

Virtuelle Kraftwerke für Autarke Regionen

M. Mittlböck et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

58/2006

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Virtuelle Kraftwerke für Autarke Regionen

Manfred Mittlböck (Projektleiter),
Research Studios Austria
der ARC Seibersdorf Research GmbH

Markus Biberacher, Thomas Prinz, Walter Rieder,
Josef Strobl, Daniela Zocher, iSPACE
Thomas Blaschke, Barbara Brunner-Maresch,
Gerald Griesebner, Z_GIS

Wolfgang Pospischil, Verbundplan GmbH
Moser, Kloiber, Farthofer, Salzburg AG

Wien, September 2006

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT. Sie wurde 2003 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT soll durch Forschung und Technologieentwicklung die Gesamteffizienz von zukünftigen Energiesystemen deutlich verbessert und eine Basis zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger geschaffen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.ENERGIESYSTEMEderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Anmerkungen zum Bericht

Der Endbericht „Virtuelle Kraftwerke für Autarke Regionen“ (VKAR) wurde vom Research Studio iSPACE der ARC Seibersdorf research GmbH in Zusammenarbeit mit und fachlichem Input von den Wirtschaftspartnern Salzburg AG und Verbundplan, sowie mit Unterstützung des GIS Forschungszentrums der Universität Salzburg (Z_GIS) erstellt.

Der Aufbau und die Form des Berichtes ist in Ahnlehnung an die, in den Research Studios Austria entwickelte, Vorlage der internen Berichterstattung und Darstellung von Wissens-Assets gestaltet. Dem eigentlichen Bericht vorangestellt sind die für den Endbericht vorgesehene einseitige Kurzfassung/Synopsis und die fünfseitige Zusammenfassung.

Inhaltsverzeichnis

I. Kurzfassung	5
II. Zusammenfassung	6
III. Abstract (English).....	12
IV. Summary (English)	13
1. Einleitung	18
2. Projektidee	19
3. Projektaufbau	21
4. Datengrundlage.....	22
5. Energiepotenziale	29
6. Theoretische Energiepotenziale.....	34
7. Effektive Energiepotenziale.....	39
8. Virtuelle Kraftwerke	45
9. Verbrauchsstrukturen.....	46
10. Regionalisierung	51
11. Schlussfolgerungen & Ausblick.....	56
12. Kartenverzeichnis.....	57
V. Literaturverzeichnis.....	60

I. Kurzfassung

Die Energieversorgung Österreichs ist heute weitgehend überregional organisiert, wobei der hohe Anteil an Wasserkraft zu einer vergleichsweise günstigen Situation aus Sicht der Optimierung des Einsatzes erneuerbarer Energiequellen beiträgt. Das rechtlich verbindliche Kyotoziel der Reduktion von Treibhausgasemissionen ist jedoch vor dem Hintergrund eines steigenden Energiebedarfs und eines weiterhin von fossilen Energieträgern dominierten Kraftwerksparks nur schwer zu erreichen.

Der Einsatz erneuerbarer Energieträger ist vorrangig im lokal-kleinräumigen Bedarfsumfeld möglich, da Großanlagen wirtschaftlich und technisch durch Ressourcenbegrenzung und mangelnde öffentliche Akzeptanz kaum realisierbar sind. Damit tritt eine vorwiegend regional organisierte, autarke Energieversorgung als Zieldimension in den Mittelpunkt, wobei der Ausgleich der stark schwankenden Produktionspotenziale erneuerbarer Energieträger möglichst innerhalb der Region erfolgen soll.

Das gegenständliche Projekt orientiert sich an einem klaren Zielkatalog, der anhand eines exemplarischen Untersuchungsgebiets (Salzach–Saalach Gebiet) bearbeitet wurde:

1. Definition und Beschreibung des Testgebiets (Salzburg/Bayern – hydrologisches Einzugsgebiet der Flüsse Saalach und Salzach) mit Erfassung der Ausgangslage
2. Konzeption und Entwicklung räumlicher Modelle zur Abschätzung der theoretischen Erzeugungspotenziale für die erneuerbaren Energieträger Biomasse, Photovoltaik, Wasserkraft und Windkraft
3. Weiterentwicklung der Modelle unter Einbeziehung von einschränkenden Faktoren zur Ableitung des effektiven Erzeugungspotenzials für diese Energieträger
4. Konzeption und Entwicklung von räumlichen Indikatoren zur Bewertung von nachhaltig autarken Regionen aus der Kombination der „virtuellen Kraftwerke“ mit der regionalen Stromverbrauchsstruktur
5. Entwicklung übertragbarer Modelle auf Basis der Ergebnisse im definierten Testgebiet und Aufbereitung der Ergebnisse für strategische Konzepte als Beitrag zur Entscheidungsfindung und -unterstützung für Investitionsprogramme

Die zugrunde liegenden Modelle sind transparent und nachvollziehbar, und es ist möglich, sie auf andere Untersuchungsgebiete zu übertragen, da allgemein verfügbare Daten zur Modellierung verwendet werden. Ebenfalls können weitere Energieträger in die Untersuchung miteinbezogen, oder einzelne Energieträger besonders detailliert untersucht werden. Ein zusätzlicher Vorteil der Modelle ist ihre Skalierbarkeit, denn es können kleine Gebiete (z. B. Gemeinden) im Detail, oder große Gebiete (z. B. Europa) im Überblick untersucht werden.

Die Ergebnisse des Projekts illustrieren durch die Bildung autarker Regionen den Wert und die strukturellen Optionen einer regional organisierten Energieversorgung, unter besonderer Berücksichtigung erneuerbarer Energieträger, und bieten mit der ergänzenden, geografischen Perspektive der *Geobrille* ein unterstützendes Instrument zur Entscheidungsfindung.

II. Zusammenfassung

Geografische Methoden für die Kombination erneuerbarer Energieträger zu virtuellen Kraftwerken und Entwicklung nachhaltig autarker Regionen im Sinne der Energie- und CO₂-Bilanz

Projektdurchführung und Forschungspartner

Das Projekt wurde vom Research Studio iSPACE der ARC Seibersdorf GmbH durchgeführt. Es entstand im Rahmen der Initiative „Energiesysteme der Zukunft“ des österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Wirtschafts- und Forschungspartner waren die Salzburg AG, die Verbundplan und das Forschungszentrum Z_GIS der Universität Salzburg.

Projekthintergrund

Das Streben nach einer gesicherten, effizienten und umweltbewussten Energieversorgung zur Bereitstellung von notwendigen Dienstleistungen und Produkten ist für eine nachhaltige Wirtschaftsweise von entscheidender Bedeutung. Der weiterhin steigende Energiebedarf steht Herausforderungen wie dem Umwelt- und Klimaschutz, der Preisentwicklung (fossiler) Primärenergieträger, der unklaren Zukunft der Atomenergie etc. gegenüber, die es künftig zu bewältigen gilt. Deshalb ist der Ausbau erneuerbarer Energiesysteme, trotz der damit verbundenen hohen Kosten, zu fördern.

Projektziel

Mit diesem Projekt sollen durch die *Geobrille* ergänzende, geografische Perspektiven für Entscheidungsträger angeboten werden. Dazu ist die Entwicklung von transparenten und nachvollziehbaren Modellen und Verfahren entscheidend. Weitere Ziele sind, die Übertragbarkeit der entwickelten Modelle durch die Verwendung von allgemein verfügbaren Daten zu garantieren und sie im Sinne eines „GeoZooms“ skalierbar zu gestalten.

Projektrahmen

Das Forschungsstudio iSPACE stellt sich in diesem Projekt die Aufgabe, mit analytischen Methoden der Geoinformatik die theoretischen und effektiven Potenziale zur Elektrizitätserzeugung aus den erneuerbaren Energieträgern Biomasse, Photovoltaik, Wasserkraft und Windkraft innerhalb eines exemplarischen Untersuchungsgebiets räumlich zu ermitteln. Ziel des Projekts ist es, durch die Kombination der Energiepotenziale der einzelnen erneuerbaren Energieträger zu virtuellen Kraftwerken und deren Korrelation mit der Strombedarfsstruktur, in sich energetisch möglichst autarke Regionen zu modellieren.

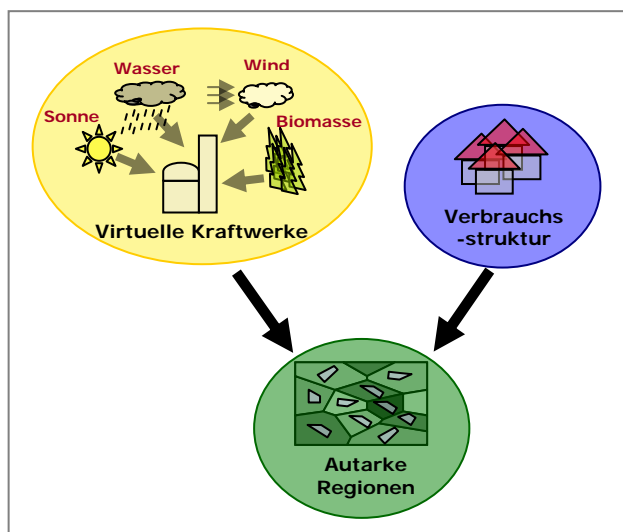


Abbildung 1: Projektrahmen

Projektumfang

Das Projekt orientiert sich an einem klaren Zielkatalog, der für ein definiertes Testgebiet exemplarisch ausgearbeitet wird:

1. Definition und Beschreibung des Testgebiets (Salzburg/Bayern – hydrologisches Einzugsgebiet der Flüsse Saalach und Salzach) mit Erfassung der Ausgangslage
2. Konzeption und Entwicklung räumlicher Modelle zur Abschätzung der theoretischen Erzeugungspotenziale für die erneuerbaren Energieträger Biomasse, Photovoltaik, Wasserkraft und Windkraft
3. Weiterentwicklung der Modelle unter Einbeziehung von einschränkenden Faktoren zur Ableitung des effektiven Erzeugungspotenzials für diese Energieträger
4. Konzeption und Entwicklung von räumlichen Indikatoren zur Bewertung von nachhaltig autarken Regionen aus der Kombination der „virtuellen Kraftwerke“ mit der regionalen Stromverbrauchsstruktur
5. Entwicklung übertragbarer Modelle auf Basis der Ergebnisse im definierten Testgebiet und Aufbereitung der Ergebnisse für strategische Konzepte als Beitrag zur Entscheidungsfindung und -unterstützung für Investitionsprogramme

Projektkurzdarstellung

Entwicklung und Evaluierung eines räumlichen Modells zur Abbildung von regionalen Energiepotenzialen und Verbrauchsstrukturen zur Entwicklung nachhaltig autarker Regionen im Sinne der Energie- und CO₂-Bilanz.

Virtuelle Kraftwerke – theoretisches Potenzial

Für die erneuerbaren Energieträger Biomasse, Photovoltaik, Wasserkraft und Windkraft werden in einem ersten Schritt räumliche (explizit georeferenzierte) Modelle zur Ermittlung und Abbildung des theoretischen Energiepotenzials der Testregion entwickelt.

Beispiel: Modellansatz Wasserkraft

Das Modell zur Abschätzung des theoretischen Wasserkraftpotenzials stützt sich auf eine räumlich aufgelöste Betrachtung des Niederschlags sowie der zugrunde liegenden Topografie. Die zeitlich aufgelöste Betrachtung beschränkt sich auf kumulierte Saison- und Jahreswerte sowie saisonal bedingte Spitzenwerte. Über ein Höhenmodell und eine räumlich aufgelöste Niederschlagsverteilung werden die Gravitationspotenziale von kumulierten Abflussmengen über Geländestufen errechnet. Die daraus resultierende Potenzialkarte gibt eine erste Näherung des möglichen Ertrags einer flächendeckenden Laufwasserkraftnutzung wieder.

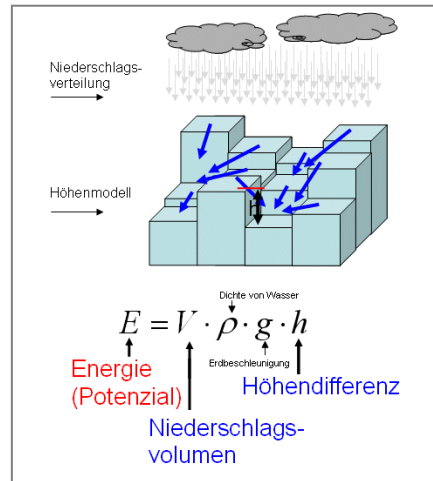


Abbildung 2: Modellierung des Wasserkraftpotenzials

Virtuelle Kraftwerke – effektives Potenzial

Durch die Berücksichtigung von einschränkenden Faktoren wird das theoretische auf das effektive Energiepotenzial reduziert. Die einschränkenden Faktoren sind für jeden Energieträger einzeln zu erarbeiten, wobei die Bandbreite hier von Faktoren der Landnutzung, der Landwirtschaft oder des Tourismus, über Themen des Natur- und Landschaftsschutzes, bis hin zu topografisch bedingten Faktoren reicht. Dabei sind insbesondere temporale Ausgleichs- und systemische Wechselwirkungen sowie unterschiedliche Erzeugungscharakteristika zu berücksichtigen. Die Bewertung der Faktoren unterliegt einem breiten Änderungsspielraum und erfordert im Anwendungsfall jeweils eine politische und fachwissenschaftliche Beurteilung.

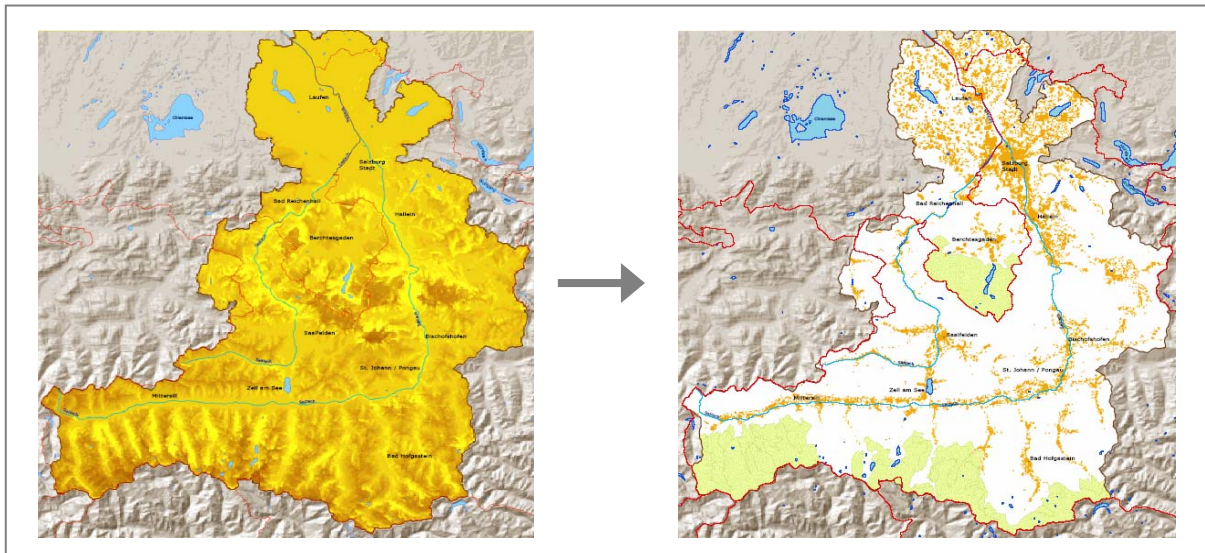


Abbildung 3: Reduktion des theoretischen auf das effektive Photovoltaikpotenzial im Sommerhalbjahr

Grundlage für die Modellierung der Potenziale zur Stromgewinnung aus erneuerbaren Energieträgern ist die räumliche Erfassung des Untersuchungsgebiets und somit die Beschreibung der:

- physisch-geografischen Situation
(Geländeform, Bodenbedeckung, Hydrogeografie, Geologie etc.)
- energetischen Situation
(Verteilnetz, Kraftwerksstandorte)

Aufgrund der saisonalen Unterschiede in der Verfügbarkeit der erneuerbaren Energieträger, erfolgt die Abschätzung der Potenziale für:

- das hydrologische Sommerhalbjahr
- das hydrologische Winterhalbjahr
- das Gesamtjahr

Die Summe des effektiven Energiepotenzials der einzelnen erneuerbaren Energieträger ist die Grundlage für die Bildung virtueller Kraftwerke.

Energiepotenziale in GWh						
	Theoretisch			Effektiv		
	pro Jahr	pro Sommerhalbjahr	pro Winterhalbjahr	pro Jahr	pro Sommerhalbjahr	pro Winterhalbjahr
Biomasse	11.189	5.594	5.594	1.725	862	862
Photovoltaik	149.283	118.840	30.314	2.524	1.995	527
Wasserkraft	16.064	9.755	6.333	13.890	8.393	5.522
Windkraft	44.897	24.693	20.204	5.574	3.066	2.508
gesamt	221.433	158.882	62.445	23.713	14.316	9.419

Abbildung 4: Theoretisch und effektiv nutzbares elektrisches Potenzial im Untersuchungsgebiet

Verbrauchsstrukturen

In einem weiteren Schritt wird ein Indikatorenset entwickelt, um die regional spezifischen Stromverbrauchsstrukturen räumlich zu modellieren. Auf diese Weise wird ein integriertes räumliches Bedarfsmodell ausgearbeitet, das folgende Bereiche berücksichtigt:

- die Haushalte / Wohnungen
- den primären Wirtschaftssektor
- den sekundären Wirtschaftssektor
- den tertiären Wirtschaftssektor

Grundlage für die Modellierung der Stromverbrauchsstruktur ist die räumliche Erfassung des Untersuchungsgebiets und somit die Beschreibung der humangeografischen Situation, wie beispielsweise der Bevölkerung, Haushalte und Arbeitsstätten.

Stromverbrauch aller Verbraucher für das gesamte Untersuchungsgebiet in GWh			
	pro Jahr	pro Sommer- halbjahr	pro Winter- halbjahr
Haushalte	1.085	484	601
Wirtschaftssektoren:			
Sektor 1	294	139	155
Sektor 2	1.399	704	695
Sektor 3	1.228	602	626
gesamt	4.006	1.929	2.077

Abbildung 5: Modellierter Stromverbrauch für Haushalte und Wirtschaftssektoren

Autarke Regionen

Aus der Kombination der Erzeugungspotenziale zu virtuellen Kraftwerken und deren Gegenüberstellung mit der entsprechenden Verbrauchsstruktur ergibt sich ein Bilanzraster, der den Energieüberschuss und -mangel pro Rasterzelle darstellt.

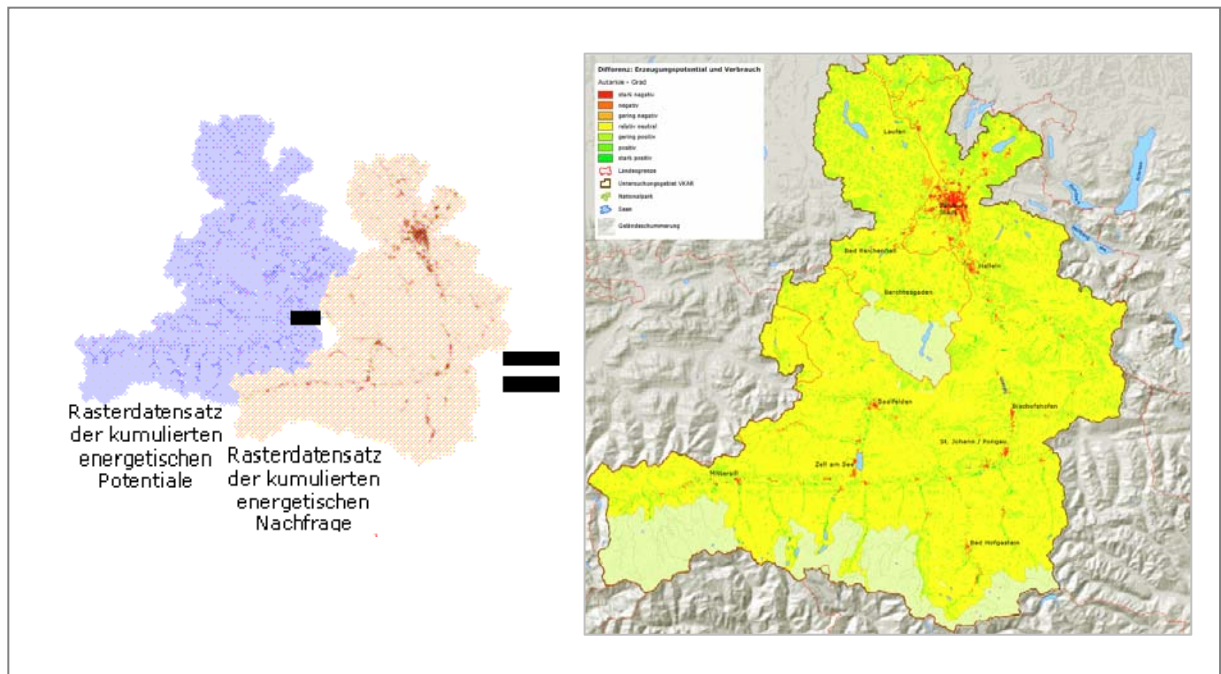


Abbildung 6: Bilanzraster

Dieser Bilanzraster dient als Ausgangspunkt für jegliche Modellierung autarker Regionen und ermöglicht eine räumlich differenzierte Betrachtung, also eine Regionalisierung der Erzeugungs- und Verbrauchspotenziale. Somit können Regionen modelliert werden, die, unter Ausnutzung der verfügbaren erneuerbaren Energiepotenziale, hinsichtlich ihrer Energiebilanz mög-

lichst autark sind. Zielkriterien sind maximale interne Autarkie und minimaler externer Ergänzungsbedarf in jeder resultierenden Region. Der Ausgleich stark schwankender Erzeugungspotenziale soll dementsprechend innerhalb derselben Region erfolgen.

Autarke Regionen werden mit zwei Lösungsansätzen modelliert:

- Regionalisierung durch lineare Optimierung: hier bilden sich autarke Regionen unter der Bedingung, den Energieaustausch und die damit verbundenen Kosten zu minimieren
- Regionalisierung durch Siedlungsallokation; hier bilden sich autarke Regionen durch einen Wachstumslogarithmus um die als Startpolygone definierten Siedlungen

Schlussfolgerung

Die Stärke des Projekts liegt in der räumlichen Modellierung der Energiepotenziale und -verbrauchsstrukturen und deren überschaubarer Darstellung in geografischen Karten. Es wird ermittelt, wo wie viel Energie produziert werden könnte, und wo wie viel Energie verbraucht wird. Durch die Gegenüberstellung der Produktionspotenziale und der Verbrauchstrukturen wird festgestellt, wo ein Energieüberschuss bzw. ein Energiemangel besteht. Dies ist die Grundlage für die Bildung möglichst autarker Regionen.

Die zugrunde liegenden Modelle sind transparent und nachvollziehbar und es ist möglich, sie auf andere Untersuchungsgebiete zu übertragen, da allgemein verfügbare und für den europäischen Raum standardisierte Daten zur Modellierung verwendet werden. Ebenfalls können weitere Energieträger in die Untersuchung miteinbezogen, oder einzelne Energieträger besonders detailliert untersucht werden. Ein zusätzlicher Vorteil der Modelle ist ihre Skalierbarkeit, denn es können kleine Gebiete (z. B. Gemeinden) im Detail, oder große Gebiete (z. B. Europa) im Überblick untersucht werden.

Die Ergebnisse des Projekts illustrieren durch die Bildung autarker Regionen den Wert und die strukturellen Optionen einer regional organisierten Energieversorgung, unter besonderer Berücksichtigung erneuerbarer Energieträger, und bieten mit der ergänzenden, geografischen Perspektive der *Geobrille* ein unterstützendes Instrument zur Entscheidungsfindung.

III. Abstract

Austria's national energy supply is primarily organised on a trans-regional level. A large amount of hydroelectric power contributes to a comparatively positive situation regarding renewable energy sources. Even so, it will be difficult to meet the legally binding emission target of the Kyoto Protocol, due to a rising energy demand and an energy production that remains dominated by fossil fuels. Renewable energy sources are primarily used to meet demand on a local level, as their large-scale exploitation is limited by economic and technical constraints as well as by resource availability.

The purpose of this project is to develop a mainly regional organised energy supply system with a high degree of internal energy self-sustenance. The highly variable production potential of renewable energy sources should potentially be compensated within one region.

The present project adopted a clearly defined catalogue of objectives, which was accomplished within a specified test region:

1. Definition and description of the test region Salzburg / Berchtesgarden (watershed of the rivers Salzach and Saalach) and assessment of the current situation
2. Development of GIS-based strategies and methods for a geographically based, highly resolved estimation of the theoretical energy potential of biomass, hydro power, solar power and wind power
3. Comparison of these theoretical potentials to the effectively available energy potentials of renewable sources, considering social, ecological and technical constraints
4. Development of spatial indicators to delineate areas that meet the condition of internal self-sustenance by combining virtual power plants and the energy consumption structure in the test region
5. Development of transferable models based on the results in the test region and conceptual preparation of the results to offer a strategic decision support tool

The opportunity to create energy self-sustaining regions based on the optimal combination of different renewable energy potentials into virtual power plants and their correlation with the relative energy demand structure offers a distinctive perspective for decision makers.

The present project results underline the value and structural advantage of organising a balanced, multi-source energy supply on a regional scale, focusing on renewable energy sources. Through the complementary geographic perspective they provide a valuable concept and decision support tool to promote policies and influence relevant legislative, regulatory and institutional frameworks for achieving the commitment to the Kyoto Protocol.

IV. Summary

Geographic methods for the combination of renewable energy sources to create “virtual power plants” and development of self-sustaining regions in terms of energy-balance and the Kyoto target.

Realisation and research partners

The project was carried out by the Research Studio iSPACE of the ARC Seibersdorf GmbH as part of the sustainable development impulse program “Energy Systems of Tomorrow” undertaken by the Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology. Project partners were the Salzburg AG, the Verbundplan GmbH and Z_GIS – Centre for Geoinformatics of the University of Salzburg.

Background

The quest for an assured, efficient and environmentally sound energy supply for the provision of indispensable services and products is of paramount importance for sustainable development. The constantly increasing energy demand will have to rise to the challenge of environmental problems, climate change, price fluctuation of (fossil) fuels and the uncertain future of nuclear power amongst other things. Therefore the expansion of renewable energy systems has to be promoted, despite their high costs.

Objective

The aim of this project is to offer additional perspectives for decision makers in this area by looking at well known problems through “geo-goggles”, through the essential development of transparent and comprehensible models and procedures. Further objectives are to ensure the models’ transferability and scalability by employing generally available data.

Scope

With this project, the Research Studio iSPACE will attempt to develop analytical methods for the measurement and mapping of theoretical and effective potentials of the renewable energy sources biomass, hydro power, solar power and wind power in a specified test region. The purpose of this project is to create self-sustaining regions based on the optimal combination of different renewable energy potentials into virtual power plants and their correlation with the relative energy demand structure.

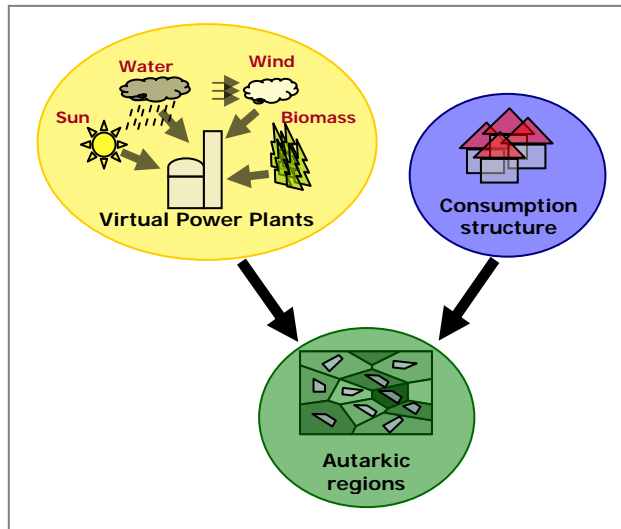


Figure 1: Project outline

Outline

The present project adopted a clearly defined catalogue of objectives, which was accomplished within a specified test region:

6. Definition and description of the test region Salzburg / Berchtesgarden (watershed of the rivers Salzach and Saalach) and assessment of the current situation
7. Development of GIS-based strategies and methods for a geographically based, large-scale estimation of the theoretical energy potential of biomass, hydro power, solar power and wind power
8. Reduction of these theoretical potentials to the effectively available energy potentials of renewable sources, considering social, ecological and technical constraints
9. Development of spatial indicators to delineate areas that meet the condition of internal self-sustenance by combining virtual power plants and the energy consumption structure in the test region
10. Development of transferable models based on the results in the test region and conceptual preparation of the results to offer a strategic decision support tool

Abstract

Development and evaluation of a spatial model for the mapping of regional energy potentials and consumption structures to form self-sustaining regions in terms of energy-balance and Kyoto target.

Virtual power plants – theoretical potential

At the outset, it is necessary to develop geo-referenced models that are able to estimate and map the theoretical energy potential of the renewable sources biomass, water power, solar power and wind power in the specified test region.

Example: approach for estimating water power potential

The model to estimate the theoretical water power potential is based on a spatial and temporal observation of the precipitation and topography in the test region, where the temporal element is limited to seasonal and annual average values and seasonal peaks. By the integration of an elevation model and the geographical distribution of precipitation, it is possible to calculate the gravity potentials of cumulated rain runoffs over different terrains. The outcome is a thematic map that allows a coarse estimation of the energy potential of water power in the region.

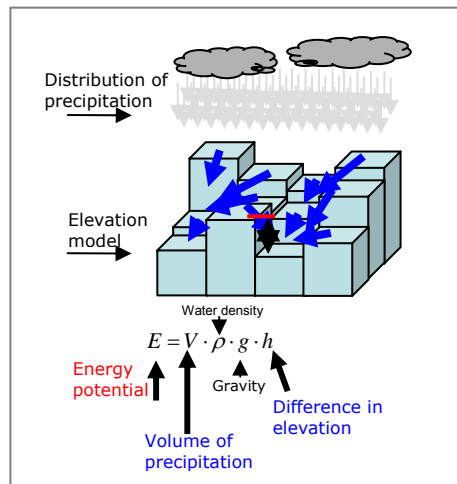


Figure 2: Modelling water power potential

Virtual power plants – effective potential

By the use of different constraints, the theoretical potential is reduced to the effectively available energy potential in the test region. These constraints range from issues of land use, agriculture or tourism to concerns of topographical limitations or nature and landscape conservation. In this context it is important to consider the relationship and compensation between alternate energy sources to counter temporal fluctuation, as well as their specific production characteristics. Because of this variety, the constraints have to be specified for each renewable energy source which requires a political and scientific assessment.

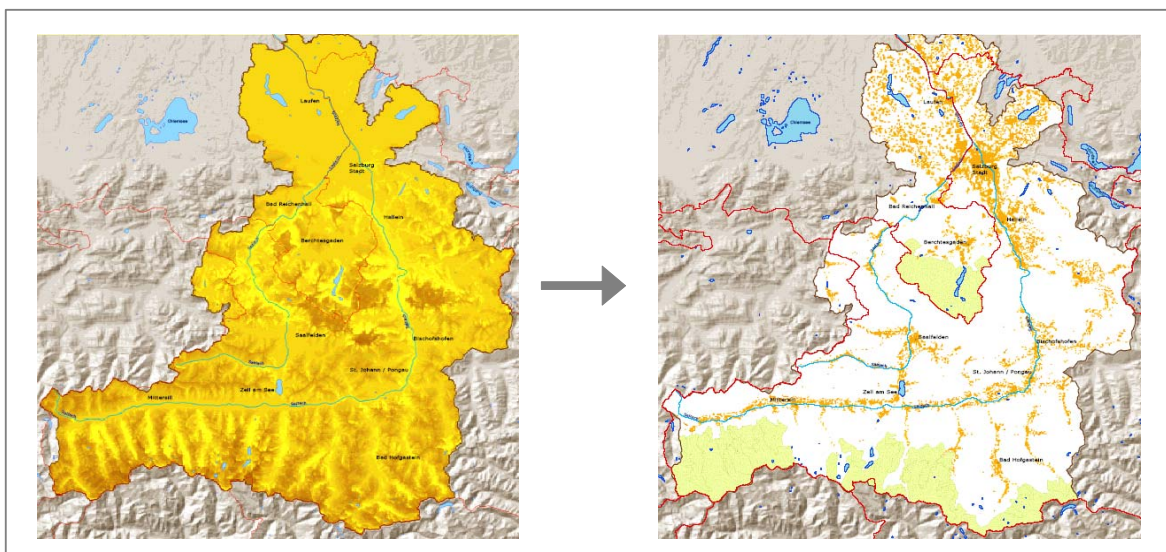


Figure 3: Reduction of theoretical solar power potential to effective solar power potential of the hydrological summer period

The modelling of renewable energy potentials is based on the spatial analysis of the test region and requires the description of:

- the physical-geographical situation
(topography, land cover, hydrography, geology etc.)
- the energy situation
(distribution network, location of power plants)

Because of significant seasonal differences in the availability of renewable energy sources, regional potentials are estimated for:

- the hydrological summer period (MJJASO)
- the hydrological winter period (NDJFMA)
- the whole year

The sum of the effective potential of each renewable energy source is the basis for the creation of virtual power plants.

Energy Potentials in GWh						
	Theoretical			Effective		
	per year	per summer period	per winter period	per year	per summer period	per winter period
Biomass	11,189	5,594	5,594	1,725	862	862
Solar Power	149,283	118,840	30,314	2,524	1,995	527
Water Power	16,064	9,755	6,333	13,890	8,393	5,522
Wind Power	44,897	24,693	20,204	5,574	3,066	2,508
Total	221,433	158,882	62,445	23,713	14,316	9,419

Figure 4: Theoretical and effective energy potentials in the test regions

Consumption structure

In addition to the energy potentials, a set of indicators is developed to spatially describe the specific regional consumption structure of electric power. This leads to the mapping of an integrated power demand pattern for the following sectors:

- households
- primary sector
- secondary sector
- tertiary sector

The modelling of the energy demand structure is based on the spatial analysis of the test region and requires the description of the socio-demographic situation, including population, households and places of work.

Energy demand of all consumers in the test region in GWh			
	per year	per summer period	per winter period
Households	1,085	484	601
Economic Sectors:			
Sector 1	294	139	155
Sector 2	1,399	704	695
Sector 3	1,228	602	626
Total	4,006	1,929	2,077

Figure 5: Energy demand of households and economic sectors

Self-sustaining regions

The combination of energy potentials into virtual power plants and their comparison with the relative energy consumption structure results in a “balance grid” that represents the energy excess or shortage in every cell of the grid.

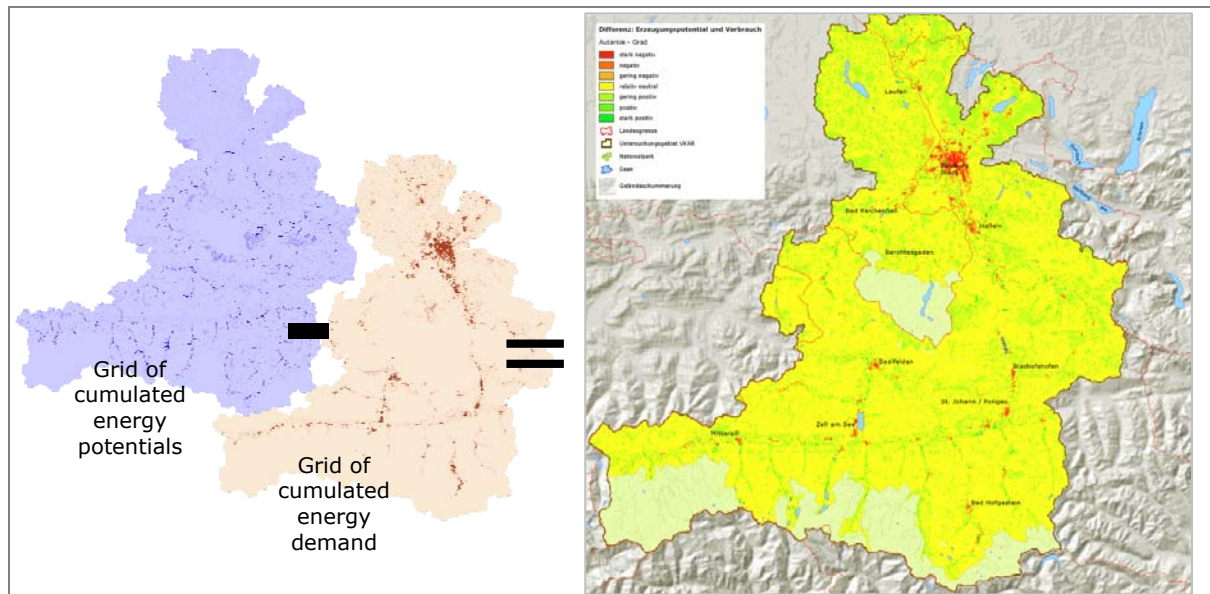


Figure 4: Balance grid

This balance grid is the basis for every modelling of self-sustaining regions and allows a differentiated geographical consideration of energy production and consumption potentials. It makes possible to delineate regions that have a high degree of self-sustenance in terms of energy balance when exploiting their available renewable potentials. Main objectives are to maximise the internal self-sustenance and minimise the need of external supply in every resulting region. The highly variable production potential of renewable energy sources should potentially be compensated within one region.

Self-sustaining regions are modelled using two different approaches:

- Regionalisation by linear optimisation
Self-sustaining regions are delineated on the condition to minimise the energy interchange and the relative costs
- Regionalisation by settlement allocation
Self-sustaining regions are delineated using a growth logarithm around the urban areas that were defined as seed polygons

The project results underline the value and structural advantage of organising a balanced, multi-source energy supply on a regional scale, focusing on renewable energy sources. Through the complementary geographic perspective, they provide a valuable concept and decision support tool to promote policies and influence relevant legislative, regulatory and institutional frameworks.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Anteil der erneuerbaren Energieträger an der Stromproduktion in Österreich im Jahr 2002 (Statistik Austria 2003)

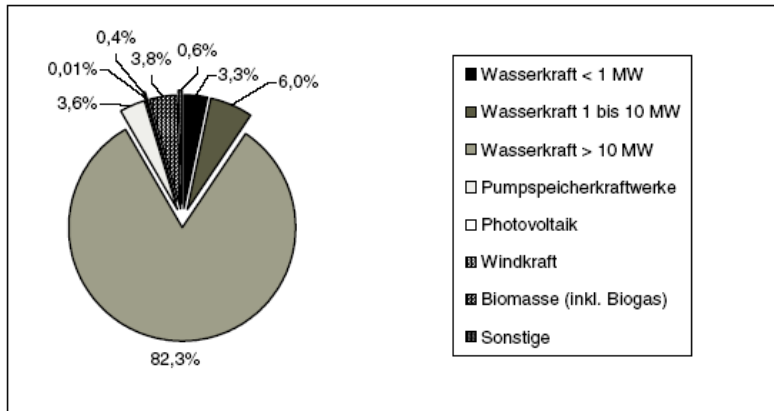
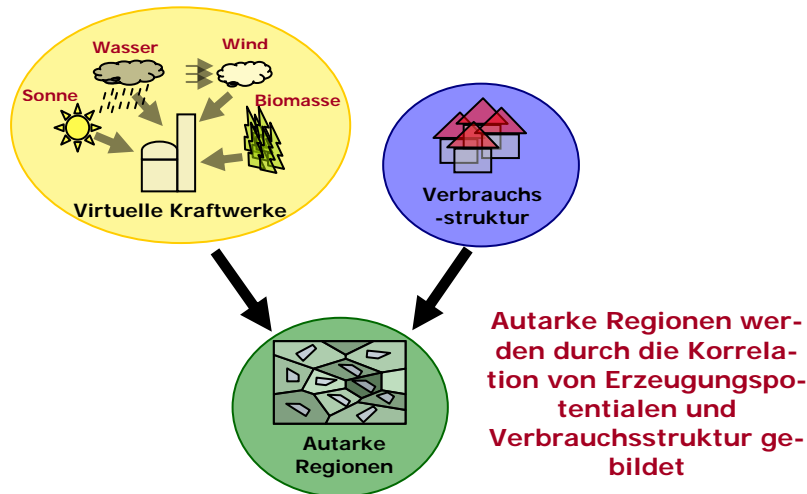


Abbildung 2: Projektrahmen



1. Einleitung

VKAR – Einleitung zum Projekt

Geografische Methoden für die Kombination erneuerbarer Energieträger zu virtuellen Kraftwerken und Entwicklung nachhaltig autarker Regionen im Sinne der Energie- und CO₂-Bilanz

Projekthintergrund

Das Streben nach einer gesicherten, effizienten und umweltbewussten Energieversorgung zur Bereitstellung von notwendigen Dienstleistungen und Produkten ist für eine nachhaltige Wirtschaftsweise von entscheidender Bedeutung. Der weiterhin steigende Energiebedarf steht Herausforderungen wie dem Umwelt- und Klimaschutz, der Preisentwicklung (fossiler) Primärenergieträger, der unklaren Zukunft der Atomenergie etc. gegenüber, die es künftig zu bewältigen gilt. Deshalb ist der Ausbau erneuerbarer Energiesysteme, trotz der damit verbundenen hohen Kosten, zu fördern.

Energieversorgung

Die Energieversorgung Österreichs ist heute weitgehend überregional organisiert, wobei der noch hohe Anteil an Wasserkraft zu der vergleichsweise günstigen Situation aus Sicht des Einsatzes erneuerbarer Energiequellen beiträgt. Fossile Energieträger haben zwei wesentliche Nachteile: sie sind nicht unendlich verfügbar und ihre Verbrennung erzeugt klimaschädliche Emissionen mit erheblichen Folgeschäden und -kosten.

Der Einsatz erneuerbarer Energieträger ist aufgrund technischer Gegebenheiten vorrangig im lokal-kleinräumigen Bedarfsumfeld möglich. Damit tritt eine vorwiegend dezentral organisierte, regionale Energieversorgung als Zieldimension in den Mittelpunkt. Der Ausgleich der stark schwankenden Produktionspotenziale erneuerbarer Energieträger sollte hierbei möglichst innerhalb derselben Region erfolgen.

Projektrahmen

Das Forschungsstudio iSPACE stellt sich die Aufgabe, mit analytischen Methoden der Geoinformatik die theoretischen und effektiven Potenziale zur Elektrizitätserzeugung aus den erneuerbaren Energieträgern Biomasse, Wasserkraft, Photovoltaik und Windkraft in einem exemplarischen Untersuchungsgebiet räumlich zu ermitteln. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, durch die Kombination der Energiepotenziale der einzelnen erneuerbaren Energieträger zu virtuellen Kraftwerken und deren Korrelation mit der Strombedarfsstruktur, in sich energetisch möglichst autarke Regionen zu modellieren.

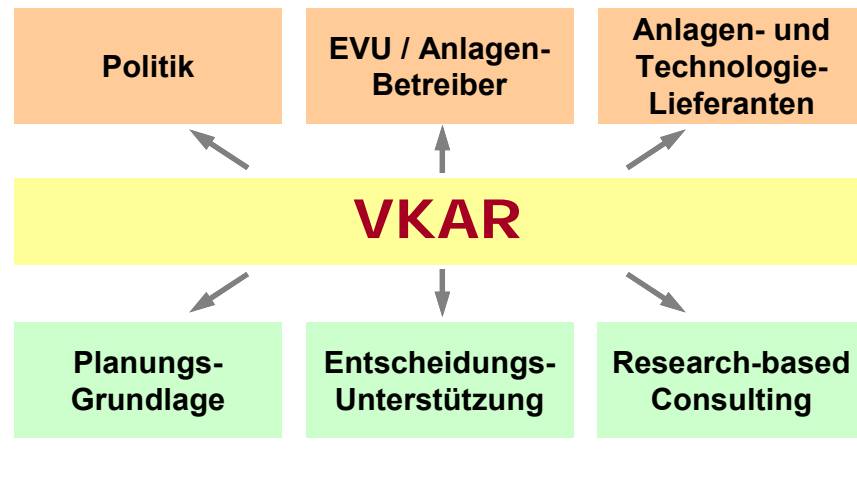
Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

2. Projektidee

Abb. 1: Eigenschaften von Energiesystemen der Zukunft und von VKAR

ENERGIESYSTEME DER ZUKUNFT	Virtuelle Kraftwerke für Autarke Regionen
<ul style="list-style-type: none"> Das Zusammenspiel der Bereitstellung und Nutzung unterschiedlicher Energieträger wird optimiert. Erneuerbare Energieträger – vorzugsweise regional verfügbar – werden zu einem möglichst hohen Anteil genutzt. Treibhausrelevante Emissionen sowie sonstige negative Umweltauswirkungen werden auf ein ökologisch und sozial verträgliches Mindestmaß reduziert. Dienst- bzw. Serviceleistungen werden intelligent, effizient, kostengünstig und zuverlässig zur Verfügung gestellt. Hochwertige Arbeitsplätze werden geschaffen, ein hoher Anteil an Wertschöpfung bleibt in der Region. 	<p>✓</p> <p>✓</p> <p>✓</p> <p>✓</p> <p>✓</p>

Abb. 2: Markt-, Verbreitungs- und Umsetzungspotenziale



Energiesysteme der Zukunft

Die Programmlinie „Energiesysteme der Zukunft“ fördert Konzepte zur Entwicklung eines energieeffizienten und flexiblen Energiesystems, das auf der Nutzung erneuerbarer Energieträger aufbaut.

Modelle mit räumlichem Bezug

Die Neuheit und somit der Mehrwert dieses Projekts liegt in der geografischen Analyse und Präsentation der Inhalte, was als ergänzendes Instrument zur Entscheidungsunterstützung und Kommunikation verwendet werden kann. Die entwickelten Modelle stellen Energiepotenziale und Stromverbrauchsstrukturen erstmalig in einen räumlichen Bezug. Übersichtliche Karten veranschaulichen:

- wo wie viel elektrische Energie aus erneuerbarer Energie potenziell produzierbar ist,
- wo wie viel elektrische Energie benötigt wird,
- wie man Bedarfsstrukturen und Erzeugungspotenziale mit minimalen Transportwegen der Energie kombinieren kann, um einen möglichst hohen Autarkiegrad der Regionen zu erreichen.

EdZ und der Beitrag von VKAR

Den Prinzipien und Zielen der Programmlinie entsprechend, liegt ein wesentliches Augenmerk des entwickelten Konzepts auf dem ergänzenden Zusammenspiel von erneuerbaren Energieträgern (= virtuelles Kraftwerk), um

eine dauerhafte Energieversorgung zu garantieren. Durch die Anwendung dieser neuen Technologien besteht die Möglichkeit der Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen. Die Verwendung von Biomasse als Energieträger verspricht vor allem in den stark bewaldeten Gebirgstälern auch die Einbeziehung des primären Wirtschaftssektors als Rohstofflieferant.

Der konzeptive Ansatz der „autarken Regionen“ entspricht einer regionalen Betrachtungsweise, und diese Gebiete stellen aufgrund ihrer neutralen Energie- und Emissionsbilanzen ein Energiesystem der Zukunft dar, das einen Beitrag zum Klimaschutz leistet und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise entspricht.

Zielgruppen

Wirtschaftliche Partner und Kontrollinstanzen aus der Energiewirtschaft waren die Kooperationspartner Salzburg AG und Verbundplan GmbH. Mit ihnen wurden regelmäßig Workshops abgehalten, um die Modellansätze und mögliche Umsetzungsperspektiven zu diskutieren. Ein wesentlicher Nutzen für diese Partner ergibt sich aus der verbesserten Planungsgrundlage für neue und ergänzende Kraftwerksprojekte. Weiters können resultierende Ergebnisse des Projekts einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Raum- und Entwicklungsplanung leisten.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

2. Projektidee

Abbildung 1: Räumliches Disaggregationsmodell

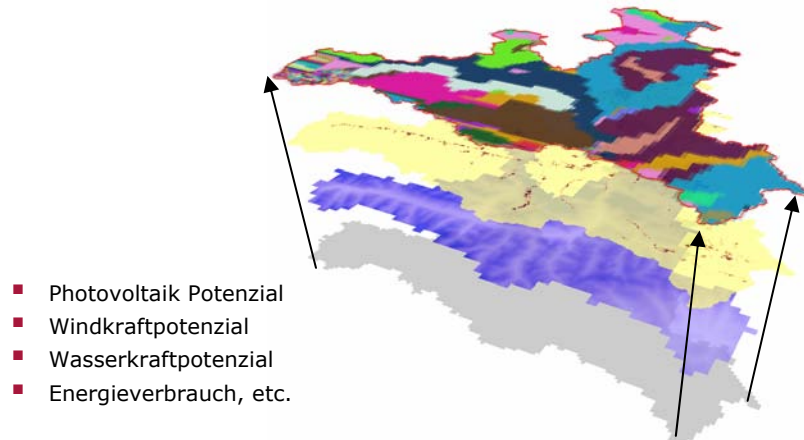
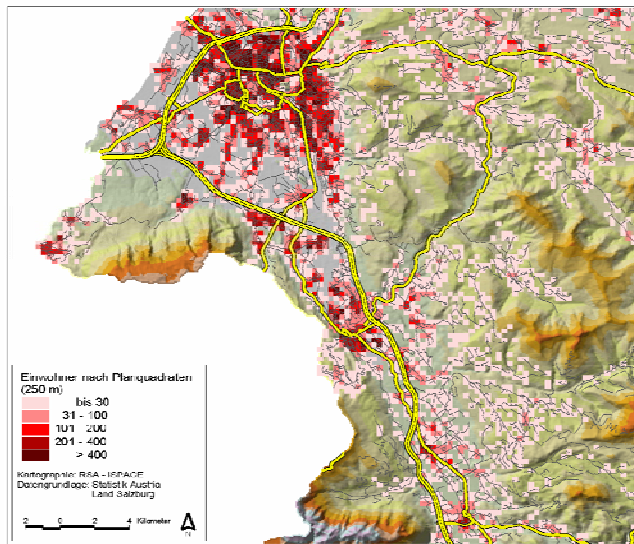


Abbildung 2: Verbrauchsstrukturen in Salzburg (z. B. Einwohner)



VKAR – Idee

Mit diesem Projekt sollen durch die „Geobrille“ ergänzende Perspektiven für Entscheidungsträger angeboten werden.

Virtuelle Kraftwerke

Für die erneuerbaren Energieträger Wasserkraft, Biomasse, Windenergie, Geothermie und Photovoltaik werden in einem ersten Schritt räumliche Modelle zur Ermittlung des theoretischen Energiepotenzials einer exemplarischen Region entwickelt. Durch die Berücksichtigung von einschränkenden Faktoren wird in einem zweiten Schritt das theoretische Potenzial auf das effektiv nutzbare Volumen reduziert. Die Ermittlung dieser einschränkenden Faktoren ist für jeden Energieträger zu erarbeiten, die Bandbreite reicht hier von Faktoren der Landnutzung, über Themen des Natur- und Landschaftsschutzes, bis hin zu topografisch bedingten Faktoren. „Virtuelle Kraftwerke“ werden durch die Kombination der gesamten effektiven Stromerzeugungspotenziale der erneuerbaren Energieträger gebildet. Dabei sind temporale Ausgleichs- und systemische Wechselwirkungen, sowie unterschiedliche Erzeugungscharakteristika zu berücksichtigen.

Autarke Regionen

Den Erzeugungspotenzialen werden in einem weiteren Schritt die regional spezifischen Stromverbrauchsstrukturen gegenübergestellt und zu einem

integrierten räumlichen Bedarfsmodell weiterentwickelt. Unter dem Zielkriterium von maximaler interner Autarkie und minimalem externen Ergänzungsbedarf werden anschließend Regionen gebildet, die unter Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Energie autark sind.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projekts illustrieren den Wert und die strukturellen Optionen einer regional organisierten Energieversorgung, unter besonderer Berücksichtigung erneuerbarer Energieträger, und bieten mit der ergänzenden, geografischen Perspektive ein unterstützendes Instrument zur Entscheidungsfindung.

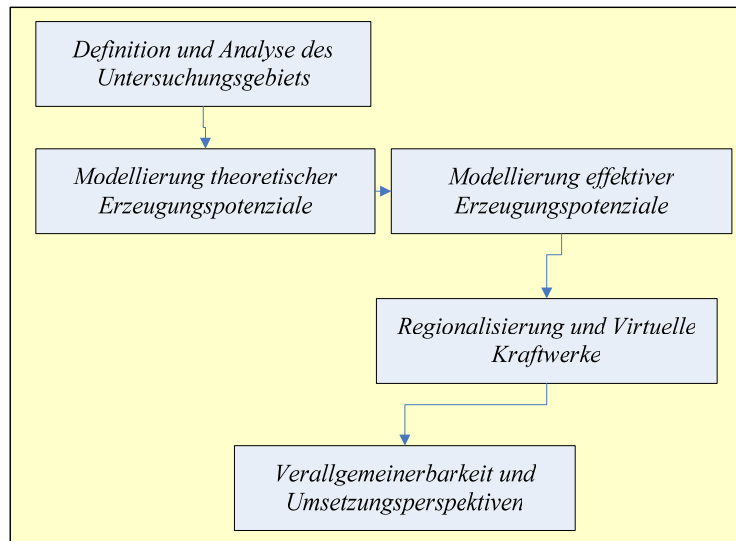
VKAR in Zukunft

Die entwickelten räumlichen Indikatoren und Modelle bieten die Grundlage für die Weiterentwicklung des systemwissenschaftlichen Ansatzes. Die zugrunde liegenden Modelle sind transparent und nachvollziehbar und es ist möglich, sie auf andere Untersuchungsgebiete zu übertragen. Ein wesentliches Ziel weiterführender Arbeiten sollte die Einbeziehung des Faktors Wärme in die energetische Potenzialabschätzung sein. Dies könnte im Rahmen der 2. Ausschreibung im Themenbereich „Konzepte zur Vorbereitung und Initiierung von Modellsystemen mit multifunktionalen Energiezentren“ erfolgen.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

3. Projektaufbau

Gliederung des Projekts VKAR in die Arbeitsphasen



1. *Definition und Beschreibung des Untersuchungsgebiets Salzburg / Berchtesgaden; mit Erfassung der Ausgangslage*
2. *Konzeption und Entwicklung der explizit räumlichen Modelle zur Abschätzung der theoretischen Erzeugungspotenziale für die erneuerbaren Energieträger Wasserkraft, Windenergie, Photovoltaik und Biomasse*
3. *Weiterentwicklung der Modelle unter Einbeziehung von limitierenden Faktoren zur Ableitung des effektiv nutzbaren Erzeugungspotenzials für diese Energieträger*
4. *Konzeption und Entwicklung von räumlichen Indikatoren zur Bewertung von nachhaltig autarken Regionen aus der Kombination „virtueller Kraftwerke“ und regionaler Energieverbrauchsstrukturen*
5. *Entwicklung übertragbarer Modelle auf Basis der Ergebnisse im definierten Untersuchungsgebiet und Aufbereitung der Ergebnisse für strategische Konzepte als Beitrag zur Entscheidungsfindung und Unterstützung für Investitionsprogramme.*

VKAR – Aufbau

Das gegenständliche Projekt orientiert sich an einem klaren Zielkatalog, der anhand eines exemplarischen Untersuchungsgebiets (Salzach–Saalach Gebiet) bearbeitet wird.

Phase 1:

Räumliche Erfassung des Untersuchungsgebiets mit der Eingrenzung des Testgebiets auf das Einzugsgebiet von Saalach und Salzach, sowie der Identifikation der Grundlagen zur Beschreibung der:

- physisch-geografischen Situation (Geländeform, Bodenbedeckung, Hydrogeografie, Geologie, etc.)
- humangeografischen Situation (z. B. Bevölkerung, Haushalte, Arbeitsstätten)
- energetischen Situation (Verteilnetz, Kraftwerksstandorte)

Phase 2:

Modellierung der theoretischen erneuerbaren Energiepotenziale zur Stromgewinnung. Der Schwerpunkt liegt hierbei in der Entwicklung wieder verwendbarer geografischer Modelle zur Abbildung der Potenziale für Biomasse, Wasserkraft, Photovoltaik und Wind.

Phase 3:

Reduktion der theoretischen auf die effektiven Energiepotenziale, unter Einbeziehung von Hemmnisfaktoren wie Infrastruktur, Landnutzung und Topografie.

Phase 4:

Entwicklung von Indikatoren zur räumlich hoch aufgelösten Darstellung der Verbrauchsstrukturen für Haushalte sowie den primären, sekundären und tertiären Wirtschaftssektor. Kombination der Verbrauchsstrukturen und Erzeugungspotenziale zu virtuellen Kraftwerken und Modellierung von energetisch autarken Regionen.

Phase 5:

Qualitätssicherung und Entwicklung von semi-automatischen Modellen zur Prozessierung der energetischen Potenziale und Verbrauchsstrukturen und die Verallgemeinerung auf überregional vorhandene geografische Basisdatensätze. Ausblick auf die Überführung des Modellansatzes auf andere Zielregionen.

References

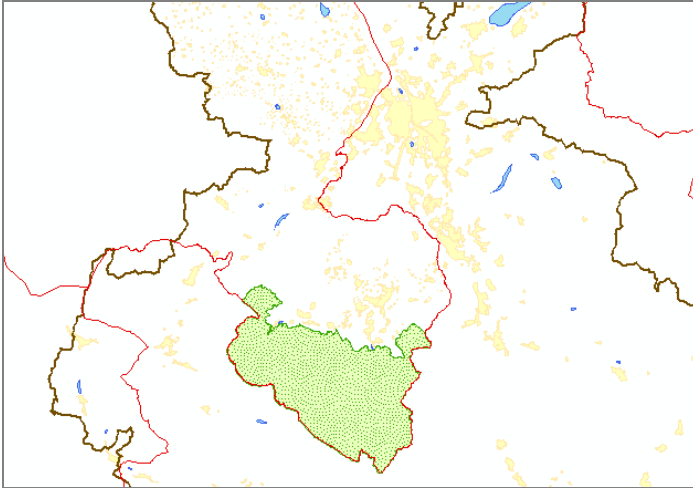
Erneuerbare Energie in Österreich (2002)

Management Summary

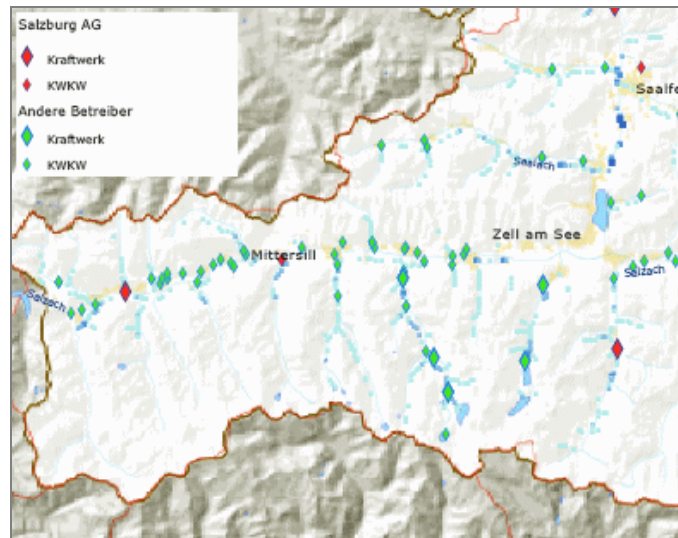
Im Mittelpunkt steht die Entwicklung von explizit räumlichen Modellen zur Abschätzung der theoretischen und effektiven Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energieträgern und deren Kombination zu „virtuellen Kraftwerken“. Unter Berücksichtigung bestehender Verbrauchsstrukturen werden energetisch autarke Regionen gebildet. Zum Abschluss wird die Verallgemeinerbarkeit der Modelle überprüft.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Beispiel: Landnutzung Nationalpark (grün) und Siedlungsflächen (gelb) im Salzburger Zentralraum



Beispiel: Infrastruktur Kraftwerke Region Pinzgau



4. Datengrundlagen

VKAR – Datengrundlagen

Im folgenden Abschnitt werden die den Analysen zugrunde liegenden Datensätze vorgestellt und in ihrer Anwendung beschrieben.

Die verwendeten Datengrundlagen finden Verwendung in der Modellierung der theoretischen energetischen Potenziale sowie der Modellierung der Hemmnisfaktoren und der Bewertung der Absatzstrukturen. Die Datensätze bilden in unterschiedlicher Kombination räumliche Indikatoren für die Analyse und Modellierung autarker Regionen auf Basis virtueller Kraftwerke.

Datengrundlagen Nachfragestrukturen

Die Zusammenfassungen beschreiben die verwendeten Datengrundlagen und deren Aufbereitung für die räumliche Aggregation mit den Bereichen

- Allgemeine Nachfragestrukturen
- Wirtschaftsstatistische Systematiken (ÖNACE)
- Regionalstatistik

Einen wesentlichen Schwerpunkt zur Aufbereitung dieser Statistik stellt die räumliche Disaggregation dar, ein geografisches Hilfsmittel zur Verfeinerung und Homogenisierung unterschiedlicher statistischer Informationsgrundlagen.

Datengrundlagen Topografie und Landnutzung

Die Beschreibung von Topografie, Landnutzung und Infrastruktur zur Modellierung der energetischen Strompotenziale erfolgt mittels geografischer Datengrundlagen über

- Geländeform
- Landnutzung
- Hydrografie
- Geologie
- Satellitenauswertung
- Siedlungsraum
- Energetische Infrastruktur (Kraftwerke, Spannungsnetz)
- Transportinfrastruktur (Straßen)
- Transportinfrastruktur (Strom)

Management Summary

Übersicht über die für die Ermittlung der Virtuellen Kraftwerke für autarken Regionen notwendigen Datengrundlagen für die Bereiche:

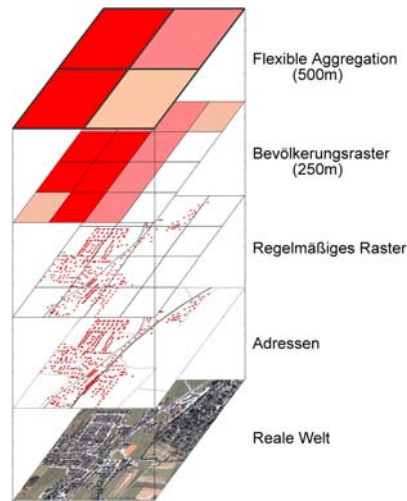
- Nachfragestrukturen
- Topografie / Landnutzung

sowie Diskussion der räumlichen Disaggregation und Harmonisierung inhomogener statistischer Grundlagen.

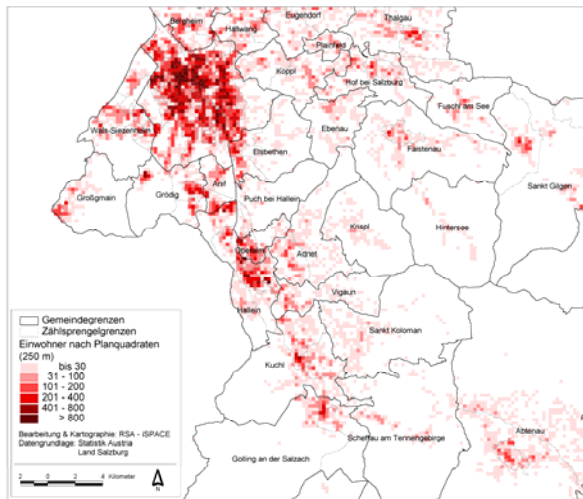
Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

4. Datengrundlagen

Flexible Aggregation regionalstatistischer Information



Einwohner mit Hauptwohnsitz je 250 m Raster



VKAR – Nachfragestrukturen

Geografische Methoden für die Modellierung des räumlichen Energie-Nachfragepotenzials durch Multiplikation räumlicher Strukturinformation mit synthetischen Standardlastgängen.

Regionalstatistische demografische und wirtschaftsstatistische Informationen werden als Grundlage für planerische Arbeiten, Energienachfragemodellierungen und weitere Infrastruktur-Marktanalysen benötigt.

Adresspunktbezogene Daten können u. a. aus datenschutzrechtlichen Gründen häufig nicht eingesetzt werden, sodass Aggregate auf bauliche (Blöcke), administrative und auch geometrische Bezugsflächen (Raster) in der Praxis als Alternativen zur Verfügung stehen. Eine flexible und anwendungsorientierte rasterbasierte Bereitstellung von Strukturinformation gewinnt zunehmend an Bedeutung. Als Grundlage für die kleinräumige Modellierung von Nachfragestrukturen werden Strukturinformationen der öffentlichen Statistik zur Anzahl der zu versorgenden Kunden (z. B. Einwohnerdichte, Haushaltungsdichte, Arbeitsstätten) sowie weiterführende Merkmale zur Segmentierung (z. B. ÖNACE Klassifikation) integriert. Die amtlich-statistischen Daten stammen aus der Großzählung 2001 (Volks-, Gebäude- Wohnungs-, Arbeitsstättenzählung).

Für die hoch auflösende Modellierung von Verbrauchs- bzw. Nachfragerstrukturen erfolgt die räumliche Integration folgender Datengrundlagen:

turen erfolgt die räumliche Integration folgender Datengrundlagen:

- Einwohner mit Hauptwohnsitz (2001)
- Anzahl der Haushalte (2001)
- Anzahl der Beschäftigten (2001)

Durch die Kombination der Information räumlich hoch aufgelöster Haushalts- und Wirtschaftsstatistiken mit synthetischen Standardlastgängen wird ein räumlich und zeitlich differenziertes Energie-Nachfrageraster generiert. Darauf aufbauend erfolgt die Skalierung des modelltechnisch generierten Nachfragerasters mit einer Gegenüberstellung des tatsächlichen Absatzes im Versorgungsgebiet der Salzburg AG.

References

- Erneuerbare Energie in Österreich (2002)
- Flexible Aggregation regionalstatistischer Erhebungen (2004)
- Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Im Rahmen dieses gegenständlichen Forschungsprojekts erfolgt die Entwicklung von räumlichen Strategien und Methoden zur räumlich hoch auflösenden Abbildung des Energie-Nachfragepotenzials. Mit Indikatorenbasierter Methodologie wird ein zusätzlicher Informationswert zur Modellierung der Bedarfsstruktur geschaffen.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

4. Datengrundlagen

Abbildung 1: Integriertes System der internationalen Klassifikation von Wirtschaftstätigkeiten



Abbildung 2: Struktur der ÖNACE 2003

Gliederungsebene	Anzahl	Codierung
Abschnitte	17	A - Q
Unterabschnitte	31	AA - QA
Abteilungen	62	01 - 99
Gruppen	224	01.1 - 99.0
Klassen	514	01.11 - 99.00
Unterklassen	722	01.11-00 - 99.00-00

Abbildung 3: ÖNACE 2003 Abschnitte nach Wirtschaftssektoren (Statistik Austria)

Abschnitt	Titel, Beschreibung	Wirtschaftssektor
A	Land- und Forstwirtschaft	Primär: Land- und Forstwirtschaft
B	Fischerei und Fischzucht	
C	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	Sekundär: Verarbeitendes Gewerbe und Industrie
D	Sachgütererzeugung	
E	Energie- und Wasserversorgung	
F	Bauwesen	
G	Handel; Instandhaltung u. Reparatur v. Kraftfahrzeugen u. Gebrauchsgütern	Tertiär: Dienstleistungen
H	Beherbergungs- und Gaststättenwesen	
I	Verkehr und Nachrichtenübermittlung	
J	Kredit- und Versicherungswesen	
K	Realitätenwesen, Vermietung bewegl. Sachen, Erbringung v. unternehmensbez. Dienstleistungen	
L	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	
M	Unterrichtswesen	
N	Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesen	
O	Erbringung v. sonst. öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen	
P	Private Haushalte	
Q	Exterritoriale Organisationen	

Wirtschaftsstatistische Systematiken – ÖNACE 2003

Österreichische Version der NACE Rev.1.11, der europäischen Wirtschaftstätigkeiten-Klassifikation gemäß Europäischer Kommissionsverordnung

Einführung

Klassifikationen statistischer Daten sind Voraussetzung für deren Aufbereitung und determinieren auch die Qualität der daraus abgeleiteten statistischen Informationen. Unterschiedliche Anforderungen an Statistiken bedingen aber auch unterschiedliche Klassifikationen, weshalb eine Fülle nationaler und internationaler wirtschaftsstatistischer Klassifikationsansätze vorhanden ist:

- Wirtschaftszweig- und Branchen-Systematiken
- Gütersystematiken

International vergleichbare Statistiken bedürfen jedoch neben der Anwendung einheitlicher Konzepte und Definitionen und deren Harmonisierung auch einer laufenden Revision (Anpassung und Aktualisierung). Eine derartige – etablierte – hierarchische Vorgehensweise stellt das System ISIC – NACE – ÖNACE bezüglich der Wirtschaftszweig- und Branchen-Systematiken dar. Die einzelnen Systematiken harmonisieren untereinander und sind auf weltweiter, auf europäischer und auf nationaler Ebene miteinander verknüpft.

Methodische Umsetzung

ÖNACE 2003 ist eine alle Wirtschaftstätigkeiten umfassende, hierarchisch strukturierte, statistische Klassifikation. Die Zuordnung einer Wirtschaftstätigkeit erfolgt nach dem hierarchischen Prinzip der Top-down Methode und gewährleistet dadurch Eindeutigkeit. Die Klassifizierung einer statistischen Einheit auf der untersten Klassifizierungsebene (den Unterklassen) muss mit der Einteilung dieser Einheit auf den höheren Gliederungsebenen kohärent sein. Aufgrund der systematischen und hierarchischen Aufgliederung der ÖNACE 2003 Klassifizierungsmethode können die Codes der ÖNACE 2003 – Abschnitte zu bspw. den oft gebräuchlichen Wirtschaftssektoren (primär, sekundär, tertiär) zusammengefasst werden.

References

Statistik Austria, 2003, Systematik der Wirtschaftstätigkeiten ÖNACE 2003

Management Summary

Basierend auf NACE 1.1 der europäischen Wirtschaftstätigkeiten-Klassifikation erfolgt durch die Statistik Austria die Einteilung nach Wirtschaftszweig und Branchen-Systematiken. Die Einteilung zu den häufig Verwendung findenden Grobklassifikationen Primär-, Sekundär- und Tertiärsektor erfolgt anhand der Zuordnung der ÖNACE Aufgliederungsebene „Abschnitte“ nach Wirtschaftssektoren.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Regionalstatistische Bezugsquellen

VKAR Österreich	Statistik Austria www.statistik.at
VKAR Bayern	Statistische Ämter des Bundes und der Länder GENESIS Bayern https://www.regionalstatistik.de

Abbildung 2: Anzahl der Beschäftigten pro Gemeinde (2001)

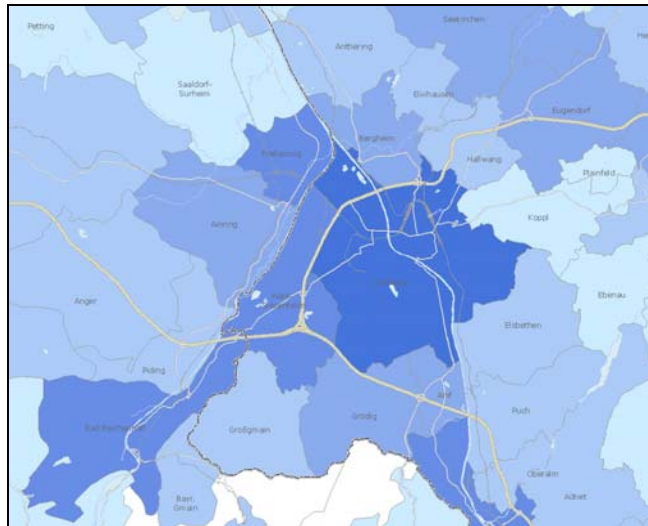
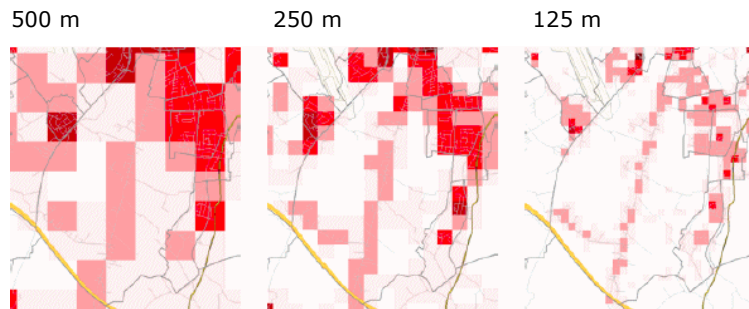


Abbildung 3: Gebietsgliederung mit variablen Rasterzellen (Einwohnerverteilung)



4. Datengrundlagen

Regionalstatistische Datengrundlagen

Harmonisierung regionalstatistischer Datengrundlagen für das gesamte Untersuchungsgebiet VKAR.

Ziel ist die Aufbereitung grenzüberschreitender vergleichbarer statistischer Rauminformation im Untersuchungsgebiet Saalach-Salzach für eine rasterbasierte Raumanalyse.

Datengrundlagen Österreich

Basierend auf der letzten Großzählung von 2001 liegen in Österreich flächendeckend regionalstatistische Daten zur Ableitung regionalstatistischer Information vor. Räumliche Bezugsbasis für die Aufbereitung und Darstellung regionalstatistischer Information sind administrative (Gemeinde, Kreise), statistische (Sprenkel, Baublöcke) sowie geometrische Gebietsgliederungen – auch geografische Raster genannt – sind in einer flexiblen Zellengröße (siehe Abbildung 3) verfügbar und erlauben eine hoch auflösende Darstellung. Voraussetzung und Grundlage vor allem für letztere ist die koordinatengebundene Verspeicherung der Zensusdaten, die diese flexible Aggregation erst ermöglicht. Je nach Anwendungsdomäne kann auf die verschiedenen Aggregationsebenen (Größe der Rasterzellen: 125 m, 250 m, 500 m, 1 km etc.) zurückgegriffen werden.

Bezugsquelle für flächendeckende regionalstatistische Daten ist in Öster-

reich vor allem die Statistik Austria mit bspw.

- Volkszählung
- Gebäude- und Wohnungszählung
- Arbeitsstättenzählung

Datengrundlagen Bayern

Regionalstatistische Daten sind für das bayrische Projektgebiet auf unterschiedlichen administrativen Ebenen erhältlich. Zur Verwendung kamen Fortschreibungsdatensätze der Volkszählung 1987 aus den Landkreisen Altötting, Berchtesgaden-Land und Traunstein auf Gemeindebasis.

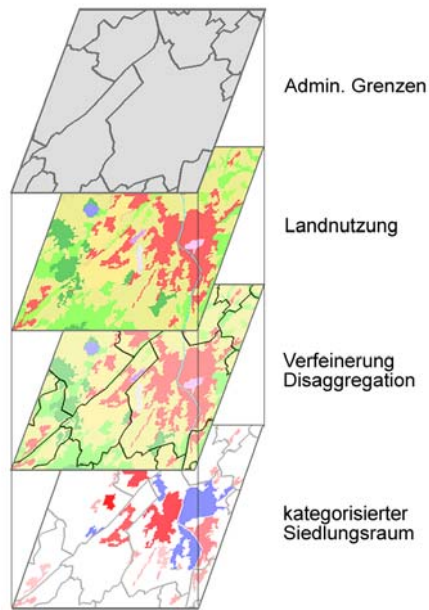
References

Wonka, E (2005), Regionalstatistik in Österreich. Von der Tabelle zu räumlicher Analyse und Visualisierung.

Management Summary

Wesentlicher Bestandteil der Vorarbeiten im Projekt VKAR war die Identifikation und die Aufbereitung regionalstatistischer Datengrundlagen für den österreichischen und bayrischen Bereich des Einzugsgebietes von Saalach und Salzach. Die Homogenisierung der statistischen Information zwischen österreichischem und bayrischem Projektgebiet wird durch unterschiedliche Gebietsgliederungen in den Teilgebieten erforderlich.

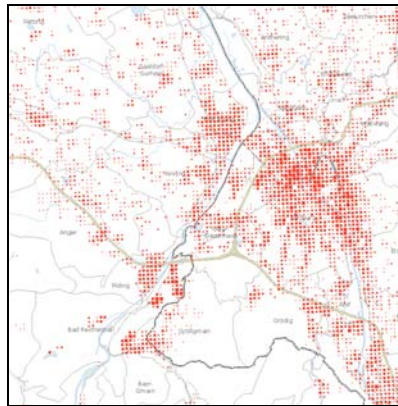
Schematische Darstellung des Ablaufs Räumlicher Disaggregation



Ausgangspunkt:
Einwohnerzahl pro Gemeinde



Ergebnis:
Einwohnerzahl pro 250 m Rasterzelle



Räumliche Disaggregation

Entwicklung räumlich hoch aufgelöster Indikatoren durch Verfeinerung statistischer Information.

Räumliche Indikatoren bestehen oft aus einer Kombination sozio-ökonomischer Kennzahlen mit räumlicher Information. Zur Verknüpfung beider Datenquellen kann die Methode der räumlichen Disaggregation eingesetzt werden.

Statistische Daten beziehen sich meist auf administrative Einheiten. Für viele Fragestellungen sind diese Flächen oft zu groß, um Strukturinformation (wie z. B. Einwohnerdichte) als gleich verteilt betrachten zu können.

Mit der Disaggregation ist die räumliche Verfeinerung dieser Daten möglich. Die Abgrenzung passiert mit räumlich fein aufgelösten Daten (z. B. Landnutzungsclassifizierungen aus Fernerkundungsdaten). Vor allem für Analysen auf regionaler Ebene ergibt dies signifikant bessere Ergebnisse durch kleinräumigere Information.

Methodische Umsetzung:

Räumliche Disaggregation versucht eine globale Variable (z. B.: Bevölkerungszahl pro administrativer Einheit) mittels räumlich differenzierter Parameter so zu verfeinern, dass im gewählten Maßstab eine zufrieden stellende Aussagequalität erreicht wird. Als Grundlage dienen etwa Einwohnerzahlen auf Basis administrativer Einheiten, die statistisch-demografische

Merkmalswerte beinhalten. Mit der Klasse Siedlungsraum aus dem Landnutzungsdatensatz „Corine Land Cover“ (CLC) kann diese Zahl auf den bestehenden Siedlungsraum heruntergebrochen werden.

Zusätzlich zur räumlich differenzierteren Abgrenzung kann ein Algorithmus entwickelt werden um auch eine qualitative Differenzierung zwischen Siedlungsflächen vorzunehmen. Dafür ist ein Algorithmus notwendig, der etwa einen Formfaktor bzw. ein Kompaktheitsmaß zur Aufteilung von Bevölkerungszahlen beinhaltet und so zu „Dichteklassen“ innerhalb des Siedlungsraums führt, die dann für die Aufteilung der demografischen Daten herangezogen werden.

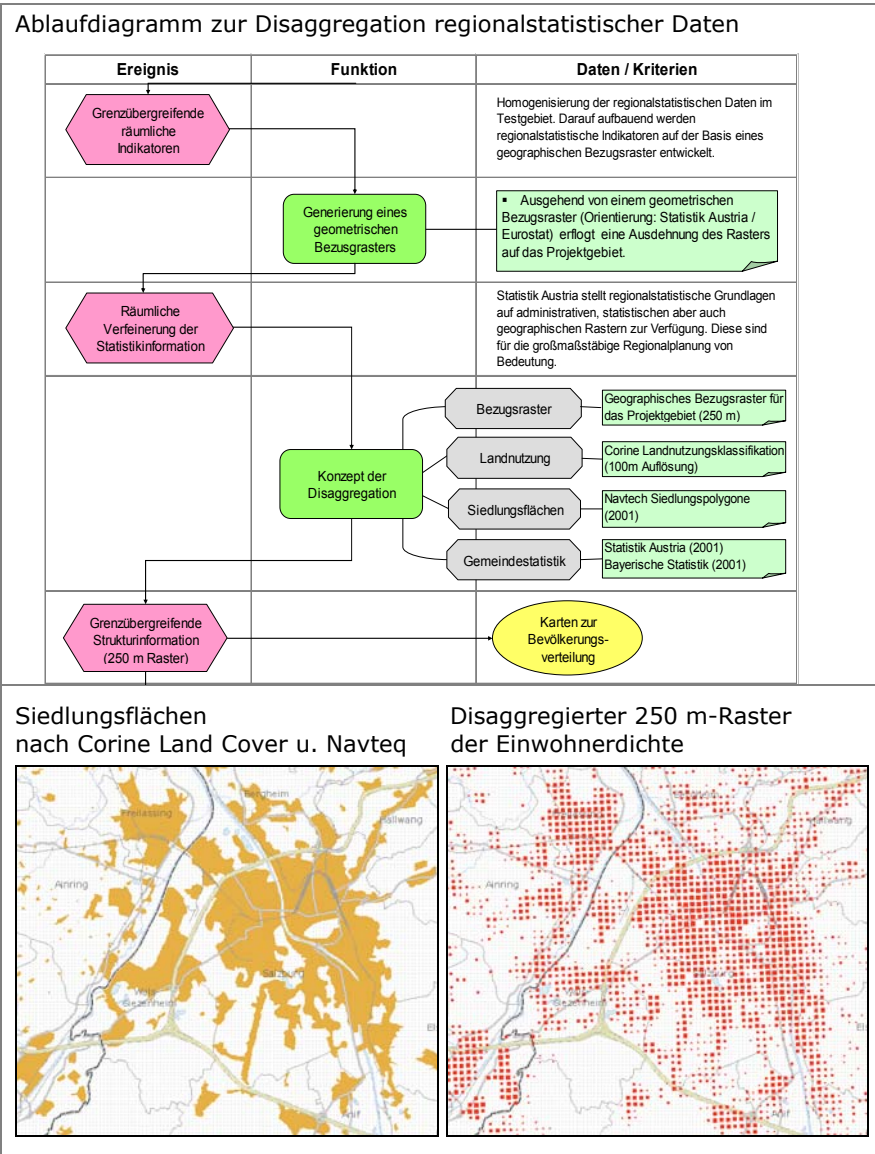
References:

Steinocher et al., AGIT 2005

SAI / EUROSTAT, 2001, Using land cover information to map population density

Management Summary

Statistische Maßzahlen sind für größere Gebiete flächendeckend meist nur auf Basis administrativer Grenzen vorhanden. Räumliche Disaggregation stellt ein Konzept bereit, mit dessen Hilfe diese Information räumlich stark verfeinert werden kann.



Disaggregation regionalstatistischer Daten auf 250 m Raster

Verfeinerung regionalstatistischer Datengrundlagen für das gesamte Untersuchungsgebiet VKAR

Zielsetzung

Für die Modellierung räumlicher Strukturinformation benötigt man eine homogene Datenstruktur als Grundlage für alle weiter folgenden Berechnungen energetischer Fragestellungen. Das Problem uneinheitlicher Daten tritt speziell bei nicht an administrativen Einheiten orientierten – bzw. grenzüberschreitenden Gebieten auf. Im vorliegenden Projekt besteht das Untersuchungsgebiet (Einzugsgebiet Saalach-Salzach) aus zwei politisch und damit statistisch völlig getrennten Einheiten, deren Daten einer Harmonisierung bedürfen, um vergleichbare Aussagen liefern zu können. Dazu wird die Methode der räumlichen Disaggregation eingesetzt.

Methodische Umsetzung

Schritt 1: Grenzübergreifende Bezugsobjekte

Zur Generierung grenzübergreifend einheitlicher Bezugsobjekte wird ein in Österreich in Verwendung befindliches 250 m-Bezugsraster auf das bayrische Projektgebiet ausgedehnt. Dieses wird mit den Geometrien der Gemeindeflächen – die regionalstatistische Information enthalten – und den besiedel-

ten Flächen (Corine Landcover, Navteq) verschnitten.

Schritt 2: Räumliche Verfeinerung

Durch den Bezug der regionalstatistischen Information auf die Siedlungsflächen wird eine räumliche Verfeinerung der Daten möglich. Dazu wird der prozentuale Anteil der besiedelten Fläche jeder Rasterzelle an der Gemeindefläche berechnet. Dieser Wert wird anschließend mit der Bevölkerungszahl, der Haushaltsstatistik und der Statistik für die drei Wirtschaftssektoren multipliziert.

Schritt 3: Kombination mit Verbrauch

Die vorhandenen statistischen Merkmalswerte für Einwohner, Haushalte und Beschäftigte nach Sektoren pro Rasterzelle werden anschließend mit Durchschnittswerten für Stromverbrauch und Lastdichte kombiniert.

Management Summary

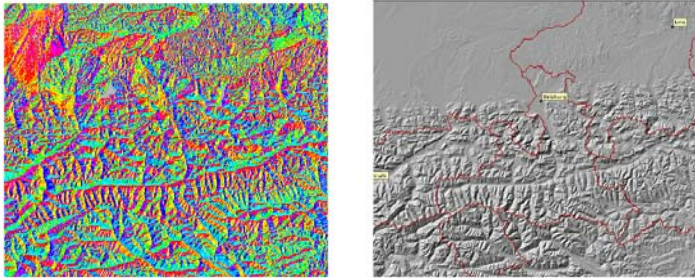
Mit der Methode der räumlichen Disaggregation wurde eine räumliche Verfeinerung regionalstatistischer Information auf Basis eines regelmäßigen 250m-Rasters erreicht. Diese hohe räumliche Auflösung statistischer Strukturdaten stellt die Grundlage für die weitere Berechnung der energetischen Lastdichten und Absatzstrukturen dar.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

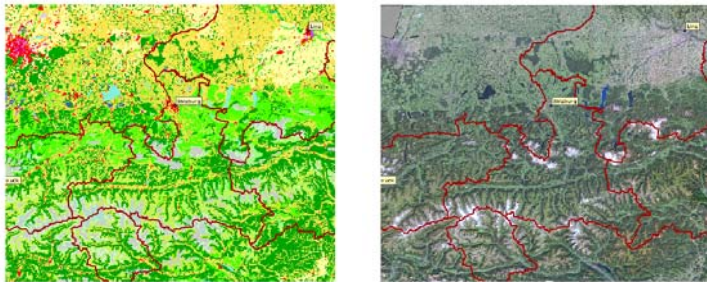
4. Datengrundlagen

Topografische Grunddaten im Projektgebiet

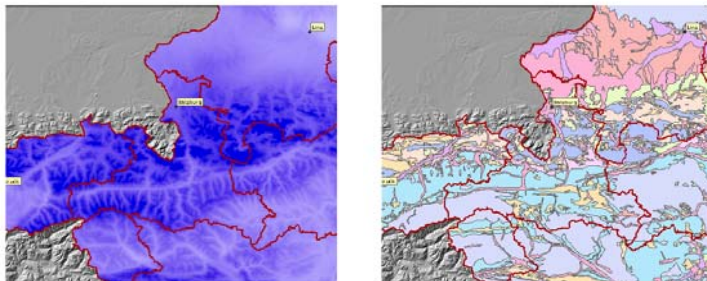
Geländehöhe, Exposition, Hangneigung



CLC2000 100m, Satellitenbild ETM7+ (2002)



Niederschlag, Hydrogeologie (Österreich)



VKAR – Topografie

Beschreibung der geografischen Datengrundlagen zur Definition und Analyse der topografischen Rahmenbedingungen.

Für die im Projekt vorgesehenen topografisch relevanten Analysen werden die geografischen Basisdatensätze Geländemodell, Landnutzung, Niederschlag, Geologie und Satellitenbilder herangezogen.

Geländemodell

Für die Anwendung von mesoskaligen Windmodellen, den Sonnenenergiemodellen und der Wasserkraftmodellierung kommt das Geländemodell Mona mit einer Rasterauflösung von 250 m zur Anwendung. Abgeleitet aus diesem Basisprodukt werden unter anderem Expositionskarten, Hangneigungskarten etc. errechnet und in die Bewertungen einbezogen.

Landbedeckung

Als Basis für die Bewertungen vor allem des Biomassepotenzials dient die CLC2000 (CoORdinated INformation on Environment), eine europaweit einheitliche Erhebung der Bodenbedeckung mit einem Arbeitsmaßstab von 1:100.000, erweitert um eigene Klassifikationen aus Landsat ETM7+ Satellitenbildern (vor allem im Bereich enger Tallagen).

Hydrografie

Der Niederschlag stellt die Hauptkomponente des Wasserhaushalts und

somit für die Wasserkraft dar. Sie bilden in Kombination mit der Landbedeckung, dem Oberflächenmodell und der Geologie die Basis für die wasserwirtschaftliche Modellierung des Untersuchungsgebiets. Zur Anwendung kommen Niederschlagsmodelle der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie) und Berechnungen aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs (HAÖ)

Geologie

Als Basis hierfür wird die Geologische Karte im Maßstab 1:500.000 verwendet.

Satellitenbild

Für die Bewertung der Landbedeckung und für die Visualisierung kommen Satellitenbilder Landsat ETM7+ und Mona zur Anwendung.

References

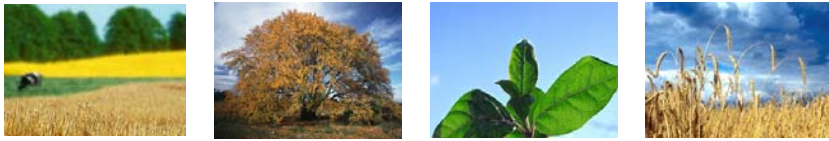
Hydrologischer Atlas Österreich (2005)
Zentralanstalt für Meteorologie (2004)
Mona DEM, <http://www.geosys.fr> Geologische Bundesanstalt (2004)
CLC2000, Umweltbundesamt (2005)

Management Summary

Beschreibung der topografischen Datengrundlagen für die topografische Analyse. Im Mittelpunkt stehen Geländeinformation, Landbedeckung (CLC2000), Niederschlag, Geologie und Satellitenbildinformation. Für die Modellbildung kommen vor allem auch aus diesen Basisdatensätzen abgeleitete Produkte (z. B. Exposition) zur Anwendung.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Biomasse

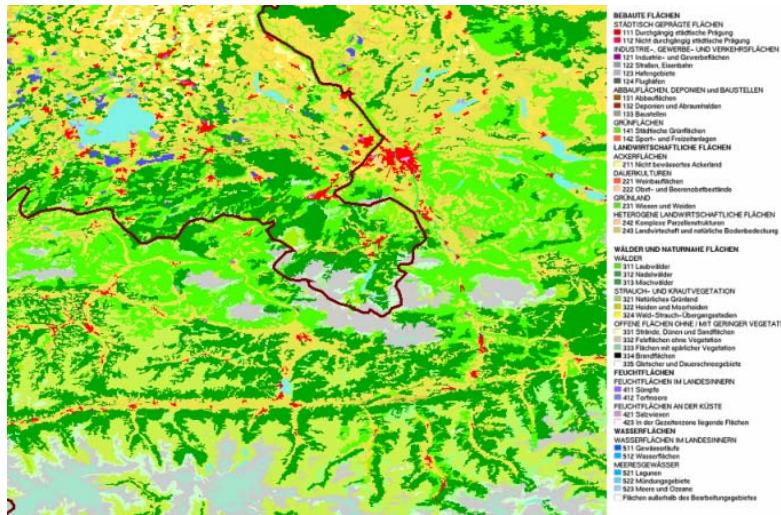


Theoretisches Potenzial mit verfügbarer Technik und nachhaltiger Bewirtschaftung

Kultur	Mio. ha	jährlich erntbare Menge MWh/ha	TWh/Jahr	PJ/Jahr
Acker	1,2	40	48	172,8
Grünland	1,3	35	45,5	163,8
Weiden extensiv	1,9	20	38	136,8
Wald	3,8	16	60,8	218,88
Summe			192,3	692,28

Quelle: <http://www.biomasseverband.at>

Corine Bodenbedeckungsklassifikation der Testregion (CLC 2000)



5. Energiepotenziale

Potenzial Biomasse

Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Biomasse erfolgt über die Information der Bodenbedeckung kombiniert mit deren Nutzbarkeit und Erreichbarkeit.

Biomasse bezeichnet alle organischen Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, aus denen sich Energie gewinnen lässt. Unterschieden werden zwei Kategorien:

- Nachwachsende Rohstoffe
- Organischer Abfall

Die Bewertung der energetisch nutzbaren Biomassepotenziale ergibt sich durch die Kombination aus Waldbewirtschaftung, Holzverarbeitung, die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion und durch die Tierhaltung.

Zielsetzung

Ziel des Projekts ist die quantitative Darstellung des effektiv nutzbaren nachwachsenden Biomassepotenzials.

In der Praxis ist nur ein Bruchteil des theoretischen Zuwachses nutzbar. Einerseits ist die Nahrungs- und Futtermittelproduktion als Primärnutzungs-schiene gegeben. Zum anderen ist nicht aus jeder topografischen Formation die Nutzung möglich. Steilhänge, Schutzwälder und ähnliches begrenzen die Nutzungsmöglichkeiten in vielfacher Hinsicht.

Methodisches Vorgehen

Als Basis dient für das Projekt im ersten Schritt die Analyse des nachwachsenden Biomasseanteils über die Bewertung der Bodenbedeckung. Als Datengrundlage hierfür dient die CORINE (Coordination of Information on the Environment) Bodenbedeckungsklassifikation der Europäischen Union.

Abhängig vom energetischen Potenzial der einzelnen Biomasseträger (siehe Tabelle) wird in den kommenden Projektschritten auf diese Weise eine flächenabhängige Bewertung durchgeführt. Im Anschluss werden die gewonnenen theoretischen Potenziale hinsichtlich ihrer Erreichbarkeit und Nutzbarkeit untersucht und bewertet. z.B. Orografie (Hemmnisfaktoren: Hangneigung, Geländehöhe)

References

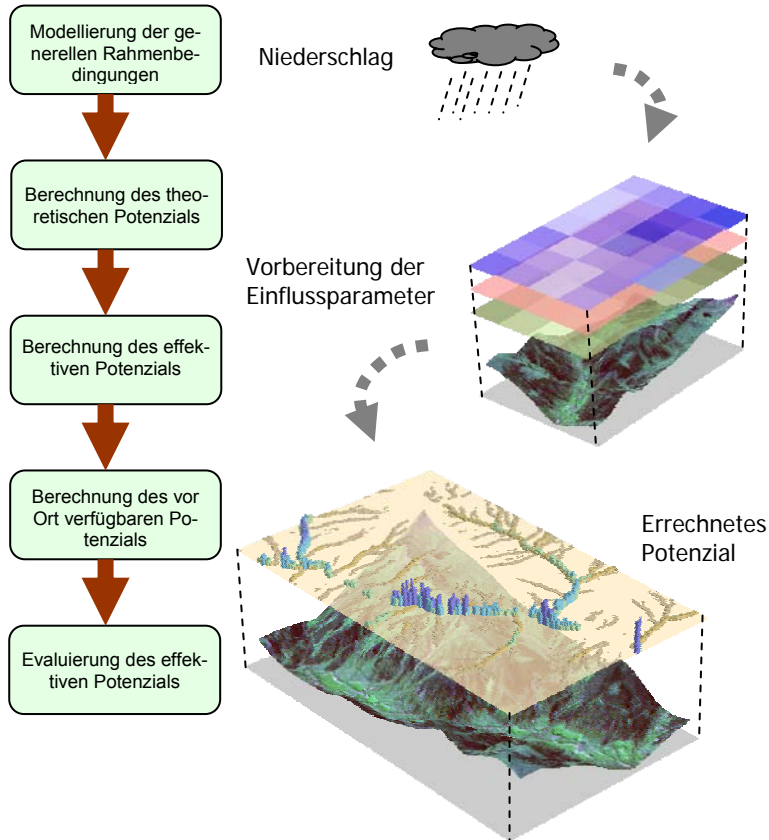
- Erneuerbare Energie in Österreich (2002)
- Umweltkontrollbericht (2004)
- Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Biomasse erfolgt über die Information der Bodenbedeckung, kombiniert mit deren Nutzbarkeit und Erreichbarkeit.

Prozess-Schritte zur Abschätzung des räumlich aufgelösten KWKW-Potenzials

Workflow



Potenzial Hydroenergie

Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Wasserkraft erfolgt über die Information der topografischen Gegebenheiten und der räumlich aufgelösten Niederschlagsverteilung.

Das Potenzial der Wasserkraft wird durch vielerlei Parameter bestimmt. Um eine sowohl räumlich wie auch zeitlich aufgelöste Abschätzung zu erhalten, ist eine aufwändige Modellierung erforderlich. Neben der Beschaffenheit des Geländes und der geografisch wie auch zeitlich aufgelösten Kenntnis von Niederschlagswerten, wären hier der Abflussrückhalt durch unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten oder durch negative Temperaturwerte in Schnee und Eis gebundene Niederschlagsvolumina zu nennen, sowie auch die Einschränkung durch den Verdunstungsprozess über der betrachteten Landmasse.

Zielsetzung

Im vorliegenden Projekt soll in einem stark vereinfachten Modell eine grobe Abschätzung über das verfügbare räumlich aufgelöste Wasserkraftpotenzial getroffen werden. Die zeitlich betrachtete Auflösung beschränkt sich hierbei auf kumulierte Jahreswerte sowie saisonal bedingte Spitzenwerte.

Methodisches Vorgehen

Über ein Höhenmodell und eine räumlich aufgelöste Niederschlagsverteilung wird in einem simplifizierten Ansatz eine grobe Abschätzung über das physikalisch verfügbare Wasserkraft-Potenzial getroffen. Dazu werden die Gravitationspotenziale von kumulierten Abflussmengen über Geländestufen errechnet. Die daraus resultierende Potenzialkarte gibt in erster Näherung den möglichen Ertrag einer flächendeckenden Laufwasserkraftnutzung wieder. Dieses physikalische Potenzial erfährt nun eine Einschränkung durch bestehende Infrastruktur, Ausschlusskriterien sowie wirtschaftlich nutzbares Potenzial zu einem räumlich aufgelösten effektiven Potenzial.

References

- Erneuerbare Energie in Österreich (2002)
- Umweltkontrollbericht (2004)
- Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

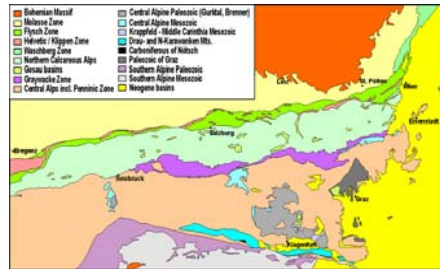
Management Summary

Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Wasserkraft erfolgt über die Information der topografischen Begebenheiten und der räumlich aufgelösten Niederschlagsverteilung. Zur Modellierung werden die Gravitationspotenziale der kumulierten Abflussmengen herangezogen. Die Berechnungen erfolgen auf Jahresbasis, sowie dem hydrologischen Sommer- bzw. Winterhalbjahr.

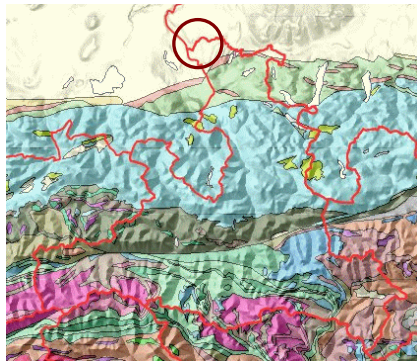
Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

5. Energiepotenziale

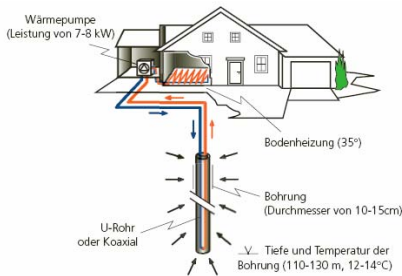
Geologische Einheiten Österreichs (ÖAW)



Geologie Österreichs 1:1,5 Mill. (GBA – Geologische Bundesanstalt) Molassezone im Untersuchungsgebiet



Heizung mit Erdwärmesonde und Wärmepumpe (SVG – Schweizerische Vereinigung für Geothermie)



Potenzial Geothermie

Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Geothermie erfolgt über die Information der geologischen Gegebenheiten.

Die Gewinnung elektrischer Energie könnte aufgrund der geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet nur mit dem sog. „Hot-Dry-Rock-Verfahren“ (3000–6000m) erfolgen. Das Verfahren wird zurzeit erprobt, das Ergebnis ist jedoch noch nicht absehbar, könnte aber in Zukunft als Energieträger von Bedeutung werden. Die Anwendung hydrothormaler Energiegewinnung (1500–3000m) wäre nur im äußersten Norden des Untersuchungsgebietes (Molassezone) interessant. Aufgrund der minimalen Flächenanteile wird im gegenständlichen Projekt nicht näher auf diese erneuerbare Energiequelle eingegangen.

Allgemein

Die untiefe Geothermie nutzt den Bereich 15–400m. Die Temperatur in diesem Bereich kann für Heizung und Warmwasser im Winter, sowie Gebäudekühlung im Sommer herangezogen werden. Auf diese Weise trägt die Erdwärme indirekt zu einer nachhaltigen Energieversorgung bei, indem sie hilft, auf herkömmliche Art erzeugten Strom einzusparen.

Zwar benötigt man zum Einsatz dieser Energieform eine Wärmepumpe, welche wiederum selbst Strom von außen benötigt. Insgesamt beläuft sich dieser

Energiebedarf allerdings auf lediglich ~30% der gesamten vom System produzierten Energie. Für herkömmliche Stromheizungen, Wasserboiler und Kühlsysteme wird wesentlich mehr konventionell erzeugter Strom benötigt.

Die untiefe Geothermie kann mittels Erdwärmesonden praktisch in jedem Untergrund genutzt werden. Für eine nachhaltige und wirtschaftliche Nutzung müssen allerdings gewisse Rahmenbedingungen bedacht werden, da die Eignung je nachdem, welche geothermischen Eigenschaften der geologische Untergrund aufweist, unterschiedlich ist. Mit Hilfe von geologischen Grunddaten können, aufgrund der unterschiedlichen geologischen Rahmenbedingungen, die einzelnen Eignungsstufen identifiziert werden.

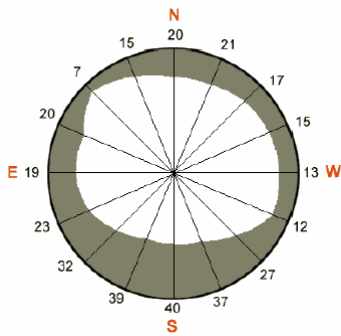
References

- Info Geothermie, Nr. 4 (SVG, Dez. 2002)
- Technische Notizen zur Erdwärmee-Nutzung. Erdwärmesonden. (SVG, Jan. 2002)

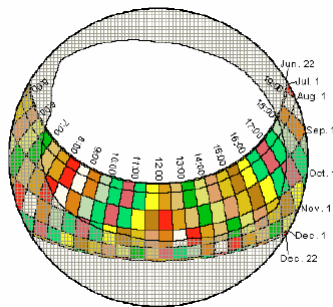
Management Summary

Zum momentanen Zeitpunkt ist die Rolle der Geothermie als Bestandteil eines autarken nachhaltigen Energieerzeugungsverbands im Untersuchungsgebiet als eher gering anzusehen, vor allem für die Stromerzeugung. In weiterer Folge wird deshalb dieses Potenzial nicht näher untersucht.

Viewshed von einem Punkt im Gelände



Sichtbarkeitskarte kombiniert mit Sonnenstandskarte (Winter)



Strahlungsformeln

Diffuse Strahlung

$$\text{Dif}_{\theta,\alpha} = R_{\text{gib}} * P_{\text{dif}} * \text{Dur} * \text{SkyGap}_{\theta,\alpha} * \text{Weight}_{\theta,\alpha} * \cos(\text{AngIn}_{\theta,\alpha})$$

Direkte Strahlung

$$\text{Dir}_{\text{tot}} = \sum \text{Dir}_{\theta,\alpha} \rightarrow \text{Dir}_{\theta,\alpha} = S_{\text{const}} * \tau^{m(\theta)} * \text{SunDur}_{\theta,\alpha} * \text{SunGap}_{\theta,\alpha} * \cos(\text{AngIn}_{\theta,\alpha})$$

Globalstrahlung

$$\text{Global}_{\text{tot}} = \text{Dir}_{\text{tot}} + \text{Dif}_{\text{tot}}$$

Potenzial Photovoltaik

Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Photovoltaik erfolgt über die Information der topografischen Begebenheiten, der Sonneneinstrahlung und der verfügbaren Fläche für Solarkollektoren.

Auf regionaler Ebene stellt die Topografie einen wesentlichen Faktor für die Verteilung der Sonneneinstrahlung dar. Unterschiedliche Geländehöhe, Hangneigung und Exposition, sowie daraus resultierende Schatten, erzeugen starke lokale Unterschiede in der Energie- und Wasserbilanz. Genaue regionale Sonnenscheinkarten sind kaum verfügbar, simple räumliche Interpolation und Extrapolation von einzelnen Messstationen aufgrund der starken räumlichen Gliederung kaum sinnvoll. Genaue Karten würden ein dichtes Messnetz benötigen, das im Untersuchungsgebiet nicht zur Verfügung steht.

Zielsetzung

Räumliche Solarstrahlungsmodelle bilden einen effektiven Zugang, die räumliche und zeitliche Verteilung der Einstrahlung auf regionaler Ebene zu modellieren (Dubayah, Rich 1996). Durch Sichtbarkeitsanalysen an jedem Punkt im Gelände (vgl. Fischaugenprinzip an einer Kamera) besteht nun die Möglichkeit, das Einstrahlungspotenzial an jedem Punkt im Gelände, abhängig vom Sonnengang, zu berechnen. Als Ergebnis finden sich die

Direkte, die Diffuse und als deren Summe die Globalstrahlung.

Methodisches Vorgehen

Zur Berechnung werden zwei Sonnenstandskarten (für das Winter- bzw. Sommerhalbjahr) herangezogen, deren Summe der einzelnen Sektoren die direkte Einstrahlung wiedergibt. Um die diffuse Strahlung zu erfassen, werden Himmelskarten erstellt und in die Berechnung miteinbezogen. Diese Karten werden kombiniert und mit dem Sichtbarkeitsbereich am jeweiligen Geländepunkt verschnitten. So kann für jeden Punkt im Gelände der Einstrahlungswert ermittelt werden.

Die Ergebnisse werden anschließend mit der für Solarstrom zur Verfügung stehenden potenziellen Nutzfläche im Untersuchungsgebiet verschnitten.

References

- Dubayah, R. and P.M. Rich, GIS-based solar radiation modelling (1996)
- Fu, P, M. Rich, The Solar Analyst (2000)

Management Summary

Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie. Die Messung dieser Energie auf regionaler Ebene stellt aufgrund der starken regionalen Unterschiede eine große Herausforderung dar. Durch mathematische Berechnungen kann ein Faktor für die Globalstrahlung ermittelt werden. Kombiniert mit der nutzbaren Fläche ergibt sich damit eine raum-zeitlich differenzierte Bewertung für das Untersuchungsgebiet

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Beispiel Leistungskennlinie einer Windkraftanlage (150kW) bei unterschiedlicher Windgeschwindigkeit nach der Weibull-Verteilung

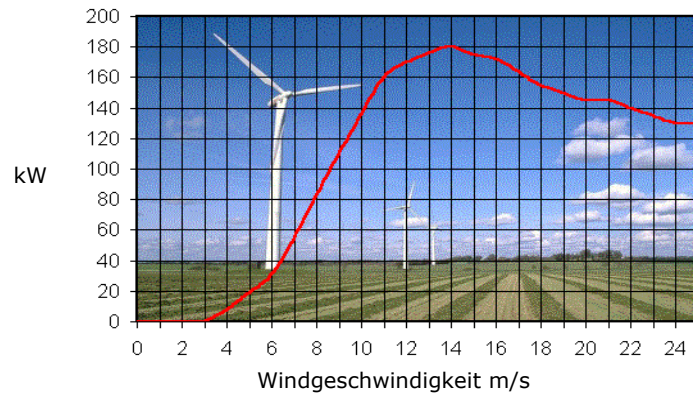
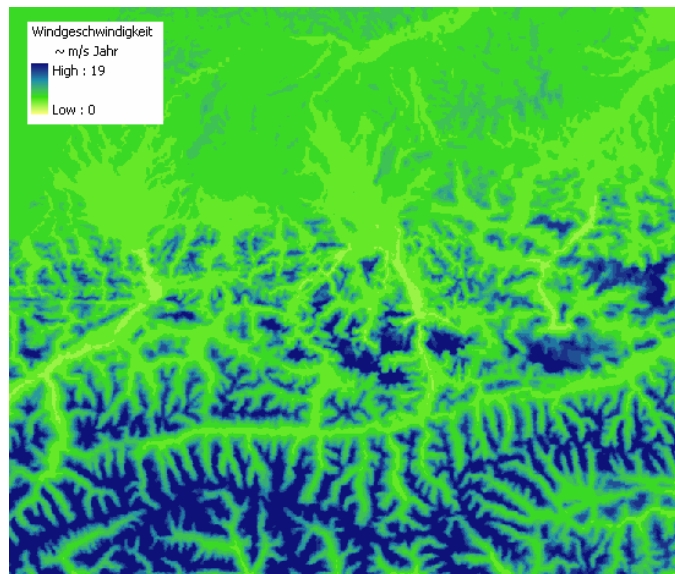


Abbildung 2: Mesoskaliges Windmodell: durchschnittliche Windgeschwindigkeit pro Jahr



5. Energiepotenziale

Potenzial Windkraft

Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Windkraft erfolgt über die Modellierung der durchschnittlichen Jahreswindgeschwindigkeit, abgeleitet aus einem mesoskaligen Windmodell.

Die Windenergie wird seit Jahrhunderten vom Menschen für seine Zwecke genutzt. Nach der Entdeckung der Elektrizität und der Erfindung des Generators lag auch der Gedanke der Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung nahe. Die Technik der Windkraftanlagen ist im Vergleich zu herkömmlichen Turbinenkraftwerken relativ jung und bietet noch Potenziale zur Weiterentwicklung und Optimierung. Vorteile der Windenergie sind Schadstoffemissionsfreiheit, sowie die bereits erreichte Wirtschaftlichkeit.

Zielsetzung

Ziel in diesem Projekt ist die quantitative Darstellung des effektiv nutzbaren Windenergiepotenzials im Einzugsgebiet von Saalach und Salzach.

In der Praxis ist nur ein Bruchteil des theoretischen Windpotenzials nutzbar. Gerade im alpinen Bereich ist das Windangebot räumlich sehr differenziert. Ziel des Projekts ist die flächendeckende Beschreibung des Windenergiepotenzials.

Der Bau von Windenergieanlagen ist jedoch nicht überall möglich. So befinden sich gerade Gebiete mit einer hohen mittleren Jahreswindgeschwindigkeit

in sensiblen Bereichen (Naturschutz, Tourismus).

Methodisches Vorgehen

Als ersten Schritt gilt es, die mittlere Windgeschwindigkeit zu analysieren, als Basis für die Berechnung der in einer Windkraftanlage nutzbaren Energie.

Die Windgeschwindigkeit wird maßgeblich durch die Geländeform, die Bauart und den Bewuchs bestimmt und nimmt mit der Höhe über Grund zu. Begrenzt wird die nutzbare Leistung von Windkraftanlagen durch Anlauf (2.5 m/s) und Abschaltgeschwindigkeit (~24 m/s).

References

Glas U., U. Keymer, 2001, Wirtschaftlichkeit der Windkraftnutzung in Bayern
BMU, 2004, Themenpapier Windenergie
Dobesch H., et al., 2003, Das Windenergiepotential Vorarlbergs

Management Summary

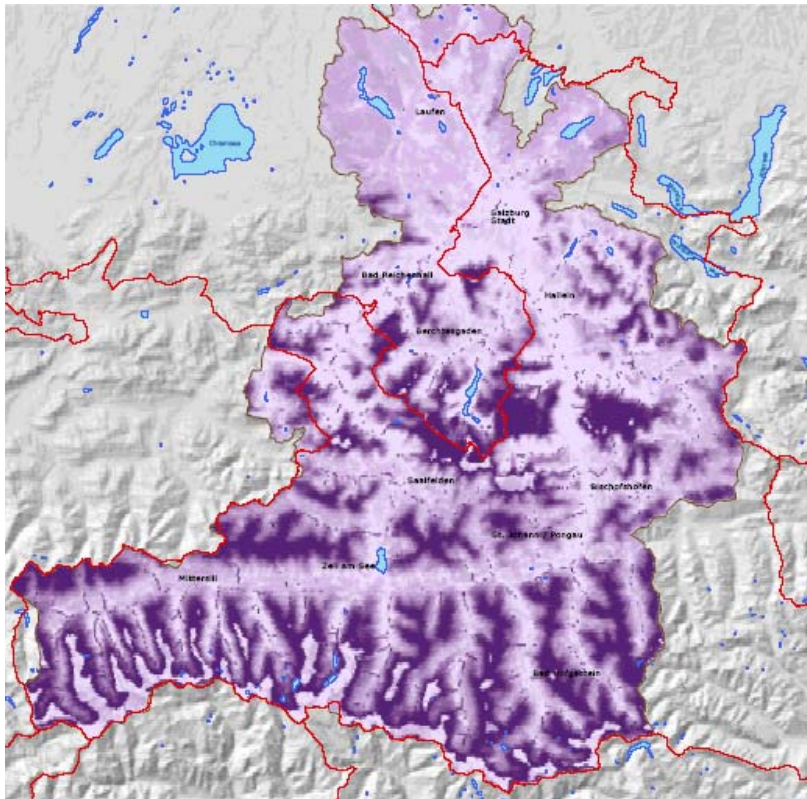
Die Abschätzung des räumlich aufgelösten Potenzials für Windkraft erfolgt über die Information der durchschnittlichen Jahreswindgeschwindigkeit in Kombination mit dem durchschnittlichen Ertrag aus einer 1MW Windkraftanlage.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Summe der erneuerbaren theoretischen Energiepotenziale / Jahr

Theoretische Energetische Potentiale für das gesamte Untersuchungsgebiet in GWh pro Jahr	
Biomasse	11189
Photovoltaik	149283
Wasserkraft	16064
Windkraft	44897
gesamt	221433

Abbildung 2: Kumulative Ergebnisse zum theoretischen Gesamtpotenzial erneuerbarer Energieträger/Jahr



6. Theoretische Energiepotenziale

Modellierung theoretischer Potenziale erneuerbarer Energieträger

Die Modellierung und Abschätzung der theoretischen Energiepotenziale für die erneuerbaren Energieträger Biomasse, Photovoltaik, Wasserkraft und Wind erfolgt mit geografischen Methoden.

Zielsetzung

Es gilt, räumliche Indikatorensets für die Modellierung der erneuerbaren theoretischen Energiepotenziale für

- Biomasse
- Photovoltaik
- Wasserkraft
- Windenergie

zu entwickeln.

Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der erneuerbaren Energieträger werden die jeweiligen Potenziale für das

- Hydrologische Sommerhalbjahr (Mai, Juni, Juli, August, September, Oktober = MJJASO)
- Hydrologische Winterhalbjahr (November, Dezember, Jänner, Februar, März, April = NDJFMA)
- Gesamtjahr modelliert.

Diese Modellierungen spiegeln das theoretische energetische Potenzial jeder 250 m großen Zelle im Untersuchungsgebiet von Saalach und Salzach wider.

Management Summary

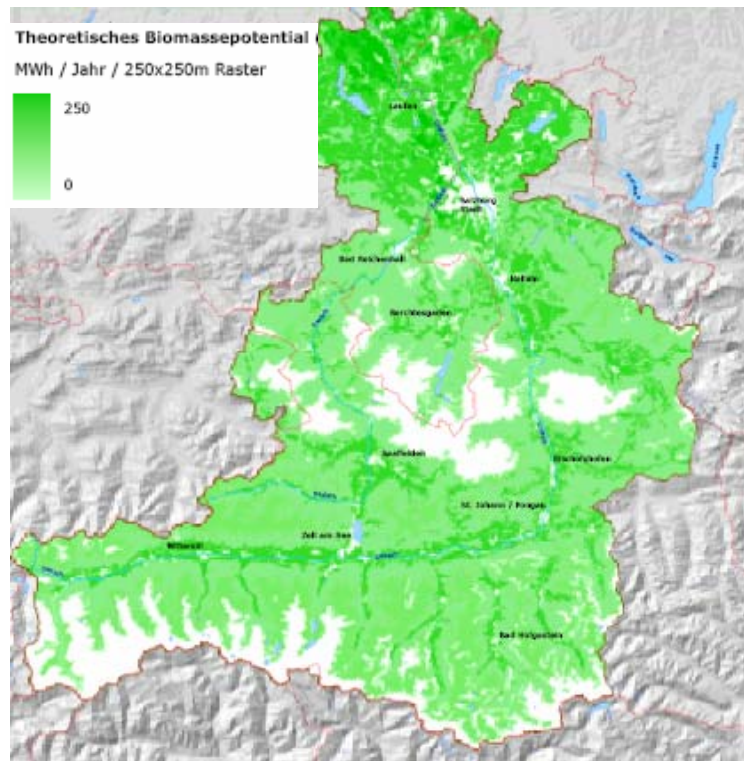
Die theoretischen Modelle zur Abbildung der räumlich aufgelösten erneuerbaren Energiepotenziale liefern als Ergebnis die Potenzialwerte pro Rasterzelle. Aufgrund der starken zeitlichen Variation durch unterschiedliche Rahmenbedingungen wie Sonneneinstrahlung, Niederschlag oder Windstärke, werden diese Modelle für das hydrologische Sommerhalbjahr (MJJASO), das hydrologische Winterhalbjahr (NDJFMA) und das Gesamtjahr berechnet.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Theoretisches Potenzial mit verfügbarer Technik und nachhaltiger Bewirtschaftung in Österreich

Kultur	Mio. ha	jährlich erntbare Menge MWh/ha	TWh/Jahr	PJ/Jahr
Acker	1,2	40	48	172,8
Grünland	1,3	35	45,5	163,8
Weiden extensiv	1,9	20	38	136,8
Wald	3,8	16	60,8	218,88

Abbildung 2: Theoretisches Biomassepotenzial



6. Theoretische Energiepotenziale

Potenzial Biomasse – theoretische Modellierung

Das theoretische Modell der Biomasse stützt sich auf eine räumlich aufgelöste Betrachtung der Vegetationsgrundlage, des Siedlungsraums und der Geländeform.

Die Bewertung der Vegetationsgrundlage dient als Basis für die Bewertung des Biomassepotenzials im Untersuchungsgebiet. Als Basis für die großräumige Betrachtung dieses Potenzials liefert die europäische Klassifikation der Landbedeckung (CLC 2000 Corine Landcover) die räumlich aufgelöste Darstellung der Bodenvegetation.

Umsetzung

Abhängig von der Art der Bodenbedeckung, dem energetischen Potenzial der Vegetation und somit der einzelnen Biomasseträger, erfolgt eine flächendeckende Bewertung des Biomassepotenzials. In die Bewertung fließen alle für die Energiegewinnung aus Biomasse geeigneten Vegetationsbereiche mit ein.

Ausgenommen von der Bewertung:

- die Gletscherbereiche
- die versiegelten Siedlungsbereiche
- die geschlossenen Wasserflächen

Diese Bewertung erfolgt bei der Modellierung des theoretischen Potenzials unabhängig von Konkurrenznutzungsmöglichkeiten wie der Landwirtschaft und Forstwirtschaft.

Ergebnis

Die Aufteilung der Nutzung des Biomassepotenzials unterliegt im Gegensatz zu den restlichen erneuerbaren Energieträgern nicht jahreszeitlichen Schwankungen. Es erfolgt daher eine 50 %-Aufteilung des Jahrespotenzials für die Bewertung der Potenziale für das Sommer- und Winterhalbjahr (Abbildung 1).

Das Ergebnis spiegelt das im ganzen Untersuchungsgebiet anfallende Biomassepotenzial wider. Es nimmt keinerlei Rücksicht auf Komplementärnutzung wie Landwirtschaft und Forstwirtschaft und auf Ertragsunterschiede aufgrund unterschiedlicher Witterungsbedingungen (z. B. Höhenlage).

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-16a
EDZ/808565/05-16b
EDZ/808565/05-16c

References

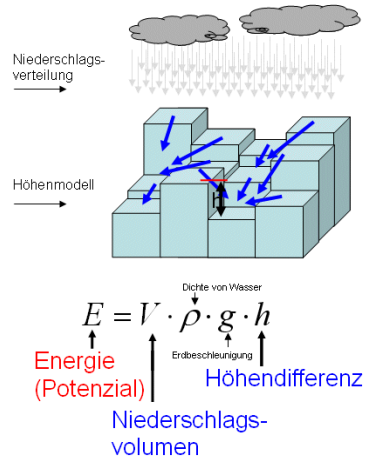
Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)
Biomasseverband, 2005,
<http://biomasseverband.at>

Management Summary

Das theoretische Modell der Biomasse stützt sich auf eine räumlich aufgelöste Betrachtung der Vegetationsgrundlage, des Siedlungsraums und der Geländeform. Basis für die großräumige Betrachtung liefert die europäische Landnutzungsklassifikation und Bewertungsmetriken für die Energiegewinnung der verschiedenen Landnutzungsarten.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Theoretische Modellierung des räumlich aufgelösten Wasserkraftpotenzials aus Topografie und Niederschlag



Kumulative Ergebnisse zum theoretischen Potenzial der Wasserkraft in der Testregion Stubachtal

Physikalisches Potenzial der Wasserkraft

	Komplettes Tal	Cumulierte Standorte > 30 kWh/m ² /a	Cumulierte Standorte > 100 kWh/m ² /a
Kumuliertes Jahrespotential für komplettes Tal	825 GWh	260 GWh	160 GWh

Leistungsabschätzung

	Winter	Sommer
Niederschlagsvolumen relativ zu Jahresniederschlag	39,5 %	60,5 %
Notwendige Kraftwerksleistungen um möglichen Ertrag aus Standorten mit > 100 kWh/m ² /a vollständig nutzen zu können	15 MW	22 MW

6. Theoretische Energiepotenziale

Potenzial Wasserkraft – theoretische Modellierung

Das theoretische Modell der Wasserkraft stützt sich auf eine räumlich aufgelöste Betrachtung des Niederschlags sowie der zugrunde liegenden Topografie.

Umsetzung

Das in die Modellierung Eingang findende Höhenmodell liefert für jede räumliche Zelle eine Durchschnittshöhe. Die Ausdehnung dieser räumlichen Zellen ist der beschränkende Faktor für die Genauigkeit der resultierenden Modellierungsergebnisse. Plastisch lässt sich dies durch eine flächendeckende Aneinanderreihung von Quadern veranschaulichen, deren Höhendifferenz zu ihren nächsten Nachbarn und das über sie selbst abfließende Wasservolumen eine lokal aufgelöste Abschätzung des verfügbaren energetischen Potenzials erlauben. Dazu wird zuerst eine Akkumulation des, über jede einzelne Zelle abfließenden, Wasservolumens durchgeführt. Dies geschieht in rekursiver Art und Weise, wobei sich das verfügbare Wasservolumen in jeder Zelle aus dem Niederschlag über dieser Zelle, sowie aus den akkumulierten Wasservolumina in diese Zelle abfließender Nachbarzellen addiert.

Dieses akkumulierte Wasservolumen in jeder Zelle weist nun, bedingt durch die Höhendifferenz zur tiefsten Nach-

barzelle, ein lokal abschöpfbares energetisches Potenzial auf.

Dieses Potenzial entspricht dem Gravitationspotenzial und es lässt sich über die Kenntnis der Erdbeschleunigung und der Masse des Trägermediums – im vorliegenden Fall Wasser – quantitativ erfassen.

Ergebnis

Basierend auf dieser Modellgrundlage erfolgte die Abschätzung des theoretisch möglichen Jahresertrags allein aus der Wasserkraftnutzung für das Untersuchungsgebiet. Diese Abschätzung markiert die physikalisch vorgegebene Obergrenze für eine Nutzbarmachung der Wasserkraft und überschreitet den ökologisch und ökonomisch vertretbaren Wert um ein Vielfaches.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-20a
EDZ/808565/05-20b
EDZ/808565/05-20a

Management Summary

Das theoretische Modell zur Abbildung des räumlich aufgelösten Wasserkraftpotenzials basiert auf der Errechnung des Verlustes an Gravitationspotenzial einer kumulierten Abflussmenge beim weiteren Abfluss in die nächste Umgebung. Die Ergebnisse wurden im Stubacher Alpentäl getestet und in weiterer Folge auf das gesamte Projektgebiet ausgedehnt.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Skymap, Sunmap (Summer, Winter Solistitium) 2005 im Untersuchungsgebiet



Abbildung 2: Solar Modellierung für das Jahr 2005

Topographic Parameters:

DEM: Base Naming

Analysis Area

- Whole DEM
- Mask Grid
- Locations from a point theme
- Locations by row/column
- Locations by x/y

Location height offset:

Slope and Aspect

- Grids Slope: Aspect:
- Constant values Slope: Aspect:
- ASCII format in the location file

Calculation directions: Elevation Unit:

OK Cancel Help

6. Theoretische Energiepotenziale

Potenzial Photovoltaik – theoretische Modellierung

Das theoretische Modell der Photovoltaik stützt sich auf eine räumlich aufgelöste Betrachtung der direkten und indirekten Sonneneinstrahlung auf Basis der zugrunde liegenden Topografie.

Mit dem in die Modellierung Eingang findenden Höhenmodell werden im ersten Schritt Sonnenstandskarten mit den dazugehörigen Sektoren erstellt. Diese Karten werden für jeden Punkt im Gelände erstellt und mit der Sichtbarkeit nach dem Fischaugenprinzip (Viewshed) in diesem Bereich kombiniert.

Umsetzung

Aus dem zugrunde liegenden Höhenmodell werden als Grundlage für die weiteren Analyseschritte die Hangneigung und Exposition eines jeden Punktes im Untersuchungsgebiet ermittelt.

In den Analyseschritten erfolgt die Berechnung der Gesamteinstrahlung durch die Addition der diffusen und der direkten Insolation zur Globalstrahlung für die längsten und kürzesten Tage im Jahr und anschließend auf Monatsbasis. Für das Untersuchungsgebiet wurde als Breitengrad 47.5° (ungefähre Mitte in der Nord-Süd-Erstreckung des Untersuchungsgebietes) gewählt.

Für die weitere Verarbeitung wird dann, aufgrund des für diesen Modellansatz spezifischen sehr hohen Rechenaufwandes, die Erstabschätzung des theoretischen Photovoltaikpotenzi-

als mit einem Geländemodell mit einer Bodenauflösung von 250 m (Monasat) durchgeführt.

Ergebnis

Die Bewertung der theoretischen Solarenergie für das Untersuchungsgebiet beruht auf dem Modell einer südwestlichen Ausrichtung (200°) des Solarpanels und einer fixen Neigung von 40° (Abbildung 2). Basierend auf dieser Modellgrundlage erfolgt die Abschätzung des theoretisch möglichen Jahresertrags aus Solarenergie. Diese Abschätzung markiert die physikalisch vorgegebene Obergrenze für eine Nutzbarmachung und überschreitet den ökologisch und ökonomisch vertretbaren Wert um ein Vielfaches.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-18a
EDZ/808565/05-18b
EDZ/808565/05-18c

Management Summary

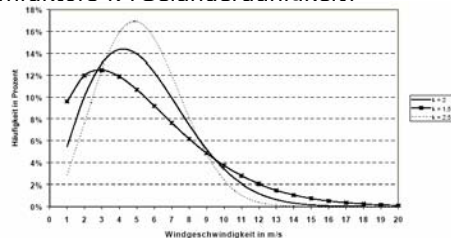
Das theoretische Modell zur Abbildung des räumlich aufgelösten Photovoltaikpotenzials basiert auf Berechnungen der diffusen und direkten Insolation auf Monatsbasis, abhängig vom durchschnittlichen Bewölkungsgrad für das gesamte Projektgebiet.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Berechnung des Jahresenergieertrags einer 1MW-Anlage bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 5 m/sec

1	2	3	4	5	6
Windstärke (m/s)	Leistungskennlinie 1 MW-Anlage (kW)	Wirkungsgrad %	Häufigkeit der Windstärke in %	Anzahl Stunden der Windstärke (h)	Energieertrag (kWh)
	gemessen	theor. Leistung / tatsächl. Leistung	Weibullverteilung	Spalte 4 * 8760 h	Spalte 5 * Spalte 2
3	2,6	6,0%	11,3%	993,1	2562
4	26	25,1%	12,8%	1124,8	29245
5	75,7	37,4%	13,0%	1140,0	88298
6	140,8	40,3%	12,1%	1058,7	149081
7	232,7	41,9%	10,4%	912,3	212297
8	366	44,2%	8,4%	735,1	269041
9	515,6	43,7%	6,4%	556,5	286919
10	680,4	42,0%	4,5%	397,1	270200
11	856	39,7%	3,1%	267,8	229227
12	953	34,1%	2,0%	170,9	162995
13	1017	28,6%	1,2%	103,4	105171
14	1027,5	23,1%	0,7%	59,4	60995
15	1030,2	18,9%	0,4%	32,4	33336
16	1031,7	15,6%	0,2%	16,8	17282
17	1034,4	13,0%	0,1%	8,3	8538
18	1034	11,0%	0,04%	3,9	3998
19	1034	9,3%	0,02%	1,7	1782
20	1034	8,0%	0,01%	0,7	756
21	1034	6,9%	0,003%	0,3	305
22	1034	6,0%	0,001%	0,1	117
23	1034	5,3%	0,0005%	0,04	43
24	1034	4,6%	0,0002%	0,01	15
Summe					1.930.114

Abbildung 2: Weibull-Verteilungen der Windgeschwindigkeiten in Abhängigkeit des Formfaktors k (Geländerauhigkeit)



6. Theoretische Energiepotenziale

Potenzial Windkraft – theoretische Modellierung

Das theoretische Modell der Windkraft stützt sich auf eine räumlich aufgelöste Betrachtung der Windgeschwindigkeit, sowie der zugrunde liegenden Topografie und Landnutzung.

Die Bewertung des mesoskaligen Windmodells dient als Basis für die Bewertung des Windenergiepotenzials im Untersuchungsgebiet. Das Windmodell liefert die durchschnittliche Windgeschwindigkeit (Böhler, 2005) im Untersuchungsgebiet unter Einbeziehung der Geländeform, der Bodenbedeckung (Corine Landcover) und der Bewertung des Energieertrags für eine 1MW-Windkraftanlage anhand der Weibull-Verteilung. Als Basis wird ein Flächenbedarf von 25 ha je Windkraftanlage angenommen.

Umsetzung

Abhängig von der Windgeschwindigkeit, der Art der Bodenbedeckung und der Geländeform, erfolgt eine flächendeckende Bewertung des theoretischen Windkraftpotenzials. Diese erfolgt unter der Annahme der Energiegewinnung mit einer 1MW-Windkraftanlage (Abbildung 1) mit einem Flächenbedarf von ca. 25 ha (500 x 500 m). Der Jahresenergieertrag einer Anlage ist abhängig von der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit. Geschwindigkeiten über 12 m/sec sind oft, vor allem im Gebirgsbereich, mit starken Luftverwirbelungen verbunden und werden

aufgrund dieser Schwierigkeiten zur Berechnung nicht herangezogen. Gebiete mit weniger als 3 m/sec durchschnittlicher Windgeschwindigkeit werden aufgrund des zu geringen Potenzials von der Modellierung ebenfalls ausgenommen.

Ergebnis

Das Ergebnis spiegelt das Windenergiepotenzial für das Untersuchungsgebiet wider. Unabhängig von einschränkenden Faktoren ergibt sich ein theoretisches Jahrespotenzial von ~45 TWh, wenn jeder nutzbare Quadratkilometer im Untersuchungsgebiet für die Windkraftnutzung zur Verfügung steht.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-22a
EDZ/808565/05-22b
EDZ/808565/05-22c

References

BLVM, 2005, Windpotentialstudie Bayern
Vorarlberger Landesregierung, 2004, Windpotentialstudie Vorarlberg

Management Summary

Das theoretische Modell der Abschätzung des Windenergiepotenzials stützt sich auf eine räumlich aufgelöste Betrachtung der Windverteilung. Basierend auf der Erzeugungskennlinie einer 1MW-Windkraftanlage erfolgt die Modellierung, abhängig von der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit. Der Flächenbedarf einer Anlage wird dabei mit 25 ha/Anlage angenommen.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Theoretische Energiepotenziale -> Effektive Energiepotenziale

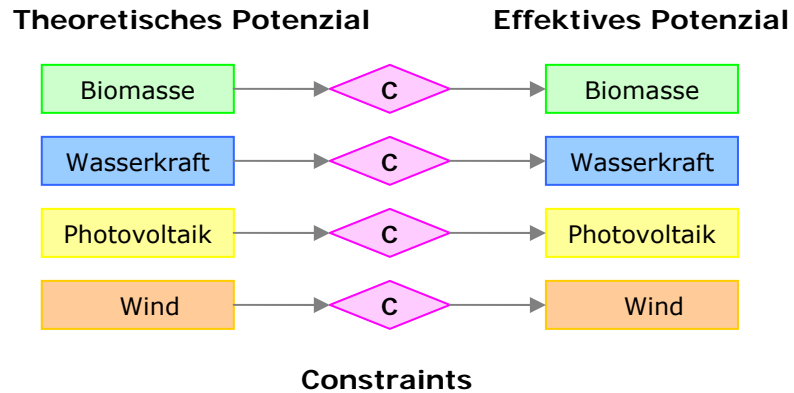
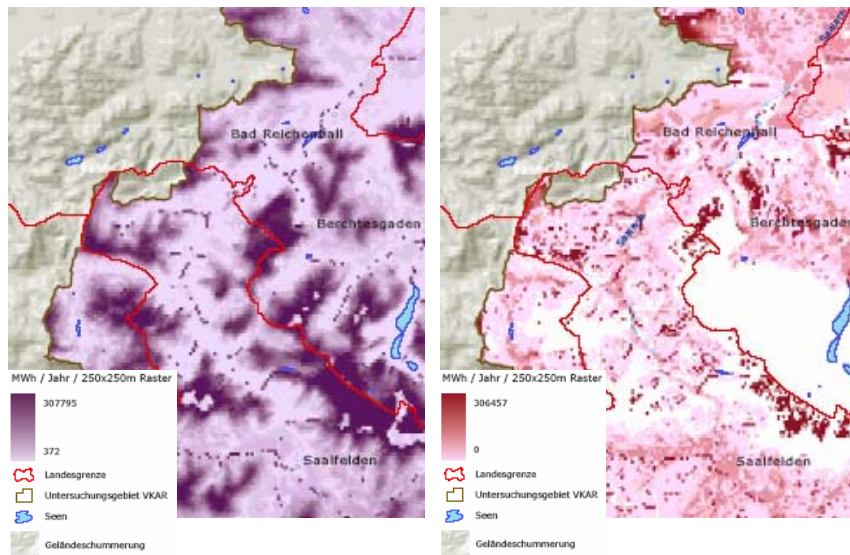


Abbildung 2: Theoretisches und effektives Gesamtenergiepotenzial pro Jahr (Ausschnitt Bad Reichenhall–Saalfelden)



7. Effektive Energiepotenziale

Energetisches Potenzial Effektive Modellierung

Einbeziehung von Hindernisfaktoren zur effektiven Bewertung des Stromenergieerzeugungspotenzials.

Durch die Einbeziehung von Hemmnisfaktoren erfolgt eine Neubewertung der theoretischen Energieerzeugungspotenziale der einzelnen erneuerbaren Energieträger zur effektiven Bewertung des Stromenergiepotenzials im Einzugsgebiet von Saalach und Salzach (Abbildung 1). Dieses effektive Potenzial dient als Grundlage für die Ermittlung des technisch und wirtschaftlich nutzbaren Potenzials.

Zielsetzung

Durch die Berücksichtigung von Einschränkungsfaktoren (so genannten Constraints) zur Gewinnung elektrischer Energie aus den erneuerbaren Energieträgern Biomasse, Hydroenergie und Photovoltaik besteht die Möglichkeit, das theoretisch vorkommende Energiepotenzial für die effektive Nutzbarkeit unter Einbeziehung von Experteninterviews zu bewerten. Die unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen erneuerbaren Energieträger erfordern die Entwicklung voneinander unabhängiger Constraint-Modelle.

Constraints

Für die Strukturierung der Einschränkungsfaktoren wurden folgende Constraint-Kategorien definiert:

- Infrastruktur
- Landnutzung
- Topografie
- Sonstige

Umsetzung

Die einschränkenden Faktoren wurden in diesen Gruppen zusammengefasst und geografisch im selben Bezugsraster wie die theoretischen Energiepotenziale aufgebaut. Im Anschluss daran, wurden alle Energiepotenziale, die in einem Constraint-Bereich vorkommen, von der Bewertung ausgeklammert. Diese Neubewertung erfolgte für das Energiepotenzial des gesamten Jahres, sowie des hydrologischen Sommer- (MJJASO) und Winterhalbjahres (NDJFMA).

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Die Modellierung des effektiv nutzbaren energetischen Strompotenzials ergibt sich aus der Reduktion des theoretisch nutzbaren erneuerbaren Energiepotenzials durch die Einbeziehung von Hemmnisfaktoren (Constraints). Diese Constraints werden in den Kategorien Landnutzung, Topographie, Infrastruktur und sonstige Einschränkungsfaktoren organisiert.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Photovoltaik-Constraint-Tabelle für die Expertendiskussion

ISPAC			
Felsen			
Wald	Kernwaldfläche		Abholzung unerwünscht
Distanz zu Wald (m)	100 m Buffer		Beschattung durch umliegende Bäume
Seen	Seen		Seenutzung
Abstand zu Fließgewässer			
Nationalpark	Nationalpark		Keine grossen baulichen Veränderungen im Nationalpark
Schutzgebiete	Naturschutzgebiet		Schutzwürdigkeit
Siedlung		Siedlung (Gebäudedächer)	direkte Nutzung, keine Landschaftsverwundung
Distanz zu Siedlung (m)		0-250m Buffer	nahe geschlossener Siedlung auch lockere Bebauung und nutzbare Dächer
Infrastruktur			
Distanz zu Hochspannungsleitungen	100 m Buffer		
Distanz zu Mittelspannungsleitungen	20 m Buffer		
Distanz zu Transformatoren			
Distanz zu Autobahn		100 m Buffer	Bebauung in der Nähe von Strassen, auch Nutzung durch den Strassenverkehr (Verkehrsanzeigen)
Distanz zu Bundes- und Landstrasse		100 m Buffer	
Distanz zu kleinen Strassen und Forstwegen		50 m Buffer	
Versorgungsraum		Versorgungsraum	Geringe Transportkosten
Verbrauchsstruktur			
Anzahl der Betriebe Primärsektor		hoch	Absatz vorhanden
Anzahl der Betriebe Sekundärsektor		hoch	Absatz vorhanden
Anzahl der Betriebe Tertiärsektor		hoch	Absatz vorhanden
Bevölkerung		hoch	Absatz vorhanden
Haushalte		hoch	Absatz vorhanden

7. Effektive Energiepotenziale

Energetisches Potenzial Constraint-Diskussion

Bewertung der Hemmnisfaktoren zur Anwendbarkeit der erneuerbaren Energieträger für die Stromgewinnung im Untersuchungsgebiet.

Für die Entwicklung und Bewertung einschränkender Faktoren zur Nutzbarmachung der erneuerbaren Energie im Untersuchungsgebiet wurde zusätzlich zur Literaturrecherche eine Expertenbefragung bei den Kooperationspartnern Salzburg AG und Verbundplan durchgeführt.

Zielsetzung

Ziel der Constraint-Diskussion war die Beurteilung der einschränkenden Faktoren zur Gewinnung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern anhand der räumlichen (explizit georeferenzierten) Kategorien Infrastruktur, Landnutzung, Topografie und sonstigen einschränkenden Faktoren (z. B.: rechtlicher Mindestabstand zu Siedlungen). Diese Constraints galt es inhaltlich und methodisch zu definieren.

Methodische Umsetzung

Nach einer eingehenden Literaturrecherche wurde ein Fragebogen entwickelt, der die geografischen und rechtlichen Rahmenbedingungen der Constraints beschreibt. Dieser diente als Basis für die Expertendiskussion und die darauf aufbauende geografi-

sche Modellierung der Hemmnisfaktoren.

Die Constraint-Bewertung erfolgte aufgrund der Unterschiedlichkeit, selektiv für jeden der untersuchten erneuerbaren Energieträger.

Ergebnis

Für jeden erneuerbaren Energieträger wurde ein minimales Constraint-Schema erstellt, das als Basis für die Modellierung der einschränkenden Faktoren für den jeweiligen Energieträger dient.

Um zukünftigen technologischen Entwicklungen nicht vorzugreifen, wurden technische und ökonomische Einschränkungen (z. B. zu geringer Wirkungsgrad) nicht in die Bewertung mit aufgenommen.

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Für die Entwicklung und Bewertung einschränkender Faktoren zur Nutzbarmachung der erneuerbaren elektrischen Energie im Untersuchungsgebiet wurde zusätzlich zur Literaturrecherche eine Expertenbefragung bei den Kooperationspartnern Salzburg AG und Verbundplan durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Constraint-Schemata dargestellt.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

7. Effektive Energiepotenziale

Abbildung 1: Constraint-Tabelle Biomassepotenzial

	Constraint:	Ausschlusswerte
Landnutzung	Seen	Seeflächen
	Nationalpark	Nationalparkflächen
	Siedlungen	Siedlungsflächen
Topografie	Corine Landcover	Urban Fabric (1,2,3) Industrial Commercial & transportation units (4,6,7) Bare rocks, rare vegetation (31,32) Water Bodies (40,41)
	Geländehöhe	> 1800m
	Hangneigung	> 35° Neigung

Abbildung 2: Topografie-Constraint-Dialogbox

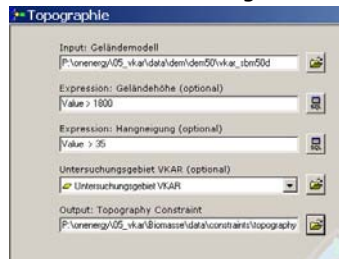
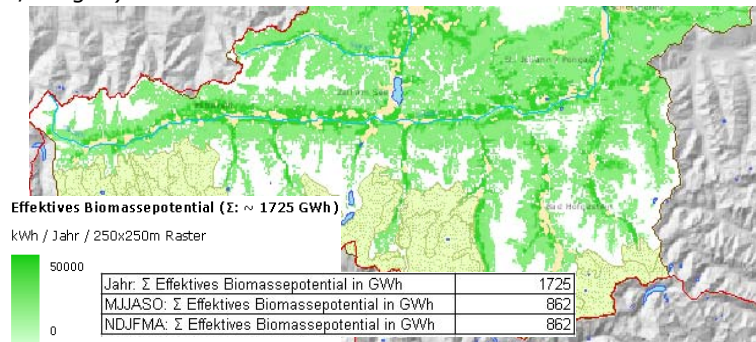


Abbildung 3: Effektives Biomassepotenzial pro Jahr (Ausschnitt Pinzgau/Pongau)



Potenzial Biomasse Effektive Modellierung

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Biomassepotenzials erfolgt durch die Einbindung von Einschränkungsfaktoren die Berechnung des effektiv nutzbaren Biomassepotenzials.

Zielsetzung

Nachdem das theoretische Potenzial eine Bewertung aller Vegetationsbestände ergab, erfolgt mit der Constraint-Modellierung die Bewertung des effektiv für Stromerzeugung nutzbaren Biomassepotenzials im Untersuchungsgebiet. Komplementäre Nutzungsarten wie Land- und Forstwirtschaft wurden aus der Constraint-Diskussion ausgeklammert – die Modellierung bezieht sich auf eine vollständige Nutzung von Biomasse für Energiegewinnung.

Constraints

Die Bewertung des Biomassepotenzials erfolgte über die Kategorisierung der Vegetation. Für das effektive Biomassepotenzial werden

- Landnutzungsconstraints und
- Topografische Constraints

angewandt (Abbildung 1). Neben den Siedlungsflächen, geschlossenen Wasserflächen und Nationalparkflächen sind vor allem Flächen über der Waldgrenze und Gebiete mit einer Geländeneigung von mehr als 35° Neigung bei einem Höhenmodell von 250 m Ras-

terweite von der Nutzbarmachung ausgenommen. Die infrastrukturelle Erreichbarkeit wird durch die Hangneigung eingeschränkt.

Methodische Umsetzung

Diese geografischen und technischen Einschränkungsfaktoren wurden räumlich modelliert und auf das theoretische Biomassepotenzial angewandt.

Für die Ermittlung des elektrischen Biomassepotenzials wurde die Verarbeitung von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit einem durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad von 20 % des Gesamtpotenzials (Sterling-Motor) (Abbildung 3) angenommen.

Ergebniskarten:

- EDZ/808565/05-17a
- EDZ/808565/05-17b
- EDZ/808565/05-17c

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Biomassepotenzials erfolgt durch die Einbindung der Einschränkungsfaktoren Landnutzung und Topografie die Berechnung des effektiv nutzbaren Biomassepotenzials. Der elektrische Wirkungsgrad von Biomasseanlagen wurde mit 20 % (Sterlingmotor) angenommen. Das effektiv nutzbare Jahrespotenzial beträgt ca. 1,8 TWh.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Constraint-Tabelle Wasserkraftpotenzial

	Constraint:	Ausschlusswerte
Landnutzung	Seen	Seeflächen
	Nationalpark	Nationalparkflächen
Topografie	Geländehöhe	> 2500 m

Abbildung 2: Geografisches Constraint-Modell Landnutzung

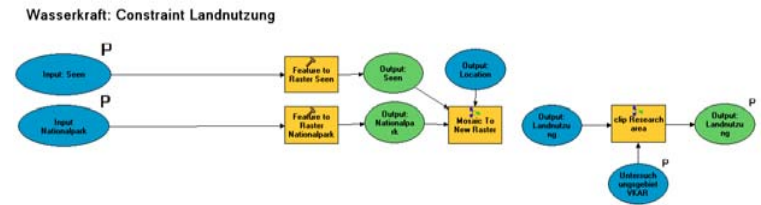
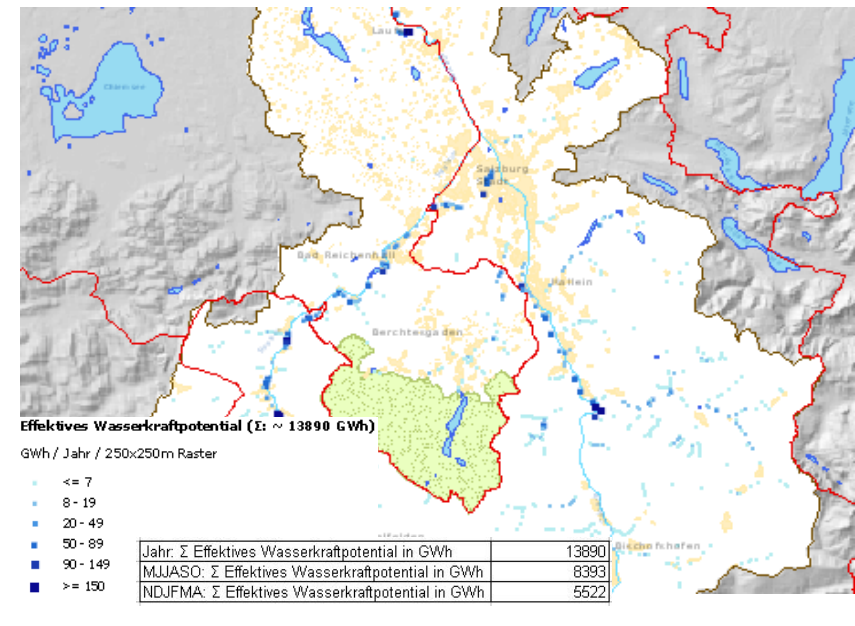


Abbildung 3: Effektives Wasserkraftpotenzial pro Jahr



7. Effektive Energiepotenziale

Potenzial Hydroenergie Effektive Modellierung

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Wasserkraftpotenzials erfolgt durch die Einbindung von Einschränkungsfaktoren die Berechnung der effektiv nutzbaren Hydroenergie.

Zielsetzung

Nachdem das theoretische Potenzial eine Bewertung des theoretischen hydrologischen Potenzials ergab, erfolgt mit der Constraint-Modellierung die Bewertung des effektiv nutzbaren Hydroenergiepotenzials im Untersuchungsgebiet.

Constraints

Die Bewertung des Hydroenergiepotenzials erfolgte über die Kategorisierung der Hemmnisfaktoren zur Nutzung des effektiven Wasserkraftpotenzials in

- Landnutzungsconstraints und
- Topografische Constraints

Neben den – für die Wasserkraft nicht nutzbaren – Landnutzungskategorien Seen, offene Karstflächen und Nationalparkflächen, kommt als topografischer Ausschlussfaktor nur der Dauerfrostbereich in mehr als 2500 m Seehöhe zur Anwendung (Abbildung 1). Ausschlussflächen aufgrund anderer technischer oder rechtlicher Einschränkungsfaktoren (z. B. der Wasserrahmenrichtlinie) wurden angesichts der Schwierigkeit der maßstabshängigen

Erfassbarkeit im 250 m-Raster nicht in die Constraintbildung einbezogen. Die infrastrukturelle Erreichbarkeit ist aufgrund der Kanalisationsmöglichkeit von Wasser durchwegs gegeben.

Methodische Umsetzung

Diese geografischen und technischen Einschränkungsfaktoren wurden räumlich modelliert und auf das theoretische Wasserkraftpotenzial angewandt. Für das gesamte Untersuchungsgebiet wurde ein effektives Jahrespotenzial von ~14 TWh errechnet. Die Modellierung erfolgte mit dem ArcGIS Model Builder, was eine einfache Adaption der Constraint-Bedingungen und eine Wiederverwendbarkeit garantiert. (Abbildung 3)

Ergebniskarten

- EDZ/808565/05-21a
- EDZ/808565/05-21b
- EDZ/808565/05-21c

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Wasserkraftpotenzials erfolgt durch die Einbindung der Einschränkungsfaktoren Landnutzung und Topografie die Berechnung der effektiv nutzbaren Hydroenergie. Das effektive Jahrespotenzial an Hydroenergie beträgt ca. 14 TWh.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Constraint-Tabelle Photovoltaikpotenzial

	Constraint:	Ausschlusswerte
Landnutzung	Seen	Seeflächen
	Nationalpark	Nationalparkflächen
	Corine Landcover	Forests (23,24,25) Wetlands (35,36) Water Bodies (40,41)
Topografie	Geländehöhe	> 2500 m
	Hangneigung	> 45° Neigung

Abbildung 2: ModelBuilder Constraint-Modell Photovoltaik

Photovoltaik: effektives Energiepotential / MJJASO

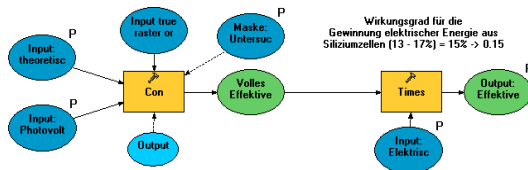
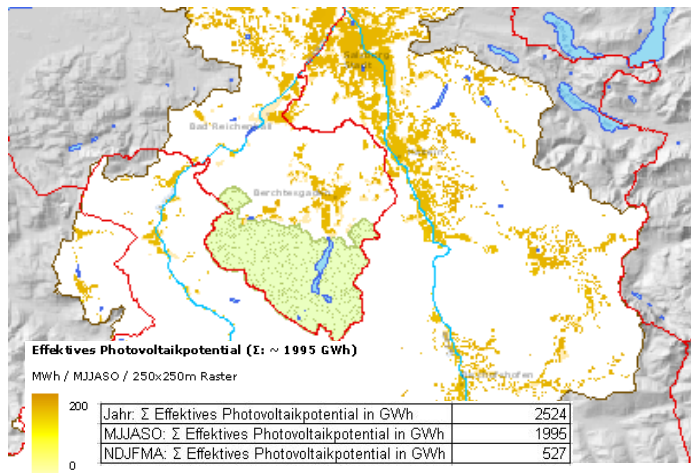


Abbildung 3: Effektives Photovoltaikpotenzial im Sommerhalbjahr (Ausschnitt Zentralraum/Tennengau)



7. Effektive Energiepotenziale

Potenzial Photovoltaik Effektive Modellierung

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Solarenergiepotenzials erfolgt durch die Einbindung von Einschränkungsfaktoren die Berechnung des effektiv nutzbaren Photovoltaikpotenzials.

Zielsetzung

Nachdem die Modellierung des theoretischen Solarenergiepotenzials eine Bewertung der gesamten Untersuchungsfläche ergab, erfolgt mit der Constraint-Modellierung die Bewertung des effektiv für Stromerzeugung nutzbaren Photovoltaikpotenzials.

Constraints

Die Bewertung des Photovoltaikpotenzials erfolgte über die Kategorisierung der Hemmnisfaktoren für das Untersuchungsgebiet in

- Landnutzungsconstraints und
- Topografische Constraints

(Abbildung 1).

Um aufgrund des enormen Flächenbedarfs von Photovoltaikanlagen zu einer realistischen Abschätzung des effektiven Photovoltaikpotenzials zu gelangen, wurde die Annahme getroffen, dass nur jenes theoretische Solarenergiepotenzial bewertet wird, das sich im Bereich versiegelter Flächen (Siedlungen, Verkehrswege, Industriezonen etc.) befindet. Als Bodenauflösung wird hierfür ein 250 x 250 m-Raster heran-

gezogen. Die infrastrukturelle Erreichbarkeit ist aus diesem Grunde für die Gesamtbewertung gegeben und bildet keinen eigenen Constraint.

Methodische Umsetzung

Diese geografischen und technischen Einschränkungsfaktoren wurden räumlich modelliert und auf das theoretische Solarenergiepotenzial angewandt.

Für die Ermittlung des elektrischen Photovoltaikpotenzials wurde ein technischer mittlerer Wirkungsgrad von Siliziumzellen von 15 % angenommen (Abbildung 3).

Ergebniskarten

- EDZ/808565/05-19a
- EDZ/808565/05-19b
- EDZ/808565/05-19cDen

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Solarenergiepotenzials erfolgt, durch die Einbindung der Constraints Landnutzung und Topografie die Berechnung des effektiv nutzbaren Photovoltaikpotenzials. Für eine realistische Abschätzung des Potenzials wurde die Annahme der Potenzialabschöpfung im versiegelten Raum mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 15 % angenommen. Das effektive Jahrespotenzial beträgt ca. 2,5 TWh.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

7. Effektive Energiepotenziale

Abbildung 1: Constraint-Tabelle Windkraftpotenzial

	Constraint:	Ausschlusswerte
Landnutzung	Seen	Seeflächen
	Nationalpark	Nationalparkflächen
	Siedlungen	Siedlungsflächen + 500m-Buffer
Topografie	Geländehöhe	oberhalb 2300m
	Hangneigung	> 15° Neigung

Abbildung 2: Effektives Windkraftpotenzial im Winter (Model Builder Dialogbox)

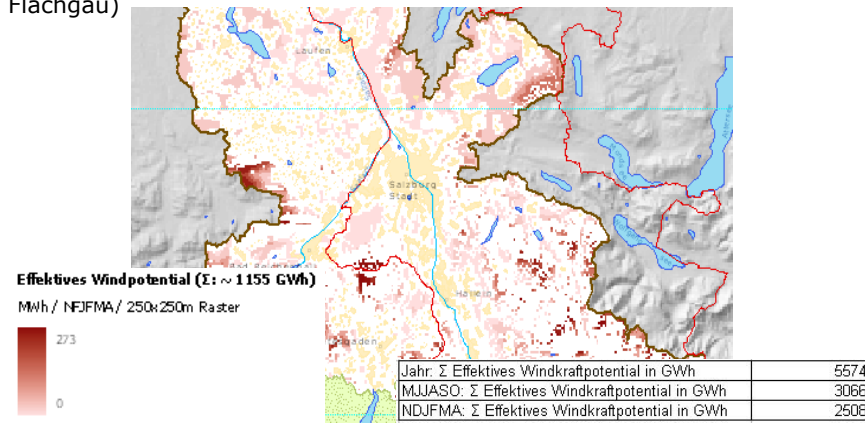
Input: theoretisches Windpotential VKAR / NDJFMA (optional)
 theoretische Windkraftpotential\theoretisches Windpot

Input: Wind_Constraint
 Wind Summe

Maske: Untersuchungsgebiet VKAR (optional)
 Orientierung\Untersuchungsgebiet VKAR

Output: Effektives Windenergiepotential / Jahr
 P:\vonenergy\05_vkar\wind\data\effective_potential\wind_p

Abbildung 3: Effektives Windkraftpotenzial im Winterhalbjahr (Ausschnitt Flachgau)



Potenzial Windkraft Effektive Modellierung

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Windkraftpotenzials erfolgt, durch die Einbindung von Einschränkungsfaktoren, die Berechnung des effektiv nutzbaren Windkraftpotenzials.

Zielsetzung

Nachdem das theoretische Potenzial eine Bewertung der gesamten nutzbaren Windenergiepotenziale aller Flächen mit einer Windgeschwindigkeit unter 13 m/s ergab, erfolgt mit der Constraint-Modellierung die Bewertung des effektiv für Stromerzeugung nutzbaren Windkraftpotenzials im Untersuchungsgebiet. Komplementäre Nutzungsarten wie Land- und Forstwirtschaft und Tourismus wurden aus der Constraint-Diskussion ausgeklammert – die Modellierung bezieht sich auf eine vollständige Nutzung von Windenergie.

Constraints

Die Bewertung des Windkraftpotenzials erfolgte über die Kategorisierung der Landnutzung. Für das effektive Windkraftpotenzial werden

- Landnutzungsconstraints und
 - Topografische Constraints
- angewandt (Abbildung 1).

Als wichtigste Constraintkriterien gelten bei Windkraftanlagen sicherlich der Mindestabstand zu Siedlungsflächen

(500 m bei einer Lärmemission von 100 dB einer Windkraftanlage) und das Errichtungsverbot in Nationalparks, sowie topografische Hemmnisfaktoren wie die Geländehöhe (2300 m technisch bedingt). Keine Einschränkung stellt für diese Bewertung die infrastrukturelle Erreichbarkeit dar (die in der Literatur angegebenen Maximalabstände zu elektrischer Infrastruktur werden durchwegs nicht erreicht, Errichtungsinfrastruktur kann durch Helikopterinstallation installiert werden).

Methodische Umsetzung

Diese rechtlichen und technischen Einschränkungsfaktoren wurden räumlich modelliert und auf das theoretische Windkraftpotenzial angewandt (Abbildung 3).

Ergebniskarten

- EDZ/808565/05-23a
- EDZ/808565/05-23b
- EDZ/808565/05-23c

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

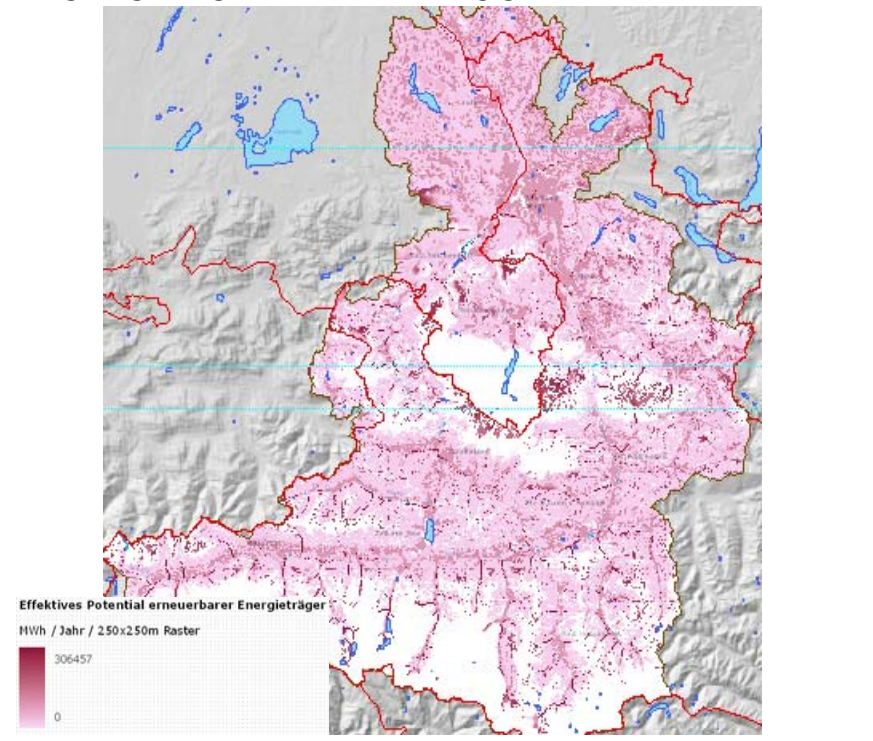
Aufbauend auf der theoretischen Modellierung des Windkraftpotenzials erfolgt die Berechnung des effektiv nutzbaren Windkraftpotenzials durch die Einbindung von Einschränkungsfaktoren der Topografie und Landnutzung mit einem Mindestabstand von 500 m zu Siedlungen (bei einer 1 MW Windkraftanlage mit 100 dB). Das effektive Jahrespotenzial beträgt ca. 5.5 TWh.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Energetisches Potenzial für das gesamte Untersuchungsgebiet

Effektive Energetische Potenziale für das gesamte Untersuchungsgebiet in GWh			
	pro Jahr	im Sommerhalbjahr	im Winterhalbjahr
Biomasse	1.725	862	862
Photovoltaik	2.524	1.995	527
Wasserkraft	13.890	8.393	5.522
Windkraft	5.574	3.066	2.508
gesamt	23.713	14.316	9.419

Abbildung 2: Effektives Energetisches Gesamtpotenzial pro Jahr aller Energieträger im gesamten Untersuchungsgebiet



8. Virtuelles Kraftwerk

Virtuelle Kraftwerke

Die Kombination der effektiven Stromenergiepotenziale dient als Grundlage für die Definition virtueller Kraftwerke.

Die Kombination der effektiven Stromerzeugungspotenziale für erneuerbare Energieträger kann als Grundlage für die Entwicklung virtueller Kraftwerke aus erneuerbaren Energieträgern herangezogen werden.

Zielsetzung

Hervorgehend aus der effektiven Stromenergiepotenzialabschätzung für die erneuerbaren Energieträger Biomasse, Hydroenergie Wind und Wasserkraft können regional hoch aufgelöste Darstellungen der Gesamtpotenzialbereitstellung getroffen werden. In Kombination mit den Verbrauchsstrukturen können daraus autarke Regionen entwickelt werden. Als einfachstes virtuelles Kraftwerk kann die Region des gesamten Untersuchungsgebietes angenommen werden.

Methodisches Vorgehen

Die räumlich hoch aufgelösten Energiepotenziale können auf Rasterzellenbasis summiert werden. Die Bewertung des einfachsten virtuellen Kraftwerks aus erneuerbaren Energieträgern im gesamten Untersuchungsgebiet ergibt ein effektives Jahrespotenzial von ca. 23 TWh (Abbildung 1). Abbildung 2 beschreibt das räumlich aufgelöste Gesamtpotenzial im Untersuchungsgebiet.

Qualitätskontrolle

Die Ergebnisse der Bewertungen für die einzelnen Energieträger wurden für die Potenziale Hydroenergie und Wind einer Qualitätskontrolle unterzogen. Für den Bereich Wasserkraft wurden die Potenziale am Kraftwerk Urstein mit den Produktionskennzahlen verglichen und von Experten anerkannt. Ebenfalls wurde für den Bereich Salzburg Nord eine Potenzialabschätzung durchgeführt und von Experten bewertet.

Für den Bereich des Energieträgers Wind erfolgte eine Potenzialabschätzung für das Tennengebirge.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-25a
EDZ/808565/05-25b
EDZ/808565/05-25c

EDZ/808565/05-36
EDZ/808565/05-37

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

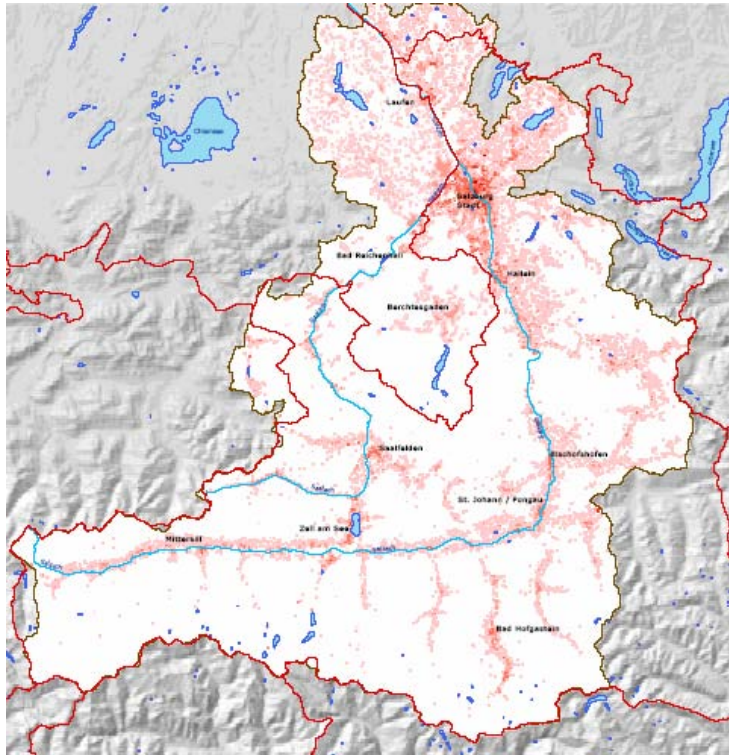
Die Kombination der berechneten effektiven Stromerzeugungspotenziale kann als Grundlage für die Entwicklung virtueller Kraftwerke aus erneuerbaren Energieträgern herangezogen werden. Die Bewertung des einfachsten virtuellen Kraftwerks aus erneuerbaren Energieträgern im gesamten Untersuchungsgebiet ergibt ein effektives Jahrespotenzial von ~ 24 TWh.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Stromverbrauch für das gesamte Untersuchungsgebiet

	GWh/Jahr	GWh/Sommer	GWh/Winter
Haushalte	1.085	484	601
Wirtschaftssektoren:			
Sektor 1	294	139	155
Sektor 2	1.399	704	695
Sektor 3	1.228	602	626
Gesamtsumme	4.006	1.929	2.077

Abbildung 2: Räumlich aufgelöste Gesamtstromverbrauchstrukturen pro Jahr



9. Verbrauchsstrukturen

Stromverbrauch im Untersuchungsgebiet

Modellierung des Gesamtverbrauchs an Strom im Untersuchungsgebiet mit Hilfe demografischer Indikatorenssysteme.

Zielsetzung

Zielsetzung ist die Entwicklung eines energiewirtschaftlichen Indikatorensets zur Modellierung der Verbrauchssituation auf Basis demografischer und wirtschaftsstatistischer Grundlagen. Ergebnis ist eine räumlich hoch aufgelöste Darstellung der Stromverbrauchssituation nach den Bereichen

- Haushalte/Wohnungen
- Primärer Wirtschaftssector
- Sekundärer Wirtschaftssector
- Tertiärer Wirtschaftssector

Die kumulierte Summe an abgesetzten MWh spiegelt den Gesamtverbrauch an Strom im Untersuchungsgebiet für das Sommer- bzw. Winterhalbjahr sowie das Gesamtjahr wider.

Umsetzung

Das theoretische und insbesondere das jeweilige effektive Potenzial zur Energieerzeugung bildet die Grundlage für die Kombination von dezentralen Erzeugungseinheiten der unterschiedlichen Energieträger zu einem „virtuellen Kraftwerk“. Dabei sind insbesondere temporale Ausgleichs- und systemische Wechselwirkungen, sowie unter-

schiedliche Erzeugungscharakteristika zu berücksichtigen.

Potenzialdiskussion

Den Erzeugungspotenzialen sind in einem weiteren Schritt die regional spezifischen Verbrauchsstrukturen für elektrische Energie gegenüberzustellen. Dies ist wiederum zu einem integrierten räumlichen Bedarfsmodell weiterzuentwickeln.

Ergebniskarte

EDZ/808565/05-27a

References

Entwicklung der erneuerbaren Energieträger (2004)

Management Summary

Ziel ist die Entwicklung eines räumlich aufgelösten energiewirtschaftlichen Indikatorensets auf Basis der Verbrauchsstrukturen der

- Haushalte/Wohnungen und der wirtschaftsstatistischen Einteilungen
 - Primärer Sektor
 - Sekundärer Sektor
 - Tertiärer Sektor
- zur räumlich aufgelösten Modellierung des Gesamtverbrauchs an Strom im Untersuchungsgebiet.*

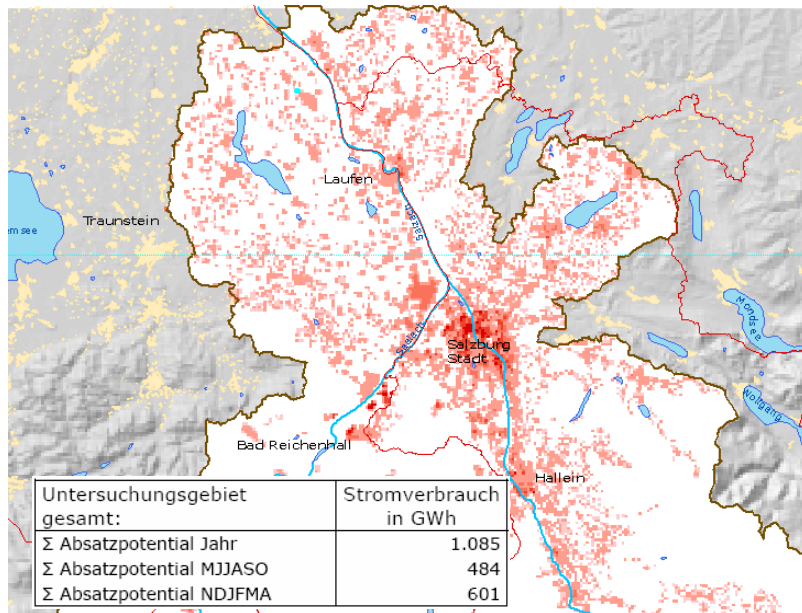
Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Auszug: Verwendung elektrischer Energie Haushalte (E-control, 2000); siehe auch ÖNACE Gliederung Seite 17

Komponenten der Verwendung (Angaben in GWh)		Öffentliche Elektrizitätsversorgung	Gesamte Elektrizitätsversorgung	Anteile an der Verwendung bzw. am Inlandstromverbrauch (ohne Verbrauch für PSP)	
Verbraucher (Bezug von EVU und Verbrauch für eigene Fertigung)	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	950,8	964,4	1,3%	1,6%
	Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen	880,4	923,6	1,2%	1,6%
	Private Haushalte	11.388,4	11.400,9	15,1%	19,5%
	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	7,0	7,0	0,0%	0,0%

	Insgesamt	46.594,3	53.749,5	71,0%	91,9%

Abbildung 2: Stromverbrauch (Absatzdichte in GWh) Haushalte / Wohnungen pro Jahr



9. Verbrauchsstrukturen

Verbrauchsstruktur Haushalte/Wohnungen

Modellierung der Verbrauchsstrukturen für Haushalte mit demografischer Strukturinformation auf Basis eines 250 m-Rasters.

Zielsetzung

Auf Basis der im gesamten Projektgebiet einheitlichen – auf 250 m-Raster vorliegender – Strukturinformation (Anzahl der Haushalte pro Rasterzelle) erfolgt die räumlich aufgelöste modellhafte Berechnung der elektrischen Verbrauchsstrukturen für Haushalte pro Rasterzelle im Untersuchungsgebiet.

Methodische Umsetzung

Die Modellierung des durchschnittlichen Strombedarfs pro Haushalt errechnete sich aus der VEOE Statistik „Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000“ (siehe Abbildung 1) in Kombination mit der Demografie-statistik (Σ der Privathaushalte) der Statistik Austria 2000:

- *Absatzdichte Haushalt: 4044 kWh/a*
- Die Bewertung des unterschiedlichen Strombedarfs für das Sommer- bzw. Winterhalbjahr erfolgte durch die Aufgliederung des Stromverbrauchs anhand eines synthetischen Lastprofils für Haushalte in Österreich (H0) für das Jahr 2005 (<http://www.apcs.at>), mit folgendem

Ergebnis für Haushalte/Wohnungen:

- Sommer (MJJASO): 44,63 %
- Winter (NDJFMA): 55,37 %

Ergebnisdiskussion

Basierend auf statistischen Datengrundlagen wurde die Modellierung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Haushalte/Wohnungen durchgeführt. Die Ergebnisse finden sich in Abbildung 2.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-27a
EDZ/808565/05-27b
EDZ/808565/05-27c

References

E-control, 2001, Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000
Statistik Austria, 2000, Statistisches Jahrbuch 2001
APCS Power Clearing and Settlement AG, 2005, Synthetisches Lastprofil 2005

Management Summary

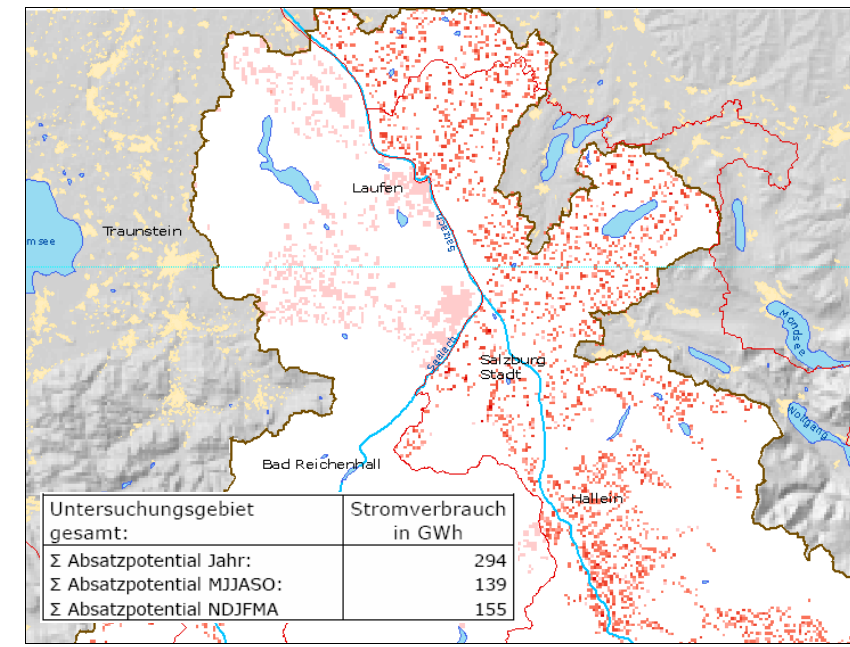
Die Bewertung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Haushalte/Wohnungen liefert als Ergebnis die räumlich hoch aufgelöste Berechnung des Strombedarfs, basierend auf der Kombination von Demografiestatistik, Energieverwendungsstatistiken und synthetischen Lastprofilen für Strom. Ergebnisse sind Verbrauchsmodellierungen für Sommer, Winter und Jahr.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Auszug: Verwendung elektrischer Energie – Primärer Sektor (E-control, 2000); siehe auch ÖNACE Gliederung Seite 17

Komponenten der Verwendung (Angaben in GWh)	Öffentliche Elektrizitätsversorgung	Gesamte Elektrizitätsversorgung	Anteile an der Verwendung bzw. am Inlandstromverbrauch (ohne Verbrauch für PSP)	
Land- und Forstwirtschaft	1.427,0	3,4	1.430,3	1,9%
Fischerei und Fischzucht	0,6	0,0	0,6	0,0%
Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	531,3	51,0	582,4	0,8%
Sachgütererzeugung	14.690,7	6.100,5	20.791,3	27,5%
....
Insgesamt	46.594,3	53.749,5	71,0%	91,9%

Abbildung 2: Stromverbrauch (Absatzdichte in GWh) der Beschäftigten im primären Sektor pro Jahr



9. Verbrauchsstrukturen

Verbrauchsstruktur Primärer Sektor

Modellierung der Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im primären Wirtschaftssektor mit demografischer Strukturinformation auf Basis eines 250 m-Rasters.

Zielsetzung

Auf Basis der im gesamten Projektgebiet einheitlichen – auf 250 m-Raster vorliegenden – Strukturinformation (Anzahl der Beschäftigten im primären Sektor pro Rasterzelle) erfolgte die räumlich aufgelöste modellhafte Berechnung der elektrischen Verbrauchsstrukturen für die Zahl der Beschäftigten pro Rasterzelle im Untersuchungsgebiet.

Methodische Umsetzung

Die Modellierung des durchschnittlichen Strombedarfs pro Beschäftigtem errechnete sich aus der VEOE Statistik „Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000“ (siehe Abbildung 1) in Kombination mit der Demografiestatistik (Σ der Beschäftigten im primären Sektor) der Statistik Austria 2000:

- **Absatzdichte:**
Primärer Sektor: 8034 kWh/a

Die Bewertung des unterschiedlichen Strombedarfs für das Sommer- bzw. Winterhalbjahr erfolgte durch die Aufgliederung des Stromverbrauchs anhand eines synthetischen Lastprofils in Österreich für das Jahr 2005

(<http://www.apcs.at>) mit folgendem Ergebnis für den primären Wirtschaftssektor:

- Sommer (MJJASO): 47,26 %
- Winter (NDJFMA): 53,74 %

Ergebnisdiskussion

Basierend auf statistischen Datengrundlagen wurde die Modellierung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im primären Sektor durchgeführt. Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich das in Abbildung 2 beschriebene Absatzpotential für den primären Wirtschaftssektor.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-28a
EDZ/808565/05-28b
EDZ/808565/05-28c

References

- E-control, 2001, Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000
- Statistik Austria, 2000, Statistisches Jahrbuch 2001
- APCS Power Clearing and Settlement AG, 2005, Synthetisches Lastprofil 2005

Management Summary

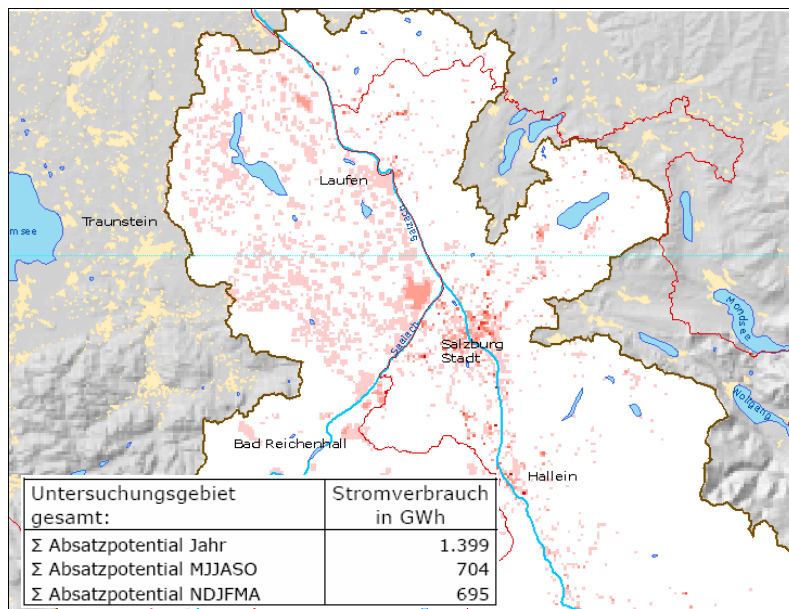
Die Bewertung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im primären Sektor liefert als Ergebnis die räumlich hoch aufgelöste Berechnung des Strombedarfs, basierend auf der Kombination von Demografiestatistik, Energieverwendungsstatistiken und synthetischen Lastprofilen für Strom. Ergebnisse sind Verbrauchsmodellierungen für Sommer, Winter und Jahr.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Auszug: Verwendung elektrischer Energie Sekundärer Sektor (E-control, 2000); siehe auch ÖNACE Gliederung Seite 17

Komponenten der Verwendung (Angaben in GWh)	Öffentliche Elektrizitätsversorgung	Gesamte Elektrizitätsversorgung	Anteile an der Verwendung bzw. am Inlandstromverbrauch (ohne Verbrauch für PSP)	
Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	531,3	51,0	582,4	0,8%
Sachgütererzeugung	14.690,7	6.100,5	20.791,3	27,5%
Energie- und Wasserversorgung	386,2	44,9	431,1	0,6%
Bauwesen	135,3	0,0	135,3	0,2%
....
Insgesamt	46.594,3	53.749,5	71,0%	91,9%

Abbildung 2: Stromverbrauch (Absatzdichte in GWh) der Beschäftigten im sekundären Sektor pro Jahr



9. Verbrauchsstrukturen

Verbrauchsstruktur Sekundärer Sektor

Modellierung der Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im sekundären Wirtschaftssektor mit demografischer Strukturinformation auf Basis eines 250 m-Rasters.

Zielsetzung

Auf Basis der im gesamten Projektgebiet einheitlichen – auf 250 m-Raster vorliegenden – Strukturinformation (Anzahl der Beschäftigten im sekundären Sektor pro Rasterzelle) erfolgte die räumlich aufgelöste modellhafte Berechnung der elektrischen Verbrauchsstrukturen für die Zahl der Beschäftigten pro Rasterzelle im Untersuchungsgebiet.

Methodische Umsetzung

Die Modellierung des durchschnittlichen Strombedarfs pro Beschäftigtem errechnete sich aus der VEOE Statistik „Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000“ (siehe Abbildung 1) in Kombination mit der Demografie-statistik (Σ der Beschäftigten im sek. Sektor) der Statistik Austria 2000:

- **Absatzdichte:**
Sekundärer Sektor: 21.913 kWh/a

Die Bewertung des unterschiedlichen Strombedarfs für das Sommer- bzw. Winterhalbjahr erfolgte durch die Aufgliederung des Stromverbrauchs anhand eines synthetischen Lastprofils in Österreich für das Jahr 2005

(<http://www.apcs.at>) mit folgendem

Ergebnis für den sekundären Wirtschaftssektor:

- Sommer (MJJASO): 50,30 %
- Winter (NDJFMA): 49,70 %

Ergebnisdiskussion

Basierend auf statistischen Datengrundlagen wurde die Modellierung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im sekundären Sektor durchgeführt. Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich das in Abbildung 2 beschriebene Absatzpotential für den sekundären Wirtschaftssektor.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-29a
EDZ/808565/05-29b
EDZ/808565/05-29c

References

E-control, 2001, Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000
Statistik Austria, 2000, Statistisches Jahrbuch 2001
APCS Power Clearing and Settlement AG, 2005, Synthetisches Lastprofil 2005

Management Summary

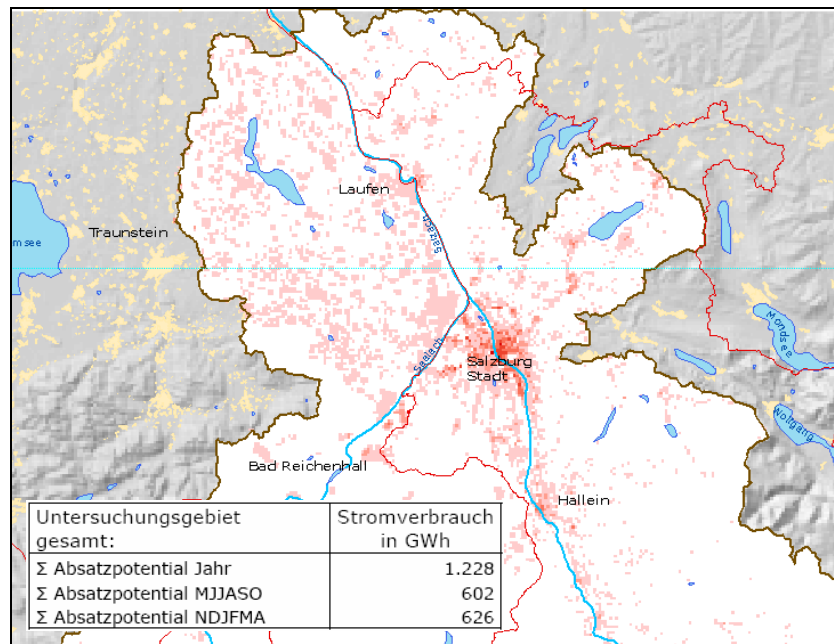
Die Bewertung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im sekundären Sektor liefert als Ergebnis die räumlich hoch aufgelöste Berechnung des Strombedarfs, basierend auf der Kombination von Demografiestatistik, Energieverwendungsstatistiken und synthetischen Lastprofilen für Strom. Ergebnisse sind Verbrauchsmodellierungen für Sommer, Winter und Jahr.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Auszug: Verwendung elektrischer Energie – Tertiärer Sektor (E-control, 2000); siehe auch ÖNACE Gliederung Seite 17

Komponenten der Verwendung (Angaben in GWh)	Öffentliche Elektrizitätsversorgung	Gesamte Elektrizitätsversorgung	Anteile an der Verwendung bzw. am Inlandstromverbrauch (ohne Verbrauch für PSP)	
Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern	1.822,3	80,2	1.902,5	2,5%
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	1.097,6	7,7	1.105,3	1,5%
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	3.080,8	637,4	3.718,2	4,9%
Kredit- und Versicherungswesen	316,4	0,0	316,4	0,4%
....
Insgesamt	46.594,3	53.749,5	71,0 %	91,9 %

Abbildung 2: Stromverbrauch (Absatzdichte in GWh) der Beschäftigten im tertiären Sektor pro Jahr



9. Verbrauchsstrukturen

Verbrauchsstruktur Tertiärer Sektor

Modellierung der Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im tertiären Wirtschaftssektor mit demografischer Strukturinformation auf Basis eines 250 m-Rasters.

Zielsetzung

Auf Basis der im gesamten Projektgebiet einheitlichen – auf 250 m-Raster vorliegenden – Strukturinformation (Anzahl der Beschäftigten im tertiären Sektor pro Rasterzelle) erfolgte die räumlich aufgelöste modellhafte Berechnung der elektrischen Verbrauchsstrukturen für die Zahl der Beschäftigten pro Rasterzelle im Untersuchungsgebiet.

Methodische Umsetzung

Die Modellierung des durchschnittlichen Strombedarfs pro Beschäftigtem errechnete sich aus der VEOE Statistik „Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000“ (siehe Abbildung 1) in Kombination mit der Demografie-statistik (Σ der Beschäftigten im tertiären Sektor) der Statistik Austria 2000:

- **Absatzdichte:**
Tertiärer Sektor: 6.679 kWh/a

Die Bewertung des unterschiedlichen Strombedarfs für das Sommer- bzw. Winterhalbjahr erfolgte durch die Aufgliederung des Stromverbrauchs anhand eines synthetischen Lastprofils in Österreich für das Jahr 2005 (<http://www.apcs.at>), mit folgendem

Ergebnis für den tertiären Wirtschaftssektor:

- Sommer (MJJASO): 49,03 %
- Winter (NDJFMA): 50,97 %

Ergebnisdiskussion

Basierend auf statistischen Datengrundlagen erfolgte die Modellierung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im tertiären Sektor. Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich das in Abbildung 2 beschriebene Absatzpotential für den tertiären Wirtschaftssektor.

Ergebniskarte

EDZ/808565/05-30a
EDZ/808565/05-30b
EDZ/808565/05-30c

References

- E-control, 2001, Aufbringung und Verwendung elektrischer Energie 2000
- Statistik Austria, 2000, Statistisches Jahrbuch 2001
- APCS Power Clearing and Settlement AG, 2005, Synthetisches Lastprofil 2005

Management Summary

Die Bewertung der potenziellen Verbrauchsstrukturen für Beschäftigte im tertiären Sektor liefert als Ergebnis die räumlich hoch aufgelöste Berechnung des Strombedarfs, basierend auf der Kombination von Demografiestatistik, Energieverwendungsstatistiken und synthetischen Lastprofilen für Strom. Ergebnisse sind Verbrauchsmodellierungen für Sommer, Winter und Jahr.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

10. Regionalisierung

Abbildung 1: Autarke Regionenbildung Übersicht

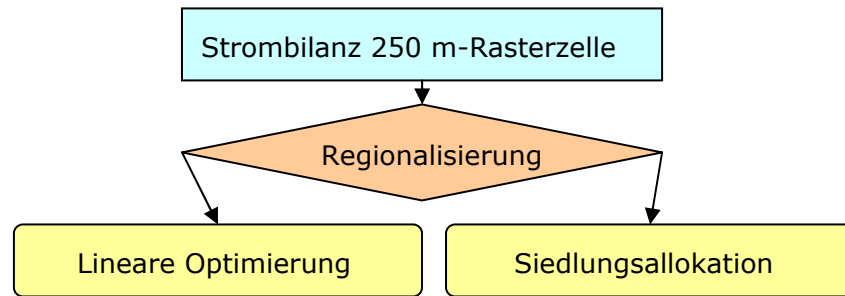
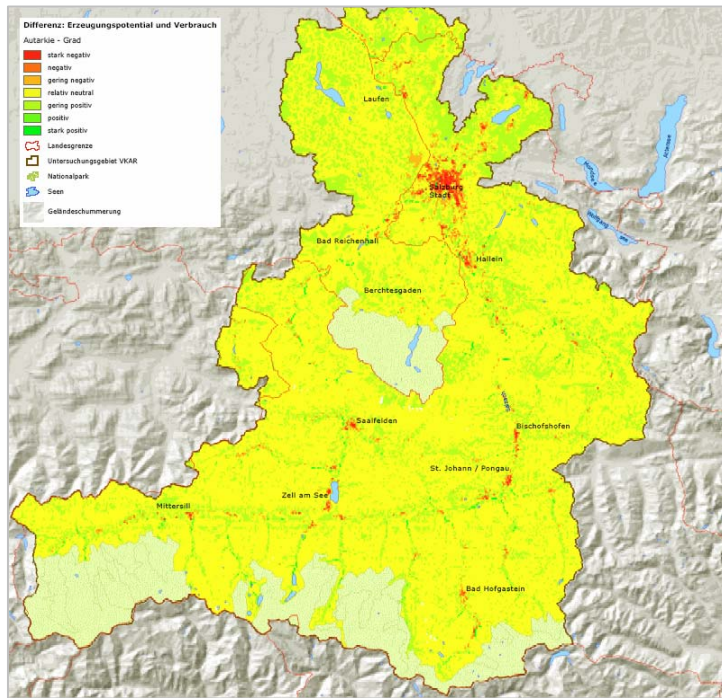


Abbildung 2: Energetische Strombilanz pro 250 x 250 m-Rasterzelle



Autarke Regionen für virtuelle Kraftwerke

Energetische Potenziale erfordern zu meist eine zonale Aggregation zur Erzielung kritischer Massen – Beispiele dafür sind hydrografische Einzugsgebiete bzw. der Transport von Biomasse zu Generierungsanlagen. Im Gegensatz dazu wird Windenergie und Photovoltaik dezentral generiert.

Aus planungs- und errichtungs-technischen Gründen ist eine gewisse räumliche Clusterung von Vorteil. Ebenso ist auch zur Erlangung der erforderlichen Ausgleichswirkung zwischen unterschiedlich auf Wetter und Klima reagierenden Energieträgern eine eng vermaschte leitungstechnische Vernetzung der Generierungs-Orte unerlässlich.

Zielsetzung

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, eine Regionalisierung nach unterschiedlichen Kriterien vorzunehmen, die einem methodischen Mix aus homogenen und funktional/nodalen Regionen entspricht. Determinanten wie hydrografischen Einzugsgebieten stehen flächenhafte Allokation (Biomasse) und die Vernetzung geeigneter Erzeugungsorte (Wind, Sonne) gegenüber. Hier sind an mehreren Stellen methodische Neukonzeptionen und Lösungen für kombinierte Regionalisierungs- bzw. Clusterungsansätze erforderlich.

Methodische Umsetzung

Anhand von zwei verschiedenen Regionalisierungsmethoden, der

- Regionalisierung mit linearer Optimierung und der
- Geografischen Regionalisierung von Verbrauchsallokationsregionen basierend auf Siedlungsflächen

(Abbildung 1) werden Lösungswege vorgestellt, um geclusterte, in sich autarke Regionen für virtuelle Kraftwerke zu entwickeln. Als Grundlage für diese Regionalisierung dienen die räumlich hoch aufgelösten (250 x 250 m) Verbrauchsstrukturen. (Abbildung 2)

Ergebniskarte

EDZ/808565/05-38

Management Summary

Regionen sind im gegenständlichen Projekt gleichermaßen Ergebnisse wie auch Kriterien für Aggregation von Indikatoren. Insbesondere das zentrale Ziel der Konzeption „virtueller Kraftwerke“ mit hohem Kompensationspotenzial und „autarker Regionen“ mit optimierter lokaler Generierung erfordert flexiblen Umgang mit regionaler Aggregation. Unter Berücksichtigung der Bedarfsstruktur werden durch die Kombination der erneuerbaren Energieträger möglichst autarke Regionen modelliert.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Relevante Region wird durch ein Bilanzraster beschrieben. Modellannahme: Je zwei benachbarte Zellen können Energie austauschen.

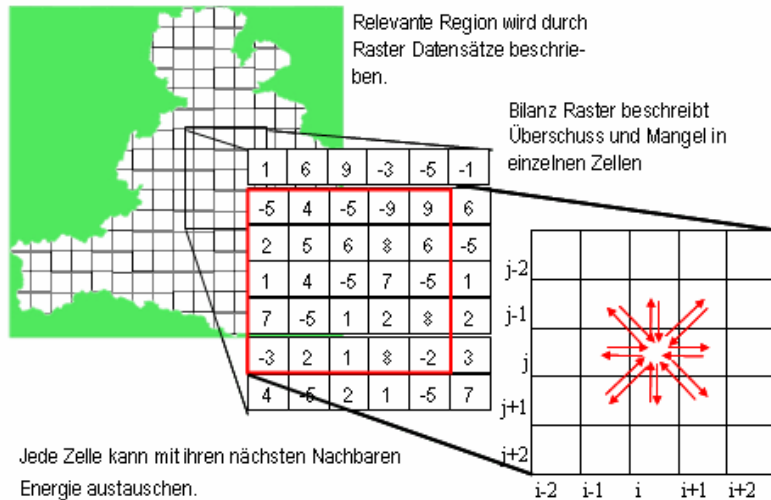
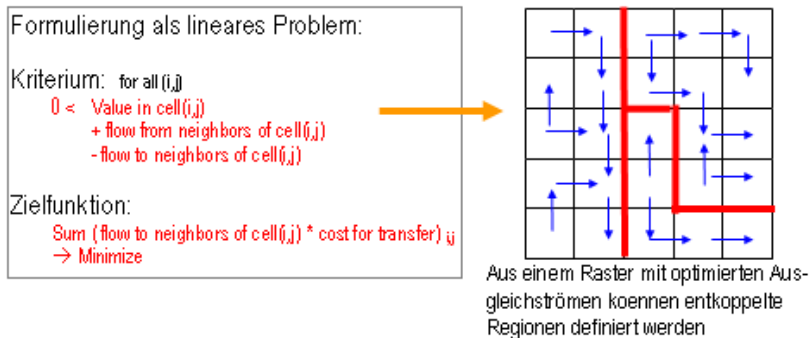


Abbildung 2: Formulierung des Modells in Form einer linearen Gleichungsmatrix, deren optimale Lösung eine optimale Aufteilung in Unterregionen beschreibt.



10. Regionalisierung

Regionalisierung mit linearer Optimierung

Eine energetisch autarke Region ist wie folgt definiert: Der Potenzialüberschuss an Energie in einer betrachteten Region deckt oder übertrifft den auftretenden Verbrauch in derselben Region.

Zielsetzung

Basierend auf dieser Definition soll eine vorgegebene Region, die ihrerseits autark ist, in Unterregionen aufgeteilt werden, von denen jede ebenfalls diesem Kriterium entspricht. Um dies zu erreichen, muss eine räumlich aufgelöste Bewertung der Potenzialüberschüsse sowie -mängel erfolgen. Dazu wird die gesamte Region mit einem Indexraster beschrieben, dessen Zellwerte einen Energieüberschuss (+) oder -mangel (-) aufweisen.

Methodische Umsetzung

Im Modell wird nun angenommen, dass jede Zelle mit ihren nächsten Nachbarn Energie austauschen kann (Abbildung 1). Eine mögliche Lösung ist gefunden, sobald die Summe von Ausgleichsflüssen alle negativen Zellwerte kompensiert. Die Struktur der Ausgleichsflüsse erlaubt nun die Selektion von gekoppelten Zellgruppen von denen jede dem Autarkiekriterium entspricht.

Im Allgemeinen kann eine riesige Anzahl an möglichen Ausgleichsströmen gefunden werden, die eine mögliche Lösung repräsentieren. Um diese Lösungen zu bewerten, werden jedem Austausch von Energie Kosten zugewiesen. Die Summe über all diese Kosten entspricht dem Bewertungskriterium.

In diesem Sinne wäre im Falle von ausschließlich positiven Zellwerten die optimale Lösung bereits gefunden – jede Zelle für sich ist autark und ein Ausgleich ist nicht nötig.

Ansonsten wird eine optimale Lösung für Ausgleichsströme mit Hilfe einer linearen Optimierung gewonnen (minimale Kosten).

Hierfür werden die angenommenen Kriterien sowie die Zielfunktion in Form einer linearen Gleichungsmatrix formuliert (Abbildung 2), welche mit kommerziellen linearen Solvern gelöst werden kann. Das Ergebnis zeigt die Summe aus optimierten Ausgleichsströmen.

Management Summary

Das Modell zur Definition autarker Regionen basiert auf dem Prozess der linearen Optimierung. Zielsetzung der Optimierung ist die Reduktion räumlicher Disparitäten in der Energiebilanz erneuerbarer Energieträger. Mit einer definierten Energieflusstruktur können somit zusammenhängende Cluster entwickelt werden.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Aus der Differenz der kumulierten energetischen Potenziale und der kumulierten Stromnachfrage wird ein Bilanzraster für die betrachtete Region gewonnen.

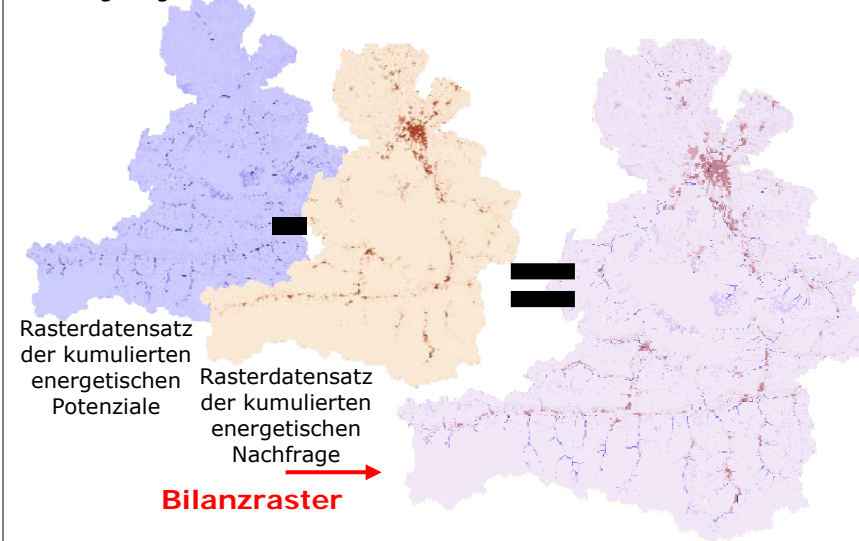
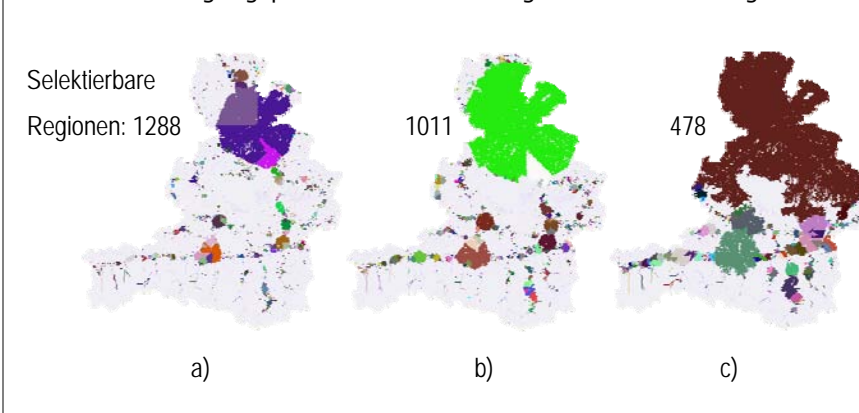


Abbildung 2: Farbcodierte autarke Regionen als Ergebnis einer Modellierung mit vollständig (a), zur Hälfte (b) und zum vierten Teil (c) nutzbaren effektiven Erzeugungspotenzials zur Deckung der Stromnachfrage



10. Regionalisierung

Regionalisierung mit linearer Optimierung

Beschreibung der Methodik der Regionalisierung mit Hilfe der linearen Optimierung und Ergebnisdiskussion

Methodische Umsetzung

Für die betrachtete Region werden zwei Rasterdatensätze erstellt, die zum einen die Potenziale für Solarkraft, Windkraft, Biomasse und Wasserkraft, sowie zum anderen die auftretende Stromnachfrage aus Privathaushalten, Industrie und Dienstleistungen akkumulieren. Aus der Differenz dieser beiden Rasterdatensätze wird ein Bilanzraster mit Überschuss und Mangel pro Rasterzelle errechnet, welches als Input für die Modellierung autarker Regionen dient (Abbildung 1).

Ergebnisdiskussion

Ein optimales Ergebnis – im Sinne der für die Modellierung zugrunde gelegten Kriterien – ist in Abbildung 2 a) dargestellt. Wie aus der Vorgabe des Bilanzrasters schon zu schließen ist, zeigt sich eine Bildung von Schwerpunktreionen im Wesentlichen um größere Verbrauchszentren. Im Gegensatz dazu können nachfrageschwache Bereiche außerhalb der Zentren in der Regel durch nahe gelegene Potenziale versorgt werden und bilden dementsprechend kleine autarke Splitterregionen.

Basierend auf der Tatsache, dass eine Ausschöpfung des kompletten verfügbaren effektiven Potenzials – wie es

dieser Berechnung zu Grunde liegt – vielmehr einer virtuellen Grenzbedingung als einer tatsächlichen Option entspricht, wurden noch zwei weitere Modellierungen durchgeführt (siehe Abbildung 2 b) und c)). In diesen wird angenommen, dass jeweils nur die Hälfte (b) bzw. ein Viertel (c) des effektiven Potenzials in jeder Rasterzelle für eine Deckung der Nachfrage zur Verfügung steht.

Wie zu erwarten, ist nun ein Wachsen der einzelnen Regionen zu verzeichnen, da die Verbrauchsdeckung nun durch eine weiter reichende Potenzialabschöpfung erfolgen muss. Dadurch bedingt, wachsen nun einzelne Regionen mit anderen zusammen, um in größeren Verbänden ihrerseits wiederum das Autarkiekriterium zu erfüllen. Dies lässt sich deutlich an der sinkenden Gesamtzahl der ermittelten Regionen ablesen.

Ergebniskarten

EDZ/808565/05-40a
EDZ/808565/05-40b
EDZ/808565/05-40c

Management Summary

Der Bilanzraster der betrachteten Region dient als Input für die Modellierung autarker Regionen. Abhängig von der Annahme des verfügbaren effektiven Erzeugungspotenzials ergibt sich eine abweichende optimale Clusterung von als autark definierten Regionen.

Abbildung 1: Siedlungsallokation im Zentralraum Salzburg

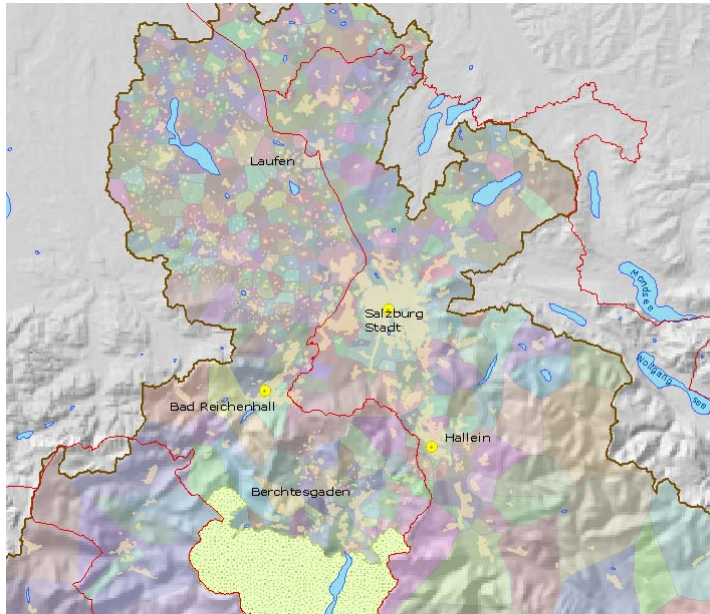
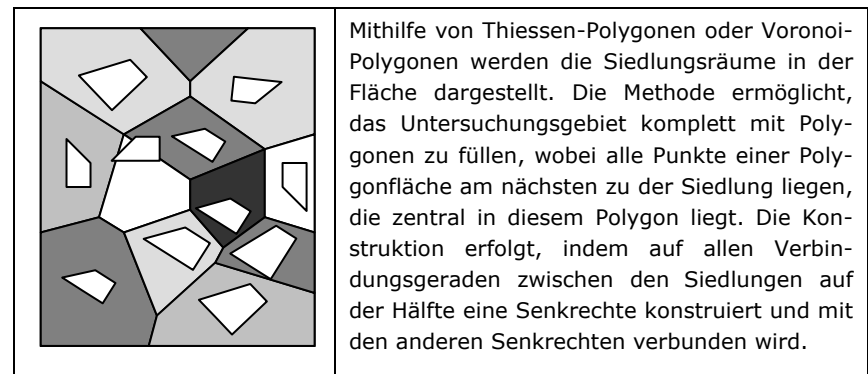


Abbildung 2: Thiessen-Allokation-Algorithmus der Siedlungsflächen im Untersuchungsgebiet



Regionalisierung mit Hilfe geografischer Siedlungsallokation

Definition von geografischen Kleinstregionen auf Basis der Siedlungsstrukturen mit einem indirekt proportionalen Region-Grow-Algorithmus zur Regionbildung

Zielsetzung

In einem ersten Schritt ist das gesamte Untersuchungsgebiet, basierend auf den Siedlungsflächen, Allokationspolygonen zuzuordnen (die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes wird mittels eines Thiessen-Polygon-Algorithmus der nächstgelegenen Siedlung zugeordnet). Diesen Allokationspolygonen gilt es, die Verbrauchs- und Erzeugungspotenziale flächenhaft zuzuordnen (Abbildung 1). Das daraus resultierende Differenzraster beschreibt für diese Allokationsregionen (~600) den Energieüberschuss (+) bzw. den Energiemangel (-).

Methodische Umsetzung

Anhand der Siedlungsflächen wird ein Allokationsalgorithmus zur Zuordnung der gesamten Fläche des Untersuchungsgebietes ausgeführt (Abbildung 2). Für die daraus entwickelten Allokationsregionen wird der potenzielle Stromabsatz pro Jahr und der potenzielle Jahresertrag an Strom aus den erneuerbaren Energieträgern Photovoltaik, Wasserkraft und Wind modelliert und die Differenzsumme errechnet.

Das Potenzial für Biomasse wird den im Untersuchungsgebiet befindlichen Bezirkshauptortregionen sowie in Bayern der Region Bad Reichenhall, unter der Annahme der zentralen Erzeugung von Biomasseenergie, aliquot zugeordnet (=Startregionen).

Im Modell wird nun angenommen, dass jede Region mit dem nächsten Nachbarn Energie austauschen kann. Ausgehend von diesen Startregionen wachsen diese Flächen mit dem Algorithmus der besten Komplementarität. Am Ende dieses Wachstumsprozesses finden sich ausgehend von diesen Startregionen am Ende fünf Hauptregionen für das Untersuchungsgebiet.

Ergebniskarte

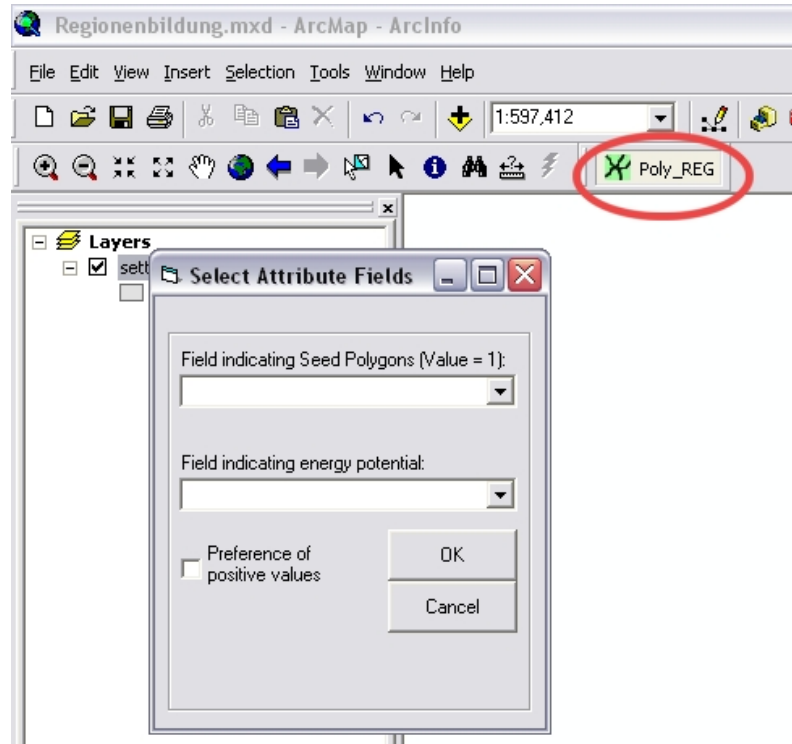
EDZ/808565/05-39a
EDZ/808565/05-39b

Management Summary

Das Modell zur Definition autarker Regionen basiert auf der Definition geografischer Kleinstregionen, die über einen Wachstumsalgorithmus zu Hauptregionen zusammengefasst werden. Den Bezirkshauptortregionen und der Region Bad Reichenhall wird das Biomassepotenzial für die zentrale Energieerzeugung aus Biomasse zugeordnet. Diese Regionen fungieren aus diesem Grund als Startpunkt für die Regionalisierung auf Basis geografischer Siedlungsallokation.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

Abbildung 1: Der Screenshot zeigt die Abfrage sowohl des Startpolygons als auch des Merkmalfeldes, auf dessen Grundlage die Regionenbildung erfolgen soll. Der Aufruf des Tools erfolgt über den rot umrahmten Button in ArcMap



History-Funktion:

Das History-File ermöglicht die Protokollierung der Entwicklung der Regionen aus den Seed-Polygonen. Es enthält alle Ausgangspolygone mit einer zusätzlichen History-ID, welche angibt, innerhalb welchen Iterationsschrittes das Polygon der Region zugewiesen wurde. Diese Protokollierung ermöglicht nachträglich eine Analyse aber auch eine Animation der Regionenbildung und somit möglicherweise auch eine Verbesserung derselben bei folgenden Berechnungen.

10. Regionalisierung

Regionalisierung mit Hilfe geografischer Siedlungslokation

Beschreibung des Algorithmus zur Entwicklung zusammenhängender Regionen, ausgehend von „Seed-Polygonen“.

Methodische Umsetzung

Ausgehend von einem Shapefile mit aneinander grenzenden Einzelpolygonen und einer bestimmten Anzahl von definierten Startpolygone („Seed Polygons“) werden räumlich zusammenhängende Regionen auf Grundlage eines bestimmten Merkmals (z. B. Energiepotenzial) gebildet (Abbildung 1).

Algorithmus

Die Startpolygone werden durch den Eintrag „1“ in einem Tabellenfeld definiert. Alle anderen Polygone erhalten den Wert „0“. Das Merkmalfeld, nach dem die Regionenbildung erfolgen soll, kann frei gewählt werden. In einem iterativen Prozess werden nun nacheinander für jedes Startpolygon alle direkt angrenzenden Nachbarpolygone abgefragt und deren Merkmalswert mit dem des Startpolygons verglichen. In der vorliegenden Implementierung des Algorithmus wird nach einem Nachbarpolygon gesucht, welches das Merkmal (hier: Energiepotenzial) des Ausgangspolygons möglichst ausgleicht – also möglichst komplementär dazu ist.

Dieses Nachbarpolygon wird dann mit dem Ausgangspolygon verschmolzen.

Gleichzeitig wird für das neue Polygon der Merkmalswert als Addition der Werte der beiden verschmolzenen Polygone neu berechnet und abgespeichert.

Dieser Prozess wird nun iterativ auf jedes Startpolygon angewendet. Sobald für jedes Startpolygon das komplementäre Nachbarpolygon gefunden und mit diesem zusammengefasst wurde, beginnt der Prozess wieder von vorne.

Dies wird nun so lange wiederholt, bis alle Polygone einer Region zugewiesen wurden, oder keine zusammenhängenden Polygone mehr vorhanden sind. Die Anzahl der gebildeten Regionen entspricht der Anzahl der Startpolygone.

Ergebniskarte

EDZ/808565/05-39c

Management Summary

Das Modell zur Definition autarker Regionen basiert auf der Definition geografischer Kleinstregionen, die über einen Wachstumsalgorithmus zu Hauptregionen zusammengefasst werden. Ausgehend von definierten Startpolygone („Seed Polygons“) werden räumlich zusammenhängende Regionen auf Grundlage eines bestimmten Merkmals gebildet, die das Energiepotenzial des Ausgangspolygons bestmöglich ausgleichen.

Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen

11. Schlussfolgerungen & Ausblick

Abbildung 1: Projektrahmen

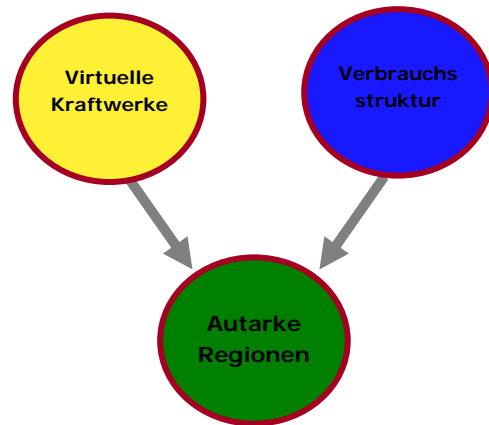


Abbildung 2: Theoretische und effektive erneuerbare Energiepotenziale

Energiepotenziale in GWh						
	Theoretisch			Effektiv		
	Jahr	Sommer	Winter	Jahr	Sommer	Winter
Biomasse	11.189	5.594	5.594	1.725	862	862
Photovoltaik	149.283	118.840	30.314	2.524	1.995	527
Wasserkraft	16.064	9.755	6.333	13.890	8.393	5.522
Windkraft	44.897	24.693	20.204	5.574	3.066	2.508
gesamt	221.433	158.882	62.445	23.713	14.316	9.419

Abbildung 3: Stromverbrauch aller Verbraucher

Stromverbrauch im Untersuchungsgebiet in GWh			
	Jahr	Sommer	Winter
Haushalte	1.085	484	601
Sektor 1	294	139	155
Sektor 2	1.399	704	695
Sektor 3	1.228	602	626
gesamt	4.006	1.929	2.077

VKAR Schlussfolgerungen und Ausblick

Diskussion der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt VKAR und ein Ausblick über seine zukünftige Anwendbarkeit

Ergebnisse

Die Ergebnisse des VKAR-Projekts zeigen, dass die räumliche Modellierung der effektiven Stromerzeugungspotenziale von erneuerbaren Energieträgern und der Stromverbrauchsstrukturen von Haushalten und Wirtschaftssektoren als Entscheidungsunterstützung besonders geeignet ist.

Schlussfolgerungen

Die Modellierung der effektiven Strompotenziale aus erneuerbaren Energieträgern weist für das gesamte Untersuchungsgebiet ein sehr hohes Autarkiepotenzial auf. Die Gesamtregion hat dementsprechend unter Ausnützung der abgeschätzten Energiepotenziale sehr gute Möglichkeiten, sich autark mit Energie zu versorgen.

Vergleicht man die Potenziale der einzelnen Energieträger, ist die Größe des Wasserkraftpotenzials besonders auffällig. Einer genaueren Untersuchung bedarf das Biomassepotenzial, denn nur wenn neben dem elektrischen Potenzial auch das beachtliche Wärmepotenzial dieses Energieträgers bewertet wird, können aussagekräftige Vergleiche gezogen werden.

Ausblick

Der Modellansatz ermöglicht in der vorliegenden Version die Anwendung der VKAR-Methodiken sowohl in der Makroebene (Österreich, EU), als auch in der Mikroebene (Gemeinden, Landkreise).

Weiterführender Forschungsbedarf

Ein wesentliches Ziel weiter führender Arbeiten sollte die Einbeziehung des Faktors Wärme in die energetische Potenzialabschätzung sein. Hierzu wäre eine detaillierte Untersuchung jedes einzelnen Energieträgers sinnvoll.

Ebenso wichtig ist es, über das effektive Energiepotenzial hinaus auch das technische Energiepotenzial der einzelnen Energieträger abzuschätzen, um eine brauchbare Entscheidungshilfe für die Planung neuer Anlagen anbieten zu können. Dazu bedarf es der Entwicklung hoch auflösender Modelle unter Einbeziehung der technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Potenzialnutzung.

Management Summary

Die Gesamtregion hat unter Ausnützung der abgeschätzten Energiepotenziale sehr gute Möglichkeiten, sich autark mit Energie zu versorgen. Besondere Bedeutung kommt dem Wasserkraftpotenzial zu. Schwerpunkte für zukünftige Projekte sollten die Einbeziehung des Faktors Wärme in die energetische Potenzialabschätzung und die Abschätzung des technischen Energiepotenzials sein.

Kartenverzeichnis 1

Kartenummer	Kartentitel	Interne Bezeichnung
Biomasse:		
EDZ/808565/05-16a	Biomasse Theoretisches Potenzial pro Jahr	(biomasse_theoretic_jahr)
EDZ/808565/05-16b	Biomasse Theoretisches Potenzial pro Sommerhalbjahr	(biomasse_theoretic_sommer)
EDZ/808565/05-16c	Biomasse Theoretisches Potenzial pro Winterhalbjahr	(biomasse_theoretic_winter)
EDZ/808565/05-17a	Biomasse Effektives Potenzial pro Jahr	(biomasse_effective_jahr)
EDZ/808565/05-17b	Biomasse Effektives Potenzial pro Sommerhalbjahr	(biomasse_effective_sommer)
EDZ/808565/05-17c	Biomasse Effektives Potenzial pro Winterhalbjahr	(biomasse_effective_winter)
Solarenergie (Photovoltaik):		
EDZ/808565/05-18a	Photovoltaik Theoretisches Potenzial pro Jahr	(photovoltaik_theoretical_jahr)
EDZ/808565/05-18b	Photovoltaik Theoretisches Potenzial pro Sommerhalbjahr	(photovoltaik_theoretical_sommer)
EDZ/808565/05-18c	Photovoltaik Theoretisches Potenzial pro Winterhalbjahr	(photovoltaik_theoretical_winter)
EDZ/808565/05-19a	Photovoltaik Effektives Potenzial pro Jahr	(photovoltaik_effective_jahr)
EDZ/808565/05-19b	Photovoltaik Effektives Potenzial pro Sommerhalbjahr	(phtovoltaik_effective_sommer)
EDZ/808565/05-19c	Photovoltaik Effektives Potenzial pro Winterhalbjahr	(phtovoltaik_effective_winter)
Wasserkraft:		
EDZ/808565/05-20a	Wasserkraft Theoretisches Potenzial pro Jahr	(hydrology_theoretical_jahr)
EDZ/808565/05-20b	Wasserkraft Theoretisches Potenzial pro Sommerhalbjahr	(hydrology_theoretical_sommer)
EDZ/808565/05-20c	Wasserkraft Theoretisches Potenzial pro Winterhalbjahr	(hydrology_theoretical_winter)
EDZ/808565/05-21a	Wasserkraft Effektives Potenzial pro Jahr	(hydrology_effective_jahr)
EDZ/808565/05-21b	Wasserkraft Effektives Potenzial pro Sommerhalbjahr	(hydrology_effective_sommer)
EDZ/808565/05-21c	Wasserkraft Effektives Potenzial pro Winterhalbjahr	(hydrology_effective_winter)

Kartenverzeichnis 2

Kartenummer	Kartentitel	Interne Bezeichnung
Windenergie:		
EDZ/808565/05-22a	Windkraft Theoretisches Potenzial pro Jahr	(wind_theoretical_jahr)
EDZ/808565/05-22b	Windkraft Theoretisches Potenzial pro Sommerhalbjahr	(wind_theoretical_sommer)
EDZ/808565/05-22c	Windkraft Theoretisches Potenzial pro Winterhalbjahr	(wind_theoretical_winter)
EDZ/808565/05-23a	Windkraft Effektives Potenzial pro Jahr	(wind_effective_jahr)
EDZ/808565/05-23b	Windkraft Effektives Potenzial pro Sommerhalbjahr	(wind_effective_sommer)
EDZ/808565/05-23c	Windkraft Effektives Potenzial pro Winterhalbjahr	(wind_effective_winter)
Renewable:		
EDZ/808565/05-24a	Theoretisches Potenzial erneuerbarer Energieträger Jahr	(renewable_theoretical_jahr)
EDZ/808565/05-24b	Theoretisches Potenzial erneuerbarer Energieträger im Sommerhalbjahr	(renewable_theoretical_sommer)
EDZ/808565/05-24c	Theoretisches Potenzial erneuerbarer Energieträger im Winterhalbjahr	(renewable_theoretical_winter)
EDZ/808565/05-25a	Effektives Potenzial erneuerbarer Energieträger Jahr	(renewable_effective_jahr)
EDZ/808565/05-25b	Effektives Potenzial erneuerbarer Energieträger im Sommerhalbjahr	(renewable_effective_sommer)
EDZ/808565/05-25c	Effektives Potenzial erneuerbarer Energieträger im Winterhalbjahr	(renewable_effective_winter)
Virtuelle Kraftwerke – Qualitätssicherung:		
EDZ/808565/05-36	Wasserkraftpotenzial im Untersuchungsgebiet	(kraftwerke4)
EDZ/808565/05-37	Windkraft Potenzialanalyse Standort Tennengebirge	(tennengebirge)

Kartenverzeichnis 3

Kartenummer	Kartentitel	Interne Bezeichnung
Verbrauch:		
EDZ/808565/05-26a	Jährlicher Stromverbrauch aller Verbraucher	(gesamtverbrauch_mwh)
EDZ/808565/05-27a	Jährlicher Stromverbrauch der Haushalte/Wohnungen	(wohnungen_verbrauch_jahr)
EDZ/808565/05-27b	Stromverbrauch – MJJASO der Haushalte/Wohnungen	(HH_kwh_sommer)
EDZ/808565/05-27c	Stromverbrauch – NDJFMA der Haushalte/Wohnungen	(HH_kwh_winter)
EDZ/808565/05-28a	Jährlicher Stromverbrauch des Primären Sektors	(primaer_verbrauch_jahr)
EDZ/808565/05-28b	Stromverbrauch – MJJASO des Primären Sektors	(LW_kwh_Sommer)
EDZ/808565/05-28c	Stromverbrauch – NDJFMA des Primären Sektors	(LW_kwh_Winter)
EDZ/808565/05-29a	Jährlicher Stromverbrauch des Sekundären Sektors	(sekundaer_verbrauch_jahr)
EDZ/808565/05-29b	Stromverbrauch – MJJASO des Sekundären Sektors	(SEK_kwh_Sommer)
EDZ/808565/05-29c	Stromverbrauch – NDJFMA des Sekundären Sektors	(SEK_kwh_Winter)
EDZ/808565/05-30a	Jährlicher Stromverbrauch des Tertiären Sektors	(tertiaer_verbrauch_jahr)
EDZ/808565/05-30b	Stromverbrauch – MJJASO des Tertiären Sektors	(TERT_kwh_Winter)
EDZ/808565/05-30c	Stromverbrauch – NDJFMA des Tertiären Sektors	(TERT_kwh_Winter)
Regionalisierung:		
EDZ/808565/05-38	Regionalisierung 250x250m Raster	(regionalisierung_raster1)
EDZ/808565/05-39a	Regionalisierung Siedlungsallokation (250m)	(regionalisierung_siedlung1)
EDZ/808565/05-39b	Regionalisierung Siedlungsallokation (250m)	(regionalisierung_siedlung2)
EDZ/808565/05-39c	Regionalisierung Aggregation der Siedlungsallokation	(regionalisierung_siedlung3)
EDZ/808565/05-40a	Regionalisierung mittels Linearer Optimierung	(regionalisierung_gams1)
EDZ/808565/05-40b	Regionalisierung mittels Linearer Optimierung bei 50% technischer Potenzialrealisierung	(regionalisierung_gams2)
EDZ/808565/05-40c	Regionalisierung mittels Linearer Optimierung bei 25% technischer Potenzialrealisierung	(regionalisierung_gams4)

V. Literaturverzeichnis

- BIBERACHER, M., 2004, Modelling and optimisation of future energy systems using spatial and temporal methods. – Augsburg.
- BOCKHORST, M., 2002, ABC Energie. – Bonn.
- BÖHNER, J., 2004, Appendix-C. Regionalisierung bodenrelevanter Klimaparameter für das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLFb) und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). – Stuttgart.
- BÖHNER, J., o. D. a, Fachwissenschaftliche Stellungnahme zur Raumwirksamkeit alternativer Windparkkonfigurationen mit und ohne Gesamthöhenrestriktionen. – Göttingen.
- BÖHNER, J., o. D. b, Climate Spatial Prediction and Environmental Modelling by Means of Terrain Analyses, Process Parameterisation and Remote Sensing. – Göttingen.
- BÖHNER, J. und S. Kirckner, o. D., Standortgutachten für Windkraftanlagen in der Gemeinde Adelschlag. – Göttingen.
- BOMFLEUR, B., 2002, Aus Eins mach Zwei. Solarzellen mit Photonen-Teiler arbeiten effizienter. – Ismaning.
- BUNDESINITIATIVE BioEnergie BBE, Hrsg., o. D., Heimische Energiequellen in ländlichen Kommunen – am Beispiel der Gemeinde Süsel / Ostholstein. – Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Hrsg., 2005. Umweltpolitik. Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und Internationale Entwicklung. – Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Hrsg., 2004, Konzept zur energetischen Nutzung von Biomasse. – Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM für Wirtschaft und Arbeit, Hrsg., 2003, Renewable energy in Austria. – Wien.
- DÄLLENBACH, F. und B. Schaffner, 2005, Alpine Windharvest. Development of information base regarding potentials and the necessary technical, legal and socio-economic conditions for expanding wind energy in the Alpine Space. Alpine Windharvest Report Series published by the Alpine Windharvest Partnership Network. Report No. 7-3. GIS Analysis Methodology. Workbook and Results. – Bern.
- DOBESCH, H. et al., 2003, Das Windenergiepotential Vorarlbergs. Endbericht. – Wien.
- EHRENREICH, M et al., 2005, Alpine Windharvest. Development of information base regarding potentials and the necessary technical, legal and socio-economic conditions for expanding wind energy in the Alpine Space. Alpine Windharvest Report Series published by the Alpine Windharvest Partnership Network. Report No. 7-4. GIS analyses 'Aineck' and 'Brenner', Austria and Italy (Documentation of GIS Concepts, Methods and Results). – Graz.
- ENERGIEVERWERTUNGSAGENTUR – The Austrian Energy Agency (E.V.A.), Hrsg., 2003, Energy. Die Zeitschrift der Energieverwertungsagentur. – Wien.
- FACHAGENTUR Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Hrsg., 2002, Energie aus Biomasse. – Gülzow.

- FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, Hrsg., 2005, Fraunhofer Magazin. Mit neuer Energie. – München.
- FRW-AG Geosystemanalyse – Geographisches Institut der Universität Göttingen, Hrsg., o. D., Fachwissenschaftliches Raumplanungskonzept – Windenergie (FRW). – Göttingen.
- GLAS, U. und U. Keymer, 2001, Wirtschaftlichkeit der Windkraftnutzung in Bayern Abschätzungen in Abhängigkeit von Standortfaktoren und Anlagengröße. – München.
- GUGELE, B., K. Huttunen und M. Ritter, 2004, Kyoto-Fortschrittsbericht. Österreich 2004. – Wien.
- HABERL, H., et al., 2002, Biomasseinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020. In: Social Ecology. – Working Paper 65. – Wien.
- HEINRICH, P. und B. Jahraus, 2002, Markt- und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Gutachten. – Stuttgart.
- HORLACHER, H., 2002, Globale Potenziale der Wasserkraft. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 "Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit" – Berlin, Heidelberg.
- KALTSCHMITT, M., A. Wiese, W. Streicher [Hrsg], 2003, Erneuerbare Energien. Systematik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. – Berlin.
- KIER, G., D. Bernhardt und C. Bals, 2004, Erneuerbare Energien. Eine Chance für Ressourcengerechtigkeit und Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen. Foliensatz mit Begleittext. – Bonn, Berlin.
- KLEMENC, A., 2005, Alpine Windharvest-WP10: Environmental impact assessment. Guidelines for an environmental management plan for wind energy projects in the alpine space. – Borovnica.
- KLUG, H., 1999, Verifizierung von Energieträgern. – Wilhelmshaven.
- KROMP-KOLB, H., 2003, Startprojekt Klimaschutz. Erste Analysen extremer Wetterereignisse und ihrer Auswirkungen in Österreich. Endbericht. 2. überarbeitete Auflage. – Wien.
- KROMP-KOLB, H., 2005, Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich. Endbericht. – Wien.
- LAUBER, V., 2005a, 11.3.1. Report on Austria: Political, legal and economic framework for wind power. Alpine Wind Harvest. – Salzburg.
- LAUBER, V., 2005b, WP 11. Ökonomische, gesetzliche, administrative und politische Rahmenbedingungen, Regionalentwicklung und Kostenstrukturen. Zusammenfassender Bericht. – Salzburg.
- LECHNER, H. et al., 2004, Endbericht. Energieeffizienz und Erneuerbare 2010. Eine Untersuchung zur Umsetzung der Ziele des Regierungsprogramms zur Steigerung der Energieeffizienz und des Anteils erneuerbarer Energieträger. – Wien.
- MAYR, G., 2005, Alpine Windharvest. Development of information base regarding potentials and the necessary technical, legal and socio-economic conditions for expanding wind energy in the Alpine Space. Alpine Windharvest Report Series published by the Alpine Windharvest Partnership Network. Work package 6: Wind potential and wind measurements. Final report – Innsbruck.

- ÖKO-INSTITUT e. V. Institut für angewandte Ökologie, Hrsg., 2004, Bioenergie. Nachwuchs für Deutschland. – Freiburg, Darmstadt, Berlin.
- RATZBOR, G., 2005, Grundlagenarbeit für eine Informationskampagne "Umwelt- und naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore)" – Analyseteil. – Lehrte.
- SALZBURGER Institut für Raumordnung und Wohnen, Hrsg., 2003, Solarkennzahlen Salzburger Gemeinden. – Salzburg.
- SCHAFFNER, B. und R. Cattin, 2005, Alpine Windharvest. Development of information base regarding potentials and the necessary technical, legal and socio-economic conditions for expanding wind energy in the Alpine Space. Alpine Windharvest Report Series published by the Alpine Windharvest Partnership Network. Report No. 7-1. Digitale Relief-Analyse (Zusammenfassung von Arbeitspaket 7). – Bern.
- SCHMIDT, F., 2003, Hochgenaue Digitale Geländemodelle. Untersuchungen zur Erstellung, Analyse, und Anwendung in der Landwirtschaft. – Rostock.
- SKRZECZYNSKI, G., o. D., Wasserkraft. Gewinnung elektrischer Energie aus Laufwasser und Meeresenergie. – o.O.
- THRÄN, D., 2004a, 2. Zwischenbericht. Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern. – Leipzig.
- THRÄN, D., 2004b, Anhang zum 2. Zwischenbericht. Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern. – Leipzig.
- WISSENSCHAFTLICHER Beirat der Bundesregierung. Globale Umweltveränderungen, Hrsg., 2003, Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. – Berlin, Heidelberg.