

A systematic approach to calculate future electricity load scenarios based on open-source geoinformation data: A case study for Berlin in the year 2045

Erik Fröhlich
erik.froehlich@ise.fraunhofer.de

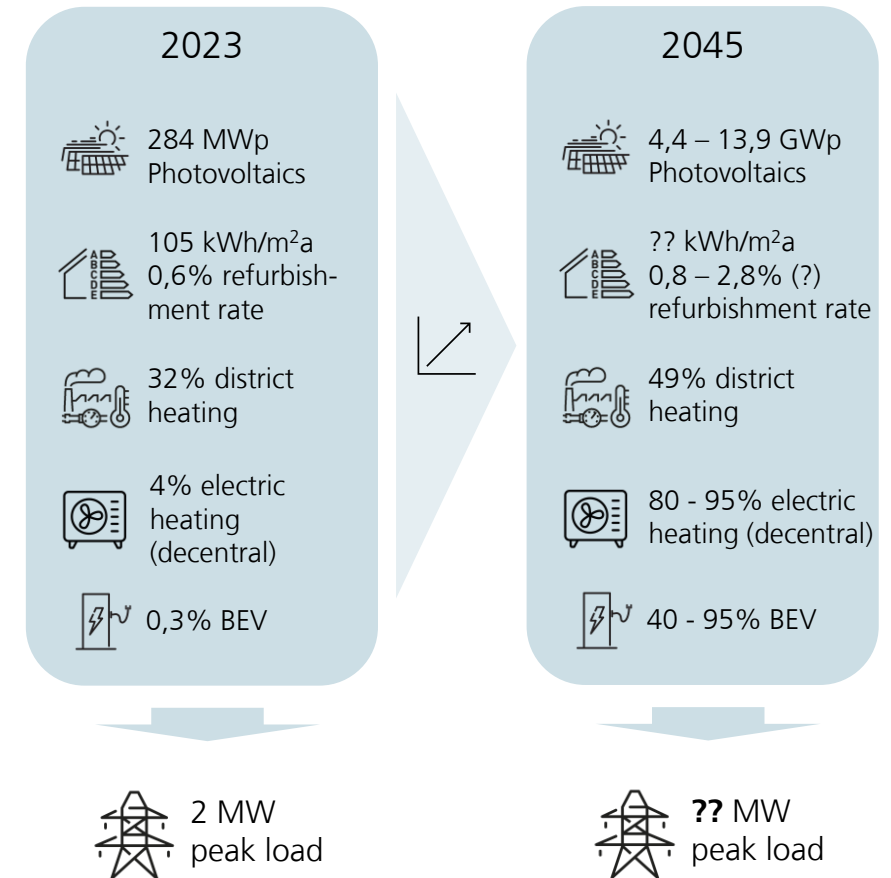
Fraunhofer ISE
Heidenhofstraße 2
79110 Freiburg
www.ise.fraunhofer.de

Motivation

- Transition towards decarbonization leads to increased electrification and thus electricity demands. Strengthening electrical grids may necessitate large investments.
- Factors contributing to higher grid loads in urban areas:
 - Electrification: heating, mobility
 - Large installed capacities of PV systems on rooftops causing grid congestion during peak generation.
- Large uncertainties exist regarding the different development factors (share of electrical heating, e-mobility, ...)
- On a local level the situation might differ significantly from one neighborhood to another

→ **Grid loads will increase. But how much?**
Can we estimate what the situation will be on a local level ?

Factors contributing to grid load: Scenarios for Berlin



Methods

Overview

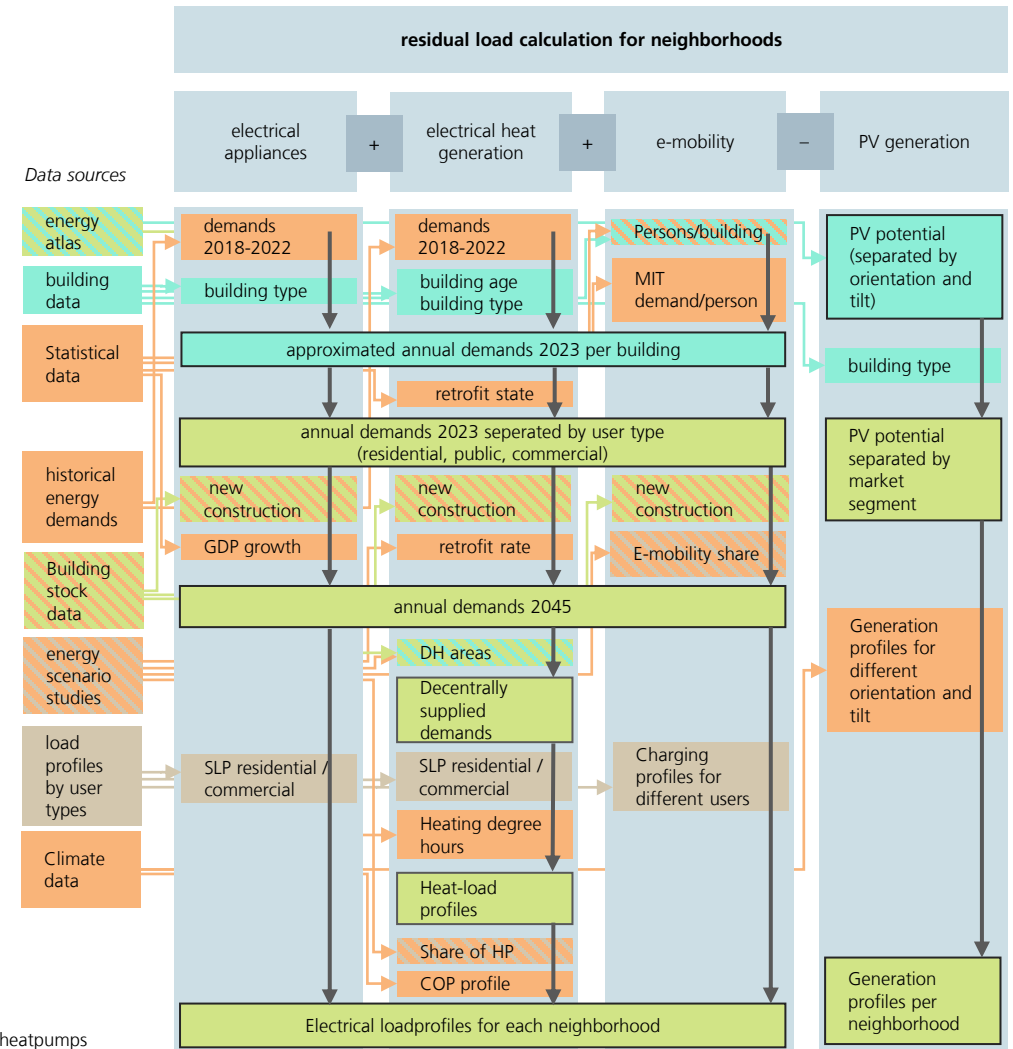
- Systematic bottom-up approach for **load estimation** (Python-toolchain) **on neighborhood level**
- Open-Source Data** sources: geoinformation data on building level / neighborhood level / city level
- Steps:
 - Estimate** annual demands and solar generation potential **for each building** based on municipal building data, statistical data and other parameters
 - Aggregate** demands and generation **for each neighborhood**
 - Project** annual demands **to target year** (scenario creation)
 - Calculate load profiles** for each neighborhood (use generation profiles for PV expansion scenario to calculate **residual loads**)

Data on ...

building level	city level
neighborhood level	national level / general data

Abbreviations

DH: district heating
MIT: motorized individual transport
SLP: standard load profile
HP: heatpump
COP: coefficient of performance for heatpumps



Methods

Overview

- Systematic bottom-up approach for load estimation (Python-toolchain)
- Open-Source Data sources: geoinformation data on building level / neighborhood level / city level
- Steps:
 - Estimate** demands and solar generation potential **for each building** based on municipal building data, statistical data and other parameters
 - Aggregate** demands and generation **for each neighborhood**
 - Project** annual demands **to target year** (scenario creation)
 - Calculate load profiles** for each neighborhood (use generation profiles for PV expansion scenario to calculate **residual loads**)

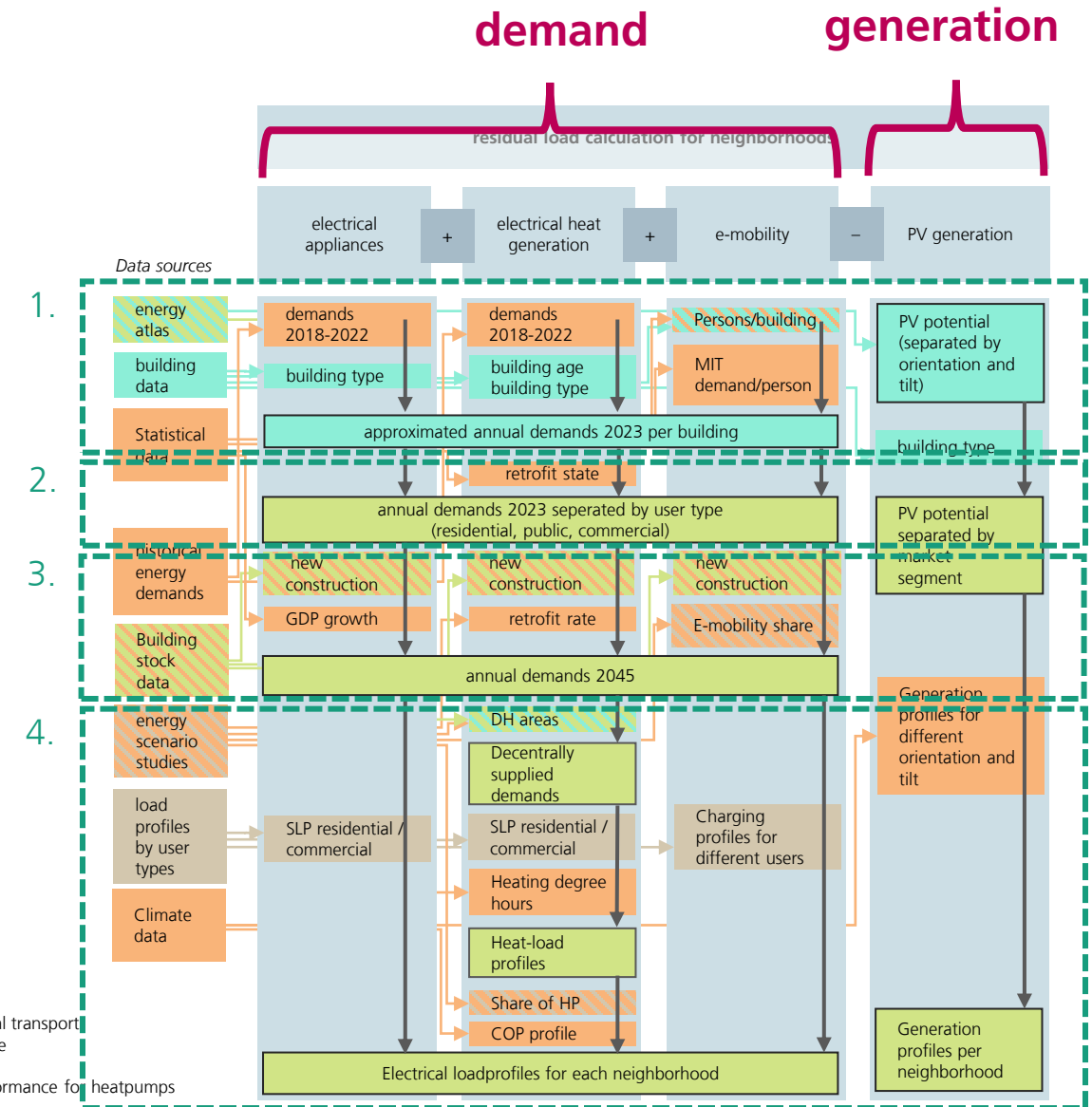
Data levels

Data on ...

building level	city level
neighborhood level	national level / general data

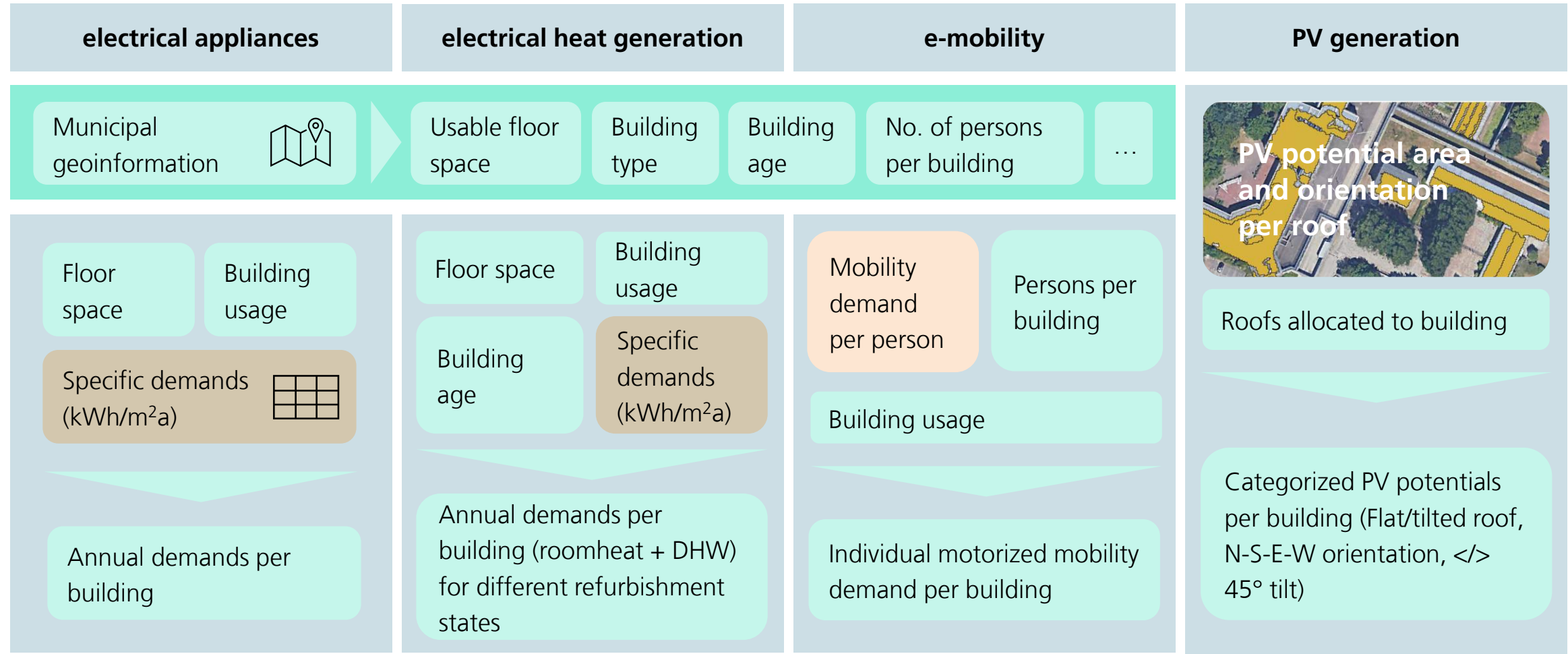
Abbreviations

DH: district heating
MIT: motorized individual transport
SLP: standard load profile
HP: heatpump
COP: coefficient of performance for heatpumps



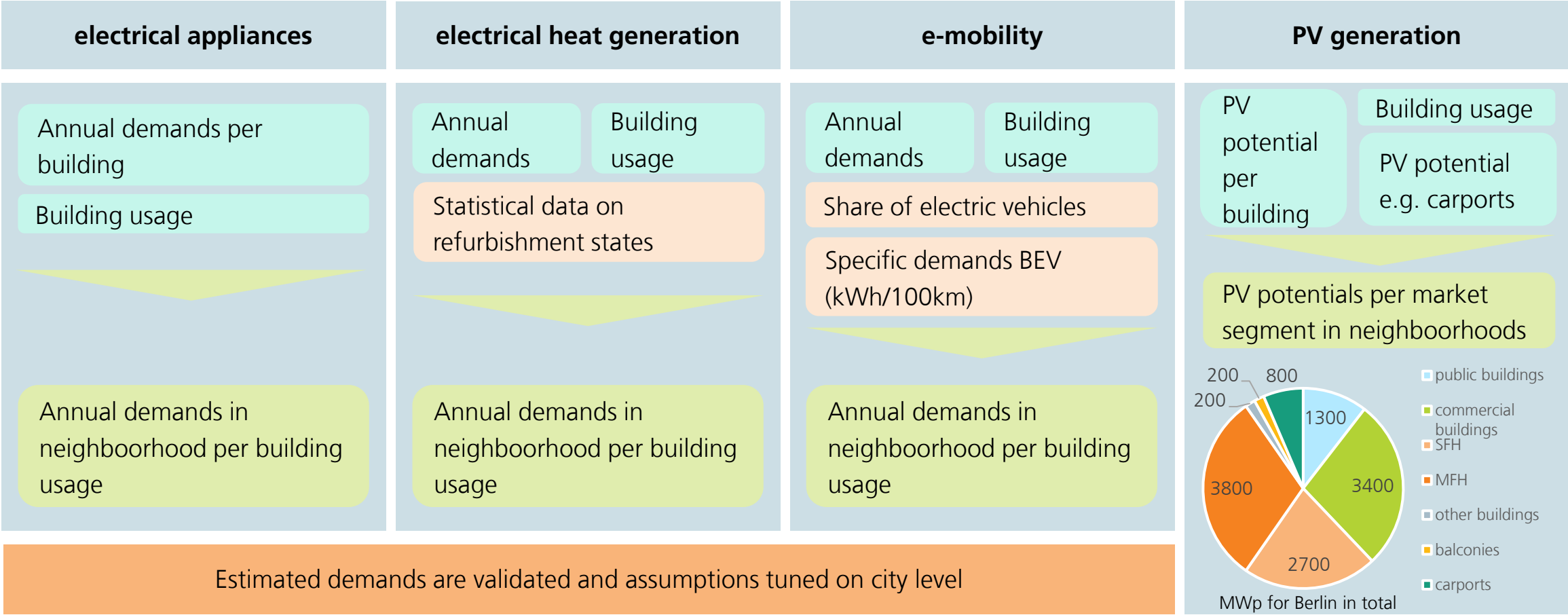
Method 1/4

Estimate demands and generation for each building



Method 2/4

Aggregate to neighborhood level



Data sources: data on refurbishment states [13], specific energy demands BEV [24]

BEV: Battery electric vehicle

Method 3/4

Project annual demands on neighborhood level – scenario creation

PROJECTED PARAMETERS

electrical appliances

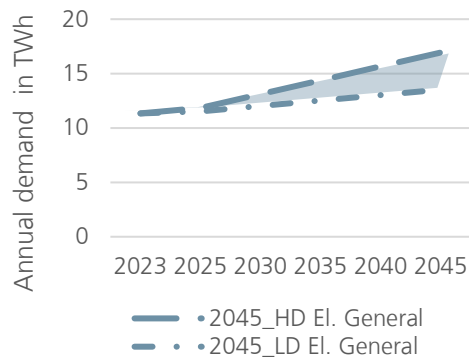
Annual demands 2023

New construction

GDP

...

Demand scenarios 2045



electrical heat generation

Annual demands 2023

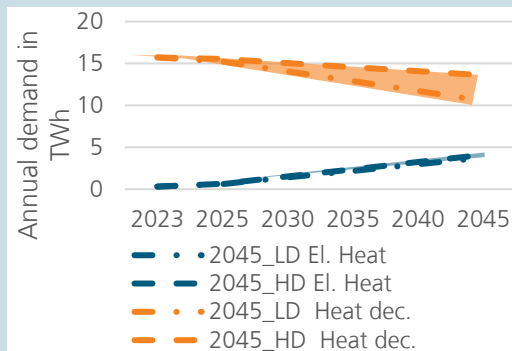
Refurbishment rate

New construction

Share of Heating technologies

...

Demand scenarios 2045



e-mobility

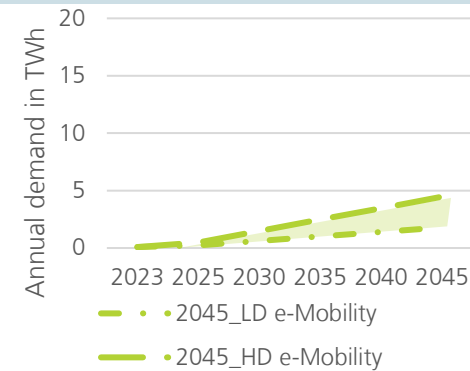
Annual demands 2023

Share of MIT

Share of BEV

...

Demand scenarios 2045



PV generation

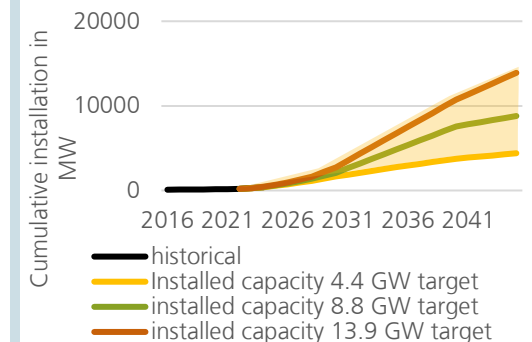
PV potentials per market segment

Development in regulations

targets

...

Expansion scenarios 2045



Data sources: energy scenario studies [14 -16], share of district heating [1]

MIT: motorized individual transport, BEV: battery electric vehicles

Method 4/4

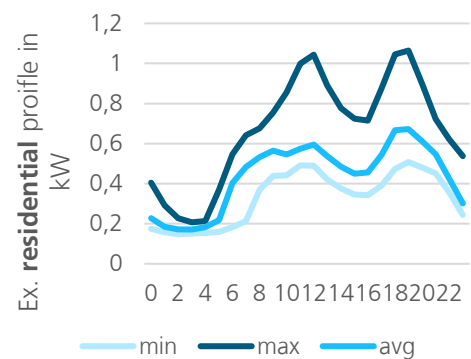
Calculate load profiles on neighborhood level

electrical appliances

Annual demands 2045 per building usage

SLP

Load profiles per scenario on neighborhood level



electrical heat generation

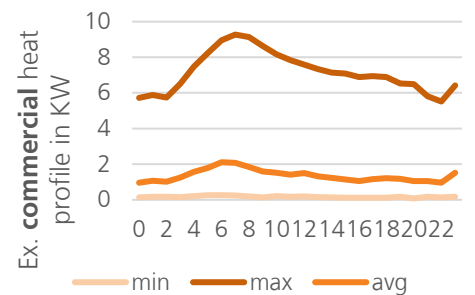
Annual demands 2045 per building usage

SLP

Share of HP

COP profile

Load profiles per scenario on neighborhood level

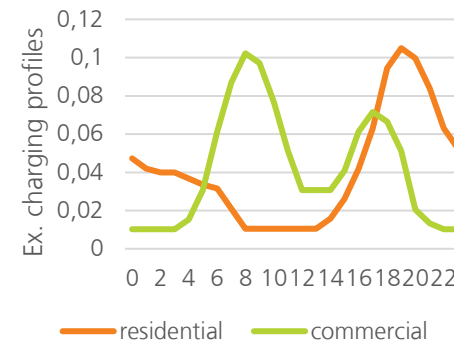


e-mobility

Annual demands 2045 per building usage

Assumed charging profiles

Load profiles per scenario on neighborhood level

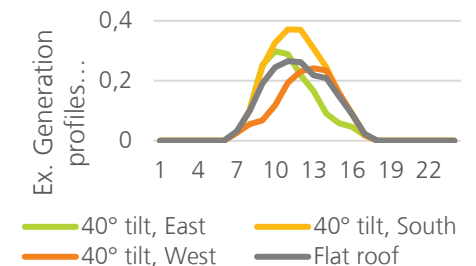


PV generation

PV capacity 2045 per orientation categories

Generation profiles for orientation categories

Generation profiles per scenario on neighborhood level



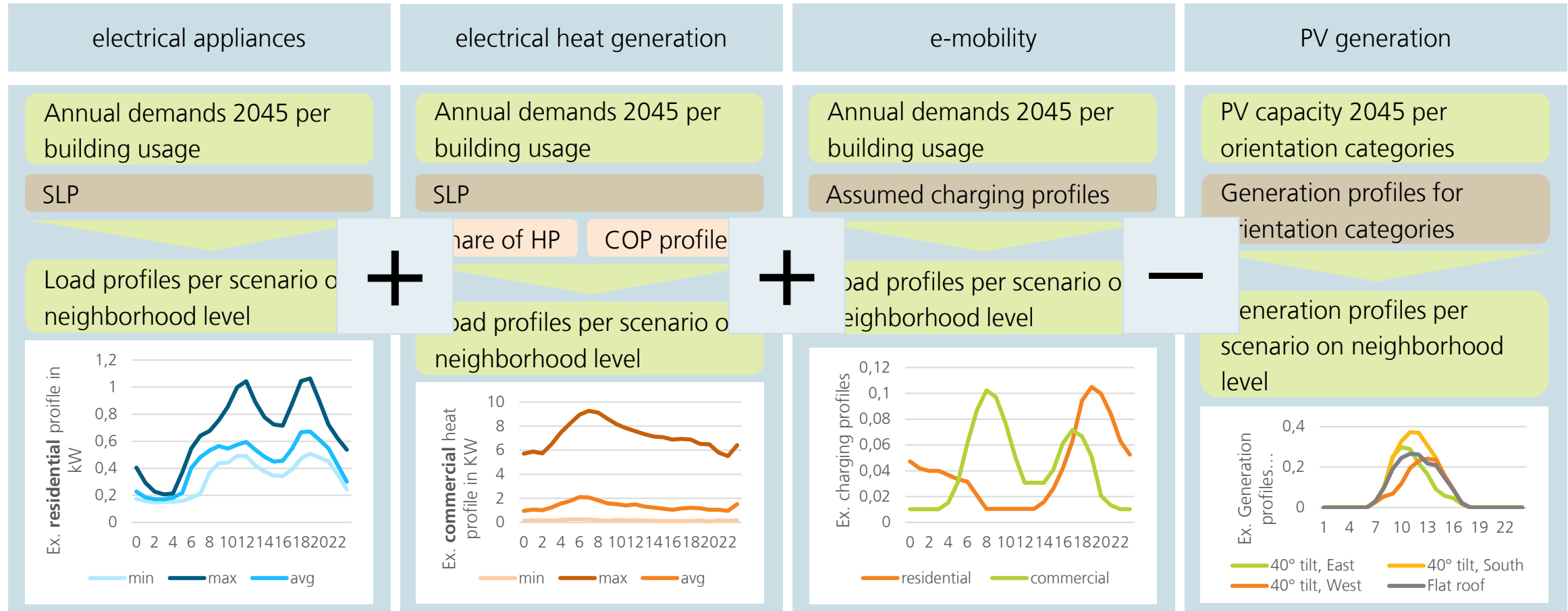
SLP: Standard load profile

HP: heatpump, COP: coefficient of performance

Data sources: standard load profiles [17 – 20], EV charging profiles based on [21,22]

Method 4/4

Calculate load profiles on neighborhood level



SLP: Standard load profile

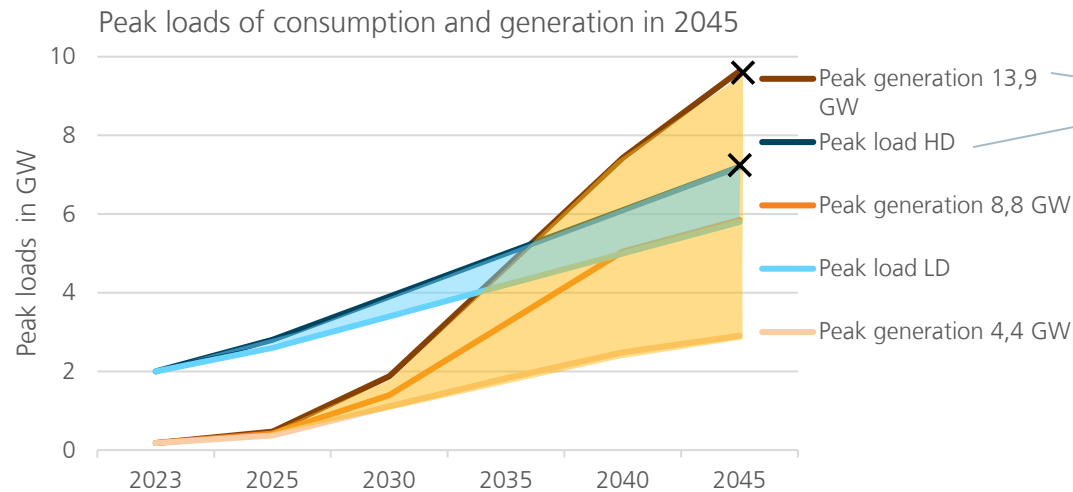
HP: heatpump, COP: coefficient of performance

Data sources: standard load profiles [17 – 20], EV charging profiles based on [21,22]

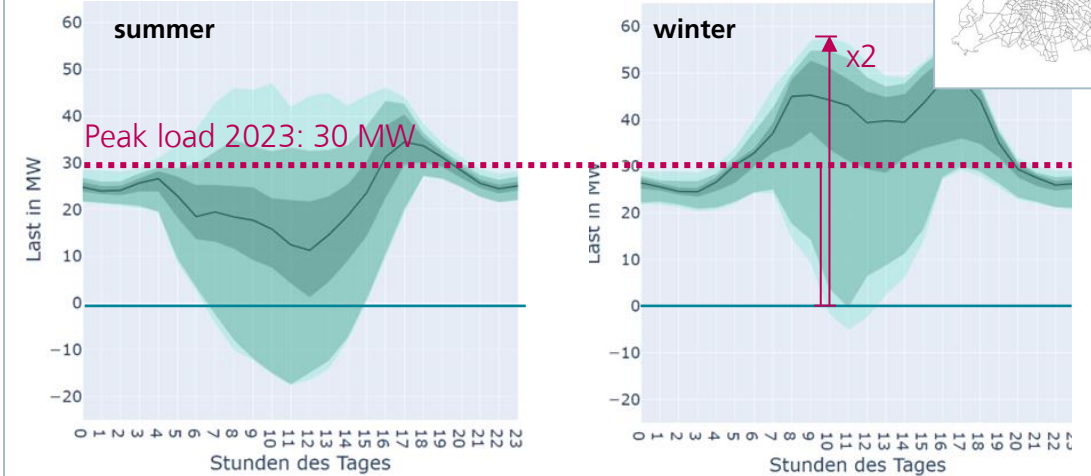
Results 1/2

Example neighborhoods

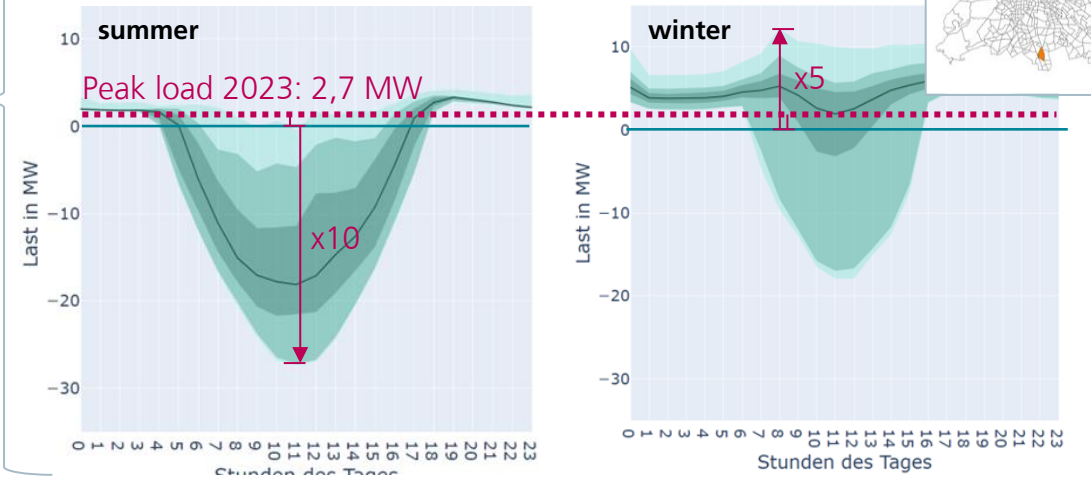
- In **suburban areas** using a high share of the available PV-potential can lead to **high loads in peak generation times in summer** (see upper example figures)
- In **central urban areas** peak loads are caused by increasing electricity demands, **load peaks occur in winter** (see lower example figures)



Ex. **central urban area**: 13,9 GW target, demand scenario HD, battery storages not considered



Ex. **suburban area**: 13,9 GW target, demand scenario HD, battery storages not considered



Results 2/2

Conclusion

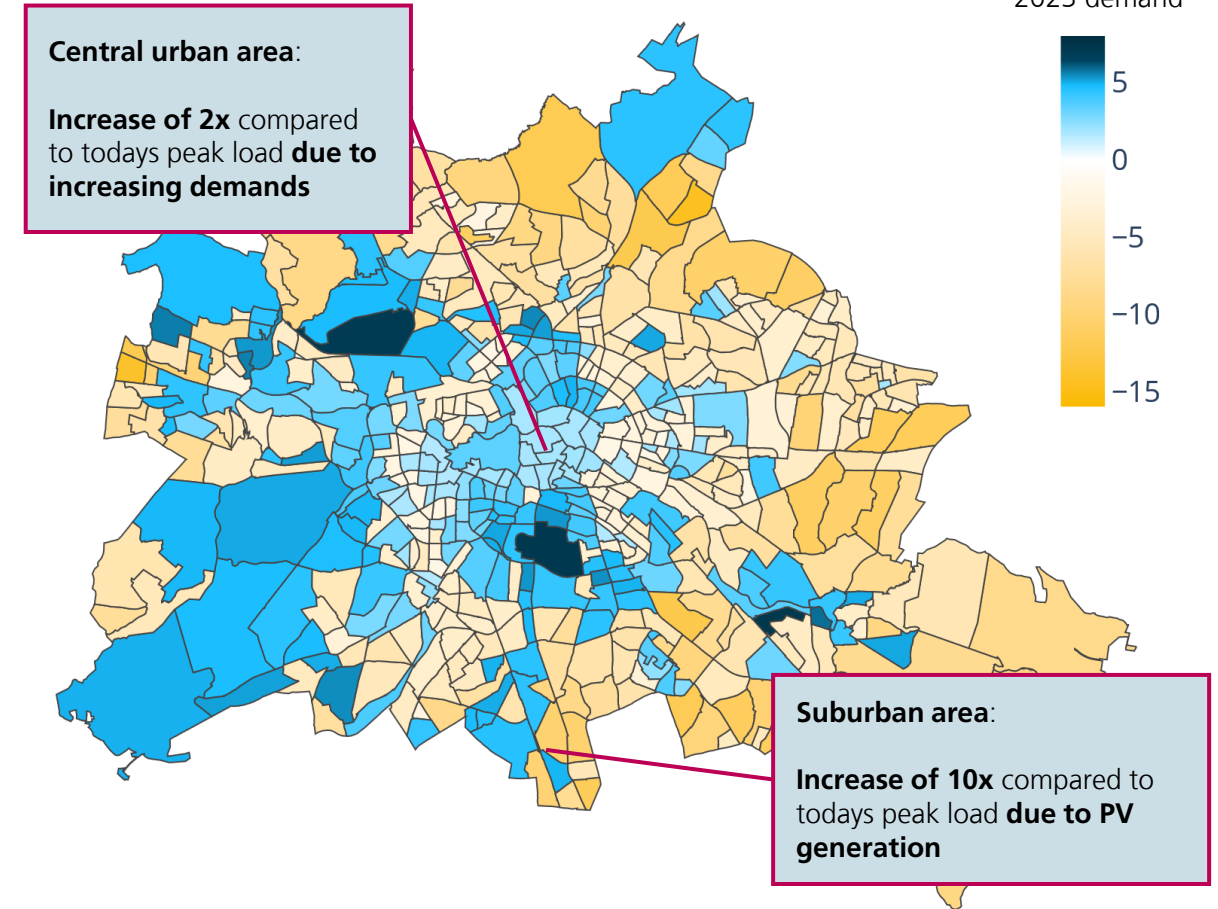
- **Demand peak loads** are likely to **increase over-proportionally** to annual demands (2,9 – 3,6 vs. 1,6 – 2,2 in *Berlin case study*)
- **Large differences** can be observed **on a local level**
- PV expansion should be incentivized especially in central areas and **grid-friendly battery storage mitigating peak loads are recommended** (in the different scenarios load peaks could be reduced by 10 – 50% using day-night storages), however curtailment **might not be avoidable**

The presented systematic approach using openly available geo-data **allows conducting standardized studies** with low effort under consideration of the local settlement characteristics!

Increase of effective peak loads in the year 2045

13,9 GW expansion target, HD, no storages

Increase:
2045 demand
2023 demand



Thank you very much for your attention!

Erik Fröhlich
erik.froehlich@ise.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE
Heidenhofstraße 2
79110 Freiburg
www.ise.fraunhofer.de

References 1/2

- [1] *Energieatlas Berlin*. URL <https://energieatlas.berlin.de/>. – Aktualisierungsdatum: 2023-07-28 – Überprüfungsdatum 2023-07-28
- [2] SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN: Umweltatlas / Land Berlin. 2024-01-26
- [3] LANDESDENKMALAMT BERLIN: Denkmalkarte - Berlin.de. 2023-12-07
- [4] STADT BERLIN: ALKIS Gesamtdatenbestand. URL <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp>. – Aktualisierungsdatum: 2023-02-03
- [5] IB CORNELSEN HAMBURG: Statistiken zum Verbrauchsausweis Gewerbe. URL <https://online-energieausweis.org/verbrauchsausweis/statistiken-zum-verbrauchsausweis-gewerbe/> – Überprüfungsdatum 2022-02-28
- [6] BAYER, Gerhard ; STURM, Thomas ; HINTERSEER, Simon: Kennzahlen zum Energie-verbrauch in Dienstleistungsgebäuden : Bericht über Kennzahlen zum Energieverbrauch in den Bereichen „Lebensmitteleinzelhandel“, „Nichtlebensmitteleinzelhandel“, „Beherbergung“, „Gastronomie“, „Bürogebäude“ und „Krankenhäuser“ im Rahmen des Projektes EV-DLB – Energieverbrauch im Dienstleistungssektor. Wien, 2011
- [7] STADTWERKE GIEßEN: INFORMATIONEN FÜR SPORTHALLEN, SPORTPLÄTZE UND CO.
- [8] KLUTTIG, H.: Energieverbräuche von Bildungsgebäuden. 2002
- [9] FAU ERLANGEN-NÜRNBERG: Infos zum Energieverbrauch. URL <https://www.fau.de/fauspartenergie/infos-zum-energieverbrauch/>. – Aktualisierungsdatum: 2023-09-27 – Überprüfungsdatum 2023-09-27
- [10] CABE: Bierdeckel „Schulgebäude“. In: IGT – Institut für Gebäudetechnologie GmbH (2018-05-11)
- [11] Umweltdatenvergleich 2014-2021 — Arbeitskreis Nachhaltige Universität Freiburg. URL https://www.nachhaltige.uni-freiburg.de/de/copy_of_umweltdatenvergleich/copy_of_umweltdatenvergleich-2010-2016. – Aktualisierungsdatum: 2023-09-27 – Überprüfungsdatum 2023-09-27
- [12] INSTITUT WOHNEN UND UMWELT: Deutsche Wohngebäudetypologie : Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden ; erarbeitet im Rahmen der EU-Projekte TABULA - "Typology approach for building stock energy assessment", EPISCOPE - "Energy performance indicator tracking schemes for the continuous optimisation of refurbishment processes in European housing stocks". 2., erw. Aufl. Darmstadt : IWU, 2015
- [13] Wohnen und Sanieren : Wohngebäude-Statistiken 2002 bis heute. URL <https://www.wohngebaeude.info/daten/#/sanieren/berlin>. – Aktualisierungsdatum: 2023-07-28 – Überprüfungsdatum 2023-07-28

References 2/2

- [14] BERND HIRSCHL ET AL.: Berlin Paris-konform machen (2021)
- [15] INVESTITIONSBANK BERLIN: IBB Wohnungsmarktbericht 2022. URL <https://www.stadtentwicklung.berlin.de/wohnen/wohnungsmarktbericht/> – Überprüfungsdatum 2023-10-04
- [16] SENATSVERWALTUNG FÜR UMWELT, MOBILITÄT, VERBRAUCHER- UND KLIMASCHUTZ: Entwicklung einer Wärmestrategie für das Land Berlin. 2021
- [17] STROMNETZ BERLIN: Netznutzer - Stromnetz Berlin. URL <https://www.stromnetz.berlin/netz-nutzen/netznutzer.> – Aktualisierungsdatum: 2023-07-27 – Überprüfungsdatum 2023-07-28
- [18] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN GAS- UND WASSERWIRTSCHAFT (BGW) (Hrsg.): Anwendung von Standardlastprofilen zur Belieferung nichtleistungsgemessener Kunden. Berlin, 2006
- [19] BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E. V. ; VERBAND KOMMUNALER UNTERNEHMEN E. V. ; GEODE - GROUPEMENT EUROPÉEN DES ENTREPRISES ET ORGANISMES DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE, EWIV: Abwicklung von Standardlastprofilen Gas. Berlin, 2016
- [20] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: Energetische Bewertung von Gebäuden : Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 3: Trinkwassererwärmungsanlagen, Heizlast und Bedarfsbestimmung. 2017 (Deutsche Fassung EN 12831-3:2017)
- [21] BUNDESAMT FÜR STRAßENWESEN (Hrsg.): Ergebnisse Fahrleistungserhebung 2014 : Erhebung der Inländerfahrleistung und der Inlandsfahrleistung. 2017
- [22] KREUTMAYR, Simon (Hrsg.); ALLGAIER, Jonas (Hrsg.); NIEDERLE, Simon (Hrsg.); STEIN-HART, Christoph J. (Hrsg.); GUTZMANN, Christian (Hrsg.); FINKEL, Michael (Hrsg.); WITZ-MANN, Rolf (Hrsg.): Ladeverhalten an öffentlichen Ladesäulen - probabilistische Verteilungen für die Modellierung, 2022
- [23] DARVISH, Sahar ; JAHIC, Amra ; SCHULZ, Detlef ; MAGDOWSKI, Annika ; WILMES, Marc: Projekt „ELBE“ : Erprobung und Analyse des netzdienlichen Ladens. In: Hamburger Beiträge zum technischen Klimaschutz (2021), Nr. 3, S. 135–143. URL <https://www.hsu-hh.de/ees/beitraege-zum-technischen-klimaschutz>
- [24] RUDSCHIES, Wolfgang: Elektroauto im Winter: So massiv sinkt die Reichweite bei Kälte. In: ADAC (2019-12-17)