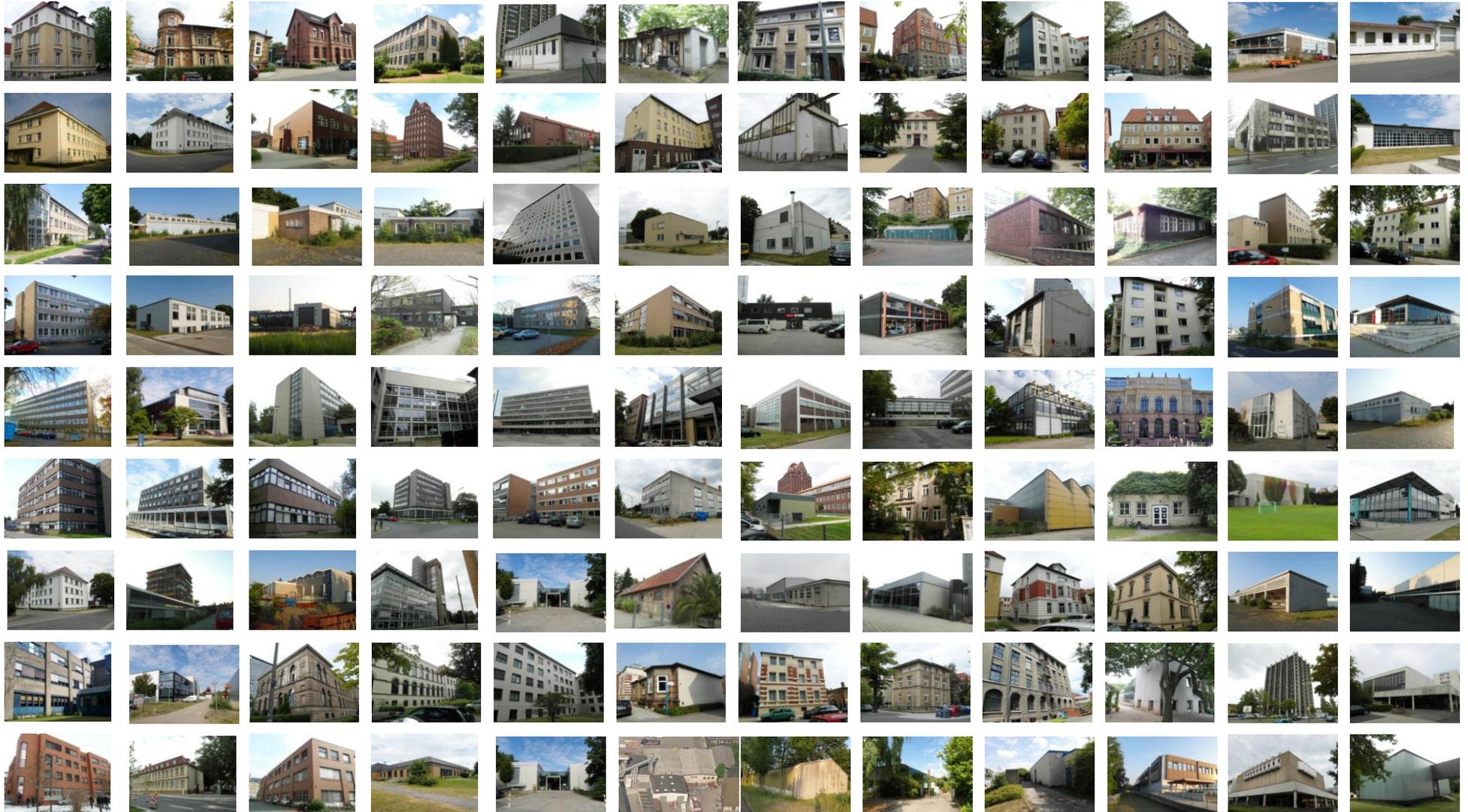
170 Energienutzungs-koordinatoren (Institute, Einrichtungen)

**Schnittstelle** zwischen dem Gebäudemanagement und TU-Einrichtung

### Aufgaben der Energienutzungs-koordinatoren:

- zentral verfügbare Energiesparhinweise und –maßnahmen in ihrer Einrichtung tragen
- Unterstützung der Kolleginnen und Kollegen beim Thema Energiesparen
- Energiesparhinweise sammeln und ihre Umsetzung intern koordinieren
- Aufzeigen von vermuteten Einsparpotenzialen an zentralen Anlagen
- Der Energieberatung als Ansprechpartner/in für ihre Einrichtung zur Verfügung stehen
- Weiterleiten von Vorschlägen für bauliche und technische Maßnahmen zur Energieeinsparung an die Energieberater





## Datengrundlage

- umfassende gebäudespezifische, zeitlich hochaufgelöste Erfassung der Energieverbräuche mit Zuordnung zu Flächen, Nutzungen sowie zur zukünftigen Bedarfsentwicklung
- umfassendes, zentral aufgeschaltetes Energiemanagementsystem
- umfassende Gebäudeleittechnik

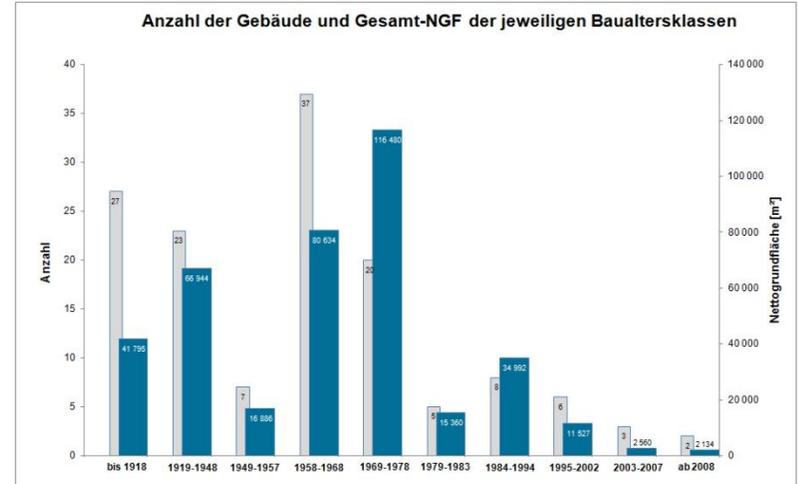


# Klassifizierung der Gebäude

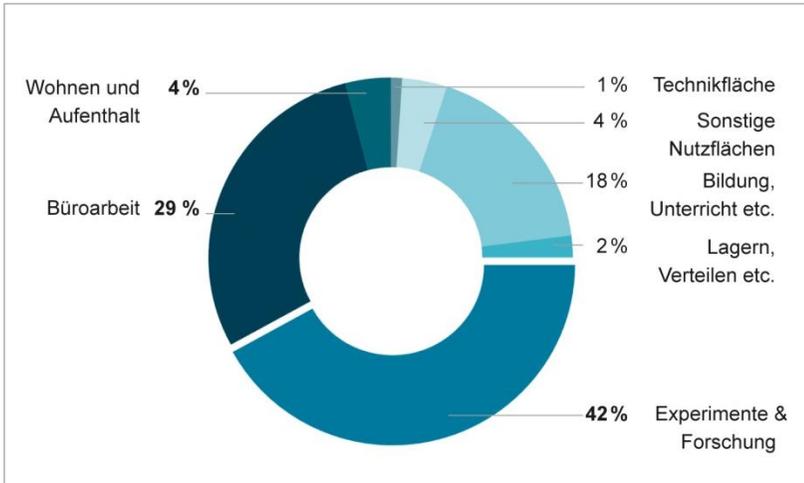
## Konstruktion / Bautyp



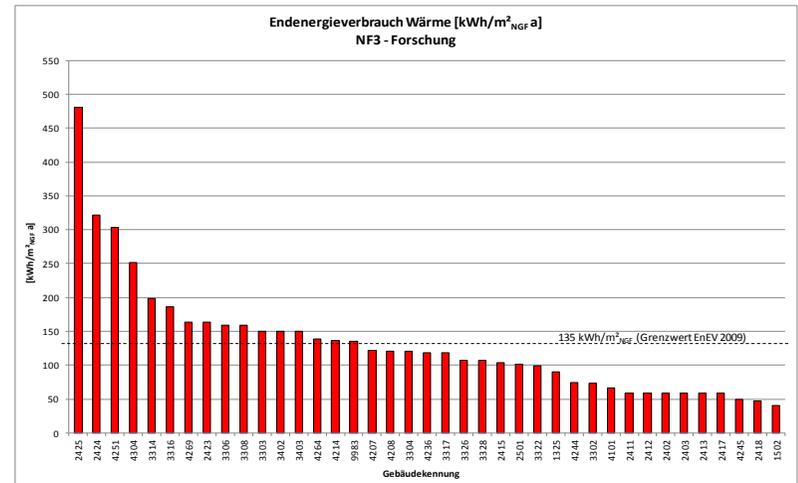
## Baujahr

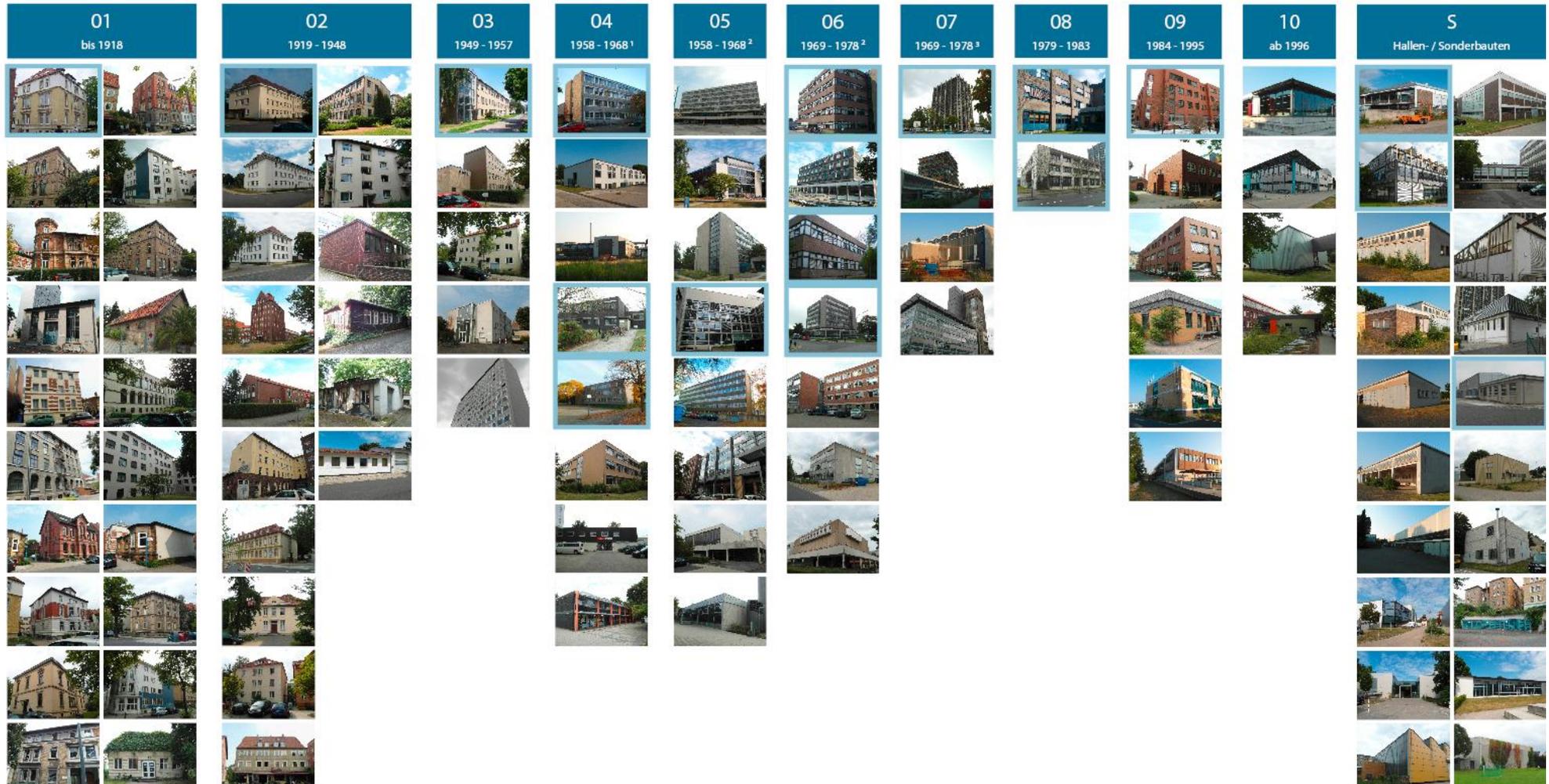


## Nutzung (DIN 277-2)



## Endenergieverbrauch





## Bestandsaufnahme

**Gebäude gesamt:** 201 (inkl. Neubauten)  
 ca. 400.000 m<sup>2</sup> NGF

**Gebäude relevant:** 145 (ohne Garagen, Gewächshäuser, usw.)

**Gebäude untersucht:** **19 Gebäude**  
 ca. 107.000 m<sup>2</sup> NGF



## Entwicklung eines Leitfadens zur Datenerfassung

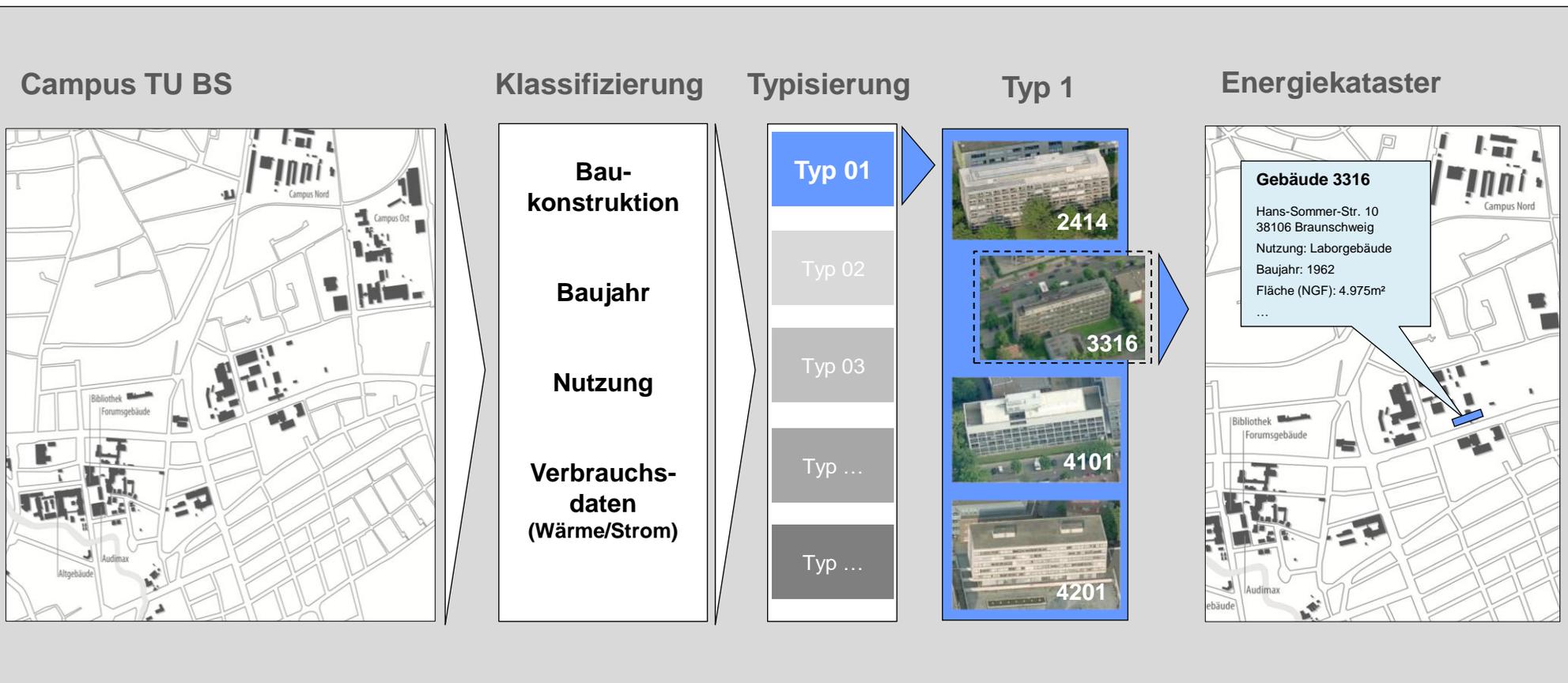
Gebäudehülle

*Raumebene*  
Technische Ausstattung  
Beleuchtung  
Gebäudetechnik

*Gebäudeebene*  
Energieversorgung  
Gebäudetechnik

Gebäudehülle						Bemerkungen								
<b>Konstruktion</b>														
Konstruktionstyp	Massivbau	<input type="checkbox"/>	Skelettbau	<input type="checkbox"/>	Leichtbau	<input type="checkbox"/>	Mischbau	<input type="checkbox"/>						
<b>Dach</b>														
Dachtyp	Satteldach	<input type="checkbox"/>	Flachdach	<input type="checkbox"/>	Pultdach	<input type="checkbox"/>	Sonstige							
Konditionierung Dachgeschoss	beheizt	<input type="checkbox"/>	unbeheizt	<input type="checkbox"/>										
Aufbau														
Dachfenster	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>										
Typ														
<b>Fassade (opak)</b>														
Fassadentyp A	Lochfassade	<input type="checkbox"/>	Bandfassade	<input type="checkbox"/>	Elementfassade	<input type="checkbox"/>	Sonstige	<input type="checkbox"/>						
Orientierung	alle	<input type="checkbox"/>	oder abweichend			Nord	<input type="checkbox"/>	Ost	<input type="checkbox"/>	Süd	<input type="checkbox"/>	West	<input type="checkbox"/>	
Aufbau (opak)														
Fassadentyp B	Lochfassade	<input type="checkbox"/>	Bandfassade	<input type="checkbox"/>	Elementfassade	<input type="checkbox"/>	Sonstige	<input type="checkbox"/>						
Orientierung	alle	<input type="checkbox"/>	oder abweichend			Nord	<input type="checkbox"/>	Ost	<input type="checkbox"/>	Süd	<input type="checkbox"/>	West	<input type="checkbox"/>	
Aufbau (opak)														
<b>Bodenplatte</b>														
Konditionierung	gegen Erdreich	<input type="checkbox"/>	gegen unbeheizt	<input type="checkbox"/>										
Aufbau														
<b>Fenster</b>														
Orientierung	alle	<input type="checkbox"/>	Nord	<input type="checkbox"/>	Ost	<input type="checkbox"/>	Süd	<input type="checkbox"/>	West	<input type="checkbox"/>				
Fensterflächenanteil	[%]													
Öffnungsart	Drehflügel	<input type="checkbox"/>	Kippflügel	<input type="checkbox"/>	Drehkipp-Flügel	<input type="checkbox"/>	Schwingflügel	<input type="checkbox"/>						
	Klappflügel	<input type="checkbox"/>	Wendeflügel	<input type="checkbox"/>	Sonstige:									
Rahmenmaterial	Holz	<input type="checkbox"/>	Aluminium	<input type="checkbox"/>	Stahl	<input type="checkbox"/>	Kunststoff	<input type="checkbox"/>						
Profile thermisch getrennt	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>										
Verglasungsart	Einscheibenvgl.	<input type="checkbox"/>	2-Scheibenvgl.	<input type="checkbox"/>	3-Scheibenvgl.	<input type="checkbox"/>								
	Isoliervgl.	<input type="checkbox"/>	WSV	<input type="checkbox"/>	SSV	<input type="checkbox"/>								
ggf. Typbez. im SZR														
Sprossen	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>										
<b>Verschattung</b>														
Art	Sonnenschutz	<input type="checkbox"/>	Blendschutz			<input type="checkbox"/>								
Typ	Horizontallamellen	<input type="checkbox"/>	oder:	Stoffrollo	<input type="checkbox"/>	oder:								
Lage	innen	<input type="checkbox"/>	außen	<input type="checkbox"/>	innen	<input type="checkbox"/>	außen	<input type="checkbox"/>						
	fest	<input type="checkbox"/>	beweglich	<input type="checkbox"/>	fest	<input type="checkbox"/>	beweglich	<input type="checkbox"/>						
Bedienung	händisch	<input type="checkbox"/>	motorisch	<input type="checkbox"/>	händisch	<input type="checkbox"/>	motorisch	<input type="checkbox"/>						

# Konzeptentwicklung – vom Gebäude zum Quartier





Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für Gebäude- und Solartechnik  
Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Mühlenpfordtstraße 23  
D-38106 Braunschweig

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



# EnEff Campus: *blueMAP* TU Braunschweig

Projektergebnisse



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

## Maßnahmen

### Gebäudehülle



Sanierung gem. EnEV 2009

Investition: 120 Mio. € (300 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>)  
Kosteneinsparung: 1,9 Mio. €/a  
Amortisationszeit: > 20 a

**Primärenergie: - 8 %**

### Gebäudetechnik



Betriebsoptimierung RLT-Anlagen

Investition: 4 Mio. €  
Kosteneinsparung: 1,1 Mio. €/a  
Amortisationszeit: 2,5 a

**Primärenergie: - 14 %**

### Techn. Ausstattung



Kühl- / Gefrierschränke  
Austausch sämtlicher „Altgeräte“

Investition: 1 Mio. €  
Kosteneinsparung: 200.000 €/a  
Amortisationszeit: 5 a

**Primärenergie: - 3 %**

## Maßnahmen Beleuchtung

Austausch Leuchtstofflampen durch LED-Lampen

### Büroräume



Investition: 799.000 €  
13,20 €/m<sup>2</sup><sub>Bürofläche</sub>

Kosteneinsparung: 100.000 €/a  
Amortisationszeit: 6 a

**Primärenergie: -1 %**

### Labore



Investition: 1,22 Mio. €  
19,30 €/m<sup>2</sup><sub>Laborfläche</sub>

Kosteneinsparung: 330.000 €/a  
Amortisationszeit: 3 a

**Primärenergie: -5 %**

### Verkehrsflächen



Investition: 550.000 €  
6,60 €/m<sup>2</sup><sub>Verkehrsfläche</sub>

Kosteneinsparung: 135.000 €/a  
Amortisationszeit: 3 a

**Primärenergie: -2 %**

## Integration BHKW

In Abstimmung mit dem örtlichen  
Energieversorger BSI Energy

Nutzung erneuerbarer Energien:  
**Biomethan**

 Anteil Wärmeversorgung  
BHKW [%]

 verbleibende Wärmeversorgung  
Fernwärme [%]

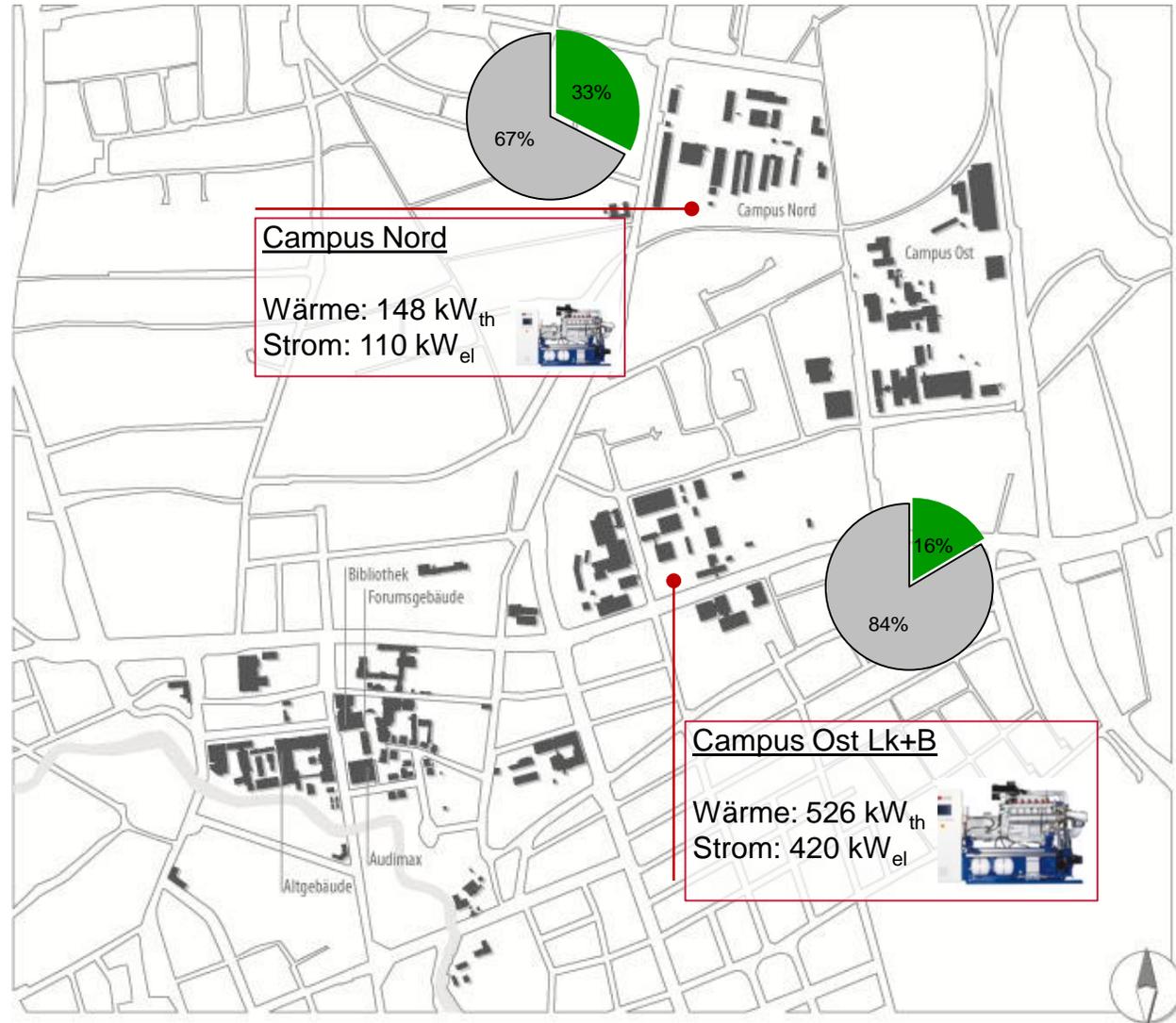
Eigenerzeugung:

Wärme: ca. 4.380 MWh/a

Strom: ca. 3.430 MWh/a

**Einsparung: ca. 320.000 €/a**

**Primärenergie: - 2 %**



## Photovoltaik

### Dachflächenanalyse Campus gesamt

PV relevante Dachflächen: 100.000 m<sup>2</sup>  
PV-Fläche: 20.000 m<sup>2</sup>

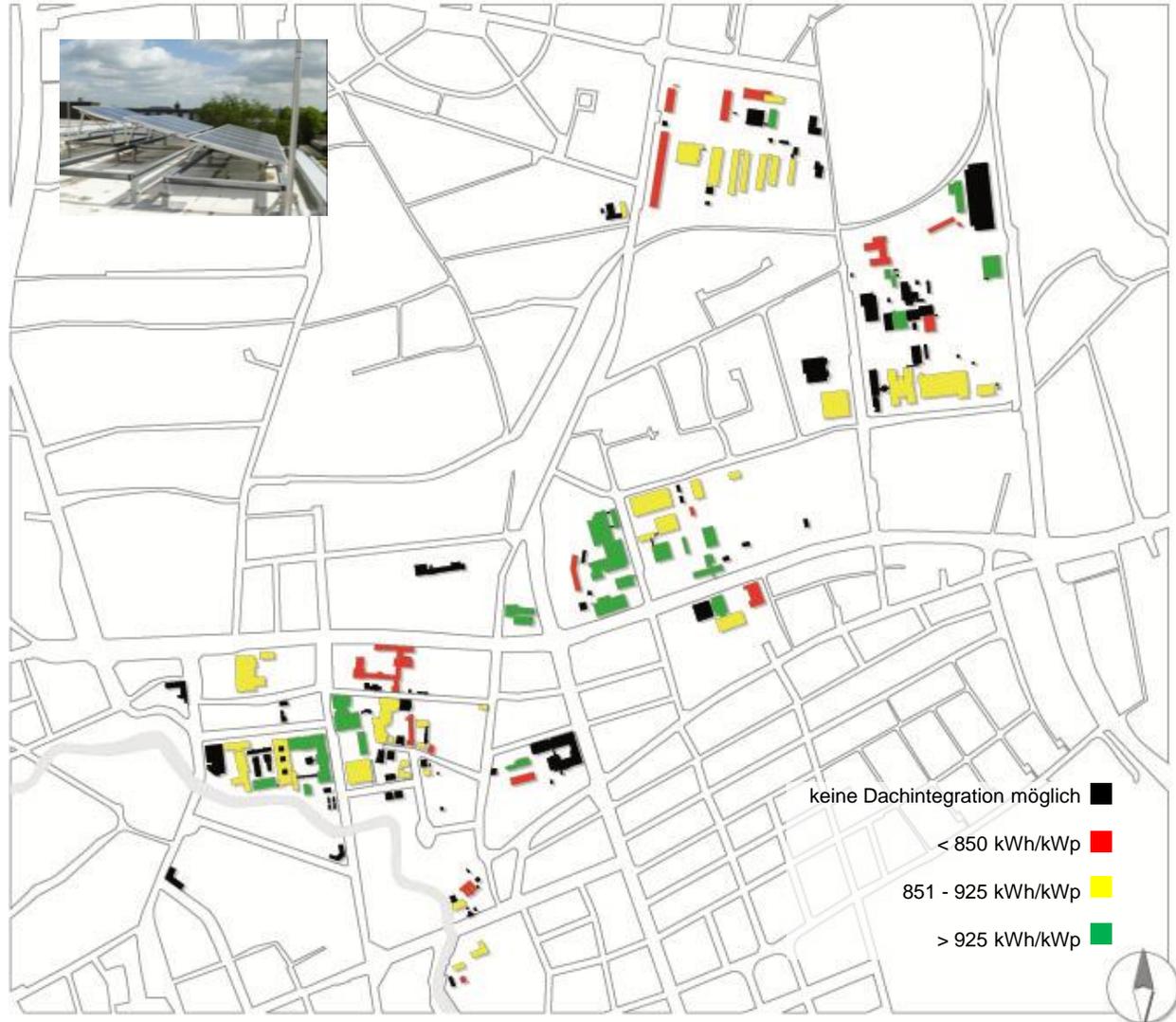
Installierte Leistung gesamt: 3.000 kW<sub>p</sub>

Investitionskosten\*<sup>1)</sup>: ca. 7,2 Mio. €  
ca. 2.500 €/kW<sub>p</sub>

Ertrag gesamt : ca. 2,5 GWh/a  
Einsparung: ca. 475.000 €/a  
(bei **100% Eigennutzung**)

Deckung Stromverbrauch: ca. 9 %

**Primärenergie: - 6 %**



\*<sup>1)</sup> einschl. Unterkonstruktion, Blitzschutz, Baunebenkosten,...

## Flächeneffizienz

Gesamtcampus  $A_{NGF} = 390.907 \text{ m}^2$

davon Büroräume:  $A_{NGF} = 59.169 \text{ m}^2$

Mitarbeiter TU BS: ca. 3.950 Pers.

→ Belegung: ca.  $15 \text{ m}^2$  Büro/Pers.  
(gem. DIN V 18599-10 geringe bis mittlere Belegung)

hohe Belegungsdichte ( $10 \text{ m}^2/\text{Person}$ ):

$A_{NGF} = 39.500 \text{ m}^2$

Einsparpotenzial max. **19.679 m<sup>2</sup>**

 mögliches Einsparpotenzial  
Büroflächen gesamt [%]

 verbleibende NGF [%]

Reduzierung Endenergie:

Wärme: ca. 2.400 MWh/a

Strom: ca. 590 MWh/a

**Einsparung: ca. 390.000 €/a**

**Primärenergie: - 3 %**



## Nutzerverhalten

Maßnahmen zur  
Motivationssteigerung von Nutzern  
„Energie zu sparen“

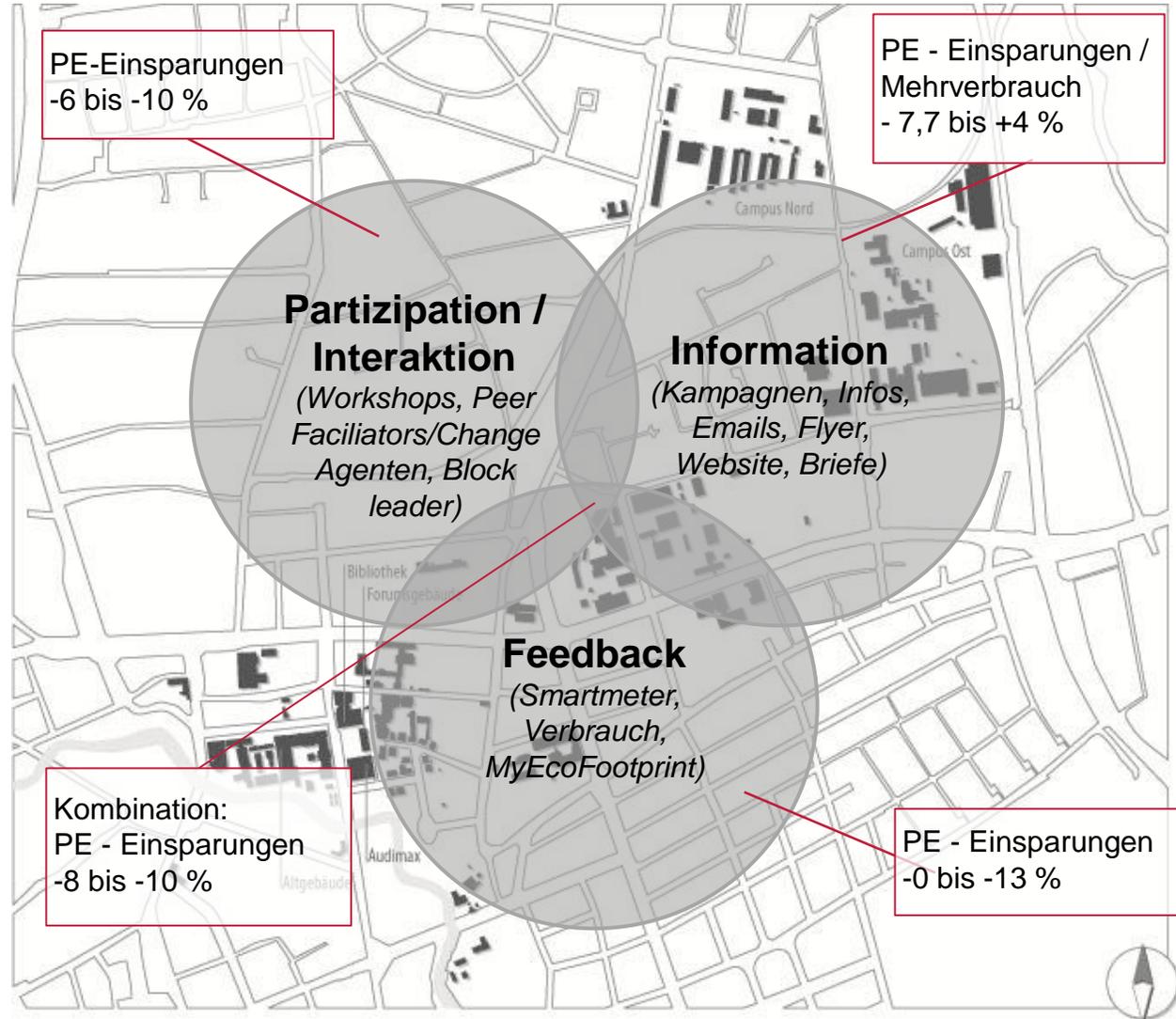
### Kommunikations- Trainings



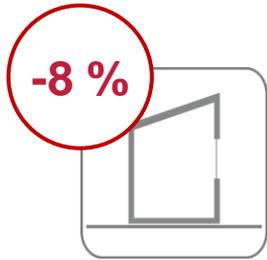
### Nutzer- Workshops



### Energie- Coaching

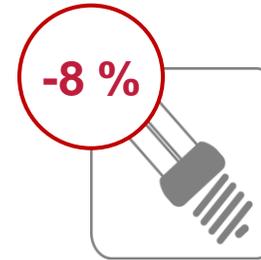


(Primärenergie)



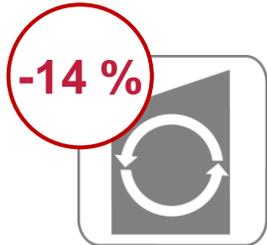
## Gebäudehülle

Investition: 120 Mio. € (300 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>)  
Kosteneinsparung: 1,6 Mio. €/a  
Amortisation: > 20 a



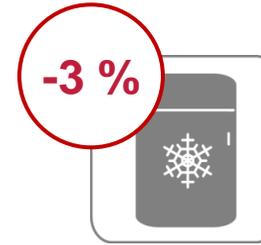
## Beleuchtung

Investition: 2,6 Mio. €  
Kosteneinsparung: 570 T€/a  
Amortisation: 3 a



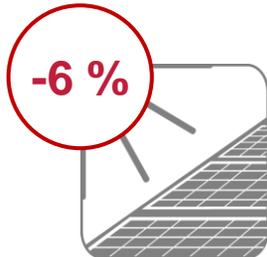
## Gebäudetechnik „RLT-Anlagen“

Investition: ca. 4,0 Mio. €  
Kosteneinsparung: 1,1 Mio. €/a  
Amortisation: 2,5 a



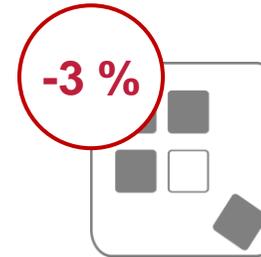
## Techn. Ausstattung

Investition: 1 Mio. €  
Kosteneinsparung: 175 T€/a  
Amortisation: 5 a



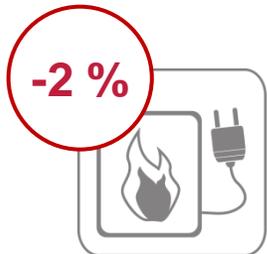
## Photovoltaik

Investition: 2.500 €/kWp  
Kosteneinsparung: 480 T€/a  
Amortisation: 10-12 a



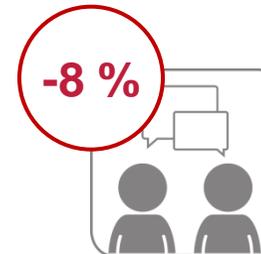
## Flächeneffizienz

Investition: -  
Kosteneinsparung: 436 T€/a  
Amortisation: -



## BHKW

Investition: 590 T€  
Kosteneinsparung: 320 T€/a  
Amortisation: 2 bzw. 6a



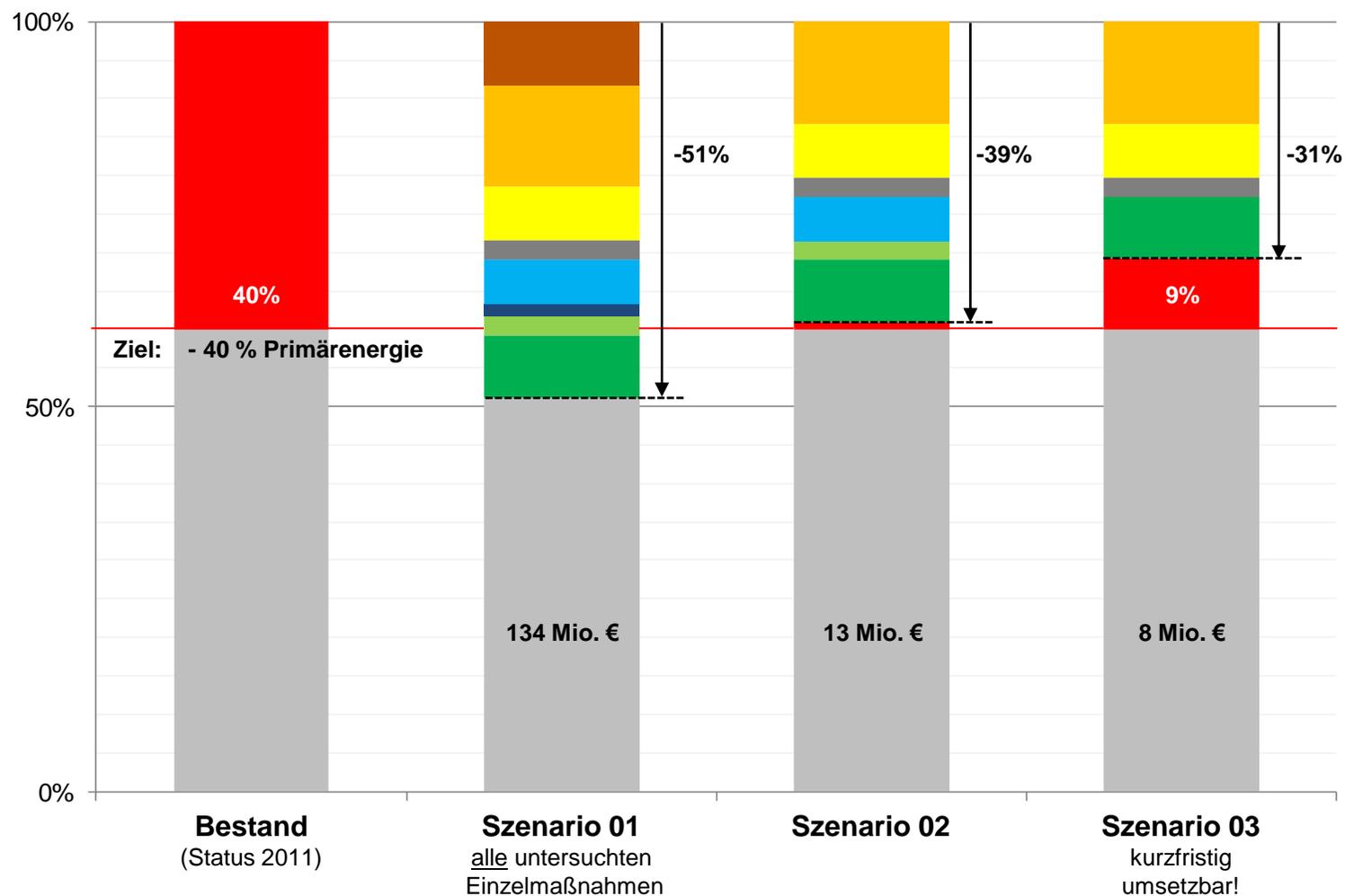
## Nutzer

Investition: 120 T€  
Kosteneinsparung: 900 T€/a  
Amortisation: -

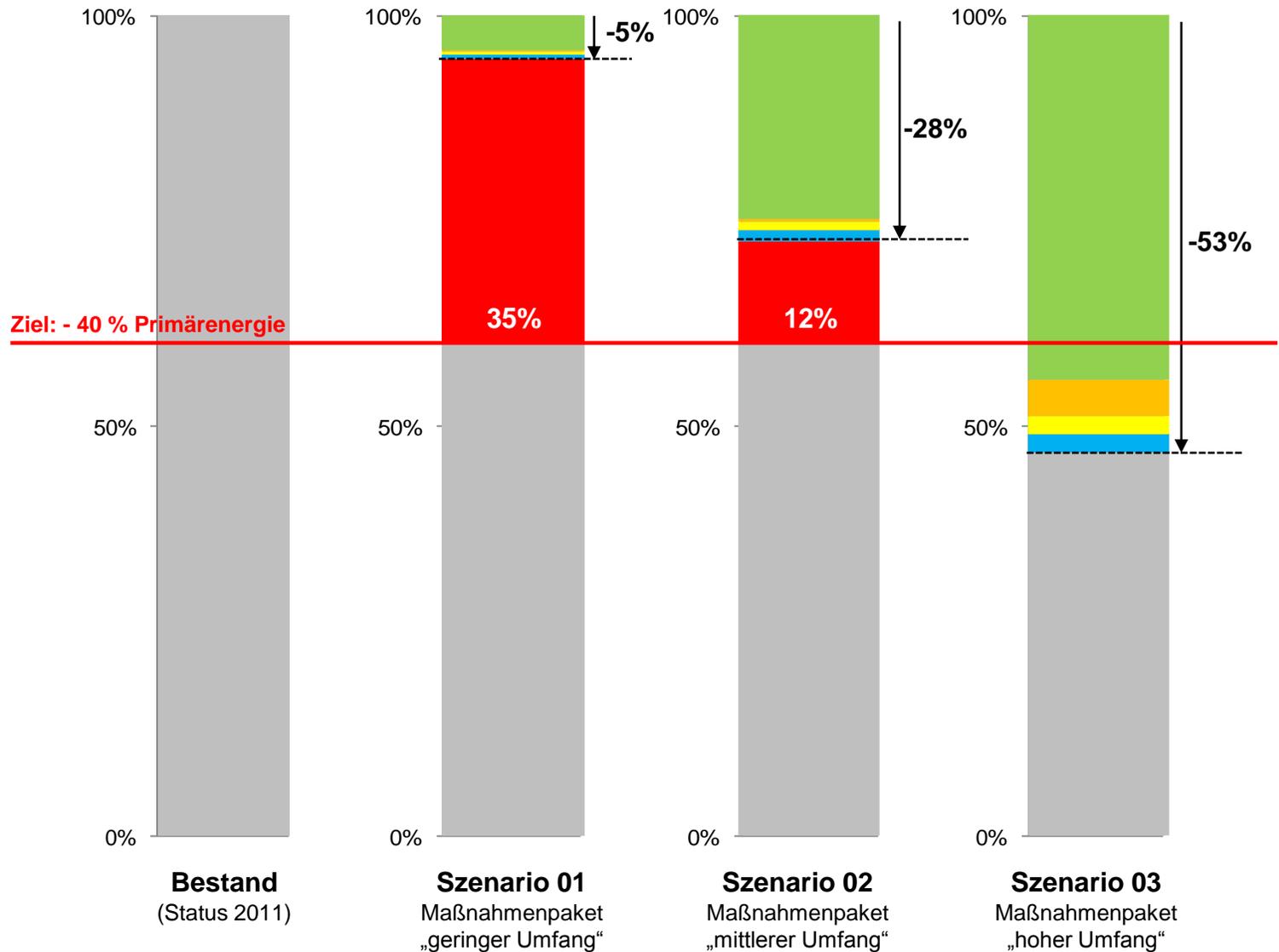
## Szenarien 2020 „Gebäude“

Maßnahmen	Szenario 01 (alle Einzelmaßnahmen)	Szenario 02	Szenario 03 (kurzfristig umsetzbar)
Gebäudehülle	X	-	-
Betriebsoptimierung RLT-Anlagen	X	X	X
Beleuchtung	X	X	X
Technische Ausstattung	X	X	X
Photovoltaik	X	X	-
BHKW	X	-	-
Flächeneffizienz	X	X	-
Nutzer	X	X	X

# Szenarien 2020 „Gebäude“



# Szenarien 2020 „Mobilität“





Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für Gebäude- und Solartechnik  
Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Mühlenpfordtstraße 23  
D-38106 Braunschweig

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



# EnEff Campus 2020

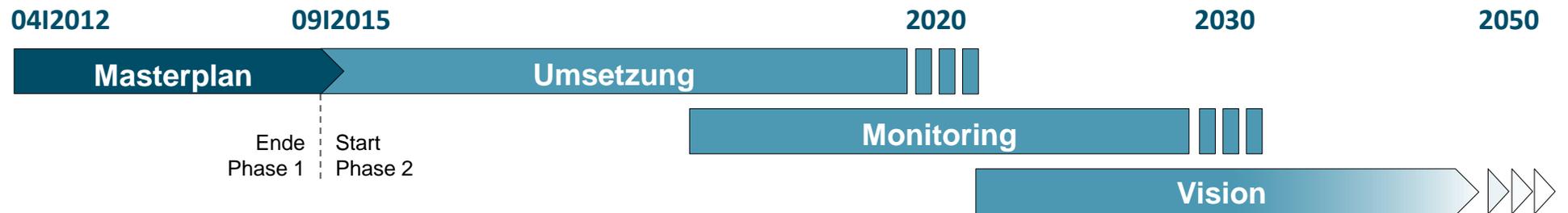
Wissenschaftliche Begleitung der Umsetzung und Monitoring  
Forschungsprojekt im Förderkonzept EnEff:Stadt



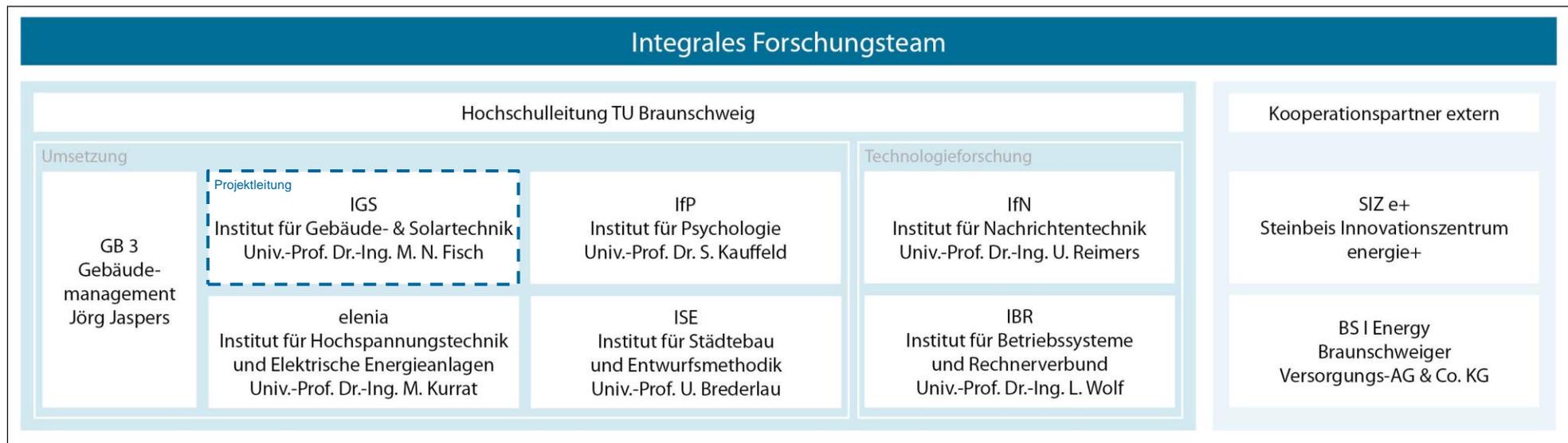
Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

## Projektziel

- Umsetzung des konzeptionellen Umsetzungsplans aus Phase I
- energetische Optimierung des Campus bis 2020  
Ziel: - 40% Primärenergie
- Entwicklung langfristiger Strategien:  
CO<sub>2</sub>-neutraler Campus



## Forschungsteam



## Schwerpunktthema I Umsetzung

### Strategien

1. Neubau, Sanierung, Instandhaltung
2. Energieversorgung
3. Nutzermotivation und –information
4. Städtebauliche Entwicklung



Forumsgebäude (Sanierung)



NFF-Neubau



Städtebauliche Entwicklung

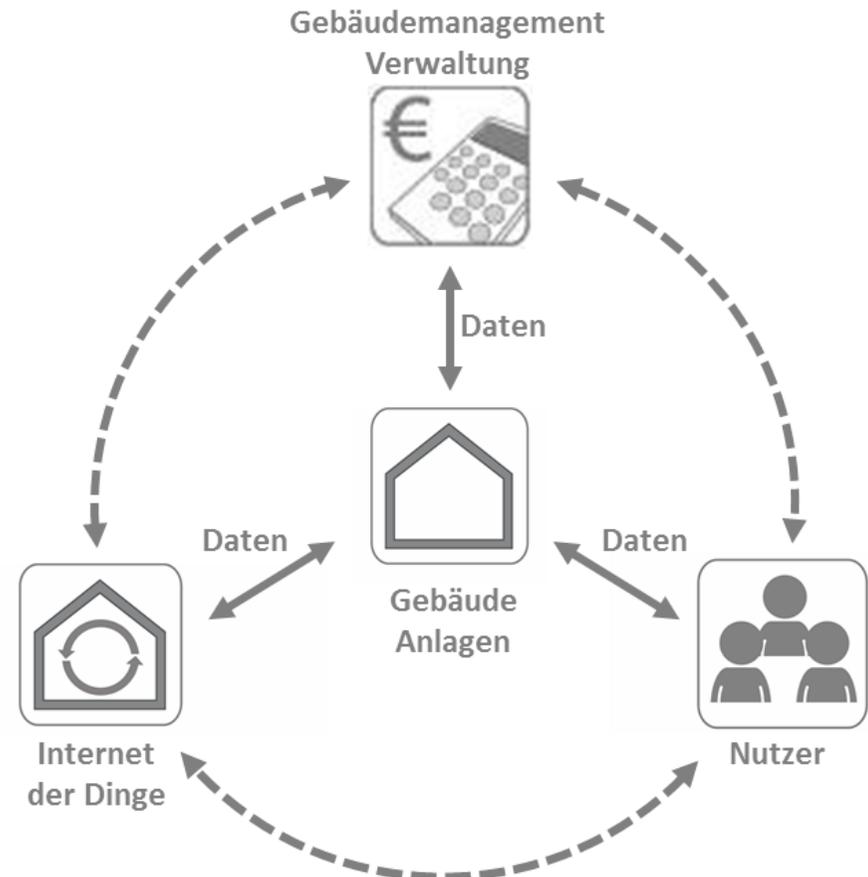


Energieversorgung

## Schwerpunktthema II Technologieforschung

Feingranulare Verbrauchserfassung zur Optimierung der Gebäudeperformance über

- **Nutzer**  
Transparente Kommunikation des Energieverbrauchs für Mitarbeiterinnen, Mitarbeiter sowie Studierende
- **Gebäudemanagement**  
Teil-Automatisierte Überwachung der Anlagenfunktionen
- **Internet der Dinge**  
Intelligente Anlagensteuerung



## Maßnahmenpaket zur energetischen Optimierung



### Umsetzung von Baumaßnahmen

Bereits umgesetzt (2010 bis 2014): 28 Mio. €  
Neubauvorhaben: 146 Mio. €  
Einzelmaßnahmen 60 Mio. €



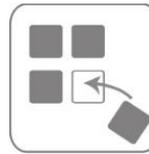
### BHKWs

Dezentrale Versorgung mit mehr als 650 kW<sub>th</sub> KWK  
Ergänzung der Kraftwerkskapazitäten des lokalen EVUs  
Einbindung der Netz-Infrastruktur angrenzender Stadtquartiere



### Betriebsmonitoring und -optimierung

Einfaches Monitoring: 200 Gebäude  
Detailliertes Monitoring: 10 Gebäude  
Auswertung des virtuellen Gebäudeteststands



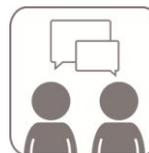
### Flächeneffizienz

Evaluierung des „realen“ Flächenbedarfs der TU BS  
Städtebauliche Nachverdichtung  
Zentralisierung mit Schwerpunkt Hauptcampus



### Solarisierung des Campusareals

Installation von mind. 1 MW<sub>p</sub> PV-Anlagen



### Nutzerverhalten

Kommunikationstrainings zur Nutzermotivation  
Ausbildung von 160 Energie-Coaches



Vielen Dank!