



**Technische
Universität
Braunschweig**

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

www.igs.tu-bs.de



Campus TU Braunschweig

- Auf dem Weg zum klimaneutralen Stadtquartier -

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



14.11.2017

Klimaneutrale Stadtquartiere

Planung und Umsetzung (MNF Netzwerk)

Campus TU Braunschweig



Heide



Heide - Rüdorfer Camp

Wolfsburg



Braunschweig



Neue Weststadt, Esslingen

Frankfurt

Esslingen



Zukunftsraum Wolfsburg

Durch gemeinsame Förderung von:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Forschungsprojekte (2010)

- **BMBF-** Wettbewerb „Energieeffiziente Stadt“

Delitzsch, Essen, Magdeburg **Stuttgart** und Wolfhagen

SEE Stuttgart - Stadt mit **Energie-Effizienz** -



- **BMWi-** Forschungsfeld „EnEff Stadt“



2012



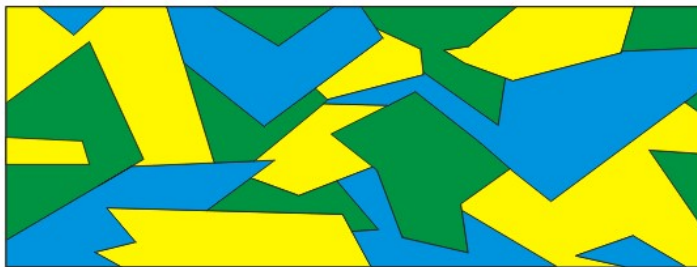
EnEff Campus (Vorschlag IGS, TU Braunschweig)

Stadtquartier
statt kompletter Stadt!

Weshalb Hochschul - Campus?
Reallabor - Energiewende Bestand!
Klares Eigentumsverhältnis!

Wenn nicht dort, wo denn sonst?

heterogen



homogen



Phase II (2016 – 2019)

- Umsetzung Masterplan (Phase I)
- Weiterentwicklung Tools (Phase I)
 - Anamnese + Analyse Bestandsquartiere
 - Quartier - Simulation
- Umsetzung – Ziele aus Phase I



2020 Primärenergie minus 40% (Bezug 2011)

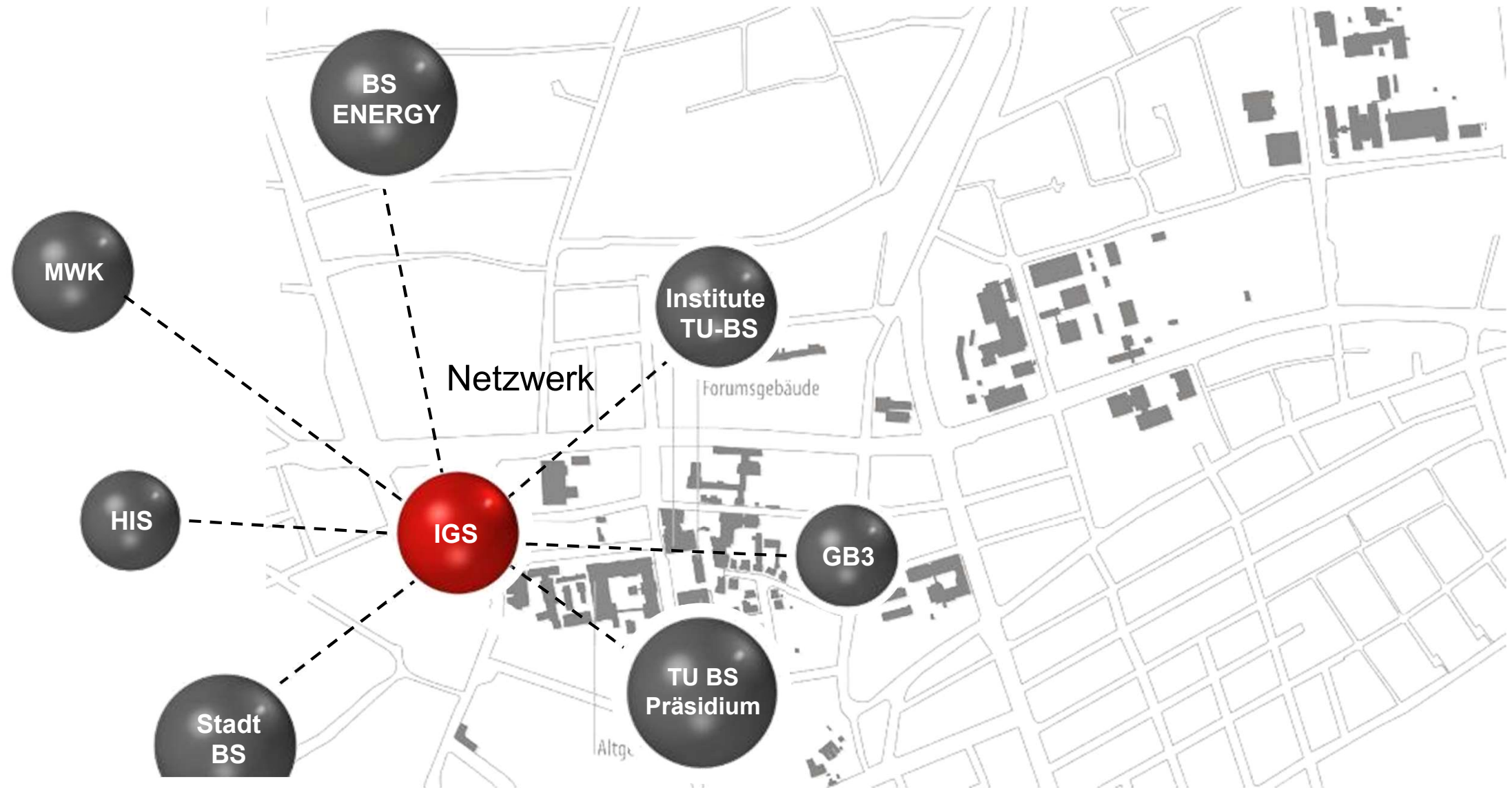
Verbesserung von Lern- und Lebensqualität



2035 klimaneutraler Campus
nahezu ausgeglichene CO₂- Bilanz

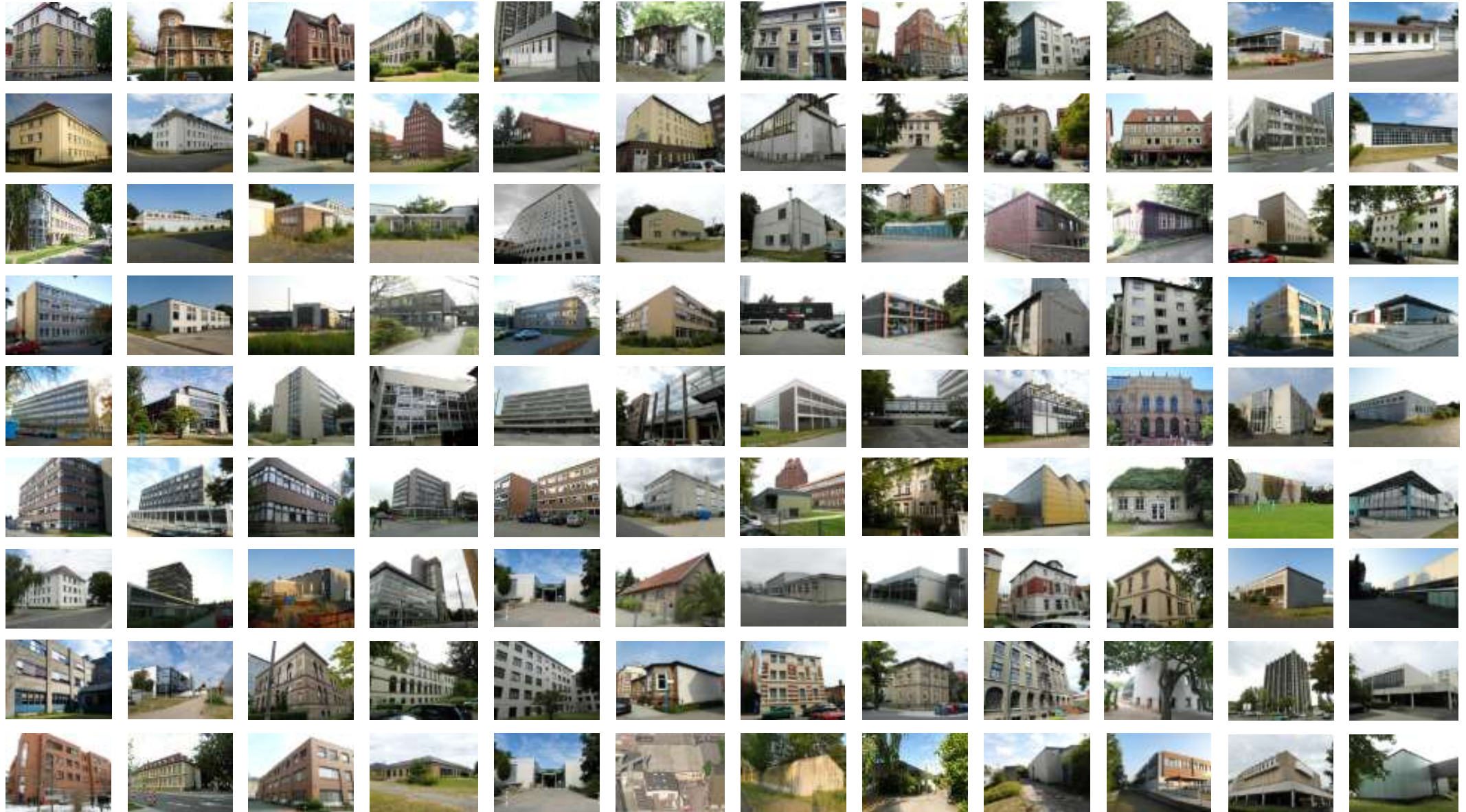


EnEff Campus TU Braunschweig Forschungs - Partner + Akteure



- Gebäudespezifische Ermittlung
Kennwerte (Flächen | Nutzung | EnEV- Nachweis)
- > 500 Mess-Stellen und Zähler nachgerüstet
15 Minutenwerte **Strom- und Wärmeverbrauch**
- Zentral aufgeschaltetes **Energie-Management-System (EMS)**

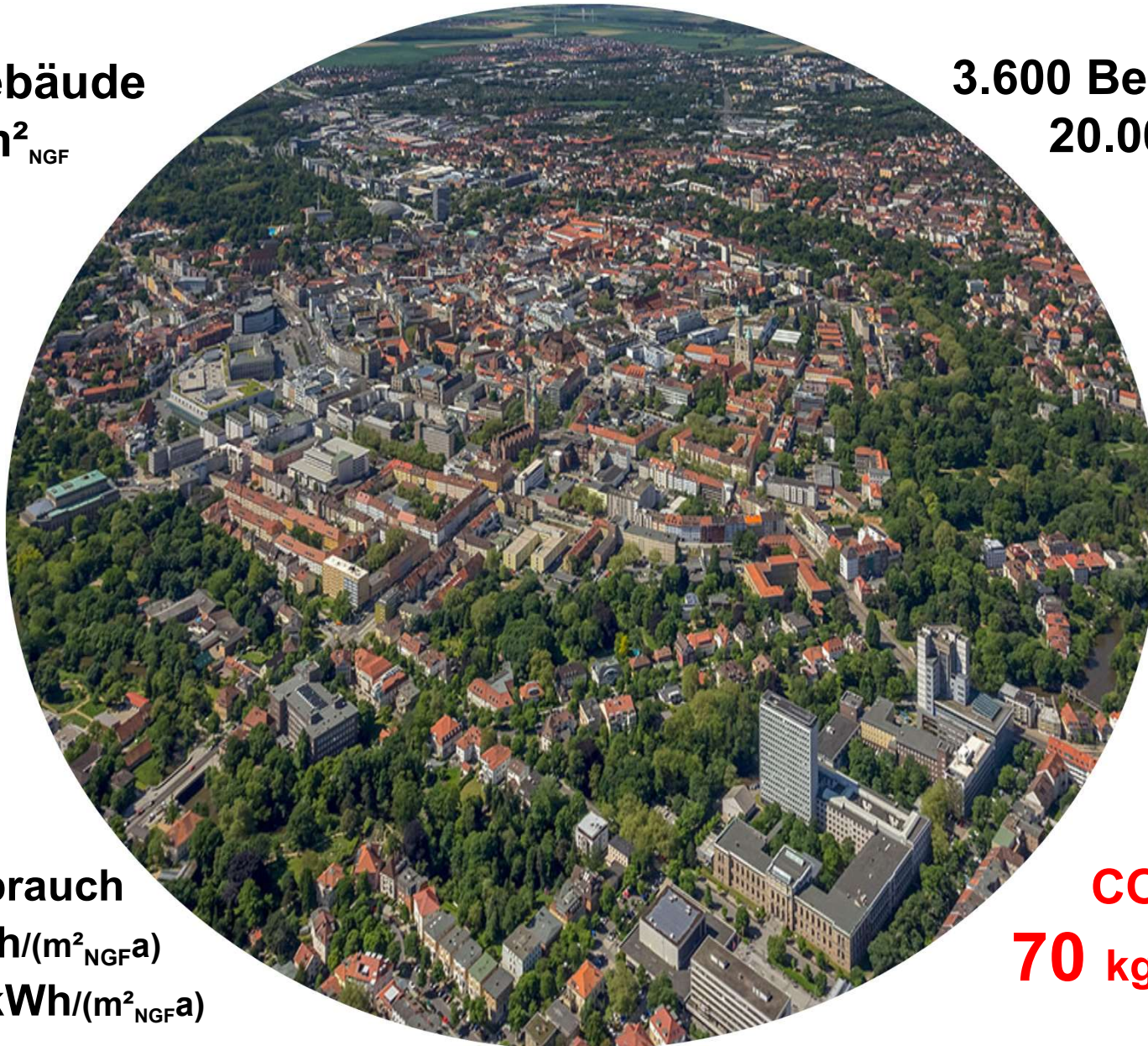




EnEff Campus TU Braunschweig Quartier im Stadtzentrum

200 Gebäude
400.000 m²_{NGF}

3.600 Beschäftigte
20.000 Studierende



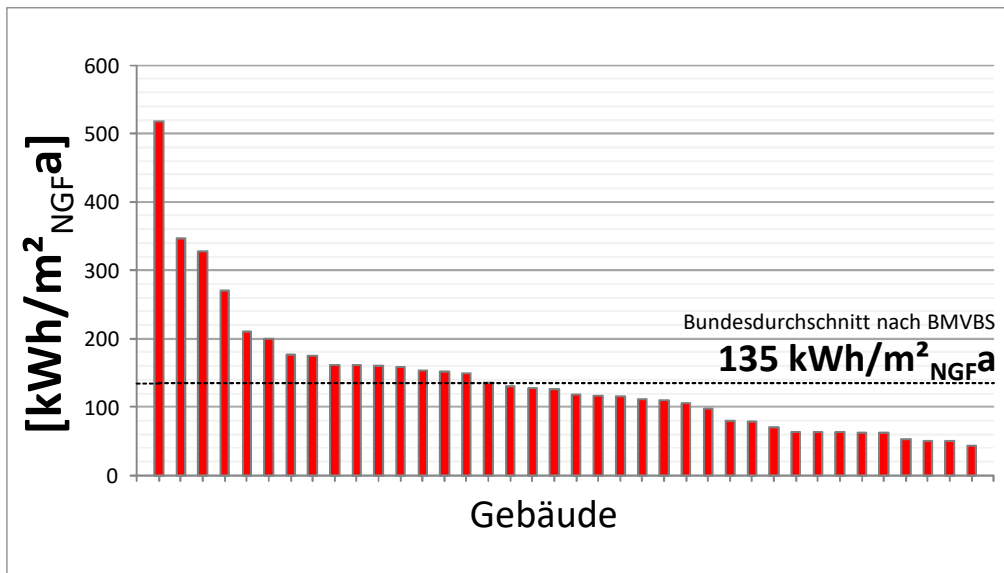
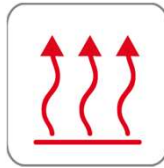
Endenergie- Verbrauch
Wärme 95 kWh/(m²_{NGF}a)
Strom 83 kWh/(m²_{NGF}a)

CO₂- Emissionen
70 kg/(m²_{NGF}a)

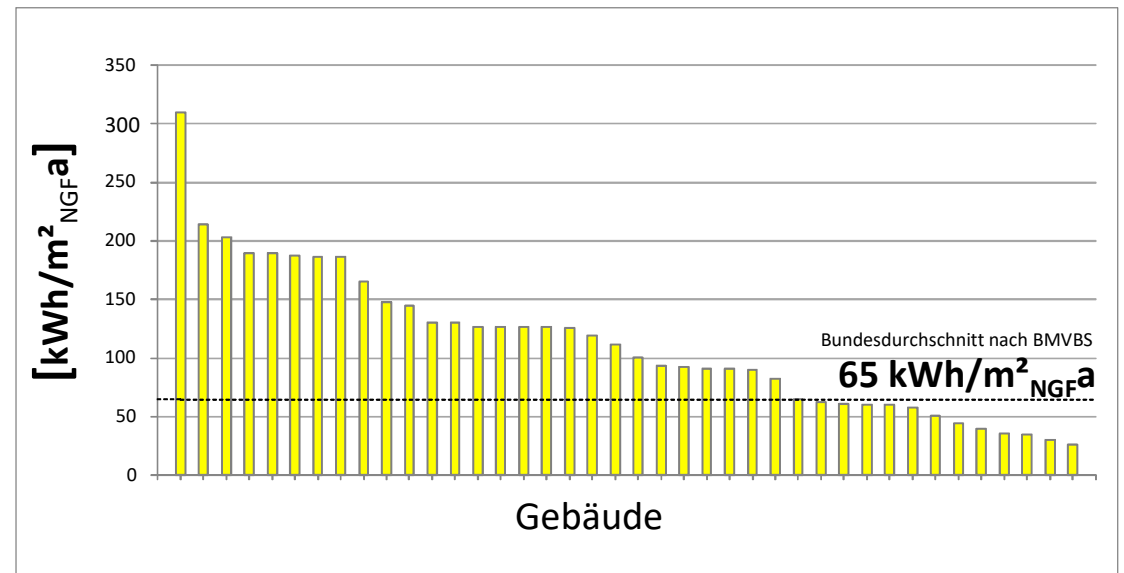
Nutzungsgruppe
 NF 3

Forschung
 nach DIN 277

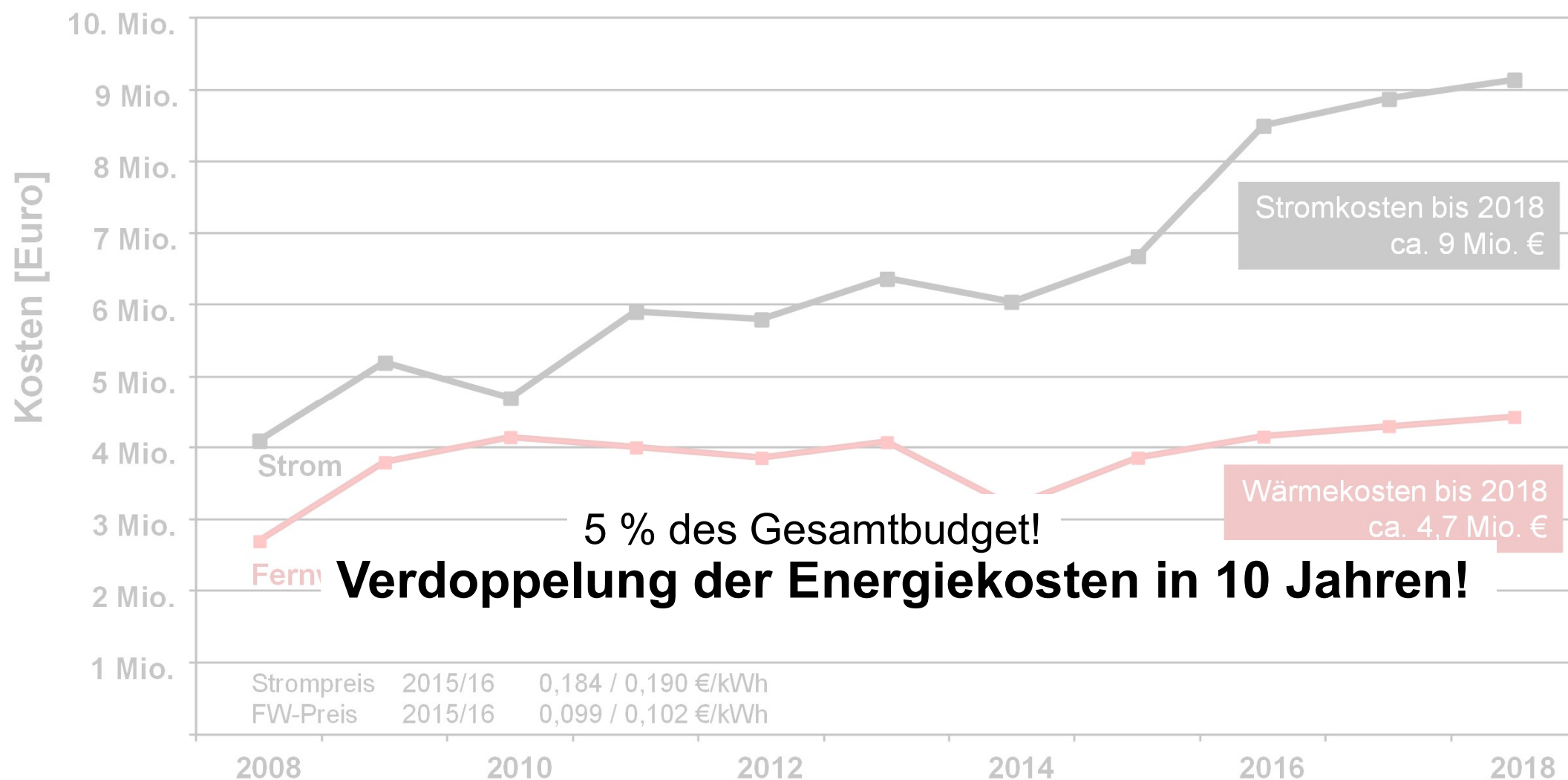
Wärme



Strom

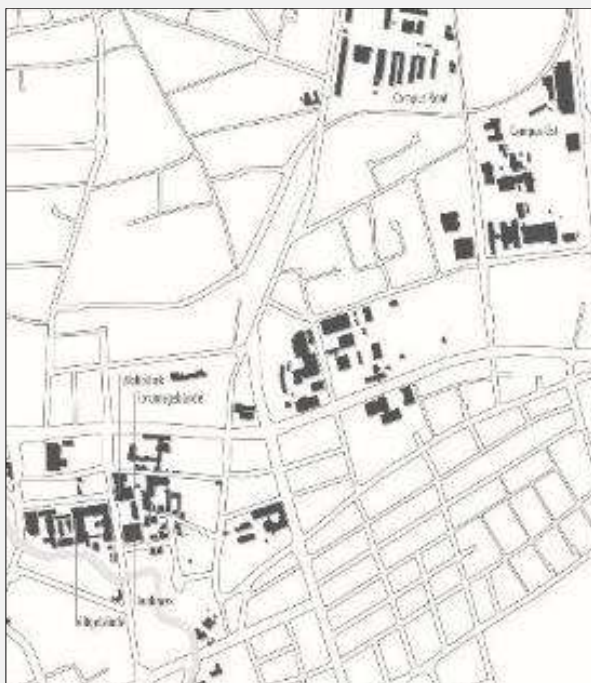


EnEff Campus TU Braunschweig Entwicklung der Energiekosten



Anamnese + Analyse - Tool Energetische Sanierung Bestandsquartier

Campus TU BS



Klassifizierung

**Bau-
konstruktion**

Baujahr

Nutzung

**Verbrauchs-
daten
(Wärme/Strom)**

Typisierung

Typ 01

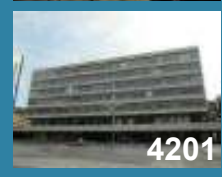
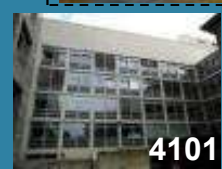
Typ 02

Typ 03

Typ 04

Typ 05

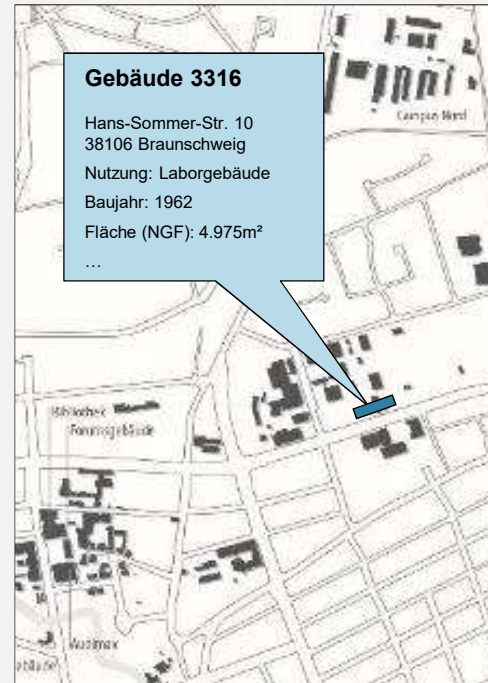
Typ 5



Energiekataster

Gebäude 3316

Hans-Sommer-Str. 10
 38106 Braunschweig
 Nutzung: Laborgebäude
 Baujahr: 1962
 Fläche (NGF): 4.975m²
 ...

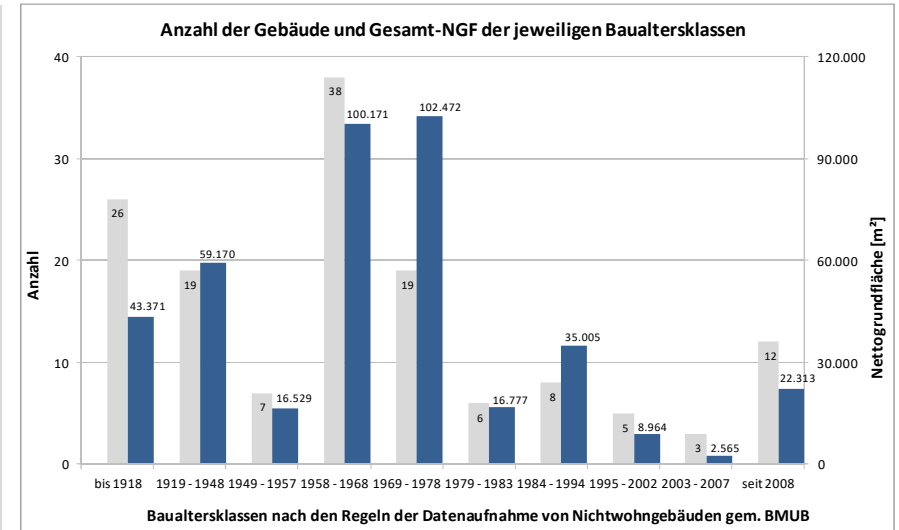


Gebäudeklassifizierung

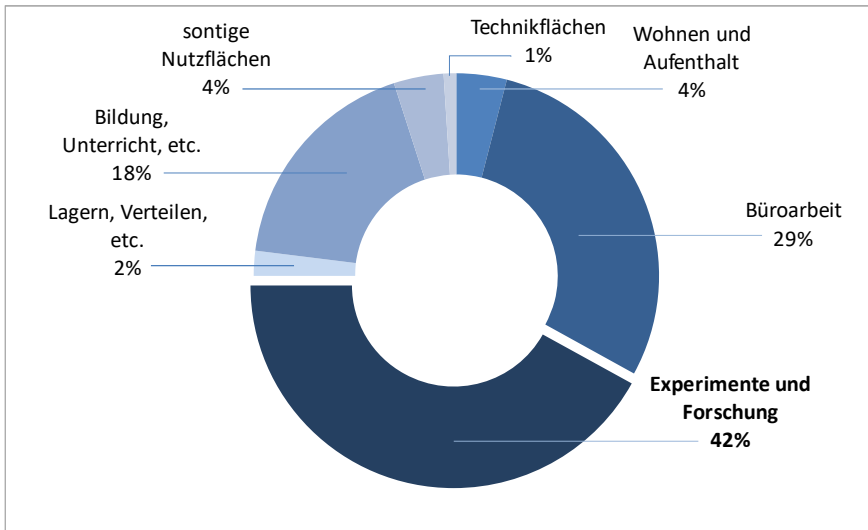
Konstruktion / Bautyp



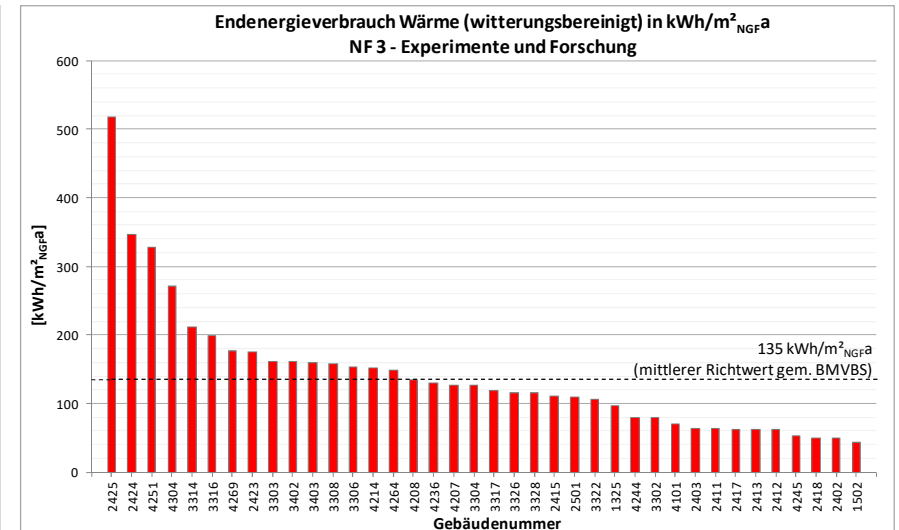
Baujahr

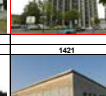
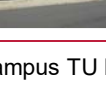
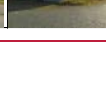
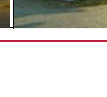
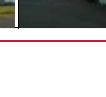


Nutzung (DIN 277-2)



Endenergieverbrauch



Gebäudetyp	Kategorie	Bezeichnung	Übertragbarkeit													
Typ_01	bis 1918		4220	4225	4227	4228	4235	4247	4248	4391	5030	5035	4214	4204	4205	4207
																
Typ_02	1919 - 1948		1328	1404	3208	3206	4102	4111	4238	4244	4258	4303	4310			
																
Typ_03	1949 - 1957		3304	4216	4245	4206										
																
Typ_04	1958 - 1959 (Lorchhaus)		1411	2402	2418	3307	3314	3420								
																
Typ_05	1959 - 1959 (Lorchhaus)		2411	2414	4101	4201	4208									
																
Typ_06	1959 - 1959 (Lorchhaus)		2416	2901	3317	3324										
																
Typ_07	1959 - 1973 (Bürogebäude, aussergewöhnlich)		1501	2410	4103											
																
Typ_08	1973 - 1983		3404													
																
Typ_09	1988 - 1994		4064	4209	1307											
																
Typ_A	Hochschule Hochschulgebäude		1408	1407	1409	2401	2430	3401	4302	4303	4210	4217				
																
Typ_B	Hallenbauten		1408	1414	1415	1419	1420	1421	1423	1424	1502	2403	2412	2413	2417	2420
																

Baujahr,
Baualtersklassen

Flächen /Volumen
NGF, BGF, V_e

Gebäudenutzung
(DIN V 18599)

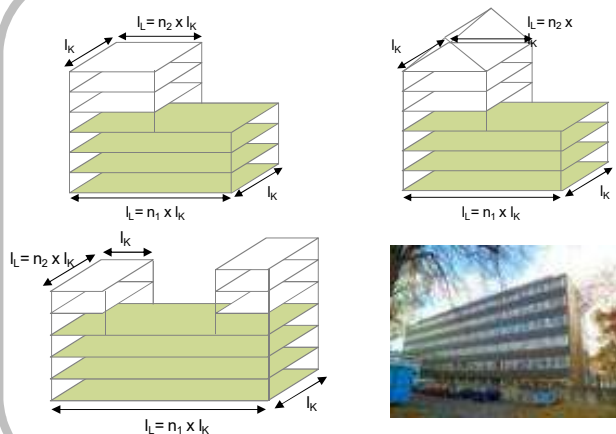
Raumhöhen,
Geschosse

phys. Kenndaten
Gebäudehülle

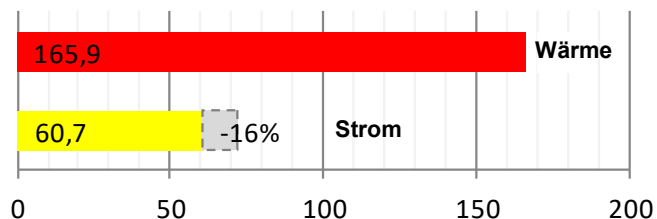
Nutzung
DIN V 18599

Gebäudedatenbank

Modellierung Gebäude



Endenergieverbrauch [kWh/m²a]



Investition: 84.800 € (17 €/m²)

Amortisationszeit: 6,7 Jahre

Einsparung

Energiekosten: 10.959 €/a

Primärenergie: 150 MWh/a

CO2-Emissionen: 36 tCO2/a

Ableitung und Berechnung Sanierungsmaßnahmen

Erfassung Bestand

Beleuchtung, RLT-Anlagen, PV-Potenzial

Kostendatenbank

- spez. Kosten
- Maßnahmenbezogen



ENeC-Plus

Sanierungsszenarien Zielsetzung 2020

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

Gebäudehülle



Sanierung gem. EnEV 2009

Investition: 120 Mio. € ($300 \text{ €/m}^2_{\text{NGF}}$)

Kosteneinsparung: 1,6 Mio. €/a

Amortisationszeit: 20 a

Primärenergie: - 9 %

Gebäudetechnik



Betriebsoptimierung RLT-Anlagen

Investition: 4 Mio. €

Kosteneinsparung: 1,2 Mio. €/a

Amortisationszeit: 2,5 a

Primärenergie: - 16 %

Techn. Ausstattung



Kühl- / Gefrierschränke
Austausch sämtlicher „Altgeräte“

Investition: 1 Mio. €

Kosteneinsparung: 165.000 €/a

Amortisationszeit: 5 a

Primärenergie: - 3 %

EnEff Campus: *blue*MAP TU Braunschweig

Maßnahmen Beleuchtung

Austausch Leuchtstofflampen durch LED-Lampen

Büroräume



Investition: 799.000 €
13,20 €/m² Bürofläche

Kosteneinsparung: 100.000 €/a

Amortisationszeit: 6 a

Primärenergie: -1 %

Labore



Investition: 1,22 Mio. €
19,30 €/m² Laborfläche

Kosteneinsparung: 330.000 €/a

Amortisationszeit: 3 a

Primärenergie: -5 %

Verkehrsflächen



Investition: 550.000 €
6,60 €/m² Verkehrsfläche

Kosteneinsparung: 135.000 €/a

Amortisationszeit: 3 a

Primärenergie: -2 %

Dachflächenanalyse Campus gesamt

PV relevante Dachflächen: 100.000 m²

PV-Fläche: 20.000 m²

Potenzial PV **ca. 3.000 kW_p**

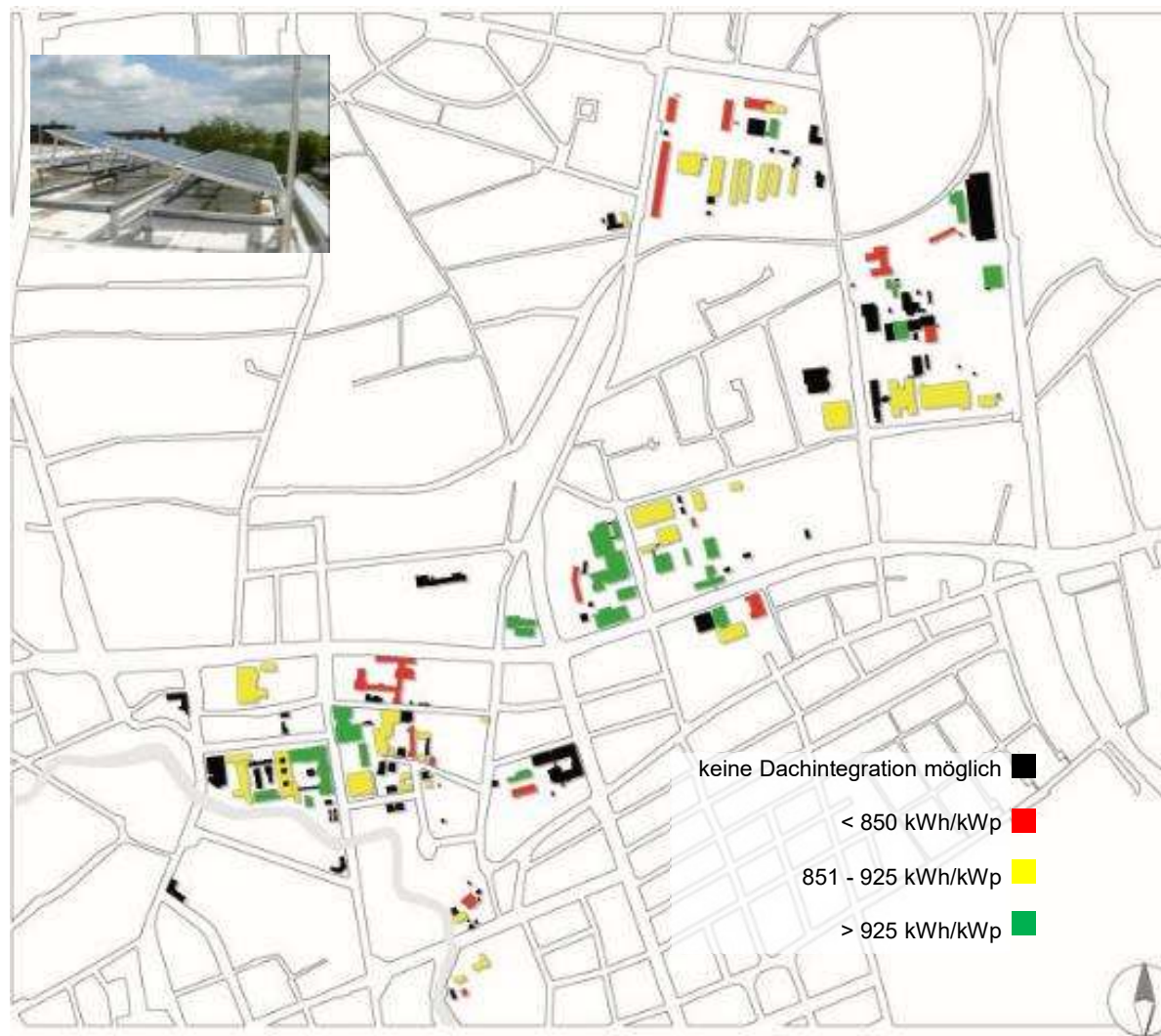
Investitionskosten^{*1)}: ca. 6 Mio. €
ca. 2 T€/kW_p

Ertrag gesamt : ca. 2,5 GWh/a
Einsparung: ca. 500 T€/a

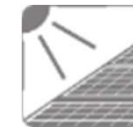
Amortisationszeit: 5 bis 12 a

Primärenergie: ca. - 6 %

^{*1)} einschl. Unterkonstruktion, Blitzschutz, Baunebenkosten,...



→ Start Umsetzung: 2018 /19



I - 04/16



bewilligt am 13.06.17

II - 11/16



bewilligt am 11.09.17

III - 04/17



Dachflächen 9

PV-Leistung 615 kW_p

Investition 1,43 Mio. €

Förderung 50 %

Amortisation: < 7 Jahre

Einsparung

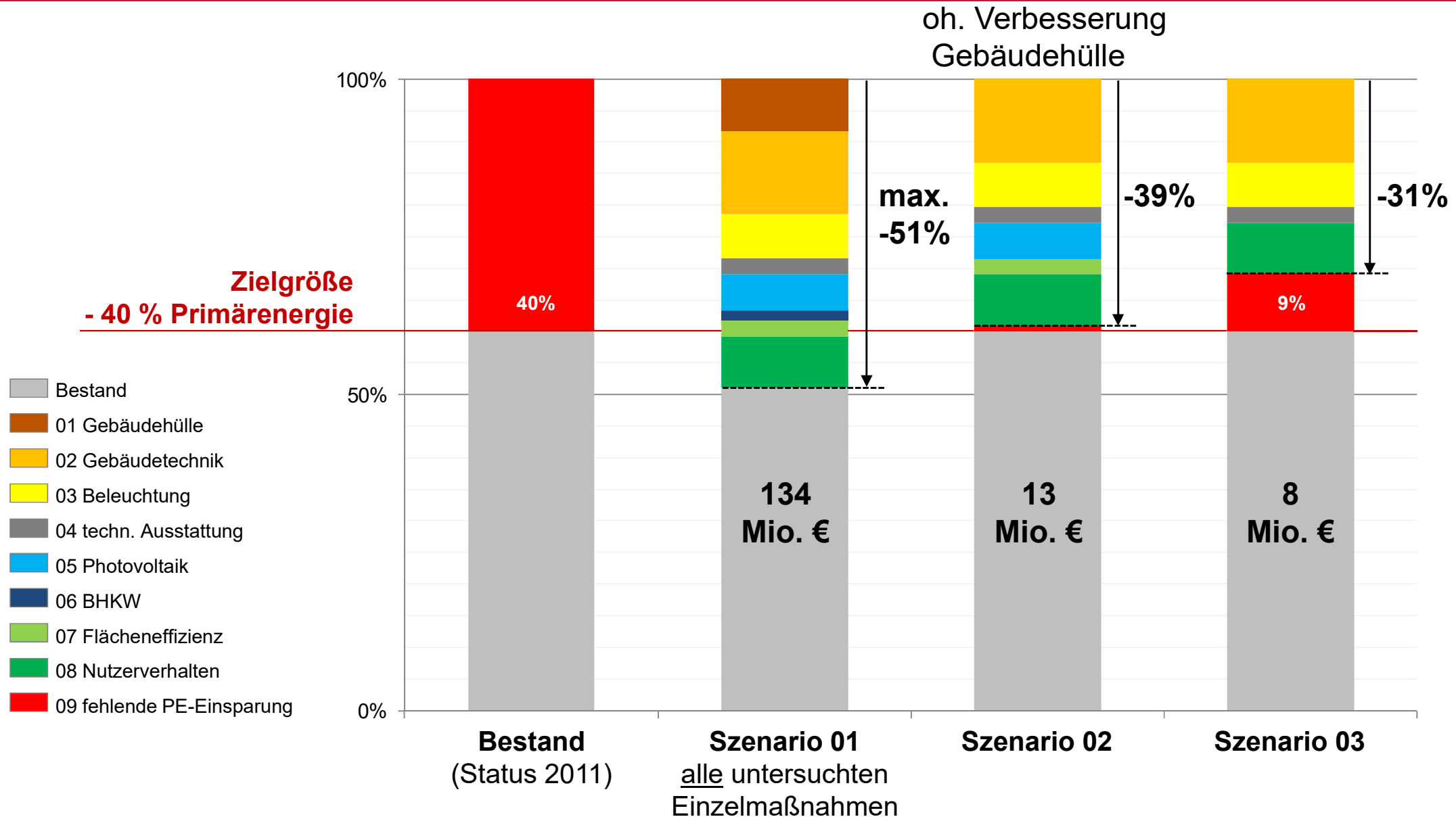
Strom 587 MWh/a

Kosten 111.500 EUR/a

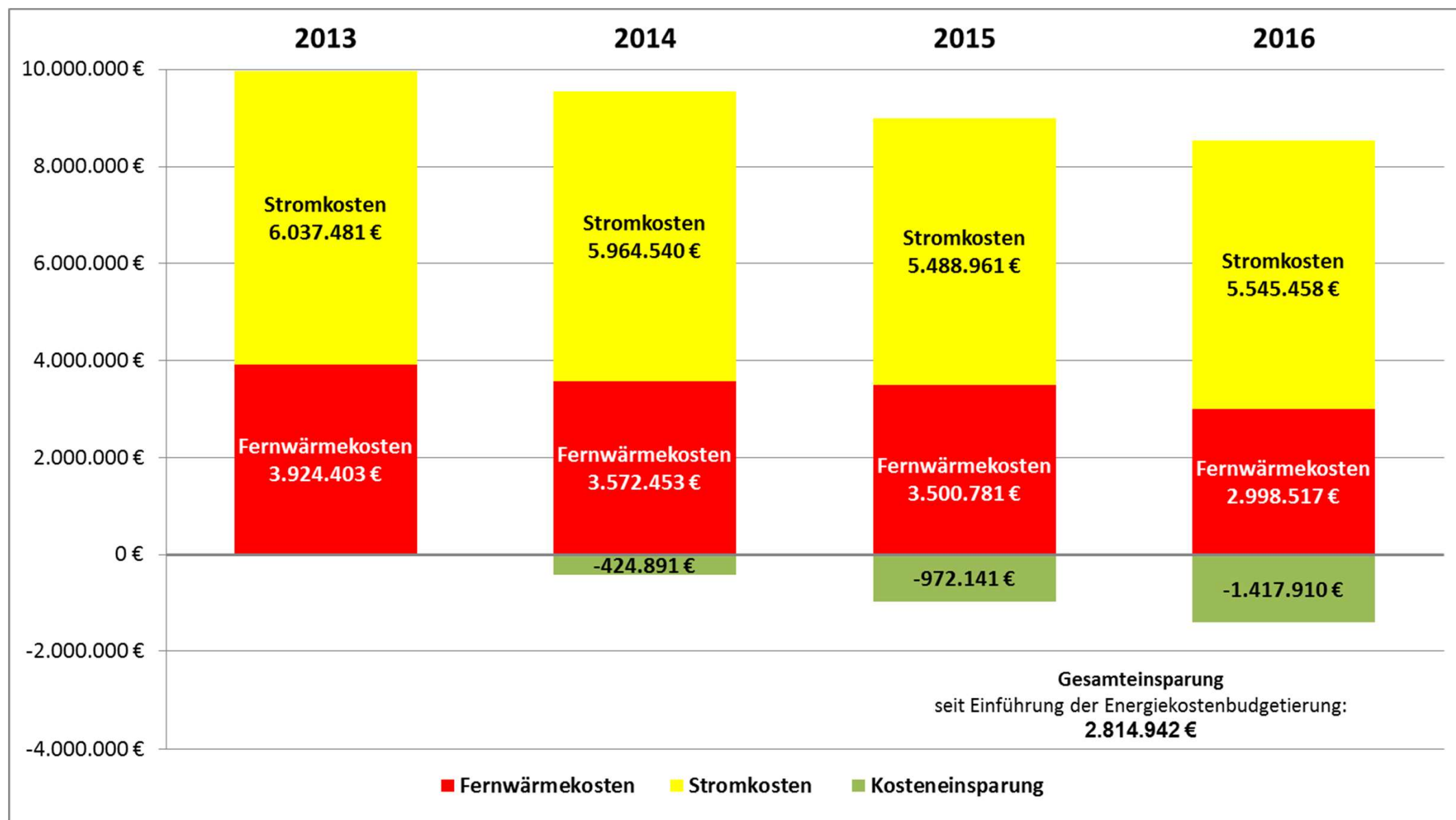
Primärenergie 1.525 MWh/a

CO₂-Emission 357 t/a

Sanierungs- Szenarien | - 40 % Primärenergie Phase I



Energiekosten-Budgetierung - Umsetzung Phase II



inkl. Umsetzung der Maßnahmen

9 **PV-Anlagen** 615 kWp



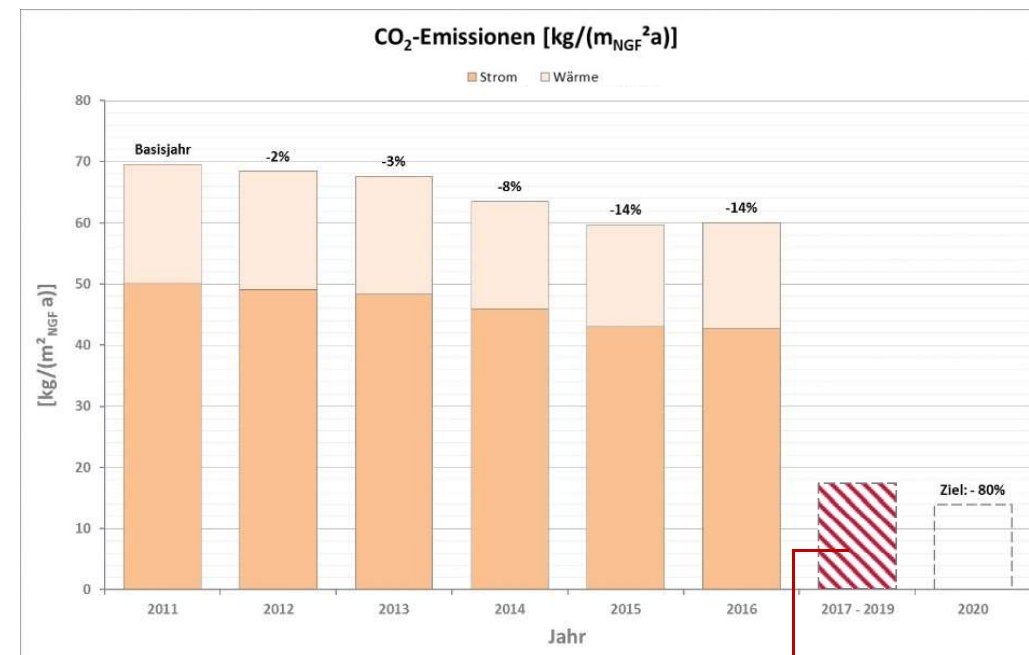
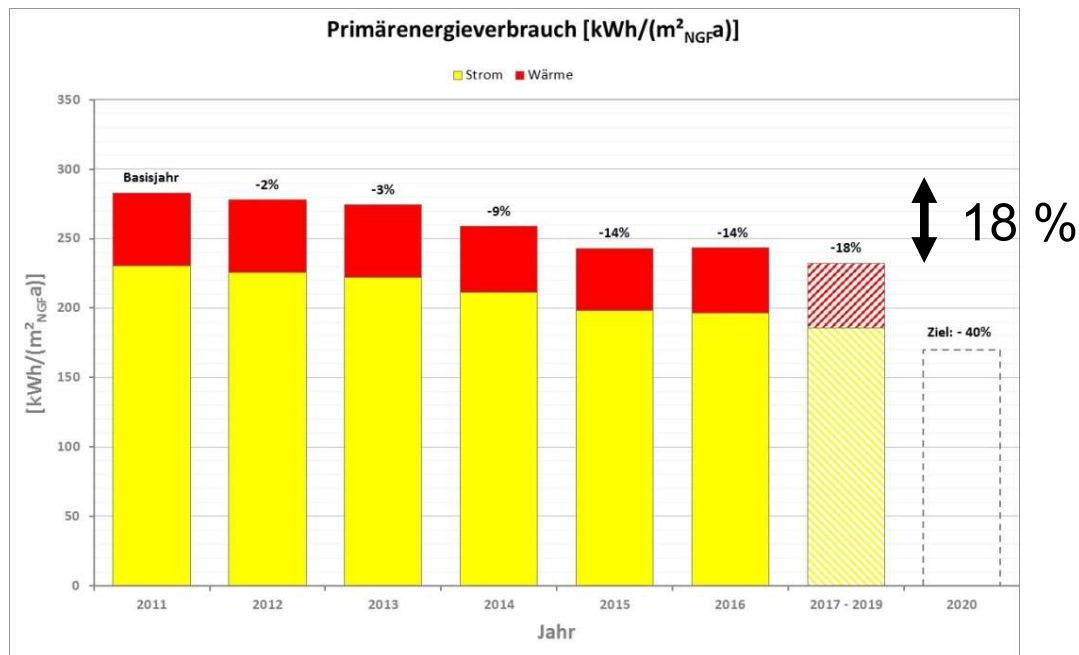
3 große **RLT-Anlagen**



3 Gebäude „Verkehrsflächen“ **LED-Beleuchtung**



**Wir müssen die Umsetzung von
Maßnahmen erheblich beschleunigen!**

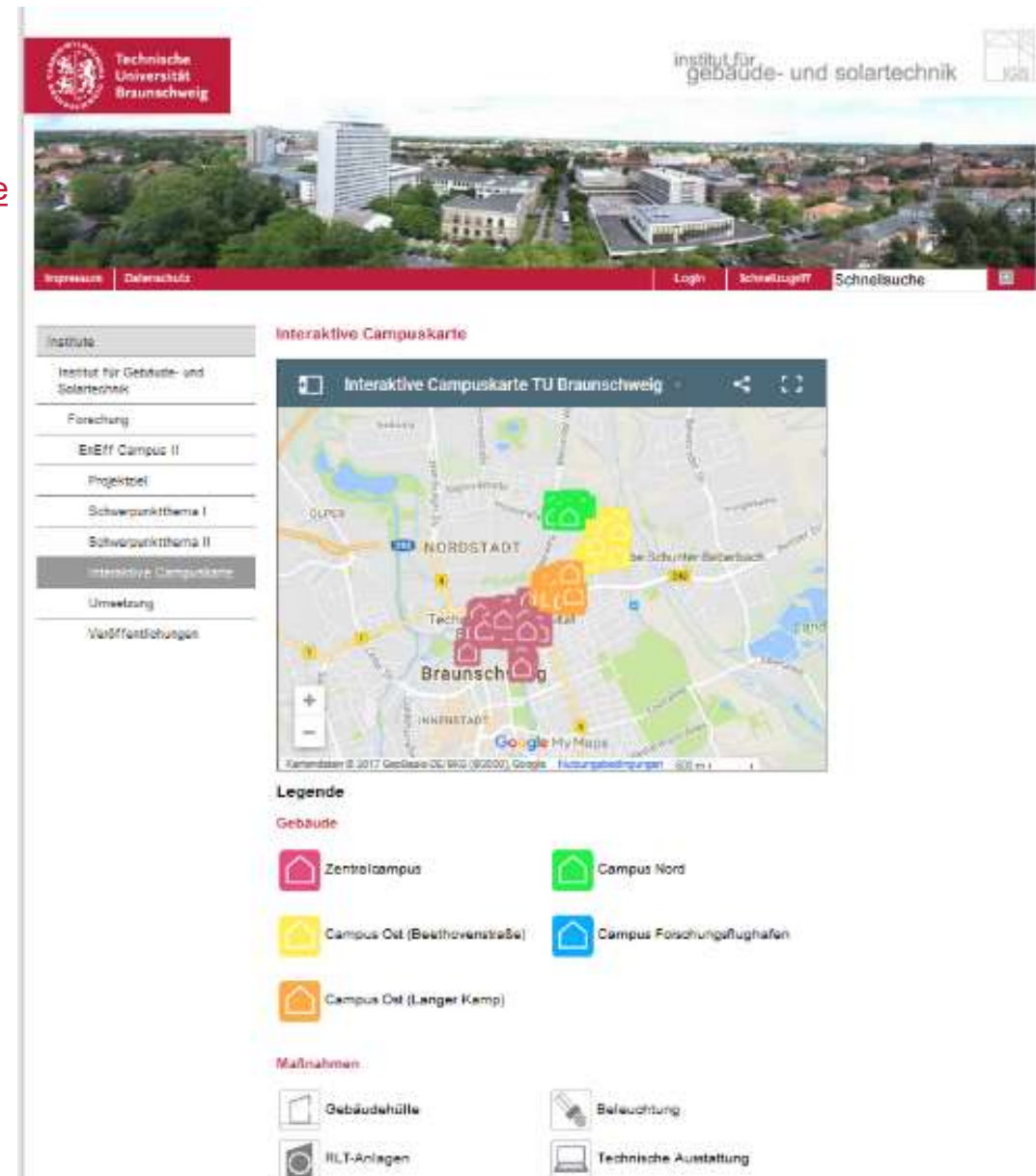


Berücksichtigung Strom 100% erneuerbar

Interaktive Campuskarte

<https://www.tu-braunschweig.de/igs/forschung/eneffcampus2/interaktivecampuskarte>

- Dokumentation
- Information
- Transparenz



Sanierung

seit Einführung Energiekostenbudgetierung
(1.1.2014)

- Update Bauunterhaltung GB-Management
- Ergänzende Identifikation über Gebäudelastgänge (ENerGO+)
- Integration Gebäudesteckbriefe

Neubauten

Errichtete + geplante Neubauten seit 2011

- Übersichtskarte
- Kenndaten
- Steckbriefe

Maßnahmen

Übersicht der Maßnahmen

3. Photovoltaik

Integration von Photovoltaik auf den Dachflächen der TU-Gebäude zur Eigenstromerzeugung.

Einsparungen		
Strom:	386	MWh/a
Wärme:	-	MWh/a
Energiekosten:	73.268	€/a
Primärenergie:	1.003	MWh/a
CO2-Emissionen:	235	t/a
Investition:	1.06	Min €

- + 2410 | Installation PV-Anlage
- + 3302 | Installation PV-Anlage
- 3210 | Installation PV-Anlage

3210 BRICS

Nutzung: Institutsgebäude V

Baujahr: 2016

Fläche (NGF): 6.384 m²

Wie geht's weiter?



Tool - Entwicklung Phase II + III Simulationswerkzeug Stadtquartier

Simulationen

Gebäudemodelle



- Heizung
- Lüftung
- Beleuchtung & Nutzerstrom

Photovoltaik-Modelle



- Normen und Richtlinien
- Verbrauchswerte
- Synthetische Profile

Bedarfsprofile

Heizwärme



Strom



Photovoltaik



Trinkwarmwasser



Modellierung Stadtquartier

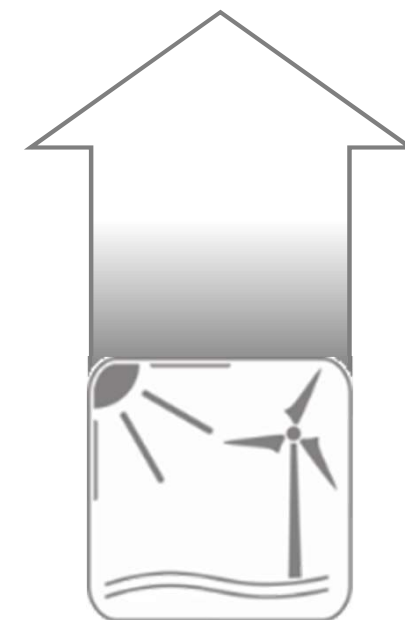
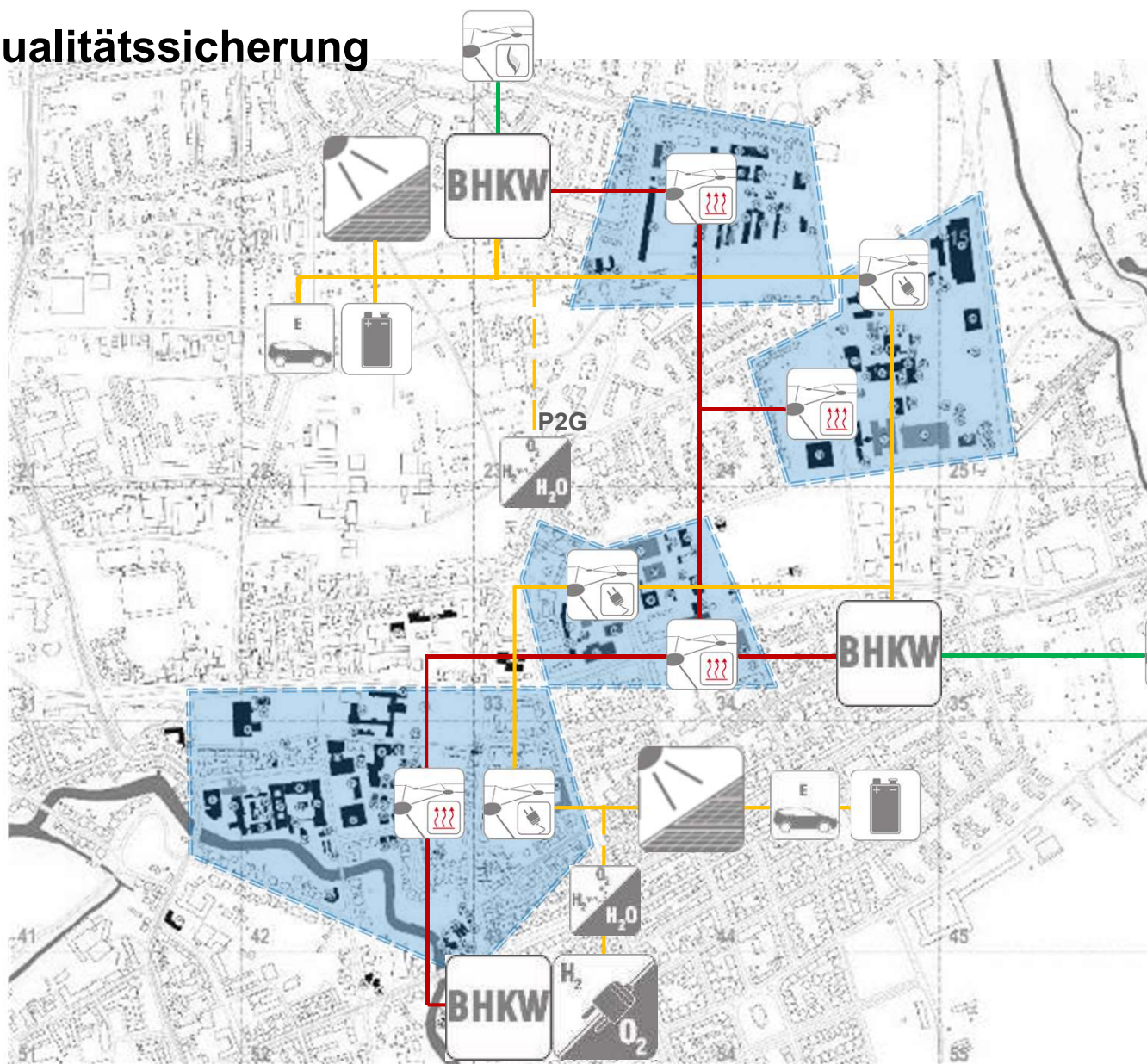
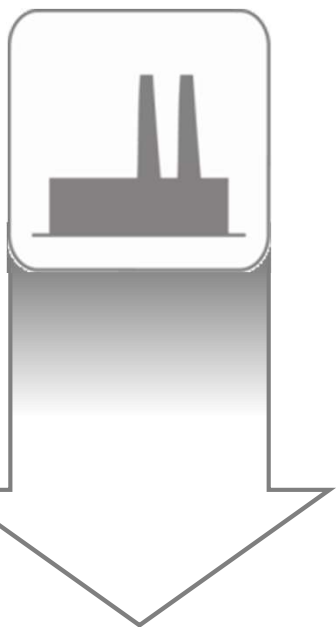


- Bedarf | Deckung
- Erzeuger | Speicher
- Stromnetz
- Wärmenetz
- Gasnetz
- Energiebilanz
- CO₂-Bilanz



Monitoring + Qualitätssicherung 2019 – 2024

CO₂- Emissionen



Erneuerbare
Energien

Campus TU Braunschweig – Vorreiterrolle!

Werkzeuge „Energieeffiziente Sanierung Stadtquartier“ entwickelt!

Reallabor „40% PE- Einsparung“ in Umsetzung!

Anamnese / Analyse- und Doko – Tool „Stadtquartier“ verfügbar!

Simulations-Tool von Stadtquartieren – in Entwicklung

**Integrales Konzept „CO₂- Neutrales Stadtquartier“ entwickelt
Umsetzung 2018 – 2025!**



Campus TU- Braunschweig auf dem Weg zur Energiewende!