

## Räumliche und zeitliche Visualisierung als Smart-City-Planungswerkzeug

*Julia Forster, Paul Pfaffenbichler, Thomas Kaufmann*

(Dipl.-Ing. Dr.techn. Julia Forster, TU Wien, Department für Raumplanung, Arbeitsbereich räumliche Simulation und Modellbildung, Wien, julia.forster@tuwien.ac.at)

(Dipl.-Ing. Dr.techn. Paul Pfaffenbichler, Institut für Verkehrswissenschaften, Wien, paul.pfaffenbichler@tuwien.ac.at)

(Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Kaufmann, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Wien, thomas.kaufmann@tuwien.ac.at)

### 1 ABSTRACT

Die steigende Bevölkerung und der starke Zuzug in die urbanen Ballungsräume ist eine große Herausforderung für die Akteure der Planungswelt. Um ressourcenschonende Planungen voranzutreiben, ist eine innere Entwicklung der urbanen Systeme zielführend. Dabei ist neben der Aufspürung und Nutzung von Flächenreserven, die Nutzung und der Ausbau bestehender Versorgungsinfrastruktursysteme eine Möglichkeit für nachhaltige Entwicklungen. Dies stellt eine komplexe Planungsaufgabe für Planer und Entscheidungsträger dar, die das Zusammenwirken von Planungsakteuren unterschiedlichster Domänen erfordert. Innerhalb des interdisziplinären Forschungsprojektes URBEM (Urbanes Energie- und Mobilitätssystem) wurde ein visuelles Planungs- und Entscheidungsunterstützungswerkzeug, die URBEM-Visualisierung, entwickelt. Diese webbasierte Umgebung bietet eine Arbeits- und Kommunikationsplattform für Domänenexperten und Stakeholder zur Unterstützung komplexer Planungsprozesse. Die URBEM-Visualisierung erlaubt domänenspezifische Simulationsergebnisse räumlich zu verorten, visuelle Übersichten zu generieren und ein urbanes Gesamtsystem mit Hilfe der räumlichen Überlagerung von Informationen unterschiedlichster Versorgungsträgerstrukturen im Bereich Energie und Mobilität zu untersuchen. Dies bietet den Planern eine Grundlage um Probleme im Raum und in der Zeit fest zu machen und gezielte Maßnahmen zur Entwicklung smarter Lebensräume aufzuzeigen. Die Möglichkeiten der URBEM Visualisierung werden im folgenden Beitrag anhand von Modellergebnissen aus der Domäne Mobilität illustriert.

Keywords: Kooperativer Planungsprozess, interaktiv, multiskalar, Simulation, Planungsunterstützungswerkzeug

### 2 EINLEITUNG

#### 2.1 Motivation

Der digitale Fortschritt unserer Kommunikationstechnologien hat ermöglicht, dass Daten urbaner Ballungsräume aus unterschiedlichsten Disziplinen einfach gesammelt und verarbeitet werden können. Diese Daten können Planenden Grundlagen bieten um Lösungswege für komplexe Planungsaufgaben aufzuzeigen, die durch die steigende Bevölkerung und die vielerorts ambitionierte Klimaschutzpolitik in den urbanen Ballungsräumen, entstehen. Die Daten speisen dabei Berechnungs- und Simulationsmodelle unterschiedlichster Domänen. Um die daraus resultierenden Ergebnisse Planenden und Entscheidungstragenden zur Unterstützung bereitstellen zu können, ist es zielführend durch räumliche Verortung der Ergebnisdaten visuelle Übersichten zu entwickeln. Mit Hilfe digitaler Technologien erlauben diese Raumübersichten interaktiv und multiskalar Planungsmaßnahmen festzulegen und deren Auswirkungen abzuschätzen. Zur ressourcenschonenden inneren Entwicklung unserer urbanen Ballungsräume entstehen so neue domänenübergreifende Möglichkeiten zur ressourcenschonenden Planung und holistischen Systembetrachtung. Die räumliche Datenvisualisierung ist damit ein wichtiges Analysewerkzeug.

Das vorliegende Paper zeigt anhand des Beispiels eines neuen Stadtentwicklungsgebiets, wie domänenübergreifende Planung und visuelle Verortung räumlicher Informationen zur Planungsunterstützung herangezogen werden können.

#### 2.2 Stand der Technik

Für die ressourcenschonende Entwicklung urbaner Ballungsräume stellt die Innenentwicklung, die Entwicklung innerhalb definierter Grenzen, eine zielführende Möglichkeit dar. Die Innenentwicklung ist als ganzheitlicher Ansatz zu verstehen, der neben der Nutzung von bestehenden Flächenreserven auch die

Nutzung bestehender Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen mit einschließt. Zur praktischen Umsetzung des Ansatzes der Innenentwicklung schlägt Scholl einen strukturierten Planungsprozess vor, die sogenannte Testplanung (vgl. SCHOLL 2011). Die Testplanung bildet Rahmenbedingungen für kooperative domänenübergreifende Planungsaufgaben und erlaubt dabei Ent- und Verwurf von Maßnahmen zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung.

Zur visuellen Datenaufbereitung in Planungsprozessen und als Analysegrundlage werden CAD basierte Softwaresysteme (GIS, BIM) eingesetzt. Diese erlauben die Entwicklung multidimensionaler Modelle. Basierend auf digitalen Modellen können raumbezogene Daten interaktiv dargestellt werden. Web basiert kann visuelle Entscheidungs- und Planungsunterstützung domänenübergreifend und plattformunabhängig agieren (vgl. FORSTER, KAUFMANN et al. 2017). Die Grundlage für einen dynamischen Datenaustausch von Ergebnissen zwischen domänenspezifischen Berechnungsmodellen und der Visualisierung kann eine digitale Arbeitsplattform bilden, in die sowohl Berechnungsmodelle als auch die räumliche Darstellung deren Ergebnisse eingebettet sind (vgl. SCHLEICHER, VÖGLER et al. 2016). Die digital gestützte Arbeitsumgebung erlaubt neben Datensicherheitsaspekten auch eine dynamische Aggregation zwischen unterschiedlichen Betrachtungsebenen (Baublock, Bezirk). Dadurch wird auch der Austausch von Daten zwischen domänenspezifischen Berechnungsmodellen vereinfacht.

Verkehrsmodell		V1	V2	V3	V4
		Kein ÖV, kein Modal Split	ÖV, kein LOGIT, 24h	ÖV, LOGIT, Spitzen- stunde	Multimodal, aktivitäts- basiert
Flächennutzungsmodell	F1	Keines	→	→	→
	F2	Aktivitäten & Experten- einschätzung	→	→	→
	F3	Nicht marktbasierter Flächenzuteilung	→	→	→
	F4	LOGIT Zuteilung mit Preissignalen	→	→	→
	F5	Marktbasierter Flächennutzungsmodell	→	→	→
	F6	Aktivitätsbasiertes Flächennutzungsmodell	→	→	→

ÖV ..... Öffentlicher Verkehr  
 LOGIT ..... Wahlmodelle, welche auf einer logistischen Regression basieren

Abb. 1: Evolution der Modellierung des urbanen Verkehrs- und Flächennutzungssystems nach (WEGENER 2003).

Im vorliegenden Beitrag werden die Möglichkeiten raum-zeitlicher Visualisierungswerkzeuge anhand von Modellergebnissen aus der Domäne Mobilität illustriert. Ausgehend von bereits Mitte des 19. Jahrhunderts formulierten qualitativen Analogien zum Gravitationsgesetz der Physik hat sich die modellhafte Beschreibung des urbanen Verkehrsgeschehens kontinuierlich weiter entwickelt (PFAFFENBICHLER 2008). Die Entwicklung immer leistungsfähigerer elektronischer Rechenanlagen ermöglichte eine zunehmend detailliertere quantitative Modellierung des urbanen Verkehrssystems. Ausgehend von monomodalen, am Pkw orientierten Verkehrsmodellen verlief die Entwicklung über multimodale Modelle hin zu aktivitätsbasierten (Mikrosimulations-)Modellen (vgl. EMBERGER, PFAFFENBICHLER 2015). Ab Anfang der 1970er Jahre setzte sich in der Fachwelt die Erkenntnis durch, dass eine isolierte Betrachtung der beiden Teilbereiche Flächennutzung und Verkehr nicht zielführend ist. Abbildung 1 illustriert die daraufhin einsetzende Entwicklung der isolierten Verkehrs- und Flächennutzungsmodelle hin zu integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodellen. Abbildung 2 illustriert mögliche Strategien zur modellhaften Bewältigung der Komplexität urbaner Systeme. Ein möglicher Pfad ist die Erhöhung der räumlichen Detailliertheit, während ein anderer auf der Erhöhung der Zahl der berücksichtigten (Sub-)Systeme beruht. Bislang wurde die exponentiell steigende Verfügbarkeit von Rechnerleistung in der Planungsrealität vor allem in eine stärkere räumliche Disaggregation isolierter Verkehrsmodelle investiert. Der derzeitige Stand

der Technik sind sogenannte Vier-Stufen-Modelle, bestehend aus den Stufen Erzeugung, Verteilung, Aufteilung und Umlegung. Zunehmend werden auch Mikrosimulationsmodelle eingesetzt. Erste operative rechnergestützte integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle existieren seit Mitte der 1980er Jahre (SIMMONDS 1999). In der Planungspraxis werden derartige Modelle aufgrund ihrer hohen Komplexität bis heute allerdings nach wie vor selten eingesetzt.

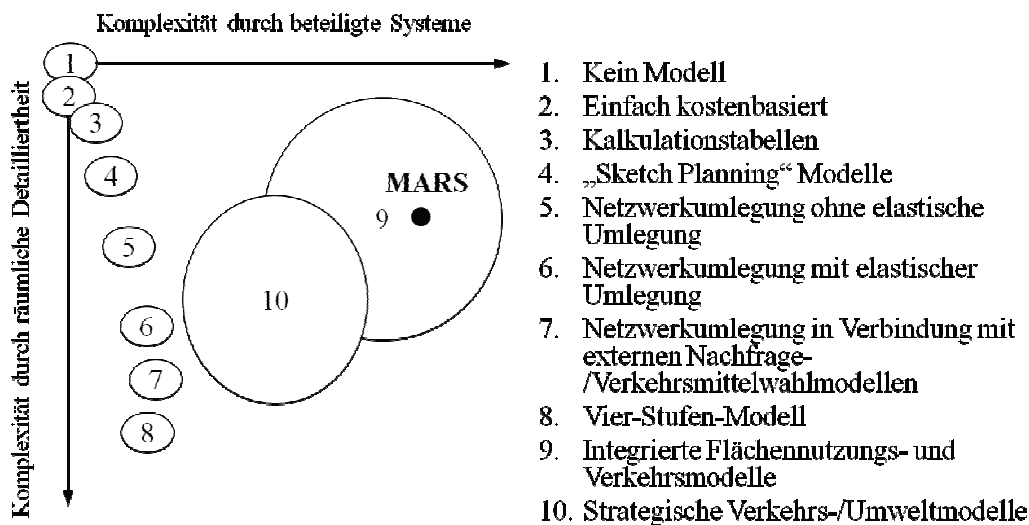


Abb. 2: Strategien zur Berücksichtigung der Komplexität urbaner Systeme.

### 2.3 Übersicht

Als Kooperationsprojekt zwischen der Technischen Universität Wien und Wiens größtem Energie und Mobilitätsversorgungsunternehmen, den Wiener Stadtwerken, wurde das Doktoratskolleg URBEM (Urbanes Energie und Mobilitätssystem<sup>1</sup>) von 2013-2016 durchgeführt. Das darin involvierte interdisziplinäre Expertenteam entwickelte ein ganzheitliches Konzept zur Abbildung der Versorgungsbereiche Energie und Mobilität am Beispiel der Stadt Wien. Für die Abbildung der unterschiedlichen Domänen innerhalb urbaner Ballungsräume wurden Berechnungs- und Simulationsmodelle entwickelt und miteinander verknüpft. Die aus diesen Modellen für festgelegte Szenarien erarbeiteten Ergebnisse können dynamisch in eine räumliche Visualisierungsumgebung, die URBEM-Visualisierung, gespeist werden (vgl. FORSTER 2016). Die URBEM-Visualisierung erlaubt domänenübergreifende Systemübersichten zu generieren und gezielt Systeme Einblick für detaillierte Betrachtungen in Planungsprozessen zu gewährleisten. Durch einen in die URBEM-Visualisierung implementierten Planungsmodus kann die Planung neuer Stadtentwicklungsgebiete im Bestand unterstützt werden. So können Auswirkungen von Planungsmaßnahmen in unterschiedlichsten Trägersystemen der Stadt aufgezeigt und abgeschätzt werden.

### 2.4 Beispielregion

In Wien bilden die Planungen entlang der Bahnhöfe große Flächenpotentiale für neue Stadtentwicklungsgebiete. Durch die Entwicklung und den Ausbau des Wiener Südbahnhofs zu Wiens Hauptbahnhof entstanden bei Wiens Westbahnhof große Potentialflächen für neue bauliche Entwicklungen, die bisher noch nicht umgesetzt wurden. Dies ist einerseits durch einen möglichen Rückbau ungenützter Gleistrassen als auch durch Abbruch und Neubau von Infrastrukturegebäuden der Bahn und Logistikbetrieben möglich. Abbildung 3 zeigt die Lage der Flächenreserven entlang der Gleistrassen im Areal des Wiener Westbahnhofs.

<sup>1</sup> Siehe auch <https://urbem.tuwien.ac.at>

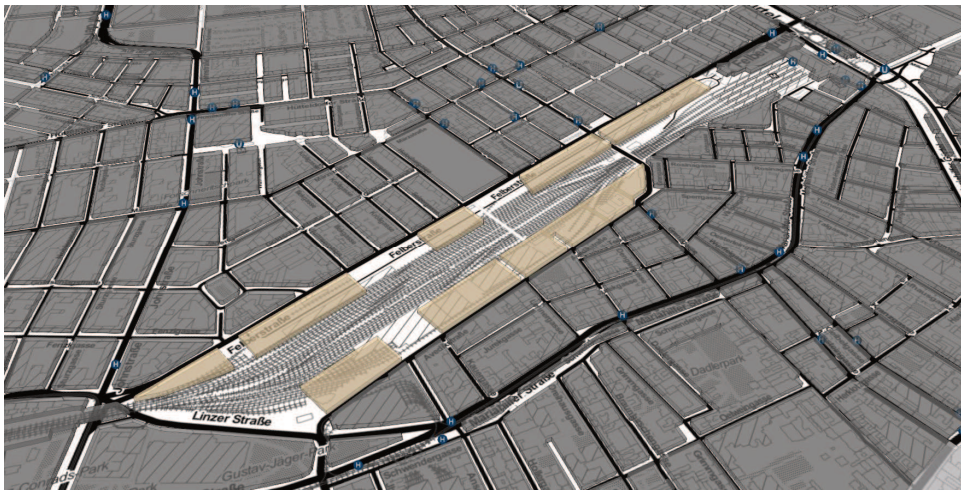


Abb. 3: Stadtentwicklungsgebiet Wien Westbahnhof – ein Gebiet mit großem Potential für die innere Entwicklung der Stadt

Das Planungsgebiet Westbahnhof liegt im 15. Wiener Gemeindebezirk und verfügt über eine sehr gute Anbindung an das Netz des öffentlichen Verkehrs. Im Umkreis von 300 Metern stehen 2 U-Bahn-Linien, 7 Bus- und Straßenbahnlinien sowie mehrere Fernbusse, Regional- und Schnellzüge zur Verfügung. Um mögliche bauliche Entwicklungen in diesem Gebiet an das bestehende Netz des öffentlichen Verkehrs, sowie an das Rad- und Fußwegnetz ressourcenschonend und effizient anzubinden, sind frühzeitige Analysen und ein Ausloten von Maßnahmen zielführend. Nachführende Kapitel zeigen wie diesbezüglich Analysen erarbeitet werden können, um dadurch frühzeitig Maßnahmen für die ressourcenschonende Erreichbarkeit des Planungsareals festzulegen.

### 3 METHODE

Zur strategischen Analyse des Stadtentwicklungsgebietes Wien Westbahnhof und dort durchführbarer baulicher Maßnahmen werden einerseits Berechnungen zur Abbildung der Ist-Situation und andererseits Simulationen für zukünftige szenarioabhängige Prognosen mittels des integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodells MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) durchgeführt. Das Flächennutzungs- und Verkehrsmodell ist dabei in eine dynamische Arbeitsumgebung gebettet, die einen Datenaustausch von Berechnungsdaten zu anderen Domänenmodellen, sowie zu der URBEM-Visualisierung ermöglicht. Insgesamt bildet die Arbeitsumgebung mit den beinhalteten Domänenmodellen und der daraus gespeisten Visualisierung eine visuelle Planungs- und Entscheidungsgrundlage für kooperative Planungsprozesse.

#### 3.1 Systemstruktur und Systemsetup

Für die Analyse des Stadtentwicklungsgebietes Wien Westbahnhof wurde als Grundlage ein Masterplan für die Evaluierung möglicher Bebauungen erstellt. Unter Berücksichtigung der angrenzenden Bestandsbebauungen und in der Umgebung bestehender sozialer Infrastruktureinrichtungen konnten Annahmen für die Gebäudehöhen und die damit verbundene Bebauungsdichte festgelegt werden. Die Annahmen zu Bebauung und Nutzung bilden die Grundlage zur Abschätzung des zu erwartenden Mobilitätsbedarfs der durch die Umsetzung der Planungen entsteht. Diese Abschätzung und die räumlichen Informationen (GIS basiert) zu den bestehenden Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen des Areals speisen domänenspezifische Modelle (vgl. Abbildung 4). Zur Erreichbarkeits- und Verkehrsanalyse wird in diesem Zusammenhang ein Mobilitätsmodell verwendet (siehe Kap. 3.2), welches über eine digitale Arbeitsplattform mit Simulationsmodellen zur Untersuchung von Auslastungen in den elektrischen Versorgungsinfrastrukturen verknüpft ist.

Die Domänenmodelle speisen Ergebnisse auf unterschiedlichsten Aggregationsgraden der Stadt Wien (Bezirk, Zählbezirk und Baublock) in ein webbasiertes visuelles Analysewerkzeug, die URBEM-Visualisierung. Die URBEM-Visualisierung bildet ein Interface für die Abfrage und Anzeige der domänenspezifischen Ergebnisse. Basierend auf den Berechnungsmodellen wird so visuelle Planungs- und Entscheidungsunterstützung für kooperative Planungsprozesse zur Verfügung gestellt.

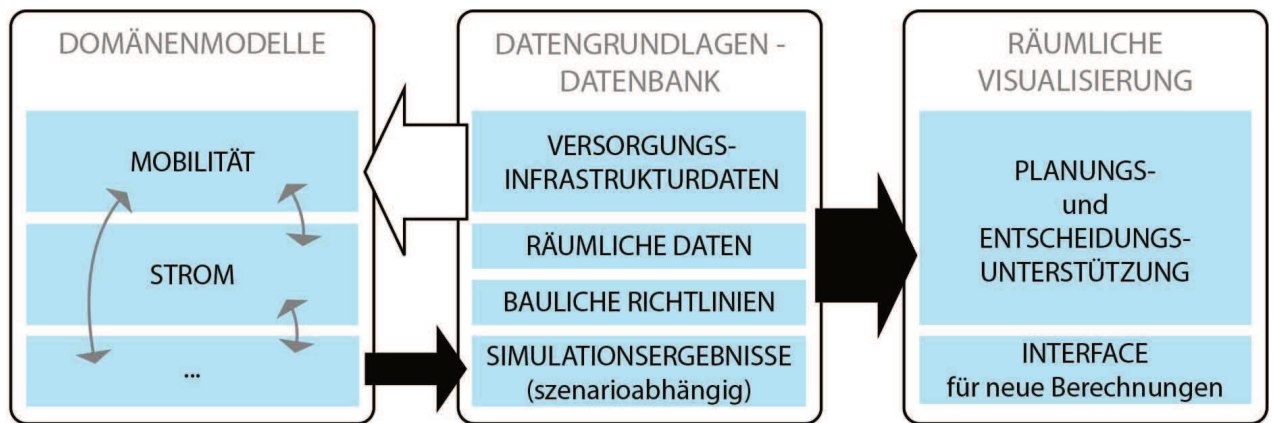


Abb.4: Darstellung des Ablaufs der räumlichen Visualisierung als Planungswerkzeug

### 3.2 Mobilitätsmodell

Die in dem vorliegenden Paper präsentierten Ergebnisse beruhen auf einer Fallstudie des dynamischen, integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodells MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator). Mit diesem verfolgt das Institut für Verkehrswissenschaften die Strategie der Integration der verkehrsrelevanten Subsysteme urbaner Agglomerationen (siehe Abbildung 2). Methodisch basiert MARS auf Systems Dynamics, einer in den 1960er Jahren am MIT entwickelten Methodik zur Beschreibung komplexer dynamischer Systeme. MARS wurde als strategisches Modell konzipiert. Das heißt um die für eine Untersuchung einer großen Zahl möglicher Kombinationen aus verkehrs- und raumplanerischen Maßnahmen notwendigen kurzen Laufzeiten zu erreichen, wurde bewusst auf eine hohe räumliche Differenziertheit verzichtet. Das Modell MARS wurde in der System Dynamics Software Vensim® ([www.vensim.com](http://www.vensim.com)) programmiert. Der Zeithorizont der Prognose ist frei wählbar und reicht zumeist 30-40 Jahre in die Zukunft. Änderungen im Personenverkehrsmodell werden bis zum Erreichen des Zeithorizonts in vierteljährlichen Zeitschritten abgebildet, Änderung im Flächennutzungsmodell dagegen in Jahresschritten. Detaillierte Dokumentationen und eine Beschreibung der für diesen Artikel verwendeten Modellversion finden sich in (PFAFFENBICHLER 2008) und (PFAFFENBICHLER 2017).

### 3.3 Räumliche Visualisierung als Planungswerkzeug

Die URBEM-Visualisierung bietet in kooperativen Planungsprozessen visuelle Planungs- und Entscheidungsunterstützung (vgl. FORSTER 2016). Die digitale Planungsunterstützung dabei erlaubt szenarioabhängige Informationsinhalte auf unterschiedlichen Maßstabsebenen darzustellen. Dadurch können Raumübersichten schrittweise untersucht werden. Fragestellungen in Bezug auf ressourcenschonende Handlungsweisen können so unter Miteinbeziehung unterschiedlichster Stakeholder gestellt werden. Dadurch lassen sich nicht nur Auswirkungen von Maßnahmen abschätzen, sondern vielmehr auch Ort und Zeit für die Handlungsmaßnahmen festmachen. Die domänenübergreifende Visualisierungsmöglichkeit innerhalb des URBEM-Visualisierungswerkzeugs erlaubt es Planenden sichtbare und unsichtbare Systemzusammenhänge zu analysieren und holistische Systemübersichten zu generieren. Die Trägersysteme einer städtischen Struktur und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten können dargestellt und Planungsmaßnahmen domänenübergreifend in Relation gestellt werden.

Holistische Systemübersicht und detaillierter Systemeinblick ermöglichen es in Planungsprozessen mit interdisziplinären Beteiligten die bestehenden Planungsprozessabläufe für ressourcenschonende bauliche Entwicklungen aufzubrechen. Die bisher an eine bauliche Planungsvorstellung hintangestellte Planung der Versorgungsinfrastrukturen für Mobilität und Energie kann schon frühzeitig in alle Überlegungen der baulichen Entwicklung mit einbezogen werden. Dadurch lassen sich Schnittstellen zwischen Infrastrukturen räumlich erkennen und neue Synergien für Energieeinsparungen finden.

In der Domäne Mobilität können mit Hilfe der URBEM-Visualisierung verschiedene mobilitätsrelevante Daten und Modellergebnisse räumlich und zeitlich analysiert werden. Mit Hilfe der Visualisierung können einerseits Hintergrunddaten, welche Szenarien des Angebots im Verkehrssystem (z.B. Haltestellen als Punktinformation, Motorisierungsgrad als Choroplethenkarte) und des Siedlungssystems (z.B.

Einwohnerdichte als Choroplethenkarte) beschreiben, in den Ebenen Raum und Zeit dargestellt werden. Andererseits können die sich aus den verschiedenen prognostizierten Szenarien ergebenden Modellergebnisse (Quell- und Ziel-Modal Split als Tortendiagramm oder Choroplethenkarte, Quell-Ziel-Matrizen nach Verkehrsmittel als Spinne) räumlich und zeitlich dargestellt werden.

#### 4 ERGEBNISSE

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes URBEM wurde u.a. mit Hilfe des Modells MARS die Entwicklung des Verkehrs- und Siedlungssystems von 2011 bis 2050 iterativ in Vierteljahresschritten simuliert. Neben einem Referenz-Szenario wurden ein „Stagnations-Szenario“ und ein „Klimaschutz-Szenario“ betrachtet.<sup>2</sup> Für die Maßnahmenbildung wurden dabei neben den Annahmen der URBEM-Szenarien die verkehrspolitischen Rahmenbedingungen und Förderungen auf Basis des Stadtentwicklungsplans 2025 berücksichtigt (vgl. MAGISTRATSABTEILUNG 18 2014a, 2014b, 2015). Beispiele dafür sind die Entwicklung des Verkehrssystems durch den Ausbau der U-Bahn-Linie U2/U5, sowie der Förderung von Elektromobilität oder die Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen die Verteilung des Quell-Ziel-Verkehrs über die Zeit sowie die Entwicklung der Verkehrsmittelwahl der Bevölkerung. Dabei werden die Einflüsse von Nutzerverhalten, Mobilitätsmustern, Infrastrukturangebot und Verteilung von Arbeits- und Wohnstandorte auf den Modal Split quantifiziert.

Im Folgenden wird ein im Projekt URBEM anhand des möglichen Stadterweiterungsgebiets Westbahnhof durchgeführter Planungstestlauf<sup>3</sup> anhand der Ergebnisse der Domäne Mobilität erläutert. Der Anteil des Umweltverbunds aus zu Fuß Gehen, Radfahren und öffentlichem Verkehr ist im 15. Bezirk mit über 80% bereits im Bestand 2015 sehr hoch. Unter allen Bezirken außerhalb des Gürtels weist der 15. Bezirk im Jahr 2015 den niedrigsten Anteil an Pkw-Verkehr auf. Nur innerhalb des Gürtels wird der Pkw teilweise noch weniger genutzt. Gründe dafür sind neben der guten Anbindung an das ÖV-Netz die hohe Dichte und der niedrige Motorisierungsgrad (Abbildung 5).

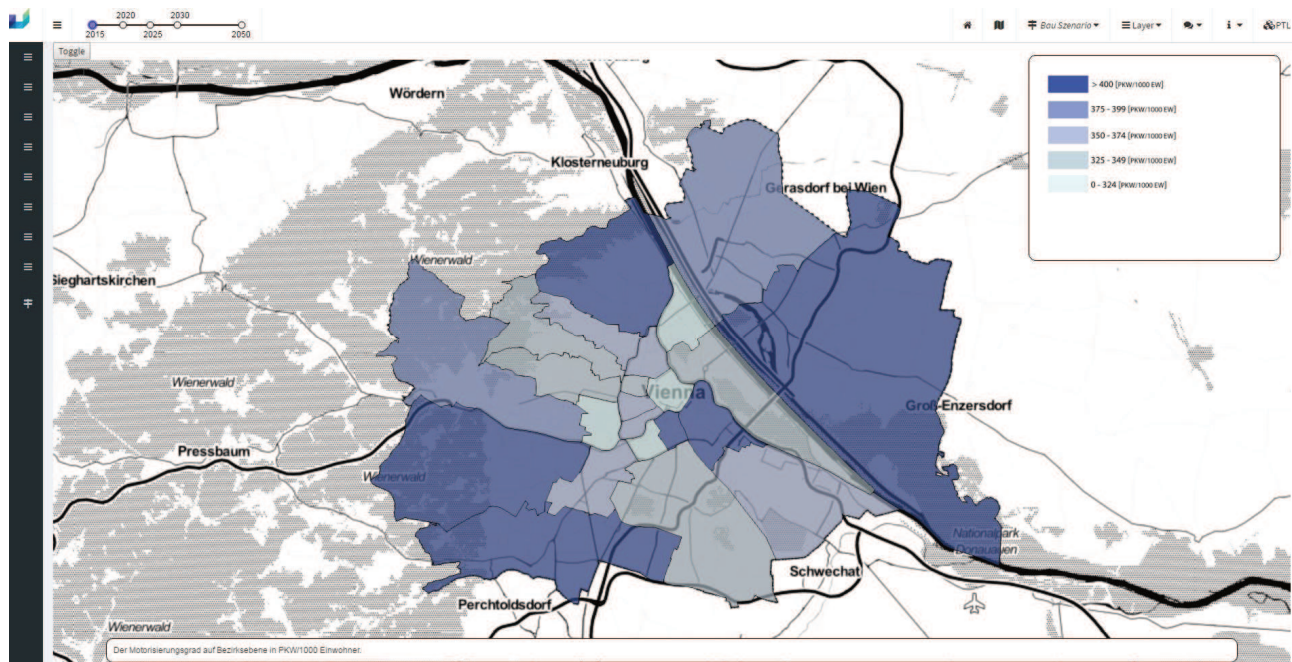


Abb. 5: URBEM Visualisierung Motorisierungsgrad 2015 auf Bezirksebene. © URBEM/TU Wien

<sup>2</sup> Innerhalb des Forschungsprojektes URBEM wurden ein Stagnations-, ein Business as Usual und ein Klimaschutzszenario als Rahmenbedingungen betrachtet. Während das Szenario Stagnation stagnierende wirtschaftliche Entwicklung mit einer Nivellierung klimapolitischer Bestrebungen nach unten beschreibt, bildet das Business as Usual Szenario ein Referenzszenario der Klimaschutzpolitik. Das Szenario Klimaschutz betrachtet dagegen ambitioniertere politische Maßnahmen im Sinne der Ressourcenschonung und des Klimaschutzes.

<sup>3</sup> Eine Erläuterung des Projekts URBEM, der Visualisierung und des Planungstestlaufs findet sich in folgendem Video: <https://www.youtube.com/watch?v=bw6aPeVwmlw>

Prognosen des Verkehrsmodells MARS zeigen, dass bei einer Fortsetzung der heutigen Verkehrspolitik die Bedeutung des Umweltverbunds bis 2045 weiter zunehmen wird. Abbildung 6 zeigt die URBEM-Visualisierung des Modal Split im Planungsgebiet der Prognose des Szenarios Klimaschutz im Jahr 2045. Bezogen auf das Jahr 2015 erhöhen sich die Anteile des zu Fuß Gehens (rund 35% auf rund 38%) und des öffentlichen Verkehrs (rund 41% auf rund 43%). Der Anteil des Radverkehrs bleibt ungefähr konstant bei rund 7 Prozent. Der Anteil des Pkw-Verkehrs reduziert sich von rund 16% auf rund 12%. Während im Jahr 2015 der Anteil des E-Pkws an den Pkw-Wegen des 15. Bezirks bei rund 0,1% liegt, steigt dieser im Szenario Klimaschutz bis 2045 auf immerhin rund 17% an.

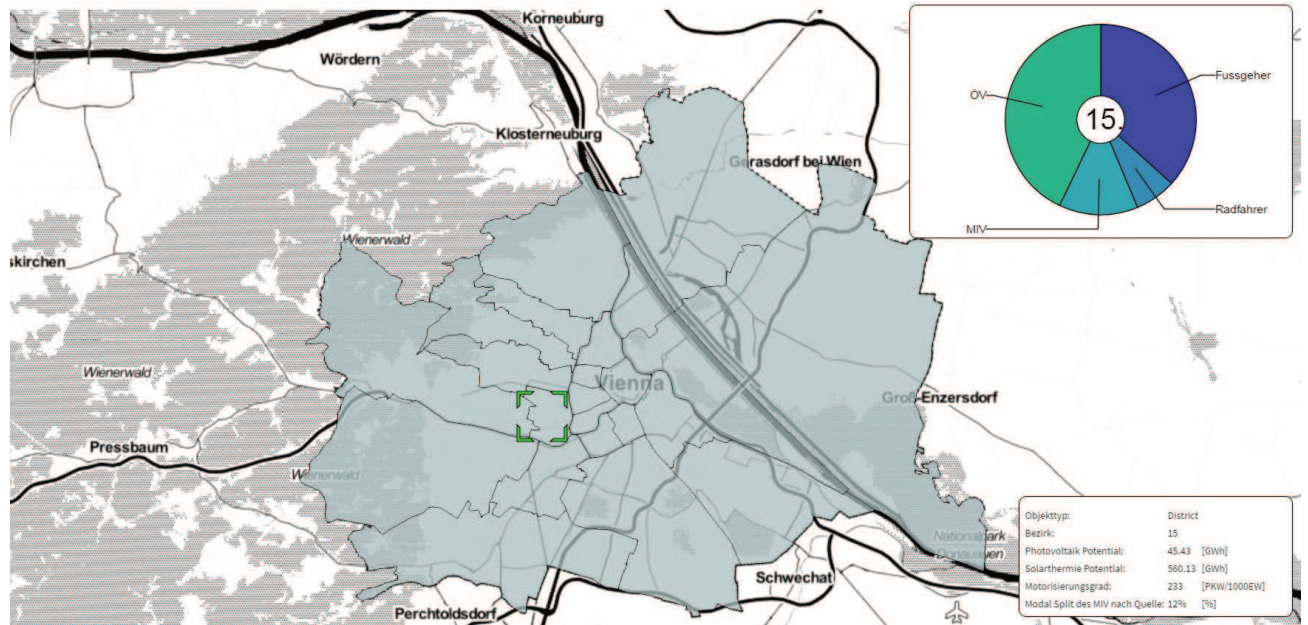


Abb. 6: URBEM Visualisierung Modal Split auf Bezirksebene – 15. Wiener Gemeindebezirk 2045. © URBEM/TU Wien

Für genauere Aussagen zur verkehrstechnischen Erschließung eines Planungsgebiets ist es zudem hilfreich, die Verkehrsströme ausgehend von diesem zu kennen und räumlich darzustellen. Abbildung 7 zeigt mit Hilfe der URBEM-Visualisierung die werktäglichen Verkehrsflüsse des öffentlichen Verkehrs aus dem 15. Bezirk in alle anderen Wiener Gemeindebezirke. Durchmesser und steigender Rotanteil der Bewegungskurven sind dabei Indikatoren für höhere Verkehrsmengen. Wichtige Ziele für die Einwohnerinnen und Einwohner des 15. Bezirks sind unter anderem die Innenstadtbezirke 1 bis 3. Mehr als 70% der Wege dorthin werden mit dem öffentlichen Verkehr zurückgelegt.

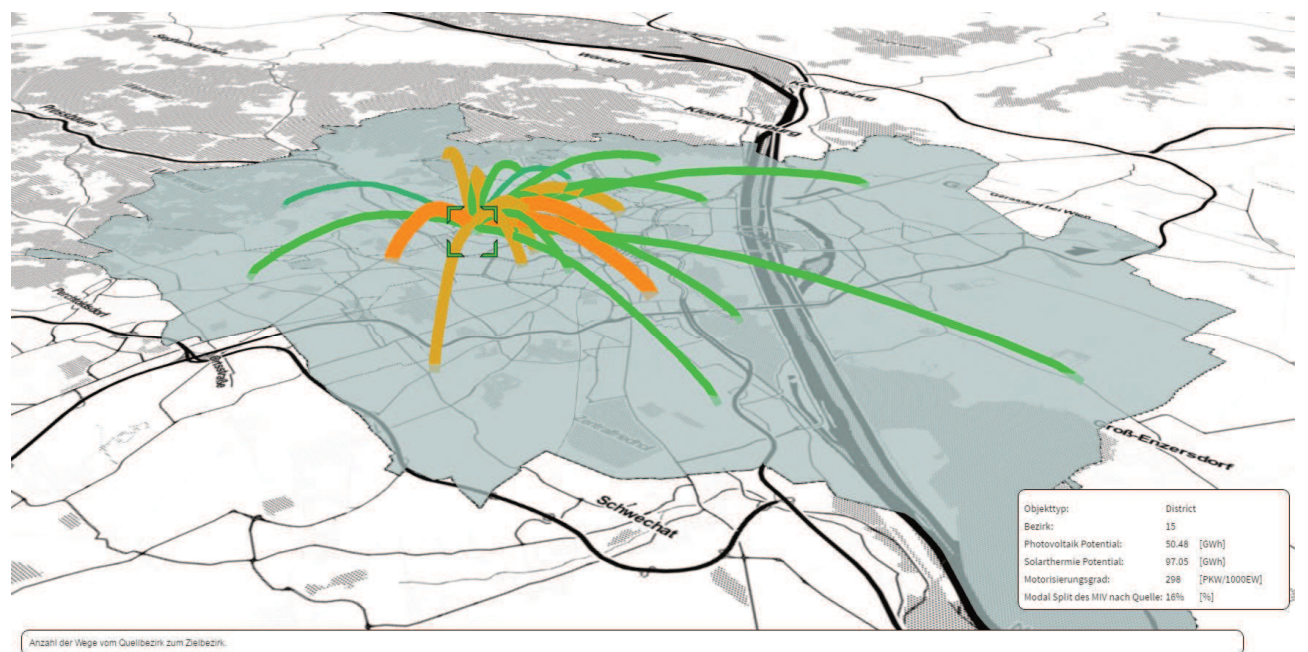


Abb. 7: Werktäglicher Zielverkehr öffentlicher Verkehr – Quelle 15. Wiener Gemeindebezirk 2045. © URBEM/TU Wien

## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das im Rahmen des Projekts URBEM entwickelte Visualisierungswerkzeug vereinfacht die Kommunikation in Planungsprozessen, ermöglicht Informationsverortung und detaillierte Informationszuweisung (BEDNAR et. al. 2016). Dadurch können Informationen in unterschiedlichen Kontexten betrachtet, analysiert und modifiziert werden. Zahlreiche Fragestellungen, welche das zukünftige urbane Energiesystem betreffen, können aufgrund ihrer hohen Komplexität nicht von individuellen Experten und Expertinnen alleine beantwortet werden. Darüber hinaus ergeben sich im Laufe der Fragebeantwortung neue Fragestellungen. Durch die Überlagerung der Ergebnisse verschiedener Domänen (z.B. Mobilität, Stromnetze, etc.) können komplexe Planungsaufgaben gemeinschaftlich in interdisziplinären Teams bearbeitet werden. Dies wurde im Projekt URBEM exemplarisch anhand eines Planungstestlaufs für das Stadtentwicklungsgebiet Westbahnhof demonstriert (BEDNAR et. al. 2016).

In der Domäne Mobilität können mit Hilfe der URBEM-Visualisierung verschiedene mobilitätsrelevante Daten und Modellergebnisse räumlich und zeitlich analysiert werden. Dabei können mit Hilfe der Visualisierung Hintergrunddaten, welche Szenarien des Angebots im Verkehrssystem (z.B. Haltestellen als Punktinformation, Motorisierungsgrad als Choroplethenkarte) und des Siedlungssystems (z.B. Einwohnerdichte als Choroplethenkarte) beschreiben, in den Ebenen Raum und Zeit dargestellt werden. Zusätzlich erlaubt die interaktive Visualisierung auch die sich aus den verschiedenen prognostizierten Szenarien ergebenden Modellergebnisse (Quell- und Ziel-Modal Split als Tortendiagramm oder Choroplethenkarte, Quell-Ziel-Matrizen nach Verkehrsmittel als Spinne) mit den Siedlungssystemdaten zu überlagern und Systemverbindungen räumlich zu erkennen.

Die Ergebnisse der Domäne Mobilität können wie folgt zusammengefasst werden. Im Szenario Stagnation2 bleiben die Anteile des zu Fuß Gehens, des Fahrrads, des öffentlichen Verkehrs und des motorisierten Individualverkehrs mehr oder weniger konstant auf dem Niveau des Jahres 2015. Die Entwicklung der E-Mobilität kommt fast vollständig zum Erliegen. Aus einer für 2050 prognostizierten mittleren Fahrleistung von rund 70 Millionen E-Pkw-km/a ergibt sich eine Nachfrage nach Ladestrom von rund 16 GWh/a.

Im Szenario Business as Usual2 geht der Anteil des motorisierten Individualverkehrs leicht zurück. Ab etwa 2035 liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs unter 25 Prozent, im Jahr 2050 bei rund 24 Prozent. Die Anteile des zu Fuß Gehens und des öffentlichen Verkehrs steigen kontinuierlich an. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs liegt ab etwa 2040 über 40 Prozent und steigt bis zum Jahr 2050 nur mehr geringfügig an. Die E-Mobilität entwickelt sich etwas dynamischer. Aus einer für 2050 prognostizierten mittleren Fahrleistung von rund 330 Millionen E-Pkw-km/a ergibt sich eine Nachfrage nach Ladestrom von rund 70 GWh/a.

Im Szenario Klimaschutz2 nimmt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs deutlich stärker ab als in den beiden anderen Szenarien. Bereits etwa 2020 wird die 25 Prozent Marke erreicht, im Jahr 2050 liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs bei rund 22 Prozent. Die Anteile des zu Fuß Gehens und des öffentlichen Verkehrs steigen an. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs liegt ab etwa 2030 über 40 Prozent und erreicht im Jahr 2050 rund 42 Prozent. Der Anteil des zu Fuß Gehens steigt bis zum Ende der 2020er Jahre auf etwas über 30 Prozent an. Danach geht der Anteil des zu Fuß Gehens auf Kosten des öffentlichen Verkehrs wieder leicht zurück und liegt im Jahr 2050 knapp unter 30 Prozent. Die E-Mobilität entwickelt sich nochmals deutlich dynamischer. Aus einer für 2050 prognostizierten mittleren Fahrleistung von rund 1.600 Millionen E-Pkw-km/a ergibt sich eine Nachfrage nach Ladestrom von rund 350 GWh/a. Je nach Bezirk werden rund 24 bis 26 Prozent der Pkw-Wege elektrisch zurückgelegt.

Das Ziel eines Anteils des motorisierten Individualverkehrs im Jahr 2025 von weniger als 20 Prozent wird in keinem der drei URBEM-Szenarien erreicht (MAGISTRATSABTEILUNG 18 2014). Um dieses zu erreichen, scheint eine weitere Intensivierung der verkehrspolitischen Maßnahmen unbedingt notwendig.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- BEDNAR, T., BOTHE, D., Forster, J., FRITZ, S., HAUFE, N., KAUFMANN, T., EDER-NEUHAUSER, P., PFAFFENBICHLER, P., RAB, N., SCHLEICHER, J., WEINWURM, G., WINKLER, C. und ZIEGLER, M.: urbemDK ergebnisbericht, Doktratskolleg Urbanes Energie- und Mobilitätsmanagement, TU Wien, Wiener Stadtwerke Holding AG. Wien. 2016. [http://urbem.tuwien.ac.at/fileadmin/t/urbem/files/urbem\\_Ergebnisbericht\\_web.pdf](http://urbem.tuwien.ac.at/fileadmin/t/urbem/files/urbem_Ergebnisbericht_web.pdf)
- EMBERGER, Günter, PFAFFENBICHLER Paul: Von monomodalen Verkehrsmodellen hin zu einer dynamischen, multimodalen Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen Flächennutzung und Verkehr, in „Der Lehrer Knoflacher und die nächste



- Generation – Festschrift“, Beiträge zu einer ökologisch und sozial verträglichen Verkehrsplanung, Institut für Verkehrswissenschaften, TU Wien, S. 175-188, Wien, 2015.
- FORSTER, Julia: Strategische räumbezogene Visualisierung im Kontext der Innenentwicklung urbaner Siedlungs-, Energie- und Mobilitätssysteme am Beispiel der Stadt Wien, Dissertation, TU Wien, Wien, 2016.
- FORSTER, Julia, KAUFMANN, Thomas, BOTHE, Dominik, VOIGT, Andreas: Visual interactive support for cross-domain simulation and new information flows in early stage planning processes, AESOP Conference – Spaces of Dialog for Places of Dignity, Lissabon, 2017.
- MAGISTRATSABTEILUNG 18: STEP 2025 - Stadtentwicklungsplan Wien, Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. Wien, 2014a.
- MAGISTRATSABTEILUNG 18: STEP 2025 - Fachkonzept Mobilität, Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. Wien, 2014b.
- MAGISTRATSABTEILUNG 18: STEP 2025 - Detailkonzept E-Mobilitätsstrategie, Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. Wien, 2015.
- PFÄFFENBICHLER, Paul: MARS - Metropolitan Activity Relocation Simulator - A Systems Dynamics based Land Use and Transport Interaction Model, Verlag Dr. Mueller, Saarbruecken, 2008.
- PFÄFFENBICHLER, Paul: Anwendungskapitel Thema 8: “Strategische Modellbildung des Wiener Personenverkehrssystems in einer wachsenden Stadt – Folgen ausgewählter Maßnahmenbündel für Modal Split, Stadtentwicklung und Energiesysteme”, Urbanes Energie- und Mobilitätssystem Doktoratskolleg. Technische Universität Wien, Wiener Stadtwerke, Wien, 2017.
- SCHLEICHER, J., VÖGLER, M., FRITZ, S., ZIEGLER, M., KAUFMANN, T., BOTHE, D., FORSTER, J., DUSTDAR, S.: A Holistic , Interdisciplinary Decision Support System for Sustainable Smart City Design, International Conference on Smart Cities (SMART-CT 2016), Switzerland, 2016.
- SCHOLL, Bernd: Die Methode der Testplanung. Exemplarische Veranschaulichung für die Auswahl und den Einsatz von Methoden in Klärungsprozessen. In: Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung, 330-345. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 2011.
- SIMMONDS David: Review of Land-Use/Transport Interaction Models, David Simmonds Consultancy in collaboration with Marcial Echenique and Partners Limited, Reports to The Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, Department of the Environment, Transport and the Regions, London, 1999
- WEGENER, Michael: Overview of land-use and transport models, CUPUM03 - The 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Sendai, Japan, 2003.