

## Bestimmung energetisch zusammenhängender urbaner Gebäudegruppen als Grundlage für die Quartiersplanung

Verena Weiler  
Sally Köhler  
Ursula Eicker

HFT Stuttgart  
zafh.net

Institut für angewandte Forschung,  
Zentrum für nachhaltige Energietechnik,  
HFT Stuttgart

Russell McKenna  
Jann Weinand  
Wolf Fichtner



Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Institut für  
Industriebetriebslehre und Industrielle  
Produktion (IIP), Karlsruher Institut für  
Technologie

## Methodisches Vorgehen

1. Festlegen der Fallstudie
2. Auswählen der Indikatoren
3. Standardisierung der Werte
4. Faktorenanalyse
5. Clusteranalyse

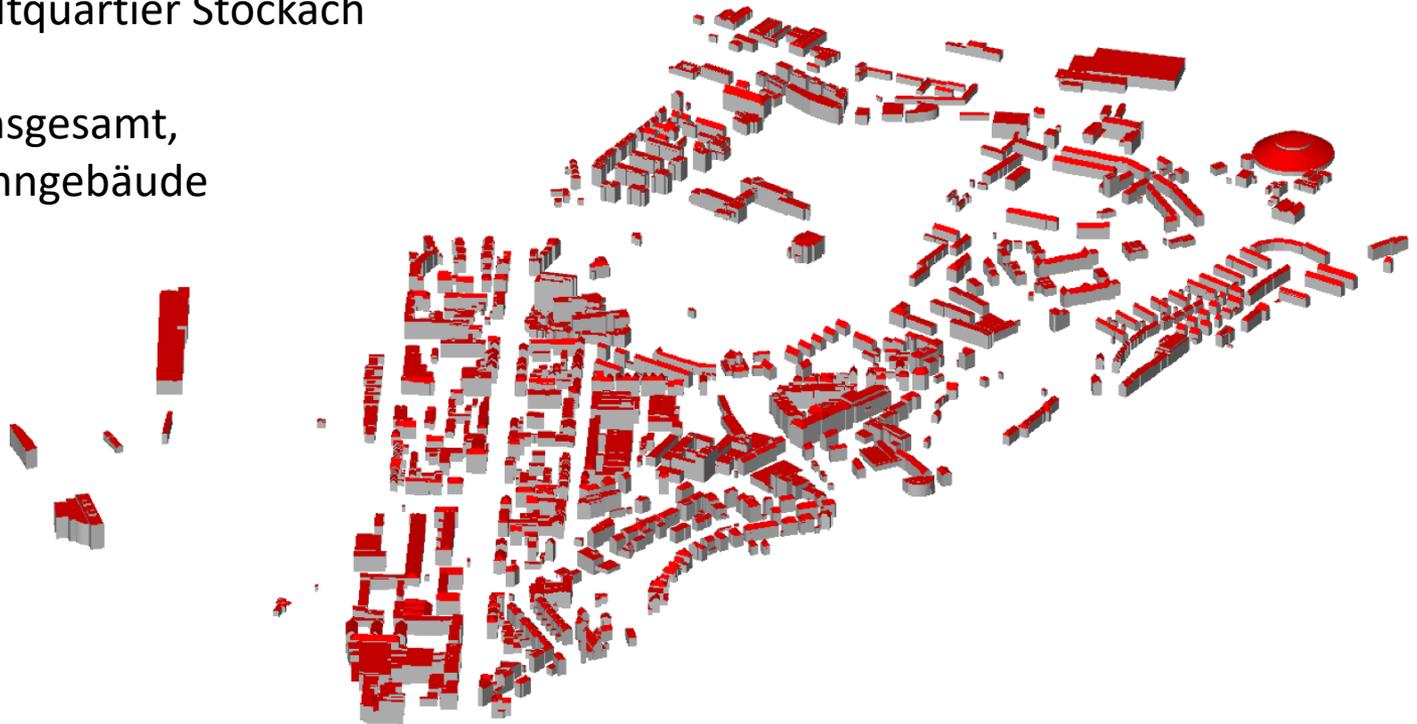
## Ergebnisse

## Diskussion und Ausblick

## 1. Festlegen der Fallstudie

Gute Datenlage:  
Stuttgarter Stadtquartier Stöckach

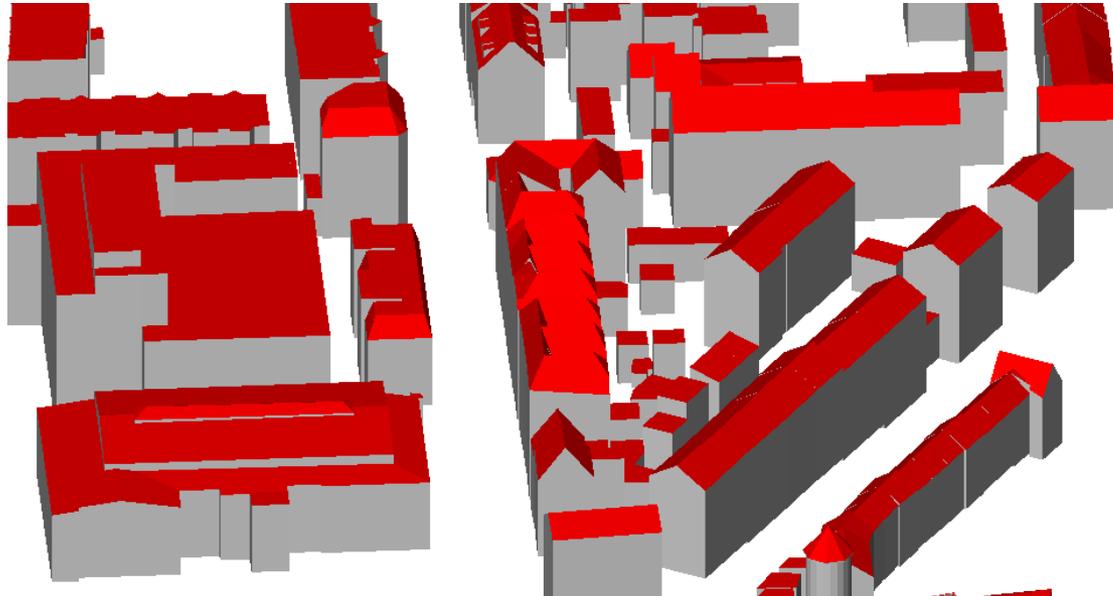
763 Gebäude insgesamt,  
davon 54% Wohngebäude



## 2. Auswählen der Indikatoren

- Gebäudetyp
- Gebäudebaujahr
- Grundfläche [m<sup>2</sup>]
- Verhältnis Grundfläche zu beheizter Fläche

Aus der CityGML Datei



## 2. Auswählen der Indikatoren



- Mittlerer U-Wert der Gebäudehülle [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
- Heizwärmebedarf [ $\text{kWh}/\text{a}$ ]
- Spezifischer Heizwärmebedarf [ $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ ]
- Strombedarf [ $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ ]
- Solare Einstrahlung auf die Dachfläche [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
- PV-Potential [ $\text{MWh}/\text{a}$ ]
- Nennleistung der platzierbaren Module [ $\text{kWp}$ ]

Berechnet mit der  
Simulationsplattform SimStadt und  
Informationen aus der CityGML Datei

## 2. Auswählen der Indikatoren



- Bebauungsdichte



Aus GIS Daten

## 3. Standardisierung der Werte

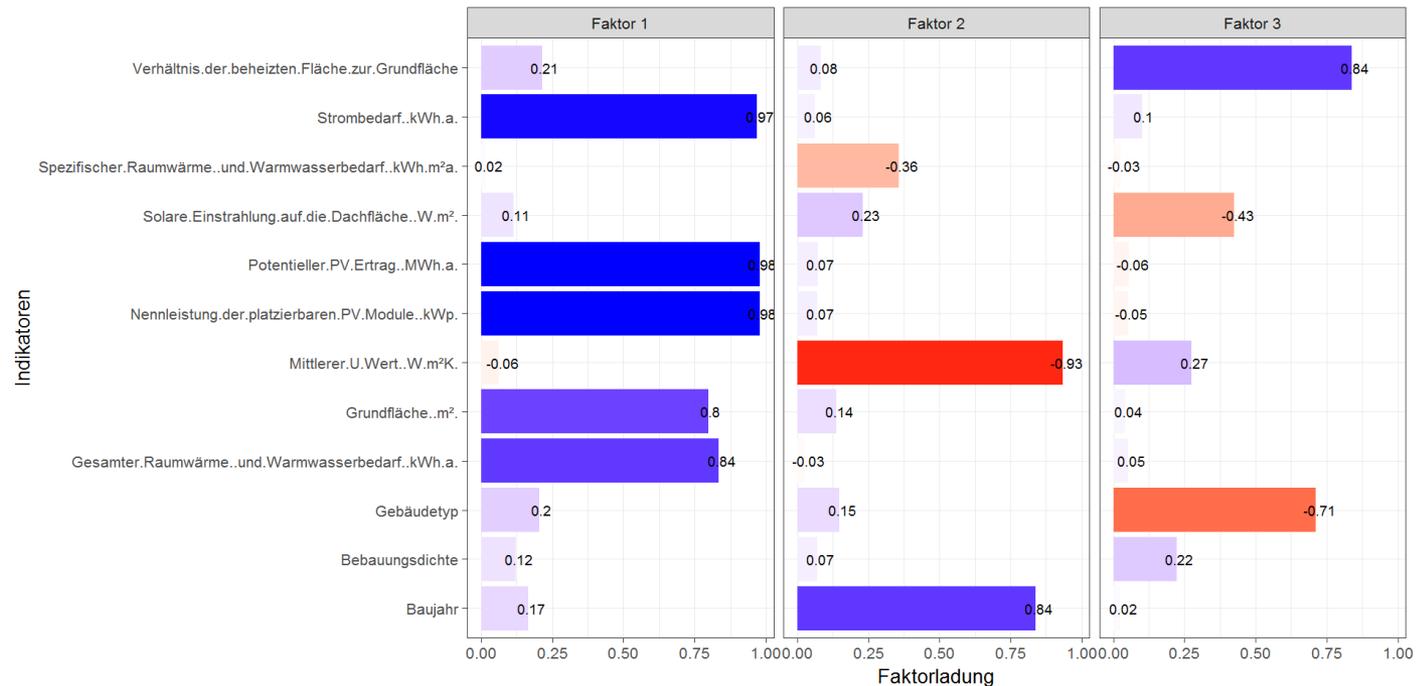
Alle Indikatoren werden auf Werte zwischen 0 und 1 skaliert.

Dadurch werden alle Indikatoren gleich gewichtet, bevor sie in die folgende Faktorenanalyse eingehen.

## 4. Faktorenanalyse

Festlegen der Faktorenanzahl durch das Kaiser-Kriterium und verschiedene weitere Methoden → 3 Faktoren

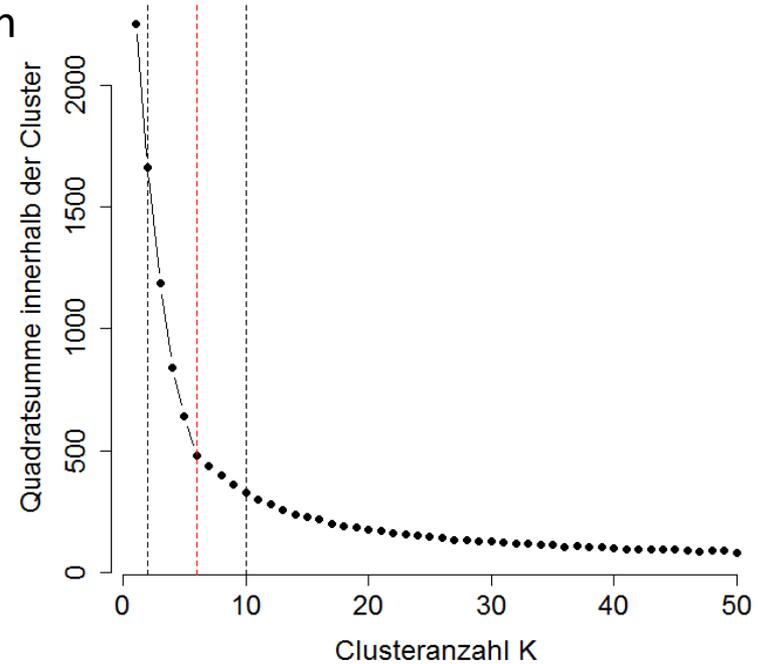
Zuweisung der Indikatoren zu Faktoren aufgrund von Korrelation (Funktion in R)



## 5. Clusteranalyse

Bestimmung der optimalen Clusteranzahl mithilfe von mehreren Validationsmethoden

→ 6 Cluster



## Ergebnisse

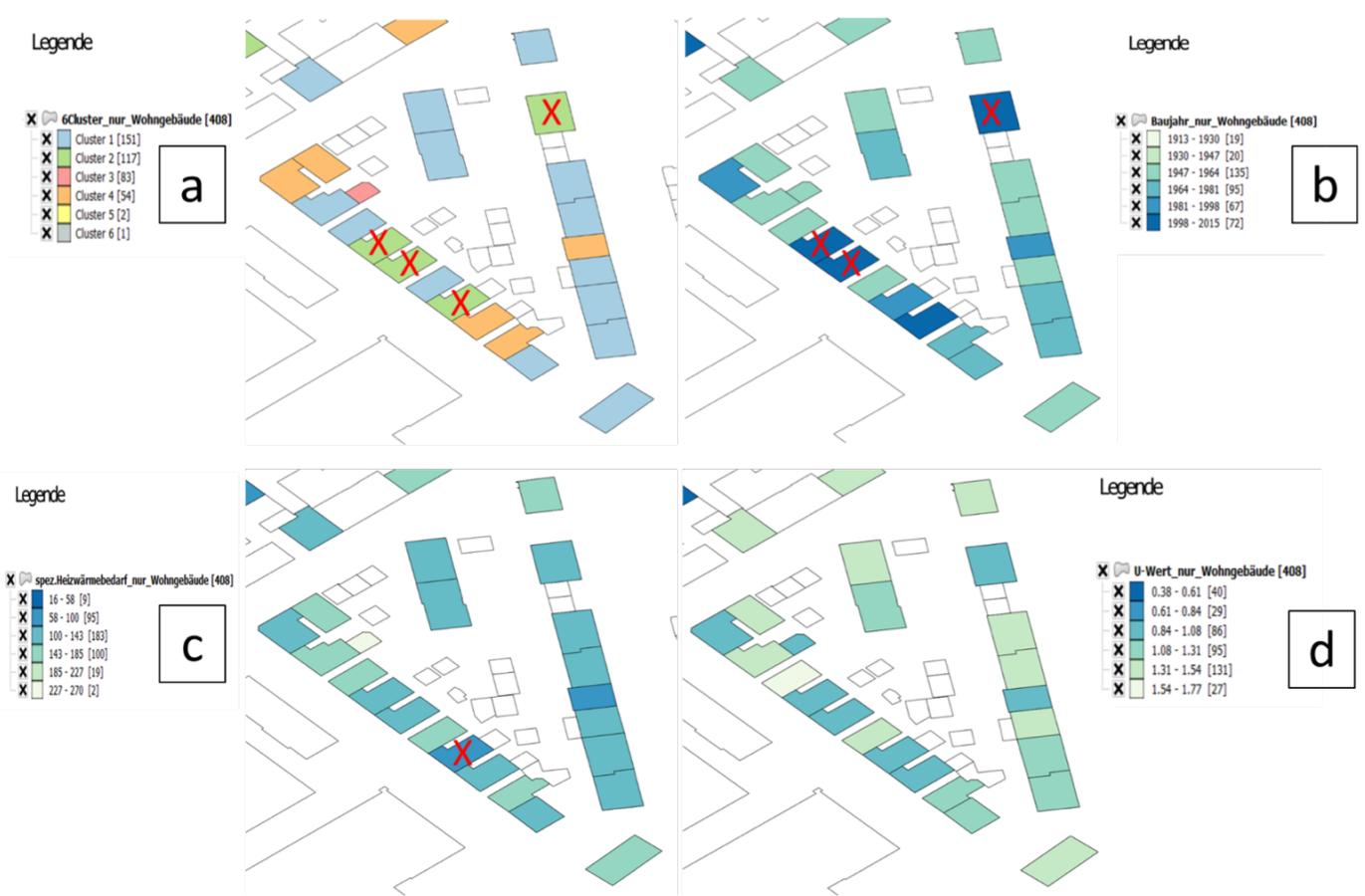
6Cluster\_AlleGebäude\_mitFaktoranalyse [763]

- Cluster 1 [164]
- Cluster 2 [311]
- Cluster 3 [121]
- Cluster 4 [140]
- Cluster 5 [26]
- Cluster 6 [1]
- nicht\_simulierte\_Gebäude



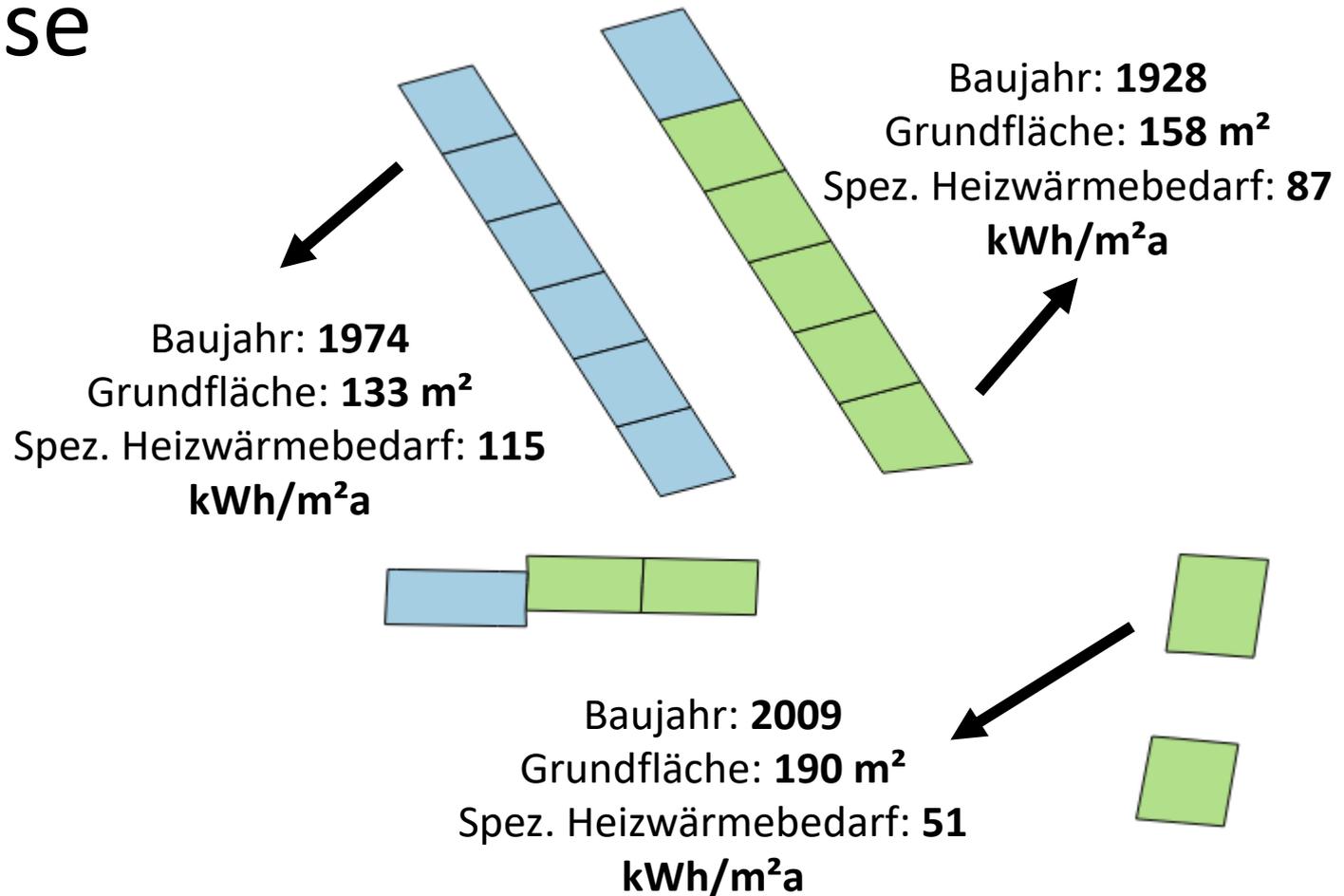
### Ergebnisse

Vergleich der Cluster-einteilung mit einzelnen Indikatoren



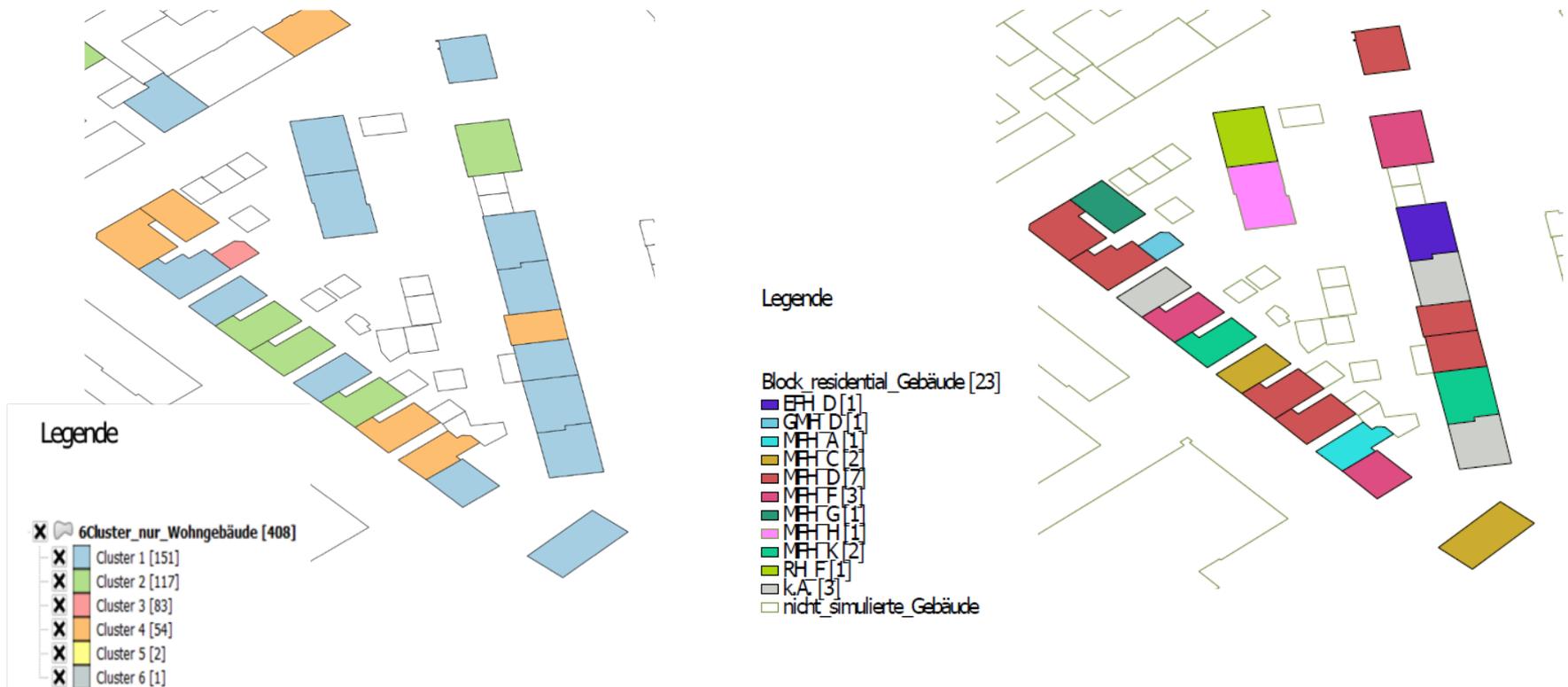
## Ergebnisse

Vergleich der  
Gebäude eines  
Clusters

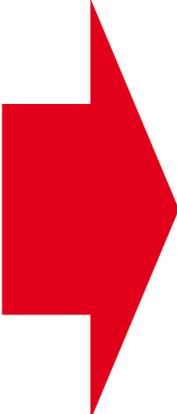


## Ergebnisse

Vergleich der Clustereinteilung mit der Einteilung nach der Gebäudetypologie TABULA



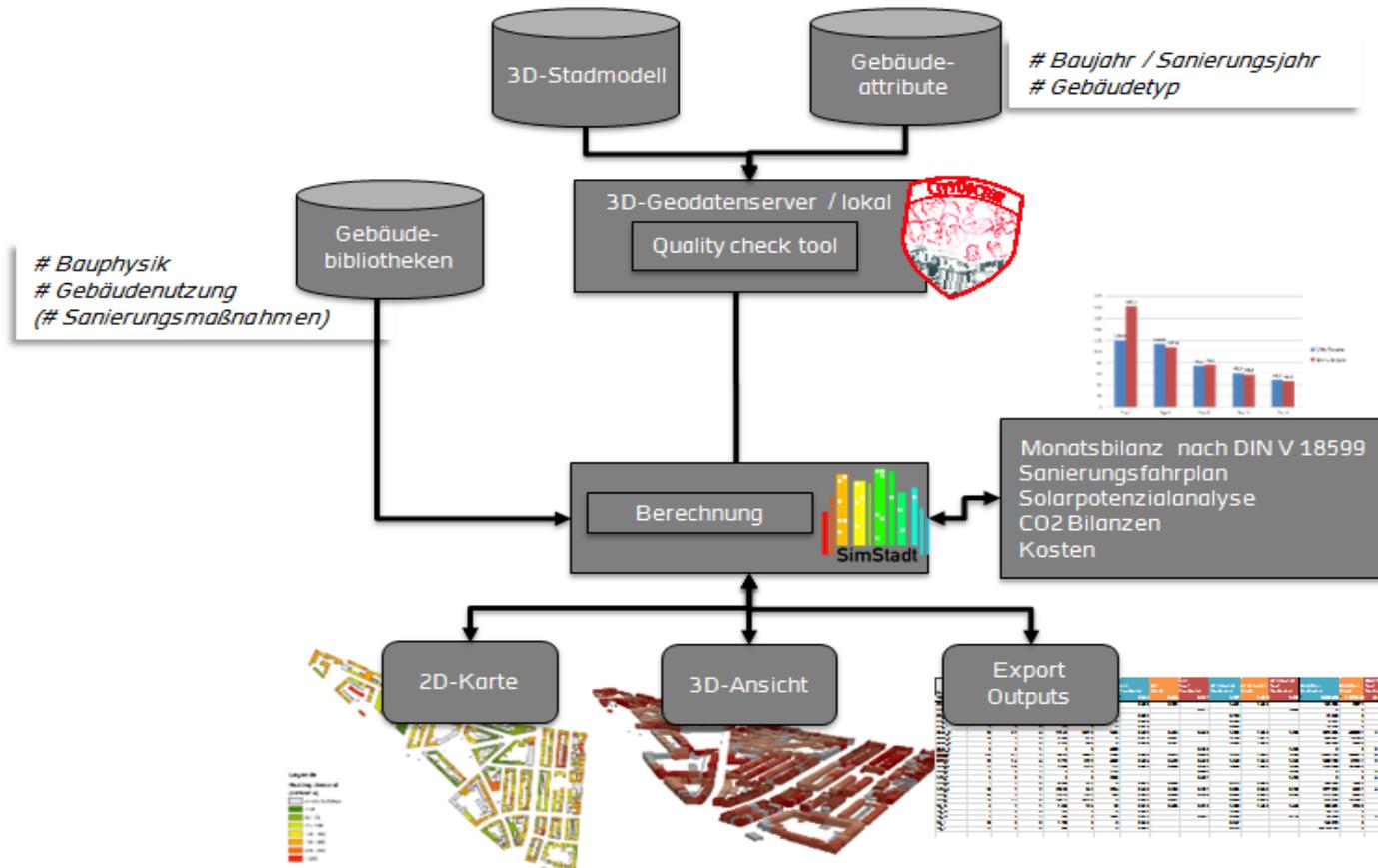
## Diskussion & Ausblick

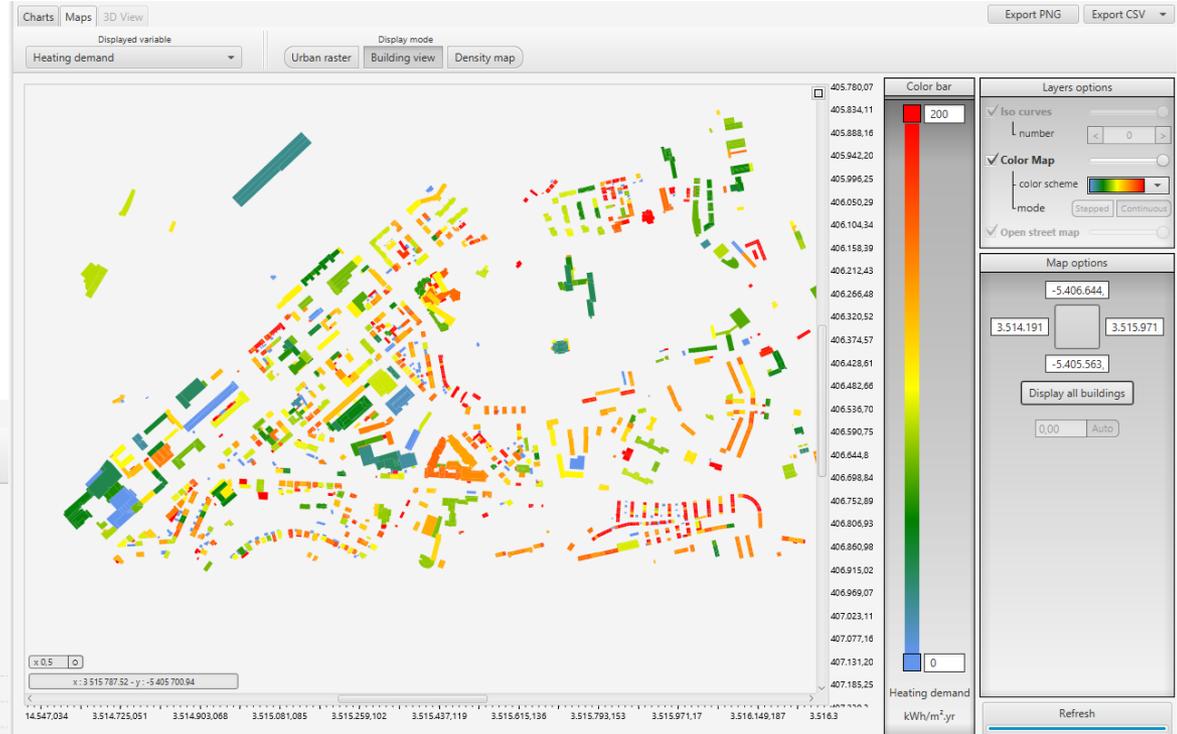
- Clusteranalyse bringt einen Mehrwert gegenüber der Einteilung nach nur einem Indikator
  - Einbeziehen von Wechselwirkungen zwischen den Indikatoren
- 
- Weitere Indikatoren einführen
  - Vergleich von verschiedenen Quartieren
  - Einfluss von Faktorenanzahl und Clusteranzahl weiter untersuchen
  - Schließen von Datenlücken

**Danke für die Aufmerksamkeit!**

## Backup Folien

## Aufbau SimStadt





## Ergebnisse - backup

### Wohngebäudeanalyse – Vergleich der Indikatoren in den 6 Clustern

Cluster	Year of construction	Footprint area [m <sup>2</sup> ]	HeatedArea ToFootprint	Uvalue [W/m <sup>2</sup> .K]	Specific domestic water demand [kWh/m <sup>2</sup> .yr]	Specific hot space heating demand [kWh/m <sup>2</sup> .yr]	speSpace hAndDHW _kWhm2yr	Total Yearly Heat+DHW demand [kWh/yr]	Mittelwert von Irradiance in module plane [W/m <sup>2</sup> ]	Summe von PV potential nominal [kWp]	Summe von PV potential yield	ElecDemand_ kWhm2	B_DICHTE	Anzahl Gebäude	
Mittelwert	1	1959	164,6	3,84	1,40	15,82	121,98	137,80	87.638	137,07	7,87	8,06	16.371	0,42	151
Min	1	1913	56,1	2,29	0,96	15,50	65,40	81,20	20.837	125,70	3,00	3,01	3.340	0,11	
Max	1	2007	476,0	6,00	1,82	20,30	170,20	186,00	232.122	145,80	49,00	52,91	71.400	0,78	
Differenz zw. Min und Max		94,00	419,9	3,71	0,86	4,80	104,80	104,80	211.285	20,10	46,00	49,90	68.060	0,67	
Mittelwert	2	1994	203,1	3,69	0,76	15,84	70,53	86,37	64.773	141,17	9,90	10,46	19.049	0,42	117
Min	2	1927	49,2	0,78	0,45	15,30	-	15,80	2.923	126,60	2,00	2,16	2.128	0,10	
Max	2	2015	396,4	5,57	1,06	20,00	109,70	125,30	158.671	145,80	23,00	24,83	46.130	0,79	
Differenz zw. Min und Max		88,00	347,2	4,80	0,61	4,70	109,70	109,50	155.748	19,20	21,00	22,67	44.002	0,69	
Mittelwert	3	1964	119,0	2,22	1,27	16,23	143,73	159,95	41.390	141,75	5,87	6,22	6.956	0,36	83
Min	3	1923	43,6	0,56	0,91	15,80	97,70	119,50	6.860	126,80	2,00	2,16	638	0,07	
Max	3	1986	265,7	3,47	1,77	23,70	253,70	269,50	94.726	145,80	15,00	16,20	17.808	0,64	
Differenz zw. Min und Max		63,00	222,1	2,91	0,86	7,90	156,00	150,00	87.866	19,00	13,00	14,04	17.170	0,57	

### Ergebnisse - backup

Cluster	Year of construction	Footprint area [m2]	HeatedArea ToFootprint	Mean Uvalue [W/m2.K]	Specific domestic water demand [kWh/m2.yr]	Specific hot space heating demand [kWh/m2.yr]	speSpace hAndDHW _kWhm2yr	Total Yearly Heat+DHW demand [kWh/yr]	Mittelwert von Irradiance in module plane [W/m²]	Summe von PV potential nominal power [kWp]	Summe von PV potential yield	ElecDemand_ kWhm2	B_DICHTE	Anzahl Gebäude	
Mittelwert	4	1976	201,6	3,96	1,10	28,15	96,96	125,11	96.762	140,80	9,15	9,63	20.930	0,44	54
Min	4	1927	94,7	1,63	0,48	23,50	44,60	72,40	32.904	129,90	3,00	3,21	4.760	0,27	
Max	4	2015	555,6	5,99	1,49	43,90	174,90	218,80	281.156	145,70	29,00	31,31	83.258	0,64	
Differenz zw. Min und Max		88,00	460,9	4,36	1,01	20,40	130,30	146,40	248.252	15,80	26,00	28,10	78.498	0,37	
Mittelwert	5	1994	1.377,8	3,59	0,81	18,75	67,08	85,83	432.499	145,00	75,50	81,53	125.015	0,46	2
Min	5	1978	1.013,8	2,80	0,47	15,60	49,10	64,90	99.999	145,00	48,00	51,83	78.573	0,35	
Max	5	2008	2.109,1	3,94	1,20	27,80	85,00	112,80	698.794	145,00	121,00	130,66	200.070	0,71	
Differenz zw. Min und Max		30,00	1.095,3	1,14	0,73	12,20	35,90	47,90	598.795	-	73,00	78,83	121.497	0,36	
Mittelwert	6	2015	3.649,7	4,39	0,38	26,30	31,10	57,40	918.890	145,00	216,00	233,23	400.463	0,75	1
Min	6	2015	3.649,7	4,39	0,38	26,30	31,10	57,40	918.890	145,00	216,00	233,23	400.463	0,75	
Max	6	2015	3.649,7	4,39	0,38	26,30	31,10	57,40	918.890	145,00	216,00	233,23	400.463	0,75	
Differenz zw. Min und Max		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

## Ergebnisse - backup

Vergleich der Cluster-einteilung mit der Einteilung nach der Gebäude-typologie TABULA

Cluster	Gruppierung nach TABULA	Baujahr	Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	Anzahl Geschosse	Cluster	Gruppierung nach TABULA	Baujahr	Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	Anzahl Geschosse
1	GMH_D	1954	143	4,9	1	keine Auswahl	1976	214	3,3
1	MFH_C	1974	110	3,2	2	keine Auswahl	2001	127	5,0
1	MFH_D	1955	114	5,3	2	keine Auswahl	1986	126	4,9
1	MFH_D	1953	113	5,0	2	MFH_A	1999	178	3,9
1	MFH_D	1977	179	3,4	2	MFH_K	2010	124	4,8
1	MFH_D	1956	156	3,4	4	MFH_C	1987	109	3,9
1	MFH_D	1956	171	3,5	4	MFH_D	1952	124	5,0
1	MFH_D	1959	187	3,4	4	MFH_H	1984	158	5,0
1	MFH_F	1977	165	3,3	4	MFH_K	2010	125	4,7
1	MFH_F	1956	129	3,6	4	RH_F	1974	116	2,4
1	MFH_F	1960	134	3,6	3	EFH_D	1952	45	0,6
1	MFH_G	1954	190	3,4					