



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# 1. IGTE-FORUM 2019

## Impulsvorträge zu unseren Schwerpunkthemen

04.04.2019

Gebäudeenergetik,  
Wärmepumpentechnik,  
Energiespeicherung, Solartechnik  
sowie innovative Quartierskonzepte



Arbeitsgruppe

# **Wärmeübertragung und Kältetechnik**



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Eisspeicher – Untersuchung der Nukleationstemperatur

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

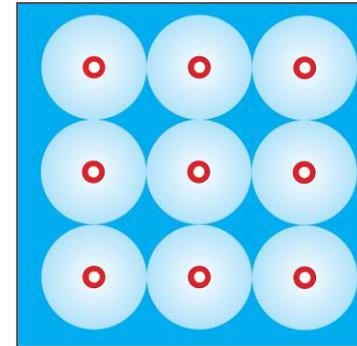
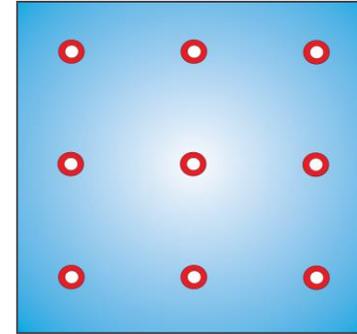
am 04.04.2019

Ursina Oechsle,  
M.Sc.



# Eisspeicher

## Stand der Technik



# Eisspeicher

## Problematik und Ziele der Forschung

### Problematik

- Wachsende Eisschicht hat hohen Wärmeleitwiderstand
  - ⇒ Beladungsleistung nimmt ab  $\dot{Q} = k \cdot A \cdot (\vartheta_{Sp} - \vartheta_{Wa})$
  - ⇒ große Wärmeübertrager benötigt
  - ⇒ Verringerung Speicherkapazität



### Ziel der Forschung

- Verhinderung der Eisbildung an der Wärmeübertrageroberfläche durch Absenken der Nukleationstemperatur mittels Oberflächenbehandlung
  - Unterkühlung des Speicherwassers
  - Eisbildung abseits des Wärmeübertragers an vorgegebener Keimstelle





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Eisspeicher – Untersuchung der Nukleationstemperatur



**Ursina Oechsle, M.Sc.**

E-Mail [ursina.oechsle@igte.uni-stuttgart.de](mailto:ursina.oechsle@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 69443

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Absorptionskältetechnik am IGTE

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Nico Mirl,  
M.Sc.



# Diffusions-Absorptionskältemaschine

Direkt angetriebene solare und stromlose Kälteanlage

## Entwicklung ab 2010:

- Stoffpaar:  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ ; Hilfsgas: **He**
- Geräuschloser und verschleißfreier Betrieb
- Aufbau einer Demoanlage
- COP: 0,2 bis 0,3
- Erzielte Kälteleistung
  - ca. **300 W** (direkt solar beheizt)
  - ca. **400 W** (Labor, elektrisch beheizt)



### Entwicklung von 2006 - 2010

- Arbeitsstoffpaar:  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$
- Aufbau einer Demoanlage
  - Kälteleistung ca. 10 kW
  - COP: 0,5 bis 0,7
  - Regelung und Optimierung

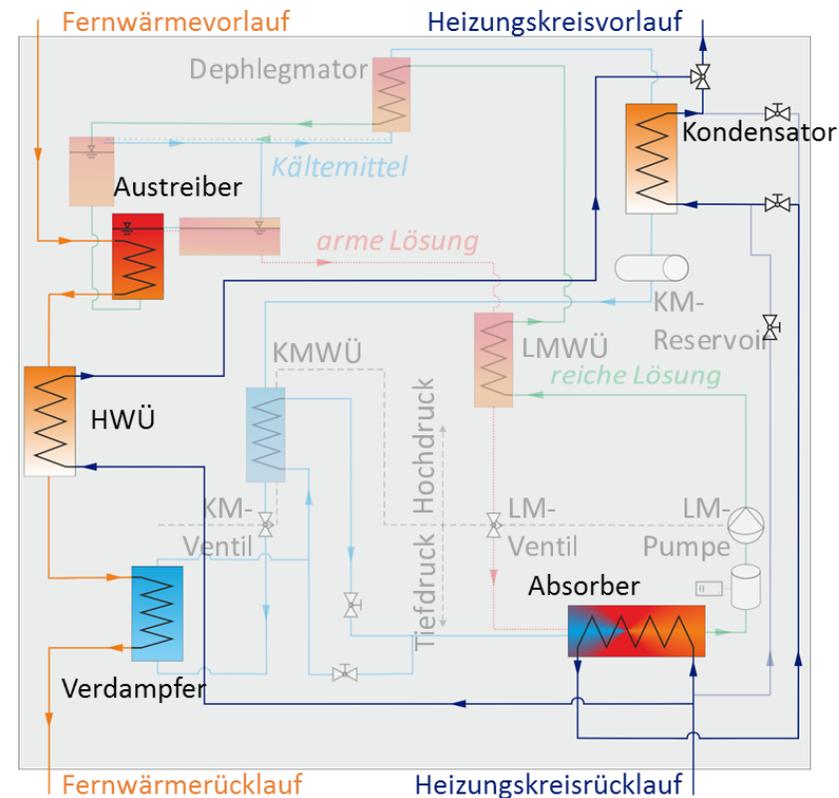
### Entwicklung ab 2011

- Effizienzsteigerung
- Einsatz eines Plattenaustreibers
- Einsatz von Proportionalventilen



### Entwicklung ab 2017

- Rücklauftemperaturabsenkung: bis zu 13,2 K
- COP  $\approx 1,7$
- Leistung der AWP ca. 30 kW Nutzleistung
- Kennfeld der AWP für Simulation des Fernwärmenetzes aufgezeichnet
- Demobetrieb als Hardware-in-the-Loop ausstehend





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Absorptionskältetechnik am IGTE



**Nico Mirl, M.Sc.**

E-Mail [Nico.Mirl@igte.uni-stuttgart.de](mailto:Nico.Mirl@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63226

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Thermomanagement von Schaltschränken

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

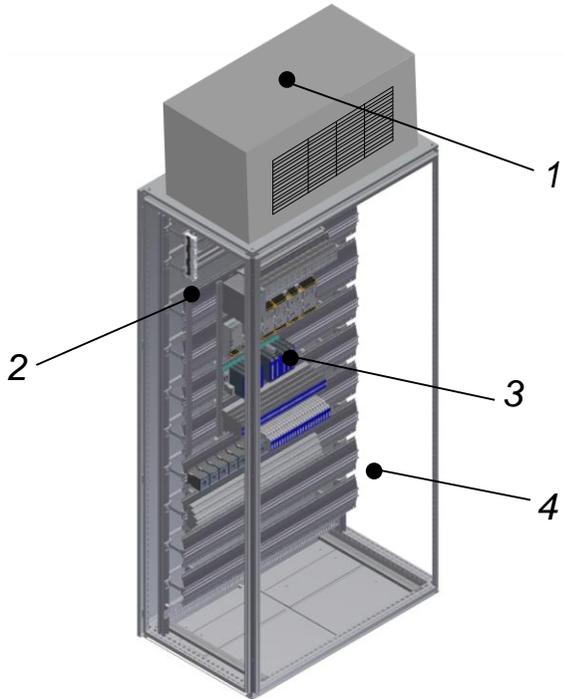
am 04.04.2019

Dr.-Ing.  
Wolfgang Heidemann

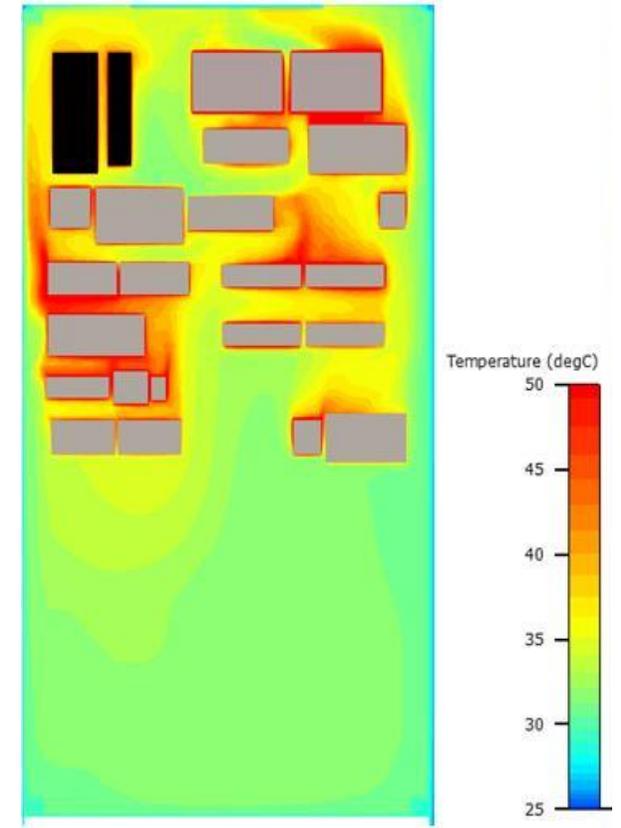
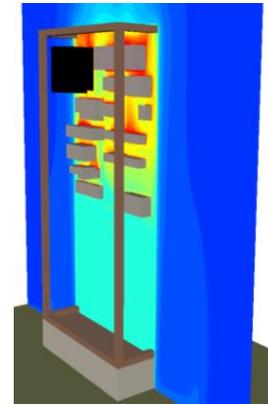


# Schaltschrankbetrieb in der industriellen Praxis

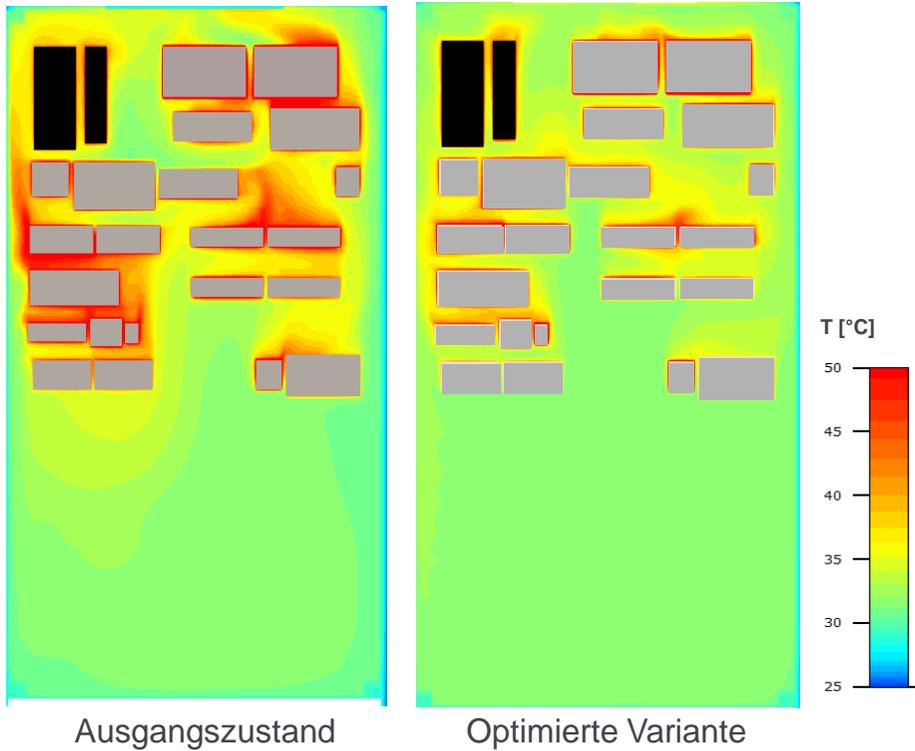
## Hotspot-Vermeidung durch überdimensionierte Klimatechnik



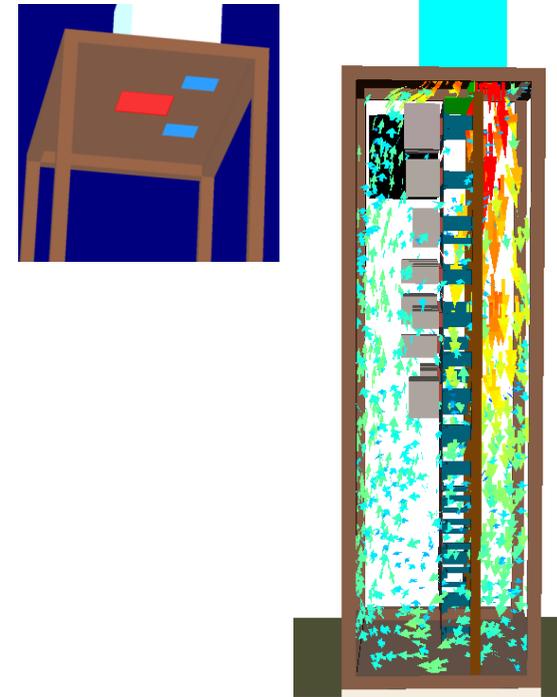
- 1 ... Klimagerät
- 2 ... Verdrahtungssystem
- 3 ... elektrische Komponente
- 4 ... Innenluft



# Energieeffizienzsteigerung durch Optimierung innerer Schaltschrankaufbauten



Beispiel: Dachkühlgerät

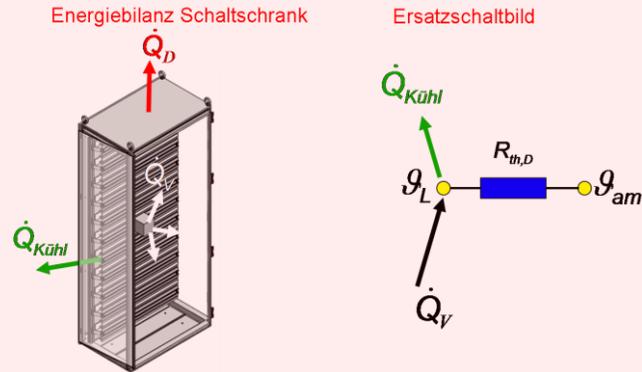


⇒ Prognose: 23 % Energieeinsparung durch definierte Zirkulationsströmung

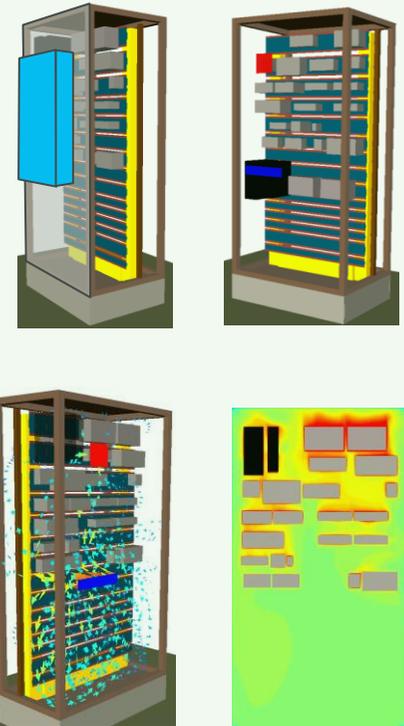
# Methoden zur Bestimmung der thermischen Verhältnisse in Schaltschränken

## Industrie 1.0

### Rittal Therm (1-Zonen-Grobstrukturmodell)



## Industrie 4.0 (hoch auflösende OpenFOAM basierte CFD-Analyse)





Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Thermomanagement von Schaltschränken



**Dr.-Ing. Wolfgang Heidemann**

E-Mail [wolfgang.heidemann@igte.uni-stuttgart.de](mailto:wolfgang.heidemann@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63540

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart

*Die Arbeiten  
zum F&E-Schwerpunkt **Energieeffizienter  
innovativer Schaltschrankbetrieb**  
werden von der  
**Friedrich Lütze GmbH**  
finanziell unterstützt.*

*Die Autoren danken für die Unterstützung  
und übernehmen die Verantwortung  
für den Inhalt dieser Präsentation.*



Arbeitsgruppe

# **Thermische Energiespeicher**



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Forschungsprojekt SolSpaces 2.0

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Tamara Theimel,  
M.Sc.



## Forschungsschwerpunkte

- Entwicklung eines solaren Heizungskonzepts für energieeffiziente Gebäude
- Ziel: vollständig solare Gebäudebeheizung
- Kern des Heizungskonzepts: Sonnenkollektor + Sorptionswärmespeicher zur saisonalen Wärmespeicherung
- Erprobung des Konzepts in einem Forschungsgebäude

 **Schwörer  
Haus® KG**



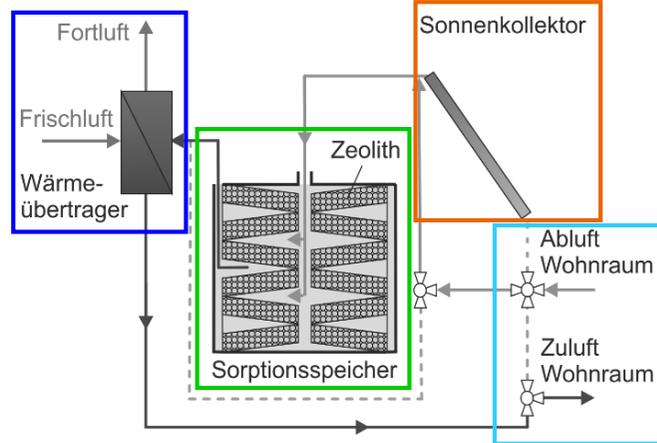
# Komponenten des solaren Heizsystems



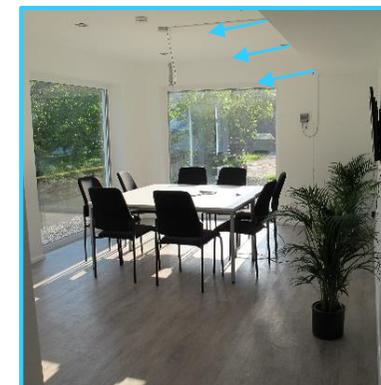
Wärmeübertrager



Sorptionswärmespeicher



Vakuurröhren-Luftkollektor



Wohnraumbeheizung über Lüftungssystem

## Heizperiode

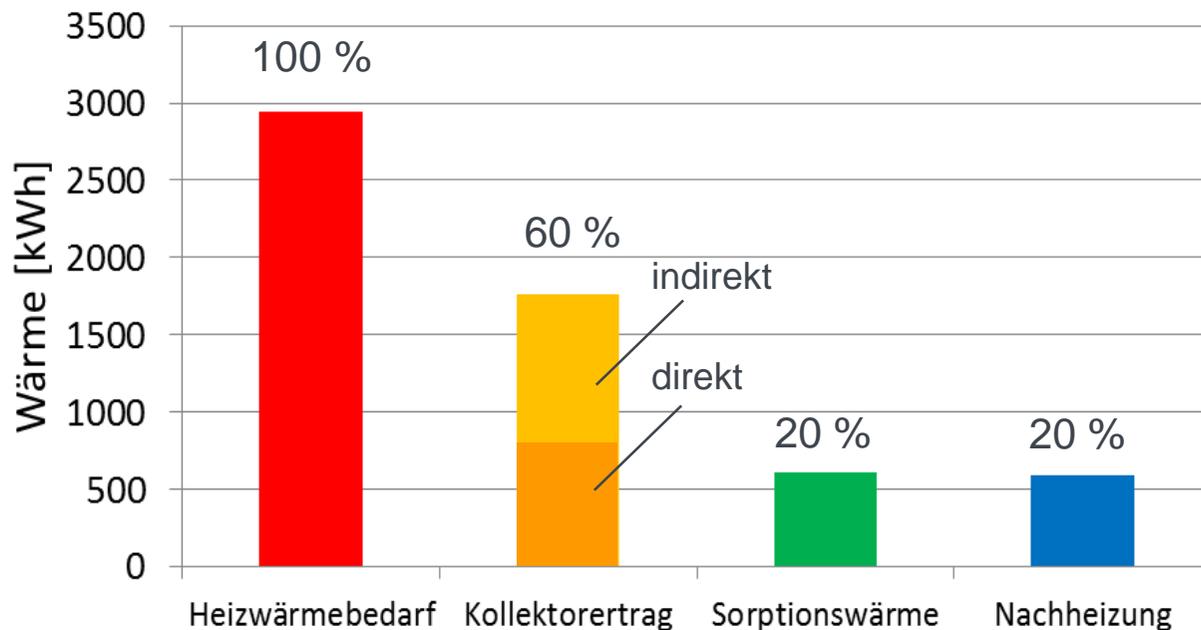
2017/2018

- maximal erreichte Wasserbeladungsdifferenz: 588 kg
- entspricht gespeicherter Wärme ca.: 588 kWh
- sorptive Energiespeicherung pro Zyklus: 141 kWh/m<sup>3</sup>

⇒ 80 - 84 % des theoretisch ermittelten Wertes wurden erreicht\*, hinzu kommt die Speicherung fühlbarer Wärme (indirekter Kollektorertrag)

## Heizperiode

- Heizwärmebedarf  
2942 kWh
- Kollektorertrag  
1762 kWh
- Sorptionswärme  
612 kWh
- el. Nachheizung  
592 kWh



**solarer Deckungsanteil 79,9 %**

# Deckung des Wärmebedarfs mit solarem Heizsystem





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Forschungsprojekt SolSpaces 2.0



**Tamara Theimel, M.Sc.**

E-Mail [theimel@igte.uni-stuttgart.de](mailto:theimel@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63 215

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Desi-NADINE: Designprojekt für die Forschungsinfrastruktur NADINE - Teil A

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Nils Bayer,  
M.Sc.



# Niedertemperatur-SWS-Energiespeicher

## SWS-Energiespeicher in Verbindung mit Rechenzentren

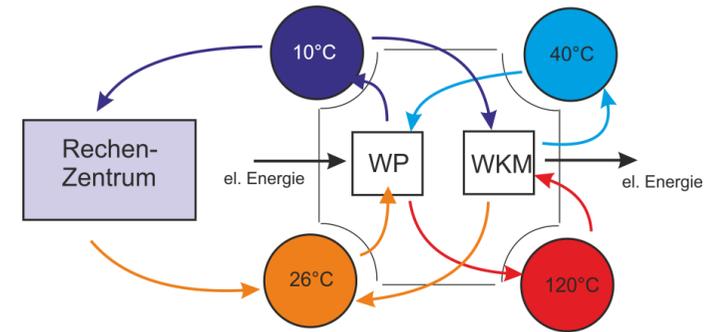
- Speicherung großer Mengen elektrischer Energie ist ungelöstes Problem auf dem Weg in ein CO<sub>2</sub>-neutrales Energiesystem
- Kühlbedarf des HLRS Stuttgart: ca. 3 MW
  - Ungenutzte Abwärme der Rechenzentren mit Rücklauftemperaturen von 25 – 40 °C
- Dringender Bedarf, die Kosten für Kühlung zu reduzieren und Abwärme sinnvoll zu nutzen

$$\underline{\text{WP:}} \quad \text{COP} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$$

$$\underline{\text{WKM:}} \quad \eta = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

- Theoretische Umwandlungskette: 
$$W' = \frac{T_H}{T_H - T_C} \cdot \frac{T_H - T_C}{T_H} \cdot W$$
$$\rightarrow W' = W$$

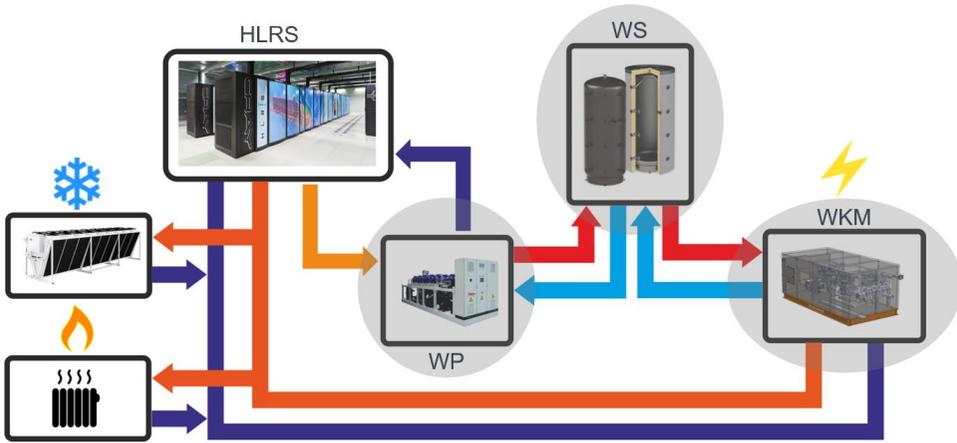
$W$  ... geleistete Arbeit;  $W'$  ... wiedergewinnbare Arbeit;  
 $T_H$  ... obere Bezugstemperatur;  $T_C$  ... Umgebungstemperatur



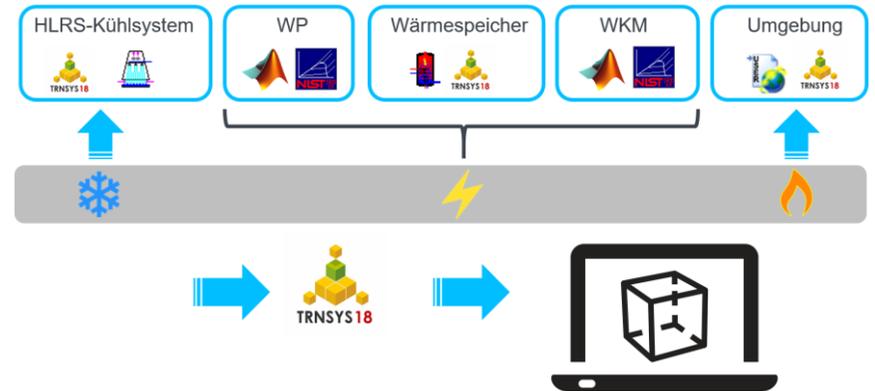
# Niedertemperatur-SWS-Energiespeicher

## SWS-Energiespeicher in Verbindung mit Rechenzentren

### 1. Ausarbeitung eines Verfahrenskonzepts



### 2. Entwicklung der numerischen Modelle und Systemsimulation



### 3. Konzipierung einer prototypischen Umsetzung

➔ Energiemanagementsystem: Verbindung der drei Größen **Strom** – **Wärme** – **Kälte**

➔ Forschungsinfrastruktur **NADINE** (**N**ationaler **D**emonstrator für **I**se**N**trope **E**nergiespeicher)



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Desi-NADINE: Designprojekt für die Forschungsinfrastruktur NADINE - Teil A



**Nils Bayer, M.Sc.**

E-Mail [nils.bayer@igte.uni-stuttgart.de](mailto:nils.bayer@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63499

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart



Arbeitsgruppe

# Quartierskonzepte und Gebäudeautomation



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Solarer Wärmeverbund „Strohgäu“

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Dr. Harald Drück  
Markus Gensbaur,  
M.Sc.

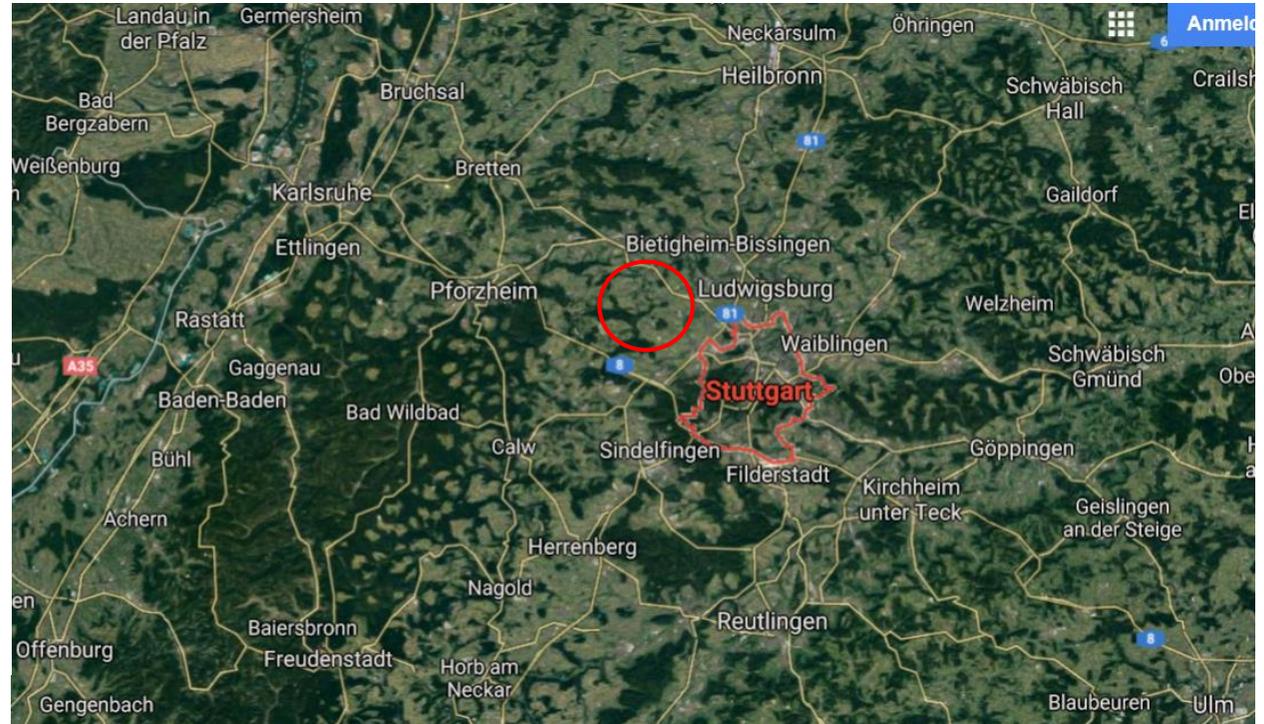


# Solarer Wärmeverbund „Strohgäu“

Wo ist das „Strohgäu“?



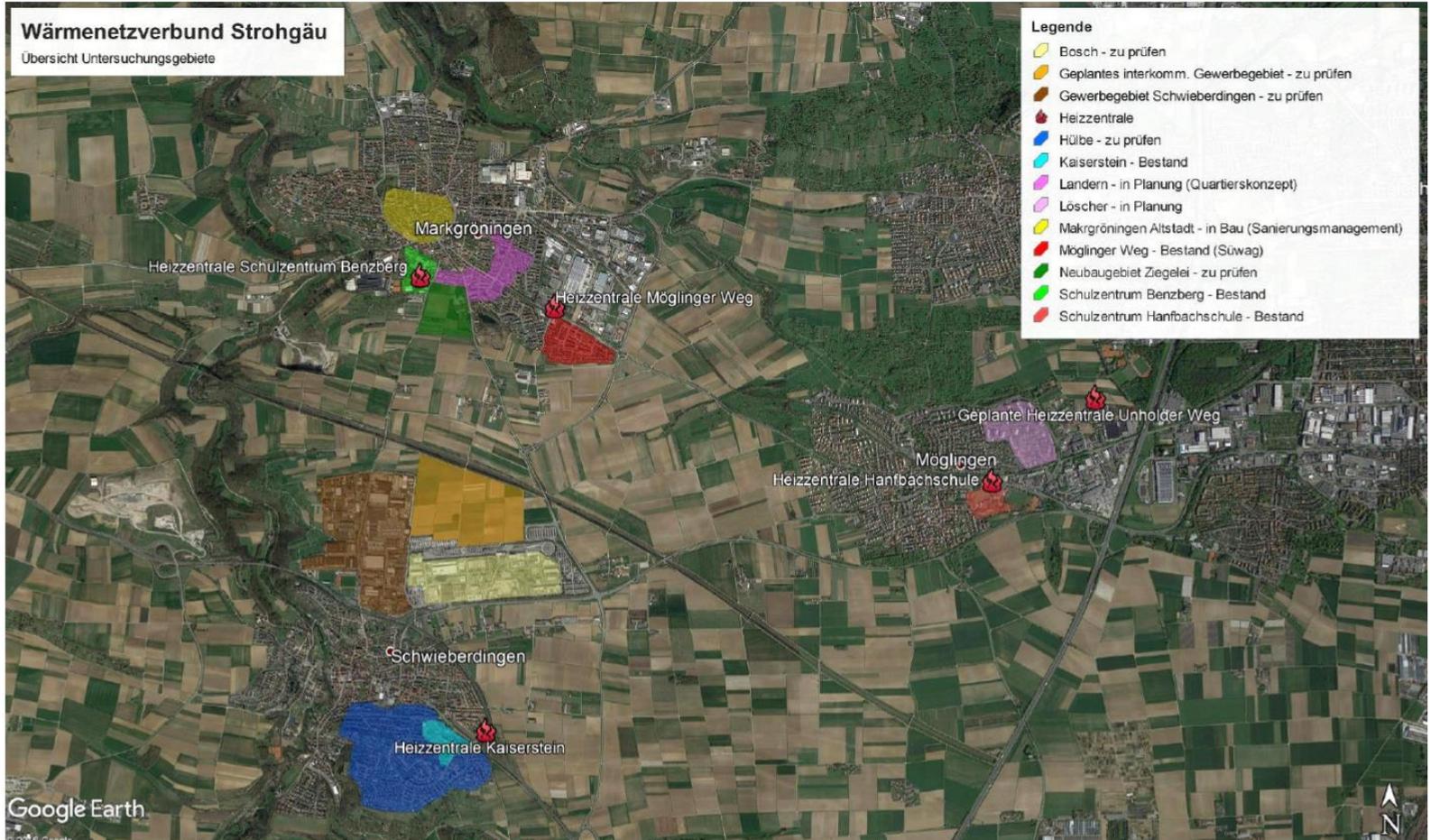
Source: <https://www.amazon.de/trendaffe-Globus-Softspringball-aus-Schaumstoff/dp/B01MZH6DY7>



Source: google-maps

# Solarer Wärmeverbund „Strohgäu“

## Markgröningen, Schwieberdingen, Möglingen



In Kooperation mit



### Inhalte der Machbarkeitsstudie

- Verbindung der bestehenden Wärmenetze → Wärmeverbund
- Effektivere Nutzung von BHKW-Abwärme
- Anschluss zusätzlicher Verbraucher (Neubau, Bestand, Industrie)
- Kopplung von Mitteltemperatur- und Niedertemperaturnetzen
- Installation einer großen Solarthermieanlage (max. 10.000 m<sup>2</sup>)
- Errichtung eines großen Warmwasserspeichers
- Innovative Regelstrategie bzw. Lastmanagement

In Kooperation mit



# Solarer Wärmeverbund „Strohgäu“

## Exemplarische Ergebnisse

- Kollektorfeld:
  - Azimutale Ausrichtung: Süd
  - Anstellwinkel: 30°
  - Typische Flachkollektor-Kennwerte
  - Kollektorfläche: 6.000 m<sup>2</sup>
- Warmwasserspeicher:
  - Volumen: 500 m<sup>3</sup>
  - Höhe: 10 m
  - Direkte Beladung
  - Konventionelle Wärmedämmung

### Variante 1:

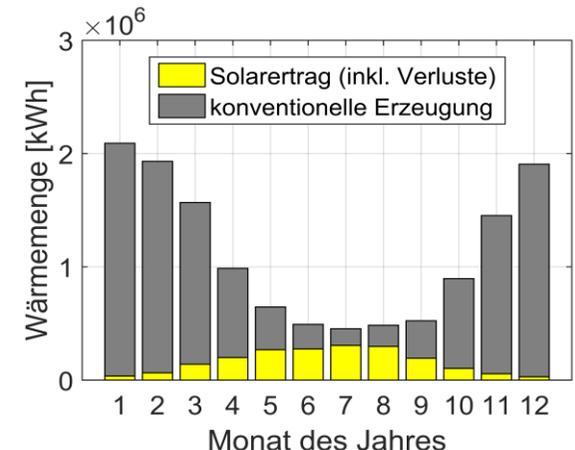
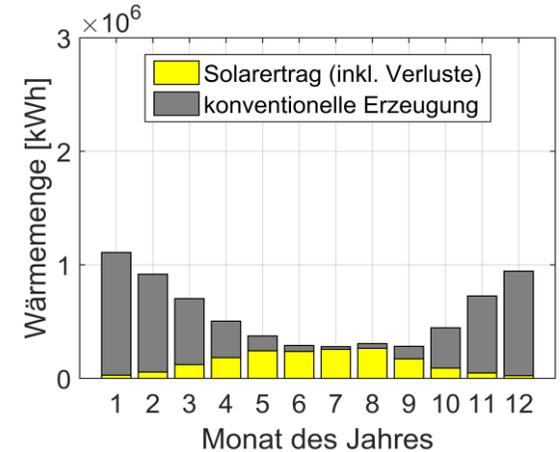
Wärmelast 6.500 MWh/a

$$f_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}} / Q_{\text{last,Netz}} = 27 \%$$

### Variante 2:

Wärmelast 13.200 MWh/a

$$f_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}} / Q_{\text{last,Netz}} = 15 \%$$





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

## Solarer Wärmeverbund „Strohgäu“



**Dr. Harald Drück, Markus Gensbaur, M.Sc.**

Koordinator Forschung und Arbeitsgruppenleiter "Quartierskonzepte und Gebäudeautomation"

E-Mail [harald.drueck@igte.uni-stuttgart.de](mailto:harald.drueck@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63553

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Innovatives Energieversorgungskonzept für die Insel Mainau

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Dipl.-Ing.  
Sven Stark



# ENsource – Einrichtung eines Zentrums für angewandte Forschung Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz

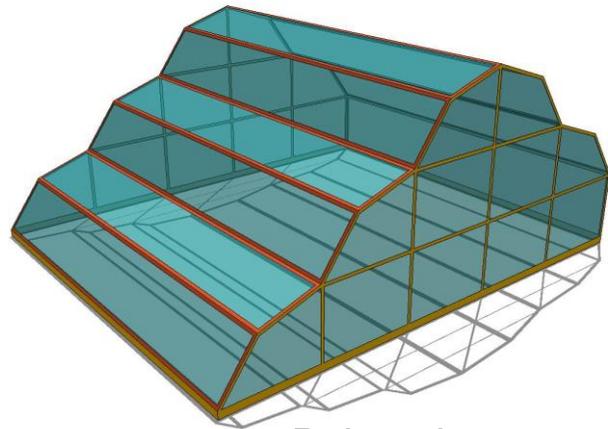
- Messdatenauswertung zur Analyse des Ist-Zustandes und von Optimierungspotenzialen der Energieversorgung der Insel Mainau
- Entwicklung eines innovativen, weitgehend klimaneutralen Energieversorgungskonzeptes



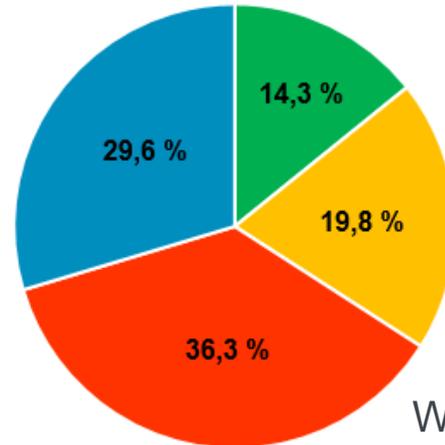
Quelle: Mainau GmbH

# ENsource – Einrichtung eines Zentrums für angewandte Forschung Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz

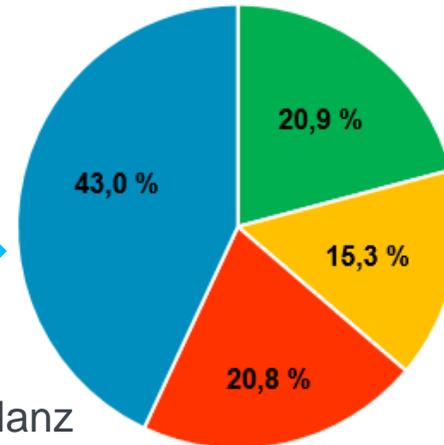
- TRNSYS-Simulationen zur Abbildung der derzeitigen Energieversorgung und zum Vergleich mit alternativen Lösungen zur Energieversorgung der Insel



Palmenhaus



Wärmebilanz





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Innovatives Energieversorgungskonzept für die Insel Mainau



**Dipl.-Ing. Sven Stark**

E-Mail [sven.stark@igte.uni-stuttgart.de](mailto:sven.stark@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63253

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Technologie-Update „Solare Nahwärme mit saisonaler Wärmespeicherung“

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Natalie Gohl,  
M.Sc.



# SuN-Anlagen mit Langzeitwärmespeicher in Deutschland

## Aktueller Stand

- Bislang ca. 20 SuN-Anlagen mit Langzeitwärmespeicher (LZWSp) in Deutschland
- Bisher Fokus auf Wärmeversorgung
- Nutzung des Langzeitwärmespeichers ausschließlich durch solarthermisch erzeugte Wärme
- Aktuelle Forschungsaktivitäten des IGTE, z.B im Rahmen
  - des Forschungsprojektes „CROW – Erweiterung und Optimierung der solaren Nahwärme in Crailsheim“
  - des Forschungsprojektes „futureSuN – Analyse, Bewertung und Entwicklung zukunftsfähiger Anlagenkonzepte für SuN-Anlagen mit saisonaler Wärmespeicherung“

## SuN-Anlagen mit LZWSp



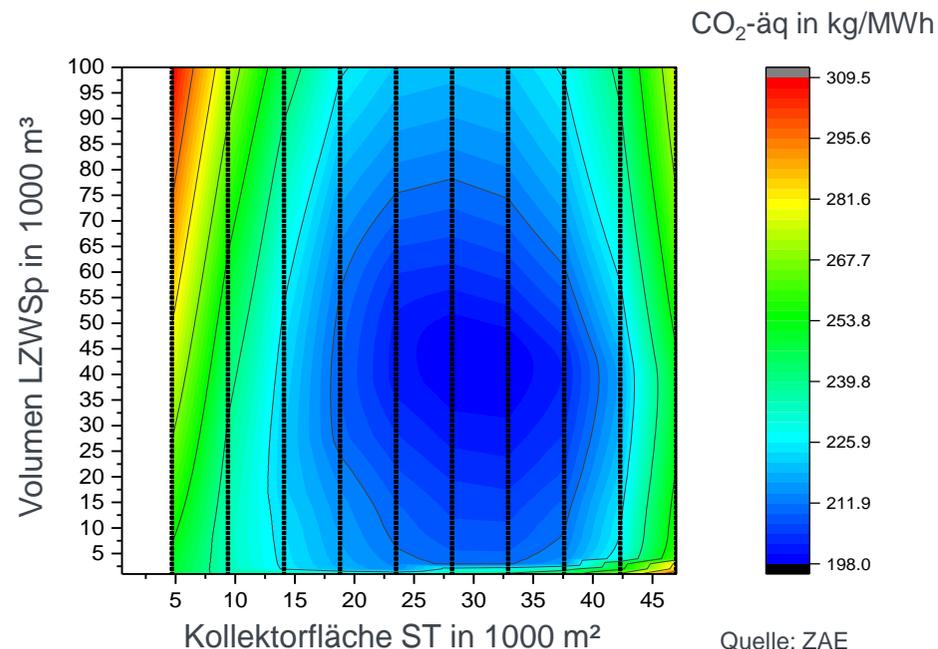
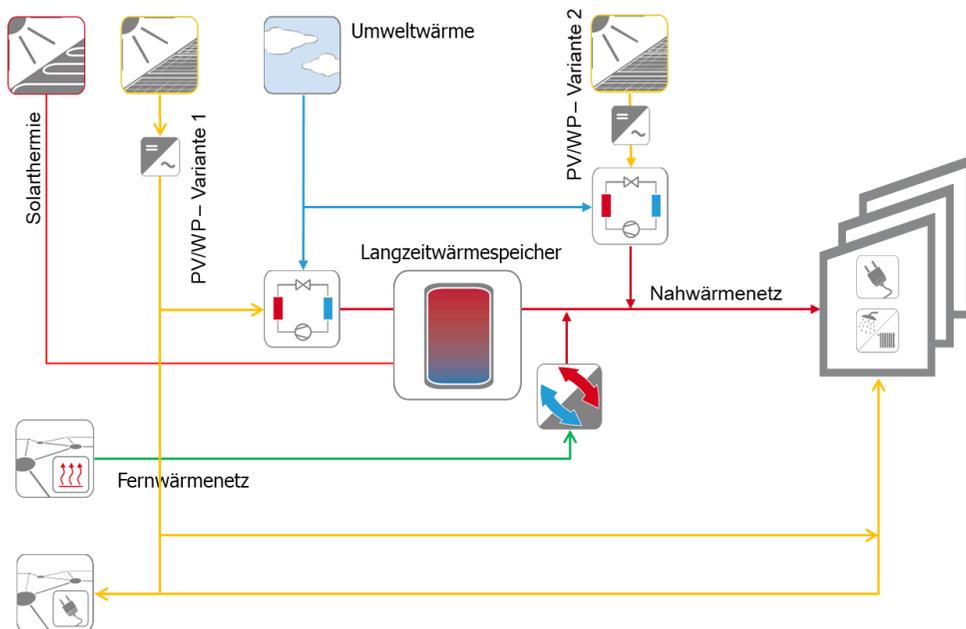
**Projektziel:** Entwicklung und Umsetzung von Optimierungs- und Erweiterungskonzepten, um die Solaranlage an den gestiegenen Wärmebedarf im Wohngebiet Hirtenwiesen II anzupassen.

### Untersuchungen u.a.

- Erweiterung der Kollektorfläche mit hocheffizienten Kollektoren
- Theoretische Auswirkung von Kundenanreizen zur Absenkung der Netzurücklauftemperatur
- Integration eines zusätzlichen großen Warmwasserspeichers mit multifunktionaler Nutzung durch Solarthermie und BHKW



Entwicklung und Untersuchung verschiedener zukunftsfähiger Konzepte für SuN mit Langzeitwärmespeicher, z.B.





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Technologie-Update

## „Solare Nahwärme mit saisonaler Wärmespeicherung“



**Natalie Gohl, M.Sc.**

E-Mail [natalie.gohl@igte.uni-stuttgart.de](mailto:natalie.gohl@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63539

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Netzintegration von Strom-Wärme-Strom- Speichern

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

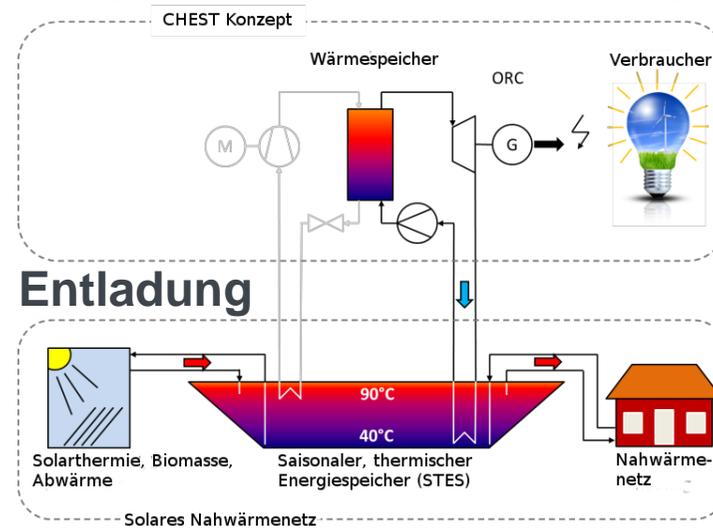
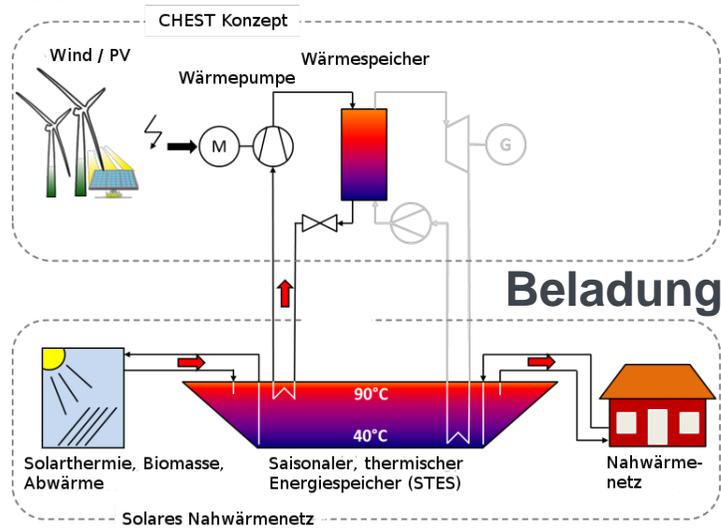
am 04.04.2019

Dipl.-Ing.  
Sven Stark



### Hintergrund

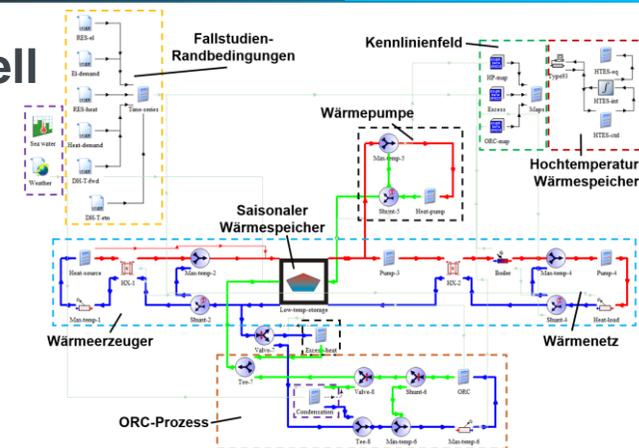
- Zunehmender Ausbau stark fluktuierender erneuerbarer elektr. Energiequellen (Wind, PV)
- Bedarf an zusätzlichen Stromspeichern im MW-Bereich
- Innovation: Kopplung mit Wärmesektor durch Einbindung in eine Nahwärmeversorgung



Quelle: DLR/ITT, Uni Stuttgart/IGTE

- EU-Forschungsprojekt mit 12 Partnern  
[www.chester-project.eu](http://www.chester-project.eu)
- Inhalte
  - Technologische Weiterentwicklung der Einzelkomponenten Hochtemperatur-Wärmepumpe, Hochtemperatur-Wärmespeicher und ORC-Prozess
  - Aufbau und Test eines Demonstrators des Gesamtsystems mit ca. 10 kW<sub>el</sub>
  - Umfangreiche Simulationsstudien des Gesamtsystems anhand verschiedener Fallstudien

### TRNSYS-Modell



Quelle: Adwen GmbH



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Netzintegration von Strom-Wärme-Strom-Speichern



**Dipl.-Ing. Sven Stark**

E-Mail [sven.stark@igte.uni-stuttgart.de](mailto:sven.stark@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63253

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Ultrahochtemperatur Strom-Wärme-Strom-Speicher

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

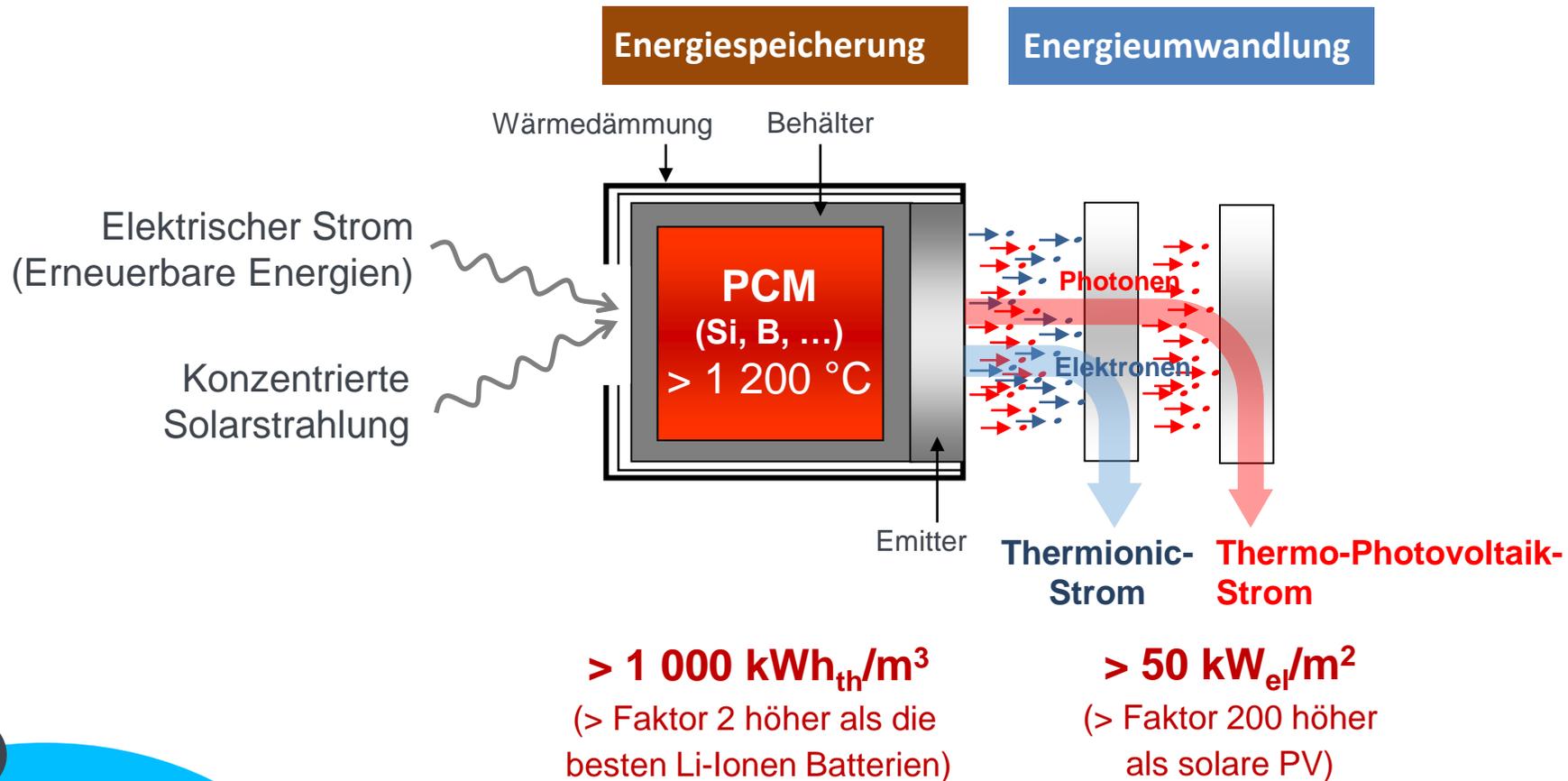
am 04.04.2019

Stephan Lang,  
M.Sc.



# Ultrahochtemperatur Strom-Wärme-Strom-Speicher

## Funktionsprinzip



## Unsere Arbeitsinhalte

- Auswahl von geeigneten Wärmedämmstoffen und Wärmedämmtechniken
- Erstellung eines Wärmedämmkonzepts
- Thermische Simulation des Gesamtaufbaus eines Prototyps zur Dimensionierung der Wärmedämmung

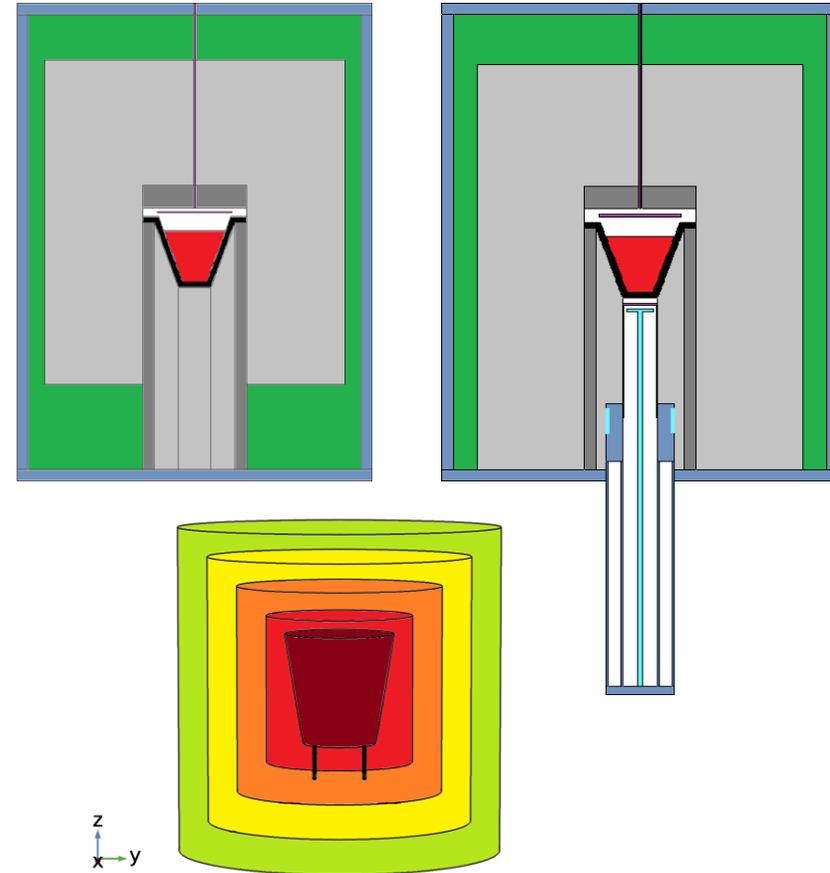
## Ziel des Projekts

- Funktionsnachweis anhand eines Prototyps

**Aktueller Stand: Prototyp erstellt**



[www.amadeus-project.eu](http://www.amadeus-project.eu)





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Ultrahochtemperatur Strom-Wärme-Strom-Speicher



**Stephan Lang, M.Sc.**

E-Mail [stephan.lang@igte.uni-stuttgart.de](mailto:stephan.lang@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63614

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

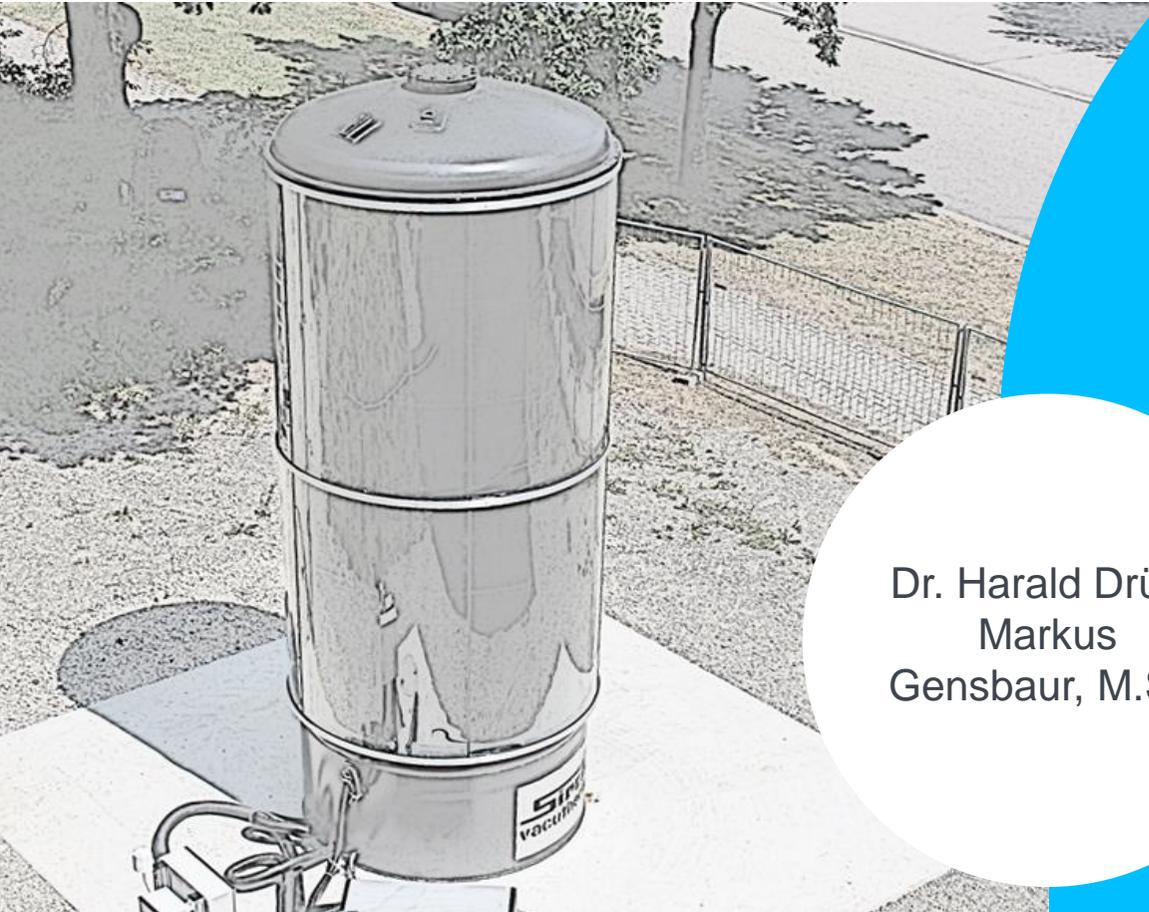
70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Innovative Wärmedämm- konzepte für thermische Energiespeicher

Dr. Harald Drück  
Markus  
Gensbaur, M.Sc.

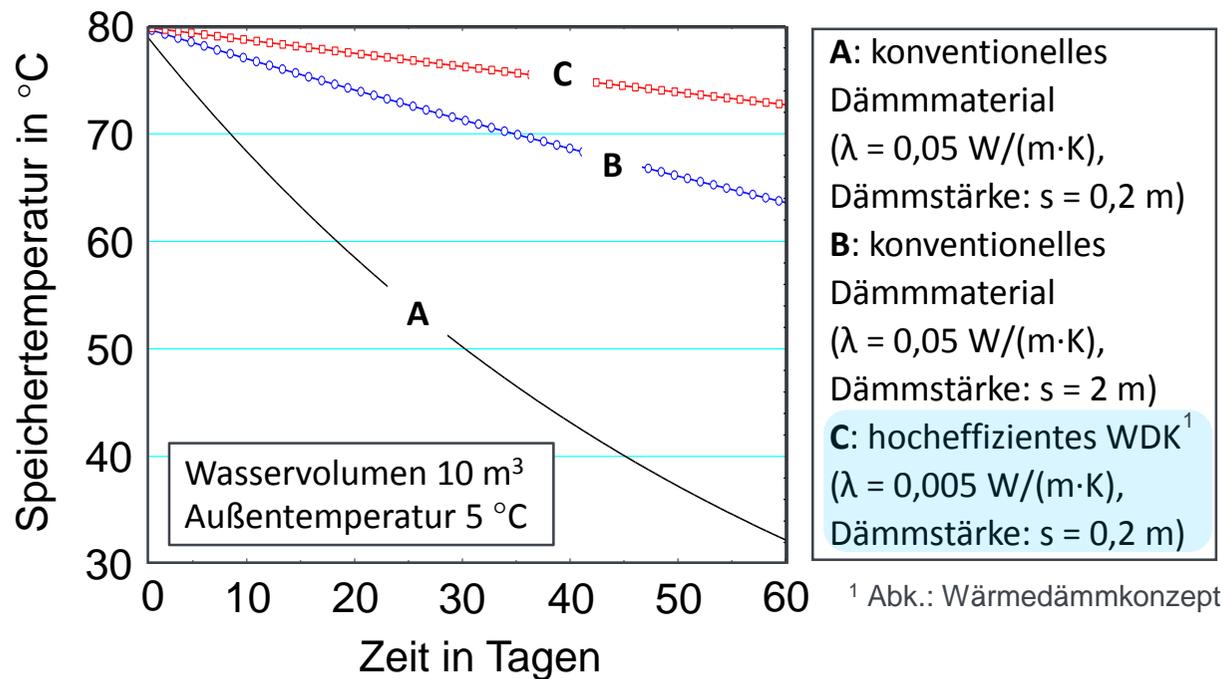
1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart  
am 04.04.2019



# Notwendigkeit hocheffizienter Wärmedämmkonzepte

## Anwendungsfall: SolarAktivHaus

- Theoretische Speicherausköhlkurven



Für Langzeitwärmespeicher dieser Größe sind hocheffiziente Wärmedämmungen sinnvoll und notwendig



**Vakuumpwärmeeämmung**

# StoEx - Entwicklung großvolumiger, preiswerter Warmwasserspeicher mit hocheffizienter Dämmung zur Außenaufstellung

## Entwicklung vakuumwärmegedämmter Warmwasserspeicher



Anwendungen:

- SolarAktivHaus
- Mehrfamilienhaus
- Blockheizkraftwerk
- Pufferspeicher für Nah- und Fernwärme

Grundlegende  
Stoffuntersuchungen

Labortests

Prüfung im  
Technikumsmaßstab

Funktions-  
musterbau

Demonstration im  
Großmaßstab

StoEx ↔ StoEx2

## Übergeordnete Ziele: StoEx2

- Weiterentwicklung der Hocheffizienz-Technologie  
Vakuumwärmedämmung
- Weitere Etablierung der Technologie am Markt durch repräsentative Demonstrationsobjekte

## Projektdaten

- Laufzeit: gepl. Juli 2019 - Juli 2022
- Fördermittelgeber: BMWi
- Industriepartner: Sirch Tankbau-Tankservice  
Speicherbau GmbH

The logo for Sirch, featuring the word 'Sirch' in a bold, orange, stylized font with a horizontal line above the letters.



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik  
und Energiespeicherung (IGTE)

## Projektpartner:

Fa. Sirch Tankbau-Tankservice  
Speicherbau GmbH

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik  
und Energiespeicherung

*Das diesem Vortrag zugrunde liegende Verbundvorhaben „StoEx“ (Entwicklung großvolumiger, preiswerter Warmwasserspeicher mit hocheffizienter Dämmung zur Außenaufstellung) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages durch den Projektträger Jülich, unter dem Förderkennzeichen 0325992A/B gefördert. Die Projektpartner danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Präsentation liegt beim IGTE.*

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Innovative Wärmedämmkonzepte für thermische Energiespeicher



**Dr. Harald Drück, Markus Gensbaur, M.Sc.**

Koordinator Forschung und Arbeitsgruppenleiter "Quartierskonzepte und Gebäudeautomation"

E-Mail [harald.drueck@igte.uni-stuttgart.de](mailto:harald.drueck@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63553

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Untersuchung von Wärmetransportvorgängen in grobkörnigen Schüttungen

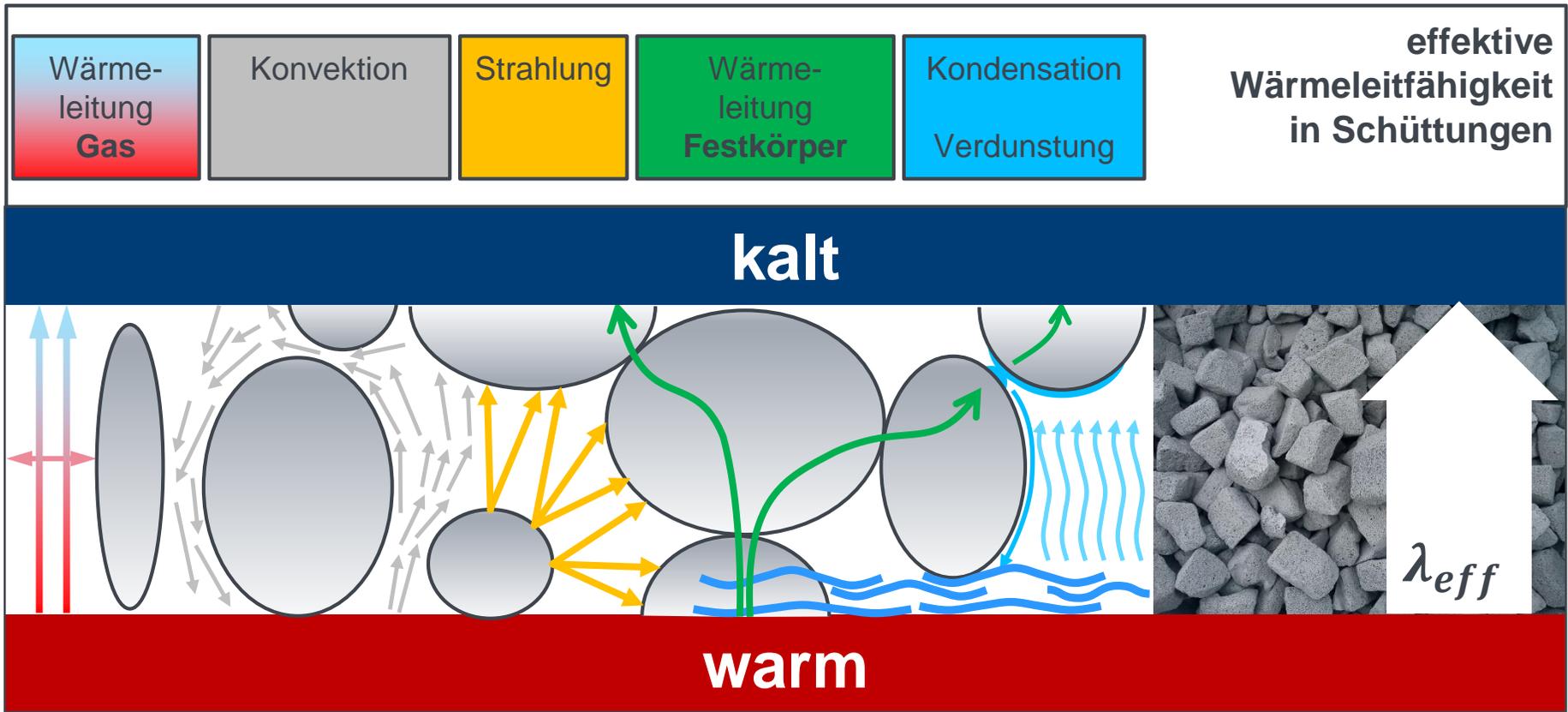
1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Winfried Juschka,  
M.Sc.



# Wärmetransportvorgänge in grobkörnigen Schüttungen



# Bestimmung der Wärmetransportvorgänge in grobkörnigen Schüttungen



- Trocken
- Umkehr Wärmestrom
- Vakuum

## CFD:

- Einzelbetrachtung der Transportvorgänge





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Untersuchung von Wärmetransportvorgängen in grobkörnigen Schüttungen



**Winfried Juschka, M.Sc.**

E-Mail [winfried.juschka@igte.uni-stuttgart.de](mailto:winfried.juschka@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63229

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Solare Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

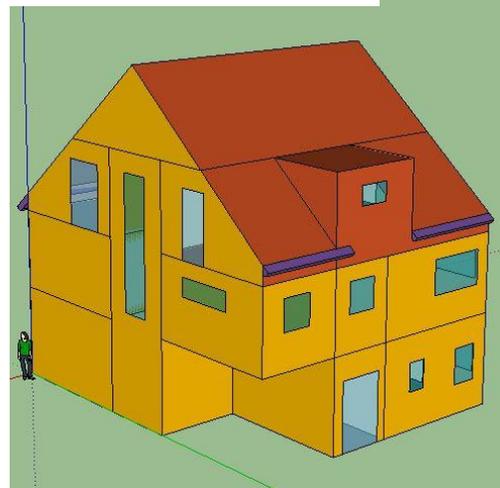
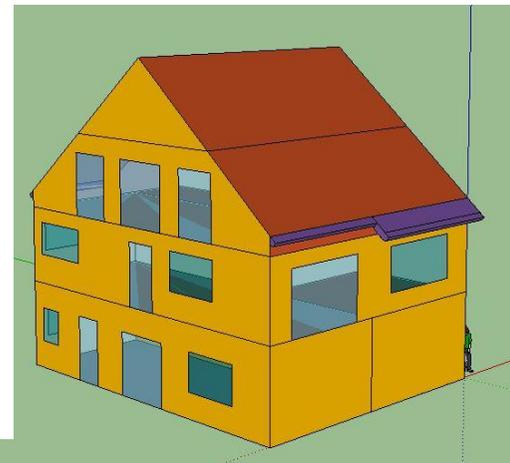
Dipl.-Ing.  
Dominik Bestenlehner



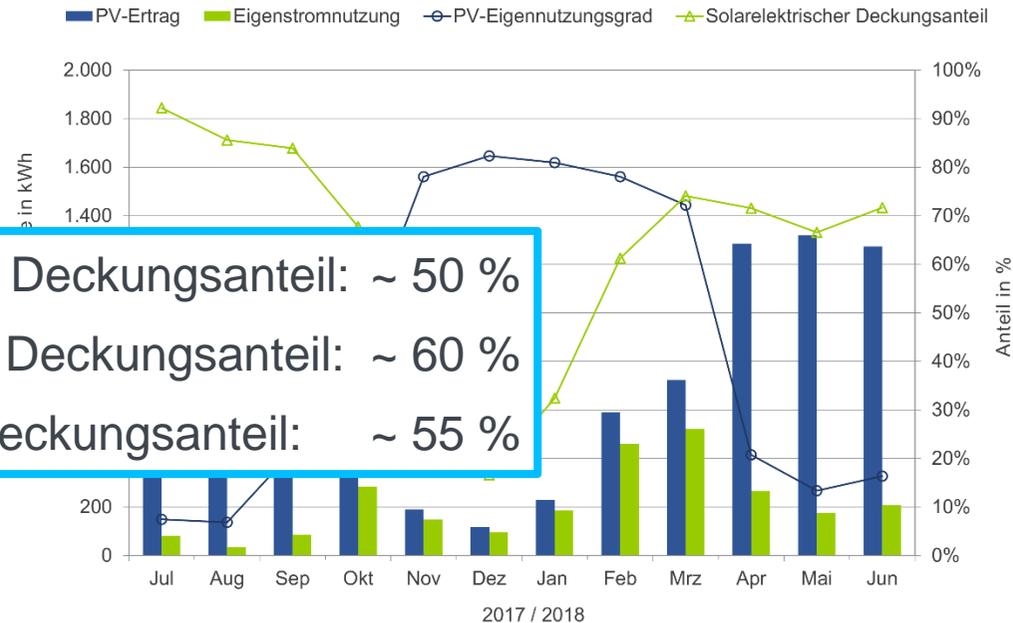
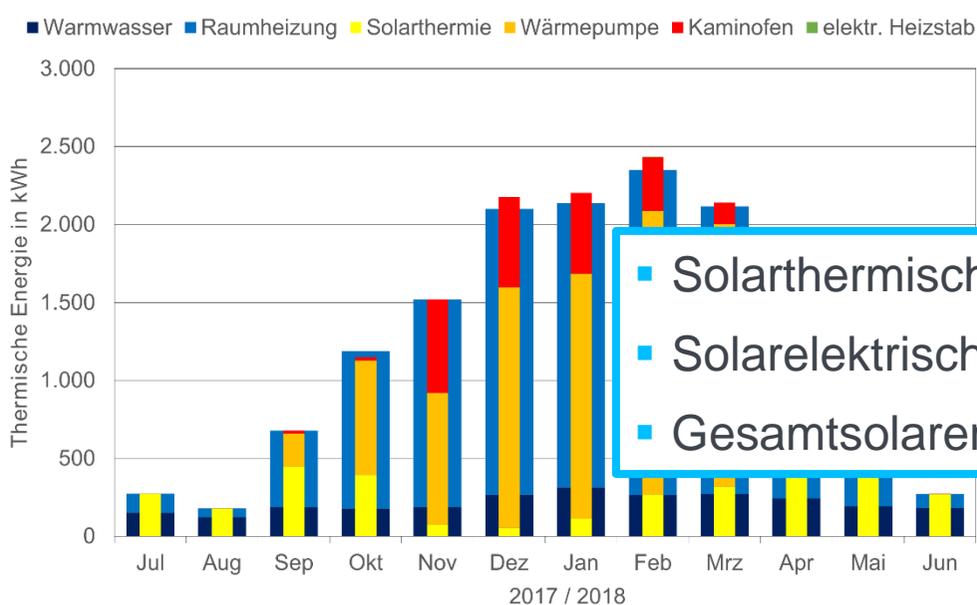
- Ein- und Mehrfamiliengebäude
- Industriegebäude (Lager-, Fertigungshallen, Gewächshäuser, ...)
- Detaillierte messtechnische Untersuchung von solar-versorgten Gebäuden
- Hoch aufgelöste Simulationen zur dynamischen Abbildung der Energieversorgung



- Hochauflösende TRNSYS-Simulationen zur Abbildung der Energieversorgung
- Parametervariationen
  - Energieversorgungssystem
  - Dimensionierung der eingesetzten Komponenten
  - Bewertung der Varianten anhand von Kriterien wie
    - Solarer Deckungsanteil, therm., elektr., gesamt
    - CO<sub>2</sub>-Äquivalent,
    - Primär- und Endenergiebedarf,
    - ...
- Übertragbarkeit der Modelle in die Realität



- Detaillierte messtechnische Untersuchung
- Validierung/Plausibilisierung der Gebäudemodelle



■ Solarthermischer Deckungsanteil: ~ 50 %  
■ Solarelektrischer Deckungsanteil: ~ 60 %  
■ Gesamtsolarer Deckungsanteil: ~ 55 %



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Solare Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden



**Dipl.-Ing. Dominik Bestenlehner**

E-Mail [dominik.bestenlehner@igte.uni-stuttgart.de](mailto:dominik.bestenlehner@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 60155

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Automatisierte Ertragsüberwachung von thermischen Solaranlagen

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Natalie Gohl,  
M.Sc.



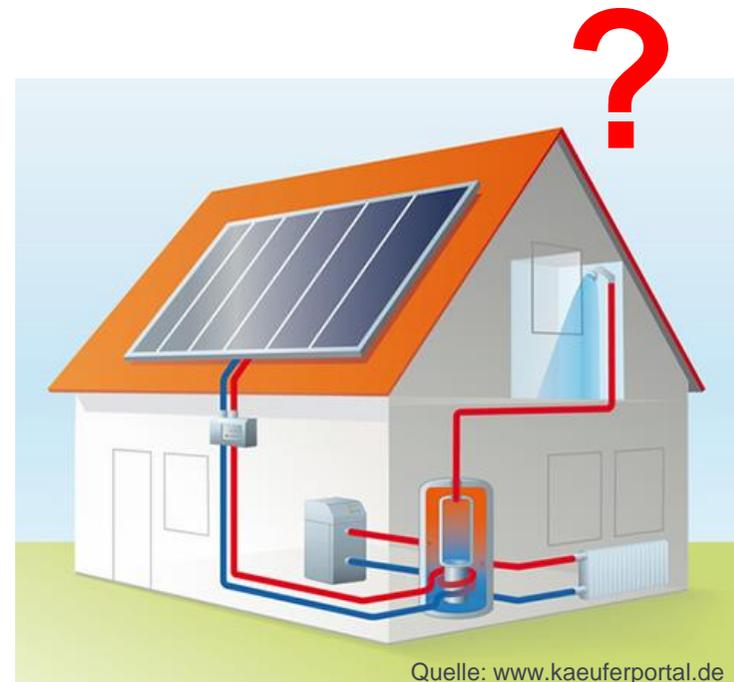
Bisher in der Regel keine einfache Möglichkeit der Funktionskontrolle bei thermischen Solaranlagen, besonders im EFH-Bereich

### Forschungsprojekt SolarCheck

- Einheitliches, automatisiertes Verfahren zur Funktionskontrolle inkl. Ertragsbewertung, basierend auf FSC-f<sub>save</sub>-Korrelationen

- Fördermittelgeber:  Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

- Projektpartner:



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

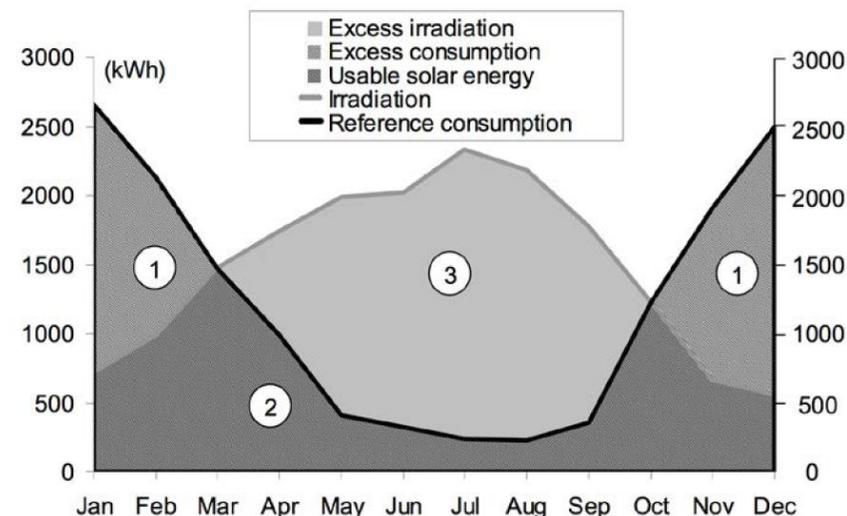
# Projekt SolarCheck

## Ziele SolarCheck

- Entwicklung eines Leistungsindikators, basierend auf der FSC-Methodik (“**F**ractional **S**olar **C**onsumption”)
- Darüber hinaus algorithmenbasiertes Verfahren zur Fehlereingrenzung
- Erstellung eines Leitfadens
- Umsetzung in Praxis und Einbringung in nationale und internationale Normung

$$FSC = \frac{\textit{theoretisch nutzbare Solarwärme}}{\textit{Referenzwärmebedarf}}$$

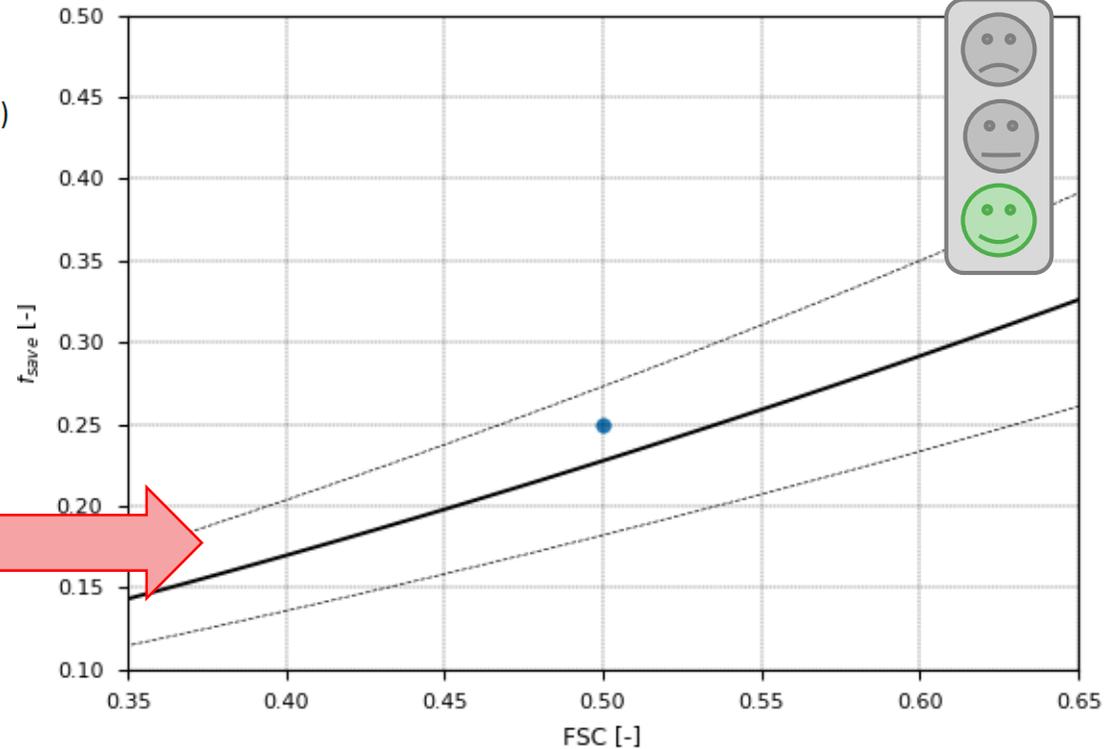
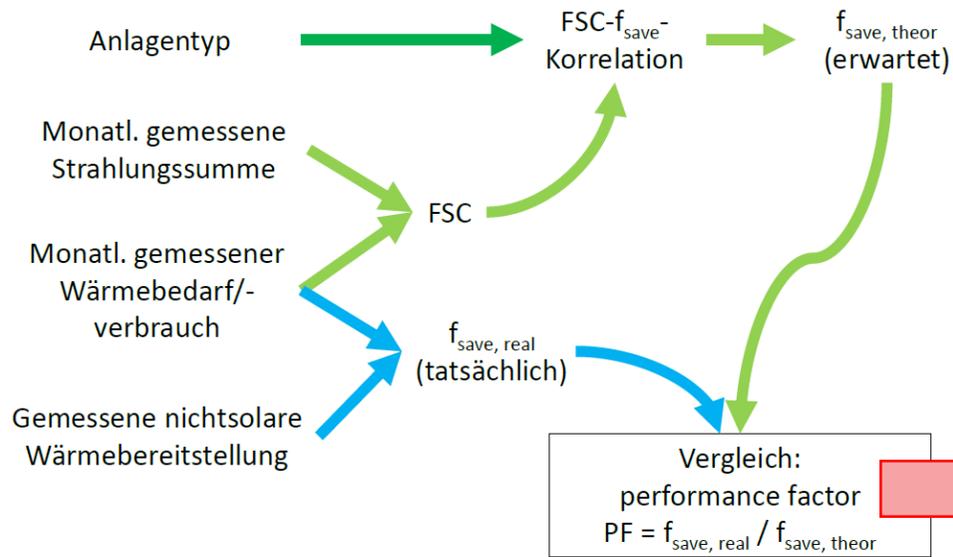
## Darstellung FSC



### Legende

- Schwarze Linie - Referenzwärmebedarf
- Graue Linie - solare Einstrahlung
- Schnittmenge der Flächen - theoretisch nutzbare Solarwärme

## Grundprinzip Methodik





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Automatisierte Ertragsüberwachung von thermischen Solaranlagen



**Natalie Gohl, M.Sc.**

E-Mail [natalie.gohl@igte.uni-stuttgart.de](mailto:natalie.gohl@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63539

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart



Arbeitsgruppe

# Raumklimatechnik



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Entwicklung eines mehrdimensionalen Strömungssensorsystems (MEDIOR)

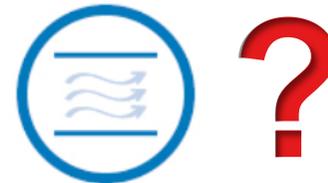
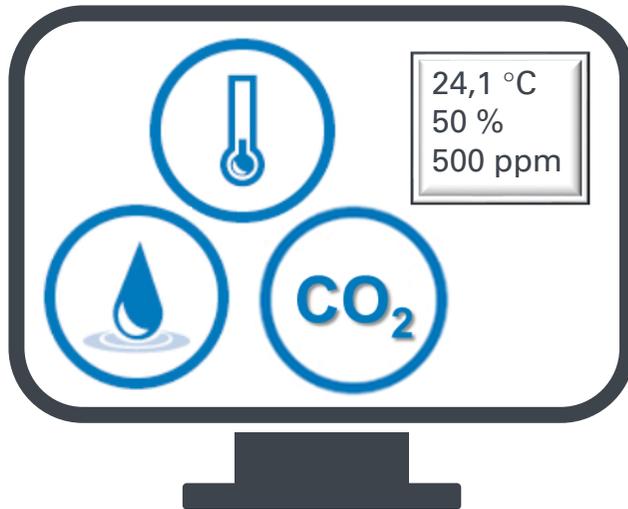
1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Yuanchen Wang,  
M.Sc.



- Energieeinsparverordnung (EnEV)
  - Erhöhte Anforderung an die Luftdichtheit des Gebäudes
  - Zunehmender Einsatz von RLT-Anlagen
- Vorgaben für die Luftqualität und die thermische Behaglichkeit



Zugluftrisiko, etc.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



In Zusammenarbeit  
mit:

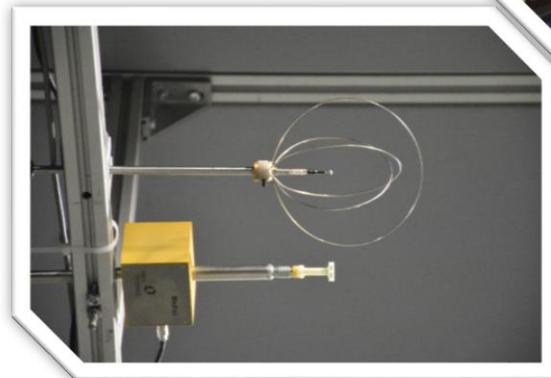


## Entwicklung eines zweidimensionalen Strömungssensorsystems

- Leicht, mobil, robust und geringer Energiebedarf
- Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung im Raum (0,05 ... 3 m/s)
- In einem Sensornetzwerk einsetzbar



- Ermittlung der Anforderungen an das Messsystem
- Herstellung mehrerer Funktionsmuster
- Funktionstests
  - Kalibrierprüfstand
  - Kalibrierverfahren
- Anwendungsnahe Experimente
  - Raumluftrömungslabor





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Entwicklung eines mehrdimensionalen Strömungssensorsystems (MEDIOR)



**Yuanchen Wang, M.Sc.**

E-Mail [yuanchen.wang@igte.uni-stuttgart.de](mailto:yuanchen.wang@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63988

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Untersuchung von Schüllüftungssystemen anhand von Strömungssimulationen

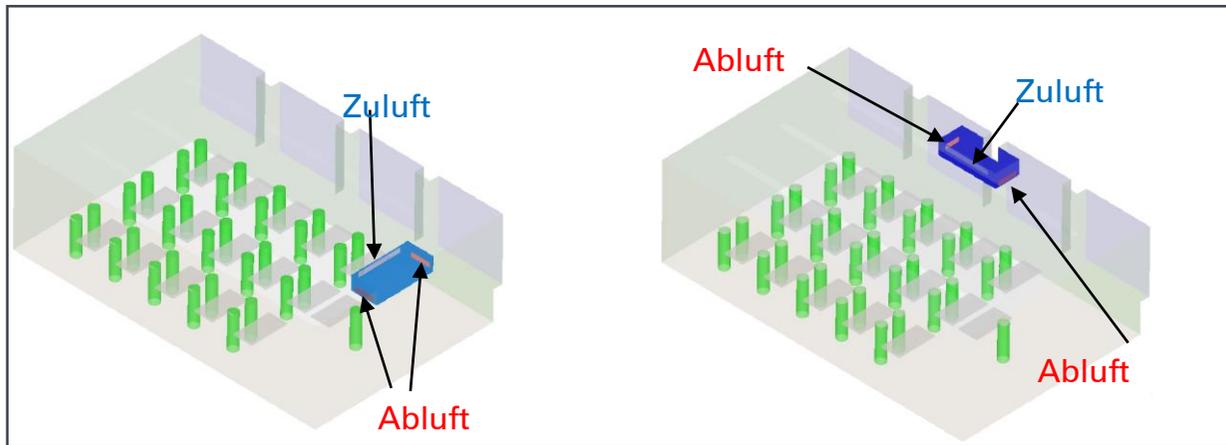
1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

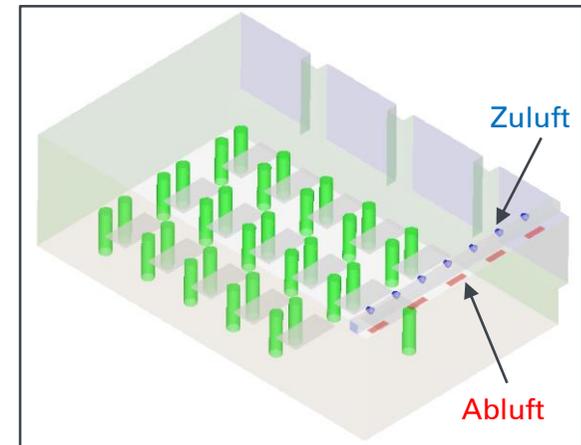
Dr.-Ing.  
Tobias Henzler



- Großteil der Schulgebäude in Deutschland stammt aus den 1980er Jahren
  - Sanierung: Hohe Anforderung an Luftdichtheit der Gebäudehülle gemäß EnEV
  - Fensterlüftung ungeeignet
  - Leistungsfähigkeit der Schüler abhängig von CO<sub>2</sub>-Konzentration im Raum
- Einsatz von maschineller Lüftung notwendig



Dezentrale Anordnung



Zentrale Anordnung

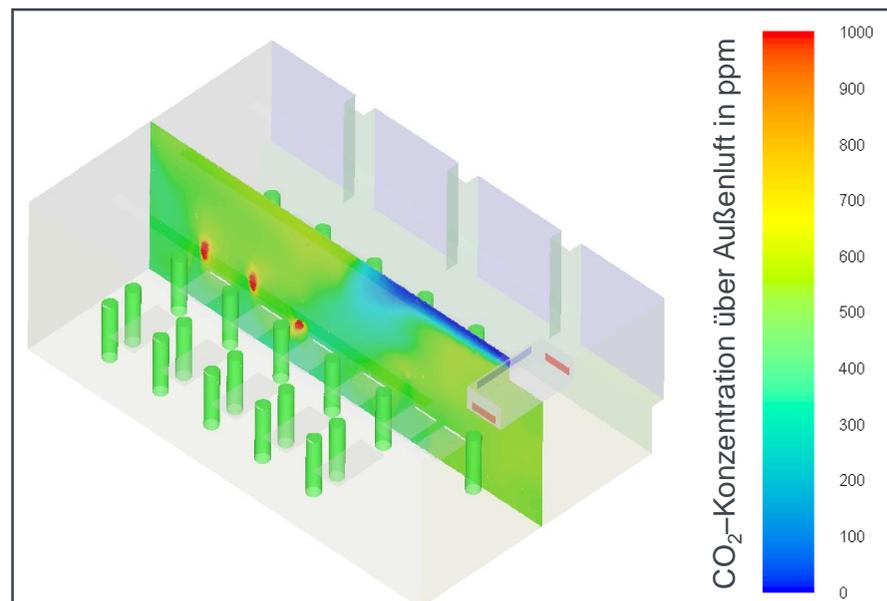
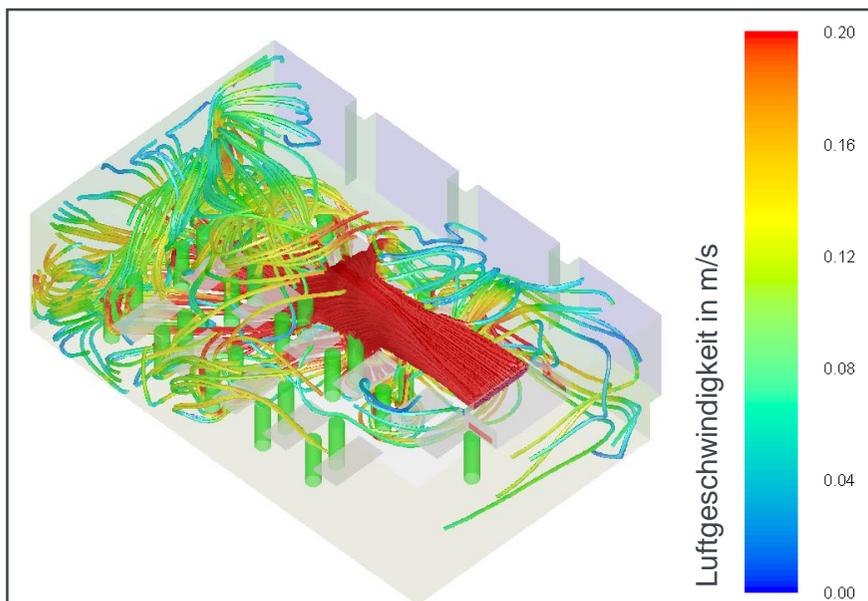
# Vorgehen

Ermittlung der Lüftungswirksamkeit, Behaglichkeit und Luftqualität

## Lüftungswirksamkeit

$$\varepsilon = \frac{c_{AB}}{\bar{c}_R}$$

$\varepsilon$  = Lüftungswirksamkeit  
 $c_{AB}$  = Stoffkonzentration in der Abluft  
 $\bar{c}_R$  = mittlere Stoffkonzentration im Raum



## Untersuchte Mischlüftungssysteme

- Deckengerät (über Tafel, an Fenstern, an Stirnseite)
- Weitwurfdüse oberhalb der Tafel
- Deckennahe Schlitzdurchlässe auf Flurseite

## Untersuchte Schichtlüftungssysteme

- Dezentral (Stand- und Brüstungsgeräte)
- Zentral (ebene Wanddurchlässe, viertelrunde Zuluftdurchlässe)

Ergebnisse	Mischlüftung	Schichtlüftung
Lüftungswirksamkeit in der Anforderungszone $\epsilon_{AZ}$	1,02 ... 1,14	1,38 ... 1,76
CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Anforderungszone $c_{CO_2}$ in ppm über Außenluft	523 ... 581	338 ... 379



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Untersuchung von Schullüftungssystemen anhand von Strömungssimulationen



**Dr.-Ing. Tobias Henzler**

E-Mail [tobias.henzler@igte.uni-stuttgart.de](mailto:tobias.henzler@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 62093

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

In Zusammenarbeit mit:



# Entwicklung technischer Verfahren zur Vermeidung der biogenen Schadstoff- belastung in Kirchenorgeln (BioSchaKi)

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Dr.-Ing.  
Tobias Henzler

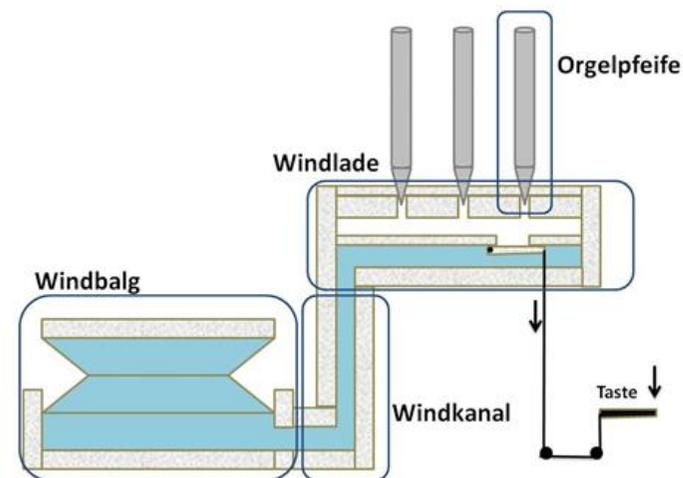


- Zunehmender Schimmelbefall an Kirchenorgeln
  - Hohe Schimmelpilzanfälligkeit der verbauten Materialien
  - Komponenten nicht oder nur schwer zugänglich
- Sehr hoher Sanierungsaufwand, keine finanziell vertretbaren Maßnahmen zur Vorbeugung

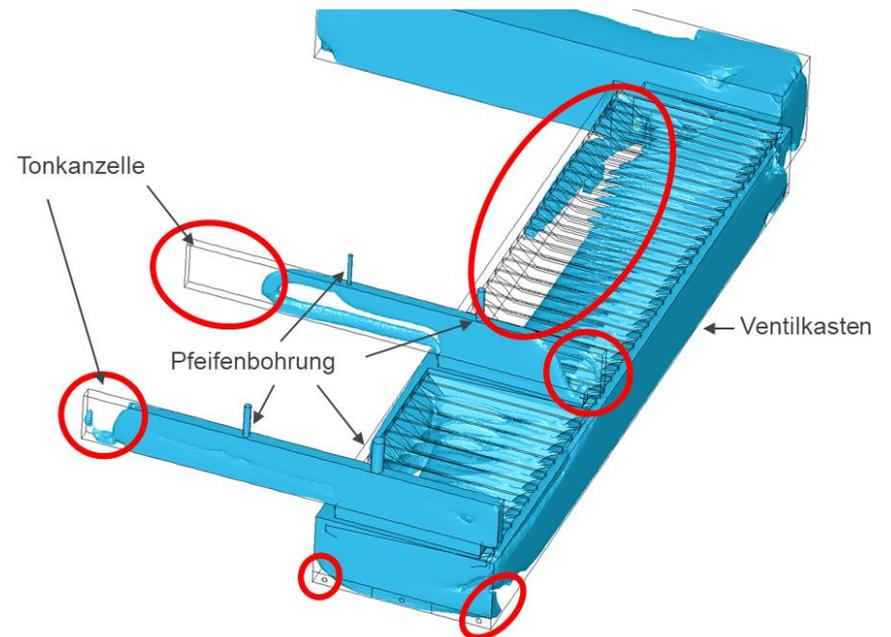
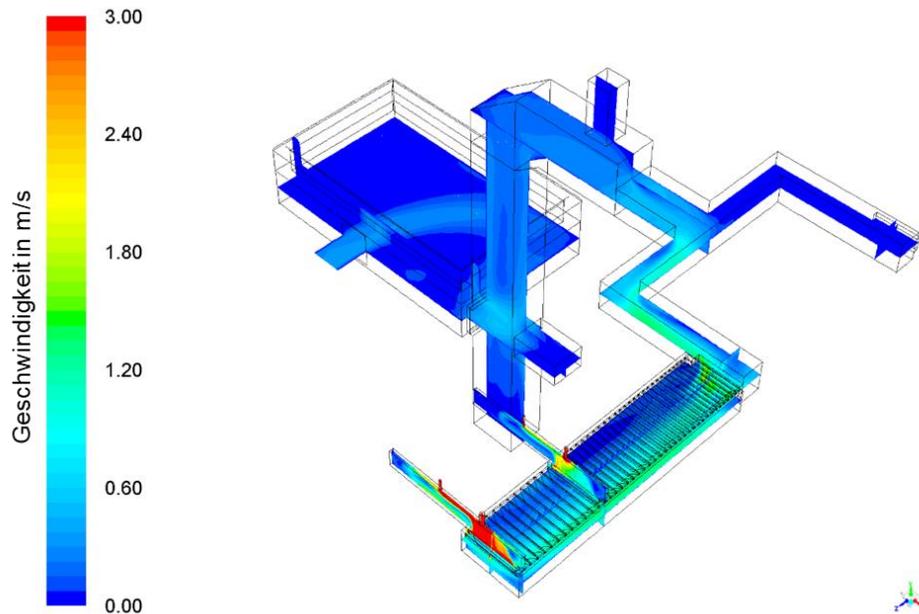


## Strömungsmodell einer Referenzorgel

- Modellierung von Einzelkomponenten
- Variation der Luftzustände am Eintritt
- Beurteilung der Luftströmungen
- Identifikation kritischer Luftzustände/Bereiche



- Kritische Stellen innerhalb der Bauteile feststellbar
- Ergebnisse decken sich mit Schimmelbefall an Referenzorgel



Iso-Flächen für 0,2 m/s



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Entwicklung technischer Verfahren zur Vermeidung der biogenen Schadstoffbelastung in Kirchenorgeln (BioSchaKi)



**Dr.-Ing. Tobias Henzler**

E-Mail [tobias.henzler@igte.uni-stuttgart.de](mailto:tobias.henzler@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 62093

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart



Arbeitsgruppe

# Gebäudeenergiesysteme



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Untersuchung und Erarbeitung von Grundlagen zur Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy für Wohngebäude

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Dipl.-Ing.  
Osman Akyildiz



# Energiesparrechtliche Nachweisführung

## EnEV

Wer als Bauherr oder Eigentümer ein neues Gebäude baut, muss einen Energieausweis nach **EnEV**, als energiesparrechtlichen Nachweis, beantragen

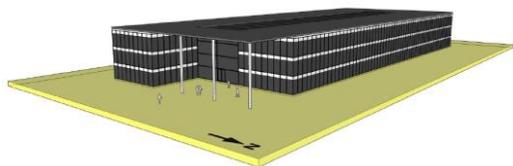


Die Energieeffizienz des Gebäudes wird hierbei **berechnet**



Zur Berechnung werden gegenwärtig drei **Vornormen** verwendet

DIN V 18599



sehr aufwändige  
Berechnung



DIN V 4108/4701

wird vermutlich  
abgeschafft

Vereinfachtes Verfahren für den Wohnbau erforderlich  
Lösung: EnEV easy

## Kurzbeschreibung der Anlagenvariante

AT1	Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentrale Trinkwassererwärmung
AT2	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT3	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT4	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung
AT5	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT6	Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung
AT7	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung
AT8	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT9	Wasser-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung
AT10	Sole-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung

**10 Anlagensysteme** können für **3 Wohng Gebäudetypen** (freistehend, beidseitig und einseitig bebaut) mit bis zu einer **Nutzfläche von 2000 m<sup>2</sup>** berücksichtigt werden

**Probleme:**

1. kann nicht um neue Anlagensysteme erweitert werden
2. unattraktiv für Bauherren

In diesem Kontext wurde IGTE 2017 beauftragt:  
**Los 1: dem Verfahren zugrundeliegende Modellgebäude bestimmen**  
**Los 2: material-rechtliche Anforderungen neu festlegen**

Los 1



dem bisherigen Verfahren zugrundeliegende Modellgebäude wurden identifiziert –  
**eine Modellgebäudedatenbank wurde erstellt**



Los 2



**mit erweiterten Bestimmungen der Bundesministerien wurden material-  
rechtliche Anforderungen neu festgelegt – der Dämmstandard fällt niedriger aus**

Los 3

**Energiekennwerte bestimmen**



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Untersuchung und Erarbeitung von Grundlagen zur Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy für Wohngebäude



**Dipl.-Ing. Osman Akyildiz**

E-Mail [osman.akyildiz@igte.uni-stuttgart.de](mailto:osman.akyildiz@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 52075

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



In Zusammenarbeit mit:



# Geothermienutzung in Tunnelbauwerken in innerstädtischen Bereichen (GeoTU)

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

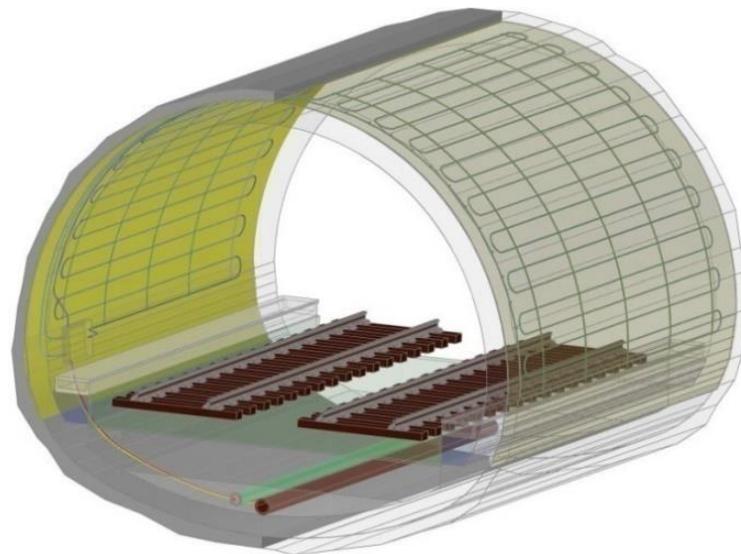
Anders Berg,  
M.Sc.



# Hintergrund

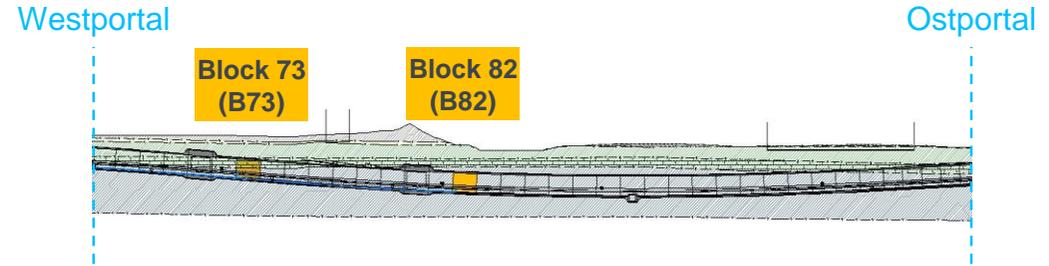
## Oberflächennahe Geothermie und Tunnelgeothermie

- Energiequelle zur Gebäudebeheizung und -kühlung
- Untergrund als Wärmequelle und -senke
- Wärmeübertrager und Wärmepumpe
- + Niedrige Emissionen und laufende Kosten
- Hohe Investitionen
- Tunnelgeothermie
- + Niedrige Investitionen
- + Große Fläche
- Fragestellungen
  - Leistungsfähigkeit der Absorber
  - Beeinflussung der Tunnelluft



Thermische Aktivierung der Betonschale eines Tunnels

- Zeitraum 2011 bis 2017
- Projekte: GeoTU6-I und GeoTU6-II
- Bahntunnel: 380 m
- Tunnelabschnitte mit Absorberrohren
  - B73 und B82
- Prüfstand im Betriebsraum
  - Vorlauftemperatur und Durchfluss
- Messeinrichtungen
  - Temperatur (Baugrund, Tunnelluft, Prüfstand)
  - Tunnelluftgeschwindigkeit



Längsschnitt durch die Tunnelachse des Fasanenhoftunnels



Absorber vor  
Betonierung

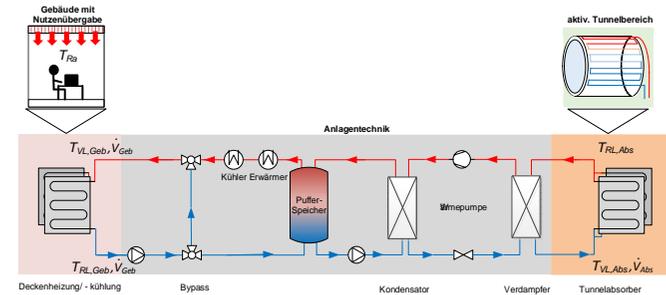
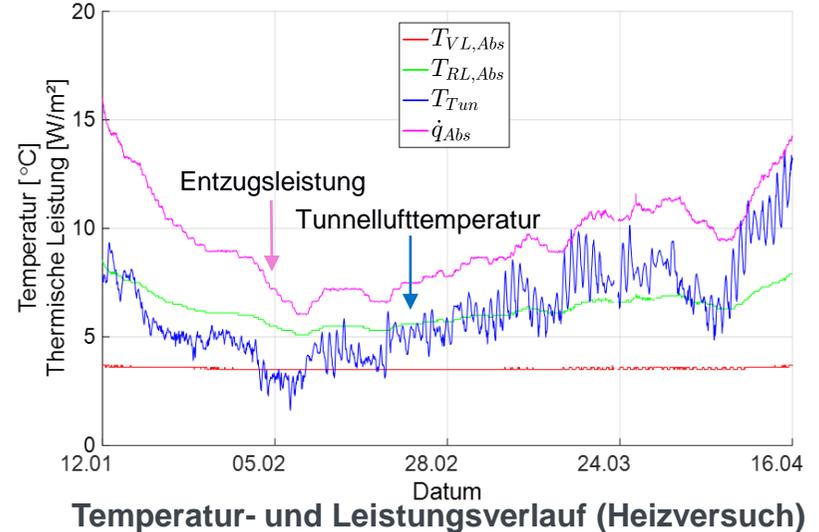
Prüfstand im  
Betriebsraum

## Ergebnisse

- Ca. 30% der Energie stammt aus der Tunnelluft
- Mittlere Entzugsleistung Kühlen:  $23 \text{ W/m}_{Abs}^2$
- Mittlere Entzugsleistung Heizen:  $16 \text{ W/m}_{Abs}^2$
- Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (JAZ) = 3,5

## Ausblick

- Mathematisches Gesamtmodell in TRNSYS
- Bedarfsentwicklung
  - von Referenzenergiebedarf der Räume  $Q_{0,N}$  bis Erzeugung  $Q_3$  (Wärmepumpe mit Tunnelabsorber)
  - Bewertung Wirtschaftlichkeit und energetisches Potenzial
  - Vergleich von Anlagentechnik-Konzepten



Mathematisches Gesamtmodell



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Geothermienutzung in Tunnelbauwerken in innerstädtischen Bereichen (GeoTU)



**Anders Berg, M.Sc.**

E-Mail [anders.berg@igte.uni-stuttgart.de](mailto:anders.berg@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 62088

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

In Zusammenarbeit mit:



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Gebäudebetrieboptimierung durch Nutzeridentifikation in Räumen (GeopNu)

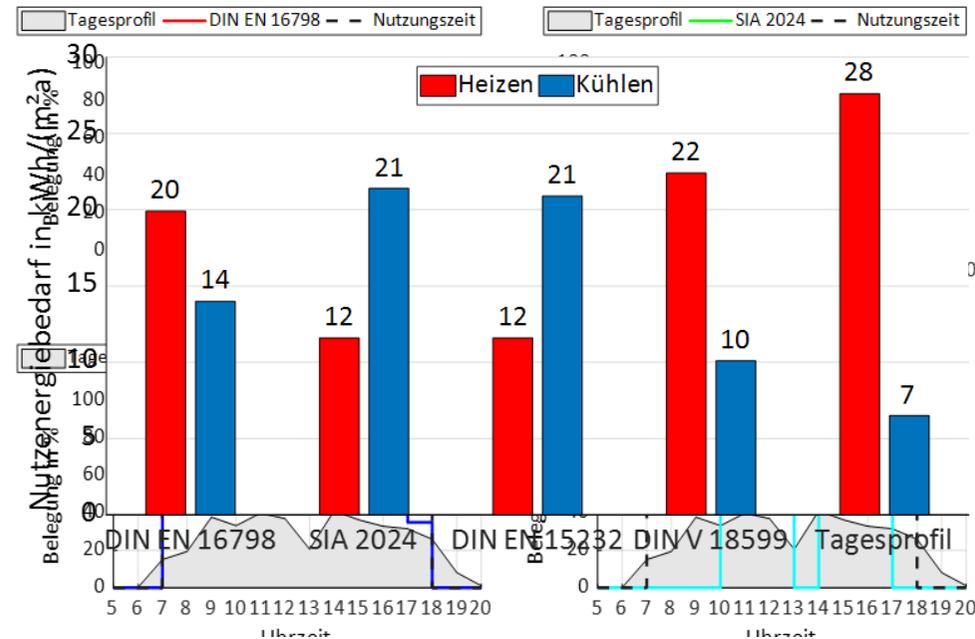
Anders Berg,  
M.Sc.

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019



- Abweichung des Energieverbrauchs (Betrieb) vom Energiebedarf (Planungsprozess)
- Annahme von Standardprofilen im Planungsprozess
- Oftmals unterschiedliche Raumbellegung und Nutzungsänderungen im Betrieb
- Wesentlicher Einfluss der Nutzung auf den Energieverbrauch



Flächenbezogener Heiz- und Kühlenergiebedarf für ein Einzelbüro (TRNSYS)

- Entwicklung eines Systems zur raumweisen Nutzeridentifikation für mobile Endgeräte
- Nutzeridentifikation
  - iBeacons fest in Etage verteilt
  - Applikation läuft im Hintergrund der mobilen Endgeräte
  - Kommunikation mit Beacons und Berechnung der Position
  - Regelmäßige Positionsübertragung an Server
  - Anzahl der Personen im Raum
- Auswirkung der Belegung auf den Energieverbrauch
- Nutzung zur Regelung der TGA
- Berücksichtigung der Vorgaben des Datenschutzes (DSGVO)

Quellen: Indoo.rs GmbH, [www.mindinventory.com](http://www.mindinventory.com)



iBeacon



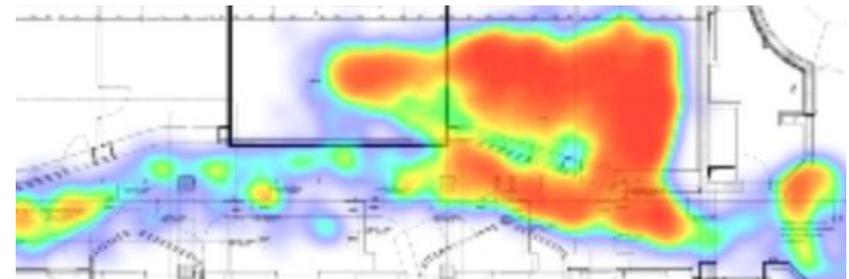
Applikation

- Erprobung des Systems in einem Praxistest
- Mehrere Räume im Züblinhaus
- Vergleich mit bestehenden Identifikations-systemen und Profilen aus der Literatur
- Einfluss der Belegung auf die Verbrauchswerte

Quelle: [www.zueblin-haus.de](http://www.zueblin-haus.de)



Züblinhaus in Stuttgart



Qualitative Auswertung (Heat Map)



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Gebäudebetrieboptimierung durch Nutzeridentifikation in Räumen (GeopNu)



**Anders Berg, M.Sc.**

E-Mail [anders.berg@igte.uni-stuttgart.de](mailto:anders.berg@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 62088

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



zentrum für energieforschung  
stuttgart



# Trinkwassergewinnung in trockenen Klimaregionen

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

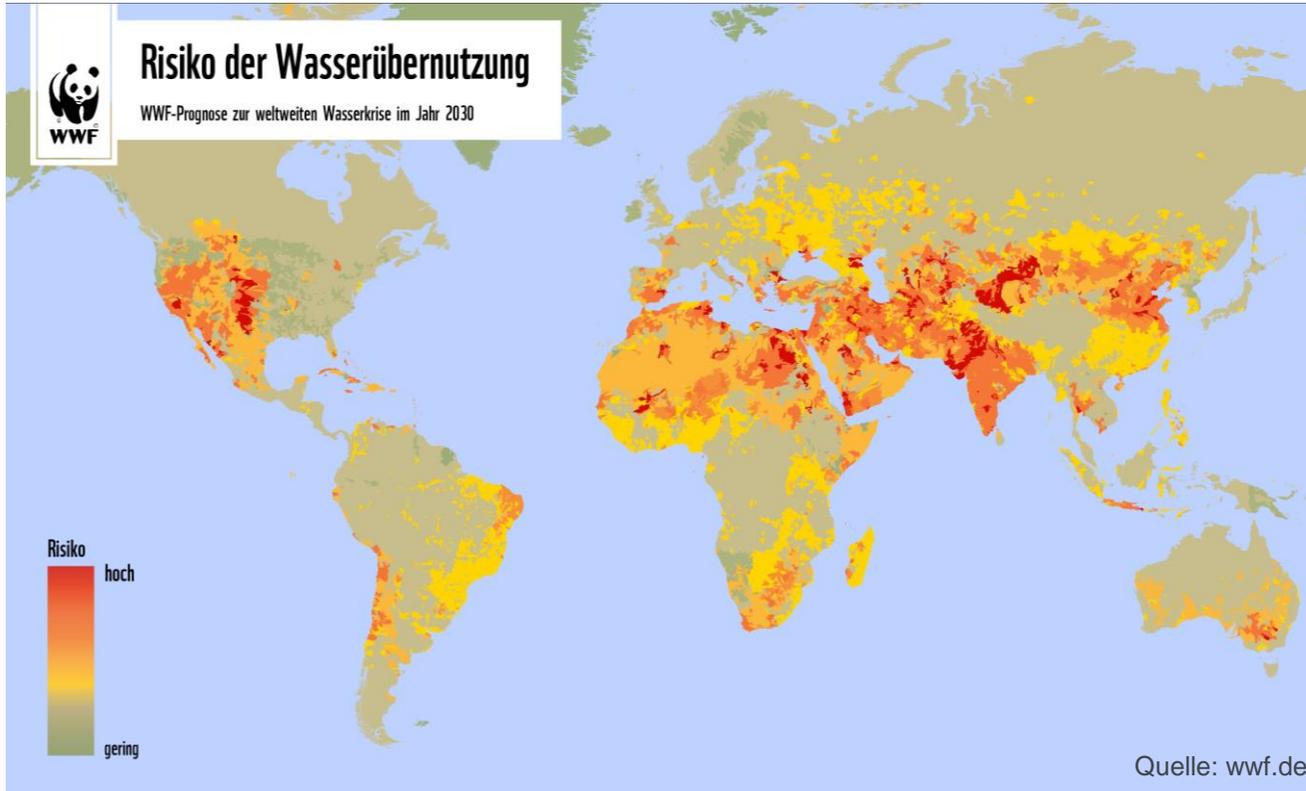
am 04.04.2019

Lukas Siebler,  
M.Sc.



# Trinkwassergewinnung in trockenen Klimaregionen

## Hintergrund und Motivation



- Trinkwasserknappheit häufig in Regionen ohne Meerzugang
  - Trinkwassergewinnung aus Umgebungsluft (Kühlung unter Taupunkt) energieaufwändig
- ⇒ Untersuchung der Trinkwassergewinnung durch adiabate Expansion feuchter Umgebungsluft

**Prinzip:**  
Heterogene Kondensation

# Trinkwassergewinnung in trockenen Klimaregionen

## Schritte des Verfahrens

### Adiabate Expansion

Zwei Prinzipien:

1. Geschlossenes System:  
2-Takt-Kolbenmaschine
2. Offenes System:  
durchströmte Düsengeometrie

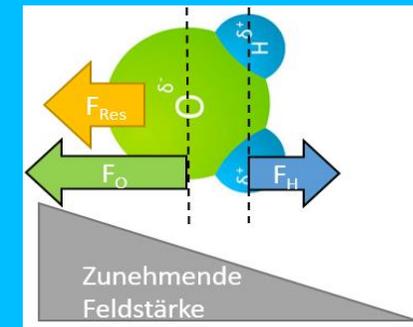
### Heterogene Kondensation

Tropfenwachstum:

- Druck und Temperatur nehmen ab.
- Sättigungsdampfdruck sinkt schneller als Wasserdampfpartialdruck
  - Übersättigung
  - Partikelaktivierung
  - Tropfenwachstum

### Wasserabscheidung

Prinzip: Dielektrophorese



Inhomogenes E-Feld via Zylinderkondensator → Wassertropfen-Beschleunigung zur Innenelektrode

### Wasseraufbereitung

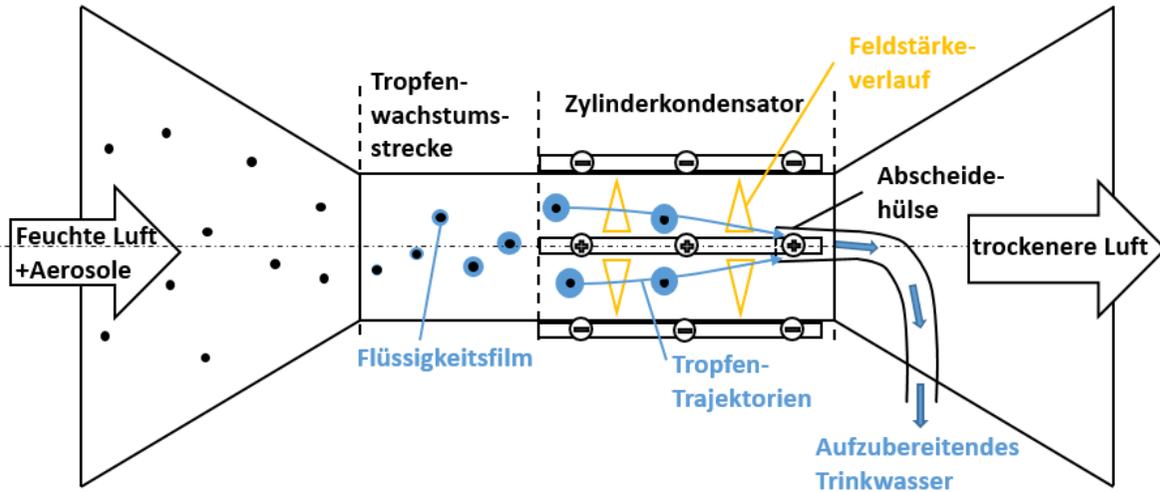
Mineralisieren des Wassers:

- Zugabe von für Menschen essentiellen Mineralien
- Trinkwasser

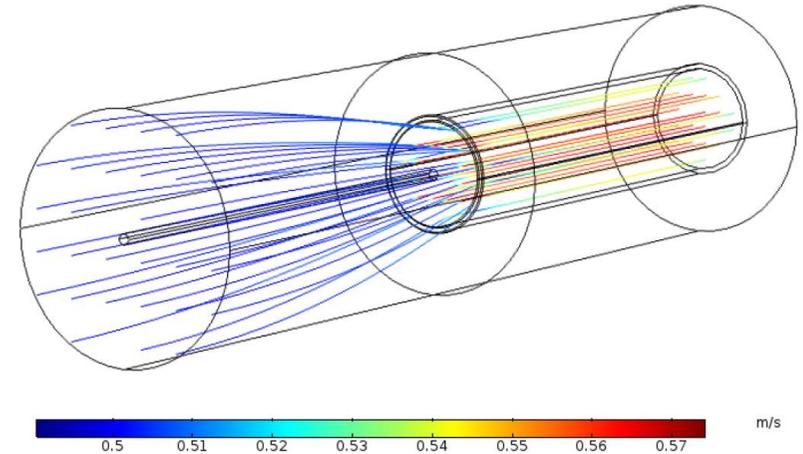
# Trinkwassergewinnung in trockenen Klimaregionen

## Trinkwassergewinnung in einer Düsengeometrie

Prinzip der Wassergewinnung:



Tropfentrajektorien im Zylinderkondensator:





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Trinkwassergewinnung in trockenen Klimaregionen



**Lukas Siebler, M.Sc.**

E-Mail [lukas.siebler@igte.uni-stuttgart.de](mailto:lukas.siebler@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 60785

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



**GREES**

Graduierten- und Forschungsschule  
Effiziente Energienutzung Stuttgart



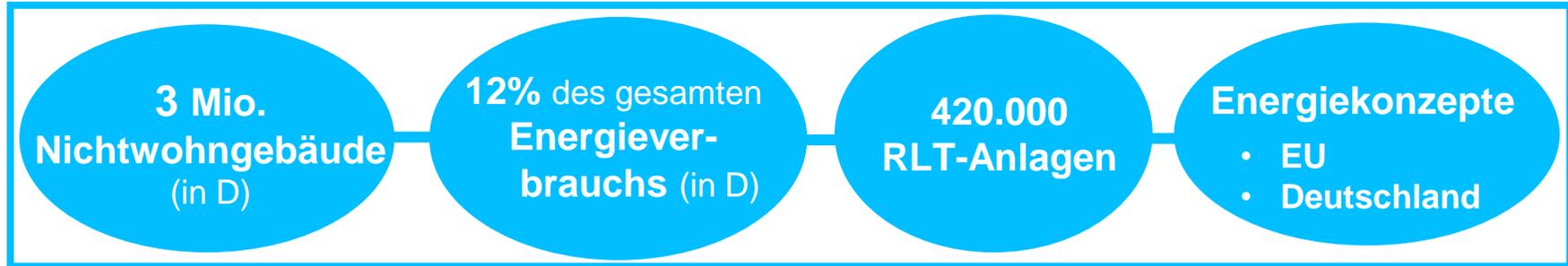
# Flexibilisierung des Betriebs von RLT-Anlagen

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

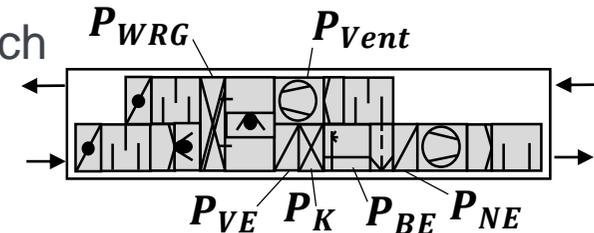
Matthias Eydner,  
M.Sc.





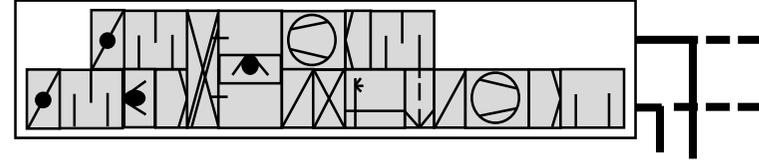
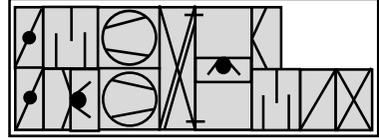
- Herausforderungen für die Gebäude- und Anlagentechnik
  - zunehmende Effizienzanforderungen
  - Integration erneuerbarer Energieträger

- Untersuchung von RLT-Anlagensystemen bezüglich
  - Flexibilitätspotenzial und Betriebseffizienz
  - Nutzenanforderung bzw. Behaglichkeit



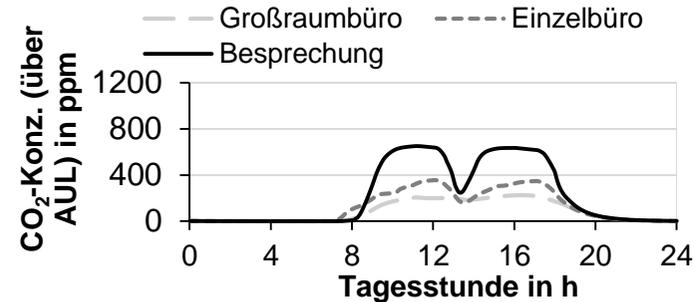
## ■ Simulationsmodelle

- zentral, dezentral



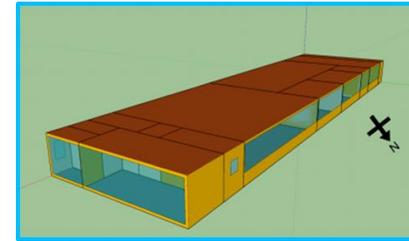
## ■ Bewertungsgrößen

- Energieaufwand (täglich und jährlich)
- Einhaltung der Sollvorgaben (Temperatur, Feuchte, Schadstoffkonzentration)



## ■ Flexibilisierung

- Zeitweise Sollwertänderung
- Betrachtung der Nutzenübergabe, Verteilung und Erzeugung
- Parameterstudie (energetischer Standard, Anlagentechnik)





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Flexibilisierung des Betriebs von RLT-Anlagen



**Matthias Eydner, M.Sc.**

E-Mail [matthias.eydner@igte.uni-stuttgart.de](mailto:matthias.eydner@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 67241

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart



Arbeitsgruppe

# Komponenten- und Systemprüfung



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# VirtColl+ Das CFD basierte Entwicklungs- und Optimierungstool für Flachkollektoren

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Dipl.-Ing.  
Beate Vetter



VirtColl+: Entwicklung eines auf CFD Simulationen und virtuellen Kollektorprüfungen basierenden Entwicklungs- und Optimierungswerkzeug für Flachkollektoren.

Laufzeit: 01.01.2015 – 30.06.2019

Projektpartner: Bosch Solarthermie GmbH

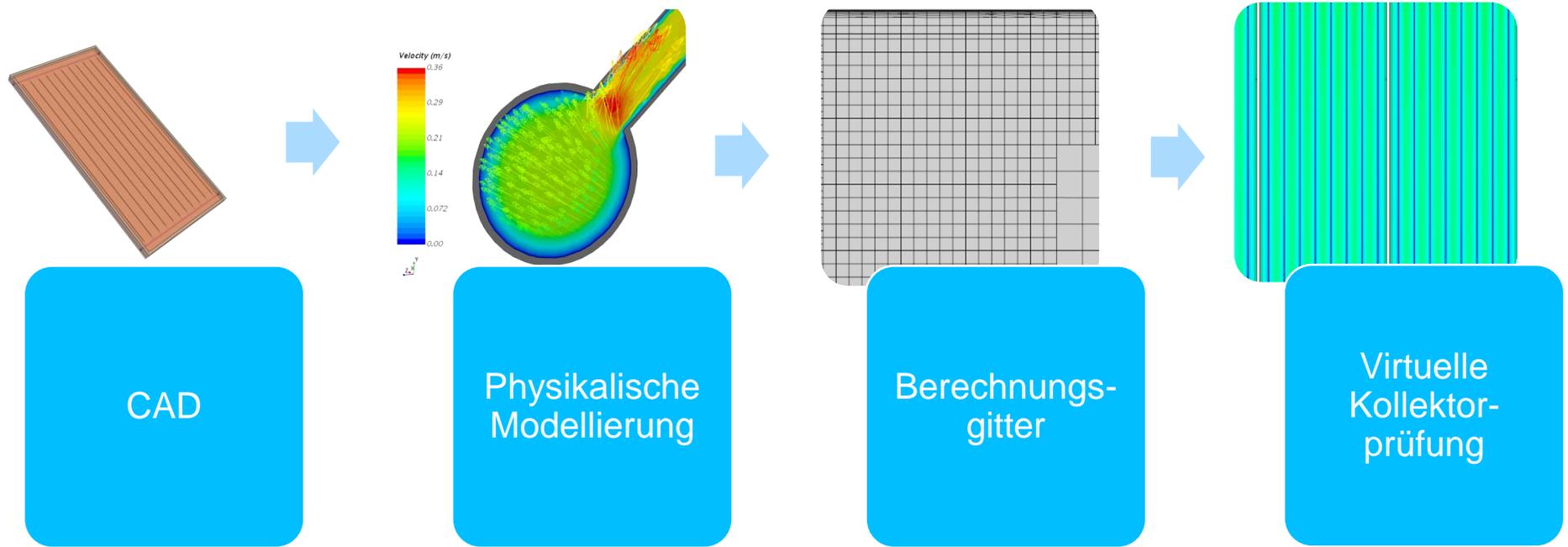


Gefördert durch:



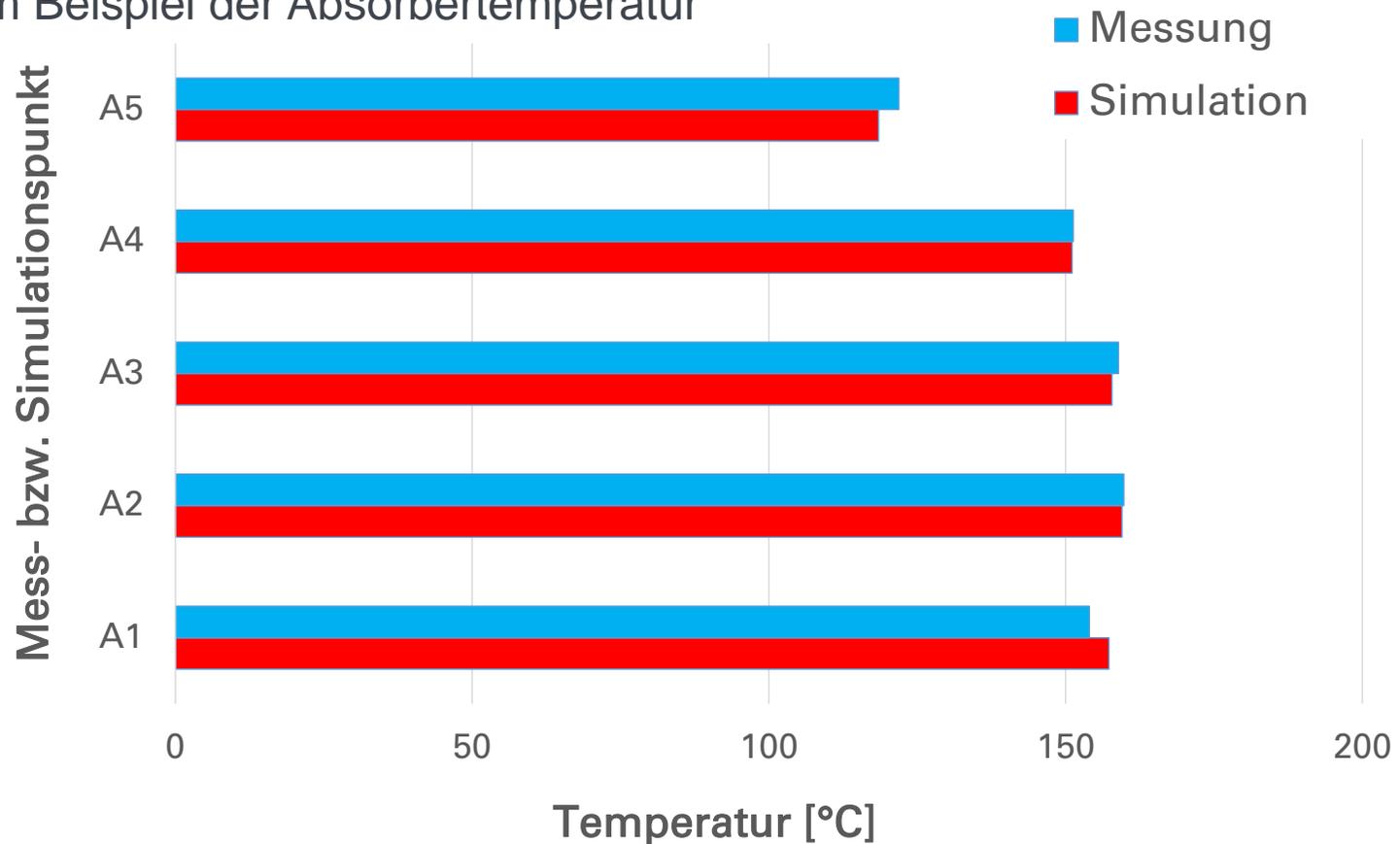
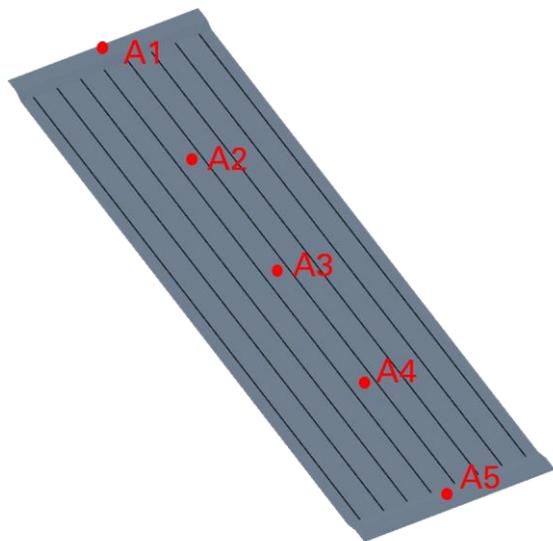
Förderprogramm des BMWi zu Forschung und Entwicklung im Bereich Niedertemperatur Solarthermie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



## 2. Kollektorjapresentierung am Beispiel der Absorbertemperatur

(Exposition 14.2.2018)



## Herzliche Einladung

- Wann? 7.5.2019, 11:00 – 13:00 Uhr
- Wo? Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)  
Pfaffenwaldring 10, 70569 Stuttgart Vaihingen, Raum V10.01
- Anmeldung per Email an [beate.vetter@igte.uni-stuttgart.de](mailto:beate.vetter@igte.uni-stuttgart.de)



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# VirtColl+ Das CFD basierte Entwicklungs- und Optimierungstool für Flachkollektoren



**Dipl.-Ing. Beate Vetter**

E-Mail [beate.vetter@igte.uni-stuttgart.de](mailto:beate.vetter@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63245

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# SpeedColl2 Gebrauchsdauerabschätzung für solarthermische Kollektoren und deren Komponenten

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Andreas Eitelbuß,  
M.Sc.



# SpeedColl2

## Projekt und Unterstützer



- Laufzeit: 01.08.2016 – 31.07.2020 (4 Jahre)

- Beteiligte Partner:



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



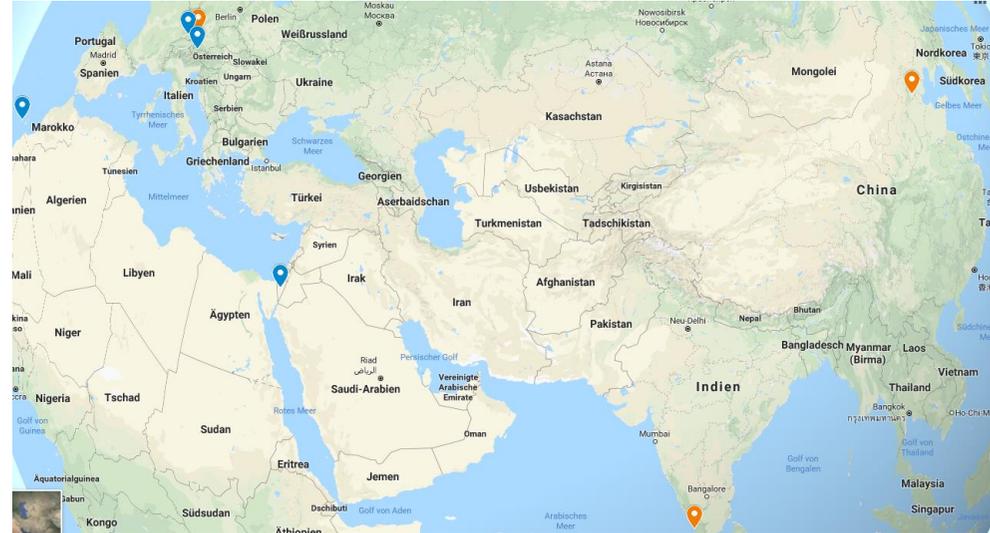
**BOSCH**



VAILLANT GROUP



- Untersuchung klimatischer Einflussfaktoren auf Alterung von Kollektoren und Komponenten
- Entwicklung beschleunigter Prüfverfahren für Gebrauchsdauer
  - Alterungseffekte abbilden
  - Schadensbild der Alterung im Labor schnell erzeugen



- Klassifizierung der Belastungen
- Erkenntnisse zu Schadensbildern an den jeweiligen Standorten
- Prüfverfahren für Kollektoren:
  - UV-Prüfung
  - Salzsprühnebeltest
  - Feuchteprüfung
  - Temperaturwechselprüfung
  - Erweiterte Hochtemperaturprüfung
- Prüfverfahren für Komponenten:
  - Glas
  - Absorber
  - Reflektor
- Nächstes Ziel: Ermittlung der Gebrauchsdauer





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# SpeedColl2

## Gebrauchsdauerabschätzung für solarthermische Kollektoren und deren Komponenten



**Andreas Eitelbuß, M.Sc.**

E-Mail [andreas.eitelbuss@igte.uni-stuttgart.de](mailto:andreas.eitelbuss@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 632 80

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Projektvorstellung SOLINK

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

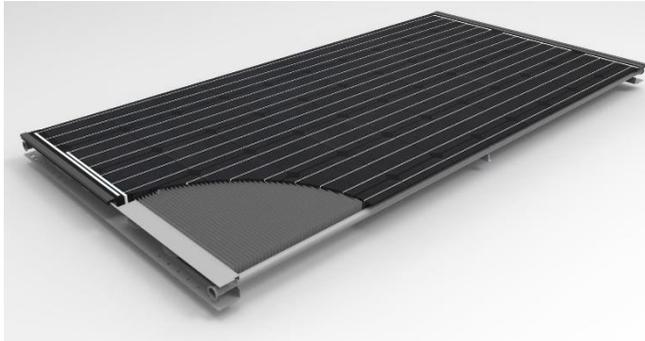
am 04.04.2019

Sebastian Asenbeck  
Dr. Stephan Fischer  
Claus Twerdy



- SOLINK - Hocheffiziente, auf intelligenter Verknüpfung von PVT und Wärmepumpentechnik basierende Wärmeversorgung für Gebäudebestand und Neubau
- Projektpartner:
  - **Consolar** / Projektmanagement, Konzeptentwicklung
  - **IGTE** / wissenschaftliche Arbeitsinhalte, Monitoring und Prüfung
  - **Ruoff Energietechnik** / Planung und Realisierung von Feldtestanlagen
  - **Triple Solar (NL)** / PVT-Kollektorentwicklung und Fertigung
- begleitendes Anwender-Konsortium: Planer, Bauträger, Wärmepumpen-Hersteller
- Laufzeit: 01.07.2017 – 30.06.2020

- Entwicklung, Systemintegration, Erprobung und Optimierung der **Wärmepumpen-Versorgungseinheit mit PVT-Kollektoren** bis zur **Feldteststreife**
- als Alternative zu Außeneinheit (Luft-Wärmepumpe) oder Erdsonden
- Entwicklungsarbeiten am PVT-Kollektor: Untersuchung und Optimierung des Wärmeübergangs zur Umgebung, Verhalten im Feld bei Vereisung und Schnee



SOLINK PVT-Kollektor



PVT-Testfeld am IGTE



Feldtest-Monitoring Anlage Korb

- Feldtest-Monitoring zeigt: System funktioniert, bei entsprechender Dimensionierung ganzjährige Versorgung eines Einfamilienhauses mit Wärme und Strom (Jahresbilanz)
- SOLINK-PVT-Kollektor wird seit 2018 in Serie produziert und vermarktet
- Solar-Keymark-Prüfung für PVT-Kollektor läuft
- Untersuchungen zum Wärmeübergang im Feld laufen (Außenteststand IGTE)
- Simulationsmodelle aufgebaut und validiert
- Simulationsstudien für Erweiterung Kühlkonzepte in Arbeit



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Projektvorstellung SOLINK



**Dipl.-Ing. Sebastian Asenbeck**

E-Mail [sebastian.asenbeck@igte.uni-stuttgart.de](mailto:sebastian.asenbeck@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63618

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# Kostenreduktion in der Solarthermie durch standardisierte Komponenten und Schnittstellen

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

04.04.2019

Dipl.-Ing.  
Stephan Bachmann



- **Laufzeit: 1.4.2016 – 30.06.2019**
- **Verbundprojektpartner**  
Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)  
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)
- **Assoziierte Partner**  
BSW: Bundesverband für Solarwärme e.V.  
DIBt: Deutsches Institut für Bautechnik  
ZVDH: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerk
- **Industriepartner**  
CitrinSolar GmbH, emz-Hanauer GmbH & Co. KGaA, Ernst-Schweizer AG, Metallbau,  
GREENoneTEC Solarindustrie GmbH, KBB Kollektorbau GmbH, Ritter Energie- und  
Umwelttechnik GmbH und Co. KG, Solvis GmbH und Co. KG

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



### **Problem der Solarthermie:**

Wärmepreise [€/kWh] sind im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugungstechnologien zu hoch

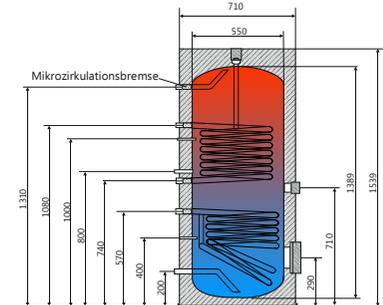
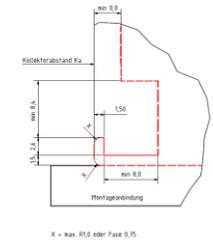
### **Lösung bzw. Ziel:**

Reduzierung der solaren Wärmegestehungskosten um ca. 40 % zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Solarthermie

durch:

- Standardisierung von Komponenten wie Kollektoren, Speichern, Regelungen und Montagesystemen
- Reduktion der Herstellkosten durch eine Vereinheitlichung und verstärkte Massenfertigung
- Steigerung der thermischen Leistungsfähigkeit der Anlagen durch die Vermeidung von Installationsfehlern

- Standardflachkollektor: Abmessungen, Schnittstelle Montagesystem, keine Tauchhülse im Kollektor, Größe und Art der Anschlüsse
- Standardtrinkwasser- und Kombispeicher: Volumen, Durchmesser, Anschlüsse, Wärmedämmkonzept
- Standardsolarstation: Anschlüsse, Achsabstand, Anordnung der Komponenten, Wärmedämmkonzept
- Standardregler: Mindestfunktionen, Installationsassistent, werkzeuglose Kabelmontage, einheitliche Bezeichnung der Anschlüsse
- Definition eines solaren Wärmepreises  $(LCoH)_{solar}$ : Reduktion um ca.  $\frac{1}{4}$  im Vergleich zur Referenzanlage durch leistungsfähigere Komponenten



Weitere Informationen: <http://www.bine.info/>  
<http://task54.iea-shc.org/>



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Kostenreduktion in der Solarthermie durch standardisierte Komponenten und Schnittstellen



**Dipl.-Ing. Stephan Bachmann**

E-Mail [stephan.bachmann@igte.uni-stuttgart.de](mailto:stephan.bachmann@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63203

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



Dipl.-Ing.  
Stephan Bachmann

# Vorstellung EU-Projekt ECOTEST

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

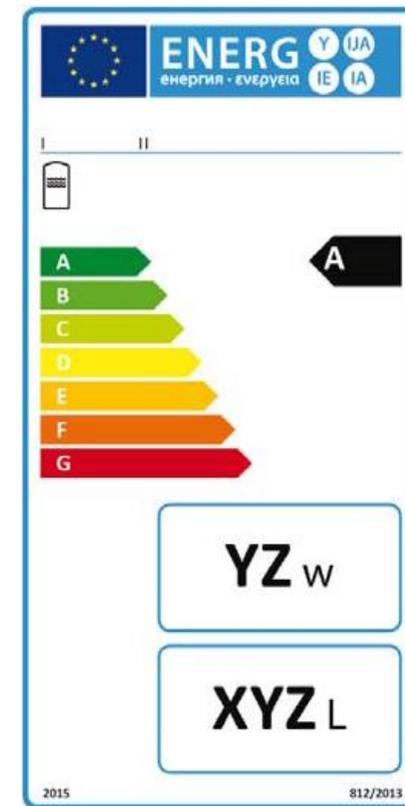
am 04.04.2019



# Projektvorstellung ECOTEST

## Allgemeines

- Prüfung von Gas-/ Ölheizgeräten, Wärmepumpen, solarthermischen Anlagen nach europäischen Normen vor dem Hintergrund der Energieeffizienzkenzeichnung
- Ziele: Überprüfung der angewandten Normen und der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse durch verschiedene Institute
- Ermittlung von zulässigen Toleranzen für die Marktüberwachung, Ableitung von Verbesserungsvorschlägen für die verwendeten Normen
- Projektkoordination: Danish Gas Technology Centre
- Laufzeit: 30.09.2017 bis 16.06. 2019
- 22 Projektpartner aus 12 EU-Ländern, u. a. ISE, SPF, TÜV, Wärmepumpenzentrum Buchs, HLK, DVGW-Forschungsstelle, CETIAT (FR), KIWA (UK), APPLUS Laboratories (ES)



# Projektvorstellung ECOTEST

## WP8 Solare Erwärmanungsanlagen

- Prüfung einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung nach EN 12975 und EN 12976 und einer Kombianlage nach EN 12977 ISE, SPF, von IGTE
- Bestimmung der Jahresenergieeffizienz
- Ableitung von Parametern, die den größten Einfluss auf das Ergebnis haben, Ableitung von verbesserten Prüfverfahren
- Prüfungen sind abgeschlossen und ausgewertet

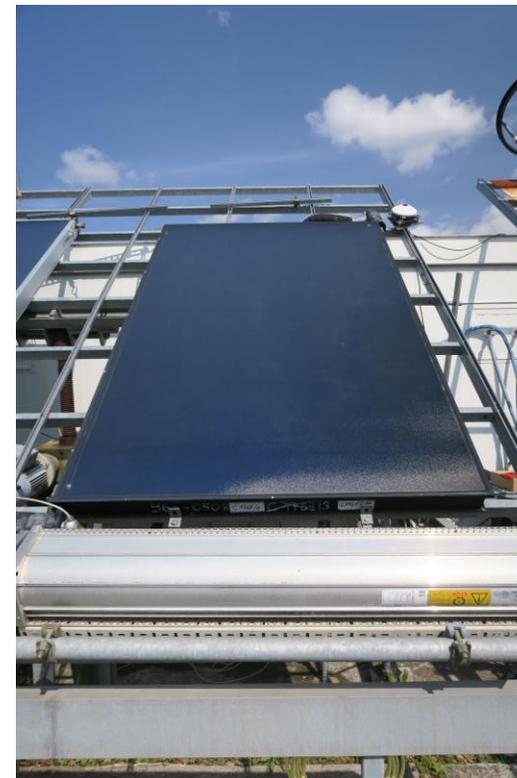


# Projektvorstellung ECOTEST

## WP8 Ergebnisse

- Meist gute Übereinstimmung der Ergebnisse
- Probleme durch Zulassung verschiedener Prüfverfahren
- Unterschiedliche Interpretation der Normschriften
- Terminologie nicht eindeutig

Umsetzung durch das europäische Normungskomitee CEN TC 312





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# Vorstellung EU-Projekt ECOTEST



**Dipl.-Ing. Stephan Bachmann**

E-Mail [stephan.bachmann@igte.uni-stuttgart.de](mailto:stephan.bachmann@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 63203

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart



Arbeitsgruppe

# **Thermische Energiespeicher Simulation**



**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



# AG TES-Sim: Thermische Energiespeichersimulation

1. IGTE-FORUM 2019 in Stuttgart

am 04.04.2019

Micha Schäfer,  
M.Sc.



## Forschungsschwerpunkte

- Identifikation der relevanten Subskalenprozesse in thermischen Energiespeichern
- Entwicklung von detaillierten Simulationsmodellen auf Basis der Subskalenprozesse
- Implementierung der Modelle in Speichersimulationen für die Ingenieursanwendung

## Beispiel: Agglomeration in thermo-chemischen Energiespeichern



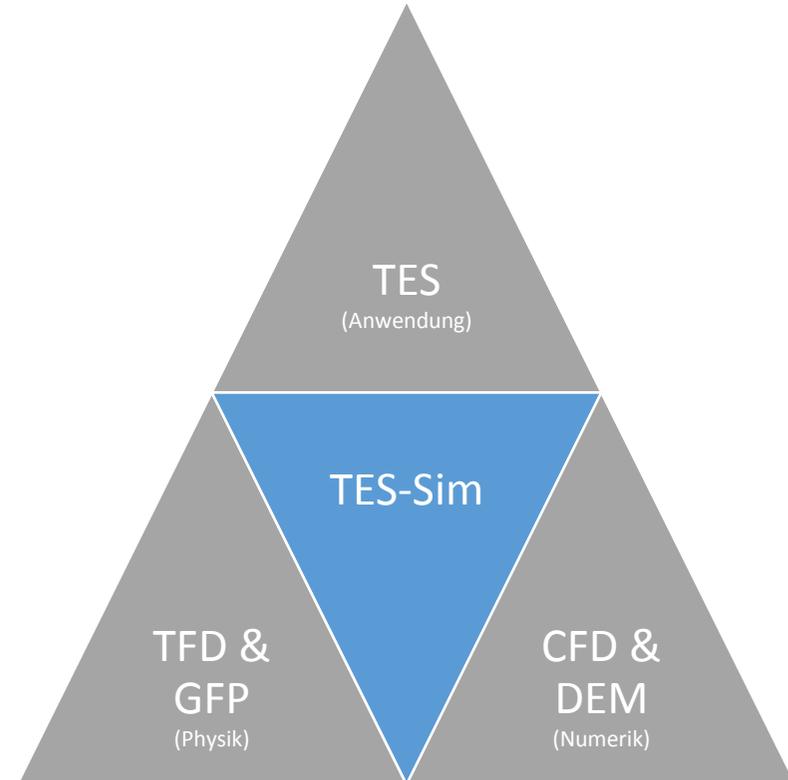
Quelle: Matthias Schmidt, DLR



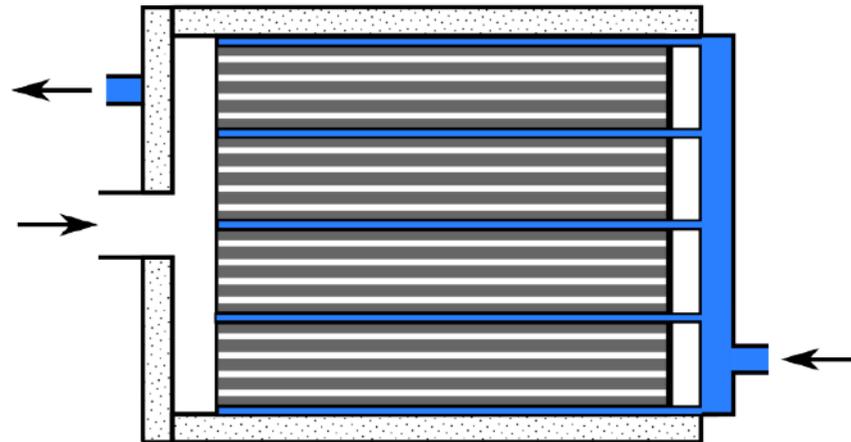
Quelle: Matthias Schmidt, DLR

## Angrenzende Forschungsbereiche

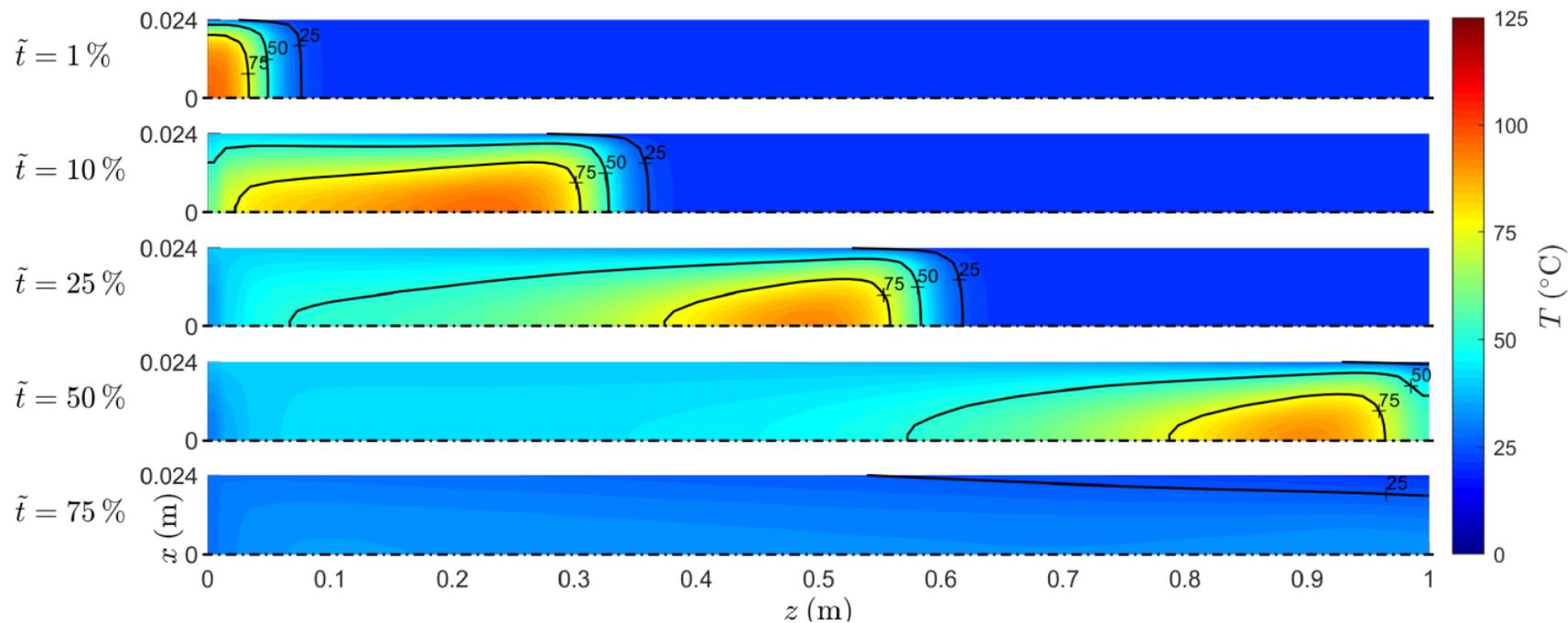
- Anwendungsforschung:  
Thermische Energiespeicher (TES)
- Physikalische Grundlagenforschung:  
Thermo-Fluid-Dynamik (TFD) und  
Grenzflächenphysik (GFP)
- Numerische Methoden:  
Computational Fluid Dynamics (CFD) und  
Discrete Element Method (DEM)



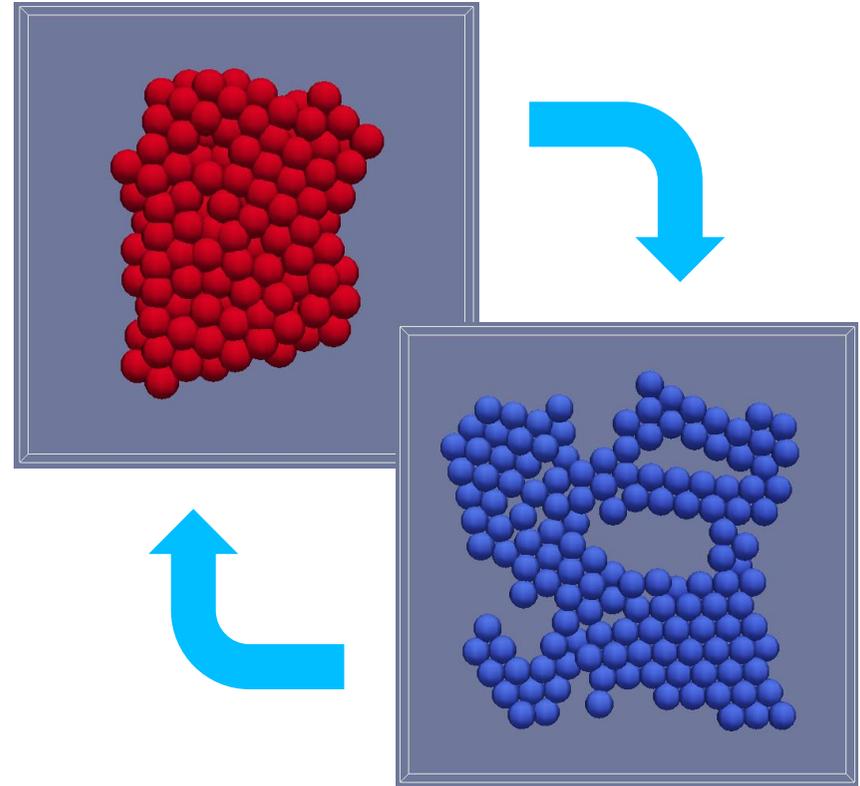
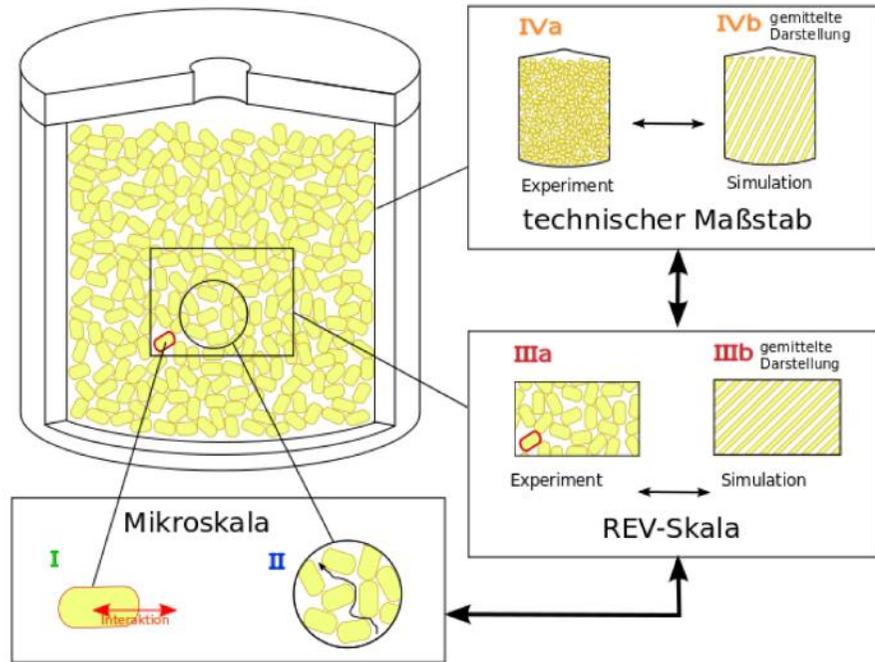
## Thermische Energiespeicherung mit Zeolith



## Thermische Energiespeicherung mit Zeolith



## Thermische Energiespeicherung mit Kalk





**Universität Stuttgart**

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

# AG TES-Sim: Thermische Energiespeichersimulation



**Micha Schäfer, M.Sc.**

E-Mail [schaefer@igte.uni-stuttgart.de](mailto:schaefer@igte.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685 - 62662

[www.igte.uni-stuttgart.de](http://www.igte.uni-stuttgart.de)

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart

