



# Ermittlung von zeitlich und räumlich aufgelösten Wärmebedarfen für sektorgekoppelte Optimierungsmodelle

**Simon Malacek | Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation/TU Graz**

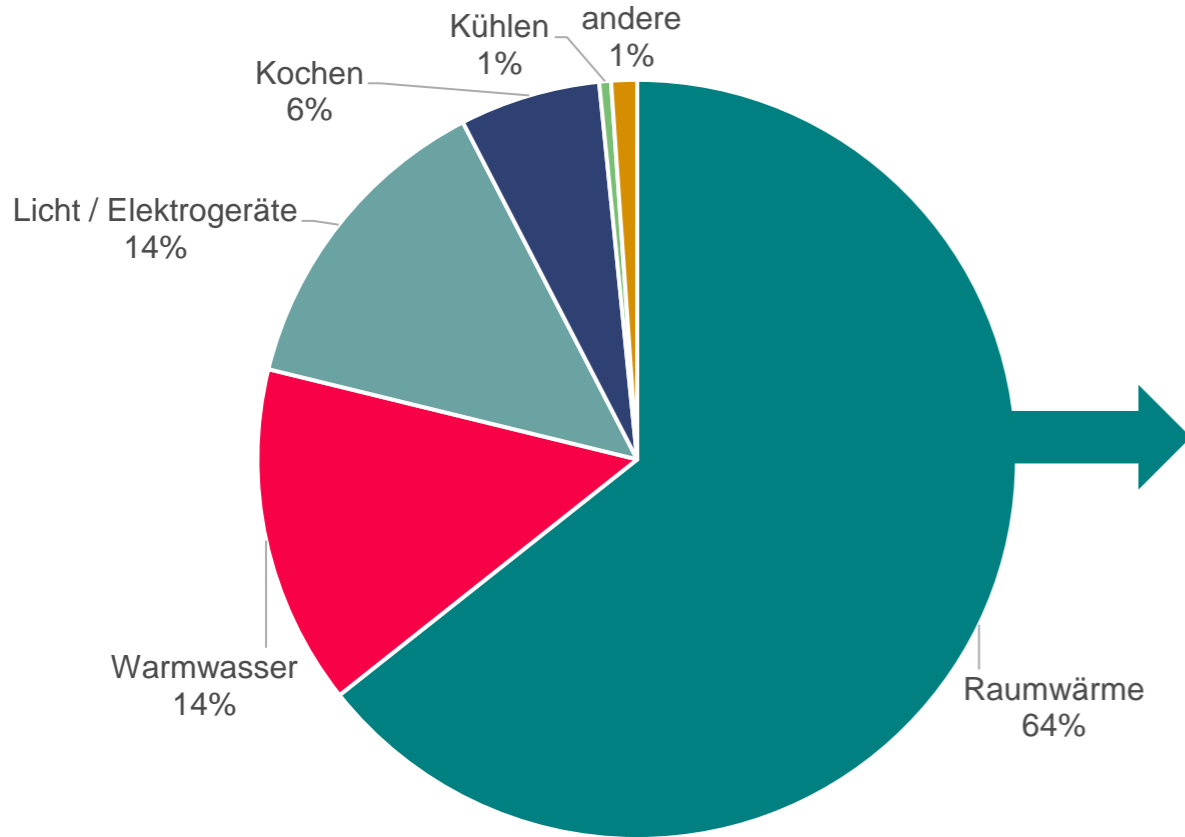
15.02.2024

[www.iee.tugraz.at](http://www.iee.tugraz.at)

# Motivation

# Emissionen im Gebäudesektor

Energienutzung in Haushalten



Nur 23 % davon aus erneuerbaren Quellen

**EU Zielvorgabe:**  
**60 % Reduktion** der Emissionen bis **2030**

Quelle: Eurostat [nrg\\_d\\_hhq](#)

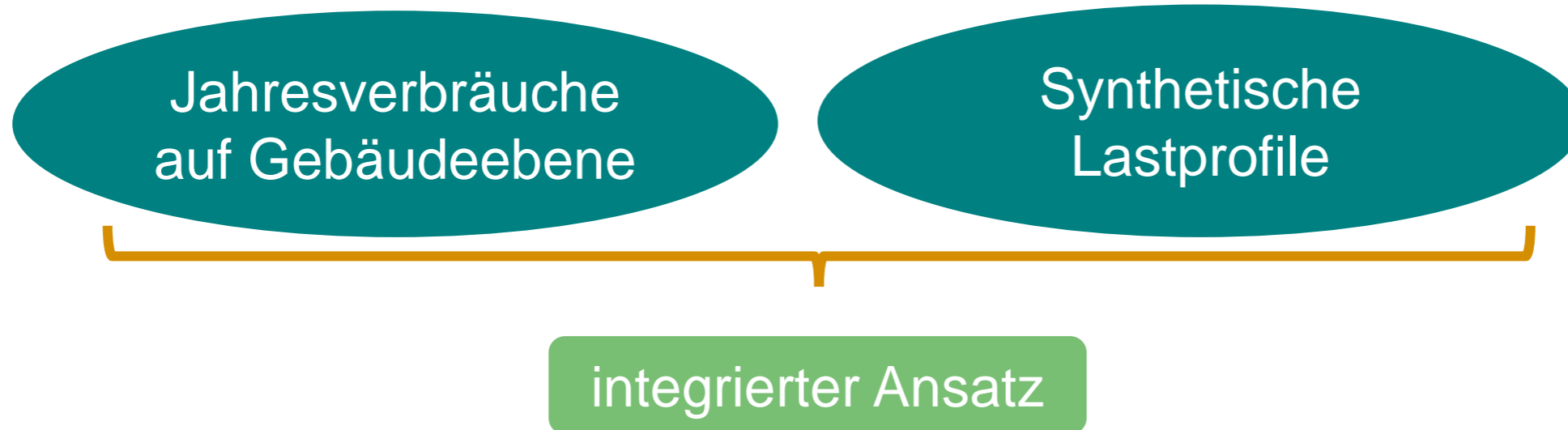
Quelle: Eurostat [nrg\\_in\\_ren](#)

# Optimierungsmodelle – Chancen und Anforderungen

- Sektorübergreifende Lösungen
- Analyse von wechselseitiger Beeinflussung
- Thermische Speicher / Demand Side Management

→ Benötigen als Input: **zeitlich** und **örtlich** hochaufgelöste Wärmebedarfe

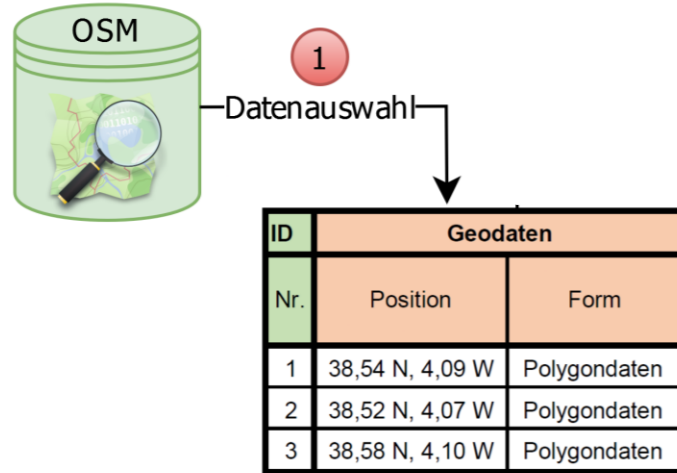
Bestehende Methoden:



# Methodik

für die Ermittlung von  
räumlich und zeitlich  
aufgelösten Wärmebedarfe

# Übersicht Ablauf



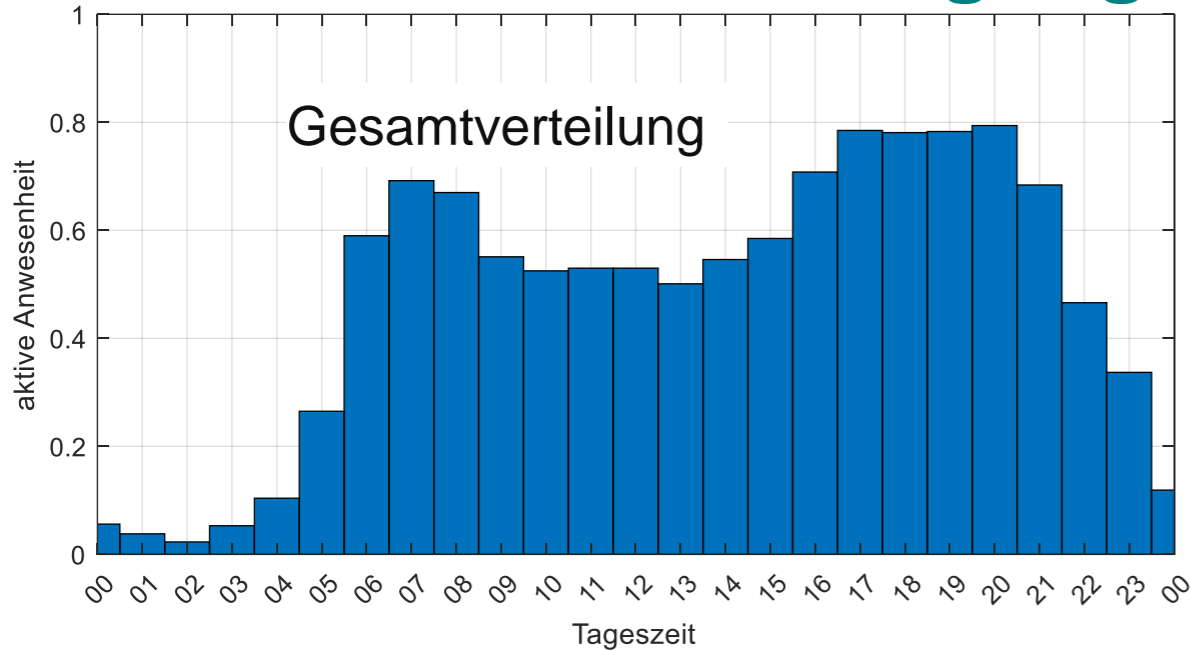
# Schritt 3: Gebäudetypologie

| Baujahr     | Einfamilienhaus | Reihenhaus | Mehrfamilienhaus | Wohnblock |
|-------------|-----------------|------------|------------------|-----------|
| - 1919      |                 |            |                  |           |
| 1919 – 1944 |                 |            |                  |           |
| 1945 – 1960 |                 |            |                  |           |
| 1961 – 1980 |                 |            |                  |           |
| 1981 – 1990 |                 |            |                  |           |
| 1991 – 2000 |                 |            |                  |           |
| 2001 – 2009 |                 |            |                  |           |

Charakteristischer Heizwärmebedarf  
(original / saniert)

Datenquelle: TABULA WebTool im Rahmen der Projekte „TABULA“ und „EPISCOPE“

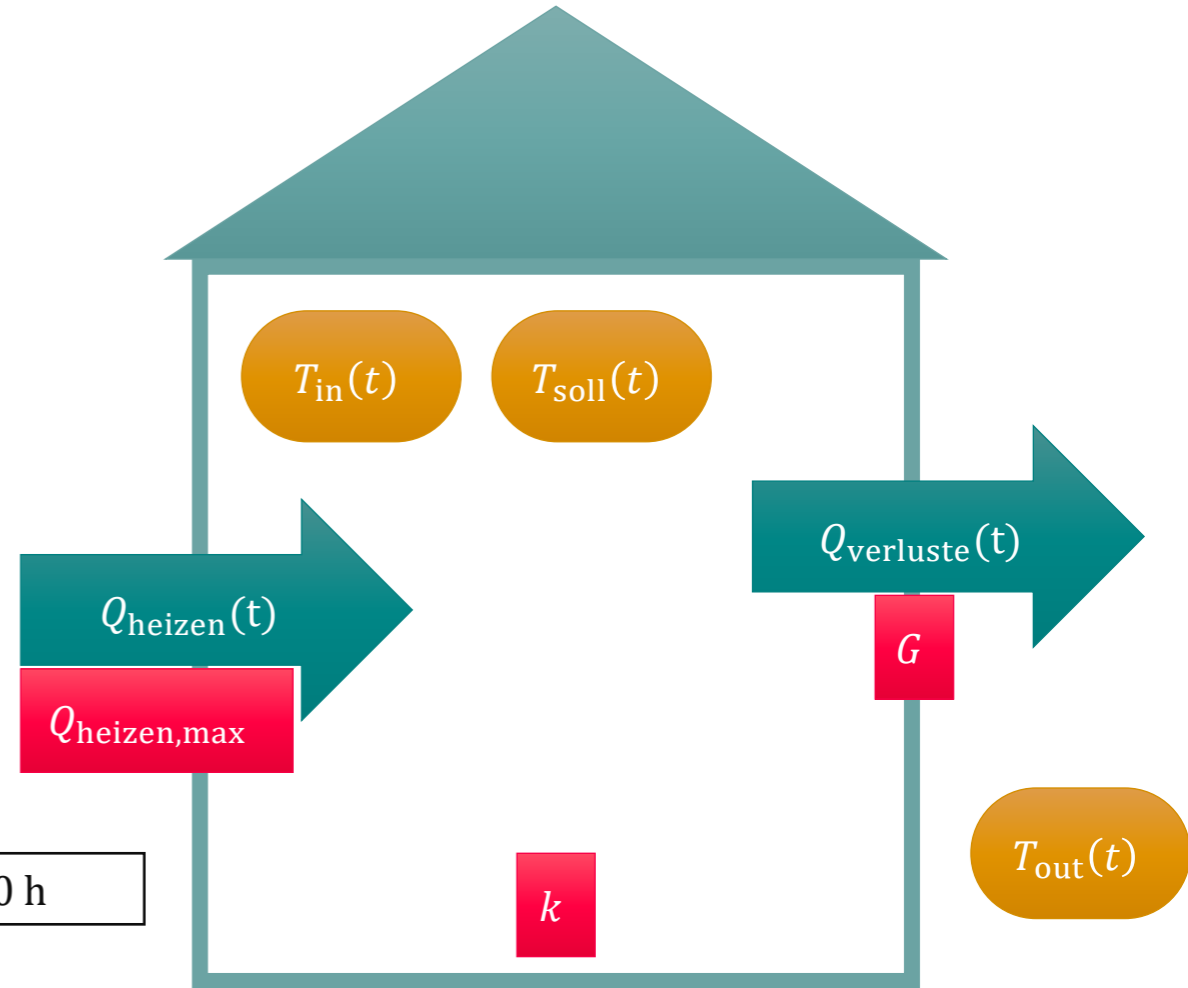
# Schritt 4 und 5: Erzeugung synthetischer Lastprofile



aktive Anwesenheit  
stochastisch generiert  
(Markov-Chain Monte Carlo)

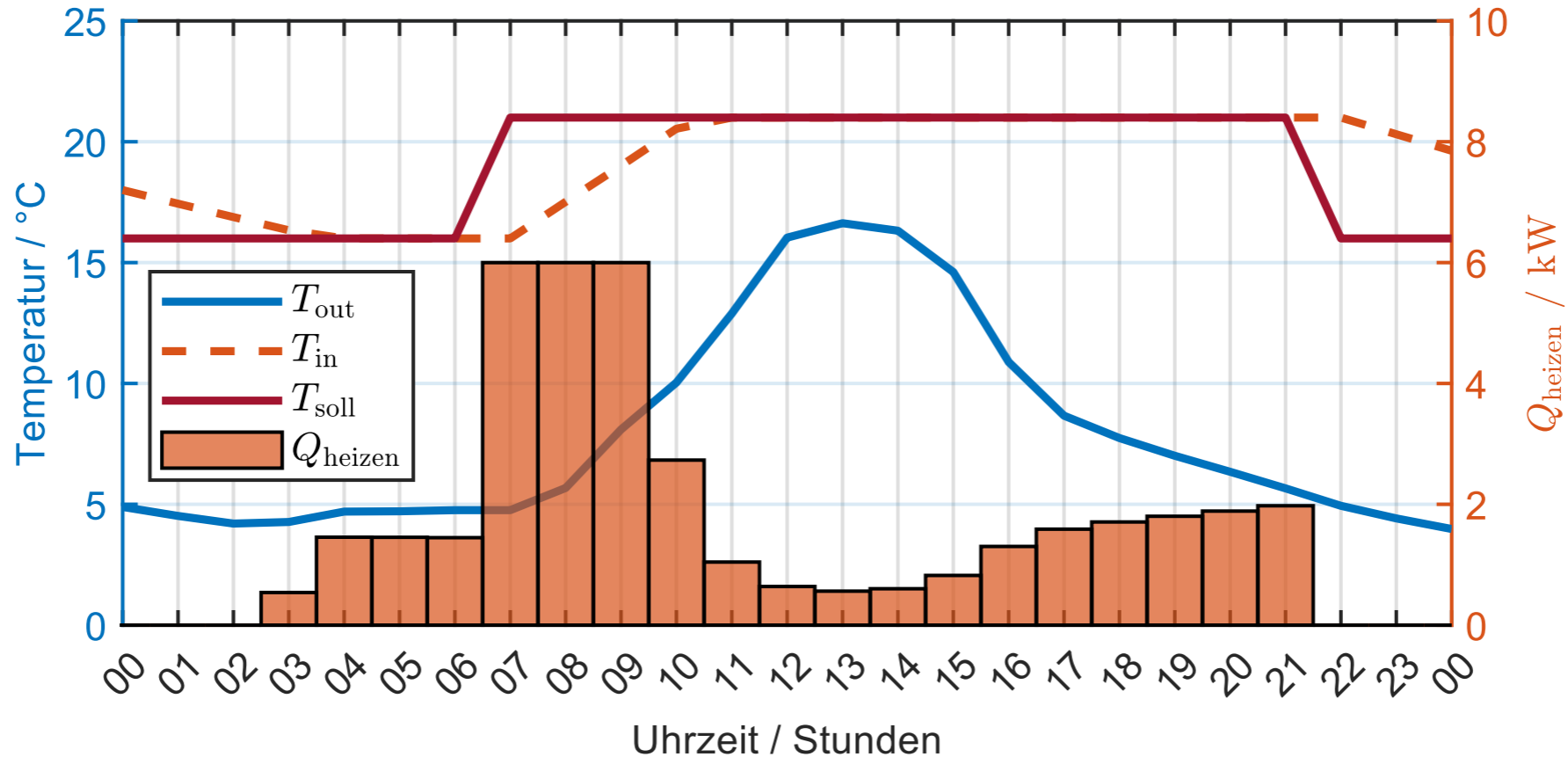
$$T_{\text{soll}}(t) = \begin{cases} T_{\text{soll,Tag}} & \text{wenn } A(t) = \text{wahr} \\ T_{\text{absenk}} & \text{wenn } A(t) = \text{falsch} \end{cases}$$

$t = 1 \text{ h}, \dots, 8670 \text{ h}$



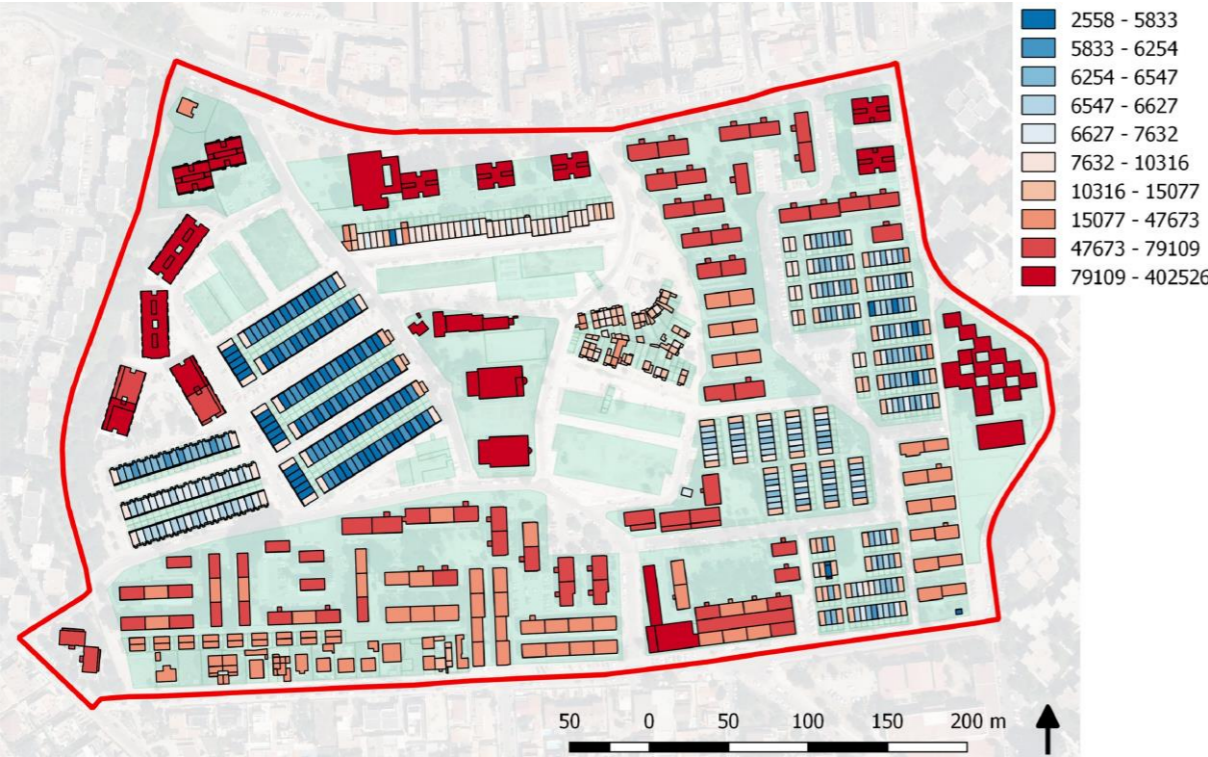


# Beispiel Lastprofil



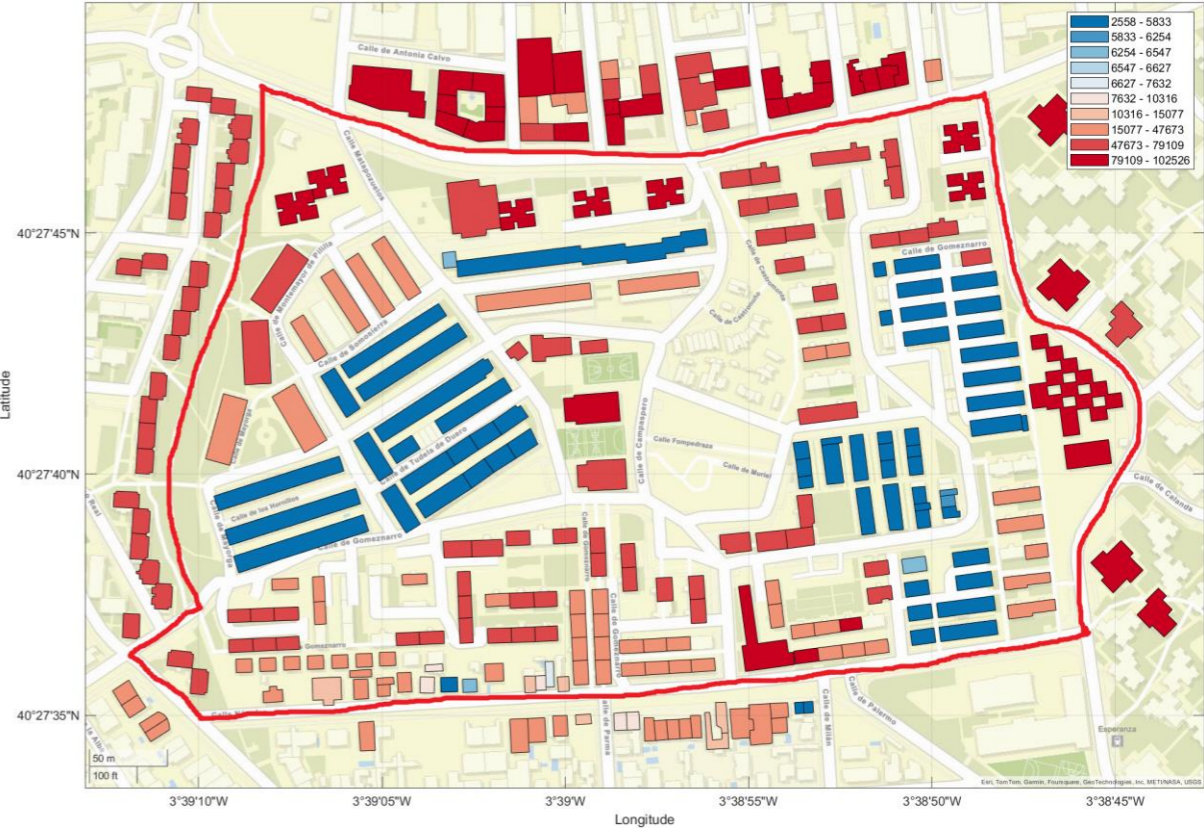
# Datenvalidierung: Madrid

Originaldaten

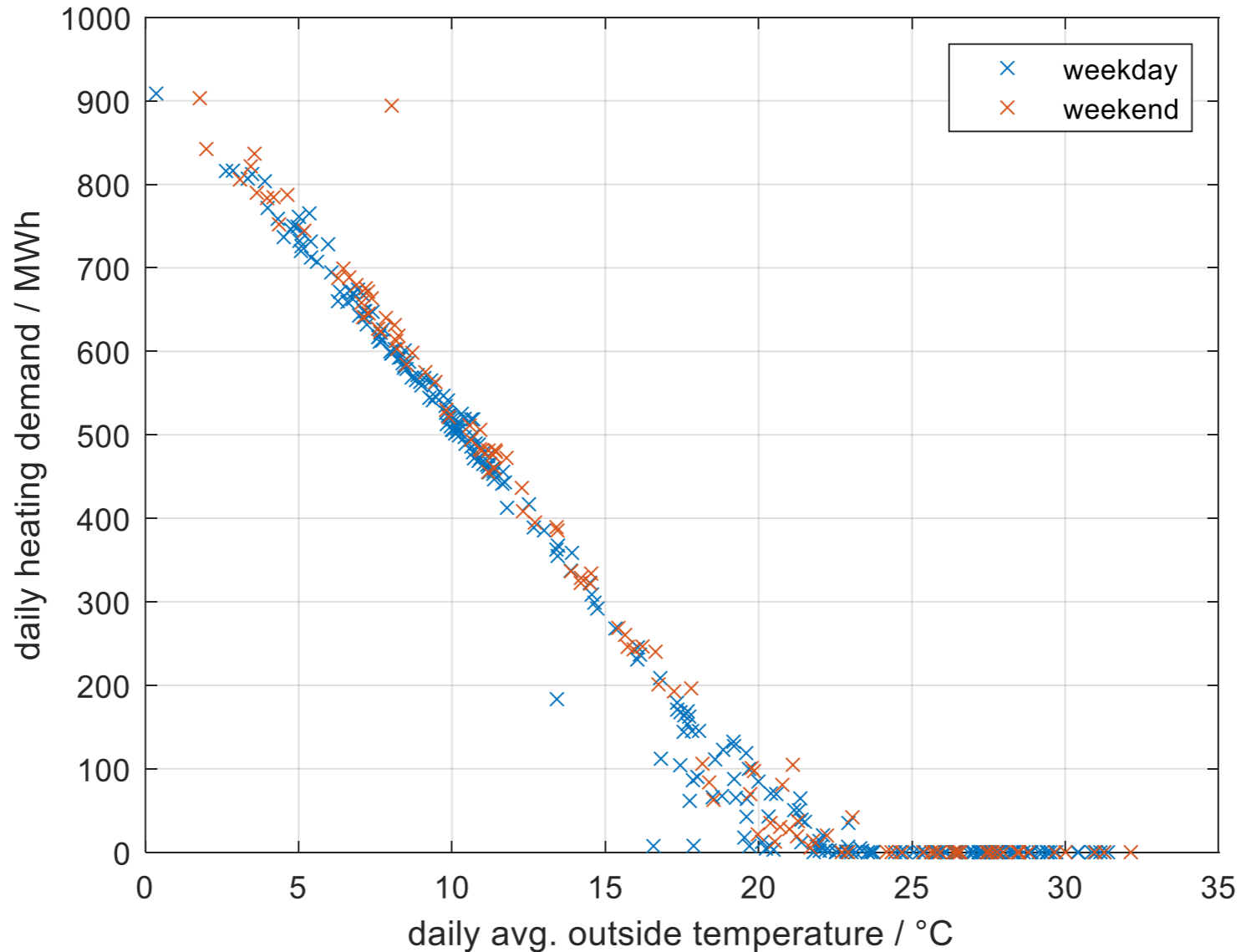


Quelle: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881830015X#fig0001>

Reproduzierte Daten



# Datenvalidierung: Korrelationsanalyse

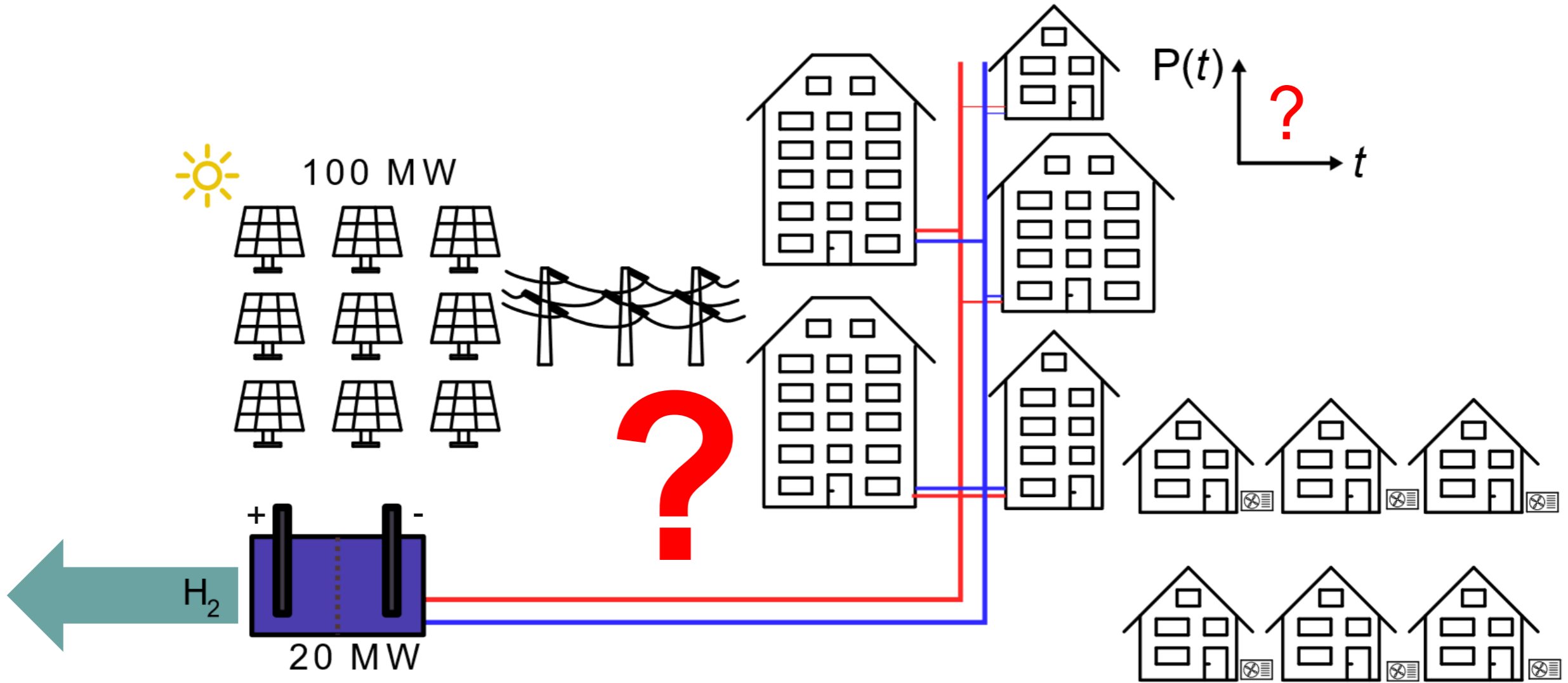


# Fallstudie

Potentialanalyse für die Abwärmenutzung eines Elektrolyseurs für Fernwärme

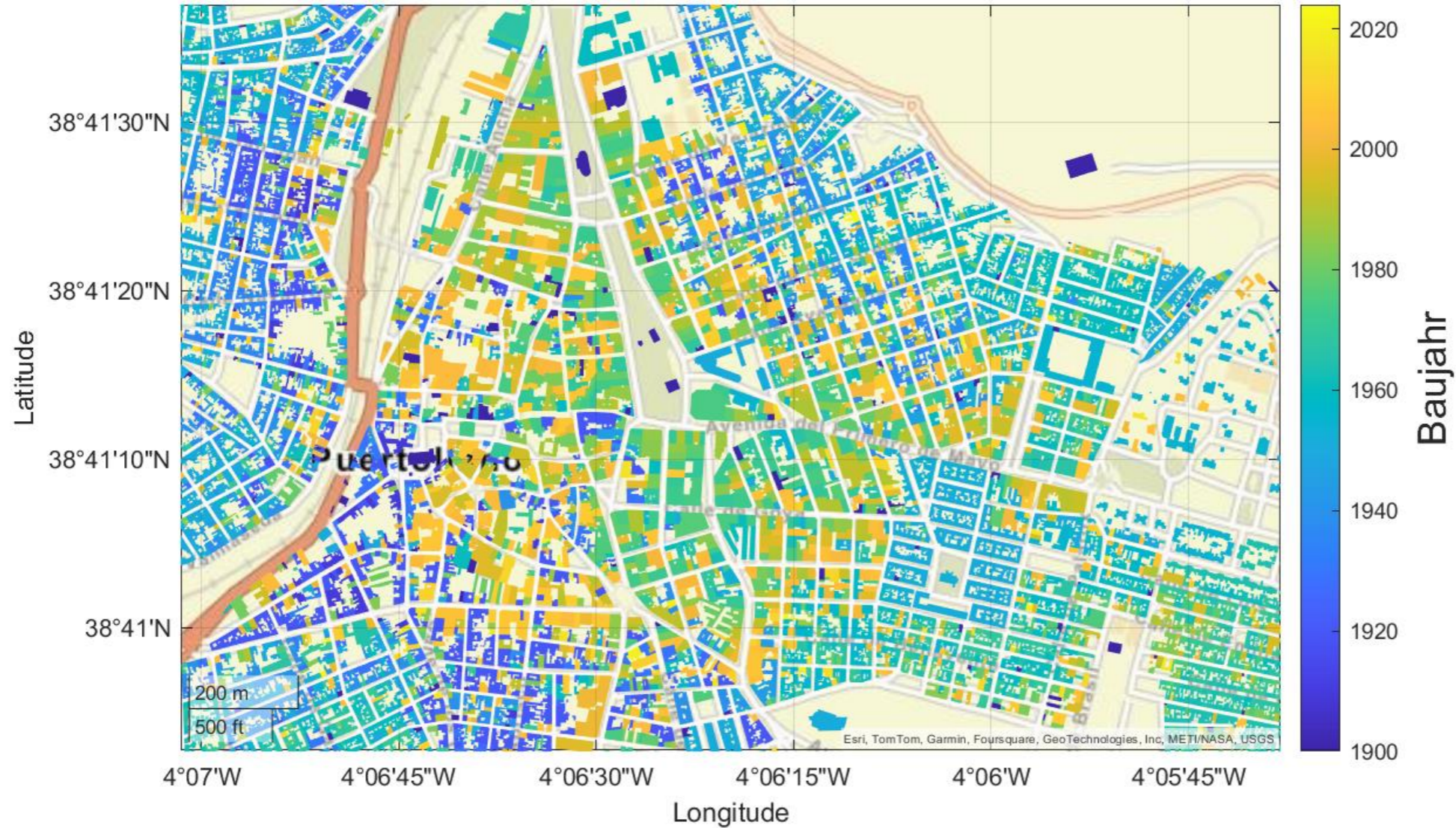
# Ausgangssituation

Puertollano/Spain



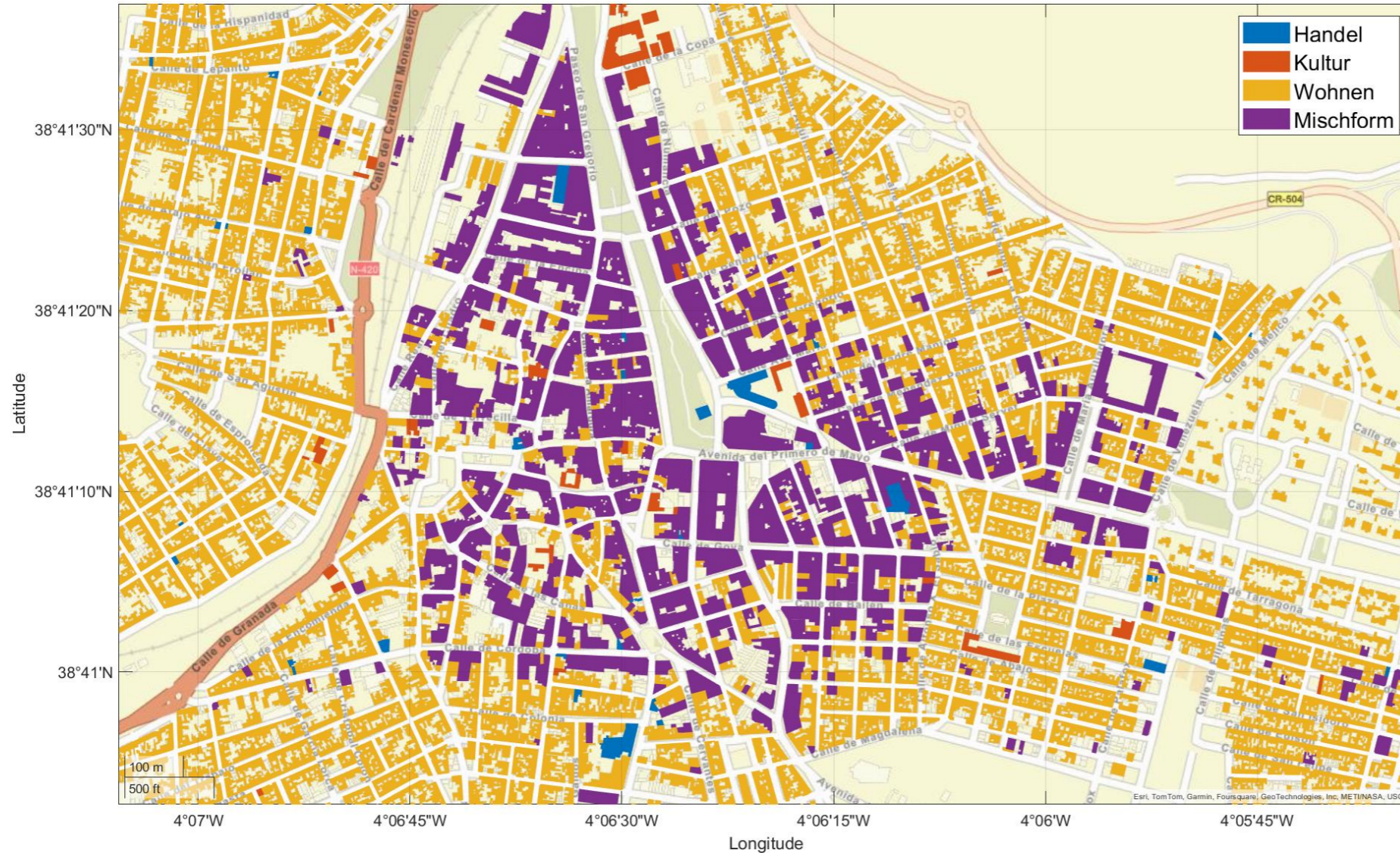
# Datenermittlung

## Baujahr der Gebäude



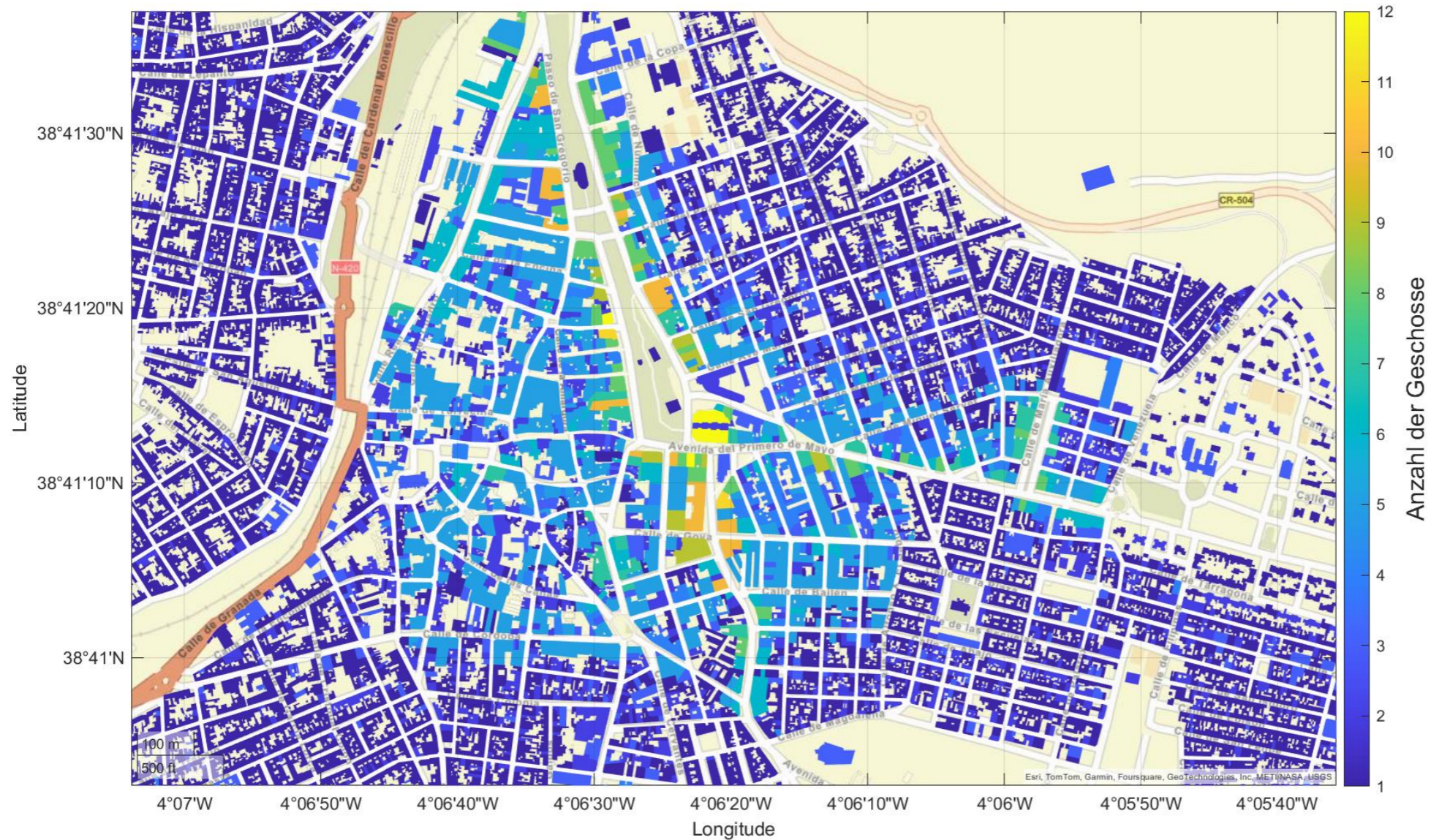
# Datenermittlung

## Verwendungstype



# Datenermittlung

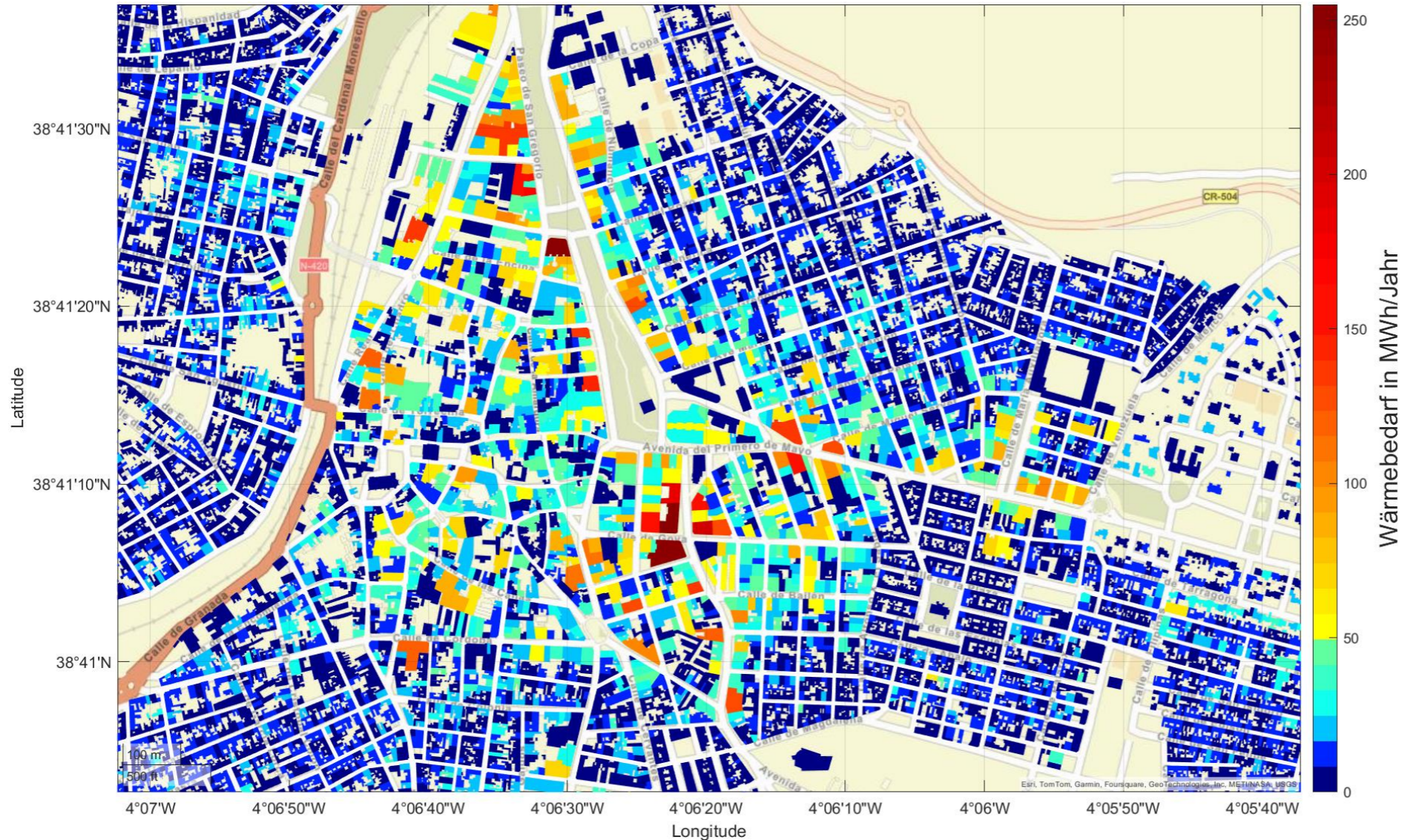
## Gebäudehöhe / Geschossanzahl





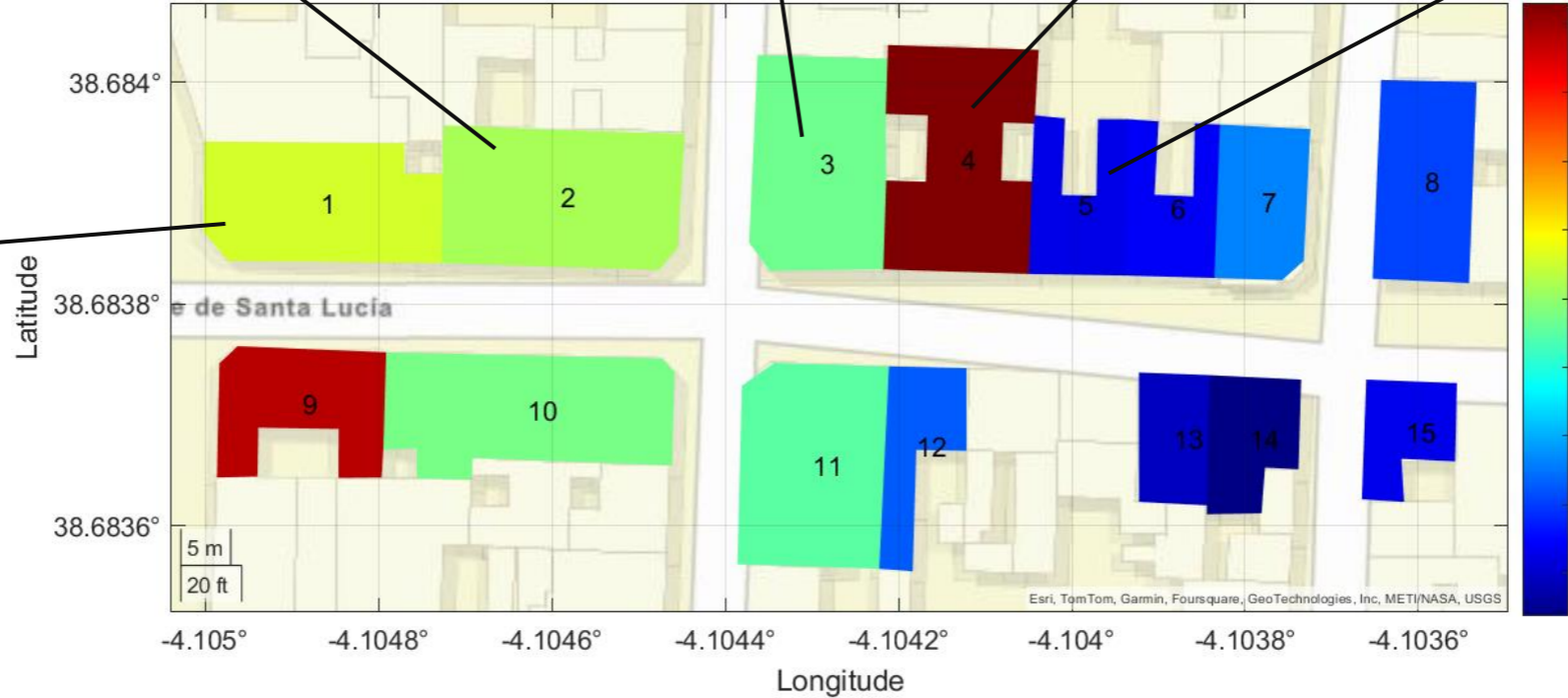
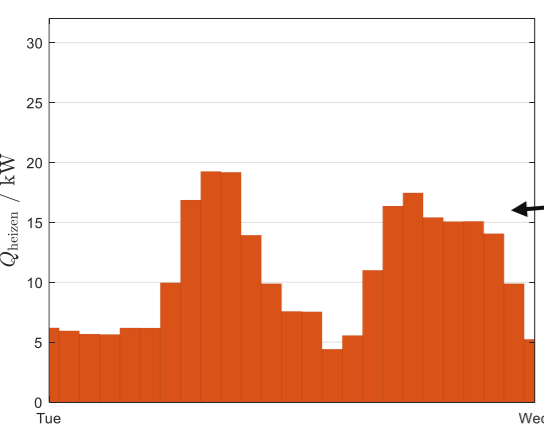
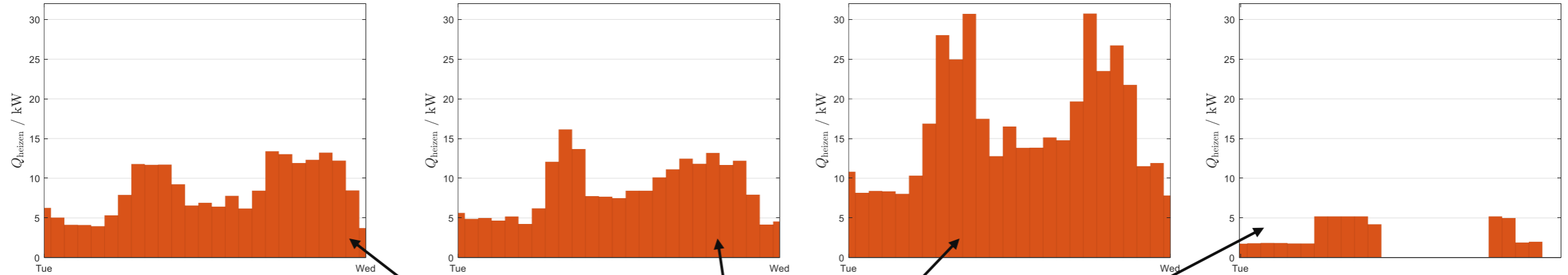
# Örtlich aufgelöste Wärmebedarfe

In MWh/Jahr je Gebäude



# Datenaggregation

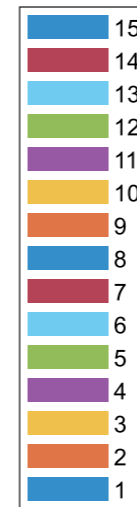
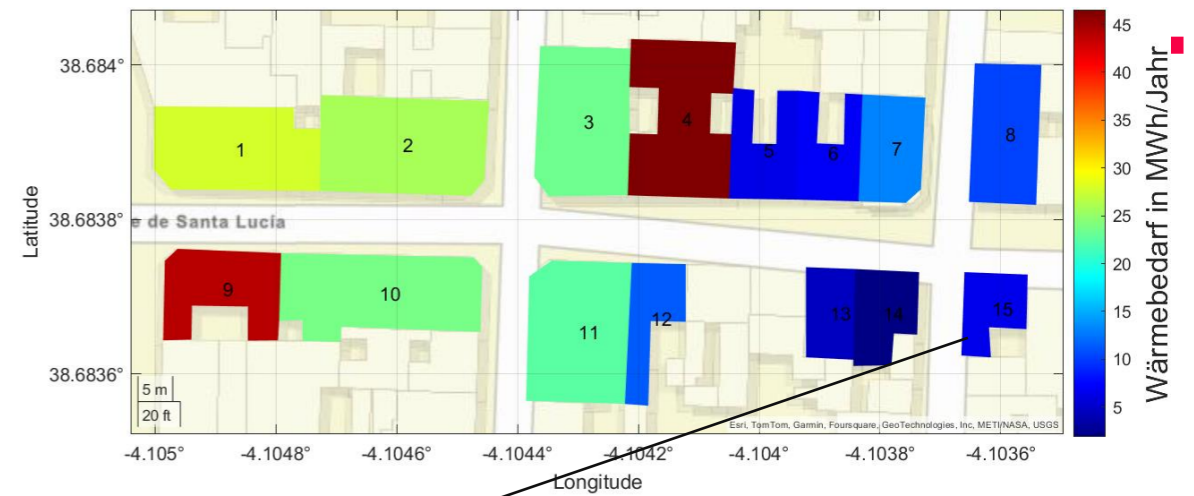
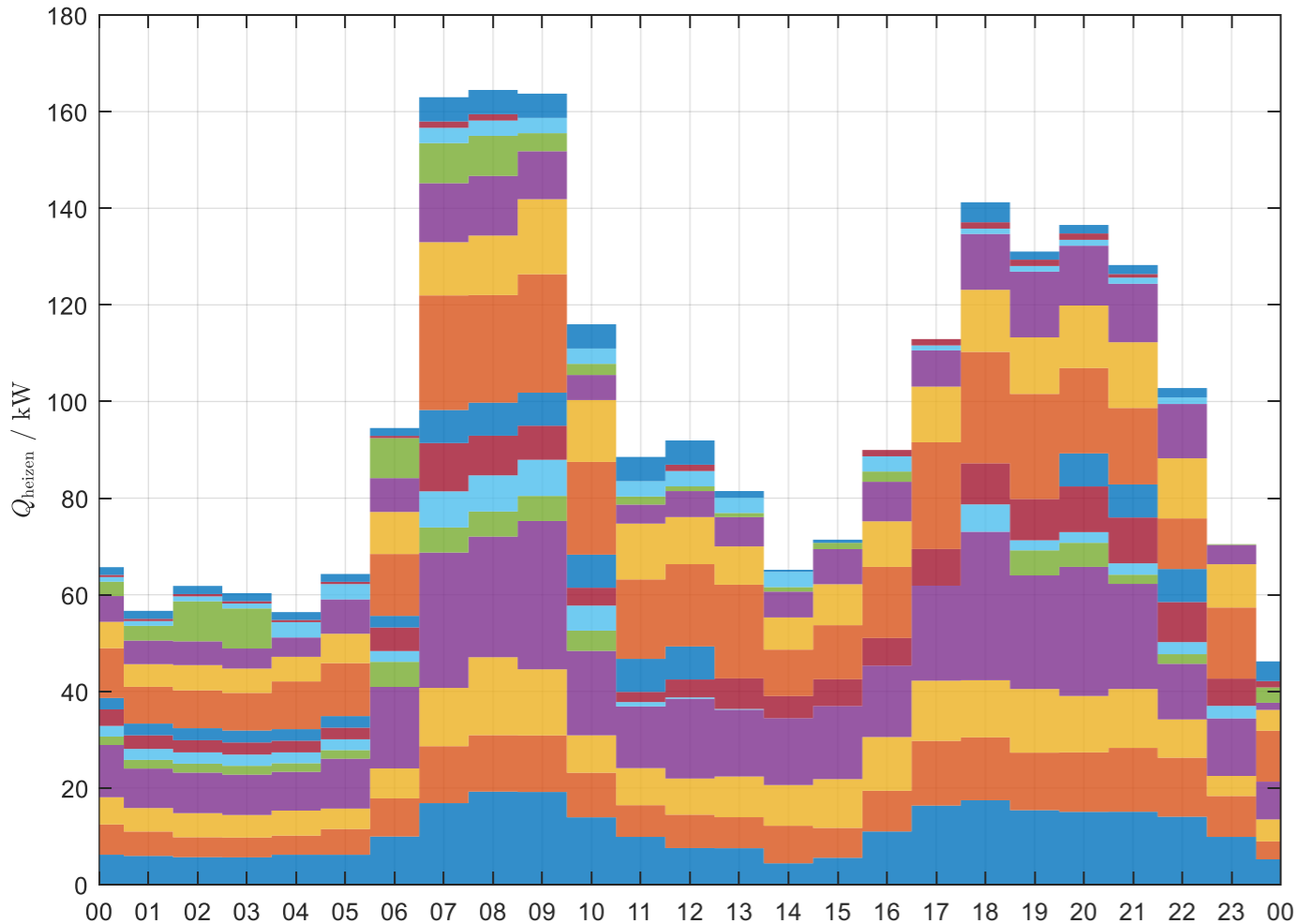
## Synthetische Lastprofile auf Gebäudeebene



Wärmebedarf in MWh/Jahr

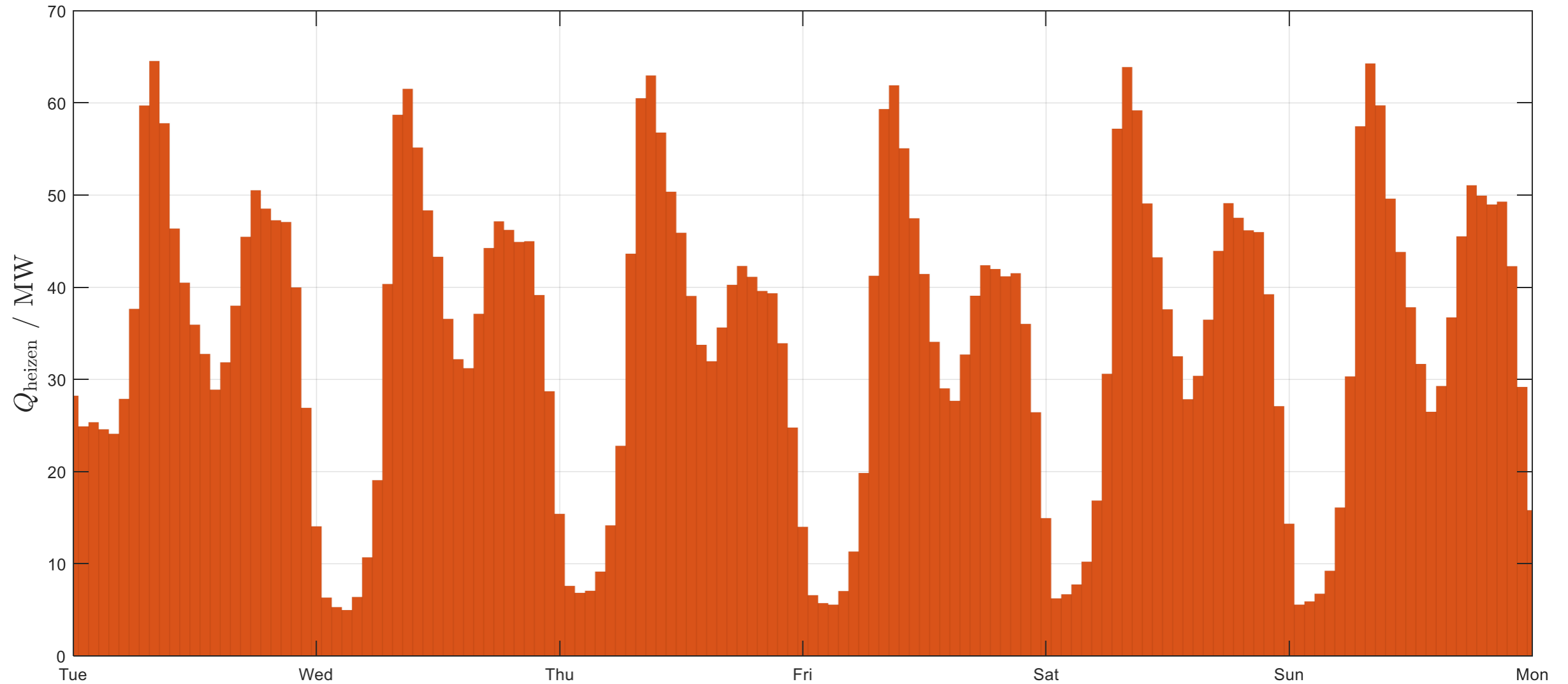
# Datenaggregation

## Synthetische Lastprofile auf Gebäudeebene



# Synthetische Lastprofile

Gesamtes Stadtgebiet / Daten für Jänner 2019



# Ausblick

# Ziele des Optimierungsmodelles

## Fragestellungen

- Abwärmenutzung wirtschaftlich?
- Bedarf Wärmespeicher: wo?, Kapazität?
- Einfluss auf Kostenstruktur des Elektrolyseurs
- Wechselseitige Beziehung Strompreis / Abwärmeverfügbarkeit
- Fernkälte?

→ Ergebnisse allgemein von Interesse: + 2 x 40 GW Elektrolyseure geplant bis 2030

# Danke!

Dipl.-Ing. **Simon Malacek**

Technische Universität Graz

Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation

Inffeldgasse 18


8010 Graz

Tel.: +43 316 873-7911

E-Mail: [simon.malacek@tugraz.at](mailto:simon.malacek@tugraz.at)

Web: [iee.tugraz.at](http://iee.tugraz.at)

 [facebook.com/iee.tugraz](https://facebook.com/iee.tugraz)

 [linkedin.com/company/iee-tugraz](https://linkedin.com/company/iee-tugraz)

 [mstdn.social/@iee\\_tugraz](https://mstdn.social/@iee_tugraz)

 [instagram.com/iee.tugraz](https://instagram.com/iee.tugraz)



# Ergänzende Informationen



# Markov-Chain Monte Carlo

Transition Matrix: for every time  $t$

- $p(0 \rightarrow 0) = 0.xx$
- $p(0 \rightarrow 1) = 0.xx$
- $p(1 \rightarrow 0) = 0.xx$
- $p(1 \rightarrow 1) = 0.xx$

Construct Chain step-by-step

if( $p(0 \rightarrow 1, t=0:00) > \text{rand}$ ):

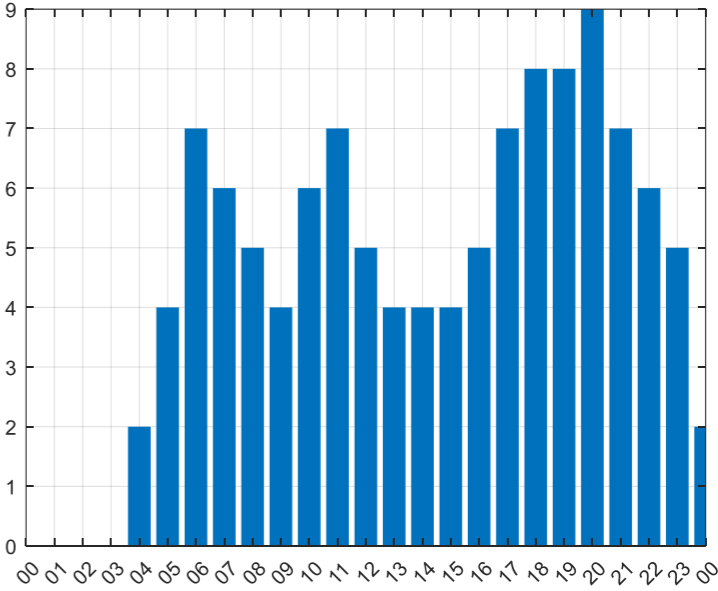
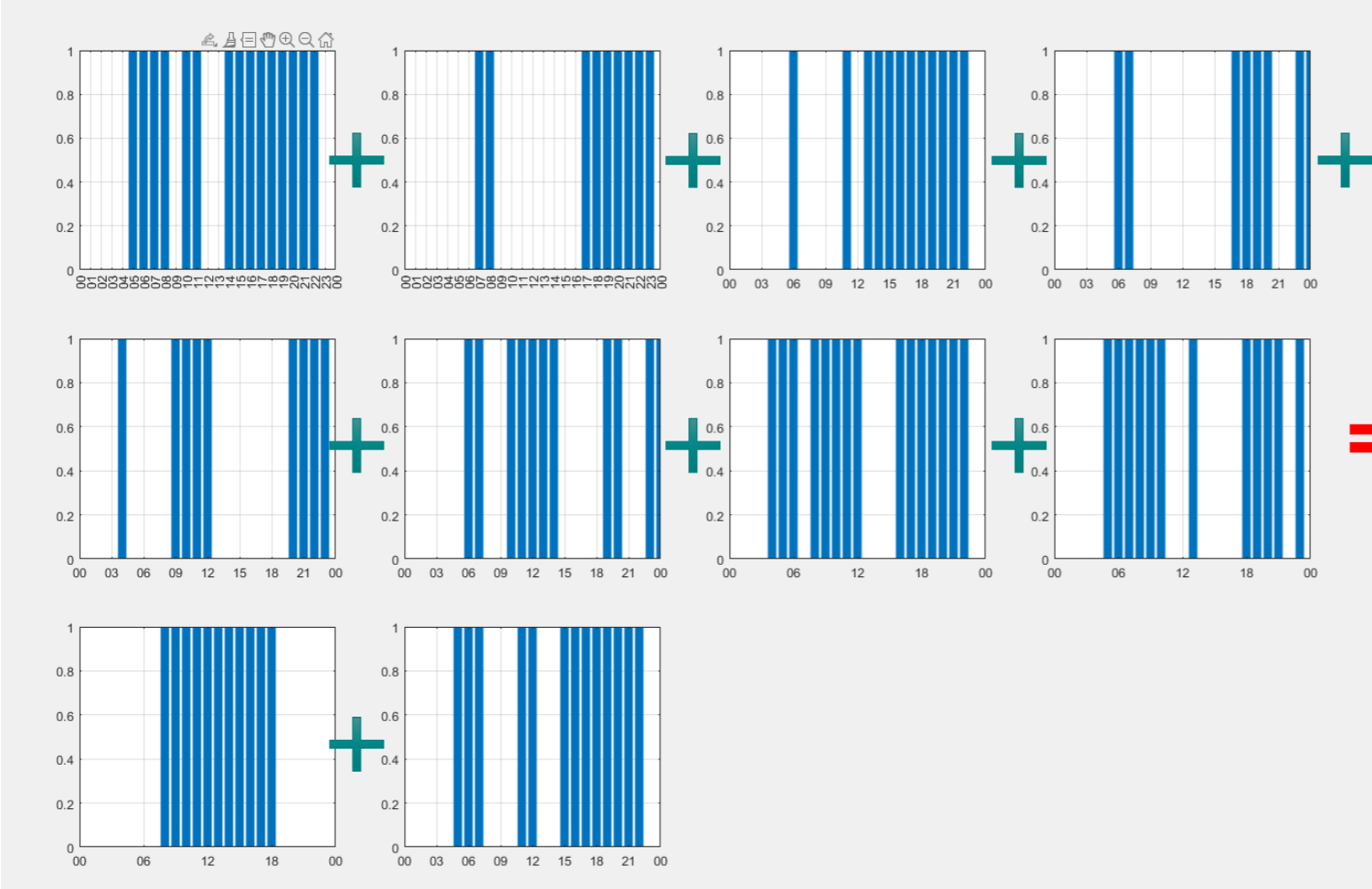
state( $t=1:00$ ) = 1

else

state( $t=1:00$ ) = 0

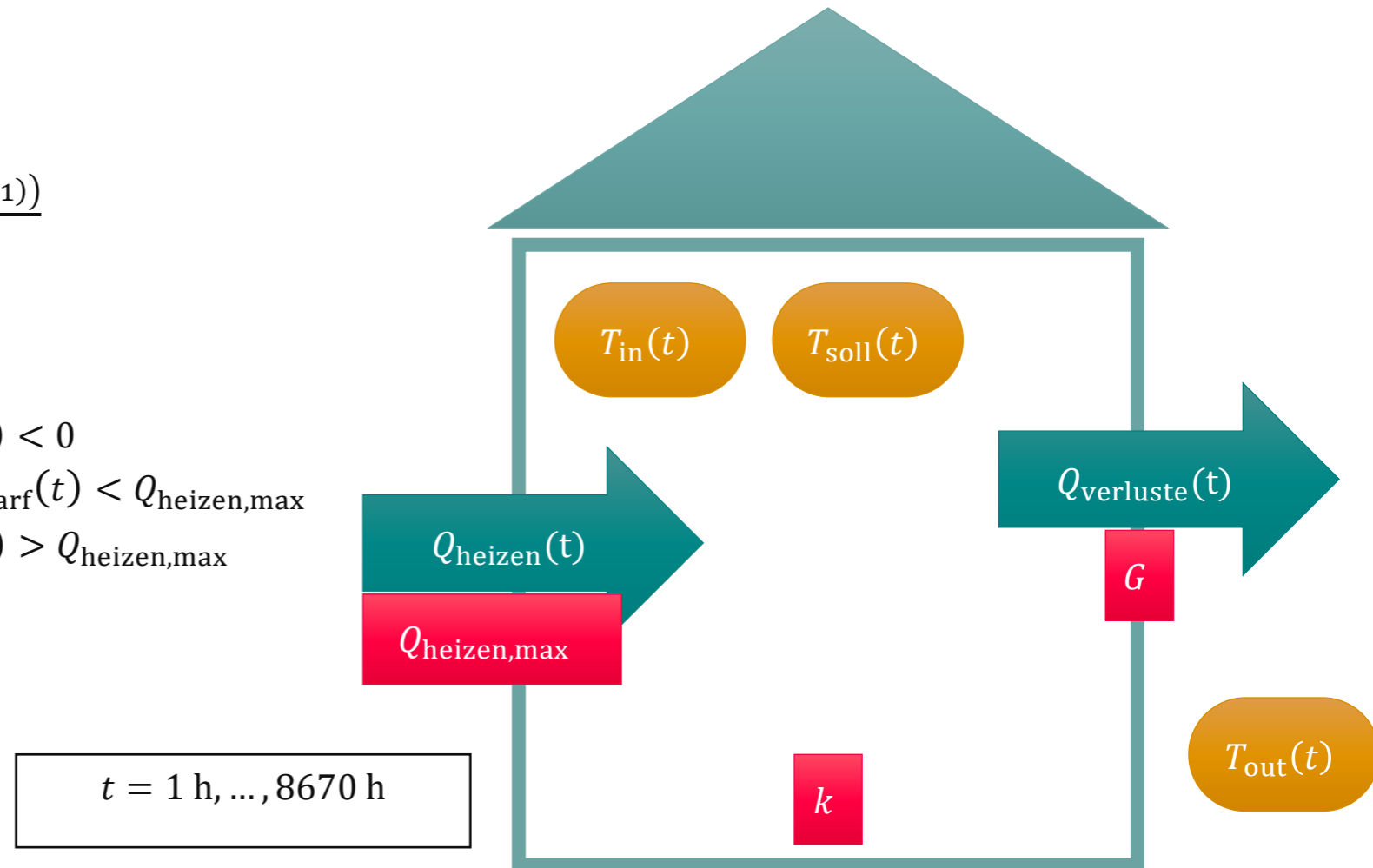


# Einzelprofile



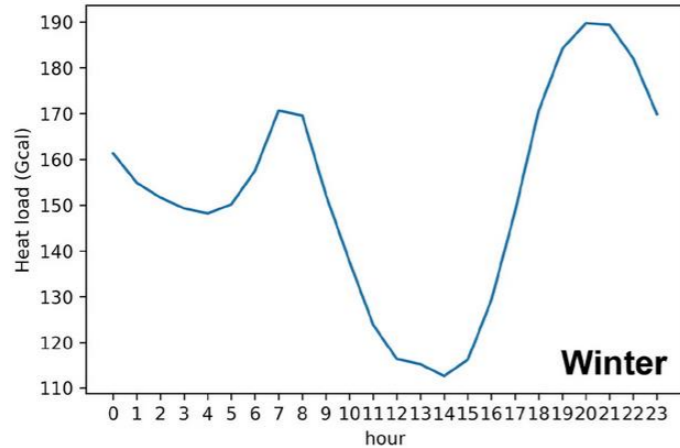
# Schritt 4 und 5: Erzeugung synthetischer Lastprofile

- $Q_{\text{verluste}}(t) = G (T_{\text{in}}(t) - T_{\text{out}}(t))$
- $T_{\text{soll}}(t) = \begin{cases} T_{\text{soll,Tag}} & \text{wenn } A(t) = \text{wahr} \\ T_{\text{absenk}} & \text{wenn } A(t) = \text{falsch} \end{cases}$
- $T_{\text{in}}(t) = T_{\text{in}}(t-1) + \frac{(Q_{\text{heizen}}(t-1) - Q_{\text{verluste}}(t-1))}{k}$
- $\Delta Q(t) = k (T_{\text{soll}}(t) - T_{\text{in}}(t))$
- $Q_{\text{bedarf}}(t) = Q_{\text{verluste}}(t) + \Delta Q(t)$
- $Q_{\text{heizen}}(t) = \begin{cases} 0 & \text{wenn } Q_{\text{bedarf}}(t) < 0 \\ Q_{\text{bedarf}}(t) & \text{wenn } 0 < Q_{\text{bedarf}}(t) < Q_{\text{heizen,max}} \\ Q_{\text{heizen,max}} & \text{wenn } Q_{\text{bedarf}}(t) > Q_{\text{heizen,max}} \end{cases}$

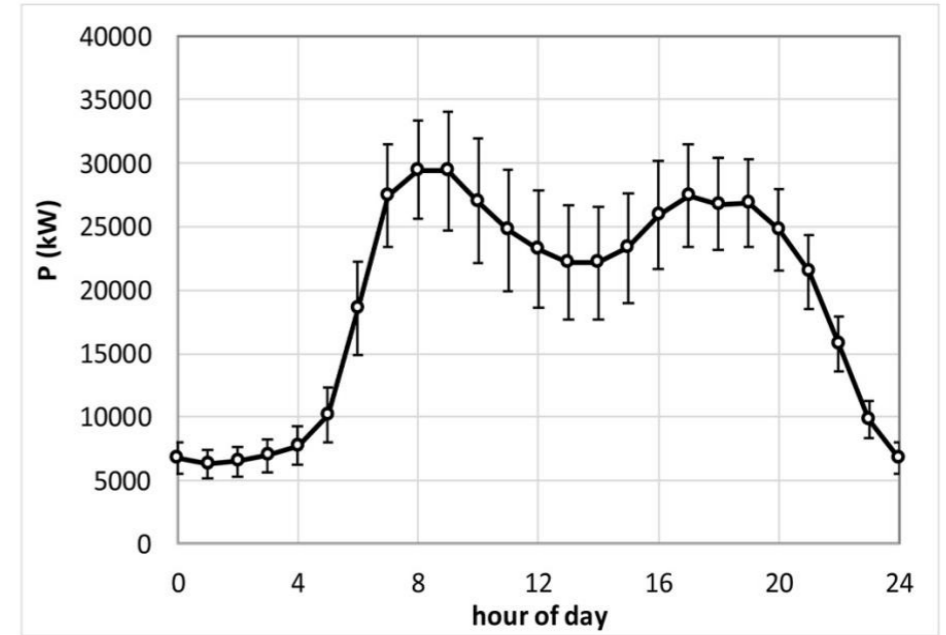


# Datenvalidierung

(Figure 4 includes also hot water demand)



→ Show all a characteristic double peak!



<https://www.nature.com/articles/s41598-023-44380-4>

Fig. 6. Average daily space heating profile of the virtual district, derived from measurements of gas consumption in the heating season in 2020.

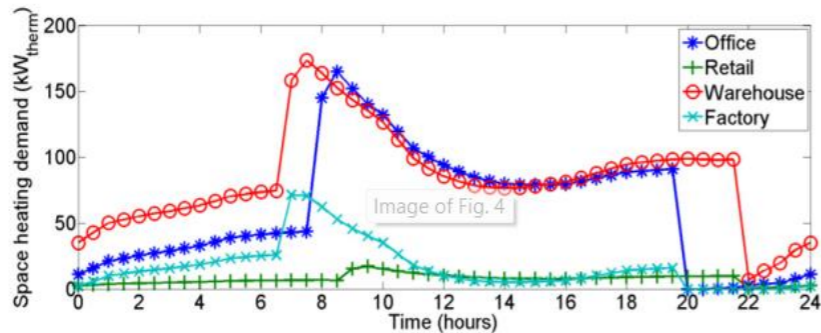
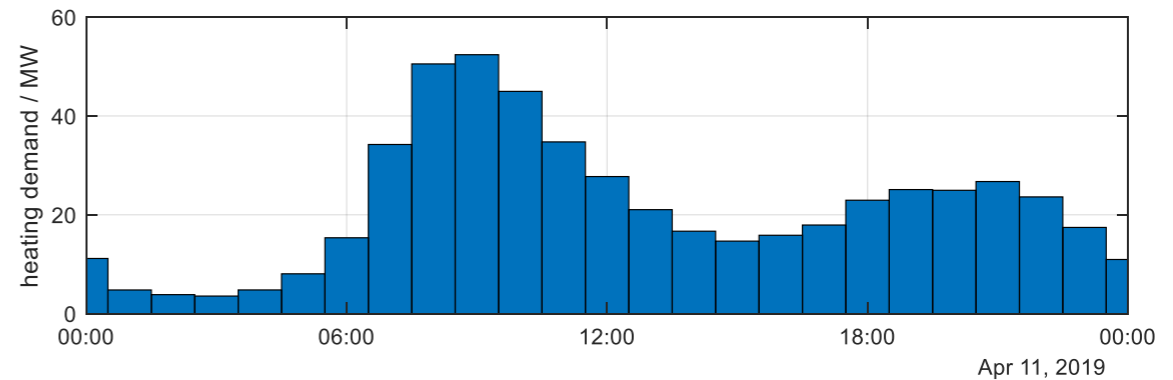


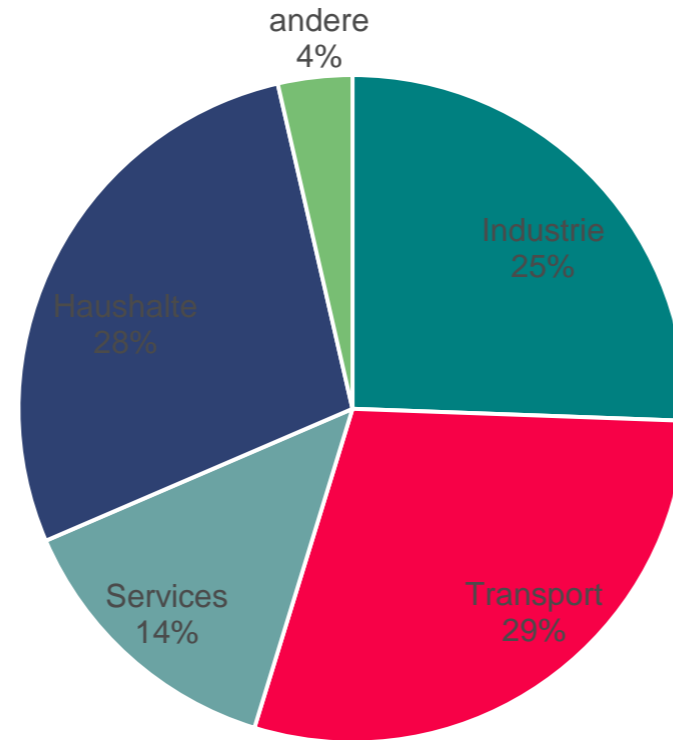
Fig. 4. Space heat demands for alternative commercial and industrial building uses with Poor insulation in the North with for a weekday on a Typical Winter Day.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.02.079>



# Energienutzung nach Sektoren

Energienutzung nach Sektoren



Source: Eurostat ([nrg\\_bal\\_s](#))