



Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:



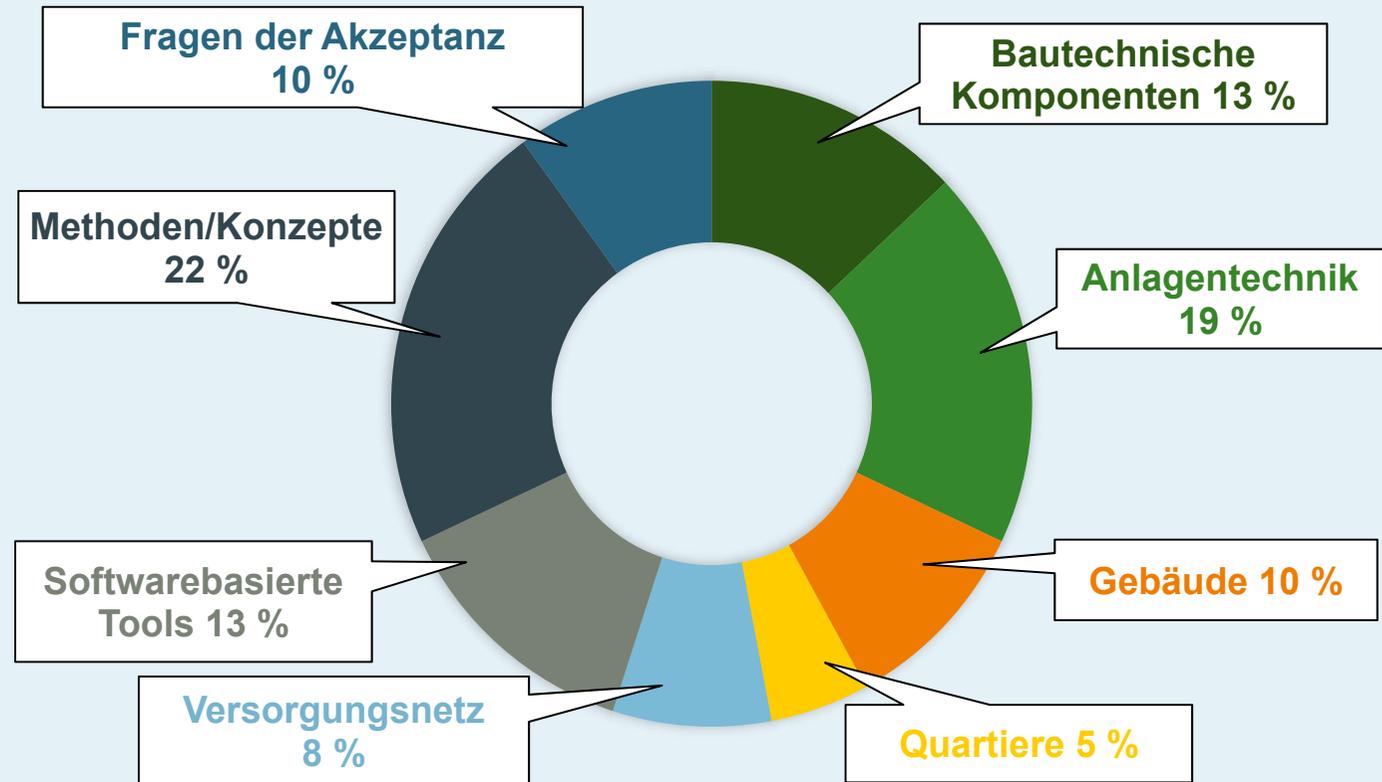
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Campus-Projekte im BMWi-Forschungsbereich ENERGIEWENDEBAUEN – Kennwerte und Charakteristika

Kategorien

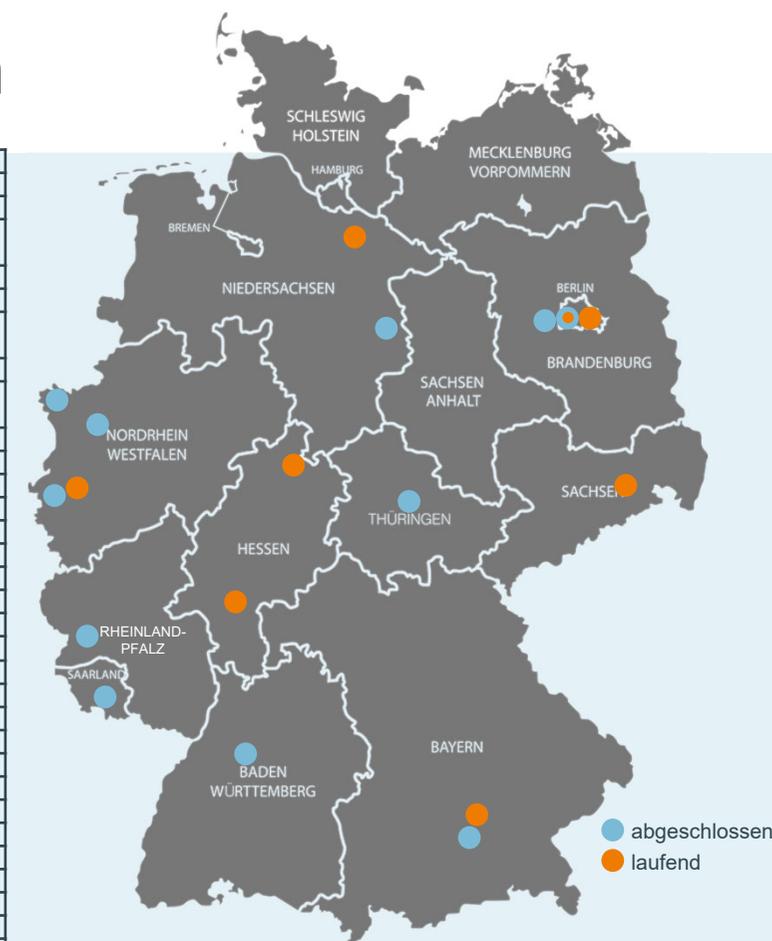


Quelle: Umfrage unter den vom BMWi geförderten Projekten des Förderbereichs Energiewendebauen, 2018



Bewilligte Campus-Vorhaben

Nr.	Projektname (kurz)	FKZ	Förderzeitraum
1	EnEff:Campus Potsdam Telegrafenberg	03ET1009B/C	06/11 – 06/18
2	CleanTechCampus Garching	03ET1407A/B	05/16 – 10/19
3	Berlin Adlershof	03ET1038A-G	07/11 – max. 07/18
	darunter: Teilvorhaben EnEff:Campus	03ET1038C	07/11 – 06/13
	Cluster Berlin Adlershof 2020 Umsetzung/Monitoring	03ET1155A/B	01/13 – 08/19
	EnbA-M: Energienetz Berlin Adlershof – Monitoring und Optimierung	03ET1549A-D	04/18 – max. 11/21
4	EnEff:Campus RWTH Aachen/FZ Jülich – integrales Planungshilfsmittel	03ET1004A	01/11 – 12/14
	EnEff:Campus Roadmap RWTH Aachen II	03ET1260A	04/12 – 07/15
5	EnEff:Campus RWTH Aachen/FZ Jülich – integrales Planungshilfsmittel	03ET1004A	01/11 – 12/14
	EnEff:Campus – Living Roadmap FZ Jülich	03ET1352A	01/16 – 03/19
	Living Lab Energy Campus	03ET1551A	01/18 – 12/20
	LLEC – klimaneutraler Verwaltungsbau	03EGB0010A	01/18 – 12/20
6	EnEff:Campus – blueMAP TU Braunschweig	03ET1004B	04/12 – 07/15
	EnEff:Campus – EnEff Campus 2020 Monitoring	03ET1307A	09/15 – 03/19
7	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	03ET1009A	10/10 – 12/17
	EnEff:Campus Monitoring Neubau Universität Lüneburg	03ET1415A/B	09/16 – 08/20
8	EnEff:Campus Intracting an Hochschulen	03ET1323A	10/15 – 09/20
9	EnEff:Campus CAMPER-CAMPus Dresden	03ET1319A	10/15 – 03/19
	CAMPER-MOVE Dresden	03ET1656	04/19 – 03/24
10	EnEff:Campus - Campus Lichtwiese	03ET1356A	01/16 – 12/18
	Campus Lichtwiese II	03ET1638	01/19 – 12/22
11	HochschulCampus Berlin Charlottenburg	03ET1354A/B	04/16 – 08/18
	Hochschulcampus Berlin Charlottenburg (HCBC) Umsetzungsphase	03ET1632A-C	01/19 – 12/23
13	Campus Information Modeling (HoEff-CIM)	03ET1176A-D	05/13 – max. 06/17
14	Saisonale Energiespeicherung in Aquiferen	03ESP409A-C	12/12 – 11/16
15	Umweltcampus Birkenfeld, Trier	03ET1070A	06/12 – 05/16
	REGENA – Ressourceneffizienz im Gebäudebetrieb	03ET1070B/C	06/12 – 08/16
16	EnergyCampusLab HS Ruhr West	03ET1083A	08/12 – 07/16
17	Grüner Campus Erfurt	0327431O	01/10 – 09/15
18	Rng-Opt: Bosch Forschungscampus Renningen	03ET1373A-B	01/16 – 12/18
19	Energiemustercampus UdS (EULE)	03ET1060A	05/12 – 04/17
20	Plusenergiecampus Ganztagsrealschule Kleve	03ET1075D	06/12 – 05/17





Besonderheiten von Universitätskomplexen

- 429 Hochschulen in Deutschland (WS 2017/18) *
 - 31,1 Milliarden Euro Ausgaben in 2018 (25,2 Mrd. Euro Länder, 5,9 Mrd. Euro Bund) *
- Flächenstruktur (Richtwertgruppen Bauministerkonferenz (BMK)): **
 - 18,4 % Chemie/Physik/Biologie/Pharmazie
 - 17,8 % Ingenieurwissenschaften
 - 14,2 % Geistes-/Wirtschafts-/Rechts- und Sozialwissenschaften
 - 9,9 % Bibliotheksgebäude, 9,7 % Verwaltungsgebäude
 - Rest: Naturwissenschaften/Sportwissenschaften, Seminargebäude, Hörsaalgebäude, Agrar-/Forstwissenschaften, Forschung, Erziehungswissenschaften/Kunst, Mensen, Sporthallen, Rechenzentren
- Finanzierung: Bundesländer als Träger, Finanzierung durch öffentliche Hand (90 %),
 - private Gelder durch Auftragsforschung, Spender, Alumni-Initiativen, Wirtschaftsförderung, Studienbeiträge

* Quelle: Statista

** Quelle: Stibbe/Stratmann: Bau- und Instandsetzungsbedarf in den Hochschulen



Besonderheiten von Universitätskomplexen

- Akteure
 - Landesministerium
 - Rektor, Kanzler, evtl. Präsidium, Strategiekommision/Stabsstelle zur Campuserwicklung
 - Universitätsbauamt oder staatliches Hochbauamt, ggf. spezielle Energieberater/-manager
 - Fachinstitute, bei mehreren Institutionen auf einem Campus: Nutzergemeinschaften
 - Facilitymanagement, Baumanagement
 - Fachplaner für die Erstellung des Energiekonzepts
 - Nutzer
 - Private Investoren
- Energieversorgung
 - Oft über Fernwärme (Energiliefercontracting) oder Nahwärme (Eigenbetriebe)
 - Externe Stromversorgung (Energiliefercontracting)
 - Kleiner Campus oder verstreute Gebäude: dezentral (Kessel, BHKWs)
- Sanierung durch Roadmaps mit Zielen bis 2030 / 2050
 - Fokus auf Gebäudesysteme (Lüftung/Regelung), weniger Hüllflächen, Nahwärmeerzeugung

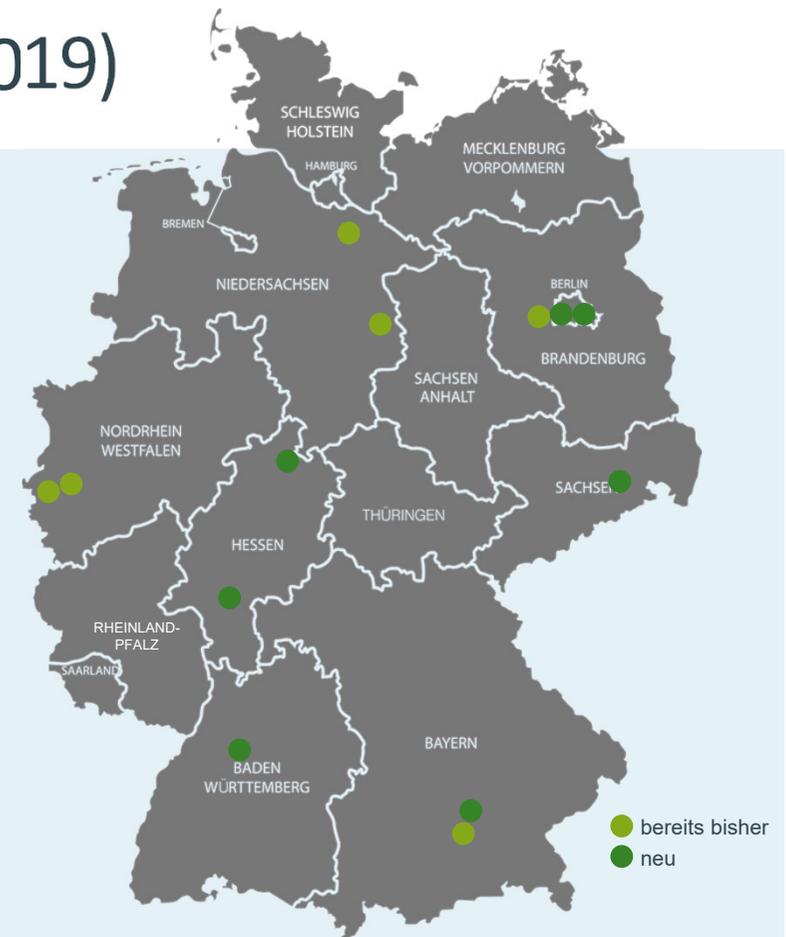
2016: Auswertung durch Begleitforschung EnEff:Stadt



- Einleitung
- Besonderheiten von Universitätskomplexen
- Die Campusprojekte aus EnEff:Stadt
 - RoadMap RWTH Aachen
 - *blueMAP* TU Braunschweig
 - Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg
 - Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam
- Quervergleich der Campusprojekte
- Ausblick: Weitere BMWi-Campusprojekte (Ludwig-Maximilians-Universität München, Hochschule Ruhr West, Fachhochschule Erfurt)
- Schlussfolgerungen

Neue Querauswertung BF (2019)

Nr.	Projektname (kurz)	FKZ	Förderzeitraum
1	CleanTechCampus Garching	03ET1407A/B	05/16 – 10/19
2	Berlin Adlershof	03ET1038A-G	07/11 – max. 07/18
	darunter: Teilvorhaben EnEff:Campus	03ET1038C	07/11 – 06/13
	Cluster Berlin Adlershof 2020 Umsetzung/Monitoring	03ET1155A/B	01/13 – 08/19
	EnbA-M: Energienetz Berlin Adlershof – Monitoring und Optimierung	03ET1549A-D	04/18 – max. 11/21
3	EnEff:Campus RWTH Aachen/FZ Jülich – integrales Planungshilfsmittel	03ET1004A	01/11 – 12/14
	EnEff:Campus – Living Roadmap FZ Jülich	03ET1352A	01/16 – 03/19
	Living Lab Energy Campus	03ET1551A	01/18 – 12/20
	LLEC – klimaneutraler Verwaltungsbau	03EGB0010A	01/18 – 12/20
4	EnEff:Campus – blueMAP TU Braunschweig	03ET1004B	04/12 – 07/15
	EnEff:Campus – EnEff Campus 2020 Monitoring	03ET1307A	09/15 – 03/19
5	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	03ET1009A	10/10 – 12/17
	EnEff:Campus Monitoring Neubau Universität Lüneburg	03ET1415A 03ET1415B	09/16 – 08/20
6	EnEff:Campus Intracting an Hochschulen	03ET1323A	10/15 – 09/20
7	EnEff:Campus CAMPER-CAMPus Dresden	03ET1319A	10/15 – 03/19
	CAMPER-MOVE Dresden	03ET1656	04/19 – 03/24
8	EnEff:Campus - Campus Lichtwiese	03ET1356A	01/16 – 12/18
	Campus Lichtwiese II	03ET1638	01/19 – 12/22
9	HochschulCampus Berlin Charlottenburg	03ET1354A/B	04/16 – 08/18
	Hochschulcampus Berlin Charlottenburg (HCBC) Umsetzungsphase	03ET1632A-C	01/19 – 12/23
10	Rng-Opt: Bosch Forschungscampus Renningen	03ET1373A-B	01/16 – 12/18
11	EnEff:Campus Potsdam Telegrafenberg	03ET1009B/C	06/11 – 06/18
12	EnEff:Campus RWTH Aachen/FZ Jülich – integrales Planungshilfsmittel	03ET1004A	01/11 – 12/14
	EnEff:Campus Roadmap RWTH Aachen II	03ET1260A	04/12 – 07/15
13	Campus Information Modeling (HoEff-CIM)	03ET1176A-D	05/13 – 06/17 05/13 – 04/17



- Lessons Learned aus Campus-Projekten



Stand der Querauswertung



Hochschulcampus Berlin-Charlottenburg



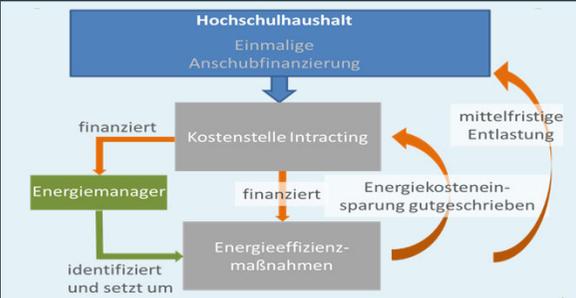
blueMAP TU Braunschweig



Campus Lichtwiese Darmstadt



CleanTechCampus Garching

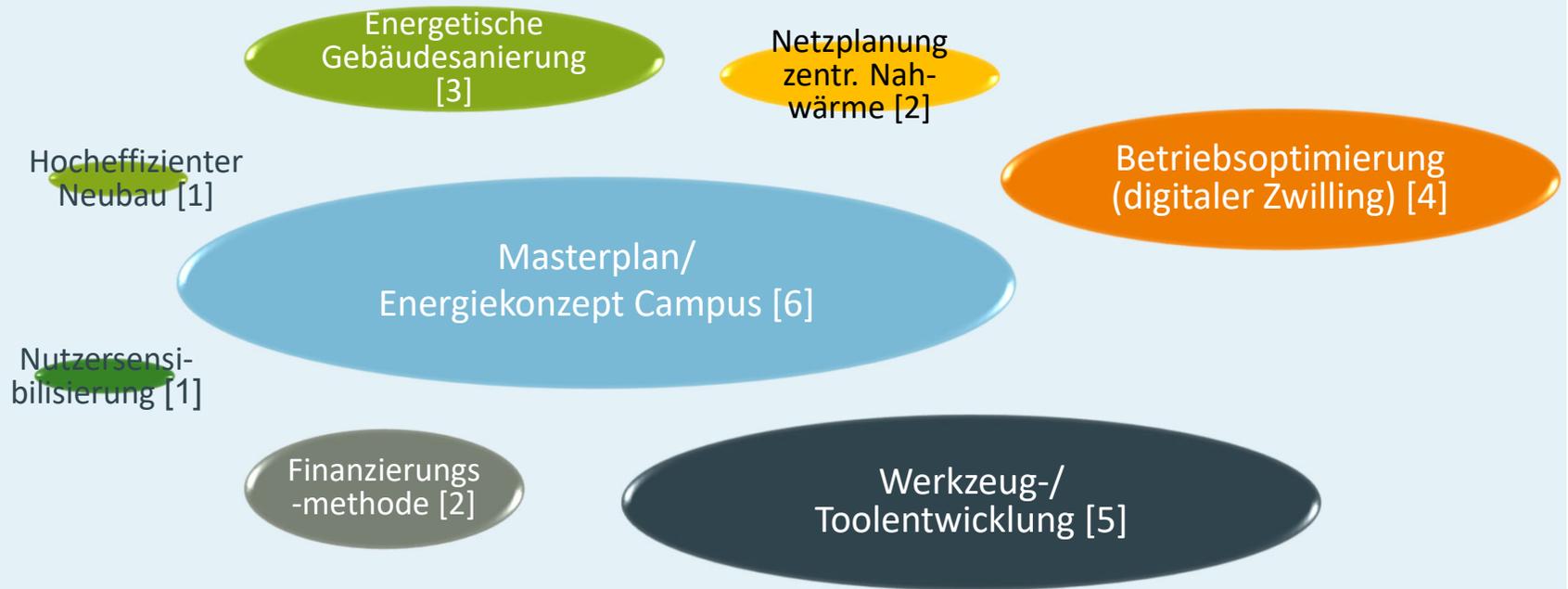


Intracting an Hochschulen, Kassel

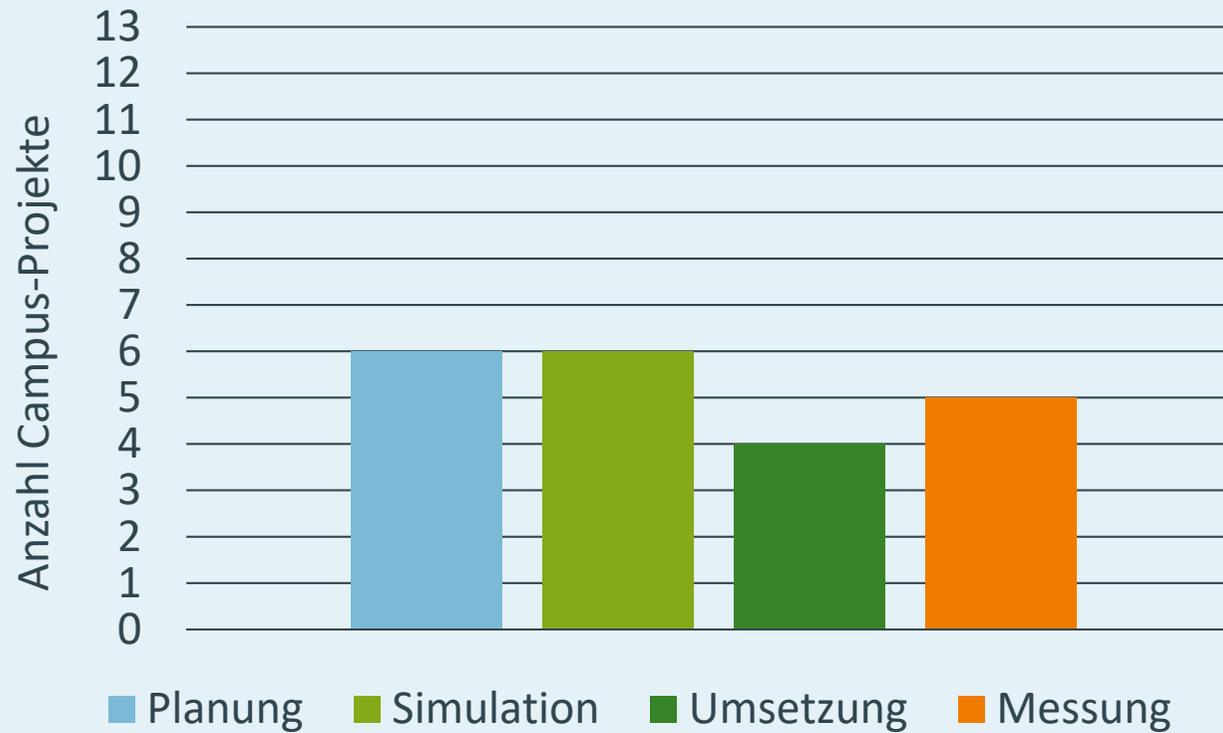


Campus Leuphana Universität Lüneburg

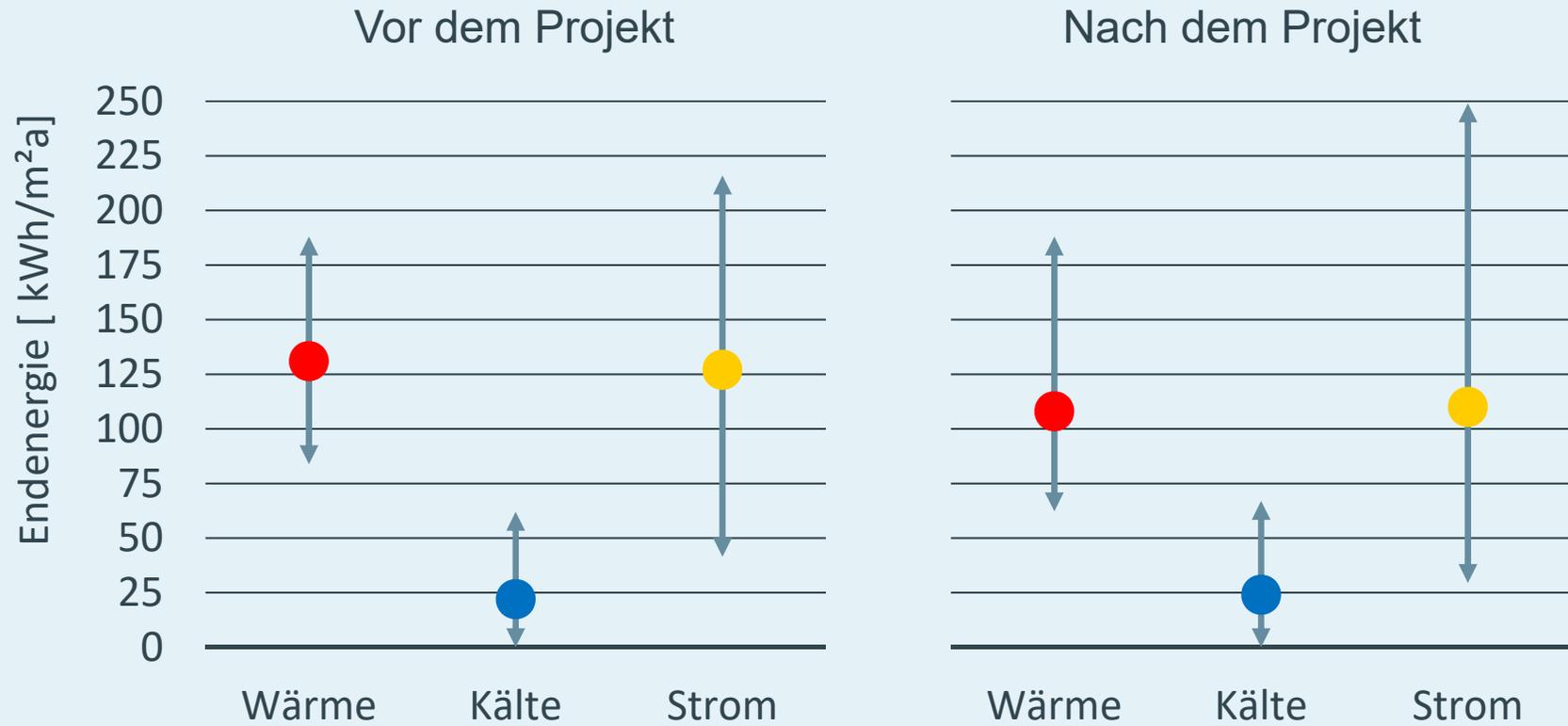
Campus-Projekte nach Projektart



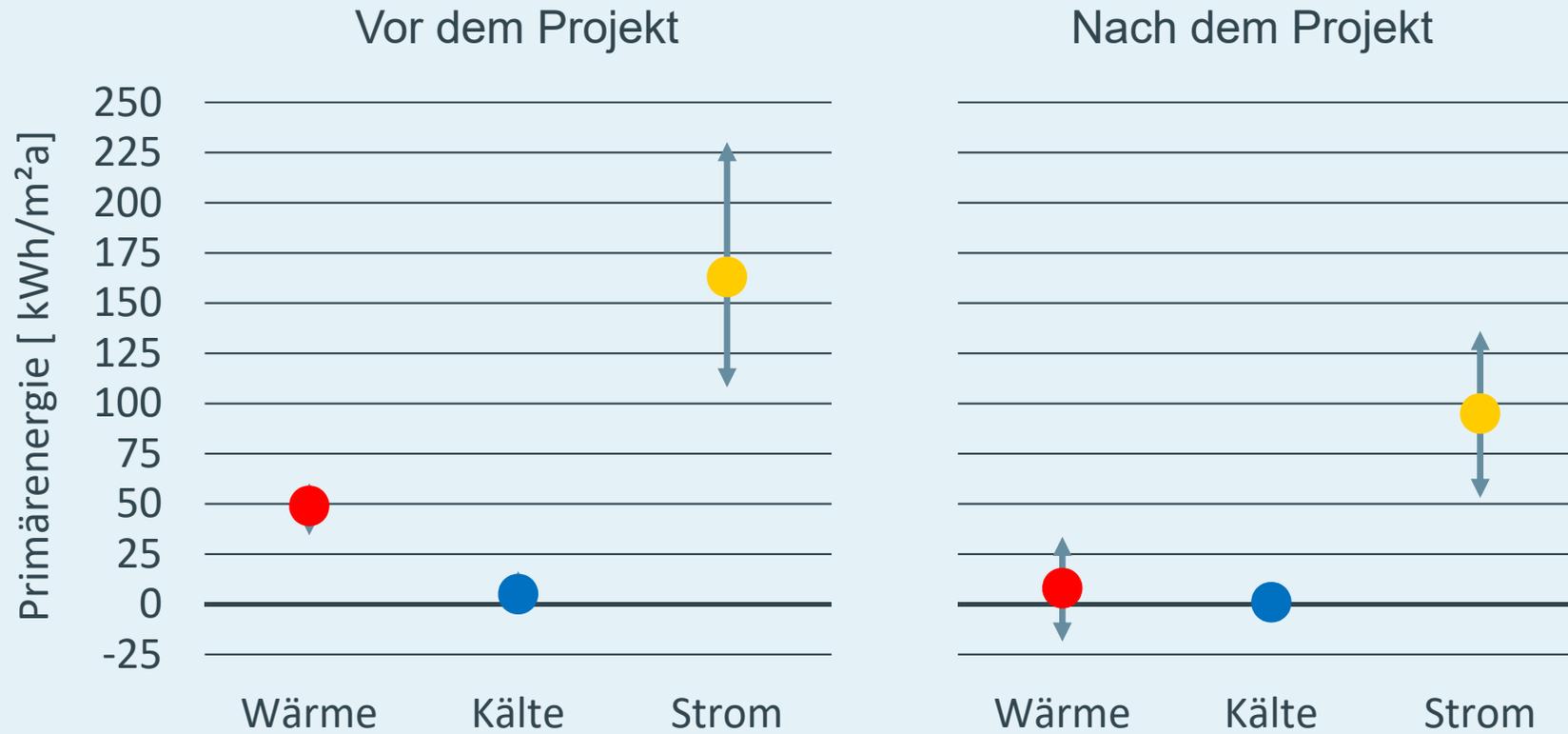
Campus-Projekte nach Projektphasen



Energieverbräuche



Energieverbräuche



Ausgewählte Lessons Learned: Entscheidungsprozesse

- **Hoher Zeitaufwand** für Aufbau der persönlichen Kontakte/Vertrauensverhältnisse, aber sehr wichtig für Festlegung der Maßnahmen/Preisen und Umsetzung [HCBC]
- Keine negativen Erfahrungen, Arbeit im Team lief sehr gut [TU BS]
- **Zeitlich aufwändige Abstimmungsprozesse**, daher Verantwortlichkeiten in internem Organigramm präzisiert
- Austausch mit Energiemanagement und Einbindung von Bauverwaltung in Projektteam wichtig [TU DA]
- Stelle für Energie-/Nachhaltigkeitsmanager an Uni sollte vorhanden/geschaffen werden: in Hierarchie weit oben, koordinierende Aufgaben [TU M Garching]
- **Hohes Maß an Kommunikation, zeitraubende Abstimmungsprozesse**
- Verbindliche Ziele aufgrund Förderung sind wichtige Durchsetzungsinstrumente
- Contracting gut geeignet zur Umsetzung von Energieensparmaßnahmen [Uni LG]

Ausgewählte Lessons Learned: Hemmnisse

- **Auffinden/Zugang zu Daten**
 - Alte Gebäude, Dokumente verloren/zerstört, unterschiedliche Ablageorte,
 - Teilweise vertrauliche Dokumente -> Genehmigungen nötig, Aufbau von persönlichen Kontakten/Vertrauensverhältnissen
 - Knappe Besetzung im Gebäudemanagement
- Kostenbewertung von Einzel-/Kombinationsmaßnahmen: hohe Preisspannen, grobe Schätzung der preisbestimmende Details (Einbausituation, Platzbedarf) [HCBC]
- Online-Umfrage stieß auf Datenschutzprobleme, nach Trennung von Parallelumfrage problemlos [TU BS]
- Meilensteine und jährliche Überprüfung des Status Quo wichtig [TU DA]
- Beantragung von Investitionsgeldern durch Kopplung an Bauvorhaben, Aufteilung der reduzierten laufenden Kosten (FS Bayern/TU M), Crowd-Funding von Studenten [TU M Garching]
- Strombedarf ist durch Wachstum der Uni stark angestiegen, konnte nur teilweise durch Einsparmaßnahmen kompensiert werden
- Aquifer-Wärmespeicher konnte noch nicht umgesetzt werden, da Diskussion um Senkungsgebiete im Stadtkern. Uni Campus weist keine geologischen Risiken auf [Uni LG]



Ausgewählte Lessons Learned: Energetische Benchmarks

- Nutzung von **Euro pro kWh eingesparte Primärenergie** als Benchmark, zusätzlich **CO₂-Einsparung, Amortisationszeit**
- Wunsch nach dynamischen CO₂- und Primärenergiefaktoren [HCBC]
- Endenergie Wärme: 93 kWh/m²a, Strom: 70 kWh/m²a
- CO₂-Emissionen: 58 kg/m²a, 1.255 kg/(Student*a), 3.866 kg/(Mitarbeiter*a) [TU BS]
- Zielwerte: -80 % CO₂-Emissionen (1990->2050), -20 % Endenergie Wärme (2015->2050), -25 % Endenergie Strom (2015 -> 2050) inkl. Nutzerstrom [TU DA]
- **CO₂-Ausstoß als Benchmark**, Ziele der Bundesregierung übernommen [TU M Garching]
- Trotz deutlich gestiegener Studierendenzahl 23 % Endenergieeinsparung Wärme
- 34,5 % Stromverbrauchseinsparung (PV)
- Campus weist **ausgeglichene CO_{2,äq.}-Bilanz** auf [Uni LG]



Eingesetzte Technologien: Baulich

Eingesetzte Technologie			HCBC	BS	DA	M-G	KS	LG
Energetisches Gebäudeniveau	Bestand	Denkmalschutz					Keine Technologieanwendung an einer bestimmten Hochschule	
		Bereits saniert						
		Sanierung	Keine					
	EnEV							
	Neubau	Ausführung	EnEV					
Plusenergie								
Bauliche Maßnahmen	Fenster	3-fach-Verglasung						
		Schaltbare Verglasung						
	Außenwand	Vakuumdämmung						
		PCM						
		Kapillarrohrmatten						
	Sonstiges	Wärmebrückenvermeidung						
		Sommerlicher Wärmeschutz						
Luftdichtheit								

Eingesetzte Technologien: Zentrale, netzgebundene Versorgung

Eingesetzte Technologie			HCBC	BS	DA	M-G	KS	LG	
Fernwärme	Verteilung	Dämmung des Netzes					Keine Technologieanwendung an einer bestimmten Hochschule		
	Übergabe	Rücklaufanzapfung							
		Hydraulische Trennung							
		Abwärmenutzung							
Nahwärme	Erzeugung	Solarthermie							
		BHKW							
		KWKK							
		Spitzenlastkessel							
		Grundlastkessel							
		Einspeisung ins Fernwärmenetz							
		Wärmepumpe							
		Wärmerückgewinnung							
	Speicherung	Pufferspeicher							
		Wärmenetz							
		Aquiferspeicher							
	Verteilung	Niedertemperaturnetz							
		Rücklaufanzapfung							
		Senkung der Vorlauftemperatur							
		Verkürzung der Leitungsstrecken							
	Übergabe	Verbesserte Übergabestation							
Hydraulische Trennung									

Eingesetzte Technologien: Zentrale, netzgebundene Versorgung

Eingesetzte Technologie		HCBC	BS	DA	M-G	KS	LG
Nahkälte	Wärmepumpe					Keine Technologieanwendung an einer bestimmten Hochschule	
	Wasser						
	Luft						
	Freie Kühlung						
	KWKK						
	Absorptionskälte						
	Kompressionskälte						
Strom	Strombezug netzseitig						
	Stromerzeugung Eigennutzung						
	Stromerzeugung Einspeisung						
	Smart Grid						
	PV-Anlage						
	Windkraft						
	Speichertechnologie						

Eingesetzte Technologien: dezentrale (gebäudeweise) Versorgung

Eingesetzte Technologie		HCBC	BS	DA	M-G	KS	LG	
Wärme	Erzeugung	BHKW						
		Einspeisung ins Nah-/Fernwärmenetz						
		Wärmerückgewinnung						
		Wärmepumpe (Wärme)						
	Speicherung	Akkumulatoren						
		Dezentrale Heizungspumpen						
		Optimierte Umwälzpumpen/Förderp.						
		Senkung der Vorlauftemperatur						
		Druckunabh. Strangreguliertventile						
	Übergabe	Flächenheizkörper						
		Heizsegel						
		Eingeputzte Heizmäander (Decke)						
		Fußbodenheizung						
Kühlung	Wärmepumpe (Kälte)							
	Wasser							
	Adiabatische Kühlung							
Beleuchtung	LED							
	Präsenz- und Tageslichtsteuerung							
Lüftung	Wärmerückgewinnung							
	Steuerung							
Strom	PV-Anlage							

Keine Technologieanwendung an einer bestimmten Hochschule

Ausgewählte Lessons Learned: Technologien

- BHKW: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung wirtschaftlich nicht tragbar; importiertes Biomethan aufgrund unsicherer Emissionszertifikatspreise problematisch, insgesamt **BHKW mit zu hoher Amortisationszeit** (15 Jahre statt 8 Jahre), deshalb nicht umgesetzt
- PV: insgesamt 4.169 m²/758 kWp für 1,32 Mio. €, 50 % aus EU-Fonds EFRE, erzeugter Strom wird vollständig von der Uni genutzt, **Amortisationszeit ~ 10 Jahre** [TU BS]
- **Wirtschaftliche Technologien** gemäß Energiesystemoptimierung: **PV, Gasmotoren-KW(K)K-Anlagen**
- Temperaturen der Wärmeversorgung sollten so weit wie möglich reduziert werden, um erneuerbare Energie zu integrieren [TU M Garching]
- Umluftkühlgeräte weisen hohen Stromverbrauch (Hilfsenergie) auf
- E-Control-Glas ist gute Option für sommerlicher Wärmeschutz, keine Lärmbelastung, ändernde Tönung stört nicht [Uni LG]



Eingesetzte Planungshilfsmittel

- Eigenes Tool** für Planung/Ausgestaltung/Dokumentation/Controlling des Intracting (MS Excel)
- Polysun/Sunny Design** für Solaranlagen/andere energetische Maßnahmen
- Polysun** für Kälteverbund
- IDA ICE** für thermische Simulation der Gebäude
- DigSILENT Power Factory** für Simulation elektrisches Netz
- FeFlow/TRANSYS** zur Speichersimulation
- Eigenes Tool** für Maßnahmenauswertung/Masterplan
- MODELICA** für Gebäude- und Netzsimulationen
- GAMS** als Optimierungsframework
- Energieberater (DIN V 18599)** für Gebäudesanierung/Energieausweise
- Eigene Datenbank** für Datenverwaltung
- HoEff/HoEff-CIM**: eigene Tools für Gebäudeaufnahme
- DOE2.E** für Betriebsoptimierung der schaltbaren Verglasung
- MATLAB/Python** für Datenanalyse/Simulation
- PV Sol** für Dimensionierung der PV-Anlagen
- MATLAB Simulink/CARNOT-Toolbox** für Modellierung Erzeugungsanlagen/thermische Netze
- MS Office-Anwendungen** als Unterstützung der Analysen von Verbesserungspotenzialen
- DesignBuilder/IDA ICE** für detaillierte Gebäudeanalysen
- Synavision Digitaler Prüfstand** für Monitoring und Betriebsoptimierung
- Eigenes Tool** für Bestandsaufnahme/Berechnung Sanierungsmaßnahmen (MS Excel)
- Urbs**: eigenes Tool: lineares Optimierungsmodell für dezentrale Energiesysteme

Ausgewählte Lessons Learned: Planungshilfsmittel

- **In Excel erstellte Simulationsmodelle:** Dimensionierung BHKW, Ladesäuleninfrastruktur für Ausbau der E-Mobilität [TU BS]
- Lineares Optimierungsmodell greift auf Zwischenprozesse zurück. Für noch präzisere Abbildung (Teillastverhalten, unterschiedliche Netztemperaturen) bietet sich ein gemischt ganzzahliges Energiesystemoptimierungsmodell an [TU M Garching]
- **Dynamische Modellierung hoher Aufwand, jedoch für Speicherauslegung/ Kältebereitstellung fast unerlässlich**
- **Nutzungsszenarien und korrekte Eingabe der Haustechnik beeinflussen Ergebnisse stark, Eingabe der Gebäudehülle fehlerunanfällig [Uni LG]**



Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart



Heike Erhorn-Kluttig
Hans Erhorn

heike.erhorn-kluttig@ibp.fraunhofer.de
hans.erhorn@ibp.fraunhofer.de