

Analysen und Bewertungen
zu Bestand, Potenzialen,
Umsetzungs-Chancen und
Hemmnissen für erneuerbare
Energien im Freistaat Bayern

- Teil 2 -

ThINK –
Thüringer Institut für Nachhaltigkeit
und Klimaschutz GmbH



Projektleitung

Dipl.-Geogr. Osama Mustafa

Unter Mitarbeit von

BA Geogr. Tim Buchner

Dipl.-Geogr. Heiko Griebisch

Dipl.-Geogr. Uwe Kurmutz

Dipl.-Geogr. André Ludwig

Dr. Stefan Knetsch

Dr. Matthias Mann

ThINK – Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und Klimaschutz

Leutragraben 1

07743 Jena

Im Auftrag der

Freie Wähler Landtagsfraktion

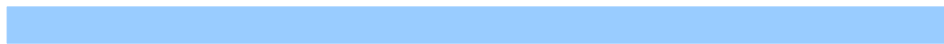
Max-Planck-Str. 1

81675 München

April 2011

Inhalt

1. Vorbemerkung	1
2. Stromversorgung	2
3. Wärmeversorgung	5
4. Verkehr	7
5. Zusammenfassung	9
Quellen	11



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Energieverbrauch in den verschiedenen Energiebedarfsbereichen im Jahr 2008..... 1

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung elektrischer Energie bis 2030.....	2
Tab. 2: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärmeenergie bis 2050.....	3
Tab. 3: Energiebereitstellung zur vollständigen Stromversorgung aus erneuerbaren Energiequellen bis 2050.....	4
Tab. 4: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärmeenergie bis 2030.....	5
Tab. 5: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärmeenergie bis 2050.....	5
Tab. 6: Energiebereitstellung zur vollständigen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen bis 2050.....	7
Tab. 7: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung Energie für den Verkehrsbereich bis 2030.....	7
Tab. 8: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung Energie für den Verkehrsbereich bis 2050.....	8
Tab. 9: Energiebereitstellung zur vollständigen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen bis 2050.....	9

1. Vorbemerkung

Im Zuge des rasanten Zuwachses der Nutzung erneuerbarer Energieträger sowie der immer stärker im Fokus stehenden gesellschaftlichen Ziele Klimaschutz, Ausstieg aus der Kernenergienutzung und Energiesicherheit liegen Forderungen zu einer vollständigen Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen nahe. Der vorliegende zweite Teil der Studie „Analysen und Bewertungen zu Bestand, Potenzialen, Umsetzungs-Chancen und Hemmnissen für erneuerbare Energien im Freistaat Bayern“ geht auf die Realisierbarkeit einer 100 %-igen Versorgung des Freistaates Bayern aus erneuerbaren Energien im Jahr 2050 ein.

Dieser zweite Teil baut auf den im ersten Teil durchgeführten Analysen zu den Potenzialen erneuerbarer Energien in Bayern auf. Die Potenziale wurden unter den Randbedingungen untersucht, dass es sich ausschließlich um **endogene (bayerische) Potenziale** handelt und dass der **heutige Stand der Technik** angenommen wird. Um der Frage nach der Möglichkeit einer Energieversorgung vollständig aus erneuerbaren Quellen nachzugehen, werden in diesem Teil jedoch auch Aspekte wie **technologischer Fortschritt**, **Import** erneuerbar erzeugter Energien und vor allem **Reduktion des Verbrauchs** durch höhere technische Effizienz und durch energiesparendere Wirtschafts- und Lebensweisen in die Betrachtung einbezogen.

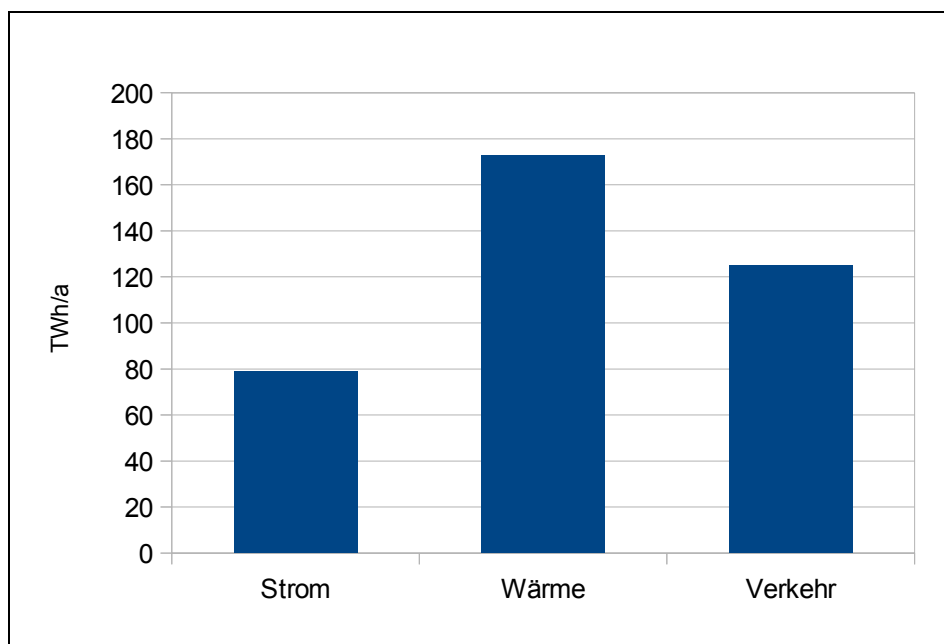


Abb. 1: Energieverbrauch in den verschiedenen Energiebedarfsbereichen im Jahr 2008

2. Stromversorgung

In den Tabellen 1 und 2 sind die wichtigsten Kenngrößen für eine Stromversorgung aus erneuerbaren Energien im Freistaat Bayern unter den Annahme der Bedingungen von Szenario 2 (Teil 1, Kap. 5) zusammengefasst. Es zeigt sich, dass das Potenzial zur Stromversorgung aus Biomasse im Jahr 2030 ausgeschöpft sein wird. Lediglich durch eine Steigerung des Wirkungsgrades und der Anlageneffizienz, die in Anlehnung an eine Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums abgeleitet wurden (BMU 2010) lässt sich die erzeugte Endenergiemenge zusätzlich um 7 % steigern. Das Potenzial der Stromerzeugung aus Windkraft wird etwa zu 85 % umgesetzt sein, die erzeugte Menge an Endenergie lässt sich bei dieser Technologie durch Effizienzsteigerungen etwa um 83 % erhöhen. Die Stromerzeugung aus tiefer Geothermie zeichnet sich durch vergleichsweise geringe Potenziale sowie einen ebenfalls geringen Umsetzungsgrad aus. Für 2050 wurde ein Fortsetzung der Randbedingungen angenommen. In diesem Rahmen werden auch die Flächenpotenziale für Windkraft, Wasserkraft ausgeschöpft sein.

	Potenzial Endenergie [TWh]	Umsetzungs- grad [%]	Umsetzbares Potenzial [TWh]	Faktor Leistungs- steigerung	Endenergie (incl. Leistungsstei- gerung)
Bioenergie	9,7	100	9,7	1,07	10,4
Windkraft	5,9	85	5,0	1,83	9,1
Wasserkraft	14,2	95	13,5	1,01	13,6
Geothermie	1,4	31	0,5	1,00	0,5
Photovoltaik	33,6	100	33,6	1,08	36,3
Gesamt	64,8		62,3		69,9

Tab. 1: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung elektrischer Energie bis 2030

	Potenzial Endenergie [TWh]	Umsetzungs- grad [%]	Umsetzbares Potenzial [TWh]	Faktor Leistungs- steigerung	Endenergie (incl. Leistungsstei- gerung)
Bioenergie	9,7	100	9,7	1,11	10,8
Windkraft	5,9	100	5,9	2,07	12,2
Wasserkraft	14,2	100	14,2	1,01	14,3
Geothermie	1,4	60	0,8	1,00	0,9
Photovoltaik	33,6	100	33,6	1,12	37,6
Gesamt	64,8		62,3		75,8

Tab. 2: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärmeenergie bis 2050

Neben den unter Szenario 2 angenommenen wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und technologischen Randbedingungen sind über zusätzliche Anstrengungen im Bereich politischer Einflussnahme weitere Potenziale möglich. Dies betrifft vor allem Anstrengungen bei der Reduktion des Energieverbrauchs und bei der gezielten Technologieförderung über das gegenwärtige Niveau hinaus:

Zusätzliche Anstrengungen:

- Ausbau petrothermaler Tiefengeothermie in KWK (HDR-Verfahren),
- Importe von erneuerbaren Energiequellen außerhalb Bayerns (z.B. Windenergie von Nord- bzw. Ostsee, Wasserkraft Skandinavien),
- Ausbau der Stromnetze und der Energiespeicherung zur Sicherung der Grundlast (Wasser-, Kavernen-, Druckluftspeicher, Akkumulatoren),
- Installation von Schnittstellen zwischen Strom- und Gasnetz zur Stromlaststeuerung (Methanisierung),
- Förderprogramme für Photovoltaik-Repowering für Dach- und Freiflächenanlagen.

Neben dem Potenzial zur Reduktion des Verbrauchs an elektrischer Energie durch erhöhte technische Effizienz aber auch erhöhte Nutzungseffizienz (Energieeinsparung), wozu auch infrastrukturelle Maßnahmen wie der Ausbau von Leitungs- und Speicherkapazitäten zählen, lässt vor allem eine verstärkte Entwicklung der petrothermalen Tiefengeothermie eine deutliche Steigerung des geothermischen Potenzials erwarten (vgl. Jung et. al 2006, 502ff.). Die An-

nahmen zum Ausmaß von Verbrauchsreduktionen wurden in Anlehnung an das Energiekonzept der Bundesregierung (BMWi & BMU 2010) getroffen.

Im Rahmen dieser Entwicklung kann bereits 2030 genügend elektrische Energie zur Verfügung stehen, um den Freistaat Bayern auch ohne Nutzung fossiler Energieträger und der Kernkraft vollständig zu versorgen. Es kann sogar ein Überschuss produziert werden, welcher für den erhöhten Strombedarf im Verkehrsbereich zu verwenden ist (Entwicklung E-Mobilität). Unter Berücksichtigung von Importen Energie aus erneuerbaren Quellen (z.B. Windenergie von Nord- bzw. Ostsee, Wasserkraft aus Skandinavien) stehen für den Verkehrsbereich Stromüberschüsse von 17,8 (2030) bzw. 48 TWh (2050) zur Verfügung (vgl. Tab. 3).

	2008	2030	2050
Bioenergie	6,4	10,4	10,8
Windkraft	0,8	9,1	12,3
Wasserkraft	12,9	13,6	14,3
Geothermie	0	0,5	0,9
Geothermie (HDR)	0	5	10
Photovoltaik	4,2	36,6	37,6
EE-Importe	0	10	21,3
Fossile Quellen	6,4	0	0
Kernenergie	48,4	0	0
Energieeffizienz	0	11,9	19,8
Gesamt	79	96,8	127
Überschuss	0	17,8	48

Tab. 3: Energiebereitstellung zur vollständigen Stromversorgung aus erneuerbaren Energiequellen bis 2050

3. Wärmeversorgung

Die Tabellen 4 und 5 zeigen den angenommenen Stand der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2030 und 2050. Die Potenziale für Bioenergie sowie Solarthermie werden bereits 2030 zu 100 % ausgeschöpft sein, Geothermie allerdings erst zu 25 % (2050: 45 %). Durch Steigerung des Wirkungsgrades und der Effizienz lässt sich das umsetzbare Potenzial für Bioenergie bzw. Solarthermie um 22 bzw. 23 % erhöhen (2050: 33 bzw. 32 %). Für Geothermie sind Leistungssteigerungen nur in geringerem Maße zu erwarten.

	Potenzial Endenergie [TWh]	Umsetzungsgrad [%]	umsetzbares Potenzial [TWh]	Faktor Leistungssteigerung	Endenergie (incl. Leistungssteigerung)
Bioenergie	35,7	100	35,7	1,22	43,7
Geothermie	11,4	25	2,9	1,00 ¹ /1,09 ²	3,0
Solarthermie	29,1	100	29,1	1,23	35,8
Gesamt	76,2		67,7		82,5

¹ Tiefengeothermie, ² oberflächennahe Geothermie

Tab. 4: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärmeenergie bis 2030

	Potenzial Endenergie [TWh]	Umsetzungsgrad [%]	umsetzbares Potenzial [TWh]	Faktor Leistungssteigerung	Endenergie (incl. Leistungssteigerung)
Bioenergie	35,7	100	35,7	1,33	47,5
Geothermie	11,4	45	5,1	1,00 ¹ /1,13 ²	5,3
Solarthermie	29,1	100	29,1	1,32	38,4
Gesamt	76,2		70,5		91,2

¹ Tiefengeothermie, ² oberflächennahe Geothermie

Tab. 5: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärmeenergie bis 2050

Zusätzliche Anstrengungen:

- energetische Gebäudesanierung/-dämmung, Steigerung der Sanierungsrate auf bis 4 % p. a.,
- Ausbau petrothermaler Tiefengeothermie in KWK (HDR-Verfahren),
- hohe energetische Standards bei Neubauten (Plus-Energiehaus, mindestens Passivhaus-Standard) bei Haushalten und Gewerbe,
- Ausgabe von „Energieeinsparungszertifikaten“ an Gebäudeeigentümer (Zertifikate gegen Steuervergünstigungen eintauschbar),
- Förderung des „Zero-Emission“-Gedankens bei der Industrie, Aufbau von möglichst geschlossenen Prozesswärmeketten (z.B. Forschungsförderung Energieproduktivität),
- Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen (besonders in weniger energieeffizienten Siedlungsgebieten und in Gewerbegebieten),
- in Gebieten mit rückläufiger Bevölkerung Leerstandsmanagement in der Wohnungswirtschaft,
- striktes Grundprinzip der Innen- vor der Außenentwicklung (Bauleitplanung),
- Ausbau und Förderung effizienter Speichermöglichkeiten (saisonale Speicher durch Kopplung von Geo- und Solarthermie, dezentrale Paraffin-, Wasser- und petrochemische Speicher),
- Förderung von KUP auf Böden mit geringerer Gütezahl im ländlichen Raum.

Eine Ersetzung fossiler durch erneuerbare Energieträger ist im Bereich Wärmeenergie schwieriger durchzuführen als im Bereich Elektroenergie. Dies ist vor allem der Problematik des Transports von Wärmeenergie (hohe Wärmeverluste, hoher infrastruktureller Aufwand) und dem hohen Gesamtbedarf an Wärmeenergie (2008: 172 TWh) im Vergleich zum Strombedarf (2008: 79 TWh) geschuldet. Aber auch die Asynchronität von Angebot und Nachfrage bei Solarthermie spielt hier eine Rolle. Die Anstrengungen zur Ermöglichung einer 100%-igen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Quellen müssen sich daher auf die Bereiche Verbrauchsreduzierung und -effizienz, Infrastrukturoptimierung und -ausbau sowie die Entwicklung neuartiger Speichertechnologien konzentrieren. Importe sind im Bereich der Wärmeenergie aufgrund der Transportproblematik nicht in bedeutendem Umfang zu erwarten.

	2008	2030	2050
Bioenergie	17,7	43,7	47,5
Geothermie	0,75	3	5,3
Geothermie (HDR)	0	5	12,5
Solarthermie	1	35,8	38,4
Fossile Quellen	153,3	50,7	0
Energieeffizienz	0	34,6	69,1
Gesamt	172,8	172,8	172,8

Tab. 6: Energiebereitstellung zur vollständigen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen bis 2050

4. Verkehr

Als Energieträger im Verkehrsbereich wurde in den Tabellen 7 und 8 nur die Biomasse berücksichtigt, da die Elektroenergie bereits in den Tabellen 1 und 2 enthalten ist. Eine Umsetzung des Potenzials im Verkehrsbereich ist demnach bereits 2030 erreicht, durch Wirkungsgradsteigerungen lässt es sich nochmals um etwa 15 % (2030) bzw. 25 % (2050) erhöhen.

	Potenzial Endenergie [TWh]	Umsetzungs- grad [%]	umsetzbares Potenzial [TWh]	Faktor Leistungs- steigerung	Endenergie (incl. Leistungsstei- gerung)
Bioenergie	21,7	100	21,7	1,15	25
Gesamt	21,7				25

Tab. 7: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung Energie für den Verkehrsbereich bis 2030

	Potenzial Endenergie [TWh]	Umsetzungs- grad [%]	umsetzbares Potenzial [TWh]	Faktor Leistungs- steigerung	Endenergie (incl. Leistungsstei- gerung)
Bioenergie	21,7	100	21,7	1,25	27,1
Gesamt	21,7				27,1

Tab. 8: Potenziale und Umsetzungsgrade erneuerbarer Energien zur Erzeugung Energie für den Verkehrsbereich bis 2050

Zusätzliche Anstrengungen:

- flächendeckender Ausbau und dichte Vertaktung des ÖPNV (Prüfung von vollständig umlagefinanzierten (für Benutzer kostenlosen) Modellen, kommunale Sammeltaxis, mindestens Stundentakt),
- relationale Verkehrsplanung (landesweiter Verkehrsverbund, integrierter Taktfahrplan für alle Verkehrsträger, Ausbau des energetisch günstigsten Verkehrsträgers für eine Relation),
- Forcierung regionaler Wirtschaftskreisläufe zur Transportminimierung,
- bevorzugte Innenentwicklung in der Bauleitplanung,
- Tempolimit, City-Maut für größere Städte, Abschaffung Pendlerpauschale,
- Förderung von Fahrgemeinschaften, Fußgänger- und Radverkehr,
- Förderung E-Mobilität (steuerlich, Forschungsförderung),
- massive Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene,
- Elektrifizierung, flächenhafte Reaktivierung und Ausbau von Eisenbahnstrecken (z.B. Höllentalbahn, Werrabahn, Alpen-Zulaufstrecken, Ausbau Güterverkehrskorridore),
- Wiedereinrichtung eines interregionalen flächendeckenden Fernverkehrsnetzes,
- Förderung intermodaler Logistiksysteme, Aufbau eines flächendeckenden und intelligenten Güterverkehrszentrennetzes,
- vertakteter Bus- oder Taxi-Anschlussverkehr als Zubringer zur Schiene,
- Internalisierung aller externen Kosten pro Verkehrsträger (Paradigma des Verursacherprinzips bei Kostendeckung),
- Förderung alternativer Antriebstechnologien (bes. Flugverkehr),

Um 100% erneuerbare Energien im Verkehrsbereich zu erreichen sind verglichen mit dem Strom- bzw. Wärmesektor die bei weitem größten Anstrengungen vonnöten. So können auch bei Ausschöpfung des bioenergetischen Po-

tentials nur ca. 20 – 25 % des heutigen Verbrauchs an Mineralölprodukten ersetzt werden. Zur Erreichung des o.g. Zieles ist daher sowohl ein technologischer Umschwung in Richtung E-Mobilität (2030: 6 Mio. Elektroautos, 2050: 30 Mio.) notwendig als auch eine deutliche Veränderung in der Verkehrskultur hin zur Verringerung des Energieverbrauchs um mehr als die Hälfte des aktuellen Wertes durch Verkehrsvermeidung und -konzentration auf öffentliche Verkehrsträger sowie den Schienenverkehr (insbesondere den Güterverkehr). Die Entwicklung neuartiger Antriebssysteme ist nicht nur im MIV (motorisierter Individualverkehr) unumgänglich, sondern im besonderen Maße im Güter- und Flugverkehr.

	2008	2030	2050
Bioenergie	2,1	25	27
Strom	2,3	23	48
Strom (fossil)	2,3	5,2	0
Strom (EE)	0	17,8	48
Mineralölprodukte	120,4	51,8	0
Energieeffizienz	0	34,6	69,1
Gesamt	124,8	124,8	124,8

Tab. 9: Energiebereitstellung zur vollständigen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen bis 2050

5. Zusammenfassung

Eine 100%-ige Versorgung des Freistaates Bayern bis 2050 ist möglich, wenn politische Anstrengungen unternommen werden, die über das heutige Maß hinausgehen.

Die heutige Stromversorgung ist über erneuerbare Energieträger weitestgehend ersetzbar. Durch Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz und -einsparung und den Import von Strom aus erneuerbare produziertem Strom von außerhalb Bayerns ist es möglich, nicht nur fossile Energieträger und Kernenergie schon 2030 vollständig zu ersetzen, sondern auch einen Überschuss zu produzieren, der für den erhöhten Bedarf durch E-Mobilität im Bereich Verkehr zur Verfügung steht.

Die Wärmeversorgung Bayerns aus erneuerbaren Energiequellen ist bei Ausschöpfung der Potenziale nur möglich, wenn erhebliche Anstrengungen bei

der Nutzung der Einsparpotenziale gemacht werden, insbesondere durch eine deutliche Steigerung der Gebäudesanierungsrate.

Die größten Anstrengungen für eine vollständige Versorgung Bayerns aus erneuerbaren Energiequellen sind im Verkehrsbereich notwendig. Die Schwerpunkte müssen hier auf der Verkehrsreduktion bzw. auf der Verkehrseffizienz liegen, auf einer deutlich stärkeren Entwicklung der Elektromobilität sowie der Erforschung völlig neuer Antriebs- und Logistiksysteme insbesondere für den Flug- und Güterverkehr.

Quellen

BMU (2010) [Hrsg.]: Nitsch, J., Pregger, T., Scholz, Y., Naegler, T., Sterner, M., Gerhardt, N., von Oehsen, A., Pape, C., Saint-Drenan, Y.-M., Wenzel, M.: Leitstudie 2010 - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global.

BMWi & BMU (Hrsg.) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin.

Jung, R., Kabus, F., Kaltschmitt, M., Nill, M., Schröter, G., Rogge, S. (2006): Geothermische Stromerzeugung. In: Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A. [Hrsg.] (2006): Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Berlin.

Löser, R. (2009): Autos der Zukunft (Serie, Teil III): Elektroautos die rollenden Stromspeicher. In: Spektrum der Wissenschaft. 04/09, S. 96-103.

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2010): Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Berlin.

ThINK (Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und Klimaschutz) (2011): Analysen und Bewertungen zu Bestand, Potenzialen, Umsetzungs-Chancen und Hemmnissen für erneuerbare Energien im Freistaat Bayern. Jena.