

GIS und Energie: Vom Werkzeug zur Methode

Z_GIS Zentrum für Geoinformatik, Universität Salzburg
Research Studio iSPACE

Thomas Blaschke, Markus Biberacher, Sabine Gadocha, Ingrid Schardinger





- Energie & Raum
- Herausforderungen
- Modellierung regionaler Versorgung
- Beispiele aus Projekten in Deutschland und Österreich

Politische/gesellschaftliche Diskussion wird ausgespart

ZEIT  ONLINE | ZEITGESCHEHEN

Par

STARTSEITE POLITIK WIRTSCHAFT MEINUNG **GESELLSCHAFT** KULTUR WISSEN DIGIT

Zeitgeschehen | Familie | Schule

LANDSCHAFTSSCHUTZ

Der hohe Preis der Energiewende

Das Dilemma des Umweltschützers: Die Energiewende hin zum grünen Strom bedroht die letzten intakten Landschaften Deutschlands.



© Andreas Rentz/Getty Image



Herausforderungen

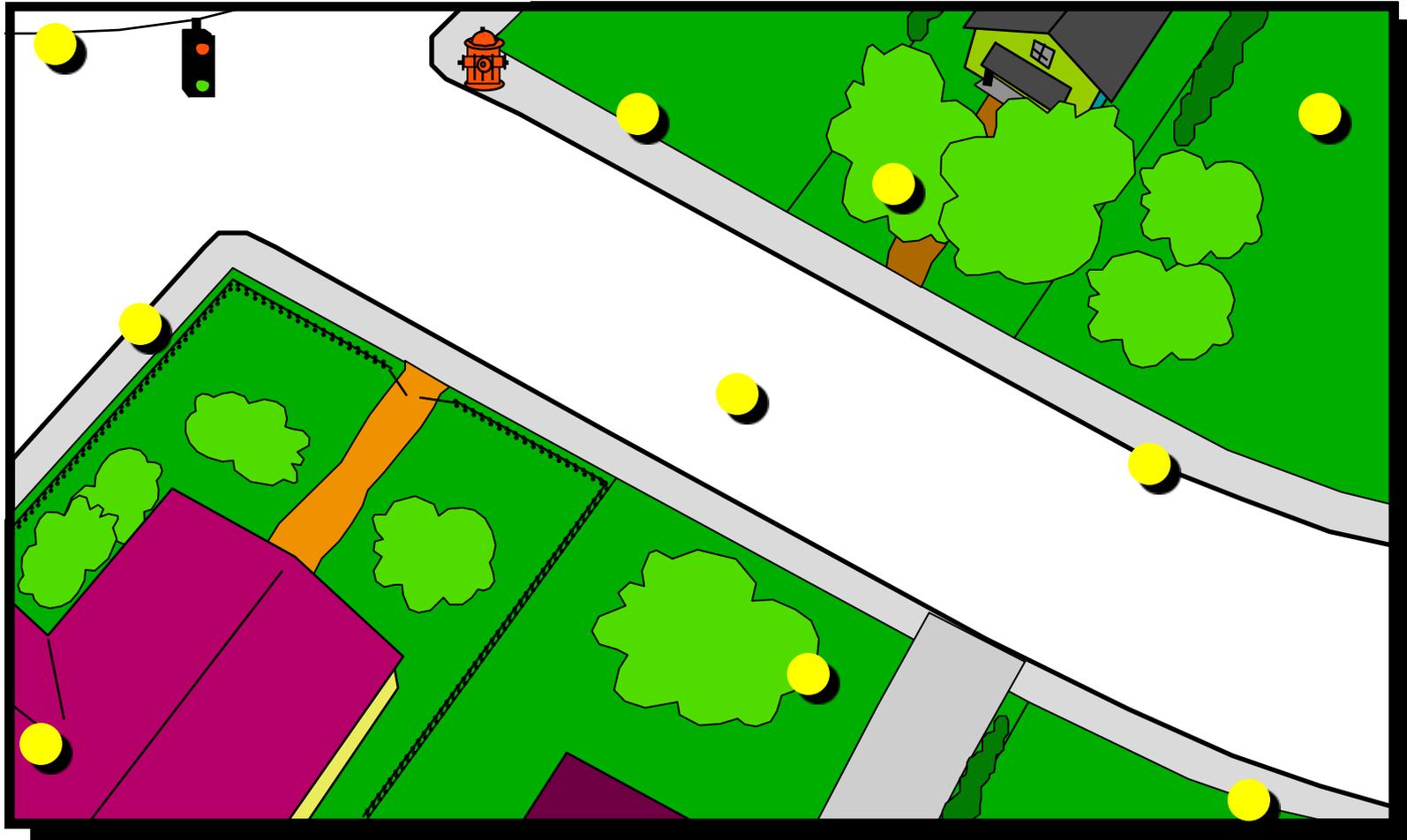
- Energiedargebot, Potenziale und Verbrauch vor dem Hintergrund des Klimawandels
- Modellierung von regionaler Versorgung, „Autarkie“
- Ausbau erneuerbarer Energieträger → komplexere raum-zeitliche Verfügbarkeiten
- „GIS“: Entscheidungsunterstützung?

GIS / Geoinformatik: Wo kommen wir her ?

„Knowledge free“



(Forts.)



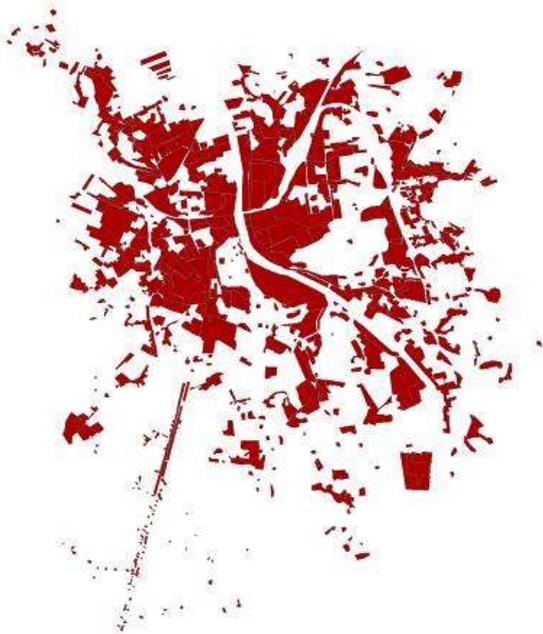
statisches Modell



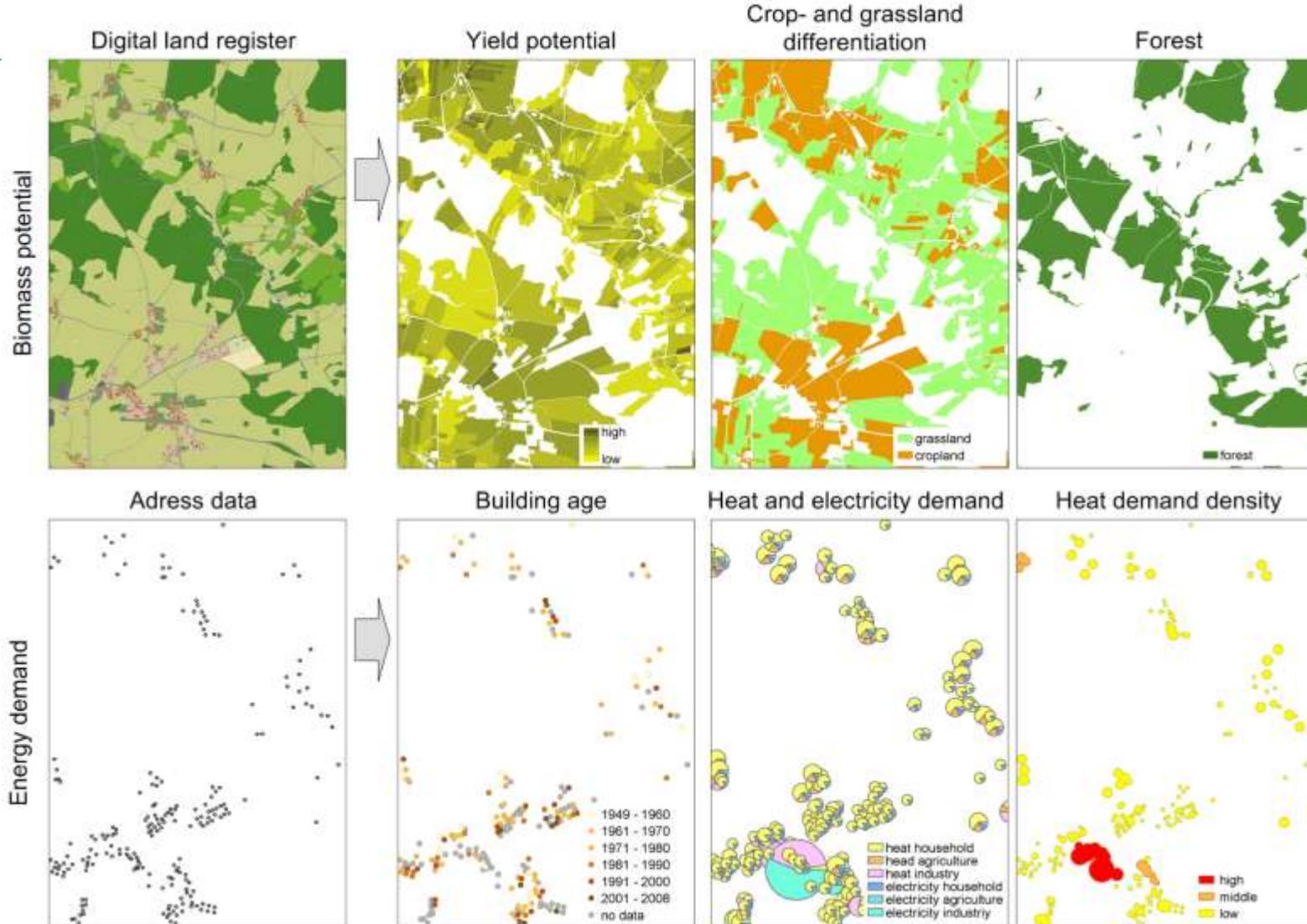
dynamisches Modell



Wo wollen wir hin

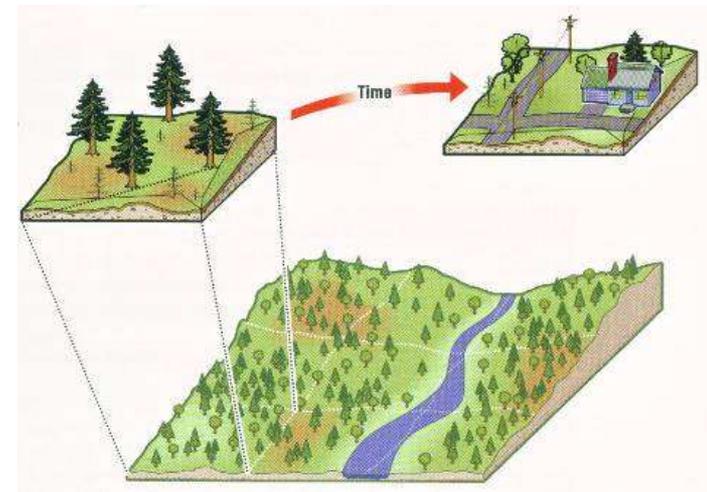
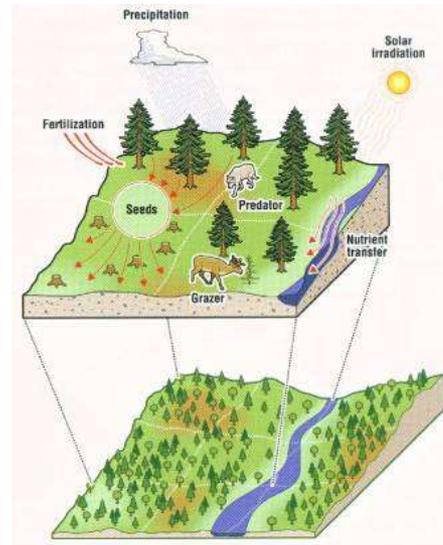
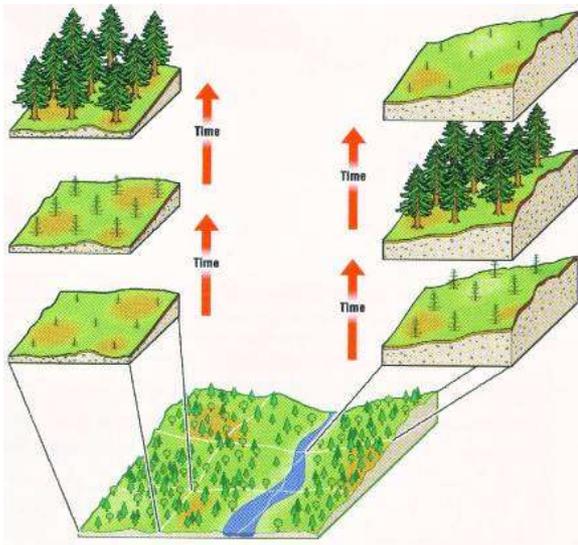


Beispiel einer Teilrealisierung



Was ist noch zu tun?

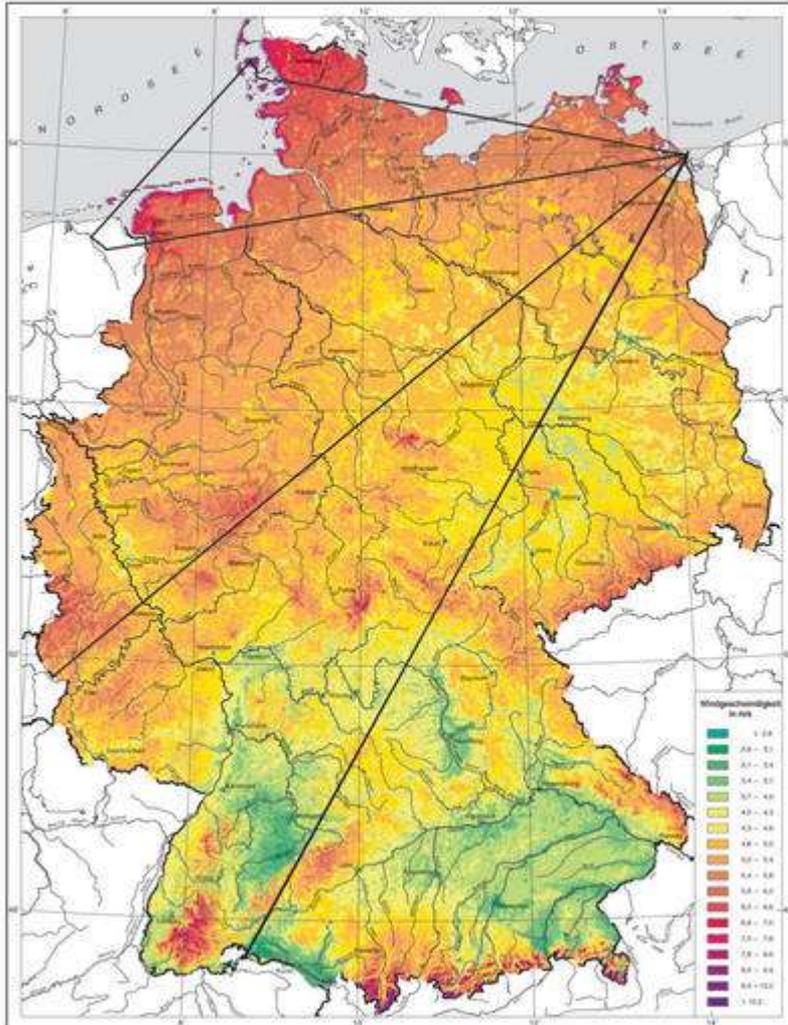
Schwerpunkt des Vortrags:
Kopplung Energiemodellierung und Geoinformatik



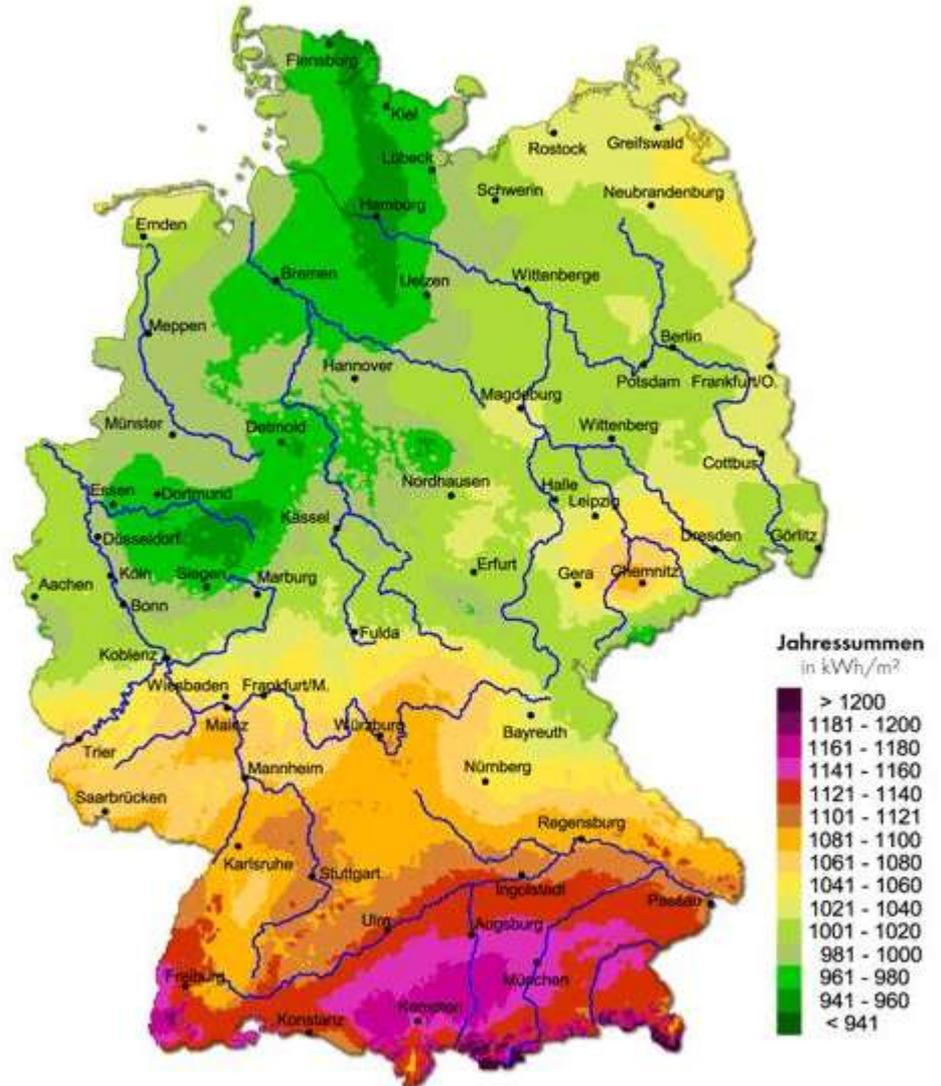
Problem 1 (weit bekannt)

Windgeschwindigkeit in der Bundesrepublik Deutschland

Jahresmittel in 50 m über Grund, Zeitraum: 1981 - 1990

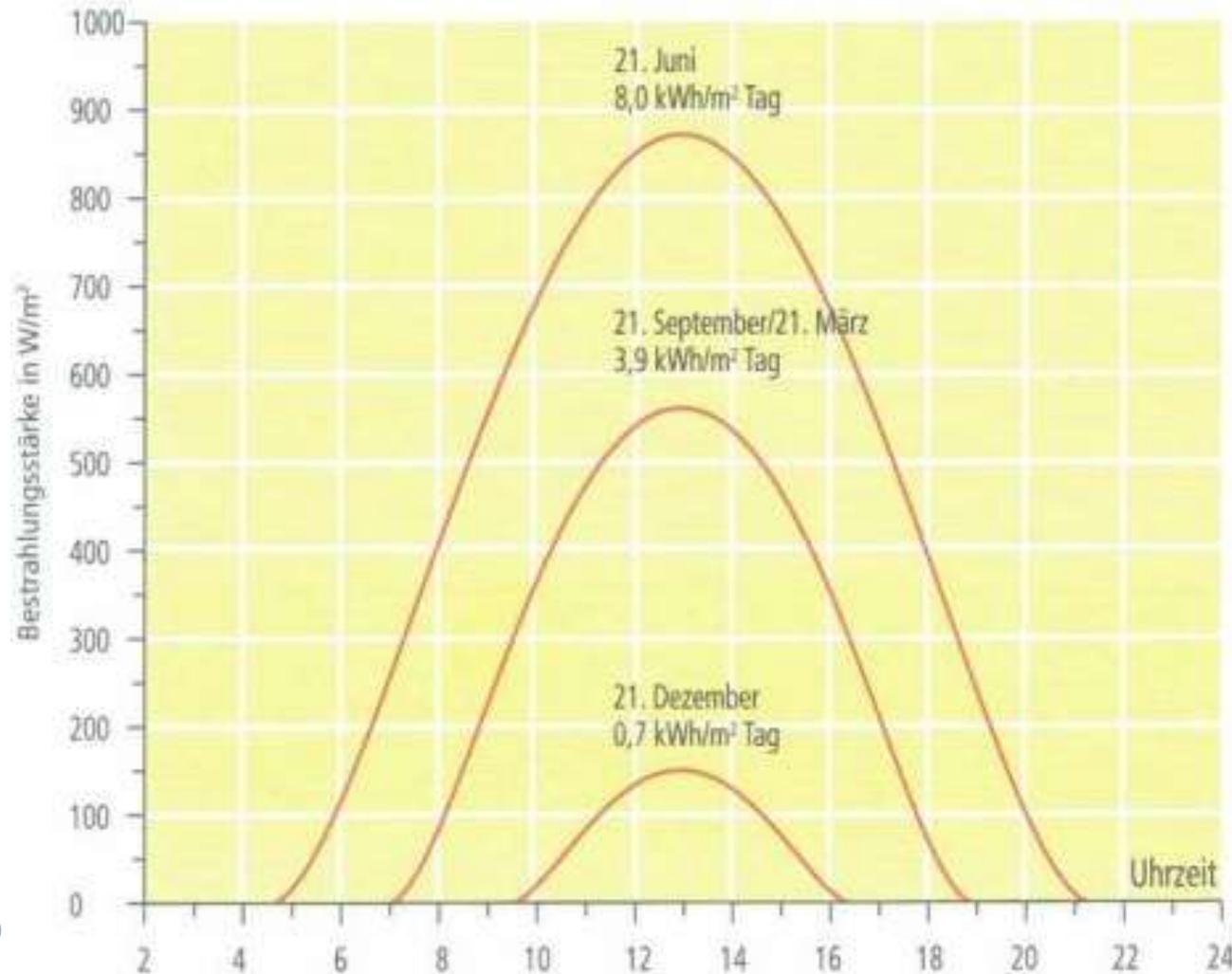


Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Mittlere Jahressumme, Zeitraum 1981 - 2000

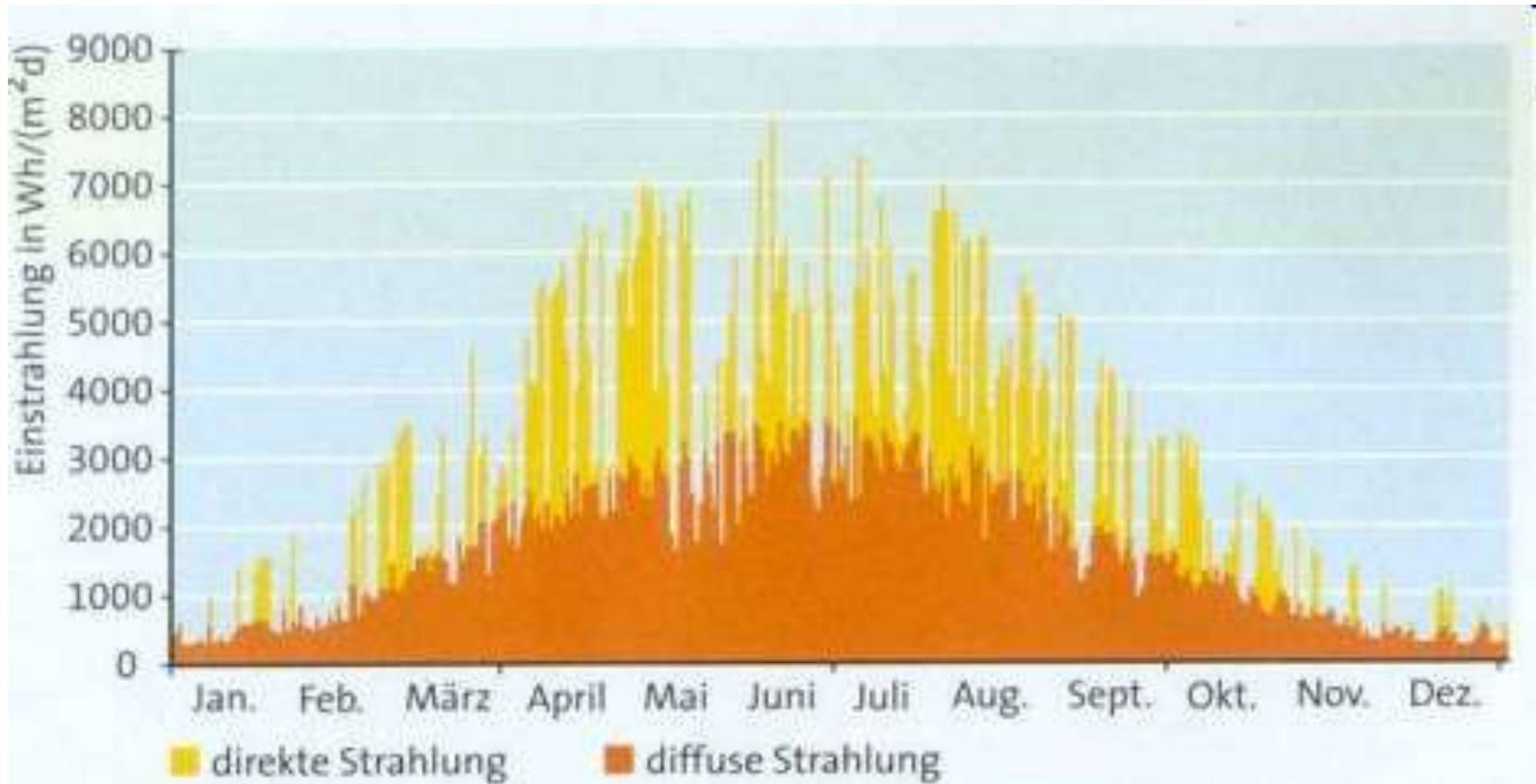


Problem 2: zeitliche Verfügbarkeit *(bis vor kurzem weniger bewusst)*

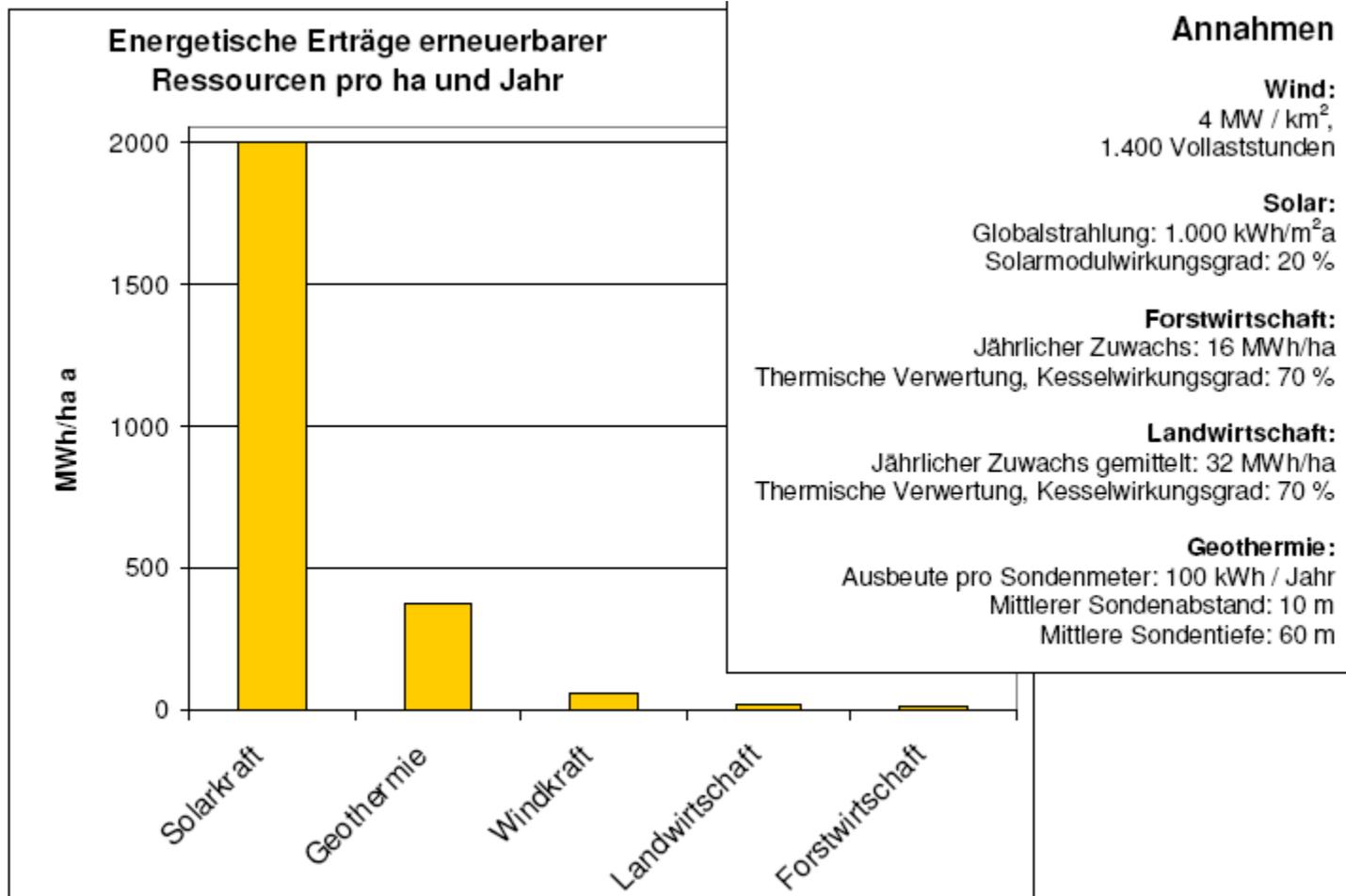
hier: illustriert für Bestrahlungsstärke und Tagesgänge



Zeitliche Verfügbarkeit : hier Solarstrahlung über 1 Jahr gemessen



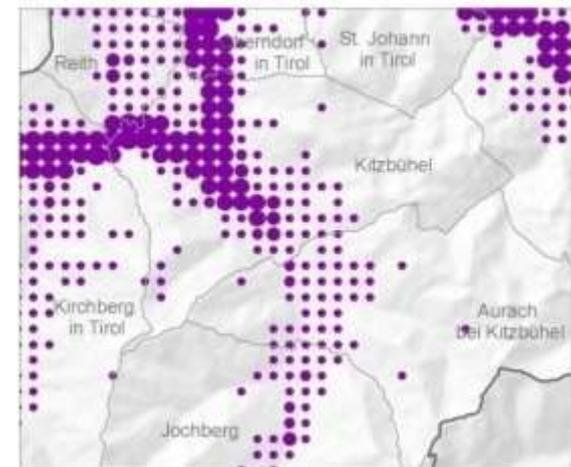
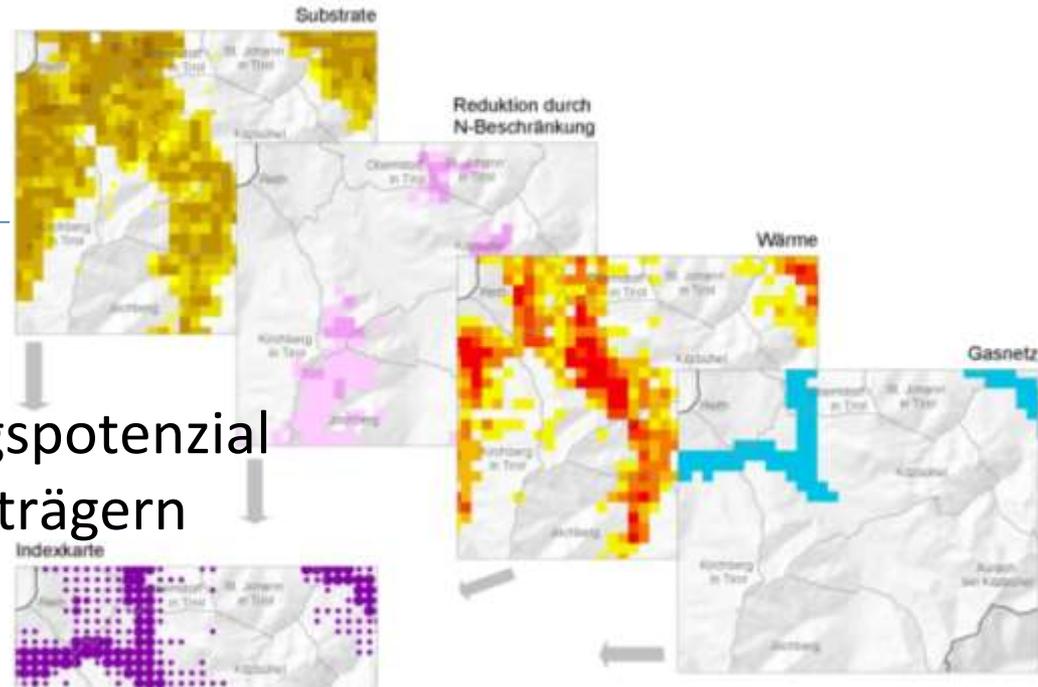
Problem 3: Energiedichte / Flächenbedarf



Hier : mögliche Energieausbeute pro Hektar und Jahr

→ Fragestellungen

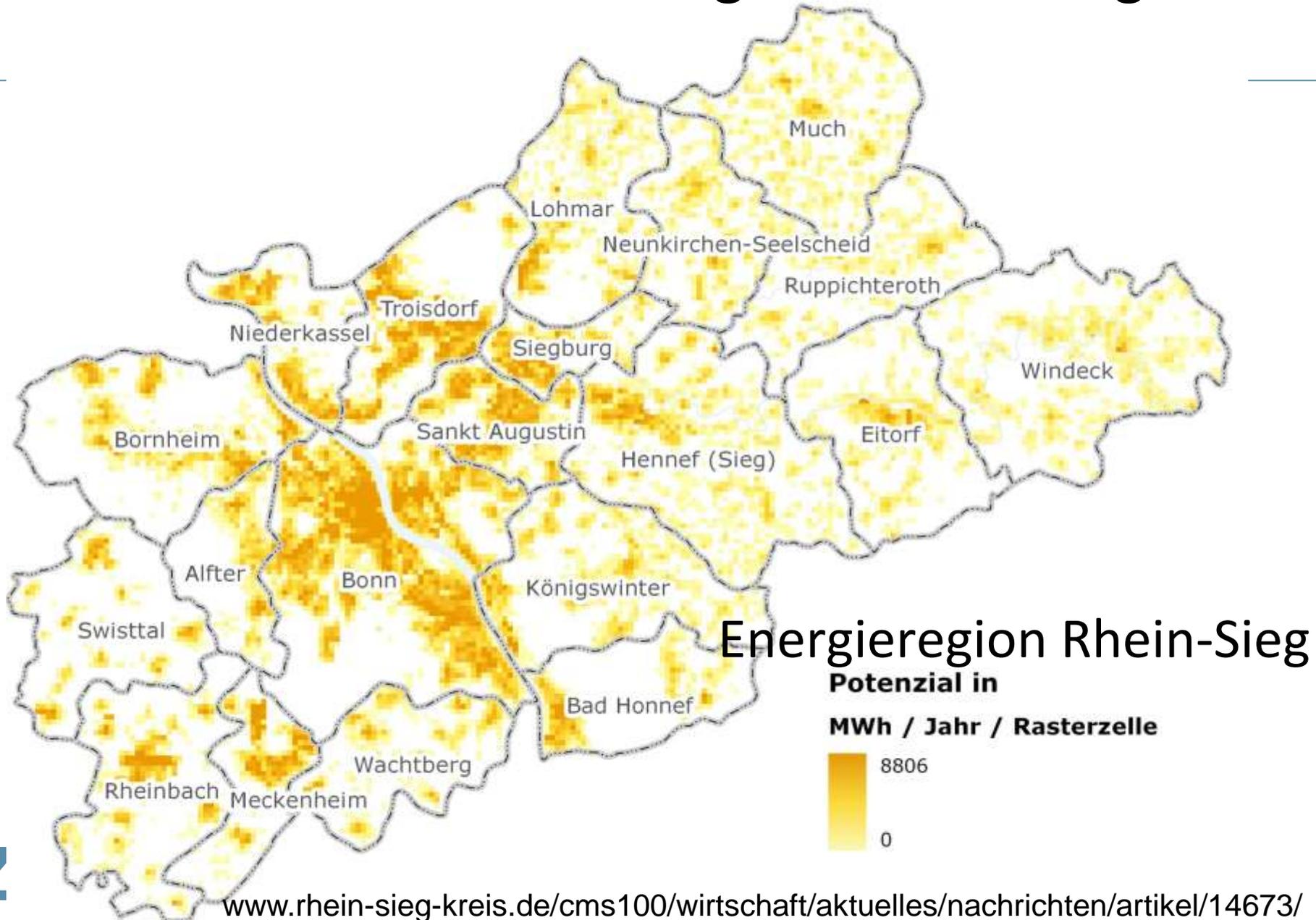
- WO ist welches Erzeugungspotenzial aus erneuerbaren Energieträgern verfügbar?
- WO ist welcher Bedarf an elektrischer und thermischer Energie vorhanden?
- WO sind sinnvolle Regionen koordinierter Planung unter Ausnützung der verfügbaren Potenziale



→ Studien zu Energieregionen (*Auszüge*)

- 2004/05: Virtuelle Kraftwerke für Autarke Regionen (*Österreich, Min. Verkehr, Innovation & Technologie*)
- 2006: Energieregion Rhein-Sieg
- 2005-07: REACCESS Energy corridors in Europe *EU FP7*
- 2007: Energieautarkie in Österreich (*Lebensministerium*)
- 2007/08: Energie und Raumentwicklung *ÖROK – Österreich. Raumordnungskonferenz*
- 2009/10: Windatlas & Windpotentialstudie Österreich (AuWiPot)
- 2009-13: ENERGEO *FP7*
- 2010: Energieregion Weser-Ems
- 2010/11: BioSpaceOpt (Österreich, *FFG*)
- 2010/11: SmartSpaceGridReg (Österreich, *FFG*)
- 2011/12: CLEOS (Kommunalkredit) Einfluss Klimaveränderungen auf regionales Energiesystem
- 2011-13: Cities on Power *Interreg*

Wie kommt man zu regionalen Aussagen?



Wie kommt man zu regionalen Aussagen?

Weser-Ems:

15.000 km², vorwiegend ländlich geprägt

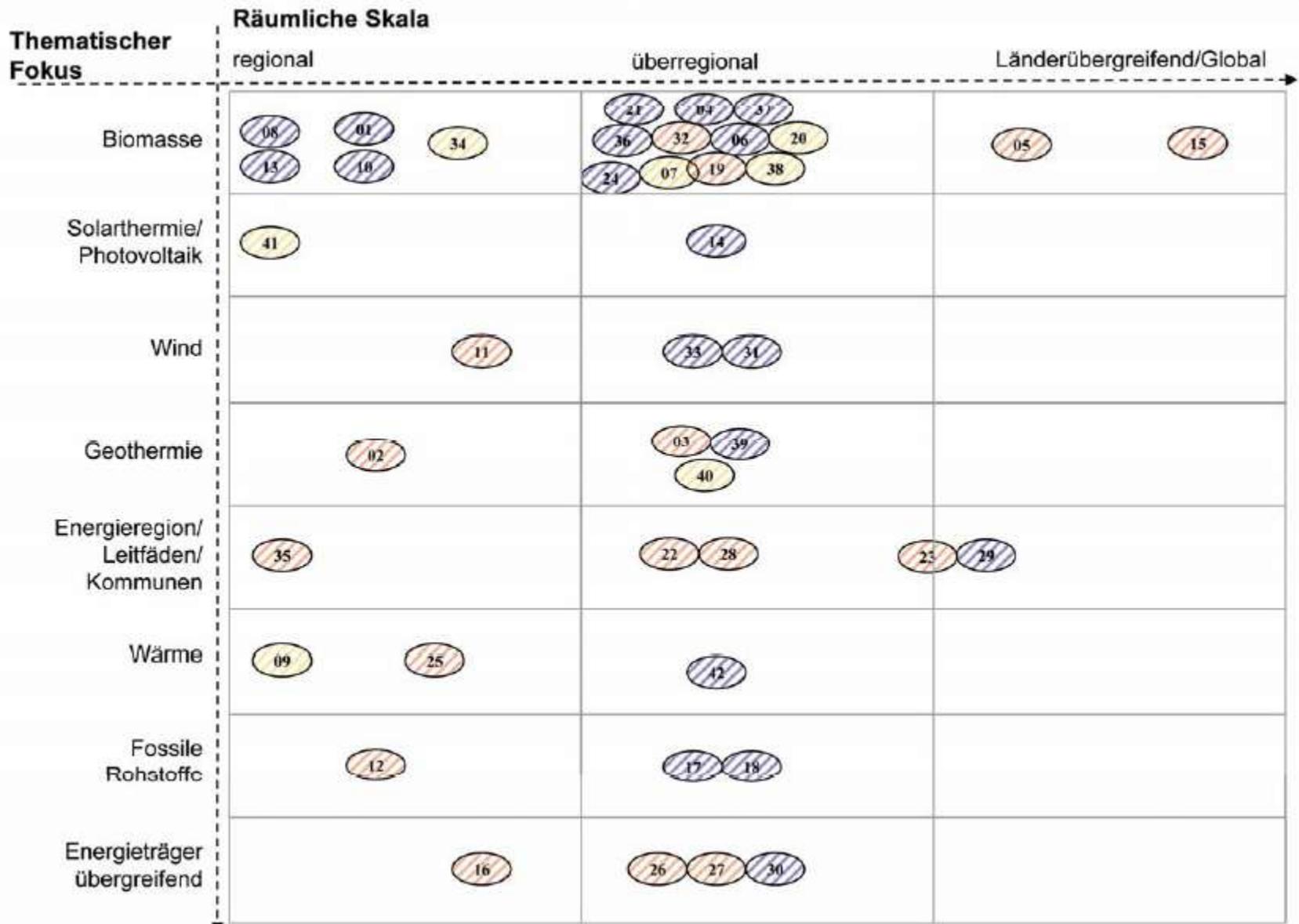
12 Landkreise und 5 kreisfreie Städte

284 Gemeinden

2,48 Mio Einwohner



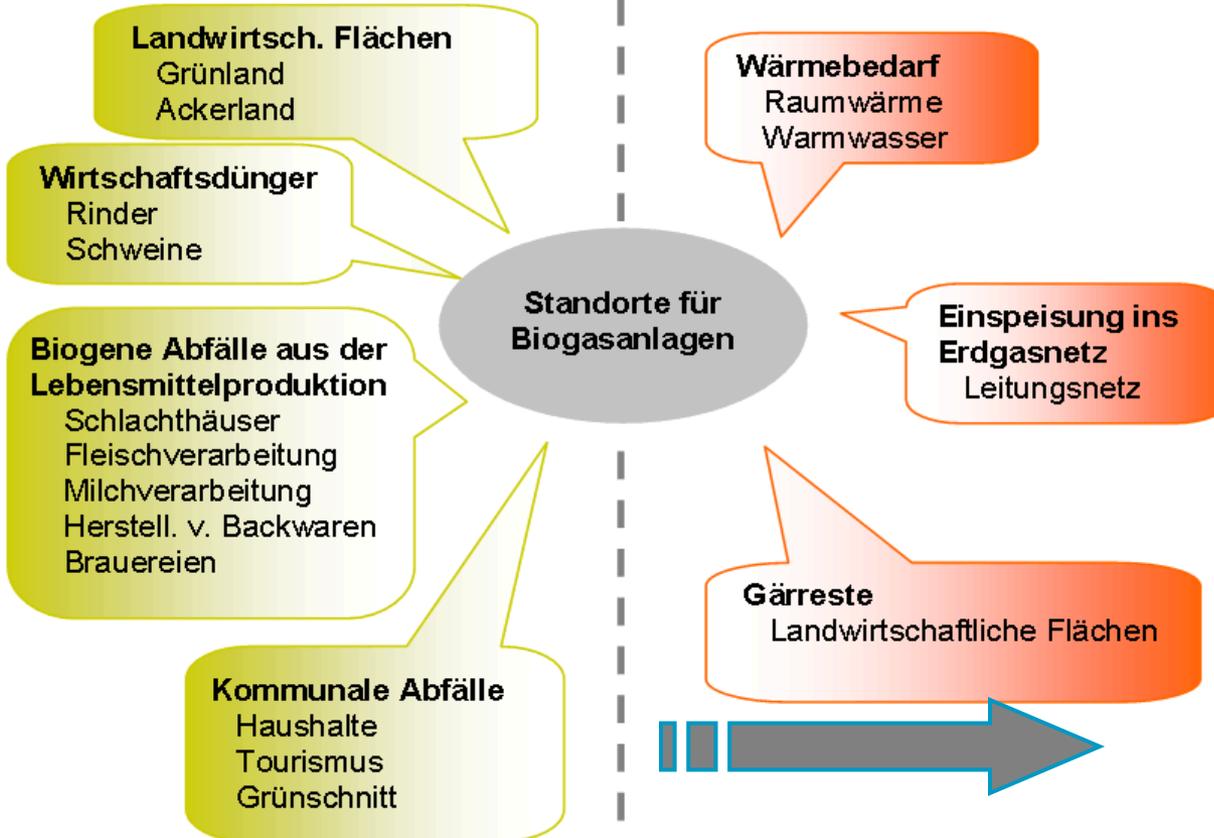
Was gibt es bereits? 42 Studien analysiert



3. Beispiel: Standorte für Biogasanlagen

Angebotsseite: Energiepotenzial

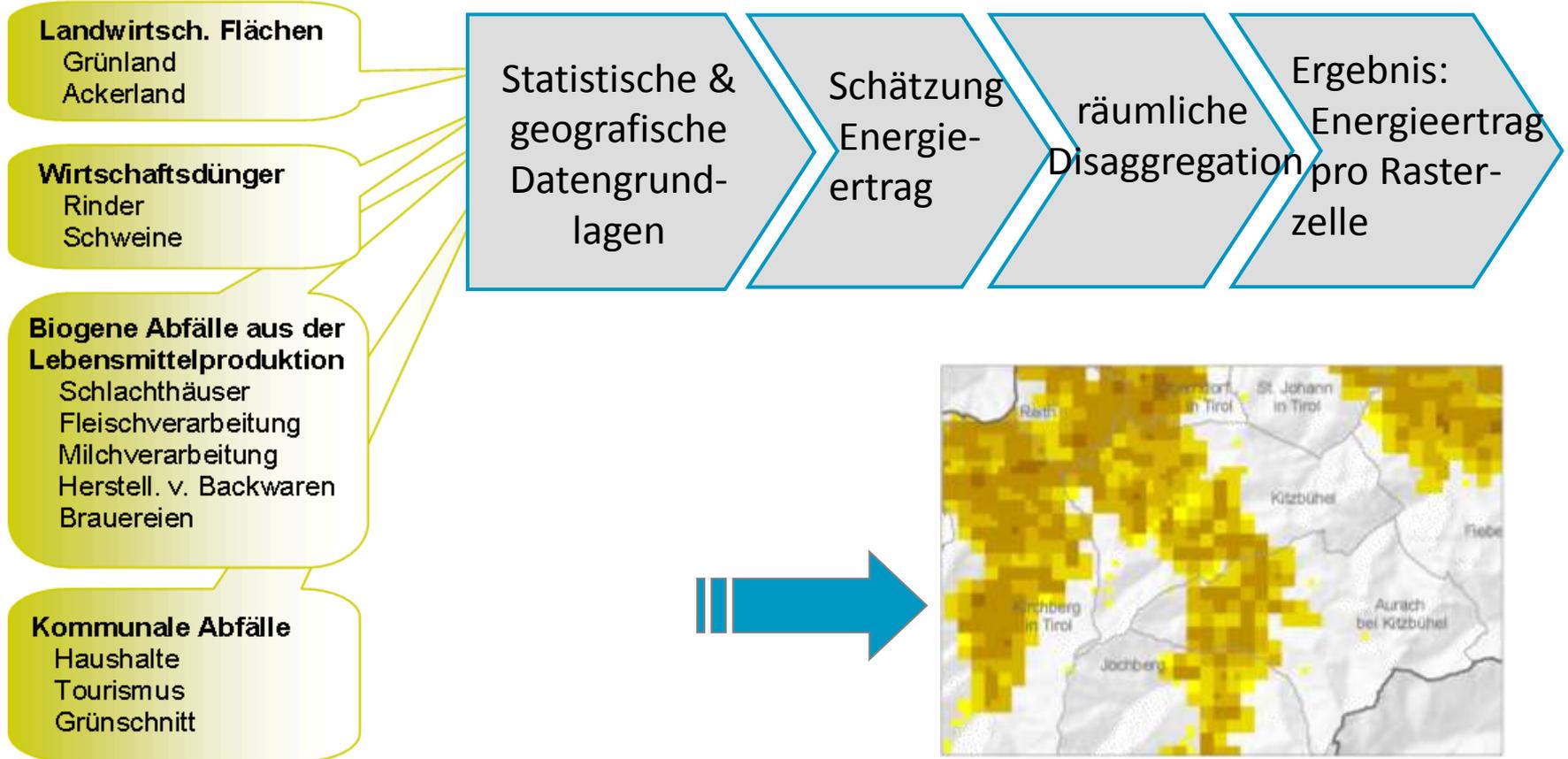
Nachfrageseite



& deren räumliche Verteilung!!!

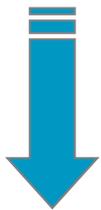
Biogas Model – Energiepotenzial Biogas

Angebotsseite - Energiepotenzial

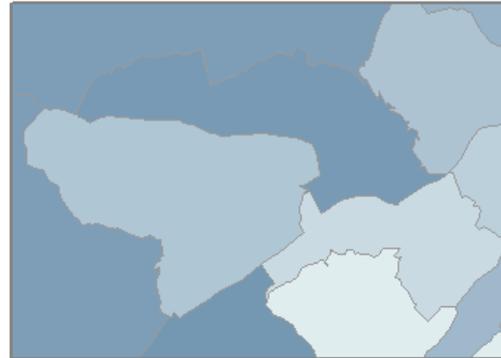


Biogas Model – räumliche Disaggregation

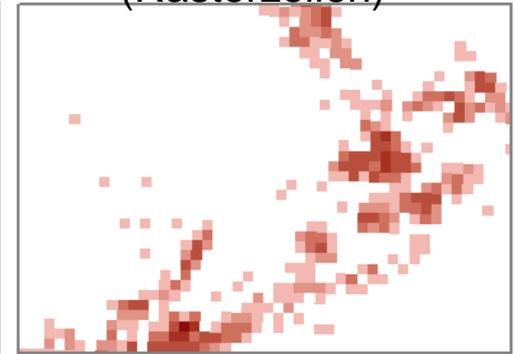
Siedlungsraum



Aufkommen an biogenen
Abfall auf Gemeindeebene



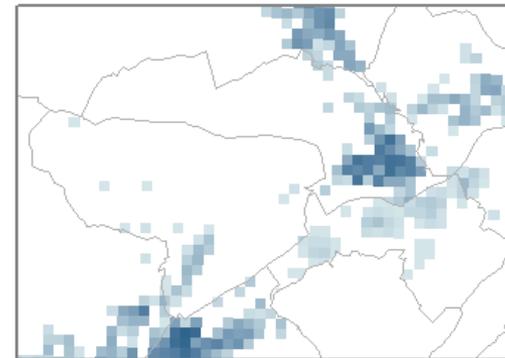
Bevölkerungsdaten
(Rasterzellen)



Räumliche Disaggregation:

Statistische Daten mit einer administrativen Bezugs-einheit mit detaillierten Daten räumlich verfeinern.

(Steinocher et al. 2005)



Disaggregierte Daten des biogenen Abfalls

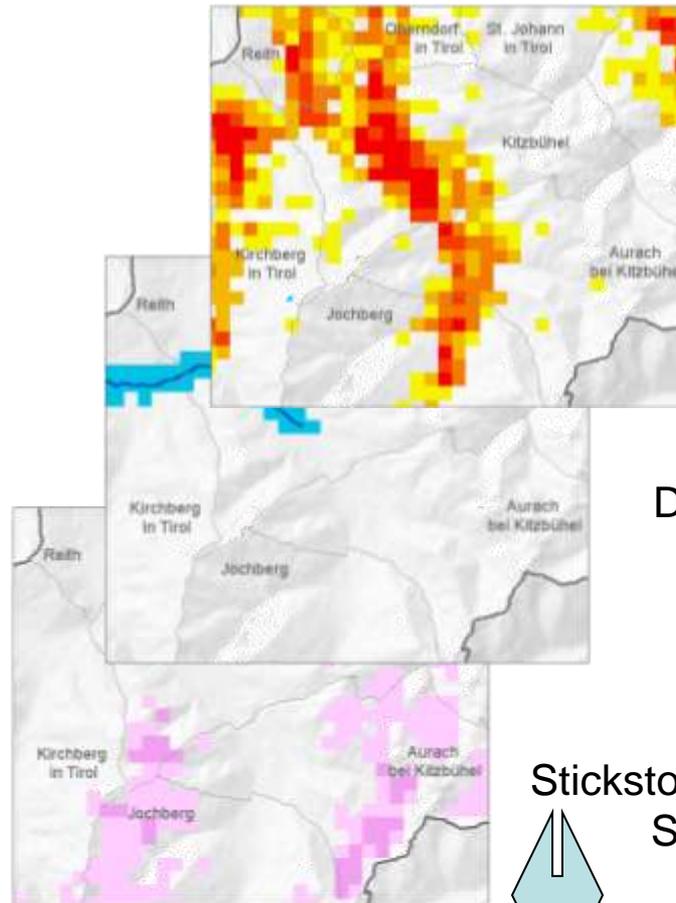
Biogas Model - Nachfrageseite

Nachfrageseite

Wärmebedarf
Raumwärme
Warmwasser

Einspeisung ins Erdgasnetz
Leitungsnetz

Gärreste
Landwirtschaftliche
Flächen



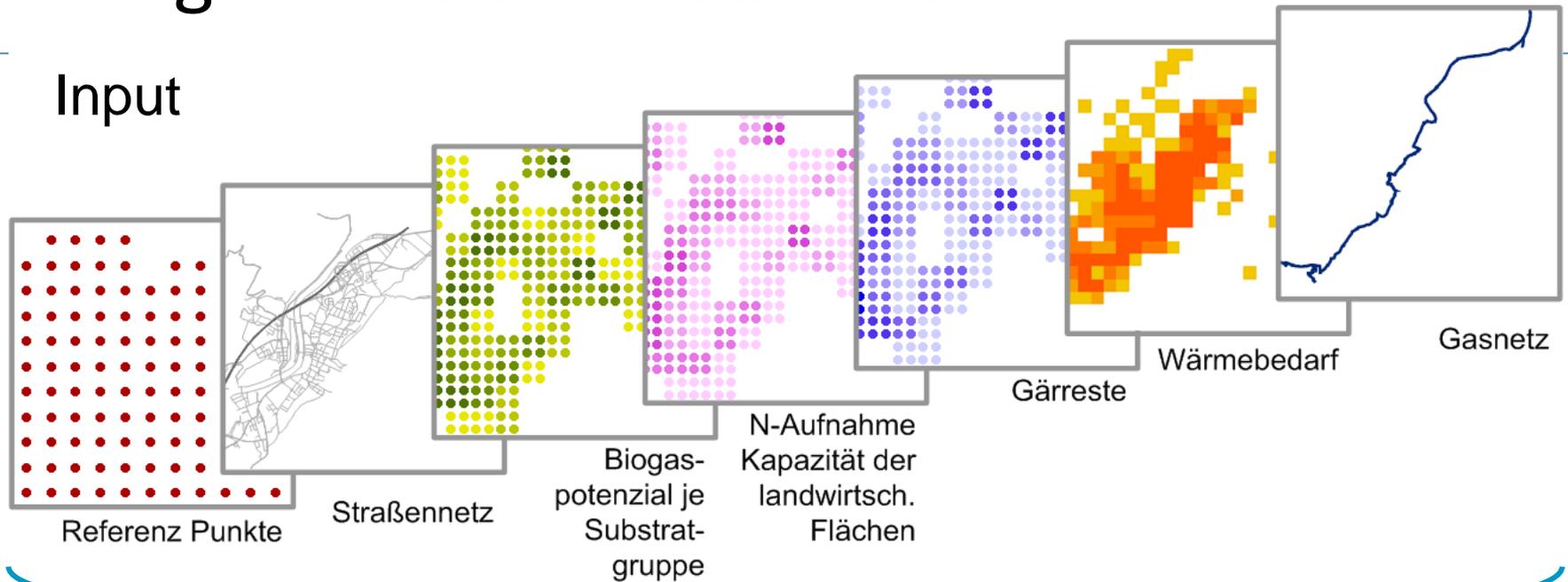
Raumwärme & Warmwasser

- Wohngebäude
- Gewerbe-, Industrie und Dienstleistungssektor (Modell Dorfinger 2007)

Distanz zu Gasleitung

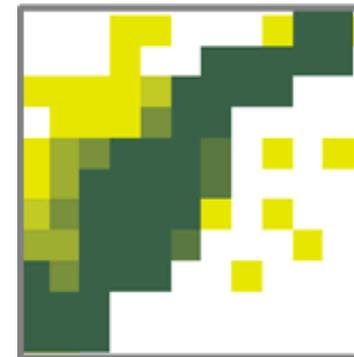
Stickstoffgehalt des Substrates
Stickstoff Aufnahmekapazität

Biogas Model – Indexkarte



GIS-Analyse:
Netzwerk Analyse
Verschneidung
Aggregation
etc.

Indexkarte



Biogas Model – GIS Analysemethoden

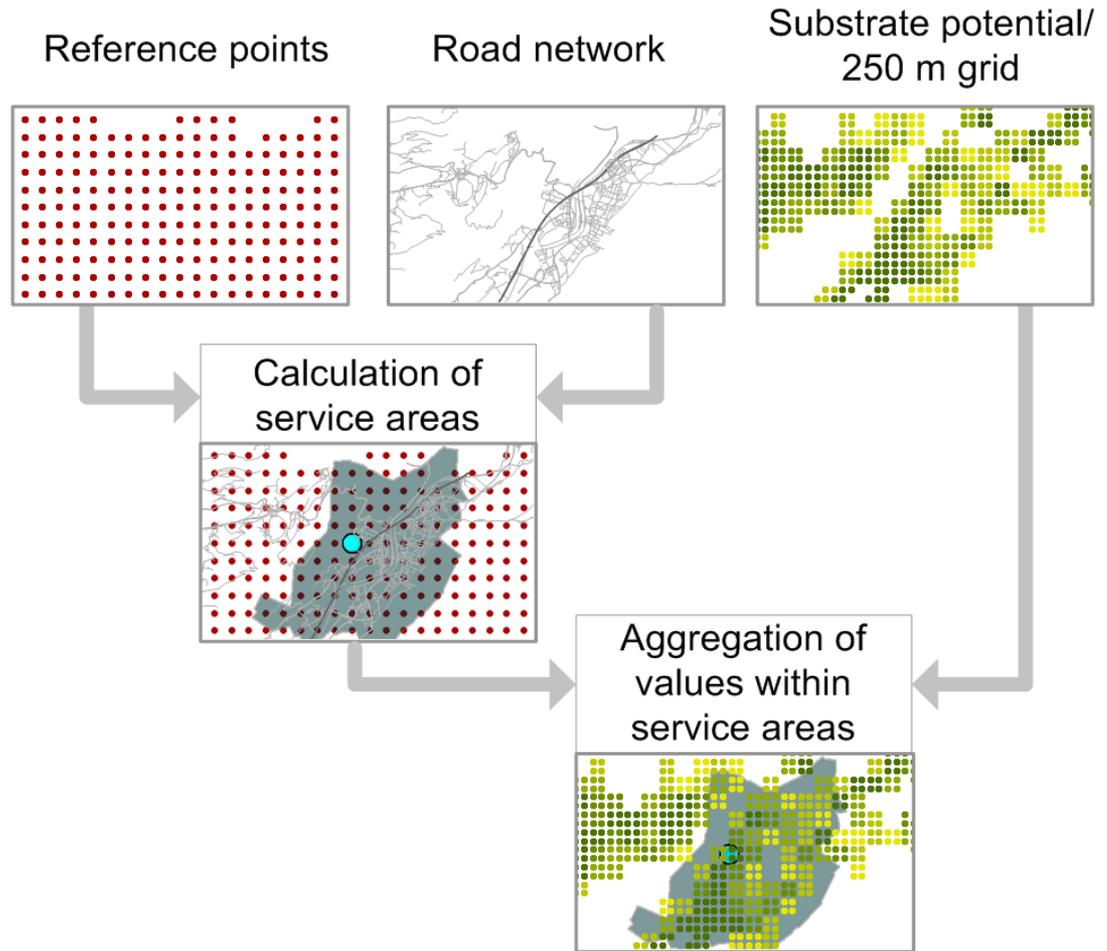
http://ispace.researchstudio.at/energy/energy_de.html

Netzwerk Analyse

- Distanzen
- Entlang von Straßen
- Substratspezifische Schwellwerte

Verschneidung

- Integration of verschiedener Datenschichten (Einzugsgebiete & Substratpotentiale)

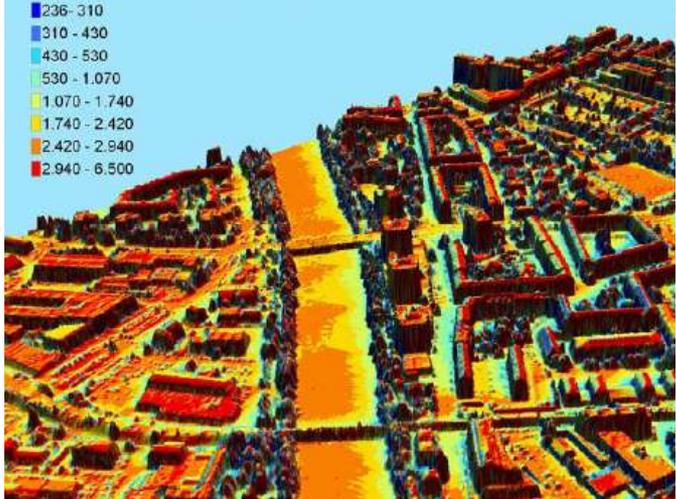


GIS und Energie ca. 2004-2010: Zwischenbilanz



Durchaus einiges erreicht:

Gesamtstrahlung (direkt + diffus + Reflektion) eines Novembertages für einen Ausschnitt von Innsbruck bei klarer Sicht in Wattstunden pro m² und Tag



Wie geht's weiter?

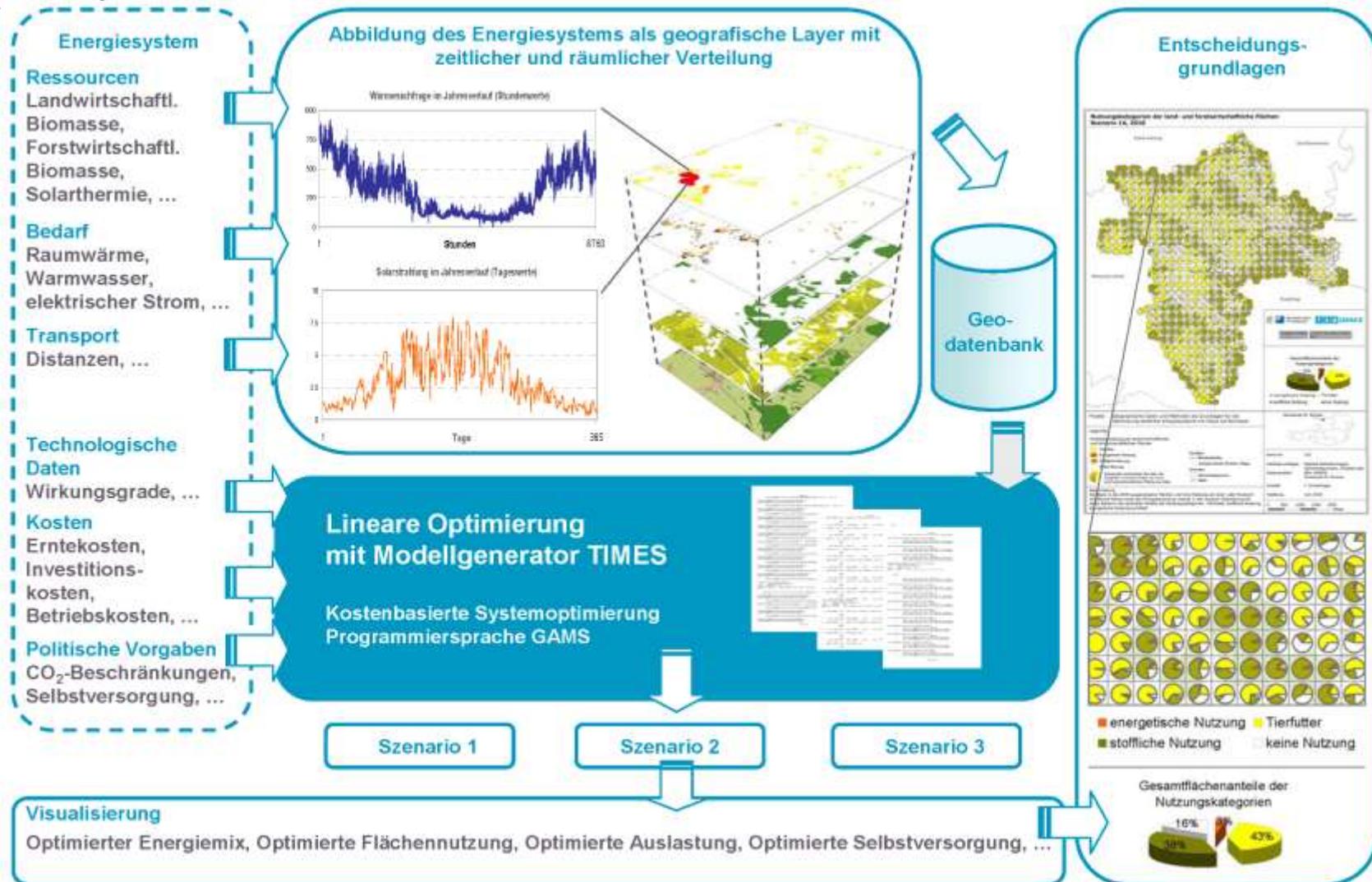
Ländliche vs. städtische Systeme

Energiesystemmodellierung und GIS

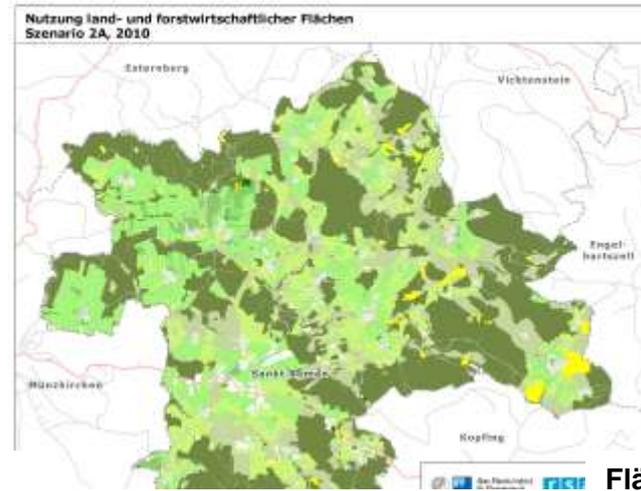
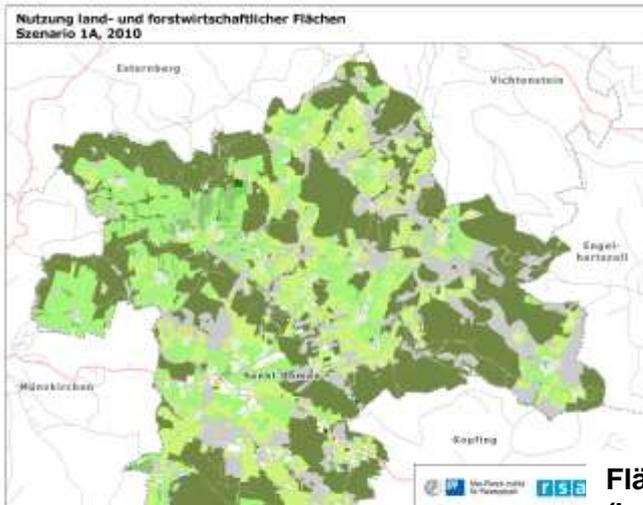
Szenariotechnik inkl. Nowcasting,
Hindcasting, Backcasting



Modellierung ländlicher Energiesysteme mit Schwerpunkt Biomasse: Workflow

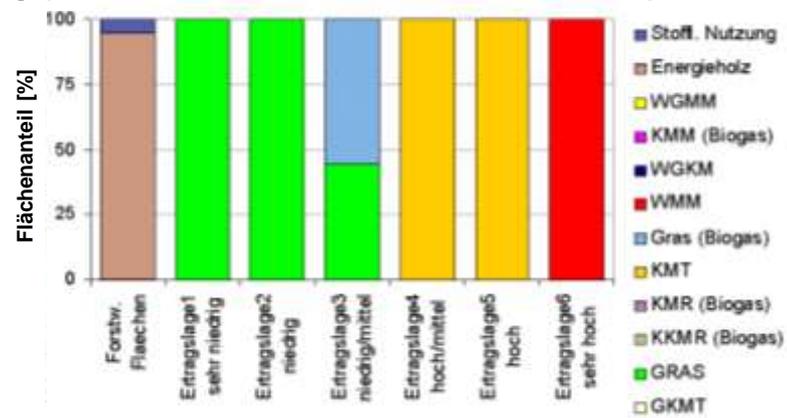
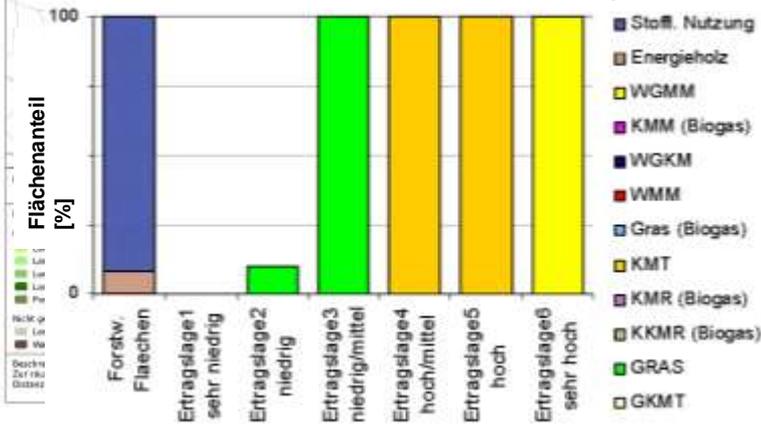


Modellierung ländlicher Energiesysteme

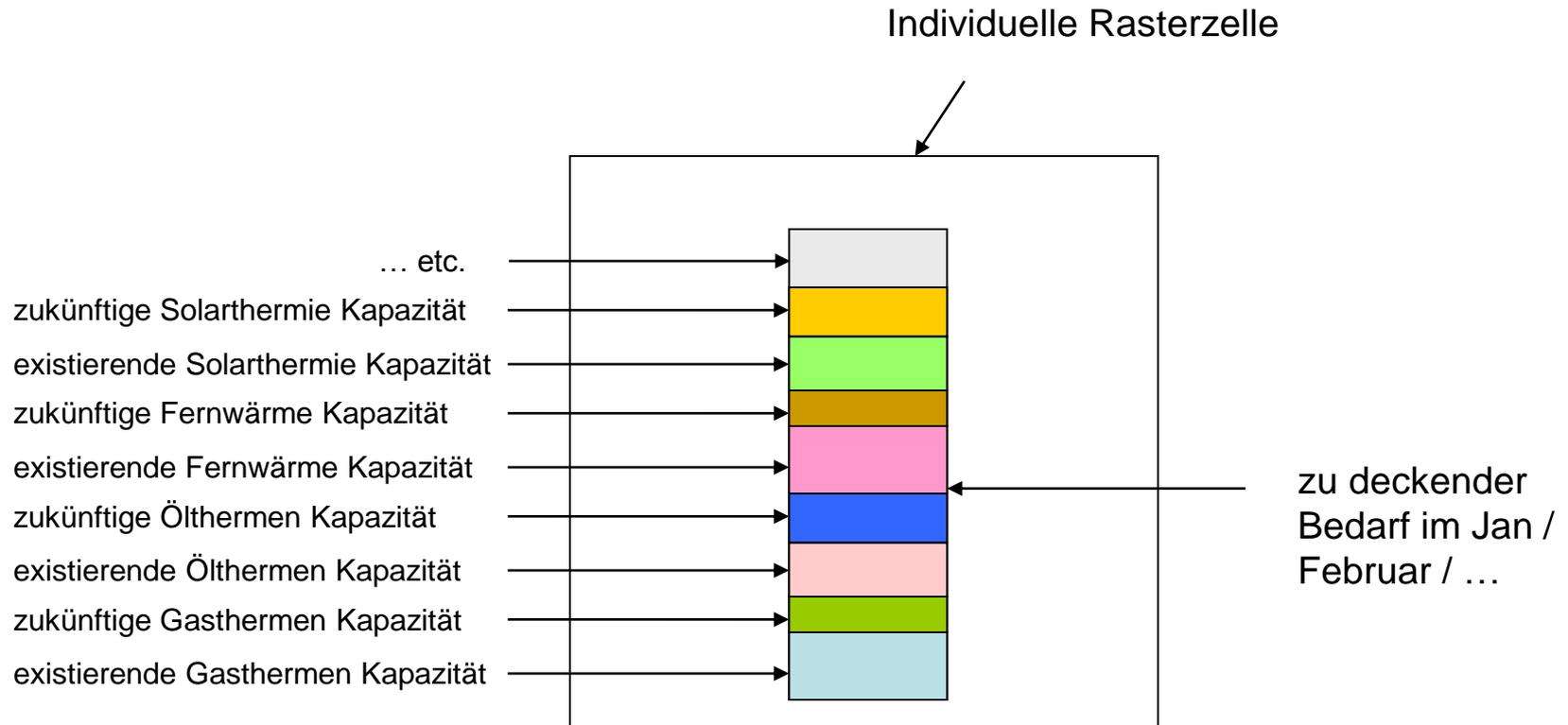


Flächennutzung
(bzw. Fruchtfolge)

Flächennutzung
(bzw. Fruchtfolge)



Modell – Optimierung



Optimierungsbasis Potentialmodelle

DATENGRUNDLAGE

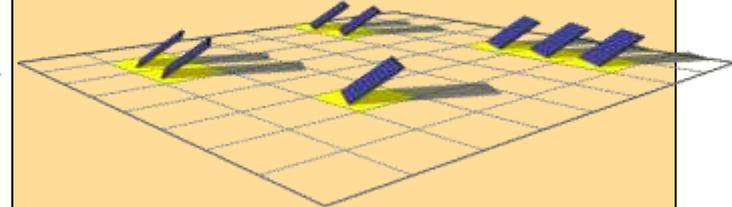
- Fernerkundungsdaten
- Landnutzungsdaten (xy)
- 3D Modelle (xyz) ...
- Klima- / Wetterdaten(xy,t)
- Geologie (xy)
- Kataster (xy)

- Technologien / Effizienzen

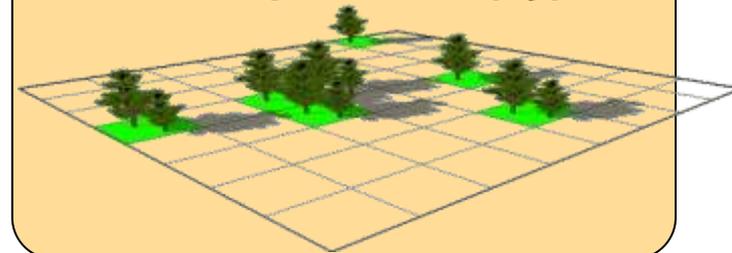
GIS

Potentialmodelle

Solarpotential (xy,t)



Biomassepotential (xy)



Optimierungsbasis Nachfragemodell

DATENGRUNDLAGE

- Klimadaten (xy,t)
- Fernerkundungsdaten (xy)
- Kataster
- (räumliche) Statistiken (xy)
- Gebäudetypologien
- ...

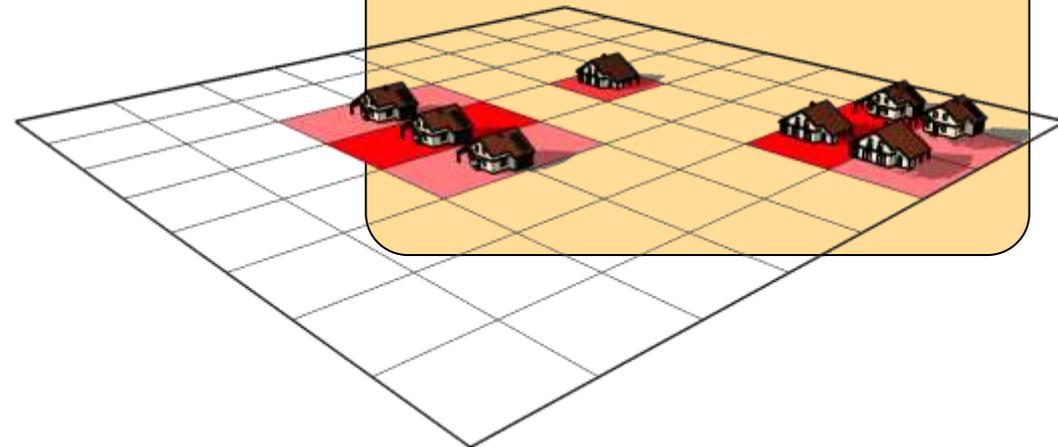
GIS



Nachfragemodell

Auflösung

- räumlich: Rasterzelle (xy)
- zeitlich: y / m / d / h (t)
- Heizwärmebedarf nach Energieträgern
- Strombedarf



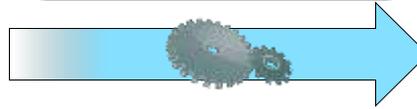
Optimierungsbasis Infrastrukturmodell

DATENGRUNDLAGE

- Kraftwerke (xyt)
- Netze (xy) -> (Gas, FW)
- Gebäudetypologien
 - Effizienzklassen
 - Heizsysteme
- Effizienzen
- spezifische Emissionen
- Kosten
- ...

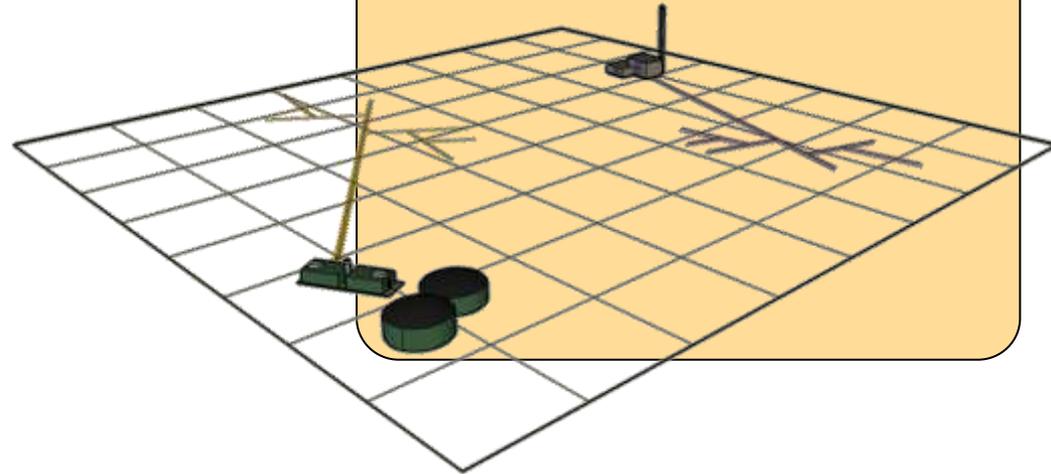


GIS

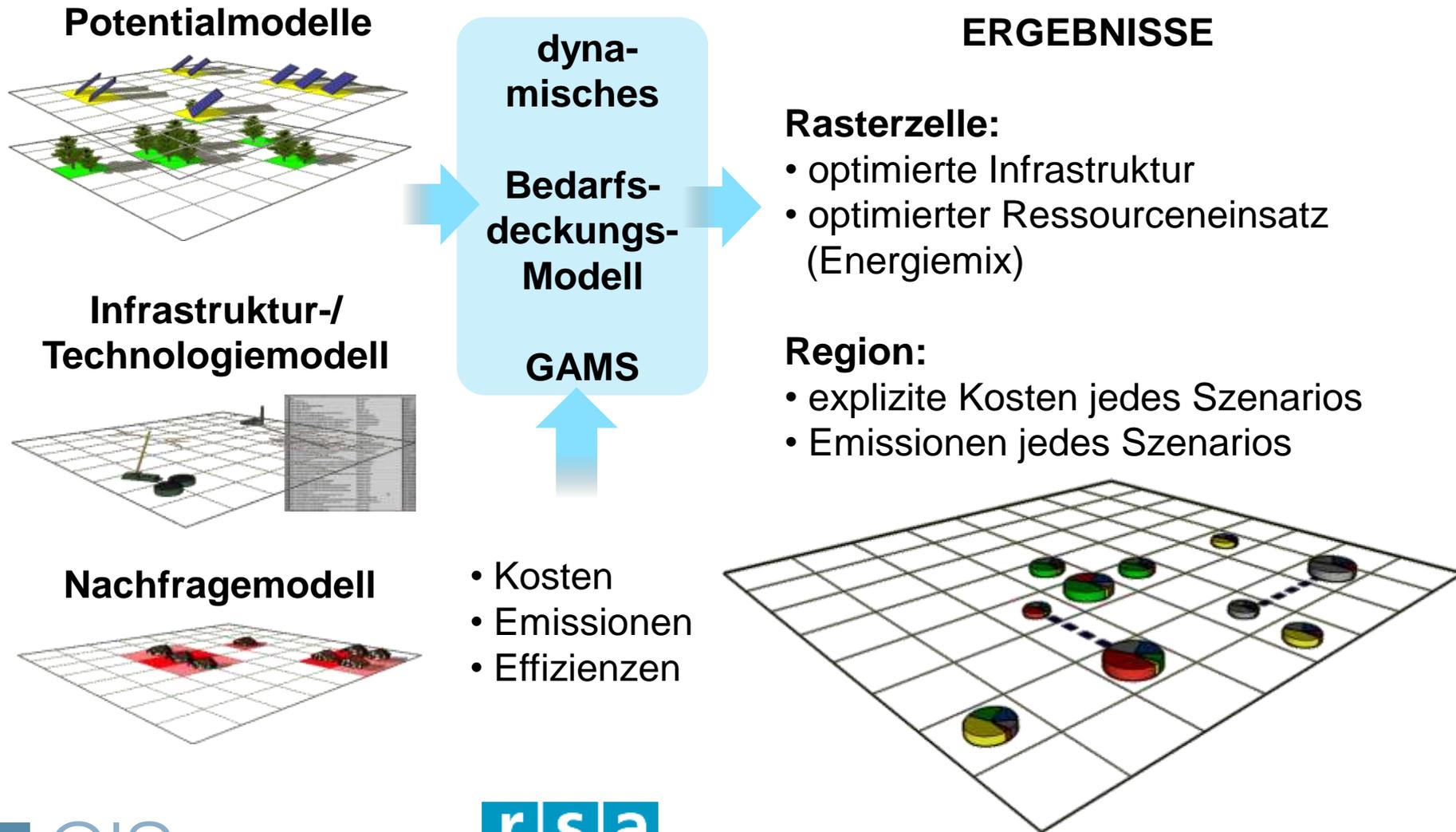


Infrastruktur- / Technologiemodell

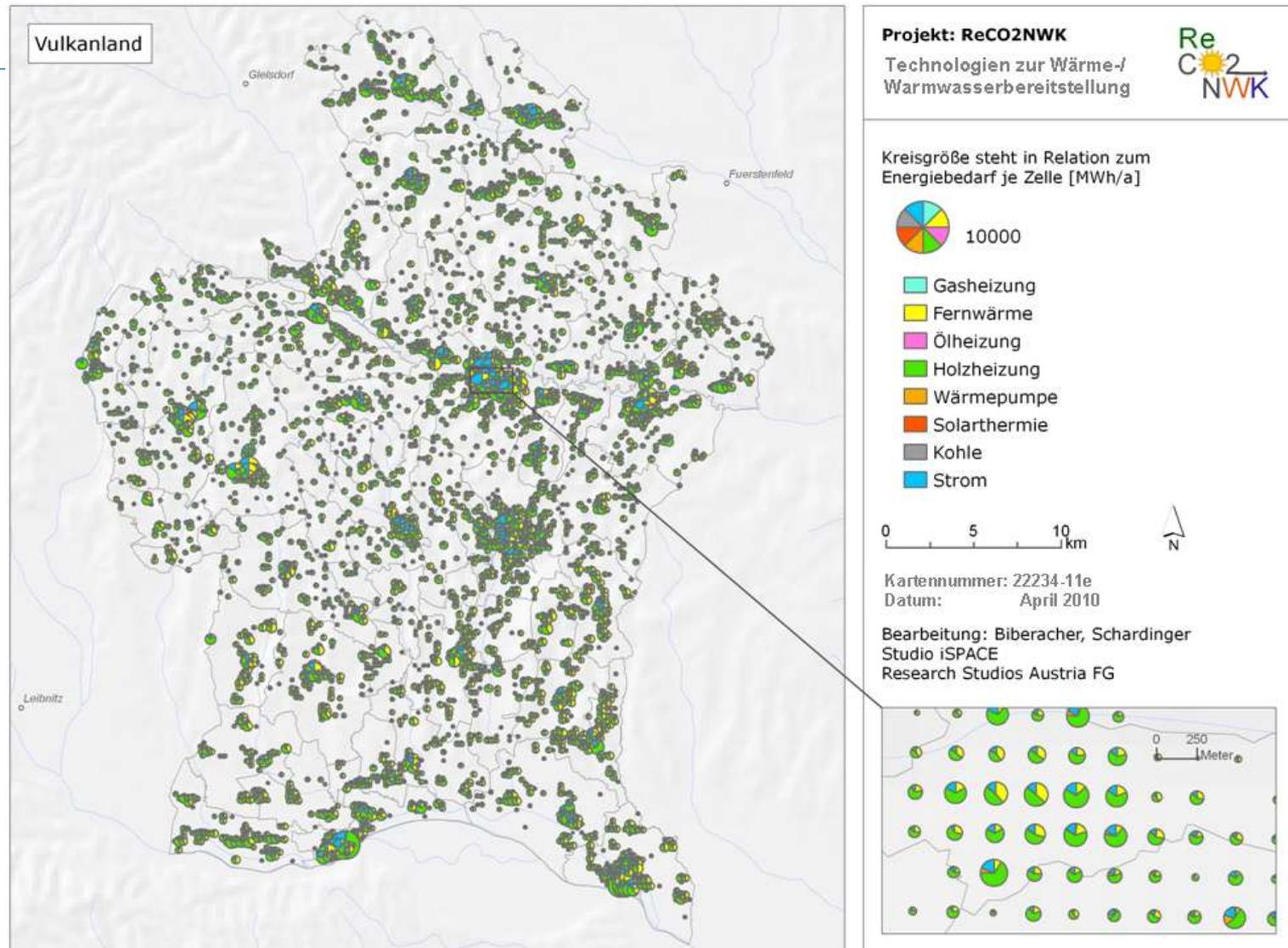
- verfügbare / bestehende Technologien und ihre technischen Spezifika



Modellierungsergebnisse



Optimierungsergebnisse (Beispiel Steiermark, Österreich)





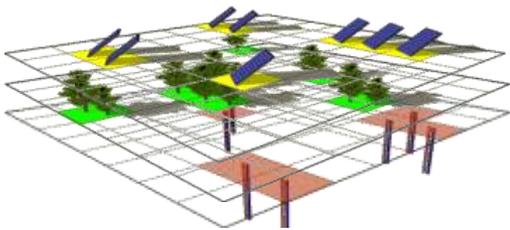
BioSpaceOpt

Energiesystemmodellierung mit RESRO

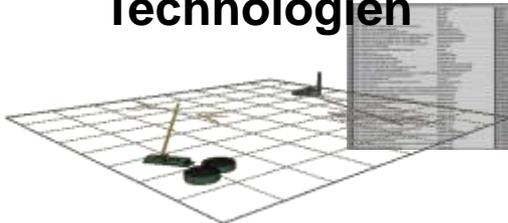
RESRO – räumlich & zeitlich detailliertes Energiemodell

EINGANGSDATEN

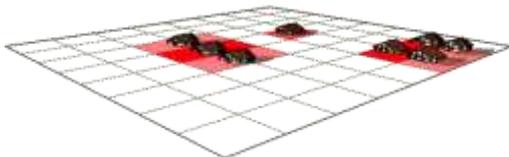
Potentiale



Infrastruktur / Technologien



Bedarf



PROZESS

Optimierung
mit
RESRO

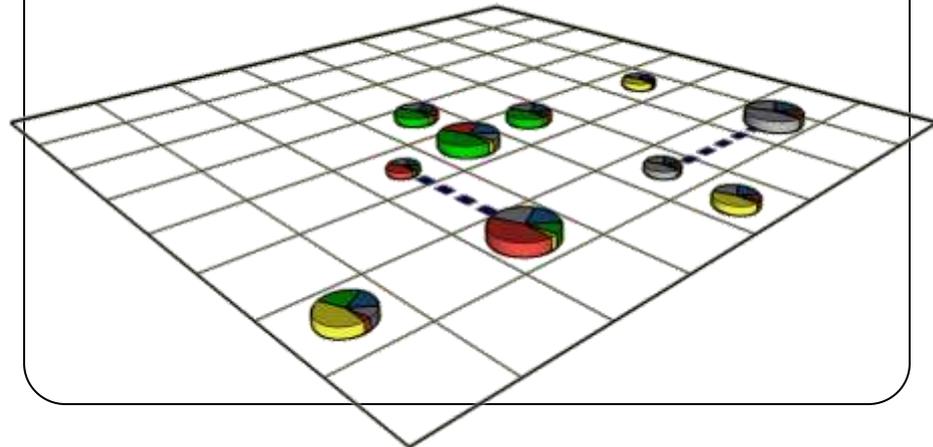
ERGEBNISSE

für jede Zelle (100m x 100m):

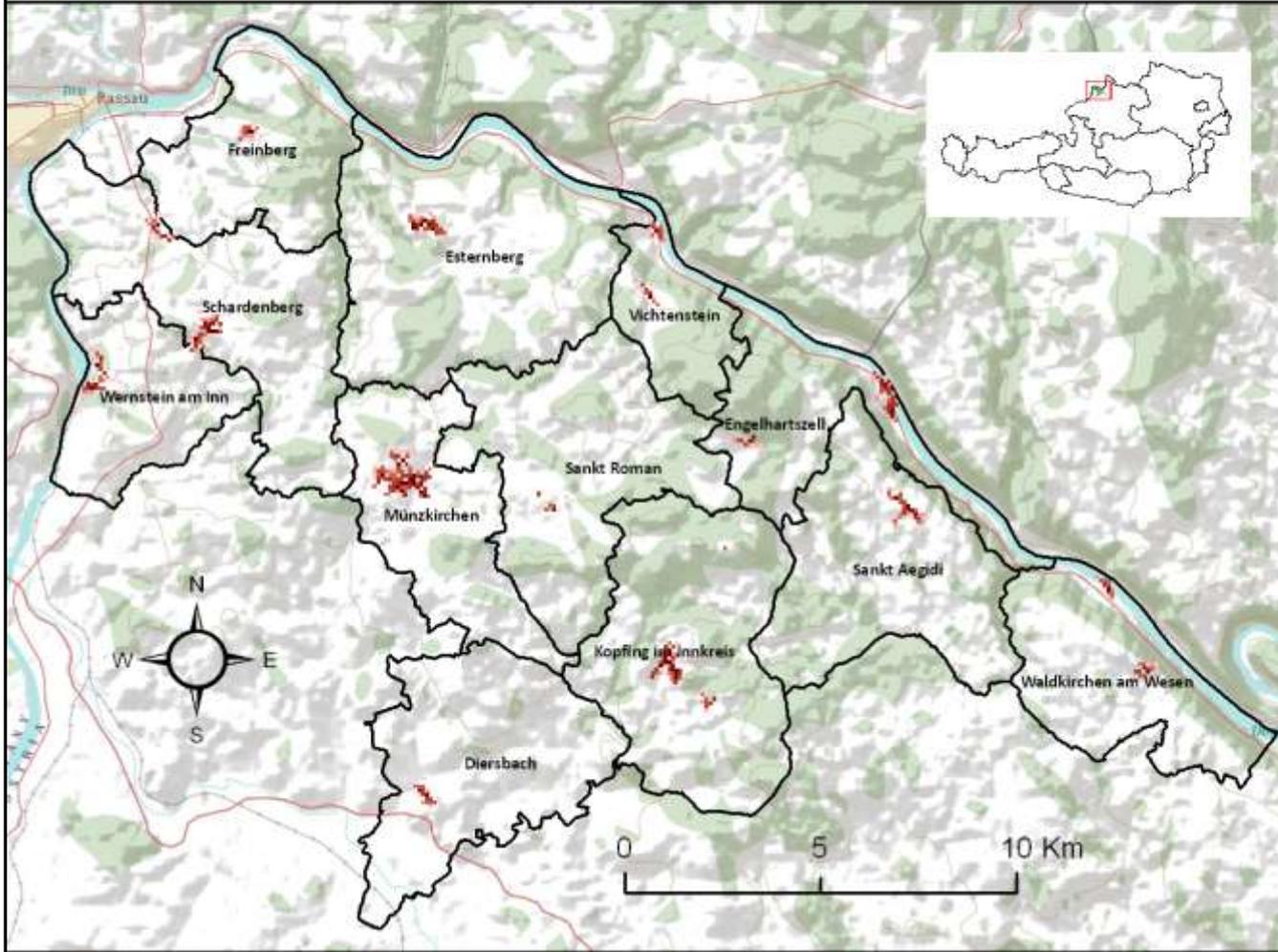
- optimale Infrastruktur
- optimaler Energiemix
- Energieflüsse (Fernwärme)

für die gesamte Region:

- explizite Kosten für jedes Szenario
- Emissionen



möglicher Fernwärmenetzausbau - Sauwald



Anmerkungen:

- Szenario ohne Öl
- 32% der Wärmeerzeugung durch Fernwärme (52 GWh/a)

Fernwärmenetz Kapazität [MWh/Jahr]

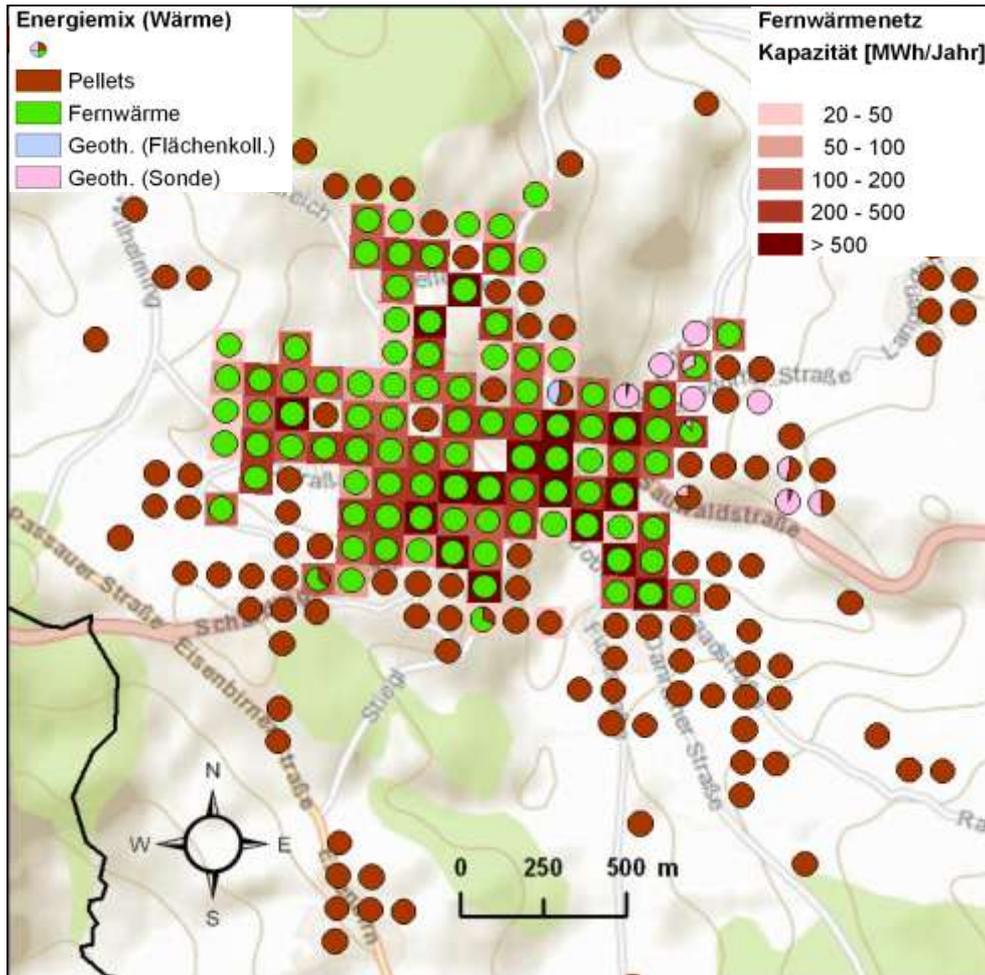


Projekt: BioSpaceOpt
Bearbeitung:
Stephan Hausl
Research Studio iSPACE - RSA
Erstellung: Nov. 2011

rsa
Research Studios Austria
Forschungsgesellschaft mbH

Detailergebnisse - räumlich

Szenario mit hohem Ölpreis, Ausschnitt Münzkirchen



- bei zentraler Versorgung: Kraftwerke möglichst nah an Wärmebedarfszentren

Ergebnisse:

- großer Versorgungsanteil durch Fernwärme möglich & sinnvoll
- Bau von Hackschnitzel-Kraftwerken
- Randgebiete bzw. Gebiete mit geringem Wärmebedarf nicht geeignet für Fernwärme-Erschließung

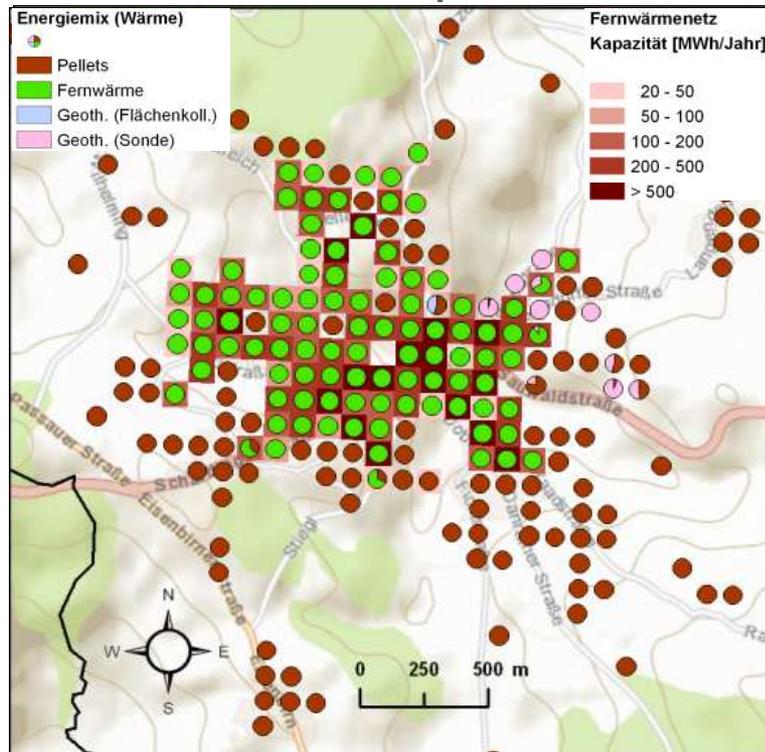
dezentrale Alternativen:

- Pellet-Heisanlagen
- Wärmepumpen

Detailergebnisse - räumlich

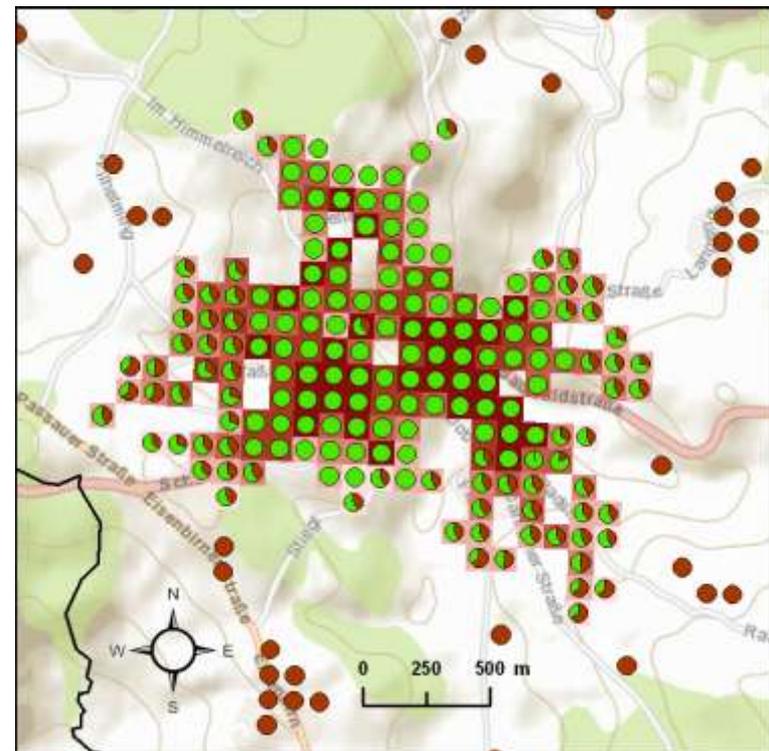
Fernwärmenetzausbau - Ausschnitt Münzkirchen

Szenario mit hohem Ölpreis



Ohne Autarkie-Bedingung:
begrenzter Ausbau der Fernwärme
bzw. KWK

Szenario – 100% Autarkie



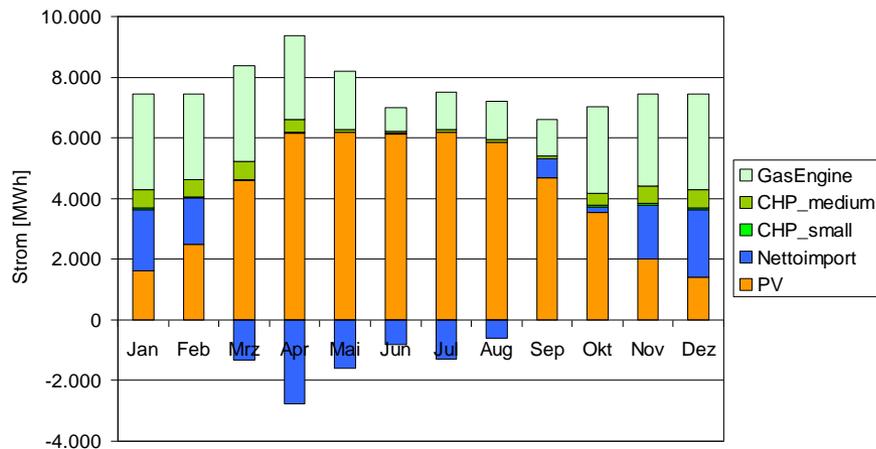
Mit Autarkie-Bedingung:
„Künstlicher“ großer Ausbau der KWK,
v.a. um viel Strom zu produzieren

Detailergebnisse – zeitlich

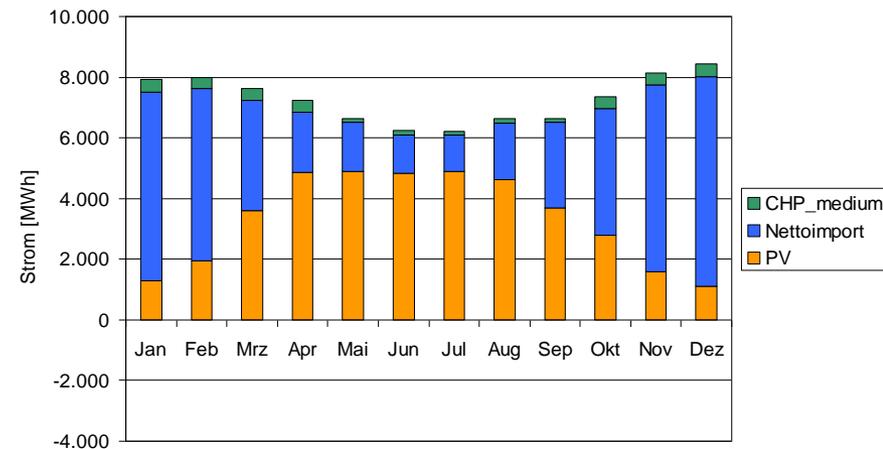
Autarkie im Energiemodell:

- Energieerzeugung = Energieverbrauch
- schützt nicht vor Stromimporten
- bedeutet nicht zwingend Unabhängigkeit!

monatliche Strombilanz - Autarkie



monatliche Strombilanz - 50% "Autarkie"



Folgerungen - Technologien

- **zentrale Versorgung durch Fernwärme in auch in vielen ländlichen Gebieten sinnvoll**
- **meist relativ kleine zentrale Anlagen (auch KWK)**
 - ⇒ Überdimensionierung vermeiden
- **Pellet-Heizungen als Öl-Ersatz in Altbauten**
- **Wärmepumpen günstige Option für Neubauten, steigert jedoch den Strombedarf (+5%) und Klimabilanz ist abhängig vom Strommix**

Folgerungen - Autarkie

Wärmeautarkie

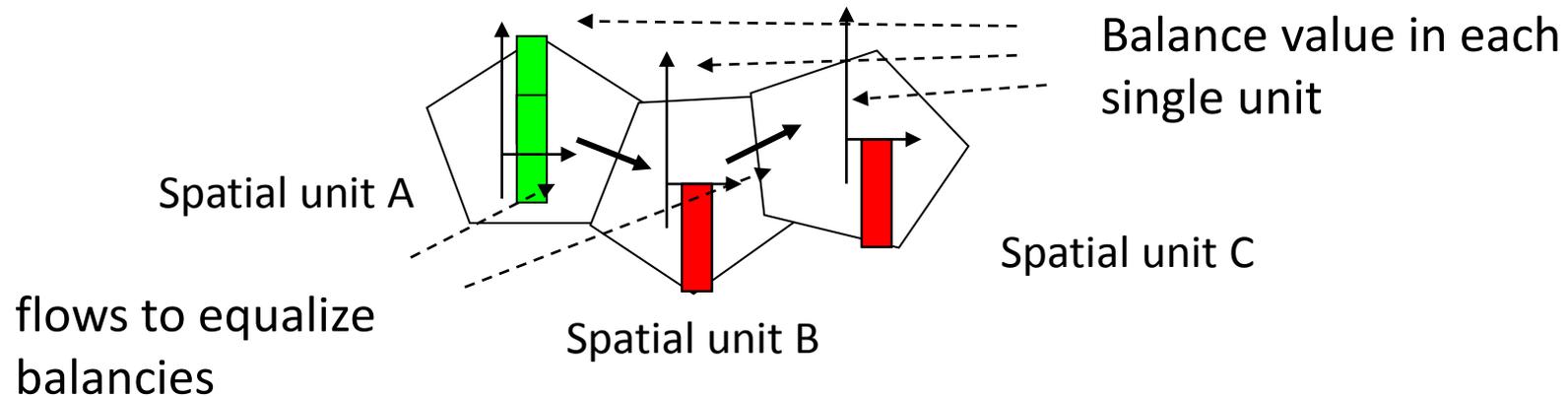
- wird mit steigendem Ölpreis auch ökonom. attraktiv
- stetiger Umstieg auf Erneuerbare (Hackschnitzel / Pellets / Geothermie)
- Wärmespeicherungen helfen

Stromautarkie

- mit erheblichen Kosten verbunden
- Einsatz von Photovoltaik
- Einsatz von teuren und überdim. Kraftwerken
- Wärmepumpen (Umgebungswärme) kontraproduktiv
- führt nicht zu kompletter Unabhängigkeit

[was ich nicht erwähnt habe ...]

Linear optimization

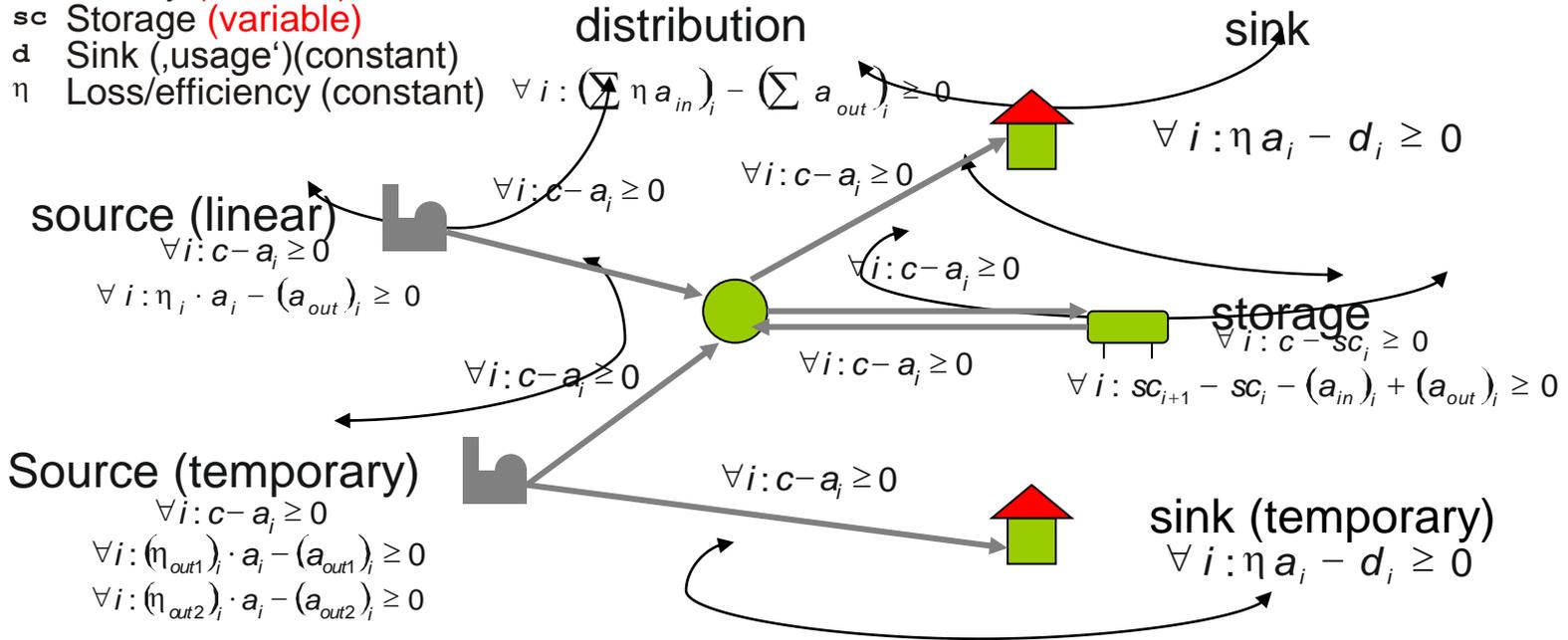


$$d_i \leq p_i + \sum_{x=0}^{n_i} in_x - \sum_{x=0}^{n_i} out_x$$

Objective function: Minimise $\left(\cos t = \sum_{i=0}^k (k_i \cdot in_i) \right)$

energy systems (here: linear relationships)

- i timestep
- c Capacity (variable)
- a Activity (variable)
- sc Storage (variable)
- d Sink (,usage')(constant)
- η Loss/efficiency (constant)



objective function e.g. costs to be optimized

$$\sum_{\text{Prozesse}} \sum_i \$a \cdot a_i + \sum_{\text{Prozesse}} \$c \cdot c$$

Use existing optimization functions and models

Adopted from energy system modelling

Derzeitige und künftige Forschung: 1. Einbeziehung der Mobilität

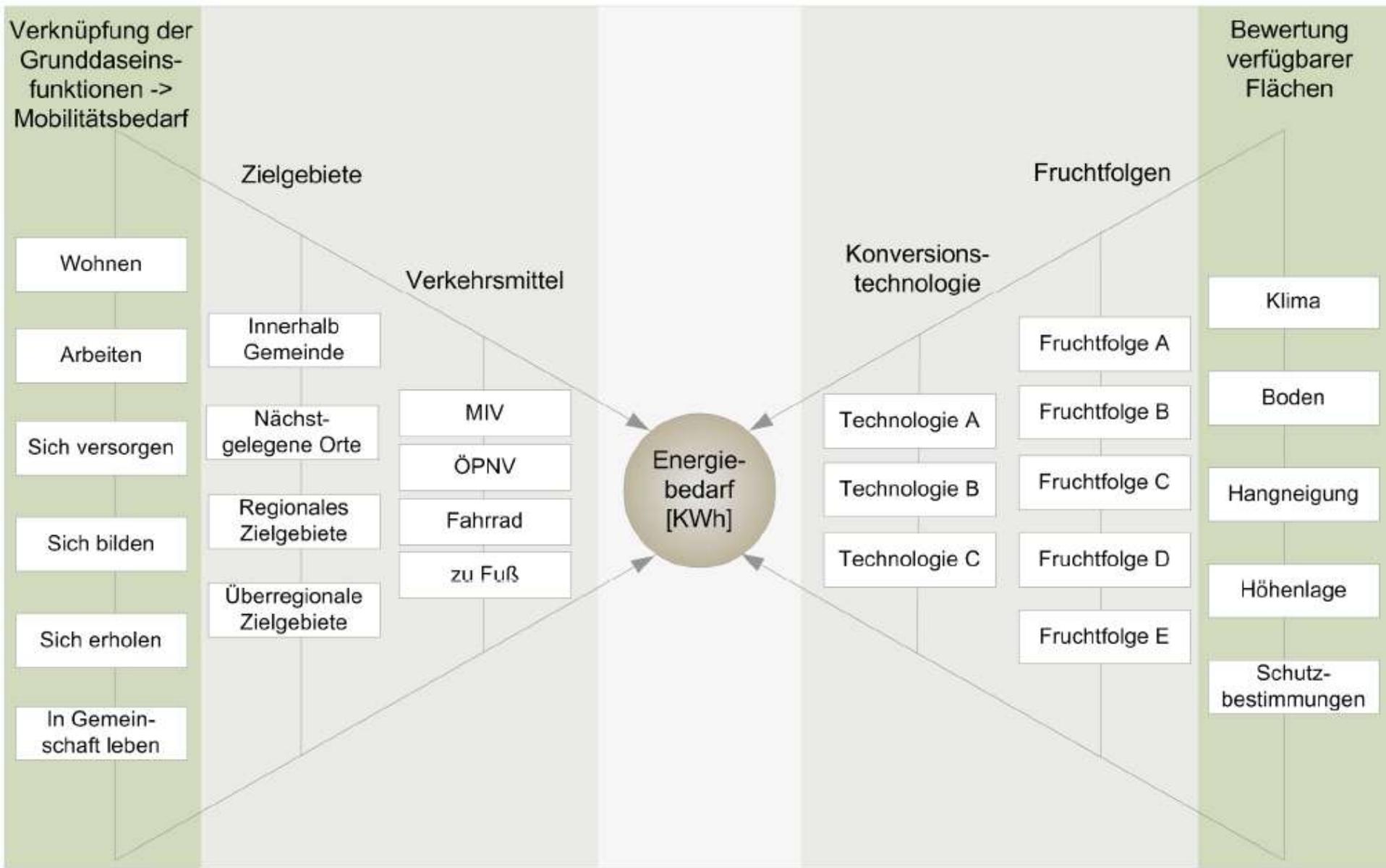
Endbericht

zum Forschungsprojekt

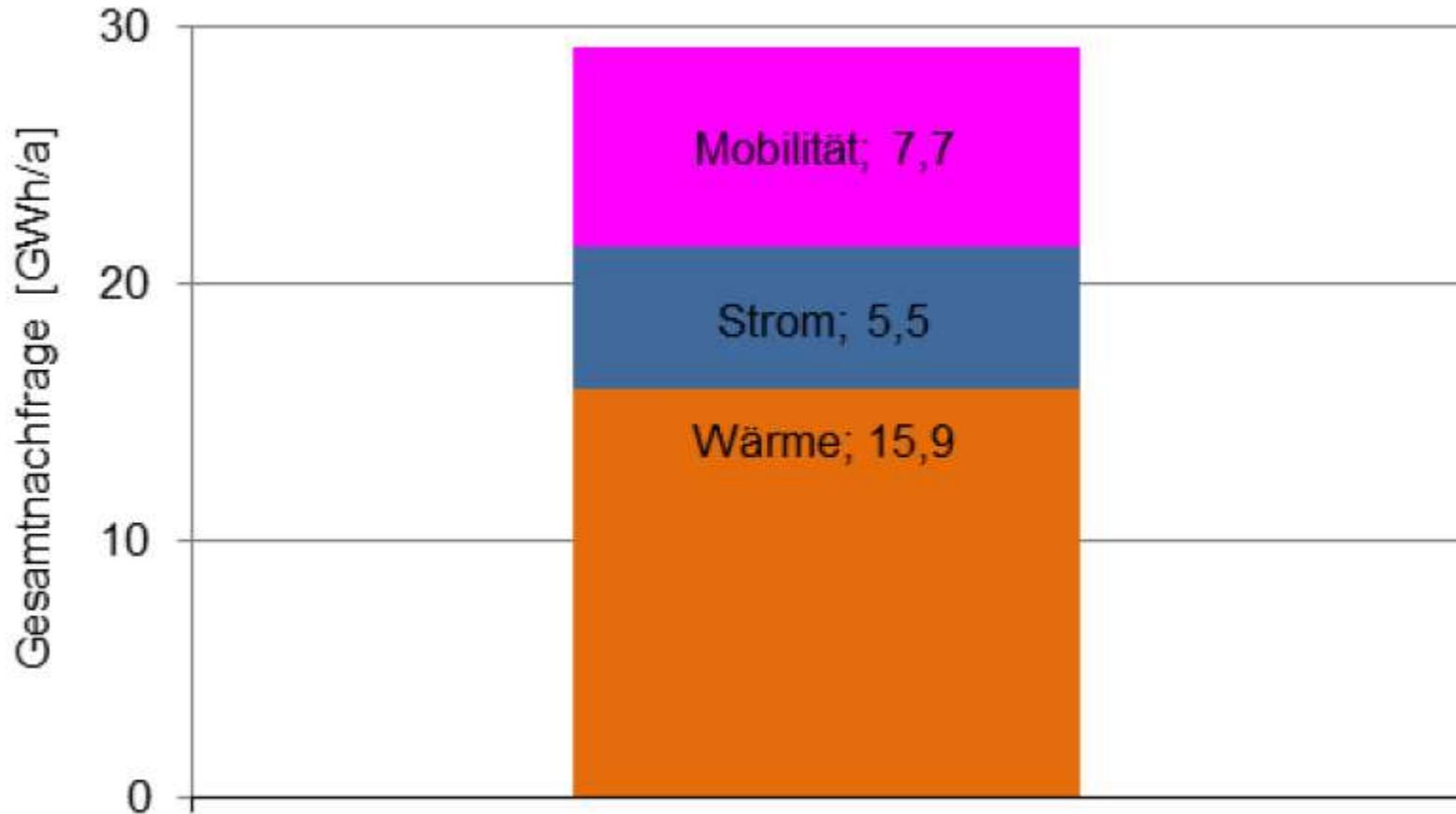
Räumlich differenzierte Betrachtung von Mobilität in ländlichen Räumen als eine Grundlage der Energiesystemmodellierung

im Auftrag der Friedrich Schiedel Stiftung für Energietechnik

Salzburg, Februar 2012

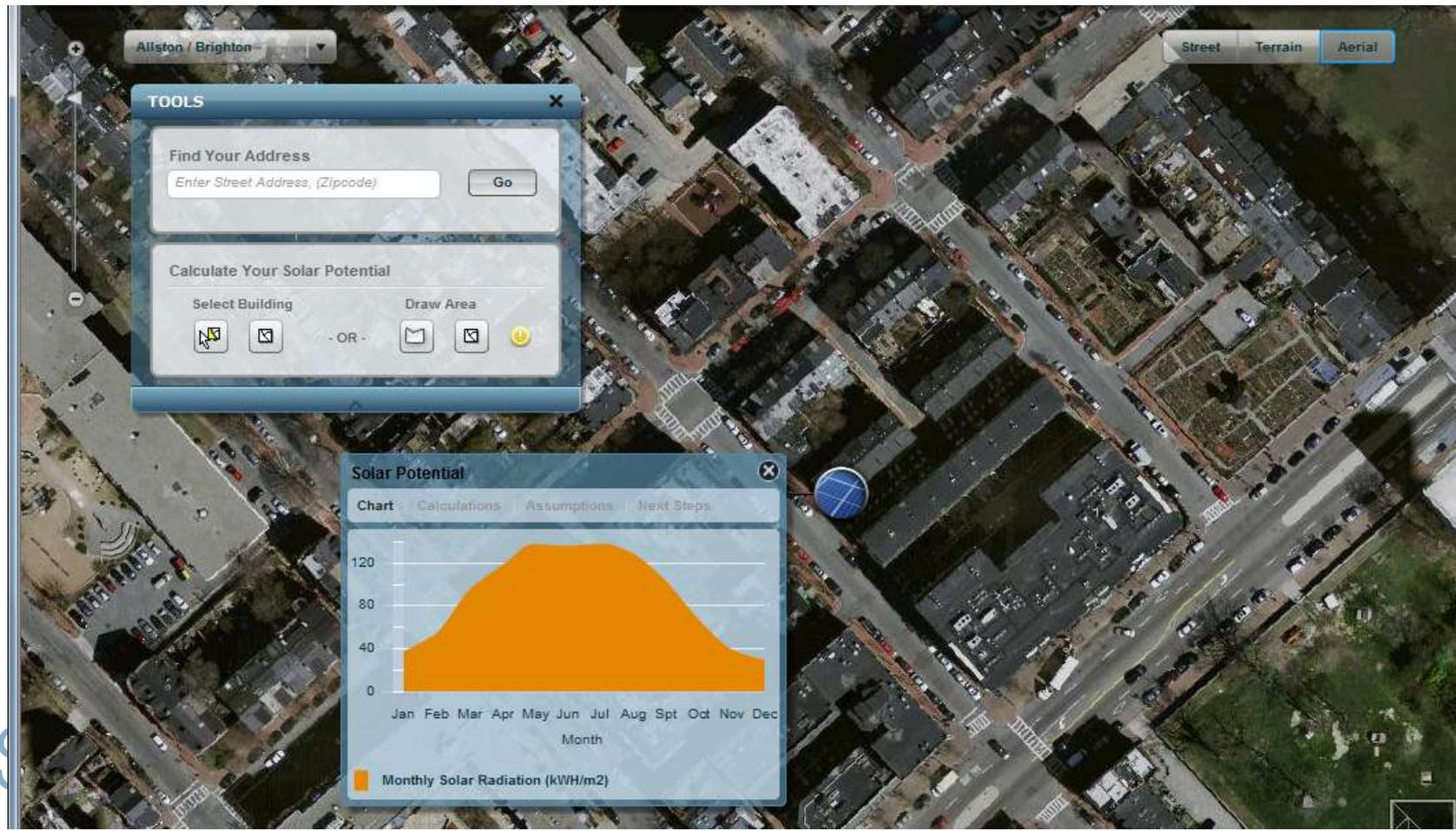


Beispielsergebnis für eine ländliche Gemeinde: Anteil der Mobilität am Gesamtenergieaufkommen



2. Beispiel: Energieportale

On-the-fly calculation of solar energy potential



Energieportale (Forts.): Windatlas

STANDORTPOTENZIAL

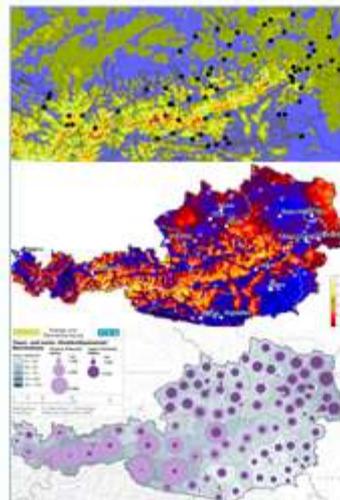
Netzkapazität	Jahreserträge	Schutzgebiete	Gelände
Anlagenkennwerte	Gestehungskosten	Landbedeckung	Orographie
3D-Windfeldmodell	Einspeisetarif	Anlagenbestand	Mindestabstände



- ➔ NEWS
- 4. November, 2010**
AuWiPot Arbeitstreffen –
Besprechung der Modellierung
des realisierbaren Potenzials
 - 29. Juni, 2010**
AuWiPot Arbeitstreffen –
Besprechung der
Windmodellierungsergebnisse

➔ DOWNLOADS

- DEWEK Paper
- DEWEK Präsentation
- Poster bei der EGII 2010



AuWiPot – Windatlas und Windpotentialstudie Österreich (2009 – 2011)

Mittels geo-statistischer und numerischer Modellierung wird vom gesamten Bundesgebiet ein Windatlas in einer Auflösung von 100 x 100 Meter Rasterflächen gerechnet. Die Ergebnisse dienen anschließend als Grundlage für die Abschätzung realisierbarer Windenergiepotentiale, wobei umfassende Aspekte der Windenergie mitberücksichtigt werden.

Neben den neu ermittelten Windkarten für verschiedene Höhen über Grund wird das Hauptergebnis ein Szenariengenerator für realisierbare Windpotenziale sein, welches dem Benutzer die individuelle Eingabe einzelner Parameter ermöglicht, um die Realisierbarkeit von Windkraftanlagen unter geänderten Rahmenbedingungen abschätzen zu können.



WEB GUI

Experten-UserIn: > 100 Parameter individuell festlegbar:

TECHNISCH
Anlagentypen
Leistungsklasse



RAUM- & TYPENBEZOGEN

Distanzen (Siedlung, Verkehrswege, ...)
max. Seehöhe und Hangneigung
Landbedeckung
Schutzgebiete
Repowering

ÖKONOMISCH

Einspeisetarif
Zinssatz
Betriebskosten
Abschreibungszeitraum
...

InteressentInnen: Defaultwerte für jeden Parameter vorgegeben

DATENPROZESSIERUNG

- Live-Prozessierung zur Evaluation von 18.000.000 Standorten basierend auf > 100 individuell wählbaren Parametern
- Karte mit tabellarischen Analyseergebnissen innerhalb < 5 sec (!) als WMS in MAP GUI verfügbar

SOFTWARE FRAMEWORK



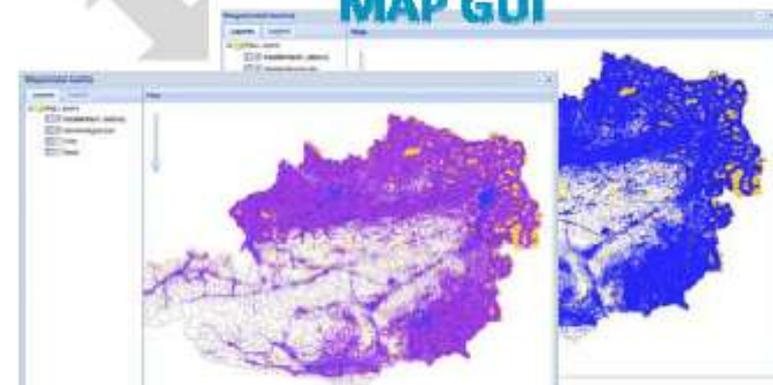
SOFTWARE FRAMEWORK

- Client:
 - » WEB GUI: JScript, ExtJS
 - » MAP GUI: ExtJS, OpenLayers, GeoExt
- Sever:
 - » UMN-Mapserver
 - » Datenprozessierung: Python, C++

RESULTATE & ANWENDUNGSDOMÄNEN

- MAP GUI mit tabellarischer Auswertung
 - » Kartendarstellung potenzieller Standorte (installierbarer Leistung), 100 m Raster
 - » aggregiertes Potenzial auf Bezirksebene
 - » Vergleich mehrerer Berechnungsvarianten innerhalb eines Browserfensters möglich
- Beispiele für Anwendungsdomänen:
 - » Projektentwicklung Windkraft (Standortsuche, Vorklärungsphase)
 - » EntscheidungsträgerInnen, Politik (Raumplanung, Förderstrategien, ...)
 - » Information der Öffentlichkeit / Bewusstseinsbildung

MAP GUI





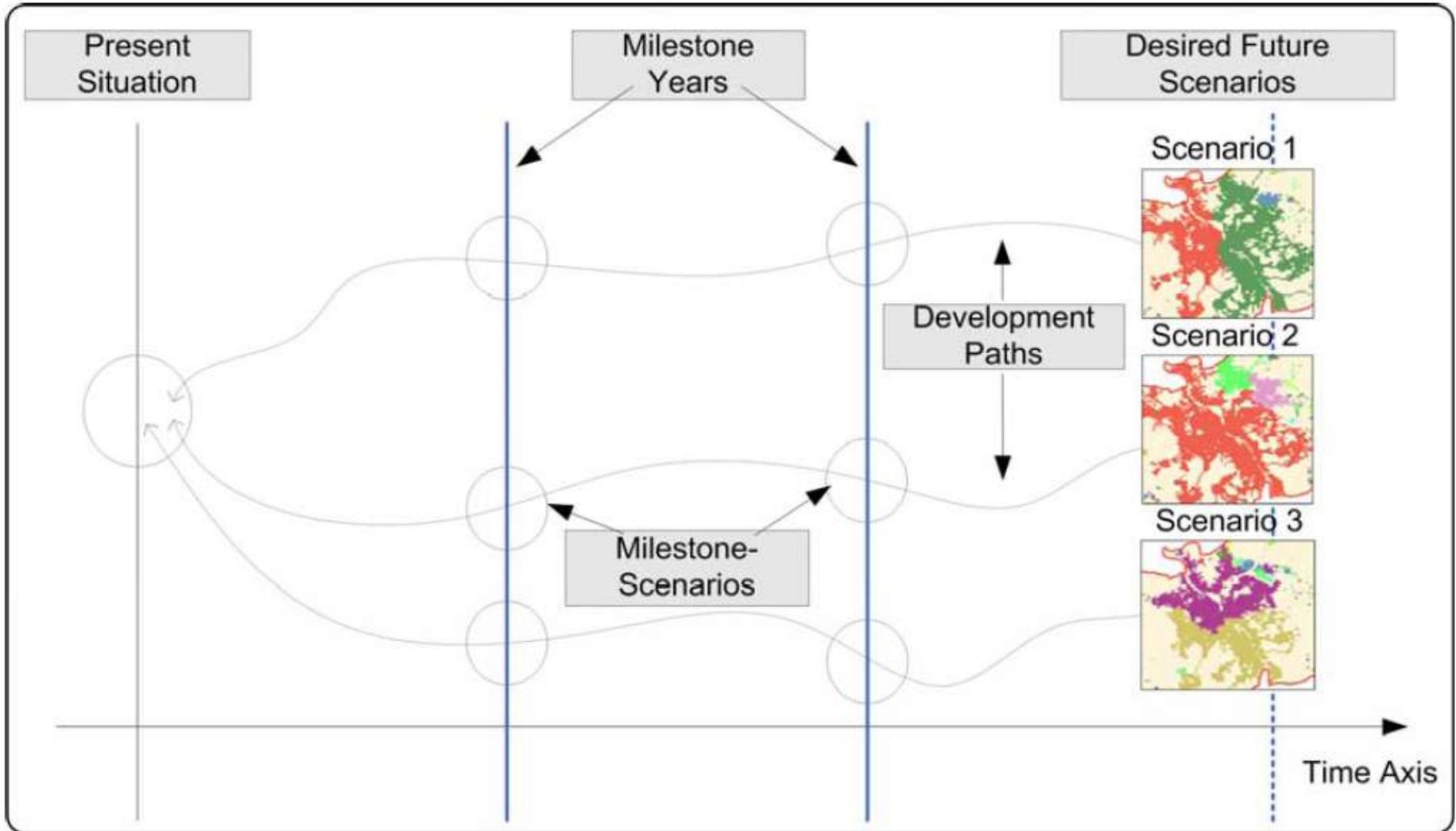
ELSEVIER

3. Beispiel

Futures

GIS-based Backcasting: An innovative method for parameterisation of sustainable spatial planning and resource management

Eva Haslauer^a, Markus Biberacher^b and Thomas Blaschke^a



Remote Sensing-Based Characterization of Settlement Structures for Assessing Local Potential of District Heat

Remote Sensing

ISSN 2072-4292

www.mdpi.com/journal/remotesensing

Christian Geiß^{1,*}, Hannes Taubenböck¹, Michael Wurm^{1,2}, Thomas Esch¹, Michael Nast³,
Christoph Schillings³ and Thomas Blaschke⁴

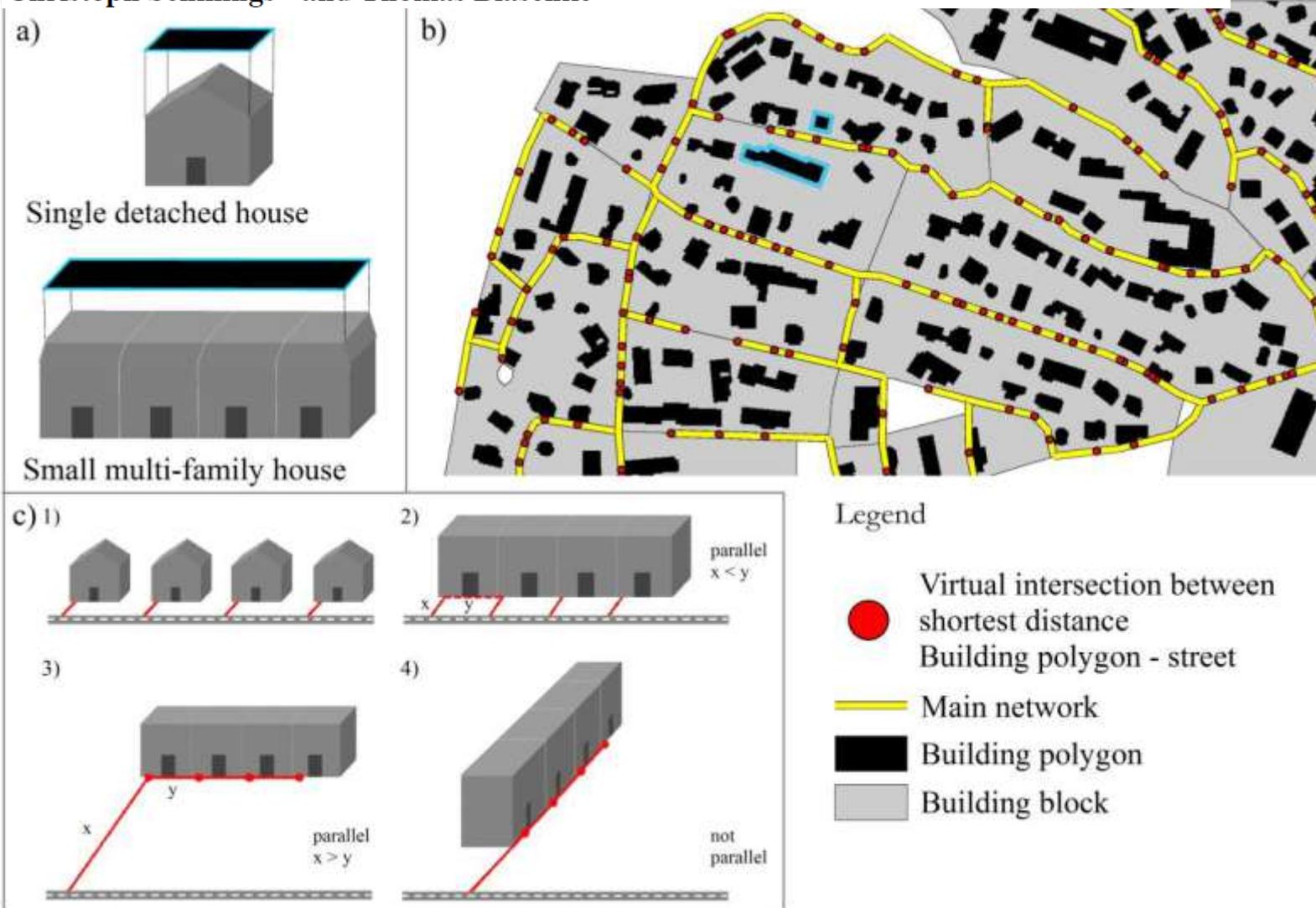
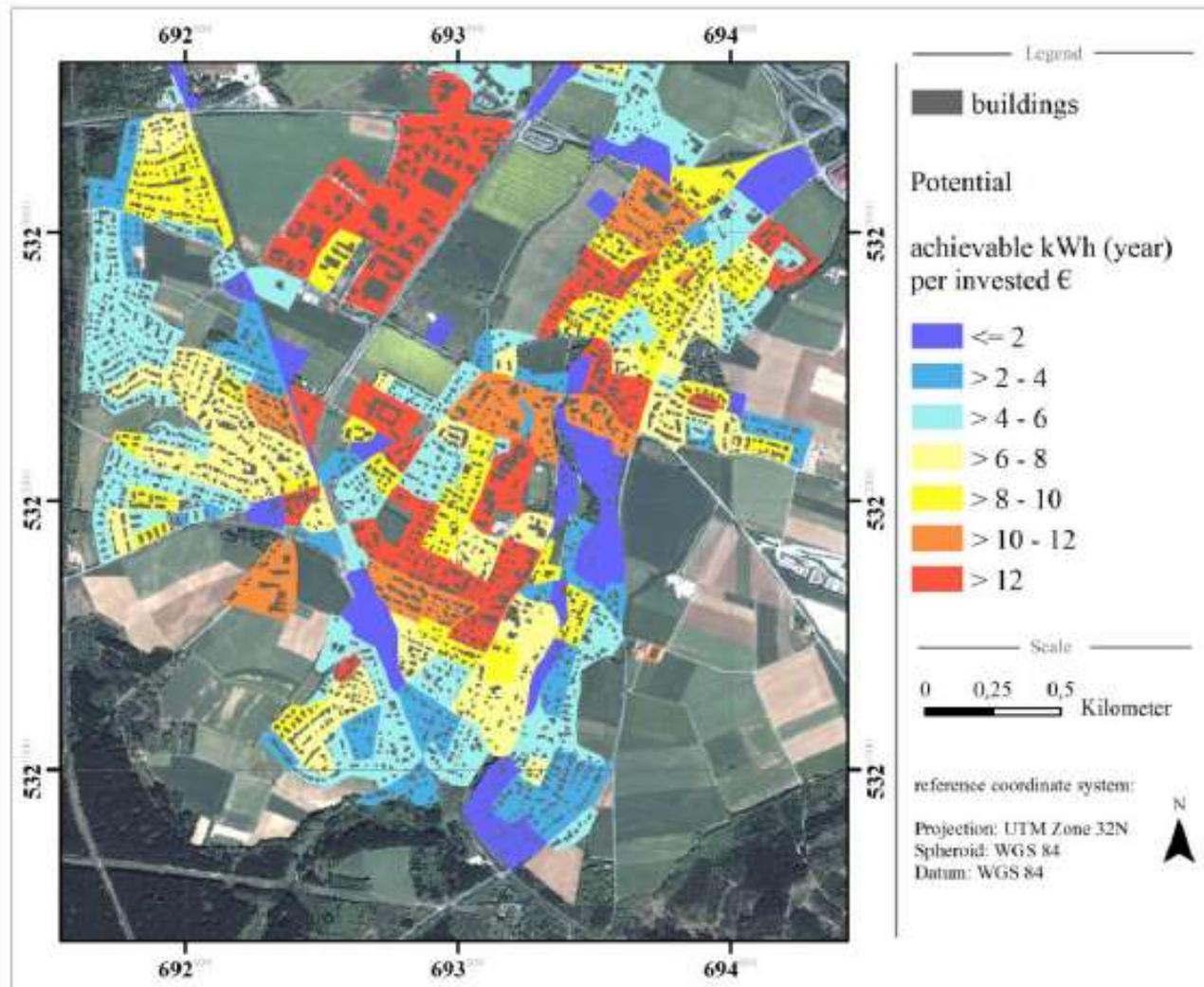


Figure 4. Assessed potentials for district heating for the test site (Oberhaching, Germany).



Energiewende: politische Diskussion wurde hier ausgeklammert

GIS zunächst in der Potenzialmodellierung

GIS / Geoinformatik zunehmend als Querschnittstechnologie / Drehscheibe

Mehr Beispiele enger Kopplung von Energiemodellen und GIS in dynamischer Modellierung

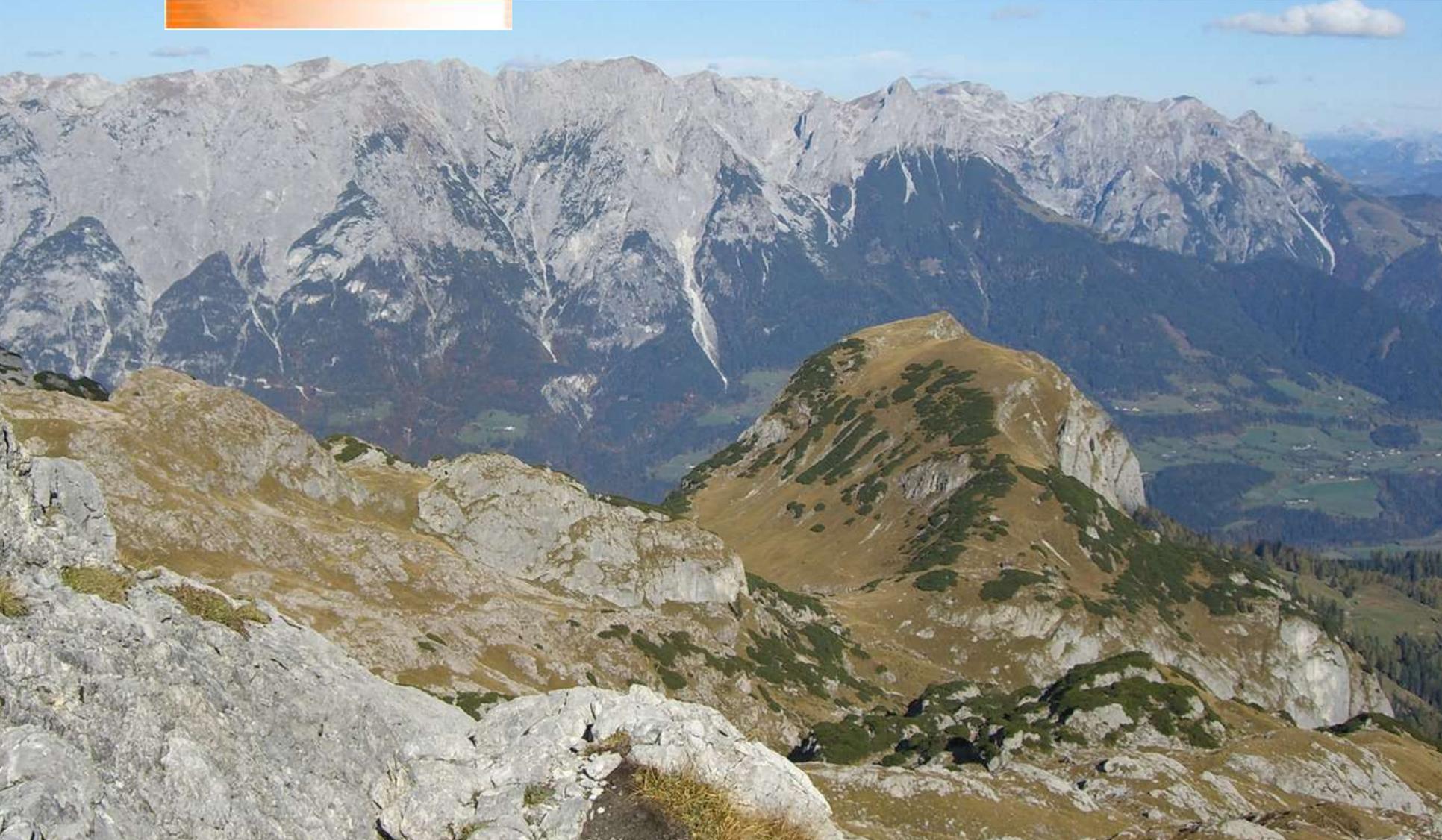
agit_2012

SYMPOSIUM und FACHMESSE
ANGEWANDTE GEOINFORMATIK

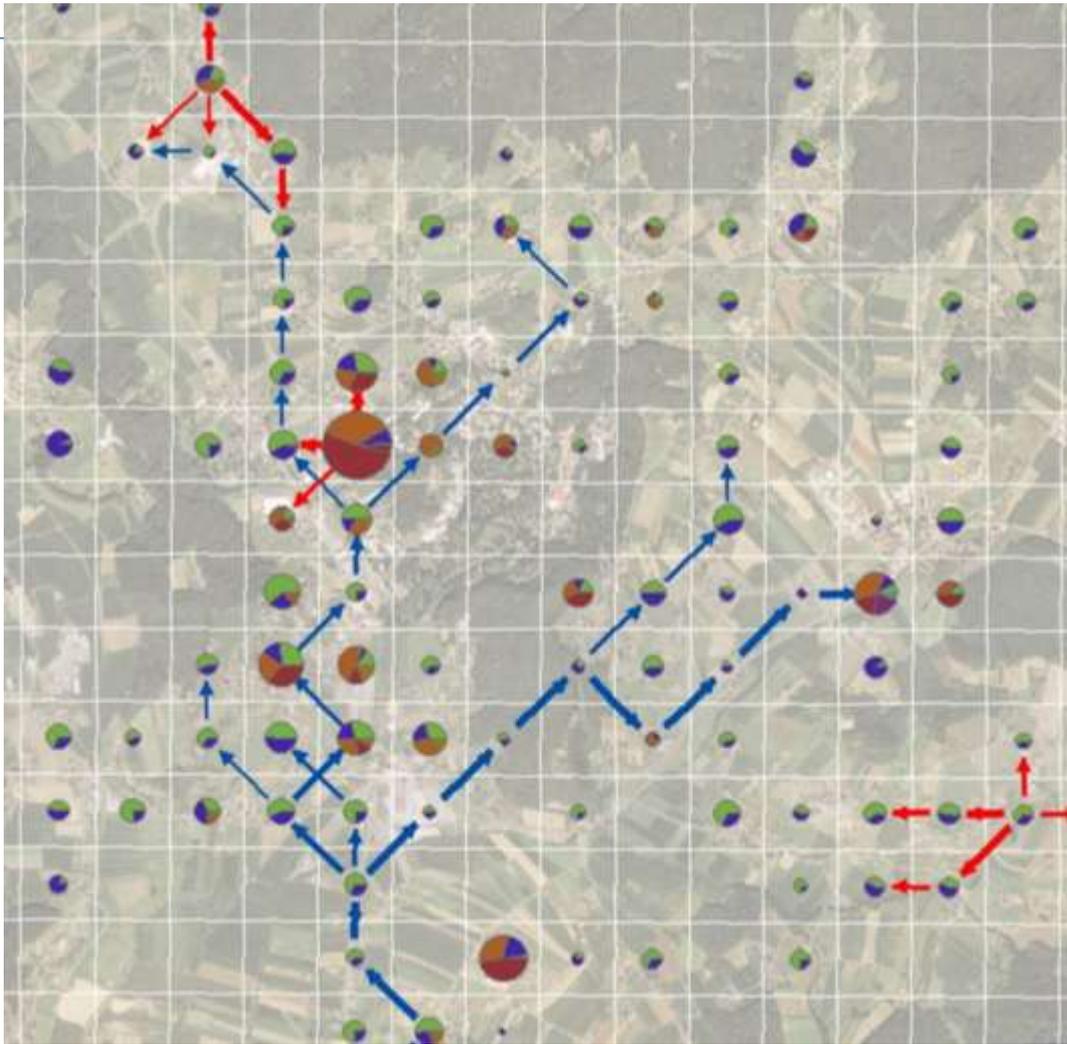
Salzburg, 4. bis 6. Juli



agit

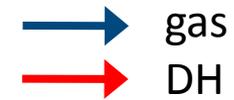


Optimierung Netzinfrastruktur



Optimierte Infrastruktur

Netze



Beispiel Web-Applikation

Kostenoptimales Energiesystem

In der Karte ist die kostenoptimale Situation bezüglich der Deckung des Wärme- und Kältebedarfs dargestellt.

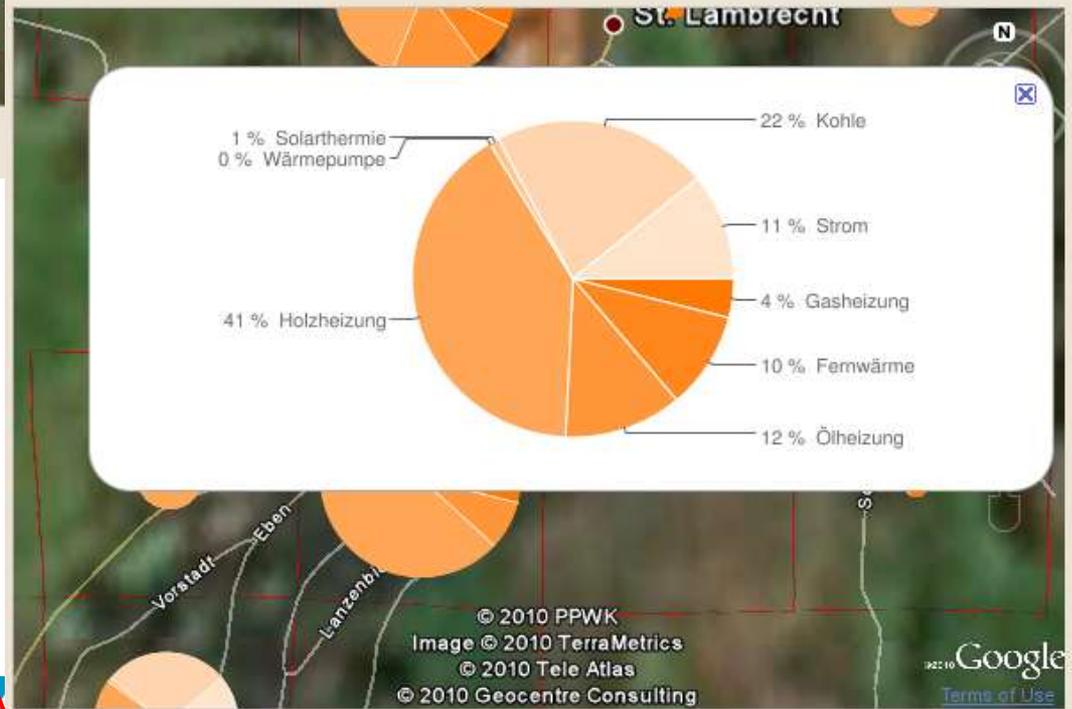
Für einzelne 250m Rasterzellen (rot markiert) ist der prozentuale Deckungsanteil ausgewiesen (Mausklick in die Zelle).

© 2010 PPWK
Image © 2010 TerraMetrics
© 2010 Tele Atlas
© 2010 Geocentre Consulting

Kostenoptimales Energiesystem

In der Karte ist die kostenoptimale Situation bezüglich der Deckung des Wärme- und Kältebedarfs dargestellt.

Für einzelne 250m Rasterzellen (rot markiert) ist der prozentuale Deckungsanteil ausgewiesen (Mausklick in die Zelle).



www.energieautarkie.at