

Early stage optimization for urban district renovation in Germany



M.Sc. André Müller

Institute for Housing and Environment, Darmstadt, Germany

Institute of Concrete and Masonry Structures, Technical University of Darmstadt, Germany



Project: Integration of renewable energies into the energy supply for interconnected districts



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Institut für
Massivbau

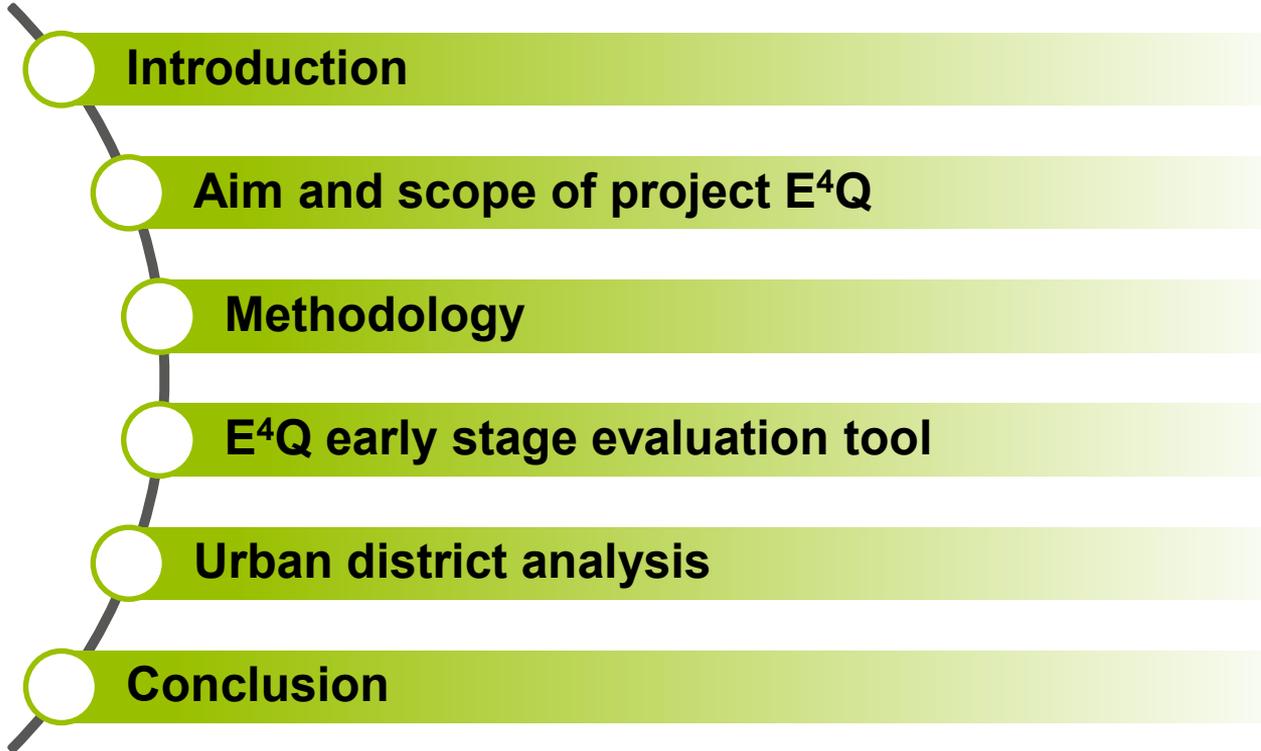


Supported by:



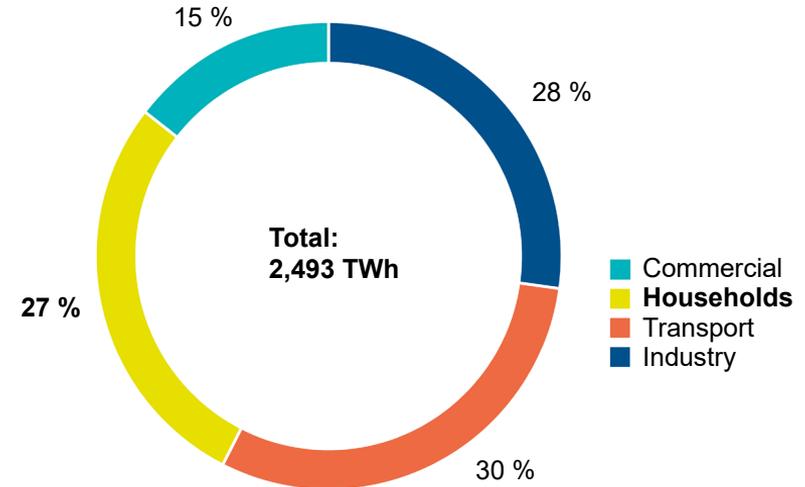
Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

on the basis of a decision
by the German Bundestag



- Climate crisis hits societies in Europe and globally
- Carbon emissions massively have to be reduced to achieve Paris agreement
- German legislation aiming on climate neutral building stocks until 2045
- District level has shown potentials to increase efficiency while lowering costs of renovation concepts

Final energy consumption by sectors in Germany (2019)



Source: German Energy Agency (2022) – Building Report 2022 (translated and highlighted)

Introduction

E4Q

Einbindung erneuerbarer Energieträger
in die Energieversorgung vernetzter Quartiere



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Institut für
Massivbau



Fraunhofer
IEE



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT
Institut für
Politikwissenschaften



Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

Project leaders



Johannes Koert M.Sc.

✉ koert@massivbau.tu-
darmstadt.de

☎ +49 6151 16-21405



André Müller M.Sc.

✉ a.mueller@iwu.de

☎ +49 6151 2904-18

Aim and scope of project E⁴Q

■ Aims

- Identify renovation concepts for districts which contribute to achieving climate mitigation targets while preserving economic feasibility
- Supporting stakeholders in district renovation planning in early project phases

■ Scope

- Focus lies on urban settings
- Only market-available technologies shall be reflected
- Evaluation of local renewable energy sources for heat and power production shall be sound

Evaluation indicators

Energy

Final energy demand	Q_{f,E^4Q}	in kWh/(m ² *a)
Self sufficiency from local RE	$Q_{g,reg}/Q_f$	in %
Self consumption (electricity)	$\eta_{self,el}$	in %

Ecology

Global warming potential	GWP	in kg CO _{2,eq} /(m ² *a)
Non-renewable primary energy demand	PE _{ne,LCA}	in MJ/(m ² *a)

Economic viability

Present value of life-cycle costs	C_0	in €/m ²
Investment	I_0	in €/m ²

Reference area: heated useable floor area

Balancing boundaries

Construction

Thermal insulation, exchange of windows

Building technology

Usage

Household appliances

Domestic hot water

Heating, ventilation, cooling

- Electricity from local renewable energies

German EPC boundary

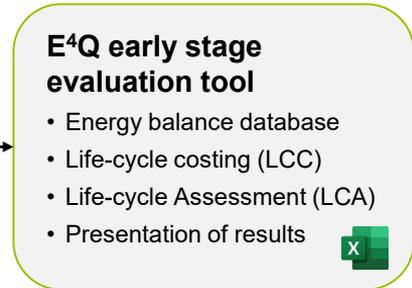
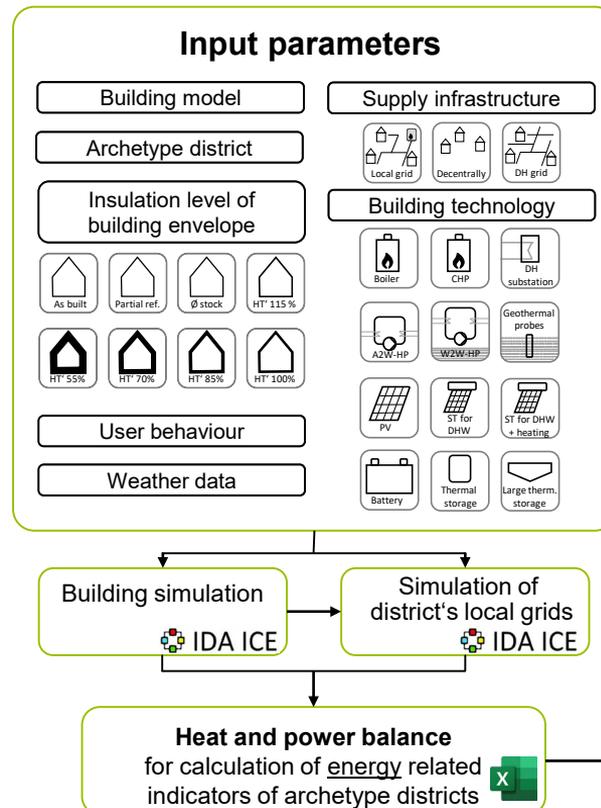
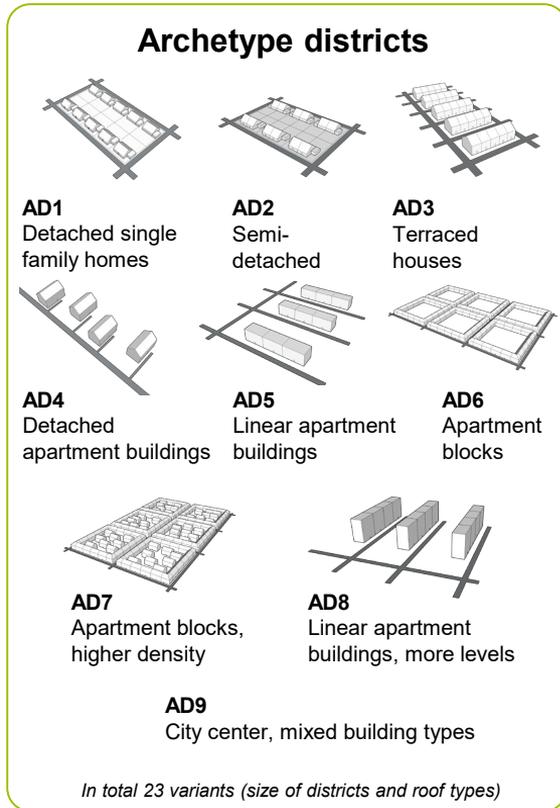
Primary energy need

= Final energy need * $f_{P,carrier}$

Demolition

Thermal insulation, exchange of windows

Building technology



E⁴Q early stage evaluation tool

E4Q Tool - energetische C

Bitte führen Sie die folgenden vier Schritte aus, um für ein Quartier eine U Energieversorgungskonzepte durchzuführen.

Schritt 1: Erstellen Sie das zu untersuchende Quartier. Dazu können Sie ein Typquartier auswählen.

TQ6a Blockrandbebauung (Schrägdach) g				
Anzahl	Gebäudetyp	Baualter	Zustand	NGF in m ²
1	Blockrand	vor 1978	und Decke OG	14070

Versorgungskonzept: Nahwärmenetz mit Zwei Kessel im bivalenten Betrieb TWW dezentral, Flächenheizung

Abkürzungen: WP - Wärmepumpe ; BHKW - Blockheizkraftwerk ; RLT - Rau

Schritt 2: Definieren Sie die zu untersuchenden Versorgungskonzepte. Sie Möglichkeit bis zu vier Versorgungs- und Sanierungskonzepte für den Variantenvergleich auszuwählen.

Quartiersversorgungsko	
1. Variante	

Schritt 3 (optional): Passen Sie die Randbedingungen für die ökonomische ökologische Bewertung der Varianten an.

Schritt 4: Starten Sie die Berechnung.

Typquartiersauswahl - Gebäudestruktur

Quartierstyp
Wählen Sie ein Typquartier aus.
TQ6a Blockrandbebauung (Schrägdach) geringer bis mittlerer Dichte - S

Standort und Ausrichtung der Gebäude
Wählen Sie den Standort.
Potsdam (Referenzstandort)

Definieren Sie die Ausrichtung der F
nord -- süd

Auswahl der Versorgungsvarianten
Wie viele Varianten möchten Sie untersuchen? 3

Variante 1 Variante 2 Variante 3

Variante 2
Energetisches Sanierungsniveau der Gebäudehülle
HT 85% zum GEG Niveau

Wählen Sie das Konzept der Wärme
 Einzelgebäudeversorgung Nahwärmenetz

Quartierszentrale
Wärmerezeuger in der
BHKW (+ Spitzenlast)
Energieträger BHKW
Erdgas
Vorlauftemperatur des
VL 70° konstant

Gibt es ein Quartierspeicher - Strom
 Quartierspeicher - Strom
Gibt es zentrale PV Anlagen Quartier?
 Zentrale PV Anlagen Quartier?

Gebäudeversorgung
Wählen Sie den Wärmerezeuger im Gebäude.
Übergabestation

Wählen Sie die Art der Wärmeübergabe in den Räumen.
Heizkörper VL max 60°C

Wählen Sie die Art der Trinkwassererzeugung.
zentral

Wird Solarenergie auf den Gebäudedächern oenutzt?
mit PV-Anlagen belegt?

Wie viel der verfügbaren Dachfläche ist mit PV-Anlagen belegt?
voll

Haben die Gebäude Batteriespeicher?
nein

Verfügen die Wohngebäude über eine RLT-Anlage?
nur natürliche Lüftung

Quartiersbeschreibung
Gebäudetypen:
1 Blockrand aus je 5 Hauseingänge Stockwerken und 209 m² GF

160 Wohneinheiten
14.070 m² Wohnfläche

Abbrechen

Quartierssteckbrief

TQ6a - Blockrandbebauung (Schrägdach) geringer bis mittlerer Dichte - Größe S

Anzahl Gebäudekörper
Einfamilien 96

Anzahl WE 96
Netto-GF 17.280 m²

Status Quo

GWP	50	kg CO _{2,eq} /m ² a
PE _{th,ELCA}	76	kWh/(m ² *a)
I _b	0	€/m ²
C ₀	673	€/m ²
Q _t	204	kWh/(m ² *a)
Q _{th,el} /Q ₀	0	%
η _{th,el}	0	%

Sanierungsvariante 1

GWP	28	kg CO _{2,eq} /m ² a
PE _{th,ELCA}	120	kWh/(m ² *a)
I _b	64	€/m ²
C ₀	467	€/m ²
Q _t	96	kWh/(m ² *a)
Q _{th,el} /Q ₀	0	%
η _{th,el}	0	%

Sanierungsvariante 2

GWP	22	kg CO _{2,eq} /m ² a
PE _{th,ELCA}	92	kWh/(m ² *a)
I _b	194	€/m ²
C ₀	883	€/m ²
Q _t	82	kWh/(m ² *a)
Q _{th,el} /Q ₀	11	%
η _{th,el}	96	%

Sanierungsvariante 3

GWP	24	kg CO _{2,eq} /m ² a
PE _{th,ELCA}	87	kWh/(m ² *a)
I _b	187	€/m ²
C ₀	688	€/m ²
Q _t	53	kWh/(m ² *a)
Q _{th,el} /Q ₀	27	%
η _{th,el}	30	%

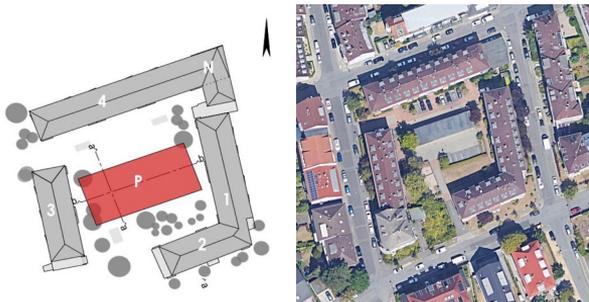
Sanierungsvariante 4

GWP	19	kg CO _{2,eq} /m ² a
PE _{th,ELCA}	68	kWh/(m ² *a)
I _b	204	€/m ²
C ₀	666	€/m ²
Q _t	41	kWh/(m ² *a)
Q _{th,el} /Q ₀	33	%
η _{th,el}	29	%

Urban district analysis - Demonstration

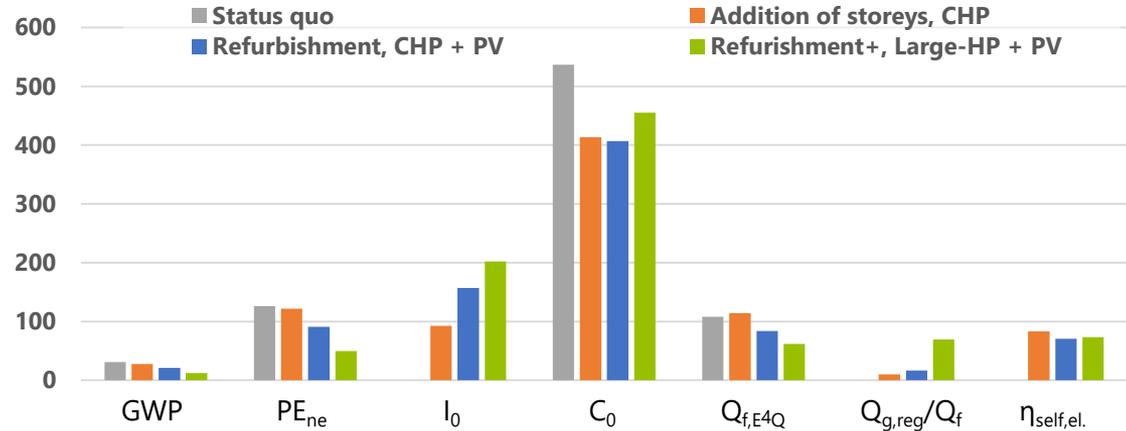
Demonstration district

- Building complex from 1950s
- 4 buildings, 3 levels, 51 apartments
- ca. 3600 m² living area
- Refurbishment in the 1980s
- Local heating grid (gas boiler), DHW decentral electrically



Source: bauverein AG (left); Google Maps 2022 (right); Bilder © 2022 AeroWest, GeoBasis-DE/BKG, Maxar Technologies, Kartendaten © 2022)

Results



- All concepts lower the lifecycle costs (C₀)
- CHP and PV lead to C₀- & GWP-reductions
- More ambitious refurbishment level needs additional investments achieving a small additional C₀ reduction
- Most ambitious refurbishment can be ‚cross-financed‘

Urban district analysis - Scenarios

Aim

- Identifying universally advisable district renovation concepts
- Derive recommendations for stakeholders (public administration, local politics and enterprises)

Scope

- 26 status quo input parameters for each of the 23 ADs
- >1 Mio. renovation concepts per AD

Input parameters of the status quos

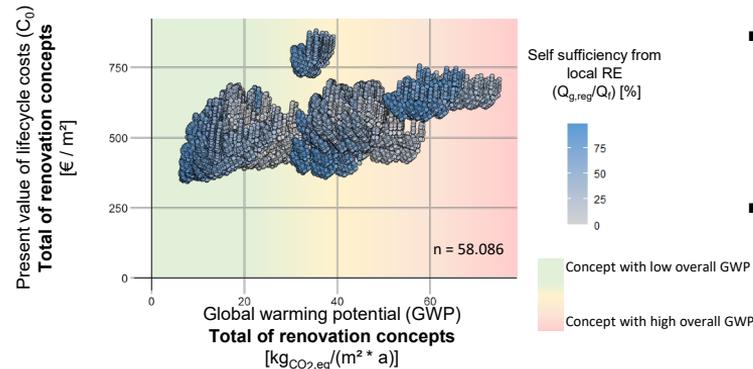
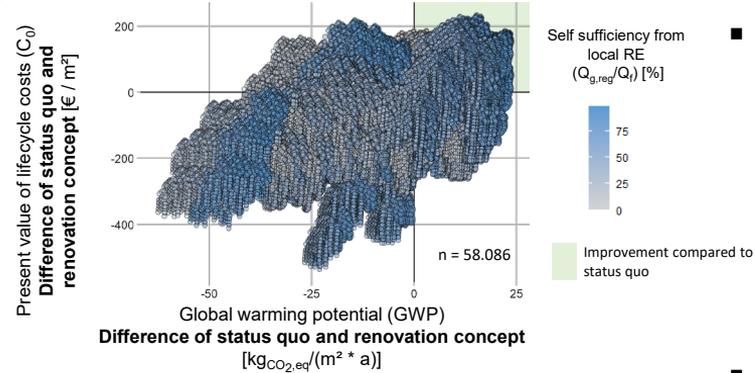
Insulation level of building envelope



Supply infrastructure



Building technology



- 2 evaluation criteria are needed
 - better than status quo
 - in line with national climate mitigation targets
- Results show
 - Higher shares of local RE increase an economic viability (C_0) while decreasing GWP
 - Multiple renovation concepts fulfill both criteria

- **E⁴Q early stage evaluation tool** allows for
 - Assessments of district renovation concepts w/o demanding data acquisition
 - Generic recommendations on promising concepts are derived early in the planning process
 - identifying optimized renovation concepts based on a holistic set of indicators
- **Scenario analysis** shows, that
 - Highly ambitious concepts are technically possible and economically viable
 - Integrated district renovation concepts need new forms of stakeholder cooperation (*burden and profit sharing*)
 - Additional constraints have to be considered (*fossile phase-out and biomass potentials*)

Thank you for your attention!



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Institut für
Massivbau



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

on the basis of a decision
by the German Bundestag