

# DIGITALE ENERGIE- PLANUNG & OPTIMIERUNG URBANER REGIONEN

 DIM4Energy

 **AIT**  
AUSTRIAN INSTITUTE  
OF TECHNOLOGY

Herausforderungen, Best-Practice-Beispiele & Handlungsempfehlungen

## Impressum

AIT Austrian Institute of Technology  
Giefinggasse 6, 1210 Wien

### **Kontakt:**

Ralf-Roman Schmidt  
Senior Research Engineer  
Center for Energy, Integrated Energy Systems

T: +43(0) 50550-6695

E: [Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at](mailto:Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at)

W: [www.ait.ac.at/dim4energy/](http://www.ait.ac.at/dim4energy/)

### **Hauptautoren:**

Karl A. Berger, Stefan Hauer, Jan Peters-Anders, Ralf-Roman Schmidt, Anna Shadrina und Edmund Widl.

### **Mit Beiträgen von:**

Giorgio Agugiaro (TU Delft), Volker Coors (HFT Stuttgart), Alexander David (TU Wien), Simon Fallmann (CES), Gerald Forkert (UVM Systems), Johannes Fütterer (aedifion GmbH), Stefan Geier (BOKU, ehemals MA20), Herbert Hemis (MA20), Sebastian Kaiser (Build Informed), Josef Preier (Statistik Austria), Florian Stift (ATP sustain)

### **Grafik und Layout:**

Theresa Fink und Anna Shadrina

### **Druck:**

Facultas Verlags- und Buchhandels AG

### **Stand:**

Wien, Februar 2020

Dieser Leitfaden ist Ergebnis des Projekts DIM4Energy (Projektnummer 867315) gefördert durch das BMK im Rahmen der 5. Ausschreibung Stadt der Zukunft. „Stadt der Zukunft“ ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Es wird im Auftrag des BMK von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) abgewickelt.



# INHALTSVERZEICHNIS

1	Executive Summary	6
2	Einleitung	9
	Hintergrund des Projekts	
3	Digitale Informationsmodelle im Energiebereich	10
	Digitalisierung als wesentliches Element der Dekarbonisierung	
	Energieeffiziente und erneuerbare Städte und Quartiere	
4	Digitalisierung der Energieraumplanung in Wien	12
5	Aktuelle und absehbare Entwicklungen	20
	GWR: Das Gebäude- und Wohnungsregister der Statistik Austria	
	Der digitale Zwilling	
	Performance Evaluierung	
	Building Data	

6	Best Practice Beispiele	26
	Viega Seminarcenter in Attersee am Attersee Denkmalschutz in 3D: Museum in Innsbruck PV-Integration im Plus-Energie-Bürohochhaus TU-Wien Hotelprojekt in Salzburg Einsatz CityGML in Linz	
7	Das UIM als zentrales Element der digitalen Energieplanung	30
	Schema der DIM Anwendungen Urban Information Model und die Verwendung von CityGML Digitalisierung virtueller Stadtmodelle: CityGML und Energy ADE CityGML und Energy ADE am Beispiel Wien Meidling	
8	Use Cases	36
	Dynamischer Energieausweis, Perspektive Stadt Dynamischer Energieausweis, Perspektive Gebäude Planung und Optimierung von Wärmenetzen Lokale Energieplanung aus Sicht der PV	
9	Empfehlungen	54
	Prozesse Daten Softwaretools	
10	Glossar	60
11	Abkürzungsverzeichnis	61
12	Literaturverzeichnis	62

# 1 EXECUTIVE SUMMARY

Digitale Informationsmodelle (DIM) spielen in Planungs- und Entscheidungsprozessen sowie für die Betriebsoptimierung von Städten, Stadtteilen und Gebäuden eine immer bedeutendere Rolle, vom Building Information Modeling (BIM) bis hin zum Urban Information Modeling (UIM).

Dieser Leitfaden fasst die wesentlichen Ergebnisse des Projekts DIM4Energy zusammen, das auf digitale Informationsmodelle für die Planung und Optimierung von Gebäuden und urbaner Energieinfrastruktur fokussiert. Ein wichtiges Element zur Erstellung dieses Leitfadens war ein intensiver Stakeholderprozess mit Vertretern aus Industrie, Verwaltung und Forschung.

Zentrales Element der hier vorgestellten Vision ist ein UIM, das sowohl existierende Systeme, wie das Gebäude und Wohnungsregister (GWR)- oder BIM-Datensätze aus der Planung, umfasst. Es sieht auch eine zentrale Datenbank auf Basis des CityGML-Datenmodells [1] vor, die über Schnittstellen zu anderen Datenbanken und Tools verknüpft werden kann.

## Hierfür werden folgende Anwendungsfälle betrachtet

Der **dynamischer Energieausweis (dEAW)** (unterstützt durch virtuelle Gebäude- und Stadtmodelle) ermöglicht die Durchführung von flächendeckenden und gebäudescharfen Analysen, inkl. einem bidirektionalen Update von Anforderungen und statischen Planungswerten zu Realdaten zwischen UIM und BIM (dynamischer Energieausweis). **Aus der Perspektive des Gebäudes** betrifft das „as-built“ Modelle, die als Informations-Hub dienen, um statische Werte nach der Inbetriebnahme mit dem tatsächlichen Energieverbrauch zu ersetzen, bzw. zu vergleichen. Diese können „as-planned – as-built – as-used“ Daten repräsentieren und diese für eine Performance-Evaluierung zur Verfügung stellen sowie mittels Internet der Dinge (IoT)-Schnittstellen ein automatisches Feedback von Heizung, Lüftung, Klima (HLK)-Geräten und User-Interaktion ermöglichen.

Der **Mehrwert** digitaler Informationsmodelle ist das Feedback über die reale Gebäudeenergieeffizienz in Echtzeit, weiters sind derartige Modelle eine gute Basis für zukünftige Erweiterungen. **Aus der Perspektive der Stadt** können somit wesentliche Grundlagen für die Energieraumplanung erstellt werden, dieses inkludiert u.a. die Erstellung von Wärmekatastern für die Identifikation von Fernwärmeausbaubereichen, die Planung lokaler Energieerzeugung, wie durch Photovoltaik (PV) -Anlagen und die Identifikation von Sanierungszielbereichen.

Der **Mehrwert** digitaler Informationsmodelle liegt auf der einen Seite in der automatisierten Prüfung von Baumaßnahmen auf Konformität zu regulatorischen Rahmenbedingungen der Stadt. Auf der anderen Seite ermöglichen sie eine automatisierte Analyse des Gebäudestatus (Sanierungsbedürfnis, CO<sub>2</sub>-Bilanz) und die Generierung von Verbesserungsvorschlägen, auf Basis von konsistenten realen Gebäudedaten (Geometrie- und Energiedaten).

### **Die Planung und Optimierung von innovativen Wärmenetzen**

Niedertemperatur- und Anergienetze weisen eine hohe Effizienz, Flexibilität sowie hohe Potentiale für erneuerbare Energien auf. Herausforderungen liegen bei der höheren Komplexität bzgl. lokalem Verbrauch, Erzeugung und Speicherung sowie Regelung.

Der **Mehrwert** digitaler Informationsmodelle liegt in der Abstimmung unterschiedlicher Stakeholderinteressen und technischer Varianten durch die Integration von Berechnungs- und Simulationstools sowie dem Ermöglichen eines iterativen Abgleichs der Planungsprozesse von Netz, Wärmequellen und Gebäude, inkl. der automatisierten Berücksichtigung städtebaulicher Anforderungen. Die Nutzung einer konsistenten Datenbasis und der Kommunikationsschnittstellen ist eine wichtige Grundlage der Betriebsoptimierung.

**Lokale Energieplanung aus Sicht der PV** bezieht sich auf die Berechnung des realen Solarpotentials für Bestands- und Neubauten basierend auf realen Bedingungen und der Potentialanalyse der zur Verfügung stehenden Energie/Leistung für das Quartier.

Der **Mehrwert** digitaler Informationsmodelle ist hier, dass durch die Performance-Evaluierung ein optimales Solarpotential für Gebäude und Quartiere unter Berücksichtigung lokaler Randbedingungen erhoben werden kann. Darüber hinaus kann die Stadt (Bau)-Vorschriften und Vorgaben aus den Modellen ableiten.

## Handlungsempfehlungen

Abschließend werden zur Realisierung der genannten Mehrwerte übergreifende Handlungsempfehlungen in folgenden drei Dimensionen abgeleitet:

### Prozesse

- Die Einrichtung eines UIM als zentraler „Hub“ für den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Tools und Stakeholdern, das standardisierte Schnittstellen berücksichtigt und eine Möglichkeit für Drittanbieter eröffnet, Services anzubieten (siehe Tools).
- Der Übergang von statischen zu dynamischen Betrachtungen bei Planungs- und Optimierungsprozessen.
- Der iterative Abgleich des Gebäudeplanungsprozesses mit der Energieinfrastrukturplanung und den Vorgaben der Stadt basierend auf den digitalen Datenaustauschprozessen

### Daten

- Die Erfassung von Daten zum Gebäudebestand, inklusive Geometrien, bestehende Energiesysteme, Gebäudezustände, Materialien etc. sowie Monitoringdaten des Energiebedarfs und Nutzungsprofile.
- Die Erarbeitung eines umfassenden Metadatenkatalogs zu allen erfassten und verarbeiteten Daten, der die Nachvollziehbarkeit der Inhalte, die Qualität und die Identifikation ermöglicht.

- Die Erfassung von Daten zur (lokalen) Energieerzeugung und Speicherung, inklusive Abwärme, Erdwärme, Kleinwindkraft, Solarkataster und lokale Speicherpotentiale.
- Analyse, (Weiter-) Entwicklung und Validierung neuer bzw. ergänzender Datenformate (Gebäude: Fokus openBIM, Stadt: Fokus CityGML und ADEs).
- Definition eines UIM-Datenmodells inkl. der Schnittstellen zu schon existierenden städtischen und nationalen Datenbanken (Statistik Austria, Stadtverwaltungen, Bund, Energieversorger, Netzbetreiber).

### Softwaretools

- Die Entwicklung und Implementierung von Algorithmen und Funktionalitäten zur Aggregation von Daten und Anonymisierung sowie Zugriffsberechtigung.
- Die (Weiter-)Entwicklung von Tools zur Unterstützung von Planungsprozessen bzgl. dynamischer Prozesse, Szenarienanalysen und Risikomanagement sowie Änderungsmanagement.
- Die (Weiter-)Entwicklung von Berechnungs- und Simulationstools für Gebäudeenergiebedarf sowie lokale Energiepotentiale.

## 2 EINLEITUNG

### 2.1 Hintergrund des Projekts

Dieser Leitfaden ist das Ergebnis des Projekts DIM4Energy, ein Projekt im Rahmen des Programms „Stadt der Zukunft“, das von September 2018 bis Dezember 2019 gelaufen ist. Ziel des Projekts war eine Analyse der Herausforderungen und Möglichkeiten, die sich durch den Einsatz von digitalen Informationsmodellen (DIM) für die integrierte Planung und den optimierten Betrieb von Plus-Energie-Quartieren ergeben und die Erstellung des gegenständlichen Leitfadens. Hierbei sollte aufgezeigt werden, wie BIM-Modelle im Kontext von virtuellen Stadtmodellen (UIM) in Planungs- und Betriebsprozesse eingebunden werden können. Das Projekt wurde von der Wiener Magistratsabteilung für Energieplanung (MA20) unterstützt.

Folgende Anwendungsfälle liegen im Fokus der Betrachtungen

- Dynamischer Energieausweis:  
Perspektive Gebäude
- Dynamischer Energieausweis:  
Perspektive Stadt
- Planung und Optimierung von innovativen  
Wärmenetzen
- Lokale Energieplanung aus Sicht der PV

Ein zentrales Element zur Erstellung dieses Leitfadens war ein Stakeholderprozess mit VertreterInnen der österreichischen Bau- und Energiewirtschaft (Architekten, Gebäudebetreiber, Ingenieurbüros, Energieversorger, Softwarehersteller), Verwaltung (BMK, Statistik Austria, verschiedene Magistratsabteilungen der Stadt Wien und Salzburg) und aus der angewandten Forschung. Im Rahmen des Projekts fanden im Jänner und im Juni 2019 zwei Workshops am AIT Austrian Institute of Technology statt, bei denen über 40 TeilnehmerInnen die Ziele und Herausforderungen hinsichtlich DIM-basierter Anwendungen für Österreichs Energieplanung der Zukunft diskutierten, inklusive Datenformate, Werkzeuge und Prozesse. Weiters wurden wesentliche Empfehlungen zur Zukunft der digitalen Energieplanung diskutiert und priorisiert. Zusätzlich wurden Interviews mit relevanten AkteurInnen durchgeführt und aktuelle Beiträge aus der Praxis gesammelt, die in diesen Leitfaden eingeflossen sind.



Foto: Getty Images

# 3 DIGITALE INFORMATIONSMODELLE IM ENERGIEBEREICH

## 3.1 Digitalisierung als wesentliches Element der Dekarbonisierung

Österreich bekennt sich im Rahmen der Klima- und Energiestrategie Mission2030 [2] zu den internationalen Klimazielen. Die Digitalisierung wird hierbei als eine Schlüsselfunktion für die Dezentralisierung, Flexibilisierung und effiziente Nutzung von Energie und Mobilität genannt. Dies betrifft neben der Steuerung und Regelung von integrierten Energiesystemen auch neue, zukunftsfähige Geschäftsmodelle. Langfristig wird die Verknüpfung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität ins Zentrum der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)-gestützten Optimierung des Energie- und Mobilitätssystems rücken. Zwei Schlüsselemente im Rahmen der Mission2030 sind Plus-Energie-Quartiere und integrierte regionale Energie Systeme, die bis zu 100 % Energie aus erneuerbaren, lokalen Quellen nutzen. Weiters wird die überregional koordinierte und vorausschauende Energieraumplanung als wesentliches Instrument genannt, um lokale Energien sowie Kraft-Wärme-Kopplung und die Einspeisung von Abwärme aus Produktionsbetrieben zu maximieren. In diesem Zusammenhang sollen z.B. verfügbare Flächen bei Gebäuden (insbesondere Neubau und Sanierung) für gebäudeintegrierte Photovoltaik (GIPV) bestmöglich genutzt werden.

Im Umsetzungsplan für die Energieforschungsinitiative der österreichischen Klima- und Energiestrategie [3] werden neben industriellen Energiesystemen (nicht Fokus dieses Leitfadens) die Schwerpunkte „Plus-Energie-Quartiere“ und „integrierte regionale Energiesysteme“, der Mission2030 aufgegriffen und hierbei u.a. folgende Innovationsaktivitäten gesetzt: innovative Planungs- und Testtools für Gebäudecluster und Quartiere sowie planerische und räumliche Methoden für Fernwärme- (und Fernkälte-)Ausbau-szenarien insbesondere in Verbindung mit Energieraumplanungsprozessen und einem intelligenten Datenmanagement.

### 3.2 Energieeffiziente und erneuerbare Städte und Quartiere

Die Implementierung von energieeffizienten und erneuerbaren Städten und Stadtteilen ist ein komplexer und kostenintensiver Prozess. Der Abstimmungsaufwand zwischen den beteiligten Stakeholdern ist dabei sehr hoch, unter anderem weil eine große Menge an Daten zielgerichtet und zeitgerecht für jeden Stakeholder erhoben und bearbeitet werden muss. Dabei sind vorhandene Datenbanken, Softwaretools sowie Standards zu berücksichtigen.

In Planungs- und Entscheidungsprozessen sowie für die Betriebsoptimierung von Energiesystemen spielen digitale Informationsmodelle eine immer bedeutendere Rolle, angefangen bei einzelnen Gebäuden bis hin zu ganzen Städten. Aus diesen Modellen können wertvolle Informationen gewonnen werden, sofern die entsprechenden Datenquellen und damit verbundenen Softwaretools richtig miteinander verknüpft werden. Internationale Beispiele wie Singapur (digitale Einreichung via BIM seit 2013) nehmen hier Vorreiterrollen ein, in Österreich setzt Wien bislang noch die meisten Aktivitäten in diesem Bereich (siehe nächster Abschnitt).

Foto: City Intelligence Lab (CIL) des AIT. Quelle: APA-Fotoservice/Hinterramskogler



# 4 DIGITALISIERUNG DER ENERGIERAUMPLANUNG IN WIEN

In den letzten Jahren wurde in Wien mit der Energieraumplanung ein neues Planungsfach auf der Grundlage des STEP 2025 [4, p. 57] aufgebaut. Dabei werden die energierelevanten Anforderungen, Ziele und auch Synergien der Stadtplanung und Energieplanung zusammengeführt. Eine gute Datengrundlage und damit verknüpftes interdisziplinäres Datenmanagement ist dafür notwendig. Diese Daten und deren fortlaufende Weiterentwicklung werden Teil des Planungsprozesses. Sie erleichtern die Entscheidungen, für jedes Gebiet und jede Liegenschaft das passende Energieversorgungssystem zu finden oder anzupassen.

**Gastbeitrag Stefan Geier, BOKU Wien -  
Institut für Raumplanung, Umweltplanung und  
Bodenordnung und Herbert Hemis, Stadt Wien  
- Energieplanung**

Mit Energieraumplanung wird versucht, die Energiefragen in den Fokus der Stadt- bzw. Raumplanung zu rücken und dem Thema mehr Relevanz zu geben, damit die Energieversorgung von Gebäuden und Quartieren von Anfang an mitgedacht und mitgeplant werden kann.

Während im Gebäudebereich viele Daten, Modelle und Berechnungstools vorhanden sind, steht für die Energieraumplanung noch wenig zur Verfügung. Vor allem bei den Grunddaten, den Berechnungstools sowie einheitlichen Standards besteht für die Energieraumplanung erheblicher Entwicklungsbedarf, um die wichtige Planungsphase vor der Gebäudeplanung abdecken zu können. Gerade in dieser Phase können und werden zentrale Entscheidungen getroffen welche die Weichen für das zukünftige Energiesystem stellen, wie die nachfolgende Abbildung zeigt.

Die Energieraumplanung in Wien setzt in einem ersten Schritt den Fokus auf die „Wärmeversorgung“. Der Bedarf an Wärme für Heizung und Warmwasser stellt einen großen Anteil des gesamten Energieverbrauchs. Die Wärmeversorgung wird überwiegend über teure Infrastruktur wie Fernwärme oder Gas bereitgestellt sowie dezentral erzeugt. All diese Aspekte weisen einen räumlichen Bezug auf und können daher auch mit Instrumenten der Raumplanung beeinflusst werden.

Durch vorausschauende Energieraumplanung lassen sich erneuerbare Energien, Abwärme und effiziente Lösungen wesentlich leichter und kostengünstiger und dadurch konkurrenzfähig zu fossilen Lösungen umsetzen.

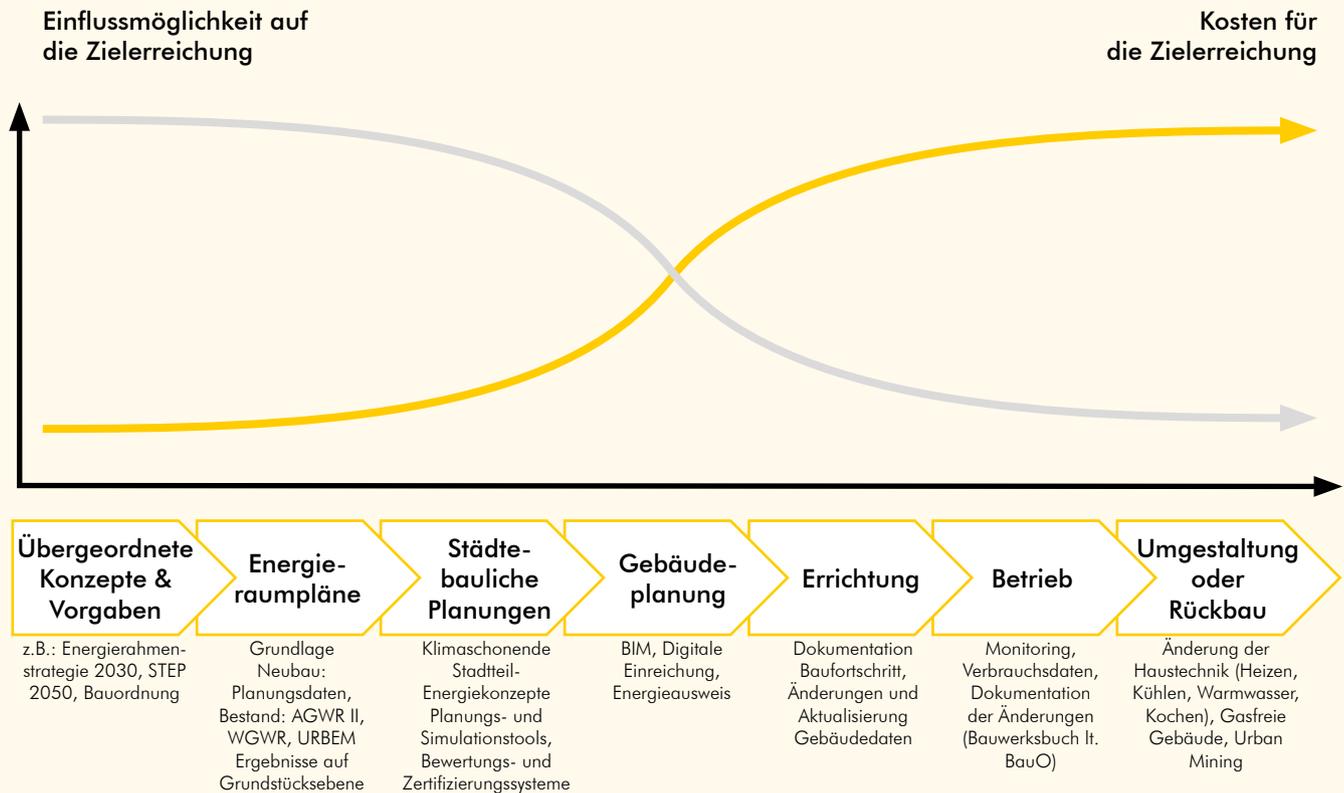


Abbildung: Einflussmöglichkeiten und Kosten bei der Zielerreichung von Planungsprojekten und notwendige Gebäude- und Energiedaten  
 Quelle: AIT nach Darstellung von BOKU und MA20

### Open Government Data

Open Government Data (OGD) bedeutet, dass eine Stadt, ein Bundesland oder der Staat Zahlen und Daten, die in der Verwaltung erhoben werden, öffentlich zur Verfügung stellt. Mehrere hundert Datensätze geben in Wien z.B. detailliert Auskunft über Einbahnen, Echtzeitinformationen der Wiener Linien, historische Luftbildaufnahmen, Messdaten von Luftschadstoffen oder WLAN Standorte, um nur einige Bereiche zu nennen [12].

## Die wesentlichen Aufgaben der Energieraumplanung [5]

- Effiziente Nutzung von Fern- und Nahwärmenetzen
- Optimale Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energieträgern
- Vorschläge für Stadtverdichtung und Stadtentwicklung aus Sicht der Energieversorgung, räumliche Schwerpunkte für Sanierungsmaßnahmen
- Vorschläge für optimierte energetische Lösungen aus Sicht der Energieplanung und Unterstützung für PlanerInnen in den verschiedenen Stufen des Planungsprozesses

Ein wichtiger Ausgangspunkt für die Entwicklung der Energieraumplanung war die Aufbereitung der rechtlichen Grundlagen [6] und daraus abgeleitete Handlungsmöglichkeiten. Dabei ist eines sehr klar geworden: In der Energieraumplanung sind gute Datengrundlagen nicht nur hilfreich, sondern unbedingt erforderlich um weitreichende Eingriffe in das Energiesystem rechtfertigen zu können.

*„Auch aus verfassungsrechtlicher Sicht kommt der Grundlagenforschung (Anmerkung: gemeint sind Datengrundlagen) ein erheblicher Stellenwert in der Energieraumplanung zu: Wenn über Widmungsfestlegungen oder durch die Aushandlung von privatrechtlichen Verträgen, räumlich differenzierte Vorgaben gemacht werden sollen (z.B. unterschiedliche Mindestanteile erneuerbarer Energien für die Wärmeversorgung), dann müssen diese Differenzierungen im Lichte des Gleichheitssatzes sachlich gerechtfertigt sein.*

*Die sachliche Rechtfertigung energieplanerischer Festlegungen könnte durch eine entsprechende Erhebung lokaler Energiepotenziale und die Erstellung einer raumbezogenen Energiestrategie sowie durch daran anknüpfende stadtteilbezogene Energiekonzepte dargelegt werden.“ [6] S. 80.*

Die Grundlagenforschung betrifft die Aufbereitung fachlicher Grundlagen die überwiegend auf entsprechenden Daten basiert.

Parallel zu dieser rechtlichen Analyse wurde im Zuge des EU H2020 Projekts URBAN LEARNING (2015-2017, [7]) die Anknüpfungspunkte von Energie in den einzelnen Schritten des Stadtplanungsprozesses identifiziert. Das Ergebnis waren einerseits Planungsprozessgrafiken mit der Integration von Energie in den geeigneten Phasen der Stadtplanung (z.B. in Wettbewerben oder Entwicklung städtebaulicher Leitbilder bevor das Widmungsverfahren startet). Andererseits auch die Übersicht der dafür einsetzbaren Instrumente. Alle teilnehmenden europäischen Städte waren sich jedoch einig, dass Daten eine wesentliche Rolle spielen um evidenzbasierte Entscheidungen zur Energieversorgung treffen zu können. Die in dem Projekt entstandenen Netzwerke innerhalb der Stadt waren wesentlich für die Weiterentwicklung der Energieraumplanung.

## Instrumente und Konzepte für die Energieraumplanung

Den Überbau für die Energieraumplanung in Wien bildet das Fachkonzept Energieraumplanung als Teil des Stadtentwicklungsplan 2025 (STEP 2025). Darin werden neben den Zielen und Aufgaben der Energieraumplanung auch deren Instrumente und mögliche Maßnahmen beschrieben und durch den Beschluss des Gemeinderates in der Politik und Verwaltung verankert.

Mit der Novelle der Wiener Bauordnung 2018 (LgBl. Nr. 37/2018) [8] wurden die **Ziele in der Bauordnung [4], S101**, welche in Wien den Rahmen für die Raumplanung vorgeben, in Bezug auf Klima- und Energieziele erheblich erweitert. Dadurch wird die Berücksichtigung von klima- und energierelevanten Aspekten in städtebaulichen Planungsprozessen und städtebaulichen Verträgen als privatrechtliche Vereinbarung ermöglicht.

Zudem wurde im Zuge dieser Novelle die Möglichkeit zur Festsetzung von **Energieraumplänen** geschaffen. Dieses Raumplanungsinstrument ermöglicht erstmals eine räumliche und langfristige Koordination und Steuerung des Energiesystems durch die Festlegung von sogenannten "Klimaschutzgebieten" [9]. Für jeden Wiener Gemeindebezirk werden Gebiete festgelegt, in denen im Neubaufall nur hocheffiziente Energiesysteme verwendet werden dürfen. Eine Lösung mit fossilem Gas ist in diesen Gebieten somit ausgeschlossen. Diese Energieraumpläne sind Verordnungen wie der Flächenwidmungs- und Bebauungsplan und somit verbindlich für alle Bauwerber.

Ein weiteres wichtiges Instrument für die Energieraumplanung sind die **klimaschonenden Stadtteilenergiekonzepte für Neubaugebiete** [5], S. 102. Dadurch soll in einer strukturierten Vorgehensweise im Zuge von städtebaulichen Planungen mit allen relevanten Beteiligten die Ausrichtung und die Ziele eines zukünftigen Energiesystems für neue Stadtteile erarbeitet und festgelegt werden.

## Aufbau der Energieraumplanung in Wien

Neben dem organisatorischen Aufbau in der Verwaltung und der Aufbereitung der rechtlichen Grundlagen für die Energieraumplanung wurde ein besonderes Augenmerk auf die Datengrundlagen gelegt. Wurden für energieplanerische bzw. energiepolitische Entscheidungen bisher nur statistische Daten aggregiert auf Stadtebene verwendet, ist für die Energieraumplanung die „richtige“ räumliche Auflösung entscheidend. Die "richtige" Auflösung ist von der jeweiligen Fragestellung abhängig. Ein räumlich hierarchisch gegliedertes Datenmodell ermöglicht die Aggregation der Angebots- und Nachfragedaten von Gebäude-, Baublock-, Stadtteil- bis zur Stadtebene. Die für die Energieraumplanung notwendigen Datengrundlagen kommen im Wesentlichen aus drei Bereichen: Nachfrageseite, Angebotsseite und Infrastruktur. Diese sind im folgenden Analyseansatz dargestellt (siehe Abbildung „Analyseansatz der Energieraumplanung in Wien“).



Abbildung: Analyseansatz der Energieraumplanung in Wien [5], S. 79, Quelle. Stadt Wien, MA20

## Angebotsseite

Bisher wurden von Seiten der Stadt Wien sehr viele Grundlagenarbeiten für die Darstellung der erneuerbaren Potentiale geleistet. Derzeit sind folgende Daten verfügbar:

- Solarpotenzialkataster (wird 2020 überarbeitet)
- Erdwärmepotenzialkataster (thermische Grundwassernutzung, Erdwärmesonden 30m/100m/200m – ein Update wird 2020 bereitgestellt)
- Windpotenzialkataster
- Aggregiertes Abwärmepotenzial.
- Abwasserpotenzialkataster (wird 2020 bereitgestellt)

Diese Daten werden regelmäßig erneuert und als Open Data zur Verfügung gestellt.

## Exkurs Abwärme

Vergleichsweise weniger Wissen gibt es bezüglich lokaler Abwärmepotentiale: Abwärme fällt in lokalen Punktquellen an und kann aus betrieblichen Produktionsprozessen, aus Dienstleistungsbetrieben (z.B. Datencenter) oder aus dem städtischen Kanalnetz stammen. Sie kann dabei auf hohem oder auf niedrigem Temperaturniveau, in großen oder kleinen Mengen anfallen. All diese Faktoren zu kennen, ist die Voraussetzung, um – mittels einer technisch-ökonomischen-Vor-Ort-Analyse – beurteilen zu können, ob eine Nutzung der Abwärme für die Nachbarschaft (z.B. für Einzelgebäude oder Neubauquartiere) oder für die Einspeisung ins Fernwärmenetz sinnvoll sein könnte.

## Onlinestadtplan und OGD

Diese raumbezogenen Energiedaten sind in [10] beschrieben und in [11] ersichtlich. Zudem liegen diese Daten auch als Open Government Data (OGD) [12] vor und sind uneingeschränkt verwendbar.

## Nachfrageseite

Die gesamte Nachfrage für Energie – v.a. für Wärme (Raumwärme und Warmwasser) kann modellhaft entwickelt werden. Im Rahmen des EU Projekts SMARTER TOGETHER [13] wurden 2017 für ein Teilgebiet von Simmering und Floridsdorf energierelevante Daten aufbereitet. Die Nachfrage wurde durch ein Modell ermittelt, das sich auf das Baualter, die Hauptnutzung und die Geometrie der einzelnen Gebäude bezog. Dieses Modell wurde zu einem sogenannten "Gebäudeparkmodell"\*\*\* gemeinsam mit der Technischen Universität Wien weiterentwickelt und auf ganz Wien ausgerollt. Darin wurden alle verfügbaren Gebäudedaten zusammengeführt, um einen flächendeckenden Datenbestand mit bestmöglicher Datenqualität zu erreichen. Für jedes Gebäude wurde anhand des Baualters, der Kompaktheit und der Nutzung der wahrscheinliche Heizwärmebedarf ermittelt. Tatsächliche Verbrauchsdaten für Wärme standen bisher nicht zur Verfügung, sind aber im Sinne der Weiterentwicklung der Daten für eine Kalibrierung der Modelle unumgänglich. Dies ist vor allem auch hinsichtlich des fehlenden Wissens zum aktuellen Zustand der Gebäude (durchgeführte Sanierungen) und der tatsächlichen Art der Energieversorgung von besonderer Bedeutung.

In Wien wurde 2019 die „digitale Baueinreichung“ [14] und das Wiener Gebäude- und Wohnungsregister (WGWR, [15]) eingeführt. Dadurch soll der Aufwand

zur Erhebung von Gebäudedaten (zumindest von Neubauten) reduziert und die Datenqualität erhöht werden. Die erhobenen Daten sollen gemeinsam mit den Daten aus dem Energieausweis zur Verbesserung der Nachfragemodelle dienen.

## Exkurs Wärmenachfragemodelle

Im Zusammenhang mit Wärmenachfragemodellen wird oftmals nicht zwischen Bedarfsmodellen und Verbrauchsdaten unterschieden. Die Anwendbarkeit für die unterschiedlichen Planungsschritte und -ebenen ist jedoch höchst unterschiedlich sowie die generelle Verfügbarkeit und Fragen des Datenschutzes und Wettbewerbsrecht. Nachfragemodelle werden von der Gebäudeebene auf Baublöcke oder Rasterzellen aggregiert um Aussagen zur Wärmedichte zu erhalten. Diese Wärmedichte ist wesentlich für die Netzplanung. Die Entwicklung der Wärmedichte kann mit Szenarien hinterlegt werden. In diesem Zusammenhang werden Gebäudedaten (Fläche, Heizwärmebedarf, Nutzung) auch zu Energiedaten.

## Infrastruktur

Der Bereich Infrastruktur umfasst in diesem Kontext die technischen Einrichtungen zur Energieversorgung. Das sind in erster Linie die leitungsgebundenen Energieträger Fernwärme (Fernkälte) / Nahwärme und Gas. Auch die weiteren dezentralen Energieversorgungssysteme auf Ebene der Gebäude wie Pelletskessel oder Wärmepumpen sind Teil der Infrastruktur. Die tatsächliche Versorgung der einzelnen Gebäude ist überwiegend nicht bekannt. Vor allem ist dies bei Gebäuden der Fall, die keine leitungsgebundene Energieversorgung aufweisen oder mehrere Systeme gleichzeitig verwenden.

\*\*\* Der Begriff Gebäudeparkmodell kommt aus der Schweiz und meint abgestimmte Gebäudedaten, welche hinsichtlich einer Nachfrageberechnung und -prognose zu einem Modell aufbereitet wurden.

## Ausblick

Zur Ermöglichung bzw. Erleichterung der Datenerfassung – z.B. Datenübermittlung durch Energieversorger/Netzbetreiber und Betriebe – und zu ihrer Weiterverarbeitung und Veröffentlichung (Basis für Planungen und Entscheidungen von städtischen Dienststellen, Energieplanern und -versorgern) gilt es, die bundes- oder landesgesetzlichen Rechtsgrundlagen zu prüfen. Darunter fallen Daten zu den verwendeten Energiesystemen und den Verbräuchen auf Gebäudeebene. Beispielsweise könnten landesspezifische Raumordnungs-, Energieeffizienz- oder Klimaschutzgesetze eine geeignete Basis dafür bieten. Ein Beispiel aus Deutschland zeigt, wie eine Datenbereitstellungspflicht für Energieversorger gesetzlich geregelt werden kann (§ 26 Berliner EnergieeinsparG). Zudem ist eine ausreichende rechtliche Basis für die Verwendung der Daten durch Gemeinden und Länder für die erforderlichen Zwecke zu schaffen.

In der Stadt Wien läuft seit einigen Jahren der Aufbau einer Daten Governance Organisation (Data Excellence), welche organisatorische und inhaltliche Strukturen für die offene, harmonisierte und strukturierte Datensammlung, -verarbeitung und verwendung quer durch die Verwaltung zum Ziel hat. Das umfasst auf der einen Seite eine umfangreiche Organisation mit klaren Zuständigkeiten (Data Stewards und Data Experts nach Themenbereichen) und entsprechenden Schulungen. Auf der anderen Seite erfolgt eine Strukturierung der gesamten Daten durch ein sogenanntes Metadatentool und einer zentralen Bereitstellung. Insgesamt entsteht daraus ein Mehrwert für die Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen sowie Wissenschaft und Forschung, da immer mehr Daten der Verwaltung mit steigender Qualität zur Verfügung stehen und miteinander

verknüpft werden können unter Berücksichtigung aller rechtlichen Vorgaben. Möglichst alle Nutzerinnen und Nutzer werden dabei mit einbezogen und die Daten auf die jeweiligen Anwendergruppen zugeschnitten und verständlich aufbereitet.

**Erst wenn Daten zu maßgeschneiderten Informationen für die jeweiligen AnwenderInnen werden, entsteht ein Mehrwert.**

Zum Thema Digitalisierung in der Energieraumplanung laufen unter anderem folgende wegweisende Projekte mit Beteiligung der Stadt Wien:

### Enerspired Cities

Ziel ist die Entwicklung eines Konzeptes für einen offenen und harmonisierten Zugang zu Daten für die räumliche Energieplanung. Der Fokus liegt dabei auf dem Aufbau eines entsprechenden Datenkatalogs, der alle wesentlichen Metadaten enthält [16].

### Spatial energy planning

Ziel dieses Projekts [17] ist die Entwicklung aller notwendigen Grundlagen für die Umsetzung von räumlicher Energieplanung für die Wärmewende in ausgewählten Verwaltungsprozessen von sieben Demogemeinden und den drei Pilotregionen Steiermark, Wien und Salzburg. Spatial energy planning ist eingebettet in das **Green Energy Lab** [18]. In diesem Projekt wird ein Wärmeatlas entwickelt, der alle wesentlichen Informationen für Eigentümer, Entwickler und PlanerInnen bezüglich Wärmeversorgung in anschaulicher Art und Weise bündelt. Auch für Gemeinden und Bezirke werden energierelevante Informationen gesammelt aufbereitet. Diese Informationen sollten den Lebenszyklus von Gebäuden und Energiesysteme integrieren. Auch der Datenfluss sollte darauf abgestimmt sein wie folgende Grafik verdeutlicht.

## Exkurs Digitalisierung

Für eine zielgerichtete Digitalisierung werden maschinenlesbare Daten benötigt, welche eindeutig identifiziert werden können. Die Register der öffentlichen Verwaltung als auch Gebäudedaten aus der Vermessung bilden eine wesentliche Grundlage (z.B. Adressregister). Das Potential dieser Daten entsteht vor allem durch eine räumliche Verknüpfung.

Die Weiterentwicklung dieser Daten und fortlaufende Verschneidung erfordert eine entsprechende Data Governance. Dabei werden einerseits die erforderlichen Ressourcen und Strukturen sowie Verantwortlichkeiten festgelegt. Andererseits wird auch auf die Definition und Pflege der damit verbundenen Metadaten geachtet.



Abkürzungen:

BIM = Building Information Modelling

FIWARE = Framework von Open-Source-Plattformkomponenten

WGWR = Wiener Gebäude & Wohnungsregister

URBEM = Urbanes Energiemodell

Abbildung: Entwurf für einen optimierten Lebenszyklus von Gebäude- und Energiedaten für die Energieraumplanung, Quelle: AIT nach Inhalten der BOKU

# 5 AKTUELLE UND ABSEHBARE ENTWICKLUNGEN

Die im Folgenden dargestellten absehbaren Entwicklungen bilden die Grundlage für die weiter unten vorgestellten, teils österreichspezifischen DIM4Energy Konzepte.

## GWR: Das Gebäude- und Wohnungsregister der Statistik Austria

**Gastbeitrag Josef Preier, Statistik Austria**

Ein grundlegendes und in Österreich etabliertes digitales Informationsmodell ist das nationale Gebäude- und Wohnungsregister (GWR), das die Statistik Austria seit dem Jahr 2004 im Echtbetrieb führt [19].

Die Erstbefüllung des Registers erfolgte anhand von Bestandsdaten der Gebäude- und Wohnungszählung (GWZ) 2001, der Baumaßnahmenstatistik nach der GWZ 2001, des früheren Gebäudeadressregisters der Statistik Austria (ohne Strukturdaten), sowie der Grundstücksdatenbank/ Digitalen Katastralmappe und dem Zentralen Melderegister (ZMR). Das System wird ständig nachgeführt, der ab 2010 neu in das System eingebrachte Gebäudebestand (Neuerichtungen, An-, Auf- und Umbauten) weist einen hohen Grad an Vollständigkeit und Vollständigkeit auf.

Bei Gebäuden mit Errichtungsdatum vor 2010 ist die Aktualität nicht immer über den gesamten Datensatz gleich, da Bestandsgebäude nur bis 2001 in einer österreichweiten GWZ erfasst wurden und die Nacherfassungen fehlender Merkmale bei Bestandsgebäuden durch die Gemeinden nur im Anlassfall – d.h. wenn eine Änderung des Datensatzes (Adresse, Gebäude, Nutzungseinheit) durchgeführt wird - erfolgt.

Die Wartung des Datensatzes obliegt primär den Gemeinden, in geringerem Ausmaß den Bezirkshauptmannschaften (soweit bei diesen in Wahrnehmung der ihnen übertragenen Aufgaben der örtlichen Baupolizei Daten anfallen) und eingeschränkt dem Bund (im Falle jener Gebäude, welche im Eigentum des Bundes stehen bzw. durch diesen genutzt werden). Die Datennachführung erfolgt im Rahmen des Verwaltungshandelns der Gemeinde (v.a. Baumaßnahmen). Das GWR enthält etwa vor allem Informationen hinsichtlich der Adressierung und Strukturdaten der Gebäude und wird monatlich angereichert durch die Anzahl der Meldefälle pro Gebäude und Nutzungseinheit aus dem zentralen Melderegister. Jede Adresse, jedes Gebäude und jede Nutzungseinheit verfügt im Register über eine österreichweit eindeutige Identifikationsnummer. Der Lebenszyklus eines Gebäudes beginnt im GWR mit der Erfassung der Baubewilligung und endet mit dem Abbruch. Die in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellten Merkmale sind im GWR erfasst.

## Adresse

Ortschaft	Straße	PLZ	Zustellort	Hausnummer	Katastralgemeinde	Grundstücksnr.	Koordinaten
-----------	--------	-----	------------	------------	-------------------	----------------	-------------

## Gebäude

<b>Gebäudeadresse</b>	Gebäudeunterscheidung; Gebäudeeigenschaft; Katastralgemeinde; Grundstücksnr., Koordinaten
<b>Bauperiode</b>	
<b>Eigentübertyp</b>	
<b>Flächen/Höhen</b>	überbaute Grundfläche; Bruttogrundfläche; Nettogrundfläche; Gebäudehöhe
<b>Geschosse</b>	Geschossart; Anzahl ober-/unterirdisch; Bruttogrundfläche pro Geschoss; Nettogrundfläche pro Geschoss; Geschosshöhe; Bauweise
<b>Ver- und Entsorgung</b>	Trinkwasser; Elektrizität; Niederschlagswasser; Abwasser; Gas; Abfall
<b>Beheizung</b>	Wärmebereitstellungssystem; Betriebsweise; Brennstoff; Wärmeabgabesystem
<b>Warmwasseraufbereitung</b>	
<b>Belüftung</b>	
<b>Energiekennzahl</b>	

## Nutzungseinheit

<b>NTZ-Adresse</b>	Tür- od. Topnummer; Lage
<b>Nutzungsart</b>	
<b>Flächen / Höhen</b>	Gebäudeebene; Nutzfläche; Raumhöhe; Anzahl Räume
<b>Ausstattung</b>	Badezimmer, Dusche; WC; Küche, Kochnische; Wasserauslass
<b>Rechtsverhältnis</b>	
<b>Beheizung</b>	Wärmebereitstellungssystem; Brennstoff; Wärmeabgabesystem
<b>Warmwasseraufbereitung</b>	
<b>Belüftung</b>	
<b>Energiekennzahl</b>	

Abbildung: Merkmale der GWR Datensätze [19]

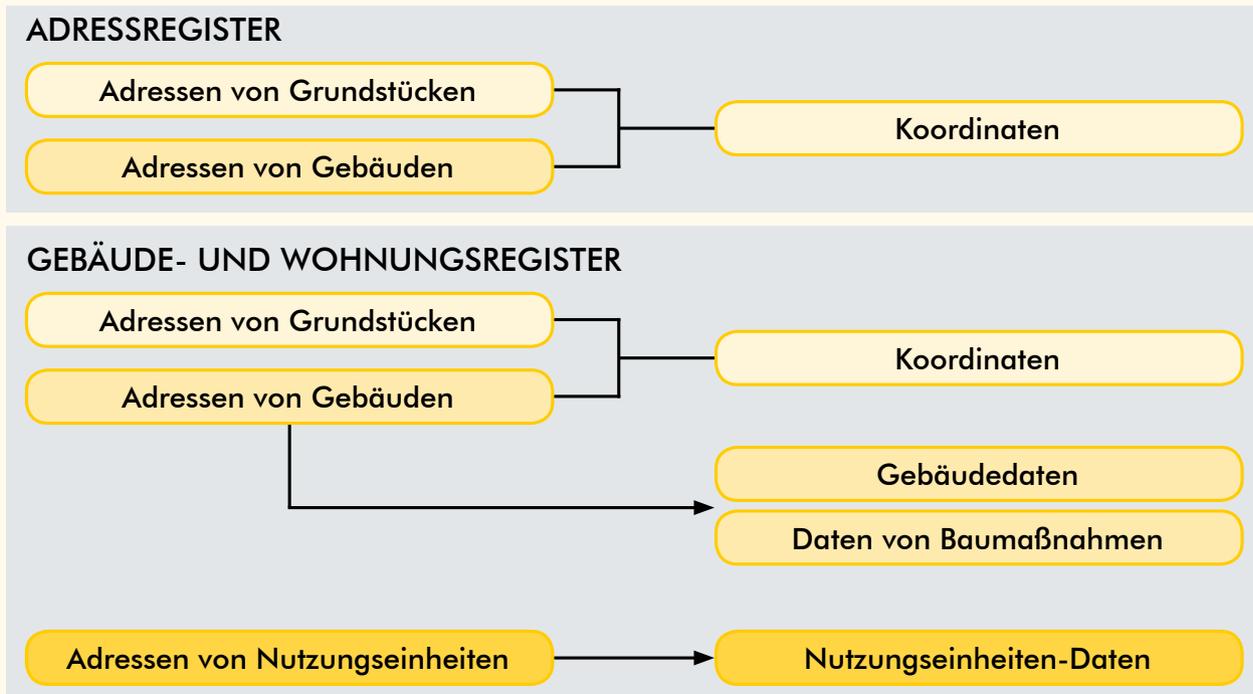


Abbildung: Adress-GWR-Online [19]

Das GWR wird von den unterschiedlichsten nationalen Ministerien und Behörden genutzt, ist online für diese verfügbar und dient vor allem als Plattform für den Datenaustausch. Prozess- und thematische Daten sollen zusätzlich in Satellitenregistern geführt werden (z.B. die Energieausweisdatenbank), welche über die Schlüsselattribute (Adresscode, Objektnummer, Nutzungseinheitenlaufnummer) mit dem GWR verknüpft werden, um die eindeutige Zuordnung zu einem spezifischen Objekt – auch in Fällen von Änderungen (z.B. Adressänderung etc.) - zu gewährleisten. Dabei werden vorgenommene Änderungen auch historisiert.

Eine große Herausforderung besteht beim Arbeiten mit dem Adress-GWR (A-GWR) in der unterschiedlichen Adresslogik: Das A-GWR definiert ein Gebäude durch seine Zugangsadresse, aber nicht durch das Bauobjekt selbst. Zusätzlich ist diese Zugangsadresse in vielen Fällen nicht ident mit der Zugangsadresse des Grundstücks, so kann ein Gebäude mit z.B. drei Stiegen drei Adressen aufweisen. Dies führt dazu, dass die Koordinaten eines Adresspunktes oft außerhalb der Bauobjekte liegen. Eine räumliche Zuordnung der A-GWR Informationen zu den einzelnen Gebäudepolygonen ist daher momentan nur durch aufwendige GIS Operationen herstellbar. Auch aus diesem Grund wäre ein UIM als konsolidiertes Modell, das alle relevanten IDs zur Verknüpfung externer Daten beinhaltet, von großem Nutzen.

## Der digitale Zwilling

Das Konzept eines digitalen Zwillings stammt aus der industriellen Fertigung und beschreibt die Sammlung von physikalischen Modellen innerhalb einer Simulationsumgebung, sowie Algorithmen, statische Daten und Betriebsdaten sowie allgemeines Betriebswissen über ein technisches System, die an zentraler Stelle zusammengetragen werden und damit ein virtuelles Spiegelbild eines Systems erschaffen. Je nach Einsatzgebiet kann das Modell eine exakte Replikation jeder einzelnen Komponente oder eine vereinfachte Version prozessrelevanter Teile sein. Über eine Verbindung des virtuellen und des physischen Systems über das Internet of Things (IoT) können automatisiert und konstant Echtzeitdaten zur Verfügung gestellt werden, um beide synchron zu halten. Anwendungen eines digitalen Zwillings sind die Optimierung des laufenden Betriebs wie etwa die Erhöhung der Effizienz oder die frühzeitige Erkennung von Abnutzungen und Alterungserscheinungen (predictive maintenance), aber auch die Rückführung der Ergebnisse in die Planung und Entwicklung zur Optimierung des Systemdesigns.

Der **digitale Gebäudezwilling** ist die Übersetzung auf die Informationen, die in der Gebäudeplanung, Ausführung, Kommissionierung und im laufenden Betrieb anfallen. Ein solcher Zwilling nutzt die Informationen aus dem digitalen BIM-Planungsprozess, für den laufenden Betrieb eines Gebäudes, indem sie mit Betriebsdaten verknüpft werden und somit ein semantisch angereichertes Modell des Gebäudes zur Verfügung steht. Beispielweise kann aus dem BIM-Modell ein thermisches Modell abgeleitet und für Simulationen zu Energieeffizienz oder Flexibilität verwendet werden. Weitere mögliche Anwendungen sind in diesen Leitfaden detailliert dargestellt. Die Entwicklungen des digitalen Gebäudemodells stehen

noch am Anfang, ein zentraler Punkt ist jedoch die Modellqualität, die in jeder Phase der Planung und Ausführung geprüft werden muss, um vor der Objektvergabe einen geeigneten digitalen Zwilling zu erhalten. Microsoft Azure Digital Twins ist ein Beispiel einer solchen IoT Plattform, die verschiedene Ontologien zusammenführt [20].

**Digitale Zwillinge im Wärmenetz** wurden bislang nur wenig eingesetzt, da im Regelfall eine statische Auslegung auf den Volllastfall ausreichend war und der Betrieb im Wesentlichen über den Netzschlechtepunkt geregelt werden konnte. Mittlerweile wird die Digitalisierung bestehender Wärmenetze zunehmend als Mittel zur Steigerung der Produktivität und Entwicklung neuer Services und Geschäftsmodelle verstanden. Die Dekarbonisierung des Wärmesystems und damit der Übergang zu vollständig im Energiesystem integrierten Wärmenetzen mit dezentralen Strukturen, niedrigeren Temperaturen und höheren Anteilen nicht kontrollierbarer Wärmequellen erfordert darüber hinaus eine dynamische Betrachtungsweise. Dafür eignen sich grundsätzlich Modellierungssprachen wie z.B. Modelica, für die bereits fernwärmespezifische Bibliotheken verfügbar sind (z.B. [21]). Für die vollständige Realisierung des digitalen Zwillings eignen sich Plattformen wie z.B. [22].

## Performance Evaluierung

Eine weitere Einsatzmöglichkeit für DIM im Energiebereich werden in Zukunft Evaluierungen der Performance und ein Benchmarking von Gebäuden und Quartieren sein. Anhand des Vergleichs von Plan-daten (d.h. des Energieausweises der Baugenehmigung, as-planned), mit realen Performance-Daten der Gebäude (gemessene Energieverbräuche mittels z.B IoT) und den Informationen über tatsächlich verbaute Gebäudebauteile (d.h. Materialeigenschaften von Wänden, Fenstern, etc., as-built) wird es möglich sein, den Energieausweis aus der Planung mit tatsächlichen Werten aus dem Betrieb dynamisch über die Jahre zu aktualisieren. Die so aktualisierten Daten können anschließend wieder in das DIM übertragen werden (z.B. durch eine Aktualisierung der Bauteildaten nach einer nachträglichen Dämmmaßnahme). Durch die standardisierte Speicherung und dynamisierte Aktualisierung der Daten einer mit der Zeit wachsenden Zahl von Bauwerken, werden in Zukunft neben der Einzelbetrachtung von Gebäuden auch Aggregationen ganzer Quartiere möglich werden, bis hin zur Betrachtung ganzer Städte. Die so gewonnenen, Informationen aus dem DIM können und sollten unterschiedlichen Stakeholdern zur Verfügung stehen (z.B. in aggregierter Form für Forschungseinrichtungen), um an einer weiteren Verbesserung der Performance der Gebäude und Quartiere arbeiten zu können.

## Building Data

### Gastbeitrag aedifion GmbH

Mit zunehmend intelligenterer Gebäude- und Anlagenautomatisierung ist eine immer höhere Datenverfügbarkeit absehbar. Die Qualität der vorhandenen Daten in den Dimensionen Auflösung und Konsistenz wird zunehmend verbessert. Die grundlegende Herausforderung ist nunmehr im Überführen der erhobenen Daten zu verwertbaren Informationen zu sehen. Eine ingenieurstechnisch-händische Auswertung mit klassischen Werkzeugen wie beispielsweise MS Excel erreicht ihre Grenzen. Vielmehr sind automatisierte und skalierbar anwendbare Auswertemethoden gefragt.

Auf Rohdaten ohne weitere technische Informationen lassen sich Methoden der künstlichen Intelligenz zur Zustandserkennung, Fehlererkennung oder Klassifizierung skalierbar anwenden. Diese haben derzeit (noch) einen überschaubaren Mehrwert. Vielmehr versprechen klassisch-ingenieurstechnische Auswertungen, auch gekoppelt mit fortschrittlichen Methoden der künstlichen Intelligenz, auf Daten mit technischem Kontext einen weitreichenderen Informationsgewinn. Durch die Anwendung von Datenklassifikation in Verbindung mit händischer Anreicherung notwendiger Semantik können nunmehr effizient digitale Zwillinge auch von Bestandsanlagen erzeugt und derartige Methoden skalierbar auf große Datenmengen angewendet werden.



# 6 BEST PRACTICE BEISPIELE

Die folgenden Best Practice Beispiele verdeutlichen, dass DIM schon heute für unterschiedlichste Anwendungen in der Praxis verwendet werden. Da die Digitalisierung immer weiter fortschreiten wird, wird es in Zukunft wichtig sein, die momentan noch oft unverbundenen DIM miteinander zu verknüpfen und zu vereinheitlichen um einen Mehrwert zu generieren.

## Denkmalschutz in 3D: Museum in Innsbruck

### Gastbeitrag Build Informed GmbH

Ein Innsbrucker Museum wurde digital erfasst. Dabei handelt es sich um ein denkmalgeschütztes, ehrwürdiges Gebäude aus dem 19. Jahrhundert. Hierzu wird ein genaues und geprüftes 3D Modell benötigt – zur Dokumentation und für zukünftige Planungen. Unter anderem ist auch das Thema „Energiesimulation und -optimierung“ von großem Interesse, zumal bei einem Museum die Klimatisierung eine große Rolle spielt und entsprechenden Aufwand verursacht. Das Gebäude mit seinen ca. 12.000 Quadratmetern sollte ÖNORM A 6250-2 konform digital erfasst werden. Dafür hat die Build Informed mit ihrem Vermessungspartner Trigonos zusammengearbeitet. Besonders herausfordernd war die detailgetreue Erfassung der Fassade und des Gewölbes im Altbau. Hierfür wurde das komplette Gebäude mit moderner Lasertechnik präzise vermessen, 360° Panoramaaufnahmen angefertigt und mit Videos dokumentiert. So war es den erfahrenen BIM Modellierern möglich, alle Details im BIM Modell originalgetreu zu berücksichtigen. Zusätzlich wurde laufend mit intelligenten Algorithmen aus eigener Entwicklung die Qualität des Modells vollautomatisch überprüft.



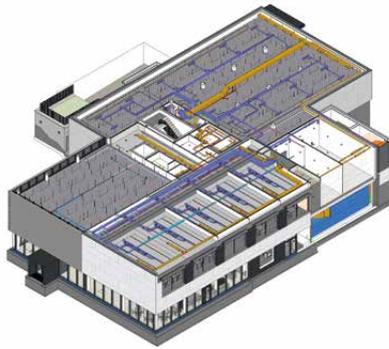
Quelle: Build Informed GmbH

## Viega Seminarcenter in Attersee am Attersee

### Gastbeitrag ATP sustain

Die neue Niederlassung der Viega GmbH am Attersee in Österreich wurde gesamtheitlich mit digitalen Planungsmethoden geplant. Das integral entwickelte BIM-Modell des Gebäudes erlaubte dem Planungsteam bereits von Planungsbeginn an eine Optimierung des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes. Durch die sehr hohe Detailtiefe sämtlicher Gewerke kann das Modell sowohl die Errichtung als auch den Betrieb unterstützen und erreicht eine positive CO<sub>2</sub>-Bilanz im Jahresverlauf.

Quelle: ATP sustain



## Hotelprojekt in Salzburg

### Gastbeitrag CES

Nutzbare Fläche wird heutzutage von Bauherren und Projektentwicklern als eines der höchsten Güter angesehen. Gleichzeitig wird in der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) ein hoher Standard und Komfort gefordert. Um die genannten Aspekte in Einklang zu bringen, entschloss sich die Firma CES (clean energy solutions GesmbH) die TGA-Planung für ein Hotelprojekt in Salzburg mit BIM zu realisieren. Durch die BIM-Planung entstehen koordinierte und kollisionsfreie Planungsunterlagen, wodurch im Vergleich zu einer herkömmlichen Planung platzeffizient und wirtschaftlich geplant wird.

Die Komfortanforderungen waren bei diesem Projekt sehr hoch, wodurch beispielsweise eine schalloptimierte Planung von Lüftungsanlagen im BIM-Prozess berücksichtigt werden musste. Durch diese hohe Planungsqualität kann das ausführende Gewerk notwendige Anforderungen, Eigenschaften und Parameter direkt aus dem Modell zur Erfüllung ihrer Anforderungen übernehmen.

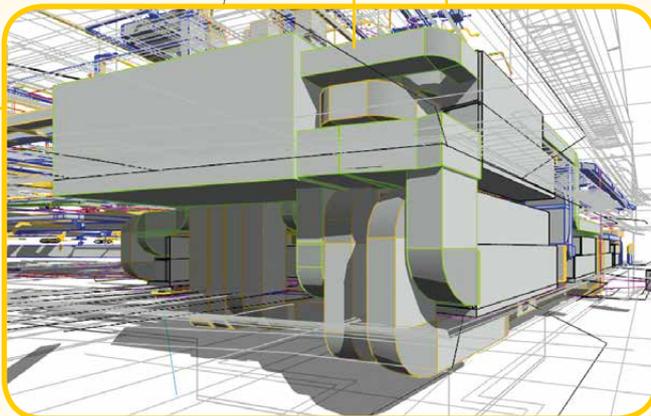


Abbildung: BIM geplante Lüftungsanlage, platzeffizient eingebaut  
Quelle: CES

## Einsatz CityGML in Linz

### Gastbeitrag Gerald Forkert, UVM Systems

Der Wunsch der Stadt Linz, die Stadt in einer zukunftsweisenden und attraktiven Form öffentlich zu präsentieren, führte im Jahr 2007 zur Erstellung eines digitalen 3D-Stadtmodells. Der Stadtkern wird durch ein detailliertes, photogrammetrisch erstelltes Modell repräsentiert, welches mit retuschierten Handaufnahmen interaktiv texturiert ist. Ergänzend dazu gibt es flächendeckend ein automatisch erstelltes, generalisiertes Modell, das auf Muster-Dachformen basiert. Die erfasste Gebäudeanzahl liegt bei über 30.000 und das Modell ist teilweise katasterscharf strukturiert.

Ein Modell, wie es das Linzer 3D-Stadtmodell darstellt, bietet einerseits die Möglichkeit, energiebezogene Daten der Gebäude mittels der CityGML Energy ADE-Erweiterung abzuspeichern, auf der anderen Seite lassen sich in Zukunft durch die verfügbaren Texturen (d.h. digitalen Fotos der Fassaden etc.) Alter und Zustand der Gebäude automatisiert (z.B. mittels Künstlicher Intelligenz) erfassen und damit ein Ist-Zustand des Gebäudebestands erstellen. Darüber hinaus lassen sich durch Erfassung von z.B. Rückkühlanlagen aus den Bildtexturen Rückschlüsse auf Abwärmepotenziale ziehen (vgl. auch [24]).

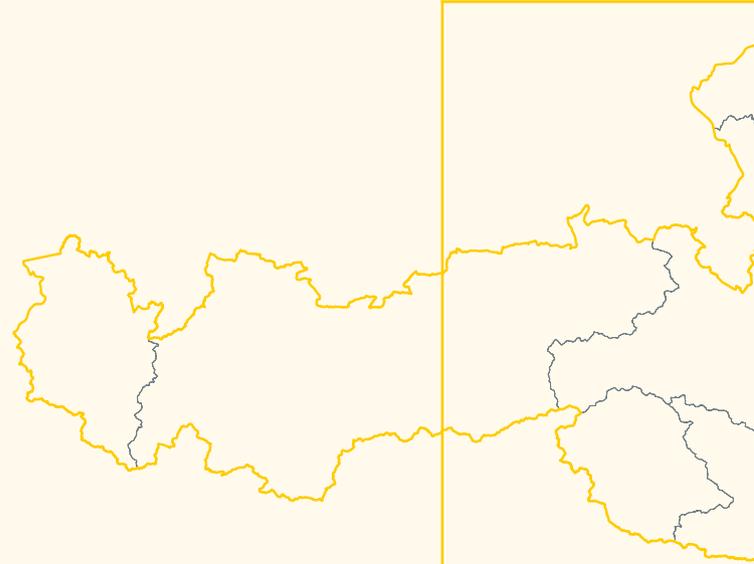


Abbildung: Linzer 3D-Stadtmodell mit Texturen auf Basis von Nahaufnahmen Quelle: UVM Systems

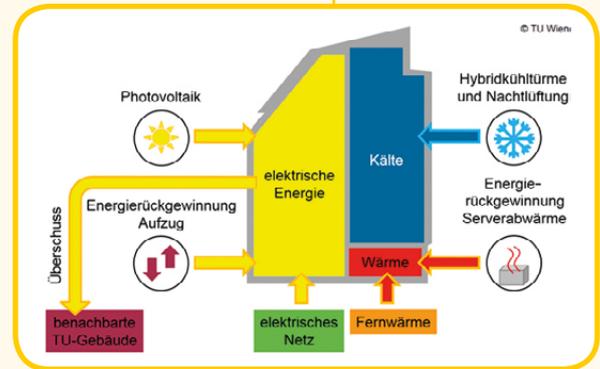
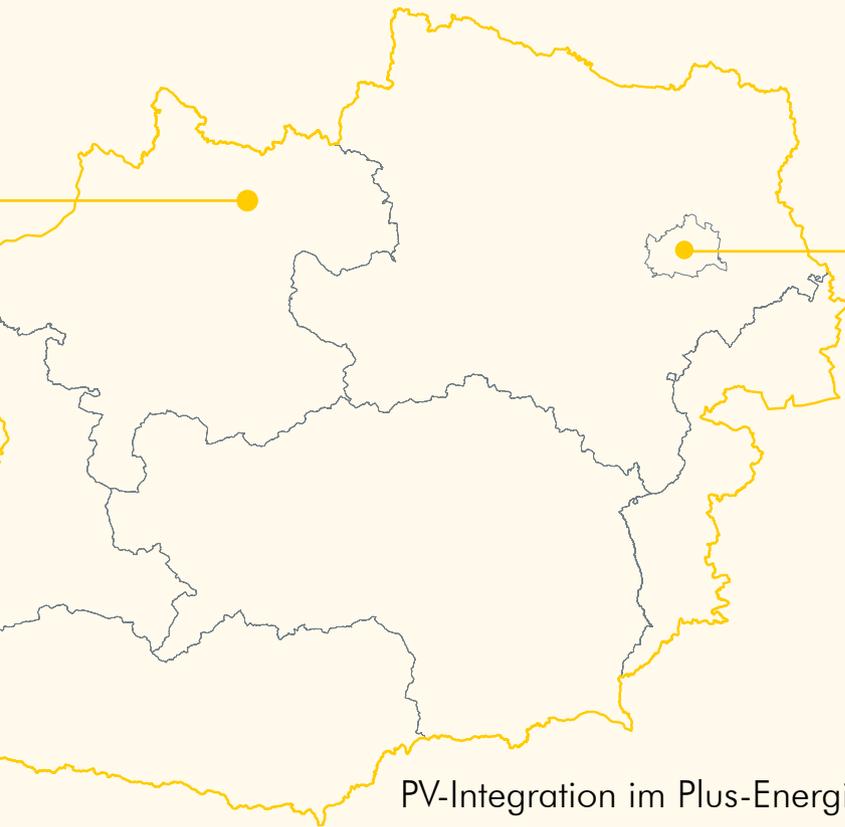


Abbildung: Schematische Darstellung des Plusenergie-Bürohochhauses der TU-Wien am Getreidemarkt. [23]  
Quelle: TU-Wien

## PV-Integration im Plus-Energie-Bürohochhaus TU-Wien

**Gastbeitrag David Alexander, TU Wien, Bauphysik**

Das 11-stöckige „Chemiehochhaus“ der Technischen Universität Wien stammt aus den 70er Jahren und hat eine Nettogrundfläche von 13.500 m<sup>2</sup> und bietet rund 700 arbeitenden Personen Platz. Ziel der 2014 abgeschlossenen Sanierung zum weltweit ersten „Plus-Energie-Bürohochhaus“ war der Anspruch, mehr Energie ins Stromnetz zu speisen, als Gebäudebetrieb und Nutzung an Energie benötigen.

Dies war nur durch eine drastische Reduktion des Gesamt-Primärenergieverbrauchs möglich, indem das Team im Zuge der Sanierung über 9.300 Einzelkomponenten - von Bürogeräten bis zu Lüftungskonzepten und Servern - im Detail analysierte und evaluierte. Im Vergleich zum Primärenergieverbrauch, den das Gebäude bei einer konventionellen Sanierung gehabt hätte - 458 kWh/(m<sup>2</sup>BGF·a) - konnte der Energieverbrauch um fast 90% auf 56 kWh/(m<sup>2</sup>BGF·a) gesenkt werden. Das im Planungsprozess entwickelte digitale Gebäudemodell bildet Behaglichkeit und Energieflüsse ab, ermöglichte die Validierung der Robustheit der Auslegung und der Regelungskonzepte und unterstützt die Betriebsführung. Mittels Photovoltaik und Energierückgewinnung (Server-Abwärmenutzung und Aufzugsanlage) wird am Standort schlussendlich mehr Energie gewonnen als das Gebäude und seine Nutzung benötigt [23].

# 7 DAS UIM ALS ZENTRALES ELEMENT DER DIGITALEN ENERGIEPLANUNG

Der folgende Abschnitt präsentiert die zentrale Vision des Projekts DIM4Energy zur optimierten Zusammenarbeit digitaler Informationsmodelle in den Bereichen Gebäude, Stadt und Netze bzw. Infrastruktur auf unterschiedlichen Ebenen und erläutert die Strukturen anhand unterschiedlicher Anwendungsfälle.

## Schema der DIM Anwendungen

Die bisher genannten digitalen Informationsmodelle wurden bislang im Wesentlichen nur individuell betrachtet und eingesetzt. Schnittstellen untereinander wurden nur vereinzelt zum Teil auch erst in Pilotanwendungen umgesetzt.

Die hier erläuterten digitalen Informationsmodelle lassen sich grundsätzlich in folgenden zwei Dimensionen betrachten:

### Aggregierungsebene (y-Achse)

- bezieht sich auf die Skala bzw. den Detaillierungsgrad und Informationsgehalt der Modelle. Angefangen vom Einzelgebäude, über Quartiere und gesamte Städte bis hin zur Infrastruktur (Netze).

### Eigenschaftsebene (x-Achse)

- bezieht sich auf die Funktionalität des Modells. Angefangen von einfachen Angaben wie Adressen, Geometrien und Topologien, sowie statische Attribute bis hin zu dynamischen Funktionen, die ein kontinuierliches Monitoring und eine Betriebsoptimierung erlauben.

Die hier betrachteten digitalen Informationsmodelle existieren bereits bzw. befinden sich extensiv in Verwendung (blau gekennzeichnet), beschreiben Bereiche in Entwicklung mit absehbaren Anwendungen (gelb) oder stellen neue Wege dar (rot). Die dargestellten Grenzen zwischen den Elementen sind fließend, da hier keine komplett scharfe Trennung zwischen den Aggregierungsebenen und Eigenschaften bzw. Merkmalen möglich bzw. sinnvoll ist.

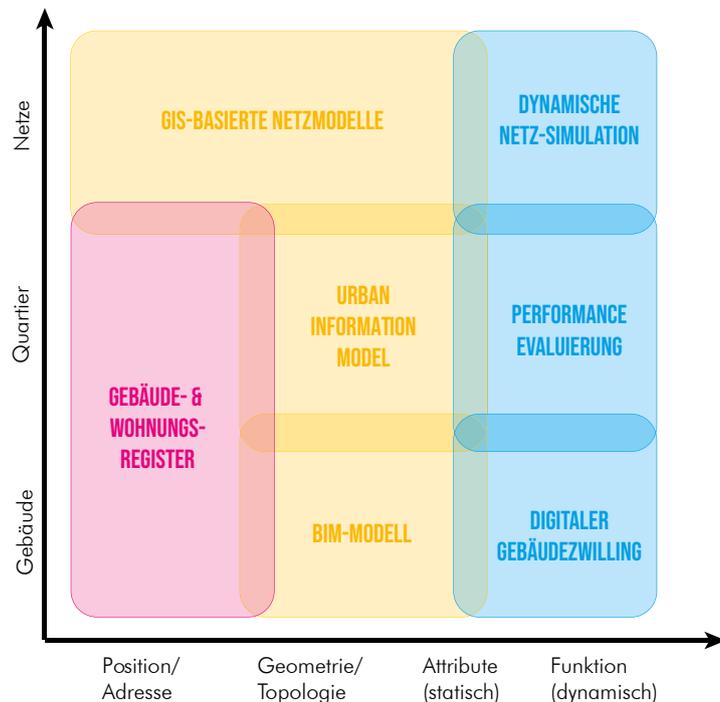


Abbildung: Schema der DIM Anwendungen im urbanen Kontext

## Urban Information Model und die Verwendung von CityGML

Bei dem Urban Information Model (UIM), auch City Information Model (CIM) genannt, handelt es sich um ein zentrales, virtuelles Stadt- und Umgebungsmodell für die Gebäudedatenpflege über deren gesamten Lebenszyklus. Das UIM dient als Datenbank für die unterschiedlichen Bereiche der Verwaltung und bindet existierende nationale Datenbanken, wie das GWR oder BIM-Datensätze aus der Planung, über Schnittstellen (APIs), sowie einheitliche Bauteil- und Gebäude-IDs, ein.

Als Datenformat für gebäudebezogene (3D-) Daten in Städten existiert seit 2008 CityGML [1] (momentan in der Version 2.0, die Version 3.0 wird im Laufe des Jahres 2020 erwartet). Im Gegensatz zu BIM, das schon in der Planung zum Einsatz kommt, basieren CityGML Datensätze meist auf gemessenen Informationen, die Städte innerhalb ihrer Vermessungsabteilungen erheben. Die Daten liegen dort meist schon in Form eines Geographischen Information Systems (GIS) als 2D Dateien/Datenbanken vor, die zyklisch aktualisiert werden. Die Datenführung dieser gemessenen Daten ist aufwändig, aber notwendig, um einerseits den Status Quo der Stadt raum-zeitlich zu erfassen, andererseits darauf aufbauend, auch Planungsvorhaben und Projektionen in die Zukunft (zur Darstellung der weiteren Entwicklung) durchführen zu können.

CityGML baut auf den sogenannten Footprints (Grundrissen) der Stadtvermessung auf, wobei die 3D-Information mittels (teils sehr aufwändigen) Laserscanningmethoden erhoben wird. Das dabei entstehende CityGML-Modell (entweder in Form einer XML-Datei oder sinnvollerweise als Repräsentierung in einer relationalen Datenbank) bietet anschließend die Möglichkeit, unterschiedlichste Gebäude relevante Daten in ihm abzuspeichern und für die weitere Verwendung in verschiedenster Software standardisiert zur Verfügung zu stellen (siehe auch Kapitel 6.3). CityGML bietet darüber hinaus über sogenannte Application Domain Extensions (ADE) und hier vor allem der Energy ADE [25] eine erweiterte, standardisierte Gebäudedatenhaltung, was von enormem Vorteil für die Erhebung des Status Quo der Städte ist und den Mehrwert einer Vereinfachung der Prognosenerstellung bietet. Siehe dazu auch den Gastbeitrag von Volker Coors (siehe nächster Abschnitt).

Weltweit verwenden immer mehr Städte CityGML zur Speicherung ihres 3D-Stadtmodells. Im Zuge der Digitalisierung werden auch die Möglichkeiten der standardisierten Speicherung von Gebäudeattributdaten mehr und mehr genutzt (siehe vorheriger Abschnitt „Schema der DIM Anwendungen“). Zu den Städten, die CityGML schon verwenden, gehören im deutschsprachigen Raum z.B. Wien [26], Linz, Berlin, Hamburg und Zürich, wobei in Wien die Besonderheit besteht, dass hier die Wiener Linien zusätzlich ein eigenes CityGML Modell aller U-Bahn Bauwerke betreiben, das aktuell gehalten wird.

## Digitalisierung virtueller Stadtmodelle: CityGML und Energy ADE

**Gastbeitrag Volker Coors**  
**Hochschule für Technik Stuttgart**

3D Stadtmodelle bilden eine hervorragende Datengrundlage, um dezentrale Energieversorgungskonzepte und Energieeinsparpotenziale ganzheitlich im Kontext des städtischen Energie- und Stoffmetabolismus multikriteriell zu betrachten und verlässliche Prognosen zu erstellen. So kann anhand der dreidimensionalen Gebäudehülle die Einstrahlung der Sonne auf Dachflächen und Gebäudefassaden über das Jahr simuliert werden. Daraus lässt sich beispielsweise das Potenzial der Stromerzeugung durch Photovoltaik berechnen, ebenso die Wärmeerzeugung durch Solarthermie.

Auch der Wärmebedarf eines Gebäudes, der neben der Gebäudenutzung wesentlich vom Gebäudevolumen und thermischen Gewinnen und Verlusten über die Gebäudehülle bestimmt wird, und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich auf Basis eines 3D-Gebäudemodells simulieren. Darauf aufbauend lässt sich die Reduktion von Wärmebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Gebäudesanierung in einem Stadtgebiet beispielsweise über die nächsten 30 Jahre prognostizieren.

Für die Nutzung von 3D Stadtmodellen in Simulationssystemen wie SimStadt ist die Vereinbarung eines standardisierten Datenmodells, eines sogenannten City Information Modells (CIM) notwendig. Der Standard CityGML des OpenGeospatial Consortiums definiert ein solches CIM. In CityGML wird unter anderem festgelegt, wie die Gebäudehülle geometrisch und semantisch beschrieben wird. Dabei werden verschiedene Detaillierungsgrade unterschieden, in denen ein Gebäude modelliert werden kann. Im einfachsten Detaillierungsgrad, Level of Detail (LOD) 1, wird ein Gebäude durch ein „Klötzchen“ repräsentiert, im Detaillierungsgrad LOD 2 wird die Dachstruktur detailliert modelliert. Ein Fassadenmodell mit Türen und Fenstern wird im Detaillierungsgrad LOD 3 ergänzt. Für Simulationen von Stadtquartieren wird i.d.R. ein Detaillierungsgrad LOD 2 verwendet. Komplexere LOD 3 Modelle kommen aufgrund der notwendigen Rechenleistung nur bei der Betrachtung von Einzelgebäuden zum Einsatz.

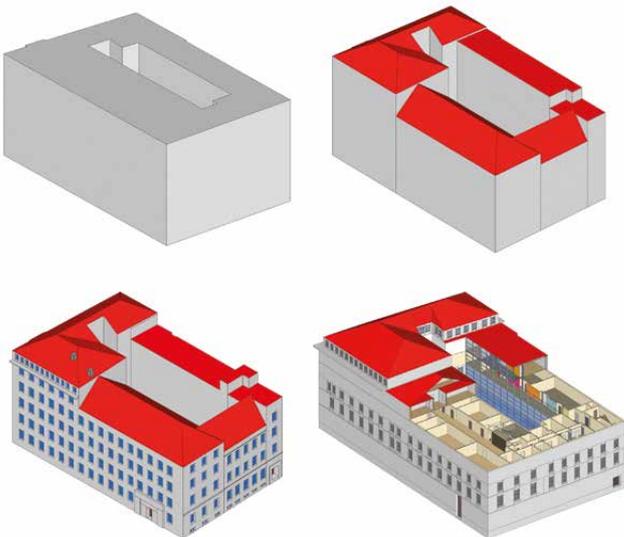


Abbildung: CityGML: Gebäuderepräsentation mit Level of Detail (LOD) 1 – 4, Quelle: Volker Coors

Der CityGML-Standard bietet allerdings keine spezifischen Attribute für eine energetische Beschreibung der Gebäudehülle. So fehlt z.B. die Möglichkeit, physikalische Eigenschaften\*\*\* wie Wärmedurchgangskoeffizienten einer Fassade zu beschreiben, die aber für die Simulation des Wärmebedarfs wesentlich sind. Diese Eigenschaften werden durch die CityGML Energy Application Domain Extension (ADE) zum CityGML-Basismodell hinzugefügt. Neben zusätzlichen Attributen wie beheizter Fläche und beheizten Volumen wird auch die räumliche Unterteilung eines Gebäudes in thermische Zonen ermöglicht. Eine thermische Zone ist ein Bereich eines Gebäudes mit ähnlichen thermischen Eigenschaften. So bilden in der Regel Keller und Dach separate thermische Zonen. Es kann aber auch eine detaillierte Unterteilung des Gebäudes nach Stockwerken, Treppenhaus und Wohnbereichen erfolgen. Neben der Modellierung eines Gebäudes aus energetischer Sicht können Bedarfs- und Verbrauchskennzahlen wie ein Energieausweis hinterlegt werden.

\*\*\* Die Begriffe Eigenschaft, Merkmal und Attribut sind in diesem Leitfaden synonym zu verstehen.

Darüber hinaus können in der CityGML Energy ADE auch Messdaten und Simulationsergebnisse als Zeitreihen in beliebiger zeitlicher Auflösung modelliert werden. Ein einfaches Anwendungsbeispiel der Energy ADE ist die Simulation des Heizwärmebedarfs eines Stadtquartiers. Als Eingangsdaten wird ein 3D Gebäudemodell in CityGML mit Energy ADE Erweiterung genutzt. Datenlücken werden durch statistische Werte aus einer Gebäudetypologie ergänzt. Die Einstrahlung und die daraus resultierenden thermischen Gewinne werden anhand eines Wettermodells und der Gebäudegeometrie, inklusive Verschattung, durch Nachbargebäude berechnet. Über ein Monatsbilanzverfahren wird der Heizwärmebedarf jedes Gebäudes für 12 Monate ermittelt. Die Ergebnisse werden Gebäude bezogen in der CityGML Energy ADE als Datei oder in einer Datenbank gespeichert.

Abbildung: Wärmebedarfsberechnung auf Basis eines 3D Stadtmodells für das Klimaschutzkonzept Landkreis Ludwigsburg, hier Gemeinde Aldingen (Modellrechnung). Datenquelle: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, Deutschland (3D Gebäudemodell LoD2, Stufe 2) und Nexiga GmbH (Baualterklasse) Quelle: Volker Coors



## CityGML und Energy ADE am Beispiel Wien Meidling

**Projekt CI-ENERGY,  
Gastbeitrag Giorgio Aguiaro, TU Delft**

Im Rahmen des EU-Projekts CI-ENERGY [27] bzw. [28] wurden bis zum Ende des Projekts im Jahre 2017 zahlreiche energiebezogene, heterogene Datensätze zusammengetragen und integriert, um ein semantisches 3D-Stadtmodell des Projekttestareals Meidling zu generieren\*. Die Aufgabenstellung war, für Wien eine Methodik zur Berechnung des Heizwärmebedarfs (HWB) für Wohngebäude zu entwickeln.

Der Rechenansatz beruhte zum einen auf der geltenden OIB RL 6 und zum anderen auf einem CityGML-basierten 3D-Stadtmodell. Für die Berechnung des HWB wurden die Eingangsdaten größtenteils direkt aus dem 3D-Stadtmodell der Stadt Wien extrahiert. Wo dies nicht möglich war, wurde auf existierende Parameter-Bibliotheken zurückgegriffen. Als Testareal wurde anfangs ein Teil des 12. Wiener Gemeindebezirks (Meidling) ausgewählt, in dem ungefähr 800 Gebäude, darunter ca. 560 Wohngebäude, verortet sind. Später wurden die Berechnungen auf den gesamten Bezirk Meidling ausgedehnt. Für jedes Wohngebäude wurde der HWB auf Jahres- und Monatsbasis ermittelt. Wie schon im Beitrag von Volker Coors erwähnt, bietet auch hier die Einbettung der Ergebnisse in das 3D-Stadtmodell den Vorteil, dass sie für darauf aufbauende Analysen und Applikationen zu Verfügung stehen. Die Möglichkeit, flächendeckende Energie-Karten zu erstellen oder unterschiedliche Szenarien zu berechnen.

\* Alle verwendeten Projektdatensätze waren bzw. sind entweder bereits als Open Government Data (OGD) verfügbar, oder wurden im Rahmen des Projekts CI-ENERGY von der Stadt Wien freundlicherweise zu Verfügung gestellt.

Die Gebäude wurden in verschiedenen Levels of Detail (LOD) modelliert, welche den LOD0, LOD1 und LOD2 in CityGML entsprechen. Für jedes Gebäude waren außerdem zahlreiche Attribute vorhanden, wie z. B.:

- Name und Adresse des Gebäudes; Nutzung des Gebäudes; Baujahr;
- Anzahl der ober- und unterirdischen Geschossen; Gebäudehöhe; Bruttovolumen, Grundrissfläche
- Anzahl der gemeldeten EinwohnerInnen
- Summe aller Nettogeschossflächen, Summe aller konditionierten Nettogeschossflächen
- gemäß Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (AGWR, siehe auch Kapitel 5.1)
- Vorhandensein und Eigenschaften von installierten Solar- und PV-Anlagen
- Monats- und Jahres-Solareinstrahlungswerte auf Dächern, sowie der potenzielle Energieertrag
- für Solar- und PV-Anlagen; Eignung der Dachflächen zur Installation von Solar und PV-Anlagen
- Informationen über die Anbindung zu Gas- und Fernwärmeversorgungsnetzen
- Jahres- und Monatswerte des Heizwärmebedarfs.

Aufgrund der stark variierenden Vollständigkeit und Genauigkeit der ursprünglichen Eingangs-Datensätze wurden grobe Fehler und Diskrepanzen zum Teil automatisch, zum Teil händisch identifiziert und nachgebessert. Alle CityGML-Dateien wurden anschließend durch die Open-Source-3DCityDB-Software in eine PostgreSQL/PostGIS-Datenbank importiert. Für die Berechnung des Energiebedarfs mussten alle Gebäude mittels weiterer spezifischer Attribute charakterisiert werden.

## Ergebnisse

Während der HWB Auskunft über die thermische Qualität eines Gebäudes gibt, sind für die Ermittlung des Endenergiebedarfs die Form der Energiebereitstellung sowie das Nutzerverhalten zu berücksichtigen. Durch die Berücksichtigung der jeweiligen Heizgradtagessummen und unterschiedlichen solaren Einstrahlungswerte lagen in CI-ENERGY die Energiekennzahlen nicht nur als Jahressumme, sondern auch monatlich vor. Dies ermöglichte die Darstellung der Energiekennzahlen über den Jahresverlauf und eine Differenzierung in Heiz- (Sichtbarwerden des Effekts der Gebäudehüllensanierung; geringer Ertrag durch Photovoltaik und Solarthermie) und Sommer-saison (hohe urbane erneuerbare Energiebereitstellung durch Photovoltaik und Solarthermie) sowie die Gegenüberstellung von Bedarf und dezentraler Erzeugung (z.B. Deckung des Warmwasserwärmebedarfs durch Solarthermie über die Sommermonate) und der daraus erzielte Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Ein Beispiel für die damit ermöglichten visuellen Vergleichsmöglichkeiten zwischen dem Istzustand und einem Sanierungsszenario ist in den Abbildungen unten zu sehen: Abgebildet ist der flächenspezifische Gesamtprimärenergiebedarf aller Wohngebäude des 12. Wiener Gemeindebezirks, klassifiziert entsprechend der in der OIB-Richtlinie 6 vorgesehenen Energie-Klassen, sowie zwei Detailsichten, in denen die Unterschiede zwischen Istzustand und einem Renovierungsszenario (Sanierung der Gebäudehülle) anhand einer 3D-Visualisierung verglichen werden können.

Abbildungen: 3D-Visualisierung des ermittelten jährlichen flächenspezifischen Gesamtprimärenergiebedarfs. Die Farben entsprechen den in der OIB-Richtlinie 6 vorgesehenen Energie-Klassen. Detailsicht analoger Werte für den Istzustand (links) und im Falle einer Sanierung der Gebäudehülle (rechts).  
Quelle: Giorgio Agugiaro



# 8 USE CASES

Im Folgenden werden zentrale Anwendungsfälle für digitale Informationsmodelle und die beschriebene Vision erläutert, die jeweiligen Tools, Prozesse und Daten sowie der spezifische Mehrwert dargestellt. Hierbei ist der Use Case „Dynamischer Energieausweis“ in die Perspektive der Stadt und die Perspektive „Gebäude“ weiter untergliedert, um die Mehrwerte einerseits für die Stadtplanung, andererseits für die Ziviltechniker und das Facility Management aufzuzeigen.

Dynamischer Energieausweis:  
Perspektive Stadt



Dynamischer Energieausweis:  
Perspektive Gebäude



## Planung und Optimierung von Wärmenetzen



Fotos: Getty Images (links), Karl Berger (rechts)

## Lokale Energieplanung aus Sicht der PV



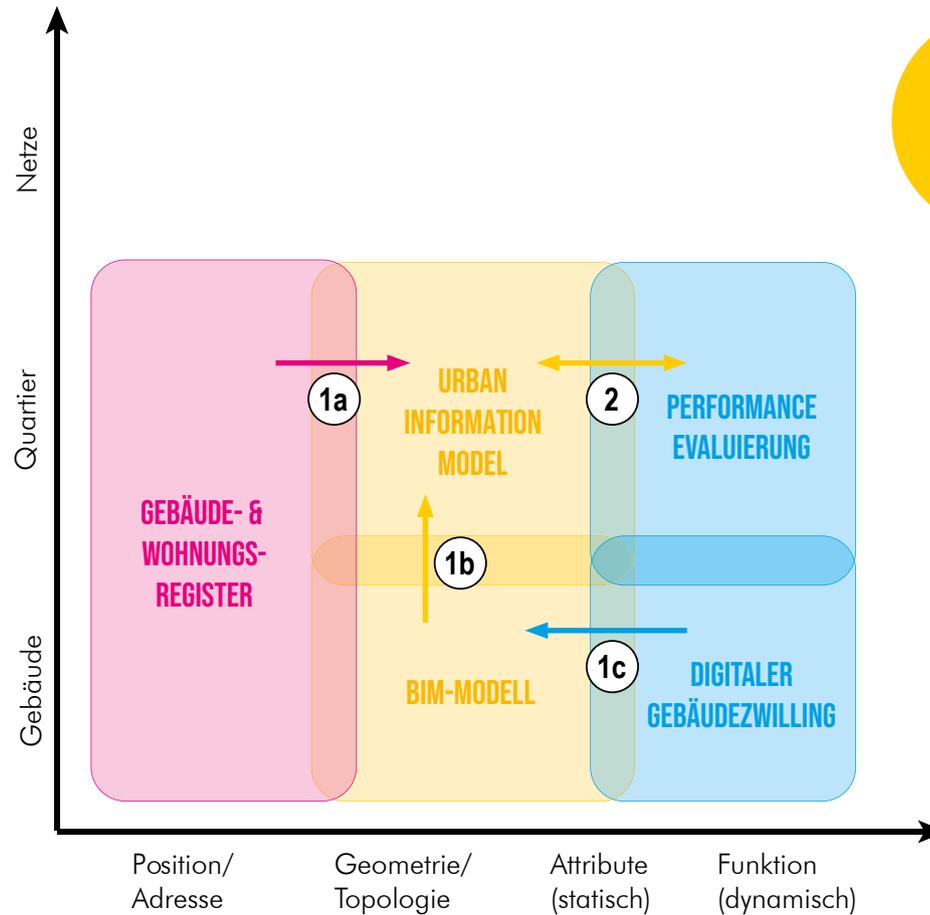
# USE CASE: DYNAMISCHER ENERGIEAUSWEIS, PERSPEKTIVE STADT

## Hintergrund/ Einleitung

Hintergrund: Derzeit basiert die städtische Energie- raumplanung vor allem auf 2D-GIS-Daten, die von der Stadt selbst erhoben werden, bzw. von Energie- und Netzanbietern zur Verfügung gestellt werden und (statischen) Energieausweisdaten aus der Planungsphase der Gebäude. Um diese Informationen zusammenzustellen sind momentan noch sehr viele manuelle Datenverarbeitungsschritte nötig, um ein faktenbasiertes Bild zu bekommen. Die Daten liegen darüber hinaus in den meisten Städten nicht flächen- deckend und meist auch nur für Gebäude jüngerer Datums (seit den 2000er Jahren) vor. In vielen Städ- ten liegen darüber hinaus oft wenig bis gar keine derartigen Daten in digitaler Form vor. Einen ersten Ansatz hat es hierzu im Projekt CI-ENERGY für Wien gegeben, in dem energiebezogene Gebäudedaten mittels Energy ADE aufbereitet wurden, siehe Gast- beitrag Giorgio Aguiaro.

Warum dynamische Energieausweise für Städte? Aus Sicht der Stadtverwaltung wird die Einführung einer dEAW-Datenbank die Grundlage für eine verbesserte Energie- raumplanung schaffen. Darüber hinaus wird eine dEAW-Datenbank innerhalb des UIM einerseits die Erstellung eines Wärmekatasters für die Identifika- tion von Fernwärmeausbaugebieten und Sanierungs- zielgebieten ermöglichen, aber auch die Planung lokaler Energieerzeugungsmaßnahmen, wie z.B. PV-Anlagen unterstützen. Zusätzlich wird die 3D-In- formation aus den CityGML-Daten momentan noch nicht verfügbare Untersuchungen, wie z.B. Sichtana- lysen zu „Warmen Fassaden“ (Analyse der räumlichen Abgrenzung zwischen Gebäudeteilen) innerhalb der Stadt ermöglichen.





1a – Das GWR stellt die zentrale ID und adressbezogene Daten für das UIM bereit

1b – Planung/fertiggestelltes Gebäude: Gebäudegeometrien von geplanten bzw. gebauten Gebäuden, sowie deren Metadaten werden in das UIM integriert (BIM2CityGML-Schnittstelle)

1c – Betrieb: Messdaten aus dem betriebenen BIM Facility Management werden im UIM in Zeitreihen abgelegt

2 – Anhand des Vergleichs von (as-planned) EAW-Daten und Betriebsdaten aus dem Digitalen Gebäudezwilling (as-used) kann eine Performanceevaluierung für die Gebäude und eine Aggregation auf Stadtebene durchgeführt werden

## Zusammenspiel / Interaktionen

Im Bereich der Energieraumplanung existieren bereits einige Softwarelösungen, die eine Schnittstelle zu CityGML und der Energy ADE zur Verfügung stellen: Tools: Zur Datenaufbereitung bieten sich Extract Transform and Load (ELT)-Tools an, die Import- und Export-, sowie Datenmanipulationsfunktionalitäten bieten. Darüber hinaus können zur Datenerhebung zunächst existierende GIS-Applikationen verwendet werden, mit deren Hilfe die Lage, Form und Größe der Footprints der Gebäude, sowie energierelevante Attributdaten erfasst/digitalisiert werden können.

Die Informationen, die für das 3D-Modell benötigt werden, sind, wie zuvor beschrieben, mittels Lasererfassung und Aufbereitung der Daten durch entsprechende Serviceanbieter zu erheben. Die energiebezogenen Attributdaten werden in Zukunft aus den schon vorliegenden Energieausweisen der schon existierenden Bestandsgebäude extrahiert, bzw. werden sie durch aktualisierte Energieausweise nach Errichtung von Umbauten bzw. Neubauten aktualisiert. Die Parameter können via Schnittstellen von thermischen Analyse- und Simulationstools z.B. Energy ADE-CityGML-EnergyPlus, Envi\_Met oder SimStadt angesprochen werden.

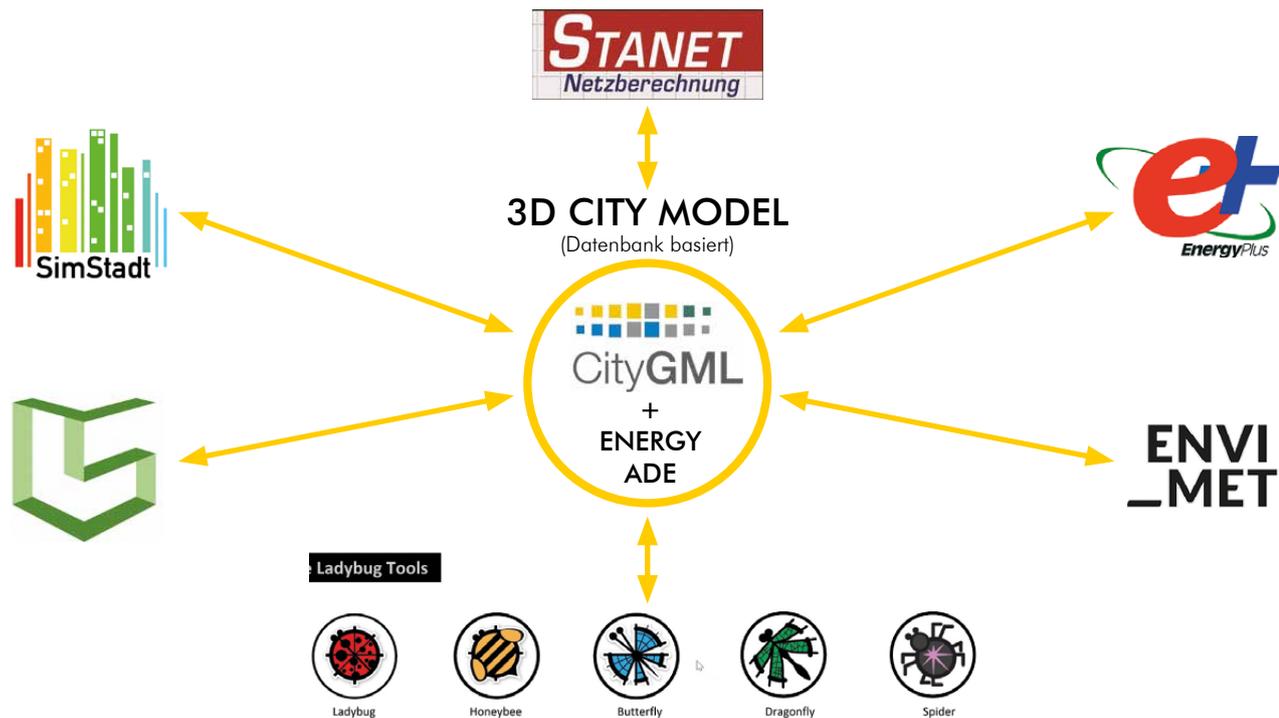


Abbildung: Exemplarische Softwaretools mit Schnittstellen zu CityGML [30] („Exemplary Software Tools with Interfae to CityGML“ by Giorgio Agugiaro is licensed under CC BY 4.0, siehe <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Diesen Applikationen kann mittels einer serverbasierten CityGML- und Energy ADE-Datenbank (z.B. 3DCityDB) standardisiert Informationen zu den Energieverbräuchen (Strom, Wärme, etc.) der Gebäude der Stadt bzw. eines Quartiers zur Verfügung gestellt werden.

### Daten & Datenfluss

Zur Datenerfassung sind für den dEAW zwei Schritte notwendig:

In einem ersten Schritt werden die für den dEAW relevanten Daten aus unterschiedlichen Datenquellen (z.B. BIM und Realdaten des Digitalen Zwillings) in das Format des UIM übersetzt. Dabei wird eine räumliche Verortung (z.B. über das GWR) vorgenommen. Hierbei ist die Verwendung einheitlicher Gebäudeidentifikatoren, wie sie z.B. die Statistik Austria im GWR vorhält, über die gesamten räumlichen Datensätze der öffentlichen Verwaltung von größter Bedeutung, um manuelle Datenverarbeitungsschritte aufgrund von unterschiedlichen Identifikationsnummern zu vermeiden und um eine Verknüpfung weiterer Gebäudeinformation aus Datenbeständen der Städte und Gemeinden bzw. der Statistik Austria zu ermöglichen. Die BIM-, Real-, EAW-, und Performancedaten werden anschließend mittels einer CityGML-Aggregatorschnittstelle in das CityGML- und Energy ADE-Datenbankmodell überführt.

Auf den Daten aufbauend, wird in einem zweiten Schritt eine Evaluierung der Performance und ein Benchmarking der Gebäude und Quartiere (z.B. mittels Synavision [31], aedifion [32], Visplore [33], eigenen Auswerteroutinen, etc.) anhand des Vergleichs von berechnetem Energieausweis und realen Performance Daten der Gebäude durchgeführt und die Resultate wieder in die aktualisierte UIM-Datenbank zurückgeschrieben.

### Mehrwert

Ein dEAW wird es erlauben, flächendeckend gebäudescharfe, energiebezogene Analysen auf Quartiers- und Stadtebene durchzuführen. So werden beispielsweise eine energetische Charakterisierung der Bausubstanz oder auch die Definition von Sanierungsszenarien von einzelnen Gebäuden oder Quartieren möglich werden. Der Austausch zwischen einem zentralisierten, harmonisierten UIM-basierten Stadtmodell und BIM-Daten von geplanten/gebauten Gebäuden birgt viele Vorteile:

Aus der Perspektive der Stadt wird zum einen das Stadtmodell automatisch im Rahmen der ständigen Wartung aktuell gehalten, zum anderen tragen die digitalen Informationen (z.B. 3D Geometrie, Eigenschaften, Gebäudekennzahlen, Betriebskennzahlen) zu einer inhaltlichen Bereicherung des Stadtmodells bei. Somit können zum Beispiel im Voraus berechnete Energieausweise durch echte Verbrauchswerte (oder auch andere Kennzahlen) im Laufe des Bestehens eines Gebäudes validiert werden.

Darüber hinaus bietet ein dEAW in Verbindung mit einem UIM die Möglichkeit einer automatisierten Prüfung der EAW auf Konformität zu den regulatorischen Rahmenbedingungen der Stadt, auf Basis von konsistenten realen Gebäudedaten (sowohl Geometrie- als auch Energiedaten). Durch das hierdurch möglich werdende Benchmarking können z.B. die nationalen Klimaziele genauer verfolgt, das Nutzerverhalten der Bewohner verbessert, sowie Baumängel (durch den Vergleich as-planned vs. as-built) identifiziert werden.

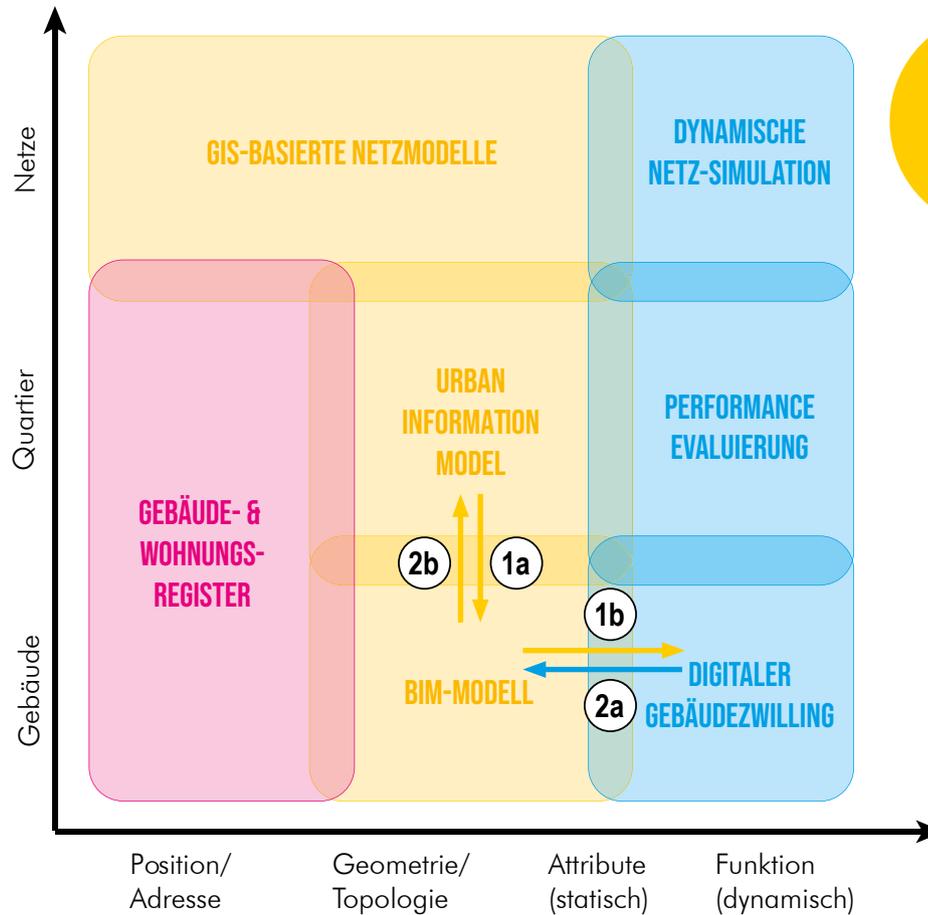
# USE CASE: DYNAMISCHER ENERGIEAUSWEIS, PERSPEKTIVE GEBÄUDE

## Hintergrund/ Einleitung

Hintergrund: Das Bundesgesetz [34] schreibt derzeit vor, dass die aktuellsten Energie- und Gebäudedeckungsparameter – d.h. sowohl von Bestandsgebäuden als auch von Neubauten bzw. bei Gebäuderenovierungen – vorliegen müssen. Zusätzlich können daraus abgeleitete Informationen wie Gebäudegeometrie, Anschlussdaten bzw. wichtige Energiekennzahlen, z.B. der Heizwärmebedarf (HWB), ergänzend in das GWR übertragen und später als Anforderungen für die neue Gebäudeplanung genutzt werden, was aktuell noch nicht die gelebte Praxis darstellt.

Warum dynamische Energieausweise für Gebäude? Der sogenannte dynamische Energieausweis (dEAW) stellt die Schnittstelle zwischen den Bereichen digitaler Gebäudewilling (DGZ) und Urban Information Modell (UIM) dar. Das Ziel des dEAW ist es, großflächige, jedoch gebäudescharfe energetische Analysen durchführen zu können, als auch ein bidirektionales Update zwischen UIM und dem DGZ zu ermöglichen. Beispielsweise den Austausch von realen Gebäude- bzw. Verbrauchsdaten in das sogenannte as-built-Modell und das anschließende Ableiten von Anforderungen. Das Zusammenspiel zwischen UIM und DGZ, z.B. LOD-Abgleich, Konsolidierung der Monitoringdaten, Zugriffsrecht, etc. wird im Folgenden detaillierter anhand von Beispielen diskutiert.





## Zusammenspiel / Interaktionen

1a – (einmalig, in der Vorentwurfsphase) Anforderungen werden von UIM ins BIM-Modell importiert.

1b – (einmalig, während der Inbetriebnahme) Geometrie und die Merkmale werden von BIM in den Digitalen Gebäudezwilling (DGZ) übertragen. Ab sofort wird das BIM-Modell (Gebäudegeometrie + Merkmale) ein Teil der DGZ-Datenbank

2a – (regelmäßig) Die Monitoringdaten werden innerhalb des Gebäude- oder Quartiermodells verarbeitet, entsprechend anonymisiert und gesammelt

2b – (regelmäßig) Die Realdaten des aktuellen Gebäudestands werden aggregiert, die LODs werden angepasst

## Tools

Für die energetischen Analysen des dEAW können unterschiedliche Analyse- bzw. Berechnungstools in openBIM (BIM in den verschiedensten Modellierungstools, basierend auf einem Exportformat) und closedBIM (BIM innerhalb einer proprietären Software) Systemen verwendet werden. Der Informationsfluss kann je nach System über offene (Austauschformate) oder geschlossene Formate Plugins geschehen. Als Datenformat im Gebäudesektor ist derzeit das Datenformat Industry Foundation Class (IFC) Version IFC 2x3 bzw. IFC4.1 sowie im Stadtsektor das Datenformat CityGML weit verbreitet. Der Funktionsumfang von energetischen Analysetools kann sich zwischen einfachen Analysen (Aggregation von Verbrauchswerten, Visualisierungen, etc.) bis zu vollwertigen thermischen Gebäude- und Anlagensimulationen (ein vollständig kalibriertes Modell für Analysen und Variantenberechnungen) bewegen.

**Wichtig ist die Interoperabilität über offene Austauschformate (IFC und CityGML), um Informationsverluste zu vermeiden.**

## Datenfluss

Je nach Analyseanwendungsfall greift der DGZ auf relevante Daten aus dem BIM-Modell zu. Am Beispiel des HWB erfolgt ein bidirektionaler Austausch: einerseits werden Geometrieinformation wie Fassadenfläche, Fassadenorientierung, Gebäudematerialien und ihre bauphysikalischen Merkmale, ausgelesen. Andererseits können Planungsdaten für Hauptverbräuche mit realen Verbrauchsdaten aktualisiert werden. Notwendige Standortdaten können durch eine genauere Verortung im UIM-Modell definiert werden (Grundstückskataster). Das UIM kann somit auf reale Verbrauchs- bzw. Messdaten zugreifen und diese für Analysen und Anforderungen verwenden. Anwendungsbeispiele können den Energieverbrauch (tatsächlicher Verbrauch, werden geplante Standards eingehalten?), Raumkomfort (Komfortkriterien eingehalten? Sanierung notwendig?) Energieproduktion (Energiebereitstellung an Nachbargebäude möglich?) und Standortanalysen beinhalten.

## Mehrwert

Der dEAW ermöglicht mehr Transparenz für energie-relevante Gebäudeprozesse. Die dadurch entstehende nachvollziehbare Darstellung von Informationen, wie zum Beispiel der tatsächliche Energieverbrauch, Gebäudelasten, Verbrauchsprofile, etc., dient als Basis für die Gebäudebetrieboptimierung im Hinblick auf das Ausschöpfen der Flexibilität (thermisch und elektrisch) und der damit verbundenen Minimierung des Gesamtenergieverbrauchs sowie der CO<sub>2</sub>-Reduktion, sowohl für das aktuelle Gebäude als auch zukünftige Gebäudeprojekte in der Umgebung.

Profiteure gibt es auf unterschiedlichen Ebenen: Das Facility Management (FM) kann diese Informationen für eine lokale Betriebsoptimierung und Performanceanalyse des Gebäudes heranziehen. Planungsbüros für Gebäude, thermische und elektrische Netze bzw. Stadtplanung können aus den Informationen des Gebäudes bzw. der Umgebung Anforderungen für neue Bauprojekte ableiten. Etwa:

- Wie groß sind z.B. Energiebereitstellungspotential bzw. Energieverbrauch der Nachbargebäude?
- Könnte ein Plus-Energie-Gebäude die Nachbarschaft sinnvoll mit Energie beliefern?

Zusätzlich kann eine langfristige Datenauswertung auch zur Überarbeitung von Gebäudeanforderungen bzw. Normen führen, wodurch es möglich ist, realistischere Auslegungskriterien für Gebäude abzuleiten. Generell müssen Anforderungen hinsichtlich des Datenschutzes und gegebenenfalls Anonymisierung in jedem Schritt über geeignete Schnittstellen gewährleistet werden.

## Herausforderungen

Um den dEAW bestens nutzen bzw. generieren zu können bedarf es bereits in der Gebäudeplanung eines hohen Digitalisierungsniveaus. Eine saubere und einheitliche bzw. standardisierte Modellerstellung und Pflege der notwendigen Modellparameter muss im Gebäudelebenszyklus durchgehend gewährleistet sein. Sonst kommt es, wie derzeit noch üblich, zu Informationsverlusten und Neumodellierungen. Je nach Bereichen wie Gebäudeplanung, Betriebsführung, etc. muss die notwendige Verantwortung bzw. fachliche Kompetenz für die Modellerstellung und Wartung vorhanden sein. Zusätzlich bedarf es genauer Regeln und Vorgaben, wer wann für was verantwortlich ist. Aktuelle nationale Forschungsprojekte wie metaTGA [35] bzw. BIMBestand [36] befassen sich teilweise mit diesen Fragestellungen.

Zusätzlich stellen geeignete Schnittstellen Herausforderungen für die Zukunft dar, die einen verlustfreien und standardisierten Informationsfluss garantieren. Problematisch gestalten sich proprietäre Schnittstellen bzw. Modellformate, da diese meist nur für 2-5 Jahre – abhängig vom Softwarestand – in Verwendung sind. Um das Konzept des DGZ bzw. des dEAW langfristig nutzen zu können, bedarf es offener Schnittstellen wie IFC bzw. CityGML. Ob diese in Zukunft allen Anforderungen entsprechen können, wird iterativ in unterschiedlichen Forschungsprojekten untersucht. Die Schnittstelle bzw. das Datenformat und die Datenbank der Zukunft kann nur ein open-BIM-System sein, damit unterschiedliche Softwarehersteller (Gebäudemodellierung, Gebäudeanalyse, allgemeine Datenverarbeitung und Auswertung, etc.) in diese Schnittstellen andocken können, um das Konzept des dEAW zu ermöglichen.

# USE CASE: PLANUNG UND OPTIMIERUNG VON WÄRMENETZEN

## Hintergrund/ Einleitung

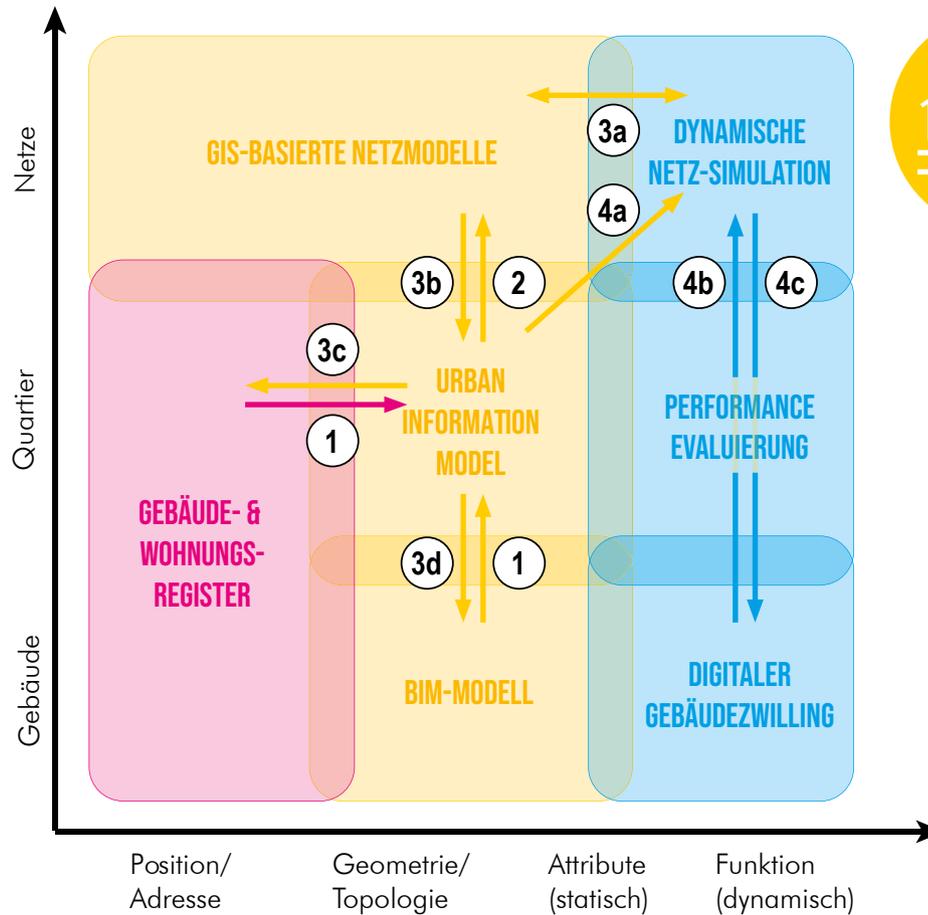
In dicht bebauten, urbanen Gebieten spielen Wärme- und Kältenetze eine entscheidende Rolle. Traditionelle Fernwärmenetze weisen jedoch relativ hohe Vorlauftemperaturen (VLT) auf und sind auf zentrale Wärmequellen und unidirektionale Wärmelieferung ausgelegt.

Herausforderungen bei der Planung und Optimierung innovativer Wärmenetze wie Niedertemperatur- oder Anergienetze ist deren hohe Individualität bezüglich der örtlichen Rahmenbedingungen, bestehenden Infrastrukturen und den Spezifikationen der Gebäude. Dieses inkludiert die Notwendigkeit genauer Informationen hinsichtlich Wärme- und Kältebedarf, lokaler Abwärmequellen und saisonaler Speicherpotentiale sowie höhere Anforderungen an die Auswahl, Auslegung und Betrieb der gebäudeseitigen Heiz- bzw. Kühlsysteme inkl. der Integration der Wärmepumpen.

Das Energiemanagement und die Regelung des Systems stellen aufgrund der hohen Diversität von Verbrauchern und Lieferanten, der Bidirektionalität der Netze sowie der ausgeprägten Strommarktkopplung eine weitere Schwierigkeit dar.

Für eine optimale Konzeptionierung und Dimensionierung dieser Netze ist dementsprechend ein hoher und kontinuierlicher Abstimmungsbedarf zwischen Baurägern, Abwärmelieferanten und Prosumern sowie ggf. weiteren Stakeholdern wie Stadtplanung und Endkunden notwendig. Für einen optimalen Betrieb müssen Betriebsdaten, Sollwerte bzw. Tarifsignale fortlaufend zwischen Gebäude und Betreiber sowie ggf. Wärmelieferanten kommuniziert werden. Hierfür stellen Daten aus BIM, DGZ und UIM und die entsprechenden Kommunikationsprozesse sowie Simulationstools eine wertvolle Grundlage dar.





### PLANUNG UND IMPLEMENTIERUNG

1 – (iterativ) Import von Gebäudedaten in das UIM, inkl. Analyse auf Vollständigkeit und Plausibilität, ggf. Nutzung von Berechnungstools für Wärme- bzw. Kältebedarf

2 – (iterativ) Übergabe der Daten aus dem UIM an das Netzmodell, inkl. Potentiale für Abwärme, Solar, Speicher usw. ggf. Aggregation und Anonymisierung

3a – (iterativ) Netzplanung, inkl. statische, ggf. auch dynamische Netz-/Lastflussberechnung, Konzepterstellung und Wirtschaftlichkeitsanalyse.

3b/c – (einmalig) Aktualisierung des Netzplans im UIM und der Informationen zum Anschluss der Bestandsgebäude an das Wärmenetz

3d – (iterativ) Übertragen von Anschlussbedingungen (Übergabestation, HKLS-Systeme, etc.)

## BETRIEBSOPTIMIERUNG

4a – (regelmäßig) Übertragung von Prognosedaten für Wetter und Strompreise

4b – (regelmäßig) Laufende Übergabe von Monitoringdaten zur (modellbasierten) Optimierung des Betriebs, ggf. Identifikation von Fehlern (z.B. hohe Rücklauftemperaturen)

4c – (regelmäßig) Tarifsignale an das Gebäudeenergiemanagementsystem für eine lokale Betriebsoptimierung, ggf. Ableiten von Handlungsempfehlungen

### **Niedertemperatur- und Anergienetze**

Die Nutzung von geringen bis hin zu „neutralen“ VLT von ca. 15-25°C (z.T. bis 40°C) in Kombination mit verbraucherseitigen Wärmepumpen und bidirektionale Strukturen (sogenannte Anergienetze), ermöglichen die effiziente Nutzung von dezentralen Abwärmequellen (wie z.B. Supermärkte, Kühlung von Büros, Rechenzentren), deren Anschluss bislang nur eingeschränkt wirtschaftlich war. Auch lassen sich gebäudeseitige Trägheiten und Bohrlochspeicher kosteneffizient bei gleichzeitiger Optimierung des Eigenverbrauchs von Strom aus lokaler PV-Erzeugung bzw. Beteiligung an Energiemärkten nutzen. Gleichzeitig ermöglichen Anergienetze einen direkten und indirekten Kühlbetrieb.

## Zusammenspiel / Interaktionen

Grundlagen der Netzplanung sind

a) Daten zum Wärme- bzw. Kältebedarf, diese können aus der Gebäudegeometrie, Dämmwerten, Fensterflächen etc. berechnet werden.

b) Daten, aus denen sich Potentiale erneuerbarer Energiequellen berechnen lassen, wie Unternehmensdaten (Abwärme), Frei- und Dachflächen sowie Untergrunddaten.

c) Zielvorgaben für Neubauquartiere bzgl. Anteil Erneuerbarer, CO<sub>2</sub>, etc. sowie städtebauliche Verträge und Netzrestriktionen (Straßen, Hindernisse und Eigentumsverhältnisse).

d) Daten zur Topologie des Bestandsnetzes sowie der (spezifische) Wärme- und ggf. Kältebedarf, zusammen mit Energiepreisprognosen und lokalen Erzeugungscharakteristika.

Im Rahmen der Betriebsoptimierung werden dann Monitoring-/ Smart Meter-Daten des Gebäudes wie der aktuelle und der historische Wärme- bzw. Kältebedarf inkl. Spitzenlasten und Temperaturniveaus etc. verwendet. Diese Daten können auch zur Analyse von technischen Fehlern in der Auslegung oder Installation der sekundärseitigen Heizsysteme, sowie zur Erstellung von Hinweisen an Gebäudebetreiber und Endverbraucher für ein energiesparendes Verhalten genutzt werden.

### Stakeholder: zentrale Stakeholder sind

- Wärmeversorgungsunternehmen und Fernwärmenetzbetreiber aber auch Energiedienstleister, die derartige Systeme planen und betreiben
- Planungsbüros, die z.T. als Generalplaner oder aber auch für Detailplanungen und Ausführungsplanungen der Netze zuständig sind
- Gebäudeplaner und Betreiber bzw. Bewohner, die für den Anschluss an innovative Wärmenetze einen höheren Abstimmungsaufwand bzgl. der gebäudeseitigen Spezifikationen und Integration der Wärmepumpe haben, sowie der Möglichkeit, im Sommer die Abwärme aus der Kühlung an das Wärmenetz zu verkaufen
- Planer und Betreiber von Supermärkten, Büros oder Rechenzentren, die die Abwärmelieferung in ihre Planungsprozesse und Betriebsoptimierung einbeziehen sollen
- Stadt/Gemeinde, die Zielvorgaben zu dem versorgten Areal, wie z.B. Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen, macht, sowie ggf. Informationen zu lokalen Wärmequellen und Speicherpotentialen übermittelt

### Mehrwert

#### Der Mehrwert liegt in folgenden Punkten

- der besseren Beherrschung der Komplexität bzgl. der unterschiedlichen Stakeholder und technischer Varianten, individuelle Gebäudeanforderungen etc.
- dem iterativen Abgleich der Planung von Netz, Wärmequellen und Gebäude inklusive des Änderungsmanagements
- Weiters wird die Nutzung einer konsistenten Datenbasis und vorhandener Smart Meter Daten für einen optimalen Betrieb ermöglicht, inkl. der Datenaggregation und Anonymisierung sowie dem Zugriffsmanagement
- Berechnungstools (auch von Drittleistern) für z.B. Wärme- bzw. Kältebedarf, das dynamische Verhalten, Optimierungsalgorithmen etc. können über standardisierte Schnittstellen integriert und genutzt werden
- ggf. vorhandene städtebauliche Ziele bzw. Stadtteilkonzepte und Energie-Raum-Typologien können automatisiert berücksichtigt und deren Umsetzung kontinuierlich überprüft werden

# USE CASE: LOKALE ENERGIEPLANUNG AUS SICHT DER PV

## Hintergrund/ Einleitung

Für **Plusenergiegebäude und Quartiere** ist die **solare Ressource** im urbanen Kontext eine wesentliche Energiequelle, weil damit direkt beim Verbraucher Wärme und Strom bereitgestellt werden kann. Die optimale Nutzung der solaren Erträge, die jahreszeitlich, im Tagesgang sowie mit den Wetterbedingungen variieren, erfordert Kenntnisse aus dem urbanen Umfeld (wie Geländetopologie und Umrisse umliegender Objekte aus dem Stadtmodell, potentielle Nutzer von Energieüberschüssen) sowie von lokalen Wetter- und Klimadaten, die mit dem digitalen Gebäude- und Photovoltaikmodell zur Berechnung verwendet werden.

Eine **digitale integrale Planung** von Vorgaben bei der Ausschreibung bis hin zur Betriebsführung ist wünschenswert, um möglichst **hohe Erträge und eine gute Eigenbedarfsdeckung** zu erzielen. Herausfordernd ist, dass einerseits Photovoltaikmodule Teil der Gebäudehülle, deren Verschaltung und Wechselrichter Teil der TGA und deren Erträge Teil des energetischen Gebäudegesamtkonzepts sind, wobei momentane Wetterbedingungen und lokale und überregionale Anforderungen elektrischer Netze die Randbedingungen definieren.

## Einbindung der Photovoltaik in Planung und Betrieb auf Quartiers- und Gebäudeebene

- 1 – Aus realer und geplanter Bebauung der Projektumgebung und den Bauvorschriften, die im UIM repräsentiert sind, werden Informationen im Ausschreibungsprozess zur Verfügung gestellt, woraus mit Einstrahlungs- und Klimadaten u.a. Verschattung und Albedo, und damit mögliche Potentiale am Standort und mittlere Jahresproduktionsdaten im digitalen Gebäudemodell bestimmt werden können
- 2 – Daten des tatsächlich realisierten Vorhabens werden in aggregierter Form wieder ins UIM integriert
- 3 – Kurz- und mittelfristige Prognosen für die Optimierung des Gebäudebetriebs und der Nutzung der erzeugten Energie im Quartier werden ermöglicht.

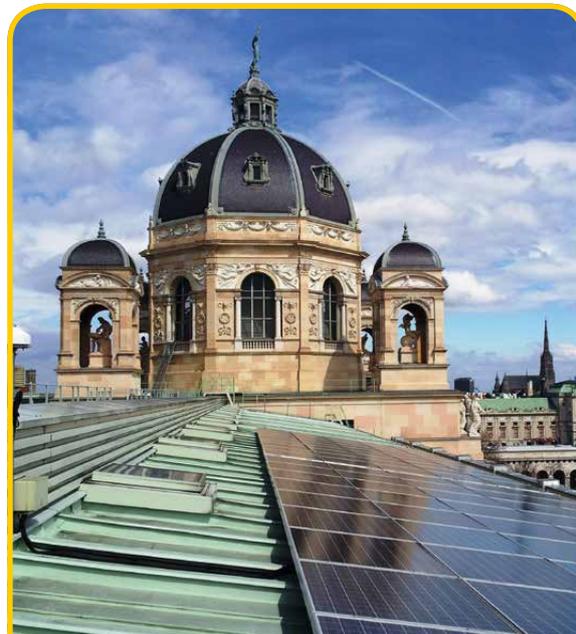
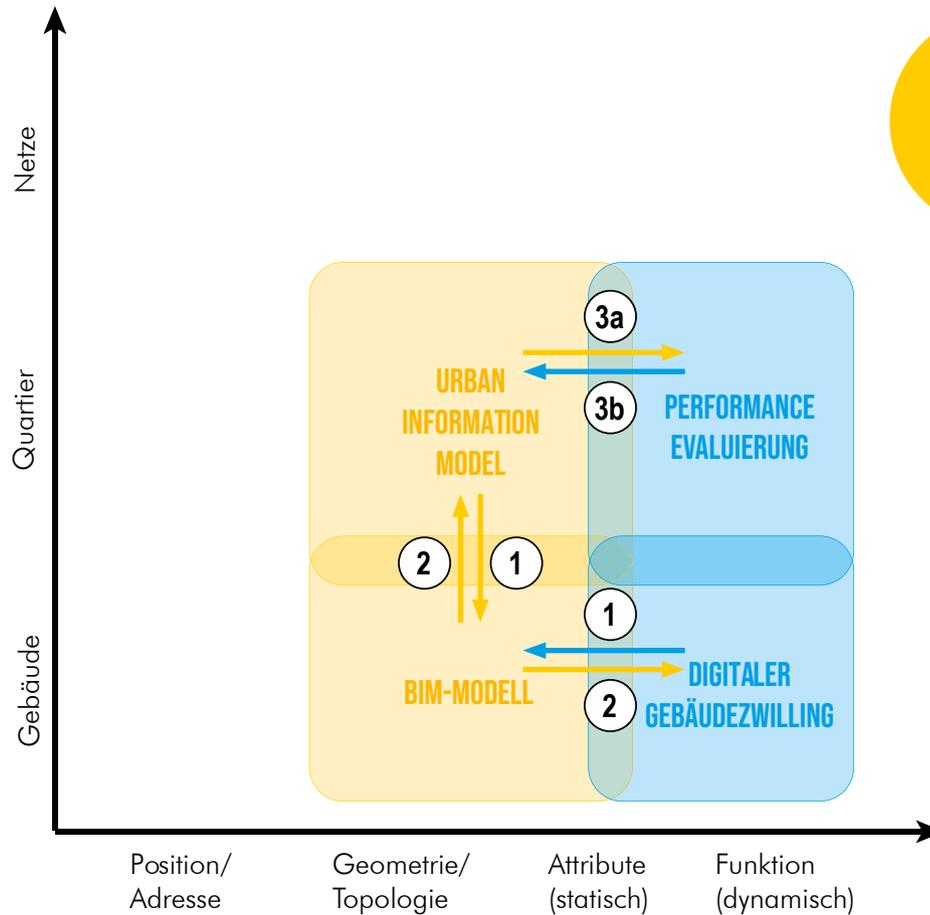


Foto: Karl Berger



## Zusammenspiel / Interaktionen

In den unterschiedlichen Projektphasen von der Projektinitiative bis zum Betrieb werden Tools unterschiedlicher Granularität benötigt:

1. Ausschreibung und Vorentwurf: Aus dem UIM sind topografische Daten verfügbar, die adäquate Randbedingungen für ein Projekt (Sanierung, Um- und Neubau) definieren: Lage, Fern- und Nahverschatt-

ung durch umliegende Objekte, die zusammen mit lokalen und/oder großräumigen Klimadaten wie den Zeitreihen für Solarstrahlung, Temperatur und Wind nutzbar sind, um schon in frühen Planungsphasen solare Erträge für unterschiedliche Entwürfe abschätzen zu können, die in die digitale energetische Gesamtplanung eingehen.

Dazu braucht es einerseits Tools, um diese Daten in hinreichender Genauigkeit extrahieren zu können, andererseits Rechenmodelle, die Energieerträge und Interaktionen des Teilsystems Photovoltaik mit der räumlichen und energetischen Modellierung des gesamten Gebäudemodells verknüpfen.

In der **Ausführungsplanung** werden die Modelle verfeinert, wozu generische skalierbare digitale Modelle, Leistungserklärungen und Produktdatenblätter, die in BIM-Modelle eingebunden werden können, erforderlich sind, die in Summe den DGZ repräsentieren.

2. Aggregierte Daten und Modelle (as-built) werden aus dem Projekt wieder dem UIM zur Verfügung gestellt. Dies dient einerseits der strategischen Planung im Quartier, andererseits können mit aktuellen meteorologischen Daten und Prognosen Optimierungsprozesse im Betrieb auf regionaler Ebene erfolgen, wie etwa Austausch von Energie zwischen Nachbarn, oder die Bewirtschaftung eines Speichers auf Quartiersebene. Zukünftige Entwicklungsprojekte und Ausschreibungen profitieren von diesen Daten und Modellen. Bestehende Bauvorschriften und -vorgaben können optimiert werden.

3. Im Gebäudebetrieb wird durch die Einbindung der Photovoltaikanlage in die Modellierung das Facility Management unterstützt: Einerseits durch Now- und Forecasting (3a), andererseits indem bei Differenzen zwischen real gemessenen (Monitoring) und durch den DGZ berechneten Erträgen eine gezielte Wartung durchgeführt, sowie aggregierte Betriebsdaten für den digitalen Energieausweis (dEAW) an das UIM übermittelt (3b) werden können.

## Mehrwert

Von der integralen Photovoltaikplanung in BIM profitieren:

- Stadtplanungseinrichtungen, indem treffsichere Zielvorgaben unter Berücksichtigung des Umfelds, sowie bessere Modellierung der tatsächlichen Performance auf Quartiersebene im UIM ermöglicht wird,
- Am Planungs- und Errichtungsprozess Beteiligte durch Informationen aus dem UIM zur Optimierung des Projekts,
- Komponentenhersteller, indem passende Produkte besser auffindbar sind, und leichter dargestellt werden kann, dass lokale Vorgaben erfüllt werden,
- Eigentümer, Betreiber und Nutzer, durch bessere und validierte energetische Qualität, sowie durch Kostenvorteile aus dem verbesserten Planungsprozess und durch zielgerichtete Wartungsstrategien.

Es ist derzeit noch oft anzutreffende gelebte Praxis, Photovoltaik erst spät im Planungsprozess zu berücksichtigen, wobei dann häufig – wenn überhaupt - nur Minimalerfordernisse erfüllt werden.

Erst wenn die Photovoltaikplanung als integrierter Teil der energetischen Gesamtplanung von Anfang an verstanden und gelebt wird, ermöglicht dies, vorhandene Potentiale möglichst gut auszunützen und energetisch und wirtschaftlich effektive Lösungen zu generieren, deren Vorteile auch klar dargestellt und kommuniziert werden können.

## Vitality-Tool

Beispiel für ein Tool, das in einer frühen Planungsphase eingesetzt werden kann, ist das im Projekt VITALITY entwickelte Berechnungstool, das nun als freie App für Rhino & Grasshopper zur Verfügung steht [37]. Es bietet eine einfache, positionsabhängige Ertrags- und Amortisationsrechnung und Visualisierung für die Anwendung der Photovoltaik im gebauten Umfeld: Einerseits wird der wetter-, tages- und jahreszeitlich variierende Ertrag von Photovoltaikmodulen in Abhängigkeit von der lokalen Verschattung berechnet, andererseits das jährliche Lastprofil des Eigenverbrauchs in der Amortisationsrechnung berücksichtigt. Beispiel: Supermarkt, oberes Bild: Jahresertrag, unteres individuelle Modul-Amortisationszeiten [38].

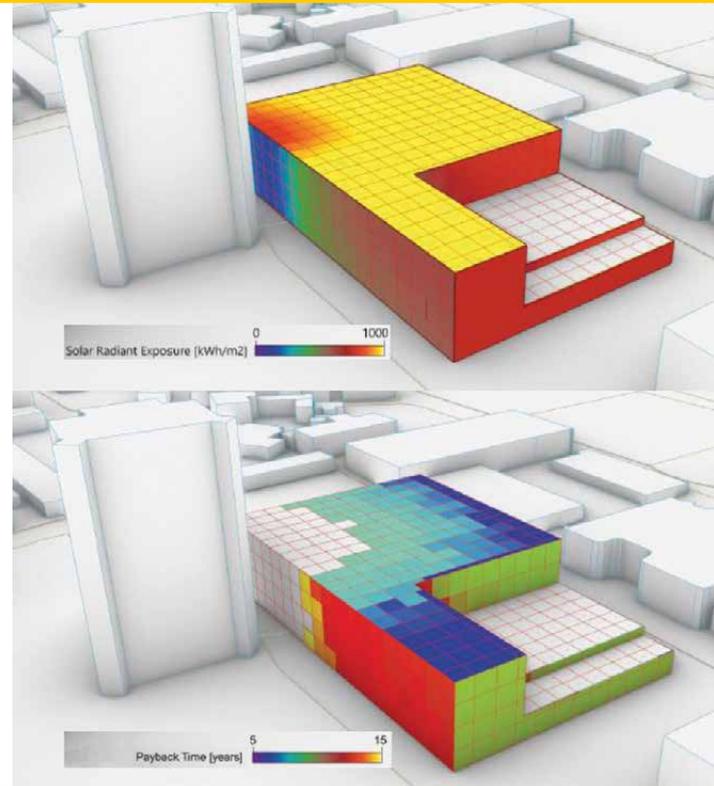
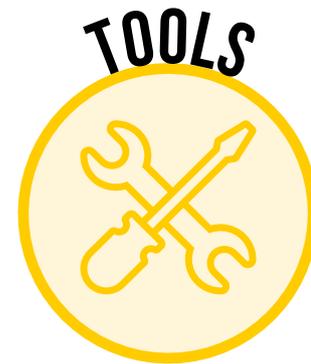


Abbildung: Visualisierung Gebäudesimulation mit dem Vitality Tool  
Quelle: AIT

# 9 EMPFEHLUNGEN

Abschließend werden Handlungsempfehlungen in folgenden drei Dimensionen abgeleitet und der Implementierungsaufwand abgeschätzt:



## Prozesse

Die Einrichtung eines UIM als zentralen „Hub“ für den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Tools und Stakeholdern, der standardisierte Schnittstellen berücksichtigt und eine Möglichkeit für Drittanbieter eröffnet, Services anzubieten (siehe Tools).

Die bisher beschriebenen Mehrwerte digitaler Informationsmodelle lassen sich nur mit einem gut integrierten UIM vollständig realisieren.

## Implementierungsaufwand

Abstimmungsaufwand für Einführung von zentralen Softwaresystemen und Schnittstellen zwischen allen beteiligten Stakeholdern der Stadtverwaltung.

Abstimmung mit allen externen Stakeholdern, die das UIM benutzen.





## Daten

Die Erarbeitung eines umfassenden Metadatenkatalogs zu allen erfassten und verarbeiteten Daten der die Nachvollziehbarkeit der Inhalte, die Qualität und die Identifikation ermöglicht.

„Eindeutige“ Beschreibungen der Attribute und Führung von eindeutigen Kennungen (Identifier) ermöglichen die Verknüpfung der Daten. Auch das Auffinden von Daten wird wesentlich erleichtert (Zeitersparnis und Wissenstransfer). Dadurch erhöhen sich auch die Datenqualität und daraus abgeleitete Analysen. Das wiederum unterstützt massiv evidenzbasierte Entscheidungen.

### Implementierungsaufwand

Festlegung klarer Kompetenzen und Verantwortlichkeiten (z.B. Datenverwaltung im Data Excellence Programm der Stadt Wien), z.B. Fachbeirat für zentrale Entscheidungen, Nominierung von Data Stewards inkl. Schulungen und einen fortlaufenden Austausch.

Entwicklung eines zentralen „Tools“ zur Metadatenverwaltung, inkl. und Bestimmung von Struktur, zu erfassender Parameter, Beziehung zwischen den Daten und dem Grad des Datenschutzes.

Erfassung der relevanten Fachdaten und entsprechenden Nutzungen (z.B. OGD). Nutzung eines akkordierten Kennzeichenkatalogs falls sich mehrere Daten auf dieselbe Codierung beziehen. Zentrale Ablage aller Daten in einem sogenannten DataWarehouse. Fortlaufende und regelmäßige Kontrolle und Pflege von Daten und Metadaten.



## Die Erfassung von Daten zum Gebäudebestand, inklusive 3D Geometrien, etc.), Metadaten (bestehende Gebäudesysteme, Gebäudezustände, Materialien) sowie Monitoringdaten des Energiebedarfs und Nutzungsprofile.

Die Erfassung des gesamten städtischen Gebäudebestands ermöglicht eine ganzheitliche Sichtweise auf die Stadt. So können die Daten zur Berechnung des Dämmgrades der Gebäude in der gesamten Stadt, Bezirken oder Gebäudeensembles, zur Evaluation von Sanierungs- und Energieeinsparungspotentialen, sowie zur Analyse von PV-Installationsmöglichkeiten (Ausrichtung, Abschattung, etc.), sowie zu einem Performancemonitoring der einzelnen Gebäude bzw. Gebäudegruppen herangezogen und eine Bewertung innerhalb der Stadtverwaltung bezüglich der Energieraumplanung vorgenommen werden.

### Implementierungsaufwand

Zusammenlegung von den verfügbaren Modellen in unterschiedlichen Bereichen: Vereinheitlichung der Gebäude- und Bauteil-Identifikationen (einheitliche ID-Nomenklatur basierend auf dem GWR);

Anonymisierungsprozesse, um vor allem Nutzungsdaten und Verbrauchsprofile weiter verwenden zu können



## Die Erfassung von Daten zur (lokalen) Energieerzeugung und Speicherung, inklusive Abwärme, Erdwärme, Kleinwindkraft, Solarkataster und lokale Speicherpotentiale.

Derartige Potentialkarten sind eine wesentliche Grundlage für die Errichtung von effizienten Energiesystemen mit 100% erneuerbaren, lokalen Energieträgern sowie für die Identifikation von Dekarbonisierungsstrategien auf gesamtstädtischer Ebene. Die Datenqualität ist hierbei wichtig für die Identifikation von geeigneten Standorten und Energieversorgungskonzepten, wobei für konkrete Umsetzungsprojekte im Regelfall Vor-Ort-Analysen der detaillierten Potentiale notwendig sind.

### Implementierungsaufwand

Potentiale von Solarenergie, Kleinwindkraft und Erdwärme können entweder über 3D-Gebäude- bzw. Stadtmodelle bzw. aus bestehenden hydrologischen Daten berechnet werden (geringer Aufwand), oder über Laserscandaten mittels Befliegung bzw. lokale Messungen (hoher Aufwand). Die Identifikation von urbanen Abwärmepotentialen (z.B. von Rechenzentren, aus Kühlprozessen) ist mit hohem bis sehr hohem Aufwand verbunden, da die konkreten Standorte nicht immer bekannt sind, die entsprechenden Daten nicht systematisch erhoben werden oder eine geringe Qualität haben bzw. vertraulich sind. Aktuelle Forschungsprojekte entwickeln hier innovative bottom-up Ansätze mit geringem Aufwand, z.B. [24].



## Analyse, (Weiter-) Entwicklung und Validierung neuer bzw. ergänzender Datenformate (Gebäude: Fokus openBIM, Stadt: Fokus CityGML und ADEs).

Derartige Datenformate sind die notwendige Grundlage für die langfristige Modellwartung bzw. Verwendung und Interoperabilität österreichweit

### Implementierungsaufwand

Erstellung von den fehlenden bzw. Nutzung von den verfügbaren Merkmalüberlappungen auf verschiedenen Ebenen (einige Merkmale werden sowohl in IFC als auch in CityGML Energy ADE definiert, bei der Vereinigung müssen die entscheidende Merkmale automatisch ausgewählt werden)

Wo technisch möglich und sinnvoll, existierende Datenbanken verknüpfen: XML-basierte Datenbanken für EAWs; Solarkataster, etc.



## Definition eines UIM-Datenmodells inkl. der Schnittstellen zu schon existierenden städtischen und nationalen Datenbanken (Statistik Austria, Stadtverwaltungen, Bund, Energieversorger, Netzbetreiber).

Ein UIM ermöglicht eine Vernetzung von Daten aus unterschiedlichen nationalen Datenbanken mit Gebäudebezug, was eine wesentlich fundiertere Analyse energiebezogener Fragestellungen als in der Vergangenheit erlaubt, da Informationsebenen ohne großen manuellen Datenverarbeitungsaufwand miteinander betrachtet und analysiert werden können.

### Implementierungsaufwand

Schnittstellen und Zugriffsrechte müssen vor der Erarbeitung des UIM Modells geklärt und die technische Umsetzung detailliert geplant werden (Definition von APIs zum Datenaustausch, etc.)

bei der Definition des UIM-Modells muss sichergestellt sein, dass Gebäude- und Gebäudeteil-IDs vereinheitlicht werden und sich möglichst an der GWR-Nomenklatur orientieren, um eine eindeutige Zuordnung von Informationen aus den verschiedenen Datenbanken zu ermöglichen.



## Softwaretools

### Die Entwicklung und Implementierung von Algorithmen und Funktionalitäten zur Aggregation von Daten und Anonymisierung sowie Zugriffsberechtigung.

die Daten müssen standardisiert aufbereitet werden, damit einerseits Datenschutzkonformität herrscht, andererseits der Detaillierungsgrad für die nachstehenden Prozesse ausreichend ist.

#### Implementierungsaufwand

Definition und Beschreibung standardisierter APIs (hoher Aufwand) um einen verlustfreien Datenaustausch für unterschiedliche Anwendungen zu garantieren. (Weiter-) Entwicklung von Dashboards und Analysetools zur Aufbereitung und Visualisierung der relevanten Daten um daraus für den notwendigen Anwendungsfall Handlungsempfehlungen generieren zu können.



### Die (Weiter-)Entwicklung von Tools zur Unterstützung von Planungsprozessen bzgl. dynamischer Prozesse, Szenarienanalysen und Risikomanagement sowie Änderungsmanagement.

Investitionsentscheidungen in Effizienzmaßnahmen und erneuerbare Erzeugungskapazitäten für Gebäude und Quartiere müssen mittel- bis langfristige Entwicklungen berücksichtigen und unterliegen dementsprechend diversen Unsicherheiten wie z.B. der Preisentwicklung von Strom und biogenen Brennstoffen sowie den zukünftigen Nutzungs- und Verbrauchsprofilen der Abnehmer.

#### Implementierungsaufwand

Entwicklung von den Schnittstellen und Plugins für aktuelle und prognostizierte Strom- und Energiepreise  
Erstellung von Schnittstellen für Risikomanagement-Tools  
Verbesserte Darstellung für die Variantenstudien und Szenarienanalyse innerhalb geeigneter Softwaretools



### Die (Weiter-)Entwicklung von Berechnungs- und Simulationstools für Gebäudeenergiebedarf sowie lokale Energiepotentiale.

Schnelle Berechnung wesentlicher Kennzahlen, Nutzung einheitlicher Daten bei allen involvierten Stakeholdern, automatische Synchronisierung von den Berechnungsergebnissen mit dem zentralen Modell.

#### Implementierungsaufwand

(Weiter-) Entwicklung bestehender Simulationstools für die schnelle Berechnung lokaler Energiepotentiale (basierend auf Normen und gelebter Praxis) Adaptierung und Angleichung der Berechnungsverfahren aus anderen Bereichen bzw. aus Erkenntnissen aus der Praxis. Entwicklung von Schnittstellen und Plugins für die dynamische Verknüpfung der Ergebnisse in das UIM.



# 10 GLOSSAR

**Building Information Modeling (BIM;** deutsch: Bauwerksdatenmodellierung) ist eine Merkmal-orientierte Methode für die vernetzte integrale Gebäudeplanung, Ausführung und Betrieb und findet bereits verbreitet Anwendung international, aber auch in Österreich.

- **Open BIM:** BIM Prozesse mit der verschiedener Softwarelösungen mittels einer einheitlichen offenen Schnittstelle und auf Grundlage einer einheitlichen Datenstruktur [41]
- **Closed BIM:** BIM Prozesse mit der Verwendung einer einheitlichen Softwarelösung und einer proprietären Schnittstelle [41]

**Der digitale Gebäudezwilling (DGZ)** ist ein übergeordnetes Informationsmodell eines realen Gebäudes, das sich über den Lebenszyklus mit relevanten Informationen (Geometrie bzw. Parameter) aufbaut.

**FIWARE:** FIWARE ist ein kuratiertes Framework von Open-Source-Plattformkomponenten zur Entwicklung smarterer Lösungen [fiware.org](http://fiware.org)

**GIS-basierte Netzwerkmodelle** enthalten räumliche Informationen von Ver- und Entsorgungsnetzen (Fernwärme, Gas- und Stromnetze) basierend auf Geografischen Informationssystemen (GIS).

**Dynamischer Energieausweis (dEAW):** das Ziel des dEAW ist zum einen großflächige, jedoch energetische Analysen durchführen zu können, als auch ein bidirektionales Update zwischen UIM und dem DGZ zu ermöglichen.

# 11 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<b>Abb.</b>	Abbildung	<b>HEB</b>	Heizenergiebedarf
<b>ADE</b>	Application Domain Extensions (Erweiterungen für CityGML)	<b>HKLS</b>	Heizung, Klimatechnik, Lüftung, Sanitär
<b>API</b>	Application Programming Interface (Programmierschnittstelle)	<b>HLK</b>	Heizung, Lüftung, Klimatechnik
<b>BIM</b>	Building Information Modeling	<b>HWB</b>	Heizwärmebedarf
<b>BMK</b>	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie	<b>ID</b>	Identifikator
<b>CIM</b>	City Information Model (Synonym zu UIM)	<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes (offener Standard im Bauwesen)
<b>CityGML</b>	City Geography Markup Language	<b>IKT</b>	Informations- & Kommunikationstechnologie
<b>dEAW</b>	dynamischer Energieausweis	<b>IoT</b>	Internet der Dinge
<b>DGZ</b>	digitaler Gebäudewilling	<b>KB</b>	Kühlbedarf
<b>DIM</b>	Digitale Informationsmodelle	<b>KPIs</b>	Key-Performance-Indikatoren
<b>EAW</b>	Energieausweis	<b>LgBl</b>	Landesgesetzblätter
<b>ELT</b>	Extract Transform and Load	<b>LoD</b>	Level of Development [42]
<b>EnergieeinsparG</b>	Energieeinsparungsgesetz	<b>LOD</b>	Level of Detail [42]
<b>FM</b>	Facility Management: Gebäudemanagement, Gebäudebetrieb	<b>OGD</b>	Open Government Data
<b>GIS</b>	Geographisches Informationssystem	<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>GWR</b>	Gebäude- und Wohnungsregister	<b>STEP</b>	Stadtentwicklungsplan Wien
<b>GWZ</b>	Gebäude- und Wohnungszählung	<b>TGA</b>	Technische Gebäudeausrüstung
		<b>UIM</b>	Urban Information Model (Synonym zu CIM)
		<b>VLT</b>	Vorlauftemperatur
		<b>XML</b>	Extended Markup Language
		<b>ZMR</b>	Zentrales Melderegister

# 12 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] CityGML Versions 2.0 and 3.0 Web Site [www.citygml.org](http://www.citygml.org)
- [2] Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus #Mission2030, die österreichische Klima- und Energiestrategie <https://mission2030.info>
- [3] Umsetzungsplan Mission Innovation Austria [www.nachhaltigwirtschaften.at/de/e2050/highlights/mission-innovation-austria-fokusgruppen.php](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/de/e2050/highlights/mission-innovation-austria-fokusgruppen.php)
- [4] STEP 2025, Stadtentwicklungsplan Wien [www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf](http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf)
- [5] Stadt Wien, MA20, Fachkonzept Energieraumplanung [www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/fachkonzept-energieraumplanung.pdf](http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/fachkonzept-energieraumplanung.pdf)
- [6] Energieraumplanung in Wien, Aufbereitung rechtlicher Aspekte [www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008497.pdf](http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008497.pdf)
- [7] UIV Urban Innovation Vienna GmbH „URBAN LEARNING - Integrative energy planning of urban areas [www.urbanlearning.eu](http://www.urbanlearning.eu)
- [8] Landesrecht konsolidiert Wien: Gesamte Rechtsvorschrift für Bauordnung für Wien, Fassung vom 17.12.2019 [www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006](http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006)
- [9] Stadt Wien, MA20, Klimaschutz-Gebiete - Energieraumpläne für Wien [www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/erp/](http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/erp/)
- [10] Stadt Wien, MA20, Themenstadtplan Energie <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/themenstadtplan/index.html>
- [11] Stadt Wien, MA22, Wien Umweltgut - Themenstadtplan [www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/index.html](http://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/index.html)

- [12] Stadt Wien, Digitales Wien, Open Government Data (OGD) in Wien  
<https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/>
- [13] Stadt Wien, MA25, Stadterneuerung und Prüfstelle für Wohnhäuser „Smarter Together“  
[www.smartertogether.at](http://www.smartertogether.at)
- [14] Stadt Wien, MA37, Wien startet Digitale Baueinreichung  
<https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/planen/digitale-baueinreichung.html>
- [15] Stadt Wien, MA37, Übermittlung von Daten für das Wiener Gebäude- und Wohnungsregister (WGWR)  
<https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/planen/gebaeuedaten-register.html>
- [16] enspired cities - offene harmonisierte Informationsgrundlagen für die räumliche Energieplanung  
<https://www.enspired.city/>
- [17] Spatial Energy Planning <https://waermeplanung.at/>
- [18] Green Energy Lab <https://www.greenenergylab.at/>
- [19] J. Preier, GWR Vorstellung beim DIM4Energy Workshop am AIT  
[www.ait.ac.at/fileadmin//mc/energy/Business\\_Cases/7\\_Smart\\_Resilient\\_Cities/GWR\\_der\\_Statistik\\_Austria\\_Josef\\_Preier.pdf](http://www.ait.ac.at/fileadmin//mc/energy/Business_Cases/7_Smart_Resilient_Cities/GWR_der_Statistik_Austria_Josef_Preier.pdf)
- [20] Microsoft, Grundlegendes zu Digital Twins-Objektmodellen und zum Raumintelligenzgraphen  
<https://docs.microsoft.com/de-at/azure/digital-twins/concepts-objectmodel-spatialgraph>
- [21] Modelica library for district heating network modelling using IBPSA library as core  
<https://github.com/AIT-IES/DisHeatLib>
- [22] NODA Intelligent Systems AB, <https://noda.se/>
- [23] TU Wien, „Plus-Energie-Bürohochhaus, Gebäudekonzept“  
[www.tuwien.at/tu-wien/campus/tu-university/standorte/plus-energie-buerohochhaus/gebaeudekonzept/](http://www.tuwien.at/tu-wien/campus/tu-university/standorte/plus-energie-buerohochhaus/gebaeudekonzept/)
- [24] HotCity, Das Spiel rund um Abwärmequellen in Städten <https://cities.ait.ac.at/projects/hotcity/>
- [25] CityGML Energy ADE“ [http://www.citygmlwiki.org/index.php/CityGML\\_Energy\\_ADE](http://www.citygmlwiki.org/index.php/CityGML_Energy_ADE)

- [26] Stadt Wien, MA41 - Stadtvermessung, Stadtplan3D  
[www.wien.gv.at/stadtplan3d](http://www.wien.gv.at/stadtplan3d)
- [27] CORDIS Datenbank, CI-ENERGY Smart cities with sustainable energy systems  
<https://cordis.europa.eu/project/id/606851/de>
- [28] G. Agugiaro, J.-L. Robineau und P. Rodrigues, „PROJECT CI-ENERGY: TOWARDS AN INTEGRATED ENERGY URBAN PLANNING SYSTEM FROM A DATA MODELLING AND SYSTEM ARCHITECTURE PERSPECTIVE,“ 2017.  
[www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/IV-4-W3/5/2017/isprs-annals-IV-4-W3-5-2017.pdf](http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/IV-4-W3/5/2017/isprs-annals-IV-4-W3-5-2017.pdf)
- [29] B. Skarbal, J. Peters-Anders, A. Faizan Malik und G. Agugiaro, „How to pinpoint energy-inefficient Buildings? An Approach based on the 3D City model of Vienna,“ ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information (<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W3-71-2017>), (2017).
- [30] G. Agugiaro, CityGML and EnergyADE Präsentation beim DIM4Energy Workshop am AIT  
[www.ait.ac.at/dim4energy](http://www.ait.ac.at/dim4energy)
- [31] Synavision Software [www.synavision.de/de/](http://www.synavision.de/de/)
- [32] aedifion Software [www.aedifion.com](http://www.aedifion.com)
- [33] VRVis, Visplore Software <https://www.vrvis.at/research/projects/visplore/>
- [34] Bundesgesetz über die Pflicht zur Vorlage eines Energieausweises beim Verkauf und bei der In-Bestand-Gabe von Gebäuden und Nutzungsobjekten (Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012 – EAVG 2012)  
StF: BGBl. I Nr. 27/2012 (NR: GP XXIV RV 1650 AB 1701 S. 150. BR:.
- [35] metaTGA Projekthomepage [www.metatga.org](http://www.metatga.org)
- [36] BIMBestand Projektinformationen <https://projekte.fhg.at/projekt/3307460>
- [37] VITALITY (by mrakoplas) [www.food4rhino.com/app/vitality](http://www.food4rhino.com/app/vitality)
- [38] T. Selke, „VITALITY - Energieoptimierte Design-Regeln und Planungsschnittstellen für BIPV im urbanen Raum“ BMVIT, Berichte aus Energie und Umweltforschung. In Print, (2020)
- [39] OIB-Richtlinien Übersicht der 2019-Fassung, Österreichische Institut für Bautechnik (OIB), 2019.  
<https://www.oib.or.at/en/oib-richtlinien/richtlinien/2019>

- [40] W. Landtag, „Landesrecht konsolidiert Wien: Gesamte Rechtsvorschrift für Bauordnung für Wien“ 27 12 2018. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006>
- [41] Plattform 4.0, „Begriffe zu BIM und Digitalisierung“ 2017  
<https://plattform4zero.at/schrift-08-begriffe-zu-bim-und-digitalisierung/>
- [42] ASI, Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) Level 3-iBIM, ÖNORM A 6241-2.

## Impressum

AIT Austrian Institute of Technology  
Giefinggasse 6, 1210 Wien

### **Kontakt:**

Ralf-Roman Schmidt  
Senior Research Engineer  
Center for Energy, Integrated Energy Systems

T: +43(0) 50550-6695

E: [Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at](mailto:Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at)

W: [www.ait.ac.at/dim4energy/](http://www.ait.ac.at/dim4energy/)

### **Hauptautoren:**

Karl A. Berger, Stefan Hauer, Jan Peters-Anders, Ralf-Roman Schmidt, Anna Shadrina und Edmund Widl.

### **Mit Beiträgen von:**

Giorgio Agugiaro (TU Delft), Volker Coors (HFT Stuttgart), Alexander David (TU Wien), Simon Fallmann (CES), Gerald Forkert (UVM Systems), Johannes Fütterer (aedifion GmbH), Stefan Geier (BOKU, ehemals MA20), Herbert Hemis (MA20), Sebastian Kaiser (Build Informed), Josef Preier (Statistik Austria), Florian Stift (ATP sustain)

### **Grafik und Layout:**

Theresa Fink und Anna Shadrina

### **Druck:**

Facultas Verlags- und Buchhandels AG

### **Stand:**

Wien, Februar 2020

Dieser Leitfaden ist Ergebnis des Projekts DIM4Energy (Projektnummer 867315) gefördert durch das BMK im Rahmen der 5. Ausschreibung Stadt der Zukunft. „Stadt der Zukunft“ ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Es wird im Auftrag des BMK von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) abgewickelt.

 DIM4Energy

 Bundesministerium  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

 UVM  
SYSTEMS

 TU Delft

 buildingSMART<sup>®</sup>  
Austria

 Stadt  
Wien | Energieplanung

 ATP sustain

 aedifion  
ADVANCED BUILDING AUTOMATION APPLICATIONS

 AIT  
AUSTRIAN INSTITUTE  
OF TECHNOLOGY

 STADT  
der Zukunft

 STATISTIK AUSTRIA  
Die Informationsmanager

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart

 TU  
WIEN bi.wbb

 BUILD  
INFORMED

 BOKU  
Universität für Bodenkultur Wien

 ces  
CLEAN ENERGY  
SOLUTIONS

