

Aktuelle Methoden der Energieplanung

Instrumente zur Energiesystemanalyse in Städten und Kommunen

Dipl.-Ing. Tobias Eder

Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme, TUM

t.eder@tum.de

Dipl.-Ing. Markus Wagner

Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, TUM

markus.wagner@tum.de

- Einleitung
- Energetische Sanierungspotenziale von Bestandsgebäuden
- Potenziale zur Nutzung der Oberflächennahen Geothermie
- Analyse solarthermischer Deckungsgrade für Bestandsgebäude
- Integrative Betrachtung in Energiesystemmodellen
- Optimierter Ausbau von Versorgungsinfrastrukturen

LEHRSTÜHLE

Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. Ulrich Wagner

Fakultät: Elektrotechnik und Informationstechnik

Mitarbeiter: 19

Forschungsschwerpunkte

- Untersuchung der technisch-wirtschaftlichen Grundlagen der Energieversorgung
- Betrachtung des Zusammenwirkens aller Techniken von der Primärenergiegewinnung über die Energieumwandlung bis hin zur Energienutzung
- Forschungsthemen: Elektromobilität, Flexible Last, Kraft-Wärme-Kopplung, Stadtenergiesystem, Stromsystem

Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr. Thomas Hamacher
Fakultät: Elektrotechnik und Informationstechnik
Mitarbeiter: 11

Forschungsschwerpunkte

- Aufbau von Energiesystemmodellen für alle Betrachtungsebenen, vom globalen Entwicklungsszenario bis hin zum smarten Micro-Netz
- Analyse technologiebezogener Systemmodelle unter Berücksichtigung sozio-ökonomischer und ökologischer Aspekte
- Entwicklung von Lösungsmodellen für die Stromsysteme der Zukunft
- Technologiebewertung im Systemkontext

MOTIVATION UND PERSPEKTIVEN

Methodenentwicklung für die kommunale Energieplanung

Systemanalysen und Informationstechnologien gewinnen an Bedeutung

Aktuelle Forschungsprojekte der Lehrstühle beschäftigen sich mit der Entwicklung neuer Werkzeuge der Energieplanung und deren Integration in Planungsinstrumente

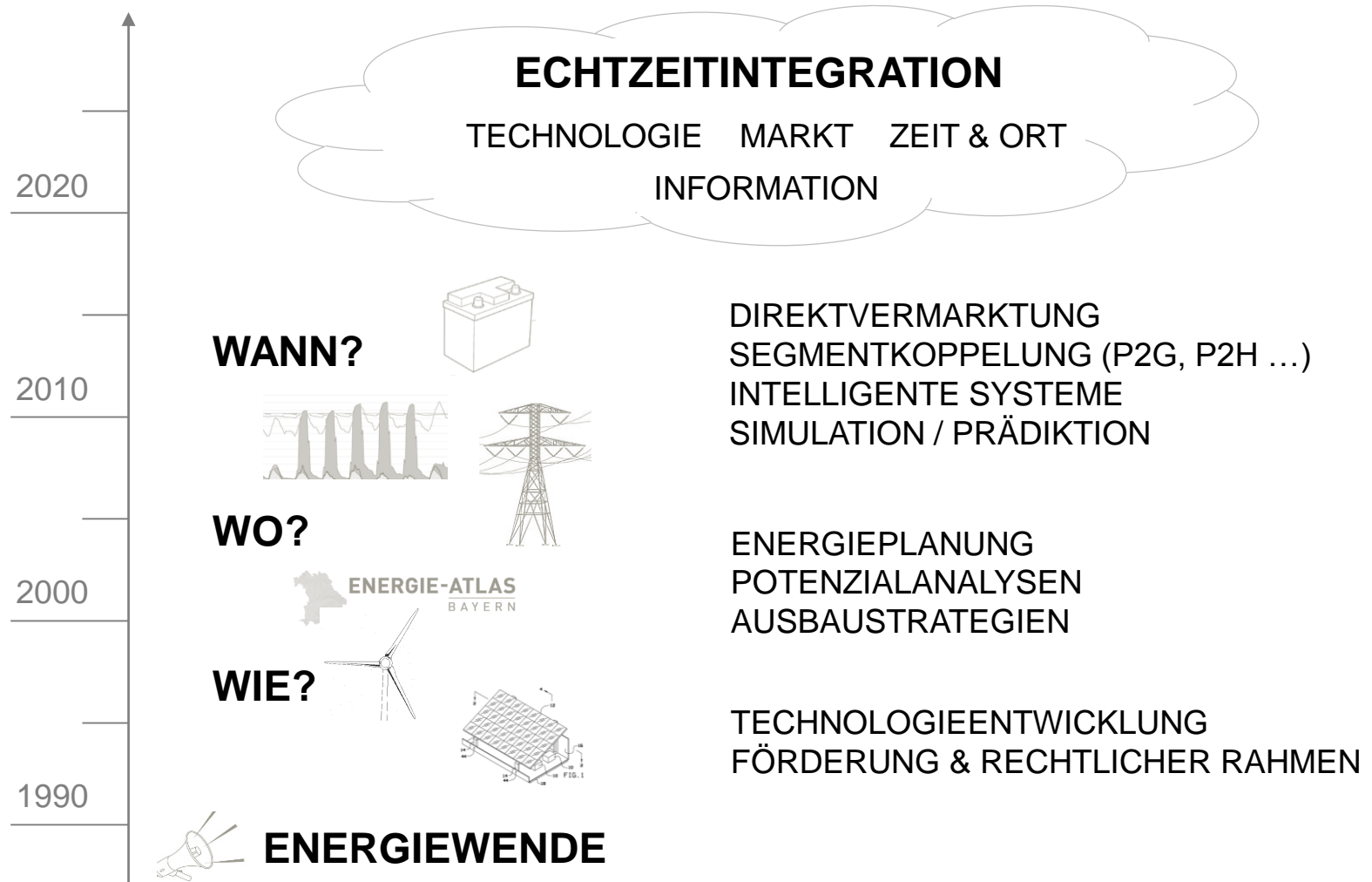


Schwerpunkte aktueller Arbeiten sind:

- Entwicklung **neuer Methoden** zur Analyse bestehender Energiesysteme und deren Entwicklungspotenziale
- Entwicklung von Konzepten für ein kontinuierliches **Energie-Monitoring** in Kommunen
- **Automatisierung und Standardisierung** von Methoden

Entwicklungshistorie und Perspektiven

„Die Energiewende“ ist dynamische Systemevolution



POTENZIALE OBERFLÄCHENNAHER GEOTHERMIE

Beispiel: Analyse LKr Kulmbach

Gebäudebezogene Analyse von Potenzialen der Oberflächennahen Geothermie

- Fragestellung: Welches Flurstück weist ausreichend geothermisches Potenzial zur Versorgung seiner Gebäude auf und welchen Effekt zeigt die energetische Sanierung?
- Analyse von ~ 20.000 Bestandsgebäuden hinsichtlich deren Versorgungs- und Sanierungspotenzialen



Bayerisches
Staatsministerium
Für Wirtschaft und
Medien, Energie
und Technologie



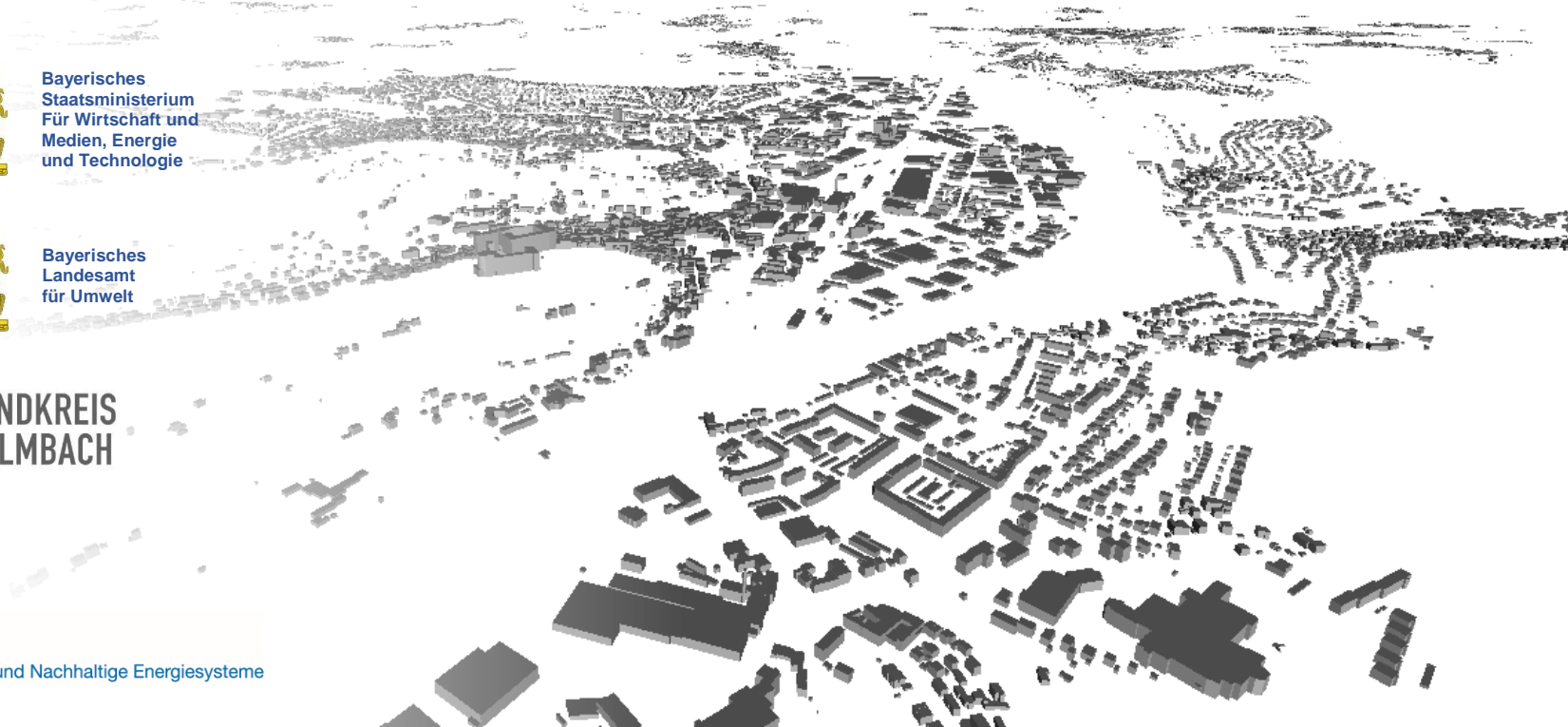
Bayerisches
Landesamt
für Umwelt



LANDKREIS
KULMBACH



Lehrstuhl für
Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme

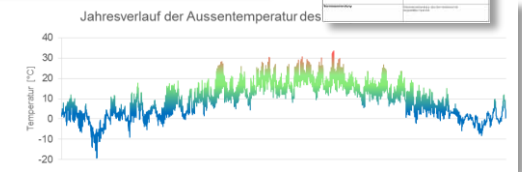
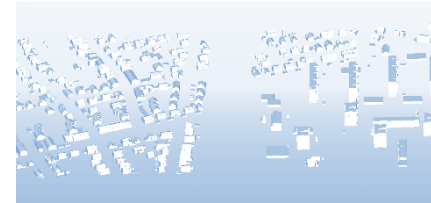


Wärmenachfrage großer Gebäudebestände

Allg. Vorgehensweisen zur Analyse des Nachfragesektors für Raumwärme

1. Aufbau eines energetischen Gebäudemodells

- Bauteilgeometrie (3D-Modelle)
- Bauphysikalische Strukturdaten
- Nutzungsprofile
- Wetterdaten / Klima



2. Anwendung von Bilanzierungs- / Simulationswerkzeugen

- Einfacher Anwendungsfall: **Bilanzierung** des Heizwärmebedarfs (normierte und pauschalisierte Verfahren, Betrachtung: Jahres- / Monatsweise)
- Komplexer Anwendungsfall: **Simulation** (physikalische Repräsentation, hohe zeitliche Auflösung)

3. Ergebnisse

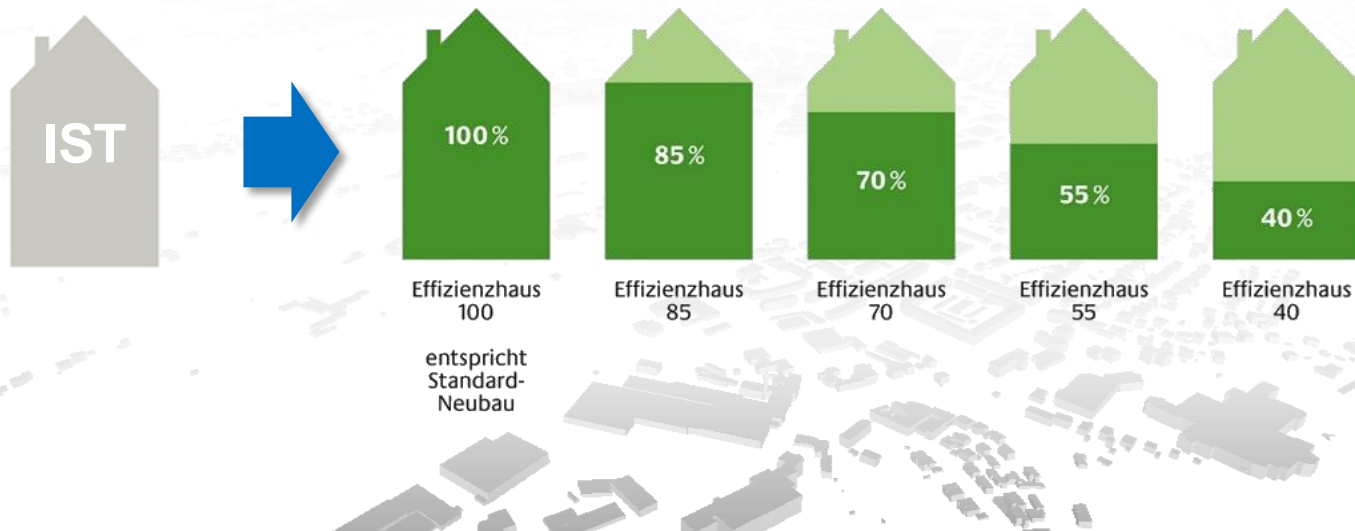
- Wärmenachfrage für Raumwärme und Trinkwarmwasser jedes Gebäudes
- anlagentechnische Dimensionierung

Potenziale der energetischen Gebäudesanierung

Welche Sanierungstiefe bietet ein Optimum an Energieeinsparung vs. Investition?

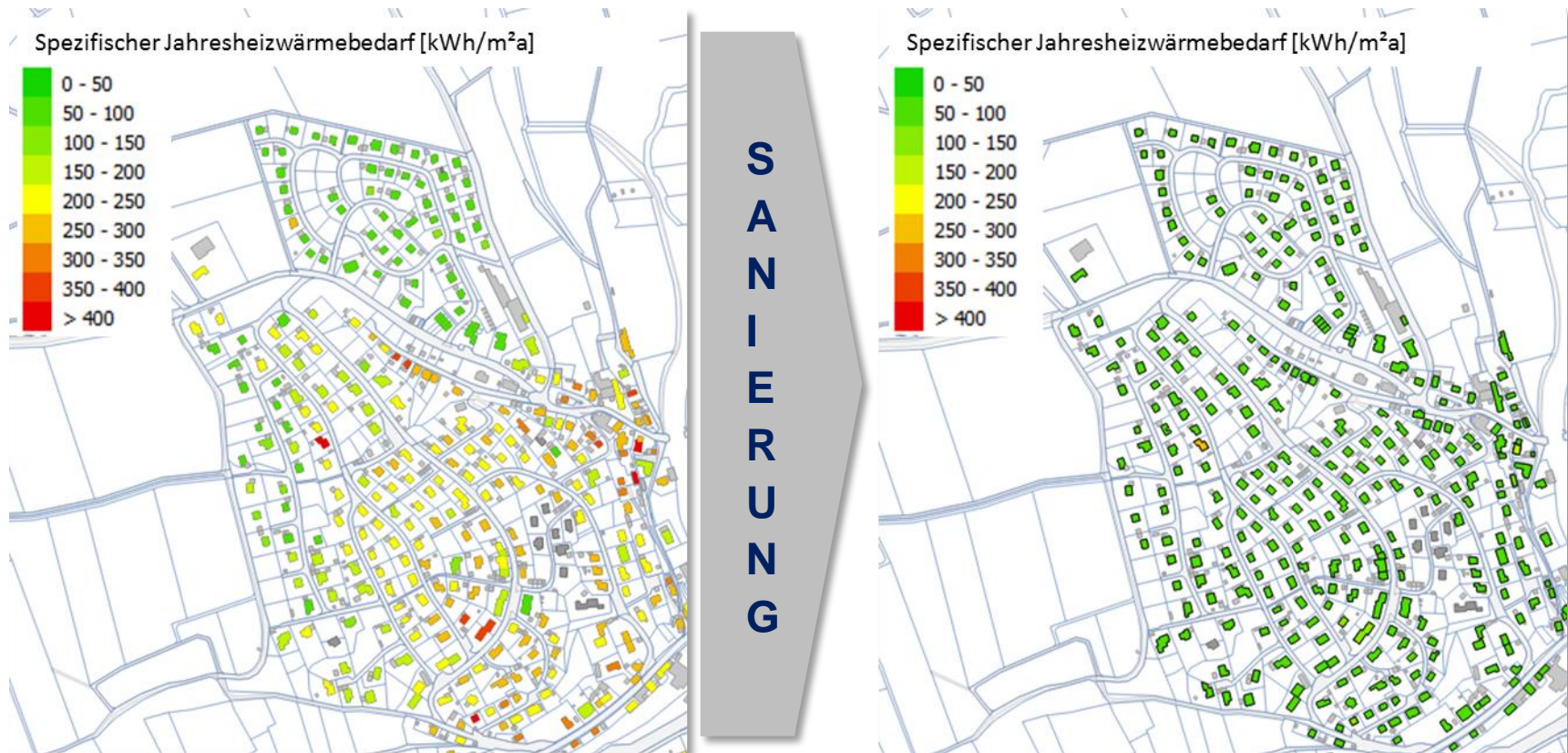
Jedes Gebäude wird rechnerisch auf die geförderten KfW-Effizienzstandards saniert und die Auswirkungen aufgezeigt.

- Wie groß ist die mögliche **Energieeinsparung**?
- Wie viel **Wand- / Dachfläche** muss gedämmt werden?
- Wie viel **Fensterfläche** muss erneuert werden?
- Wie hoch sind die **Sanierungskosten**?
- Wie hoch ist die zu erwartende **Förderung**?



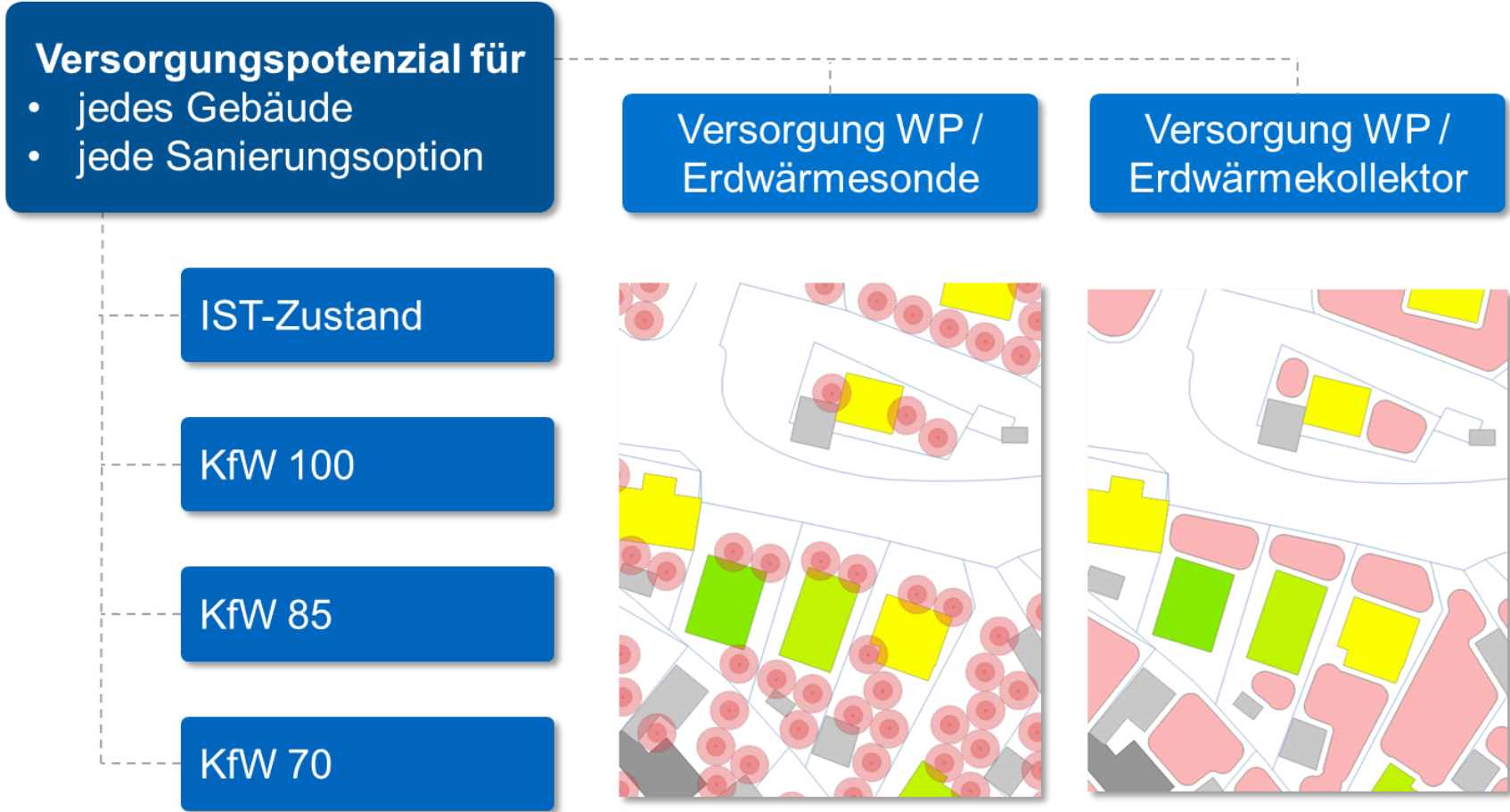
Beispiel: Analyse LKr Kulmbach

Welcher Aufwand ermöglicht wie viel Einsparung zu welchen Kosten?



Beispiel: Analyse LKr Kulmbach

Gebäudebezogene Analyse von Potenzialen der Oberflächennahen Geothermie



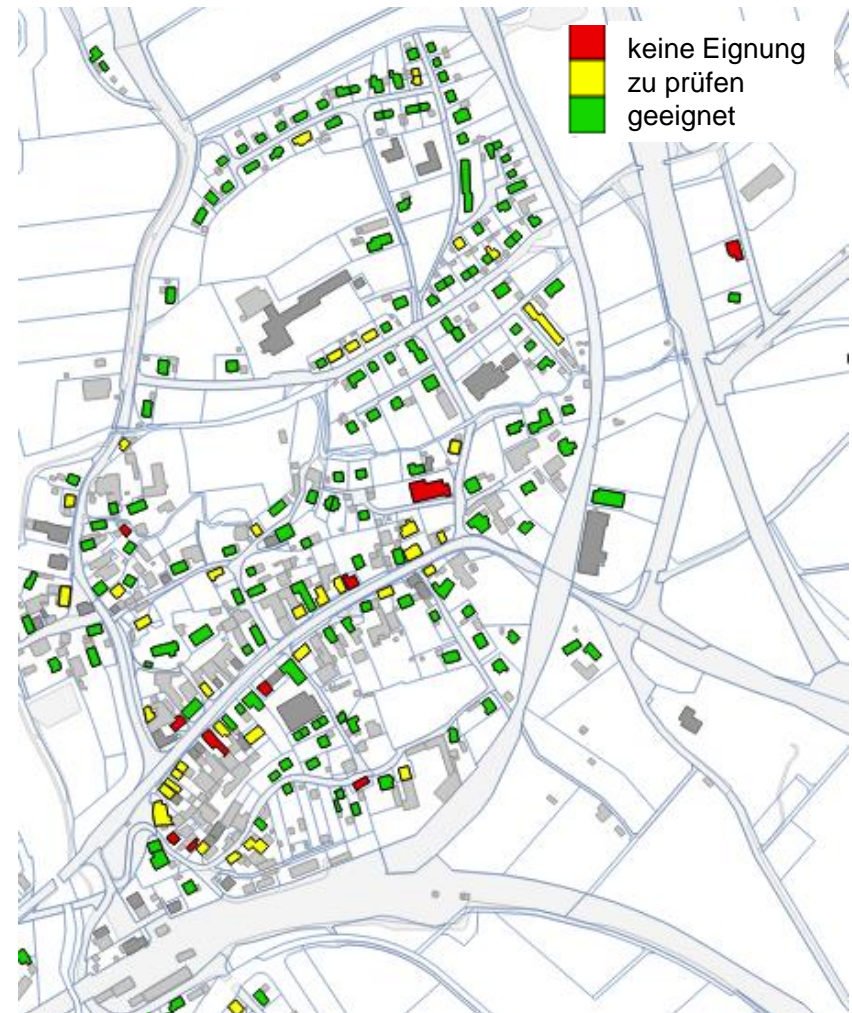
Beispiel: Analyse LKr Kulmbach

Welche Gebäude können mittels Erdwärme und Wärmepumpen versorgt werden?

Ergebnisse für **jedes Gebäude**:

- verfügbare Erdwärme bei Nutzung von **Erdwärmekollektoren**
- Verfügbare Erdwärme bei Nutzung von **Erdwärmesonden**
- **Deckung** des Heizwärmebedarfs möglich?
- Deckung des Heizwärmebedarfs bei **energetischer Sanierung** möglich?
- Abschätzung von Energiebedarf, Kosten und THG-Emissionen für jedes Szenario

Eignungsklassen Wärmeversorgung mit Erdwärmesonden



POTENZIALE GEBÄUDEINTEGRIERTER SOLARTHERMIE

Analyse solarthermischer Deckungsgrade

Zeitlich hohe Auflösung zur Analyse von solarthermischen Deckungsgraden

Fragestellung

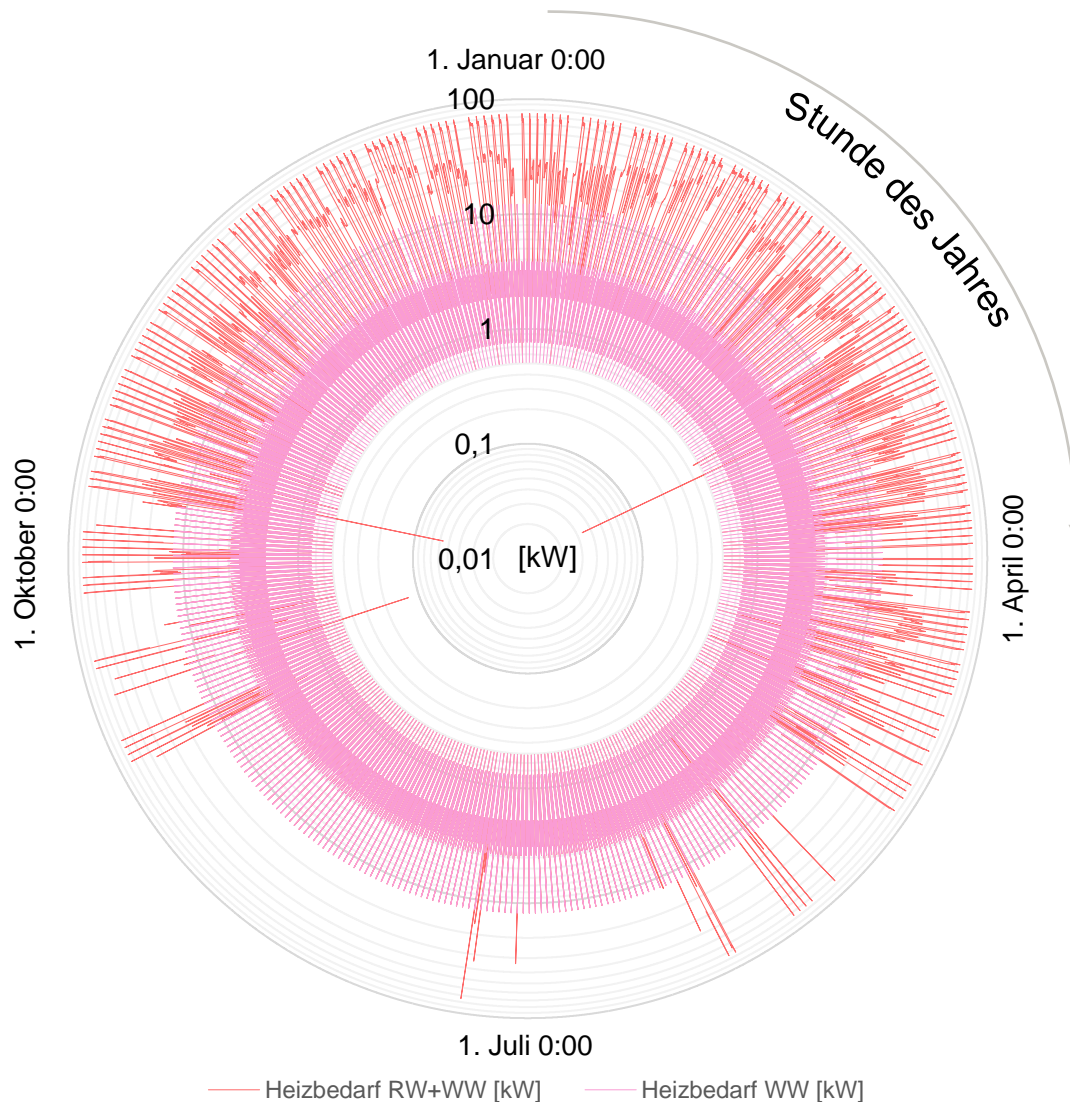
Wie hoch sind erreichbare **solarthermische Deckungsgrade** zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung unter Berücksichtigung von **Sanierungsoptionen**, **Wärmespeichern** und der potenziell verfügbaren **Kollektorfläche**?

Anforderungen

- Stündlich aufgelöste Wärmenachfrage für Raumwärme und Trinkwarmwasser jedes Gebäudes für jedes Sanierungsszenario (z.B. KfW-Standards)
- Stündlich aufgelöster solarthermisch generierter Wärmeertrag
- Anlagentechnische Dimensionierung
 - Auslegung der benötigten solarthermischen Kollektorfläche
 - Speicherdimensionierung
 - Auslegung des (konventionellen) Wärmeerzeugers

Simulation der Wärmenachfrage von Gebäuden

Zeitlich hohe Auflösung zur Analyse von solarthermischen Deckungsgraden

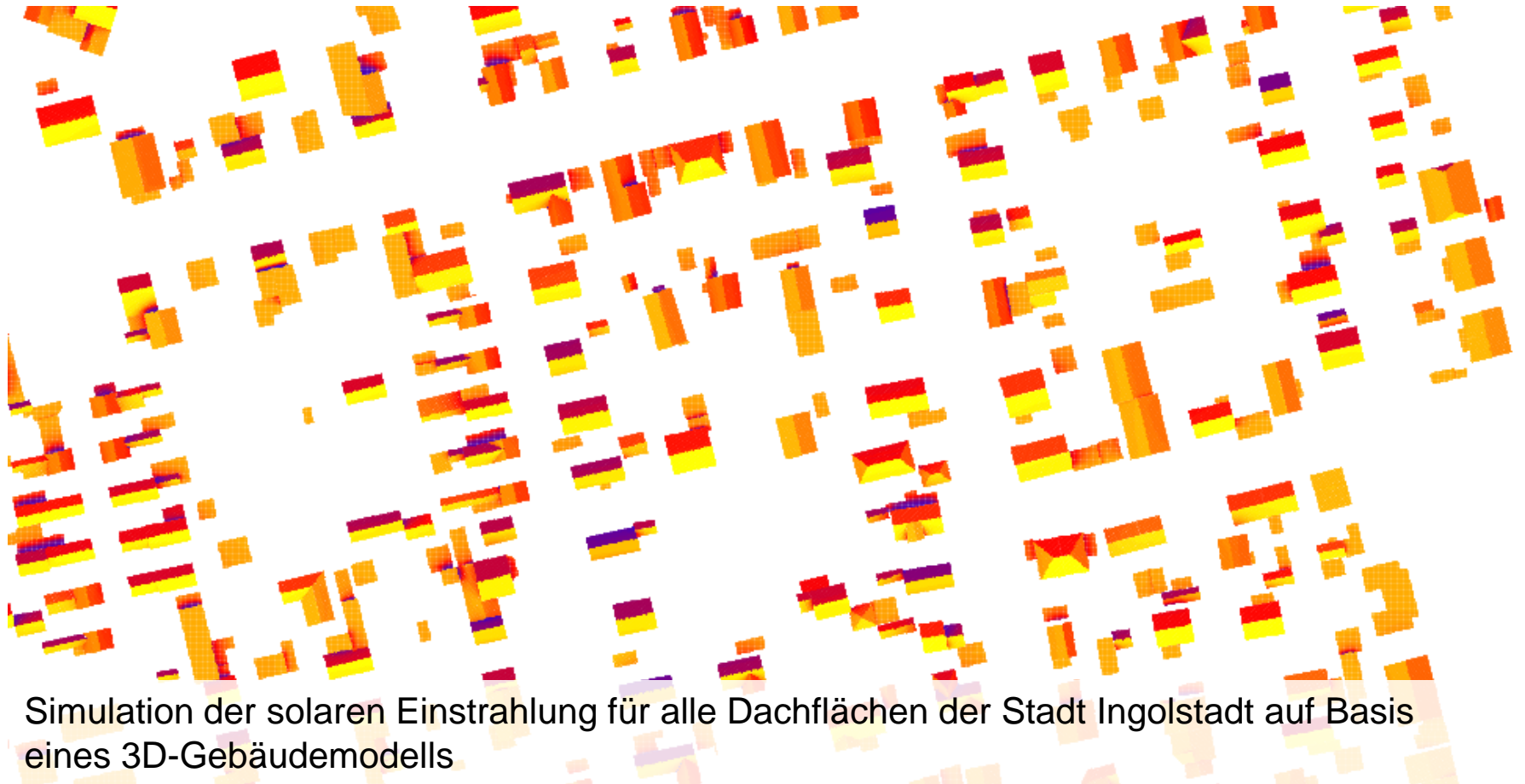


Simulation liefert für jedes Gebäude den Heizbedarf in stündlicher Auflösung, getrennt nach Raumwärme und Warmwasser

Potenziale der Solarenergienutzung auf Dachflächen

Welche Dächer eignen sich und wie viel Ertrag ist zu erwarten?

Beispielprojekt Energienutzungsplan Ingolstadt

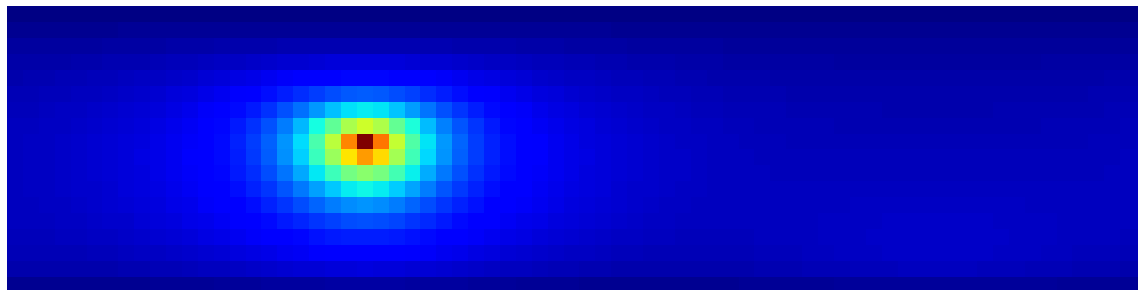
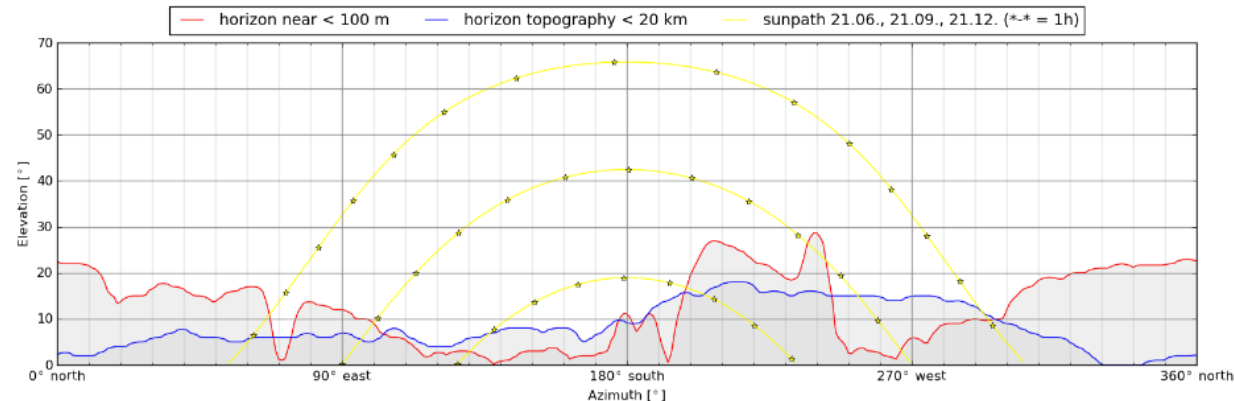


Simulation der solaren Einstrahlung für alle Dachflächen der Stadt Ingolstadt auf Basis eines 3D-Gebäudemodells

Potenziale der Solarenergienutzung auf Dachflächen

Datengrundlagen und Methodik

- 3D-Gebäudemodell: Analyse der Einstrahlung auf Bauteilflächen
- 3D-Oberflächenmodell: Analyse der Nahverschattung incl. Vegetationsobjekte
- 3D-Geländemodell: Analyse der Fernverschattung (Topographie)

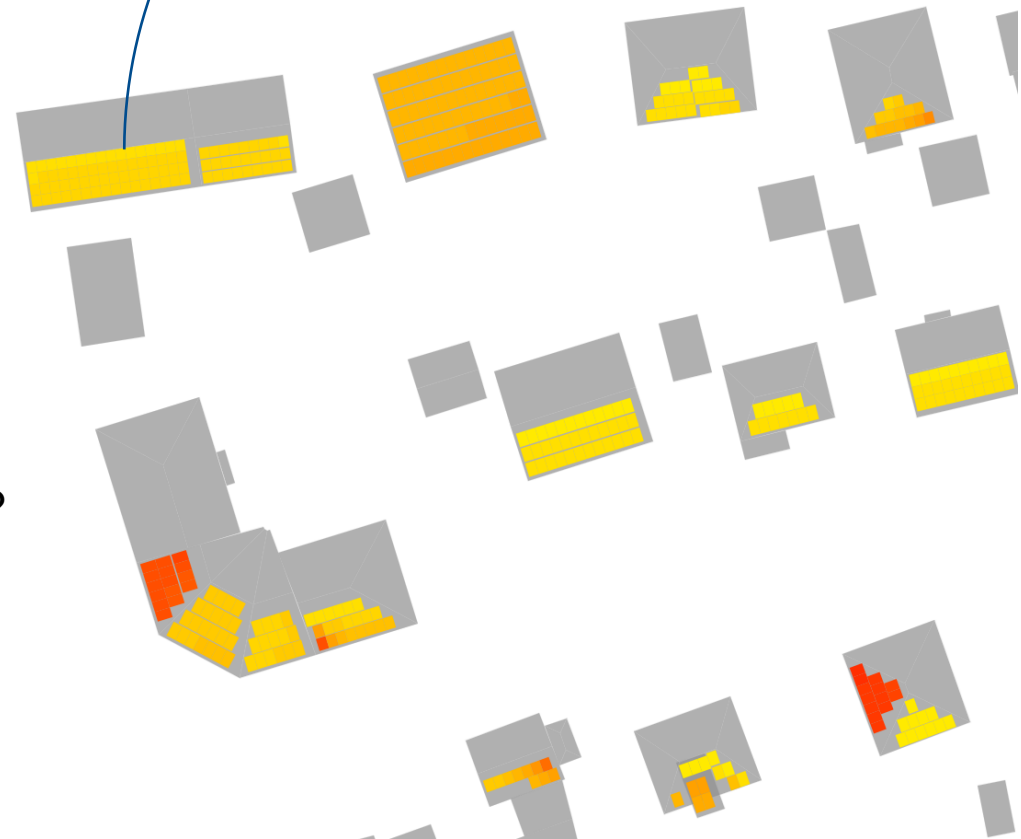
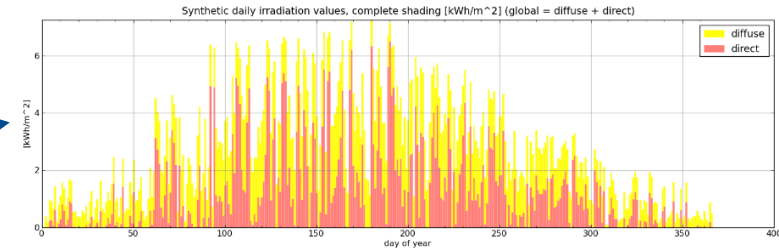


Potenziale der Solarenergienutzung auf Dachflächen

Welche Dächer eignen sich und wie viel Ertrag ist zu erwarten?

Für jedes Dach in Ingolstadt wurde die optimale Bestückung mit Modulen ausgewiesen

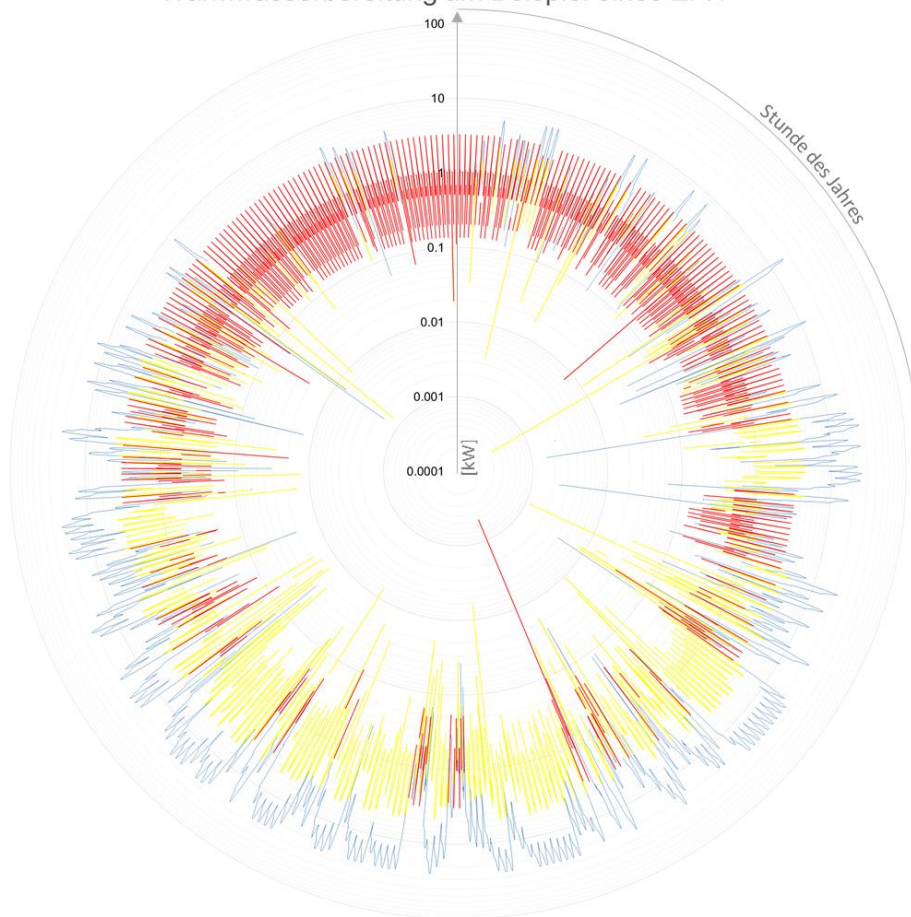
- Wie viele **PV-Module** können auf Dachfläche montiert werden?
- Wie groß ist die mögliche **Stromerzeugung pro Dachfläche?**
- Wie viel **Kollektorfläche** steht für **Solarthermie** zur Verfügung?
- Zeitliche Auflösung der Simulation: 1h



Analyse solarthermischer Deckungsgrade

Koppelung von Simulationsmodellen von Wärmenachfrage und Solarpotenzial

Jahresverlauf solarthermischer Deckungsbeiträge für Warmwasserbereitung am Beispiel eines EFH



— Pufferspeicher [kWh] — Solarertrag [kW] — Erzeugerleistung [kW]

Für jedes Gebäude werden Solarkollektoren, Wärmespeicher und Wärmeerzeuger dimensioniert.

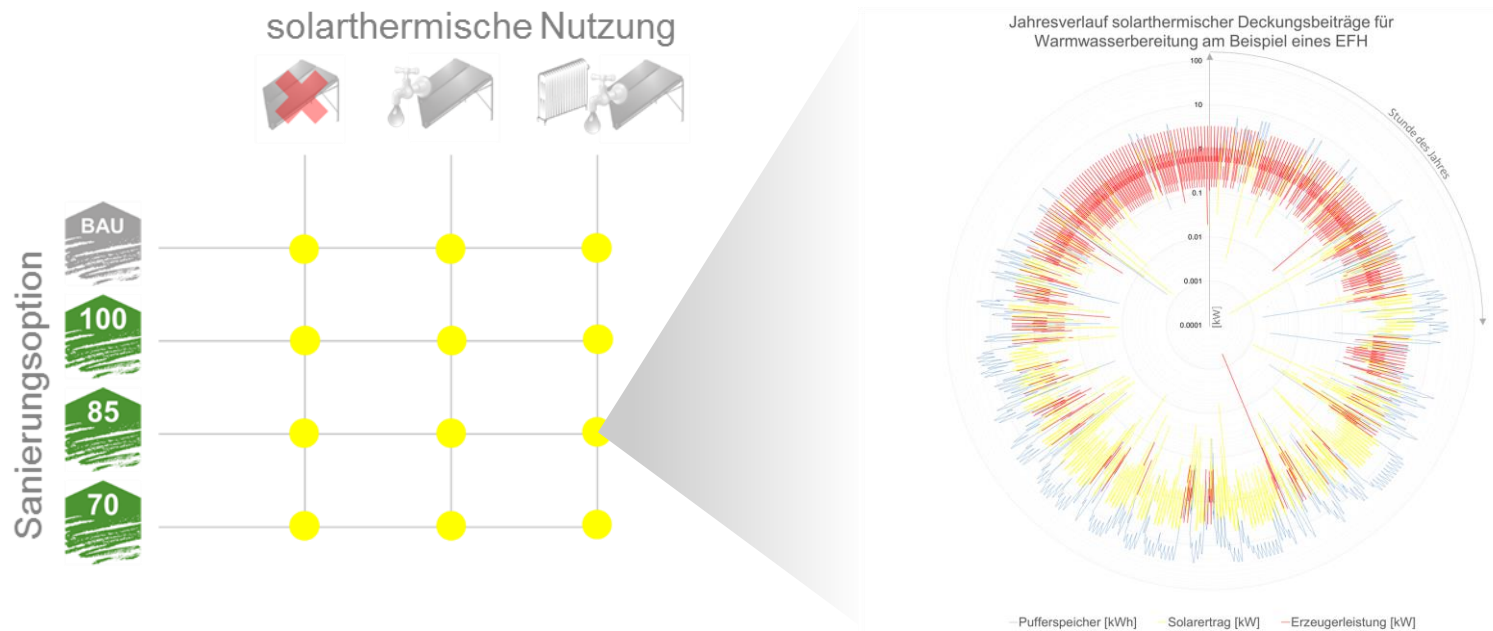
Ergebnis

Optimale Ausnutzung der Wärme aus Solarthermie unter Berücksichtigung der Speichermöglichkeiten resp. Anteil, der über Solarthermie gedeckt werden kann

Analyse solarthermischer Deckungsgrade

Beispiel einer Variantenanalyse für große Gebäudebestände

- Für jedes Gebäude werden Sanierungsvarianten berechnet / simuliert
- Für jedes Gebäude werden solarthermische Versorgungsvarianten analysiert
- Anwendung: Suche optimaler Varianten (Kosten vs. Primärenergie vs. CO₂)

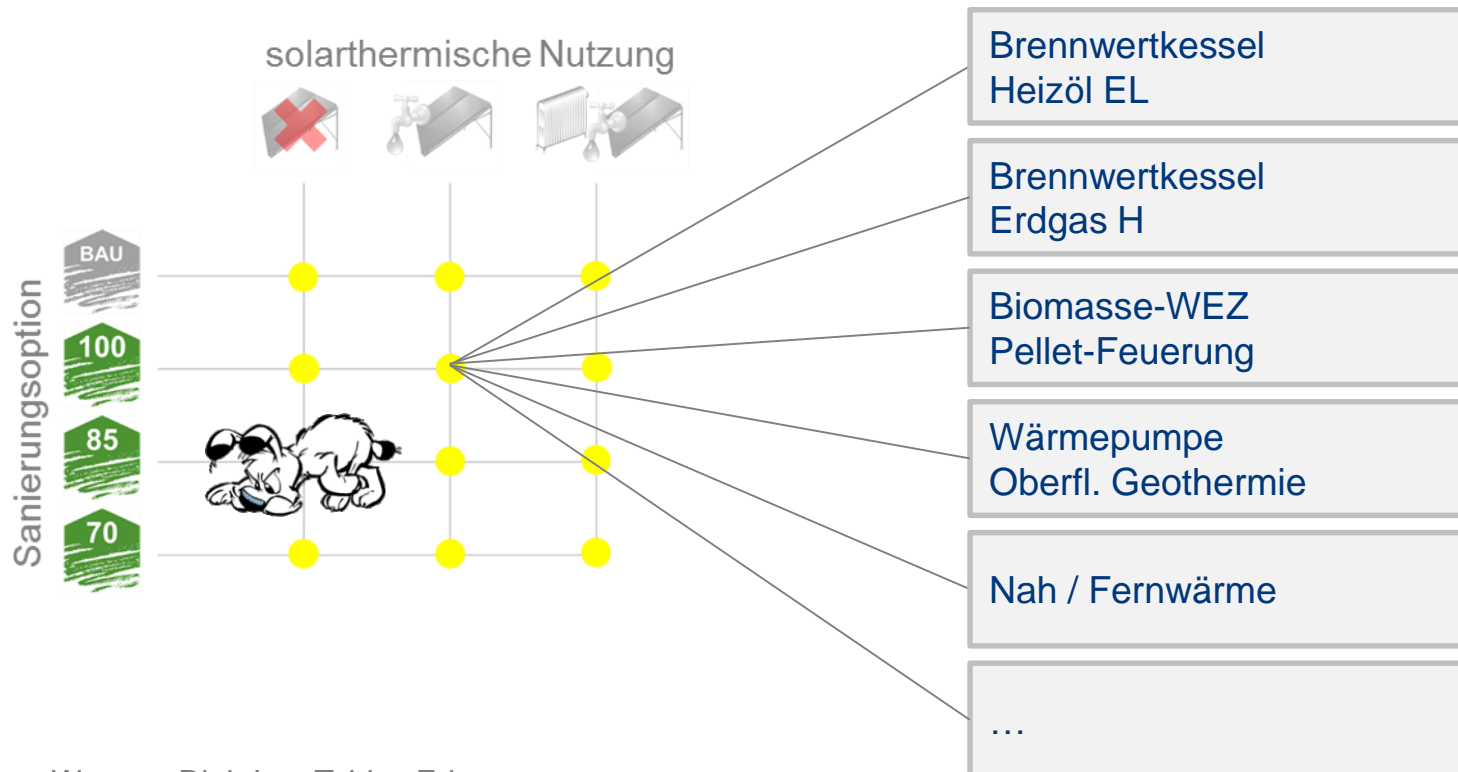


INTEGRATION DER SYSTEMKOMPONENTEN IN ENERGIESYSTEMMODELLE

Versorgungsvarianten für Gebäudebestände

Fragestellung: Langfristiges Optimum? Strategie?

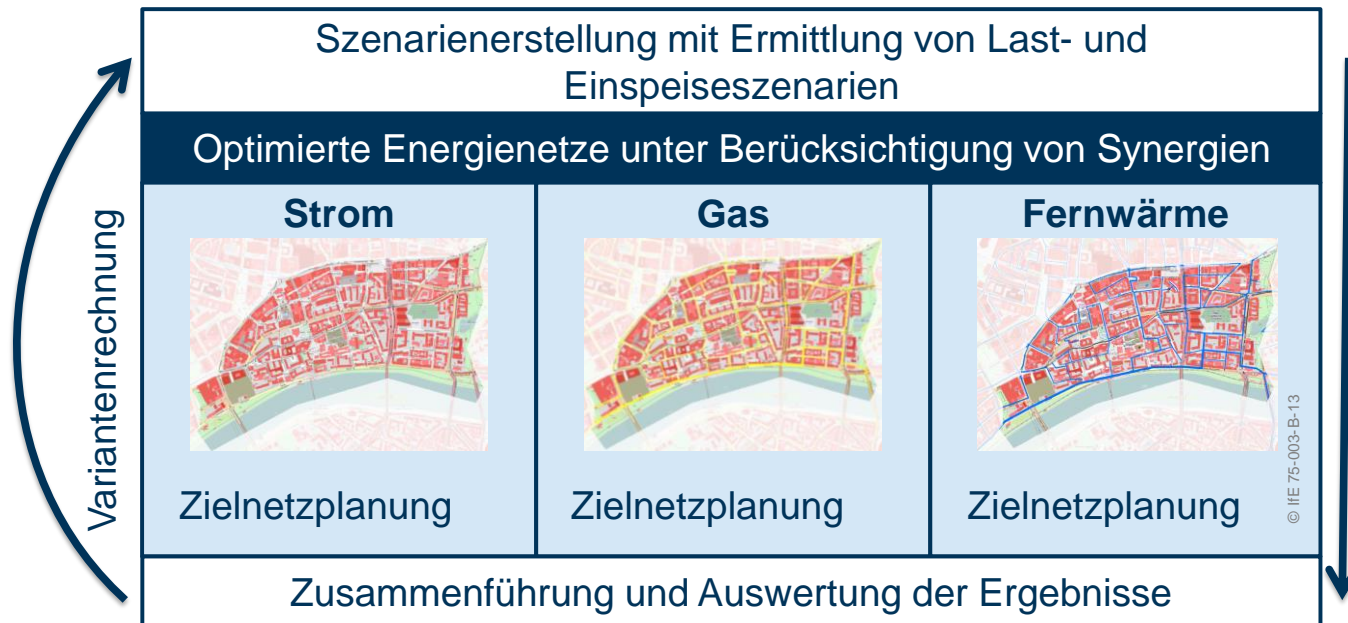
- Für jedes Gebäude werden Sanierungsvarianten berechnet / simuliert
- Für jedes Gebäude werden solarthermische Versorgungsvarianten analysiert
- Für jedes Gebäude werden Erzeugerkombinationen analysiert
- Fragestellung: Optimale Versorgungsoptionen (Kosten vs. Primärenergie vs. CO₂)



Beispiel: Zielnetzplanung Frankfurt

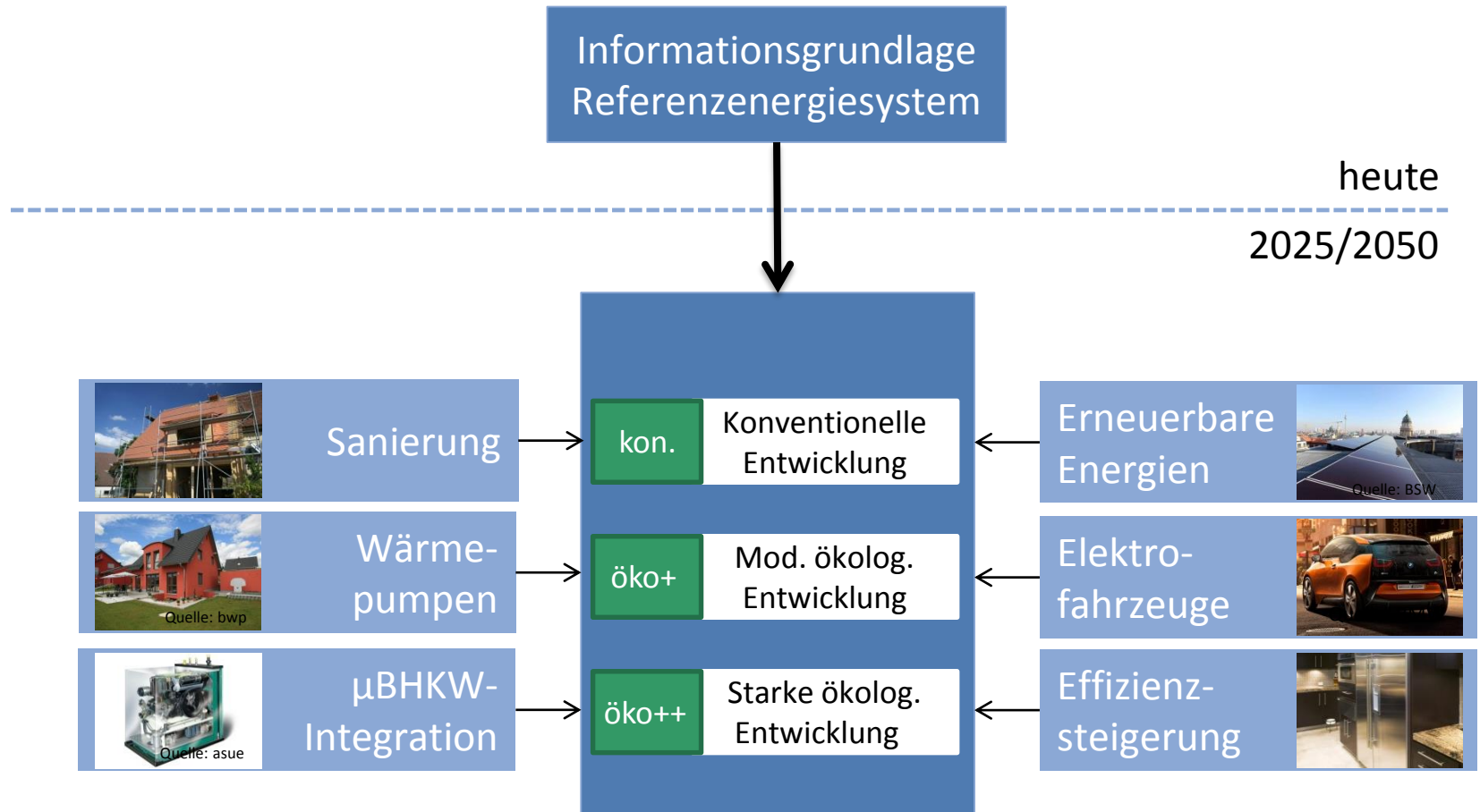
Fragestellung: Langfristiges Optimum? Strategie?

- Wie verändern sich Anforderungen an städtische Energieinfrastrukturen durch die Energiewende in Frankfurt?
- Fokus: Spartenübergreifender Charakter der Netzplanung

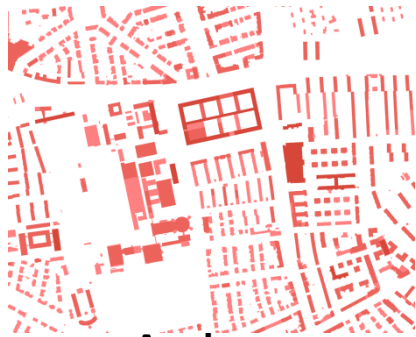


Beispiel: Zielnetzplanung Frankfurt

Zusammenfügen aller Systemkomponenten in einem Modell für Szenarioanalyse



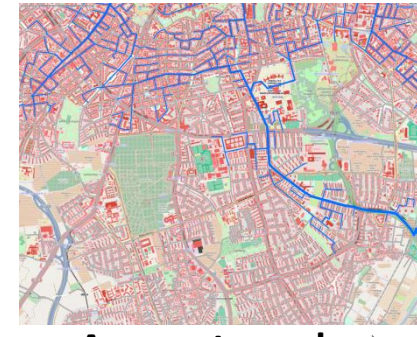
Beispiel: Zielnetzplanung Frankfurt



**Analyse
Energienachfrage**



**Zuordnung Wärmebedarf
auf Netzwerkgraph**



**Auswertung der
Ergebnisse**

1

2

3

4

5

**Netzwerkgraph für
Optimierung**



**Optimierung des
Fernwärmeausbaus**



Beispiel: Zielnetzplanung Frankfurt

Ermittlung optimale Ausbaustrategien unter gegebenen Randbedingungen

- Optimierter Lastfluss für unterschiedliche Szenarien
- Identifikation von Gebieten, die für Fernwärmeversorgung auch langfristig sinnvoll sind

