

ERNEUERBAR KOMM!

Erneuerbare Stromversorgung
der  nibelungenstadt
worms bis 2030

KL^CO₂K
worms ist dabei!

*Klimaschutz- und Energieeffizienz-
konzept der Stadt Worms*

**FH
FFM**
Fachhochschule Frankfurt am Main
University of Applied Sciences



Michael Kissel

Oberbürgermeister der Stadt Worms

Die Stadt Worms hat sich in ihrem Klimaschutz- und Energieeffizienzkonzept und mit dem Beitritt zum „Konvent der Bürgermeister“ das Ziel gesetzt, den CO₂-Ausstoß in Worms alle 5 Jahre um 10% zu reduzieren. Hierzu wurden auf der Grundlage einer CO₂-Bilanz mehr als 40 Maßnahmenpakete in sechs interdisziplinären Arbeitsgruppen entwickelt, um die angestrebten Ziele zu erreichen.

Ein wesentlicher Bestandteil des Konzeptes ist das Ziel, die Stromversorgung der Stadt Worms bis zum Jahr 2030 zu 100% aus Erneuerbaren Energien zu decken. Hierzu wurde die Fachhochschule Frankfurt am Main mit der Erstellung einer Potenzialstudie auf der Grundlage des Forschungsprojektes ERNEUERBAR KOMM! beauftragt. Dabei wurden zwei Schwerpunkte gesetzt: Die Ermittlung des technischen Potenzials zur Stromerzeugung aus Sonne, Wind, Wasser und Biomasse auf dem Gebiet der Stadt Worms und die Darstellung von Szenarien.

Letzteres wird in Form eines Online-Rechners über das Internet interaktiv nutzbar gemacht: Damit kann jeder/e Wormser Bürger/in das Wormser Energiepotenzial aus regenerativen Energien selbst berechnen und über ein Mischpult verschiedene Szenarien selbst gestalten. So kann sich der Nutzer schnell ein Bild darüber machen, mit welchem Energie-Mix und mit welchem Flächenbedarf das Ziel „100%-erneuerbar“ zu erreichen ist. Dem Ergebnis der Studie zufolge ist das jedoch nur bei gleichzeitiger deutlicher Reduzierung des Stromverbrauchs oder der Steigerung der Energieeffizienz möglich.

Ich danke der Fachhochschule Frankfurt am Main für ihren Beitrag zum Bestreben der Stadt Worms, das Klimaschutzkonzept Worms zu realisieren.

Die Stadt Worms erhält mit der Potenzialstudie ein wesentliches Instrument zur Planung weiterer Schritte auf dem Weg zu „100%-erneuerbar“ und wird dieses ehrgeizige Ziel konsequent weiterverfolgen.




Prof. Dr. Martina Klärle

Leiterin des Forschungsprojektes ERNEUERBAR KOMM!

Vom Jahr 2000 bis heute haben es die deutschen Kommunen geschafft, die Versorgung mit Erneuerbaren Energien um 450% auf knapp 17% des Bruttostromverbrauchs zu steigern.

Das Forschungsprojekt ERNEUERBAR KOMM! hat den Nachweis erbracht: 100% Erneuerbare sind machbar, wenn dichtbesiedelte Städte und ihr Umland zusammenarbeiten.

ERNEUERBAR KOMM! ermittelt das Potenzial für Erneuerbare Energien, das in der Fläche einer Gemeinde oder eines Landkreises steckt. Mit Hilfe von geographischen Informationssystemen wird vollautomatisch auf der Grundlage vorhandener Geobasisdaten berechnet, wieviel Strom aus Wind, Sonne, Biomasse und Wasser gewonnen werden kann und wieviel Fläche dafür jeweils benötigt wird.

Nachdem das Forschungsprojekt für das Pilotgebiet Frankfurt/Rhein-Main erfolgreich abgeschlossen wurde, ist Worms die erste Gemeinde, für die die Methode im Hinblick auf zukünftige kommunale Handlungsoptionen und Entscheidungen angewendet wird.

Ich freue mich, mit ERNEUERBAR KOMM! für die Stadt Worms ein zukunftsweises Forschungsprojekt in die Praxis umsetzen zu können.



ERNEUERBAR KOMM!

besteht aus einem

Leitfaden

und einem

Online-Rechner.

Damit können Sie das Erneuerbare-Energien-Potenzial Ihrer Gemeinde selbst berechnen.

www.ErneuerbarKomm.de

Was dieser Leitfaden kann...

Die vorliegende Broschüre richtet sich an alle Wormser Bürger sowie die politischen Entscheidungsträger - sprich: an alle Menschen, denen die Zukunft der Stadt Worms am Herzen liegt.

Mit der neu entwickelten Methode ERNEUERBAR KOMM! wurde das Potenzial für Erneuerbare Energien auf dem Gebiet der Stadt Worms ermittelt. Wieviel Strom kann mit Hilfe von Sonne, Wind, Biomasse und Wasser in Worms erzeugt werden? Durch welche Form der Erneuerbaren Energien kann der Strombedarf von Worms am ehesten gedeckt werden? Wieviel Fläche wird hierfür benötigt?

Antwort auf diese Fragen gibt die vorliegende Broschüre, sowie ein Online-Rechner, der auf der Homepage der Stadt Worms allen Interessierten zur Verfügung steht. (www.100prozent.worms.de)

ERNEUERBAR KOMM! berechnet das Potenzial, das in der Fläche steckt, unabhängig von den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, welche stetigen Veränderungen unterliegen.

Zur Ermittlung der Energiepotenziale wurde eine Berechnungsmethode entwickelt, welche sich auf geographische Informationssysteme (GIS) stützt. Zugrunde liegen amtliche Geobasisdaten und statistische Angaben. Diese liefern beispielsweise Informationen über Flächennutzung, Schutzgebiete, Windgeschwindigkeiten, Globalstrahlung, Gebäudeflächen und Gefälle der Fließgewässer.

Mit Hilfe dieser Daten wird ermittelt, wieviel Fläche innerhalb der Stadt Worms sich für die Erzeugung von Strom aus Solarenergie, Windenergie, Biomasse und Wasserkraft eignet, wieviel Strom daraus erzeugt und wieviel Prozent des Strombedarfs dadurch gedeckt werden kann.

Stromverbrauch

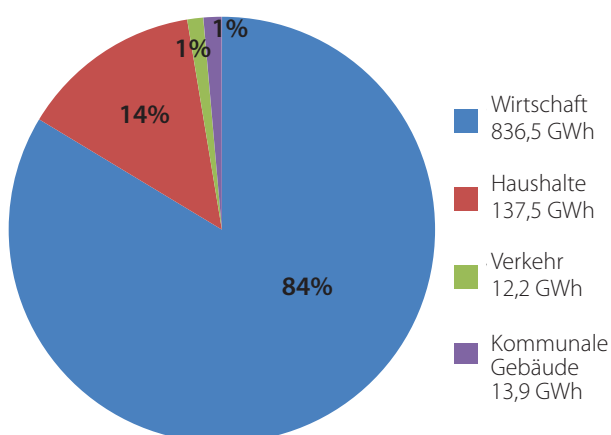
Der Gesamtstromverbrauch der Stadt Worms lag 2008 bei rund 1.000 GWh.

Die privaten Haushalte verbrauchten 137,5 GWh und waren somit mit 14% am Gesamtstromverbrauch beteiligt. Das entspricht 1.681 kWh pro Person.

Auffallend hoch ist der Stromverbrauch im Sektor Wirtschaft. Mit 836,5 GWh waren Industrie- und Gewerbebetriebe für 84% des Gesamtstromverbrauchs verantwortlich.

Das Verhältnis von Privatstrom- zu Gesamtstromverbrauch liegt in Worms somit bei 1 : 6. Im Bundesdurchschnitt beträgt es ca. 1 : 4.

Die größten Einsparpotenziale liegen in Worms im Bereich von Gewerbe und Industrie.



Stromverbrauch der Stadt Worms 2008



© Pitopia, froxx, 2009

SolarEnergie

Bei der Nutzung von Solarenergie wird zwischen Warmwassererzeugung (Solarthermie) und Stromerzeugung (Photovoltaik) unterschieden.

Bei ERNEUERBAR KOMM! geht es ausschließlich um Stromerzeugung. Photovoltaik-Module werden auf Dächern und Freiflächen eingesetzt. Der Strom wird ins öffentliche Netz eingespeist oder im Haus genutzt.

Die Flächenbilanz der Solarenergie ist sehr gut. Um den Strombedarf einer Person zu decken, wird derzeit eine geeignete Dachfläche von ca. 14 m² benötigt. Mit steigendem Wirkungsgrad der Module wird sich die benötigte Fläche verringern.

Die Nutzung der Solarenergie genießt in der Bevölkerung eine breite Akzeptanz.

Die Kosten für Photovoltaikmodule sind in den vergangenen 20 Jahren um ca. 60% gesunken.

Ein großer Teil der Module und anderer Komponenten stammt aus deutscher Produktion. 20% der Wertschöpfung entfallen auf Montage und Wartung durch lokale Firmen. Die Kommunen profitieren von Umsatz- und Gewerbesteuer.

Kommunen und Bürger profitieren von Pachteinnahmen und Beteiligungen an den Anlagen.

Dachflächen-PV-Anlagen profitieren durch das aktuelle EEG (Stand Januar 2011) von der Einspeisevergütung. Die Förderung fällt noch höher aus, wenn ein Teil des produzierten Stroms selbst verbraucht wird.

Auf optimal geneigten und ausgerichteten Dachflächen können hohe Stromerträge erzielt werden. Es besteht keinerlei Nutzungskonkurrenz in der Fläche.

Freiflächen-PV-Anlagen werden nach aktuellem EEG nur noch auf Randstreifen von Autobahnen und Schienenwegen oder auf Flächen mit bestehender Vornutzung - z.B. ehemalige Deponieflächen, Konversionsflächen - vergütet.

Die Module können immer im optimalen Winkel zur Sonne aufgestellt werden. Da die Module aufgeständert werden, wird der Boden nicht versiegelt. Eine Zweitnutzung, z.B. Schafzucht, ist möglich.

Standortfaktoren

Besonders geeignet sind Flächen, die folgende Eigenschaften aufweisen:

- durchschnittliche Sonneneinstrahlung von mindestens 950 kWh/m² im Jahr
- Ausrichtung nach Süden, Südosten, Südwesten, gegebenenfalls auch Osten oder Westen
- Neigung von 30-45° (bei flachem Dach bzw. Gelände werden die Module aufgeständert)
- keine Verschattung

Günstige Flächenbilanz

- Freifläche: Ein Solarfeld von 84 ha produziert genug Strom, um die Privathaushalte einer 20.000-Einwohner-Stadt zu versorgen.
- Dachfläche: Eine mit Solarmodulen bestückte Dachfläche von 42 m² produziert so viel Strom wie ein 3-Personen-Haushalt im Jahr benötigt.

Kennzahlen

- benötigte Fläche, um 1 MWh/a zu erzeugen:
Dachfläche: ca. 8 m²
Freifläche: ca. 24 m²
- Energetische Amortisationszeit: 1,5 - 4 Jahre
- Herstellungskosten pro kWh:
Dachfläche: 10 bis 25 Ct
Freifläche: 9 bis 22 Ct
- Einspeisevergütung (Stand Jan. 2011):
Dachflächen: 28 Ct / kWh (bis zu 30 kW)
+ 16 Ct / kWh wenn mindestens 30% Eigenverbrauch;
Konversionsflächen, versiegelte Flächen: 22 Ct / kWh;
Randstreifen von Autobahn und Schiene: 21 Ct / kWh



Berechnung Strompotenzial Solar

ERNEUERBAR KOMM! berechnet ausschließlich das Potenzial für die Stromerzeugung (Photovoltaik).

- Es wurde ein Wirkungsgrad der Module von 15% angenommen.
- Der Verlust bei der Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom wurde mit 25% angesetzt.
- Der durchschnittliche Globalstrahlungswert liegt für Worms auf ebener Fläche bei 1.061 - 1.080 kWh/m² pro Jahr.

Dachfläche

Das Potenzial der Wormser Dächer wurde aus dem bestehenden Solardachkataster übernommen (www.solarkataster-worms.de). Diesem liegen hochaufgelöste Laserscannerdaten zugrunde. Kleinräumige Standortfaktoren wie Neigung, Ausrichtung, Verschattung und Globalstrahlungswert wurden für jedes einzelne Dach berücksichtigt.

- Das Ergebnis aus dem SUN-AREA-Solardachkataster zeigt: 33% der Dachfläche von Worms sind für die solare Stromerzeugung geeignet. Auf 1.621.180 m² geeigneten Dachflächen können 205.489 MWh Strom pro Jahr erzeugt werden.

Freiflächen mit Einspeisevergütung

Auf der Fläche der Stadt Worms gibt es ca. 10 km Autobahnen und ca. 30 km Bahntrassen. Ein Randstreifen von 110m beidseitig dieser Verkehrsadern wird nach §32 EEG besonders gefördert.

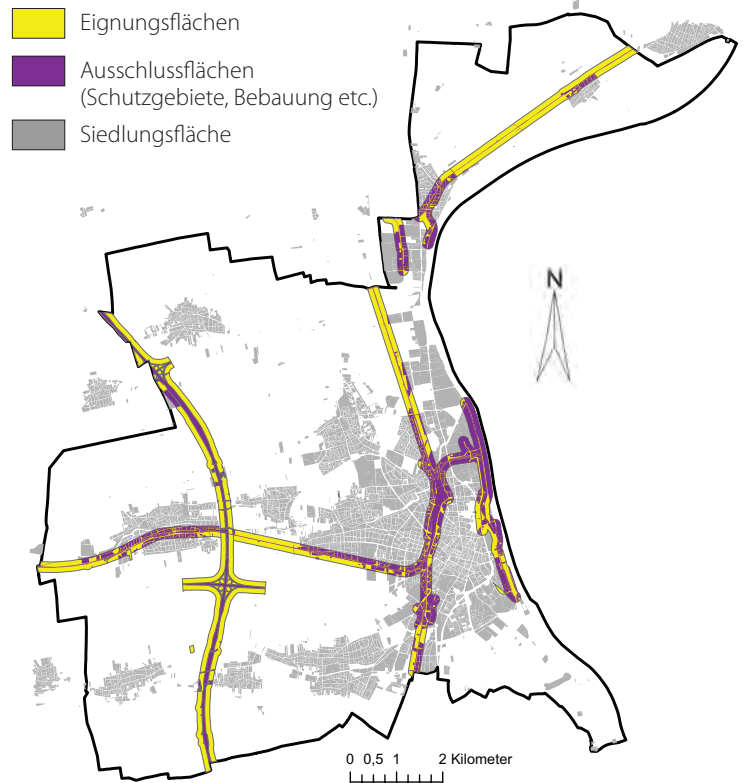
- Nach Abzug von Verkehrsbegleitflächen, Siedlungsbereichen, Schutzgebieten, Gewässern und Wald wurde eine geförderte Fläche von 628 ha ermittelt. Hinzu kamen zwei Konversionsflächen (ehemalige Deponie, Halde).
- Es wurde angenommen, dass 30% der geeigneten Randstreifen mit Solarmodulen bestückt werden (doppelter Modulabstand) – das entspricht 1% der Gesamtfläche der Stadt Worms.

Freiflächen ohne Einspeisevergütung

- Zu den geeigneten Flächen zählen Acker-, Brach- und Grünland abzüglich der relevanten Schutzgebiete (Naturschutz, Biotope, Naturdenkmale).
- Es wurde angenommen, dass 5% der Eignungsfläche mit Solarmodulen bestückt werden (dreifacher Modulabstand) – das entspricht 1,4% der Gesamtfläche der Stadt Worms.

Datengrundlagen: Stadt Worms, LANIS Landschaftsinformationssystem der Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz, Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, SUN-AREA Solardachkataster Worms, DWD Deutscher Wetterdienst

Freiflächen-PV-Anlagen mit Einspeisevergütung



Ergebnis für die Stadt Worms

- Solarpotenzial insgesamt: 412.432 MWh/a
 - davon Dachfläche: 205.489 MWh/a
 - davon Freifläche ohne Einspeisevergütung: 93.008 MWh/a
 - davon Freifläche mit Einspeisevergütung: 113.935 MWh/a
- Deckung des privaten Strombedarfs: 300%
- Deckung des Gesamtstrombedarfs: 41%
- Einsparung CO₂: 243.747 Tonnen / Jahr

Eine relativ hohe Globalstrahlung, ein großer Anteil geeigneter Dachflächen, viele Ackerflächen und nutzbare Randstreifen von Autobahnen und Schienenwegen bieten in der Summe ein großes Potenzial zur Solarstromerzeugung.

Alleine die Nutzung aller geeigneten Dachflächen würde ausreichen, um anderthalb Mal so viel Strom zu erzeugen wie die privaten Haushalte benötigen.

Bei der zusätzlichen Mobilisierung von 5% der nicht geförderten und 30% der geförderten Freiflächen könnten 41% des Gesamtstromverbrauchs gedeckt werden.

Ein besonderes Potenzial bieten die Randstreifen von Autobahnen und Schienenwegen, bei denen es im Gegensatz zu den Ackerflächen keine Nutzungskonkurrenz gibt.



© Pitopia, Michael Kempf, 2007

WindEnergie

Die Windenergie ist im Vergleich zu anderen Formen der Erneuerbaren Energien extrem ertragreich und wirtschaftlich.

Abgesehen von der Fundamentfläche kann die gesamte Fläche rund um eine Windkraftanlage land- oder weidewirtschaftlich genutzt werden.

Mit einer Windkraftanlage lässt sich bei einer 20-jährigen Nutzungszeit 30 bis 80 mal so viel Energie gewinnen wie für ihre Herstellung und Nutzung benötigt wurde. An einem guten Standort beträgt die energetische Amortisationszeit nur knapp zwei Monate.

Seit dem Jahr 2000 hat sich die Stromerzeugung aus Windkraft in Deutschland mehr als verfünffacht. Ihr Anteil am Endenergieverbrauch beträgt ca. 7%. Sie leistet somit den größten Anteil an erneuerbarem Strom.

Die technische Weiterentwicklung der Windkraftanlagen hat sich in den letzten Jahren hauptsächlich auf immer größere Anlagen konzentriert. So liegt die Leistung einer Windkraftanlage heute ca. 40 mal höher als vor 20 Jahren.

Windenergieanlagen unterstützen strukturschwache Regionen. Die Pacht, die der Grundstückseigentümer pro Standort erhält, liegt in der Regel über 10.000 € pro Jahr. Die Gemeinde profitiert von der Gewerbesteuer.

Das BauGB sieht vor, dass beim Bau einer Windkraftanlage Rücklagen gebildet werden, um den Rückbau sicherzustellen.

Sehr hohe Erträge an geeigneten Standorten

- Eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 2,5 MW an einem Standort mit Windgeschwindigkeiten von 6,5 m/s produziert jährlich den Strom für über 3.500 Menschen.
- Wollte man die gleiche Menge Strom aus Biomasse erzeugen, müsste man dafür 200 ha Grünland oder Restholz aus 1.225 ha Waldfläche aufwenden.
- Ein Windpark auf einer Fläche von 200 ha bietet Platz für 14 solcher Windkraftanlagen und produziert bei Windgeschwindigkeiten von 6,5 m/s so viel Strom wie 50.000 Einwohner im Jahr verbrauchen.

Kennzahlen

- benötigte Fläche, um 1 MWh/a zu erzeugen:
Standort mit Windgeschwindigkeit 5 - 6 m/s: ca. 51 m²
Standort mit Windgeschwindigkeit 6 - 7 m/s: ca. 24 m²
- Energetische Amortisationszeit: 2 bis 7 Monate
- Herstellungskosten pro kWh: 5 bis 12 Ct
- Einspeisevergütung (Stand Jan. 2011): 9 Ct / kWh

Standortwahl

Bei keiner anderen Energieform ist der richtige Standort so wichtig wie bei der Windenergie. Der Stromertrag steigt mit der dritten Potenz zur Windgeschwindigkeit, d.h. doppelte Windgeschwindigkeit liefert 8-fache Energie, dreifache Windgeschwindigkeit 27-fache Energie.

Eine 2,5 MW-Anlage erzeugt an einem Standort mit Windgeschwindigkeiten von 7,5 m/s Strom für 4.380 Personen. An einem Standort mit 5,5 m/s liefert die gleiche Anlage Strom für 2.370 Personen.

Die Windgeschwindigkeit nimmt mit zunehmender Höhe zu. In welchem Maße, ist abhängig von vielen Faktoren, z.B. Geländestruktur, Topographie, benachbarte Wälder oder Siedlungen.

Eine detaillierte Standortanalyse und eine gerechte Abwägung gegenüber anderen öffentlichen Belangen wie z.B. dem Landschaftsschutz sind in jedem Fall erforderlich, will man das große Potenzial der Windkraft optimal nutzen.



Berechnung Strompotenzial Wind

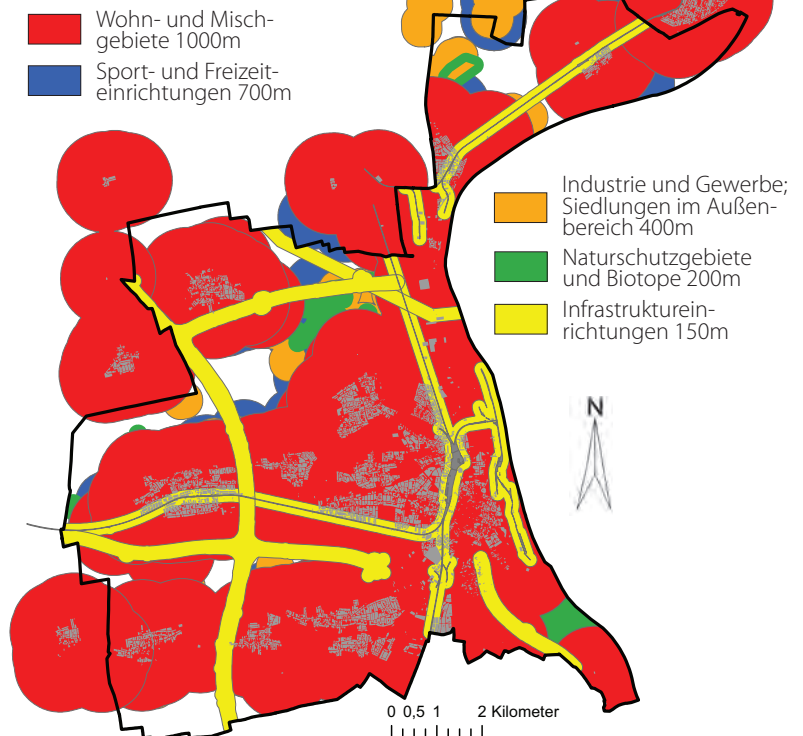
- Für die Potenzialberechnung wurde eine 3 MW-Anlage mit einer Nabenhöhe von 119 m zugrunde gelegt. Gutachten belegen, dass Anlagen dieses Typs im Bereich der ermittelten Potenzialflächen wirtschaftlich sind.
- Die Volllaststunden hängen von der Windgeschwindigkeit ab. Nach Angaben des Herstellers ist im Bereich der ermittelten Potenzialfläche mit 2.400 Volllaststunden pro Jahr zu rechnen. Das entspricht einem jährlichen Ertrag von 7.200 MWh pro Anlage.
- Die zwischen den Windkraftanlagen benötigten Abstandsflächen gingen mit 15 ha pro Anlage in die Berechnung ein.
- Für die Berechnung der Eignungsfläche aus amtlichen Geodaten (ALKIS) wurden die Abstandserfordernisse aus dem Regionalplan Rheinhessen-Nahe, Teilplan Windenergienutzung (Entwurf Oktober 2010) zugrunde gelegt. Demnach dürfen Windkraftanlagen nur mit ausreichend Abstand zu Siedlungsbereichen, Infrastruktureinrichtungen und Schutzgebieten installiert werden.

Als Abstandsflächen gelten beispielsweise:

- 1000 m zu Wohnbauflächen, Dorf- und Mischgebieten;
 - 700 m zu Freizeit- und Erholungseinrichtungen;
 - 400 m zu Industrie- und Gewerbeflächen;
 - 200 m zu Naturschutzgebieten und Biotopen;
 - 150 m zu Bundesfernstraßen und Bahntrassen.
- Es wurde angenommen, dass die geeigneten Flächen von insgesamt 286 ha komplett genutzt werden – das entspricht 1,5% der Gesamtfläche der Stadt Worms.

Diese Flächen bieten Platz für maximal 26 Windkraftanlagen. Die Abstände zwischen den Anlagen können land- oder weidewirtschaftlich genutzt werden.

Abstandserfordernisse für Windkraftanlagen laut Regionalplan Rheinhessen-Nahe



Ergebnis für die Stadt Worms

- Potenzial: 187.200 MWh/a (entspricht 26 Windkraftanlagen)
- Deckung des privaten Strombedarfs: 136%
- Deckung des Gesamtstrombedarfs: 19%
- Einsparung CO₂: 110.635 Tonnen

Aufgrund der Abstandserfordernisse zu Siedlungsbereichen etc. ist nur ein kleiner Teil des Stadtgebiets für die Windkraftnutzung geeignet.

Die Windgeschwindigkeiten sind zudem mäßig, sodass nur wenige Flächen an der westlichen Stadtgrenze als potenzielle Eignungsflächen gelten können, darunter das Gebiet des existierenden Windparks Worms-Mörstadt.

Hier sind auf Wormser Seite bereits 4 Windkraftanlagen installiert; Anträge für 8 weitere Anlagen liegen vor.

Würde man die ermittelten Potenzialflächen vollständig mobilisieren, könnten dort maximal 26 Windkraftanlagen mit einem jährlichen Ertrag von 187.200 MWh errichtet werden.

Das entspricht einer Deckung von 136% des Strombedarfs der privaten Haushalte oder fast 19% des Gesamtstrombedarfs.



© Pitopia, Ulrike Steinbrenner, 2008

BioEnergie

Die Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energien am flexibelsten einsetzbar. Anders als bei Wind und Sonne kann die Biomasse gelagert, also gespeichert werden. Sie kann als Puffer eingesetzt werden, wenn Sonne und Wind zu wenig Energie liefern.

Die Bioenergie ist mit Abstand die flächenintensivste unter den Erneuerbaren Energien. Es ist daher sinnvoll, vor allem Reststoffe zu nutzen (z.B. Gülle, Bioabfall, Restholz), die in der Land- und Forstwirtschaft ohnehin anfallen. Die Güllenutzung leistet zusätzlich einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz.

In Deutschland werden heute aus Biomasse ca. 25% Strom und 75% Wärme erzeugt. Damit dominiert die Biomasse den Wärmebereich unter den Erneuerbaren Energien deutlich. 94% der Erneuerbaren Wärme wird aus Biomasse erzeugt.

Die Erzeugung von Strom und Wärme durch Biomasse ist CO₂-neutral, d.h. bei der Verbrennung wird nicht mehr CO₂ freigesetzt wie beim Wachstum der Pflanze aus der Luft entnommen wurde.

Nach Verarbeitung in der Biogasanlage können die stofflichen Reste als nährstoffreicher Dünger auf die Äcker ausgebracht werden. Der Stoffkreislauf ist somit geschlossen.

Mit dem Anbau von Fruchtfolgen können optimale Erträge und Bodenschutz erzielt werden. Beispielsweise darf Raps nur alle 3 bis 4 Jahre auf der selben Fläche angebaut werden.

Vom Landwirt zum Energiewirt: Bioenergie bringt den Landwirten zusätzliche Einnahmen. Die Versorgung der Bioenergieanlage mit Rohstoffen aus der Region erhöht die regionale Wertschöpfung.

Verwertung von Abfallprodukten

- Das Abfallholz aus 1 km² Wald liefert Strom für ca. 290 Personen.
- In den Wormser Haushalten fielen im Jahr 2009 insgesamt 6.193 Tonnen Bioabfall an. Durch die energetische Verwertung dieses Abfalls könnten über 500 Personen mit Strom versorgt werden.

Kennzahlen

- benötigte Fläche, um 1 MWh/a zu erzeugen:
 - Waldrestholz: ca. 2.000 m²
 - Futtergräser: ca. 330 m²
 - Energiepflanzen: ab 125 m²
- Herstellungskosten pro kWh:
 - Biogasanlage: 12 bis 28 Ct
 - Altholzkraftwerk: 8 bis 20 Ct
- Einspeisevergütung (Stand Jan. 2011):
 - 8 bis 11 Ct / kWh (bis 5 MW_{el})

Standort der Anlage

Bei der Verstromung von Biomasse fallen 75% der Energie als Wärme an. Am Standort größerer Biomasseanlagen ist daher der Bau eines Nahwärmenetzes zu empfehlen, damit die Wärmeenergie nicht verloren geht.

Zu den Abnehmern in der Nähe des Standortes gehören beispielsweise Freibäder, Schulen, Industriebetriebe oder Gewächshäuser.

Wird sowohl Strom als auch Wärme genutzt (Kraft-Wärme-Kopplung), sieht das EEG eine höhere Förderung vor.



Berechnung Strompotenzial Biomasse

Die folgenden Berechnungen beziehen sich auf Strom. Zusätzlich zum Stromertrag fällt noch drei Mal so viel Wärme an.

Ackerflächen, Grünland und Wald

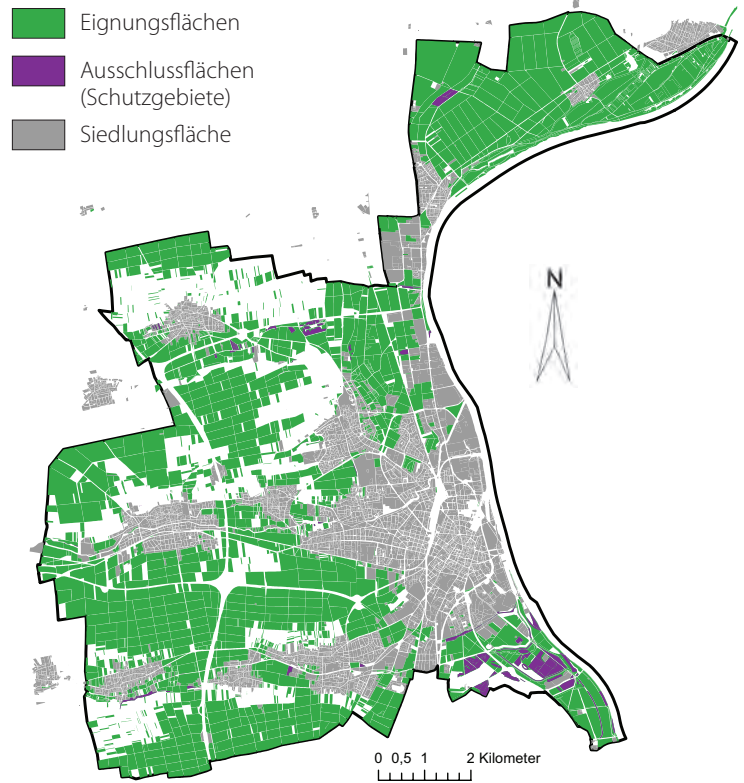
- Die zur Biomasseerzeugung geeigneten Flächenanteile von Grünland, Wald und Ackerland wurden aus amtlichen Geobasisdaten (ALKIS) ermittelt. Die relevanten Schutzgebiete (Naturschutzgebiete, Biotope, Naturdenkmale) wurden abgezogen.
- Durch Energiefaktoren wurde angegeben, wieviel Energie aus einem Hektar Fläche pro Jahr gewonnen werden kann, z.B.
 - 5 MWh/a aus Waldrestholz
 - 30 MWh/a aus Futtergräsern
 - 50 MWh/a aus Pappeln / Weiden
 - 60 MWh/a aus Miscanthus (Schilf)
 - 80 MWh/a aus Futterrüben
- Es wurde angenommen, dass folgende Anteile der geeigneten Flächen für den Anbau bzw. die Reststoffnutzung von Biomasse genutzt werden:
 - Ackerland: 20% – das entspricht 5,2% der Gesamtfläche der Stadt Worms;
 - Grünland: 50% – das entspricht 0,5% der Gesamtfläche der Stadt Worms;
 - Wald (Restholz): 80% – das entspricht 0,8% der Gesamtfläche der Stadt Worms.

Bioabfall

- Im Jahr 2009 fielen in der Stadt Worms insgesamt 12.749 Tonnen Kompost (aus Grünanlagen, Straßenbegleitgrün) und Bioabfall aus Haushalten an.
- Der Biogaserttrag aus dieser Abfallmenge wurde mit dem entsprechenden Heizwert multipliziert.
- Es wurde angenommen, dass 80% des Komposts und des Bioabfalls energetisch verwertet werden.

Datengrundlagen: Stadt Worms, LANIS Landschaftsinformationssystem der Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz, Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, FNR Fachagentur Nachhaltigkeits Rohstoffe, KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft

Geeignete Flächen für Biomasseanbau



Ergebnis für die Stadt Worms

- Potenzial: 7.920 MWh/a
- Deckung des privaten Strombedarfs: 5,8%
- Deckung des Gesamtstrombedarfs: 0,8%
- Einsparung CO₂: 4.681 Tonnen

Auf dem Gebiet der Stadt Worms gibt es nur sehr wenig Wald und Grünland. Mit diesen Flächen sollte sparsam umgegangen werden.

Von den insgesamt 4.973 ha Acker- und Brachland liegen 22 ha innerhalb von Schutzgebieten.

Da das Ackerland aufgrund von Nutzungskonkurrenzen nur in einem eingeschränkten Umfang zur Biomasseproduktion zur Verfügung steht, können im Online-Rechner maximal 50 % davon angewählt werden.

Der Stromertrag bleibt gering. Selbst wenn 1.000 ha Ackerland genutzt würden, könnte damit nur 4% des Strombedarfs der privaten Haushalte gedeckt werden; das entspricht 0,5% des Gesamtstrombedarfs.

Zählt man die Stromerträge aus Grünland, Wald und Bioabfall hinzu, liegt die Deckung des Gesamtstrombedarfs bei unter 1%.



© Pitopia, harald, 2009

WasserEnergie

Die Wasserkraft ist eine stetige Energiequelle. Da Wasser aufgestaut werden kann, ist es möglich, die Energie zumindest kurzfristig zu speichern.

Die lange Lebensdauer der Anlagen von ca. 100 Jahren ermöglicht eine besonders kostengünstige Energieproduktion.

In der Schweiz werden ca. 60% des gesamten Strombedarfs aus Wasserkraft erzeugt. Global betrachtet stammen 15% des erzeugten Stroms aus Wasserkraftwerken. In Deutschland sind es nur 3%.

Diese stammen u.a. aus über 7.000 Kleinanlagen, die sich vor allem in der Hand von kleinen Unternehmen und Privatpersonen befinden.

Es gibt keine Nutzungskonflikte mit der Landwirtschaft oder anderen Erneuerbaren Energien. Die Akzeptanz in der Bevölkerung ist hoch.

Wasserkraftanlagen, die in den letzten Jahren modernisiert wurden, bringen erheblich mehr Leistung als alte Anlagen.

Standortfaktoren

Geeignete Standorte für Wasserkraftwerke sind solche, die bereits durch Eingriffe in die Natur vorbelastet sind. Vorhandene Schleusen können umgerüstet werden.

Die mittels Wasserkraft erzeugte Energiemenge steigt linear zur Fallhöhe und zur Durchflussmenge. Für geringe Fallhöhen und kleine Leistungen können speziell entwickelte Turbinen oder sogenannte Wasserkraftschnecken eingesetzt werden.

Berechnung Strompotenzial Wasser

ERNEUERBAR KOMM! berücksichtigt nur das Potenzial, das auf kommunaler Ebene erschlossen werden kann, also keine Bundeswasserstraßen.

- Der Höhenunterschied eines Flusses innerhalb einer Gemeinde wurde aus Geobasisdaten (digitale Geländemodelle und Laserscanner-Daten) ermittelt.
- Für die Durchflussmenge wurden die Messwerte der Pegelmessstellen übernommen.
- Die Volllaststunden sind abhängig von der Durchflussmenge des Wassers:
Wasserdurchfluss <math>< 8\text{m}^3/\text{s}</math>: 4.000 h/a
- Es wurde angenommen, dass 30% des Potenzials aus Wasserkraft genutzt werden.

Datengrundlagen: Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, LUWG Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Arbeitsgemeinschaften Wasserkraftwerke Deutschland AWK-D, Kaltschmitt / Streicher / Wiese

Ergebnis für die Stadt Worms

- Potenzial: 403 MWh/a
- Deckung des privaten Strombedarfs: 0,3%
- Deckung des Gesamtstrombedarfs: 0,0%
- Einsparung CO₂: 238 Tonnen

Der Rhein ist eine der verkehrsreichsten Wasserstraßen der Welt. Als Bundeswasserstraße fällt er in den Zuständigkeitsbereich des Bundes.

Im Einflussbereich der Stadt Worms liegen die Gewässer Pfrimm und Eisbach, deren Potenzial berechnet wurde. Aufgrund der geringen Durchflussmengen bleibt der Stromertrag marginal.

Kennzahlen

- benötigte Fläche, um 1 MWh/a zu erzeugen: ca. 150 bis 500 m²
- Energetische Amortisationszeit: 9 bis 13 Monate
- Herstellungskosten pro kWh:
Kleinwasserkraftwerke: 10 bis 25 Ct
große Wasserkraftwerke: 3 bis 10 Ct
- Einspeisevergütung (Stand Jan. 2011):
7 bis 12 Ct / kWh (Neuanlagen bis 5 MW)



GeoEnergie

Die Geothermie stellt zukünftig ein großes Potenzial zur Energieerzeugung dar. Gerade die Gegend am Oberrhein bietet günstige Voraussetzungen für die Nutzung der Erdwärme.

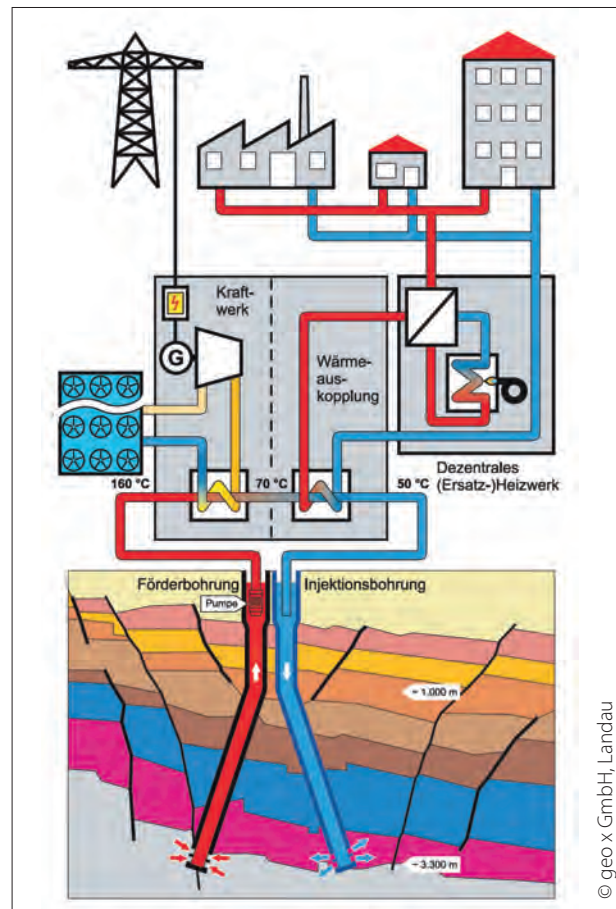
Gemeinsam mit Investoren können auch die Gebietskörperschaften dieses Potenzial mobilisieren. Für die Stadt Worms bietet die Geothermie die Chance, dem 100%-Ziel näherzukommen.

In Rheinland-Pfalz sind derzeit mehrere Projekte geplant, die sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden. Bohrungen zur Erzeugung von Strom und Wärme wurden in Speyer, Offenbach an der Queich, Bellheim, Landau und Insheim durchgeführt. Nach mehrjähriger Bau- und Planungsphase wurde Ende 2007 in Landau das erste Geothermiekraftwerk im Oberrheingraben in Betrieb genommen.

Das große Potenzial der Tiefengeothermie ist bislang wegen der hohen Bohrkosten wenig erschlossen. Für eine Bohrung bis in 5.000 m Tiefe veranschlagt man mehrere Millionen Euro.

Ein Risiko stellt die noch unzureichende Erforschung der seismischen Aktivitäten dar. Mit der Weiterentwicklung der vorhandenen Technologien und dem Fortschritt in der Forschung wird die Tiefengeothermie in Zukunft jedoch eine zuverlässige Energiequelle sein.

- Die Wärme in der Erde ist konstant vorhanden, ab 5 m Tiefe gibt es keine witterungsbedingten Temperaturveränderungen mehr.
- Jahreszeitunabhängig können 24 Stunden am Tag Strom und Wärme produziert werden.
- Der Flächenbedarf ist gering, da an der Oberfläche nur wenig Raum benötigt wird. Das Landschaftsbild wird in der Regel nicht beeinträchtigt.



Schema der tiefengeothermischen Nutzung

Ergebnis für die Stadt Worms

Die Lage im Oberrheingraben ist eine gute Voraussetzung für die Nutzung der Geothermie.

Mit 2 Bohrfeldern wie in Sauerlach (Bayern) könnte die Stadt Worms fast den gesamten Strombedarf der privaten Haushalte decken.

Um dieses große Potenzial zu mobilisieren, müssen Standorte gesucht und Probebohrungen durchgeführt werden.

Tiefengeothermische Kraftwerke in Deutschland (Stand 2010)					
	Tiefe (m)	Strom		Wärme	
		Leistung (MW)	Ertrag (MWh/a)	Leistung (MW)	Ertrag (MWh/a)
Landau (Rheinland-Pfalz) Inbetriebnahme 2007	3.170-3.300 (2 Bohrungen)	3	22.800	3 bis 6	9.200
Unterhaching (Bayern) Inbetriebnahme 2009	3.350-3.580 (2 Bohrungen)	3,36	21.500	derzeit 38 (Endausbau 70)	51.900
Sauerlach (Bayern) Inbetriebnahme 2011	4.000-5.567 (4 Bohrungen)	8	64.000	bis zu 7	5.500

Dieses Angebot richtet sich ausdrücklich an die politischen Entscheidungsträger, Bürgerinnen und Bürger der Stadt Worms. Hier kann sich jeder objektiv und konkret informieren, um sich in die energiepolitische Diskussion einzubringen und am demokratischen Entscheidungsprozess teilzunehmen.

Sie finden den Online-Rechner im Internet unter www.100prozent.worms.de

Wie der Online-Rechner funktioniert

Der Online-Rechner ist ein einzigartiges Instrument, mit dem Bürgermeister, Gemeinderäte, Bürgerinnen und Bürger den individuellen Energie-Mix aus Sonne, Wind, Wasser und Biomasse für ihre Gemeinde selbst zusammenstellen können.

Wie an einem Mischpult können verschiedene Schieberegler für jede Energiequelle betätigt werden. Es wird sofort angezeigt, wieviel Strom bei der jeweiligen Einstellung erzeugt und welcher Anteil des Strombedarfs der privaten Haushalte bzw. des Gesamtstrombedarfs damit gedeckt werden kann.

Wählt der Nutzer z.B. 40% der für Solarenergie geeigneten Dachflächen, sieht er, dass damit z.B. 30% des

Gesamtstrombedarfs gedeckt werden kann. Oder er sieht, dass er die Biomasse aus 200 ha Grünland verwenden müsste, um 3.500 Bürger mit Strom zu versorgen – das Gleiche aber auch durch eine einzige Windkraftanlage an einem geeigneten Standort erreichen kann.

Der Online-Rechner ist wie ein Online-Spiel aufgebaut. Der Nutzer kann z.B. einstellen: Ich nutze 30% der geeigneten Dachflächen und 5% der geeigneten Freiflächen für Solarenergie, 20% der geeigneten Ackerflächen für Biomasseanbau und installiere 5 Windkraftanlagen. Das System errechnet auf Knopfdruck, welcher Anteil des kommunalen Strombedarfs damit gedeckt werden kann. Das Ergebnis wird in einem Balkendiagramm angezeigt.

So kann jedes Mitglied des Gemeinderats und jeder Bürger sich ein Bild darüber machen, ob und mit welchem Energie-Mix bzw. mit welchem Flächenaufwand das Ziel 50%, 70% oder 100% Deckung des Strombedarfs durch Erneuerbare Energien zu erreichen ist.

Berechnungsgrundlage ist der Stromverbrauch von Worms im Jahr 2008. Dieser lag für die Haushalte bei 1.681 kWh pro Einwohner. Der Gesamtstromverbrauch lag bei 12.227 kWh pro Kopf.

Hintergrundinformationen zu den Berechnungen können über einen Info-Button aufgerufen werden.

Verfolgt die Stadt Worms das Ziel, 100% des kommunalen Strombedarfs mit Erneuerbaren Energien zu decken, kann man mit Hilfe des Online-Rechners herausfinden, ob dies möglich ist und was zu tun ist.

Am Online-Rechner wird eingestellt, welcher Anteil des tatsächlich in Worms vorhandenen Potenzials mobilisiert werden soll.

Hier ein Rechenbeispiel in drei Schritten:

Berechnung Wind

Am grauen Balken wird die Windkraft eingestellt, hier z.B.

- Nutzung von 13 Windkraftanlagen von möglichen 26

Ergebnis:

Damit könnten 68% des Strombedarfs der privaten Haushalte gedeckt werden.



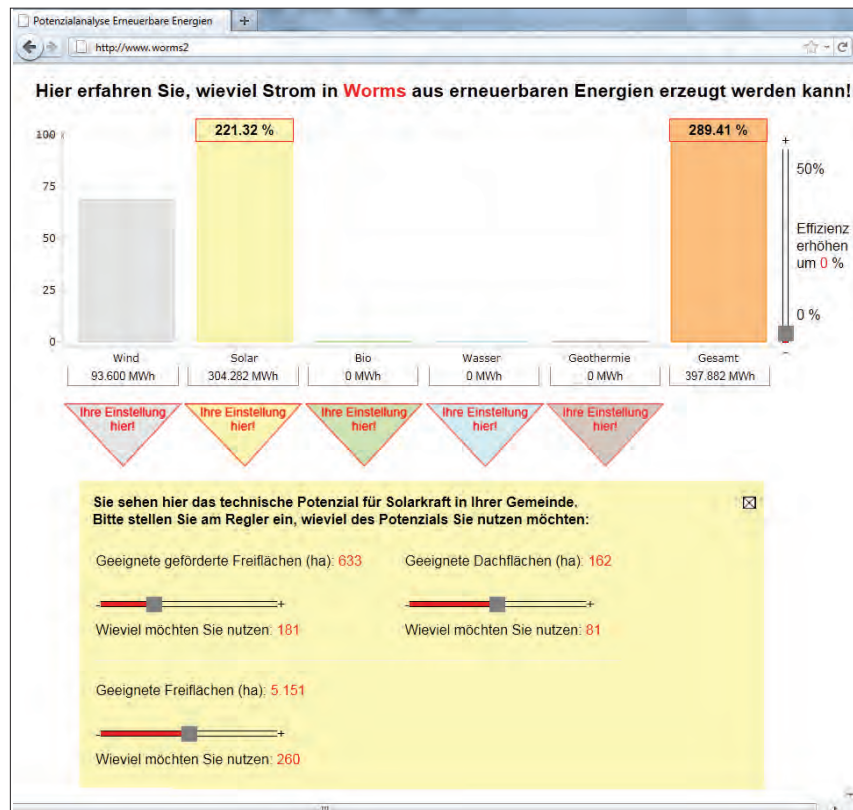
Berechnung Solar

Am gelben Balken wird die Solarenergie eingestellt, und zwar separat für Dachflächen und Freiflächen mit und ohne Einspeisevergütung, hier z.B.

- Nutzung von 81 ha Dachflächen; entspricht ca. 50% der insgesamt geeigneten 162 ha Dachflächen
- Nutzung von 181 ha geförderte Freifläche; entspricht ca. 30% der insgesamt geeigneten 633 ha Freiflächen mit Einspeisevergütung
- Nutzung von 260 ha nicht geförderte Freifläche; entspricht 5% der insgesamt geeigneten 5.151 ha Freiflächen ohne Einspeisevergütung

Ergebnis:

Damit könnten 289% des Strombedarfs der privaten Haushalte gedeckt werden.



Berechnung Biomasse

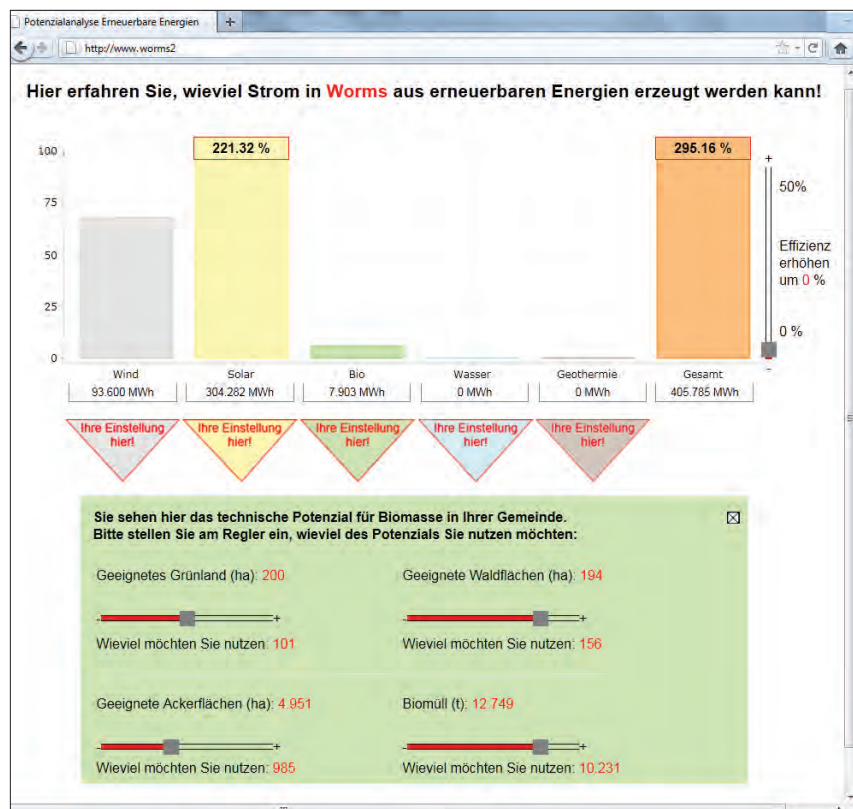
Am grünen Balken wird die Biomasse eingestellt, separat für Grünland, Ackerland, Wald und Bioabfall, hier z.B.

- Nutzung von 101 ha Grünland; entspricht ca. 50% der insgesamt geeigneten 200 ha Grünland
- Nutzung von 985 ha Ackerland; entspricht ca. 10% der insgesamt geeigneten 4.951 ha Ackerland
- Nutzung von 80% des Waldrestholzes; entspricht 156 ha Waldfläche
- Nutzung von 80% des anfallenden Bioabfalls

Ergebnis:

Damit könnten 5,7% des Strombedarfs der privaten Haushalte gedeckt werden.

Der rechte Balken für die Gesamtdeckung klettert auf 295%.



So viel Fläche wird benötigt, um den jährlichen Strombedarf einer Person zu decken

<1 m²
Tiefengeothermie

42 m²
Solar Freifläche
(3-facher Modul-
abstand)

88 m²
Windpark bei Wind-
geschwindigkeiten
von 5-6 m/s

218 m²
Energiepflanzen
(z.B. Pappel-Hackschnitzel)

260 m²
Gewässer bei einer Durch-
flussmenge von 8 m³/s und
einer Absturzhöhe von 5 m

43 m²
Windpark bei Wind-
geschwindigkeiten
von 6-7 m/s

14 m²
Solar Dachfläche

870 m²
Gewässer bei einer Durchflussmenge
von 1 m³/s und einer Absturzhöhe
von 1,5 m


















3.480 m²
Waldrestholz

Chancen der einzelnen Energieformen	Dächer	Freifläche				
						
• großes, noch ungenutztes Potenzial	X	X	X			X
• kurze Amortisationszeit			X		X	
• benötigt wenig Fläche / bringt an geeigneten Standorten hohe Erträge	X	X	X			X
• geringe Herstellungskosten (pro kWh)			X		X	
• keine oder nur geringfügige Flächenversiegelung	X	X	X	X	X	X
• Zweitnutzung der Fläche möglich (z.B. als Weideland)		X	X			
• beeinflusst das Landschaftsbild im Allgemeinen nicht	X				X	X
• hat keine Auswirkungen auf Flora, Fauna und Gewässerökologie	X					
• steht jeder Gemeinde zur Verfügung	X	X		X		
• kaum Nutzungskonkurrenz	X		X		X	X
• steht immer zur Verfügung / kann als Speichermedium genutzt werden				X	X	X
• genießt hohe gesellschaftliche Akzeptanz	X				X	

Die Erneuerbare-Energien-Checkliste mit Handlungsempfehlungen für die Stadt Worms

Das Erneuerbare-Energien-Potenzial Ihrer Stadt zu kennen, ist der erste Schritt. Nun geht es darum, dieses Potenzial auch erfolgreich zu mobilisieren. Entscheiden Sie, wann Sie damit beginnen wollen, womit Sie konkret beginnen wollen und wer Sie dabei unterstützen kann.

Tragen Sie in die folgende Tabelle ein, WER WANN WAS angeht, um Ihr Ziel für die Erneuerbaren Energien in Worms zu erreichen.

Handlungsempfehlungen		WER ?		WANN ?	
		Verwaltung	externe Vergabe	Projektstart	Dauer (Monate)
	Ermitteln Sie aus dem Solardachkataster, welche öffentlichen Gebäude sich für eine solare Nutzung eignen und verpachten Sie diese.				2
	Suchen Sie Standorte für Freiflächen-PV-Anlagen, welche nach aktuellem EEG förderfähig sind (Konversionsflächen und Randstreifen von Autobahnen / Bahntrassen).				4
	Wandeln Sie das bestehende Kompostwerk in ein Biomasse-Anlage um. Machen Sie aus Müll Strom!				12
 	Beauftragen Sie Standortgutachten für Freiflächen-PV-Anlagen und Windkraftanlagen.				6
	Schreiben Sie die Eigentümer mit großen geeigneten Dachflächen gezielt an.				2
	Suchen Sie geeignete Standorte für Bioenergie-Anlagen. Ausschlaggebend ist, dass die anfallende Wärme in der Nähe abgenommen werden kann.				9
	Suchen Sie geeignete Standorte für Wasserkraft-Anlagen. Ausschlaggebend sind Fallhöhe des Wassers und Durchflussmenge.				9
 	Erstellen Sie Visualisierungen von Solar- und Windparks. Ein Bild sagt mehr als 1.000 Worte! So können Sie die Akzeptanz steigern.				3
   	Informieren Sie die Bürger über Beteiligungsmodelle an Solarfeldern, Windparks, Bioenergie- und Geothermie-Anlagen und unterstützen Sie Genossenschaftsgründungen.				2
 	Weisen Sie Flächen für Windkraftanlagen und für Freiflächen-PV-Anlagen im Flächennutzungsplan aus.				9
	Stellen Sie Bebauungspläne für Freiflächen-PV-Anlagen auf. Der B-Plan ist Voraussetzung für die Vergütungspflicht des Netzbetreibers.				9
   	Achten Sie darauf, dass die Investoren den Hauptsitz in Ihrer Kommune haben - dann gehört die Gewerbesteuer Ihnen!				immer
	Überprüfen Sie die Leistungsfähigkeit bestehender Windkraftanlagen. Gibt es Möglichkeiten des Repowerings?				12
  	Werden Sie attraktiv! Planen Sie eine Windkraftanlage mit Aussichtsplattform oder Café in der Gondel, einen Solarpark als Labyrinth, eine Kletterwand an einer Bioenergie-Anlage...				24
	Suchen Sie Investoren für geothermische Tiefenbohrungen.				18
   	Loben Sie einen Wettbewerb aus: Welcher Ortsteil produziert am meisten Strom?				9
	Versuchen Sie, in der Solar-Bundesliga auf einen der vorderen Plätze zu kommen. (Im Mai 2011 sind Sie auf Platz 1.158.)				immer



Diese Broschüre entstand im Rahmen der Studie „100% Erneuerbare Stromversorgung der Stadt Worms bis 2030“

Herausgeber

Stadt Worms, in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Frankfurt am Main

Leitung der Potenzialstudie

Prof. Dr. Martina Klärle
Fachhochschule Frankfurt am Main
Studiengang Geoinformation und Kommunaltechnik

Projekt-Team ERNEUERBAR KOMM! Worms

Prof. Dr. Martina Klärle
Dipl.-Ing. Ute Langendörfer
Andreas Wicht (B. Eng.)

Realisierung des Online-Rechners

Dipl.-Ing. Volker Bannert

Redaktion und Gestaltung

Dipl.-Ing. Ute Langendörfer



Fachhochschule Frankfurt am Main
University of Applied Sciences

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter

www.ErneuerbarKomm.de

www.100prozent.worms.de

Druck

Rathausdruckerei der Stadt Worms

© FH FFM Mai 2011



Literatur und Quellen

Agentur für Erneuerbare Energien, *Erneuerbare Energien 2020 – Potenzialatlas Deutschland*, Februar 2010 • Agentur für Erneuerbare Energien, *Erneuerbare-Energien-Projekte in Kommunen – erfolgreiche Planung und Umsetzung*, September 2008 • Agentur für Erneuerbare Energien, *Erneuerbare Energien in der Fläche – Hintergrundinformation*, Januar 2010 • BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe • BOXER, Infodienst Regenerative Energie • Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, *Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft*, Juni 2009 • Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, *Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2009*, März 2010 • Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, *Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung*, Juni 2010 • dena Deutsche Energie-Agentur GmbH • Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), *Biogas – Basisdaten Deutschland*, Oktober 2009 • Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), *Leitfaden Bioenergie* • GtV Bundesverband Geothermie • M. Kaltschmitt, W. Streicher, A. Wiese (Hrsg.), *Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*, Springer-Verlag, 4. Auflage 2006 • KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.