



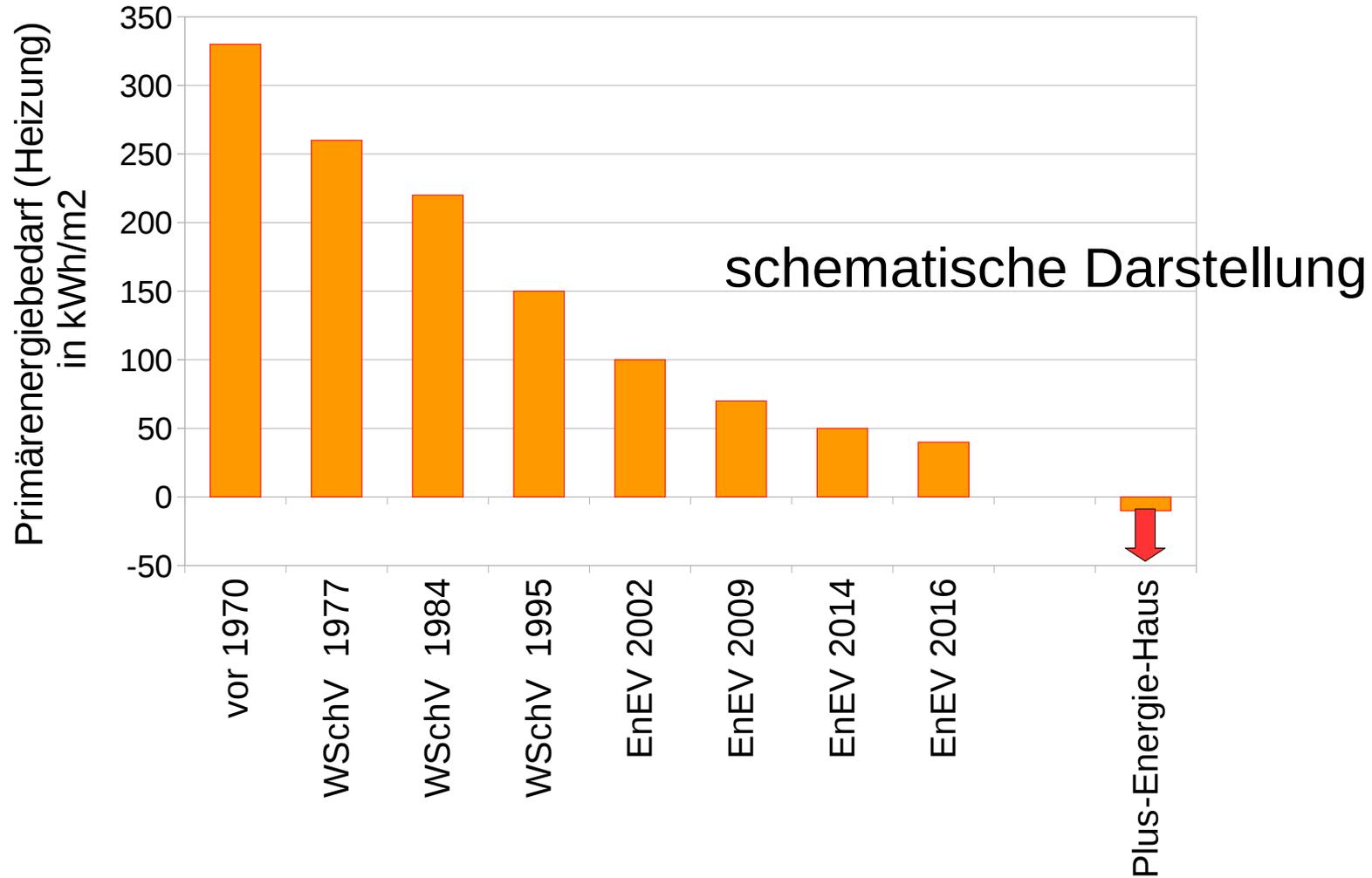
# Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050

Prof. Dr.-Ing. Günter Mügge

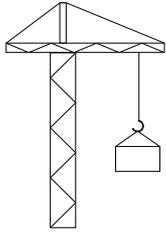
# Übersicht

- Energieeffizienz im Gebäudebestand
  - Entwicklung der Anforderungen
- Klimaneutralität im Lebenszyklus
- Klimaneutraler Gebäudebetrieb
- Sektorenkopplung
- Speichertechnologien
- Energiewettbewerb (Energy Endeavour Contest)
- Reallabor Lausitz
  - Konzeptstudie Quartier Marienstraße
  - Energieautarker Betriebshof
- Zusammenfassung

# Entwicklung des Heizenergiebedarfs



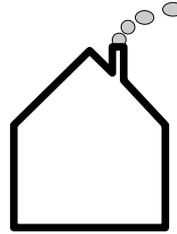
# Lebenszyklusbetrachtung (Life Cycle Assessment)



Herstellung  
Transport  
Errichtung

„graue Energie“

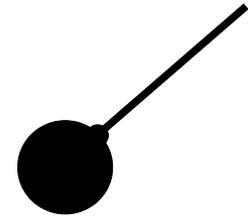
Treibhauspotenzial



Betrieb

Primärenergie-  
verbrauch

Treibhauspotenzial



Abriss  
Recycling  
Deponierung

.....

.....

## Ökobilanz für die Errichtung (vereinfachtes Beispiel)

### konventionelle Bauweise

	Volumen / Masse
Stahlbetondecken	ca. 0,4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NF
Mauerwerk (Kalksandstein)	ca. 1,5 t/m <sup>2</sup> NF
Wärmedämmung (MW)	ca. 0,25 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> NF

### Graue Energie (nicht erneuerbare Primärenergie PENRE)

Stahlbetondecken	ca. 470 MJ/m <sup>2</sup> NF
Mauerwerk (Kalksandstein)	ca. 1500 MJ/m <sup>2</sup> NF
Wärmedämmung (MW)	ca. 180 MJ/m <sup>2</sup> NF

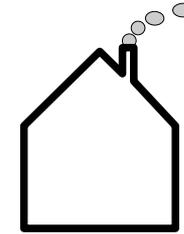
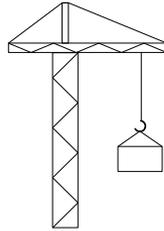
insgesamt ca. 2150 MJ/m<sup>2</sup> NF ≈ 600 kWh/ m<sup>2</sup> NF

## Ökobilanz für die Errichtung (vereinfachtes Beispiel)

### Treibhauspotenzial (Global Warming Potential GWP)

Stahlbetondecken	ca. 90 kg CO <sub>2</sub> äq./m <sup>2</sup> NF
Mauerwerk (Kalksandstein)	ca. 200 kg CO <sub>2</sub> äq./m <sup>2</sup> NF
Wärmedämmung (MW)	ca. 15 kg CO <sub>2</sub> äq./m <sup>2</sup> NF
insgesamt	ca. 305 kg CO <sub>2</sub> äq./m <sup>2</sup> NF

# Ökobilanz im Lebenszyklus (vereinfachtes Beispiel)



Herstellung,  
Errichtung etc.

Betrieb

Primärenergie,  
nicht erneuerbar

600 kWh/ m<sup>2</sup>

30 kWh/ (m<sup>2</sup> a)

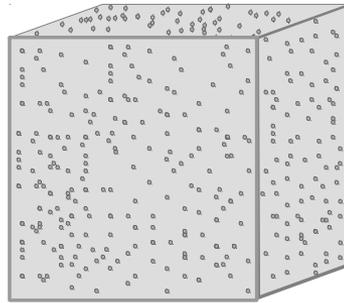
Treibhaus-  
potenzial

305 kg CO<sub>2</sub> äq./m<sup>2</sup>

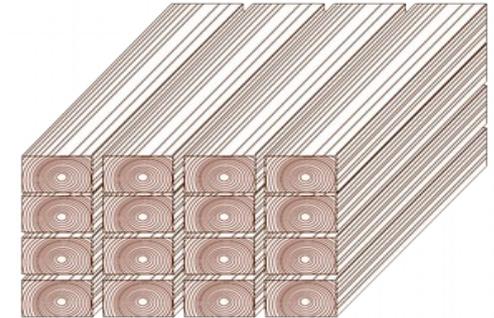
7,5 kg CO<sub>2</sub> äq./ (m<sup>2</sup> a)

Die Umweltauswirkungen der Errichtungsphase entsprechen denen von ca. 20 bis 40 Betriebsjahren !

# Ökobilanz von Beton und Holz



1 m<sup>3</sup> Beton C 25/30



1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz

graue Energie  
(nicht erneuerbar,  
PENRE)

999 MJ

1250 MJ

Treibhauspotenzial  
(GWP)

197 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent

**-641** kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent

Quelle: [www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de)

## **Klimaneutralität – Neubau oder Sanierung ?**

### **Konsequenzen der Lebensdauerbetrachtung:**

- Sanierung wo möglich, Neubau wo nötig
- Verwendung nachhaltiger Baustoffe
- nachwachsende und/oder gut recycelbare Materialien
- Renaissance des Holzbaus ?
  
- Rückbau mit möglichst geringen Umweltauswirkungen, Wiederverwendung von Bauteilen und Recycling von Baustoffen)

**Lange Lebensdauer von Gebäuden verbessert die Ökobilanz!**

# Klimaneutralität

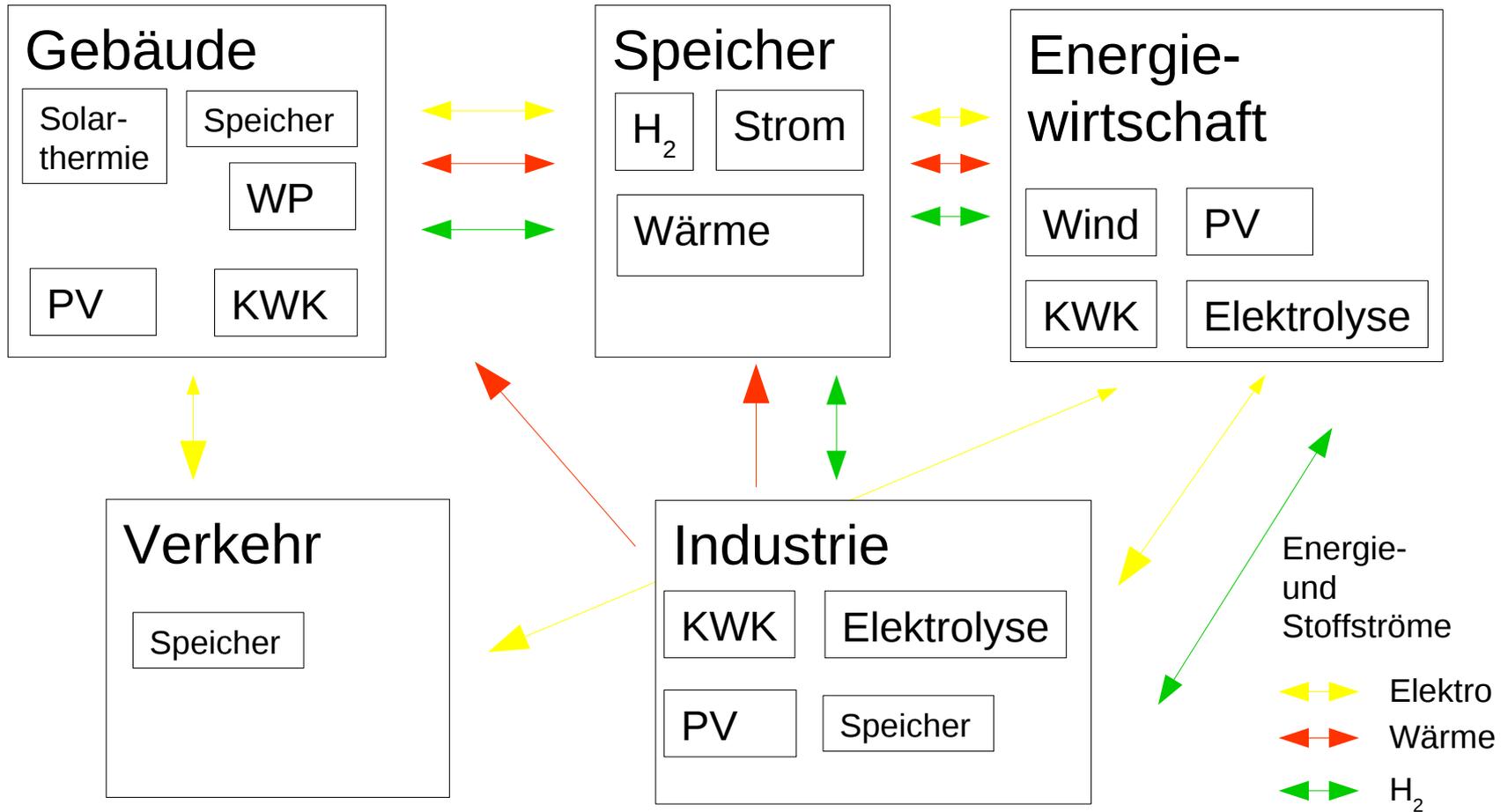
## Konsequenzen für die Betriebsphase

- sehr guter Wärmeschutz
- effiziente Gebäudetechnik
- Deckung des Rest-Energiebedarfs mit regenerativen Energien
  - solare Energien (Solarthermie, Fotovoltaik)
  - Umweltwärme (Einsatz von Wärmepumpen)
  - (Biomasse)
  - industrielle Abwärme
  - zentrale und dezentrale Kraftwärmekopplung
- Sektorenkopplung
- Speichertechnologien

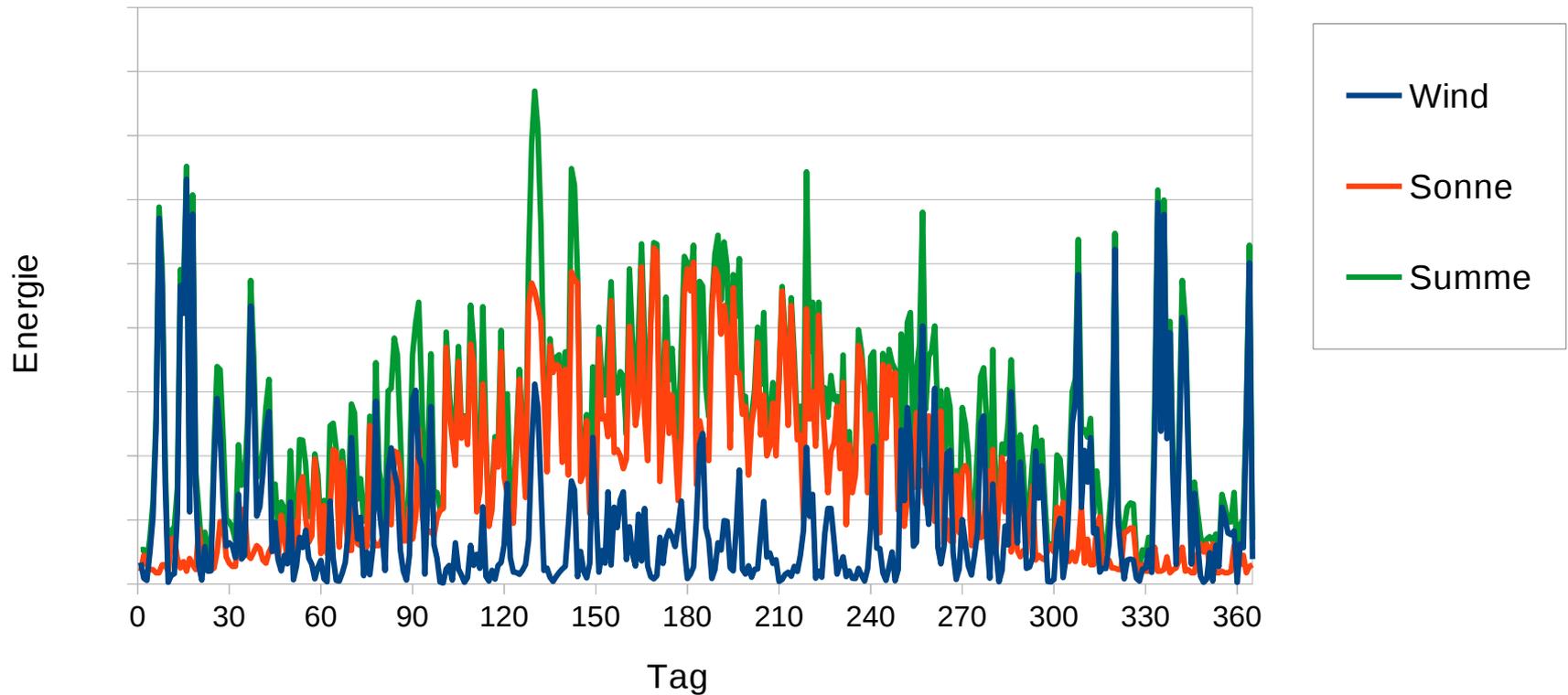
## Power to X

- Power to Heat
- Power to Gas !!!
- Power to Vehicle
- (Vehicle to Power)
  
- Building to Power (Prosumer)

# Sektorenkopplung



## Fluktuationen von Sonne und Wind



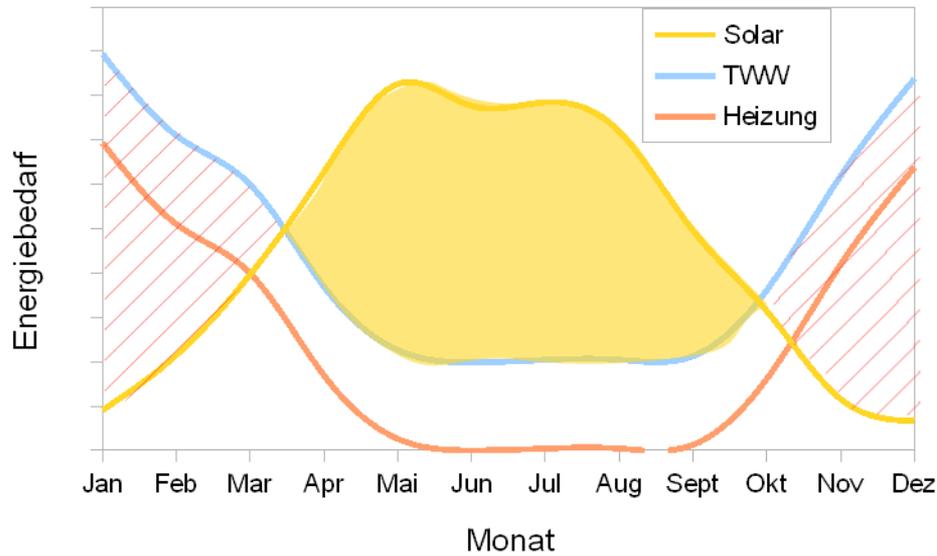
beispielhafte Simulationsergebnisse

# Speicherung

## Ausgleich fluktuierender Erneuerbarer Energien

- thermische Speicher
- chemische Speicher (Elektrolyse, Power to Gas)
- Batterie-Speicher (Li-Ionen, Blei, Redox-Flow)
  
- Kombinierte Wärmeversorgung als virtuelle Speicher
  
- (Carnot-Batterien)
  
- Kältespeicher mit Wärmetransformation ??

# Solare Wärmeversorgung



Saisonalität erfordert Einsatz von Speichern!

## Saisonalspeicher

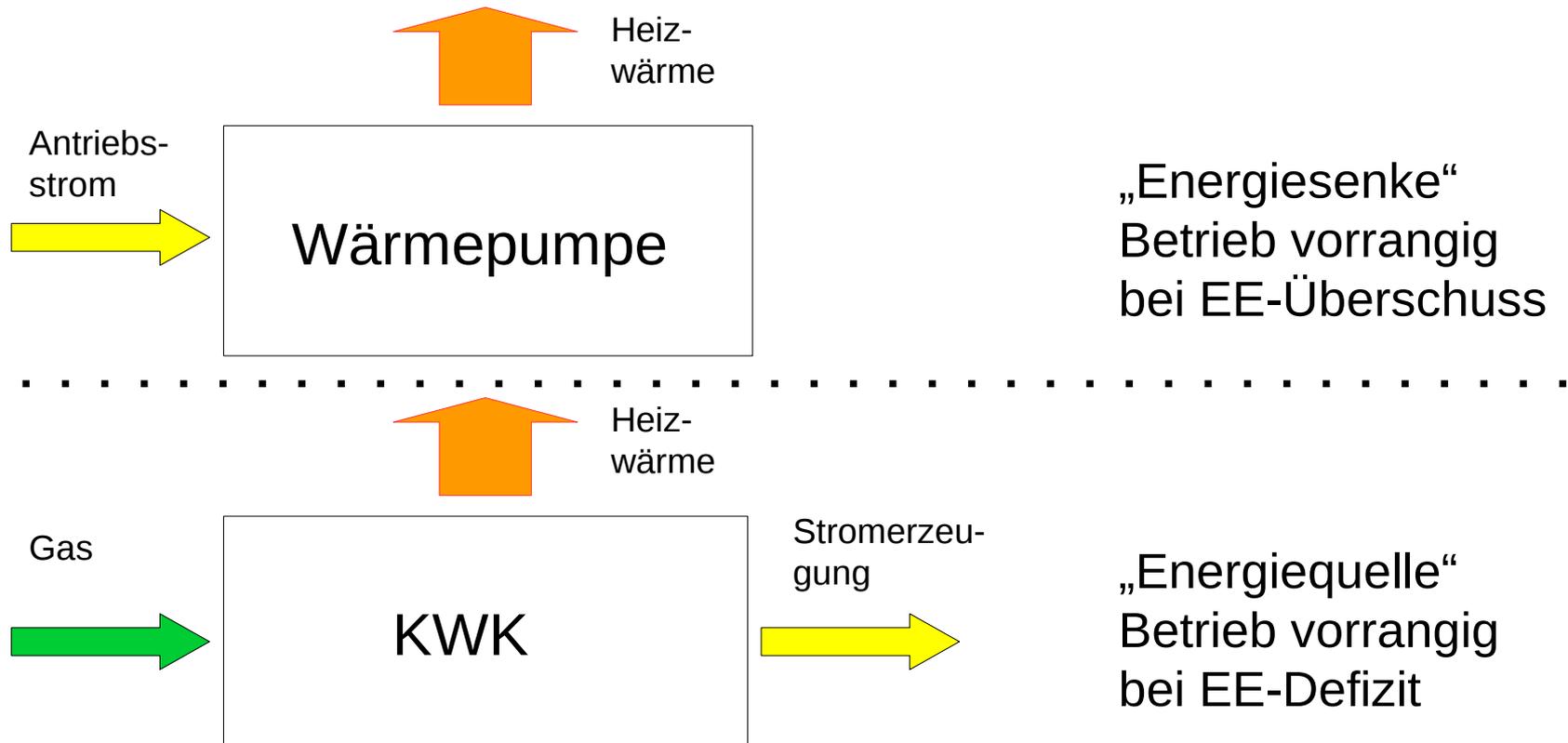


### Solarhaus mit Solartank

Bild: Andol CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32702408>

Saisonalspeicher auf Basis von  
Warmwasser benötigen sehr  
große Volumina!

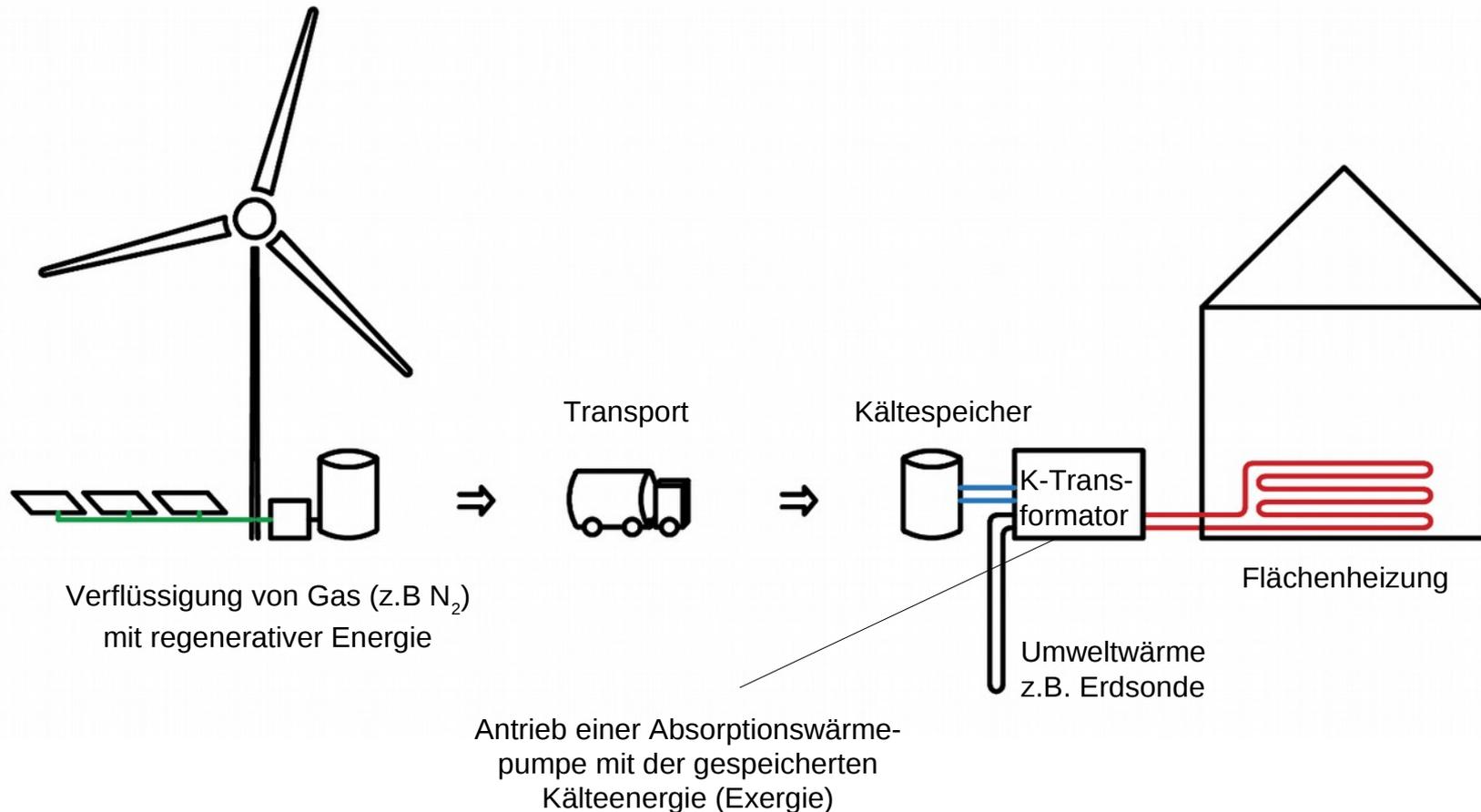
## Kombinierte Wärmeerzeugung



Kombinierte Wärmeerzeugung macht Wärmeverbund durch Nahwärmenetze sinnvoll!

# Innovative Speichertechnologie

## Saisonalspeicher auf Basis einer Kältetransformation



## Ideenwettbewerb „EnEff 2050“

Unter Federführung der Internationalen Energieagentur (IEA) soll ein internationaler Wettbewerb nach Art des Solar Decathlon veranstaltet werden.

Der Projektträger Jülich lobt im Mai 2017 einen Ideenwettbewerb aus, an dem sich Hochschulen und Kommunen mit Konzepten beteiligen sollen.



## Ideenwettbewerb „EnEff 2050“



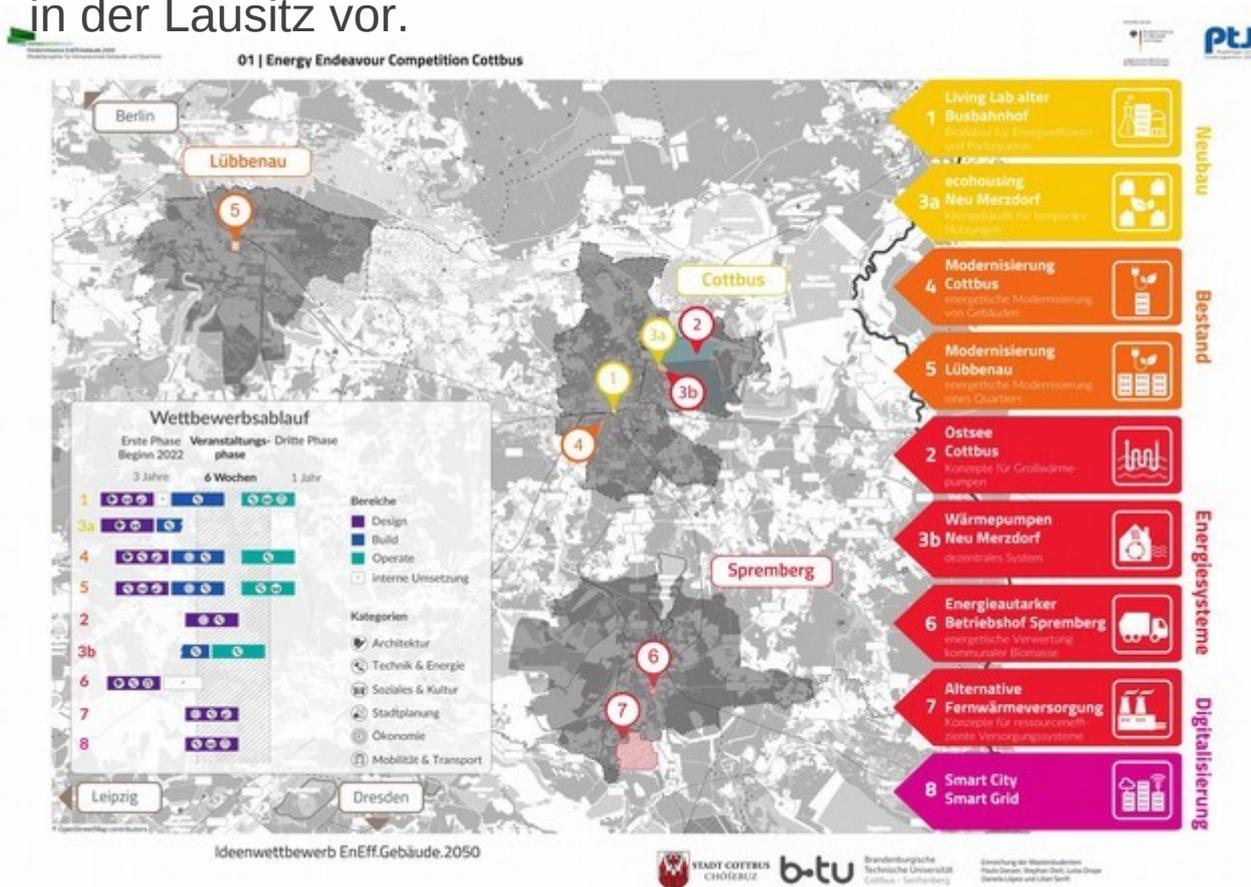
Foto: privat

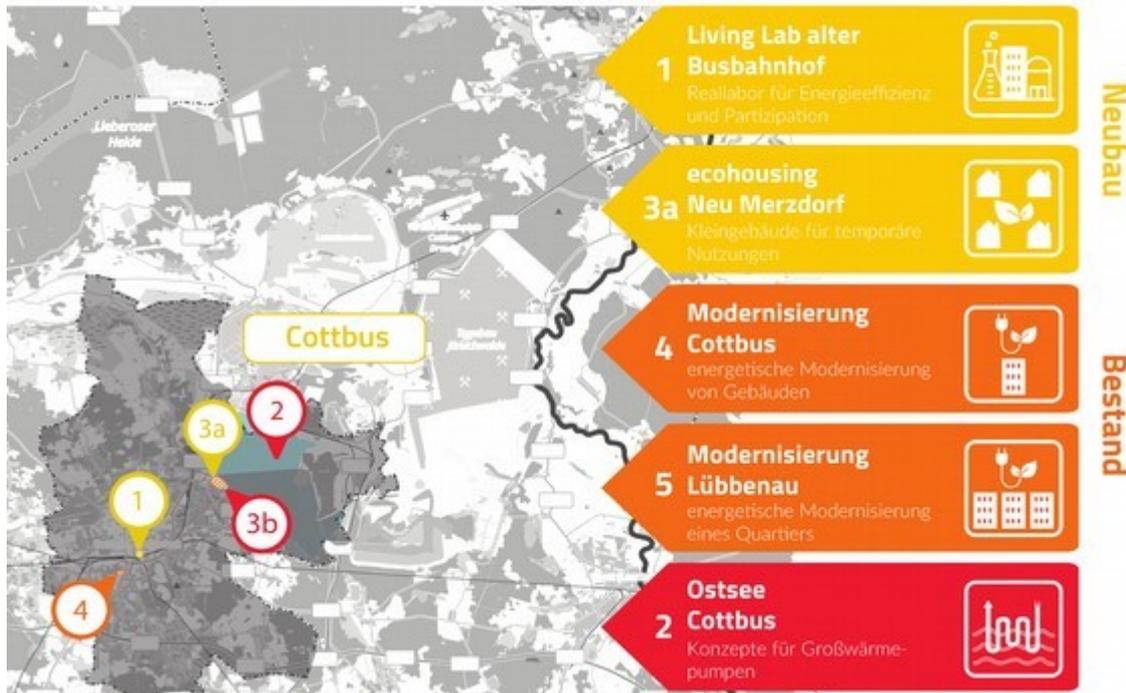
Studentisches Team der  
BTU Cottbus belegt  
den ersten Platz  
(gemeinsam mit der  
Universität Wuppertal).

Paulo Danzer,  
Luisa Drope,  
Stefan Dietl,  
Daniela Lopez,  
Lilian Senft (v.l.n.r.)

# Energy Endeavour Competition

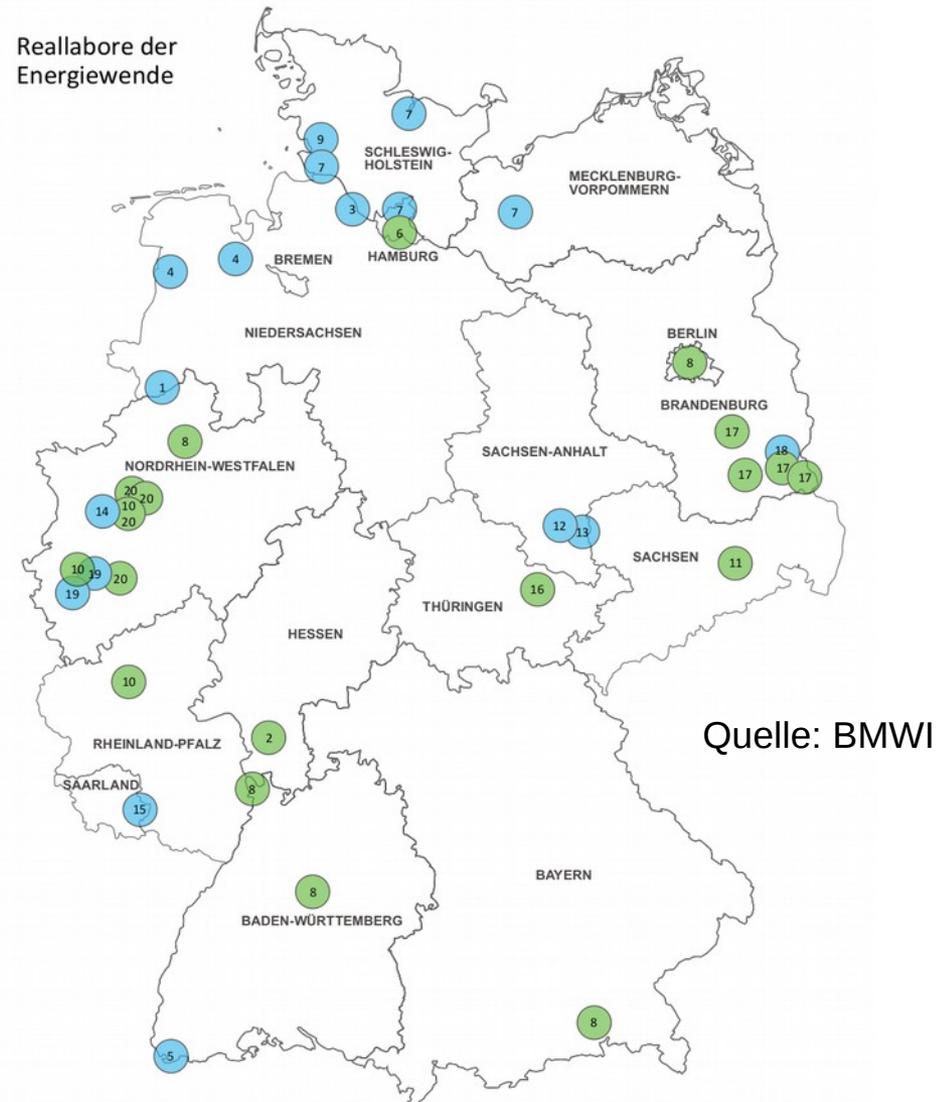
Das in Abstimmung mit mehreren Partnern aus Cottbus, Spremberg und Lübbenau erarbeitete Konzept sieht die Durchführung eines Energiewettbewerbs im Jahr 2025 in verschiedenen Disziplinen an mehreren Spielstätten in der Lausitz vor.





## Reallabore der Energiewende

BMW 18.07.2019:  
Altmaier verkündet  
Gewinner im  
Ideenwettbewerb  
'Reallabore der  
Energiewende'.



## Reallabor Lausitz

### Teilvorhaben im Reallabor

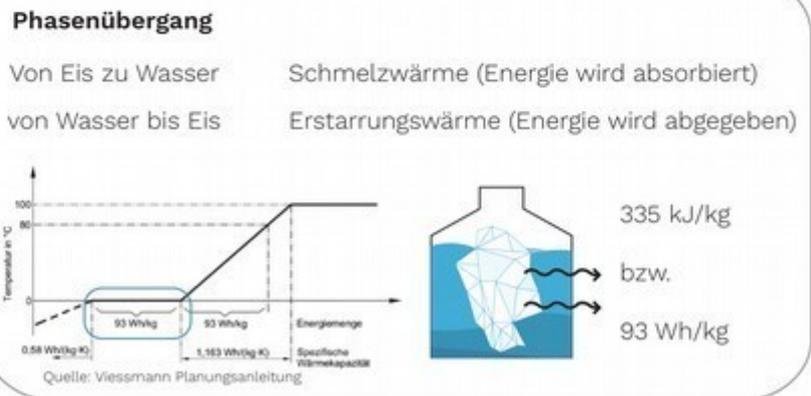
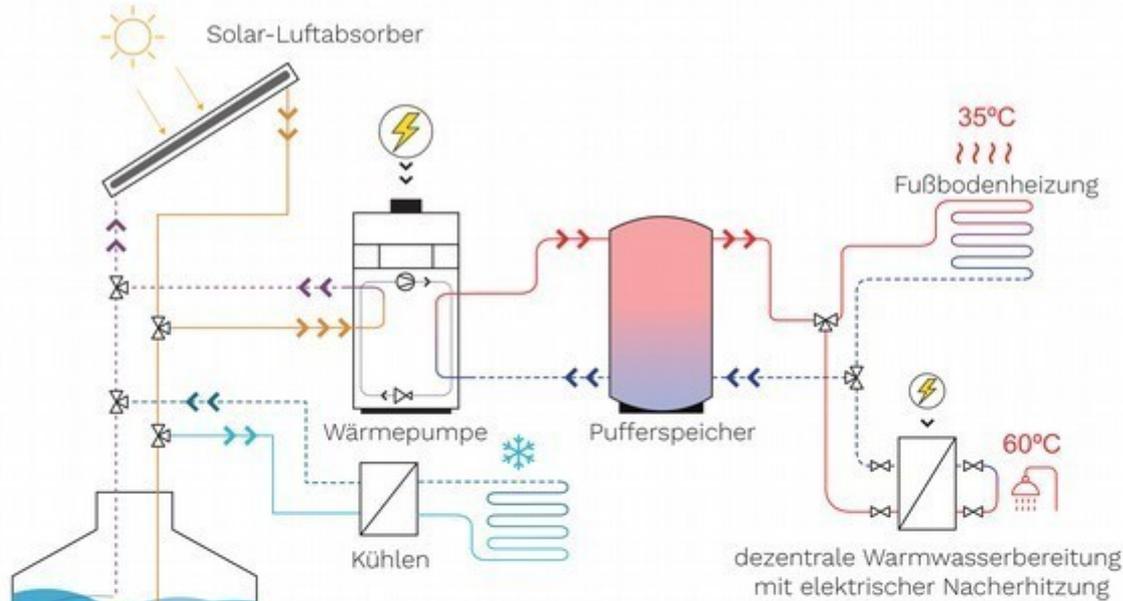
- Energieeffizienter Neubau
  - Nullenergiequartier Marienstraße
  - Energieschule Bildungscampus Cottbuser Ostsee
- Energieeffizientes Bauen im Bestand
  - Energieautarker Betriebshof Spremberg
  -
- Energieversorgung
- Energieeffiziente Mobilität
- Digitalisierung

## Quartier Marienstraße



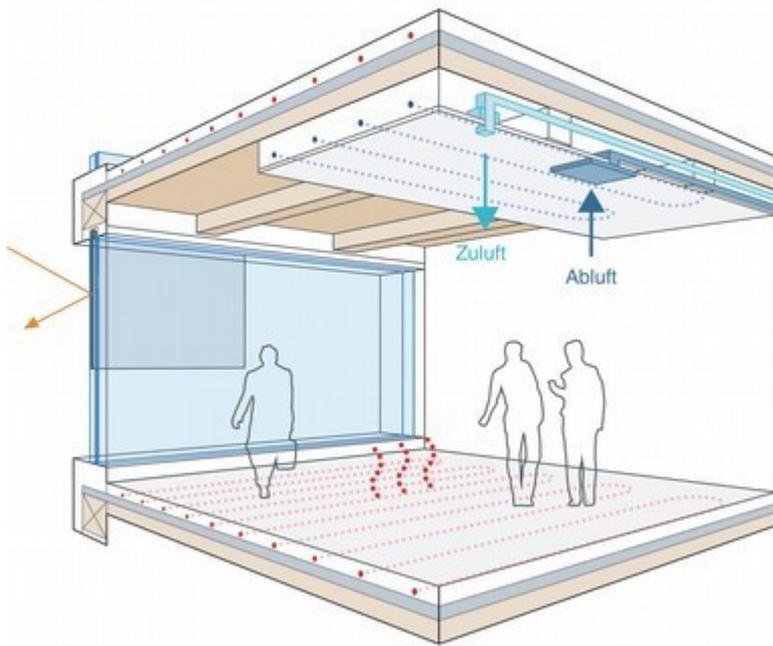
Masterarbeit Daniela Lopez

# Quartier Marienstraße

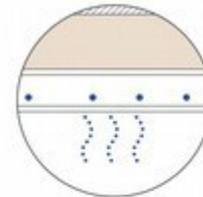


Masterarbeit Daniela Lopez

# Quartier Marienstraße

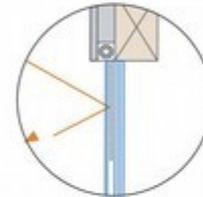


## Büro und Gewerbe



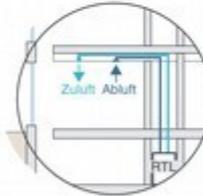
### Kühlung

Kühlungsbedarf wird durch ein wassergekühltes Aluminiumrippenplatten. Diese Kühldeckenpaneel System braucht nur von 5-10% der Deckenfläche.



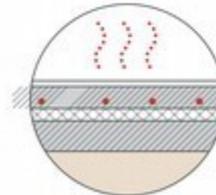
### Sommerlicher Wärmeschutz

Bewegliches System mit integrierte Aluminium Lamellenjalousie und Lichtlenkungsmaßnahmen.



### Lüftung in öffentliche Räume

Diese Räume werden mit Hilfe von Lüftungszentralen belüftet. Die Frischluft wird mit Hilfe von Zu- und Ablufttürmen angesaugt.

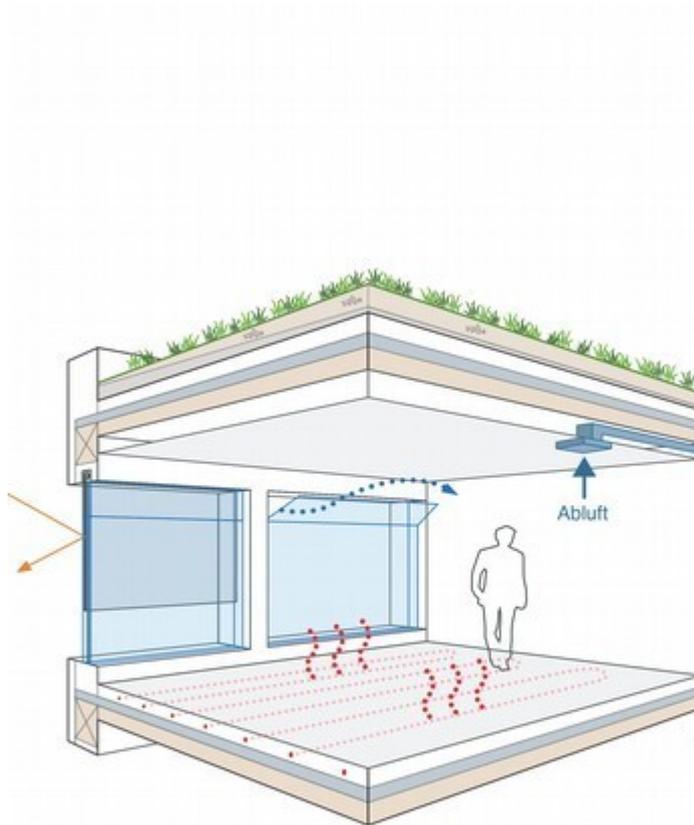


### Heizung

Beheizte Räume werden mit Hilfe von Fußbodenheizungen beheizt.

Masterarbeit Daniela Lopez

# Quartier Marienstraße



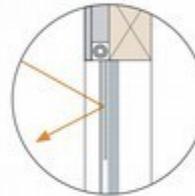
## Wohnbereich

### Dachbegrünung



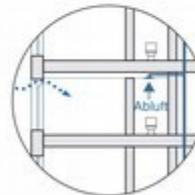
Es hilft für Kühlung im Sommer und verbesserte Umgebungsqualität. Wenn in Zusammenhang mit PV-Anlage, hilft es auch die PV-Modultemperatur zu senken.

### Sommerlichen Wärmeschutz



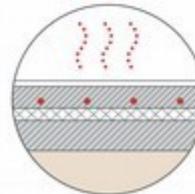
Bewegliches System mit integrierte Aluminium Lamellenjalousie und Lichtlenkungsmaßnahmen

### Lüftung in Wohnbereich



Lüftung in Wohnen Bereich wird durch Festerlüftung erfolgt. Die Räume ohne Fenster, wie Badezimmer, werden durch ein Einzellüftungsanlage mit gemeinsamen Abluftleitungen entlüftet.

### Heizung



Beheizte Räume werden mit Hilfe von Fußbodenheizungen beheizt.

Masterarbeit Daniela Lopez

# Energieautarker Betriebshof Spremberg

Sektorenkopplung auf kommunaler bzw. Betriebsebene

## **Bedarfe**

Wärme

Elektrizität

Fahrzeugantriebe

## **Potenziale**

Rest- und Altholz

Grünschnitt

Fotovoltaik

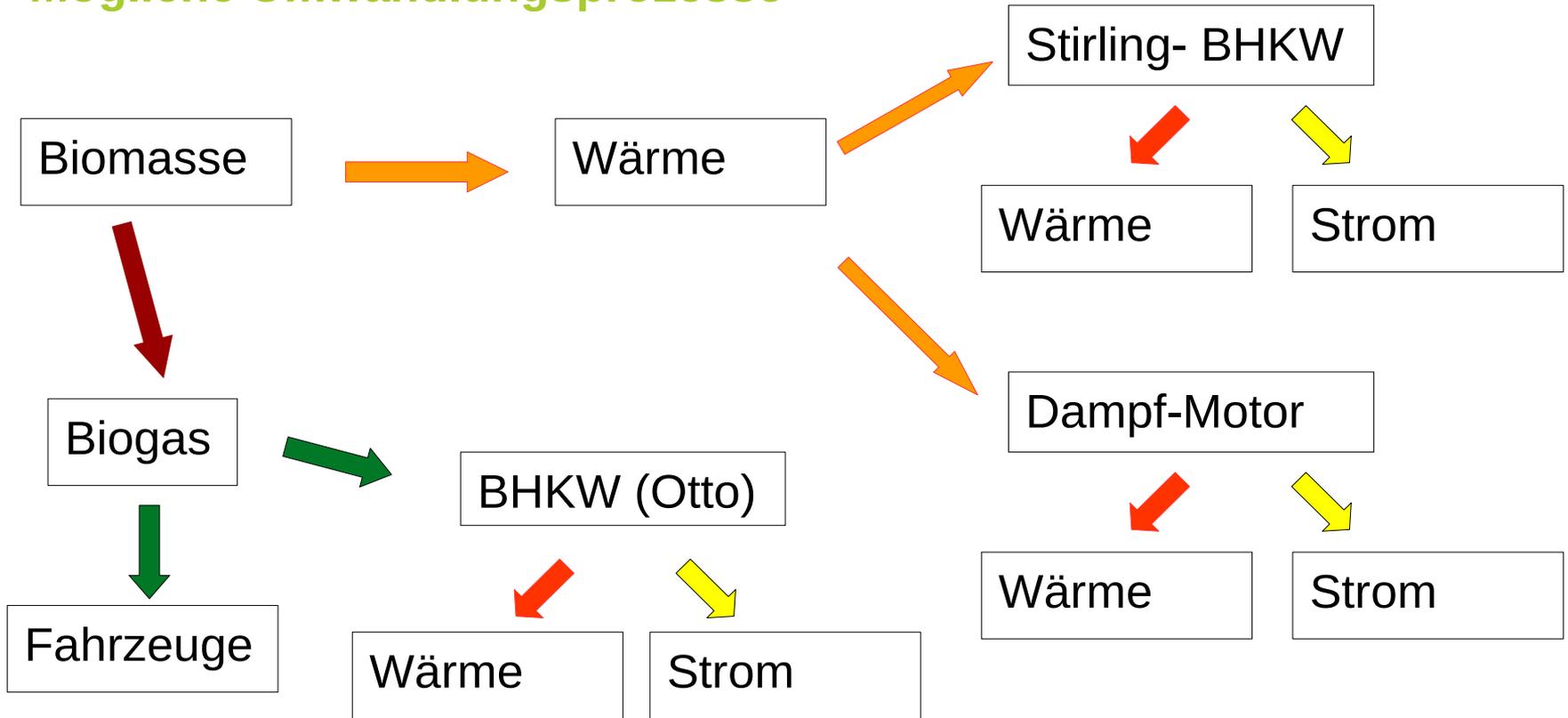
## **Wirtschaftlichkeit**

Eigenverbrauchsanteil

Autarkiegrad

# Energieautarker Betriebshof

## Mögliche Umwandlungsprozesse



(Untersuchung in Master-Arbeit Lilian Senft)

## Zusammenfassung und Ausblick

- Klimaneutralität für alle Phasen des Lebenszyklus
  - Bauteile als Kohlenstoffsenke
  - Recyclingfähigkeit
- Klimaneutraler Gebäudebetrieb erfordert
  - Sektorenkopplung und Energiespeicherung
- Konzepte aus dem Energiewettbewerb für das Reallabor Lausitz
- Berücksichtigung von Gebäudekühlung im Technik und Energiekonzept
- (Den Nutzer nicht vergessen!)
- Es bleibt viel zu tun ....

## Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Günter Mügge  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Lipezker Straße 47  
03048 Cottbus

F: 0355 5818-834

E: [guenter.muegge@b-tu.de](mailto:guenter.muegge@b-tu.de)