



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)



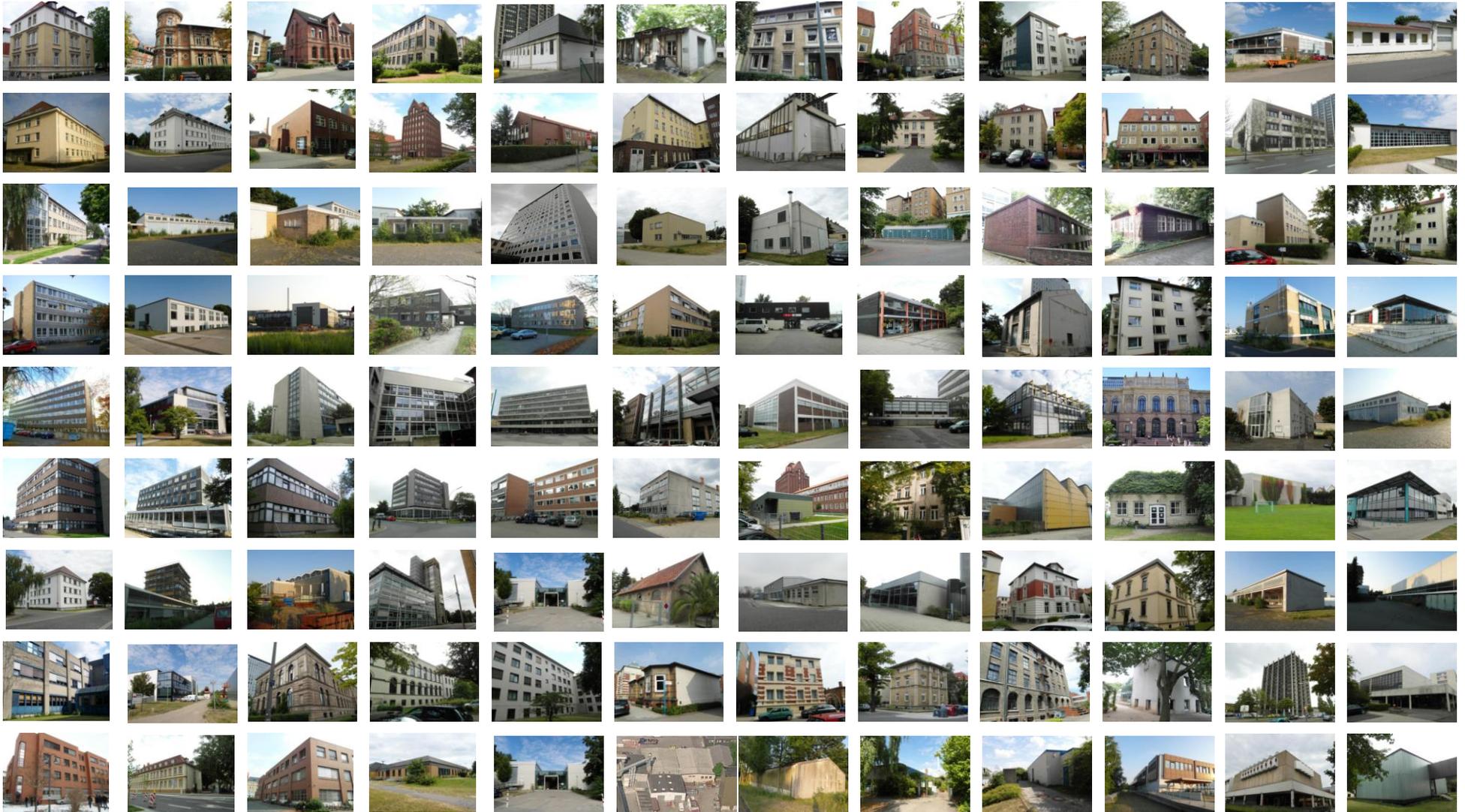
# EnEff Campus: *blue*MAP TU Braunschweig

Integraler energetischer Masterplan TUBS 2020/2050

Architektur | Bauphysik | Gebäudetechnik



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



## Datengrundlage

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

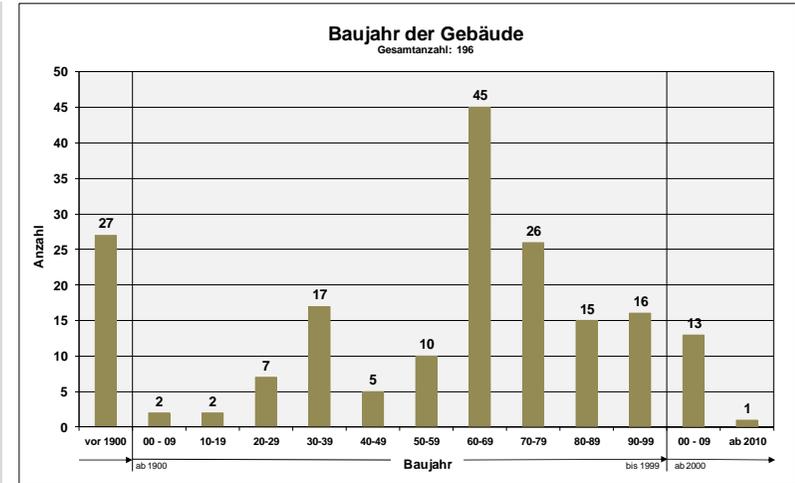


# Klassifizierung der Gebäude

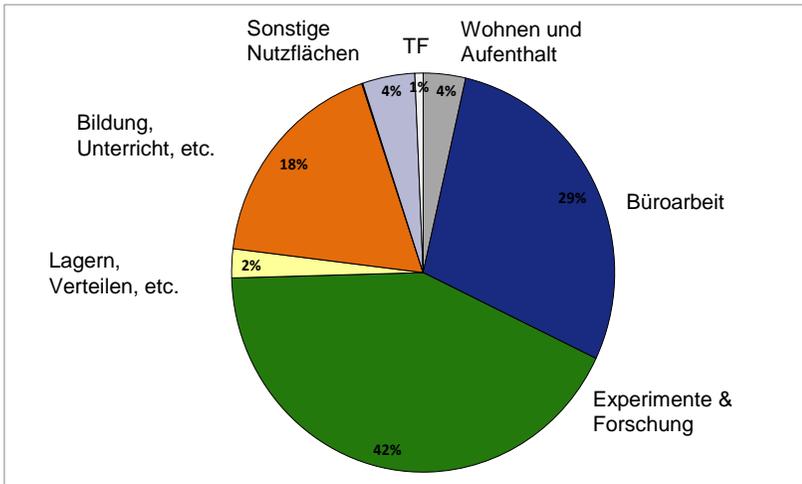
## Konstruktion / Bautyp



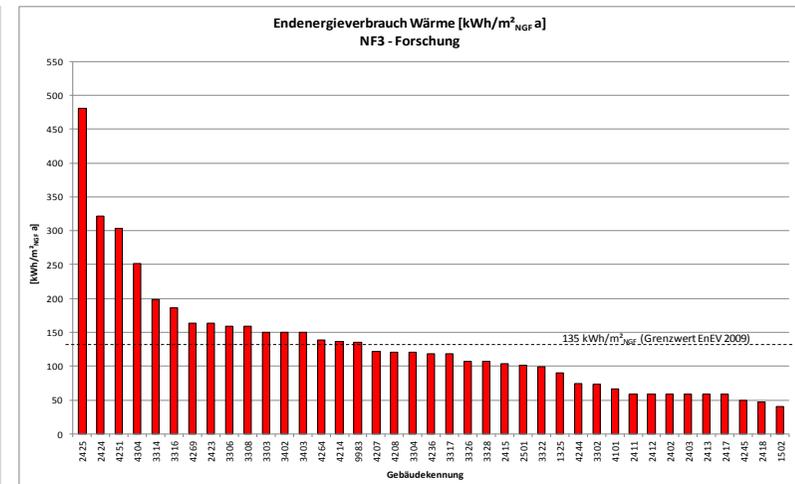
## Baujahr



## Nutzung (DIN 277-2)



## Endenergieverbrauch



Gebäudetyp	Kategorie	Bezeichnung	Übertragbarkeit															
Typ_01	bis 1918	3226 Vorkriegsbau	4220	4225	4227	4228	4208	4247	4248	4301	5202	5205	4214	4204	4205	4207	4253	4255
			1328	1404	3205	3206	4102	4111	4238	4244	4259	4303	4310					
Typ_02	1919 - 1945	3201 Campus Nord	3204	4216	4245	4206												
			1411	2402	2418	3307	3314	3420										
Typ_03	1946 - 1957	3302 Häusergebäude	2411	2414	4101	4201	4208											
			2415	2501	3317	3324												
Typ_04	1958 - 1959 (Kochhausbau)	3305 Häusergebäude	1501	2410	4103													
			3401 Haus der Elektrotechnik	3404														
Typ_05	1958 - 1959 (Bürohausbau)	3316 Häusergebäude	4264	4269	1327													
			1405	1407	1409	2401	2430	3401	4202	4203	4210	4217						
Typ_06	1959 - 1975 (Bürohausbau)	3310 Verfürgengebäude	1406	1414	1415	1419	1420	1421	1423	1424	1502	2403	2412	2413	2417	2420	2424	2425
			3401 Haus der Elektrotechnik	3404														
Typ_07	1959 - 1979 (Bürohausbau, Hausgebäude)	3401 Haus der Elektrotechnik	1406	1414	1415	1419	1420	1421	1423	1424	1502	2403	2412	2413	2417	2420	2424	2425
			3401 Haus der Elektrotechnik	3404														
Typ_08	1979 - 1983	2423 Pharmazie-Neubau	1406	1414	1415	1419	1420	1421	1423	1424	1502	2403	2412	2413	2417	2420	2424	2425
			3401 Haus der Elektrotechnik	3404														
Typ_09	1984 - 1984	3304 Chemie-Neubau	1406	1414	1415	1419	1420	1421	1423	1424	1502	2403	2412	2413	2417	2420	2424	2425
			3401 Haus der Elektrotechnik	3404														
Typ_A	Hochschule	3404 Rechenzentrum	1406	1414	1415	1419	1420	1421	1423	1424	1502	2403	2412	2413	2417	2420	2424	2425
			3401 Haus der Elektrotechnik	3404														
Typ_B	Hochschule	3306 Halle Verbr.-Kraftw.	1406	1414	1415	1419	1420	1421	1423	1424	1502	2403	2412	2413	2417	2420	2424	2425
			3401 Haus der Elektrotechnik	3404														

## 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

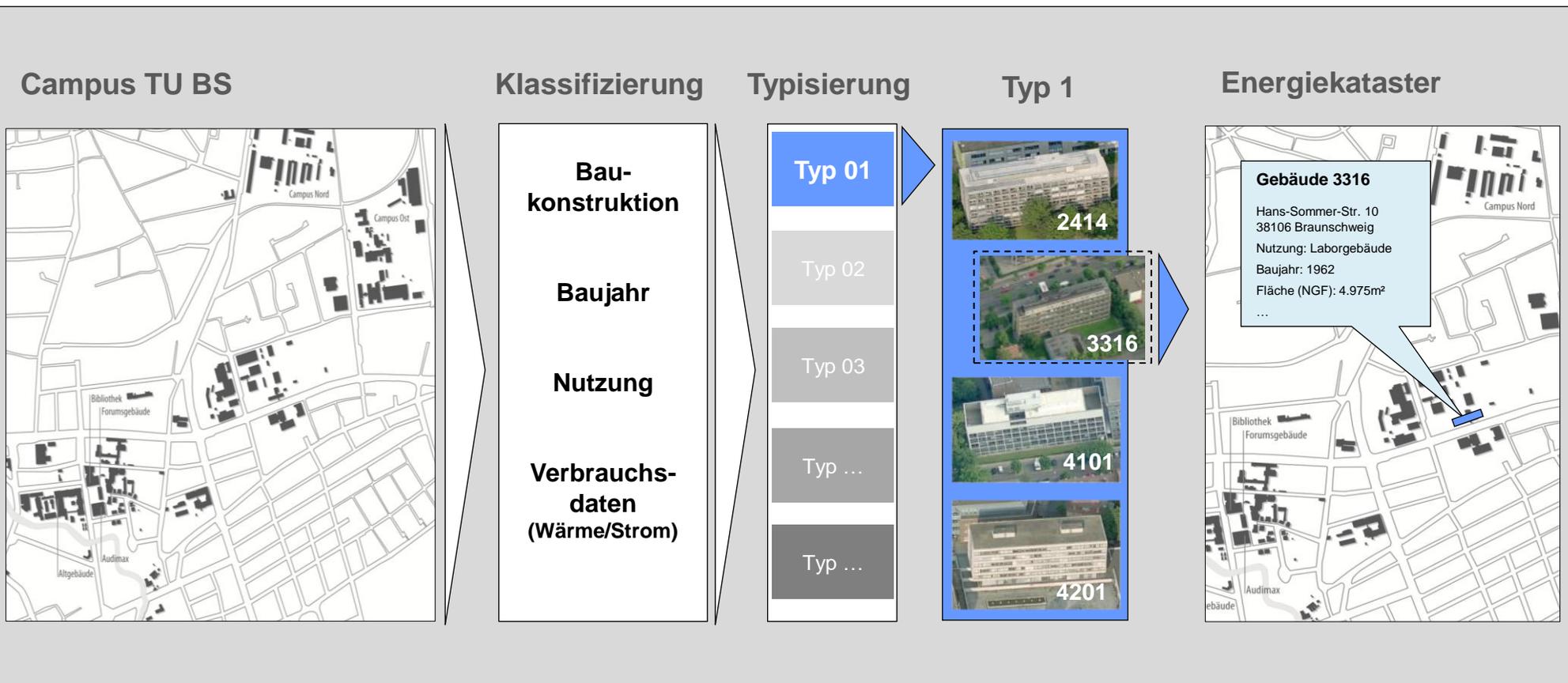
*Gebäudeebene*

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



## Erstellung einer Sanierungsmatrix

1. Gebäudehülle:
  - a. Außenwände
  - b. Dachflächen
  - c. Fenster / Türen
  - d. ...
  
2. Gebäudetechnik:
  - a. Heizung
  - b. Lüftung
  - c. Beleuchtung
  - d. ...

➔ **Prüfung auf Übertragbarkeit**

Bezeichnung	Gebäudehülle										Heizung			
	Dach	Decke	AW		Boden	Fenster / Tür								
	Dämmung Dach	Dämmung oberste Geschossdecke	Dämmung Außenwand (außen gedämmt)	Dämmung Außenwand (innen gedämmt)	schließen vorhandener Heizkörpermischen	thermische Trennung gegen unbeh. Keller	Austausch Fenster	Erneuerung Sonnenschutzanlage	Austausch Außentüren	Erneuerung Wärmeerzeuger und Prüfung auf Einbindung regenerativer Energien	Prüfung und ggf. Sanierung Wärmedämmung Heizwärmeverteilung	bei Sanierung Überprüfung install. Heizleistung inkl. hydraulischem Ausgleich	Erneuerung Heizkörper	Überprüfung und Sicherstellung des
4226_Verwaltung				(x)		x			x				x	
1301_Campus Nord			x				x						x	
3310_Verfügungsgebäude	x		x			x	x	(x)	x					
3305_Hauptgebäude	x		x	x			x	x	x					

Projekt: **EnEffCampus** CO<sub>2</sub>-Emission, Endenergie, Primärenergie  
 Gebäude: 2415 Physikzentrum

Stand: 22.07.2014 
 Baustein 1  Baustein 2  Baustein 3  Baustein 4  Baustein 5  Baustein 6  Baustein 7  Baustein 8  Baustein 9  Baustein 10

Energieträger	Energieverbrauchswerte			Mittelwert [kWh/a]
	Jahr (witterungsbereinigt)			
	2011	2012	2013	
Ferwärme KWK	1.871.209	1.736.322	1.607.816	1.738.449
Ferwärme fossil				-
Erdgas				-
Heizöl				-
Flüssiggas				-
Holzpellets				-
Holzhackschnittel				-
Strom	977.761	998.561	892.067	956.130
				-

Geometrie	
Baujahr	1972
Nutzung	Labore, Forschung, Lehre
BWZK Ziffer	2250 Institutsgebäude V
NGF	16.752 m <sup>2</sup>
Hüllfläche A	16.590 m <sup>2</sup>
Volumen Ve	64.212 m <sup>3</sup>
A / Ve	0,26 1/m



Endenergieverbrauch Wärme	103,8
Verbrauch in kWh/m <sup>2</sup> a	
Vergleichswert nach EnEV 2009	140

Endenergieverbrauch Strom	57,1
Verbrauch in kWh/m <sup>2</sup> a	
Vergleichswert nach EnEV 2009	95

Ist-Zustand

Energieträger	Endenergie Q <sub>E</sub>				Verhältnis Verbr./Bed.	[%]
	Bedarf		Verbrauch			
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Ferwärme KWK	2.454.684	146,5	1.738.449	103,8	71%	
Ferwärme fossil	-	-	-	-	0%	
Erdgas	-	-	-	-	0%	
Heizöl	-	-	-	-	0%	
Flüssiggas	-	-	-	-	0%	
Holzpellets	-	-	-	-	0%	
Holzhackschnittel	-	-	-	-	0%	
Strom (TGA, Beleuchtung)	885.117					
Strom (EDV, Ausstattung)	71.013					
gesamt	3.410.814	203,6	2.694.579	160,9		

Energiepreis	Energiekosten (brutto)	
	Bedarf	Verbrauch
	[€/kWh]	[€/a]
0,117	287.198 €	203.399 €
-	- €	- €
-	- €	- €
-	- €	- €
-	- €	- €
-	- €	- €
-	- €	- €
-	- €	- €
0,184	175.928 €	175.928 €
	463.126 €	379.326 €

f <sub>p</sub>	Primärenergie Q <sub>p</sub>			
	Bedarf		Verbrauch	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
0,540	1.325.529	79,1	938.762	56,0
1,300	-	-	-	-
1,100	-	-	-	-
1,100	-	-	-	-
1,100	-	-	-	-
0,200	-	-	-	-
0,200	-	-	-	-
2,600	2.485.937	148,4	2.485.937	148,4
	3.811.466	227,5	3.424.700	204,4

CO <sub>2</sub> -Äquivalent	CO <sub>2</sub> -Emission			
	Bedarf		Verbrauch	
	kg CO <sub>2</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a)	kg CO <sub>2</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> a)
0,200	490.937	29,3	347.690	20,8
0,303	-	-	-	-
0,245	-	-	-	-
0,315	-	-	-	-
0,268	-	-	-	-
0,026	-	-	-	-
0,023	-	-	-	-
0,565	540.213	32,2	540.213	32,2
	1.031.150	61,6	887.903	53,0

Diagrammдарstellung:

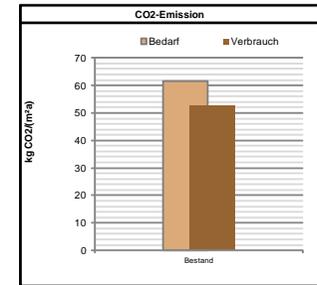
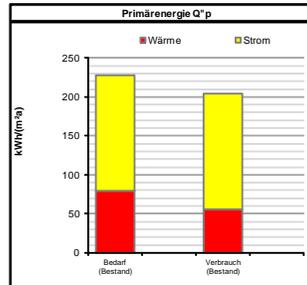
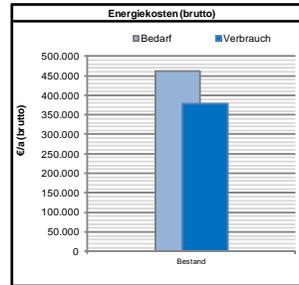
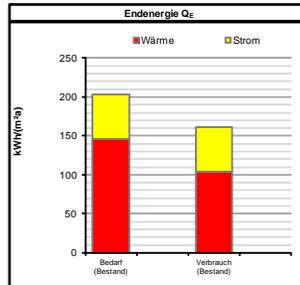
Endenergie Bedarf / Verbrauch

Energiekosten Bedarf / Verbrauch

Primärenergie Bedarf / Verbrauch

CO<sub>2</sub>-Emission Bedarf / Verbrauch

nach oben



## Gebäudehülle

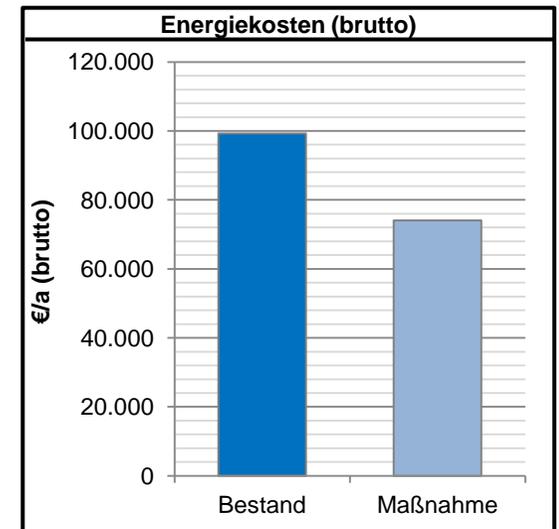
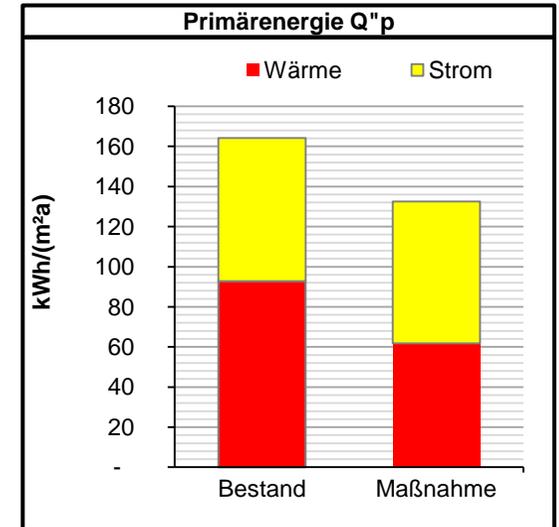
Sanierung gem. EnEV 2009

→ Gebäude 3310

Investitionskosten: ca. 1,45 Mio. € (300 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>)

Einsparung: ca. 30.000 €/a

Primärenergie: - 23 %



## Gebäudehülle

Sanierung gem. EnEV 2009

→ Übertragbarkeit auf Gebäude gleichen Typs

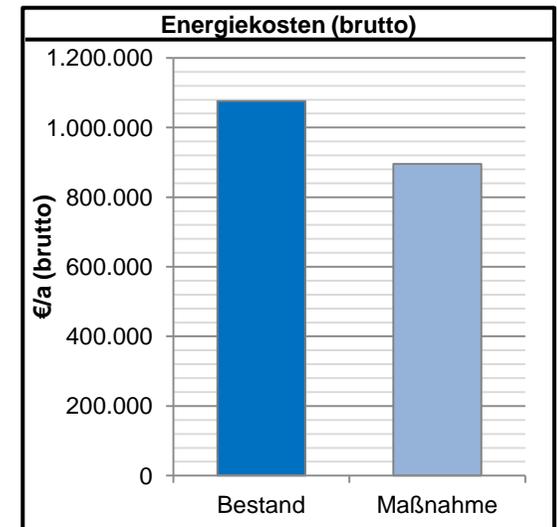
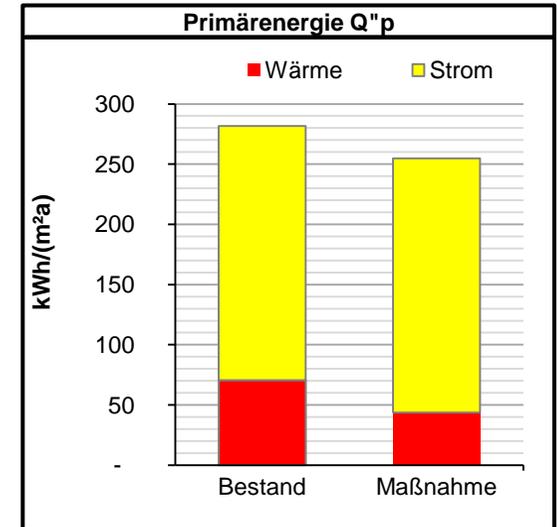
Investitionskosten: ca. 12 Mio. € (300 €/m<sup>2</sup>NGF)

Einsparung: ca. 192.800 €/a

Primärenergie: - 10 %

### Typ 07

Baujahr 1969-78  
Bandfassade



## Gebäudehülle

Sanierung gem. EnEV 2009

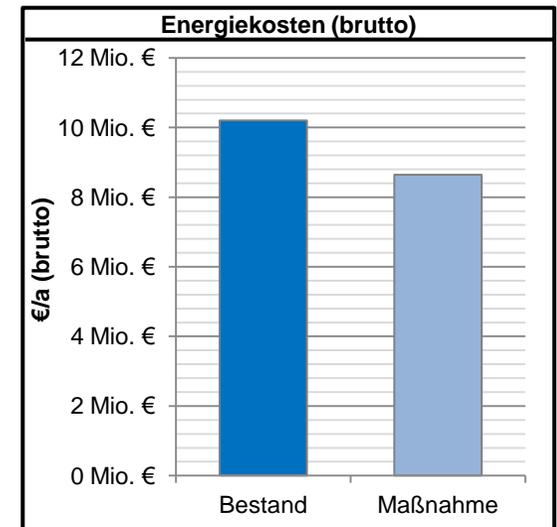
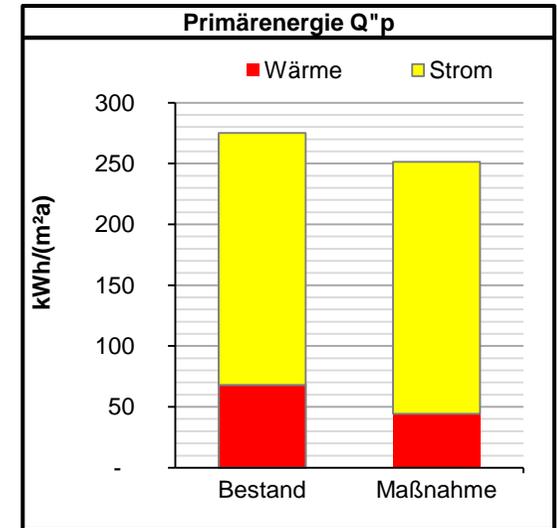
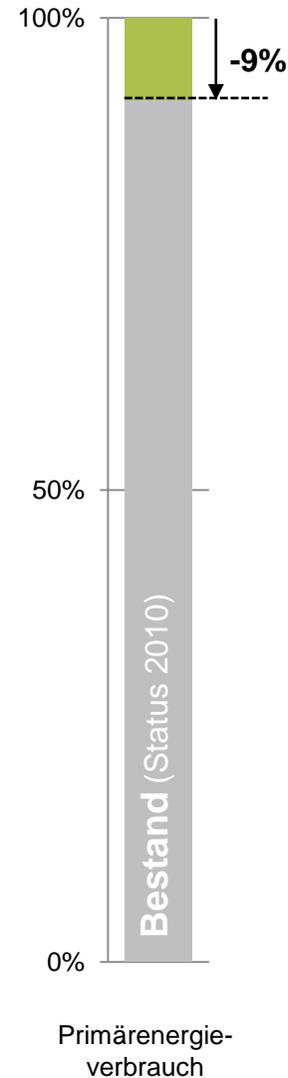
→ Campus gesamt

Investitionskosten: ca. 120 Mio. € (300 €/m<sup>2</sup>NGF)

Einsparung: ca. 1,6 Mio. €/a

Amortisation: 20 a

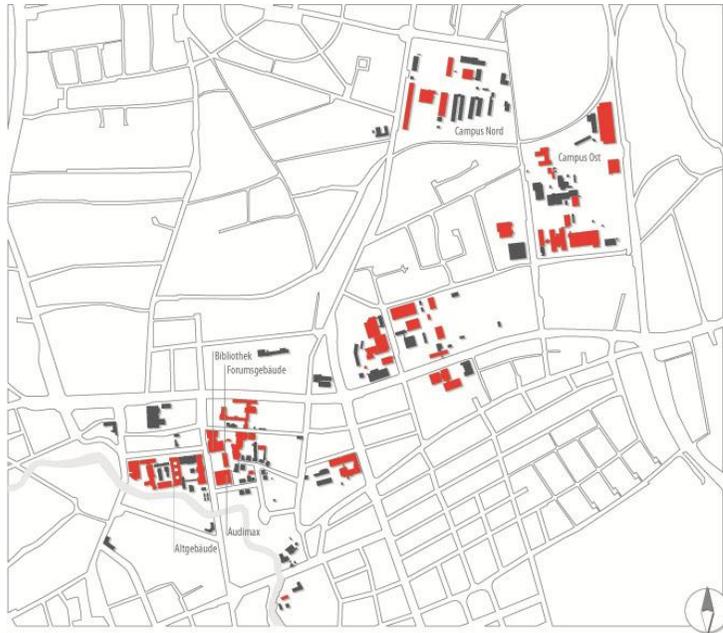
**Primärenergie: - 9 %**



## Gebäudetechnik

### Betriebsoptimierung RLT - Anlagen

→ Campus gesamt: 48 Gebäude



Geb.Nr.	Lüftungsanlage					
	Volumenstrom Zuluft mechanisch (RLT-Anlage)	Volumenstrom Abluft mechanisch (RLT-Anlage)	RLT-Anlage mit Heizregister	RLT-Anlage mit Kühlregister	RLT-Anlage mit WRG	versorgte Bereiche (nur falls bekannt)
	[ m³/h ]	[ m³/h ]	[ x ]	[ x ]	[ x ]	[ - ]
3206						
3303						
3304						
3306	1) 72.000 m³/h 2) 72.000 m³/h	1) 72.000 m³/h 2) 72.000 m³/h	1) x 2) x	1) ---- 2) ----	1) --- 2) ---	1) Motorenprüfstände 2) Motorenprüfstände
3310	1) 7.500 m³/h 2) 10.000 m³/h 3) 7.800 m³/h	1) 3.300 m³/h 2) 8.500 m³/h 3) 7.800 m³/h	1) x 2) x 3) x	1) ---- 2) ---- 3) ----	1) x 2) x 3) x	1) Seminarraum EG 2) Praktikum EG - 3.OG 3) Labore 4.OG
3314						
3316	1) 48.000 m³/h 2) 10.000 m³/h	1) 48.000 m³/h 2) 10.000 m³/h	1) x 2) ----	1) ---- 2) ----	1) ---- 2) ----	1) Laborräume, Flure 2) Raum 401
3317	1) 22.100 m³/h 2) 2.200 m³/h 3) 3.500 m³/h 4) 3.500 m³/h 5) 3.500 m³/h 6) 30.200 m³/h 7) 31.350 m³/h	1) 22.100 m³/h 2) 2.200 m³/h 3) 3.500 m³/h 4) 3.500 m³/h 5) 3.500 m³/h 6) 30.200 m³/h 7) 32.000 m³/h	1) --- 2) x 3) x 4) x 5) x 6) x 7) x	1) x 2) x 3) x 4) x 5) x 6) --- 7) ---	1) x 2) --- 3) --- 4) --- 5) --- 6) --- 7) ---	1) Kernzonen (innen liegend) 2) EG 024, 033, 034 3) UG -129, -130 4) UG -103 5) UG -102 6) EG - 5.OG 7) Werkstatt, Versuchshalle
3322						
3325						
3326	1) 10.300 m³/h 2) 1.300 m³/h 3) 6.000 m³/h	1) 10.300 m³/h 2) 1.300 m³/h 3) 6.000 m³/h	1) x 2) x 3) x	1) x 2) --- 3) x	1) --- 2) --- 3) ---	1) Büro 003, 102, 103, 103a 2) Kelerräume (ehem. Server) 3) Messraum Versuchshalle
3328						

## Gebäudetechnik

Betriebsoptimierung raumluftechnische Anlagen

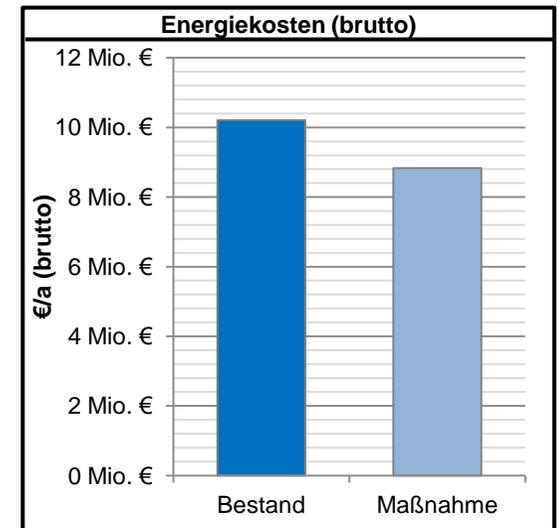
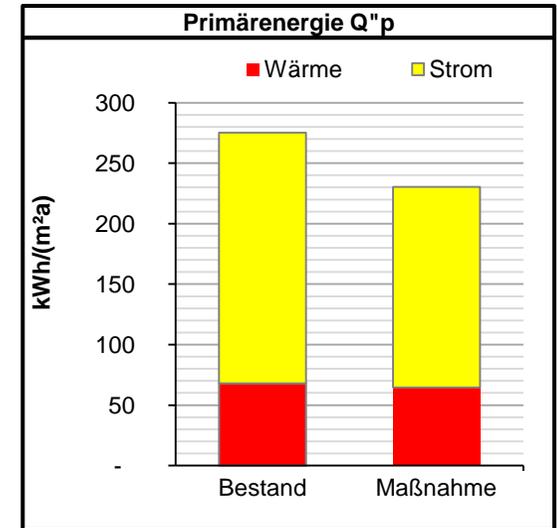
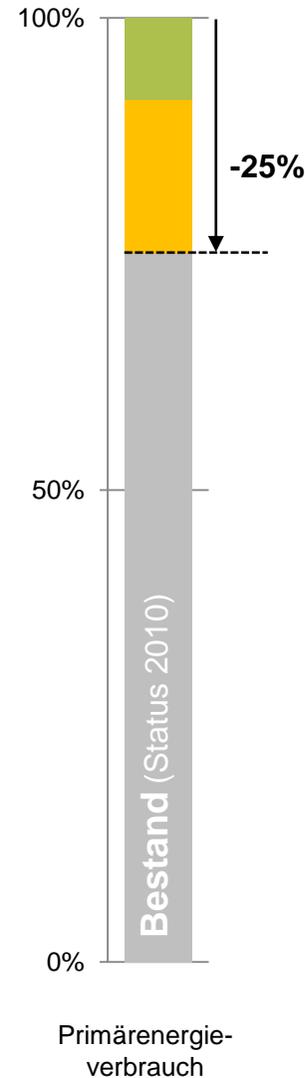
→ Campus gesamt

Investitionskosten: 4,0 Mio. €/a

Einsparung: ca. 1,4 Mio. €/a

Amortisation: 2,5 a

**Primärenergie: - 16 %**





## Beleuchtung

**Verkehrsflächen** (Campus gesamt)

→ Austausch Leuchtstofflampen durch LED-Lampen

**Investitionskosten: ca. 550.000 €** (6,60 €/m<sup>2</sup><sub>Verkehrsfläche</sub>)

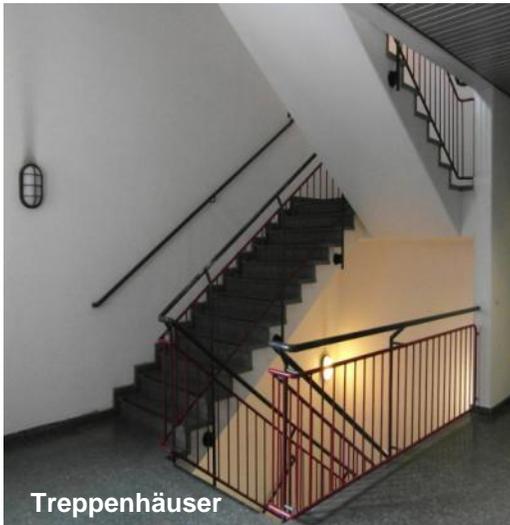
**Einsparung: ca. 135.000 €/a**

**Amortisation: 3a**

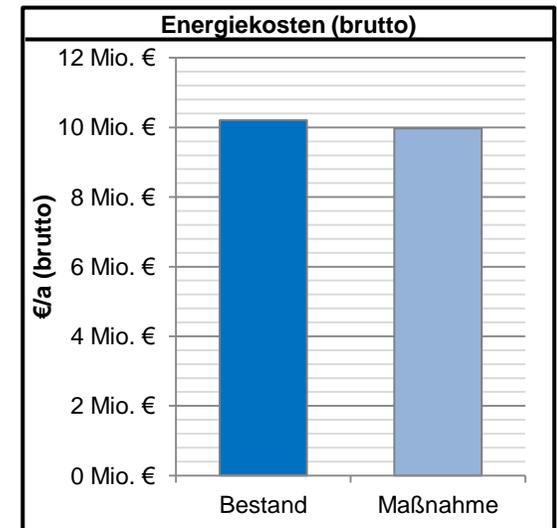
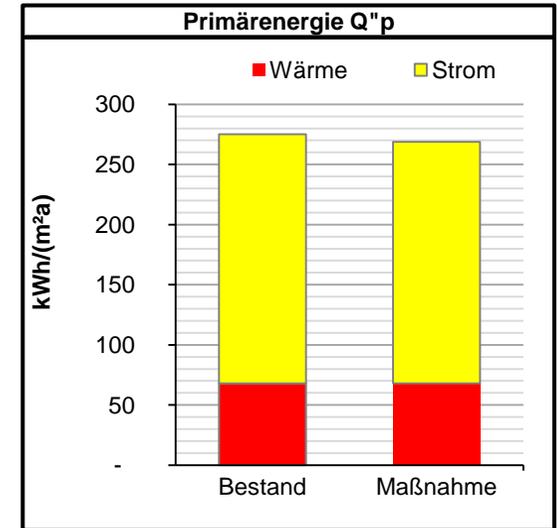
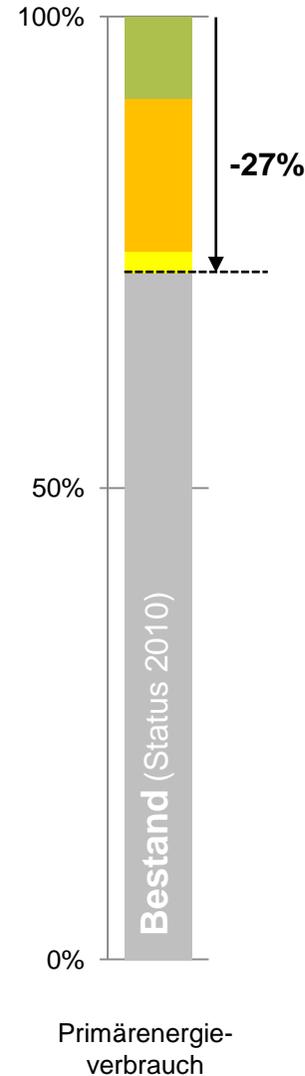
**Primärenergie: - 2 %**



Flure



Treppenhäuser



## Technische Ausstattung

„Kühl- / Gefrierschränke“ (Campus gesamt)

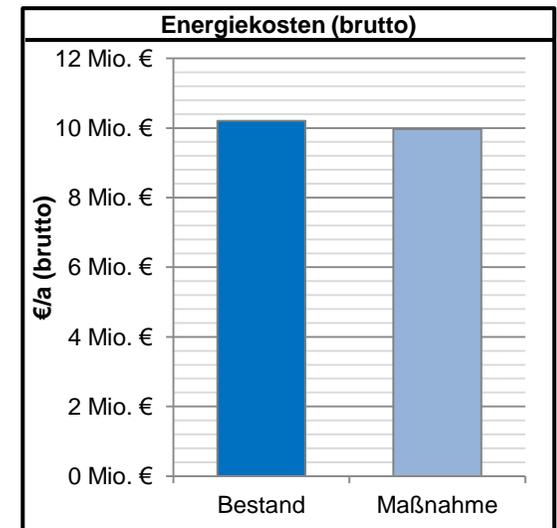
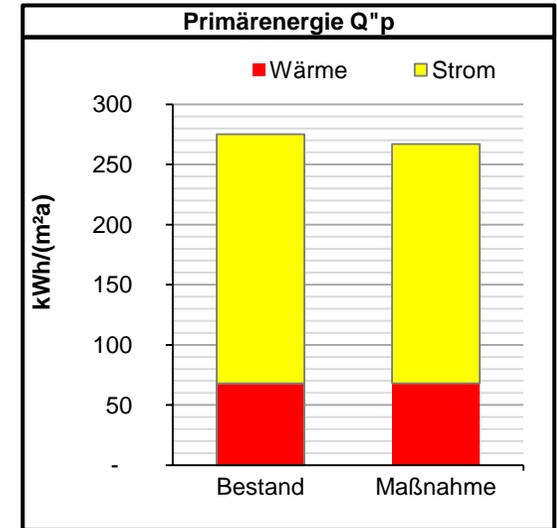
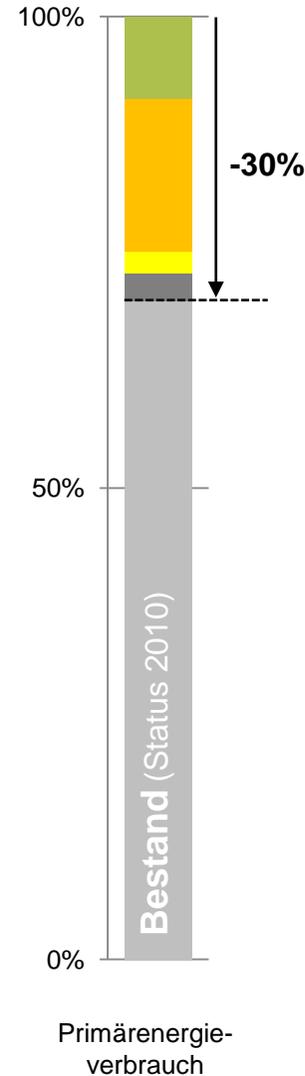
→ Austausch sämtlicher „Altgeräte“

Investitionskosten: ca. 1 Mio. €

Einsparung: ca. 165.000 €/a

Amortisation: 5a

**Primärenergie: - 3 %**



## Photovoltaik

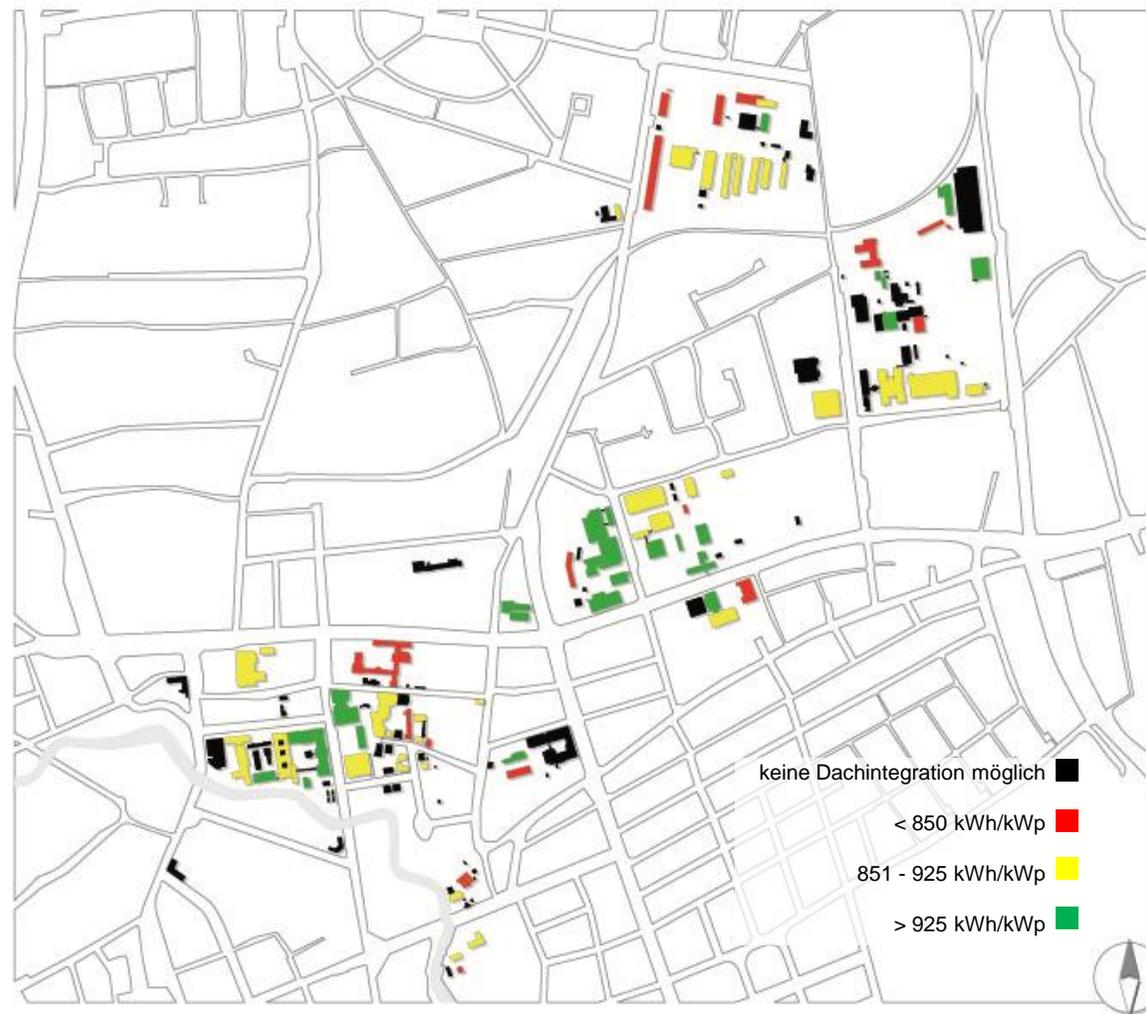
### Dachflächenanalyse Campus gesamt

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>

Gebäude-Nr.	Areal	Dachfläche	Installationsfläche	PV-Fläche	Verbrauch	PV-Leistung	Netz- einspeisung	Ertrag/ Verbrauch	spezifischer Jahresertrag	verminderte CO <sub>2</sub> - Emissionen	Priorität
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kWh]	[kWp]	[kWh]	[%]	[kWh/kWp]	[kg]	
4201	1	1085	1000	1000	209923	47,0	44501	21,2	844,1	39348	
4203	1	3435	2409	491	1824763	25,2	23815	1,3	941,8	21009	
4204	1	2400	2252	2010	522834	88,5	93484	18,8	842,2	82544	
4205	1	1593	1580	1580	319588	77,8	70116	23,5	963,3	66384	
4208	1	984	961	318	174198	15,8	15200	8,7	956,6	13425	
4214	1	393	393	161	27015	21,6	20157	74,6	929,4	17787	
4269	1	2410	1520	388	3621780	18,0	18815	0,5	929,7	14827	
4284	1	4317	4399	1008	3175592	140,4	131805	0,4	934,8	116353	
3301	2	1097	1097	960	5228	44,6	41589	701,5	927,9	38701	
3302	2	2340	2208	1651	247527	77,6	73524	29,7	943,6	64870	
3303 & 3305	2	3549	3180	1782	379191	72,5	68879	18,2	947,1	60819	
3304	2	2324	2288	1457	286515	84,3	81344	28,4	962,4	71872	
3308	2	1333	1333	1333	381965	60,5	56488	14,9	930,3	49849	
3309	2	276	276	276	38	12,9	11807	31087,4	943,5	10433	
3310	2	670	687	550	142799	22,1	22103	15,5	999,6	19555	
2423	3	2290	1360	400	1742640	54,0	50808	2,9	933,4	44834	
1501	3	1180	510	170	147786	27,0	25239	17,1	929,8	22277	
2412	3	565	565	177	187248	25,9	24094	12,9	928,7	21271	
2424	3	560	380	344	134725	46,4	43094	32,0	925,4	38044	
1407	4	610	400	135	6292	17,6	16481	176,5	926,8	14535	
4245	1	410	397	397	163591	18,7	18432	10,0	875,0	14512	
4247	1	150	141,5	69	6030	3,8	34227	56,8	887,9	3021	
4255	1	210	205	205	9731	9,6	8335,1	85,7	864,3	7352	
4261	1	419	407	116	k.A.	8,2	7288,8	-	890,0	6435	
4216	1	193	190	87	20981	13,0	11431	54,5	880,0	10105	
4225 S	1	832	822	407	142789	22,8	19609	13,7	856,2	17297	
4202	1	2921	2855	923	86054	44,6	38848	45,1	866,0	34252	
3203	1	465	369	225	k.A.	9,1	8129,7	-	888,5	7810	
3209	1	1712	1537	758	k.A.	29,0	25039	-	858,9	22098	
3217	1	3552	3291	3122	k.A.	171,8	147109	-	851,8	129692	
3208	1	725	694	526	k.A.	23,8	19781	-	828,6	17443	
3324	1	1106	1106	1041	74538	53,3	45484	81,0	849,2	40086	
4302	1	671	669	465	18443	24,0	19639	106,5	814,5	17319	
4303	1	950	947	477	20549	25,9	20747	101,0	795,6	18272	
5207	1	275	275	195	3332	8,6	7124	213,8	819,8	6276	
3306	2	1680	800	800	414899	43,2	36150	8,7	832,1	31849	
3325	2	157	157	157	35130	8,7	5887	16,2	842,7	5017	
3401	2	1363	905	800	165844	25,9	21294	1,3	840,9	19312	
3408	2	1245	1084	755	k.A.	33,6	28509	-	843,4	25107	
2410	3	1930	1380	1334	474706	179,6	144837	30,5	805,4	128161	
1327	4	1700	1200	380	36364	50,5	41160	113,2	810,4	36276	
1404	4	1185	500	355	46017	46,3	34398	74,8	740,0	30342	



## Photovoltaik

### Dachflächenanalyse Campus gesamt

Investitionskosten \*1) 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%  
 Amortisation: 10-12 a

**Primärenergie: ca. - 6 %**



\*1) einschl. Unterkonstruktion, Blitzschutz, Baunebenkosten,...

