

urbem^{DK}

ergebnisbericht

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
WIENER STADTWERKE Holding AG

AUTOR/INNEN

In alphabetischer
Reihenfolge

- Thomas Bednar
- Dominik Bothe
- Julia Forster
- Sara Fritz
- Nadine Haufe
- Thomas Kaufmann
- Peter Eder-Neuhauser
- Paul Pfaffenbichler
- Nikolaus Rab
- Johannes Schleicher
- Gudrun Weinwurm
- Christina Winkler
- Manuel Ziegler

Urbanes Energie- und Mobilitätssystem
Doktoratskolleg

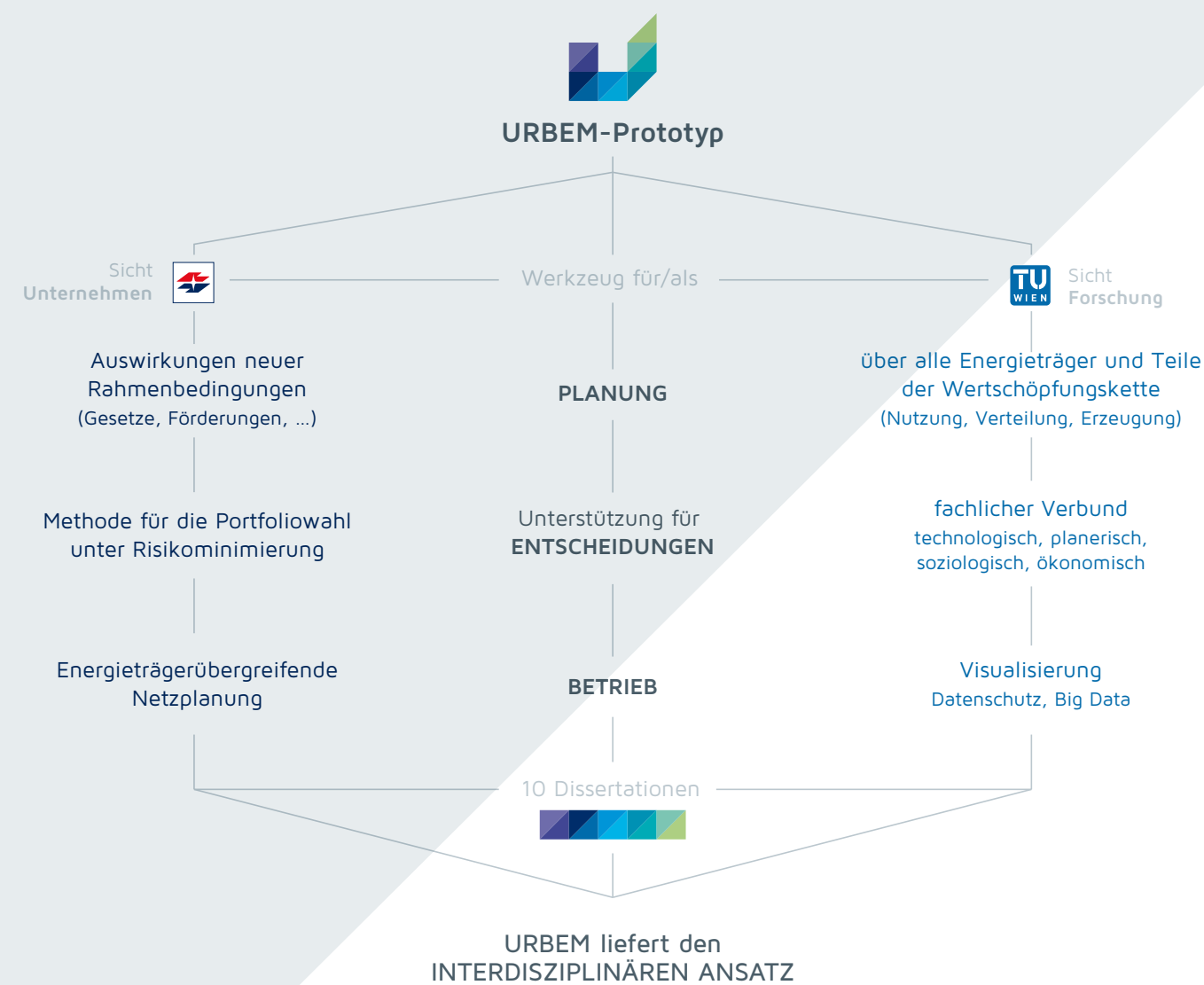
urbem^{DK}
ergebnisbericht

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN



WIENER STADTWERKE Holding AG





URBEM hilft dabei diese Fragen aus ökonomischer, technologischer, gesellschaftlicher und ökologischer Perspektive zu beantworten. Dazu haben zehn Doktorandinnen und Doktoranden der TU Wien gemeinsam mit den Wiener Stadtwerken sechs Semester lang geforscht. Ziel Ihrer Forschung war es, Methoden zu finden mit denen zukunftsfähige Strategien für ein tragfähiges urbanes Energie- und Mobilitätssystem entwickelt und getestet werden können.

Wie soll die Stadt der Zukunft aussehen? Wie plant man heute die nachhaltige und lebenswerte Stadt von morgen?

URBEM GEHT NEUE WEGE

Das Doktoratskolleg URBEM entwickelte am Beispiel Wien einen Prototyp einer virtuellen Stadt – validiert mit Echtdaten. Es entstand eine IT-Umgebung, in der – unter Berücksichtigung des Datenschutzes – Varianten einer Stadt der Zukunft in Szenarien ganzheitlicher analysiert werden können. Dadurch können Veränderungen in der gesellschaftlichen Struktur, Veränderungen des Gebäudebestandes und der Mobilitätsmöglichkeiten, sowie Rückwirkungen auf die Infrastruktur und die Energieversorgung erstmalig in ihrer Wechselwirkung konsistent berücksichtigt und sichtbar gemacht werden.

Diese zukunftsweisenden Methoden sowie der URBEM-Prototyp werden im vorliegenden Ergebnisbericht vorgestellt.

Zentrales Ergebnis des URBEM-DK ist der Prototyp eines interdisziplinären Entscheidungsunterstützungstools, welches sowohl für Detailplanungen als auch für übergeordnete Stadtplanungsszenarien eingesetzt werden kann. Dabei vereint die Umgebung Wissen aus zehn wissenschaftlichen Modellen, die unterstützt durch das umfangreiche Praxiswissen der Wiener Stadtwerke, in URBEM-DK neu entwickelt wurden.

1	URBEM Intro	6
1.1	Einleitung	9
1.2	Warum interessiert mich URBEM?	10
2	URBEM – Die Methodenentwicklung	12
2.1	Die Stadt – ein komplexes System	16
2.2	Stadt Wien und Umland als Beispiel	17
2.3	Szenarien der Zukunft zur Methodenentwicklung – WIFO	27
2.4	Bevölkerung	31
2.5	Entwicklung des Gebäudebestandes	37
2.6	Mobilität	40
2.7	Thermische und elektrische Lastgänge des Gebäudebestands	43
2.8	Entwicklung der Energienachfrage und Auswirkungen auf die Infrastruktur	46
2.9	Thermische Netze – Gasnetz	50
2.10	Elektrische Netze	51
2.11	Kommunikationsnetz für Smart Grids	53
2.12	Optimierte Fernwärmeerzeugung	55
3	URBEM – Der Prototyp	58
3.1	Vienna Smart City Operating System – VISCOSE	62
3.2	Datenschutz bei der Anwendung berücksichtigen	64
3.3	Visualisierung der Ergebnisse	66
3.4	Fragen mit URBEM beantworten	71
4	Wie ist URBEM entstanden und was war sehr hilfreich?	80
4.1	Strategische Kooperation TU Wien – WSTW	83
4.2	Themenfindung und Organisationsstruktur	84
4.3	Recruiting	85
4.4	Ringvorlesung	86
4.5	Teambildung	87
4.6	Veranstaltungen	88
4.7	Evaluierung	89
5	URBEM – Ausblick und Mitwirkende	90
	Publikationen und Preise	97

1

urbem
intro



einleitung

1.1

Im Jahr 2030 werden in Wien ca. 2 Millionen Menschen leben – dies entspricht gegenüber dem Jahr 2014 einem Wachstum von ca. 15 %¹. Dieses Wachstum stellt vor allem für die Stadt Wien selbst, aber auch für die Stadtplanung, Energie- und Infrastrukturbetreiber sowie für den gesamten Gebäude- und Mobilitätssektor eine Herausforderung dar, mit der verantwortungsvoll umgegangen werden muss.

Wien wird als eine der lebenswertesten Städte angesehen. Dies ist vor allem aus den Studien „Quality of Living“² und „Global Liveability Ranking“³ ersichtlich.

Diese Tatsachen führen zwangsläufig zu der Frage: Wie kann Wien so rasant wachsen, aber gleichzeitig den Lebensstandard auf hohem Niveau halten?

Der Trend hin zur Urbanisierung, zu nachhaltigen Städten und sogenannten Smart Cities ist medial omnipräsent. Bereits heute existieren sowohl nationale als auch internationale Roadmaps die den Weg zu nachhaltigen und lebenswerten Städten weisen. Es gilt die zahlreichen Maßnahmenbündel sukzessive umzusetzen und zu implementieren. Jedoch stellt das komplexe System Stadt eine ultimative Querschnittsmaterie dar und kann durch die Anwendung einzelner wissenschaftlicher Disziplinen nicht ausreichend genau beschrieben werden. Um Maßnahmenbündel und verschiedene Entwicklungsszenarien umfassend darstellen zu können, bedarf es einer interdisziplinären und validen Entscheidungsunterstützungsplattform. Erst mit einem solchen Instrument kann die Politik stadtplanerische Entscheidungen auch wissenschaftlich fundiert treffen.

URBEM-DK – Das Doktoratskolleg „Urbanes Energie- und Mobilitätssystem“ – ist eine interdisziplinäre Kooperation zwischen der TU Wien und den Wiener Stadtwerken welche im Jahr 2013 gestartet ist.

Das Doktoratskolleg umfasst nicht nur die Dissertationen von neun Dissertant_innen, sondern auch die Betreuung von Professor_innen aus 6 Fakultäten der TU Wien sowie von Expert_innen der Wiener Stadtwerke und deren Tochterunternehmen.

Ziel des Doktoratskolleg war die Erforschung und Entwicklung einer interaktiven Umgebung zur Analyse von Szenarien für den Weg zu einer „nachhaltig versorgungssicheren, leistbaren und lebenswerten Stadt“ am Beispiel der Stadt Wien in einem ganzheitlichen und interdisziplinären Ansatz. Im Vordergrund steht dabei die Verbindung ökonomischer und soziologischer Methoden mit der technischen Betrachtung von Gebäuden, thermischer und elektrischer Infrastruktur sowie der Mobilität. Visualisierung und verteiltes Rechnen ermöglichen die nutzgerechte Darstellung der Ergebnisse bzw. den Betrieb des Prototyps.

Neben der erfolgreichen Entwicklung des interaktiven Prototyps kommt auch die Vernetzung von Wissenschaft und Praxis allen Partner_innen, Forscher_innen sowie dem wissenschaftlichen Nachwuchs gleichermaßen zugute.

¹ MA23, Wien Wächst: Bevölkerungsentwicklung in Wien und den 23 Gemeinde- und Zählbezirken; Statistik Journal Wien: 2014.

² Mercer; Western European Cities Top Quality of Living Ranking – Mercer; www.mercer.com: 2016.

³ Economist Intelligence Unit; Global Liveability Ranking 2015; www.economist.com: 2015.

warum interessiert mich URBEM?

Aus Sicht von Unternehmen
Ich bin ...

- ... **Raumplaner_in**
Wie kann ich in einem partizipativen Prozess Varianten für die zukünftige Stadtentwicklung so darstellen, dass Gebäudebestand, Mobilität und Energieversorgung berücksichtigt sind?
- ... **Infrastrukturbetreiber/-entwickler_in**
Die Stadt verändert sich – Wie können neue und alte Stadtteile nachhaltig, zuverlässig und wirtschaftlich leistbar an städtische Infrastrukturen angebunden werden?
- ... **Energieversorger**
Welche Bedürfnisse hat die Bevölkerung der Stadt? Welche Tarifmodelle können helfen Treibhausgasemissionen zu senken? Welches Anlagen-Portfolio sollte zur Energieerzeugung genutzt werden?
- ... **Bauträger**
Wo gibt es in einer Stadt zukünftig Möglichkeiten Gebäude zu errichten und welche Netzinfrastruktur (Fernwärme und Erdgas) kann verwendet werden?

Die URBEM-Methode ermöglicht auch großen Gruppen von Expert_innen an Hand von Szenarien gemeinsame Analysen von Entwicklungsvarianten durchzuführen. So können alle Expertisen berücksichtigt und der Überblick behalten werden.

URBEM hat vielfältige Methoden entwickelt um den Ausbau städtischer Infrastrukturen, wie zum Beispiel Energienetze, optimieren und ihren Betrieb simulieren zu können.

URBEM hat das Konsumverhalten von 10 städtischen Milieus erforscht und den Einfluss verschiedener Tarifmodelle auf Kundenentscheidungen untersucht. Auch wurden in URBEM Methoden entwickelt um das Portfolio von Energieerzeugungsanlagen angesichts stark schwankender Primärenergiepreise robust und nachhaltig zu gestalten.

URBEM erforscht neben dem Innenentwicklungspotential der Stadt auch mögliche Ausbaupfade für Netzinfrastrukturen. Dadurch können mögliche zukünftige Entwicklungspotenziale und verfügbare Infrastrukturen benannt und räumlich verortet werden.

Aus Sicht der Wissenschaft
Ich bin Wissenschaftler_in und ...

- ... **erforsche Smart Cities**
Wie können die Vertreter_innen der verschiedenen Disziplinen, die sich mit der Gestaltung einer Stadt beschäftigen, ein gemeinsames Verständnis entwickeln?
- ... **erforsche die urbane Mobilität**
Wo wohnen die Bevölkerungsgruppen die am wahrscheinlichsten Elektromobilität nützen werden? Welcher Stromverbrauch entsteht 2050 durch die Elektromobilität?
- ... **erforsche den realen Energieverbrauch in Gebäuden**
Wie gut kann der Energieverbrauch für Heizung, Warmwasser, Haushalts- und Betriebsstrom auf Basis eines Milieusatzes prognostiziert werden?
- ... **erforsche die Energienetz-Infrastruktur einer Stadt**
Wie kann in großen hydraulischen oder elektrischen Netzen die Auslastung der Betriebsmittel ermittelt werden?
- ... **erforsche Smart Grids**
Welche Maßnahmen helfen die Sicherheit von Smart Grids zu verbessern? Welche Topologien sind hier besonders vorteilhaft?

Durch den interdisziplinären Ansatz konnte im Dokoratskolleg URBEM die Basis für einen intensiven wissenschaftlichen Austausch zwischen allen Beteiligten gelegt werden. So konnte ein ganzheitliches Verständnis für Smart Cities entwickelt werden. Besonders gut zeigt sich die Interdisziplinarität in der Dissertation von Johannes Schleicher, in der eine neue Methode für das Management komplexer und verteilter Prozesse der Informationsverarbeitung für das gemeinsame Analysieren entwickelt wurde.

Die Dissertation von Nadine Haufe zeigt nicht nur deutlich welche Milieus eine Affinität zur Elektromobilität haben, sondern verortet die Ergebnisse auch innerhalb von Wien. Auf Basis dieser Ergebnisse wird im Forschungsbericht von Paul Pfaffenbichler ein Ausblick auf die städtische Mobilität im Jahr 2050 gegeben. Die Dissertation von Julia Forster zeigt eindrucksvoll wie komplexe und ortsbezogene Ergebnisse räumlich dargestellt werden können.

Die Dissertation von Manuel Ziegler macht sichtbar, dass der Energieverbrauch sehr gut modelliert werden kann. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse auch die wesentlichen Faktoren welche das Energieverbrauchsprofil beeinflussen. In der Dissertation von Sara Fritz sind auch Szenarien des zukünftigen Heizwärmebedarfs zu finden. Davon abgeleitet zeigt die Dissertation von Nikolaus Rab Möglichkeiten den Kraftwerkpark eines Fernwärmeerzeugers ökonomisch zu optimieren.

Auf Basis der Energieverbrauchsprofile untersuchen die Dissertationen von Dominik Bothe und Thomas Kaufmann die Belastung der Netzinfrastruktur in verschiedenen Szenarien. Aufgrund der zeitlich und räumlich hochaufgelösten Betrachtung, kann der Betriebszustand für jeden Netzabschnitt ermittelt werden.

Peter Eder-Neuhauser hat in seiner Dissertation einen umfangreichen Maßnahmenkatalog entwickelt um Smart Grids widerstandsfähiger zu machen und mögliche Schäden durch Malware weitgehend einzudämmen.

2

urbem
die
methoden
entwicklung

urbem die methoden entwicklung

Im Rahmen des Doktoratskolleg URBEM wurde eine Umgebung entwickelt in der Fragen zur Entwicklung des städtischen Energie- und Mobilitätssystems integriert analysiert werden können.

Dazu wurden die in den verschiedenen Fachbereichen vorhandenen Modelle weiterentwickelt, neue Methoden erforscht und diese so formuliert, dass im Rahmen einer prototypischen Umsetzung die Anwendung und Funktionsfähigkeit gezeigt werden kann. Im Rahmen dieses Kapitels wird der Hintergrund der einzelnen Modellentwicklungen erklärt. Darauf aufbauend wird in [Kapitel 3](#) „URBEM – Der Prototyp“ gezeigt, wie ein fachbereichsübergreifendes Verständnis erreicht werden kann und wie die Aspekte des Datenschutzes bei der Modellvalidierung, der Modellparametrisierung für eine konkrete Stadt und bei der gemeinsamen Analyse von Varianten berücksichtigt werden können.

6 Fakultäten und 10 Dissertant_innen der TU Wien sowie eine Vielzahl an Expert_innen aus den verschiedensten Disziplinen sprechen nicht zwangsläufig dieselbe Sprache. Gerade deshalb wurde innerhalb von URBEM vom ersten Tag an sehr viel Wert darauf gelegt Bewusstsein für die Sprache der jeweils anderen Disziplin zu schaffen.

Die Stadt – ein komplexes System

Die Bereitstellung sauberer Energie zu bezahlbaren Preisen ist eine wichtige Grundvoraussetzung für die positive Entwicklung von ökonomisch wie demografisch stark wachsenden Städten rund um den Globus.

Weltweit ist ein rasantes Wachstum urbaner Räume zu beobachten. Das zuverlässige Funktionieren der städtischen Infrastrukturen an 24 Stunden am Tag und 365 Tagen im Jahr ist eine Grundvoraussetzung für eine positive gesellschaftliche und wirtschaftliche Stadtentwicklung. Der gleichberechtigte Zugang zu sauberen, leistbaren Energie- und Mobilitätsdienstleistungen ist die Basis um Chancengleichheit der Bürger_innen zu verwirklichen und ihre Lebensqualität zu steigern.

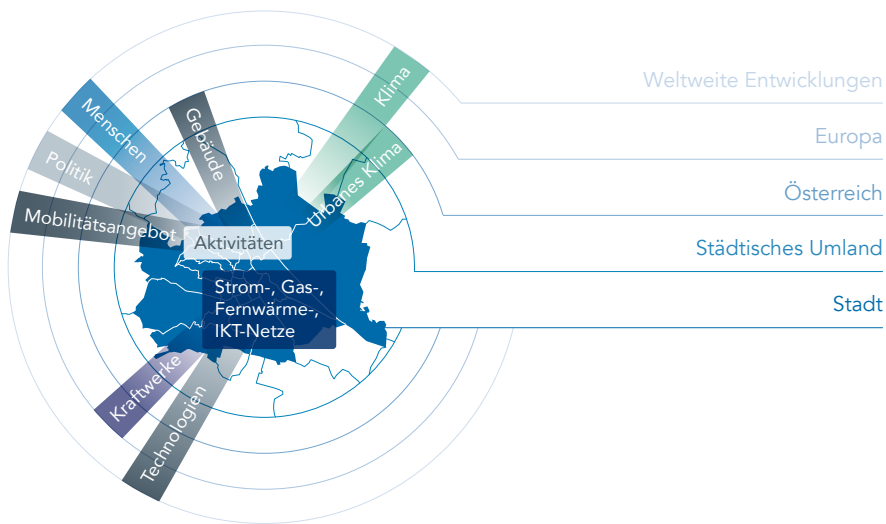
Um diese Ziele zu erreichen, bedarf es integrierter Strategien, die technologische Entwicklungen ebenso berücksichtigen wie soziale und wirtschaftliche Zusammenhänge.

Im planerischen Zusammenspiel zwischen Politik, Verwaltung, Gesellschaft und Unternehmen ist es für die Beteiligten nicht immer einfach zu verstehen wie Maßnahmen an einer Stelle auf andere Teile des komplexen Systems wirken. Um zukunftsfähige Strategien zu entwickeln, welche auch die Wechselwirkungen im urbanen Gesamtsystem berücksichtigen, bedarf es neuer integrierter Methoden der Systemanalyse.

Dabei gilt es auch über den städtischen Tellerrand hinauszublicken und Einflüsse aus dem Umland zu berücksichtigen. Wien wird in vielfältiger Weise durch gesamtösterreichische, europäische und globale Entwicklungen beeinflusst. Ein Beispiel dafür ist der globale Klimawandel und die im Übereinkommen von Paris festgelegten Ziele zu seiner Begrenzung.

▲ Abbildung 1
Das städtische Energie- und Mobilitätssystem wird durch zahlreiche Wechselwirkungen mit dem Umland, aus Österreich und weltweit beeinflusst. Die Methoden zur Analyse von möglichen Varianten müssen diese verschiedenen Einflüsse konsistent abbilden können.

© URBEM/TU Wien



Stadt Wien und Umland als Beispiel

Um Methoden an Hand eines konkreten Beispiels und an Hand konkreter Daten entwickeln zu können, wurde Wien im Rahmen von URBEM als Beispielstadt verwendet.

Mit rund 1,8 Millionen⁴ Einwohner_innen ist Wien eine der größten Städte Europas. Die Stadt Wien entwickelt im Rahmen von großen partizipativen Prozessen Zielvorstellungen und Strategien um die Lebensqualität ihrer Bewohner_innen zu steigern, den Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort zu stärken und die Vorreiterrolle bei der Transformation zu einer nachhaltigen Stadt weiter auszubauen (Smart City Wien Rahmenstrategie⁵).

Um konsistente Methoden für die Analyse des Mobilitätssystems zu entwickeln, ist der geografische Bezug der Modelle aufgrund der täglichen Verkehrsströme wesentlich größer als die Stadt selbst.

▲ Abbildung 2
Aufgrund der Mobilität der Bevölkerung ist das dargestellte Umland zusätzlich zur Stadt bei der Analyse von Varianten zukünftiger Entwicklungen zu berücksichtigen.
© URBEM/TU Wien



⁴ Statistik Austria; Statistik des Bevölkerungsstandes gemäß § 9 Abs. 9 FAG 2008 (Stichtag: 31.10.). Erstellt am 16.9.2016
⁵ www.smartcity.wien.gv.at

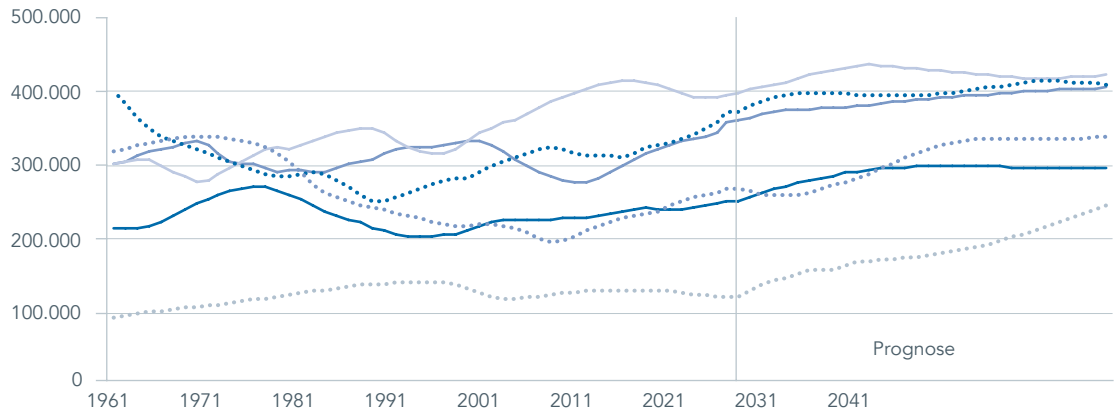
2.2.1 BEVÖLKERUNGSENTWICKLUNG

Mobilitätsbedarf und Energiebedarf hängen sehr stark mit der Anzahl der Personen und ihren Aktivitäten zusammen. Für Wien wird in den nächsten Dekaden ein jährlicher Zuwachs von rund 20.000 Personen geschätzt.

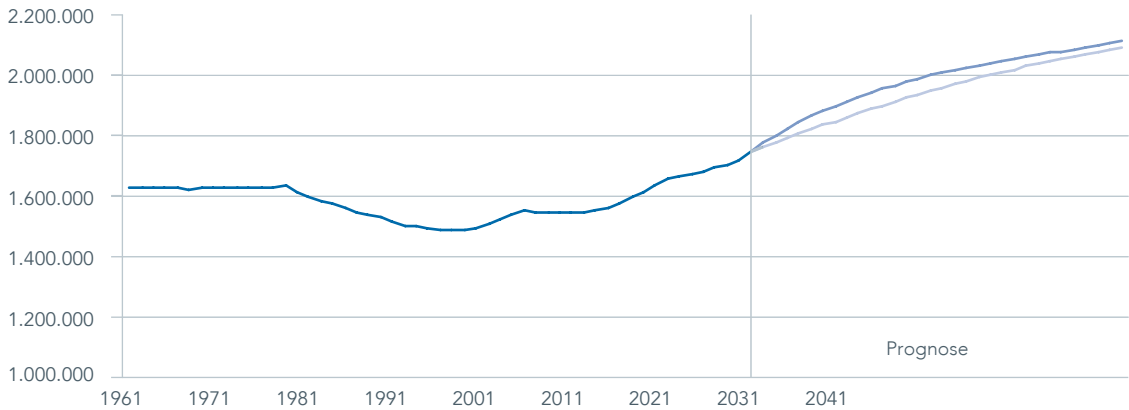
Über einen längeren Zeitraum betrachtet war die Wiener Bevölkerung bis zum Jahr 1910 auf rund 2 Millionen Menschen angewachsen, bis 1990 ist sie auf 1,6 Millionen Menschen gesunken um seit 1991 wieder stetig anzuwachsen.

▲ Abbildung 3
Vorausschätzung der Bevölkerungsentwicklung (oben) und Aufspaltung nach Altersgruppen (unten)⁶.

— 0–14 Jahre
... 45–59 Jahre
— 15–29 Jahre
... 60–74 Jahre
— 30–44 Jahre
... 75+ Jahre



— Amtliche Statistik
— MA 23
— Statistik Austria



⁶ Statistik Journal Wien 1/2014; Wien wächst ... Bevölkerungszahlen in Wien und in den 23 Gemeinde- und 250 Zählbezirken; MA23: 2014. ISBN 978-3-901945-15-1

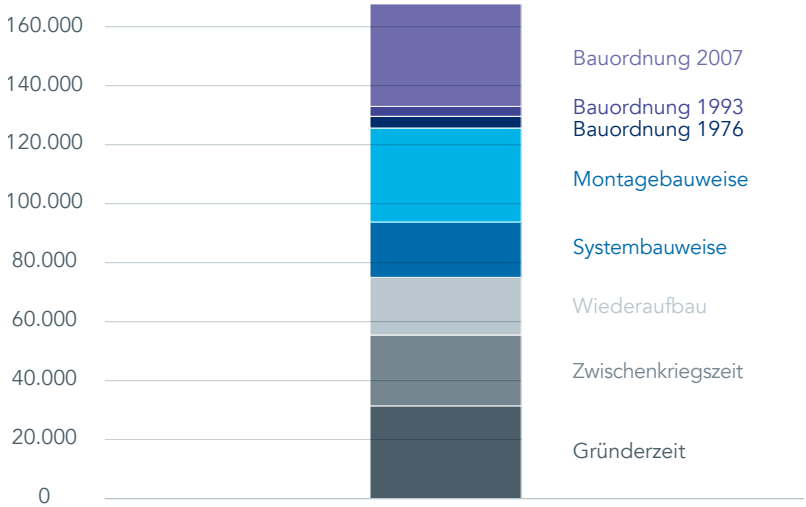
2.2.2 GEBÄUDEBESTAND

Aufgrund der Veränderungen der Bevölkerungen in Wien ist ein Großteil der Gebäude vor dem 2. Weltkrieg errichtet worden. Für den Wiederaufbau nach dem Krieg und die Notwendigkeit, Wohnraum zu leistbaren Preisen anbieten zu können wurden bis 1970 Bauweisen entwickelt, welche einen hohen Vorfertigungsgrad haben. Mit den Bauordnungen nach 1970 wurde aufgrund der Ölkrise die Reduktion des Energieverbrauchs ein immer wesentlicheres Thema.

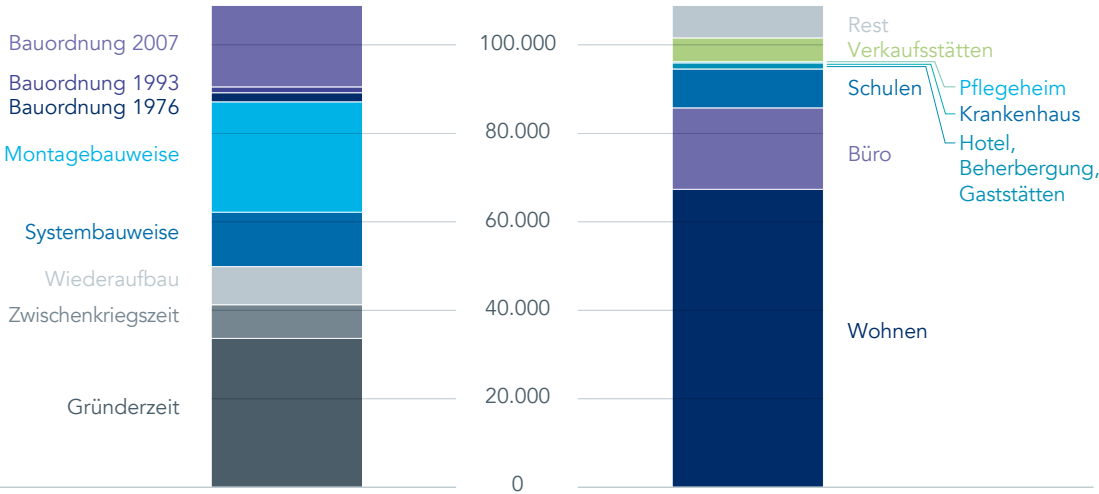
Ein ähnliches Bild ergibt sich wenn verschiedene Bauweisen nach Nutzfläche differenziert werden. Darüber hinaus lassen sich die Nutzflächen auch einer bestimmten Nutzung zuordnen.

Aus den Abbildungen 4 und 5 kann abgeleitet werden, welche Nutzungen (bzw. deren Nutzflächen) im städtischen Kontext relevant sind.

▲ Abbildung 4
Anzahl der Gebäude in Wien in Abhängigkeit zu den Bauweisen⁷. Die Leistbarkeit von Wohnraum wurde durch Bauweisen mit einem hohen Vorfertigungsgrad (Montagebauweise, Systembauweise) unterstützt.
© URBEM/TU Wien



▲ Abbildung 5
Aufspaltung der Nutzfläche der Wiener Gebäude nach Bauweisen (links) und Nutzungskategorie (rechts)⁸. Ein Großteil der Nutzfläche in Wien ist dem Wohnbau zugeordnet. 30 % der Nutzfläche befindet sich in Gebäuden die vor dem 2. Weltkrieg errichtet worden sind.
© URBEM/TU Wien



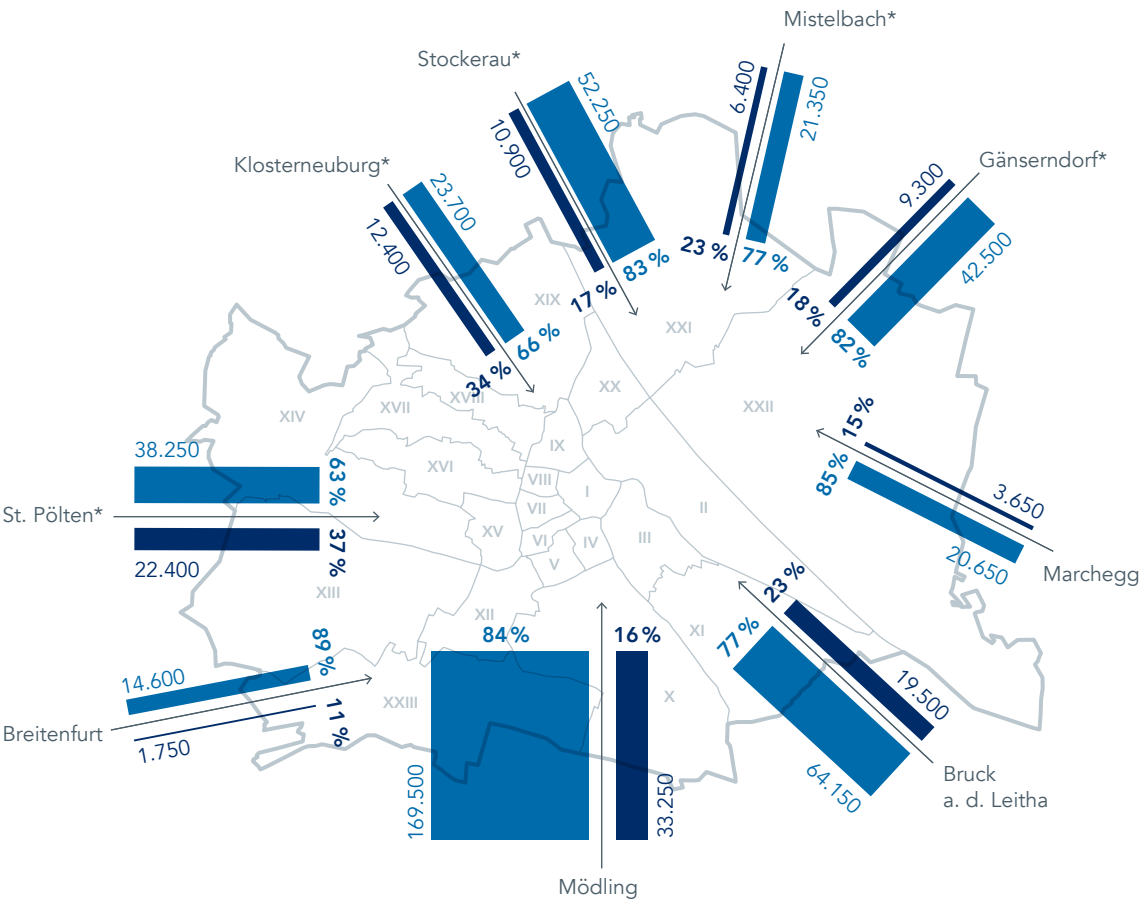
^{7,8} Wärmekataster Wien (bauepochen- und bedarfsabhängig) 2011/12 MDE und MA 39: 2012.

2.2.3 MOBILITÄTSVERHALTEN

Über die Wiener Stadtgrenze gibt es große tägliche und auch saisonale Verkehrsströme. Täglich kommen zu den rund 1,8 Millionen Einwohner_innen rund 0,6 Millionen Menschen zur Arbeit oder für Freizeitaktivitäten nach Wien. Regelmäßig werden diese Verkehrsströme gezählt – die Ergebnisse aus dem Jahr 2015 sind in [Abbildung 6](#) dargestellt.

Um den Energieverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die unterschiedlichen Wege in Wien einschätzen zu können, ist es wichtig durch Erhebungen die Anteile der Wege die zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit öffentlichen Verkehrsmittel und mit PKW bzw. Motorrad durchgeführt werden, abschätzen zu können. Aus diesen Erhebungen lässt sich der sogenannte Modal Split ableiten.

▲ **Abbildung 6**
Modal Split nach Einfahrtskorridoren Wien.
An einem Werktag pendeln rund 450.000 Personen mit einem PKW oder Motorrad nach Wien herein und rund 120.000 mit einem öffentlichen Verkehrsmittel⁹.
© URBEM/TU Wien

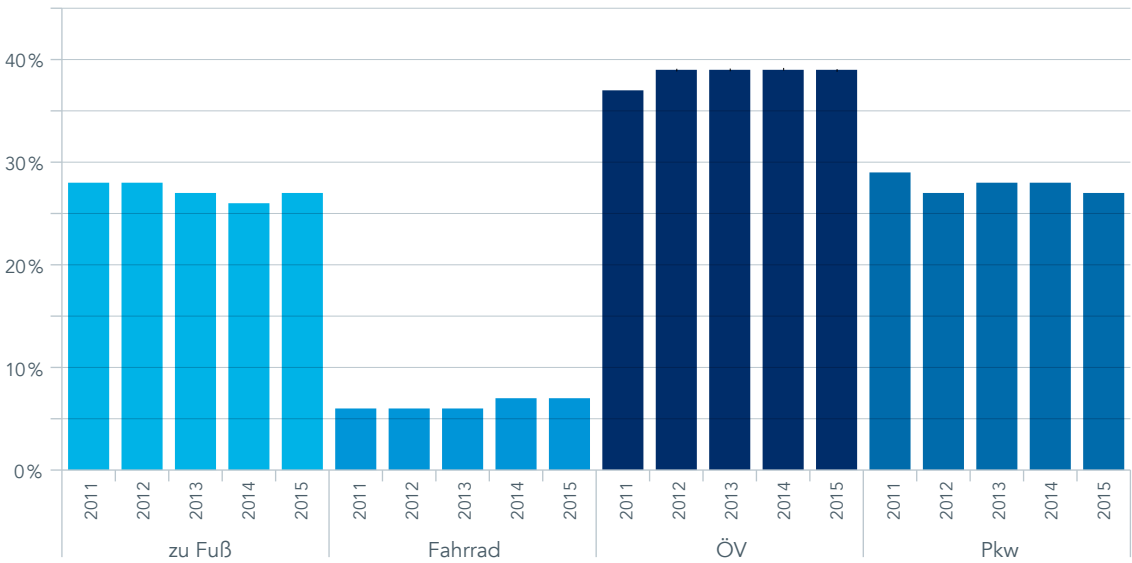


⁹ Korridorserhebung 2015

Der Modal Split der Wiener Bevölkerung zeigt deutlich, dass die Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel an erster Stelle steht. Die Nutzung des PKW, bzw. die Wege welche zu Fuß zurückgelegt werden, sind

prozentuell etwa gleich. Den deutlich geringsten Anteil am Modal Split zeigt die Nutzung der Fahrräder, allerdings weist diese Gruppe seit 2011 eine steigende Tendenz auf ([Abbildung 7](#)).

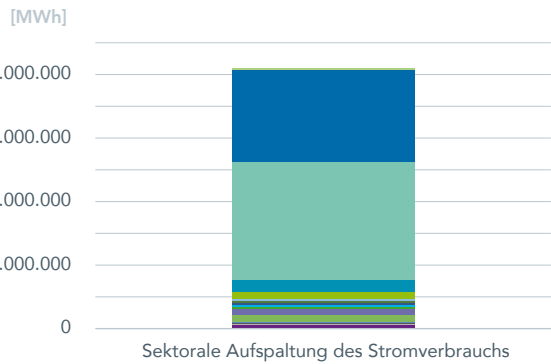
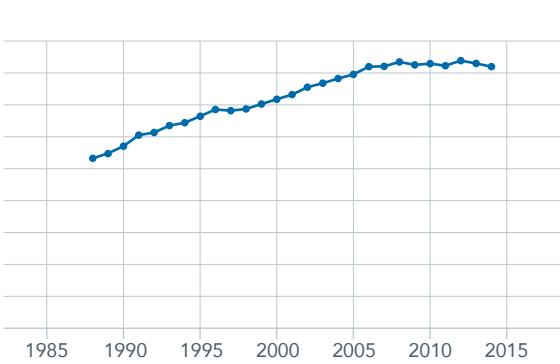
▲ **Abbildung 7**
Vergleich der Entwicklung der Verkehrsmittelanteile der Wiener Bevölkerung aus den Mobilitätsbefragungen 2011–2015. Die Wahl des motorisierten Individualverkehrs zeigt eine leicht fallende Tendenz.
© URBEM/TU Wien



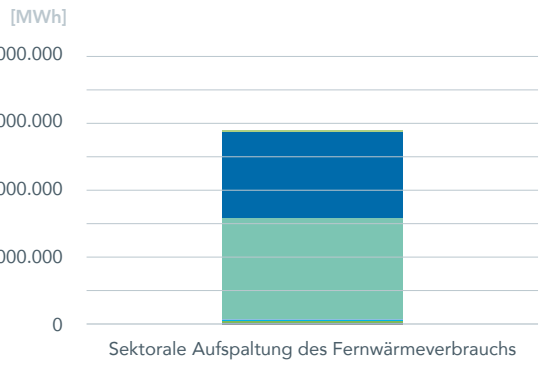
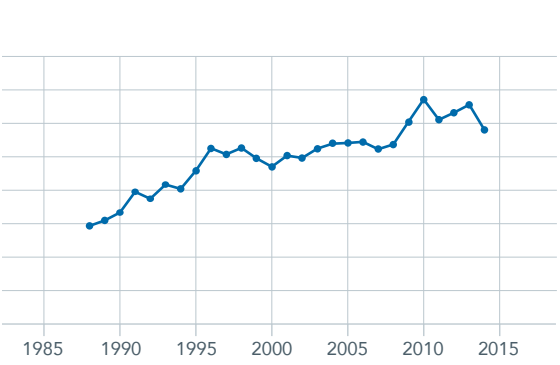
2.2.4 ENERGIEVERBRAUCH

Um diverse Aktivitäten der Menschen zu unterstützen wird Energie in Form verschiedener Energieträger für unterschiedliche End-Nutzungen mittels zahlreicher Umwandlungstechnologien eingesetzt. Auf Basis von Verbrauchsdaten sowie von Modellen wird regelmäßig von der Statistik Austria der energetische Endverbrauch auf die verschiedenen Sektoren, End-Nutzungen und Bundesländer aufgespalten. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung sowie die sektorale Aufspaltung des Stromverbrauchs in Wien. In Wien wird anteilmäßig am meisten Strom für öffentliche und private Dienstleistungen sowie in privaten Haushalten verwendet. Wesentlich geringer ist der Aufwand für Straßenbahn, U-Bahn, Eisenbahn und andere Verkehrsmittel die elektrische Energie benötigen.

▲ Abbildung 8
Der Stromverbrauch in Wien ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Seit 2006 stagniert der Verbrauch jedoch.
© Statistik Austria 2015



▲ Abbildung 9
Der Verbrauch an Fernwärme ist in den letzten 10 Jahren deutlich gestiegen.
© Statistik Austria 2015



- Legende für Abbildungen 8–11:
- | | | | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Landwirtschaft | Binnenschifffahrt | Bau | Maschinenbau |
| Private Haushalte | Transport in Rohrfernleitungen | Holzverarbeitung | Fahrzeugbau |
| Öffentliche und Private Dienstleistungen | Sonstiger Landverkehr | Papier und Druck | Steine und Erden, Glas |
| Flugverkehr | Eisenbahn | Nahrungs- und Genußmittel, Tabak | Nicht Eisen Metalle |
| | Sonst. Produzierender Bereich | Bergbau | Chemie und Petrochemie |
| | Textil und Leder | | Eisen- und Stahlerzeugung |

Pro Kopf ergibt sich für das Jahr 2014 ein Stromverbrauch von rund 4.600 kWh/Jahr. Davon sind ca. 80 % auf private Haushalte sowie öffentliche und private Dienstleistungen zurückzuführen.

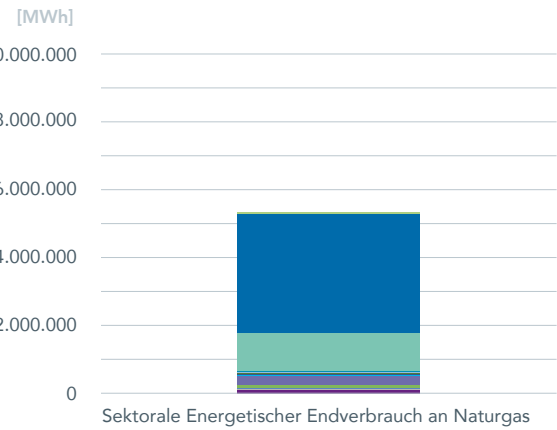
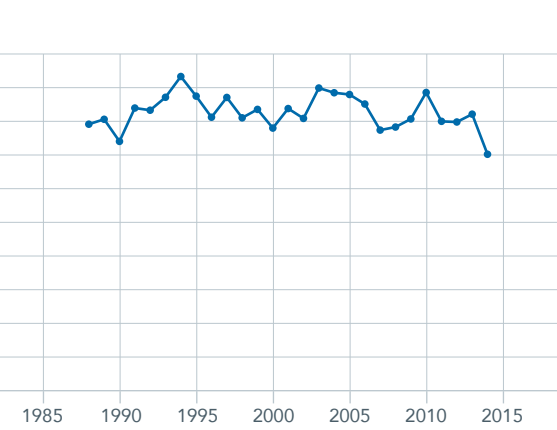
Das Wiener Fernwärme Netz versorgt die Wiener_innen mit Wärme für Raumheizung und Warmwasser. Auch hier sind die größten Abnehmer die Sektoren öffentliche und private Dienstleistungen, sowie private Haushalte.

Die Statistik zeigt einen deutlichen Anstieg des energetischen Endverbrauches der Fernwärme seit 1990. Vom Verbrauch im Jahr 2015 fallen ca. 95 % auf private Haushalte sowie öffentliche und private Dienstleistungen.

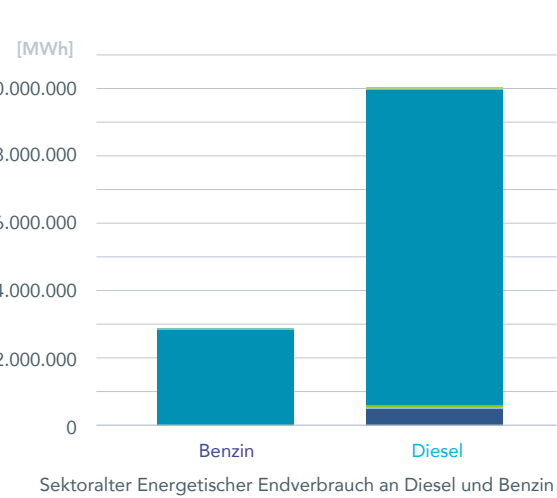
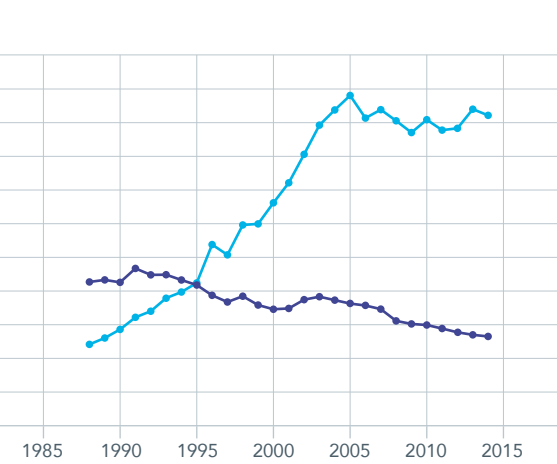
Eine sehr große Rolle für die Raumheizung und die Erzeugung von Warmwasser spielt in Wien Naturgas (Erdgas). Hier dominieren als Abnehmer private Haushalte, in denen Erdgas auch zum Kochen verwendet wird. Der Sektor Nahrungs- und Genussmittel, Tabak ist der nächst größere Abnehmer für Erdgas.

Für das Jahr 2014 ergibt sich ein pro Kopf Endverbrauch an Naturgas von rund 3.900 kWh/Jahr. Davon sind ca. 90 % auf die Sektoren private Haushalte sowie öffentliche und private Dienstleistungen zurückzuführen.

▲ Abbildung 10
Der Verbrauch von Naturgas (Erdgas) zeigt eine leicht fallende Tendenz.
© Statistik Austria 2015

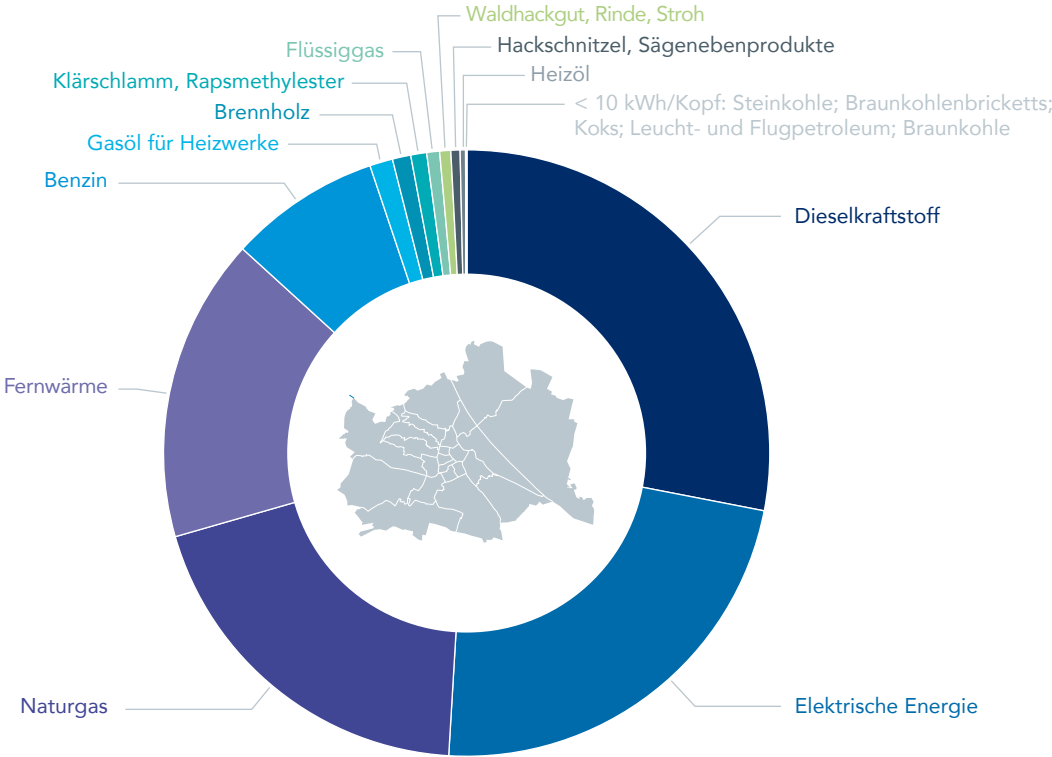


▲ Abbildung 11
Der Verbrauch (Verkauf) an Diesel in Wien ist in den letzten 10 Jahren sehr stark gestiegen. Der Verbrauch (Verkauf) von Benzin ist deutlich gefallen.
© Statistik Austria 2015

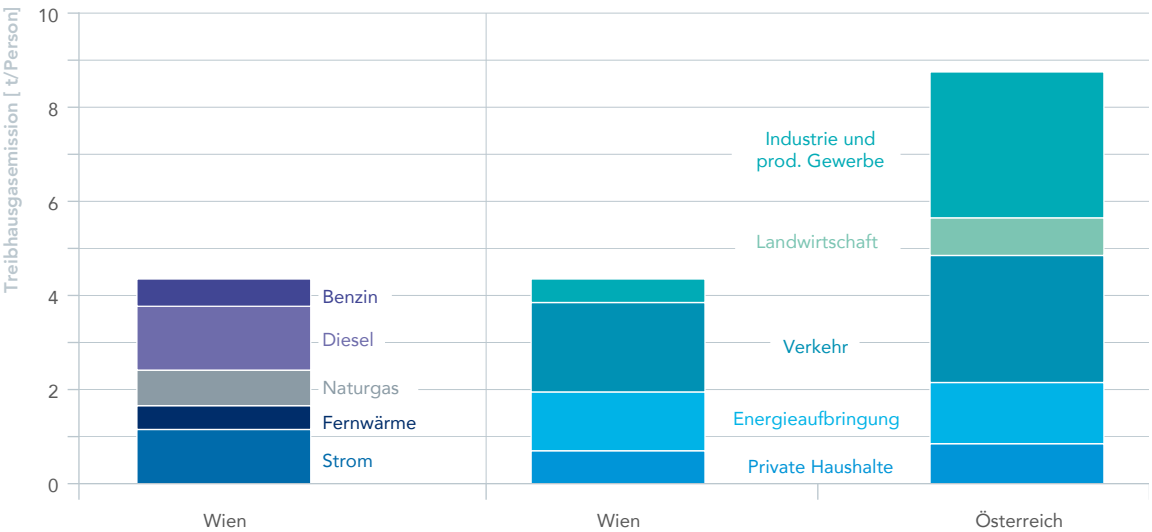


Neben den angeführten Energieträgern werden in Wien unter anderem auch Biomasse und andere Energieformen verwendet. Diesel, Strom, Naturgas, Fernwärme und Benzin stellen derzeit insgesamt 94 % des Verbrauchs dar.

▲ Abbildung 12
Anteil der verschiedenen Energieträger am energetischen Endverbrauch im Jahr 2014.
© Statistik Austria 2015



▲ Abbildung 13
Aufspaltung der Treibhausgasemissionen für Wien und Gesamtösterreich für 2013. Für Wien sind die Emissionen aus dem Verkehr, der Energieaufbringung und privater Haushalte entscheidend. Für Gesamtösterreich auch die Emissionen aus der Industrie und dem produzierenden Gewerbe und der Landwirtschaft. Aufgespalten nach dem energetischen Endverbrauch dominieren in Wien die Emissionen aus der Verwendung von Diesel vor der Verwendung von Strom, Naturgas und Fernwärme.
© Umweltbundesamt 2015, Statistik Austria 2015, URBEM/TU Wien



2.2.5 TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Auf der UN-Klimakonferenz von Paris wurde im Jahr 2015 beschlossen die globale Erwärmung auf unter 2°C, nach Möglichkeit auch unter 1,5°C zu begrenzen. Für das Weltklima entscheidend sind die globalen Emissionen von Treibhaus-relevanten Gasen. Für Österreich werden die Treibhausgasemissionen jährlich ermittelt.

Aus Abbildung 13 ist ersichtlich, dass die Zuordnung von Treibhausgasemissionen zu den Aktivitäten der Menschen ein gut durchdachtes Bilanzsystem braucht. Wenn zum Beispiel Elektromobilität Dieselfahrzeuge ersetzt, sinken die Emissionen auf-

grund der Nutzung von Diesel, gleichzeitig gleichzeitig ändern sich jedoch die Emissionen aufgrund der Stromnutzung. Die Emissionen der Stromnutzung selber hängen mit der Art zusammen wie Primärenergieträger für die Erzeugung von Strom verwendet werden. Insofern ergibt sich ein komplexes System in dem die Energieversorgung und die Mobilität stark verknüpft sind. Welche Maßnahme welche Wirkung im Gesamtsystem hat, muss deshalb integriert betrachtet werden und die gesamte Kette im Energiesystem berücksichtigt werden.



2.2.6 SMART CITY WIEN RAHMENSTRATEGIE

Die URBEM-Zielsetzungen stehen im Einklang mit den Zielen der Smart City Wien-Rahmenstrategie. So lassen sich die drei wesentlichen Säulen der Smart City Wien Rahmenstrategie auch im URBEM-DK finden:

- Lebensqualität: soziale Inklusion, Gesundheit und Umwelt
- Ressourcen: Energie, Mobilität, Infrastruktur und Gebäude
- Innovation: Bildung, Wirtschaft, Forschung, Technologie und Innovation

URBEM entwickelt eine Methodik zur Analyse von Szenarien in Richtung einer lebenswerten, leistbaren, nachhaltig versorgungssicheren Stadt und bildet diese in einem umfassenden und interdisziplinären Prototyp ab. Die Anforderungen an den Prototyp sowie an die Darstellung spezifischer Szenarien lehnen sich daher stark an die Ziele der Smart City Wien Rahmenstrategie an.

Im Folgenden ist ein Auszug der wesentlichen Ziele innerhalb der Smart City Wien Rahmenstrategie zusammengefasst:

Ziel Energie

- Steigerung der Energieeffizienz und Senkung des Endenergieverbrauchs pro Kopf in Wien um 40 % bis 2050 (Vgl. 2005)
- Der Primärenergieeinsatz pro Kopf sinkt dabei von 3.000 Watt auf 2.000 Watt
- Im Jahr 2030 stammen mehr als 20 %, 2050 mehr als 50 % des Bruttoendenergieverbrauchs von Wien aus erneuerbaren Quellen

Ziel Mobilität

- Stärkung der CO₂-freien Modi (Fuß- und Radverkehr) und Halten des hohen Anteils des öffentlichen Verkehrs sowie Senkung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) auf 20 % bis 2025, 15 % bis 2030 und auf deutlich unter 15 % bis 2050.
- Bis 2030 soll ein größtmöglicher Anteil des MIV auf den öffentlichen Verkehr verlagert werden
- Bis 2050 soll der gesamte MIV innerhalb der Stadtgrenze ohne konventionelle Antriebstechnologien erfolgen

Ziel Gebäude

- Kostenoptimaler Niedrigstenergiegebäudestandard für alle Neubauten, Zu- und Umbauten ab 2018/2020, sowie Weiterentwicklung der Wärmeversorgung in Richtung mehr Klimaschutz.
- Umfassende Sanierungsaktivitäten führen zur Reduktion des Energieverbrauches im Gebäudebestand für Heizen, Kühlen und Warmwasser um 1 % pro Kopf und Jahr.

Ziel Infrastruktur

- Aufrechterhaltung des hohen Niveaus der Wiener Infrastruktur
- Wien ist 2020 die fortschrittlichste europäische Stadt in allen Belangen von Open Government
- Pilotprojekte mit IKT-Unternehmen

Diese Ziele sind langfristig angesetzt. Über den Zeitverlauf können sich Rahmenbedingungen ändern. Der URBEM-Prototyp ist ein Planungs- und Entscheidungsunterstützungswerkzeug. Er hilft Strategien und Maßnahmen zu entwickeln um diese Ziele auch bei noch nicht klaren Rahmenbedingungen zu erreichen.

2.2.7 VERFÜGBARKEIT VON DATEN über die Stadt



Die zur Verfügung stehenden Daten im Rahmen der Open Data der Stadt Wien stellen einen wichtigen Bestandteil der URBEM-Umgebung dar. Ohne solche Datensätze wäre ein erfolgreicher Aufbau nicht

möglich. Jedoch sind Daten nicht nur zum Aufbau, sondern vor allem auch für Kalibrierungs- und Validierungszwecke von höchster Bedeutung.

Szenarien der Zukunft zur Methodenentwicklung – WIFO

Die Entwicklung des Wiener Energie- und Mobilitätssystems wird von vielen Faktoren außerhalb von Wien (Klima, Energiepreise, EU-Klimaschutzpolitik, etc.) stark beeinflusst.

Um die Auswirkungen dieser Faktoren auf mögliche Varianten der zukünftigen Stadtentwicklung zu kennen, war es für die Modellbildung notwendig, dass in allen Wissensbereichen eine geeignete Formulierung und Darstellung von Szenarien entwickelt wurde. Nikolaus Rab (Energiewirtschaft) und Christina Winkler (Mobilität) haben diesen partizipativen Prozess in URBEM geleitet. Um zu überprüfen, dass die Formulierung der Szenarien für die Modellbildung in den verschiedenen Wissensbereichen vollständig ist, wurden drei sehr unterschiedliche Ausprägungen der exogenen Einflussfaktoren erarbeitet. Bei der Erarbeitung solcher Szenarien ist es wichtig die Zusammenhänge der verschiedenen Faktoren zu verstehen, um zu vermeiden, dass unrealistische/unwahrscheinliche Zeitverläufe bei der Analyse der Auswirkungen von Varianten der städtischen Entwicklung verwendet werden.

Diese URBEM-Szenarien für die exogenen Einflussfaktoren umfassen den Zeitraum von 2015 bis 2050. Zu quantitativ festgesetzten Faktoren zählen vor allem die demografische Entwicklung der Wiener_innen sowie die Entwicklung der Energie- und Strompreise. Qualitativ definiert sind technologische Fortschritte sowie sozio-demografische, -ökonomische, und -kulturelle Aspekte.

Um die Ausprägung der Szenarien auf qualitativer und quantitativer Ebene festzulegen wurde versucht möglichst bestehende und in der Smart-City-Forschung Wiens angewandte Szenarien zu fundieren. Zentraler Baustein ist dabei die Studie des WIFO¹⁰, dessen Energiepreisszenarien und ihre Interaktion mit der Politik und österreichischen Wirtschaft auf dem disaggregierten, makroökonomischen Modell DEIO basieren.

Im Folgenden werden die in URBEM betrachteten Szenarien beschrieben und die wesentlichen Faktoren wie Bevölkerungszuwachs¹¹, Renovierungsrate¹², Jahresmitteltemperatur¹³, Treibhausgasemissionen¹⁴, etc. je Szenario beziffert.

Die erarbeiteten Szenarien können innerhalb der URBEM-Umgebung für jeden Betrachtungszeitraum geändert werden. Die Ergebnisse – z. B. der Einfluss der Energiepreise auf den Heizwärmebedarf im Jahr 2030 – können somit visuell und quantitativ sofort angezeigt werden. Diese Fähigkeit erlaubt es dem URBEM-Prototyp in weiterer Folge als Entscheidungsunterstützungstool auf Basis fundierter und validierter wissenschaftlichen Methoden zum Einsatz zu kommen und weiter entwickelt zu werden.

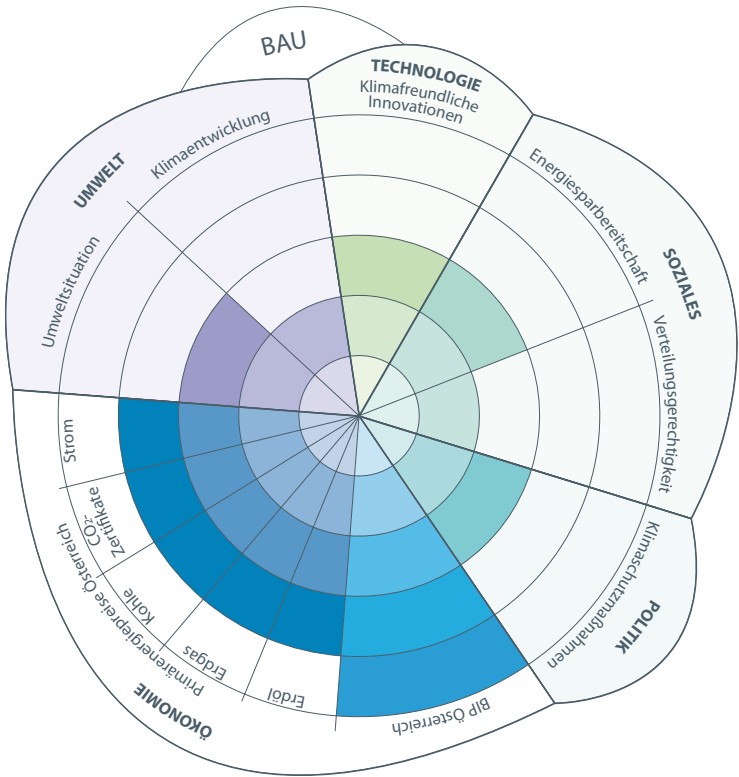
¹⁰ Kratena, K., Sommer, M., Eysin, U., & Rose, K. (2014). Energiepreisszenarien 2050 – Herausforderungen an die österreichische Energiewirtschaft. Wien: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.

¹¹ Statistik Journal Wien 1/2014; Wien wächst ... Bevölkerungszahlen in Wien und in den 23 Gemeinde- und 250 Zählbezirken; MA23: 2014. ISBN 978-3-901945-15-1

¹² S. Fritz; Economic assessment of the long term development of the building heat demand and the grid bounded supply; Dissertation; Technische Universität Wien: 2016.

¹³ L. Kranzl et al.; Power through Resilience of Energy Systems: Energy Crises, Trends and Climate Change; Austrian Climate Research Program – ACRP; Wien: 2014

¹⁴ Konversionsfaktoren nach OIB RL6: 2015

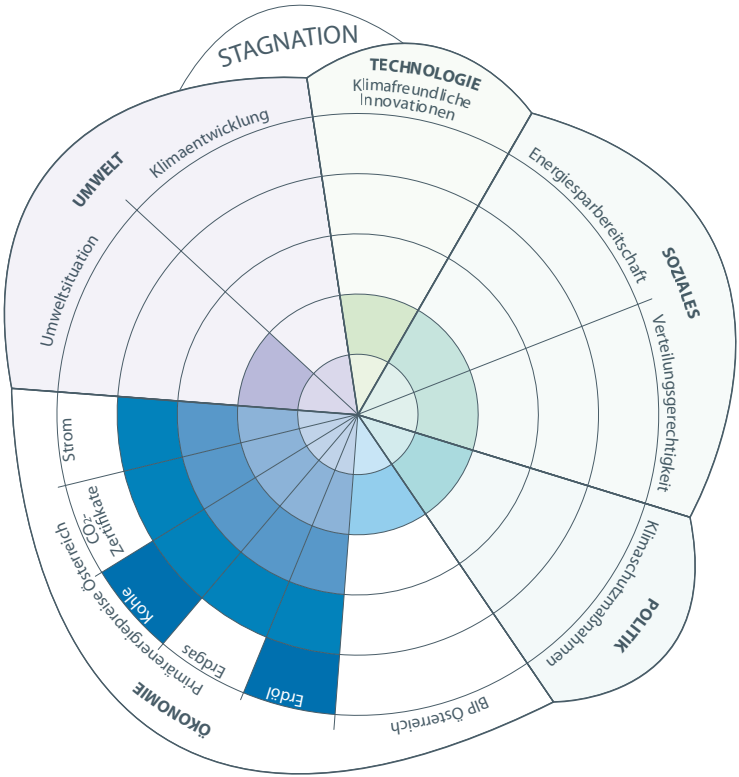


Szenario:
Business-As-Usual (BAU)

Das Referenz-Szenario entspricht einem Business-As-Usual-Ansatz für die Klimaschutzpolitik und schreibt dabei bestehende Entwicklungen fort. Hierbei etabliert sich eine staatliche Klimaschutzpolitik mit begrenzten Anreizen, sodass marktwirtschaftliche Impulse noch eine bedeutendere Rolle im Energie- und Mobilitätssektor besitzen.

▲ Tabelle 1
Quantitative Faktoren
für das Business-As-Usual-Szenario – BAU-Szenario.
© URBEM/TU Wien

	2015–19	2020–24	2025–29	2030–34	2035–39	2040–44	2045–49
Bevölkerungszuwachs Wien [Personen/Jahr]	20.912	14.601	10.507	7.696	6.722	6.639	6.639
Jahresmitteltemperatur [°C]	11,98	12,06	12,16	12,30	12,44	12,56	12,72
Renovierungsrate [%]	0,7	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
Mittlerer Baseload-Strompreis an der EXAA [Euro/MWh]	36	51	60	69	72	75	86
Mittlerer österr. Importpreis Erdgas [Euro/MWh]	23	27	28	29	29	29	28
Treibhausgasemissionen Strommix Österreich [g/kWh]	209	194	179	164	149	134	119

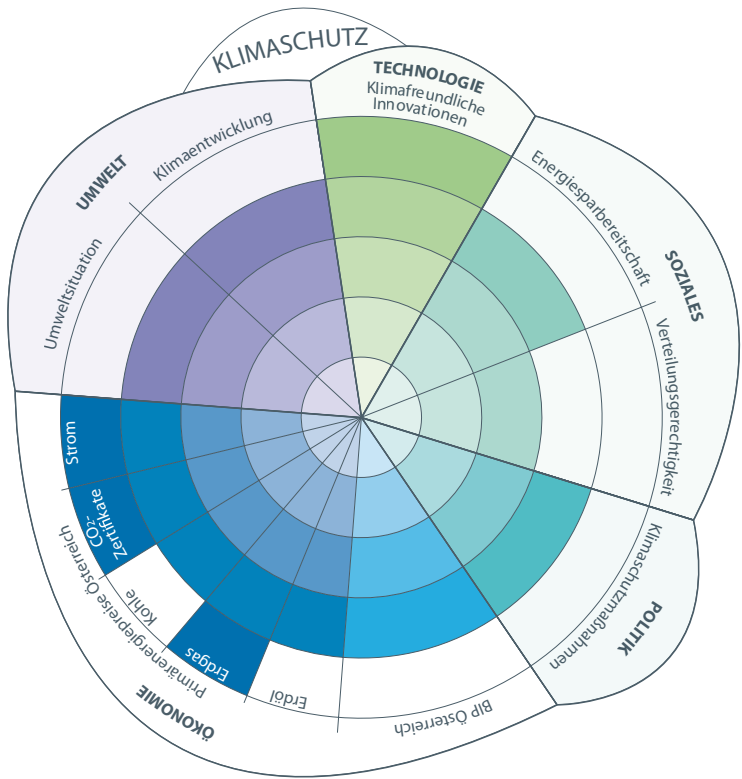


Szenario:
Stagnation

Die Weltwirtschaft stagniert. Maßnahmen zum Klimaschutz werden nur noch durchgeführt, sofern sie die zunehmend wichtigeren wirtschaftlichen Interessen nicht beeinträchtigen.

▲ Tabelle 2
Quantitative Faktoren
für das Stagnations-Szenario.
© URBEM/TU Wien

	2015–19	2020–24	2025–29	2030–34	2035–39	2040–44	2045–49
Bevölkerungszuwachs Wien [Personen/Jahr]	20.912	14.601	10.507	7.696	6.722	6.639	6.639
Jahresmitteltemperatur [°C]	11,98	12,06	12,16	12,30	12,44	12,56	12,72
Renovierungsrate [%]	0,7	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
Mittlerer Baseload-Strompreis an der EXAA [Euro/MWh]	36	51	60	69	72	75	86
Mittlerer österr. Importpreis Erdgas [Euro/MWh]	23	27	28	29	29	29	28
Treibhausgasemissionen Strommix Österreich [g/kWh]	209	200	191	182	173	164	155



Szenario:
Klimaschutz

In der EU genießen Klimaschutz-Maßnahmen höchste Priorität. Auch weltweit werden sie als wichtig wahrgenommen. Damit verbunden sind starke Investitionen in neue Technologien, die sektorübergreifend große wirtschaftliche Impulse setzen.

▲ Tabelle 3
Quantitative Faktoren
für das Klimaschutz-
Szenario.
© URBEM/TU Wien

	2015–19	2020–24	2025–29	2030–34	2035–39	2040–44	2045–49
Bevölkerungszuwachs Wien [Personen/Jahr]	20.912	14.601	10.507	7.696	6.722	6.639	6.639
Jahresmitteltemperatur [°C]	11,98	12,06	12,16	12,30	12,44	12,56	12,72
Renovierungsrate [%]	1,3	2,0	2,0	1,6	1,7	1,9	2,1
Mittlerer Baseload-Strompreis an der EXAA [Euro/MWh]	36	56	67	77	82	86	99
Mittlerer österr. Importpreis Erdgas [Euro/MWh]	23	28	31	34	37	40	43
Treibhausgasemissionen Strommix Österreich [g/kWh]	209	185	161	137	113	90	66

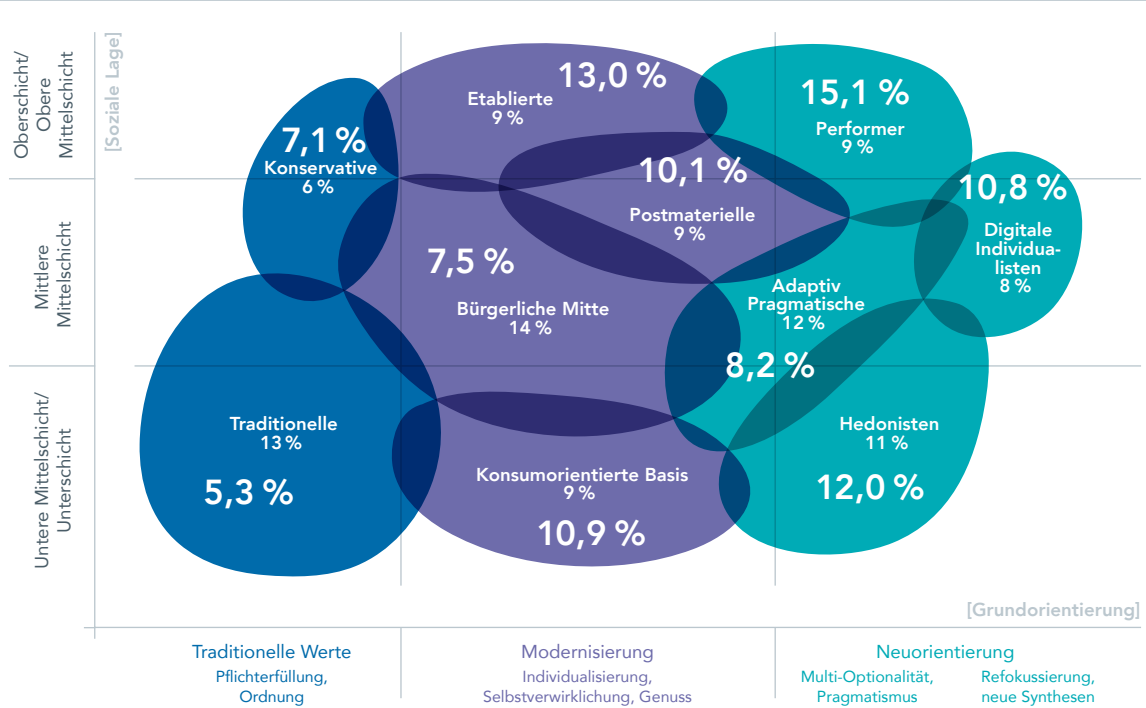
▲ Abbildung 14
Prozentuelle Verteilung
der Sinus-Milieus in
Wien (Zahlen groß;
Erhebung Nadine
Haufe) und Österreich
(Zahlen klein, Integral
2015).
© URBEM/TU Wien

Bevölkerung

Traditionelle Segmentierungsmerkmale wie Schicht, Haushaltstyp, Einkommen etc. genügen heute alleine nicht mehr um Verhaltensunterschiede zu beschreiben und zu erklären.

Durch gesellschaftliche Ausdifferenzierung und sozialen Wandel sind neue Ansätze zur Segmentierung der Bevölkerung in abgrenzbare verhaltenshomogene Gruppen erforderlich. Soziokulturelle Zugänge, d.h. einstellungsbasierte Ansätze aus den Sozialwissenschaften und der Marktforschung kommen deshalb immer häufiger zur Anwendung. Hierbei stellt sich die Frage nach der Methode der Segmentierung: soll diese auf Basis spezifischer Handlungs- bzw. Bedürfnisfelder, aber damit stichprobenabhängig (Lebensstile) oder durch handlungsfeldübergreifende Modelle (Milieu) vorgenommen werden? Darüber hinaus beeinflussen auch raumbezogenen Aspekte das Handeln maßgeblich und müssen bei der Beschreibung und Erklärung von Verhaltensunterschieden mitberücksichtigt werden.

Auf Basis einer Befragung in Wien zum Energiekonsumverhalten privater Haushalte wurden sozialräumlich differenzierte Daten erhoben und zwei milieubasierte Segmentierungsansätze getestet. Dazu wurden insgesamt 977 Antworten ausgewertet. Mithilfe dieser Daten können nicht nur genauere Erkenntnisse über Art und Ausmaß sowie Motivation des Mobilitäts- und Wohnenergieverbrauchsverhalten der Wiener_innen gewonnen, sondern auch allgemein Verkehrsmodellierungen und Energiesimulationen verbessert werden. Durch die Integration des Nutzer_innenverhaltens wird es ebenfalls möglich, die Prognosen, die zur Entscheidungsunterstützung verwendet werden, zu verbessern.



Für die Identifikation von verhaltenshomogenen Gruppen in Wien wurden u. a. die Sinus-Milieus – ein Segmentierungsansatz aus der Marktforschung – verwendet. Die Milieus werden hierbei auf Basis soziokultureller Besonderheiten nationalstaatlich definierter Gesellschaften bestimmt und aufgrund des gesellschaftlichen Wandels regelmäßig aktualisiert. Das aktuelle Sinus-Modell für Österreich umfasst derzeit zehn soziale Milieus. Wie aus [Abbildung 14](#) ersichtlich unterscheiden sich die prozentualen Anteile der Milieus an der österreichischen Gesamtbevölkerung aufgrund von milieuspezifischer Wohnortpräferenzen zum Teil deutlich von der Bevölkerung in Wien. Mit einem Anteil von rund 15 % an der Bevölkerung ist das Sinus-Milieu der „Performer“ die größte Milieugruppe in Wien.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Erhebung, dass die Wiener Milieus zum Teil deutlich unterschiedliche Energiekonsumverhaltensmuster bzw. Nachhaltigkeitspotenziale ebenso wie Wohnstandortbedingungen aufweisen (siehe für einzelne Milieus [Tabelle 4, 5, 6, 7, 9, 10](#)).

Zum besseren Verständnis des Mobilitätsverhaltens konnte mit Hilfe der umfangreichen Befragung nicht nur für die Wiener Gesamtbevölkerung, sondern auch für die 10 Sinus-Milieus ermittelt werden, welche Verkehrsmittel für unterschiedliche Wegzwecke verwendet werden. Einkäufe des täglichen Bedarfs werden hierbei von den Wiener_innen insgesamt am häufigsten zu Fuß erledigt. Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs ist für diesen Wegezweck im Vergleich zu den anderen Wegen am geringsten. Für den Weg zur Arbeit/Ausbildung nutzt die Wiener Bevölkerung insgesamt sehr häufig die öffentlichen Verkehrsmittel. Zu Freizeitaktivitäten am Wochenende wird neben den öffentlichen Verkehrsmitteln jedoch auch häufig das Auto oder das Motorrad verwendet.

Bei der Verkehrsmittelnutzung unterscheiden sich die verschiedenen Milieus jedoch deutlich. Das Sinus-Milieu der „Postmateriellen“, ein Wiener Milieu mit insgesamt eher energiesparenden Verhaltensweisen (siehe [Tabelle 5](#)), nutzt deutlich häufiger die öffentlichen Verkehrsmittel für den Weg zur Arbeit bzw. Ausbildungsstätte als andere Wiener Milieus.

▲ Tabelle 4

Zusammenfassenden Ergebnisse der Befragung für das Sinus-Milieu „Performer“.

© URBEM/TU Wien

PERFORMER [PER] – 15,1 %

Flexible und global orientierte Leistungselite der österreichischen Gesellschaft – Individuelle Leistung, Effizienz und Erfolg haben erste Priorität; hohe Business- und IT-Kompetenz.

Allgemeine Charakterisierung

Mittleres Alter, männlich, häufig Matura, häufig erwerbstätig

Wohnen

- Haushaltsgröße: 2,1 Personen,
- Wohnfläche pro Kopf: rund 48 m²
- Wohnlage: Häufiger Innen

Energiekonsum

- Durchschnittliche Anzahl an Geräten insgesamt (11,3 %) & hohe Anzahl an IKT-Geräten (7,3 %);
- Geringste Nutzungsdauer des Fernsehers, durchschnittliche Nutzung der Waschmaschine;
- Heizbedarf nachts eher höher, tagsüber niedrig;
- Durchschnittliche Nutzung des Öffentlichen Verkehrs (39,9 %)

Nachhaltigkeit

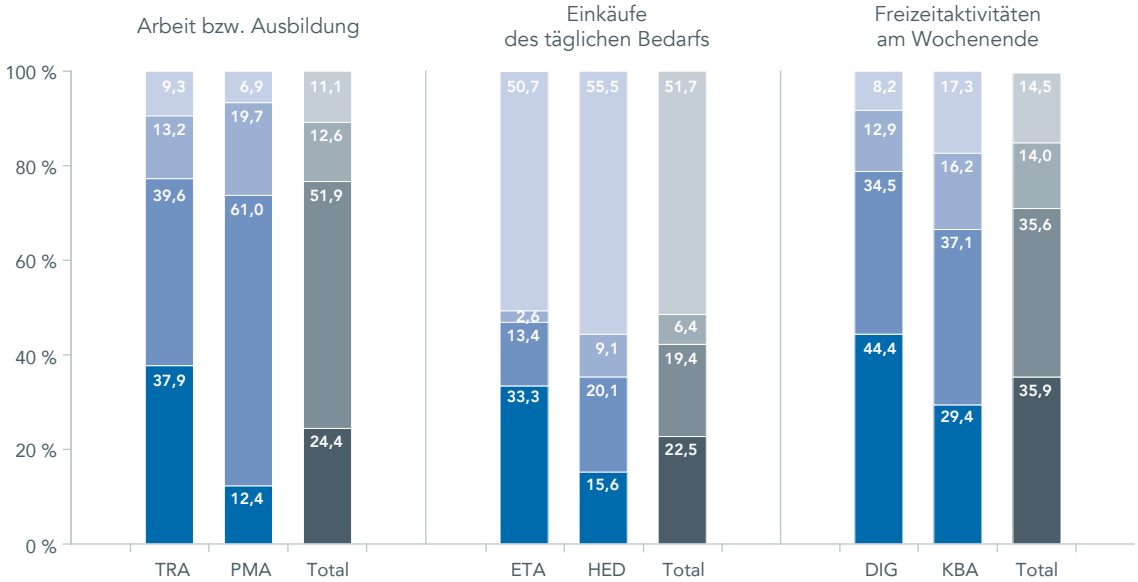
- Seltener besorgt über Umweltverhältnisse;
- Häufig vermehrte Nutzung von umweltfreundlichen Verkehrsmittel (80,2 %);
- Eher häufig Bezug von Ökostrom (26,1 %) und häufig in Zukunft auch vorstellbar (63,3 %)

▲ Abbildung 15

Verkehrsmittelnutzung für Wege zu verschiedenen Aktivitäten für die Milieus mit dem größten und kleinsten Anteil des motorisierten Individualverkehrs sowie für die Gesamtbevölkerung.

© URBEM/TU Wien

- zu Fuß
- Rad
- ÖV (inkl. Zug)
- MIV



▲ Tabelle 5

Zusammenfassenden Ergebnisse der Befragung für das Sinus-Milieu „Postmaterielle“.

© URBEM/TU Wien

POSTMATERIELLE [PMA] – 10,1 %

Weltoffene Gesellschaftskritiker – Gut gebildet; vielfältigste Interessen; stark ausgeprägte kosmopolitische Orientierung; kritische Haltung gegenüber Globalisierung; oft im Bereich Umwelt oder Soziales engagiert, versuchen soweit wie möglich den Alltag nachhaltig zu leben.

Allgemeine Charakterisierung

Mittleres Alter, eher weiblich, häufig Matura, häufiger erwerbstätig

Wohnen

- Haushaltsgröße: 2,5 Personen,
- Wohnfläche pro Kopf: rund 41 m²
- Wohnlage: Häufiger Bezirke im Westen

Energiekonsum

- Eher geringe Anzahl an Haushalts- & IKT-Geräten insgesamt (10,3 %);
- Geringe Nutzungsdauer des Fernsehers und durchschnittliche Nutzung der Waschmaschine;
- Heizbedarf insgesamt niedriger;
- Geringste MIV-Nutzung (21,1 %), häufige ÖV-Nutzung (40,9 %) & am häufigsten Rad (16,1 %)

Nachhaltigkeit

- Häufiger besorgt über Umweltverhältnisse;
- Sehr häufig vermehrte Nutzung von umweltfreundlichen Verkehrsmittel (91,4 %);
- Eher häufig Bezug von Ökostrom (26,6 %) und häufig in Zukunft auch vorstellbar (60,2 %)

Die Sinus-Milieus der „Etablierten“ und der „Digitalen Individualisten“ nutzen deutlich häufiger als andere Wiener Milieus den motorisierten Individualverkehr für Einkäufe des täglichen Bedarfs und Wege zu Freizeitaktivitäten am Wochenende. Auf Basis der Befragungsergebnisse gibt es zwei Wiener Milieus mit insgesamt eher weniger energiesparenden Verhaltensweisen.

Mit der umfassenden Befragung lassen sich neben den aktuellen Verhaltensweisen auch Zielgruppen bzw. Potenziale für zukünftige Entwicklungen wie beispielsweise für Smart Home Devices erkennen. Vor allem das Sinus-Milieu der „Digitalen Individualisten“ zeigt sich hierbei am interessiertesten an der Nutzung von Smart Home Devices. Am wenigsten ist derzeit das Sinus-Milieu der „Konsumorientierte Basis“ an der Verwendung von Smart-Home-Devices interessiert.

▲ Tabelle 6

Zusammenfassenden Ergebnisse der Befragung für das Sinus-Milieu „Etablierte“.

© URBEM/TU Wien

ETABLIERTE [ETA] – 13 %

Leistungsorientierte Elite – Starke traditionelle Verankerung; klarer Exklusivitäts- und Führungsanspruch; hohes Standesbewusstsein aber auch ausgeprägtes Verantwortungsethos.

Allgemeine Charakterisierung

Eher Älter, eher weiblich, häufiger erwerbstätig, seltener Matura

Wohnen

- Haushaltsgröße: 2,3 Personen,
- Wohnfläche pro Kopf: rund 46 m²
- Wohnlage: ausgewogene Verteilung über Stadtgebiet

Energiekonsum

- Hohe Anzahl an Haushalts- und IKT-Geräten insgesamt (11,7 %);
- Durchschnittliche Nutzung von Waschmaschine und Fernseher;
- Heizbedarf insgesamt höher;
- Häufigste Nutzung des MIV (37,9 %), geringste ÖV-Nutzung (30,9 %)

Nachhaltigkeit

- Häufiger besorgt über Umweltverhältnisse;
- Seltener vermehrte Nutzung von umweltfreundlichen Verkehrsmittel (66,4 %), aber häufig in Zukunft vorstellbar (24,4 %);
- Selten Bezug von Ökostrom (19,2 %), aber häufig in Zukunft vorstellbar (60,5 %)

▲ Tabelle 7

Zusammenfassenden Ergebnisse der Befragung für das Sinus-Milieu „Digitale Individualisten“.

© URBEM/TU Wien

DIGITALE INDIVIDUALISTEN [DIG] – 10,8 %

Individualistische, vernetzte Lifestyle-Avantgarde – Mental und geographisch mobil; online und offline vernetzt; starke Fokussierung auf das eigene Ich und die eigenen Fähigkeiten; ständig auf der Suche nach neuen Erfahrungen, langfristige Bindungen eher die Ausnahme.

Allgemeine Charakterisierung

Jünger, männlich, häufiger Matura, häufig erwerbstätig

Wohnen

- Haushaltsgröße: 2,5 Personen,
- Wohnfläche pro Kopf: rund 41 m²
- Wohnlage: Häufiger Innen

Energiekonsum

- Höchste Anzahl an Geräten insgesamt (13,7) und höchste Zahl an IKT-Geräten (9,2);
- Intensivste Nutzung von Fernseher & Waschmaschine;
- Heizbedarf insgesamt eher höher;
- Häufige MIV-Nutzung und unterdurchschnittliche ÖV-Nutzung (ÖV: 36,1 %; MIV: 33,2 %)

Nachhaltigkeit

- Am seltensten besorgt über Umweltverhältnisse;
- Eher häufig vermehrte Nutzung von umweltfreundlichen Verkehrsmittel (91,4 %);
- Häufig Bezug von Ökostrom (30,1 %)

Die Befragungsergebnisse zeigen auch Veränderungspotentiale hin zu nachhaltigeren Verhaltensmustern bei den verschiedenen Milieus auf. Vor allem das Sinus-Milieu der „Performer“ zeigt im Vergleich zu den anderen Wiener Milieus das größte Interesse sich in Zukunft ein Elektro- bzw. Hybridauto anzuschaffen (Abbildung 16, Seite 36). Am wenigsten kann sich das Sinus-Milieu der „Traditionellen“ vorstellen ein Elektro- oder Hybridauto zu besitzen.

Die umfassende Befragung ermöglicht innerhalb von URBEM aktuelle Verhaltensmuster der Wiener Bevölkerung, Rebound-Effekte, Potenziale für Verhaltensänderungen und Ansatzpunkte für Energiesparmaßnahmen nicht nur für gesamt Wien darzustellen, sondern diese auch nach Milieus zu differenzieren. Der weitreichende Einfluss des unterschiedlichen Energiekonsumverhaltens der verschiedenen Milieus auf das urbane Energie- und Mobilitätssystem wird in den folgenden Kapiteln für ausgewählte Fragestellungen näher ausgeführt.

▲ Tabelle 8

Aussagen zum Interesse an Smart Home Device Anwendungen. Die Auswertung zeigt große Unterschiede zwischen den Milieus mit einer hohen statistischen Signifikanz.

© URBEM/TU Wien

Heizung und Strom im Haushalt mit Handy, Tablets etc. zu managen finde ich interessant.

[%]	Total	KON	TRA	ETA	PER	PMA	DIG	BÜM	PRA	KBA	HED
Trifft zu	41,1 %	31,6 %	17,4 %	50,7 %	51,4 %	40,1 %	66,1 %	32,4 %	39,1 %	14,7 %	42,8 %
Trifft nicht zu	58,9 %	68,4 %	82,6 %	49,3 %	48,6 %	59,9 %	33,9 %	67,6 %	60,9 %	85,3 %	57,2 %

▲ Tabelle 9

Zusammenfassenden Ergebnisse der Befragung für das Sinus-Milieu „Konsumorientierte Basis“.

© URBEM/TU Wien

KONSUMORIENTIERTE BASIS [KON] – 10,9 %

Materialistisch geprägte, resignierte Unterschicht – Ausgeprägte Zukunftsängste, Ressentiments und Gefühl der Benachteiligung; bemüht Anschluss zu halten an den Konsumstandards der Mitte.

Allgemeine Charakterisierung

Mittleres Alter, männlich, häufig Matura, häufig erwerbstätig

Wohnen

- Haushaltsgröße: 2,1 Personen,
- Wohnfläche pro Kopf: rund 47 m²
- Wohnlage: Häufiger Innen & Westen

Energiekonsum

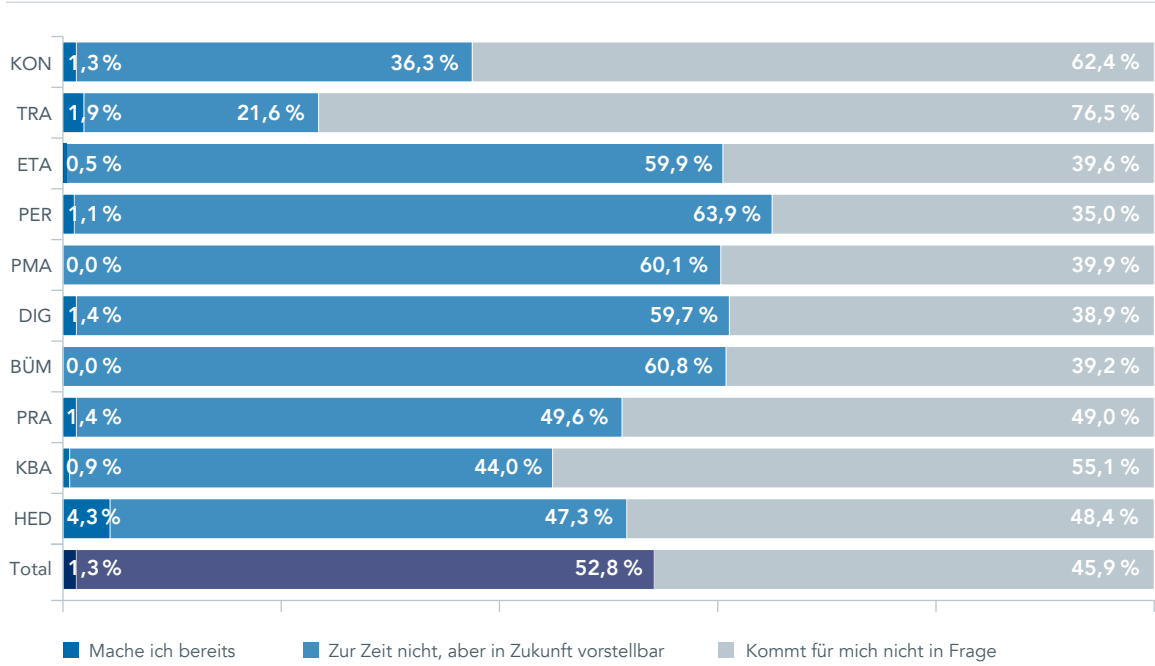
- Eher geringe Anzahl an Geräten insgesamt (9,7);
- Durchschnittliche Nutzung von Waschmaschine und Fernseher;
- Heizbedarf insgesamt eher niedriger;
- Durchschnittliche ÖV-Nutzung und häufigere Rad-Nutzung (ÖV:38,5 %; Rad:14,0 %)

Nachhaltigkeit

- Eher häufig besorgt über Umweltverhältnisse;
- Eher häufig vermehrte Nutzung von umweltfreundlichen Verkehrsmittel (78,5 %);
- Eher selten Bezug von Ökostrom (23,0 %) und eher häufig in Zukunft vorstellbar (55,5 %)

▲ Abbildung 16

Antworten auf die Frage nach der Anschaffung eines Elektro- oder Hybridautos. Ein Großteil der Wiener Bevölkerung kann sich vorstellen ein Elektroauto zu erwerben. Der Zusammenhang zwischen Milieu und Antwort ist aber statistisch nicht signifikant. Die Antworten variieren dazu zu stark.
© URBEM/TU Wien



▲ Tabelle 10

Zusammenfassenden Ergebnisse der Befragung für das Sinus-Milieu „Konsumorientierte Basis“.
© URBEM/TU Wien

TRADITIONELLE [TRA] – 5,3 %

Auf Sicherheit, Ordnung und Stabilität fokussierte Personengruppe – Veränderungen gegenüber skeptisch bis ablehnend; starke Verwurzelung in der alten kleinbürgerlichen Welt, der traditionellen Arbeiterkultur und im traditionell ländlichen Milieu.

Allgemeine Charakterisierung

Älter, weiblich, selten erwerbstätig, selten Matura

Wohnen

- Haushaltsgröße: 1,9 Personen,
- Wohnfläche pro Kopf: rund 47 m²
- Wohnlage: ausgewogene Verteilung

Energiekonsum

- Niedrigste Anzahl an Haushaltsgeräten (3,7 %) und niedrigste Zahl an IKT-Geräten (3,7 %);
- Geringste Nutzungsdauer von Waschmaschine, durchschnittliche Nutzung des Fernsehers;
- Heizbedarf insgesamt niedrig;
- Häufige Nutzung des Öffentlichen Verkehrs (41,4 %)

Nachhaltigkeit

- Eher häufig besorgt über Umweltverhältnisse;
- Häufig vermehrte Nutzung von umweltfreundlichen Verkehrsmittel (87,5 %);
- Eher häufig Bezug von Ökostrom (28,3 %), aber auch häufig in Zukunft nicht vorstellbar (37,8 %)

Detaillierte Angaben zur Methodik, bzw. zu den einzelnen Milieus sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Nadine Haufe nachgelesen werden¹⁵.

¹⁵ N. Haufe; Energiekonsum, Stadt und soziale Milieus; Dissertation; Technische Universität Wien: to be published.

Entwicklung des Gebäudebestandes

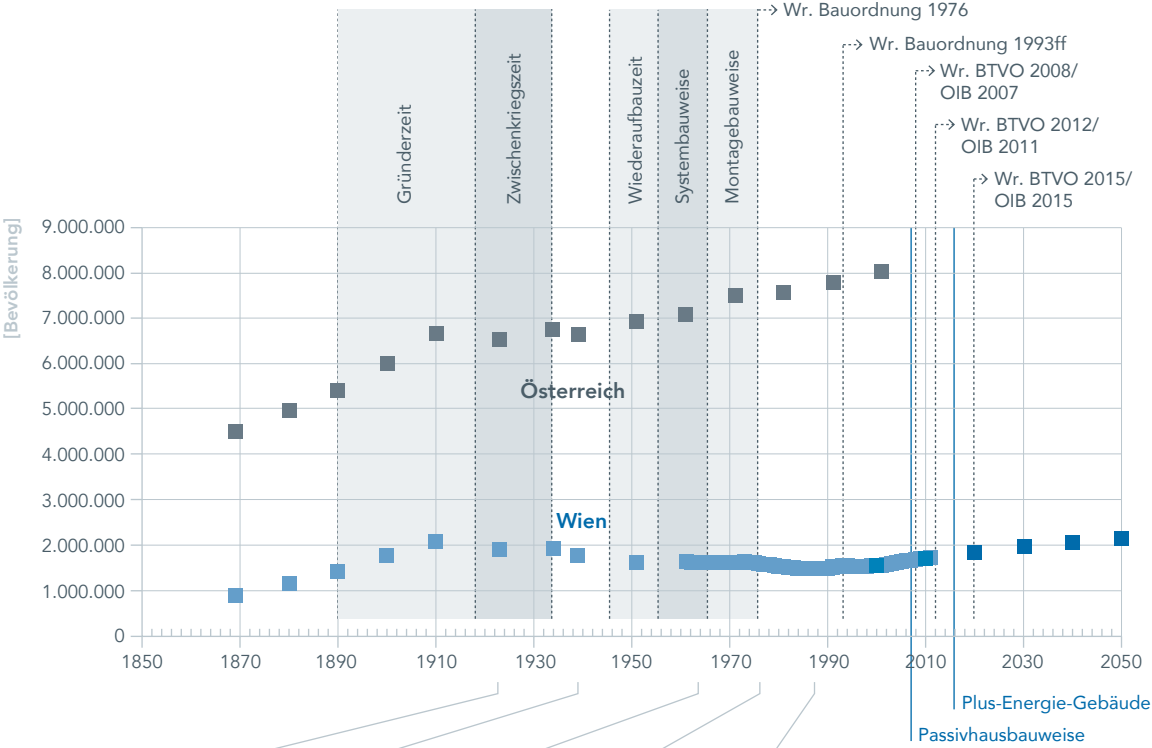
Durch die technischen Entwicklungen und durch die in Folge der Ölkrisen ausgelöste Gesetzgebung wurde im Laufe der Zeit die Energieeffizienz der Wohngebäude in Bezug auf Raumheizung immer mehr gesteigert.

Wie aus Abbildung 4 und 5 (Seite 19) ersichtlich, wurde ein wesentlicher Teil des Wiener Gebäudebestandes in der Gründerzeit errichtet. Laufend werden Gebäude renoviert und verändern damit den Energiebedarf. Einen wesentlichen Einfluss darauf haben nicht nur die Sanierungsrate, sondern

auch die gesetzlichen Bestimmungen im zeitlichen Verlauf. Jedenfalls sind in den letzten Jahren auch immer mehr Gebäude in Wien zu finden, die die Kriterien des Niedrigstenergiegebäude gemäß EU-Gebäuderichtlinien erfüllen. Seit 2014 werden auch Plus-Energie-Gebäude erprobt.

▲ Abbildung 17

Zeitlicher Verlauf der gesetzlichen Änderungen in Bezug auf den Baustandard. Bilder von www.gründerzeitplus.at, sowie vom Passivhaus Utendorfasse und Plus-Energie-Büro Hochhaus der TU Wien am Getreidemarkt.
© URBEM/TU Wien



Weitere Ergebnisse sowie eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Methoden können in der Dissertation von Julia Forster nachgelesen werden¹⁶.

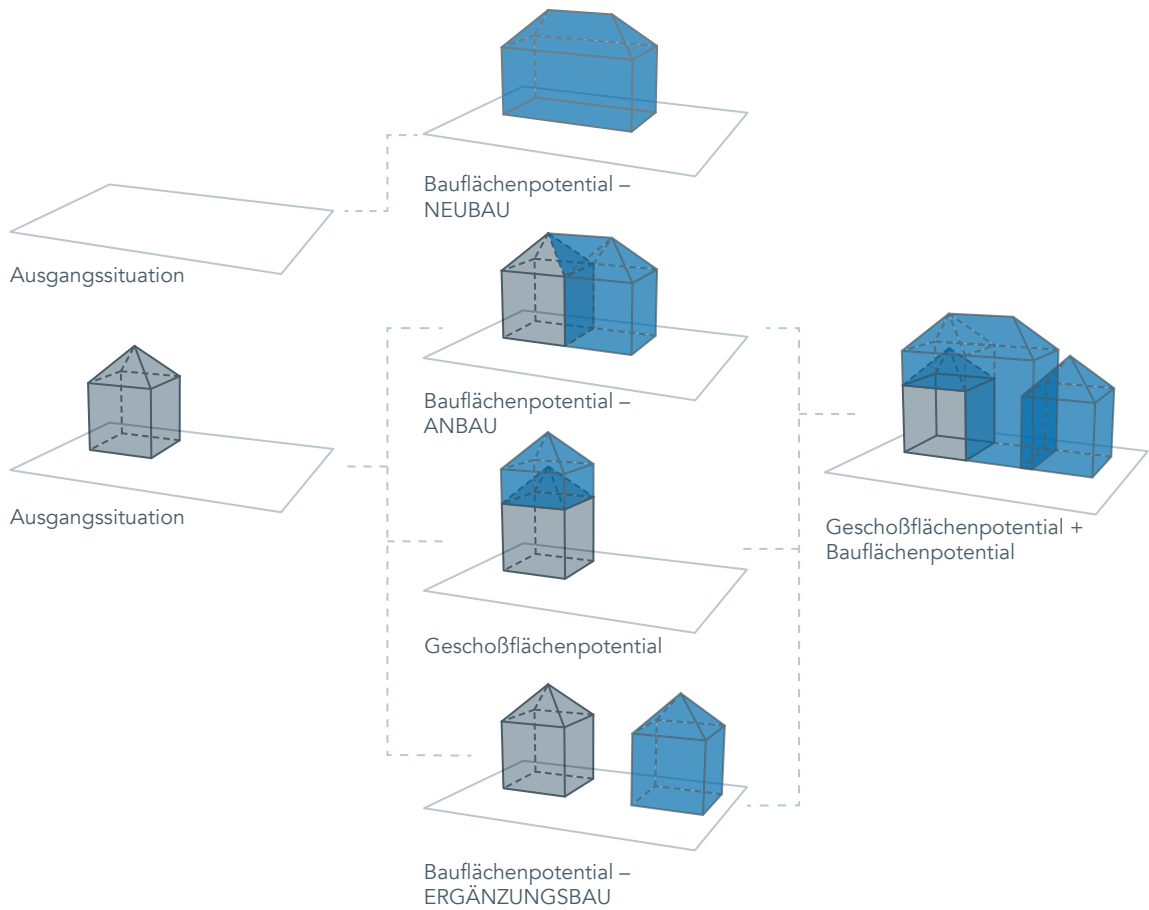
Das Wissen über den Gebäudebestand ist ebenso von großer Bedeutung wie die Annahmen über die Faktoren, welche die weitere Entwicklung des Gebäudebestandes beeinflussen werden. Denn die Wiener Bevölkerung wächst. Der zusätzliche Flächenbedarf zum Wohnen, Arbeiten und für Freizeitaktivitäten kann durch:

- Umnutzung oder Erweiterung von bestehenden Gebäuden, und
- durch Neubauten erreicht werden.

Bei der Szenarienentwicklung des künftigen Energie- und Mobilitätsbedarfes ist die Modellierung dieser Veränderung von wesentlicher Bedeutung.

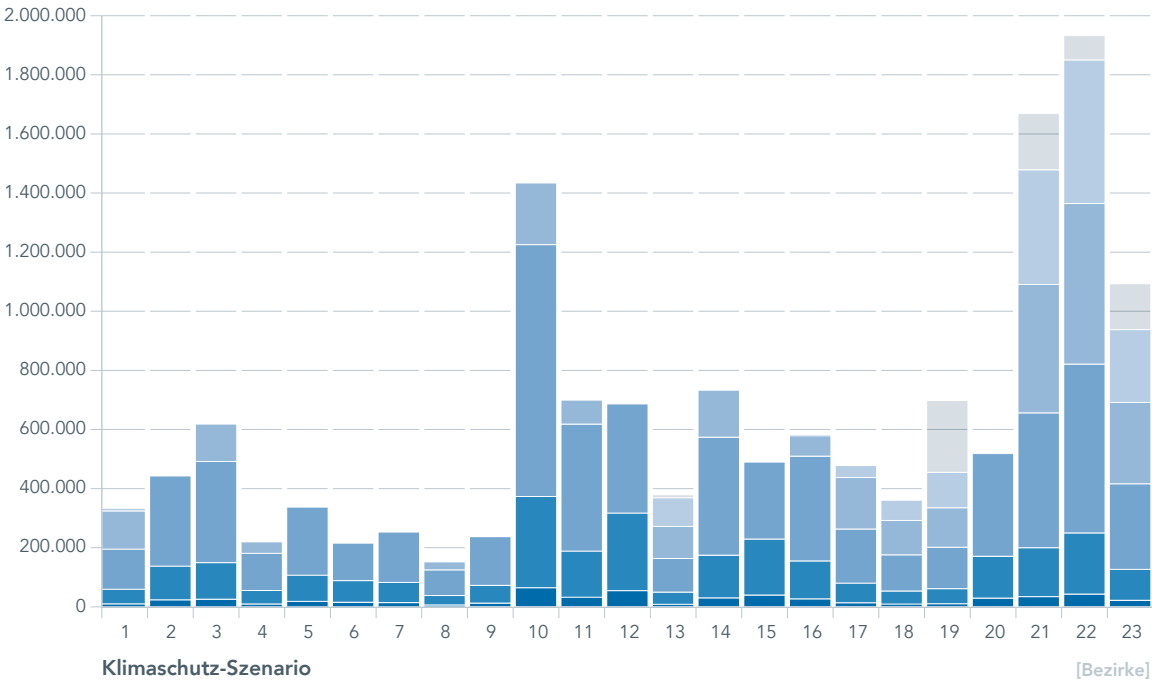
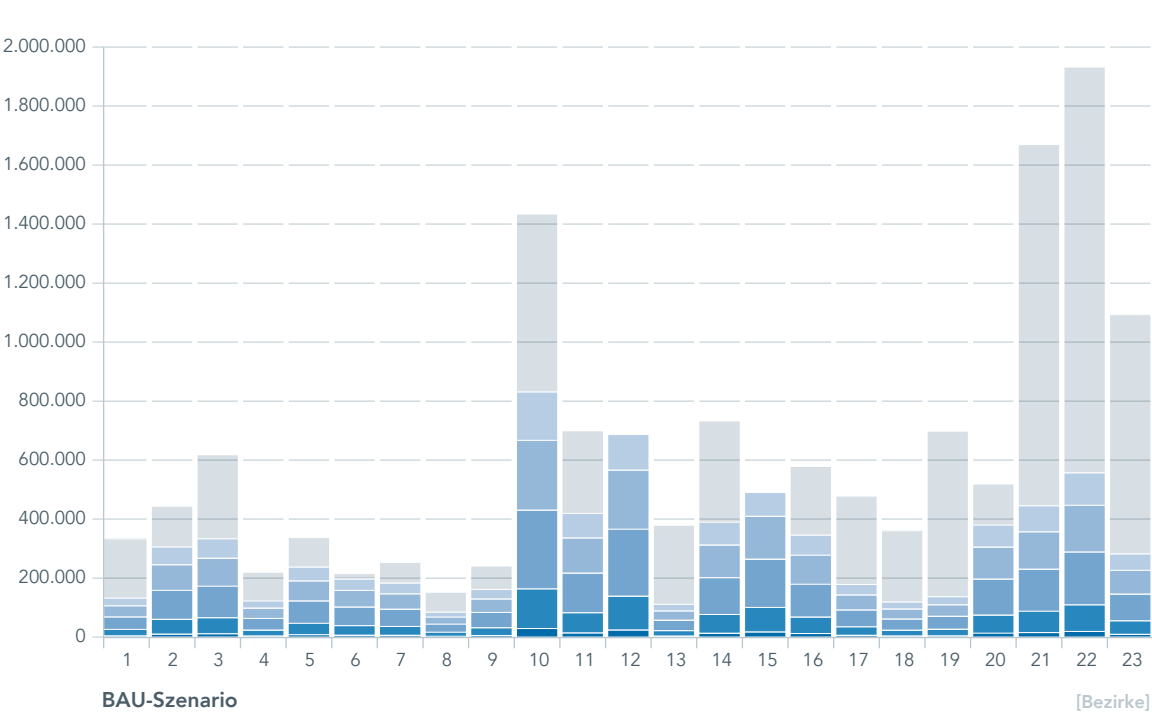
Bis dato wurden Flächenreserven zur urbanen Nachverdichtung unter zu Hilfenahme von digitalen Werkzeugen (LISA, tiris, Raum+, ...) mit manuellen Verfahren durchgeführt. Ein automatisierter Zugang zur Abschätzung und Übersichtsgewinnung der Nachverdichtungspotentiale fehlt. Um eine strategische Innenentwicklung gesamtheitlich durchführen zu können und Handlungsempfehlungen für die Zukunft abzuleiten, bedarf es daher eines interdisziplinären Ansatzes der in Decision Support Werkzeuge integriert werden kann. Auf Basis detaillierter geometrischer Modelle der Stadt in Bezug auf Gebäude und Infrastruktur können damit für verschiedenen Szenarien die Ausnutzung des Geschossflächenpotentials, Bauflächenpotentials und der Ergänzungsbauten abgeschätzt werden.

▲ Abbildung 18
Möglichkeiten der erweiterten Ausnutzung eines Grundstücks durch Neubau, Anbau, Aufstockung und/oder Ergänzungsbau.
© URBEM/TU Wien



¹⁶ J. Forster; Strategische raumbezogene Visualisierung; Dissertation; Technische Universität Wien: 2016.

▲ Abbildung 19
Verwendung des Geschossflächenpotentials im BAU und im Klimaschutz Szenario. Aufgrund der höheren Renovierungsrate im Klimaschutz-Szenario wird der Flächenbedarf der Bevölkerung deutlich stärker durch das Ausnützen des Geschossflächenpotentials als durch Neu- oder Ergänzungsbauten gedeckt.
© URBEM/TU Wien



Mobilität

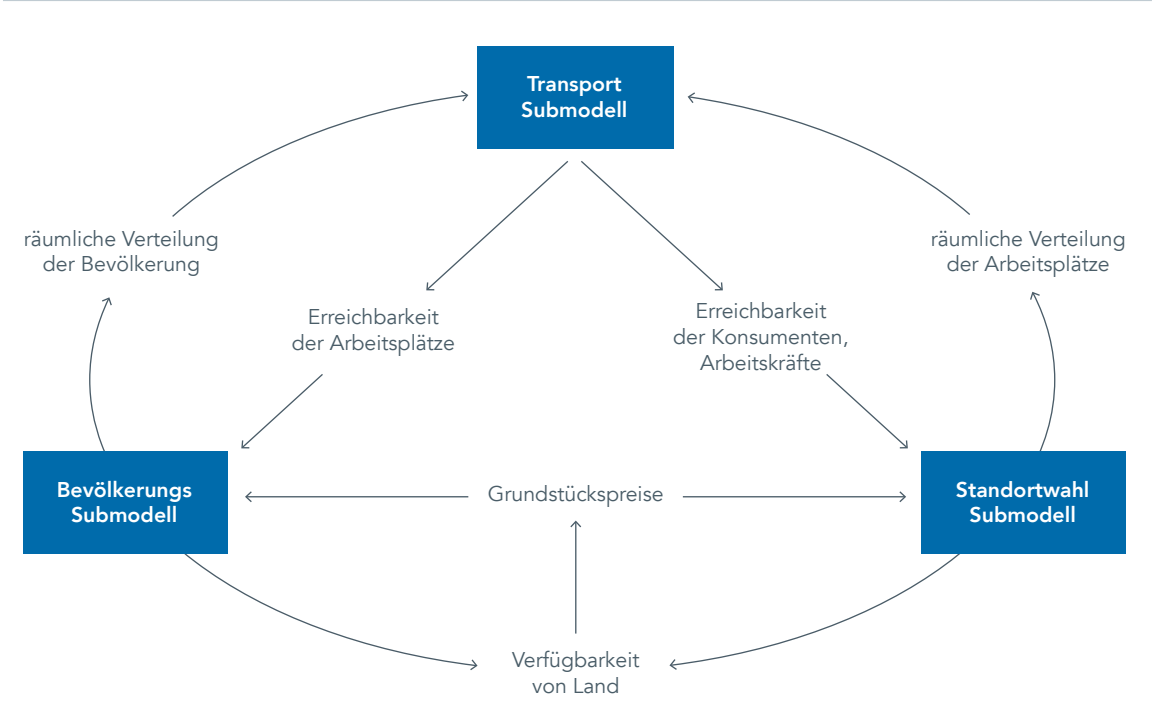
In der gängigen Praxis der Verkehrsplanung werden Verkehrsmodelle zur Prognose des Modal Split und des Verkehrsaufkommens benutzt.

Die verwendeten Modelle sind im Allgemeinen statisch, d. h. es wird nur der Zustand eines Zieljahres prognostiziert nicht aber der Pfad zur Zielerreichung. Zudem fehlt meist die Rückkoppelung zwischen Kapazitätsänderungen und Verkehrsnachfrage. Flottenmodelle zur Prognose des Marktanteils alternativer Antriebstechnologien existieren zwar, werden in der praktischen Verkehrsplanung aber kaum angewendet.

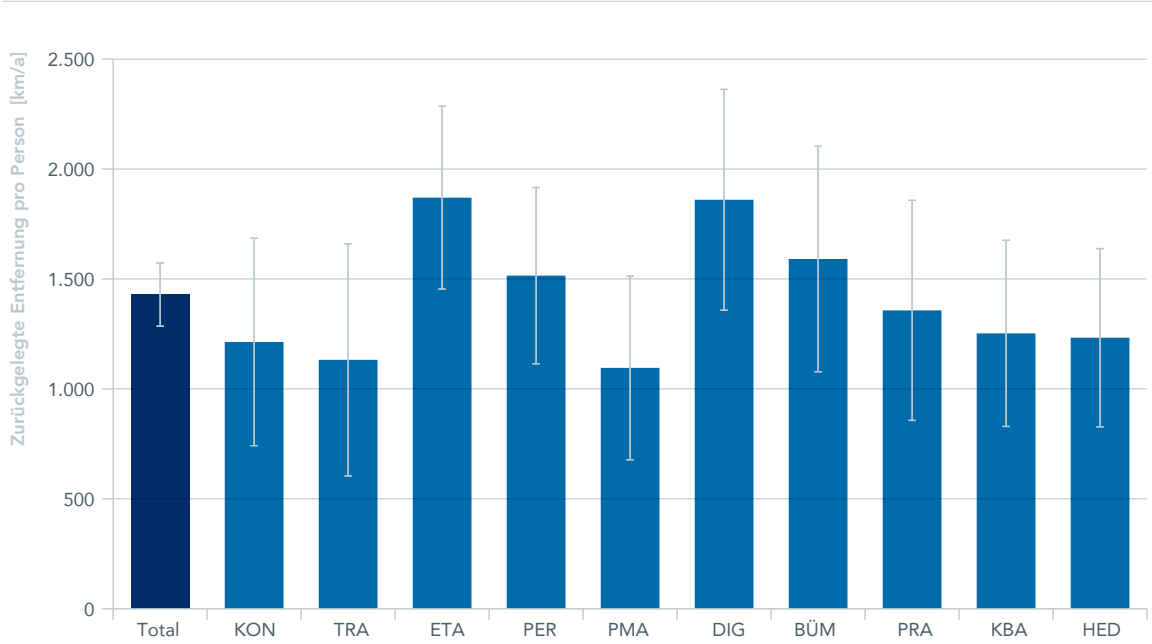
Ein relativ neuer Zugang ist die Verwendung dynamischer Modelle sowie die Überlagerung von Flächennutzungs-, Verkehrs- und Flottenmodellen.

Dynamische Modelle dieser Art simulieren die Interaktionen des Siedlungs- und Verkehrssystems in diskreten Zeitschritten bis zum Erreichen eines definierten Zeithorizonts. Modelle dieses Typs berücksichtigen Rückkoppelungen innerhalb und zwischen den betrachteten Systemen, u. a. auch Kapazitätsänderungen und Verkehrsnachfrage. Dieses Vorgehen ermöglicht zudem eine detaillierte Analyse der Ursache-Wirkungsbeziehungen, welcher beobachtete Veränderungen des Mobilitätsverhaltens zugrunde liegen. Die Zusammenhänge und Strukturen innerhalb des verwendeten Simulationsmodells MARS sind in [Abbildung 20](#) dargestellt.

▲ **Abbildung 20**
Grundstruktur des dynamischen, integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodells MARS¹⁷



▲ **Abbildung 21**
Zurückgelegte Entfernung pro Person in km/Jahr für jedes Milieu inklusive der Standardabweichung.
© URBEM/TU Wien



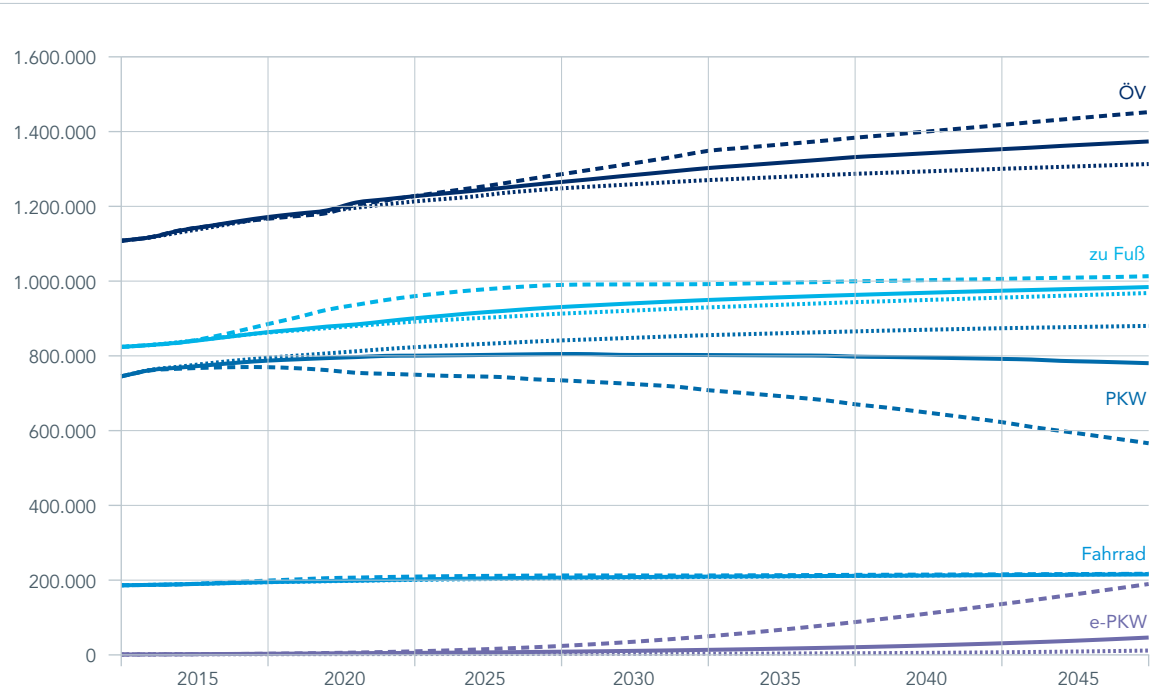
Durch die sozial differenzierte Betrachtung können Ergebnisse für den Bereich Mobilität auch Milieuspezifisch dargestellt werden. [Abbildung 21](#) zeigt die zurückgelegte Entfernung pro Person in km/Jahr für den motorisierten Individualverkehr.

Die Abweichungen der einzelnen Milieus zum Mittelwert fallen dabei sehr groß aus. Aber auch die Standardabweichung je Milieu lässt viel Bandbreite zu. Jedenfalls wird deutlich, dass die sozial differenzierte Betrachtung maßgeblich an Bedeutung gewinnt, vor allem wenn es darum geht (wie am Beispiel MIV in [Abbildung 21](#) gezeigt) den Anteil des MIV mit gezielten Maßnahmen zu reduzieren.

Die Verwendung eines dynamischen Modells und der Prinzipien und Methoden der Systemanalyse führen zu einem besseren Verständnis des Systems und der Mobilität der Bevölkerung. Insbesondere ist es möglich, (längerfristige) Rückkoppelungen und nicht intendierte Auswirkungen von Maßnahmen und Politiken zu identifizieren.

¹⁷ P. Pfaffenbichler; The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) – Development, Testing and Application: Dissertation; Technische Universität Wien: 2003.

▲ Abbildung 22
Zurückgelegte Entfernung pro Person in km/Jahr für jedes Milieu inklusive der Standardabweichung.
© URBEM/TU Wien



Detaillierte Angaben zur Methodik und zum Simulationsmodell MARS sowie zu weiteren Ergebnissen können im Forschungsbericht von Paul Pfaffenbichler nachgelesen werden¹⁸.

Das Modell MARS kann als Tool zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung verwendet werden. Es können z. B. erforderliche Maßnahmen zur Zielerreichung evaluiert werden. Das Testen unterschied-

licher Varianten berücksichtigt auch die mögliche Änderung von Rahmenbedingungen oder Portfolios (zum Beispiel: autonomes Fahren, E-Mobilität, U-Bahn vs. Straßenbahn vs. Bus vs. Seilbahnen etc.).

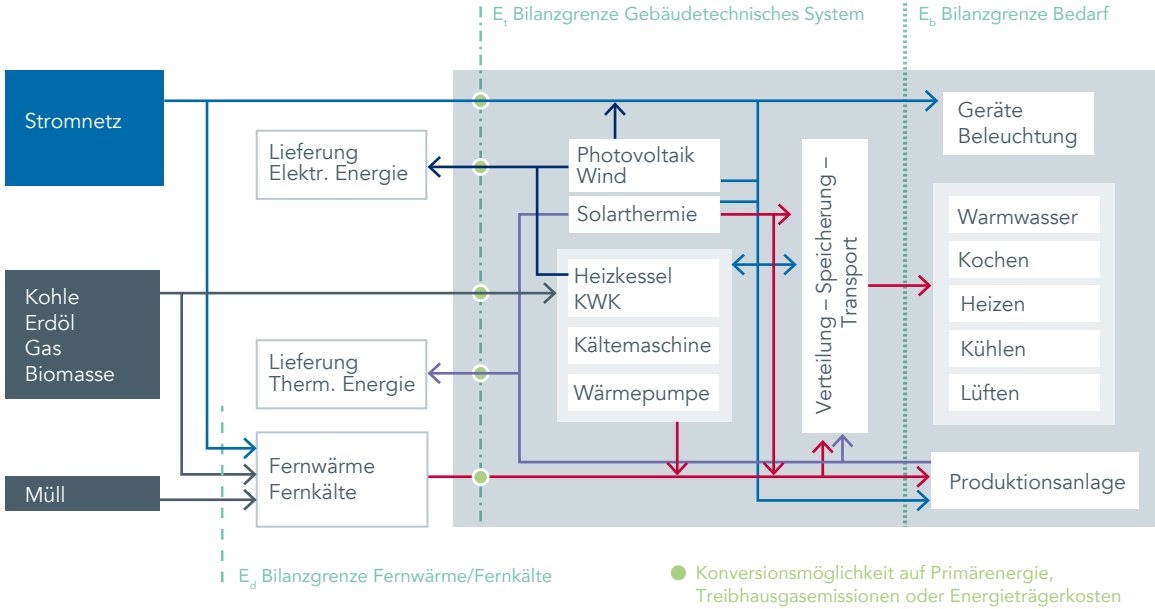
▲ Abbildung 23
Schematischer Überblick über die Modellierung der Energienachfrage in Gebäuden und die Bilanzgrenze Bedarf (E_b) und Gebäudetechnisches System (E_t) in Analogie zum Annex 53¹⁹. Das Verhalten der Gebäudenutzer_innen beeinflusst ebenso wie die Bautechnik bereits die Energienachfrage an der Grenze E_b . Der Einfluss der Gebäudetechnik ist erst an der Bilanzgrenze E_t erfasst. In der Regel wird bei allen Gebäuden der Energiebedarf an dieser Bilanzgrenze gemessen.
© URBEM/TU Wien

Thermische und elektrische Lastgänge des Gebäudebestands

Wann welche Leistung im Energiesystem von einem Gebäude angefordert wird hängt von vielen Faktoren ab.

Grundsätzlich sind es die Bedürfnisse der Menschen nach Nahrung, Luft, Licht, einem bestimmten Raumklima, Sicherheit, und den Aktivitäten (Büroarbeit, Haushaltsgeräte, Produktionsanlagen) usw. die den Bedarf erzeugen. Für den Bereich Raumheizung ergibt sich dann zusammen mit der Qualität der Bautechnik ein bestimmter Wärmebedarf für Raumheizung und zusammen mit dem gebäudetechnischen System eine zeitabhängige Leistung und der jährliche Energiebedarf. Dabei kann Strom direkt oder indirekt über Wärmepumpen aber auch Erdgas,

Fernwärme, Biomasse etc. eingesetzt werden. Auch die am Gebäude stattfindende Umwandlung von Solarenergie, Windenergie und die lokale Speicherung von Energie ändern die angeforderte Leistung und den jährlichen Verbrauch. Ein Vergleich zwischen gemessenem und prognostiziertem jährlichen Energieverbrauch kann in der Regel mit Hilfe der in fast allen Gebäuden montierten Energiezähler erfolgen. Diese werden in erster Linie für die Jahresabrechnung des Energieverbrauches verwendet.



¹⁸ P. Pfaffenbichler; Strategische Modellbildung des Wiener Personenverkehrs in einer wachsenden Stadt – Folgen ausgewählter Maßnahmenbündel für Modal Split, Stadtentwicklung und Energiesysteme; Forschungsbericht im Doktoratskolleg URBEM, Technische Universität Wien: 2016.

¹⁹ H. Yoshino et al.; Final Report Annex 53, Total Energy Use in Buildings: Analysis and Evaluation Methods; International Energy Agency: 2013. ISBN: 978-4-9907425-0-8

Analog zur [Abbildung 23](#) wurde in URBEM auch die Methode zur Erstellung von skalierbaren Lastprofilen aufgebaut. Dabei erstellt ein umfassender und vorgelagerter Simulationsprozess über 3.500 verschiedene Lastprofile in Abhängigkeit vom Baustandard, der Haustechnik sowie der Gebäudenutzung. Letzteres unterscheidet nicht nur die Nutzung Büro und Wohnen, sondern differenziert im Bereich Wohnen auch nach den Milieus²⁰.

Der genaue und zeitaufgelöste Gebäudeenergieverbrauch und die dadurch maximale Netzbelastung können bis dato nur durch aufwendige und zum Teil gekoppelte Simulationsmodelle ermittelt werden. Dabei werden in der Regel aus der Literatur entnommene standardisierte Nutzungsprofil, die keinen Zusammenhang zu den in der Stadt vorhandenen Milieus haben, verwendet.

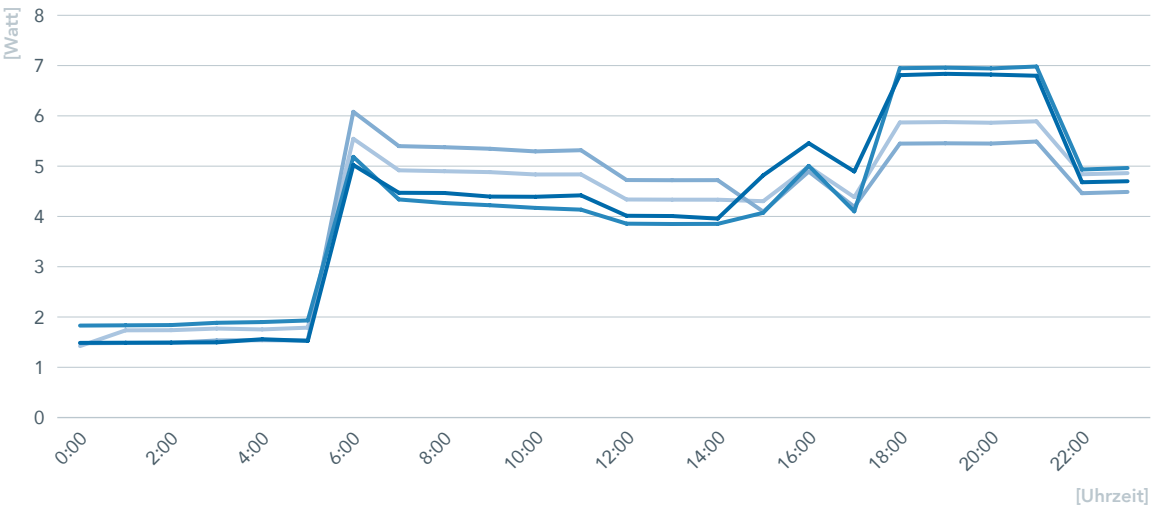
Durch die vorberechnete n-dimensionale Lastprofilmatrix wird die Erstellung beliebiger Lastprofile, auf Stundenbasis für thermische und elektrische Energie, ohne Simulationsaufwand ermöglicht. Eine weitere Innovation stellt die Berücksichtigung von bauphysikalischen und haustechnischen Parametern, sowie die der sozialen Differenzierung in den zeitaufgelösten Lastprofilen dar.

Detaillierte Angaben zur Methodik und zum Simulationsmodell sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Manuel Ziegler nachgelesen werden²¹.

▲ **Abbildung 24**
Einfluss des Konsumverhaltens unterschiedlicher Milieus auf den elektrischen Lastgang des Haushaltsstroms.
© URBEM/TU Wien

Milieu 1
Milieu 2
Milieu 4
Milieu 8

Normierter elektrischer Lastgang



[Abbildung 24](#) zeigt den Einfluss der Milieus auf einen normierten elektrischen Lastgang. Vor allem tagsüber zeigen die Ergebnisse deutliche Unterschiede wenn der elektrische Lastgang nach Milieus differenziert wird.

[Abbildung 25](#) zeigt den Einfluss des Baustandards auf einen normierten thermischen Lastgang. Durch die Unterschiede wird deutlich wie wichtig die Differenzierung des Baustandards ist. Durch die verbesserte thermische Qualität im Neubau (BC8-1) werden Einflüsse wie innere Lasten oder solare Einträge im Lastgang deutlich sichtbar. Hingegen sind dieselben Einflüsse durch die hohen Speichermassen und schlechtere thermische Qualität im Lastgang eines Altbaus (BC1-1) weniger ersichtlich.

[Abbildung 26](#) zeigt den Einfluss der Haustechnik auf ein normiertes thermisches und elektrisches Wochenprofil. Wird ein und dasselbe Gebäude anstatt mittels Fernwärme mit einer Wärmepumpe beheizt, verschmelzen der thermische und elektrische Lastgang zu einem elektrischen Lastgang. Daraus entsteht eine neue Lastprofilcharakteristik, hervorgerufen nur durch den Tausch der Energieversorgung. Des Weiteren wird deutlich, dass sich das Lastprofil nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ ändert.

▲ **Abbildung 25**
Einfluss unterschiedlicher Baustandards auf das Nachfrageprofil für Wärme für Raumheizung (BC1-1 – Gründerzeit; BC8-1 – Neubau).
© URBEM/TU Wien

BC1-1
BC2-1
BC4-1
BC6-1
BC8-1

Die neuen Lastspitzen im Wochenprofil haben somit auch einen Einfluss auf die Energieinfrastruktur.

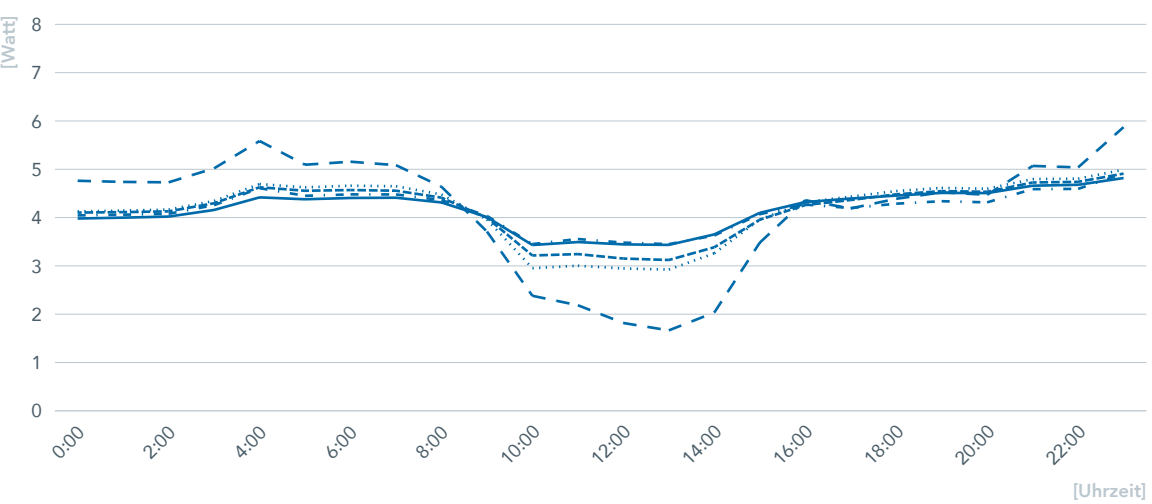
Unterschiedliche Lastprofilsszenarien hinsichtlich Gebäudetypen, Haustechnik und Nutzung können, auch ohne fundiertes Wissen, erstellt und angewendet werden. Deren Ergebnisse können unmittelbar

verwendet und beliebigen aggregiert werden (Gebäudeblock-, Bezirks- oder Stadtebene).

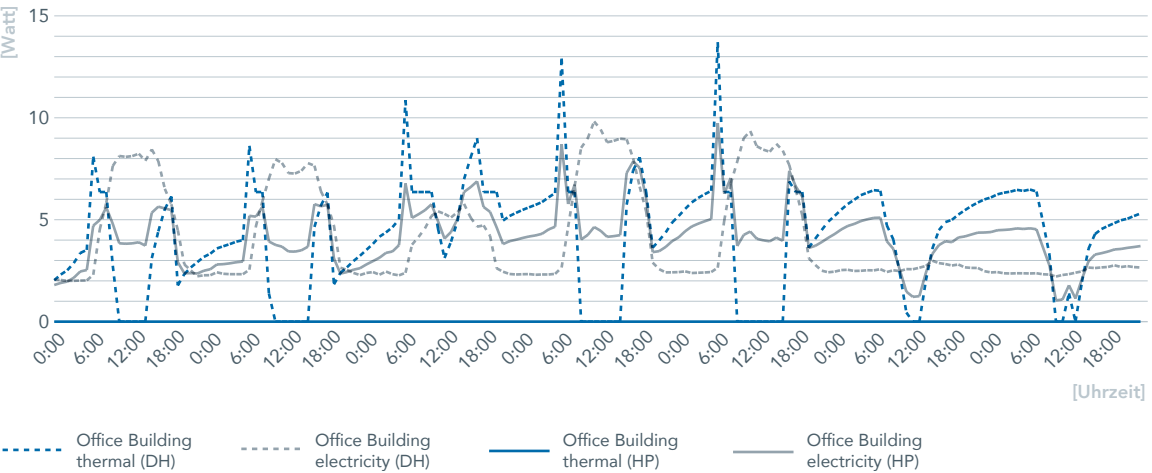
Durch die neu entwickelte Methode kann die Zeitdauer zur Ermittlung von Lastgängen für 180.000 Gebäude von Jahren auf Stunden reduziert werden.

▲ **Abbildung 26**
Unterschied im Lastprofil eines Bürogebäudes für zwei verschiedene Gebäudetechnische Lösungen für die Energieversorgung. Bei Abdeckung des Wärmebedarfs durch Fernwärme (DH) ergibt sich ein deutlich anderes Profil für den Lastgang für das elektrische Netz als für ein Gebäude in dem der Wärmebedarf über Wärmepumpen (HP) gedeckt wird.
© URBEM/TU Wien

Normierter thermischer Lastgang für Raumheizung



Normiertes thermisches und elektrisches Wochenprofil für ein Gebäude



^{20, 21} M. Ziegler; Methode zur Erstellung skalierbarer Lastprofile für Wohn- und Bürogebäude in Abhängigkeit zur Bau- und Haustechnik sowie der Einfluss sozialer Differenzierung für eine urbane Simulationsumgebung; Dissertation; Technische Universität Wien: 2016.

Entwicklung der Energienachfrage und Auswirkungen auf die Infrastruktur

ENERGIENACHFRAGE IN GEBÄUDEN UND LEITUNGSGEBUNDENE VERSORGUNG

Die Optimierung des Ausbaus von Fernwärme- und Gasnetzen steht zunehmend im Fokus der Analysen, wobei jedoch die Entwicklung der Nachfrageseite (Raumwärme- und Warmwasserbedarf) meist als exogen angenommen wird und nicht explizit behandelt wird.

Die Heizsystem-Wahl- und Sanierungsaktivitäten im Gebäudebestand, die von verschiedensten Gebäudeeigentümerstrukturen beeinflusst werden, fließen in die Analysen mit ein und die Effekte einzelner Gebäudeklassen werden für den Netzausbau aggregiert. Dies bildet die Grundlage für die ökonomische Investitionsentscheidung der Netzbetreiber hinsichtlich des Netzaus- bzw. Rückbaus.

Basis aller Berechnungen ist ein Simulationsmodell, welches den Gebäudebestand abbildet und die zukünftige, langfristige Entwicklung des Energiebedarfes sowie der eingesetzten Technologien endogen in Abhängigkeit von Faktoren wie Energiepreise oder politischer Rahmenbedingungen simuliert. Dabei werden alle Annahmen und Ergebnisse hinsichtlich der Entwicklung des gebäudebezogenen Energiebedarfs immer auf einen Gebäudeblock aggregiert. Auf Basis der für die Zukunft simulierten Entwicklung des Heizwärmebedarfs und der Information über die Energieträgerwahl, kann das Potential für Fernwärme im Zeitverlauf ermittelt werden. Durch die Information wie weit jeder Gebäudeblock vom Fernwärme- oder vom Gasnetz entfernt ist, können mittels eines Optimierungsmodells Investitionspläne für die Netzbetreiber abgeleitet werden.

Durch diese Forschungsarbeiten im Rahmen von URBEM konnte analysiert werden, in welchen Gebieten der Ausbau von Fernwärme- und in welchen der Ausbau von Gasnetzen vorteilhaft ist. Diese Analyse hilft dabei, Doppel- und Mehrfachinfrastruktur zu vermeiden und somit die Verteilkosten zu senken. Die Rolle regulatorischer Rahmenbedingungen in diesem Kontext, welche die Energienachfrage im

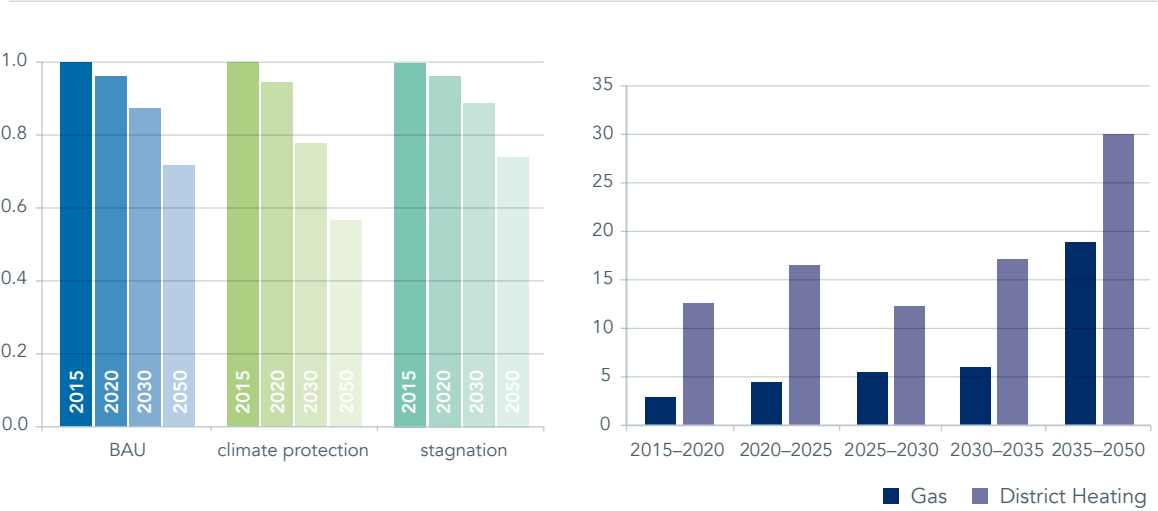
Gebäudebestand ebenso beeinflussen können wie den Ausbau der bestehenden Netzinfrastruktur, wurde in die Analysen mit einbezogen.

Abbildung 27 zeigt die prognostizierte Reduktion des Heizwärmebedarfs für 2015, 2020, 2030 sowie 2050 in Abhängigkeit von den drei URBEM-Szenarien. Es ist zu erkennen, dass in dem dargestellten Beispiel die durchschnittlichen Verteilkosten in Euro pro Megawattstunde (MWh) sowohl für die Wiener Fernwärme als auch für das Gasnetz bis 2050 steigen werden. Dies ist vorallem darauf zurückzuführen, dass der erwartete Wärmeabsatz sinkt, jedoch die Kosten für den Erhalt der Infrastruktur weiterhin anfallen. Zusätzlich ist speziell bei Fernwärme ab 2035 vermehrt mit Reinvestitionen für den Erhalt des Fernwärmenetzes zu rechnen.

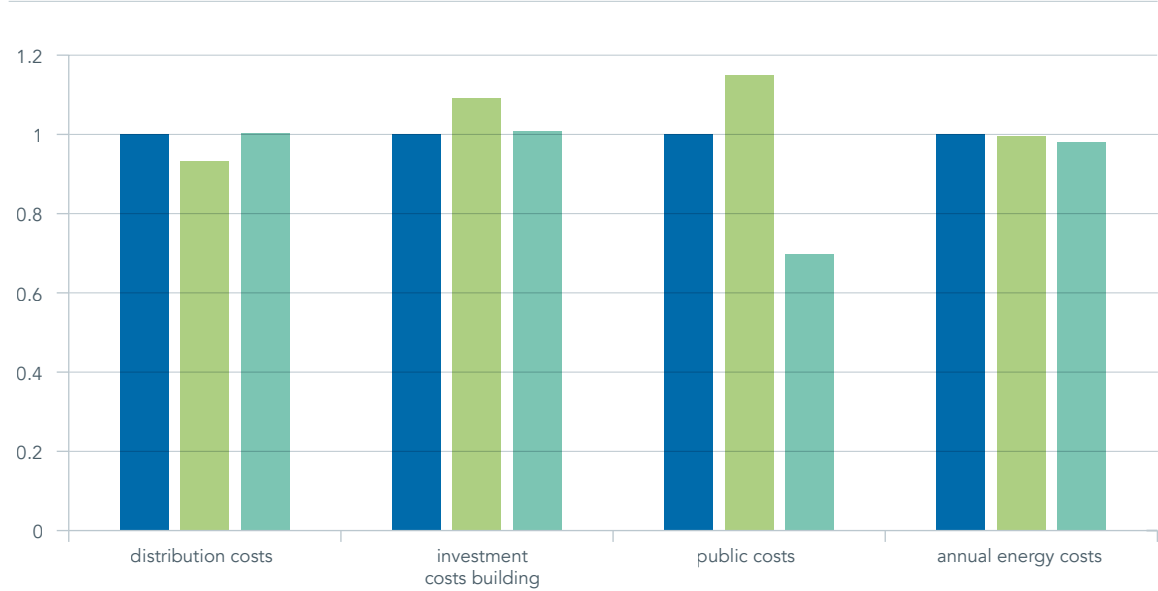
Abbildung 28 zeigt eine Aufteilung der einzelnen Kostenbestandteile. Im Klimaschutzenszenario ist mit höheren Investitionskosten im Gebäudebereich zu rechnen, da höhere Sanierungsraten beobachtet werden können, die durch höhere Förderungen mitfinanziert werden (public costs). Durch diese vermehrten Investitionen können jedoch die jährlichen Energiekosten im Vergleich zum BAU-Szenario reduziert werden, obwohl dem Klimaschutzenszenario höhere Energiepreise zugrunde liegen.

Optimierte Fernwärme- bzw. Gas-Ausbauplanung werden angewandt, um vor der Implementierung von Netzen zu analysieren, wie sich die Reduktion der Energienachfrage auf die Verteilnetzkosten und auf die CO₂ Emissionen auswirken. Durch die Analysen wird aufgezeigt, wie Reinvestitionskosten aufgrund von Doppelinfrastruktur verringert werden können.

▲ Abbildung 27
Veränderung der Wärmenachfrage bis 2050 in den verschiedenen Szenarien (links) und Prognose der Entwicklung der Verteilkosten im Gasnetz und Fernwärmenetz im Referenz-Szenario (rechts).
© URBEM/TU Wien



▲ Abbildung 28
Vergleich der Kosten für Raumheizung und Warmwasser relativ zum Referenz-Szenario (BAU). Im Klimaschutzenszenario sind gegenüber dem Referenz-Szenario deutlich größere Aufwendungen für Fördermaßnahmen notwendig.
© URBEM/TU Wien



Detaillierte Angaben zur Methodik und Modellierung sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Sara Fritz nachgelesen werden²².

²² S. Fritz; Economic assessment of the long term development of the building heat demand and the grid bounded supply; Dissertation; Technische Universität Wien: 2016.

ENERGIENACHFRAGE AUFGRUND MOBILITÄT

Zur Ermittlung des E-PKW Anteils in den drei URBEM-Szenarien BAU, Stagnation und Klimaschutz wurden die folgenden Annahmen in Anlehnung an das Compett²³ Projekt getroffen:

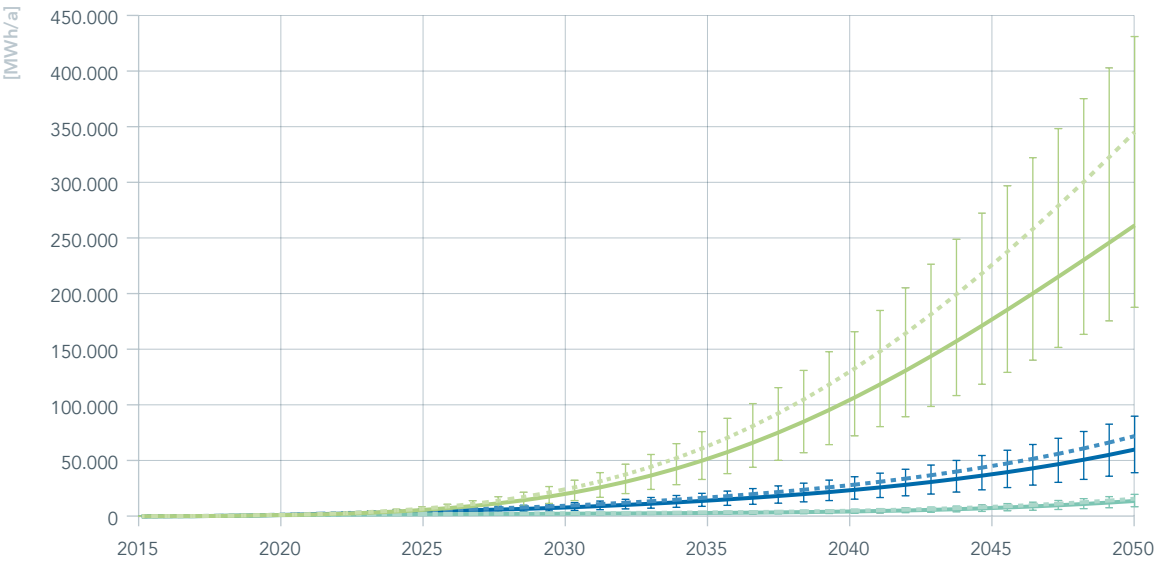
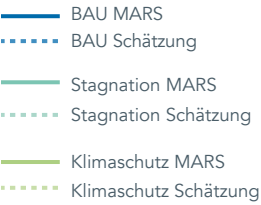
- Die Entwicklungen, welche das Szenario Klimaschutz definieren, entsprechen jenen des Szenarios Delight bzw. den Ergebnissen des logistischen Wachstumsmodells. Es kommt zu einer sich gegenseitig befruchtenden und verstärkenden Wechselwirkung zwischen politischen Maßnahmen zur Förderung der E-Mobilität und technologischen Entwicklungen. Dies führt zu rasch sinkenden Kaufpreisen für E-PKWs, einer Steigerung der Reichweite sowie einer stark steigenden Modellvielfalt. Förderungen und Befreiungen bleiben über große Teile des Beobachtungszeitraums aufrecht. Der Anteil der E-PKWs steigt dadurch in Wien bis 2050 auf rund 20 %, im Umland gar auf etwas mehr als 25 % an.
- Das Szenario Stagnation wird durch eine Stagnation der Weltwirtschaft und eine Rücknahme von nationalen klimapolitischen Maßnahmen gekennzeichnet. Zudem wird davon ausgegangen, dass in der Gesellschaft keine Präferenzen für energiesparende Technologien erkennbar sind und das schlechte Investitionsklima die Entwicklung derselben behindert. Diese Umstände entsprechen im Wesentlichen den Annahmen des Szenarios Oblivion, in dem es zu einem Teufelskreis aus politischer Vernachlässigung und fehlendem technologischen Fortschritt der E-Mobilität kommt. Förderungen und Befreiungen werden zurückgefahren, die Kaufpreise für E-PKWs reduzieren sich nur wenig, die Steigerung der Reichweite kommt nicht wirklich vom Fleck und die angebotene Modellvielfalt stagniert. Der Anteil der E-PKWs steigt sowohl in Wien als auch im Umland nicht über 1 % an.

- Das Referenz-Szenario BAU bewegt sich zwischen diesen beiden Polen. In der Klimaschutzpolitik werden die heutigen Trends fortgeschrieben. Technologische Neuentwicklungen werden vor allem von EU-Seite gefördert. Für das Referenz-Szenario BAU wird angenommen, dass die jährlichen Wachstumsraten dem Mittelwert der Wachstumsraten der Szenarien Delight und Oblivion entsprechen. Der Anteil der E-PKWs erreicht in Wien bis 2050 einen Wert von knapp 4 %, im Umland dagegen knapp 8 %.

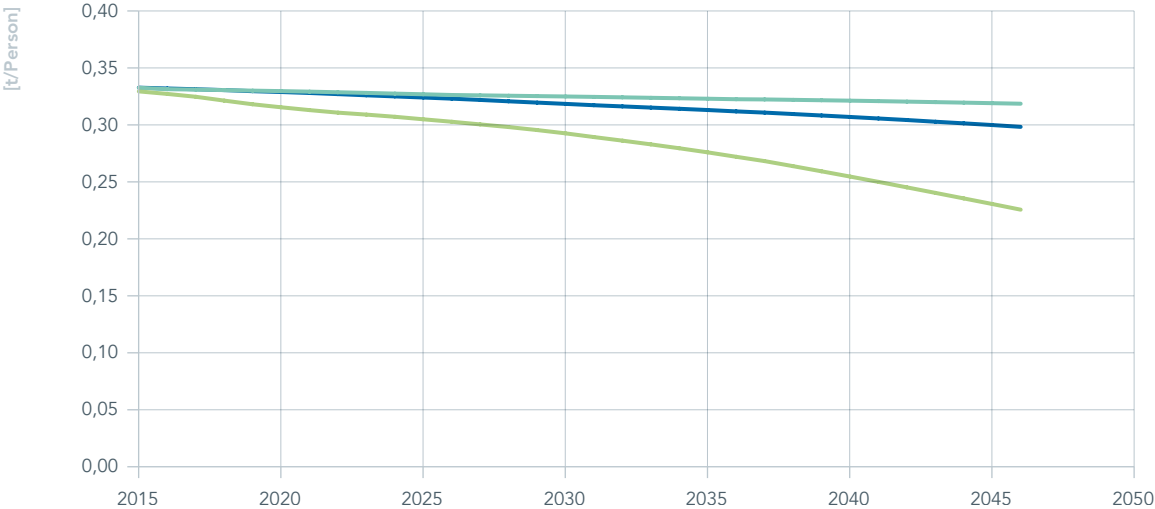
Analog zum steigenden Anteil an E-PKWs, zeigt Abbildung 29 die Entwicklung der Stromnachfrage durch das Laden der E-PKWs bis 2050. Es wird deutlich, dass vor allem im Klimaschutzszenario mit einem deutlich höheren Strombedarf gerechnet werden kann.

Die Ergebnisse für die Treibhausgasemissionen für den MIV unter Berücksichtigung aller drei URBEM-Szenarien zeigen in Abbildung 30 ein ähnliches Ergebnis. Auch hier weist das Klimaschutzszenario den mit Abstand größten Einfluss auf.

▲ Abbildung 29
Entwicklung der Nachfrage des Ladestromenergiebedarfes.
© URBEM/TU Wien



▲ Abbildung 30
Entwicklung Treibhausgasemissionen für den Sektor Mobilität.
© URBEM/TU Wien



²³ N. Fearnley, P. Pfaffenbichler, E. Figenbauer, R. Jellinek; E-vehicle policies and incentives – assessment and recommendations, Compett deliverable 5, Oslo: 2015.

Thermische Netze – Gasnetz

Entwicklung des derzeit schnellsten Analysetools für große Gas- und Fernwärmenetze

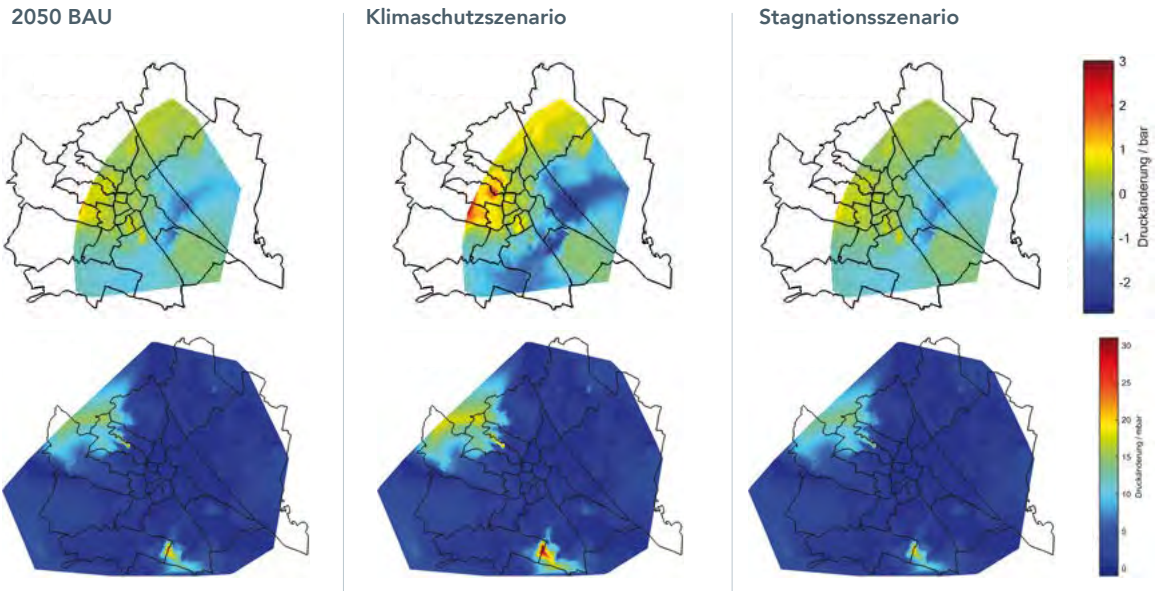
Berechnungsprogramme für die Analyse des Betriebszustandes von Fernwärme- und Gasnetzen sind bereits kommerziell verfügbar. Einen neuen Zugang stellen thermo-hydraulische und kompressibel-hydraulische Berechnungsmethoden für große und vermaschte Fernwärme- und Gasnetze dar. In Kombination mit der Netzberechnung für elektrische Netze wird somit eine energieträgerübergreifende Netzanalyse ermöglicht und mittels verorteter Visualisierung der Netze werden die Ergebnisse verständlich dargestellt. Input geben dabei die von URBEM entwickelten Lastprofile unter Berücksichtigung der Gebäudestruktur. Dies stellt einen wesentlichen Fortschritt dar, da bisher nur Standardlastprofile zu diesem Zwecke betrachtet wurden.

Durch die neuen Berechnungsmethoden können potenzielle Engpässe und Reserven sowohl im Bestand als auch in den Szenarien quantifiziert und lokalisiert werden. Eine unmittelbare Evaluierung unterschiedlicher Szenarien wird so ermöglicht und Fragen zur Energieversorgung von potentiellen Stadterweiterungsgebieten können lange vor der Implementierung beantwortet werden.

Die Auswirkungen der drei URBEM-Szenarien auf den Differenzdruck des Primärnetzes der Wiener Fernwärme sowie auf den Betriebsdruck im Niederdruck-Gasnetz werden in [Abbildung 31](#) dargestellt.

Detaillierte Angaben zur Methodik und zum Simulationsmodell sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Dominik Bothe nachgelesen werden²⁴.

▲ **Abbildung 31**
Entwicklung des Differenzdrucks des primären Fernwärmenetzes (oben) und des Betriebsdrucks des Niederdrucknetzes Gas (unten) für das Business-As-Usual, Klimaschutz- und Stagnationsszenario des Jahres 2050 in Bezug auf die Auslastung im Referenzjahr 2013.
© URBEM/TU Wien



²⁴ D. Bothe; Modellierung und Simulation von weit verzweigten, vermaschten Netzen für thermische Energie und Gas; Dissertation; Technische Universität Wien: 2016.

Elektrische Netze

Entwicklung des schnellsten Algorithmus zur Lastflussberechnung in urbanen Stromnetzen und der Identifikation des Flexibilisierungspotentials durch Energie-Knoten

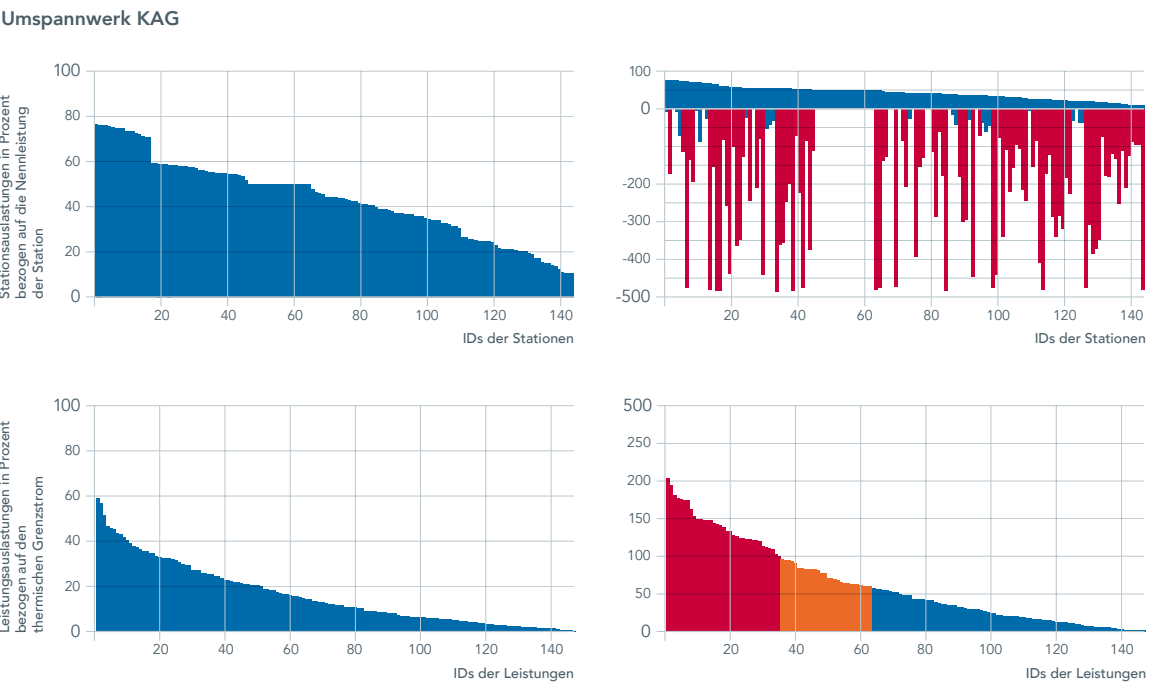
Für die Berechnung elektrischer Netze existieren zahlreiche und ausgereifte kommerzielle und auch frei verfügbare Tools. Die Entwicklung in URBEM bestand darin, die bestehenden Methoden und Verfahren so anzupassen, dass sie in einem energieträger-übergreifenden Kontext und mit zahlreichen Schnittstellen zu anderen Infrastrukturen anwendbar sind.

Das in URBEM entwickelte Modell des Stromnetzes führt Lastflussberechnungen für Versorgungsgebiete von geographisch verorteten Umspannwerken in einer in der Softwareumgebung Python eingebetteten Berechnungsmethode aus. Zusätzlich werden energieträgerübergreifende Analysen für alle im betrachteten Gebiet vorhandenen Versorgungsnetze durchgeführt. Als Basis für die Berechnungen dienen die im Rahmen von URBEM entwickelte Lastprofile, die sich von den bisherigen Standardlastprofilen unterscheiden.

Es können Aussagen über Netzausbauvarianten für Stadtentwicklungsgebiete, basierend auf allen am Standort vorhandenen Energieträgern, getroffen und unterschiedliche Szenarien bewertet werden. So ist zum Beispiel die Analyse von Stromnetzkapazitäten zur Aufnahme von thermischen Lasten im Falle eines Rückbaus von Gas- oder Fernwärmenetzen möglich. Zusätzlich können die Auswirkungen auf den Stromnetzbetrieb durch den Ausbau und die Einbindung erneuerbarer Energien getestet werden.

Abbildungen 32a und 32b zeigen die Auslastung der Betriebsmittel unter Berücksichtigung des Solarenergiepotenzials für ein suburbanes Mittelspannungsnetz zweier Umspannwerke. Dabei wird jeweils das Basisjahr 2015 mit der theoretisch maximalen Solarenergienutzung verglichen.

▲ **Abbildung 32a**
Auslastungen der Betriebsmittel im suburbanen Mittelspannungsnetz des Umspannwerkes KAG für das Basisjahr 2015 (2 Abbildungen links).
Auslastungen der Betriebsmittel im suburbanen Mittelspannungsnetz des Umspannwerkes KAG für die theoretisch komplette Nutzung des Solarenergiepotenziales (2 Abbildungen rechts).
© URBEM/TU Wien



²⁵ T. Kaufmann; Modellierung und Simulation von urbanen Stromversorgungsnetzen in einem multiskalaren Gesamtmodell; Dissertation; Technische Universität Wien: 2016.

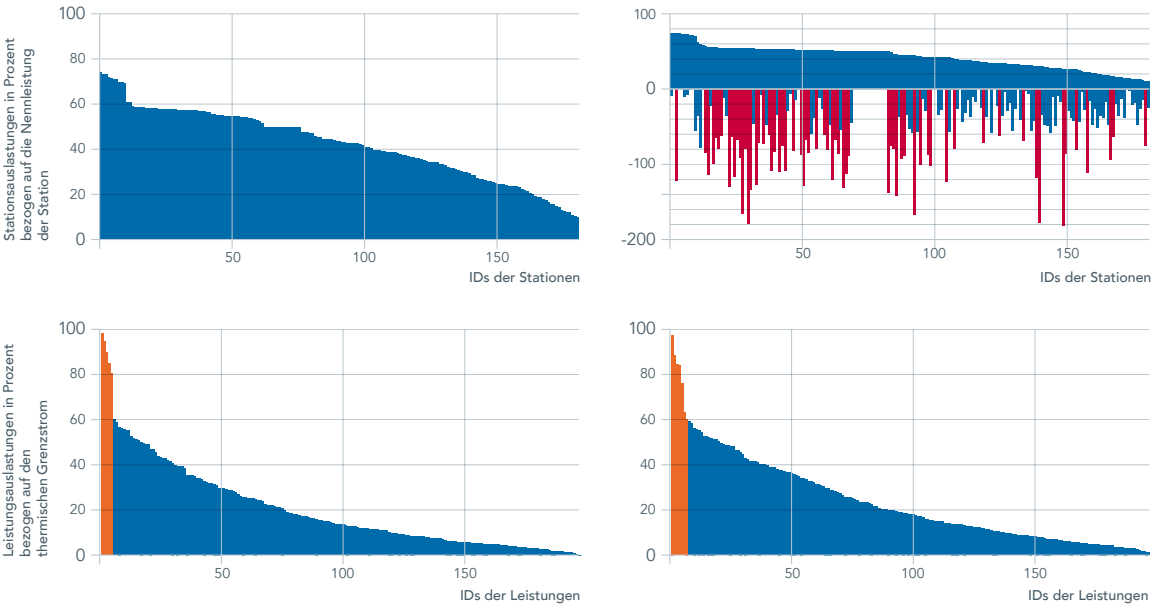
▲ Abbildung 32b

Auslastungen der Betriebsmittel im urbanen Mittelspannungsnetz des Umspannwerkes KAU für das Basisjahr 2015 (2 Abbildungen links).

Auslastungen der Betriebsmittel im urbanen Mittelspannungsnetz des Umspannwerkes KAU für die theoretisch komplette Nutzung des Solarenergiepotentials (2 Abbildungen rechts).

© URBEM/TU Wien

Umspannwerk KAU



▲ Abbildung 33

Vorgehensweise des Angreifers während eines generischen Cyber Angriffs (Kill-Chain).

© URBEM/TU Wien

Kommunikationsnetz für Smart Grids

Im Energiebereich werden bereits heute „smarte“ Technologien angewandt – ein Beispiel sind Smart-Meter. Sie kommunizieren bidirektional, sind fernabschaltbar und werden in den nächsten Jahren implementiert.

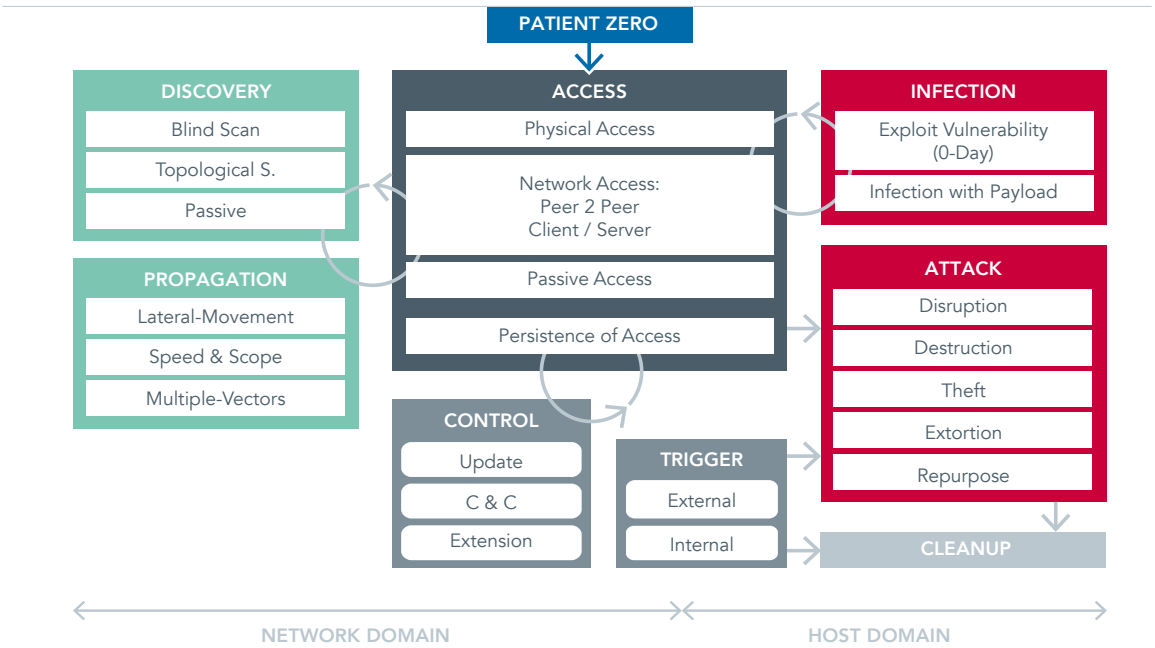
Unter dem Kostendruck von groß angelegten Roll-outs leidet jedoch die technisch mögliche Sicherheit. Die Anwendung von Sicherheitskonzepten ist einerseits vom Kaufpreis und andererseits vom Stand der Technik abhängig.

Bereits heute besteht ein gesellschaftliches Bedrohungsszenario durch Angriffe auf kritische Infrastrukturen (z. B. Stromnetze) durch Malware (z. B. Computerviren, Würmer, Trojaner, etc.) bei gleichzeitig nicht ausreichendem Bewusstsein bei Entscheidungsträgern. Es gibt erste Präzedenzfälle bei denen mehrere Stromnetze in der Ukraine direkt betroffen waren (siehe BlackEnergy Angriff im Dez. 2015²⁶). Mehrere hunderttausend Menschen wurden im Winter von der Stromversorgung abgeschnitten. Bis heute konnte der automatisierte Betrieb dieser betroffenen Steuerungssysteme der Stromnetze nicht wiederhergestellt werden da entweder zerstörte Komponenten nicht erhältlich sind oder nachhaltige Schäden

bestehen. Die Stromnetze werden bis zur vollständigen Reparatur rudimentär, manuell betrieben.

Abbildung 33 zeigt vereinfacht die Vorgehensweise eines generischen Cyberangriffes.

So könnte es beispielsweise durch einen Stromausfall in Wien zu einem wirtschaftlichen Schaden von ca. 250 Millionen Euro bereits am ersten Tag (exponentiell steigend) kommen. Nach Schätzungen beginnt die Gesellschaft bereits nach vier Tagen zu degenerieren. Die Folgeeffekte werden zunehmend schlimmer. Sicherheitslücken können nicht kategorisch ausgeschlossen werden – Gefährdungs-Szenarien die heute noch nicht vorstellbar sind, können in Zukunft trotzdem eintreten. Es ist daher notwendig Hürden aufzubauen um eine große Bandbreite an Cyberangriffen zu verhindern. Dabei wird die Architektur und topologische Sicherheit zunehmend wichtiger.



²⁶ Robert M. Lee, Michael J. Assante, and Tim Conway. Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid: 2016, sowie F-Secure Labs. BLACKENERGY & QUEDAGH – The convergence of crimeware and APT attacks. White Paper 1030745, F-Secure Labs, Helsinki: 2014.

Erst durch Kombination vieler Sicherheitsmaßnahmen ist die Eindämmung von Angriffen möglich („Malware-Containment in Smart Grids“). Mithilfe der Analyse unterschiedlicher Architekturen wird eine optimierte strategische Planung erreicht. Nur wenn die Forschung versteht, wie sich Malware in unterschiedlichen Netzwerk-Architekturen verhält, werden Schlüsse auf wirkungsvolle Gegenmaßnahmen möglich. Diese fließen in die Resilienzkriterien und in einen daraus entstehenden Maßnahmenkatalog ein, der als Werkzeug zur realen Umsetzung dient.

Mittels Entwicklung von Gegenmaßnahmen im Bereich der topologischen Sicherheit und Bekämpfung von Malware können immense Kosten durch Netzausfälle vermieden werden. Dies betrifft zum Beispiel ökonomische Schäden an Volkswirtschaften und auch gesellschaftliche Verwerfungen bei einem anhaltenden Stromausfall. Die gewohnte Zuverlässigkeit der Stromnetze und anderer kritischer Infrastrukturen ist eine wichtige Basis für unsere gewohnte Lebensweise.

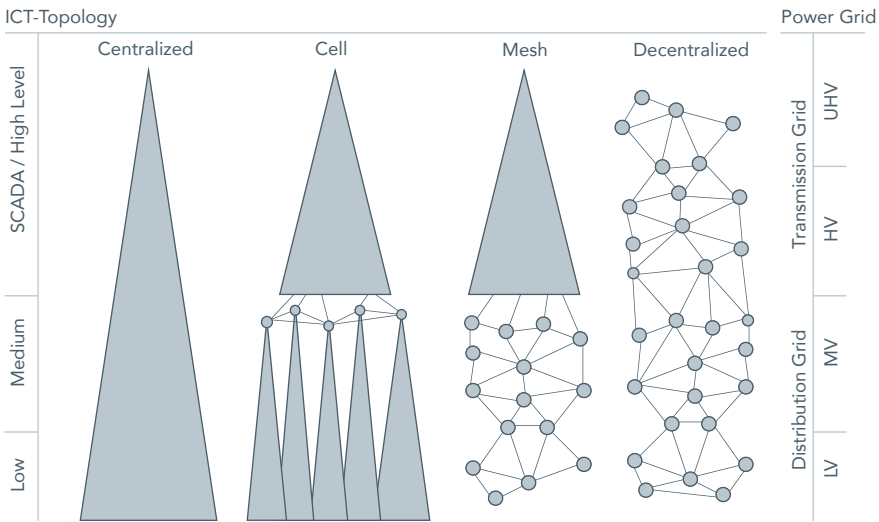
Durch Simulationen und Schätzungen können diese Angriffs- und Ausfall-Szenarien berechnet werden. Die Kosten für die Sicherheit kritischer Infrastrukturen sind in Relation zum möglichen Schadenpotential relativ gering. Jedoch ist die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens gering.

Im Folgenden wird ein Auszug von Maßnahmen gelistet welche die Resilienz in einem Netz erhöhen:

- Organisation
- Bestimmungen für die Administration
- Bestimmungen für Passwörter
- Aus- und Weiterbildung der Betreiber_innen
- Entwicklung eines Response/Recovery Planes
- Bestimmungen zur Datensicherung
- Implementierung der richtigen Netzwerk Topologien
- Prävention gegen das Eindringen in das Netzwerk

Detaillierte Angaben zur Methodik und zum Simulationsmodell sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Peter Eder-Neuhauser nachgelesen werden²⁷.

▲ Abbildung 34 Netztopologien in vereinfachter Darstellung. © URBEM/TU Wien



²⁷ P. Eder-Neuhauser; A model for malware containment and resilience in smart grid communication systems; Dissertation; Technische Universität Wien: to be published.

Optimierte Fernwärmeerzeugung

Die kostenoptimale Zusammenstellung der Kraftwerke eines Fernwärme-Erzeugungsportfolios erfolgt üblicherweise mittels Optimierungsmodellen unter Annahme von zukünftigen Energiepreisen.

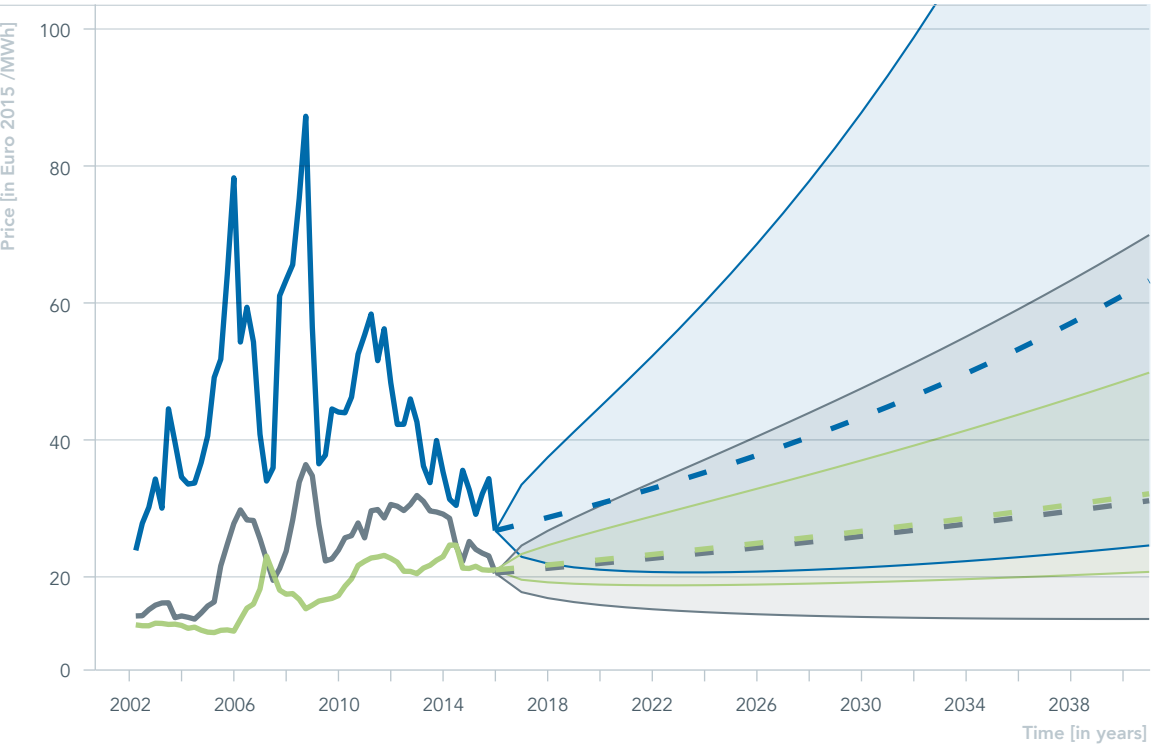
Bei Wärmeerzeugungstechnologien gibt es hohe Kostenrisiken durch starke Schwankungen bei Energiepreisen (v. a. Erdgas und Strom). Heute günstige Technologien können nach wenigen Jahren zu den Teuersten zählen. Deswegen ist die Berücksichtigung von Energiepreisrisiken bei langfristigen Investitionsentscheidungen (25- bis 35-jährige Funktionsperiode von Kraftwerken) essentiell.

Da die verschiedenen Technologien unterschiedlich für die Grundlastdeckung oder Spitzenlastdeckung geeignet sind, wirkt sich die Form der Dauerlastkurve (siehe Abbildung 36) auf die Investitionsentscheidung hinsichtlich eines neuen Kraftwerksportfolios aus. Daraus abgeleitet wurden mit einem stochastischen Optimierungsmodell die optimalen Fernwärmeerzeugungsportfolios für verschiedene Stufen der Risikoaversion des Investors ermittelt.

Detaillierte Angaben zur Methodik und zum Simulationsmodell sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Nikolaus Rab nachgelesen werden²⁸.

▲ Abbildung 35 Entwicklung der Energiepreise für Strom, Gas und Hackgut bis 2050 im BAU-Szenario und Darstellung des 50 %-Konfidenzintervalls. © URBEM/TU Wien

■ Electricity
■ Natural Gas (incl. EUA)
■ Wood chips

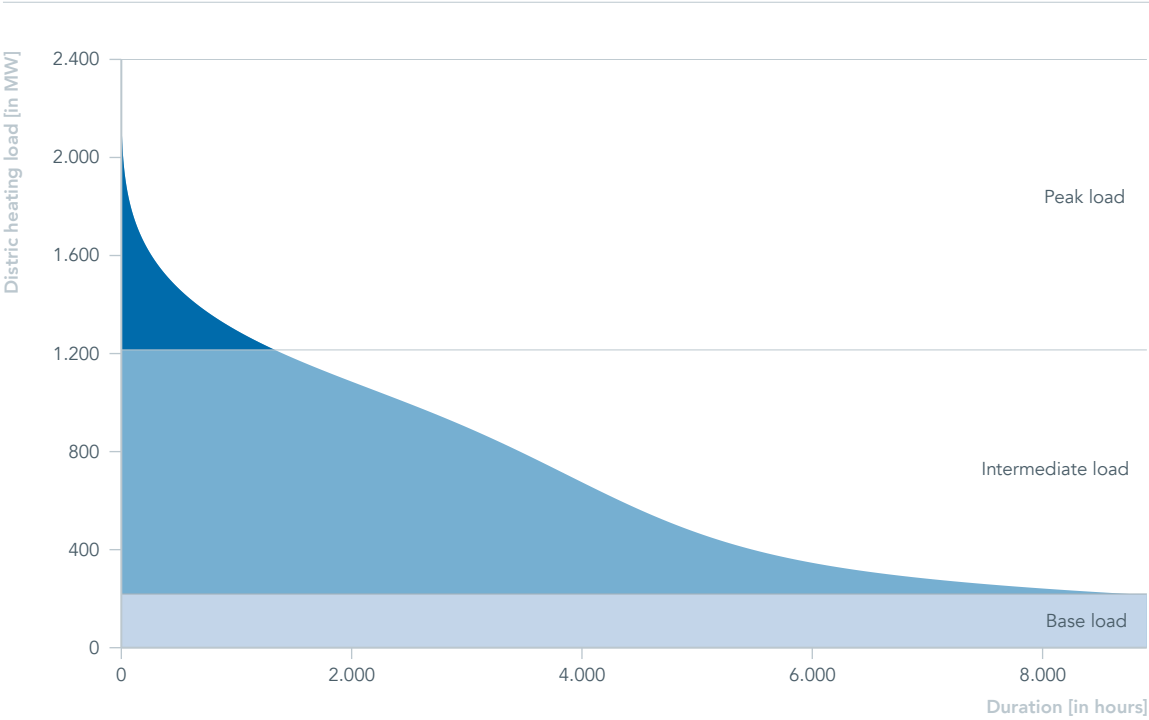


²⁸ N. Rab; Modern portfolio theory applied to district heating generation expansion planning; Dissertation; Technische Universität Wien: to be published.

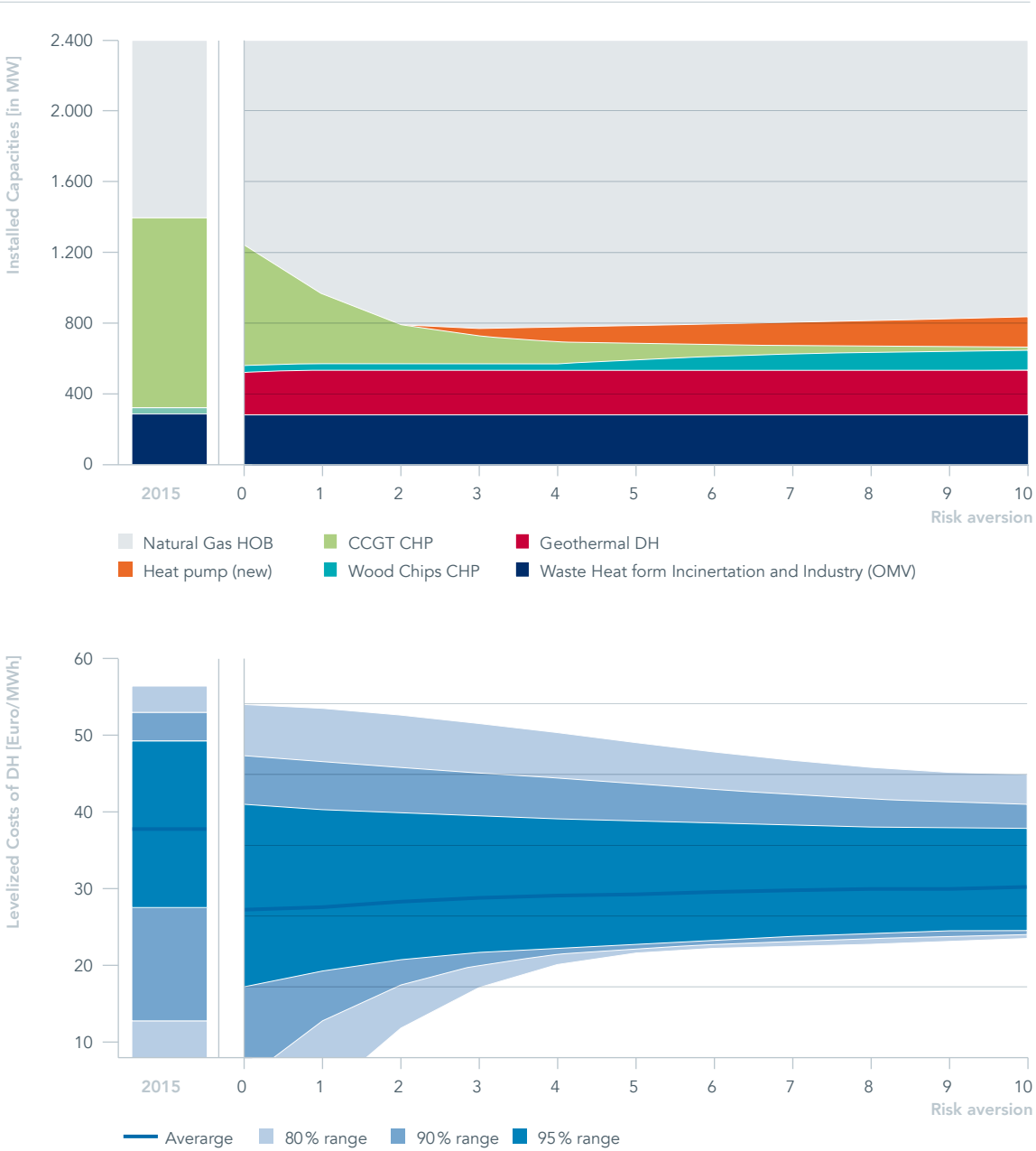
Im URBEM-Zugang erfolgt die Zusammenstellung des derart optimierten Fernwärme-Kraftwerksparks daher kosten- und risikooptimal – siehe [Abbildung 37](#).

Durch die Berücksichtigung der optimalen Portfolio-Diversifikation kann strategisch kosten- und risiko-optimal geplant werden. Damit wird aufgezeigt, wie Fernwärmebetreiber sich hinsichtlich ihrer Investitionen in Fernwärmeerzeugungskapazitäten gegenüber ungünstigen Entwicklungen am Energiemarkt absichern können.

▲ **Abbildung 36**
Fernwärmedauerlastkurve und Aufteilung in Base load (Grundlast), intermediate load (Mittellast) und Peak load (Spitzenlast) der Fernwärme Nachfrage für die Jahre 2012–2014 in Wien.
© URBEM/TU Wien



▲ **Abbildung 37**
Risiko der Fernwärmegestehungskosten für optimale Portfolien im BAU-Szenario zur kostenoptimalen Zusammenstellung des Wiener Fernwärmekraftwerksportfolios bei gegebener Risikopräferenz.
© URBEM/TU Wien



3

urbem
der
prototyp

urbem der prototyp

Im Folgenden wird der Prototyp, welcher im Zuge des URBEM-DK entwickelt worden ist, vorgestellt. Durch die enge Kooperation mit den Wiener Stadtwerken konnten einige Modelle mit Echtdateen der Stadt Wien kalibriert werden. Des Weiteren wurden alle entwickelten Modelle validiert und einheitlich in den URBEM-Prototyp integriert.

Der URBEM-Prototyp ist eine interaktive Umgebung, welche die Teilmodelle aller Dissertant_innen vereint und die Ergebnisse visuell darstellt.

Detailliertere Angaben zur Modellentwicklung und zum Validierungsprozess der einzelnen Modelle können den Dissertationen, bzw. den Forschungsberichten entnommen werden. Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Sicherstellung der Interoperabilität und des Datenschutzes dar. Durch den interdisziplinären Zugang wurde nicht nur eine neue Methode zur Verschmelzung der Teilmodelle entwickelt, sondern auch Methoden, welche alle Teilmodelle als Ganzes interoperabel betriebsfähig machen.

Durch die visuelle Darstellung der Ergebnisse in Echtzeit wird der URBEM-Prototyp für mehrere Stakeholdergruppen interessant. Zum einen können detaillierte Netzberechnungen in Abhängigkeit zum tatsächlichen Gebäudebestand durchgeführt werden und zum anderen können Auswirkungen durch

verschiedene Stadtentwicklungsmöglichkeiten dargestellt werden. Daher können neben detaillierten Berechnungen auch übergeordnete Fragestellungen beantwortet werden. Darüber hinaus unterliegen alle Ergebnisse bestimmten Szenarien, welche im Vorfeld definiert und dokumentiert wurden.

Dies macht den URBEM-Prototyp flexibel in der Breite der Betrachtung sowie im zeitlichen Horizont. Der Prototyp wurde anhand von Daten der Stadt Wien entwickelt und kalibriert. Daher liegen hier auch vertrauliche Daten im Hintergrund, welche für diverse Berechnungen notwendig sind. Die Frage des Datenschutzes ist somit ein sensibles Thema welches innerhalb von URBEM sorgfältig behandelt wurde. Je nach Stakeholder werden Daten oder Ergebnisse aggregiert oder detailliert angezeigt.

Vienna Smart City Operating System – VISCOSE

Im Rahmen der Analyse von Entwicklungsvarianten werden von diversen Entscheidungsträgern aus den unterschiedlichsten Bereichen komplexe Anforderungen an verschiedenste Systeme (z. B. Gebäude, Verkehrsmittel, Strom-, Gas-, Fernwärmenetze etc.) gestellt.

Diese Anforderungen können nicht nur unter Umständen in Konflikt zueinander stehen, sondern sich auch im Laufe der Zeit stark verändern. Durch die hohe Dynamik und Komplexität die dadurch entstehen wird die effiziente Gestaltung, Entwicklung und Funktion solcher Systeme immer anspruchsvoller. Aktuelle Entscheidungsunterstützungssysteme ermöglichen keine holistische Integration aller relevanten Elemente um eine, für die Planung wesentliche, integrierte Sicht zu ermöglichen.

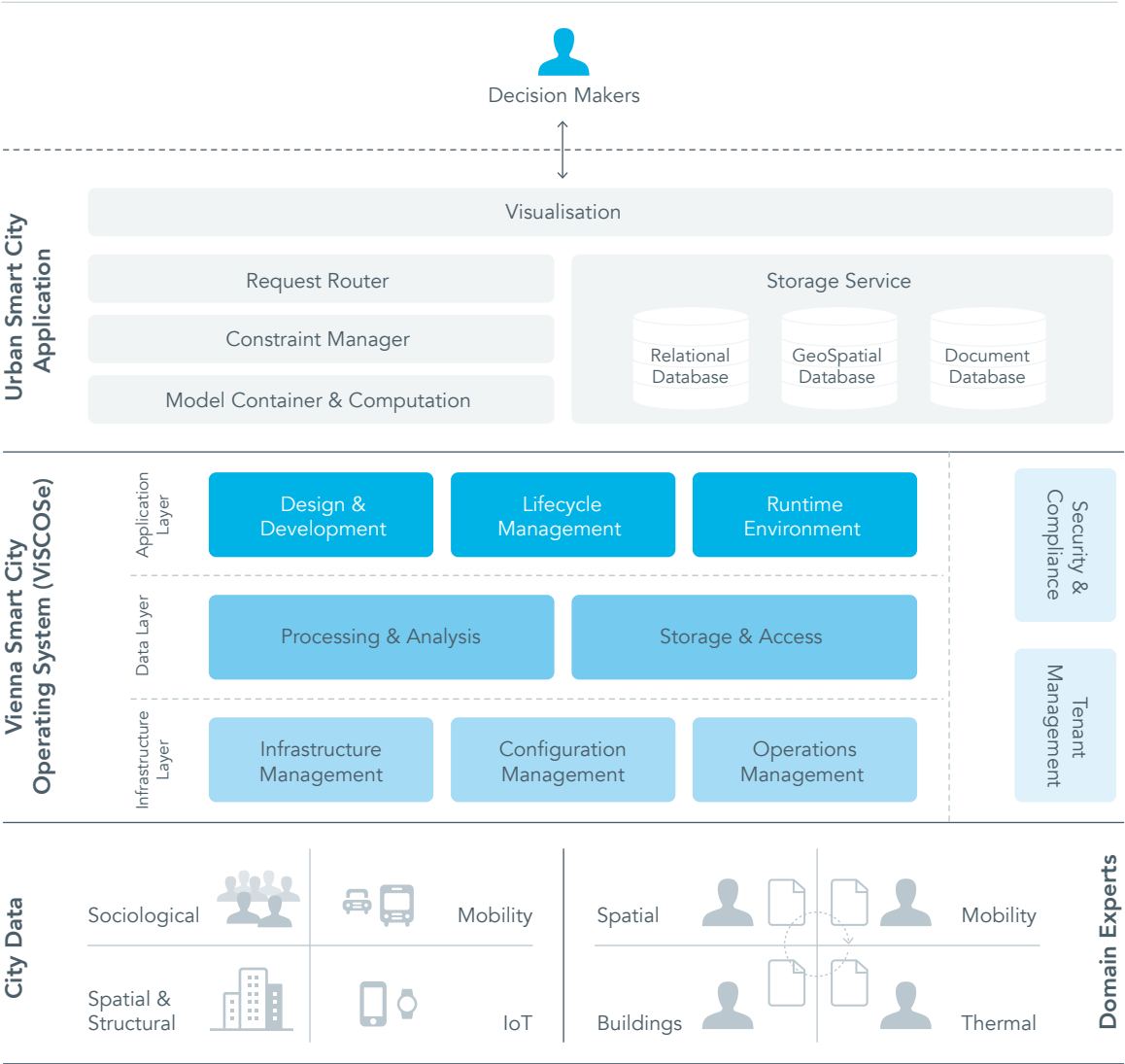
Das in URBEM entwickelte System erlaubt sowohl einen holistischen, aber auch auf die speziellen Anforderungen maßgeschneiderten Einblick in die Problemstellungen durch eine neuartige integrierte Sicht. Es ermöglicht die Entwicklung von Smart City Applikationen die Experten unterschiedlicher Disziplinen dabei unterstützen, schnell und einfach wesentliche Ergebnisse zu präsentieren, um so eine effektive Unterstützung für Entscheidungsfindungsprozesse zu bieten.

Das interdisziplinäre Entscheidungs- und Planungsunterstützungstool wurde für holistische Stadtplanung und -management entwickelt. Es ist ein cloudbasiertes System, das die unterschiedlichen Forschungsgebiete der einzelnen Teilnehmer_innen von URBEM integriert und verknüpft.

Das System erlaubt einen einzigartigen holistischen und integrierten Blick auf viele komplexe Facetten, basierend auf Modellen, die von unterschiedlichen Expert_innen entwickelt wurden, um komplexe Entscheidungsfindungsprozesse zu unterstützen. Dabei wurde explizit auf die relevanten Aspekte in punkto Compliance und Datenschutz Rücksicht genommen.

Abbildung 38 zeigt den strukturellen Aufbau des Operating Systems.

▲ **Abbildung 38**
Schematische Darstellung der Software Architektur sowie weiterer beteiligter Komponenten des URBEM-Prototyps. Eine wichtige Rolle für den Datenschutz spielt der Constraint Manager der, unter anderem, die Einhaltung der Datenschutzregeln sicherstellt.
© URBEM/TU Wien



Datenschutz bei der Anwendung berücksichtigen

Die wesentlichen Schritte bei der Analyse von Entwicklungsvarianten sind:

- Erstellung von Szenarien und Entwicklungsvarianten für die Analyse
- Durchführung von Analysen – Erstellung von Prognosen
- Visualisierung der Ergebnisse ohne Verletzung von Datenschutzinteressen

Dabei müssen von verschiedenen Beteiligten Daten verarbeitet werden die nur sie im Detail sehen dürfen. Bei den Analysen benützen andere Personen indirekt oder wenn es für sie erlaubt ist auch direkt diese Daten.

Die Interaktionen zwischen Stakeholdern und Data Providern laufen über den Request Router. Bevor der Datenaustausch stattfinden kann, überprüft der Constraint Manager welche Zugangsbeschränkungen der angemeldete Benutzer hat. Ein Benutzer kann gleichzeitig ein Data Provider und ein Stakeholder sein. Es werden die Daten- und Modellanfragen mit den Daten- und Modellzugriffsberechtigungen des Benutzers verglichen. Falls keine Konflikte vorhanden sind, wird die Anfrage an den Layer Infrastructure & Ressource Management der Smart City Operating System (SCOS) weitergeleitet, um die Ressourcen anzufordern.

Falls aber Anfrage und Berechtigungen nicht übereinstimmen, versucht der Security & Compliance Layer unter Einsatz von NOMADS (Schleicher 2015) die Daten- und Modellserviceströme so umzulenken, dass die Anfrage ohne unzulässigen Informationsaustausch beantwortet werden kann. Zum besseren Verständnis folgt ein kurzes Beispiel: Provider P2 braucht im Auftrag von P3 Informationen von Provider P1. Diese darf er aber aufgrund seiner Berechtigungen nicht anfordern. P1 hat allerdings die Berechtigung Information und Services von P2 anzufordern. Daher kann P2 Informationen und Services an P1 schicken, bei P1 werden die Daten aufbereitet und das Ergebnis wird dann direkt an P3 geliefert.

Falls der Versuch, die genauen Daten anzufordern, nicht erfolgreich war, wird anhand von statistisch repräsentativen Daten eine den Benutzerberechtigungen angemessen grobe Annäherung berechnet. Die Model Container & Computation Komponente gemeinsam mit dem Storage Service sorgen für die korrekte Anwendung der Expertenmodelle. Diese werden als sogenannte Container abgelegt – d.h. das Programm mit allen notwendigen Daten und Umgebungsparametern. Ein Container kann jederzeit instanziiert und in einer anderen Umgebung ausgeführt werden. Die einzige Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein einer Plattform²⁹, die das Erstellen und Ausführen von Containern unterstützt.

Der Application Runtime & Management Layer sorgt für die Berechtigungsüberprüfung, wenn Container auf Daten zugreifen. Dies geschieht beim Verschieken von Inputdaten zum Container und beim Holen von Outputdaten und deren Ablegen im Storage Service. Ein Beispiel dafür ist in [Abbildung 39](#) dargestellt. Die Art der Darstellung passt sich dabei explizit dem Stakeholder an und erlaubt eine detaillierte und lokalisierte Darstellung.

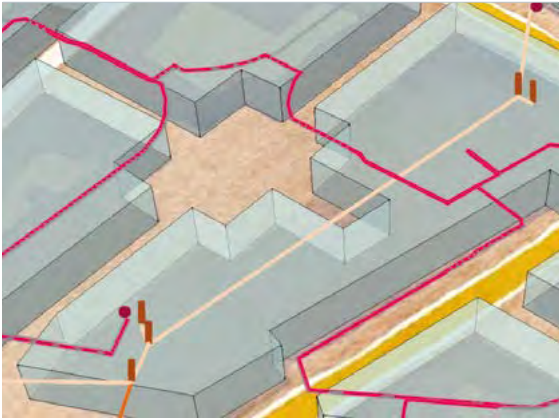
Anders in [Abbildung 40](#), die hier gewählte Darstellung bezieht sich nur auf einen Stadtteil und erlaubt keine detaillierteren oder vertraulicheren Angaben.

Detaillierte Angaben zur Methodik und zum Modell sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Johannes Schleicher nachgelesen werden³⁰.

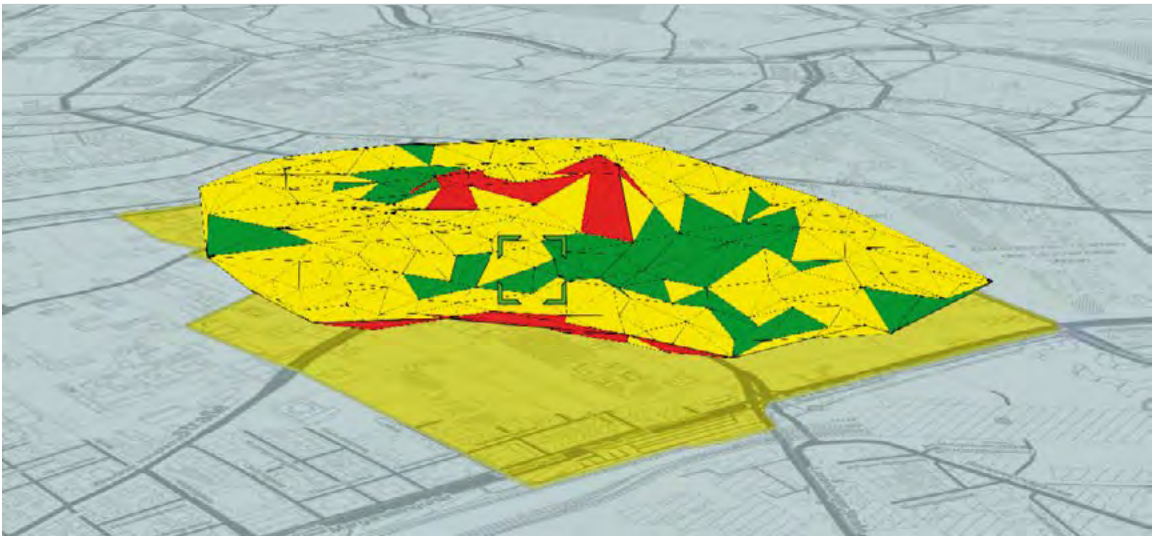
²⁹ z. B. Docker (www.docker.com) oder Rkt (github.com/coreos/rkt).

³⁰ J. Schleicher; Engineering and management of heterogeneous smart city application ecosystems; Dissertation; Technische Universität Wien: to be published.

▲ **Abbildung 39**
Detaillierte Darstellung von Netzdaten – Die Färbung könnte zum Beispiel den Auslastungsgrad eines Betriebsmittels darstellen. Diese Sicht haben nur die Netzbetreiber.
© URBEM/TU Wien



▲ **Abbildung 40**
Verschmierte Sicht auf Netzdaten – Die Färbung zeigt zum Beispiel einen problematischen Zustand der Betriebsmittel in einem Stadtteil an. Diese Sicht auf die Infrastruktur können alle bekommen die eine Entwicklungsvariante analysieren ohne im Detail die Lage der Infrastruktur zu kennen.
© URBEM/TU Wien



Visualisierung der Ergebnisse

Durch die URBEM-Visualisierung wird eine graphische Übersicht über verschiedene Domänen des fachlichen Verbunds – technisch, planerisch und soziologisch – geschaffen.

Das so entstandene Decision Support Werkzeug schafft eine vereinfachte Kommunikation in den Planungsprozessen, ermöglicht Informationsverortung und detaillierte Informationszuweisung. Dadurch können Informationen in unterschiedlichen Kontexten betrachtet werden. Die entwickelte Benutzeroberfläche ist in [Abbildung 41](#) dargestellt.

Der folgenden Tabelle können die verschiedenen Inhaltsebenen des Visualisierungsprototyps entnommen werden. Die Gliederung zeigt, dass unzählige Parameter in der Darstellungs- und Inhaltsebene verfügbar sind.

Abbildung 41
Die Benutzeroberfläche des URBEM-Visualisierungsprototyps.
© URBEM/TU Wien

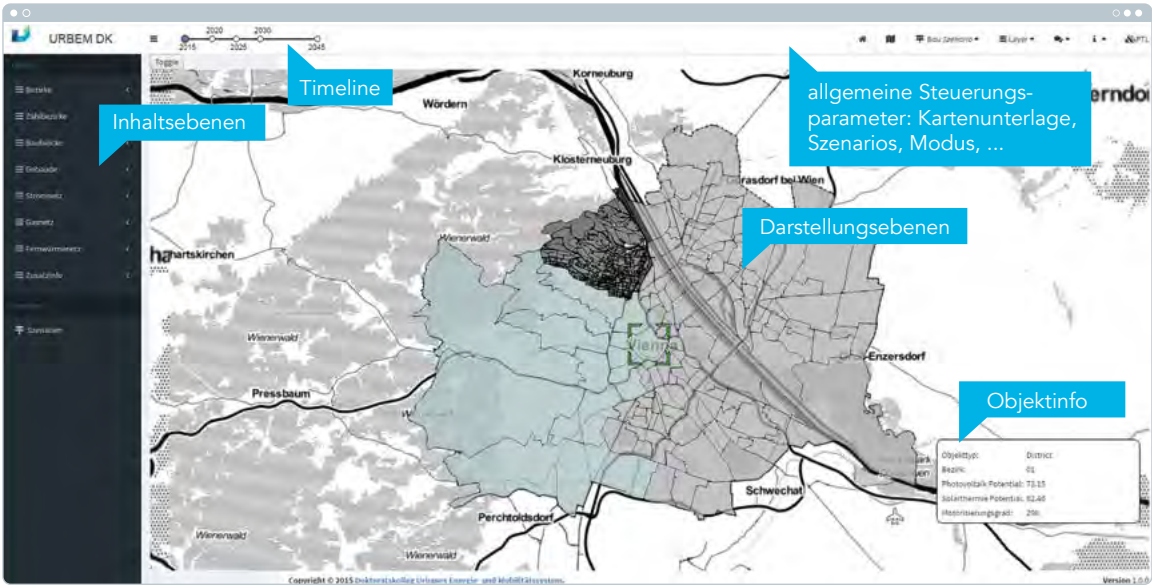


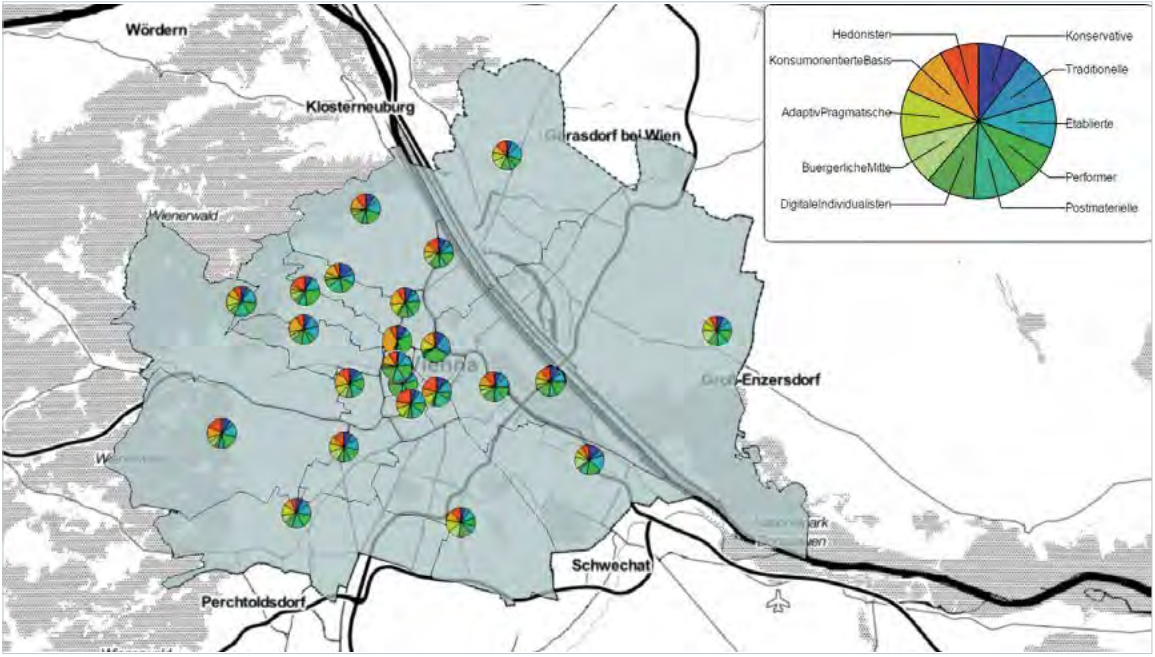
Tabelle 11
Übersicht der Inhaltsebenen des URBEM-Visualisierungsprototyps.
© URBEM/TU Wien

Darstellungsebene	Inhaltsebene	Beschreibung
Bezirk	Milieus / Bevölkerungszusammensetzung	Die Sinus-Milieus fassen Menschen zusammen, die sich in ihrer Lebensauffassung und Lebensweise, d. h. in grundlegenden Wertorientierungen und allgemeinen Einstellungen zur Arbeit, Familie, Freizeit, zu Geld und Konsum ähneln (Gruppe Gleichgesinnter).
	Milieuverortung	Verteilung der Sinus Milieus in Wien nach Bezirk.
	Modal Split	Der Modale Split von öffentlichem Verkehr, Radverkehr, Fußgänger und motorisiertem Individualverkehr auf Bezirksebene.
	Verkehrsmenge	Die morgendlichen Verkehrsströme verschiedener Verkehrsmittel pro Bezirk.
	Photovoltaik	Der Ertrag der installierten Photovoltaikanlagen auf Bezirksebene.
Zählbezirk	Solarthermie	Der Ertrag der installierten Solarthermieanlagen auf Bezirksebene.
	Sanierungsraten	Die gemittelten, jährlichen Sanierungsraten aller Gebäudekategorien innerhalb eines Zählbezirkes.
	Geschossflächenpotential	Die potentiellen Geschossflächenpotentiale (Bsp. Aufstockung von Gebäuden) auf Zählbezirksebene.
Baublock	Bauflächenpotential	Die potentiellen Bauflächenpotentiale (Bsp. An-, Zu- und Neubauten) auf Zählbezirksebene.
	Energiebedarf lokal	Der berechnete Endenergiebedarf für Raumwärme und Brauchwasser. Aggregiert für die einzelnen Baublöcke. Basierend auf den Ergebnissen des Simulationsmodells.
	Energiebedarf FW	Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Brauchwasser, der zentral durch Fernwärme gedeckt wird. Aggregiert für die einzelnen Baublöcke. Basierend auf den Ergebnissen des Simulations- und Investitionsoptimierungsmodells.
	Energiebedarf %	Anteil Endenergiebedarf Fernwärme am gesamten Wärmebedarf. Der prozentuelle Anteil von Fernwärme am gesamten Wärmebedarf für Brauchwasser und Raumwärme.
	Gasanschluss	Indikator, ob ein Block an das bestehende Gasnetz angeschlossen ist oder nicht.
	Fernwärmeanschluss	Indikator, ob ein Block an das bestehende Fernwärmenetz angeschlossen ist oder nicht.
Gebäude	Geschossflächenpotential	Die potentiellen Geschossflächenpotentiale (Bsp. Aufstockungen von Gebäuden) auf Gebäudeebene.
Stromnetz	Stromnetz	Die Auslastungen im Stromnetz von Stationen und Leitungen auf Baublockebene.
	Gasnetz	Geschwindigkeiten und Drücke in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Hochdrucknetz.
Gasnetz	Niederdrucknetz	Geschwindigkeiten und Drücke in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Niederdrucknetz.
Fernwärmenetz	Vorlaufnetz	Geschwindigkeiten und Temperatur in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Vorlaufnetz.
	Rücklaufnetz	Geschwindigkeiten und Temperatur in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Rücklaufnetz.
Kraftwerkspark	Kraftwerkspark	Gesamtportfolio des Kraftwerksparks

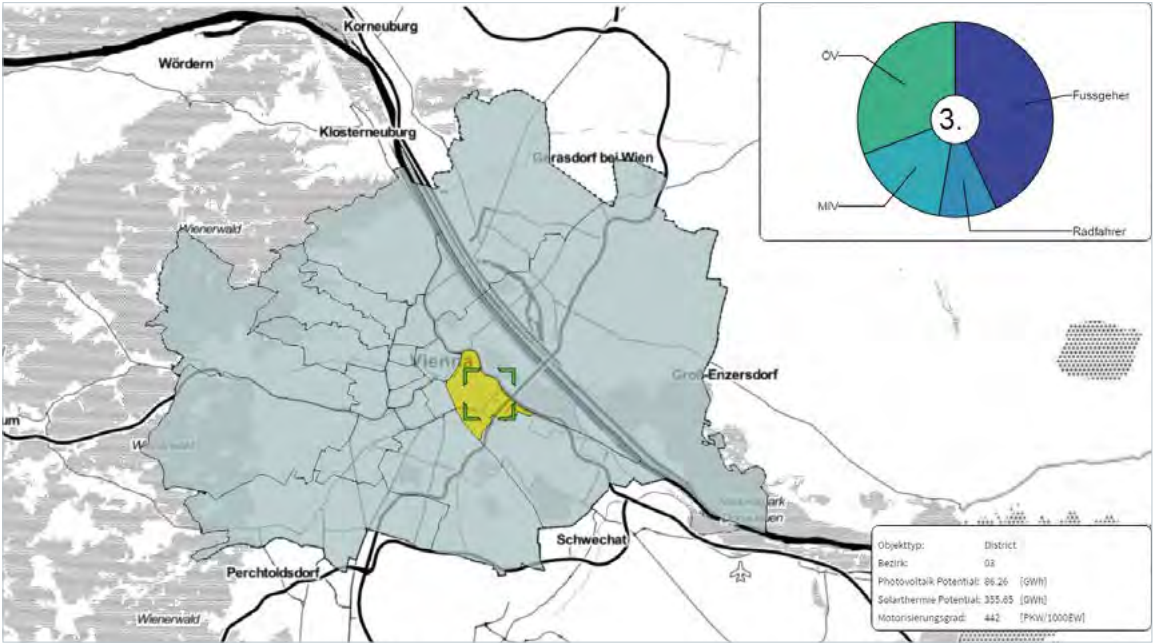
Als Beispiel ist in [Abbildung 42](#) aus der Darstellungsebene Bezirk und Inhaltsebene Milieus die Verteilung der Milieus auf Bezirksebene dargestellt. Die Benutzeroberfläche erlaubt so einen umfassenden Überblick und einen raschen Zugang zu detaillierteren Informationen.

Ebenso kann auf Bezirksebene der Modal Split angezeigt werden. Wie in [Abbildung 43](#) zu sehen ist, erscheinen die notwendigen Informationen hochaufgelöst für den betrachteten Bezirk.

▲ [Abbildung 42](#)
Milieuverteilung auf
Bezirksebene.
© URBEM/TU Wien



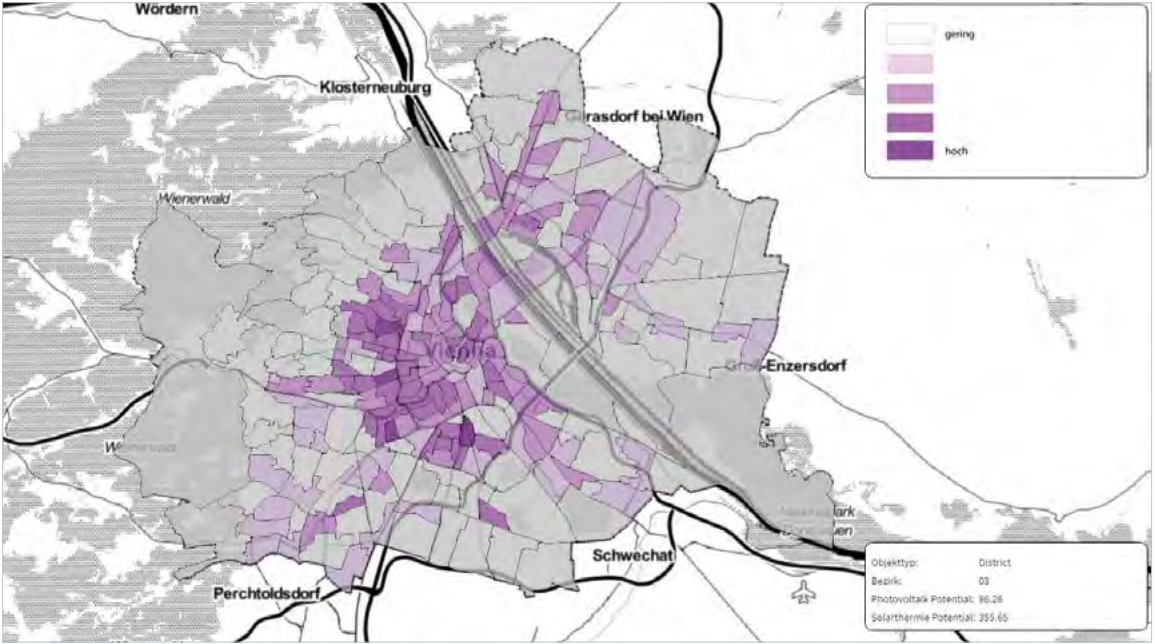
▲ [Abbildung 43](#)
Modal Split auf
Bezirksebene.
© URBEM/TU Wien



▲ [Abbildung 44](#)
Morgendliche Verkehrsströme verschiedener Verkehrsmittel.
© URBEM/TU Wien



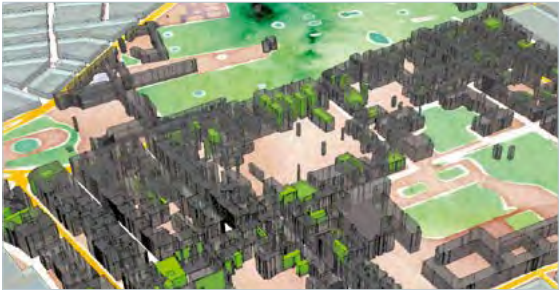
▲ [Abbildung 45](#)
Geschossflächenpotential auf
Zählbezirksebene.
© URBEM/TU Wien



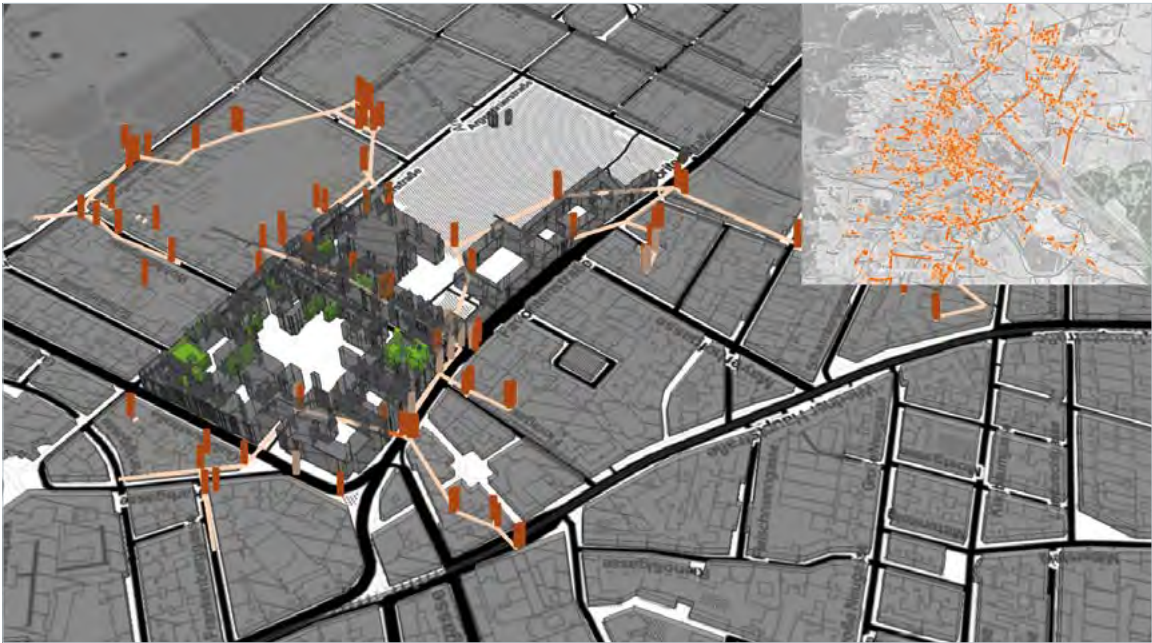
Aufbauend auf der Darstellung des Geschossflächenpotenziales auf Zählbezirksebene in [Abbildung 46](#), kann der Detaillierungsgrad auf Wunsch auf die Gebäudeebene gehoben werden.

In [Abbildung 46](#) wird gezeigt, wie von einer globalen 2-dimensionalen Darstellung auf eine detaillierte 3-dimensionale Darstellung gewechselt wird.

▲ [Abbildung 46](#)
Geschossflächenpotential auf Gebäudeebene.
© URBEM/TU Wien



▲ [Abbildung 47](#)
Geschossflächenpotential und Netzinfrastruktur (rechts oben) auf Gebäudeebene – 2D Lageplan.
© URBEM/TU Wien



Detaillierte Angaben zur Methodik und zum Visualisierungsmodell sowie zu weiteren Ergebnissen können in der Dissertation von Julia Forster nachgelesen werden³¹.

Beide Abbildungen der Geschossflächenpotenziale können durch farbliche Legenden unterstützt werden. So ist es nicht nur möglich rasch einen umfassenden Überblick über Wien zu bekommen, sondern auch über Detailergebnisse auf Gebäudeebene.

Durch den hohen interdisziplinären Anspruch innerhalb von URBEM ist es jedoch notwendig Visualisierungen Disziplinen-übergreifend zur Verfügung zu stellen. Nur so können Zusammenhänge innerhalb eines einzigen Entscheidungsunterstützungstools dargestellt werden. Dazu zeigt [Abbildung 47](#) ein Beispiel anhand der Überlagerung des Geschossflächenpotenziales mit der Netzinfrastruktur.

Fragen mit URBEM beantworten

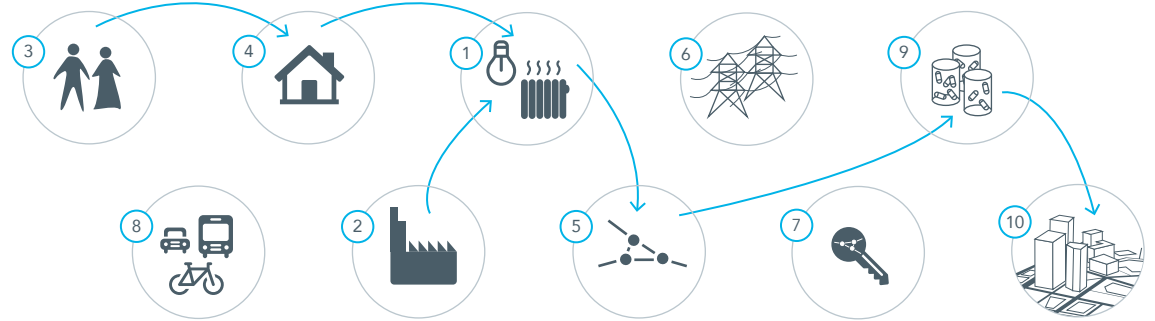
Um die Komplexität und Interdisziplinarität darstellen zu können, folgen exemplarische Fragestellungen von Stakeholdern an die URBEM-Umgebung. Je nach Fragestellung setzt sich das Expert_innen Team von URBEM zusammen und arbeitet die Fragestellung logisch ab. Anhand einer exemplarischen Fragestellung wird dieser Prozess erläutert.

Wie wirkt sich die Entwicklung des Wärmebedarfs von Gebäude auf die Auslastung des zukünftigen Fernwärmenetzes (Gasnetz) aus?

Eine solche Fragestellung kann aufgrund der hohen Komplexität nicht von individuellen Expert_innen beantwortet werden. Darüber hinaus ergeben sich im Laufe der Fragebeantwortung neue Fragestellungen. Dabei ist nicht nur darauf zu achten, dass umfassende Vorinformationen (z.B. Personen welcher Milieus in welchen Gebäuden wohnen und welchen Gebäudestandard diese haben) vorhanden sind, sondern auch nach erfolgreicher Problemlösung die Ergebnisse Stakeholder-spezifisch dargestellt werden können – siehe [Kapitel 3.2](#).

Dazu zeigt [Abbildung 48](#) für die entsprechende Forschungsfrage den Informationsfluss vom Anfang bis zum Ende wie er chronologisch in URBEM abläuft. Daraus abgeleitet ergibt sich der zu durchlaufende Pfad um die interdisziplinäre Fragestellung umfassend beantworten zu können.

▲ [Abbildung 48](#)
Informationsfluss zwischen den URBEM-Disziplinen im URBEM-Planungstestlauf zur Untersuchung unterschiedlicher Versorgungsvarianten. Die Nummern entsprechen dabei dem jeweiligen Dissertationsthema – siehe [Kapitel 5](#), URBEM Mitwirkende [Seite 94](#).
© URBEM/TU Wien



³¹ J. Forster; Strategische raumbezogene Visualisierung; Dissertation; Technische Universität Wien: 2016.

Die URBEM-Szenarien (siehe [Kapitel 2.3](#)) haben einen maßgeblichen Einfluss auf die zukünftige Nachfrageentwicklung. Dazu veranschaulicht [Abbildung 49](#) den Fernwärmebedarf von 2020 bis 2050 für zwei ausgewählte Szenarien.

Es ist deutlich zu erkennen, dass der Fernwärmebedarf sehr stark vom gewählten Szenario abhängig ist, obwohl es sich bei beiden Szenarien um Klimaschuttszenarien handelt.

Für das adaptierte Klimaschuttszenario wurden die bisherigen gesetzlichen Rahmenbedingungen dahingehend angepasst, dass die leitungsgebundene Wärmeversorgung garantiert ist, die Wahl des leitungsgebundenen Energieträgers aber durch die Netzbetreiber bestimmt werden kann.

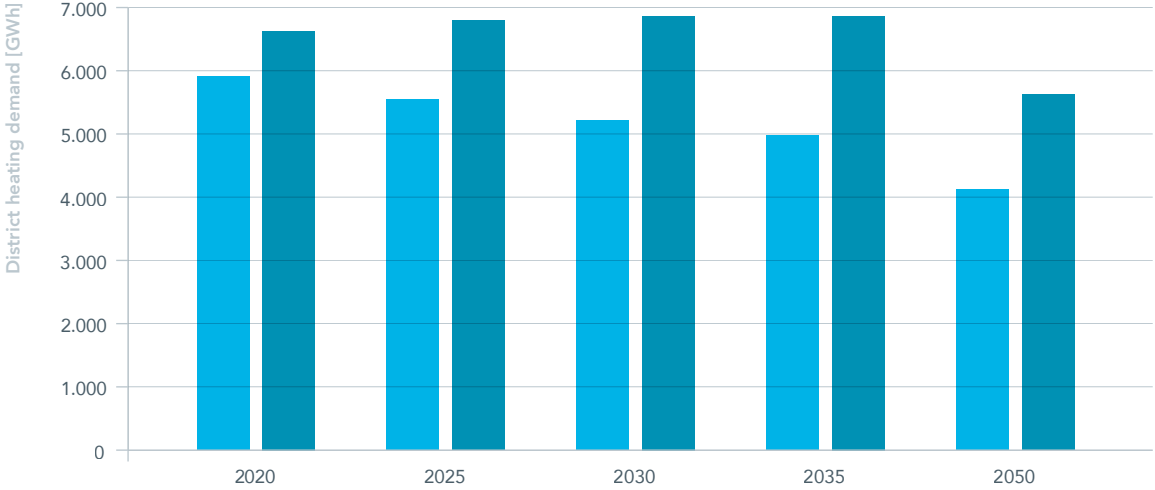
Des Weiteren hat der Fernwärmebedarf einen hohen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Infrastruktur. Auf Basis der Ergebnisse aus [Abbildung 49](#)

▲ **Abbildung 49**

Vergleich des Fernwärmebedarfes von 2020–2050 für das Klimaschuttszenario und für das adaptierte Klimaschuttszenario.

© URBEM/TU Wien

■ Klimaschuttszenario
■ adaptiertes Klimaschuttszenario

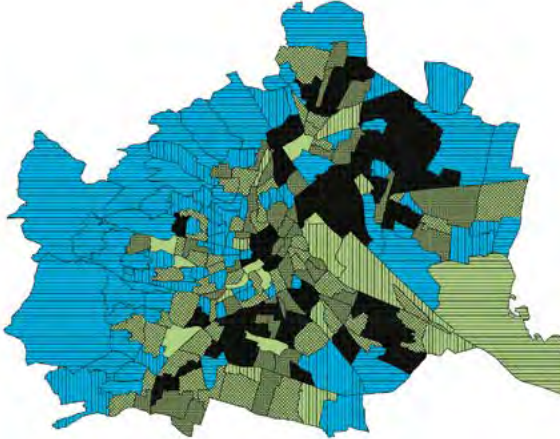


▲ **Abbildung 50**

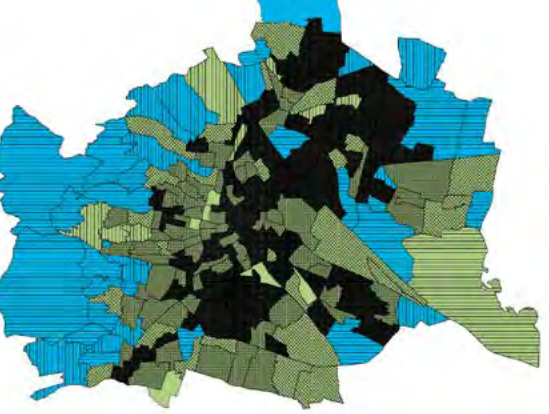
Zählbezirke in Wien und die Aufteilung der Wiener Fernwärme und des Gasanschlusses für das Klimaschuttszenario (links) und für das adaptierte Klimaschuttszenario (rechts). In blau sind jene Bezirke angeführt, in denen der Gasanteil den Fernwärmeanteil am Wärmebedarf im Jahr 2050 übersteigt. Die Schraffur zeigt den Anteil von Fernwärme an.

© URBEM/TU Wien

Klimaschuttszenario



adaptiertes Klimaschuttszenario



Dominating energy carrier: ■ Gas ■ Distict heating

Share district heating: ■ < 20 % ■ > 80 % ■ 40–60 % ■ 60–80 % ■ 20–40 %

zeigt [Abbildung 50](#) die Aufteilung zwischen dem Wiener Fernwärmenetz und dem Gasnetz für beide Szenarien.

Es ist deutlich zu erkennen, dass je nach Szenario einmal das Gasnetz und einmal das Fernwärmenetz in Wien den größten Anteil des Wärmebedarfs in verschiedenen Zählbezirken decken kann. Ähnlich deutlich fallen die Unterschiede aus, wenn die CO₂-Emissionen aller Szenarien verglichen werden. So beläuft sich die Reduktion der CO₂-Emission für beide Klimaschuttszenarien auf ca. 75–80 %.

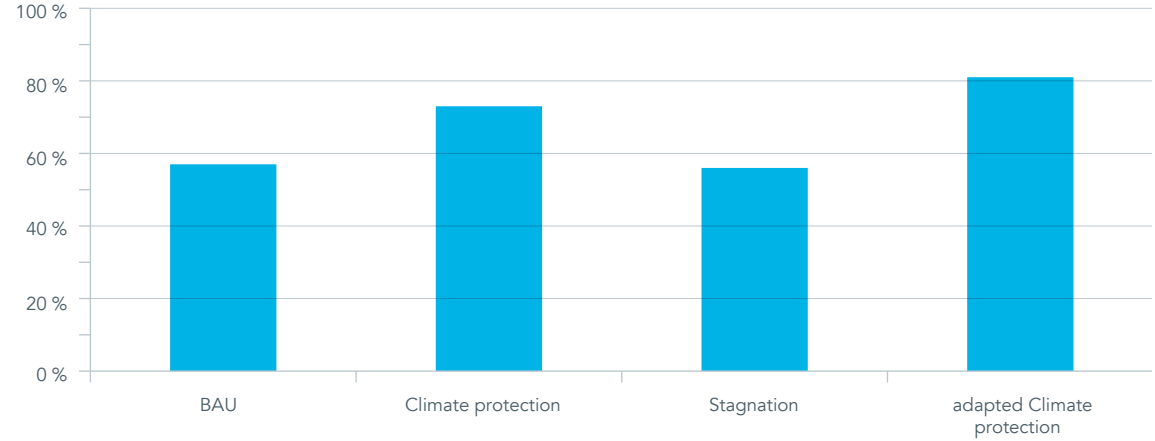
Hingegen erreichen weder das BAU noch das Stagnationsszenario eine Reduktion von 60 %. Die Wahl der Szenarien zeigt also einen deutlichen Einfluss auf die Nachfrageentwicklung bis 2050.

Als weiteres Beispiel steht das Stadtentwicklungsgebiet rund um den Wiener Westbahnhof als URBEM-Testplanungsgebiet zur Verfügung – siehe [Abbildung 52](#).

▲ **Abbildung 51**

Veränderung der Treibhausgasemissionen für Raumwärme und Brauchwasser in den drei Szenarien.

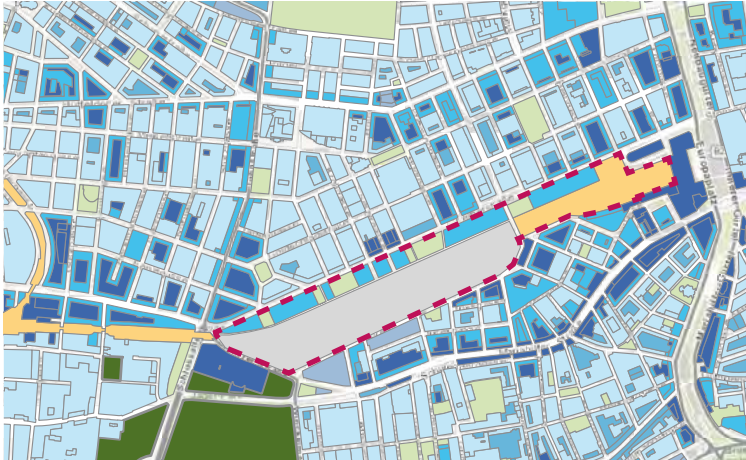
© URBEM/TU Wien



▲ **Abbildung 52**

Derzeitige Widmung des Wiener Westbahnhofes.

© URBEM/TU Wien



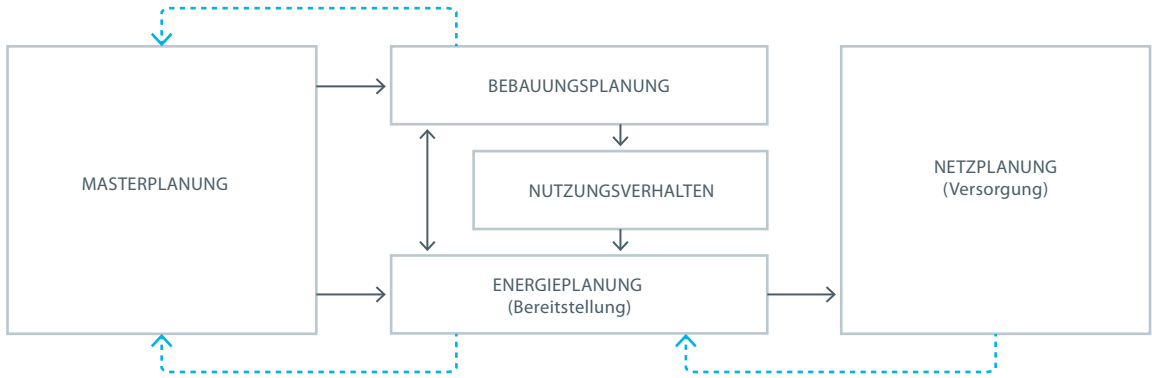
Auf Basis der derzeitigen Widmungen können mit dezidierten Planungsschritten für Entwicklung von Stadtgebieten (Abbildung 52) die nächsten Schritte eingeleitet und in späterer Folge auch dargestellt werden.

Die Planungsschritte basieren dabei auf einer Reihe von Submodellen mehrerer Expert_innen innerhalb von URBEM. Nur unter Berücksichtigung mehrerer Modelle können fundierte Empfehlungen für das URBEM-Testplanungsgebiet rund um den Wiener Westbahnhof abgeleitet werden. Ein beispielhafter Masterplan wird in Abbildung 54 gezeigt.

Mit dem Masterplan stellt sich auch die Frage der Energieversorgung. Der Informationsfluss zwischen allen beteiligten URBEM Expert_innen hinsichtlich verschiedener Versorgungsvarianten des URBEM-Testplanungsgebiets ist in Abbildung 55 dargestellt.

Auf Basis des Gebäudebestandes, Geschossflächenpotenziales, Bevölkerungszuwachses, Verteilung der Milieus und der Lastprofile aller Gebäude, können die Auswirkungen auf die elektrische Infrastruktur des Planungsgebietes dargestellt werden. Ausgehend von den Gebäuden in den Baublöcken mit deren Energieverbräuchen und Solarpotentialen werden verschiedene Versorgungsmöglichkeiten des Stadterweiterungsgebiets anhand von vorgegebenen Netzausbauvarianten gegenübergestellt. Verzichtet man auf den Ausbau von Fernwärme und Gas in diesem Bereich und wählt eine rein elektrische Versorgung so sieht man, dass mit der vorgegebenen Netzausbauvariante kein gültiger Betrieb möglich ist. Wird jedoch zusätzlich Fernwärme im Erweiterungsgebiet ausgebaut, kann sowohl im thermischen als auch im elektrischen Netz die Versorgungssicherheit gewährleistet werden.

▲ Abbildung 53
Diagramm der Planungsabschnitte zur Entwicklung von Stadtgebieten.
© URBEM/TU Wien



▲ Abbildung 54
Masterplan für das URBEM-Testplanungsgebiet Wien Westbahnhof.
© URBEM/TU Wien



▲ Abbildung 55
Informationsfluss zwischen den URBEM-Disziplinen im URBEM-Testplanungsgebiet zur Untersuchung unterschiedlicher Versorgungsvarianten. Die Nummern entsprechen dabei dem jeweiligen Dissertationsthema – siehe Kapitel 5, URBEM Mitwirkende Seite 94.
© URBEM/TU Wien

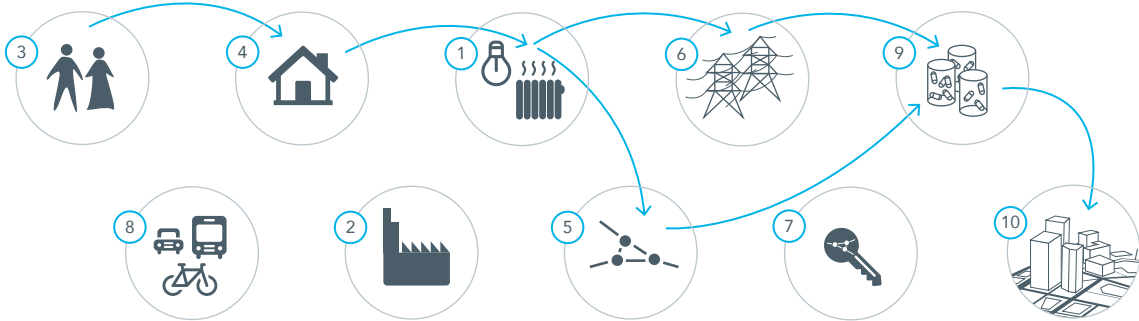
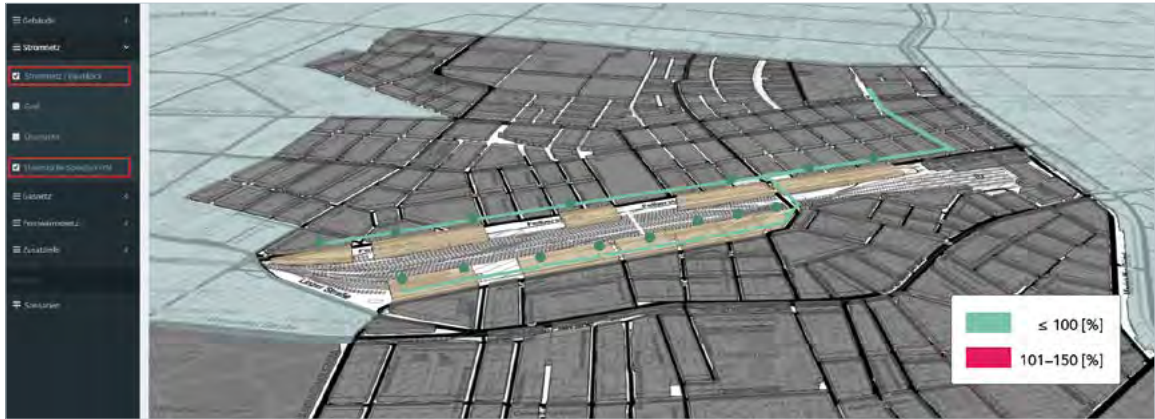
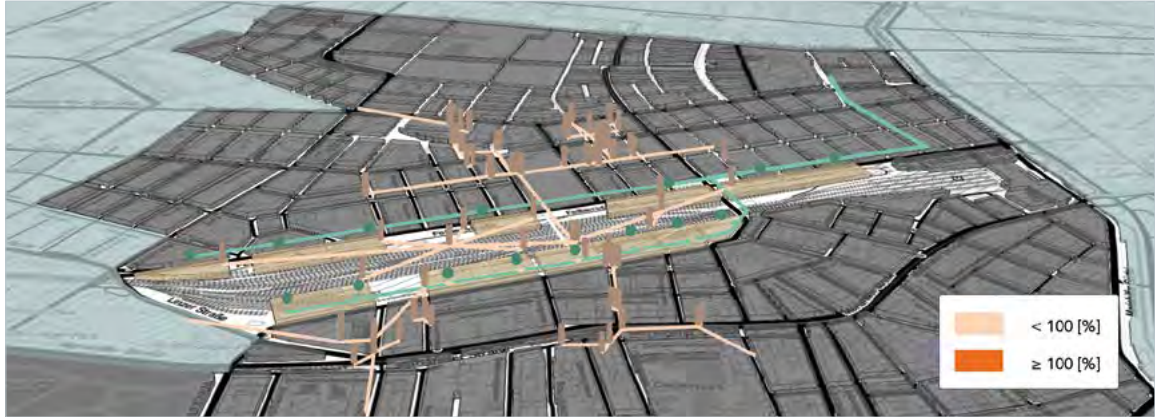
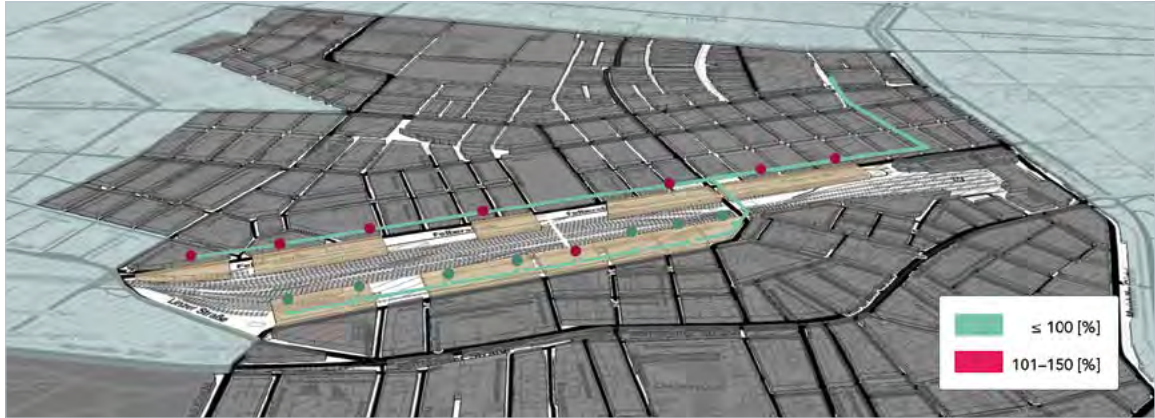


Abbildung 56 zeigt die Auswirkung auf das elektrische Netz bei einer reinen elektrischen Wärmebereitstellung, einer kombinierten Wärmebereitstellung mit der Wiener Fernwärme sowie bei einer reinen elektrischen Wärmebereitstellung in Kombination mit Photovoltaikanlagen und Speichern. Alle Ergebnisse beziehen sich dabei auf die Baublockebene. Somit kann auch ein etwaiger Verstoß gegen

den Datenschutz vermieden werden. Durch die farbliche Darstellung der Infrastruktur kann auf Basis der gewählten Versorgungsvarianten ein schneller Rückschluss auf die Versorgungssicherheit gezogen werden. Somit können verschiedene Varianten mittels der fundierten Modelle in Echtzeit verglichen werden.

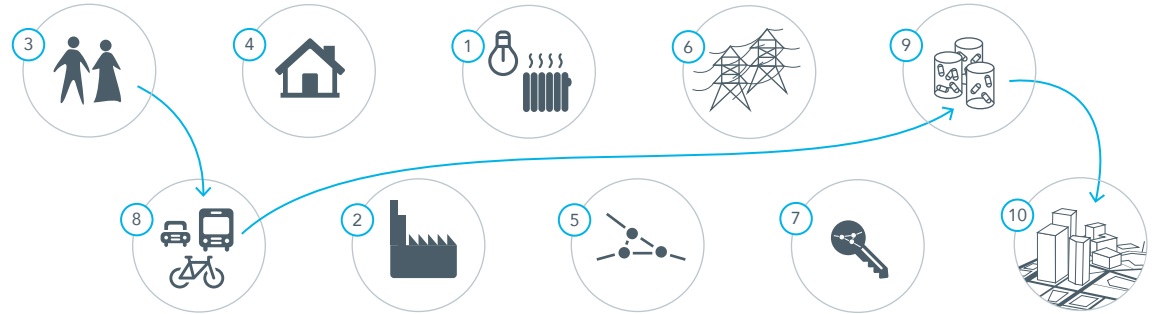
▲ **Abbildung 56**
Die Auslastung im Stromnetz von Stationen und Leitungen auf Baublockebene (oben). Die Auslastung im Stromnetz von Stationen und Leitungen in Kombination mit der Wärmeversorgung des Gebietes durch Fernwärme auf Baublockebene (Mitte). Die Auslastung im Stromnetz von Stationen und Leitungen in Kombination mit Photovoltaikanlagen und Speichern auf Baublockebene (unten).
© URBEM/TU Wien



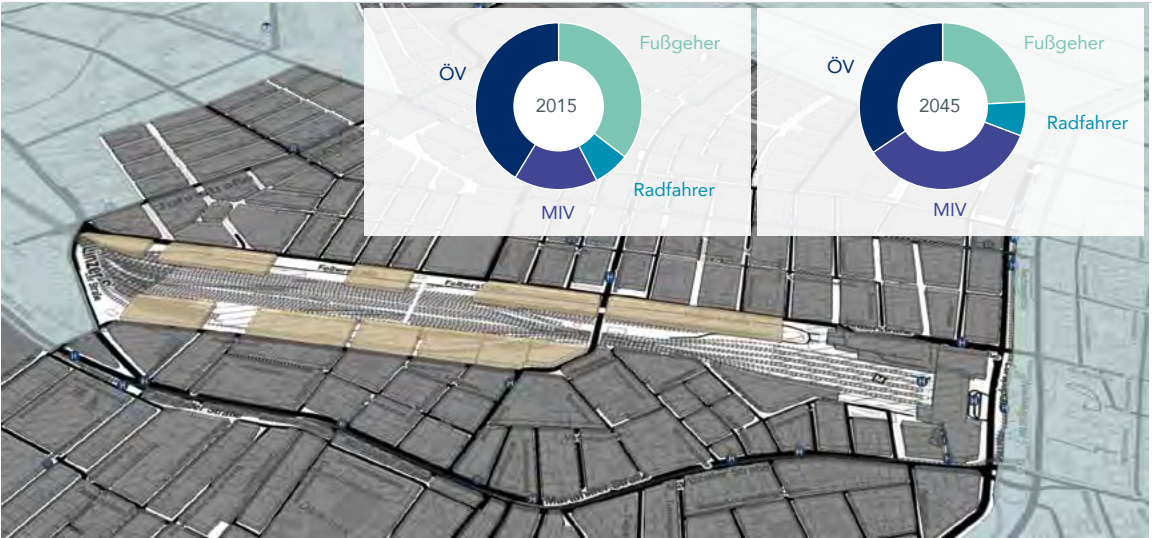
Analog zur Energieversorgung erfolgt derselbe Prozess mit dem Ziel die verkehrstechnische Erschließung im URBEM-Testplanungsgebiet darzustellen. Abbildung 57 zeigt den dazu gehörigen Informationsfluss aller beteiligten URBEM Expert_innen.

In einem ersten Schritt wird der Modal Split für das Planungsgebiet für das Basisjahr sowie eine Prognose für 2045 in der Umgebung dargestellt (Abbildung 58). Jedoch ist der Modal Split inklusive der zu erwartenden Entwicklung nicht ausreichend.

▲ **Abbildung 57**
Informationsfluss zwischen den URBEM-Disziplinen im URBEM-Planungstestlauf, zur Untersuchung der verkehrstechnischen Erschließung. Die Nummern entsprechen dabei dem jeweiligen Dissertationsthema – siehe Kapitel 5, URBEM Mitwirkende Seite 94.
© URBEM/TU Wien



▲ **Abbildung 58**
Anteil an Reisenden nach Verkehrsmitteln im 15. Bezirk für 2015 und die Prognose für 2045.
© URBEM/TU Wien



Um detaillierte Aussagen zur verkehrstechnischen Erschließung treffen zu können, ist es essentiell die Verkehrsströme ausgehend von einem Planungsgebiet zu kennen. Auch diese können in der URBEM-Umgebung dargestellt werden (Abbildung 59).

▲ **Abbildung 59**
Darstellung der Verkehrsflüsse aus dem 15. Bezirk in andere Wiener Gemeindebezirke. Durchmesser und steigender Rotanteil der Bewegungskurven ist dabei Indikator für höhere Verkehrsmengen.
© URBEM/TU Wien

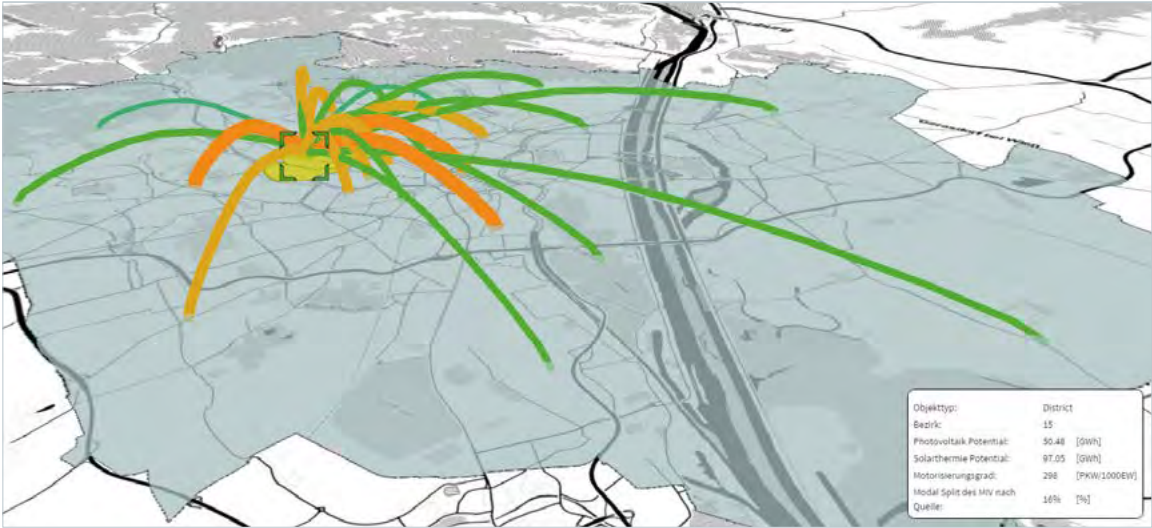


Abbildung 59 zeigt deutlich, dass neben der Richtung der Verkehrsströme auch ein Indikator für die Verkehrsmenge dargestellt wird.

Die exemplarischen Fragestellungen zeigen den hohen Grad an Komplexität, wenn diese mittels fundierten wissenschaftlichen Methoden beantwortet werden. Es bedarf daher nicht nur eines synchronisierten Zusammenspiels aller Modelle, sondern auch einer geeigneten Darstellungsform.

Der Prototyp der URBEM-Visualisierung ist in der Lage komplexe Ergebnisdarstellungen sowohl für individuelle als auch für kombinierte Teilmodelle übersichtlich aufbereitet in Echtzeit darzustellen. **Zusammen mit der Fähigkeit komplexe und interdisziplinäre Fragestellungen beantworten zu können, macht die URBEM-Visualisierung den URBEM-Prototyp zu einem fundierten Entscheidungsunterstützungstool für alle Stakeholder.**

4

wie ist **urbem**
entstanden
und was war
sehr hilfreich?

Strategische Kooperation TU Wien – WSTW

Ziel der Kooperation ist es, den notwendigen Transformationsprozess des Energiesystems und im Bereich der Mobilität aktiv zu gestalten und in Form von gemeinsamen interdisziplinären Projekten voranzubringen. Wichtig ist die nachhaltige Partnerschaft, die auf eine strategische Sichtweise fokussiert.

Im Jahr 2012 haben die Technische Universität Wien und die Wiener Stadtwerke eine strategische Kooperation hinsichtlich gemeinsamer Forschungsaktivitäten vereinbart.

Über bestehende Einzelprojekte hinausgehend wird eine thematische Gesamtsicht möglich, die eine Wertschöpfungskette von der Universität bis zum Unternehmen aufbauen kann. Durch einen gesicherten Finanzierungsrahmen über einen längeren Zeitraum bietet dies die Gelegenheit, ein Forschungsthema umfassend bearbeiten zu können, was gerade für strategische und nachhaltige Aspekte relevant ist. Das Hauptaugenmerk liegt im Austausch von Know-How, in der Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit und der gezielten Ausbildung von Nachwuchs.

Die Flagship-Initiative dieser Kooperation ist das Doktoratskolleg „Urbanes Energie- und Mobilitätssystem“ (URBEM-DK). Die gemeinsame Vision der

Technischen Universität Wien und der Wiener Stadtwerke ist dabei die Erforschung und Entwicklung einer Methodik zur Analyse wahrscheinlicher Varianten in Szenarien für die österreichische und globale Entwicklung für den Weg zu einer „nachhaltig versorgungssicheren, leistbaren und lebenswerten Stadt“.

Das URBEM-DK wurde entsprechend dem TU Wien-internen Doktoratskolleg-Programm aufgesetzt, hat eine Laufzeit von drei Jahren und wurde im Wintersemester 2013/2014 gestartet.

Themenfindung und Organisationsstruktur

Bei der Konzipierung des URBEM-DK, welche im Sommer 2012 begann, wurden im Rahmen mehrerer Workshops zwischen TUW-Expert_innen und WSTW-Fachleuten die primären Kompetenzbereiche, die für den Start einer Simulations- und Analyseumgebung für das urbane Energie- und Mobilitätssystem notwendig sind, identifiziert.

Aufbauend darauf wurden Fragestellungen identifiziert, die aus Sicht der Wiener Stadtwerke unternehmensrelevant sind. Zur Entwicklung der Fragestellungen, die im Rahmen des Doktoratskolleg beantwortet werden, und zur Definition der Anwendungsgebiete der Dissertationen wurden im Rahmen der Workshops folgende Leitlinien gemeinsam entwickelt:

- aktueller Bestand: Fokus liegt auf der aktuellen Bestandsstruktur Wiens und damit verbundenen Fragestellungen
- Rahmenbedingungen: Berücksichtigung interner und externer Rahmenbedingungen in ihrer Dynamik für die Zukunft (Konzernstrategie, politische Ziele, Doktoratsausbildung, ...)
- Systemsicht: im Zentrum liegen sich wandelnde größere Systeme und Vernetzungen, keine Einzelaspekte
- Interaktion/Interdisziplinarität: wichtiger Aspekt ist die Interaktion verschiedener Akteure sowie ein interdisziplinärer Ansatz des Doktoratskolleg

In Folge wurden die zehn Dissertationsthemen gemeinsam entwickelt, formuliert, aufeinander abgestimmt und festgelegt, sowie die Dissertationsbetreuenden von seitens TU Wien und die fachlichen

Expert_innen der WSTW und ihrer Tochterunternehmen. Das betreuende Team des URBEM-DKs umfasste somit 16 Professor_innen und Forschende der TU Wien, sowie zehn Expert_innen der WSTW, welche im Laufe des Doktoratskolleg um weitere Expert_innen erweitert wurden, um die fachlichen Aspekte der Themen optimal betreuen zu können.

Die wissenschaftlichen Aspekte des Projektes wurden von einem wissenschaftlichen Leiter (Professor der TU Wien) sichergestellt. Von seitens der TU Wien wird die Kooperation und das URBEM-DK über das Forschungszentrum Energie und Umwelt koordiniert und abgewickelt, von seitens der WSTW über die Stabstelle Smart Cities & Regions der WSTW-Holding. Der Wiener Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiefonds (WWTF³²) hat mit seiner Expertise im Forschungs- und Innovationsbereich diese Projektphase maßgeblich unterstützt.

³² <http://www.wwtf.at/>

Recruiting

Bei der Suche nach geeigneten Dissertant_innen für die zehn Doktoratsstellen wurde darauf Wert gelegt, aus Gesamtsicht des Doktoratskolleg die besten Personen auszuwählen. Neben dem fachlichen Wissen wurde im Auswahlprozess auch auf die kooperativen Fähigkeiten der Dissertant_innen ein besonderes Augenmerk gelegt.

Es wurde daher ein eigener Bewerbungs- und Auswahlprozess entwickelt, der sowohl auf den Richtlinien des TU Wien Arbeitskreises für Gleichbehandlungsfragen (AKG) basierte als auch auf Bewerbungsprozessen der Wiener Stadtwerke. Hauptaugenmerk lag auf der adäquaten Formulierung der Ausschreibungen, sowie auf einem Kriterienkatalog für das Bewerbungsgespräch und das anschließende Hearing.

Die Ausschreibung der Prä-Doc-Stellen erfolgte im Frühjahr 2013 über gezielte wissenschaftliche Kanäle im In- und (deutschsprachigen) Ausland. Die Auswahl für die Bewerbungsgespräche übernahm die TU Wien Faculty, die Bewerbungsgespräche wurden sowohl von Haupt- als auch Zweitbetreuer_in durchgeführt. Die zwei oder drei geeignetsten Bewerber_innen pro Dissertationsstelle wurden zu einem Hearing eingeladen. Hauptaugenmerk lag darin, für alle Bewerber_innen den gleichen Auswahlprozess zu gewährleisten.

Ringvorlesung

URBEM-DK als interdisziplinäres Doktoratskolleg stellte für die Dissertant_innen eine einzigartige Ausbildungsumgebung dar. Durch die Integration eines großen Unternehmens wurde unternehmerisches Denken gefördert.

Durch die Einbettung in einen hoch interaktiven Entwicklungsprozess erfolgte das Erlernen von Kompetenzen zur erfolgreichen Teamarbeit (Kommunikation, Planung, Konfliktmanagement) im Zuge von „Learning by doing“. Die Möglichkeit, den eigenen fachlichen Horizont zu erweitern, war für die einzelnen Dissertant_innen gegenüber einer Einzelbetreuung wesentlich höher. Gerade im Bereich der Energiesysteme sind für die zukünftigen Leiter_innen von Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der interdisziplinäre Zugang und die Kompetenz andere zu verstehen, sehr wichtig.

Das Curriculum des Doktoratskolleg beinhaltet u. a. zwei Vorlesungsreihen, die sowohl den Dissertant_innen als auch den betreuenden Personen einen Überblick über alle relevanten Fachbereiche vermittelte. Diese fanden zu Beginn des URBEM-DK (November 2013 – Jänner 2014) an der TU Wien statt:

- Ringvorlesung 1 („Urbanes Energie- und Mobilitätssystem – wissenschaftliche Methoden und interdisziplinäre Aspekte“) beleuchtete die Themen des URBEM-DK (Dissertationen) aus allgemeiner Sicht (Schwerpunkte, Interdisziplinarität, Verständnis, Begriffe), sowie relevante Methoden. Vortragende waren die Faculty des Doktoratskolleg.
- Ringvorlesung 2 („Urbanes Energie- und Mobilitätssystem – interdisziplinäre Sichten von WSTW und Stadt Wien“) beschäftigte sich mit dem Ist-Zustand (Technik und Betrieb bzw. derzeitige Methoden), dem strategischen Ausblick und kommenden Herausforderungen sowie Randbedingungen aus Sicht der Stadt. Die Vortragenden kamen aus den Unternehmen der Wiener Stadtwerke, den Magistratsabteilungen der Stadt Wien, sowie Bauträgern.

Teambildung

Zu Beginn des Doktoratskolleg war es wichtig, alle Beteiligten zusammen zu bringen und gemeinsam zu erarbeiten, welche Erwartungshaltungen bestehen, wie die Zusammenarbeit gestaltet werden sollte und wie man die festgelegten Dissertationsthemen konkret umsetzen kann.

Dazu gab es am Tag der Kick-Off-Veranstaltung vor dem offiziellen Teil einen Teambuilding-Teil, bei dem sich alle Betreuer_innen und Dissertant_innen kennenlernten, die gemeinsamen Sichtweisen dokumentierten und die nächsten Schritte konkretisierten.

Im Oktober 2013 und im Februar 2014 folgte jeweils eine Projektwoche für die Dissertant_innen mit dem Ziel, ein gemeinsames Verständnis der Aufgabenstellungen zu bekommen, eine gemeinsame Sprache

zu erlangen, und gemeinsam Lösungen zu erarbeiten bzw. abzuklären, welche Schnittstellen notwendig und relevant sind.

Im Herbst 2015 wurde drei Monate intensiv in gemeinsamen Räumlichkeiten zusammengearbeitet, um die Schnittstellen und den Datenaustausch zu optimieren.

Teambuilding
© URBEM/TU Wien



Veranstaltungen

Zusätzlich zu den Teambuildings fanden regelmäßig organisationsinterne Jourfixes statt, zweimal jährlich gemeinsame Gettogethers und zur Halbzeit ein zweitägiger Workshop.

Durch diese interdisziplinären Ansätze und Aktivitäten konnte sichergestellt werden, dass einerseits das wissenschaftliche Programm und die Erreichung der Meilensteine in der vorgegebenen Zeit erreicht wurden, und andererseits die vorab festgelegten Leitlinien berücksichtigt wurden, sowie die Simulations- und Analyseumgebung für das urbane Energie- und Mobilitätssystem alle Aspekte berücksichtigt und zielgerichtet umgesetzt wurde.

Regelmäßige Besprechungen im Rahmen des URBEM-DK:

- TUW-interne Jourfixes für Faculty und Dissertant_innen, 1x/Monat
- WSTW-interne Jourfixes für Betreuende, alle zwei Monate
- WSTW-TUW-Gettogether für alle, 1x/Semester
- Supervision der Dissertant_innen durch die Faculty, bei Bedarf bis zu 1x/Woche
- Betreuung der Dissertant_innen durch die WSTW-Kontaktpersonen, bei Bedarf bis zu 1x/Monat
- Projektmanagement TUW und WSTW, bei Bedarf bis zu 1x/Monat

Im Rahmen des URBEM-DK wurden zusätzlich drei größere Veranstaltungen organisiert, um den Wissensaustausch zwischen weiteren TUW-Forschungsgruppen und WSTW-Abteilungen zu gewährleisten:

- 17. Oktober 2013: Kick-Off
- 20./21. April 2015: Mid-Term
- 29. September 2016: Abschlussevent

Evaluierung

Das Doktoratskolleg URBEM ist in dieser Form ein Novum für beide beteiligten Institutionen.

Daher wurde im Rahmen der strategischen Kooperation TU Wien und WSTW beschlossen, die Initiative intern zu evaluieren, begleitet durch die Beratergruppe Neuwaldegg.

Der Fokus lag dabei auf folgende Themen:

- organisatorisches Setup (Hauptaugenmerk auf Strukturen und Prozessen),
- interdisziplinäre Zusammenarbeit sowie
- Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (Hauptaugenmerk auf Mehrwert und Herausforderungen).

5

urbem
ausblick und
mitwirkende

urbem ausblick

Der Prototyp einer interaktiven Umgebung ist in der Lage diverse Szenarien auf Basis wissenschaftlich valider Methoden visuell darzustellen um Ergebnisse auch Stakeholdern zugänglich zu machen.

URBEM ist neue Wege gegangen. URBEM unterstützt dabei Wege in Richtung einer nachhaltig versorgungssicheren, leistbaren und lebenswerten Stadt zu finden und zu verstehen.

Neben den neu entwickelten Methoden steht dabei vor allem das Verständnis der komplexen Wechselwirkungen im Gesamtsystem Stadt im Vordergrund, das nur durch das Zusammenwirken vielfältiger wissenschaftlicher Disziplinen möglich wird.

Derzeit beschäftigen sich vielfältige nationale und internationale Forschungsgruppen oder Forschungskooperationen mit dem komplexen System Stadt³³. Die übergeordneten Ziele aller dieser Forschungsaktivitäten weisen starke Ähnlichkeiten auf, jedoch könnten die Zugänge kaum unterschiedlicher sein. Eines haben aber fast alle Initiativen gemeinsam: einen interdisziplinären, holistischen Ansatz.

Auf Basis der Ergebnisse und Erkenntnisse die in URBEM gewonnen werden konnten, lassen sich folgende weitere Schritte ableiten:

- Austausch mit anderen Forschungsinitiativen: Durch den Austausch von Erfahrungen mit der Forschungscommunity sollen Erkenntnisse, Methoden und deren Anwendungen verglichen und verstanden werden.

- Systematisierung der interaktiven Gesamtumgebung: Um die interaktiven Gesamtumgebung fortlaufend weiterentwickeln zu können, ist ihr Aufbau weiter zu systematisieren. Dabei sollte nicht nur auf datenschutzrechtliche und programmiertechnische Aspekte besonderer Wert gelegt werden, sondern auch auf die notwendige Flexibilität um auch zukünftige wissenschaftliche Entwicklungen einbeziehen zu können.
- Übergang in den Realbetrieb: Der mögliche Nutzen der Methoden erscheint hoch, so dass eine Umsetzung in den Realbetrieb zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts geprüft wird. Besonders interessant ist dabei die Möglichkeit durch die Identifikation komplexer Wechselwirkungen im städtischen Gesamtsystem mögliche Synergien zwischen den städtischen Infrastrukturen identifizieren zu können.

³³ CI-ENERGY (www.cinergy.eu); City-SIM (www.citysim.epfl.ch)

urbem mitwirkende

DISSERTANT_INNEN UND IHR THEMA

- Julia Forster

▲ 10 – Visualisierung
- Johannes Schleicher

▼ 9 – Verteiltes Rechnen
- Dominik Bothe

► 5 – Thermische Netze
- Nikolaus Rab

▲ 2 – Ökonomie 2
- Sara Fritz

▼ 1 – Ökonomie 1



- Christina Winkler/
Paul Pfaffenbichler*

▲ 8 – Mobilität
- Peter Eder-Neuhauser

► 7 – Netze IKT
- Thomas Kaufmann

▲ 6 – Elektrische Netze
- Manuel Ziegler

▲ 4 – Gebäude
- Nadine Haufe

► 3 – Soziologie

*Paul Pfaffenbichler hat aufgrund des Ausscheidens von Christina Winkler das Thema Mobilität weiterbearbeitet und einen Forschungsbericht dazu erstellt.

LEITUNG DES DOKTORATS- KOLLEG

NAME (alph. Reihenfolge)	DISSERTATIONSTHEMA	ORGANISATION
Prof. Thomas Bednar		Wissenschaftliche Leitung: TU Wien
Dr. Ilse Stockinger		Leitung: Wiener Stadtwerke Holding
Dr. Gudrun Weinwurm		Organisatorische Leitung: TU Wien

FACULTY TU WIEN

Prof. Thomas Bednar	Gebäude	Institut für Hochbau und Technologie
Prof. Jens Dangschat	Soziologie	Department für Raumplanung
Prof. Schahram Dustdar	Verteiltes Rechnen	Institut für Informationssysteme
Prof. Günter Emberger	Mobilität	Institut für Verkehrswissenschaften
Prof. Wolfgang Gawlik	Elektrische Netze	Institut für Energiesysteme und elektr. Antriebe
Prof. Michael Getzner	Visualisierung	Department für Raumplanung
Prof. Reinhard Haas	Ökonomie 1	Institut für Energiesysteme und elektr. Antriebe
Dr. Lukas Kranzl	Ökonomie 1	Institut für Energiesysteme und elektr. Antriebe
Prof. Karl Ponweiser	Thermische Netze	Institut für Energietechnik und Thermodynamik
Prof. Thorsten Reinländer	Ökonomie 2	Institut für Stochastik und Wirtschaftsmathematik
Prof. Josef Michael Schopf	Mobilität	Institut für Verkehrswissenschaften
Prof. Jesper Larsson Träff	Gebäude	Institut für Informationssysteme
Dr. Hong-Linh Truong	Verteiltes Rechnen	Institut für Informationssysteme
Prof. Andreas Voigt	Visualisierung	Department für Raumplanung
Prof. Tanja Zseby	Netze IKT	Institut für Telekommunikation

WSTW ANSPRECH- PERSONEN

Daniel Dötzl, MSc	Mobilität	Wiener Linien
DI Katharina Fabi	Ökonomie 2	Wien Energie
DI Georg Geißegger	Gebäude	Wien Energie
DI Martin Höller	Thermische Netze	Wien Energie
Dr. Rusbeh Rezania	Ökonomie 1	Wien Energie
Mag. Christian Schlemmer	Verteiltes Rechnen	Wien IT
Dr. Thomas Schuster	Elektrische Netze	Wiener Netze
Dr. Ilse Stockinger	Soziologie, Visualisierung	Wiener Stadtwerke Holding
DI Wolfgang Wais	Netze IKT	Wiener Netze

KOORDINATION

Kathrin Brunner, MA	Wiener Stadtwerke Holding
Solomon Gärtner	TU Wien – Forschungszentrum Energie und Umwelt
Mathias Rathammer	TU Wien – Forschungszentrum Energie und Umwelt
Dr. Ilse Stockinger	Wiener Stadtwerke Holding
Mag. Sebastian Wehrle	Wiener Stadtwerke Holding
Dr. Gudrun Weinwurm	TU Wien – Forschungszentrum Energie und Umwelt



Die URBEM Beteiligten (Dissertant_innen, Betreuende) bei der Abschlussveranstaltung am 29.09.2016 zusammen mit Vizerektor für Forschung & Innovation Prof. Fröhlich und den Vorstandsdirektoren der WSTW Holding Dr. Krajcsir und Mag. Grüneis.

© URBEM/TU Wien

Publikationen und Preise

Einer der Hauptpreise des Sustainability Awards – vergeben vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft gemeinsam mit dem Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft – ging im Mai 2014 an das interdisziplinäre Doktoratskolleg „URBEM“ (Urbanes Energie- und Mobilitätssystem)³⁴.

S. Fritz, K. De Bruyn, L. Kranzl; Welche Auswirkung hat eine gebäudeübergreifende Betrachtung von Solarthermie auf deren Wirtschaftlichkeit?; Symposium Energieinnovation; Graz: 2014

N. Haufe; Smart City – Zukunftsstrategie für Stadt und Mensch?; Technologiegespräche, European Forum Alpbach: 2014

A. Murguzur, J. Schleicher, H. Truong, S. Trujillo, S. Dustdar; Drain: An Engine for Quality-of-Result Driven Process-Based Data Analytics; 12th International Conference, BPM; Haifa 2014

J. Forster, T. Kaufmann, N. Rab, C. Winkler; URSETA: An interdisciplinary decision support tool for sustainable energy and mobility strategies; WIT, Sustainable City; Siena: 2014

JN. Haufe; Eine sozial-räumliche Typologie zur Erklärung umweltgerechten Verhaltens – am Bsp. der Mobilität und des Energiekonsums; Kongress der Deutschen Gesellschaft für Soziologie; Trier: 2014

N. Haufe; Sozial-räumliche Erklärung von Mobilitätsverhalten und Energiekonsum – ein sozialwissenschaftlicher Beitrag zur interdisziplinären Mobilitäts- und Nachhaltigkeitsforschung; Nachwuchsnetzwerk Mobilität- und Verkehrsforschung PEGASUS; Karlsruhe: 2014

S. Fritz; Evaluating investments for existing District Heating networks depending on the development of buildings' heating demand applying Robust

Optimization; IAEE European Energy Conference; Rom: 2014

N. Rab; Ausbau der Strom- und Wärmeerzeugungskapazitäten unter der Berücksichtigung risikoadjustierter Kosten; Präsentation, Internationale Energie-wirtschaftstagung; Wien: 2015

T. Kaufmann, D. Bothe, W. Gawlik, K. Ponweiser; Optimierung der Lastflüsse in urbanen Hybrid-netzen; 9. Internationale Energiewirtschaftstagung; Wien: 2015

N. Haufe; Sozial-räumliche Erklärung des Mobilitäts-verhaltens und des Energiekonsums am Beispiel der Stadt Wien – ein sozialwissenschaftlicher Beitrag zur interdisziplinären Mobilitäts- und Nachhaltigkeits-forschung; Präsentation, Jahrestagung AK Verkehr der Deutschen Gesellschaft für Geographie, Nach-wuchsforum; Erfurt: 2015

M. Vögler, J. Schleicher, C. Inzinger, S. Nastic, S. Sanjin, S. Dustdar; LEONORE -- Large-Scale Provi-sioning of Resource-Constrained IoT Deployments; System of Systems Engineering; San Antonio: 2015

C. Winkler, N. Haufe, J. Forster; Transport and Land Use Simulation Environment For Sustainable Planning Strategies In Vienna; World Conference of Transport Research SIG G3 Conference; Valletta: 2015

J. Schleicher, M. Vögler, C. Inzinger, S. Dustdar; Smart Fabric – An Infrastructure-Agnostic Artifact Topology Deployment Framework;

³³ http://www.umweltbildung.at/fileadmin/umweltbildung/dokumente/Sustainability_Award/Broschuere_Sustainability_Award_2014_final.pdf

IEEE 4th International Conference on Mobile Services; New York: 2015

N. Rab; Synthetic wind speed time series with Markov and ARMA models: comparison for different use cases; 12th international conference on the European Energy Market; Lisbon: 2015

S. Fritz; How public interventions in buildings energy efficiency affect the economic feasibility of a district heating network – a case study for Vienna; International Association for Energy Economics; Antalya: 2015

M. Ziegler, T. Bednar; Validated Load Profiles In Terms Of Density Functions For Residential And Non-Residential Buildings In Order To Enhance The Simulation Capability In A Comprehensive Urban Simulation Environment; 6th International Building Physics Conference; Turin: 2015

J. Schleicher, M. Vögler, C. Inzinger, W. Hummer, S. Dustdar; Nomads – Enabling Distributed Analytical Service Environments for the Smart City domain; IEEE International Conference on Web Services; New York: 2015

J. Forster, S. Fritz, N. Rab; Solar heat strategies for Vienna: identifying regions with highly reliable and affordable potential; Association of European Schools of Planning Annual Congress; Prague: 2015

D. Bothe, K. Ponweiser; Thermo-hydraulic simulation of district heating networks; International Conference on Smart Energy Systems and 4th Generation District Heating; Copenhagen: 2015

M. Ziegler, T. Bednar; A new approach to simulate buildings and their crucial characteristics in a comprehensive urban simulation environment; Sustainable City, 10th International Conference on Urban Regeneration and Sustainability; Medelin: 2015

J. Forster, S. Fritz, N. Rab; Spatial simulation environment for decision support; Sustainable City, 10th International Conference on Urban Regeneration and Sustainability; Medelin: 2015

S. Fritz, J. Forster, N. Rab; Buildings' Energy Demand modelling for sustainable decision support; Sustainable City, 10th International Conference on Urban Regeneration and Sustainability; Medelin: 2015

J. Forster, S. Fritz, J. Schleicher, N. Rab; Developer tools for smart approaches to responsible-minded planning strategies – energy and space as resources; eCAADe 2015 – Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe; Vienna: 2015

N. Haufe; Smart City – Zukunftsstrategie für Stadtplanung und Soziologie?; Österreichischer Soziologie Kongress; Innsbruck: 2015

N. Haufe; Mit zielgruppenorientierten Ansätzen die Zukunft der Mobilität nachhaltig gestalten? Ein sozialwissenschaftlicher Beitrag zur interdisziplinären Mobilitäts- und Nachhaltigkeitsforschung; 6. Jahrestagung Pegasus Nachwuchsnetzwerk für Mobilitäts- und Verkehrsforschung; Wuppertal: 2015

J. Schleicher, M. Vögler, C. Inzinger, S. Dustdar; Towards the Internet of Cities: A Research Roadmap for Next-Generation Smart Cities; UCUI, Understanding the City with Urban Informatics (Workshop in conjunction with CIKM); Melbourne: 2015

T. Kaufmann, D. Bothe, W. Gawlik, K. Ponweiser; Optimization of load flows in urban hybrid networks; Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions; Bozen: 2015

M. Ziegler, T. Bednar; Validated density function related on certain building use cases for non-residential buildings to run a comprehensive urban simulation environment; 14th International Conference of the International Building Performance Simulation Association (IBPSA); Hyderabad: 2015

P. Eder-Neuhauser, T. Zseby, J. Fabini; Resilience and Security: A Qualitative Survey of Urban Smart Grid Architectures; IEEE Access, SPECIAL SECTION ON SMART GRIDS: A HUB OF INTERDISCIPLINARY RESEARCH; Wien: 2016

N. Haufe; Energiesparen sinnvoll forcieren beim Konsumenten – Energieverbrauch von Wiener Haushalten verstehen und verändern; 14. Symposium Energieinnovation; Graz: 2016

P. Pfaffenbichler; Using System Dynamics to cope with demographic issues in spatial and transport planning; EMCSR, European Meetings on Cybernetics and Systems Research; Wien: 2016

N. Haufe, M. Ziegler, T. Bednar; Modelling Load Profiles for the Residential Consumption of Electricity based on a Milieu-oriented Approach; Sustainable Built Environment (SBE) regional conference; Zurich: 2016

N. Haufe, J. Dangschat; Energiekonsum – sozial differenziert betrachtet: Eine Reflexion lebensstil- und milieuorientierter Ansätze zur Beschreibung und Erklärung unterschiedlicher Energieverbrauchs-muster privater Haushalte; K. Großmann, A. Schaffrin & C. Smigiel: Energie und soziale Ungleichheit: Zur gesellschaftlichen Dimension der Energiewende in Deutschland und Europa. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien: 633-660; Wien: 2017

N. Haufe; Understanding Energy Consumption and Mobility Behaviour – A Starting-Point for Interventions to Change Individual Behaviour to More Sustainability; 3rd ISA Forum of Sociology; Vienna: 2016

J. Schleicher, M. Vögler, C. Inzinger, S. Dustdar; Smart Brix—a continuous evolution framework for container application deployments; PeerJ Comput. Sci. 2:e66; DOI 10.7717/peerj-cs.66; Vienna: 2016

J. Schleicher, M. Vögler, C. Inzinger, S. Fritz, M. Ziegler, T. Kaufmann, D. Bothe, J. Forster, S. Dustdar; A Holistic, Interdisciplinary Decision Support System for Sustainable Smart City Design; International Conference on Smart Cities (SMART-CT 2016); Malaga: 2016

J. Schleicher, M. Vögler, S. Dustdar, C. Inzinger; Enabling a Smart City Application Ecosystem: Requirements and Architectural Aspects; IEEE Internet Computing: S.58-65; Vienna: 2016

M. Vögler, J. Schleicher, C. Inzinger, S. Dustdar; A Scalable Framework for Provisioning Large-scale IoT Deployments; ACM Transactions on Internet Technology, Volume 16 Issue 2, April 2016 – Article No. 11; Vienna: 2016

IMPRESSUM

Herausgeber

Technische Universität Wien
urbem.tuwien.ac.at

Für den Inhalt verantwortlich

Univ.Prof.DI.Dr.techn. Thomas Bednar

Beiträge von (i.a.R.)

Thomas Bednar, Dominik Bothe, Julia Forster,
Sara Fritz, Nadine Haufe, Thomas Kaufmann,
Peter Eder-Neuhauser, Paul Pfaffenbichler,
Nikolaus Rab, Johannes Schleicher, Gudrun
Weinwurm, Christina Winkler, Manuel Ziegler

Grafik Design

Alexandra Reidinger, www.elysa.at

Druck

resch druck, Thomas Resch e.U.
Rosinagasse 19, 1150 Wien

Wien, Dezember 2016

