

3D Stadtmodelle für Wärmebedarfssimulationen

Claudia Schulte, HFT Stuttgart, Institut für Angewandte Forschung (IAF)

Prof. Dr. Volker Coors, HFT Stuttgart, Zentrum für Geodäsie und Geoinformatik

Romain Nouvel, HFT Stuttgart, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik (zafh.net)

Prof. Dr. Ursula Eicker, HFT Stuttgart, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik (zafh.net)

CADFEM Users` Meeting

24. Oktober 2012

Herausforderung – Energiebedarf Gebäudesektor

Beim Wärmeverbrauch liegen in Deutschland die größten Einspar- und somit CO₂-Reduktionspotentiale im Gebäudebestand

Durch innovative Gebäudesanierungskonzepte könnten 80% des aktuell benötigten Primärenergieverbrauchs eingespart werden - Ziel der Bundesregierung bis zum Jahr 2050.

- **Übersicht über aktuellen Wärmebedarf (IST-Zustand) sowie Möglichkeiten zur Berechnung und Visualisierung von Sanierungsszenarien dringend notwendig**
- **Die städtische Energieplanung braucht effiziente Verfahren mit hinreichender Genauigkeit für den gesamtstädtischen Maßstab**

Motivation – Einsatz virtuelle 3D Stadtmodelle (CityGML)

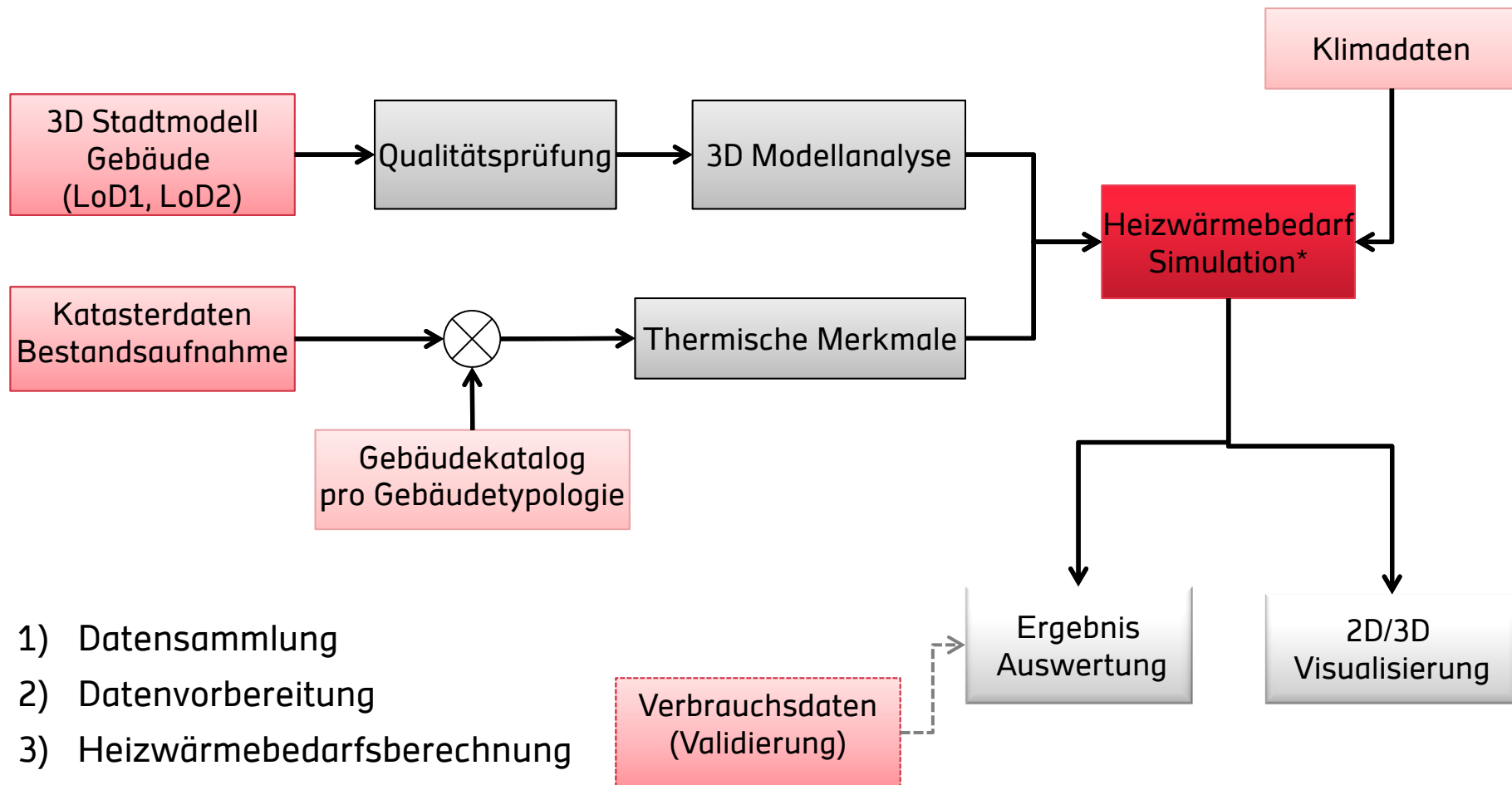
Virtuelle 3D Stadtmodelle spielen dabei eine wichtige Rolle. Sie können Energie- und Stadtplaner bei der Umgestaltung des urbanen Raums unterstützen:

- Analysen des aktuellen Energiebedarfs
 - Sanierungsszenarien (Kosten vs. Einsparung)
 - Entwicklung von Wärmenetzausbaustrategien und
 - Planung der Integration von Erneuerbaren (PV und thermische Solarkollektoren)
- **Beitrag zur Strategieentwicklung der städtischen Energiebedarfsreduzierung**

CityGML als flexibler und offener Standard für 3D Stadtmodelle hat folgende Vorteile:

- Modellierung unterschiedlicher Detailstufen der Geometrie und Sachdaten
- Modellierung Datenquelle und Datenqualität
- Validierbares räumlich-semantisches Modell als Voraussetzung für Analysen
- Intuitive 3D Visualisierung von Ergebnissen

Das Verfahren: Workflow Heizwärmebedarfsberechnung

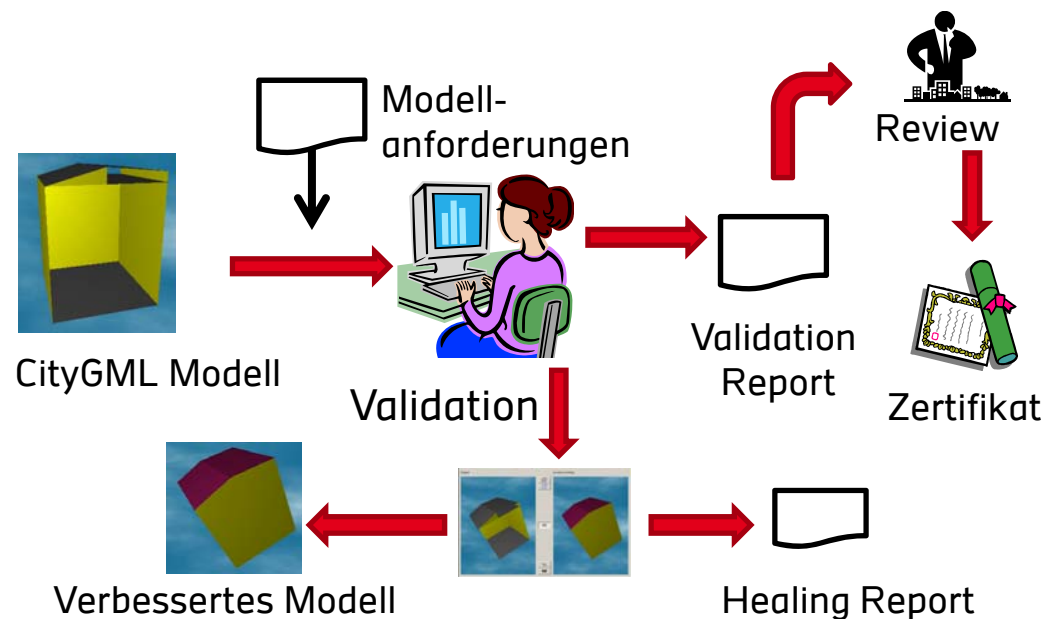


- 1) Datensammlung
- 2) Datenvorbereitung
- 3) Heizwärmebedarfsberechnung
- 4) Analyse

* nach DIN 18599 (Monatsbilanzverfahren) (EN ISO 13790)

Analyse / Verbesserung der Datenqualität 3D Stadtmodell

Forschungsvorhaben: CityDoctor, Koordination Prof. Coors



CityGML 2.0

- Prüfung Datenqualität
 - Planarität, Verschneidung
 - Geschlossenheit
 - Flächenanzahl, Kantenprüfung, Flächenorientierung
 - Plausibilitätsprüfungen Semantik
- Heilung
→ Zertifikat

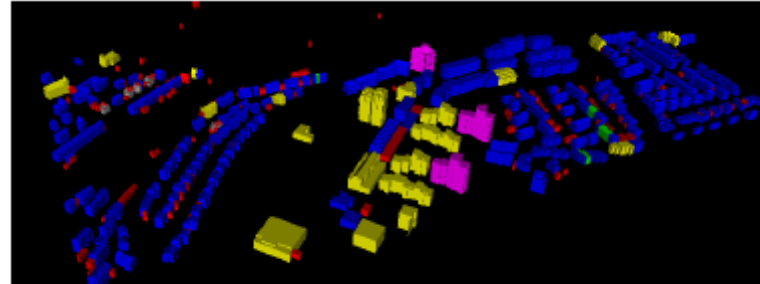
Plug-Ins für CPA SupportGIS, FME, CityServer 3D sowie als Standalone Tool
Webservice geplant



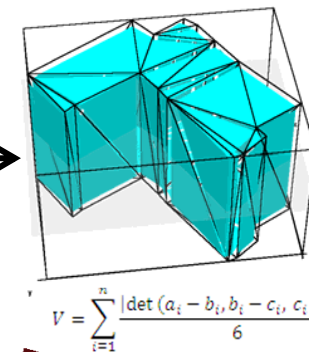
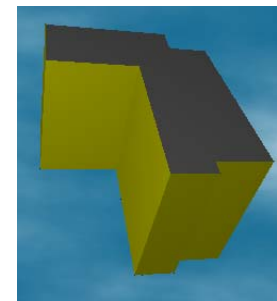
<http://citydoctor.hft-stuttgart.de/> , Förderung durch das BMBF

Analyse des 3D Stadtmodells

- Gebäudeklassifikation
(Wohngebäude, MFH, HH, EFH)

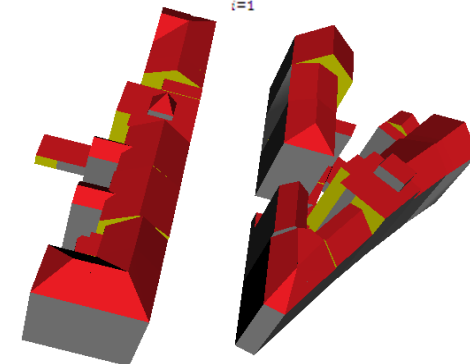


- Volumenberechnung



$$V = \sum_{i=1}^n \frac{|\det(a_i - b_i, b_i - c_i, c_i - d_i)|}{6}$$

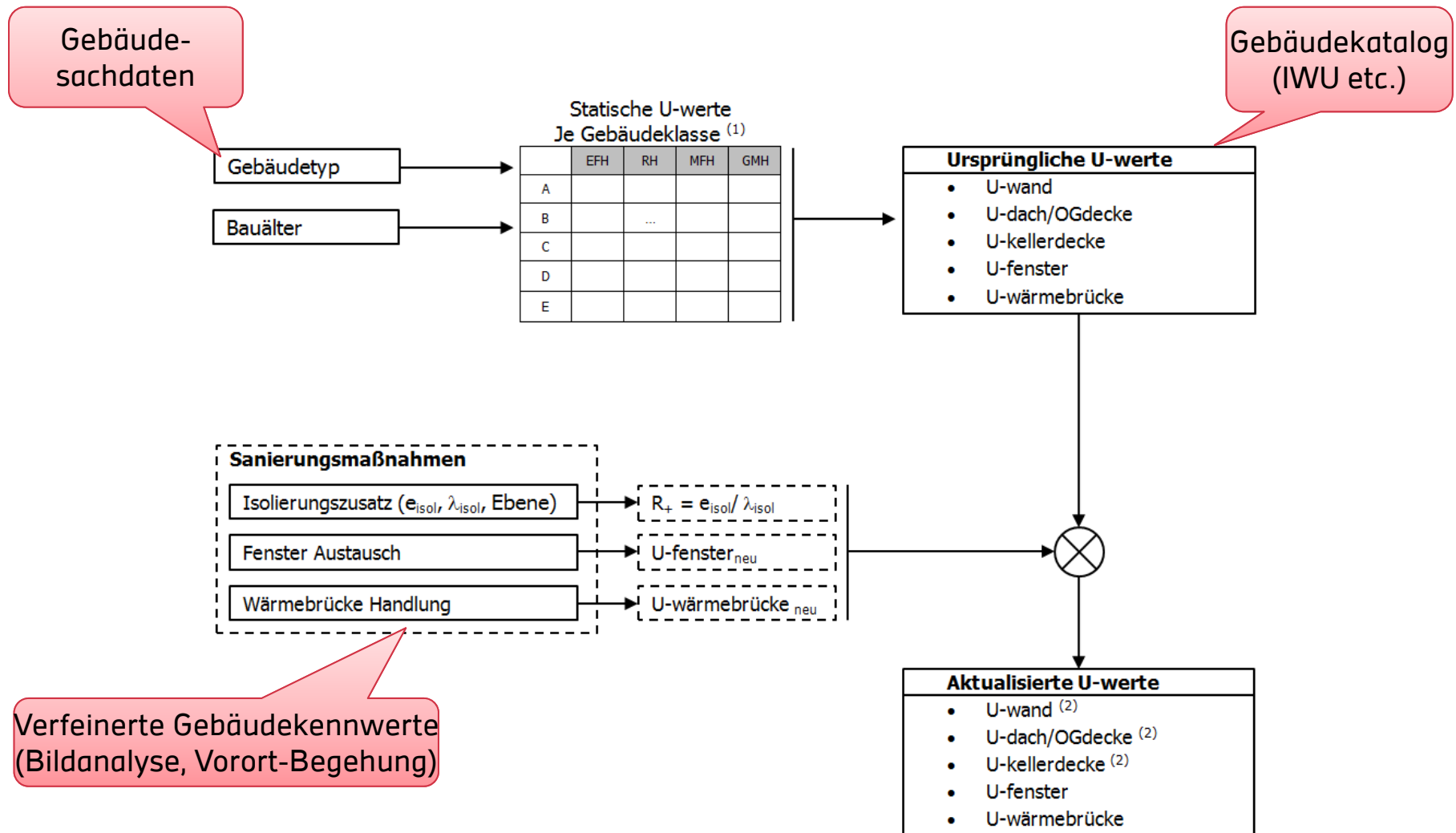
- Ermittlung angrenzende Fassaden (-teile)



- Fensterflächenextraktion aus Texturen

Segmentation and
Window detection

Datenanreicherung – Thermische Kennwerte Gebäude



Eingangsdaten Wärmebedarfssimulation

- Umbautes Volumen [m³]
- Dachfläche [m²]
- Fläche Außenwände [m²] (sun / wind exposed)
- Fläche Innenwände [m²] (zu Nachbargebäuden)
- Fläche Grundriss [m²]
- Ausrichtung der Dach- / Wandfläche
- Anteil Fensterfläche pro Wand [%]
- U-Werte für Gebäudehülle

Verfahren

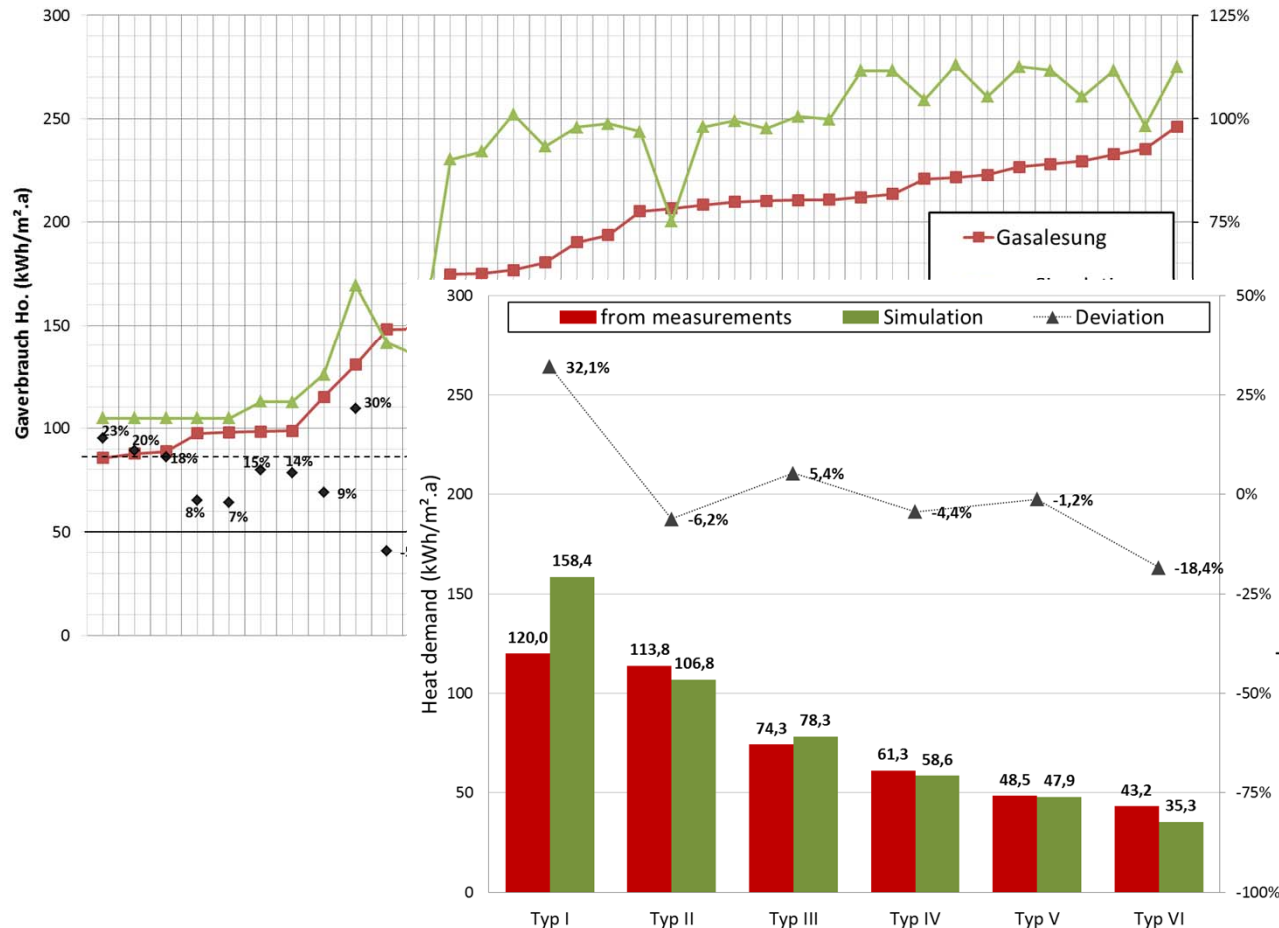
Monatsbilanzverfahren nach DIN 18599-2 von 2005

Ergebnis:

Jährlicher Heizwärmebedarf pro Gebäude in

kWh/m²a in Bezug auf Referenznutzfläche A_N

Validierung: Vergleich mit Verbrauchsdaten



Fallstudie 1: LB-GR

Mittelmäßige Datenlage, LoD1

Gesamtabweichung: 18%

Std.Abw: 11%

Fallstudie 2: KA-RI

sehr gute Datenlage, LoD2

Gesamtabweichung: 7%

Std.Abw: 18%

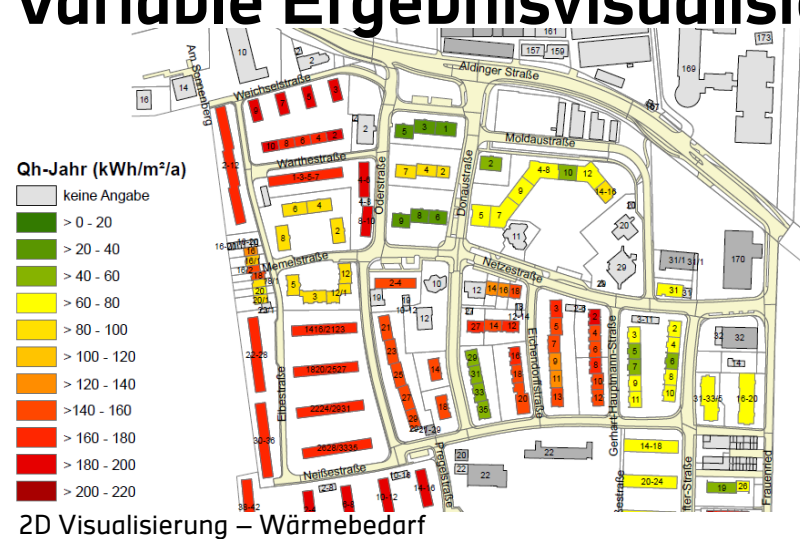
Ohne GTyp1: 6% und 5%

Fazit: Vielversprechende Ergebnisse, berechnete Werte 5-25% oberhalb der realen Werte (typisch: 20%)

→ Einfluß: Nutzerverhalten insb. Lüftung, Heiztechnik, Überschätzung Gebäudevolumen

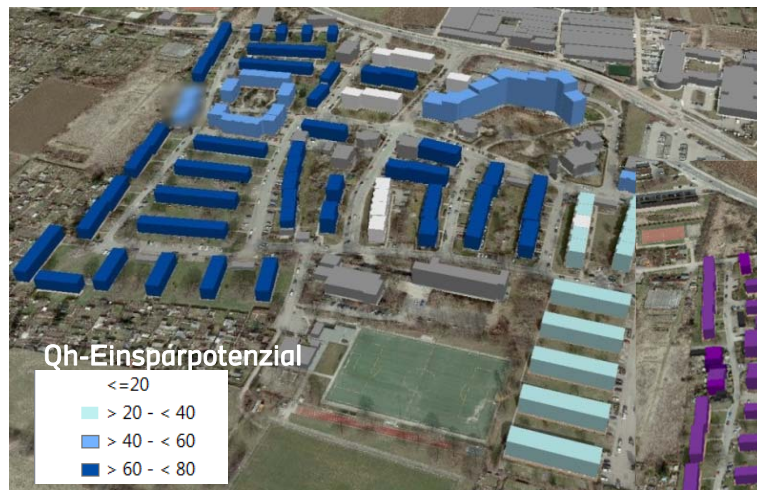
Hochschule für Technik Stuttgart

Variable Ergebnisvisualisierung

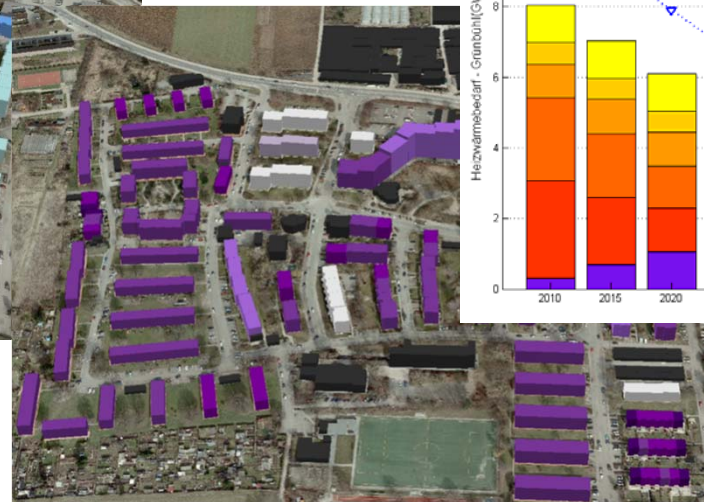


Ergebnisvisualisierung: 3D Stadtmodelle für die Stadtplanung

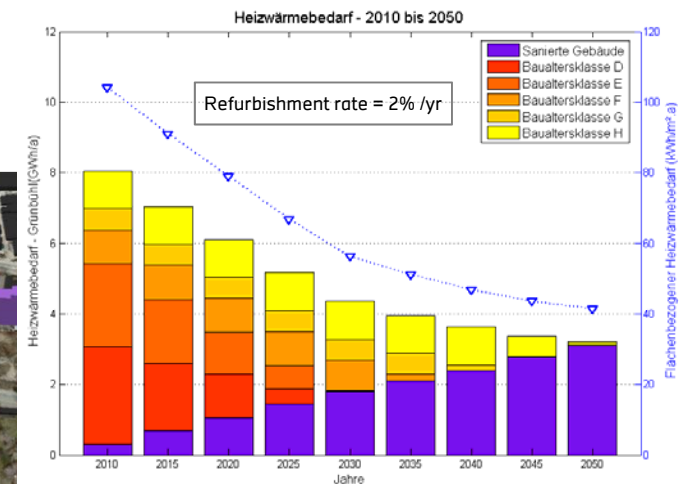
- Sanierungsszenarien – Berechnung des Einsparpotentials
- Definition von Sanierungsprioritäten, Zeitliche Planung
- Berechnung Sanierungskosten / Energiekosten



Energy savings [%] - Grünbühl

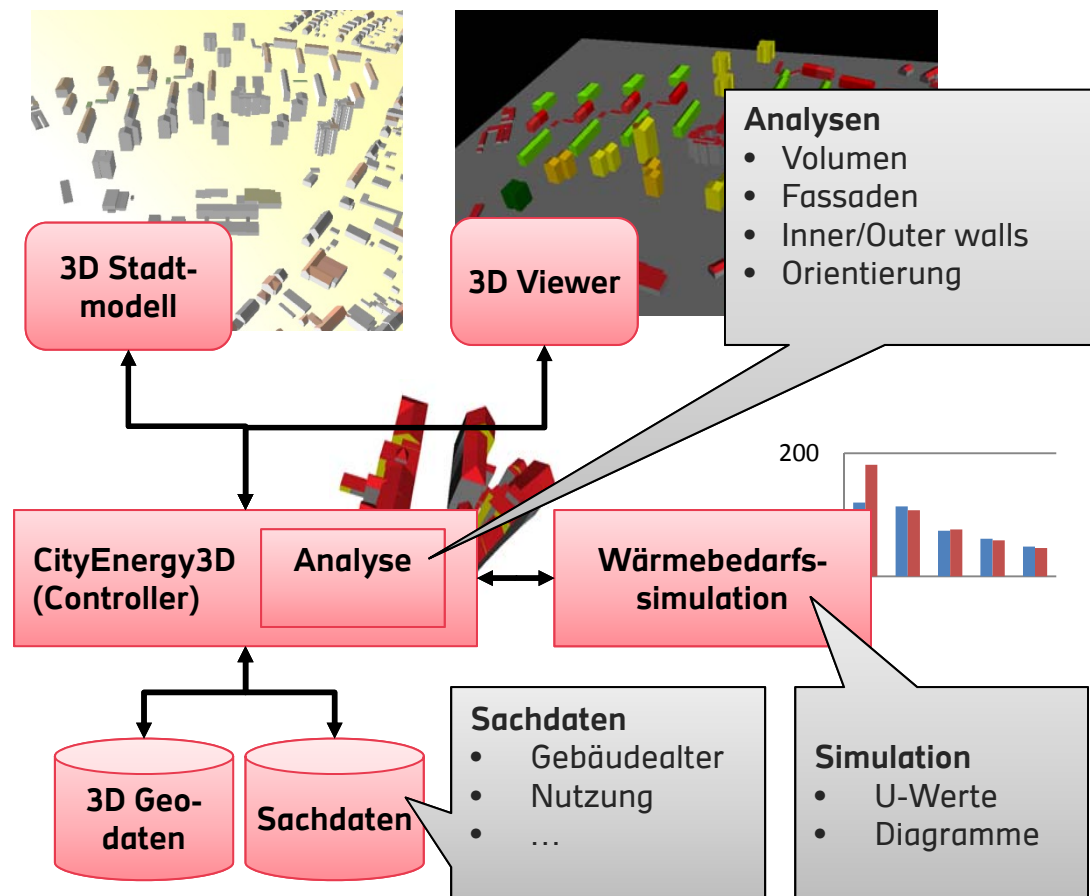


Refurbishment Costs [€/m²] - Grünbühl



Heat demand decrease
Grünbühl 2010 – 2050

Softwareentwicklung an der HFT Stuttgart CityEnergy3D



- Dateneingang: 3D Datenbank oder CityGML Datei
- Berechnung Heizenergiebedarf und Szenarienrechnungen
- PV Analyse und Verschattungsberechnung
- Standardisierungsaktivitäten: OGC Dienste und CityGML ADE
- Erweiterung um weitere Aspekte der städtischen Planung möglich

Zusammenfassung

- Wärmebedarf von Stadtquartieren kann mit guter Genauigkeit mit 3D Stadtmodellen berechnet werden
- Grundinformationen über Gebäudealter (→ Bauteileigenschaften IWU) und Nutzung sind erforderlich
- Bei Einzelgebäuden führt variables Nutzerverhalten zu größeren Abweichungen zwischen gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf (20-30%)
- Bei detaillierteren Gebäudekennwerten kann auch bei individuellen Gebäuden der Fehler auf 10% reduziert werden.
- Erneuerbare Energiepotentiale können ermittelt und Szenarien für erneuerbare Eigenversorgung analysiert werden
- 3D Stadtmodelle können Grundlage für Smart City Konzepte der Zukunft sein (Anpassung Verbrauch – Erzeugung, Lastmanagement, Visualisierung der Energieströme)

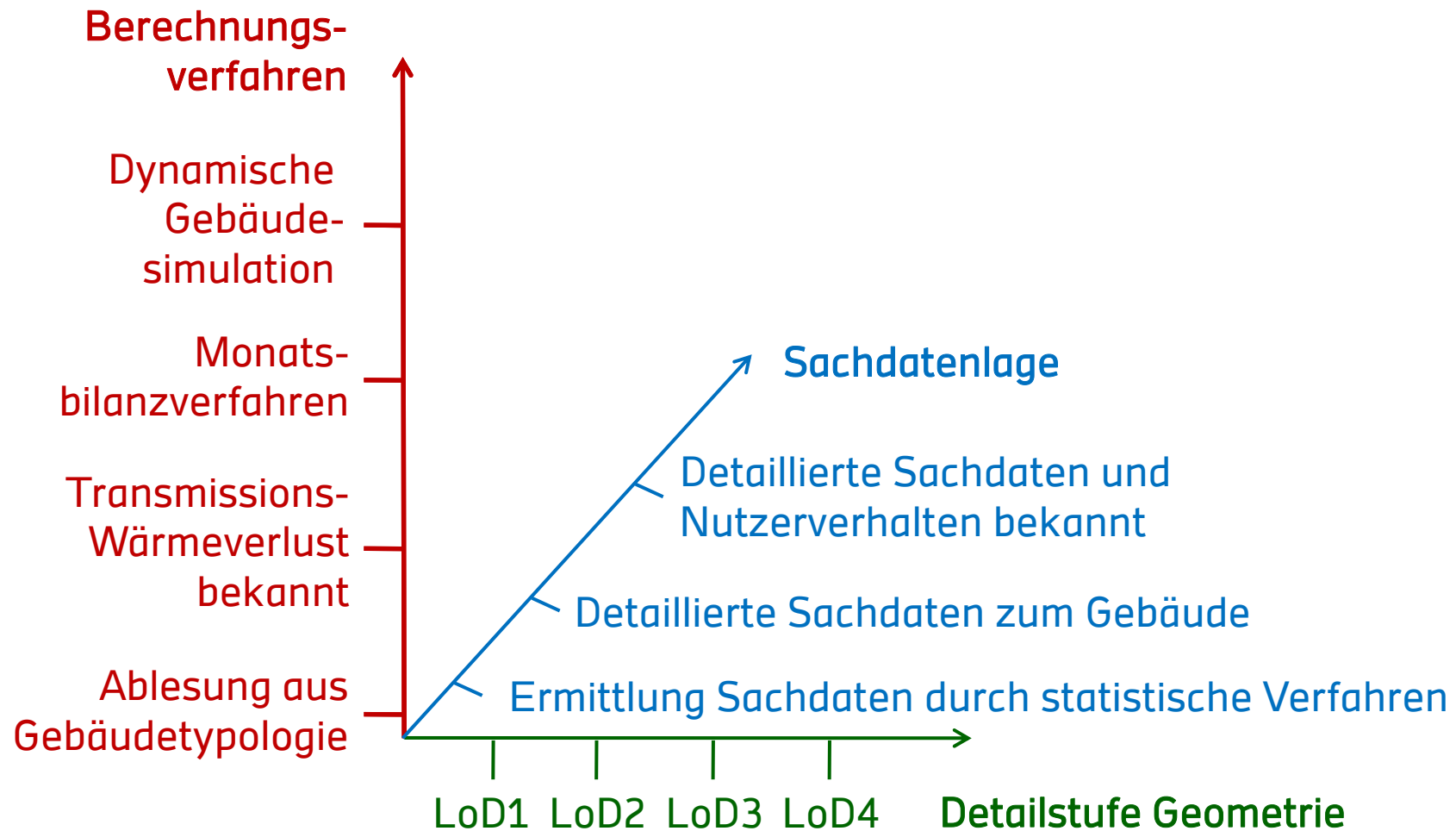
Zusammenfassung - Herausforderungen

3D Stadtmodelle spielen schon jetzt eine wichtige Rolle für Energieplaner und Stadtplaner

Herausforderungen

- Anreicherung der Sachdaten (Crowd Sourcing Ansatz)
- Verbesserung der Datenqualität von 3D Stadtmodellen
- Entwicklung von standardisierten Schnittstellen für 3D GDI
- Prüfen der Optimierungspotentials durch hochdetaillierte Gebäudemodelle bzw. detaillierte Fassadengeometrien
- Verbesserte Ergebnisgenauigkeit durch verbesserte Parameter bzgl. Nutzerverhalten, Abschätzung unbeheizte Räume etc.

Einflußfaktoren auf die Gebäudebedarfsberechnung



Herzlichen Dank fürs Zuhören

Claudia Schulte
HFT Stuttgart
Institut für Angewandte Forschung
eMail: claudia.schulte@hft-stuttgart.de

Prof. Dr. Volker Coors
HFT Stuttgart
Zentrum für Geodäsie und Geoinformatik
eMail: volker.coors@hft-stuttgart.de