



Technische
Universität
Braunschweig

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

EnEff Campus: *blueMAP* TU Braunschweig



Integraler energetischer Masterplan
TU Braunschweig 2020/2050



Titelbild Zentralcampus der Technischen Universität Braunschweig
 Bild oben Campus Ost (Langer Kamp)

Impressum

Antragsteller: Technische Universität Braunschweig

Koordination: Institut für Gebäude- und Solartechnik, Univ.-Prof. Dr. - Ing. M. Norbert Fisch
 Projektleitung: Dipl.-Ing. Tanja Beier

Kooperationspartner intern: Institut für Städtebau und Entwurfsmethodik (ISE), Univ.-Prof. Uwe Brederlau
 Institut für Psychologie (IfP), Univ.-Prof. Dr. Simone Kauffeld
 Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen (elenia), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel
 TU Braunschweig, Geschäftsbereich 3: Gebäudemanagement, Jörg Jaspers

Kooperationspartner extern: Hochschule für Bildende Künste Braunschweig; Institut für Transportation Design (ITD), Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Jonas
 HIS-HE GmbH, Dipl.-Ing. Ralf-Dieter Person
 synavision GmbH Aachen, Dipl.-Inform. Claas Pinkernell
 BS I Energy, Braunschweiger Versorgungs- AG & Co. KG

Grußwort



Dietmar Smyrek
(Hauptberuflicher Vizepräsident)

Seit jeher ist es Aufgabe der Hochschulen, die Forscher/innen, Wissenschaftler/innen und Ingenieure/innen auszubilden, die mit Verantwortung und Wagemut die drängenden technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen vorantreiben. Angesichts des drohenden Klimawandels stehen wir heute vor der Herausforderung, unser etabliertes Energiesystem grundlegend umzubauen. Mit dem Energiekonzept vom 28. September 2010 hat die Bundesregierung die notwendige Orientierung gegeben und uns alle vor die gesellschaftliche Aufgabe gestellt, Deutschland zu einer der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt zu machen.

Konkret strebt die Bundesregierung bis 2050 an, den Primärenergieverbrauch Deutschlands gegenüber 2008 zu halbieren und den Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 60% auszubauen. Angesichts dieser Vorgaben richtet sich der Fokus des 6. Energieforschungsprogramms nicht mehr nur auf technische Einzellösungen, sondern auf die systemischen Zusammenhänge, der Entwicklung von integralen Planungsmethoden und vor allem auch auf die Erforschung von Entwicklungspotenzialen auf Stadt- und Quartiersebene. Hier sind die deutschen Hochschulen gefragt!

Sie sind nicht nur für Lehre und Forschung verantwortlich, sondern mit ihrem umfangreichen und heterogenen Gebäudebestand sowie ihren Neubauten auch selbst dazu prädestiniert, ein Lernlabor für die energetische Optimierung der Städte und Quartiere zu bilden. Den Hochschulen in Deutschland kommt durch ihr großes Innovations- und Vorbildpotenzial in der Forschung am eigenen Gebäude- und Quartiersbestand eine Schlüsselrolle zur Erreichung der Klimaschutzziele zu. Aus diesem Grund bin ich besonders stolz, dass die TU mit unserem innovativen Forschungsprojekt „EnEff Campus: *blueMAP* TU Braunschweig“ eine führende Rolle einnimmt.

Als bedeutender Wissenschaftsstandort in Niedersachsen betreibt und bewirtschaftet die Technische Universität Braunschweig etwa 200 Gebäude

mit einer Nettogrundfläche von ca. 400.000 m². Pro Jahr fallen Energiekosten von etwa 11 Mio. € an. Der Campus setzt sich überwiegend aus historischen Gebäuden sowie Bauten aus den 60er bis 80er Jahren zusammen und stellt einen beachtlichen Teil des nordöstlichen Stadtgebiets dar. Vom Sanierungsstau öffentlicher Gebäude der vergangenen Jahrzehnte ist auch die TU Braunschweig mit ihren Hochschulliegenschaften betroffen. Allein durch die Erhöhung der EEG-Umlage wurde das Budget der TU Braunschweig im Jahr 2013 zusätzlich um ca. 740.000 € brutto belastet. Trotz des knappen Etats für die Bewirtschaftung hat das Gebäudemanagement in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) und weiteren Projektpartnern in den letzten Jahren Strukturen geschaffen, um die entwickelten Maßnahmen gezielt in die Umsetzung zu bringen. Seit 2009 wird der Status Quo in Bezug auf die Flächen- und Energieeffizienz umfassend bestimmt und Strom- und Wärmeverbräuche differenziert sowie zeitlich hochaufgelöst erfasst. Eine speziell gegründete Arbeitsgruppe zum Thema „Energiekostenbudgetierung“ identifiziert Einsparpotenziale und kann dank einer transparenten, zeitnahen Darstellung der Verbräuche und Kosten eine „Erfolgs“-Beteiligung der Nutzer an den von Ihnen generierten Einsparungen gewährleisten. Auf dieser Grundlage kann die energetische Masterplanung für die Standortentwicklung des Campus weiter forciert und zielgerichtet voran getrieben werden.

Wir, das Präsidium der TU Braunschweig, identifizieren uns in besonderer Weise mit dem Projekt „EnEff Campus: *blueMAP* TU Braunschweig“ und dem daraus entstandenen Folgeprojekt „Energieeffizienter Campus 2020“. Ausdrücklich begrüßen wir dabei die interdisziplinäre Ausrichtung des Forschungsteams mit Instituten der TU Braunschweig sowie der externen Kooperationspartner und dem örtlichen Energieversorger BS I Energy. Wir beteiligen uns sowohl inhaltlich als auch personell, um die Basis für die weitere Umsetzung zu schaffen, und bedanken uns bei allen Beteiligten sowie dem Fördergeber für das entgegengebrachte Vertrauen und ihre Unterstützung.





Inhaltsverzeichnis

Projektübersicht

Ziele	5
-------------	---

TU Braunschweig

Der Campus	6
Datenbasis.....	7
Gebäudetypologie.....	8

Schwerpunkthemen

Städtebau	10
Gebäude.....	12
Energieversorgung	14
Verkehr und Mobilität.....	16
Nutzerverhalten	18
Hochschulübergreifend	20

Projektergebnisse

Maßnahmen.....	22
Szenarien 2020.....	24

Ausblick

EnEff Campus 2020	26
Schwerpunkt I - Umsetzung	27
Schwerpunkt II - Technologie	27
Ziele	28

Projektübersicht

Die ganzheitliche energetische Sanierung der europäischen Stadt ist ein Schlüsselthema zur Umsetzung der Energiewende in Deutschland. Am Beispiel des innerstädtischen Campus der TU Braunschweig sollen beispielhaft Planungs- und Optimierungsmethoden zur Verbesserung der Energieeffizienz von Stadtquartieren entwickelt werden. Aufbauend auf der evaluierten Ausgangssituation (Basisjahr 2010) wurden Szenarien zur Reduzierung des Energieverbrauchs, dem rationellen Energieeinsatz und der Nutzung erneuerbarer Energiequellen auf dem Hochschulcampus unter ökologischen und ökonomischen Randbedingungen untersucht. Vor diesem Hintergrund hat ein interdisziplinär aufgestelltes Team aus Architekten, Stadtplanern, Maschinenbauingenieuren, Elektrotechnikern u. a. während der dreijährigen Projektlaufzeit einen energetischen Masterplan erstellt. Um den Anspruch der wissenschaftlichen Einrichtungen bei der Planung und Erarbeitung innovativer Konzepte zu dokumentieren, wurden die politisch vorgegebenen Teilziele, z.B. für die Reduzierung von CO₂-Emissionen bis 2020, verdoppelt und Visionen für eine nachhaltige Energieversorgung des Campus bis 2050 entwickelt. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist dabei auf allen Gebieten eng mit der Lehre verbunden.

Das Campusprojekt *blueMAP* der TU Braunschweig ist hervorragend mit regionalen und überregionalen Klimaschutzaktivitäten wie z.B. der Modellregion 100% Erneuerbar, dem Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF) und der Volkswagen AG vernetzt.

Projektdaten

Fördergeber	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Koordination	Institut für Gebäude- und Solartechnik Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Projektleitung	Dipl.-Ing. Tanja Beier
Laufzeit	01.04.2012 - 31.07.2015



Altgebäude

Integrales Forschungsteam

Hochschulleitung TU Braunschweig

GB 3
Gebäudemanagement
Jörg Jaspers

IGS
Institut für Gebäude- & Solartechnik
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch

ISE
Institut für Städtebau und Entwurfsmethodik
Univ. Prof. U. Brederlau

IfP
Insitut für Psychologie
Univ. Prof. Dr. S. Kauffeld

elenia
Institut für Hochspannungstechnik und
Elektrische Energieanlagen
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Kurrat

Externe Kooperationspartner

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



Okerhochhaus



Audimax



Forumsgebäude



Universitätsbibliothek

Ziele

Das Forschungsvorhaben EnEff Campus: *blueMAP* TU Braunschweig verfolgte drei Hauptziele, die durch das interdisziplinär aufgestellte Forschungsteam der TU Braunschweig bearbeitet wurden.

1. Integraler energetischer Masterplan

Status 2010: Der Gebäudebestand des Campus TU Braunschweig wurde in Bezug auf Energiebedarf und Energieverbrauch, Städtebau und Mobilität dokumentiert und in einem Energiekataster als Baseline für die weitere Bearbeitung abgebildet.

Konzept 2020: Zur Erstellung multipler Parameterstudien für verschiedene Szenarien der Campuserwicklung wurde das Energiekataster in ein interdisziplinäres Berechnungsmodell für die Campuserwicklung übertragen

2. Umsetzungsorientierte Planungsphase 2020, Vision 2050

Die Ergebnisse zeigen einen detaillierten Entwicklungsplan für den Campus der TU BS 2020 auf, der mit der Hochschulleitung und den weiteren verantwortlichen Institutionen zu einem konkreten Umsetzungsplan unter Berücksichtigung technischer, finanzieller und administrativer Aspekte entwickelt wird. Darüber hinaus wurden Szenarien für die langfristige Perspektive 2050 dargestellt. Die Vision 2050 bildet die Grundlage für eine dauerhafte „Commitment“ der Hochschule für eine nachhaltige Campuserwicklung.

3. Verwertungsgrundlage

Im Rahmen der Erstellung des integralen Masterplans wurden durch das interdisziplinäre Team Werkzeuge und Methoden für die Bearbeitung der komplexen Themen und Aufgabenstellungen entwickelt und evaluiert. Die erarbeiteten Konzepte und Szenarien bilden die Grundlagen für die Planungs- und Umsetzungsphase und sind Bestandteil zukünftiger Forschungs- und Lehraktivitäten im Bereich des energieoptimierten Bauens und Betreibens.

Schwerpunktt Themen

- Städtebau (ISE)
- Gebäude (IGS)
- Energieversorgung (elenia)
- Verkehr und Mobilität (ITD)
- Nutzerverhalten (IfP)
- Hochschulübergreifend (HIS-HE)

TU Braunschweig

Der Campus

Die Technische Universität Braunschweig wurde 1745 gegründet und gehört heute dem TU9-Verband führender Technischer Universitäten Deutschlands an. Das Campus-Areal der TU Braunschweig befindet sich im innerstädtischen Bereich und gliedert sich in vier verschiedene Teilareale: Campus Nord, Campus Ost (Langer Kamp, Beethovenstraße) und Zentralcampus. Ein weiterer Teilbereich befindet sich am Flughafen im Norden Braunschweigs, der aufgrund seiner besonderen Lage und Rahmenbedingungen in der Projektbearbeitung lediglich im Arbeitspaket „Mobilität“ Berücksichtigung findet.

Auf dem Hochschulgelände befinden sich eine Vielzahl typischer Universitätsgebäude mit unterschiedlichen Nutzungen, (Hörsäle, Bibliothek, Mensa, Büro, Labor, Hallen, usw.) sowie aller Baualtersklassen (historische Gebäude 18./19. Jhd., Gründerzeit, Moderne der 50er Jahre, Funktionsbauten der 60 & 70er Jahre, Neubauten). Ein Großteil der Gebäude stammt aus der Phase erhöhter Bautätigkeit zwischen 1950 und 1980. Insgesamt wurden 82% des Gebäudebestands vor 1980, und damit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977, errichtet.

Hinsichtlich der Flächenverteilung gemäß der Nutzungsgruppen der DIN 277 liegt der Schwerpunkt der TU Braunschweig mit 42% der Gesamtfläche im Bereich Forschung. Weitere 30% verteilen sich auf die Büroarbeit, die restlichen Nutzungsgruppen liegen ebenfalls bei insgesamt ca. 30%.

Fakten und Zahlen

(Basisjahr 2010)

1 Universität
6 Fakultäten
140 Institute

3.600 Beschäftigte
13.500 Studierende

195 Gebäude
400.000 m² Nettogrundfläche (NGF)

Endenergieverbrauch
Wärme: 43,5 GWh/a
Strom: 35,0 GWh/a

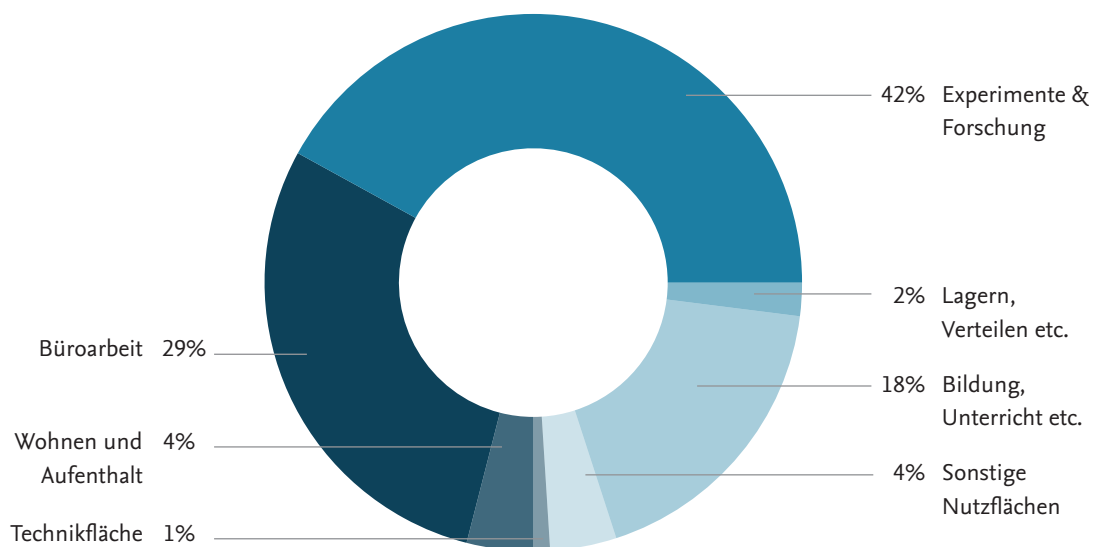
ca. 2.200 EFH
ca. 10.000 EFH

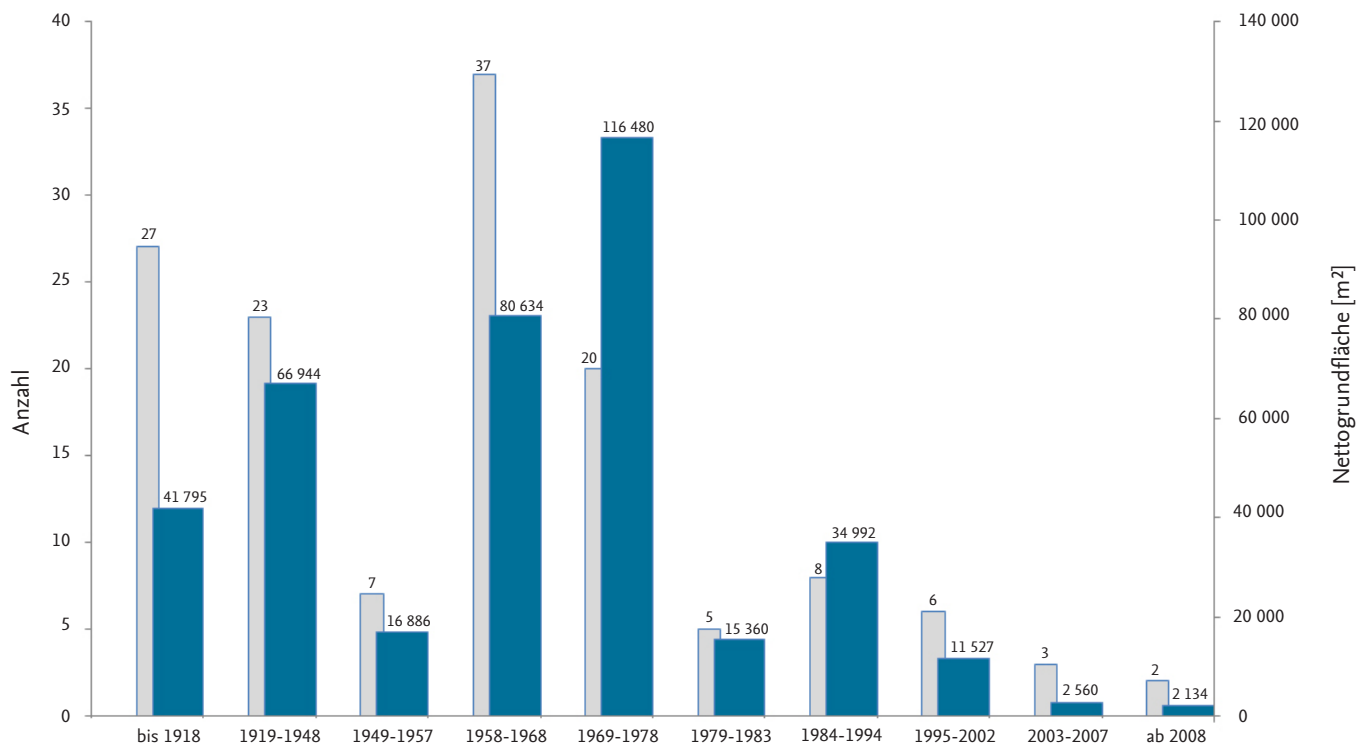


TU Braunschweig



Einfamilienhäuser (EFH)





Anzahl der Gebäude und Gesamt-NGF der jeweiligen Bauzeitklassen

Datenbasis

Das Gebäudemanagement (GB₃) der TU Braunschweig besitzt seit Mitte des Jahres 2010 eine hervorragende Datenlage zum Energieverbrauch (Wärme und Strom) auf Basis von 500 installierten Messstellen. Zudem betreibt es eine umfassende, gebäudespezifische, zeitlich hochaufgelöste Erfassung der Energieverbräuche mit Zuordnung zu Flächen und Nutzung nach DIN 277 sowie zur zukünftigen Bedarfsentwicklung.

Ein zentral eingerichtetes Energiemanagementsystem ermöglicht die Überwachung und Steuerung der gebäudetechnischen Anlagen, die zum Großteil mithilfe

von Gebäudeleittechnik in das System integriert sind. Des Weiteren lassen sich durch gezielte Montage von Zähl- und Messeinrichtungen schnell und einfach Teilenergiekennwerte in den Gebäuden ermitteln, um damit die Optimierung der Energieperformance effektiv zu unterstützen. Das Gebäudemanagement bietet durch seine Struktur und Leistungsfähigkeit die Möglichkeit, die im Forschungsprojekt entwickelten Konzepte zur energetischen Sanierung und zum langfristigen Umbau der Energieversorgung umzusetzen.

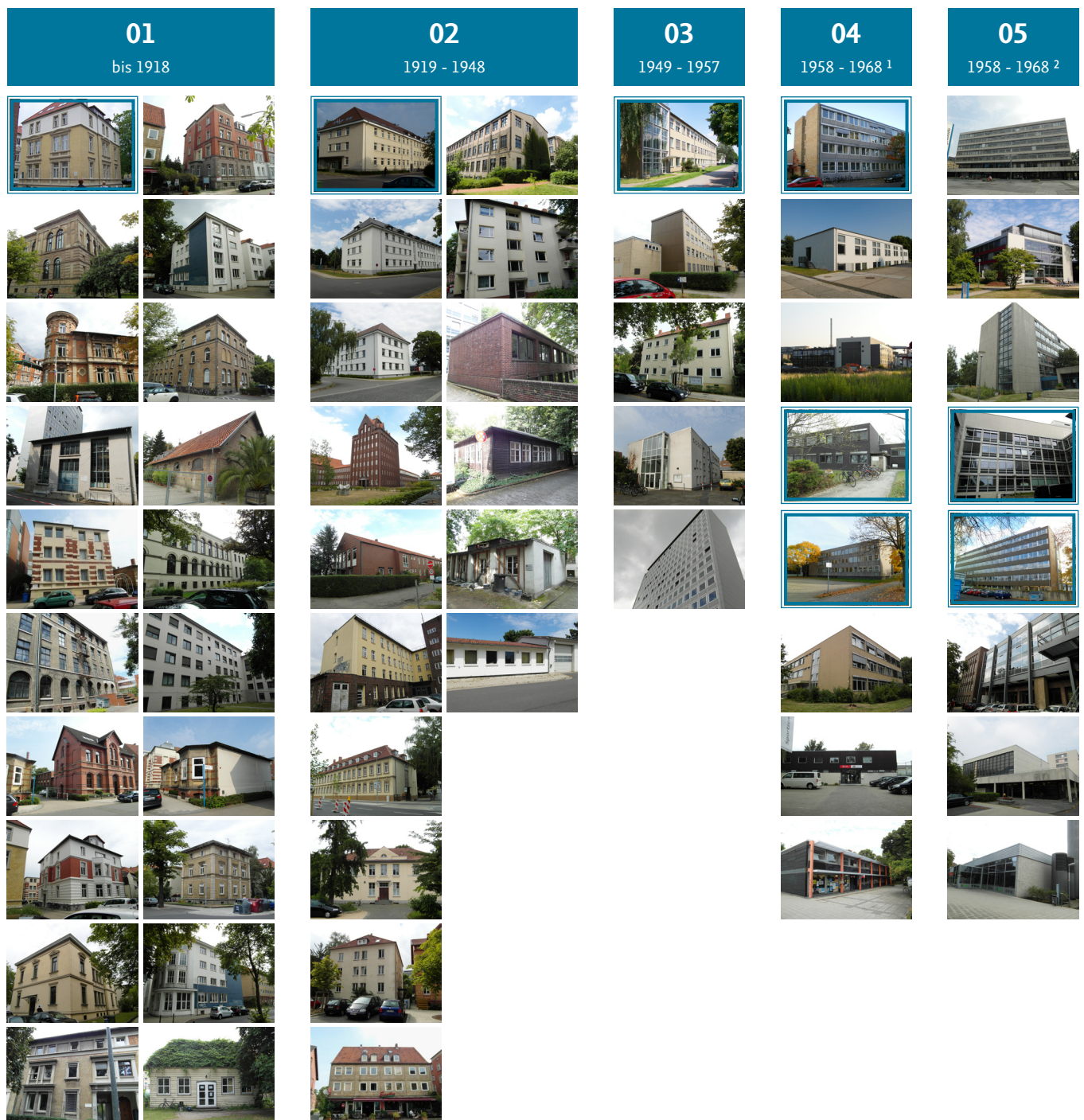
GB ₃	
Kontakt	Jörg Jaspers
E-Mail	gb3@tu-bs.de
Internet	www.tu-braunschweig.de/gb3
Telefon	+49 (0) 531 - 391 4433

Gebäudetypologie

Dokumentation

Im Rahmen der Bearbeitung erfolgte die methodische Erfassung und Dokumentation des gesamten Gebäudebestands des Campus der TU Braunschweig. Basierend auf der vorhandenen Baukonstruktion, der Baualtersklas-

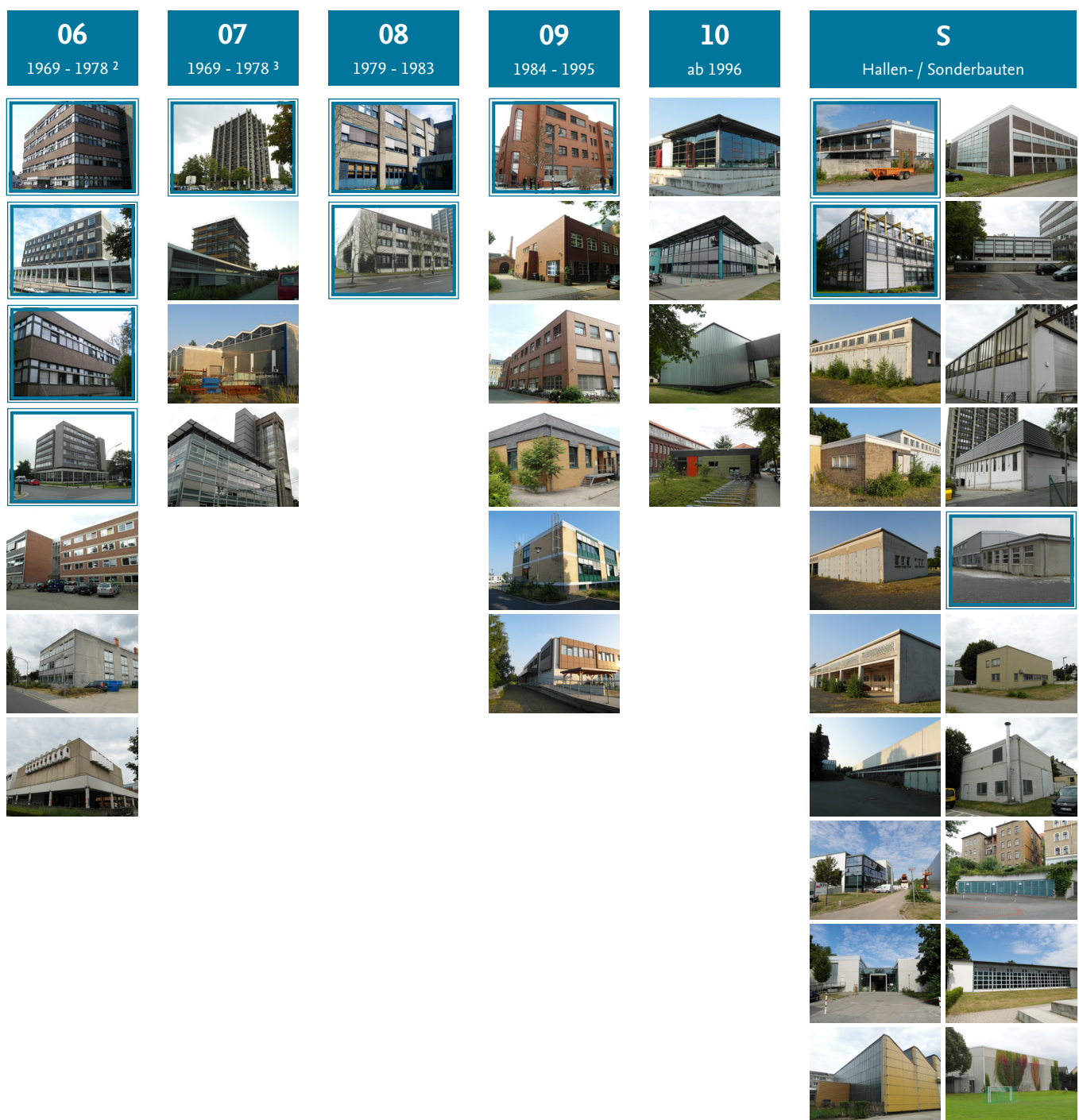
se, der Nutzung (nach DIN 277) und den vorliegenden Energieverbrauchsdaten (Wärme, Strom) aus dem Basisjahr 2010 wurden die relevanten Gebäude zu Typologien zusammengefasst, die sich wie folgt gliedern:



Detailanalyse

Insgesamt wurden 19 Gebäude detailliert im Bestand erfasst, die mit ca. 107.000m² (Nettogrundfläche) NGF einem Viertel der Gesamtfläche der Gebäude auf dem Campus entsprechen. Bei den untersuchten Gebäuden

handelt es sich jeweils um einen Gebäudetyp, der sich aufgrund der beschriebenen Kriterien auf Gebäude des gleichen Typus übertragen lässt. Diese Gebäude sind in der Übersicht mit einem Rahmen gekennzeichnet.



¹ Lochfassade ² Bandfassade ³ Bandfassade auskragend

Städtebau

Institut für Städtebau und Entwurfsmethodik (ISE)

Aufgabenstellung

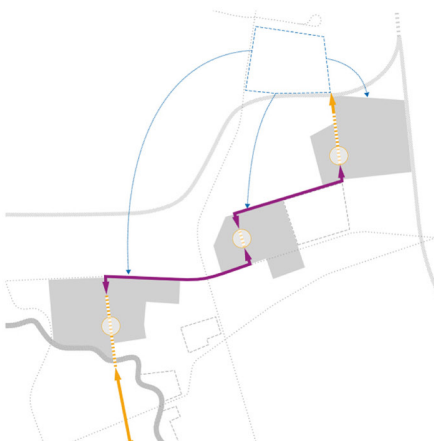
Im städtischen Maßstab bleiben besonders große Energieeinsparpotenziale ungenutzt, solange die Ansätze zur energetischen Bestandssanierung im städtischen Zusammenhang nicht über technische Insellösungen auf Gebäudeebene hinausgehen. Der Weg zur CO₂-neutralen und energieeffizienten Stadt erfordert ganzheitliche Betrachtungsweisen, die auch die urbane Infrastruktur, Mobilität, Flächeneffizienz und Fragen der Baukultur mit einbeziehen. Die Vielschichtigkeit urbaner Systeme macht das städtebauliche Entwerfen - gerade in Bezug zu den sich verändernden zeitlichen und ökologischen Parametern mit häufig modifiziertem und jeweils wechselndem Anforderungsprofil - zu einem Prozess mit hoher Komplexität. Daher ist die Erforschung von Strategien und Methoden zur Steuerung von nachhaltigen Stadtentwicklungsprozessen ein notwendiges Anliegen. Hauptziel des Forschungsprojekts war unter städtebaulichen Gesichtspunkten die Entwicklung von Maßnahmen und Handlungsoptionen für einen integralen Masterplan zur nachhaltigen Umgestaltung der vier verschiedenen Campus-Areale Campus Nord, Campus Ost (Langer Kamp, Beethovenstraße) und Zentralcampus für die TU Braunschweig.

Vorgehensweise

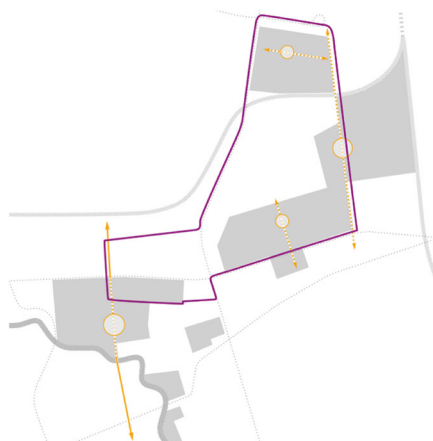
Aufbauend auf der Evaluierung der städtebaulichen Ausgangssituation wurden die Potenziale und Defizite der universitär genutzten Areale in der Stadt Braunschweig untersucht und im Zusammenspiel mit Prognosen zur Entwicklung der Studierendenzahlen als Grundlage für die Erarbeitung unterschiedlicher Szenarien und Visionen für 2020 bzw. 2050 genutzt. Die entwickelten dynamischen Szenarien zeigen mögliche zukünftige Bebauungs- bzw. Gestaltungsvarianten auf und folgen dabei einem modularen Prinzip, so dass sie anpassbar auf verschiedene Parameter bleiben. Ein Katalog mit austauschbaren Einzelmaßnahmen zum Erreichen der entwickelten Qualitätskriterien gewährleistet zusätzlich die Flexibilität künftiger Planungsprozesse.

Der in der Folge entwickelte städtebaulich-energetische Masterplan mit konkreten Handlungsvorschlägen bedient sich der zuvor entwickelten Einzelmaßnahmen und Teil-Szenarien. Das vorgeschlagene Gesamtkonzept ist auf die derzeit bekannten Anforderungen hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Universität abgestimmt, wobei die kritische Auseinandersetzung mit Faktoren zur energetischen Optimierung und zum effizienteren Umgang mit Ressourcen einen wichtigen Parameter bildet.

Szenario I



Szenario II



Szenario III

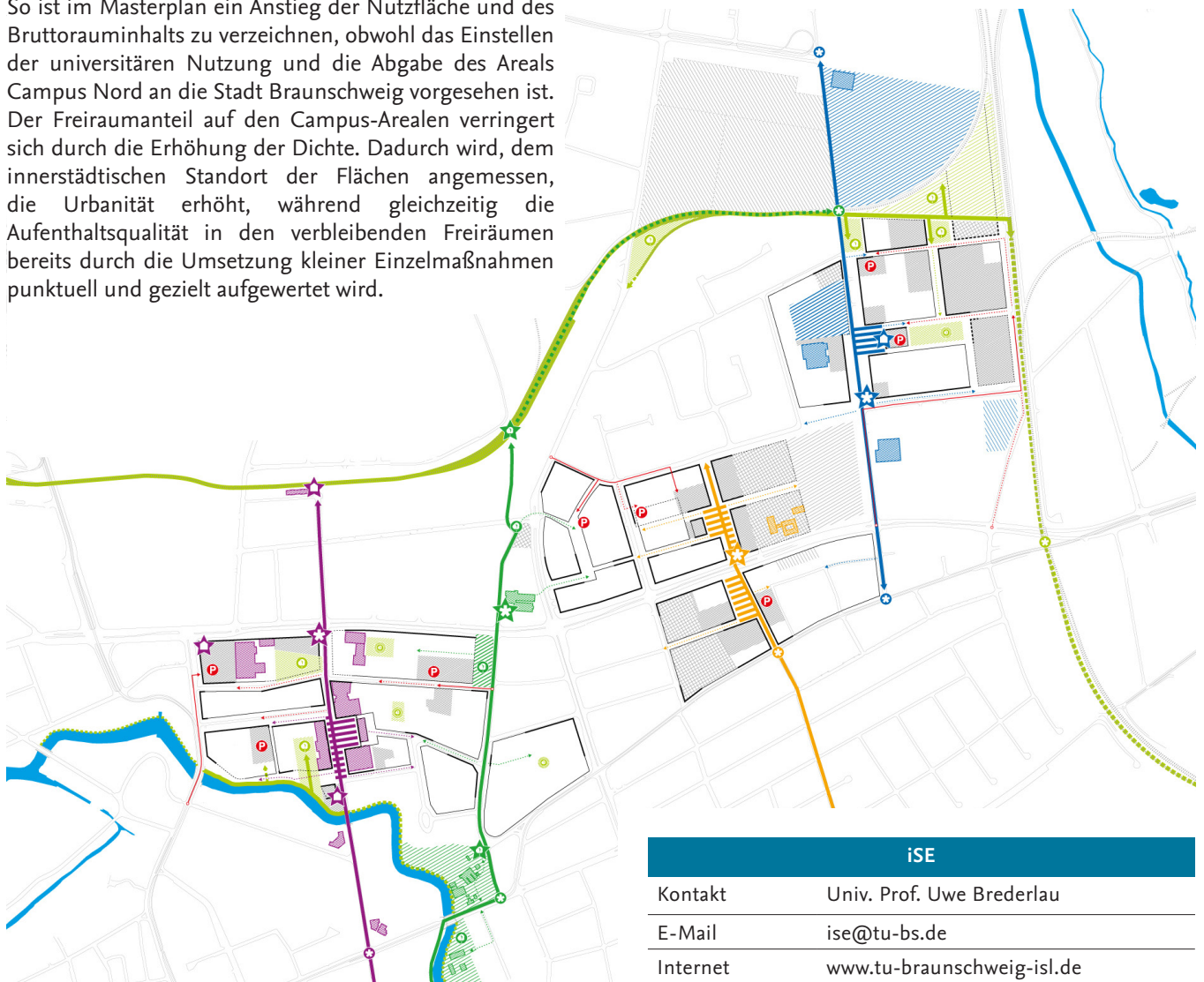


Ergebnisse

Mit der Masterplanung wurden unter Einbeziehung innerstädtischer Bezüge sowie der umliegenden Quartiere eindeutige baulich-räumliche Regeln für die Campus-Areale entwickelt und gleichzeitig die Anpassbarkeit künftiger Universitätsgebäude in Größe und Typologie hinsichtlich fachgebietsspezifischer Anforderungen hergestellt.

Dabei wurde das Nachverdichtungspotenzial der Campus-Areale genutzt, um einen effizienten Umgang mit der innerstädtischen Ressource "Fläche" zu erreichen. So ist im Masterplan ein Anstieg der Nutzfläche und des Bruttorauminhalts zu verzeichnen, obwohl das Einstellen der universitären Nutzung und die Abgabe des Areals Campus Nord an die Stadt Braunschweig vorgesehen ist. Der Freiraumanteil auf den Campus-Arealen verringert sich durch die Erhöhung der Dichte. Dadurch wird, dem innerstädtischen Standort der Flächen angemessen, die Urbanität erhöht, während gleichzeitig die Aufenthaltsqualität in den verbleibenden Freiräumen bereits durch die Umsetzung kleiner Einzelmaßnahmen punktuell und gezielt aufgewertet wird.

- Legende**
- ★ besonderer Attraktor
 - ⊙ Grünraum / Freiraum
 - ⊙ Gebäude / Architektur
 - ≡ zentraler Bereich / Platz
 - Potenzialflächen der TU
 - langfristige Potenzialflächen der TU
 - weitere Potenzialflächen
 - gemischte Potenzialflächen



Stukturplan

iSE	
Kontakt	Univ. Prof. Uwe Brederlau
E-Mail	ise@tu-bs.de
Internet	www.tu-braunschweig-isl.de
Telefon	+49 (0) 531 - 391 3538

Gebäude

Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS)

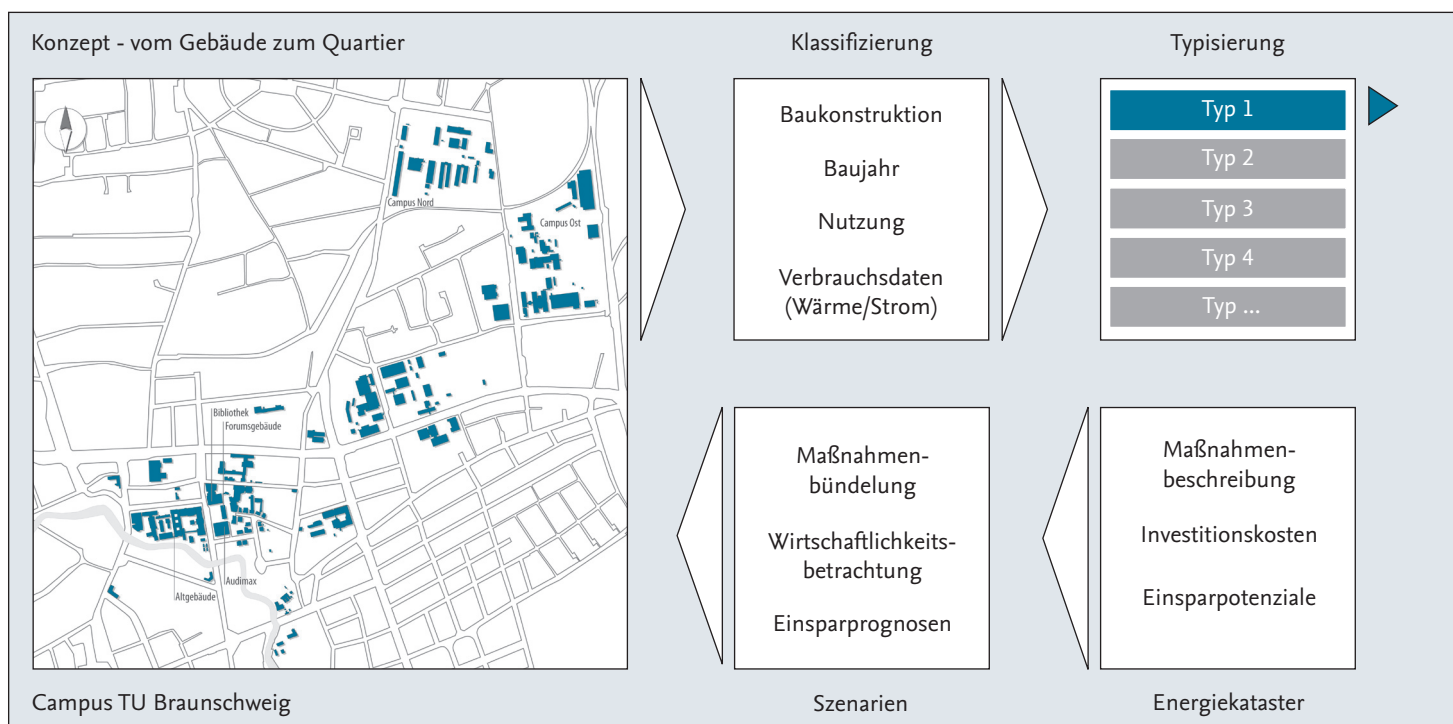
Aufgabenstellung

Seitens des Instituts für Gebäude- und Solartechnik wurden die Themenfelder Architektur, Bauphysik und Gebäudetechnik auf Gebäudeebene bearbeitet. Zu den Schwerpunkten des Aufgabenpakets zählten unter anderem die methodische Erfassung und Dokumentation des gesamten Gebäudebestands des Campus der TU BS, die auf Gebäudetypen basierte Identifikation von Einsparpotenzialen und Entwicklung von Sanierungskonzepten sowie die Skalierung auf Quartiersebene. Im Fokus hierbei stand die Entwicklung von Planungsmethoden und Werkzeugen zur energetischen, ökologischen und ökonomischen Bewertung.

Die darauf aufbauende Erstellung gering-investiver Lösungsansätze sollte den Grundstein für eine zeitnahe umsetzungsorientierte Phase bilden, durch die das angestrebte Ziel, eine Reduzierung des Primärenergieverbrauchs um 40% bis zum Jahr 2020, erreicht werden soll.

Vorgehensweise

Die Abbildung des energetischen Status Quo (Status 2010) ist die Grundvoraussetzung für die Entwicklung eines Sanierungskonzepts. Zur Dokumentation des gesamten Gebäudebestands wurde eine Methodik entwickelt, um mit einer geringen Anzahl von untersuchten Gebäuden eine Vielzahl ähnlicher Typengebäude abzubilden. Dadurch wird eine Übertragbarkeit von detailliert erfassten Gebäuden und deren Energieeinsparpotenzialen auf Gebäude vergleichbarer Baualtersklasse, Nutzung und Energieverbrauchsdaten ermöglicht. Die Gebäude- bzw. Einzel-Kenndaten wurden in einem Energiekataster zusammengefasst, dessen Bausteine Angaben zu Einsparpotenzialen, eine Beschreibung der Maßnahme im Einzelnen sowie die daraus resultierenden Investitionskosten beinhalten. Darauf aufbauend wurde eine Matrix zur Übertragung der Maßnahmen auf Gebäude gleicher Typologie und Quartiersebene erarbeitet.



Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojekts sind u.a. Analyse-Programme entstanden, die eine Ermittlung von Energieeffizienz-Potenzialen in den Bereichen Gebäudehülle, Betriebsoptimierung von raumluftechnischen Anlagen (RLT), technische Raumausstattung, Beleuchtung und Flächeneffizienz ermöglichen.

Durch die Methodik der Gebäudeübertragbarkeit ergibt sich für die Sanierung der Hüllflächen des gesamten Gebäudebestands nach EnEV 2009 eine Verringerung des Primärenergieverbrauchs um ca. 8% bei einem Investitionsvolumen von 120 Mio. €.

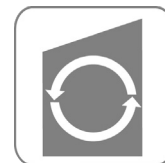
Das weitaus größere Potenzial zur Primärenergieeinsparung bieten Maßnahmen zur Betriebsoptimierung der raumluftechnischen Anlagen. Mit einer Investition von ca. 4 Mio. € kann eine Kosteneinsparung von 1,1 Mio. €/a sowie eine Reduzierung der Primärenergie um ca. 14% erzielt werden.

Darüber hinaus wurden Konzepte für die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen, dem Austausch von Beleuchtungsmitteln und veralteten Kühlschränken in Gebäuden ausgearbeitet, welche zusammengefasst eine Reduzierung der Primärenergie um ca. 16% ermöglichen.



Gebäudehülle

Investition: 120 Mio. €
Einsparung: 1,9 Mio. €/a
Primärenergie: -8%



Betriebsoptimierung RLT-Anlagen

Investition: 4,0 Mio. €
Einsparung: 1,1 Mio. €/a
Primärenergie: -14%



Photovoltaik

Investition: 5,2 Mio. €
Einsparung: 475 T €/a
Primärenergie: -6%



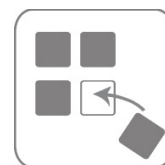
Beleuchtung

Investition: 2,6 Mio. €
Einsparung: 565 T €/a
Primärenergie: -7%



Austausch Kühl- & Gefrierschränke

Investition: 1 Mio. €
Einsparung: 200 T €/a
Primärenergie: -3%



Flächeneffizienz

Investition: -
Einsparung: 390 T €/a
Primärenergie: -3%

Gebäudetyp 1



Bestandsaufnahme

Gebäudehülle
Gebäudetechnik
Beleuchtung
techn. Ausstattung

Skalierung auf Gebäude
des gleichen Typs

Erstellung einer
Datenbank

Übertragbarkeit

Berechnung
DIN V 18599

Analyse
Energieverbrauch

Entwicklung von
Maßnahmen

Detailanalyse

IGS

Kontakt	Dipl.-Ing. Tanja Beier
E-Mail	beier@igs.tu-bs.de
Internet	www.tu-braunschweig.de/igs
Telefon	+49 (0) 531 - 391 63401

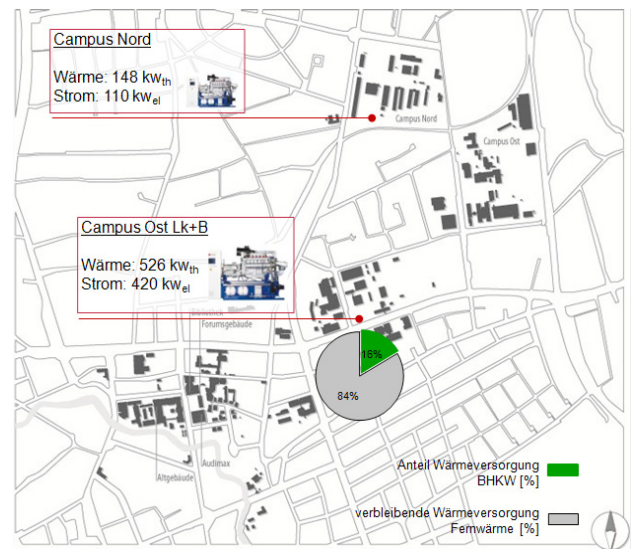
Energieversorgung

Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen (elenia)

Aufgabenstellung

Das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen (elenia) arbeitete im Rahmen des Projekts EnEff Campus an der Entwicklung effizienter Energieversorgungsmodelle. Der verstärkte Ausbau erneuerbarer Energien in den kommenden Jahren erfordert Konzepte für die Integration und den Ausbau der vorhandenen Infrastrukturen. Der Fokus der wissenschaftlichen Untersuchung lag auf:

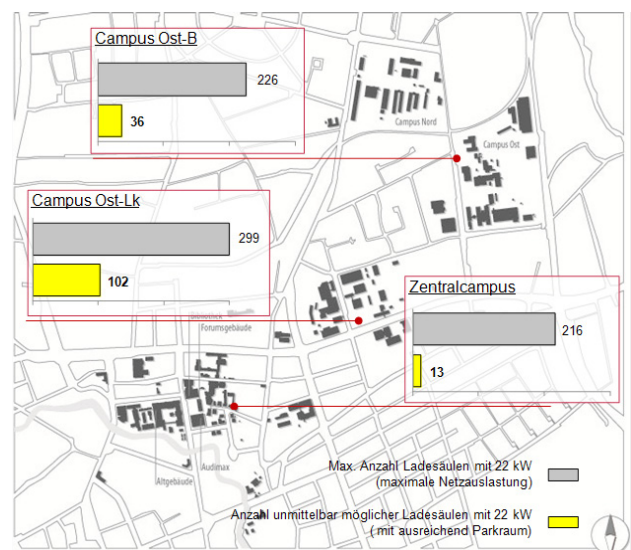
- der Integration von dezentralen Erzeugern (Photovoltaik, Blockheizkraftwerke)
- Netzzurückwirkungen, verursacht durch neue Verbraucher (Speicher, Elektromobilität)
- dem Einsatz von Gleichstromsystemen für die Gebäudeversorgung (z.B. Rechenzentrum)



Integration von BHKWs auf dem Campus

Vorgehensweise

Ein Schwerpunkt der Bearbeitung war die technisch-wirtschaftliche Evaluation von Möglichkeiten zur Integration von dezentralen Energie-Erzeugungsanlagen auf den verschiedenen Campus-Arealen. Eine Potenzialanalyse diente der Überprüfung einer möglichen Installation von Photovoltaikanlagen auf den Dächern der Universitätsgebäude. Parallel wurde ein Simulationsmodell für die Integration von Blockheizkraftwerken (BHKWs) in das Nahwärmenetz des Campus sowie ein weiterführendes Konzept zur Integration in das städtische Fernwärmenetz entwickelt. Um das Potenzial der Eigennutzung von auf dem Campus erzeugtem Strom abzuschätzen, wurden Nutzungssysteme wie Car-Sharing von campuseigenen E-Mobilen untersucht. Dabei wurden anhand von Fahrtenbüchern und dem Monitoring von vorhandenen Ladesäulen Prognosen zu Nutzung sowie Auswirkungen der Elektromobilität erstellt. Untersucht wurde die Anwendung von unterschiedlichen Lademodi und die Nutzung von Elektrofahrzeugen als Energiespeicher. Weiterhin wurde zur Vermeidung von Umwandlungsverlusten in ausgewählten Computerräumen und Büros der TU Gleichstromnetze eingerichtet. Mit Hilfe von Messgeräten werden Erfolge der technischen Anpassungen evaluiert.



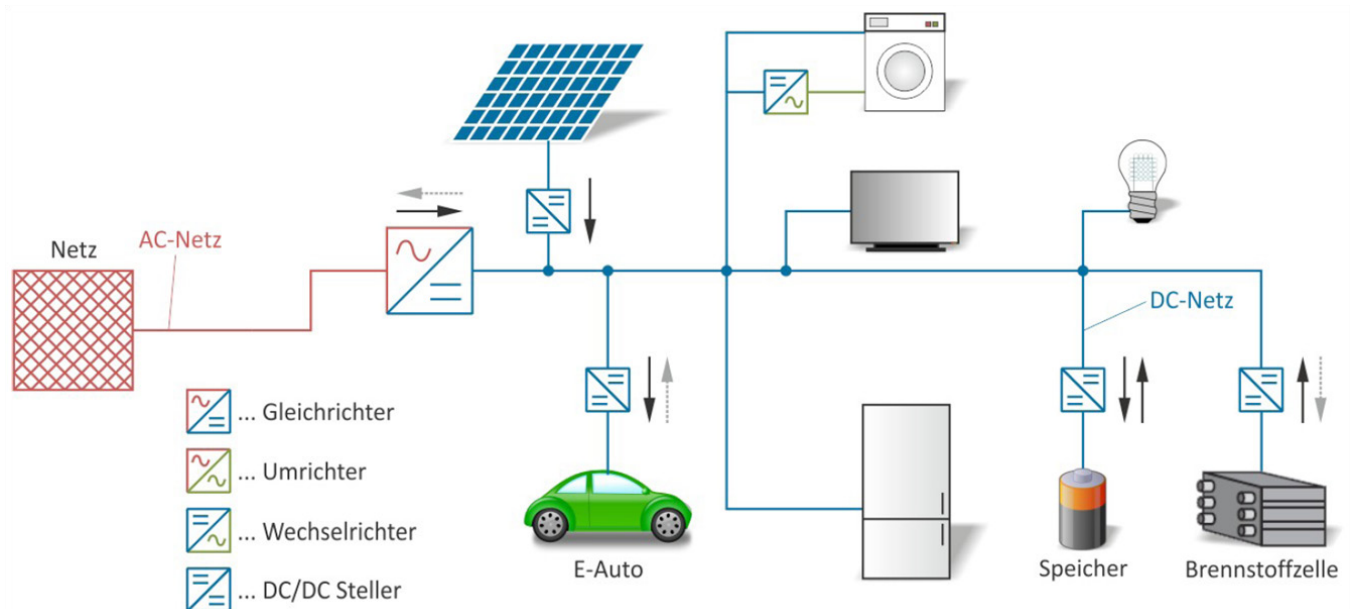
Potenzial Ladesäuleninfrastruktur für Elektromobilität

Ergebnisse

Durch die Integration von zwei BHKWs, die mit Biomethan versorgt werden, können 7% Primärenergie, 9% CO₂-Emissionen und 4,5 Mio. € über einen Zeitraum von 10 Jahren eingespart werden. Die Integration von dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in ein städtisches Fernwärmenetz stellt hohe technische und energiewirtschaftliche Anforderungen an Planung und Betrieb. Zusammen mit dem lokalen Energieversorger BS|Energy wurde mit der Prüfung einer möglichen Integration begonnen.

Die erwarteten Netzzurückwirkungen der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität stellen für das Stromnetz des Campus kein Problem dar. Es können unmittelbar 151 mögliche Ladepunkte mit ausreichend Parkflächen integriert werden. Durch die Gestaltung zeitvariabler Stromtarife kann das Netz sogar entlastet und der Eigenverbrauch erzeugter elektrischer Energie maximiert werden.

Der Aufbau von Gleichstromnetzen vermeidet Umwandlungsverluste und kann die Energieeffizienz steigern. So kann beispielsweise in PV-Anlagen erzeugter Strom ohne Umrichtung direkt in Batterien zwischengespeichert oder in elektronischen Endgeräten verbraucht werden. Die wissenschaftliche Bearbeitung im Folgeprojekt "EnEff Campus 2020" wird die Weiterentwicklung von Standards fokussieren, um diese Technologie universell einsetzbar zu machen. Fallstudien zeigen, dass durch eine Umstellung von Wechselstrom auf Gleichstromversorgung von Bürogebäuden ca. 16% Energie eingespart werden kann.



Stromnetz - Gleichspannung

elenia	
Kontakt	Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benjamin Munzel
E-Mail	b.munzel@tu-bs.de
Internet	www.elenia.rz.tu-bs.de
Telefon	+49 (0) 531 - 391 9734

Verkehr und Mobilität

Hochschule für Bildende Künste Braunschweig (HBK)

Institut für Transportation Design (ITD)

Aufgabenstellung

Die Wissenschaftler/innen am Institut für Transportation Design an der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig rückten die Energieeffizienz der Mobilität in den Fokus der Forschung. Um Energie einzusparen und Emissionen zu vermeiden, wurden aus sozial- und designwissenschaftlichen Perspektiven gering investive Maßnahmen entwickelt und angepasst. Sie tragen dazu bei, Verkehr zu vermeiden, zu verlagern und verträglicher zu gestalten. Verkehrsvermeidung zielt dabei sowohl auf den ersatzlosen Wegfall von Verkehren als auch auf eine Reduzierung der erforderlichen Reise-/ Transportentfernungen. Verkehrsverlagerung sieht die verstärkte Nutzung umweltfreundlicherer Verkehrsmittel vor, wobei insbesondere der Umstieg vom motorisierten Individualverkehr auf Verkehrsangebote des Umweltverbundes (ÖPNV, Fahrrad, zu Fuß) im Vordergrund steht. Bei der effizienteren Gestaltung von Verkehren handelt es sich schwerpunktmäßig um die Ausnutzung von technikbasierten Potenzialen bei motorisierten Verkehren, um den Energiebedarf zu senken, post-fossile Antriebssysteme zu nutzen und Emissionen zu minimieren.

Vorgehensweise

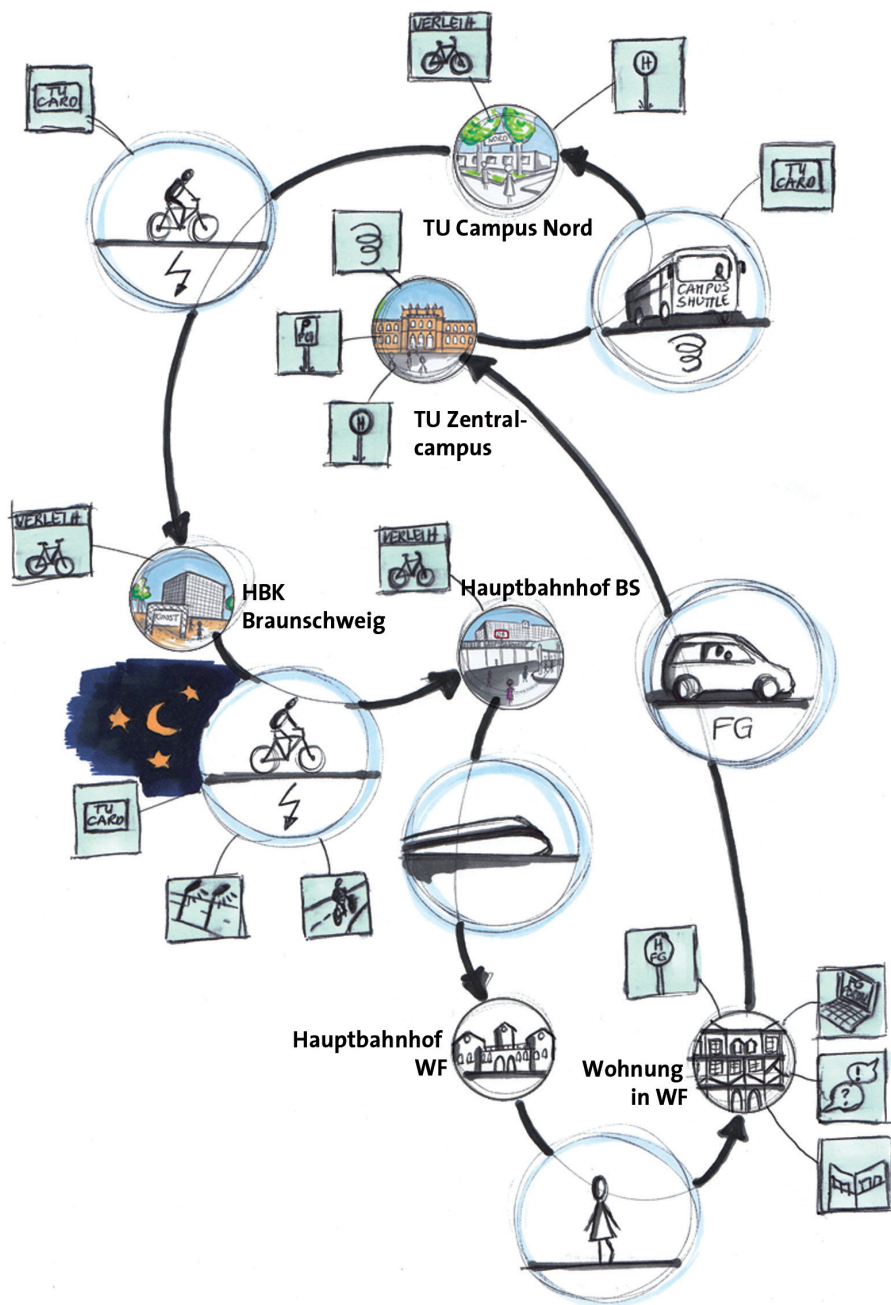
Zunächst wurde eine quantitative Umfrage unter den Beschäftigten der TU Braunschweig zu ihrem Mobilitätsverhalten durchgeführt. Mit Hilfe eines Abschätzungstools aus dem Aktionsprogramm „effizient mobil“ der Deutschen Energie-Agentur (dena) wurden hieraus mögliche CO₂-Einsparungen und Einsparungen im Energieverbrauch ermittelt. Um eine Übersicht über die Situation in Braunschweig zu bekommen, wurden die Infrastruktur wie bspw. Fahrradständer und -straßen, sowie bereits bestehende Mobilitätsangebote wie bspw. ÖPNV und Carsharing analysiert. Best-Practice Beispiele des Mobilitätsmanagements von vergleichbaren Hochschulen (Bremen, Salzburg, Aachen) oder in den Städten München und Dresden bildeten eine Basis an möglichen Maßnahmen, die bezogen auf die Situation in Braunschweig ausgewählt und adaptiert wurden. Die verschiedenen Einzelmaßnahmen wurden anschließend systemisch in Mobilitätsketten verknüpft und in einem Maßnahmenkatalog zusammengestellt.

Ergebnisse

Der derzeitige gesamte CO₂-Verbrauch durch Verkehr liegt bei der TU BS bei ca. 2800 t CO₂ pro Jahr, der Energieverbrauch bei ca. 14.500 MWh pro Jahr. Die Analysen der Situation zeigen, dass besonders viel Einsparpotenzial im Bereich der alltäglichen PKW-Mitarbeitermobilität herrscht. Dieses Potenzial kann durch eine Verbesserung des Angebotes an Verkehrsmitteln des Umweltverbundes (ÖPNV, Fahrrad, zu Fuß) in Kombination mit sogenannten Push-Maßnahmen ausgeschöpft werden. Entscheidend für den Erfolg ist bei allen Maßnahmen jedoch die nutzergerechte, systemische Adaptierung an lokale Besonderheiten und zielgruppenspezifische Bedürfnisse. Unter dieser Prämisse stellte sich als wichtigste und kurzfristig wirkungsvollste Maßnahme die Einführung eines bezuschussten Jobtickets in Kombination mit einer Parkraumbewirtschaftung heraus. Begleitend sollten unbedingt umfangreiche Informationsmaßnahmen wie bspw. das Neubeschäftigtenpaket umgesetzt werden. Die nächste Stufe bilden eine Reihe von systemisch verknüpften Pull-Maßnahmen wie bspw. Carsharing am Campus, Mietradflotten oder Fahrradreparaturstationen. Langfristig sollten infrastrukturelle Maßnahmen wie die Errichtung von MobilityHUBs und Radschnellwegen angestrebt werden. Werden die empfohlenen Maßnahmen in hohem Umfang durchgeführt, so können bis zu 53% der Primärenergie eingespart werden.



Entwurf eines Neubeschäftigtenpaketes für die TU Braunschweig



Für die Mobilitätskette von Laura Petersen braucht es:

-  Informationspaket
-  persönliche Beratung
-  Fahrgemeinschaftsportal
-  Fahrgemeinschaftshaltestelle
-  Fahrgemeinschaftsparkplatz
-  Shuttlehaltestelle
-  Induktionsladespule
-  TU Card: Übergreifendes Bezahlungssystem
-  Mietradstation
-  Beleuchtung an Radwegen
-  Schnellradweg

Mobilitätskette der fiktiven Person Laura Petersen

ITD

Kontakt	Dipl.-Des. Carolin Kowollik
E-Mail	ca.kowollik@hbk-bs.de
Internet	www.transportation-design.org
Telefon	+49 (0) 531 - 391 9054

Nutzerverhalten

Institut für Psychologie (IfP)

Aufgabenstellung

Der Lehrstuhl für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie (AOS) geht davon aus, dass sich Verhaltensänderungen nicht wirksam durch strukturelle Top-down Maßnahmen durchsetzen lassen. Eine direkte Kommunikation, in der energiesparende Maßnahmen aufgezwungen werden, läuft Gefahr, dass Nutzer/innen eine Einschränkung ihres Handlungsspielraumes erleben und Veränderungswiderstand zum Scheitern einer Interventionsmaßnahme führen kann.

Daher wurden partizipative (d.h. interaktionsbasierte) Interventionsstrategien geplant, die darauf abzielen, die Nutzermotivation für energiesparendes Verhalten zu erhöhen. Partizipative Maßnahmen (1) erlauben eine optimale Anpassung von verhaltensändernden Maßnahmen, (2) stützen die Intervention durch Gruppenprozesse, (3) fördern eine öffentliche Selbstverpflichtung von Teilnehmern und (4) ermöglichen Generalisierungen von energiesparendem Verhalten.

Vorgehensweise

Das Kommunikationskonzept, das der Lehrstuhl für AOS entwickelt hat, um nachhaltig das Verhalten und die Motivation von Nutzer/innen in partizipativen Interventionsmaßnahmen zu verändern, stützt sich auf das empirisch sehr gut abgesicherte Konzept des Motivational Interviewing (MI). Dieses Konzept fördert die Änderungsmotivation und die Umsetzung von energiesparenden Maßnahmen. Um die Erfassung von motivierender Nutzerkommunikation für andere Campus-Projekte zu erleichtern, wurde das entwickelte

System in die Softwarelösung INTERACT integriert. Hierdurch wurde die Erfassung und Auswertung von partizipativen Interaktionsprozessen zur Förderung des energiesparenden Verhaltens technologisch weiterentwickelt. Die maßgeschneiderten Systeme zur Auswertung von Kommunikationsprozessen können für unterschiedliche Anwendergruppen eingesetzt werden.

Ergebnisse

Im Rahmen von zwei Studien konnte gezeigt werden, dass autonomieeinschränkende Kommunikation zu Nutzerwiderstand führt, und dass motivationale Gesprächsführungskompetenzen im Rahmen von zweitägigen Trainings erworben werden können. Darüber hinaus wurde zusammen mit dem Projektpartner IGS eine partizipative Maßnahme (Nutzerworkshop) pilotiert und aufgezeichnet. Die systematische Quantifizierung des Nutzerverhaltens erlaubt Rückschlüsse über die Effektivität von Trainings zur Motivation, von Interventionen und von Workshop-Designs. Die Bereitschaft sowie der Widerstand Energie einzusparen, hängen von den Kommunikationstechniken der Change Agenten ab und lassen sich in Interaktionsprozessen dynamisch abbilden. So kann gezeigt werden, ob Nutzer/innen für Energieeinsparungen mobilisiert werden. Außerdem wurden interaktive Trainingsmaterialien entwickelt, die als Verwertungsgrundlage von anderen Organisationen/Universitäten genutzt werden können, um Energie-Manager/innen für das Thema Nutzermotivation und den Umgang mit Widerstand zu sensibilisieren.

Kommunikationstrainings zu Motivation und Moderation

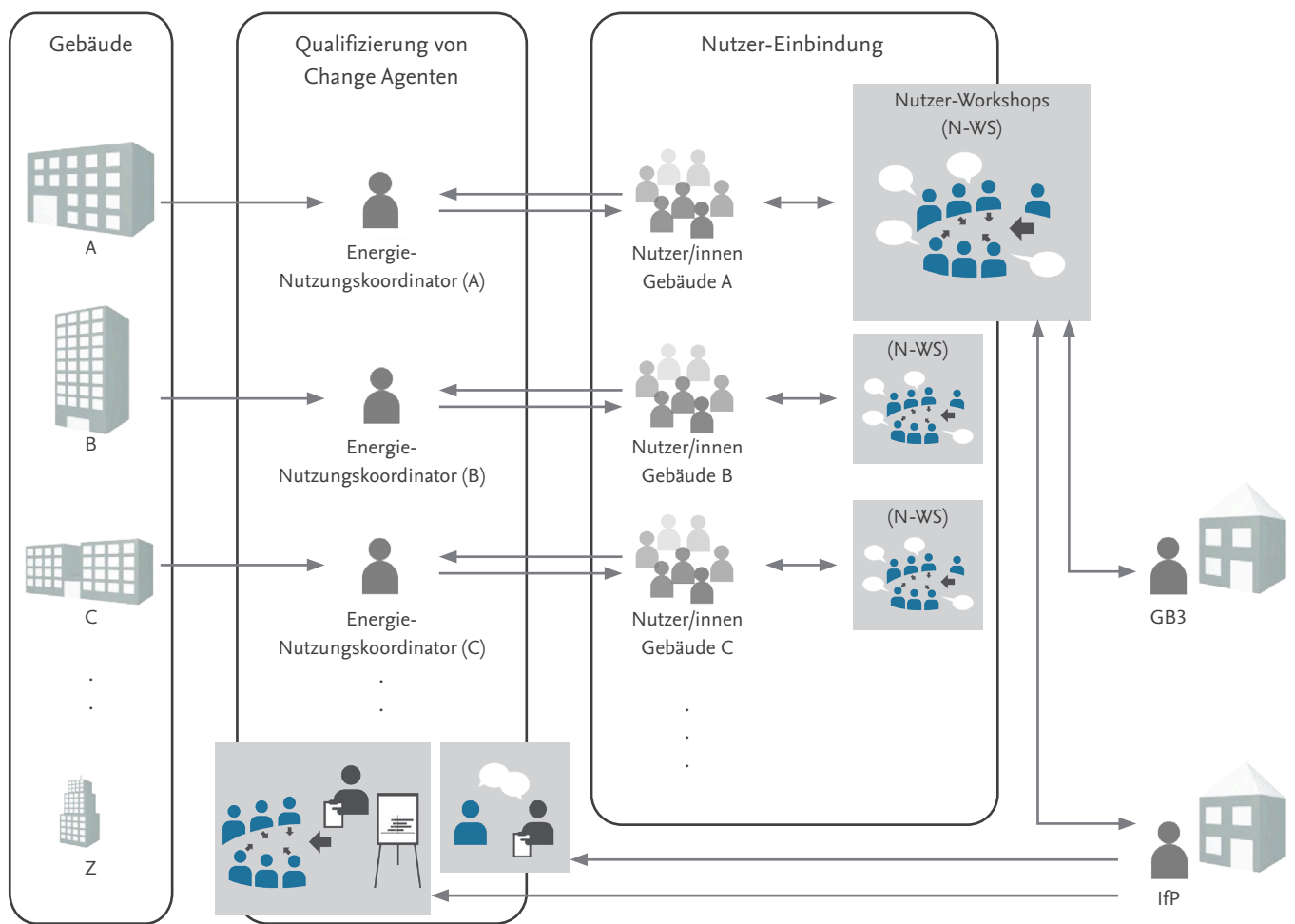


Coachings für Change Agenten



Nutzerworkshops mit Nutzer/innen der Institute





Übersicht der Teilstrategien

IfP	
Kontakt	Univ.-Prof. Dr. Simone Kauffeld
E-Mail	s.kauffeld@tu-bs.de
Internet	www.tu-braunschweig.de/psychologie
Telefon	+49 (0) 531 - 391 2563

Hochschulübergreifend

HIS-Hochschulentwicklung (HIS-HE)

Aufgabenstellung

Teil der Aufgabenstellung war eine möglichst breit gestreute und umfassende Erhebung der Ist-Situation an den Hochschulen bezüglich der Rahmendaten (Flächen, Studierendenzahl, Mitarbeitende etc.), der Energiedaten (Wärme, Strom), den Informationen zur Zählerausstattung, zum Energiemanagement, zu personellen Ressourcen sowie Konzepten und Leitlinien. In diesem Zusammenhang wurden die Grundlagen zu Gebäudebestand, Optimierungswerkzeugen und Methoden dargestellt und Vergleiche von Daten zu den Themen Gebäudebestand, Energieeffizienz, Organisation und Perspektiven der Einrichtungen ermöglicht.

Vorgehensweise

Methodisch wurden mit Hilfe einer (Online-)Umfrage insgesamt 569 Einrichtungen (Hochschulen aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und den Niederlanden sowie Forschungseinrichtungen, Studentenwerke, usw.) angeschrieben. In der Auswertung konnten 15,5% der Fragebögen berücksichtigt werden. Durch die quantitative und qualitative Auswertung soll mittels Verteilungen, Tendenzen, Aussagen, Kennzahlbildungen, speziellen

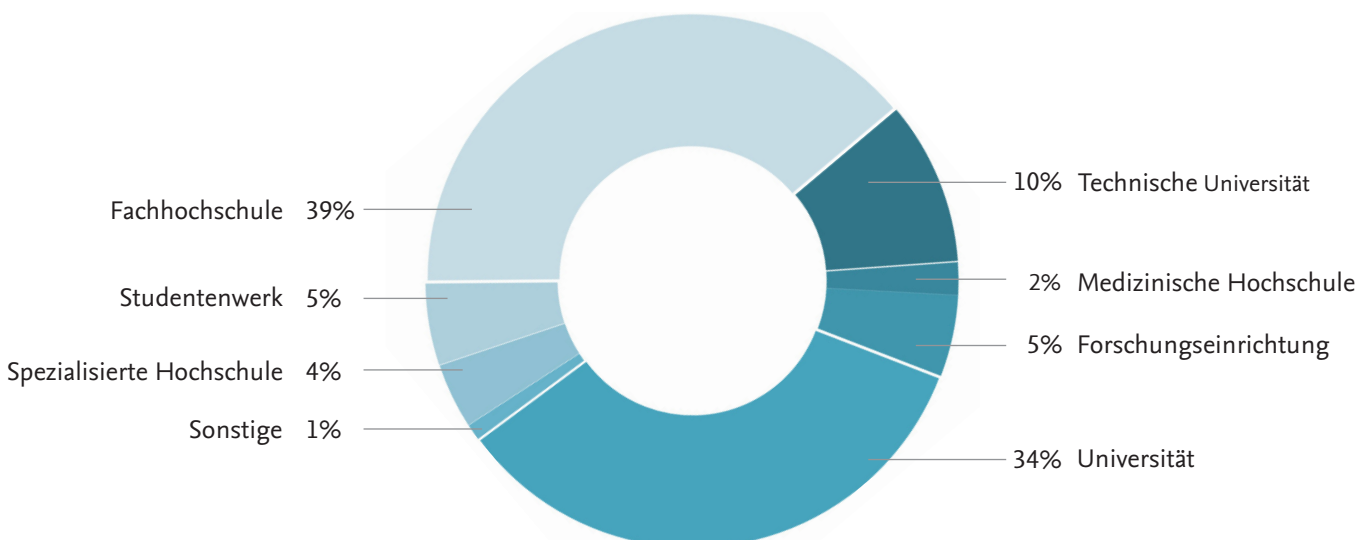
Auswertungen nach Bedarf und qualitativen Aussagen zu vorhandenen Konzepten und durchgeführten Maßnahmen ein Überblick über die Situation an den befragten Einrichtungen gegeben werden. Im Vordergrund der Auswertungen stand weniger ein hoher Detaillierungsgrad, sondern ein umfassender Überblick über die energetische Situation in der Hochschullandschaft.

Auswertung spezifischer Endenergieverbrauchsdaten der beteiligten Einrichtungen

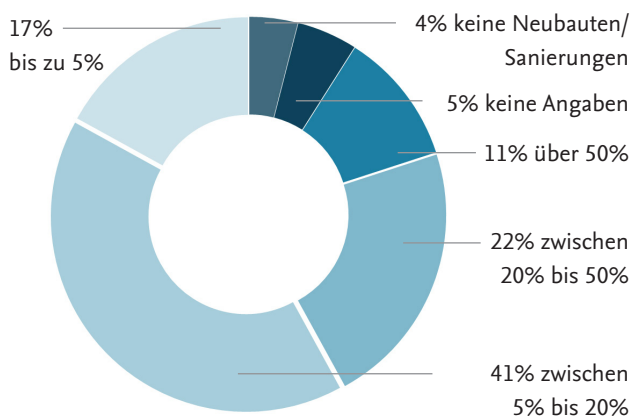
Die Betrachtung der Mittelwerte ergab für:

Strom: 85 kWh/m²
Wärme: 122 kWh/m²

Ein Großteil der Einrichtungen lagen beim Endenergieverbrauch Strom im Bereich von 50 bis 100 kWh/m² und bei Wärme zwischen 100 bis 150 kWh/m².



Verteilung der ausgewerteten 88 Einrichtungen



Anteil sanierter und neuer Gebäude in den letzten 10 Jahren

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind auch im Hinblick auf die Rahmenbedingungen interessant. So setzen z. B. mehr als die Hälfte der ausgewerteten Einrichtungen ein CAFM-System ein. Zwei Drittel der Einrichtungen haben bereits energetische Sanierungen in den letzten Jahren durchgeführt (mehrheitlich vom Kostenumfang 1 bis 5 Mio. €), jedoch dokumentierten nur weniger als die Hälfte der Einrichtungen die damit erzielten Einsparungen. Bei den Einzelmaßnahmen überwiegen bauliche und technische (Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Gebäudeautomation) Komponenten. Nutzerverhalten und organisatorische Maßnahmen wurden bei den nicht-investiven Maßnahmen weniger oft genannt. Die Bedeutung der erneuerbaren Energien spiegelt sich nur begrenzt in den befragten Einrichtungen wider (etwa ein Viertel der beteiligten Einrichtungen verfügen z. B. über Solar- oder BHKW-Anlagen). Zertifizierte Managementsysteme (EMAS, Ökoprot, DIN EN ISO 50001 o. ä.) sind in weniger als 20% der Einrichtungen zu finden.

Wie kann der Energieverbrauch Ihrer Einrichtung bis 2020 am wirksamsten reduziert werden und welche Voraussetzungen sind dafür erforderlich?

- Weiterer Ausbau des Energiemanagements/ Zählerfernauslesung und damit verbundene Energieanalysen
- Sanierung der Gebäudehülle
- Erneuerung der veralteten Anlagentechnik mit energieeffizienter Ausrichtung, bedarfsgerechte Auslegung von neuen Wärmeerzeugern
- Umrüstung der Leuchtmittel (LED)
- Bedarfsgesteuerte Haustechnik (Bewegungsmelder etc.)
- Hydraulischer Abgleich
- Gering-investive Maßnahmen
- Betriebsoptimierung mit Hilfe der Regelungstechnik
- Ausbau der Gebäudeleittechnik
- Ganzheitliche Betrachtung von Gebäuden
- Flächenreduzierung in Verbindung mit Nutzungsoptimierung
- Schließung von Gebäuden/Gebäudeteilen in Ferienzeiten
- Nutzerverhalten, Aktionen, Energiesparwettbewerb
- Verursachergerechte Verbrauchsabrechnung
- Beseitigung von Sanierungsstau in Bau und Anlagentechnik

HIS-HE

Kontakt	Ralf Dieter Person
E-Mail	person@his-he.de
Internet	www.his-he.de
Telefon	+49 (0) 511 - 1220 332

Projektergebnisse

Maßnahmen

In der ersten Phase des Projekts, die Ende Juli 2015 abgeschlossen sein wird, wurden innerhalb der Schwerpunktthemen gebäudeenergetische, organisatorische und infrastrukturelle Maßnahmen als Teilaspekte für den Masterplan definiert. Hierbei wurden u.a. Methoden und Werkzeuge entwickelt, die eine Vereinfachung in der Erfassung und Berechnung von energetischen Gebäudegrundlagen ermöglichen, sowie die Erstellung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und Potenziale zur Senkung des Energieverbrauchs wirtschaftlich vergleichbar abbilden.

Aus den in den jeweiligen Arbeitspaketen beschriebenen Einzelmaßnahmen wurden für die Themenbereiche "Gebäude" und "Mobilität" jeweils drei verschiedene Szenarien unter Berücksichtigung des Projektziels „Reduzierung der Primärenergie um -40%“ für den Gesamt-Campus abgeleitet. Die Höhe der durch die Umsetzung der Maßnahmen prognostizierten Senkung des Primärenergieverbrauchs (Status 2010) ermöglicht einen Vergleich der einzelnen Szenarien.

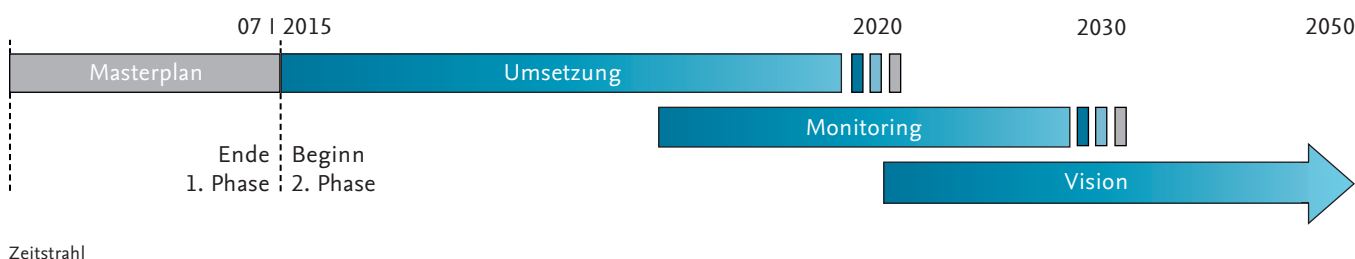
Das Ergebnis ist ein mehrdimensionales Umsetzungskonzept für die nächsten drei Jahre, das im Folgeprojekt "EnEff Campus 2020" die Grundlage bilden wird für

1. die intensive praktische Umsetzung der energetischen Optimierung des Campus bis 2020 und
2. begleitende präzise Variantenuntersuchungen für das langfristige Ziel eines weitgehend CO₂-neutralen Campus und die Entwicklung langfristiger Strategien.

Parallel zum laufenden Forschungsprojekt wurden aufbauend auf der hervorragenden Datenlage seitens des Gebäudemanagements Strukturen geschaffen, um die entwickelten Maßnahmen im Folgeprojekt „EnEff Campus 2020“ gezielt in die Umsetzung zu bringen sowie die stetig ansteigenden Energieverbräuche und damit verbundenen Kosten zu reduzieren.

Um zukünftigen Kostensteigerungen entgegenzuwirken, wurde von der Strategiekommission bereits eine Arbeitsgruppe zum Thema „Energiekostenbudgetierung“ einberufen. Die Arbeitsgruppe hat u.a. Einsparpotenziale identifiziert, eine transparente zeitnahe Darstellung der Verbräuche und Kosten gefordert und eine „Erfolgs“-Beteiligung der Nutzer an den von Ihnen in Zukunft generierten Einsparungen empfohlen. Mit Einführung und Umsetzung der Energiekostenbudgetierung an der TU BS hat jede Kostenstelle mit Flächennutzung einen verantwortlichen Energienutzungskordinator (EnKo) benannt, der als Schnittstelle zwischen dem Gebäudemanagement und der eigenen Einrichtung fungiert. Zudem wurden Anfang 2014 zwei Energieberater (EB) eingestellt, die die Energienutzungskordinatoren in alle Fragen zum Thema Energie und bei der Durchführung ihrer Funktion unterstützen.

Für die transparente Darstellung der Verbräuche stellt die TU Braunschweig seit März 2014 ein Informationssystem (Energie-Web-Portal „conject“) zur Verfügung, in dem die Strom- und Heizwärmeverbräuche monatlich dargestellt werden. Damit erhalten alle Mitarbeiter die Kostenverantwortung für den Energieverbrauch und können durch ein energiebewusstes Handeln oder durch die Förderung von energieeffizienten Maßnahmen direkt von der Kosteneinsparung profitieren.



Maßnahme	Kurzbeschreibung	Kosten
Gebäudehülle 	Energetische Sanierung der Gebäudehülle nach EnEV 2009 für alle relevanten Gebäude auf dem Campus der TU BS.	Investitionskosten: 120 Mio.€ Kosteneinsparung: 1,9 Mio. €/a Amortisation: >20 a Primärenergie: -8% CO ₂ -Emission: -12%
BHKW 	Installation eines großen BHKW mit einer Leistung von 526 kW zur Versorgung des Ostcampus sowie ein kleineres BHKW mit 148 kW für den Nordcampus.	Investitionskosten: 590 T € Kosteneinsparung: 320 T €/a Amortisation: 2 bzw. 6 Jahre Primärenergie: -2% CO ₂ -Emission: -10%
Photovoltaik 	Analyse aller Dachflächen hinsichtlich Eignung der PV-Integration. Berücksichtigt wurden die vorhandenen Dachbelegungen mit diversen technischen Anlagen sowie die Verschattung durch Nachbargebäude und Baumbestände. Nicht berücksichtigt wurden der Zustand und die Tragfähigkeit der Dächer sowie der Denkmalschutz einzelner Gebäude.	Investitionskosten: 2.500 €/kWp *) Einsparung Strom: 2.562 MWh/a Kosteneinsparung: 475 T €/a Amortisation: 10-12 a Primärenergie: -6% CO ₂ -Emission: -5%
Flächeneffizienz 	Reduzierung der vorhandenen Büroarbeitsflächen von ca. 60.000 m ² bzw. 15 m ² /Person (Bewertung gem. DIN V 18599-10 als geringe bis mittlere Belegung) auf ca. 10 m ² /Person (hohe Belegung). Dies entspricht einer Büroflächenreduzierung um ca. 20.000 m ² .	Einsparung Wärme: 2.400 MWh/a Einsparung Strom: 590 MWh/a Kosteneinsparung: 390 T €/a Primärenergie: -3% CO ₂ -Emission: -3%
Gebäudetechnik 	Optimierung aller vorhandenen raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) >1.000 m ³ /h.	Investitionskosten: 4 Mio. € Einsparung Strom: 5.950 MWh/a Kosteneinsparung: 1,1 Mio. €/a Amortisation: 2,5 a Primärenergie: -14% CO ₂ -Emission: -12%
Beleuchtung 	Austausch der installierten Beleuchtung in allen Verkehrsflächen (Flure und Treppenhäuser), Büroflächen und Laborflächen; Einsatz von LED Beleuchtung.	Investitionskosten: 2,6 Mio. € Einsparung Strom: 3.020 MWh/a Kosteneinsparung: 565 T €/a Amortisation: 4 a Primärenergie: -7% CO ₂ -Emission: -6%
Tech. Ausstattung 	Austausch sämtlicher Altgeräte an Kühl- und Gefrierschränken. Hochrechnung auf Basis der im Bestand aufgenommenen und dokumentierten Geräte (ca. 70% Geräte in Energieeffizienzklasse D und „schlechter“).	Investitionskosten: 1 Mio. € Einsparung Strom: 1.100 MWh/a Kosteneinsparung: 200 T €/a Amortisation: 5 a Primärenergie: -3% CO ₂ -Emission: -2%
Nutzerverhalten 	Energieeinsparungen mittels verschiedener Maßnahmenarten: Partizipation/Interaktion mit den Nutzern; Information (Kampagnen) und Feedback (z.B. über den Energie-Verbrauch)	Investitionskosten: 120 T. €/a Kosteneinsparung: 900 T €/a Primärenergie: -8% CO ₂ -Emission: -8%
Mobilität 	Einführung eines Mobilitätsmanagements mittels systemisch integrierter Maßnahmen zur Reduzierung, Bündelung oder Verlagerung von Verkehrsaufkommen.	Investitionskosten: 267 T €/a Kosteneinsparung: 655 T €/a Primärenergie: -25%

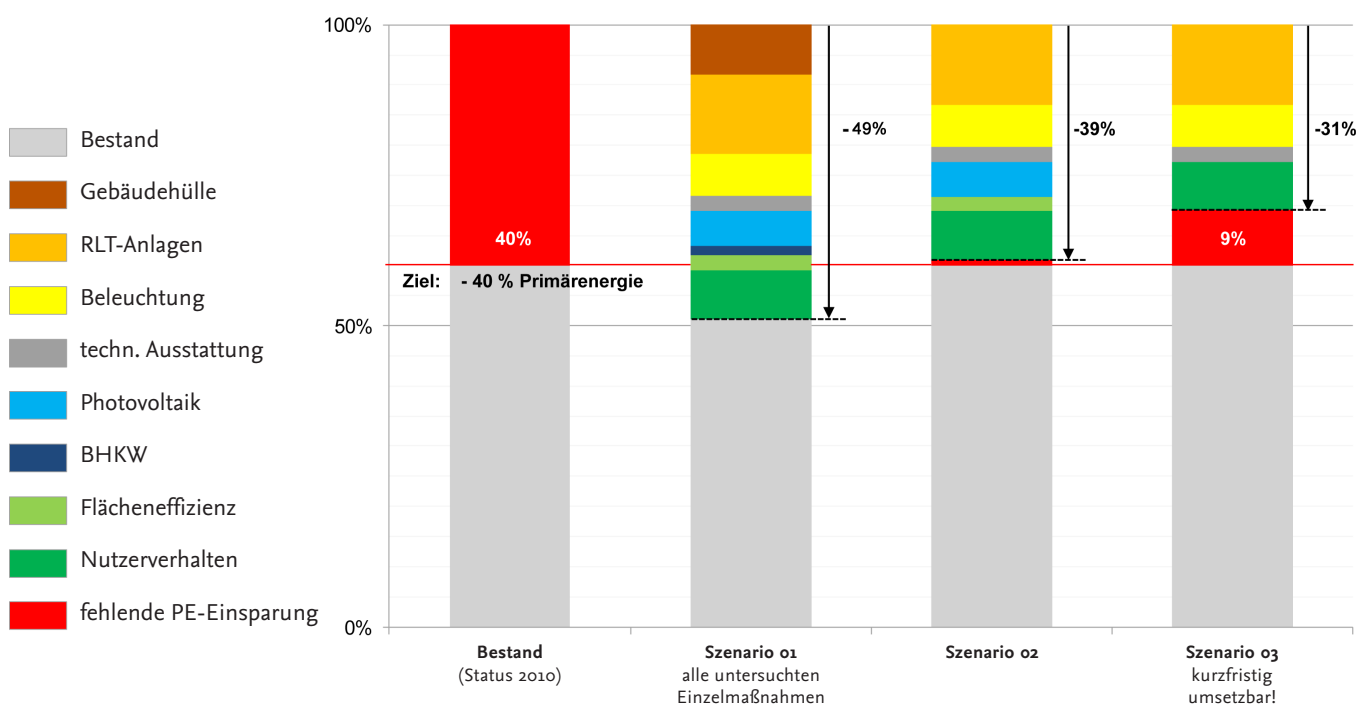
Szenarien 2020

Gebäude

Auf Gebäudeebene wurden aus den ermittelten Einzelmaßnahmen die unten dargestellten Szenarien abgeleitet. Szenario 01 beinhaltet sämtliche untersuchten Maßnahmen, Szenario 02 setzt sich aus Maßnahmen zusammen, die kurz- bis mittelfristig umsetzbar sind und Szenario 03, das Minimal-Szenario, enthält kurzfristig umsetzbare, gering-investive Maßnahmen.

Über Szenario 01 kann das Projektziel einer Reduzierung der Primärenergie um -40% bis 2020 erreicht werden. In Szenario 02 wird dies annähernd erreicht, obwohl auf die kostenintensiven Maßnahmen „Gebäudehülle“ und „BHKW“ verzichtet werden. In Szenario 03 wird der Zielwert nicht erreicht, jedoch kann über kurzfristig umsetzbare Maßnahmen, wie Betriebsoptimierung der RLT-Anlagen, Austausch der Beleuchtung in den Verkehrszonen, Austausch von Altgeräten an Kühl- und Gefrierschränken sowie Einsparungen über das Nutzerverhalten der Primärenergieverbrauch bereits um 31% reduziert werden.

Szenario 01	Szenario 02	Szenario 03
• Betriebsoptimierung RLT Anlagen • Photovoltaik • BHKW	• Betriebsoptimierung RLT Anlagen • Photovoltaik	• Betriebsoptimierung RLT Anlagen
• Beleuchtung • Technische Ausstattung	• Beleuchtung • Technische Ausstattung	• Beleuchtung • Technische Ausstattung
• Gebäudehülle		
• Flächeneffizienz	• Flächeneffizienz	
• Nutzerverhalten	• Nutzerverhalten	• Nutzerverhalten

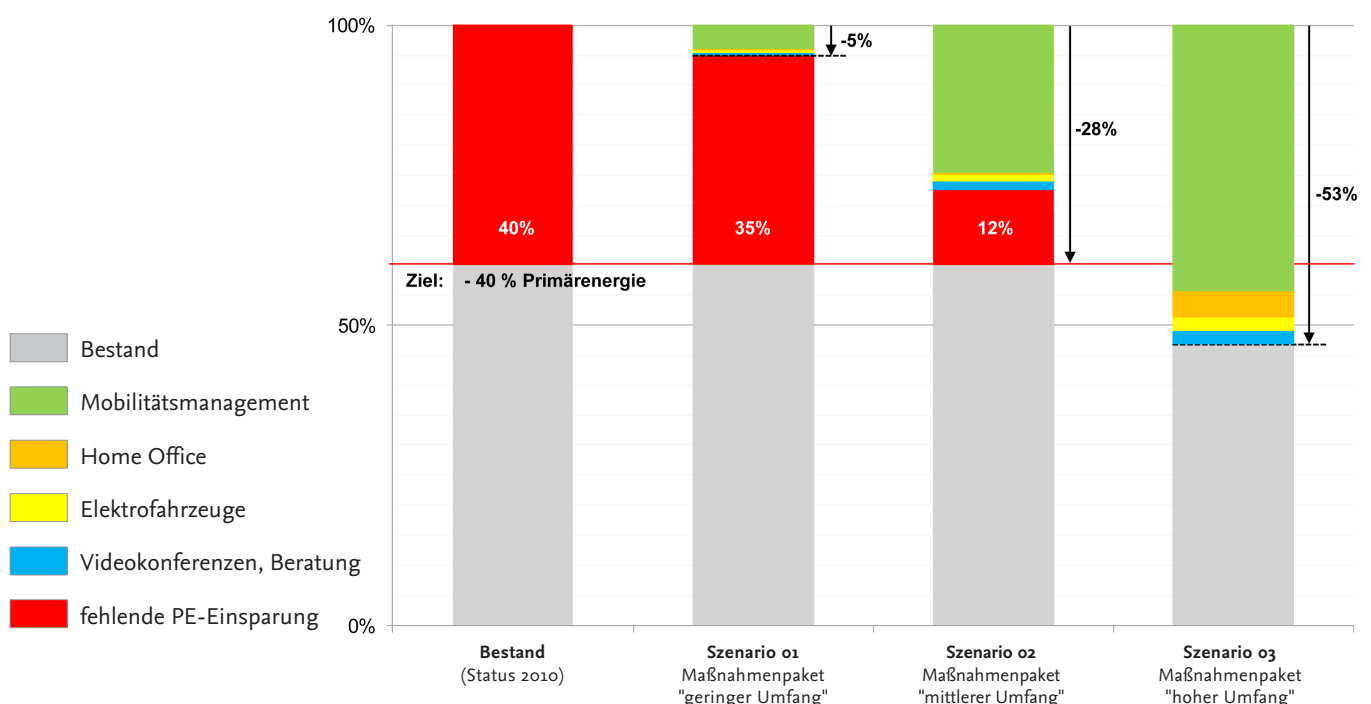


Mobilität

Im Bereich des Mobilitätsmanagements erfolgte die Betrachtung systemisch integrierter Maßnahmen, die in Öffentlichkeitsarbeit, Push- und Pull-Maßnahmen unterteilt werden können. Diese sollen den Umstieg der Menschen vom PKW auf andere Verkehrsmittel bzw. auf Fahrgemeinschaften fördern. Zu solchen Maßnahmen zählen beispielsweise Carsharing, eine Mietradflotte oder auch eine interne Mitfahrbörse.

Im Aktionsfeld Mobilität wurden die Bereiche Mitarbeitermobilität, Dienstreisen und Dienstfahrzeuge erörtert und punktuelle Maßnahmen entwickelt. Diese sehen im Detail die Einführung von Home-Office-Tagen, aber auch die Bereitstellung von Videokonferenzräumen und E-Fahrzeugen vor. Auch die Vorgabe eines Mindestbestellwertes dient in diesem Zusammenhang der Senkung von Kosten, indem durch die Bündelung von Bestellungen Transportenergie eingespart wird. Die drei Szenarien sind so zusammengestellt, dass der Umfang der einzelnen Maßnahmenbündel zunimmt.

Szenario 01	Szenario 02	Szenario 03
Öffentlichkeitsarbeit	Öffentlichkeitsarbeit	Öffentlichkeitsarbeit
- Online-Mobilitätsportal - Öffentliche Kommunikation	- Online-Mobilitätsportal - Öffentliche Kommunikation - Aktionstage	- Online-Mobilitätsportal - Öffentliche Kommunikation - Aktionstage - Change-Agenten Mobilität
	Pull-Maßnahmen	Pull-Maßnahmen
	- Jobtickets - Carsharing - Interne Mitfahrbörse - Fahrradinfrastruktur	- Jobtickets - Carsharing - Interne Mitfahrbörse - Fahrradinfrastruktur - Fahrradstellplätze an Haltestellen - Mietradflotte
		Push-Maßnahmen
		Parkraumbewirtschaftung



Ausblick

EnEff Campus 2020

Mit dem Start des Folgeprojekts „EnEff Campus 2020“ im August 2015 geht die TU Braunschweig in die Umsetzungsphase des Masterplans 2020. In enger Abstimmung zwischen der Hochschulleitung, der Landesebene, den beteiligten Fachinstituten und nicht zuletzt dem lokalen Energieversorger wird in den kommenden drei Jahren ein für die deutsche Hochschullandschaft zukunftsweisendes

Maßnahmenpaket zur energetischen Optimierung des Campus als Stadtquartier vorbereitet und schrittweise umgesetzt. Den Fokus bilden zwei Schwerpunktthemen, die im Folgenden näher erläutert werden.

Damit wird die TU Braunschweig zum wichtigen Impulsgeber für die Energiewende in der Stadt und zum Vorreiter der energetischen Optimierung von Hochschulen in Deutschland.

Maßnahmenpaket im Schwerpunkt I - Umsetzung



Umsetzung von Baumaßnahmen zur energetischen Optimierung

- bereits umgesetzte Maßnahmen (2010 bis 2014): 28 Mio. €
- Neubauvorhaben: 146 Mio. €
- Einzelmaßnahmen: 60 Mio. €



Betriebsmonitoring und -optimierung

- Einfaches Monitoring: 200 Gebäude
- Detailliertes Monitoring: 10 Gebäude



Solarisierung des Campusareals

- Installation von 1 MW_p PV-Anlagen



BHKWs

- Dezentrale Versorgung mit mehr als 750 kW Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Reduzierung zentraler Kraftwerkskapazitäten des lokalen Energieversorgers (BS I Energy)
- Einbindung der Netz-Infrastruktur angrenzender Stadtquartiere



Energiekostenbudgetierung

- Dezentrale Energiekostenrechnung in der Hochschulverwaltung mit direkter Energiekostenverantwortung für alle Institute



Flächeneffizienz

- Städtebauliche Nachverdichtung
- Zentralisierung mit Schwerpunkt Zentralkampus



Nutzerverhalten

- Kommunikationstrainings zur Nutzermotivation

Schwerpunkt I - Umsetzung

Eine Kombination aus einzelnen Strategien soll die energetische Optimierung des Campus bis 2020 als Demonstrationsprojekt intensiv in der Praxis vorantreiben. Zusätzlich wird das langfristige Ziel eines weitgehend CO₂-neutralen Campus in eine präzisere Variantenuntersuchung überführt und entsprechende langfristige Strategien entwickelt. Das Ziel, die CO₂-Emissionen der TU BS um 40% zu senken, kann nur erreicht werden, wenn in kurzer Zeit eine Vielzahl verschiedener Maßnahmen umgesetzt wird.

Daraus lassen sich folgende Strategien für die Optimierung in den nächsten drei Jahren definieren, die konkret umgesetzt werden sollen:

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

Diese Strategien werden aufeinander abgestimmt, bleiben jedoch unabhängig voneinander umsetzbar. Auf diese Weise kann bei Bedarf flexibel auf mögliche Veränderungen reagiert werden, ohne das Gesamtziel im Grundsatz zu gefährden.



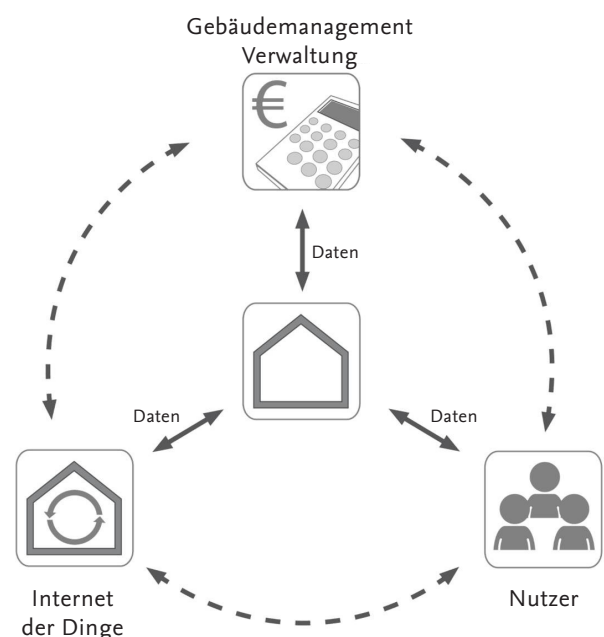
Campus als virtuelles Kraftwerk

Schwerpunkt II - Technologie

Im zweiten Schwerpunkt wird unter Nutzung der einmaligen Datenverfügbarkeit an der TU Braunschweig eine Technologieforschungsplattform "Real-Life-Lab Campus TU BS" mit vernetzten Technologieforschungsstrategien für hochinnovative, integrale Entwicklungen aufgebaut. Nachdem im vorangegangenen Projekt der Energieverbrauch auf Gebäudeebene und teilweise auf Systemebene erfasst worden ist, wird im Projekt Campus II diese Technologieplattform für die Nutzung von Gebäudedaten zur Optimierung der Gebäudeperformance entwickelt. Dabei werden folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Transparenz des Energieverbrauchs (Nutzer)
- Automatisiertes Monitoring (Gebäudemanagement)
- Intelligente Anlagensteuerung (Internet der Dinge)

Durch die Evaluierung der Ergebnisse im „Real-Life-Lab Campus TU BS“ und die Umsetzung der Ergebnisse im Campus-Quartier findet unter den beiden Schwerpunktthemen ein kontinuierlicher Austausch bei der Entwicklung, Umsetzung und Erprobung innovativer Technologien statt.



Integrales Technologiekonzept des "Real-Life-Lab Campus TU BS"

Ziele

Kurzfristig

- Umsetzung von Maßnahmenpaketen des Masterplans
- Verankerung der Ziele in den Planungsprozessen des Baumanagements der TU
- Kontinuierliche wissenschaftliche Begleitung
- Aufbau eines Energie- und Qualitätsmanagements
- Durchgängiges Monitoring der Maßnahmen
- Identifikation gering-investiver Maßnahmen durch Entwicklung strategischer Prinzipien für große Liegenschaften
- Energiecoaching und Nutzerworkshops zur Erschließung und Bewertung des Nutzereinflusses
- Validierung der Werkzeuge und Methoden
- Entwicklung von Konzepten zur Übertragbarkeit auf andere Quartiersstrukturen
- Aufbau des Energie- u. Forschungslabors "TU Campus"

Mittelfristig

- Sanierung und Neubau von Hochschulgebäuden nach den entwickelten Standards und Methoden, Aufbau und Nutzung automatisierter Monitoringstrukturen
- Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Übertragung auf andere Quartiersstrukturen mit wissenschaftlicher Begleitung
- Erarbeitung von Konzepten für alternative Energieversorgungssysteme in Kooperation mit dem örtlichen Energieversorger BS | Energy
- Ersatz konventioneller Systeme als Chance für die Integration hocheffizienter Technologien
- Etablierung des Energie- und Forschungslabors "TU Campus" als Institution für nachhaltige Quartier- und Stadtentwicklung

Langfristig

- Entwicklung von Strategien für den Campus unter Einbindung des Energie- und Forschungslabors
- Erforschung städtischer Strukturen für eine klimaneutrale Versorgung
- Nutzung des Energie- und Forschungslabors zur Simulation und Abbildung von Zukunftsszenarien
- Strategische Konzeptentwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung (Wärme, Strom, Kälte) unter Einbindung erneuerbarer Energien
- Ausbau der Strukturen für eine nachhaltige Entwicklung zwischen ländlichem und städtischem Raum in der Metropolregion



Projektdaten

Projekttitel	EnEff Campus 2020
Fördergeber	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Laufzeit	01.08.2015 - 31.03.2018
Koordination	Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Projektleitung	Dipl.-Ing. Tanja Beier
Projektteam	TU Braunschweig, Gebäudemanagement (GB3) Jörg Jaspers Inst. für Städtebau u. Entwurfsmethodik (ISE) Univ.-Prof. Uwe Brederlau Inst. für Psychologie (IfP) Univ.-Prof. Dr. Simone Kauffeld Inst. für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen (elenia) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel Inst. für Nachrichtentechnik (IfN) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Reimers Inst. für Betriebssysteme u. Rechnerverbund (IBR) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lars Wolf SIZ - Steinbeis Innovationszentrum energie+ Dr. Ing. Stefan Plesser BS Energy Braunschweiger Versorgungs-AG & Co. KG



Bild links
Bild rechts oben
Bild rechts unten

Campus Ost (Beethovenstraße)
Gebäude des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau
Seminargebäude auf dem Campus Nord



© Technische Universität Braunschweig
Institut für Gebäude- und Solartechnik
Mühlenfordtstraße 23
38106 Braunschweig
Telefon +49 531 391-3555
Telefax +49 531 391-8125
igs@igs.tu-bs.de
www.tu-braunschweig.de/igs