



Erneuerbares Liechtenstein

Modell und Werkzeug zur
Energieplanung im Fürstentum
Liechtenstein

Impressum:

Autoren:

Peter Droege und Dieter D. Genske, Universität Liechtenstein

Begleitgruppe:

Sandro D'Elia, Regierung Liechtenstein
Andreas Gstöhl, Amt für Umweltschutz
Armand Jehle, Liechtensteinische Kraftwerke
Silvan Kieber, Liechtensteinische Gasversorgung
Jürg Senn, Energiefachstelle Liechtenstein

Modellerstellung:

EKP Energie-Klima-Plan GmbH, Fachhochschule Nordhausen, Universität Liechtenstein

Titelbild: Fotolia

Layout: Susanne Buehler AG

Grafiken: Dieter D. Genske, Thomas Joedicke

Auflage: 2000 Exemplare

Kontakt und Bestellung: +423 265 11 38, kirsten.steinhofer@uni.li

© 2013 Peter Droege und Dieter D. Genske

Professor Peter Droege
Lehrstuhl für Nachhaltige Raumentwicklung
Institut für Architektur und Raumentwicklung
Universität Liechtenstein

Inhalt

4	Überblick und Zusammenfassung
6	Liechtenstein heute und morgen - Chancen und Prinzipien einer nachhaltigen Energieunabhängigkeit
8	Siedlungen, Landschaftsräume und Energie
12	Verbrauch, Effizienz, erneuerbare Ressourcen
17	Szenarien: Basis und Innovation
32	Zusammenfassung der Stellschrauben
35	Literatur

Überblick und Zusammenfassung

Diese Broschüre fasst die Prinzipien und Ergebnisse der Studie «Erneuerbares Liechtenstein» zusammen. Ihre beiden wichtigsten Zielen sind die Ermittlung der Kapazität des Landes zur Selbstversorgung mit erneuerbaren Energien, und die Bereitstellung eines praktischen Instruments für die Energieplanung im Land, eines Modells, das räumlich differenziert und über die kommenden Jahre und Jahrzehnte hinweg aussagekräftig ist. Das Projekt wurde von 2010 bis 2012 an der Universität Liechtenstein mit Unterstützung ihres Forschungsförderungsfonds und der Landesregierung durchgeführt. Der Gesamtbericht ist jederzeit auf Anfrage erhältlich, und das Modell «Erneuerbares Liechtenstein» ist für alle Interessierten im Lande zur Anwendung auf Landesebene sowie in Gemeinden und Teilbereichen verfügbar. Teilergebnisse sind auf dem Geodatenportal der Regierung einzusehen: <http://www.gdi.li.li>.

«Erneuerbares Liechtenstein» modelliert den aktuellen und künftigen Energieverbrauch des Fürstentums sowie die Potenziale des Landes und seiner Gemeinden, im Umgang mit Energie effizienter zu werden und die unmittelbar im Lande benötigte Energie in vollem Umfang aus erneuerbaren Quellen abzudecken. Dabei wurden sowohl die drei Energieformen Wärme, Strom und Treibstoffe wie auch die Sektoren Wohnen, Arbeiten und Mobilität untersucht und mit den liechtensteinischen Siedlungs- und Landschaftsräumen in Beziehung gesetzt. Die Resultate sind in farbigen Karten dargestellt, die flächendeckende Kapazitäten für erneuerbare Energien – wie photovoltaische Stromerzeugung – und punktuelle erneuerbare Energiequellen – wie Wasserkraftwerke oder Heizzentralen – kombinieren.

Das Modell «Erneuerbares Liechtenstein» kann interaktiv für die energetische Planung des Landes und seiner Gemeinden eingesetzt werden. Es stellt somit ein dynamisches Werkzeug zur zeitlichen und räumlichen Erfassung der liechtensteinischen Energiewelt dar. Es zeigt auf, inwieweit und wie schnell das Land von teuren, riskanten und schädlichen Energieimporten unabhängig werden kann und unter welchen Voraussetzungen dies geschehen könnte. Mehr und mehr Städte und Gemeinden geben Energieautonomiestudien in Auftrag; Liechtenstein ist jedoch das erste Land der Welt, für das ein vergleichbares kartografisches Modell erstellt wurde.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Liechtenstein wächst schnell, ist hochindustrialisiert - und hat nur sehr beschränkten Zugang zu eigenen natürlichen Ressourcen und erneuerbaren Energien. Es schien daher von Anfang an fraglich, ob eine energetische Selbstversorgung auf der Basis eigener nachhaltiger Möglichkeiten denkbar wäre. Die Studie kommt dennoch zu dem erfreulichen Ergebnis, dass eine vollständige Selbstversorgung mit regenerativen Energien bei einer gleichzeitigen entsprechenden Minimierung der Treibhausgasemissionen mit ganz spezifischen Massnahmen gelingen kann. Basierend auf den hier beschriebenen Annahmen, könnte dies in zwei Generationen der Fall sein, also ab etwa 2070.

Die Abhängigkeit des Landes von importierten und nicht erneuerbaren Energien kann von heute 90% bis 2040 auf 50% reduziert werden. Dies ist nur möglich, wenn bestimmte Anstrengungen unternommen werden, die über den gegenwärtigen Trend hinausgehen. Eine Selbstversorgung des motorisierten Verkehrs ist in Liechtenstein auch möglich - jedoch nur durch die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs und die konsequente Einführung elektrischer Fahrzeuge.

Annahmen und Empfehlungen

«Erneuerbares Liechtenstein» gibt einen Überblick über den derzeitigen Energieverbrauch und mögliche Potenziale der regenerativen Energie. Diese basieren auf Annahmen zu gewissen Stellschrauben, die im Rahmen von Projektwerkstätten mit Vertretern des Amtes für Umweltschutz, der Energiefachstelle des Amtes für Volkswirtschaft, der Liechtensteinischen Kraftwerke, der Liechtensteinischen Gasversorgung und weiteren Experten der Energiekommission des Landes getroffen wurden (siehe Tabelle am Ende dieser Informationsbroschüre).

Aus den Ergebnissen lassen sich auch grundsätzliche Empfehlungen für die künftige Energiehaushaltsplanung des Landes ableiten. Die sogenannten Stellschrauben stellen variable Annahmen für unser «Innovationsszenario» dar, die aber auch als Empfehlungen zu verstehen sind. Im Anhang unseres Gesamtberichtes (Droege, Genske, Jödecke, Roos, Ruff 2012) werden diese Annahmen auch mit denen in der Energiestrategie 2020 der Regierung verglichen (FL 2012). Ausführlichere Angaben zu einzelnen Standorten, Ausbaupkapazitäten und Planfeststellungen sind in spezifischen Modellen, Strategien und Projekten auszuarbeiten.

Liechtenstein heute und morgen – Chancen und Prinzipien einer nachhaltigen Energieunabhängigkeit

Über 90% der im Lande genutzten Energie wird heute importiert. Mit dieser grossen Abhängigkeit des Landes von nicht erneuerbaren Energiequellen sind starke wirtschaftliche Risiken verbunden. Eine nachhaltige Steigerung der Produktion erneuerbarer Energie im Lande selbst dagegen kann nur Vorteile bringen, und zwar in Form von finanziellen Einsparungen und Einnahmen, neuen und hochwertigen Arbeitsplätzen, grösserer energiepolitischer Sicherheit, Massnahmen zur Klimastabilisierung sowie beim allgemeinen Umweltschutz. Europaweit und insbesondere auch in unseren Nachbarländern werden ständig höhere Ziele gesteckt. Erfahrungen zeigen, dass weltweit eine weitaus grössere und auf lange Sicht sogar vollständige Versorgung mit erneuerbaren Energien nötig ist. Eine grosse Wende steht bevor: weg von nicht erneuerbaren, emissionsreichen Energiesystemen, hin zu nachhaltigen und umweltfreundlichen regenerativen Energien. So hat sich das österreichische Bundesland Vorarlberg bereits auf den Weg zur erneuerbaren Energieautonomie bis 2050 begeben. Die Idee der Energieautonomie hat bereits vielerorts Fuss gefasst: Mehr als 50 % der deutschen Gemeinden und Regionen haben sich dieses Ziel gesetzt oder sind als «Starteregionen» auf dem Wege dorthin (Moser 2012). Ähnliche Chancen hat auch unser Land erkannt: Alle kurzfristigen Kosten, die anstehen, um den nachhaltigen Umbau Liechtensteins voranzutreiben, sind in Wirklichkeit wichtige und sichere Investitionen. Die Energiewende ist ein Gemeinschaftswerk, an dem sich alle Bürgerinnen und Bürger beteiligen und von dem auch alle profitieren können.

Potenziale der Einsparungen durch erneuerbare Energieautonomie:

- Jährliche Kosten der Energieimporte des Landes:
Grössenordnung: CHF 200 Mio.

Kyoto-Protokoll:

- Senkung des Ausstosses an Treibhausgasen in den Industrieländern um mindestens 5% innerhalb der ersten Verpflichtungsperiode (2008 bis 2012) unter das Niveau von 1990 – in Liechtenstein noch nicht erreicht: Das Fürstentum überschritt sein Treibhausgasbudget 2009 noch um 17% (FL 2011b)
- Senkung des Ausstosses an Treibhausgasen in der Bundesrepublik Deutschland um 21% unter das Niveau von 1990 – Deutschland hat sein Reduktionsziel bereits 2009 übererfüllt (BMU 2011)
- Das Protokoll lief als verbindliche Vereinbarung 2012 aus, ohne dass ein Nachfolgeabkommen in Sicht wäre – eine grosse Bedrohung und gleichzeitig ein Ansporn, individuelle Massnahmen zu ergreifen

EU-Klimaziele bis 2020, gegenüber 1990:

- Senkung des Energieverbrauchs um 20%
- Senkung der Treibhausgasemissionen um 20%
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 20%
- Sowie: alle neuen Bauten weitgehend autonom mit erneuerbarer Energie versorgt (EU 2010)

Mit zunehmender Markteinführung der regenerativen Energien sinken die Energiegestehungskosten, die sich aus Investitionen, Wartung, Entsorgung und Finanzierung der Anlagen zusammensetzen. Nach der deutschen Leitstudie (BMU 2012) werden diese für Strom aus Wasser, Wind, Sonne und Tiefengeothermie 2050 zwischen 5 und 9 Cent/kWh, für aus Sonne, Biomasse und der Umgebung gewonnene Wärme zwischen 5 und 13 Cent/kWh betragen, umgerechnet auf heutige Preise. Die erneuerbaren Energien werden dann den Energiemarkt dominieren. Spätestens ab 2020 werden sich die heute erforderlichen Investitionen durch das Einsparen der immer teurer werdenden fossilen Energie ausgleichen. Bereits 2010 wurden durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 6,7 Mrd. Euro an fossilen Energieimportausgaben vermieden (BMU 2012). Ab 2030 werden, volkswirtschaftlich gesehen, mit erneuerbaren Energien Gewinne realisiert. Bis 2050 werden bei dem zu erwartenden deutlichen Anstieg der fossilen Energiekosten die Einsparungen aufgrund der Nutzung regenerativer Energien auf über 500 Mrd. Euro angewachsen sein, bei Berücksichtigung der potenziellen Klimaschäden sogar auf fast 1'000 Mrd. Euro. Dazu kommen die vermiedenen Kosten der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Schliesslich sind auch Arbeitsmarkteffekte zu berücksichtigen: Bereits 2010 waren in Deutschland 367'000 Arbeitnehmer im Sektor der Erzeugung erneuerbarer Energien beschäftigt, mit einem bedeutenden Anteil in Forschung und Entwicklung, um weitere Technologiemarkte zu erschliessen (BMU 2012).

Siedlungen, Landschaftsräume und Energie

Den Energiehaushalt einer Region räumlich zu erfassen und in die Zukunft zu projizieren, ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Der zeitlich schwankende und räumlich unterschiedliche Energiebedarf ist mit einem ebenfalls variablen Energieangebot zu harmonisieren. Zudem sind drei verschiedene Energieformen zu berücksichtigen: Strom, Wärme und Treibstoffe. Eine Energiehaushaltsplanung ist somit sowohl eine räumliche als auch eine zeitliche Planungsaufgabe. Sie stellt sicher, dass alle Verbrauchergruppen zu jeder Zeit und an jedem Ort ausreichend mit der gewünschten Energieform versorgt werden. Diese Versorgungssicherheit ist tragendes Fundament jeder Volkswirtschaft. Sie ist die Bedingung für Wohlstand und wirtschaftliches Wachstum.

Grundlage des Modells «Erneuerbares Liechtenstein» ist die Einteilung des Landes in sogenannte energetische Homogenbereiche. Dabei handelt es sich um Gebiete, in denen ein ähnlicher Energiebedarf, ähnliche Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung, aber auch eine ähnliche Kapazität bestehen, selbst erneuerbare Energie zu gewinnen. Das Modell nutzt also gezielt die energetischen Fähigkeiten der Stadt- und Landschaftsräume. So kostet etwa die Bestellung einer landwirtschaftlichen Fläche Energie, gleichzeitig kann aus landwirtschaftlichen Abfällen auch Energie erzeugt werden. Stadträume verbrauchen Energie, können aber, zum Beispiel durch die solare Nutzung der Dachflächen, auch Energie bereitstellen. In dem für Liechtenstein entwickelten raumzeitlichen Energiemodell wird das Potenzial der Stadt- und Landschaftsräume zur Erzeugung regenerativer Energien erfasst und in die Zukunft fortgeschrieben.

Die Siedlungs- und Landschaftsräume wurden auf der Grundlage der Planungsunterlagen des Fürstentums klassifiziert und in einem geografischen Informationssystem (GIS) gespeichert. Insbesondere die Siedlungsräume waren genau zu erfassen, da sie die eigentlichen Energiesenken darstellen. Berücksichtigt man auch die Verkehrsflächen, sind gut 9% des liechtensteinischen Staatsgebietes bebaut. Es wurden elf prototypische Siedlungsräume identifiziert, wobei zwischen Flächen für Wohnen, Arbeiten und Verkehr unterschieden wurde (Tab. 1). Bestimmte Siedlungsräume werden sowohl zum Wohnen als auch als Arbeitsstätte genutzt. Diese Mischnutzung nimmt etwa 75 Hektar oder 5% des liechtensteinischen Siedlungsraums ein. Beachtlich ist der hohe Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser, der über zwei Drittel der Wohn- und Mischgebiete ausmacht (Abb. 1).

Neben der bestehenden Bebauung wurden auch Baulandreserven berücksichtigt. Die Zunahme der Baulandreserven wurde analog zum prognostizierten Anstieg der Bevölkerung und zum Anstieg der Arbeitsplätze angenommen. Für den Bevölkerungsanstieg wurde das Trendszenario des Amtes für Statistik (FL 2010) und für den Beschäftigtenanstieg das Basisszenario der Strittmatter-Studie (Strittmatter Partner AG 2003) zugrunde gelegt.

Danach würden 2050 in Liechtenstein 44'000 Menschen leben und 40'000 Menschen arbeiten. Im Vergleich zum Referenzjahr 2010 würde die Einwohnerzahl somit um 22% und die Beschäftigtenzahl um 19% zunehmen. Überträgt man diese Steigerung auf die Landnutzung, ergäben sich daraus 78 Hektar Neubaugebiete, die bis zum Prognosehorizont (2050) zu entwickeln wären. Die aktuelle Nutzungsverteilung (Wohnen/Arbeiten) wird dabei in die Zukunft fortgeschrieben.

Der Landschaftsraum wurde in fünf Typen eingeteilt: Wald, Acker/Wiese/Weide, unproduktive Flächen, Wasserflächen und Restflächen. Der Wald nimmt mit gut 40% den grössten Teil der Flächen Liechtensteins ein, gefolgt von der Landwirtschaft mit etwa einem Drittel der Landesfläche. Unproduktive Flächen - hauptsächlich Gebirge - stellen 15% der Fläche dar (Abb. 2).

Auf der Karte 1 sind die Siedlungs- und Landschaftsräume des Fürstentums Liechtenstein dargestellt.

Tab. 1. Siedlungsraumtypen in Liechtenstein und ihre Flächenanteile

Nutzung		SRT ¹	ha	%
Mischnutzung	Siedlungskerne	I	6	0,4
-	Historische Gebäude	II	>1	> 0,1
-	Mehrfamilienhäuser mit GHD	III	32	2,1
-	Dörflich-kleinteilig	IV	37	2,5
-	Neubaugebiete	N	(78) ²	-
Wohnen	Hochhäuser	VII	2	0,1
-	Mehrfamilienhäuser ohne GHD	VIII	129	8,7
-	Ein- und Zweifamilienhäuser	IX	524	35,2
Arbeiten	Gewerbe und Industrie	X	174	11,7
-	Zweckbauten	X bis Z	89	6,0
Verkehr	Verkehrsflächen	XI	496	33,3
Summe			1'489³	100,0

¹ Siedlungsraumtyp.

² Vermutete Flächenzunahme bis 2050 aufgrund des Anstiegs der Bevölkerung und der Arbeitsplätze.

³ Weicht 4.9% von der Arealstatistik ab (FL 2010), in der für Siedlungsflächen 1'581 Hektar angegeben sind (abweichende Angaben in den amtlichen GIS-Vorgaben insbesondere im Bereich Verkehr).

Abb. 1. Verteilung der Siedlungsraumtypen

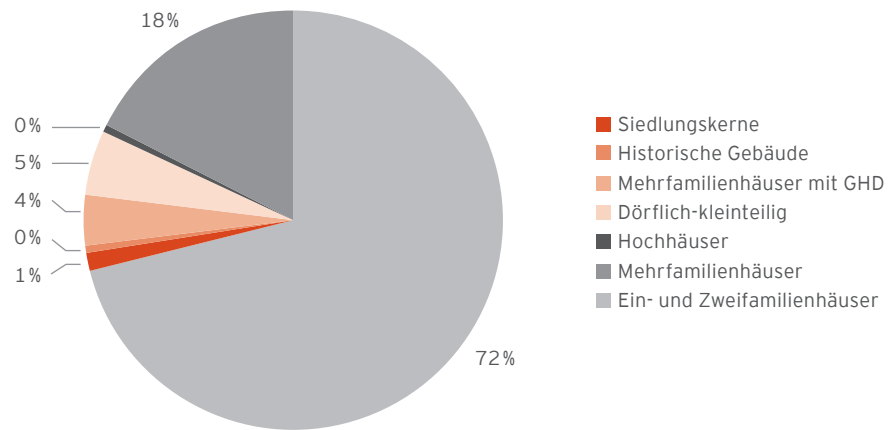
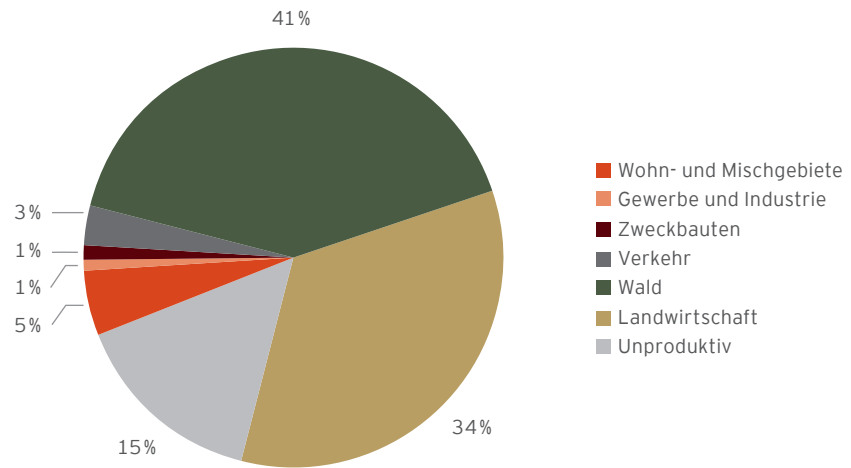
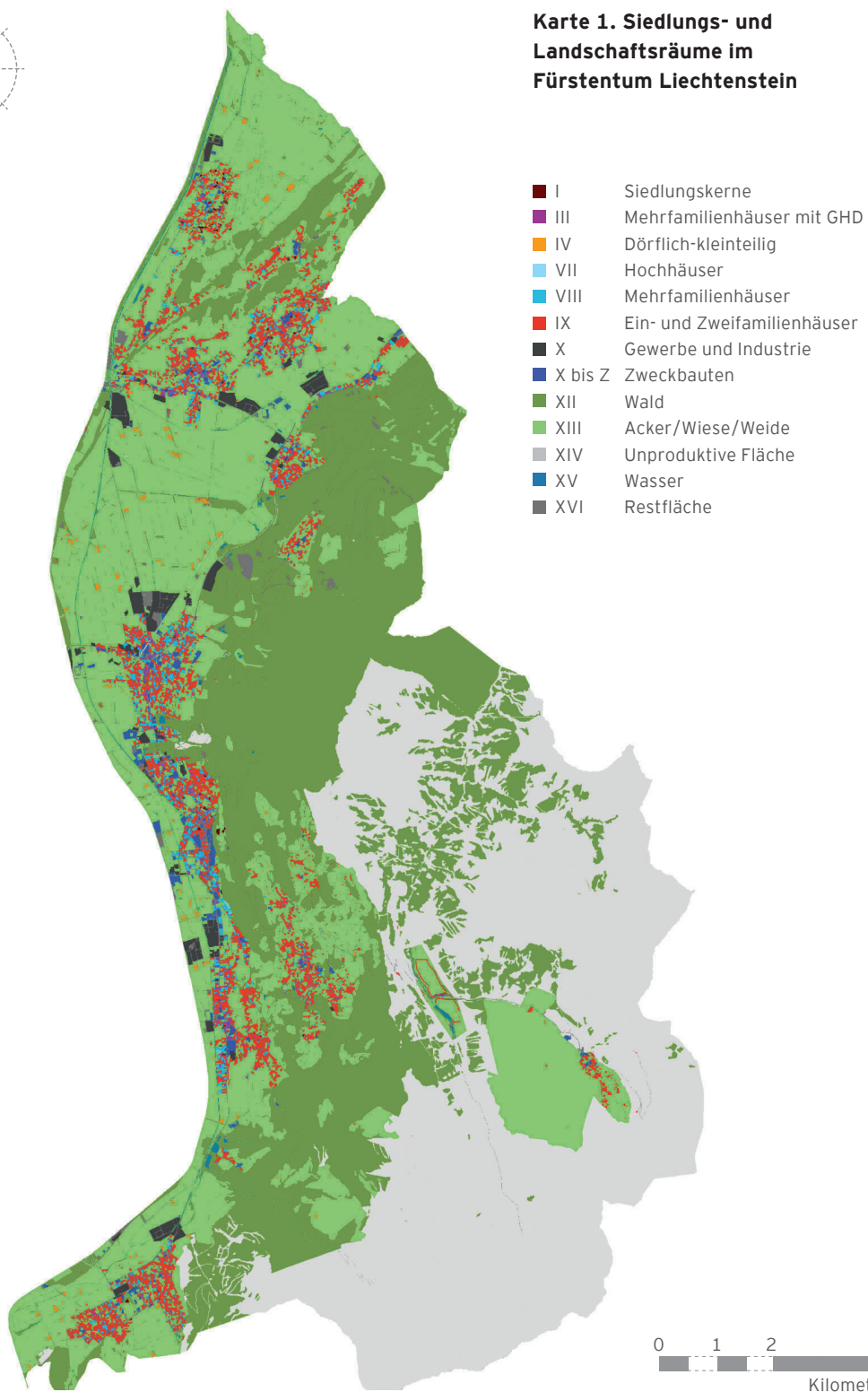


Abb. 2. Verteilung der Siedlungs- und Landschaftsräume





**Karte 1. Siedlungs- und
Landschaftsräume im
Fürstentum Liechtenstein**



Verbrauch, Effizienz, erneuerbare Ressourcen

Die Ermittlung des Energieverbrauchs ist einer der schwierigsten Aspekte bei der räumlichen Energiehaushaltsplanung. Allein die Abschätzung des aktuellen Energieverbrauchs stösst auf Probleme der einheitlichen Erhebung, der Vergleichbarkeit der Messung und ihrer Hochrechnung. Zudem sind die drei Energiesektoren, nämlich Wärme, Strom und Treibstoffe, zu unterscheiden und in ein Format zu bringen, das sie vergleichbar macht.

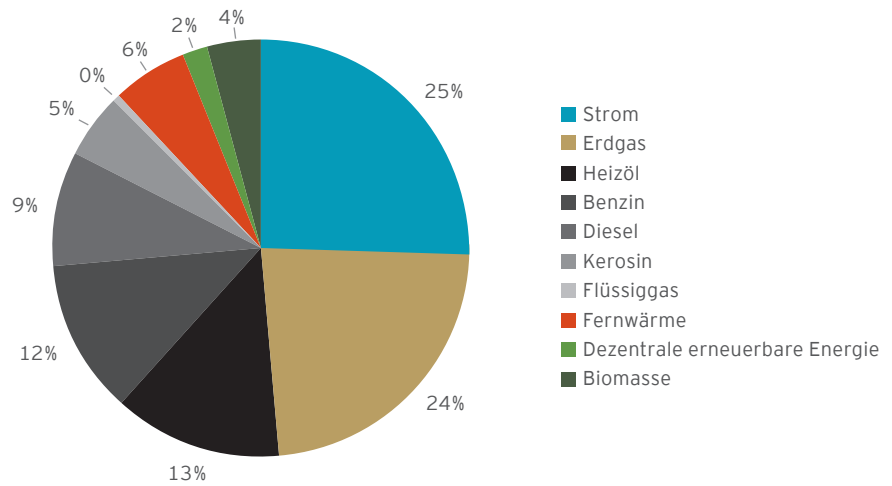
Anders als städtische oder regionale Modellräume hat das Fürstentum Liechtenstein als eigenständiger Staat eine Aussenhandelsstatistik und, damit verknüpft, auch eine territoriale Energiestatistik (FL 2011a). Die Ausgangsbedingungen zur Erfassung des Energieverbrauchs (Abb. 3) waren somit günstig. Zum ersten Mal konnte mit dem Modell «Erneuerbares Liechtenstein» ein geschlossenes System aufgebaut werden: Die in das System fliessenden und innerhalb des Systems erzeugten Energieströme konnten zuverlässig erfasst, im Modell selbst in hoher Auflösung verteilt und schliesslich aufsummiert und so mit den Eingangswerten abgeglichen werden. Auf dieser Grundlage wurde der gesamte Endenergieverbrauch des Bezugsjahres 2010 auf rund 1'500 GWh geschätzt.

Durch die Erfassung der Siedlungs- und Landschaftsräume konnte der Energieverbrauch in anschaulicher Weise den drei Energiesektoren (Wärme, Strom, Treibstoffe, siehe Abb. 4) und den drei Verbrauchergruppen (Wohnen, Arbeiten, Mobilität, siehe Abb. 5) zugeordnet werden. Danach wird die Hälfte der Endenergie (also der Energie, wie sie von Haushalten und Betrieben genutzt wird) als Wärme verbraucht, nämlich als Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme. Etwa ein Viertel wird als Strom und ein Viertel als Treibstoffe genutzt. Der Sektor «Arbeiten» beansprucht etwa die Hälfte der Endenergie, jeweils rund ein Viertel verbrauchen die Sektoren «Wohnen» und «Mobilität».

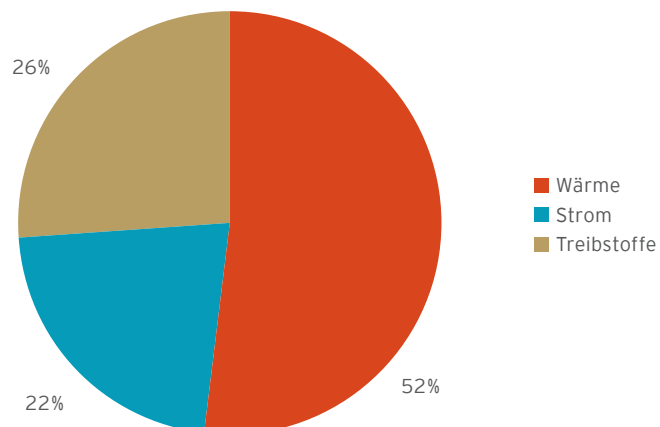
Neben dieser Gesamtbetrachtung wurden auch die Verbrauchsmuster räumlich visualisiert. Die Karten 2 und 3 zeigen den Strom- und Wärmeverbrauch im Modellraum. Die Siedlungsbereiche sind eindeutig als Energiesenken erkennbar. Innerhalb der Siedlungsbereiche unterscheidet sich noch der Energiebedarf je nach Stadtraumtyp.

Die vorliegenden Daten erlauben auch eine Abschätzung des Anteils an erneuerbaren Energien. Dabei wurde unterschieden nach regenerativer Energie, die in Liechtenstein bereitgestellt wird und etwa 10% beträgt, sowie regenerativer Energie, die eingeführt wird - etwa 3% (Abb. 6).

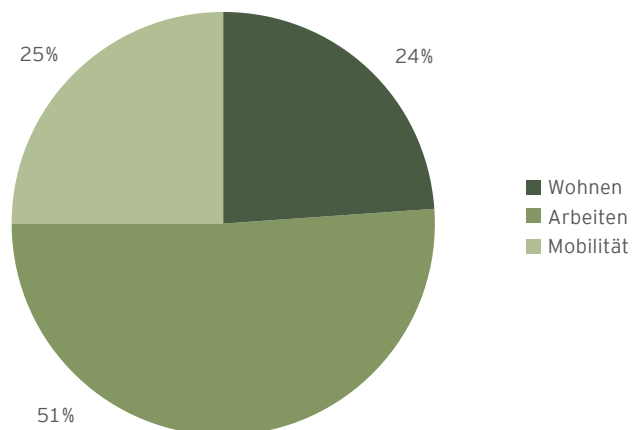
Abb. 3. Energieverbrauch nach Energieträgern 2010



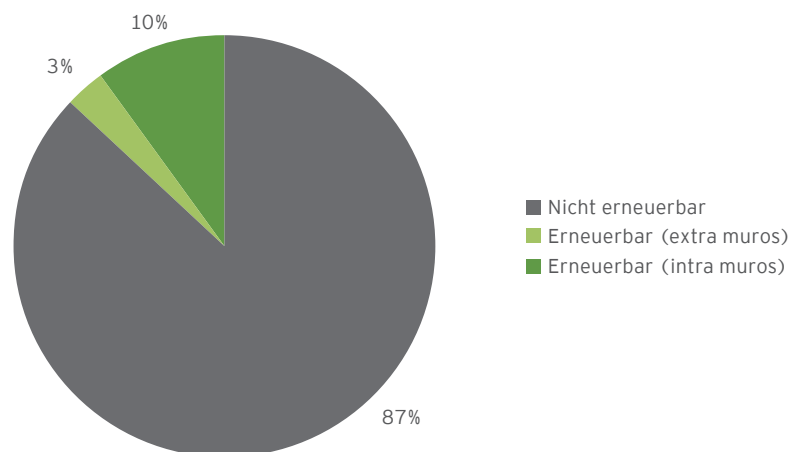
**Abb. 4. Energieverbrauch nach Energiesektoren 2010:
Wärme, Strom, Treibstoffe**



**Abb. 5. Energieverbrauch nach Verbrauchergruppen 2010:
Wohnen, Arbeiten, Mobilität**



**Abb. 6. Energieverbrauch 2010:
Anteil nicht erneuerbarer und erneuerbarer Energien**



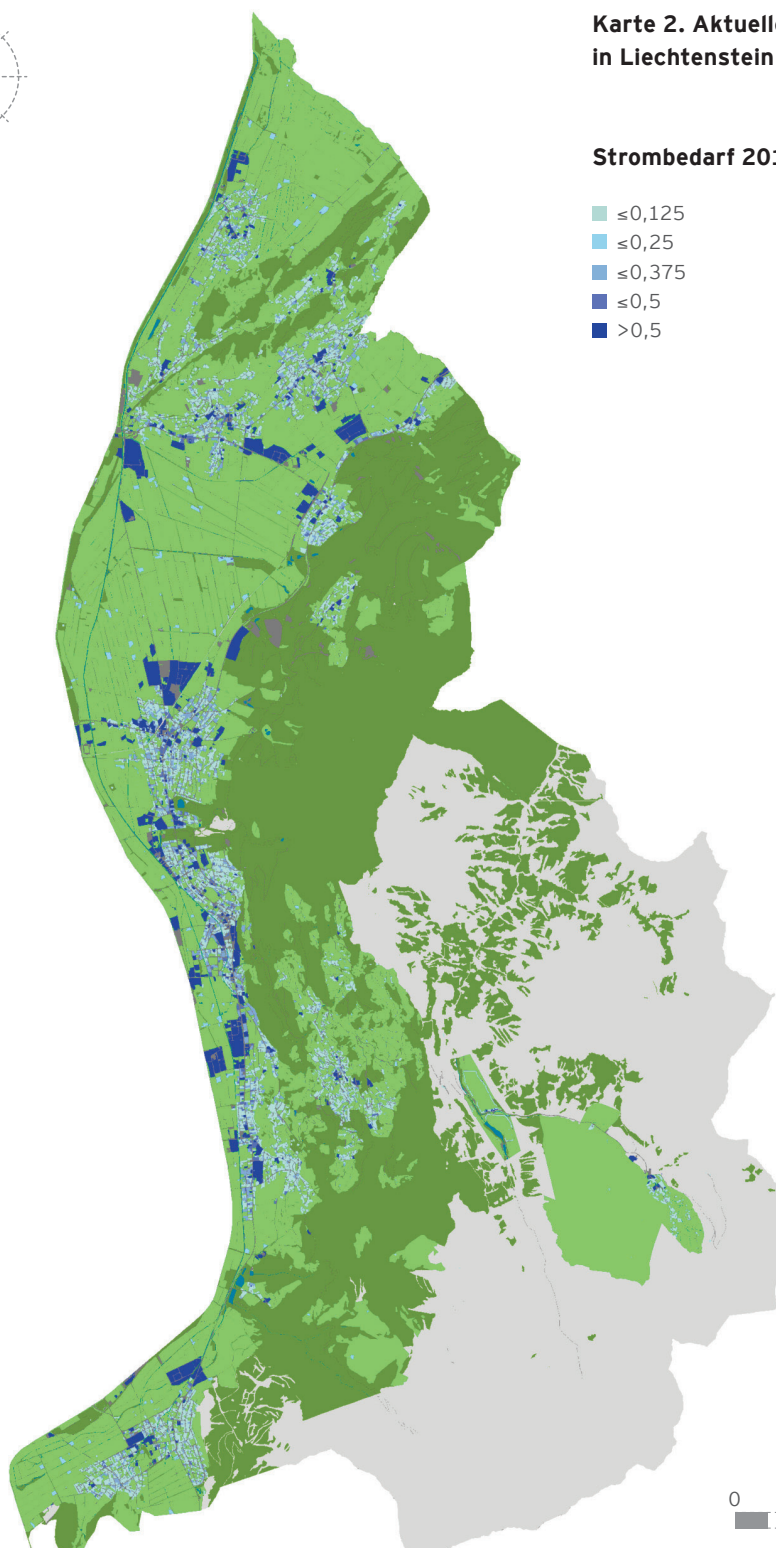
Beim Anteil erneuerbarer Energien wird der innerhalb der Landesgrenzen gewonnene Anteil (intra muros) und der aus anderen Ländern eingeführte Anteil erneuerbarer Energien (extra muros) unterschieden. 90% des liechtensteinischen Energieverbrauchs müssen somit heute durch importierte Ressourcen abgedeckt werden.



**Karte 2. Aktueller Stromverbrauch
in Liechtenstein**

Strombedarf 2010 in GWh/(ha × a)

- ≤0,125
- ≤0,25
- ≤0,375
- ≤0,5
- >0,5



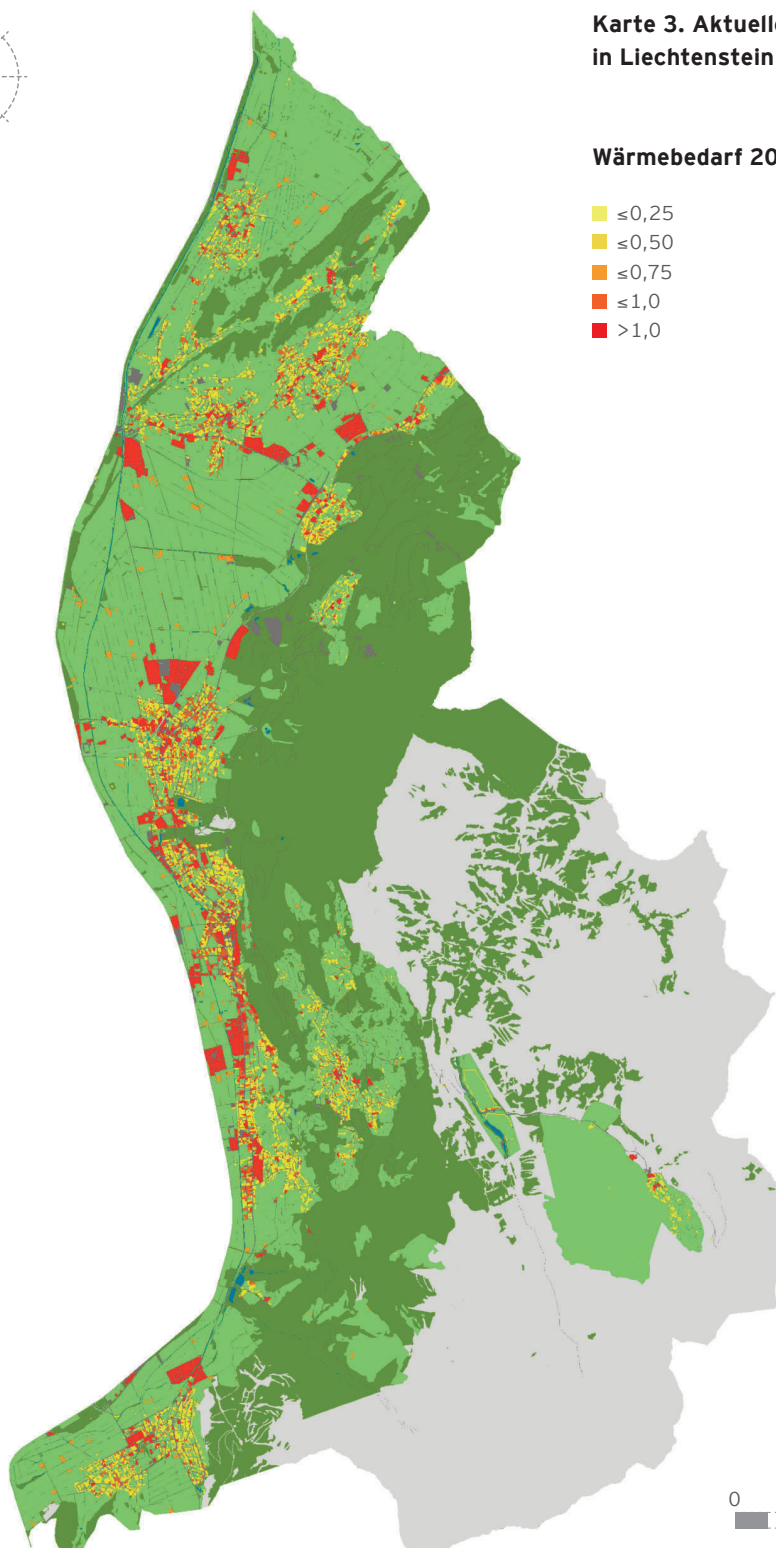
0 1 2 4
Kilometer



**Karte 3. Aktueller Wärmeverbrauch
in Liechtenstein**

Wärmebedarf 2010 in GWh/(ha × a)

- ≤0,25
- ≤0,50
- ≤0,75
- ≤1,0
- >1,0



Szenarien: Basis und Innovation

Im Gegensatz zu Prognosen dienen Szenarien der Vorhersage künftiger Entwicklungen, die durch Massnahmen heute und in der Zukunft eingeleitet werden können. Energieszenarien beziehen sich somit auf mögliche Verbrauchsentwicklungen und die Ausschöpfung der Potenziale der regenerativen Energien. Nicht berücksichtigt wurden Szenarien des globalen Einbruchs der billigen Erdölproduktion und anderer nicht erneuerbarer Energieressourcen. Der Chefökonom der Internationalen Energieagentur, Fatih Birol, hat 2009 errechnet, dass der Gipfel der konventionellen Erdölproduktion bereits im Jahre 2006 erreicht wurde. Das würde beachtliche Risiken der Schrumpfung lokaler, regionaler und internationaler Märkte bedeuten. Solche Szenarien sind vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen nicht unwahrscheinlich. Daher sollte die Belastbarkeit des liechtensteinischen Energiehaushalts auf der Grundlage dieser Studie ausgelotet werden.

Für das Modell «Erneuerbares Liechtenstein» wurden zwei Szenarien erarbeitet:

- Ein Basisszenario, in dem der aktuelle Trend fortgeschrieben wird
- Ein Innovationsszenario, in dem zusätzliche Anstrengungen zur Effizienzsteigerung und zur Nutzung der Potenziale regenerativer Energien unternommen werden

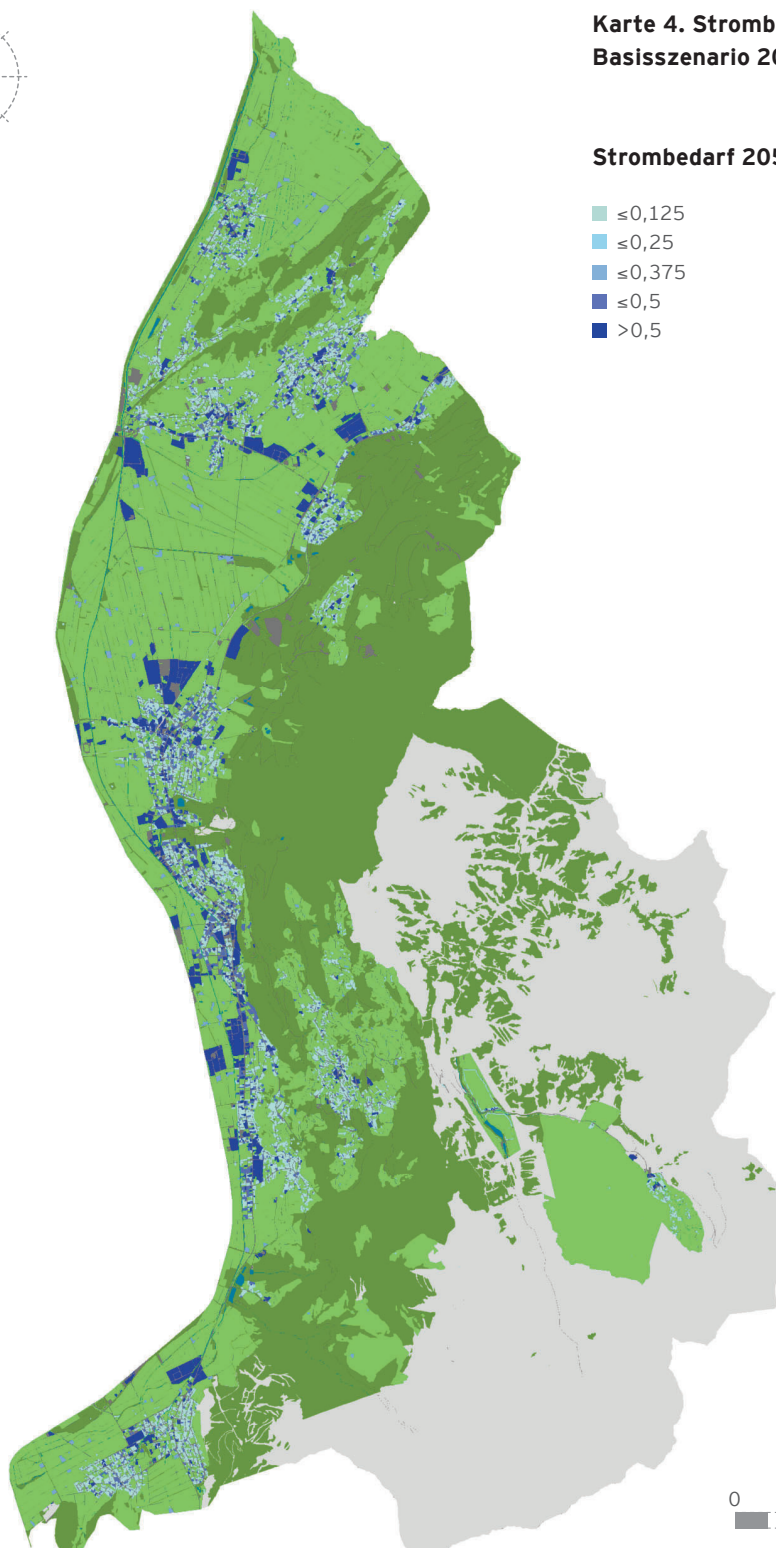
Das Basisszenario beschreibt eine preisgetriebene Entwicklung und ist im Wärme- und Strombereich angelehnt an das Basisszenario des Schweizerischen Bundesamtes für Energie (BFE 2007). Im Mobilitätssektor orientiert es sich wegen der begrenzten Datenlage an dem von Prognos und dem Öko-Institut entwickelten Referenzszenario für Deutschland (Prognos und Öko-Institut 2009). Die Karte 4 zeigt den Strombedarf im Basisszenario 2050, Karte 5 zeigt den Wärmebedarf im Basisszenario 2050.



**Karte 4. Strombedarf im
Basisszenario 2050**

Strombedarf 2050 in GWh/(ha x a)

-  $\leq 0,125$
-  $\leq 0,25$
-  $\leq 0,375$
-  $\leq 0,5$
-  $> 0,5$



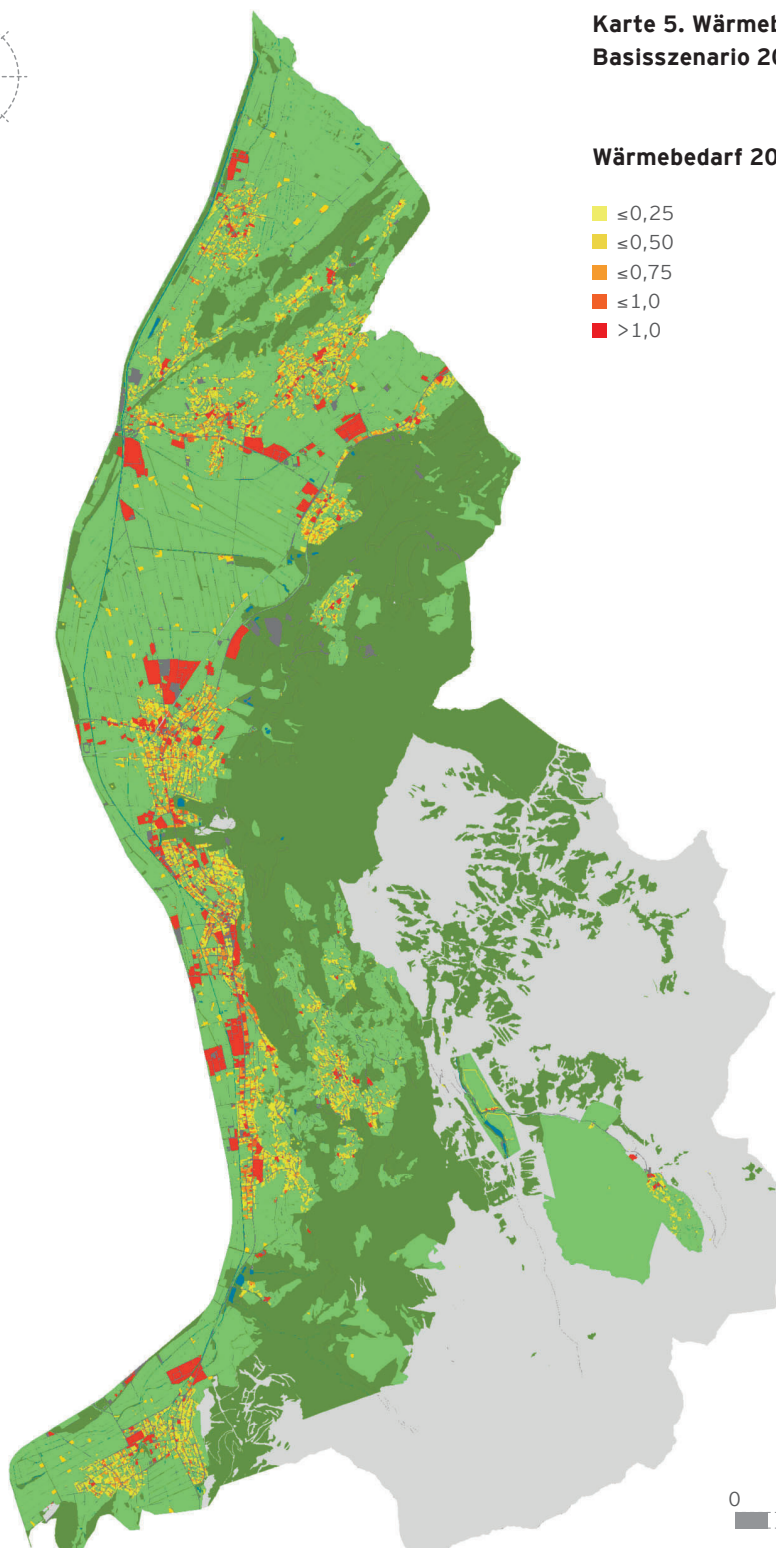
0 1 2 4
Kilometer



**Karte 5. Wärmebedarf im
Basisszenario 2050**

Wärmebedarf 2050 in GWh/(ha × a)

- ≤0,25
- ≤0,50
- ≤0,75
- ≤1,0
- >1,0



0 1 2 4
Kilometer

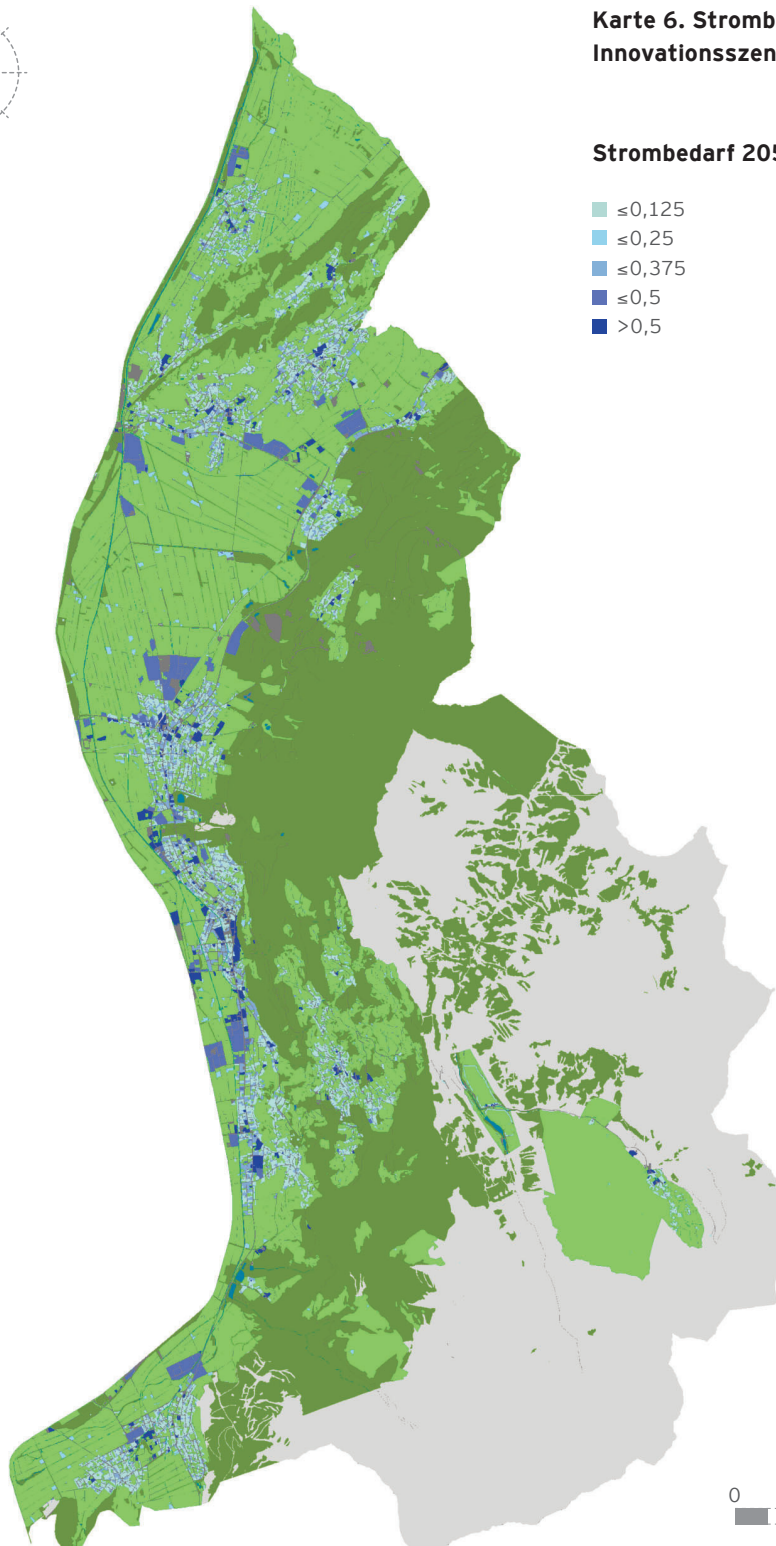
Das Innovationsszenario zielt auf eine kontinuierliche Senkung des Energiebedarfs bei gleichzeitiger Ausschöpfung der Potenziale der regenerativen Energien ab. Basierend auf den zur Verfügung gestellten Daten, wurde von der Verdoppelung der als historisch angenommenen Sanierungsrate des Gebäudeparks auf 2 % ausgegangen, wobei hier als Sanierungsstandards die SIA-Zielwerte für die 2000-Watt-Gesellschaft gelten. Die Steigerung der Sanierungsrate resultiert in einer Absenkung des Raumwärmebedarfs. Die Annahme ist realistisch, da die bereitgestellten Daten die gegenwärtige Sanierungsrate korrekt als beinahe 2 % beschreiben (FL 2012). Die Effizienzentwicklung in anderen Bereichen, zum Beispiel der Stromverbrauch von Haushaltsgeräten, wird abgebildet über das Innovationsszenario von Prognos und dem Öko-Institut. Die Karte 6 zeigt den Strombedarf im Innovationsszenario 2050, Karte 7 zeigt den Wärmebedarf im Innovationsszenario 2050.



**Karte 6. Strombedarf im
Innovationsszenario 2050**

Strombedarf 2050 in GWh/(ha x a)

- ≤0,125
- ≤0,25
- ≤0,375
- ≤0,5
- >0,5

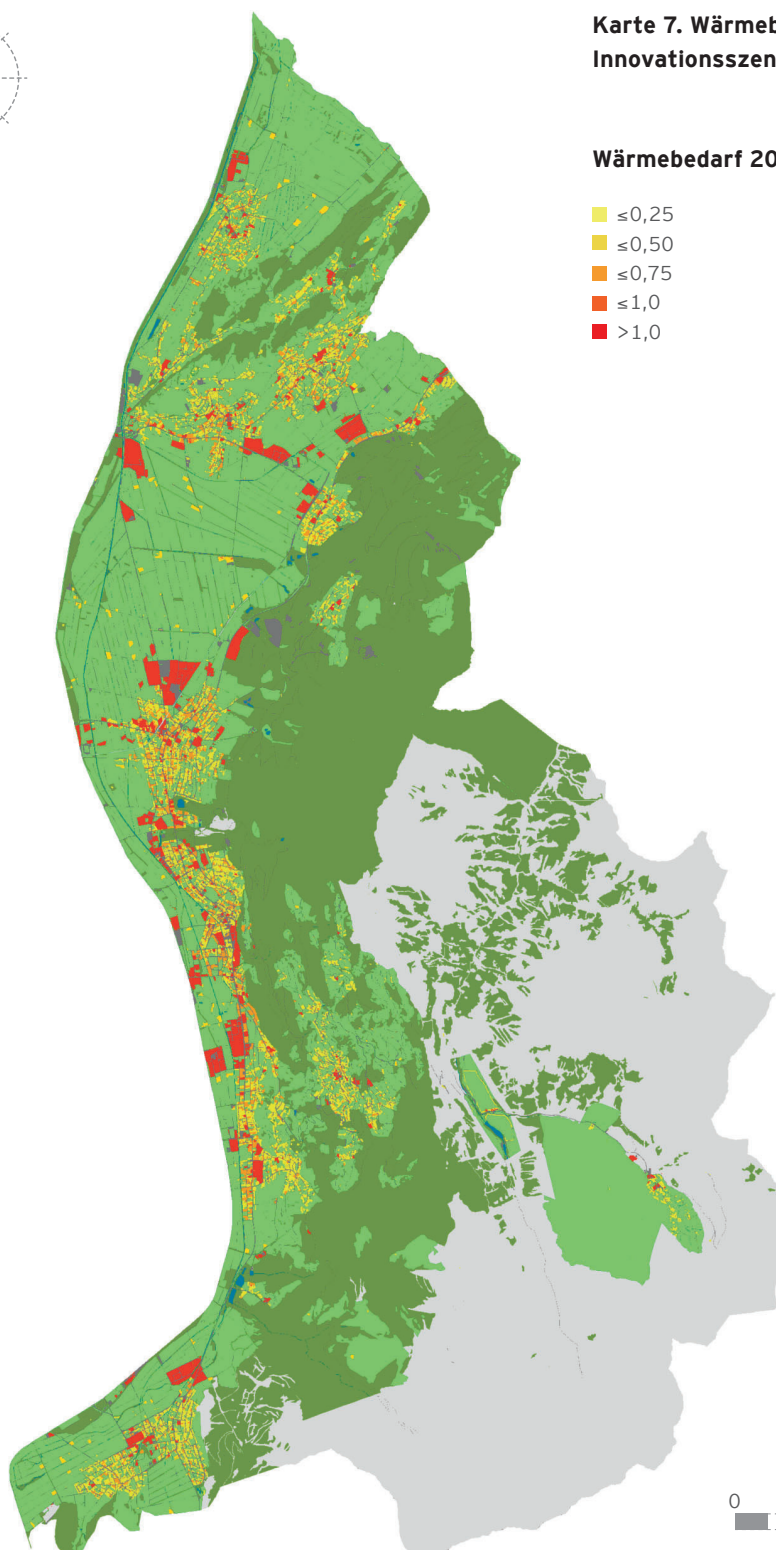




**Karte 7. Wärmebedarf im
Innovationsszenario 2050**

Wärmebedarf 2050 in GWh/(ha × a)

- ≤ 0,25
- ≤ 0,50
- ≤ 0,75
- ≤ 1,0
- > 1,0



0 1 2 4
Kilometer

Die Nutzung der Potenziale der regenerativen Energien wird im Vergleich zum Basisszenario erheblich ausgebaut. So wird die solare Stromerzeugung mit Photovoltaik von rund drei Gigawattstunden pro Jahr (2,8 GWh/a) im Jahre 2010 auf 70 GWh/a im Jahre 2050 erhöht (im Basisszenario auf 32 GWh/a). Es werden nur Dach- und Fassadenanlagen angenommen, wobei die Belange des Denkmalschutzes berücksichtigt werden. Ausserdem werden im Innovationsszenario bis zu 3% der Flächenressourcen des Verkehrssektors zur photovoltaischen Stromerzeugung genutzt, zum Beispiel durch die solare Überdachung von Parkplätzen. Weiterhin wird von einem Ausbau bzw. einer Effizienzsteigerung bei der konventionellen Wasserkraft um 50% und dem zusätzlichen Bau von neuartigen Kleinwasserkraftwerken bis 2050 ausgegangen, sodass die Wasserkraft von 72 GWh/a (2010) auf 124 GWh/a (2050) gesteigert wird (im Basisszenario erfolgt kein weiterer Ausbau bzw. keine Effizienzsteigerung der Wasserkraft). Diese Zunahme ist eine Schätzung. Sie beruht darauf, dass grundsätzlich von einer Modernisierung der bestehenden Anlagen und damit von einer Steigerung ihrer Effizienz auszugehen ist. Eine Stagnation der Wasserkraft wird somit als wenig wahrscheinlich angesehen. Ebenso unwahrscheinlich erscheint eine Verdoppelung der Wasserkraft. Da keine weiteren Informationen zu Verfügung stehen, wird somit im Innovationsszenario von einer Steigerung von 50% der konventionellen Wasserkraft ausgegangen. Dazu kommen die genannten Kleinwasserkraftwerke (BFE 2010, Zünd 2011).

An geeigneten Standorten wird im Innovationsszenario ein behutsamer Aufbau der Windkraft unter Berücksichtigung genehmigungsrechtlicher Randbedingungen angenommen, sodass bis 2050 etwa 16 GWh/a Windkraft als ins Netz einspeisbar angesehen werden können (im Basisszenario werden keine Windkraftpotenziale genutzt). Zusätzlich wird von einer tiefergeothermischen Anlage ab 2040 ausgegangen, die 2050 70 GWh/a Wärme und 5 GWh/a Strom produzieren wird (im Basisszenario wird die Tiefengeothermie nicht genutzt).

Bei der Biomasse wird in beiden Szenarien aufgrund der begrenzten Ressourcen sowie aufgrund von Aspekten des Wald-, Arten- und Klimaschutzes nur ein zusätzlicher Wärmeertrag von 14,5 GWh/a (ab 2020) aus der Heizzentrale Balzers berücksichtigt. Bei der Nutzung von Biogas wird von einer Verdoppelung bis 2050 ausgegangen. Im Vergleich zu den anderen regenerativen Ressourcen bleibt jedoch der Beitrag der Biomasse gering und ist auch nur wenig ausbaufähig.

Die solare Wärmebereitstellung über die Gebäudehülle in geeigneten Stadträumen wird von 8 GWh/a (2010) auf 33 GWh/a (2050) gesteigert (im Basisszenario auf 25 GWh/a). Der Ertrag von Wärmepumpenanlagen (Erdwärmesonden, Abwasserwärmerückgewinnung) wird von 15 GWh/a (2010) auf 155 GWh/a (2050) erhöht (im Basisszenario auf 109 GWh/a). Der Stromverbrauch der Wärmepumpen wird im Modell berücksichtigt.

In den Karten 8 und 9 sind die Strom- und Wärmeerzeugung durch regenerative Energien im Basisszenario für das Jahr 2050 dargestellt. Die Karten 10 und 11 zeigen die Strom- und Wärmeerzeugung durch regenerative Energien im Innovationsszenario 2050.

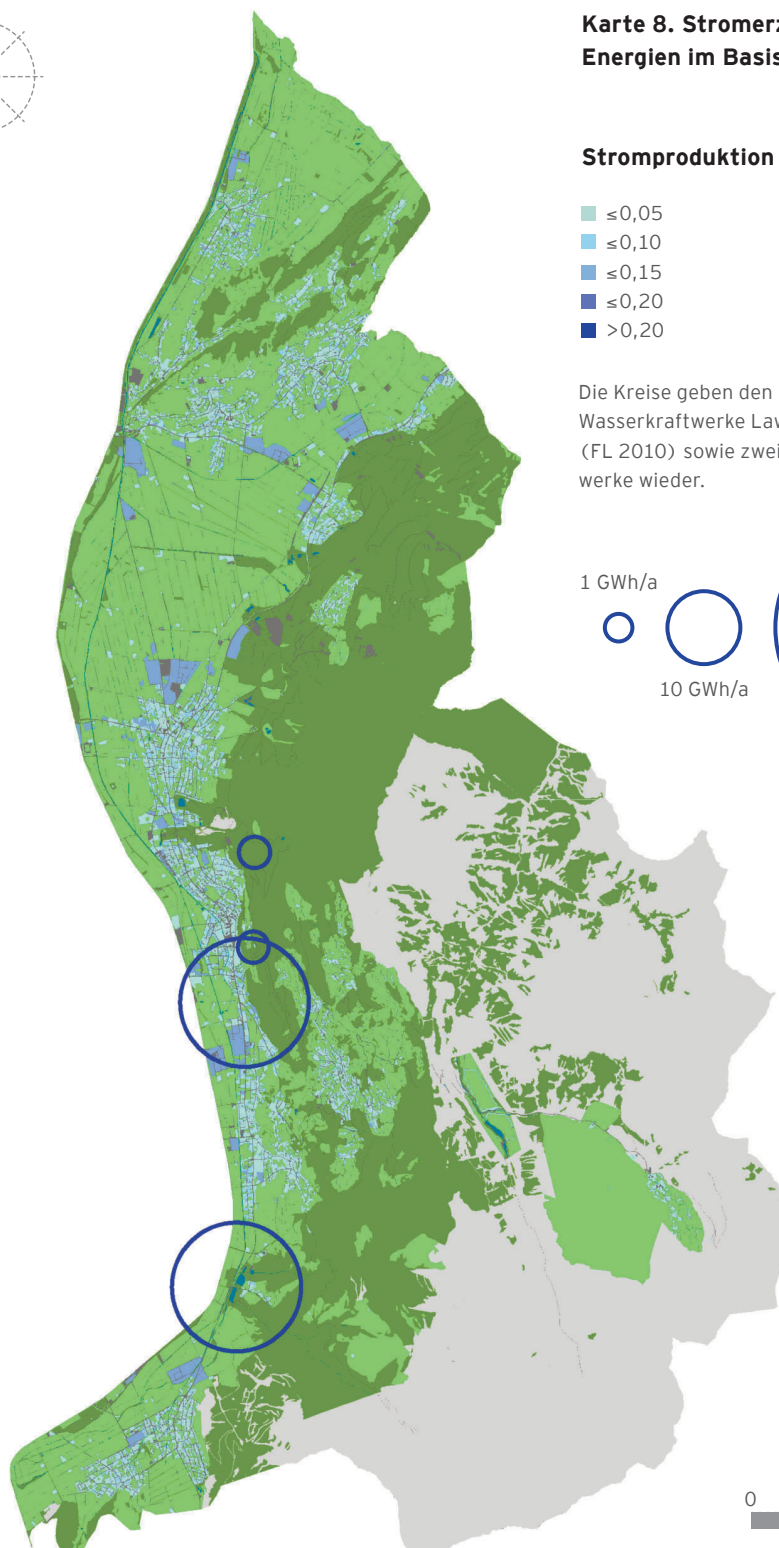
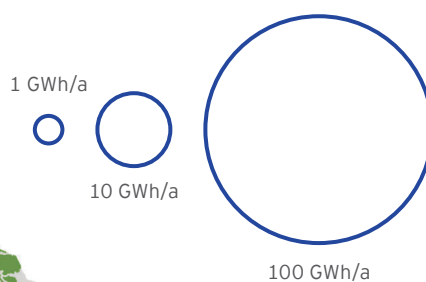


Karte 8. Stromerzeugung durch regenerative Energien im Basisszenario 2050

Stromproduktion 2050 in GWh/(ha x a)

- ≤ 0,05
- ≤ 0,10
- ≤ 0,15
- ≤ 0,20
- > 0,20

Die Kreise geben den punktuellen Input der Wasserkraftwerke Lawena und Samina (FL 2010) sowie zweier Kleinwasserkraftwerke wieder.



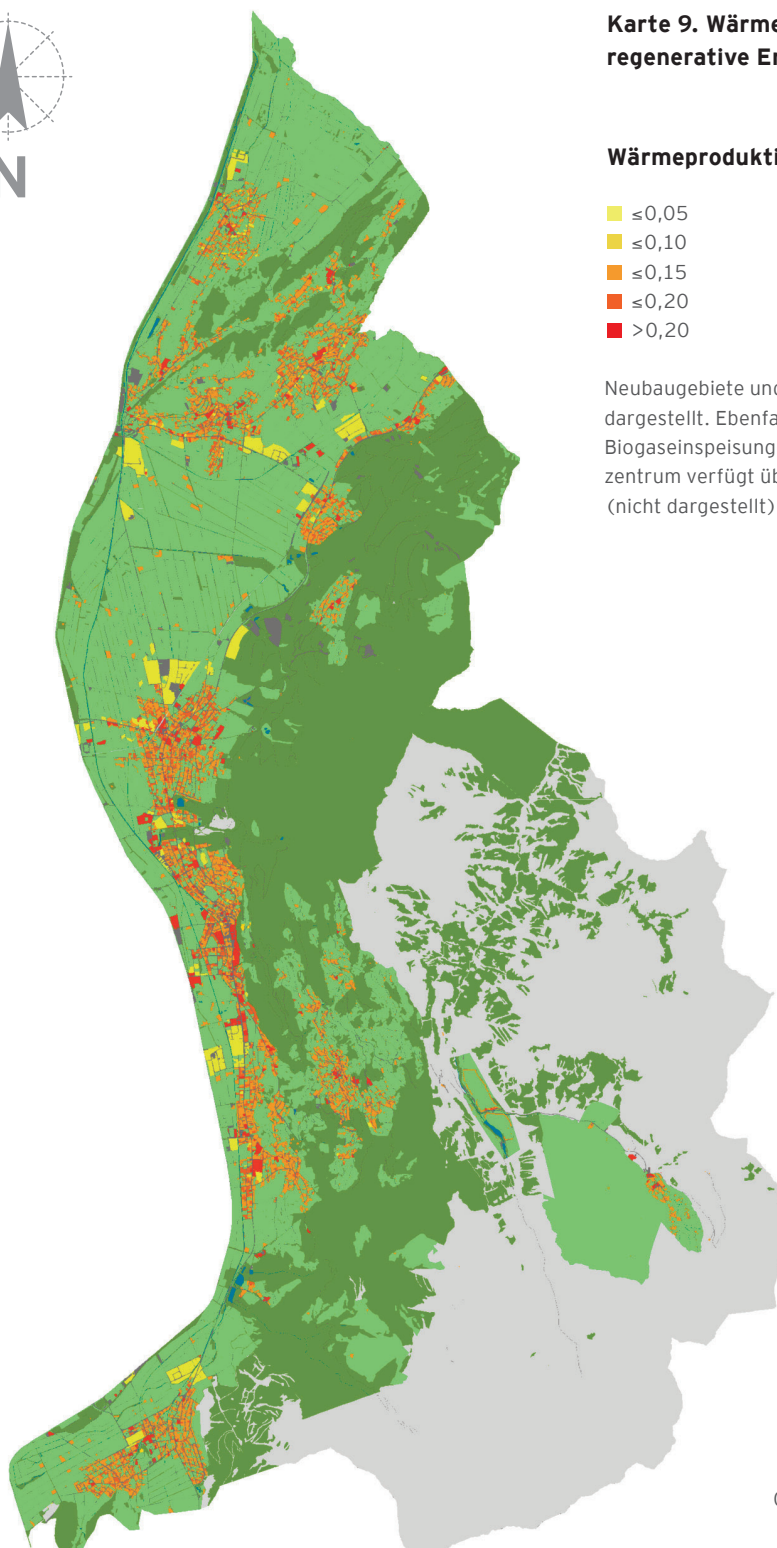


**Karte 9. Wärmebereitstellung durch
regenerative Energien im Basisszenario 2050**

Wärmeproduktion 2050 in GWh/(ha × a)

- ≤0,05
- ≤0,10
- ≤0,15
- ≤0,20
- >0,20

Neubaugebiete und Verdichtung sind nicht dargestellt. Ebenfalls nicht dargestellt sind Biogaseinspeisungen. Fast jedes Gemeindezentrum verfügt über eine Holzfeuerung (nicht dargestellt).



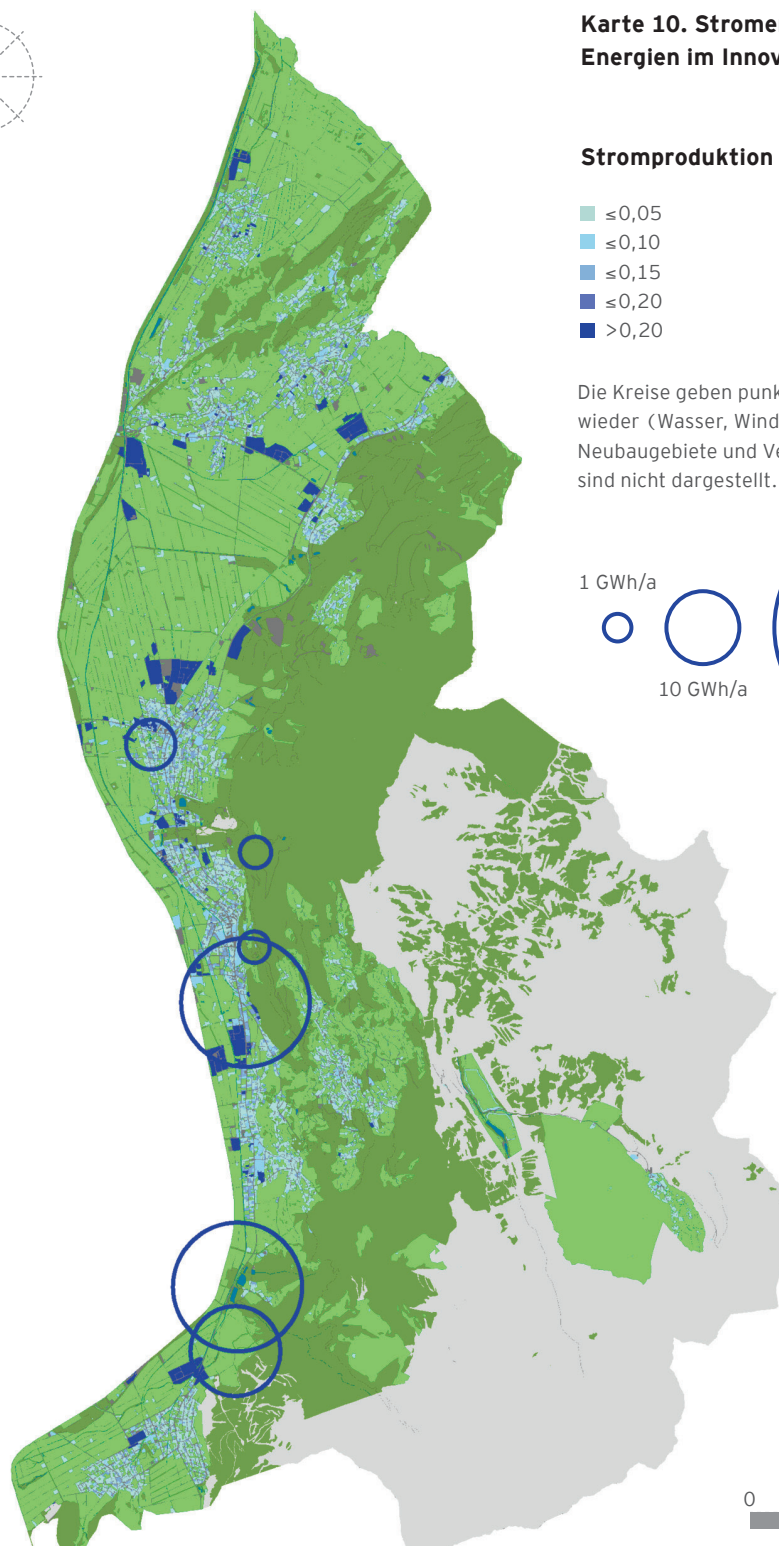
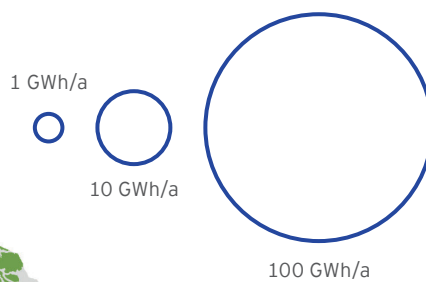


Karte 10. Stromerzeugung durch regenerative Energien im Innovationsszenario 2050

Stromproduktion 2050 in GWh/(ha × a)

- ≤ 0,05
- ≤ 0,10
- ≤ 0,15
- ≤ 0,20
- > 0,20

Die Kreise geben punktuelle Inputs wieder (Wasser, Wind, Tiefengeothermie). Neubaugebiete und Verdichtung sind nicht dargestellt.





Karte 11. Wärmebereitstellung durch regenerative Energien im Innovationsszenario 2050

Wärmeproduktion 2050 in GWh/(ha × a)

- ≤ 0,05
- ≤ 0,10
- ≤ 0,15
- ≤ 0,20
- > 0,20

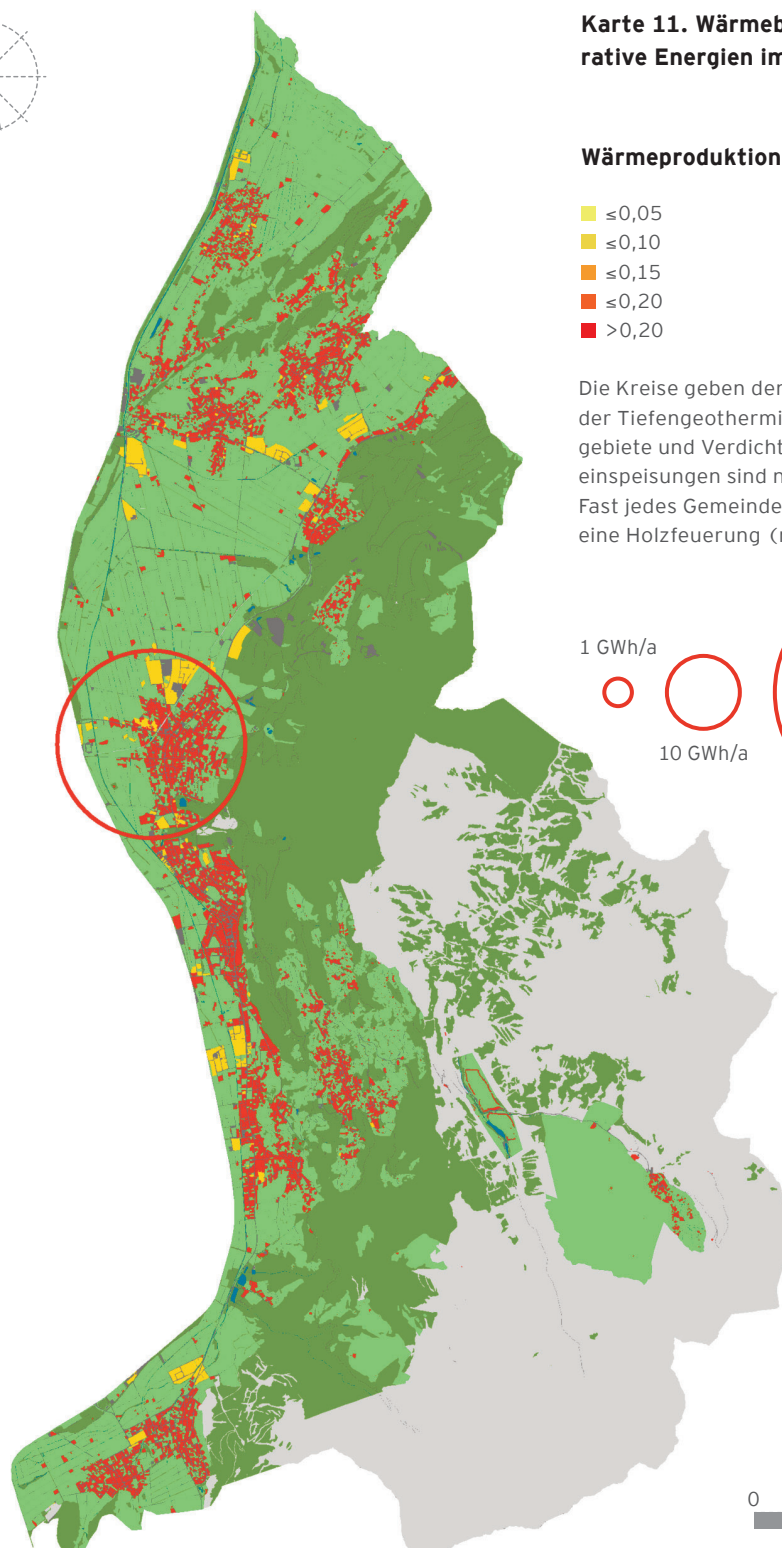
Die Kreise geben den punktuellen Input aus der Tiefengeothermie wieder. Neubaugebiete und Verdichtung sowie Biogaseinspeisungen sind nicht dargestellt. Fast jedes Gemeindezentrum verfügt über eine Holzfeuerung (nicht dargestellt).

1 GWh/a



10 GWh/a

100 GWh/a



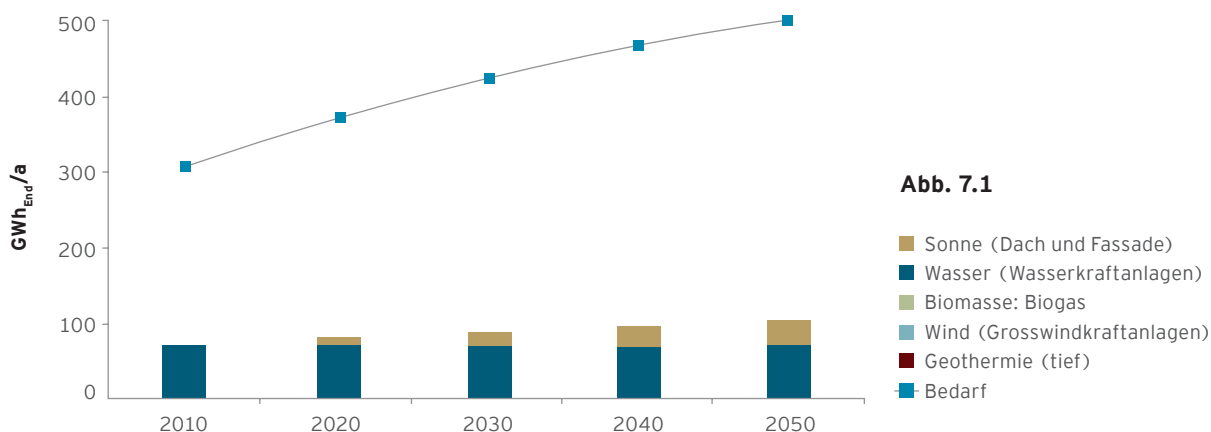
0 1 2 4
Kilometer

Vor diesem Hintergrund ergibt sich für das Basisszenario das in Abbildung 7 und 8 gezeigte Bild. Im Wärmebereich nimmt der Bedarf bis 2050 mässig ab. Gleichzeitig steigt die Wärmebereitstellung durch regenerative Energien an. Hier zeigt sich jedoch immer noch eine deutliche Lücke: Das Land kann sich bei diesen Modellannahmen nur zu 30% mit Wärme aus erneuerbarer Energie versorgen. Die Stromverbrauchskurve hingegen wird bis 2050 ansteigen, denn die Effizienzgewinne können den zusätzlichen Strombedarf aufgrund des prognostizierten Anstiegs der Bevölkerung und der Beschäftigtenzahlen kaum kompensieren. Die Stromerzeugung durch regenerative Energien dagegen verbleibt im Basisszenario auf einem niedrigen Niveau. Es öffnet sich eine erhebliche Lücke bei der Stromerzeugung aus regenerativen Energien. Nur etwa 20% des Stroms würde bis 2050 in diesem Szenario nachhaltig erzeugt werden.

Im Gegensatz dazu führen im Innovationsszenario Effizienzsteigerungen und eine entschlossene Nutzung der Potenziale der erneuerbaren Energien zu einer stetigen Verringerung der Energielücke: 2050 erreicht die thermische Selbstversorgung 62%, die elektrische Selbstversorgung sogar 78%.

Bei der Versorgung mit Treibstoffen ist ein drastischer Wechsel von Verhalten und Technologien nötig. So wäre ein Versuch, fossile Treibstoffe durch pflanzliche zu ersetzen, allein schon aufgrund der beschränkten Flächenressourcen abwegig. Hier erscheint eine Förderung des öffentlichen Personenverkehrs bei gleichzeitiger Elektrifizierung des Individualverkehrs der einzige Weg. Und das ist gut so, denn umgerechnet auf dieselbe Fläche ist die Flächennutzung von Photovoltaik für den Antrieb von Fahrzeugen etwa 50-mal effektiver als der Anbau auch der produktivsten Bioenergiepflanzen.

Abb. 7. Strombedarf und Stromerzeugung durch erneuerbare Energien im Basisszenario (Abb. 7.1) und Innovationsszenario (Abb. 7.2)



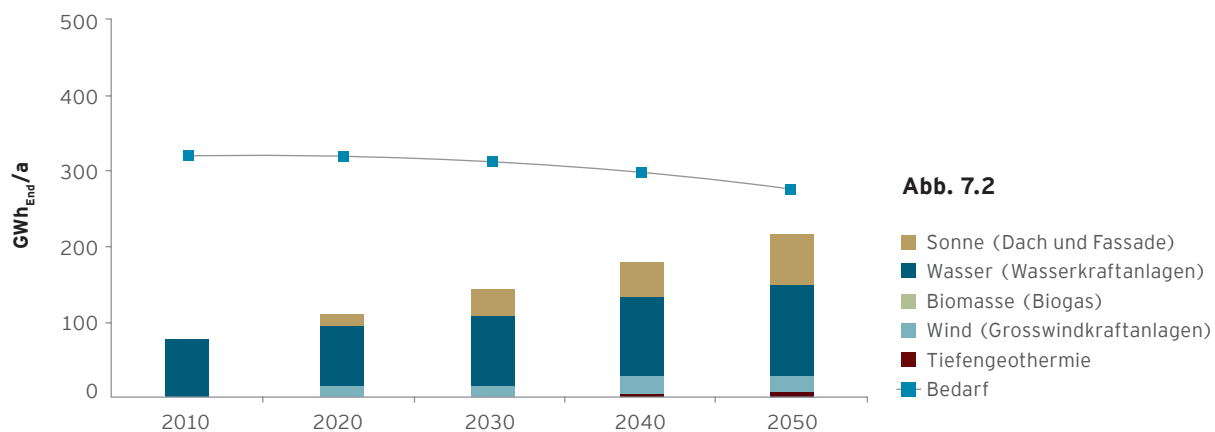
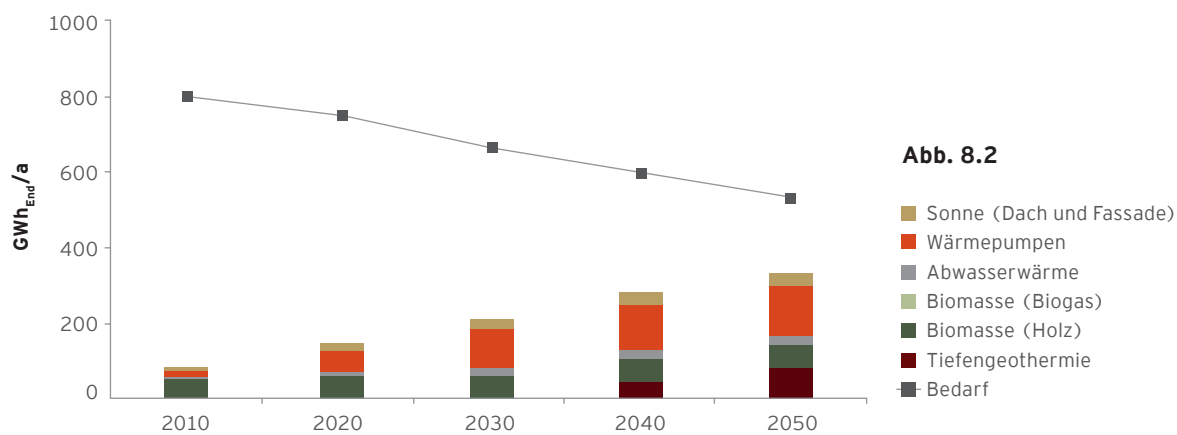
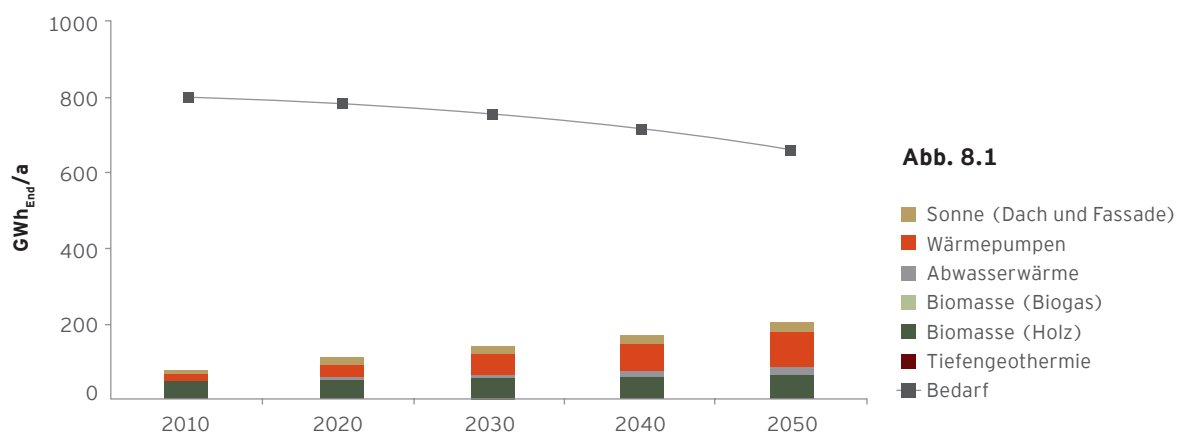


Abb. 8. Wärmebedarf und Wärmebereitstellung durch regenerative Energien im Basisszenario (Abb. 8.1) und im Innovationsszenario (Abb. 8.2)



In der Studie «Erneuerbares Liechtenstein» wurden auch die Emissionen von Treibhausgasen untersucht. Aktuell betragen die Treibhausgasemissionen etwa zehn Tonnen CO₂-eq pro Einwohner. Bei den sogenannten CO₂-äquivalenten Emissionen (CO₂-eq) werden neben den direkten CO₂-Emissionen auch zusätzliche Treibhausgase berücksichtigt, von denen einige wesentlich stärker zum Treibhauseffekt beitragen. In Gewicht gemessen, wirkt Methan laut der nordamerikanischen Behörde für Ozean und Atmosphäre 25-mal stärker als Kohlendioxid (NOAA 2008).

Diese Emissionen lassen sich durch einen reduzierten Energieverbrauch und den Ersatz fossiler Energieträger durch erneuerbare senken. Die Nutzung der Potenziale der erneuerbaren Energien Liechtensteins kann also in der Senkung von Treibhausgasemissionen ausgedrückt werden. Im Basisszenario nehmen die Emissionen kaum ab, 2050 würden sie noch acht Tonnen CO₂-eq pro Einwohner betragen. Im Innovationsszenario würden sie dagegen deutlich abnehmen: Zum Prognosehorizont betragen sie nur noch vier Tonnen CO₂-eq pro Einwohner.

Neben der Reduktion von Treibhausgasemissionen beim Ersatz fossiler Energie durch erneuerbare Energie kann Kohlenstoff auch in der Vegetation, in Gewässern und in Böden gebunden werden. So sind in einem Festmeter Holz 250 kg Kohlenstoff gebunden, die aus 917 kg CO₂ produziert wurden (Taverna et al. 2007). Dabei ist zu berücksichtigen, dass – entgegen einer weitverbreiteten Meinung – natürliche Wälder, in der Summe und über einen längeren Zeitraum betrachtet, der Atmosphäre mehr Kohlenstoff entziehen können als bewirtschaftete Wälder und Kurzumtriebsplantagen. Gesunde, CO₂-verarbeitende Waldböden werden durch die Holzernte verdichtet, ihr Humusgehalt wird reduziert. Weiterhin werden beim Holzernten und -verarbeiten grosse Energiemengen verbraucht. Ausserdem wird durch die Nutzung des Energieholzes der gespeicherte Kohlenstoff wieder abgegeben (Brendan G. Mackey und andere, 2008). So werden auch in der Schweiz und in Deutschland Stimmen laut, die fordern, in diesem Sinn bereits übernutzte Wälder für ein oder zwei Generationen nachwachsen und sich regenerieren zu lassen. Damit würden der Atmosphäre mehr Treibhausgase entnommen, als dies durch die Nutzung des Waldholzes je möglich wäre.

Auch Moore haben eine Senkenfunktion, da abgestorbene Pflanzenreste und damit auch Kohlenstoff nicht nur unter Wasserabschluss konserviert werden, sondern durch mikrobiologische Prozesse auch laufend Kohlendioxid der Atmosphäre entzogen wird. So können allein in den oberen 50 Zentimetern eines alpinen Moores pro Hektar rund 150 Tonnen Kohlenstoff gespeichert und gebunden werden (Niedermair et al. 2010). Zudem binden auch gesunde Böden erhebliche Mengen von Kohlenstoff. Durch die Renaturierung von degradierten Böden, das Einbringen von Humus und die Anreicherung von Biokohle in Böden lässt sich ihr Vermögen, Kohlenstoff zu binden, auf bis zu 19 Tonnen CO₂ pro Hektar und Jahr steigern (Fischlin et al. 2003, Römer 2008, Schiermeier 2006, Schmidt 2010).

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen den Rückgang der Emissionen pro Einwohner für das Basis- und das Innovationsszenario. Bei diesen Angaben wurde die Zunahme der Bevölkerung und der Arbeitsplätze bis zum Prognosehorizont berücksichtigt.

Abb. 9. Rückgang der CO₂-eq-Emissionen im Basisszenario

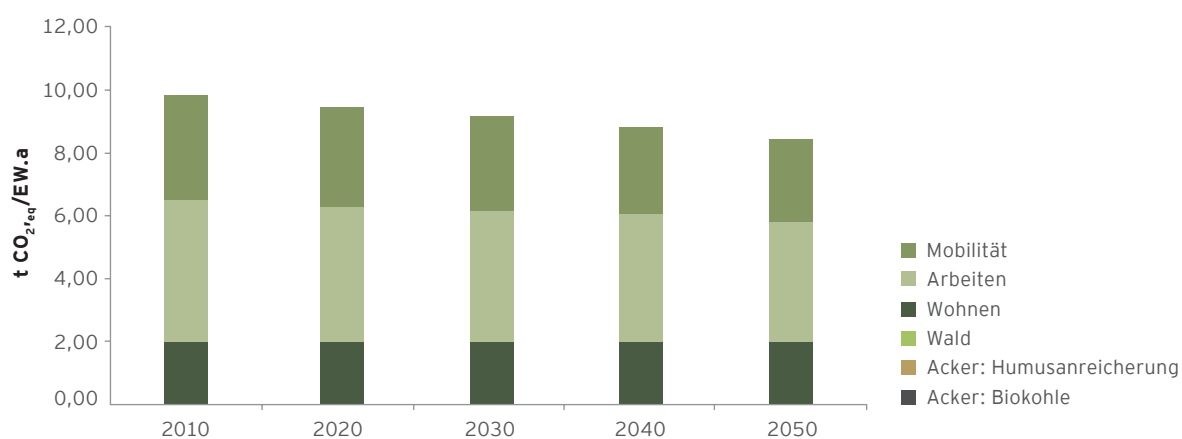
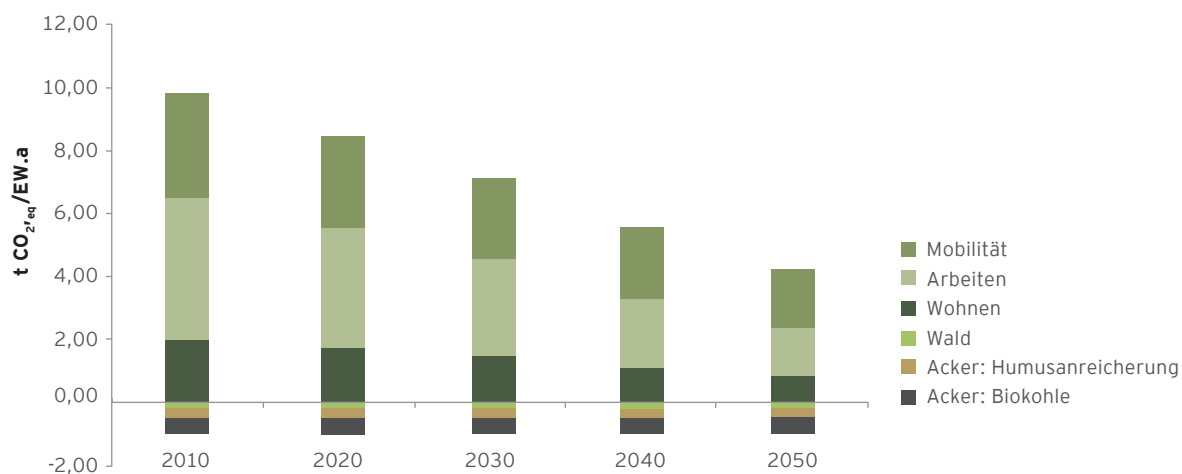


Abb. 10. Rückgang der CO₂-eq-Emissionen im Innovationsszenario



Zusammenfassung der Stellschrauben

Die Studie «Erneuerbares Liechtenstein» dokumentiert ein dynamisches Modell, das durch Veränderungen der Annahmen – sogenannten Stellschrauben – gesteuert wird. Diese **Stellschrauben** sind gesellschaftlicher, politischer oder wirtschaftlicher Natur und somit durch unsere Entscheidungen beeinflussbar.

Zum einen betreffen diese Stellschrauben den **Energieverbrauch**, der über die jährliche Gebäudesanierungsrate von politischen, finanziellen und rechtlichen Vorgaben sowie von den Energiestandards bei Sanierung und Neubau abhängig ist. Dazu kommen Annahmen zum Verbrauch von Strom, Warmwasser und Prozesswärme sowie von Treibstoffen.

Zum anderen betreffen diese Stellschrauben den Grad der Nutzung des **regenerativen Energiepotentials**. Dazu zählen Photovoltaik, solarthermische Anlagen, Windkraft, Wasserkraft, wärmepumpengestützte Anlagen, Biomasse, Biogas und Tiefengeothermie. Bei der Nutzung des Potenzials der regenerativen Energien müssen die Belange des Denkmalschutzes, der Flächennutzung, der Bauordnung, des Gewässer- und Grundwasserschutzes sowie des Landschafts- und Naturschutzes berücksichtigt werden.

Die einzelnen Annahmen sind in der folgenden Stellschraubentabelle zusammengefasst. Dabei wird zwischen dem Basisszenario und dem Innovationsszenario unterschieden. Im Innovationsszenario sind die geplanten Massnahmen ambitionierter.

Stellschrauben der Szenarienentwicklung

Stellschrauben	Basisszenario	Innovationsszenario
Energieverbrauch		
Gebäudesanierungsrate	1%	2%
Energiestandard Sanierung	Gemäss SIA-Normen 380/1 verschärft	Nach SIA-Zielwerten 2000-Watt-kompatibel für Sanierungen ¹
Energiestandard Neubau	Gemäss SIA-Normen 380/1 verschärft	Nach SIA-Zielwerten 2000-Watt-kompatibel für Neubauten ¹
Warmwasser/Prozesswärme	Haushalte nach BFE-Szenario II ² , GHDI ⁴ nach Referenzszenario WWF-Studie ³	Entwicklung gemäss Innovationsszenario WWF-Studie ³
Strom	Haushalte nach BFE-Szenario II ² , GHDI ⁴ nach Referenzszenario WWF-Studie ³	Entwicklung gemäss Innovationsszenario WWF-Studie ³
Treibstoffe	GHDI ⁴ nach Referenzszenario WWF-Studie ³ , Verkehr siehe Stellschrauben Verkehr	GHDI ⁴ nach Innovationsszenario WWF-Studie ³ , Verkehr siehe Stellschrauben Verkehr

Stellschrauben	Basisszenario	Innovationsszenario
----------------	---------------	---------------------

Einführungsrate		
-----------------	--	--

Einführungsrate Photovoltaik / solarthermische Anlagen	Maximale Ausschöpfung 2100	Beschleunigter Ausbau mit einer maximalen Ausschöpfung bereits 2050
Wärmepumpengestützte Anlagen	Maximale Ausschöpfung 2100	Beschleunigter Ausbau mit einer maximalen Ausschöpfung bereits 2050
Biomasse (Biogas)	Lineare Zunahme um 100% bis 2050	
Biomasse (Holz)	Zu den Ausgangswerten (Stand 2010) werden ab 2020 14,5 GWh/a Wärmeertrag (schrittweise bis 2050) aus dem Holzheizkraftwerk Balzers dazugezählt	
Biomasse (Bioethanol, Biodiesel)	Keine Produktion von Bioethanol und Biodiesel	
Wind	Keine Windkraft im Modellraum	Ab 2020 Windparks mit einem Gesamtertrag von 8 GWh/a, die ab 2040 auf 16 GWh/a gesteigert werden
Wasser	Kein weiterer Ausbau gegenüber 2010	Steigerung der Effizienz der konventionellen Wasserkraft und Ausbau der Kleinwasserkraft; Gesamtsteigerung des Ertrags auf 124 GWh/a bis 2050
Tiefengeothermie	Keine tiefengeothermische Strom- und Wärmeproduktion	Inbetriebnahme einer Anlage ab 2040; lineare Zunahme des thermischen Ertrags von 35 GWh/a (2040) auf 70 GWh/a (2050) und des elektrischen Ertrags von 2,5 GWh/a (2040) auf 5 GWh/h (2050)
KVA	Importwärme aus Buchs; da nicht nachhaltig und nicht im Lande produziert, wird sie nicht angerechnet	

Restriktionen		
---------------	--	--

Photovoltaik/solarthermische Anlagen	Bei historischen Gebäuden (SRT II) keine solare Nutzung	
Erdwärmesonden	In den vorgegebenen Restriktionszonen mit Luftwärmepumpen kompensiert	

Stellschrauben	Basisszenario	Innovationsszenario
Infrastrukturmassnahmen		
Erweiterung des Fernwärmenetzes	Aktueller Stand wird eingefroren	Deutlicher Ausbau
Nutzung der Flächenressourcen der Verbrauchergruppe Mobilität	Keine Nutzung angenommen	0 bis 3% Nutzung der Verkehrsflächen für PV ⁵ (zum Beispiel solare Überdachung von Parkplätzen)
Wärmerückgewinnung aus Abwasser	Berücksichtigt in verdichteten Stadträumen	
Verkehr		
Treibstoffverbrauch	Nach WWF-Referenzszenario ³	Nach WWF-Innovationsszenario ³
Stromverbrauch		
Elektromobilität		

¹ SIA (2010)

² Bundesamt für Energie (BFE 2007)

³ Prognos & Öko-Institut (2009)

⁴ Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

⁵ Schätzung.

Die Studie «Erneuerbares Liechtenstein» zeigt, dass sich Liechtenstein nicht leicht oder schnell vollständig mit regenerativer Energie versorgen kann. Es ist sinnvoll, den Ausbau entsprechender Energieverbünde gemeinsam mit den angrenzenden schweizerischen und österreichischen Gemeinden zu forcieren.

Der Ersatz von fossilen Treibstoffen durch erneuerbare Energie sowie Effizienz- und Suffizienzsteigerungen können Einsparungen erheblicher Mengen an Treibhausgasen bewirken. Liechtenstein verfügt über weitere Senkenpotenziale wie die Humifizierung von Böden und die Einlagerung von Biokohle in Böden. Die naturbelassenen Wälder Liechtensteins sind zu schützen, um ihre Speicherkapazität zu erhalten.

Zur Finanzierung des Gemeinschaftsprojektes «Erneuerbares Liechtenstein» könnten Bürgerfonds und Energiegenossenschaften beitragen.

Literatur

- BFE. 2007.** Die Energieperspektiven 2035 – Band 2: Szenarien I-VI (Bearbeitung Almut Kirchner)
Bern, Bundesamt für Energie BFE, 732
- BFE. 2010.** Bundesamt für Energie verleiht zum fünften Mal den Schweizer Energiepreis Watt d'Or
Bern, Bundesamt für Energie BFE, 3
- BMU. 2011.** Kyoto-Protokoll (Presseerklärung). Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMU: http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/kyoto_protokoll/doc/20226.php (26.07.2012)
- BMU. 2012.** Leitstudie 2011: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (Bearb. J. Nitsch, B. Wenzel, M. Sterner et al.) Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU Berlin, DLR Stuttgart, IWES Kassel, IFNE Teltow, 331
- Droege, P., D.D. Genske, T. Jödecke, M. Roos, A. Ruff. 2012.** Erneuerbares Liechtenstein – der Gesamtbericht,
Vaduz: Universität Liechtenstein <http://www.baernet.org/>
- EU. 2010.** EPBD und EU-Gebäuderichtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung. Gebräuchliche Kurzformen: EPBD und EU-Gebäuderichtlinie. Webcode 296893)
- Fischlin, A., B. Buchter, L. Matile, K. Ammon, E. Hepperle, J. Leifeld & J. Fuhrer. 2003.** Bestandsaufnahme zum Thema Senken in der Schweiz. Zürich, ETH, 74
- FL. 2010.** Statistisches Jahrbuch Liechtensteins 2010. Vaduz, Amt für Statistik des Fürstentums Liechtenstein, 370
- FL. 2011a.** Energiestatistik 2010. Vaduz, Amt für Statistik des Fürstentums Liechtenstein, 34
- FL. 2011b.** Liechtenstein's Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2009: National Inventory Report 2011. Vaduz, Office of Environmental Protection (OEP) Fürstentum Liechtenstein, 293
- FL. 2012.** Energiestrategie 2020. Vaduz: Regierung des Fürstentums Liechtenstein
- Moser, P. (Projektleiter). 2012.** Regionale Erfolgsbeispiele auf dem Weg zu 100% EE. Kassel:
Institut für dezentrale Energietechnologien,
http://www.deenet.org/fileadmin/redaktion/deenet_org/img/Projekte/100ee-Regionen_u_Kongress/Postersammelband.pdf
- Mackey, B., H. Keith, S.L. Berry, D.B. Lindenmayer. 2008.** Green Carbon Part 1: The role of natural forests in carbon storage,
ANU Press
- NOAA (Northamerican Oceanic and Atmospheric Administration). 2008.** Klimagase steigen weiter an trotz Wirtschaftseinbruch (auf Englisch), http://www.noaaews.noaa.gov/stories2009/20090421_carbon.html
- Niedermair, M., G. Plattner, B. Kohler, G. Egger, M. Zika & F. Essl. 2010.** Moore im Klimawandel
Wien, WWF Österreich, Österreichische Bundesforste, Umweltbundesamt Österreich, 22
- Prognos und Öko-Institut. 2009.** Modell Deutschland, Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken (Bearbeiter A. Kirchner, F.C. Matthes et al.). Eine Studie im Auftrag des WWF Deutschland. Basel/Freiburg, Prognos AG, Ökoinstitut, 495
- Römer, H. 2008.** Bericht über das 2. Humus-Symposium der Ökoregion Kaindorf
Ebersdorf, Ökoregion Kaindorf, <http://www.oekoregion-kaindorf.at>
- Schiermeier, Q. 2006.** Putting the carbon back: The hundred billion tonne challenge. Nature 442: 620-623
- Schmidt, H.-P. 2010.** Pflanzenkohle – Landwirtschaft als Klimaretter – ein Jahresbericht. Journal für Ökologie, Weinbau und Klimafarming, <http://www.ithaka-journal.net/biokohle-landwirtschaft-als-klimaretter>
- SIA (2010)** SIA Effizienzpfad Energie. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 28
- Strittmatter Partner AG. 2003.** Einwohner und Arbeitsplätze: Grundlagenanalyse und Prognose
St. Gallen/Vaduz, Strittmatter Partner AG/Amt für Statistik des Fürstentums Liechtenstein
- Taverna, R., P. Hofer, F. Werner, E. Kaufmann, E. Thürig. 2007.** CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft: Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz. Bern, 102
- Zünd, M. 2011.** Ein Kraftwerk mit Dokortitel. energaie, Sonderausgabe: 5

ISBN 978-3-033-03612-3



9 783033 036123 >

Druckpartner ● ● ● ●
LAMPERT
Druckzentrum | Vaduz

 **myclimate**
neutral
Drucksache
No. 01-12-357997 – www.myclimate.org
© myclimate – The Climate Protection Partnership