

TLK Energy GmbH

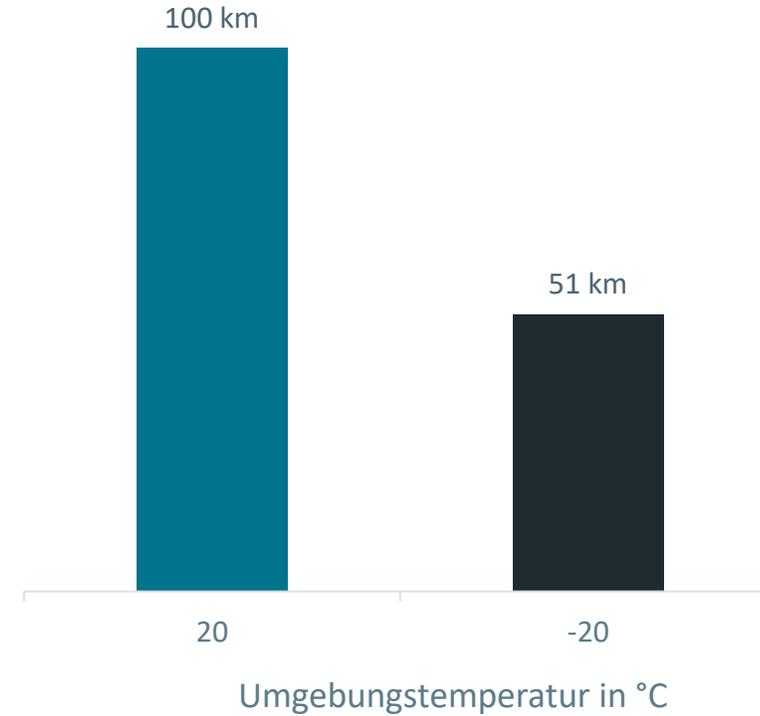
# MODELLGESTÜTZTE UNTERSUCHUNG BATTERIEELEKTRISCHER BUSSE ZUR INTEGRATION THERMISCHER SPEICHER

---

Sebastian Küpper, Stefan Rauscher, Franz Lanzerath

22.09.2020

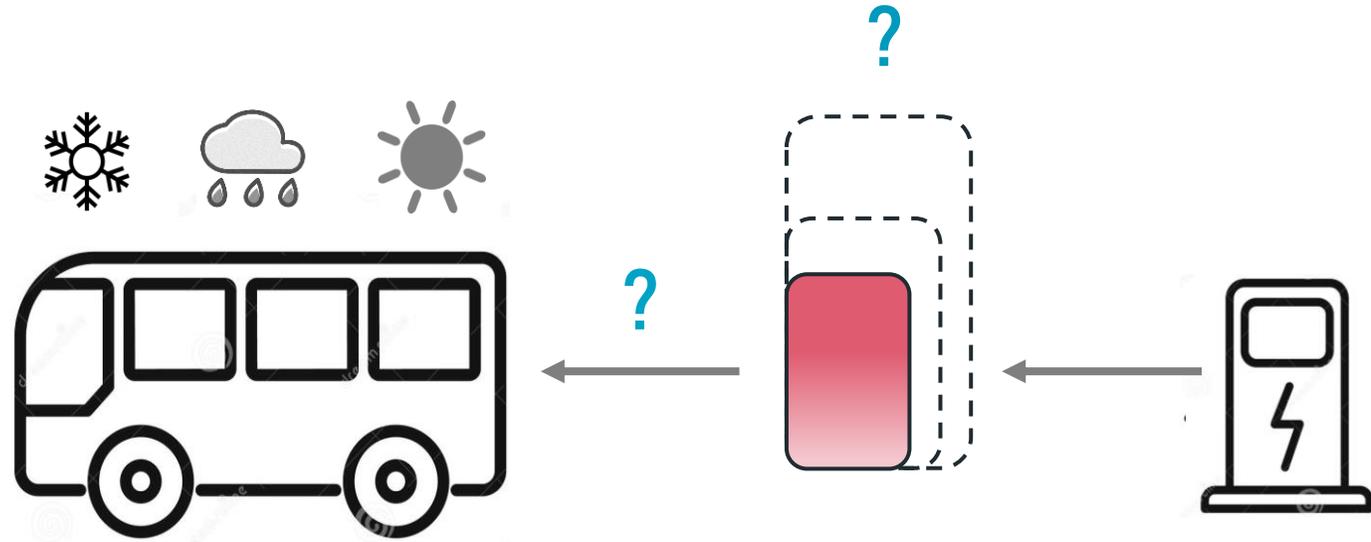
# REICHWEITENVERLUST VON BEV AUFGRUND ELEKTRISCHER BEHEIZUNG



<https://electrek.co/2019/03/22/mercedes-benz-electric-esprinter-van-specs-launch/#jp-carousel-87920>

Quelle: Präsentation: Valeo – „Beheizungsstrategien für Elektrobusse“

# LÖSUNGSANSATZ: ZUSÄTZLICHE WÄRMEQUELLE

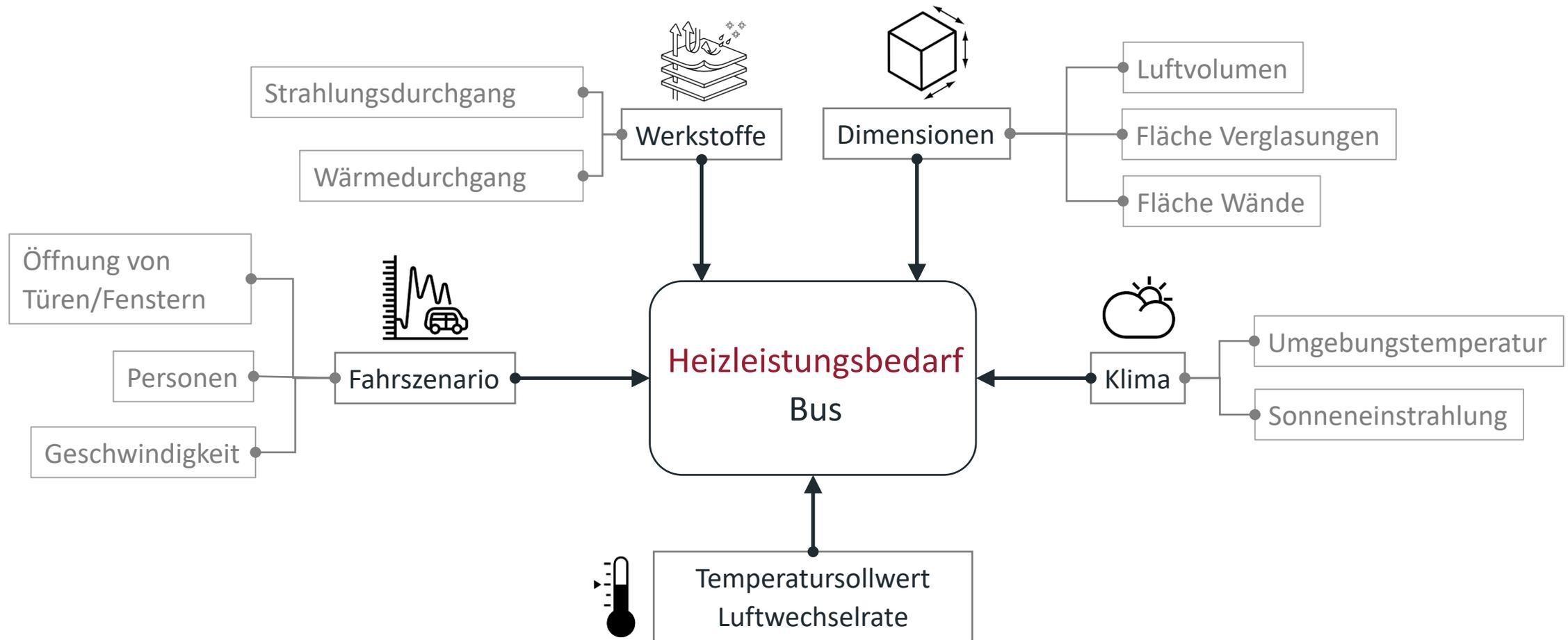


+ Entlastung der Batterie

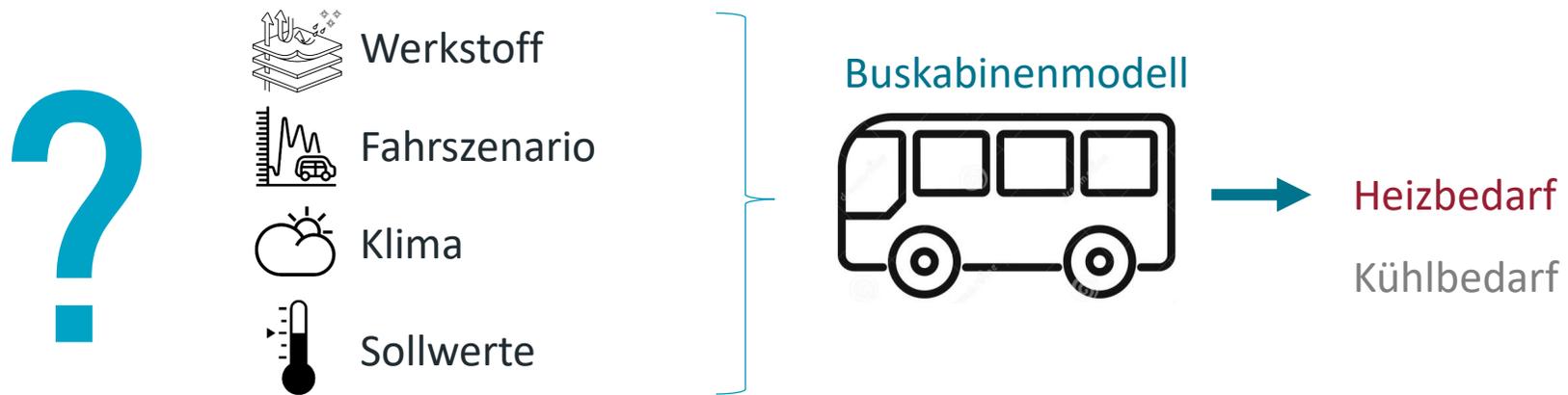
⊘ Zusätzliche Masse

Welche Heizleistung muss bereitgestellt werden?

# PHYSIKALISCHE EINFLÜSSE AUF DEN HEIZLEISTUNGSBEDARF



# METHODE: SIMULATION VON HEIZBEDARF MIT MODELL

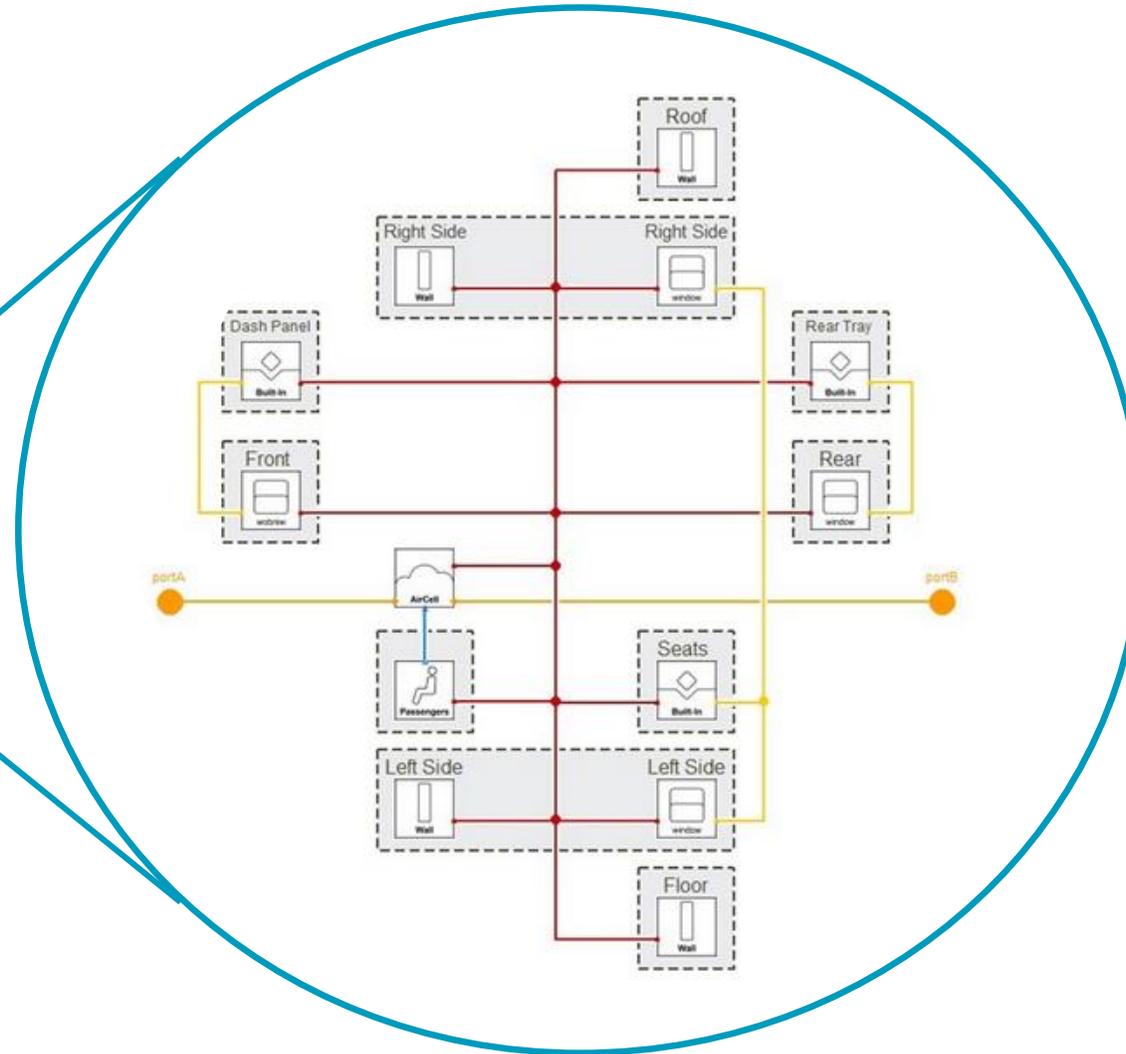
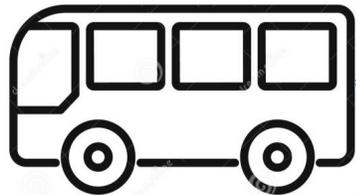


# MODELLIERUNG DER BUSKABINE ALS THERMISCHES NETZWERK

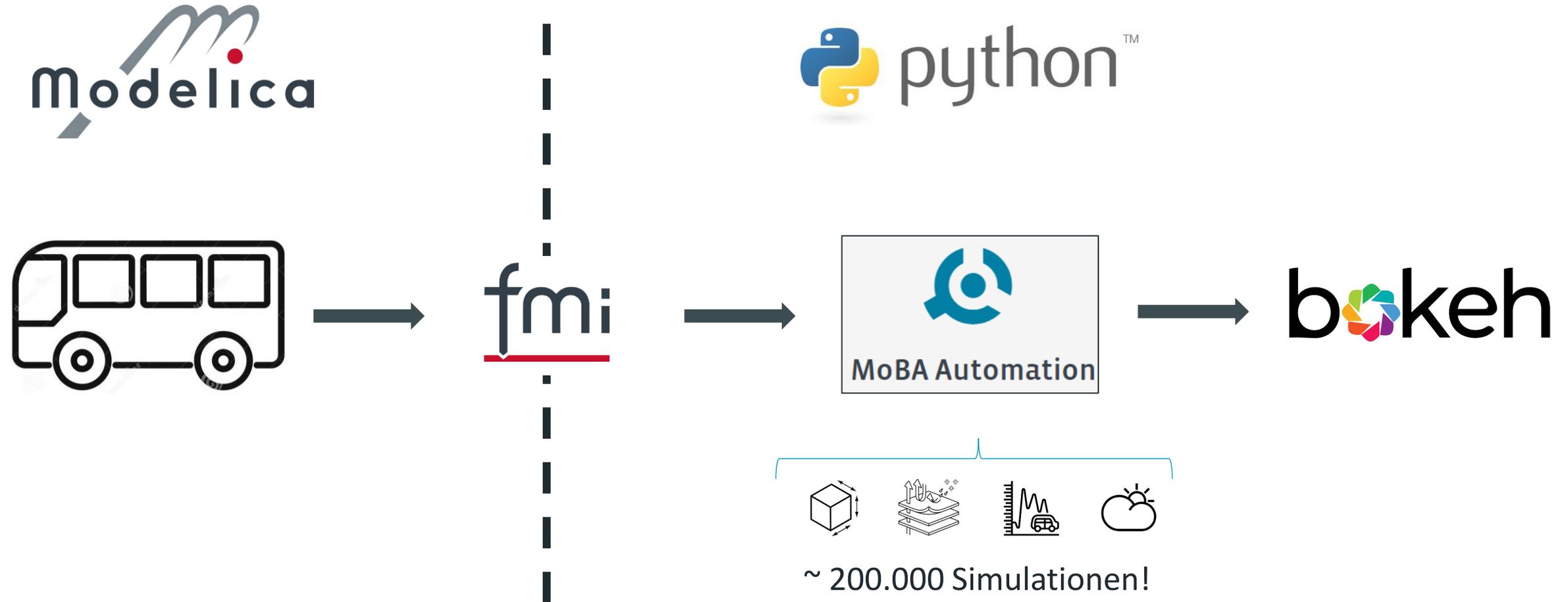


Add-on Cabin

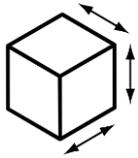
Buskabinenmodell



# ABLAUF DER PARAMETERSTUDIEN



# VARIIERTE PARAMETER



Dimensionen  
*e.GO Mover*



Wärmedurchgang Wände  
*0.5-3.5 W/(m<sup>2</sup>K)*

Wärmedurchgang Verglasungen  
*100-160 W/(m<sup>2</sup>K)*

Strahlungsdurchgang Verglasungen  
*30-90 %*



Luftaustausch  
*0-75 1/h*

Personen  
*0-100 %*



Sonneneinstrahlung  
*0-500 W/(m<sup>2</sup>K)*

Umgebungstemperatur  
*-15 .. 35 °C*

# MOBA AUTOMATION

- Automatisierung von Arbeitsabläufen
  - Python basiert
  - Grafische Oberfläche
  - Geringer Programmieraufwand
  - Reduzierte Fehleranfälligkeit
- Spart Zeit und Geld

The screenshot displays the MOBA Automation software interface. The main window shows a workflow diagram with the following steps: 'read Constant Values' (document icon) → 'simulate Compressor Model' (cylinder icon) → 'visualize in DaVE' (cylinder icon) → 'filter failed Simulations' (link icon) → 'check Simulation Results' (magnifying glass icon) → 'assemble Final Values' (gear icon) → 'merge Data Files' (gear icon) → 'VectorLinePlot' (line plot icon). The left sidebar contains a 'Task Library' with categories like 'StandardTaskLibrary', 'Visualization', and 'Reports'. The right sidebar shows 'Subtasks' and 'Documentation' for the selected task, listing steps like 'read Constant Values', 'simulate Compressor Model', 'check Simulation Results', 'filter failed Simulations', 'assemble Final Values', 'visualize in DaVE', 'merge Data Files', and 'VectorLinePlot'.

# BOKEH

- Python library
- Interactive visualization
- For modern web browsers
- <https://docs.bokeh.org/>



```
from bokeh.plotting import figure, output_file, show

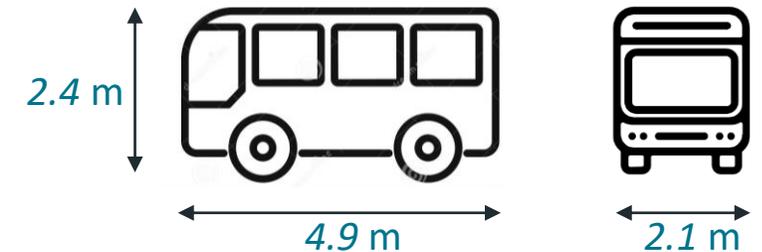
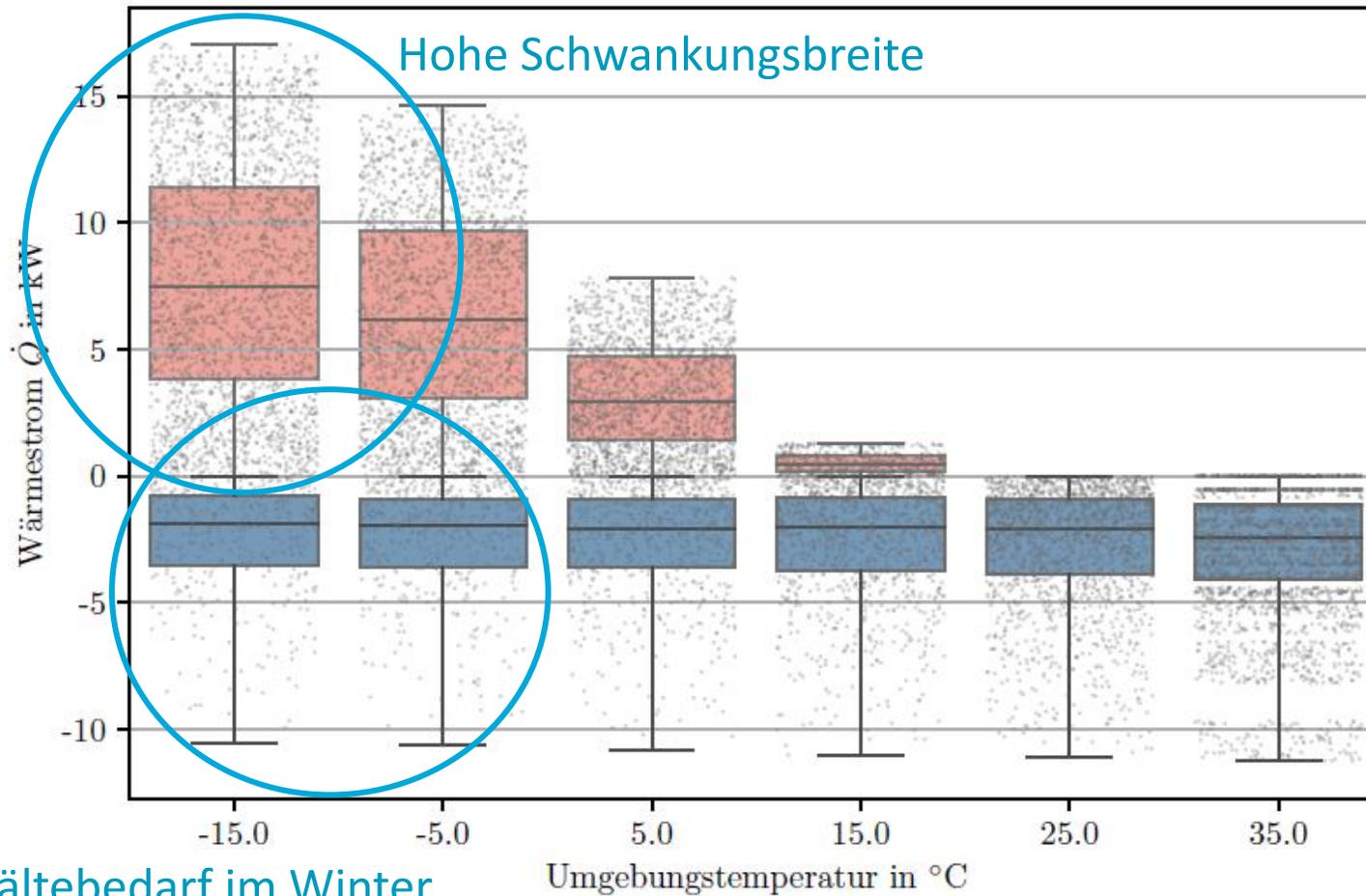
# output to static HTML file
output_file("line.html")

p = figure(plot_width=400, plot_height=400)

# add a circle renderer with a size, color, and alpha
p.circle([1, 2, 3, 4, 5], [6, 7, 2, 4, 5], size=20, color="navy", alpha=0.5)

# show the results
show(p)
```

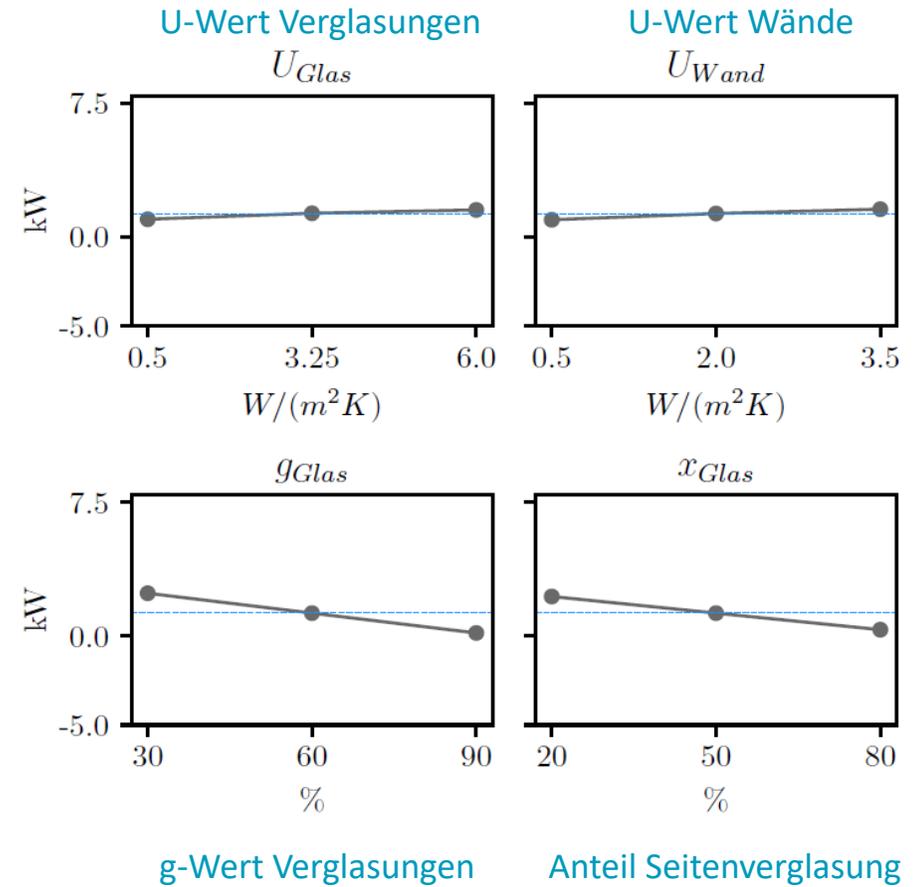
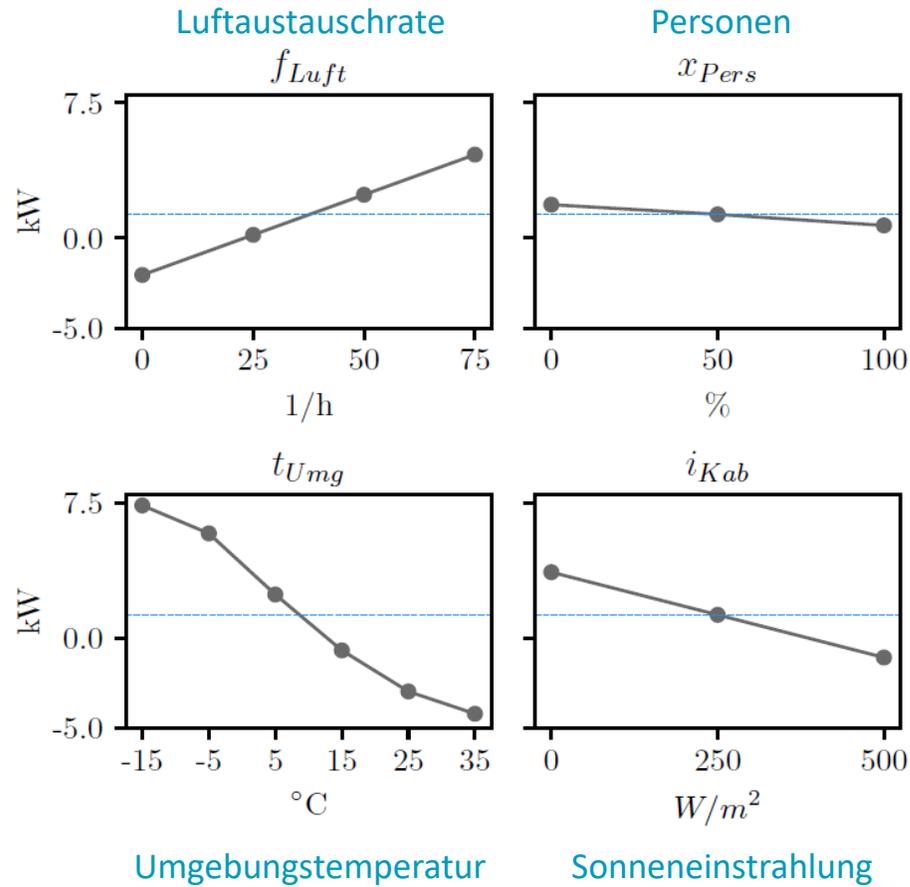
# ERGEBNISSE DER (VOLLFAKTORIELLEN) PARAMETERSTUDIE



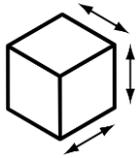
Vollfaktorielle Parameterstudie!  
→ muss sinnvoll gefiltert werden

[Interactive Bokeh-Plot](#)

# EFFEKTANALYSE: ABLEITUNG DER EINFLUSSREICHSTEN PARAMETER



# PARAMETEREINSTELLUNGEN NACH EINGRENZUNG



Dimensionen  
*e.GO Mover*



Wärmedurchgang Wände  
~~0.5-3.5 W/(m<sup>2</sup>K)~~  
2.75 W/(m<sup>2</sup>K)

Wärmedurchgang Verglasungen  
~~100-160 W/(m<sup>2</sup>K)~~  
15 W/(m<sup>2</sup>K)

Strahlungsdurchgang Verglasungen  
~~30-90 %~~  
45 %



Luftaustausch  
~~0-75 1/h~~  
10-40 1/h

Personen  
0-100 %



Sonneneinstrahlung und  
Umgebungstemperatur  
*Wetterdaten aus TRY Aachen*  
(8760 h)

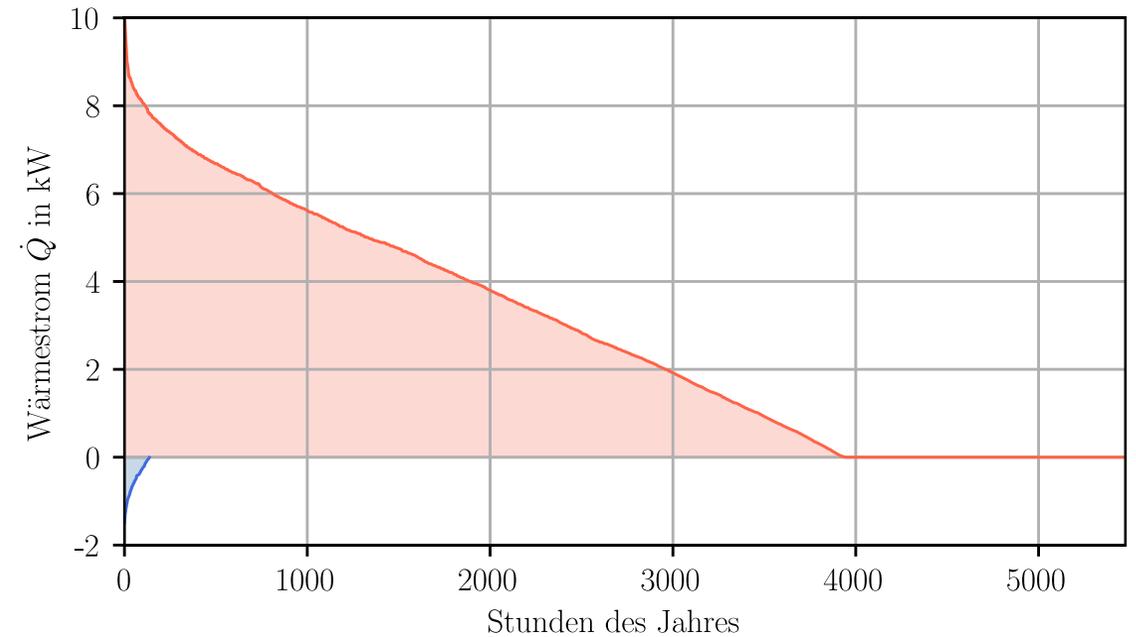
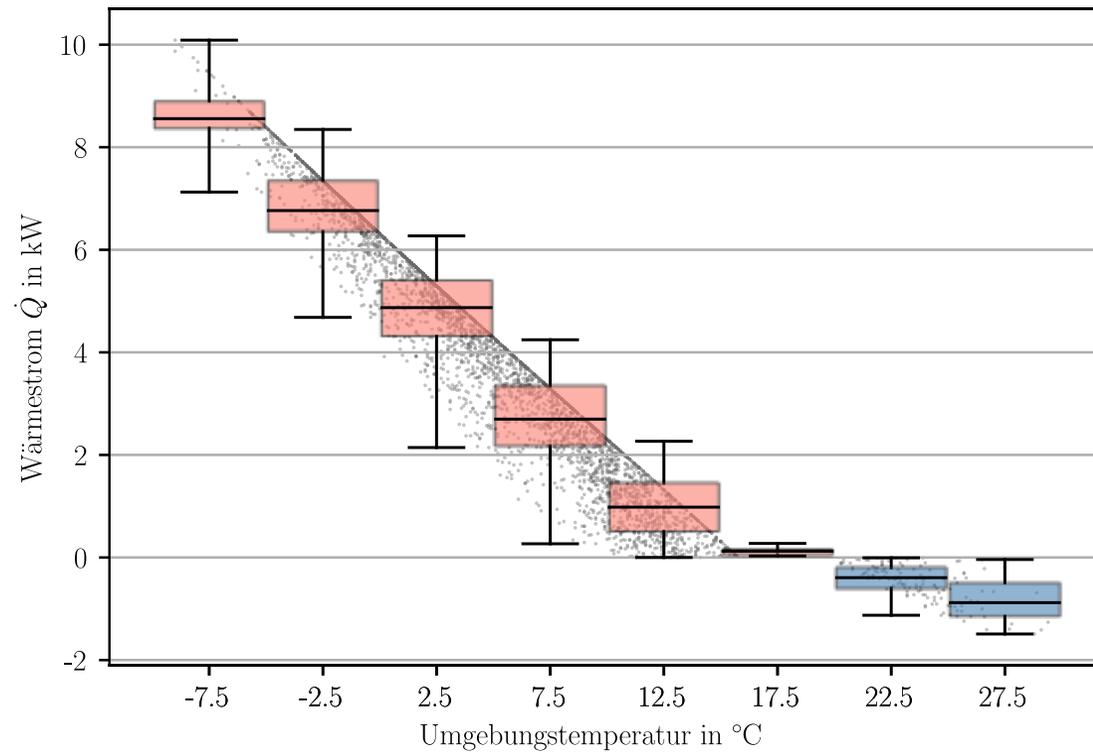
# HEIZLEISTUNGSBEDARF MIT EINGESCHRÄNKTEN PARAMETERN UND WETTERDATEN

## Szenario:

Zeitfenster: 6:00 – 20:00 Uhr (5475 h)

Personenbeladung: 50 %

Luftaustauschrate: 40 1/h



# ZUSAMMENFASSUNG

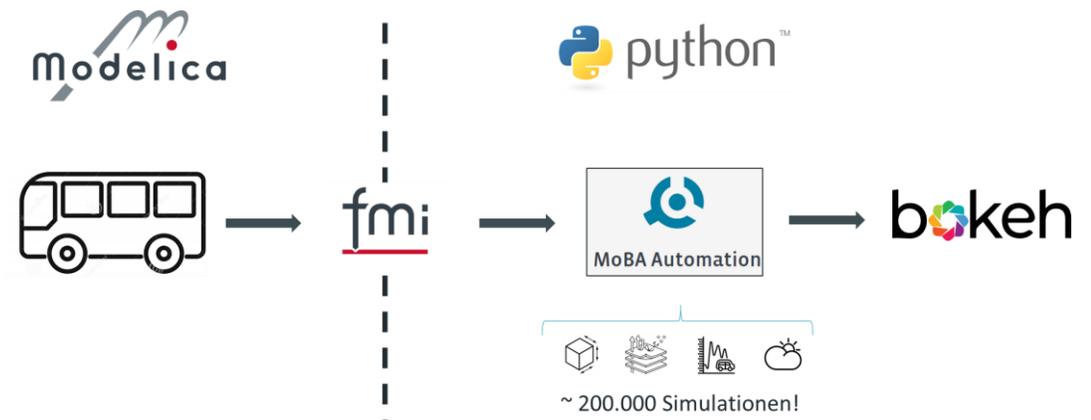
- Werkzeugkette für Large-Scale-Parameterstudien (> 100.000 Simulationen)
- Hier: Heiz- und Kühlbedarf eines elektrischen Kleinbusses
- Starke Abhängigkeit von Umgebungstemperatur, Sonneneinstrahlung und Luftwechsel

## Einschränkungen/Einschränkungen?

- Werkzeugkette erfordert Expertenwissen (Modelica + Python)

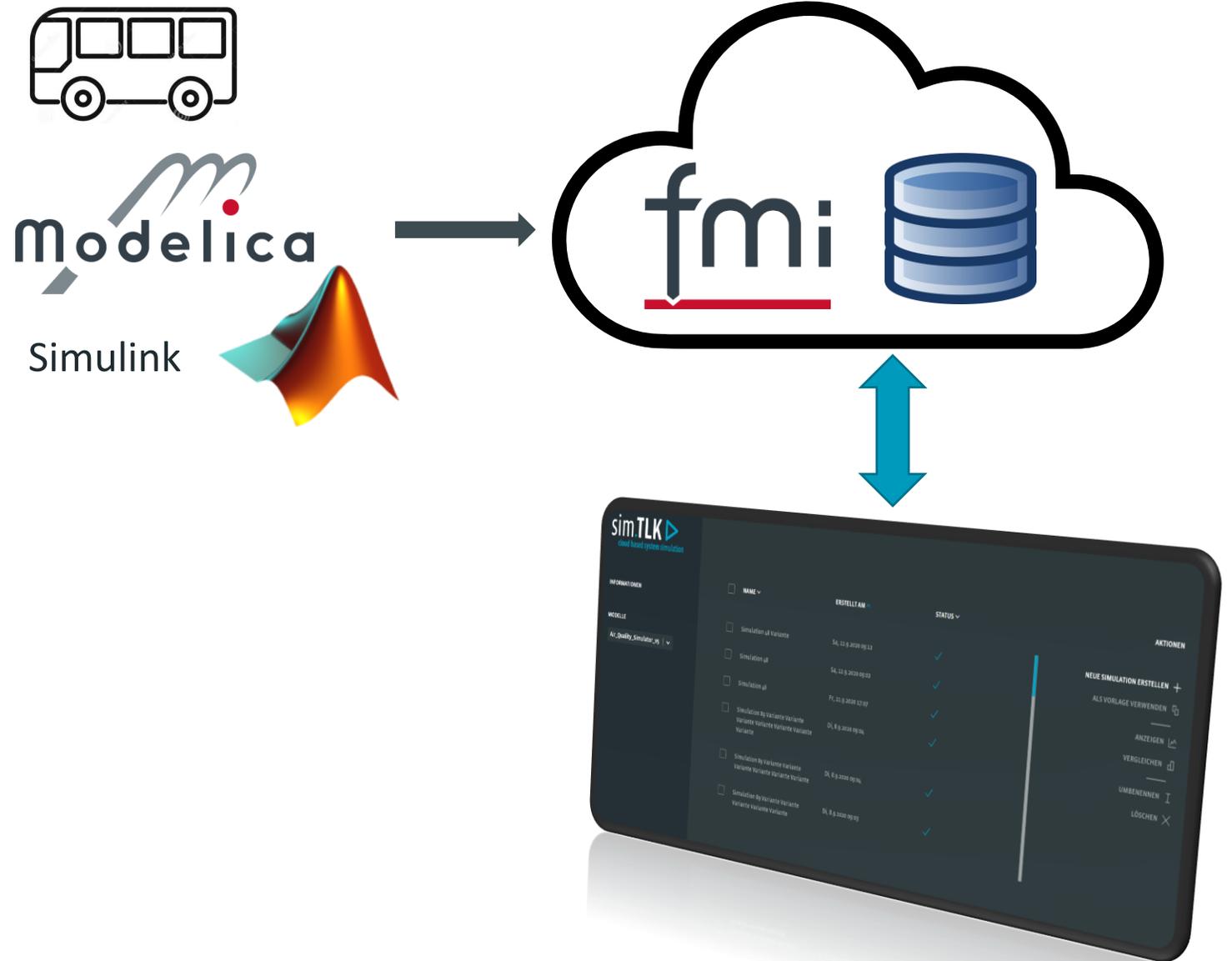
## Lösungsansatz

- Web-Based Simulation
- Motto: Jeder kann simulieren!



## WEB-BASED SIMULATIONS

- Plattformunabhängig!
  - Client: Web-Browser + Internet
  - Simulation: FMU
- Intuitive Parametrierung,  
Interaktive Visualisierung
- <https://tda.tlk-energy.de/>  
(Gebäudesimulation)
- <https://sim.tlk-energy.de/>  
(allgemeiner Simulator)



# SIM.TLK: DASHBOARD

The screenshot displays the SIM.TLK dashboard interface. On the left, there is a sidebar with the logo 'sim.TLK cloud based system simulation' and a section titled 'MODELLE' containing a dropdown menu with 'Online\_Bus\_Simulator'. The main area features a table with columns for 'NAME', 'ERSTELLT AM', 'STATUS', and 'AKTIONEN'. The table lists three simulation entries: 'Simulation 51' (created 16.9.2020 17:45), 'Simulation 50' (created 15.9.2020 15:48), and 'Simulation 49' (created 14.9.2020 16:08). All three have a green checkmark in the status column. To the right of the table, there is a vertical list of actions: 'NEUE SIMULATION ERSTELLEN +', 'ALS VORLAGE VERWENDEN [icon]', 'ANZEIGEN [icon]', 'VERGLEICHEN [icon]', 'UMBENENNEN [icon]', and 'LÖSCHEN [icon]'. At the bottom left of the dashboard, there are links for 'EN', 'Rechtliches', and 'Account'.

| <input type="checkbox"/> | NAME ▾        | ERSTELLT AM ▲       | STATUS ▾ | AKTIONEN                     |
|--------------------------|---------------|---------------------|----------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Simulation 51 | Mi, 16.9.2020 17:45 | ✓        | NEUE SIMULATION ERSTELLEN +  |
| <input type="checkbox"/> | Simulation 50 | Di, 15.9.2020 15:48 | ✓        | ALS VORLAGE VERWENDEN [icon] |
| <input type="checkbox"/> | Simulation 49 | Mo, 14.9.2020 16:08 | ✓        | ANZEIGEN [icon]              |

NEUE SIMULATION ERSTELLEN +  
ALS VORLAGE VERWENDEN [icon]  
ANZEIGEN [icon]  
VERGLEICHEN [icon]  
UMBENENNEN [icon]  
LÖSCHEN [icon]

EN | Rechtliches | Account

# SIM.TLK RESULT VIEW

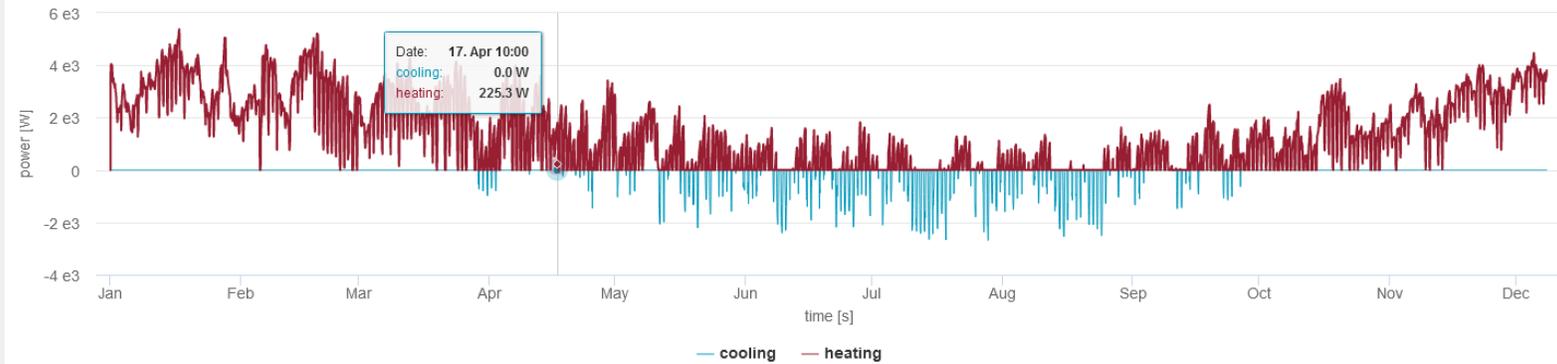
**sim.TLK**   
cloud based system simulation

-  OVERVIEW
-  HEATING AND COOLING SOLAR FILTER
-  HEATING AND COOLING TIME FILTER
-  PARAMETER
-  ZURÜCK ZUM DASHBOARD

N | Rechtliches | Account

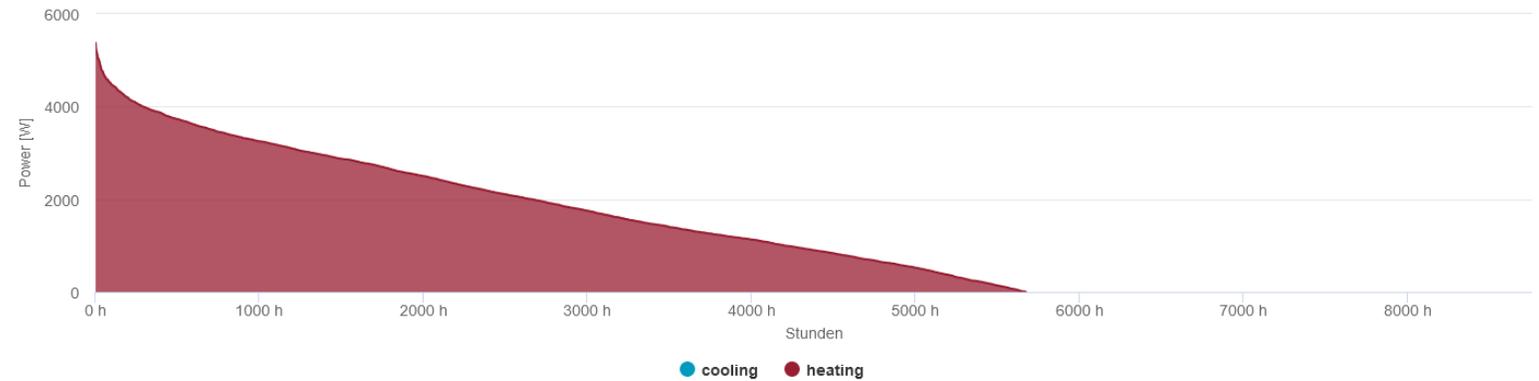
Overview (Simulation 51)

Heating and Cooling



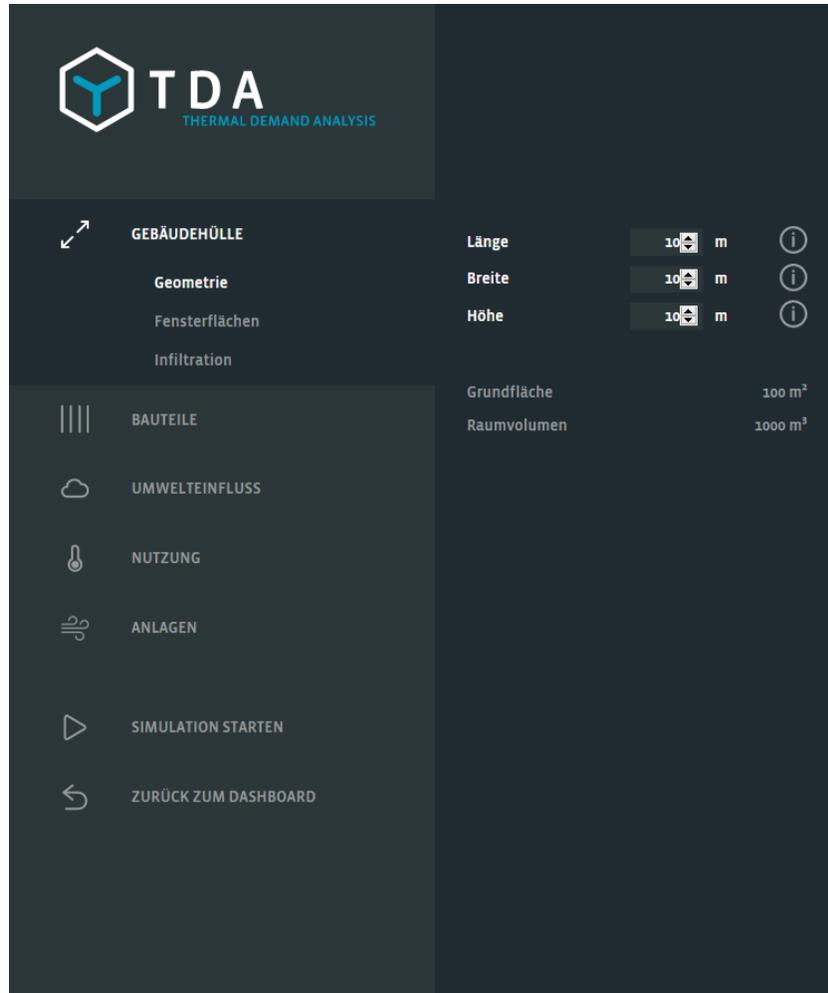
— cooling — heating

Jahresdauerlinien



● cooling ● heating

# TDA: PARAMETRIERUNG



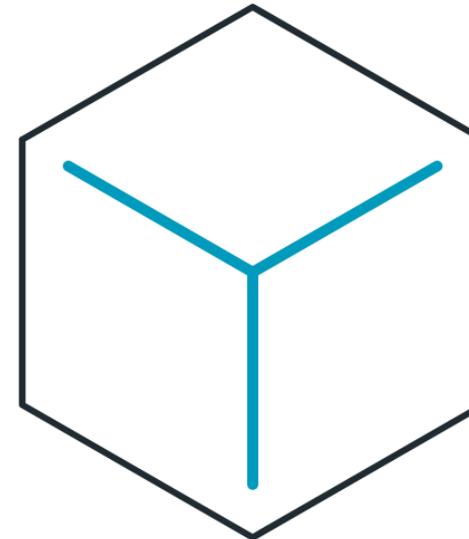
The screenshot displays the TDA (Thermal Demand Analysis) software interface. The top left corner features the TDA logo and the text "TDA THERMAL DEMAND ANALYSIS". The main interface is divided into a left sidebar with navigation options and a central parameter configuration area.

**Navigation Sidebar:**

- GEBÄUDEHÜLLE (selected)
- Geometrie
- Fensterflächen
- Infiltration
- BAUTEILE
- UMWELTEINFLUSS
- NUTZUNG
- ANLAGEN
- SIMULATION STARTEN
- ZURÜCK ZUM DASHBOARD

**Parameter Configuration Area:**

| Parameter   | Value | Unit                | Info Icon |
|-------------|-------|---------------------|-----------|
| Länge       | 10    | m                   | ⓘ         |
| Breite      | 10    | m                   | ⓘ         |
| Höhe        | 10    | m                   | ⓘ         |
| Grundfläche |       | 100 m <sup>2</sup>  |           |
| Raumvolumen |       | 1000 m <sup>3</sup> |           |



# THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

TLK ENERGY GMBH  
Telefon: +49 241 412 50 645  
E-Mail: [info@tlk-energy.de](mailto:info@tlk-energy.de)  
Web: [www.tlk-energy.de](http://www.tlk-energy.de)