Die 100% EE-Region

Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen dezentralen Energieversorgung von Regionen mit erneuerbaren Energien

Teil 2 - Gemeinde Vellmar

Kathrin Merkert
Janine Pfeifer

Universität Kassel • FB asl • WS 2007/08
Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung • Vertr.-Prof. Michael Prytula
FG Ökonomie der Stadt- u.Regionalentwicklung • Dipl.-Ing. Martin Klement

Impressum

Seminarkonzeption und Durchführung:
Michael Prytula und Martin Klement

© bei den Autorinnen, Universität Kassel, 2008

Zitierhinweis

Das vorliegende Dokument ist die pdf-Version eines Seminarbeitrags der jeweils genannten Autoren. Aus dem Dokument sollte in folgender Weise zitiert werden:

Merkert, Kathrin / Pfeifer, Janine:
Die 100% EE-Region. Teil 2 - Gemeinde Vellmar
In: Prytula, Michael / Klement, Martin (Hrsg.): Die 100% EE-Region: Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen dezentralen Energieversorgung von Regionen mit erneuerbaren Energien. Universität Kassel, 2008
URL: http://www.urbaner-metabolismus.de

Titelbild: Kartenausschnitt Vellmar
Quelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie ???

1 EINLEITUNG 1

2 METHODEN UND VORGEHENSWEISE 2

3 DIE GEMEINDE VELLMAR 4

3.1 STRUKTUR, GEMEINDEGEBIET 4

3.2 REALISIERTE PROJEKTE IM BEREICH DER EE 4

3.2.1 Solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung für Duschen 5

3.2.2 Photovoltaik-Bürgerbeteiligungsprojekt 5

3.2.3 Solarthermieprojekt "Auf dem Osterberg" 5

3.2.4 Beheizung des Hallenbades 6

3.2.5 Blockheizkraftwerk 6

4 POTENTIALANALYSE 7

4.1 DER ENERGIEBEDARF VON VELLMAR 7

4.2 ENERGIEEFFIZIENZPOTENTIAL AM GEBÄUDEBESTAND 8

4.3 STROMEINSPARPOTENTIAL 10

4.4 WASSERKRAFT 11

4.5 WINDENERGIE 11

4.6 BIOMASSE 12

4.7 GEOTHERMIE 14

4.8 PHOTOVOLTAIK UND SOLARTHERMIE 15

5 ERGEBNISSE 17

5.1 SZENARIO 1: REALISTISCHES SZENARIO 17

5.2 SZENARIO 2: VERSORGUNG VON VELLMAR MIT 100 % ERNEUERBAREN ENERGIEN 17

6 DISKUSSION UND AUSBLICK 19

7 LITERATURVERZEICHNIS 20

8 ABKÜRZUNGEN UND EINHEITEN 22

1 Einleitung

Die Knappheit fossiler Ressourcen bedingt immer weiter steigende Energiekosten für Privatpersonen sowie für Industrie und öffentliche Einrichtungen. Zusätzlich steht die Menschheit vor der Herausforderung des Klimawandels. Ein Umsteuern in der Energiepolitik ist unbedingt erforderlich, um nachhaltig wirtschaften zu können. Energieszenarien der Zukunft basieren vor allem auf den beiden Bausteinen ‚Rationelle Energienutzung' (also Energieeffizienz) und ‚verstärkter Einsatz erneuerbarer Energien'.

Bioenergiedörfer wie Jühnde in Niedersachsen zeigen, dass es möglich ist, den Bedarf an Strom und Wärme vor Ort autonom zu decken. Dabei geht es allerdings nicht um Energieautonomie (also Insellösungen), sondern die Nutzung der jeweils regional vorhandenen Bedingungen zur dezentralen Bereitstellung von Energie. Um Verluste zu vermeiden, sollte die gewonnene Energie zunächst vor Ort genutzt werden, der Überschuss wird ins Versorgungsnetz eingeleitet. So wird das Netz sozusagen als Speicher verwendet.

Insgesamt könnte so in Deutschland – ausgehend von relativ kleinen regionalen Initiativen – durch intelligente Kopplung der Energieversorgungstechniken, der Anteil der erneuerbaren Energien deutlich gesteigert und gleichzeitig regional eine hohe Wertschöpfung erzielt werden. Wichtig dafür ist allerdings eine genaue Analyse der örtlichen Gegebenheiten und ein passgenau zugeschnittenes Energiekonzept für einzelne Regionen.

2 Methoden und Vorgehensweise

Das Ziel des Seminars „Die 100% EE-Region“ bestand darin, für eine Stadt bzw. Region zu untersuchen, inwieweit die Energieversorgung mit erneuerbaren Energien gedeckt werden könnte und welche Anstrengungen für die Umsetzung unternommen werden müssen. Um für die Stadt Vellmar diese Untersuchung durchführen zu können, fand zunächst ein Gespräch mit dem Bürgermeister von Vellmar, Herrn Stochla (SPD) statt. Er informierte dabei über bereits beendete, laufende und zukünftige Projekte der Stadtverwaltung bzw. der Bürger Vellmars im Bereich der Energieversorgung. Außerdem erläuterte er die Gegebenheiten, wie z.B. die vorhandenen technischen Einrichtungen. Zusätzlich erfolgten Internet-Recherchen zur Stadt und den Rahmenbedingungen. Dabei wurde klar, dass vor allem die urbane Struktur Vellmars (hohe Bevölkerungsdichte) für die Umsetzung einer 100%-EE-Region eine große Herausforderung darstellt.
Um erneuerbare Energien-Szenarien für Vellmar zu erstellen, sind wir nach dem Energiebaukastenkonzept vorgegangen (siehe Abbildung 1).

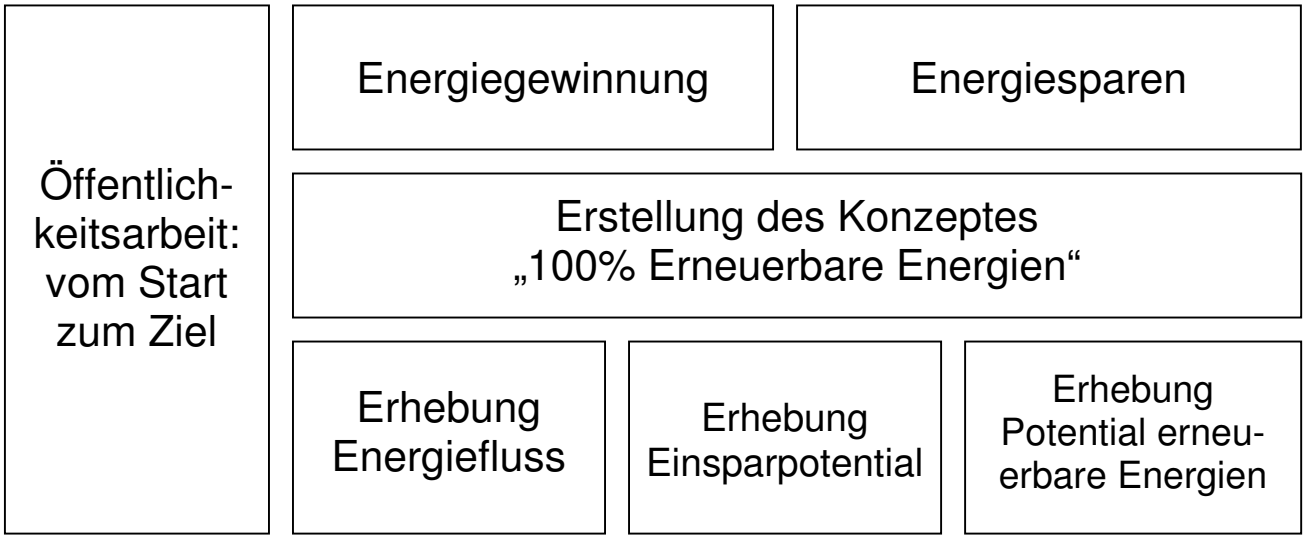

Abbildung 1: Energiebaukasten; Quelle: RÖPCKE 2008

Der Energiebaukasten besteht aus sechs Bausteinen, die variiert werden können. Das Ziel ist es, innerhalb einer Kommune als erstes Energie einzusparen und dann Energie zu gewinnen um den restlichen Energiebedarf zu decken. Zu Beginn erfolgt eine Erfassung des Energieverbrauchs der Kommune im sogenannten Motivationsmodul. Als zweites wird das Einsparpotential berechnet und daraus abgeleitet, wie groß der verbleibende Energiebedarf ist, der durch erneuerbare Energien gedeckt

werden soll. Es wird ein Aktionsprogramm erstellt mit ganz konkreten Planungen und Ansätzen zur Realisierung. Begleitet wird dieses Programm durch Öffentlichkeitsarbeit an die Bürger der Kommune.

Angewandt auf die Stadt Vellmar wurde zunächst der Energiebedarf (Wärme, Strom) aus Durchschnittswerten von Deutschland ermittelt (siehe Kapitel 4.1). Für die Potentialanalyse wurden anhand der Angaben von Bürgermeister Stochla die Einsparpotentiale durch Gebäude- und Geräteeffizienz ermittelt, sowie grob die Potentiale zur Erzeugung von Strom und Wärme aus Wasser, Wind, Sonne, Geothermie und Biomasse abgeschätzt. Insgesamt war leider nur eine grobe Abschätzung von Potentialen und Energieverbrauchen möglich, da für die Stadt Vellmar keine konkreten Zahlen (z.B. zu Warmwasserverbrauch, Altersstruktur der Häuser, ...) verfügbar sind.

Im zweiten Schritt wurden dann zwei Szenarien erstellt:

- Das realistische Szenario („Szenario 1“) stellt dar, was unter den gegebenen Rahmenbedingungen in der Stadt Vellmar mit relativ geringem Aufwand und wirtschaftlich sinnvoll in den nächsten 20 Jahren erreicht werden kann.
- Das Szenario „100 % Versorgung durch Erneuerbare Energien“ (im folgenden „Szenario 2“ genannt) zeigt einen möglichen Weg auf, wie - ausgehend von den Gegebenheiten in Vellmar - eine vollständige Energieversorgung mit regenerativen Energien erreicht werden könnte.

Anschließend werden diese beiden Szenarien diskutiert und Handlungsvorschläge gegeben.

3 Die Gemeinde Vellmar

3.1 Struktur, Gemeindegebiet

Die Stadt Vellmar liegt an der nördlichen Stadtgrenze von Kassel. Sie hat erst am 30. August 1975 die Stadtrechte erhalten und gehört mit zu den jüngsten Städten um Kassel. Vellmar ist unterteilt in die vier Stadtteile Frommershausen, Niedervellmar, Obervellmar und Vellmar-West und hat ungefähr 20.000 Einwohner in ca. 9000 Haushalten. Bis etwa zum Jahr 2000 gab es einen stetigen Anstieg der Bevölkerungszahl, danach blieb dieser Wert ungefähr gleich (siehe Abbildung 2). Besonders für Familien ist Vellmar sehr attraktiv; die Stadt ist eine „Wohnstadt“ mit nur sehr wenig Industrie und größerem Gewerbe. Die Gesamtfläche (14 km²) des Stadtgebietes besteht aus 7 km² Verkehrs- und Siedlungsfläche, 6 km² landwirtschaftliche Fläche (600 ha) und 0,8 km² Wald (80 ha)[1].

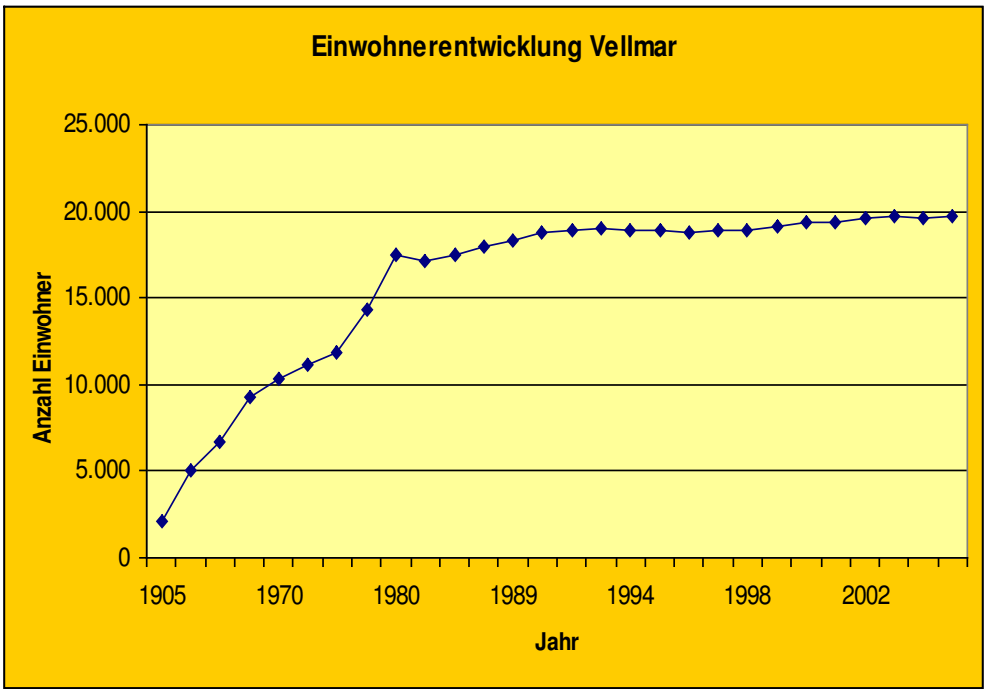

Abbildung 2: Bevölkerungsentwicklung in Vellmar seit 1905,
Quelle: MAGISTRAT DER STADT VELLMAR (2007)

3.2 Realisierte Projekte im Bereich der EE

Die Stadtverwaltung von Vellmar ist sehr aktiv im Bereich der erneuerbaren Energien. Herr Stochla sieht die Stadt als Vorbild an, die mit Öffentlichkeitsarbeit und ver-

schiedenen Projekten die Bürger über erneuerbare Energien aufklärt und Beteiligungen an verschiedenen Projekten anbietet. So fungiert die Stadt als Erstinvestor und neutraler Berater bei Installationsvorhaben. Beispielsweise durch erste solarthermische Anlagen auf Häusern sollen den Bürgern positive Erfahrungen vermittelt werden sowie die Motivation, auch eine solche Anlage zu errichten. Dabei setzt Stochla gezielt auf eine emotionale Ansprache der Bürger; das Ziel ist es zu erreichen, dass PV- und solarthermische Anlagen eine Art Statussymbol in Vellmar werden nach dem Motto: „Wenn das bei meinem Nachbarn funktioniert, kann ich das auch!“
Konkret hilft die Gemeinde indem eine Energieeffizienz- und Erneuerbare Energienberatung für das Eigenheim (Beratung durch Energie 2000) bezahlt wird. Drei bereits realisierte Projekte der Solarenergienutzung sowie zwei Energieeffizienzprojekte in Vellmar werden im Folgenden kurz vorgestellt:

3.2.1 Solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung für Duschen

Auf den Dächern des Freibads und des Fußball-Vereinsheimes wurden zur Warmwasserbereitung für die Duschen solarthermische Anlagen installiert. Die Anlage im Freibad bringt sehr gute finanzielle Ergebnisse durch einen ausreichend großen Speicher. Außerdem deckt sich im Freibad das Angebot des Warmwassers aus Sonnenenergie zeitlich mit der Nachfrage der Badegäste. Dagegen gibt es bei der solarthermische Warmwasserbereitung in dem Fußballvereinsheim Probleme, weil der Speicher zu klein gewählt wurde und die Nachfrage vor allem am späten Abend sehr groß ist, wenn keine Sonne mehr scheint.

3.2.2 Photovoltaik-Bürgerbeteiligungsprojekt

Die Stadt investierte in PV-Anlagen, die auf öffentlichen Gebäuden installiert wurden. Die Bürger können sich Anteilsscheine an der Anlage zu je 500 € kaufen. Dafür bekommen sie eine garantierte Rendite von 3,5 % und einen Bonus, wenn die Anlage mehr als erwartet produziert.

3.2.3 Solarthermieprojekt "Auf dem Osterberg"

Für dieses Projekt wurde Vellmar 2004 mit dem Deutschen Solarpreis ausgezeichnet; es diente als Vorbild für viele Konzepte in anderen Städten und Gemeinden. 2002 wurde im Neubaugebiet "Auf dem Osterberg" eine Solarthermiepflicht für neu errichtete Wohnhäuser eingeführt. Da die Initiatoren rechtliche Bedenken gegen eine

[1] MAGISTRAT DER STADT VELLMAR (2007)

Festschreibung dieser Pflicht im Bebauungsplan hatten, wurde ein städtebaulicher Vertrag ausgearbeitet, den alle Käufer von Baugrund im Neubaugebiet unterschreiben mussten. Darin war für den Fall, dass keine Anlage installiert wird, eine Vertragsstrafe vereinbart. Es war allerdings angestrebt, dass vor allem die ersten Häuser der Siedlung eine solarthermische Anlage besitzen, um als Vorbild zu dienen und die oben angesprochene emotionale Verbindung herzustellen. Durch eine Öffentlichkeits- und Informationskampagne der Stadt wurden interessierte Bürger angesprochen. Heute haben mehr als 95 % der Häuser in der Siedlung auf dem Osterberg eine solarthermische Anlage.
Ebenfalls im städtebaulichen Vertrag vorgeschrieben wird die Installation einer Zisterne zur Oberflächenwassernutzung. Dieses Regenwasser kann zur Bewässerung oder als Brauchwasser (z.B. für Toilettenspülung) verwendet werden. Zur Umgehung dieser Vorschrift kann auch hier eine Vertragsstrafe gezahlt werden.

3.2.4 Beheizung des Hallenbades

Als weiteres Projekt führte Herr Stochla die Beheizung des Hallenbades durch eine Mikrogasturbine auf. Zwar wird hier als Brennstoff Erdgas verwendet, doch aufgrund der neuen, effizienten Technologie und der geringen Treibhausemissionen dieses Brennstoffs kann sie durchaus als zukunftsweisend angesehen werden. Die Turbine wird als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage in einer Kooperation mit dem Land Hessen und E.ON Mitte betrieben.

3.2.5 Blockheizkraftwerk

Ebenfalls mit Erdgas betrieben wird ein Blockheizkraftwerk, das vor ca. 15 Jahren gebaut wurde. Über ein kleines Nahwärmenetz wurden an dieses System Schule, Hallenbad, Rathaus und Bücherei angeschlossen. Bei der Auslegung hoffte man, dass sich noch weitere private Wärmeabnehmer an das Netz anschließen würden. Da dies allerdings nicht geschah, wurde dieses BHKW viel zu groß ausgelegt und konnte nicht wirtschaftlich betrieben werden. Vor Jahren wurde das Nahwärmenetz stillgelegt und nur noch die Schule wird derzeit mit Wärme durch das BHKW versorgt.

4 Potentialanalyse

4.1 Der Energiebedarf von Vellmar

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland liegt jährlich bei etwa 14.500 PJ, dies entspricht etwa 175 GJ pro Einwohner[2]. Hessen liegt dabei im Ländervergleich immer eher etwas unter dem Durchschnitt. Der Endenergieverbrauch beträgt jährlich 312,5 Mio. t SKE[3]; dies entspricht ca. 9200 PJ, also etwa 112 GJ (~ 31.000 kWh) pro Person und Jahr.

Da in der Konzeptentwicklung (wie auch sonst üblich bei der Entwicklung von Bioenergiedörfern) der Verkehrssektor nicht berücksichtigt wird und in Vellmar keine großen Industrien angesiedelt sind, reduziert sich der jährliche Endenergiebedarf pro Einwohner auf 52 GJ[4] (~ 14.500 kWh). Multipliziert mit der Einwohnerzahl von Vellmar (20.000) ergibt sich für Vellmar ein mit erneuerbaren Energien zu deckender bzw. durch Energieeffizienz zu reduzierender Endenergiebedarf von 1,04 PJ (~ 290 GWh) pro Jahr. Dabei entfallen 837 TJ (~ 233 GWh) auf Energie in Form von Wärme und 203 TJ (~ 56 GWh) auf Strom.

Für die weitere Berechnung des Wärmebedarfs wurden folgende Kennwerte und Faustformeln genutzt:

- der Wirkungsgrad einer Raumheizung mit Gas beträgt 91%[5]
- die Nutzenergie berechnet sich aus Endenergie * Wirkungsgrad
- der Trinkwarmwasserbedarf in Deutschland beträgt 12,5 kWh/m² und Jahr[6]
- der durchschnittliche Wohnraum pro Einwohner wird mit 41 m² angenommen[7]

Daraus ergibt sich ein Nutzwärmebedarf von 760 TJ (~210 GWh), wovon 40 TJ (~ 10 GWh) auf Trinkwarmwasser und 720 TJ (~200 GWh) auf Raumwärme entfallen. So ergibt sich ein Heizungswärmebedarf von 244 kWh pro m² Wohnfläche in Vellmar (Rechnung: 200 * 10^9 Wh geteilt durch 20.000 * 41m²). Dieser Wert wird durch die Berechnung des derzeitigen Heizungswärmebedarfs über die Altersstruktur der Wohnhäuser in Vellmar nochmals bestätigt (siehe Kapitel 4.2).

[2] STATISTISCHE ÄMTER DER LÄNDER (2007), Tabelle 6.1 und 6.2
[3] VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT E.V. (2007), S. 9
[4] STATISTISCHE ÄMTER DER LÄNDER (2007), Tabelle 6.6
[5] INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER (2008), http://energieberatung.ibs-hlk.de/planheiz.htm
[6] INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER (2008), http://energieberatung.ibs-hlk.de/eb_enev.htm
[7] IFS STÄDTEBAUINSTITUT (2006)

4.2 Energieeffizienzpotential am Gebäudebestand

In Vellmar gibt es ca. 9.000 Wohnungen[8], d.h. es leben durchschnittlich 2,2 Personen in einem Haushalt. Die durchschnittliche Wohnfläche pro Person in Deutschland beträgt ca. 41 m². Somit hat Vellmar ungefähr eine Wohnfläche von 820.000 m². In Vellmar gibt es etwa folgende Altersstruktur der Häuser:

Alter der Häuser	**Anteil in %**	**Fläche in m²**
älter als 30 Jahre	20	164.000
etwa 30 Jahre alt	50	410.000
zwischen 10 und 30 Jahre	20	164.000
jünger als 10 Jahre	10	82.000

Tabelle 1: Altersstruktur der Häuser in Vellmar
Quelle: STOCHLA (2007); mündliche Auskunft,
grobe Schätzung durch den Bürgermeister

Alter der Häuser	**durchschnittlicher Heizwärmebedarf pro m² und Jahr in kWh**
Älter als 30 Jahre	320
Etwa 30 Jahre alt	270
Zwischen 10 und 30 Jahre	160
Jünger als 10 Jahre	90

Tabelle 2: durchschnittlicher Heizwärmebedarf pro m² und Jahr
Quelle: INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER (2008),
http://energieberatung.ibs-hlk.de/eb_begr.htm

[8] MAGISTRAT DER STADT VELLMAR (2007)

Tabelle 2 zeigt den ungefähren Heizwärmebedarf für Wohngebäude unterschiedlichen Alters. Dabei ist eine deutliche Weiterentwicklung der Dämmstandards in den letzten Jahren klar erkennbar.

Multipliziert man nun jeweils die Flächengrößen der einzelnen Altersklassen mit dem durchschnittlichen Heizwärmebedarf dieser Altersklasse und bildet anschließend die Summe dieser Wärmebedarfe, so erhält man einen Wert von 197 GWh als Heizwärmebedarf für ganz Vellmar. Pro Einwohner ergibt sich so ein Heizwärmebedarf von 9840 kWh pro Jahr; bzw. pro m² Wohnfläche werden jährlich durchschnittlich 240 kWh Nutzwärme benötigt.

Nach der Energieeinsparverordnung liegt der derzeitige Dämmstandard bei einem Heizenergiebedarf eines Niedrigenergiehauses von maximal 70 kWh pro m² und Jahr[9]. Bei einer energetischen Gebäudesanierung wird im Mittel ein Heizenergiebedarf von 90 kWh/(m²*a) erreicht. Bei diesem Wert ist eine Förderung der Sanierung durch einen günstigen KfW-Kredit möglich, eventuell sogar mit Gewährung von Tilgungszuschüssen.

Für die Berechnung des Energieeinsparpotentials durch Gebäudesanierung wird die Annahme getroffen, dass nur Häuser ab einem Alter von 30 Jahren saniert werden, weil dort auch die größten Effekte erzielt werden können. Im Szenario 1 soll der durchschnittliche Heizwärmebedarf von 240 auf 200 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr gesenkt werden, im Szenario 2 wird ein durchschnittlicher jährlicher Heizwärmebedarf von 100 kWh pro m² angestrebt.

- **Szenario 1:** Eine Reduzierung des Heizwärmebedarfes um 17 % auf durchschnittlich 200 kWh/(m² * a) wird erreicht, wenn 85 % der Häuser, die älter 30 Jahre sind, saniert werden. Es bleibt ein Heizwärmebedarf in Vellmar von ca. 164 GWh/Jahr.
- **Szenario 2:** Durch eine Sanierung aller Häuser, die mindestens 30 Jahre alt sind, wird der Heizwärmebedarf um 58 % auf durchschnittlich 100 kWh pro m² und Jahr reduziert. Es entsteht ein verbleibender Heizwärmebedarf in Vellmar von 82 GWh/Jahr.

[9] INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER (2008), http://energieberatung.ibs-hlk.de/eb_begr.htm

4.3 Stromeinsparpotential

Im Bereich der Haushaltsgeräte besteht derzeit noch ein enorm hohes Energieeffizienzpotential (z.B. bei Kühlschrank, Waschmaschine, Trockner...). Die Deutsche Energieagentur (dena) hat die Initiative EnergieEffizienz gestartet und berechnet, dass der jährliche Stromverbrauch in Deutschland bis 2020 mit wirtschaftlichen Maßnahmen um 40 Terawattstunden gesenkt werden kann.[10] Mit bis zu 23 Terawattstunden sind dabei besonders hohe Stromeinsparungen in privaten Haushalten möglich (siehe Abbildung 3). Die Einsparungen ergeben sich hauptsächlich in den folgenden drei Bereichen:

- Energieeffizienz bei Geräten der Unterhaltungselektronik sowie der Informations- und Kommunikationstechnik
- Energieeffizienz bei Haushaltsgeräten (weiße Ware)
- Energieeffiziente Beleuchtung

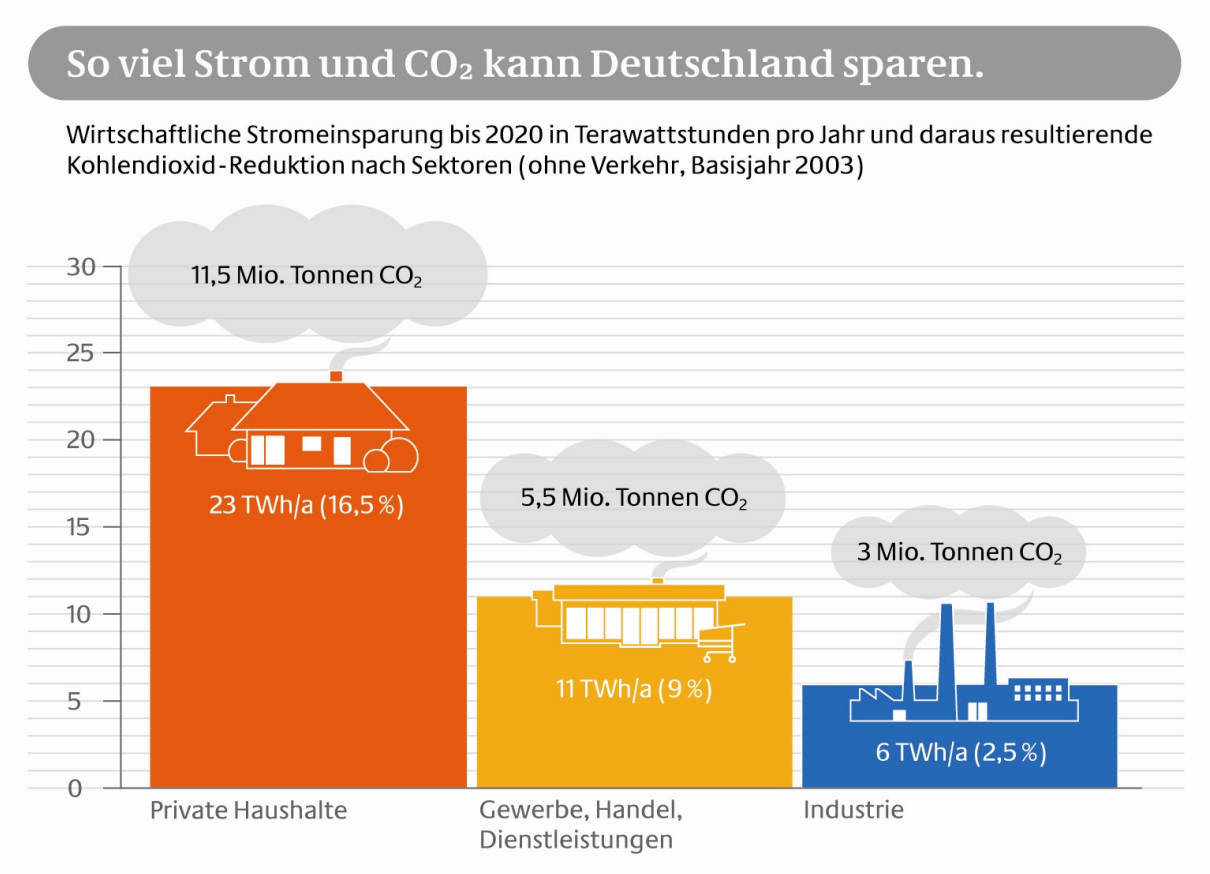

Abbildung 3: Stromeinsparpotential für Deutschland in den einzelnen Sektoren

Quelle: Initiative EnergieEffizienz, DENA (2007)

Die Landtagsfraktion der Grünen in Hessen gibt in ihrem Konzeptpapier „Zukunftsenergie für Hessen“ an, dass sich theoretisch 70 % des Stromverbrauchs in Hessen einsparen ließen. 10 % des Strombedarfs würden allein dadurch reduziert, dass Klimaanlagen besser geregelt und der Stand-By-Modus von Geräten ausgeschaltet wird. Weitere 25 % Strom lassen sich einsparen durch energieeffiziente Geräte und Beleuchtung. Die restlichen 35 % lassen sich laut Konzept der hessischen Grünen durch Ersatz von Strom durch geeignetere Energieträger (z.B. zur Wärmeerzeugung) sowie effizientere Produktionsmethoden reduzieren. Weiterhin wird angegeben, dass bei einer 40-prozentigen Nutzung des in diesem Positionspapier angegebenen maximal möglichen Einsparpotentials bis zum Jahr 2028 insgesamt 28 % des heutigen Strombedarfs eingespart werden kann.[11]

Dem Szenario 2 liegt genau diese Angabe zugrunde, wohingegen Szenario 1 mit den von der DENA berechneten Zahlen zur wirtschaftliche Stromeinsparung in Deutschland bis zum Jahr 2020 (siehe Abbildung 3) arbeitet.

- **Szenario 1:** Rechnet man die wirtschaftlich möglichen Einsparpotentiale aus Haushalten (23 TWh/a) und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (11 TWh/a) auf die 20.000 Einwohner von Vellmar um, so ergibt sich ein Einsparpotential von 30 TJ pro Jahr (~ 8.300 MWh).
- **Szenario 2:** 28 % des heute in Vellmar benötigten Strombedarfs entspricht ca. 15.800 MWh Strom pro Jahr, die in diesem Szenario eingespart werden (0,28 * 56.400 MWh = 15.800 MWh).

4.4 Wasserkraft

In Vellmar ist kein Potential für die Wasserkraft vorhanden, sie wird daher nicht mit einbezogen. Zwar fließt ein Fluss (die Ahne) durch das Stadtgebiet, jedoch ist die Strömung bzw. Wassermenge nicht ausreichend für eine energetische Nutzung in größerem Maßstab.

4.5 Windenergie

Aufgrund der geringen Fläche von Vellmar und des geplanten Flughafenausbaus des Flughafens Kassel-Calden können in Vellmar keine nennenswerten Windenergiean-

[10] DENA (2007)
[11] vgl. FRAKTION BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN IM HESSISCHEN LANDTAG (2007), S. 8

lagen geplant werden[12]. Das Windenergiepotential wird daher für die Entwicklungsszenarien mit 0 kWh angenommen.

4.6 Biomasse

Vellmar ist eine „Wohnstadt“[13]; die Verkehrs- und Siedlungsfläche ist genauso groß, wie die gesamte land- und forstwirtschaftliche Fläche. Die landwirtschaftliche Fläche beträgt 600 ha, die Waldfläche 80 ha. Für die beiden Energieszenarien wird jeweils der Flächenanteil an der gesamten land- bzw. forstwirtschaftlichen Fläche angegeben, der für die energetische Biomassenutzung herangezogen werden soll. Als Flächenertrag wird für die Waldflächen ein durchschnittlicher jährlicher Zuwachs von 13 Fm pro Hektar angenommen[14], für die landwirtschaftlichen Flächen wird ein Energieinhalt von 33.000 kWh/ha[15] veranschlagt.

Die Biomasse von den landwirtschaftlichen Flächen wird in einer Biogasanlage mit Kraft-Wärme-Kopplung genutzt (elektrisch und thermisch). Das Holz wird in einer Hackschnitzel-Blockheizung verbrannt. Alternativ könnten auch mehrere Mehrfamilienhäuser mit modernen Hackschnitzelfeuerungen ausgestattet werden, dieser Fall soll hier jedoch nicht betrachtet werden. Die gewonnene Wärme wird über ein Nahwärmenetz in die Haushalte gebracht, der Strom wird in das Versorgungsnetz eingespeist.

Der elektrische Wirkungsgrad der Biogasanlage wird mit 32 % veranschlagt, der thermische Wirkungsgrad mit 53 %[16]. Als Heizwert von 1 Fm Holz wird der Wert für Buchenholz herangezogen (auch der angenommene Zuwachs bezog sich auf Buchenholz), dieser liegt bei einem Wassergehalt des Holzes von 20 % bei 2700 kWh/Fm[17]. Der thermische Wirkungsgrad des Hackschnitzel-Heizwerkes wird auf 75 % festgelegt.

- **Szenario 1:** Für das erste Szenario wird angenommen, dass 25 % der landwirtschaftlichen Fläche für den Energiepflanzenanbau genutzt werden kann, dies entspricht 150 ha. Aus dem Wald sollen 20 % des jährlichen Zuwachses

[12] STOCHLA (2007): mündliche Auskunft

[13] STOCHLA (2007): mündliche Auskunft
[14] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2003)
[15] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (2008) und KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2006)
[16] KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2006)
[17] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2007)

der energetischen Verwertung zugeführt werden, d.h. es stehen in Vellmar etwa 210 Fm Holz pro Jahr zur Verfügung (80 ha * 13Fm/ha * 0,2 = 208 Fm). Mit den oben getroffenen Annahmen (Wirkungsgrade, Energieinhalte...) ergibt sich für die landwirtschaftliche Fläche folgende energetische Leistung:

33.000 kWh/ha * 150 ha = 4.950.000 kWh ~ 5 GWh (pro Jahr)

→ Elektrische Energie: 5 GWh * 0,32= 1.584.000 kWh

→ Thermische Energie: 5 GWh * 0,53 = 2.623.500 kWh

➔ Die Stadt Vellmar könnte also durch den Ertrag aus ¼ ihrer landwirtschaftlichen Fläche eine Biogasanlage mit ca. 200 kW elektrischer Leistung betreiben.

Die energetische Verwertung von 20 % (210 Fm) des jährlichen Holzzuwachses ergibt folgende Wärmemengen:

210 Fm * 2700 kWh/Fm = 576.000 kWh

→ Thermische Energie: 576.000 kWh * 0,75 = 425.250 kWh pro Jahr

Für die getroffenen Annahmen ergibt sich für Vellmar insgesamt folgendes Potential aus der Biomasse: 1.584.000 kWh = ca. 1.600 MWh Strom und 3.057.750 kWh = ca. 3.000 MWh Wärmeenergie

- **Szenario 2:** Hier wird angenommen, dass auf 50 % der landwirtschaftlichen Fläche (300 ha) Energiepflanzen angebaut werden und die Hälfte des jährlichen Zuwachses im Wald thermisch genutzt wird. Dadurch wird von der landwirtschaftlichen Fläche doppelt so viel Energie zur Verfügung gestellt. Aus dem Wald kommt die anderthalbfache Wärmemenge im Vergleich zu Szenario 1. Insgesamt werden also 6.300 MWh Wärme und 3.200 MWh Strom aus der Biomasse zur Verfügung gestellt. Zusätzlich soll in diesem Szenario landwirtschaftliche Fläche genutzt werden, um darauf einen Solarpark zur Deckung des restlichen Strombedarfs zu installieren.

Insgesamt ist in Vellmar aufgrund der stark urbanen Struktur das Biomassepotential relativ gering und es stellt sich die Frage, ob der Bau eines eigenen Biomassekraftwerkes (z.B. Biogasanlage) sinnvoll ist. Alternativ könnten jedoch durch Kooperationen mit anderen Gemeinden mehr Biomasse bereitgestellt werden bzw. gemeinsam eine Anlage betrieben werden.

4.7 Geothermie

Die Tiefenerdwärme kann in Hessen nur am Oberrheingraben[18] genutzt werden, d.h. es ist nicht möglich in Vellmar aus Erdwärme Strom zu gewinnen. Bei der oberflächennahen Geothermie ist eine Wärmebereitstellung durch Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder Wärmepumpen möglich. Vellmar ist für geothermische Projekte geeignet (siehe Abbildung 4), da das gesamte Gemeindegebiet als wasserwirtschaftlich und hydrogeologisch günstig eingestuft wurde.
Die Beurteilung des Einsatzes von Wärmepumpen fällt umso positiver aus, je höher die Jahresarbeitszahl der eingesetzten Technik ist. Diese Zahl gibt an, wie viel kWh Wärme aus einer kWh Strom erzeugt werden. In Tabelle 2 sind die Jahresarbeitszahlen für die verschiedenen Erdwärme-Nutzungsformen aufgetragen. Dabei wird ersichtlich, dass der Einsatz von Luft betriebenen Pumpen energetisch schlechter zu bewerten ist als wasserführende Systeme.

	Erdwärme-kollektor	Erdwärme-sonde	Luft
Platzbedarf	hoch	gering	Gering
Wasserrechtlich genehmigungspflichtig	nein	fast immer	Nein
Mittlere Jahresarbeitszahl	bis 4	bis 4,5	bis 3,3

Tabelle 3: Kenndaten wichtiger Wärmequellen für Wärmepumpen-Anlagen
Quelle: FACHINFORMATIONSZENTRUM KARLSRUHE (2001)

Für die weitere Berechnung wird eine Jahresarbeitszahl von 4 angesetzt, was bedeutet, dass mit 1 kWh Strom 4 kWh Wärme bereitgestellt werden können.

[18] HESSISCHES LANDESAMT UMWELT UND GEOLOGIE (2007)

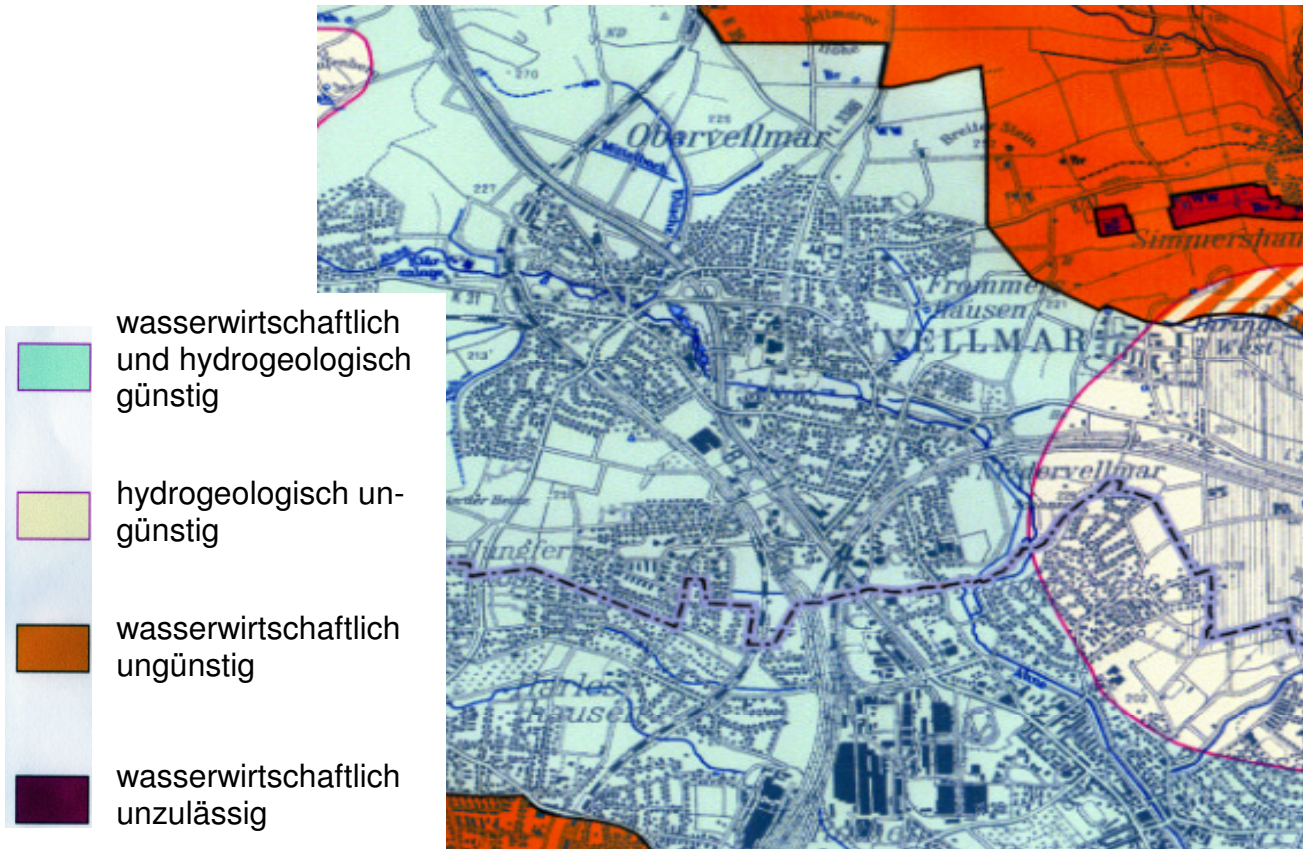

Abbildung 4: Ausschnitt aus der Karte zur hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Standortbeurteilung im Landkreis Kassel;
Quelle: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Stand 29.02.2008)

- **Szenario 1:** Für das realistische Szenario wird angenommen, dass in ca. 90 % der sanierten Gebäude eine Wärmepumpe eingebaut wird, dies entspricht 1.400 Haushalte (von 9.000) = 3.100 Personen = 14.300 MWh Wärmebedarf pro Jahr. Für die Berechnung des Strombedarfes, welcher für die Pumpe benötigt wird, wird der Wärmebedarf durch die Jahresarbeitszahl 4 geteilt; man erhält einen jährlichen Strombedarf von etwa 3.600 MWh.
- **Szenario 2:** Für das 100%-Szenario wird der Einsatz der Wärmepumpe soweit erhöht, bis der Wärmebedarf gedeckt ist. Dabei wird der benötigte Strom durch Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen bereitgestellt.

4.8 Photovoltaik und Solarthermie

In Hessen gibt es nach Berechnungen der hessischen Grünen 59 Millionen m² geeignete Fläche auf Dächern und an Fassaden, auf denen PV- oder solarthermische

Anlagen installiert werden können[19]. Umgerechnet auf Vellmar ergibt sich basierend auf dieser Zahl ein Potential von 190.000 m² auf Dächern und Fassaden. Für die Berechnung der solaren Erträge werden folgende Annahmen getroffen:

Solarthermie:	es wird ein jährlicher Ertrag von 350 kWh nutzbarer Wärme pro m² erzielt
Photovoltaik:	pro m² Modulfläche werden 140 kWh Strom jährlich erzeugt

- **Szenario 1:** 50% aller Haushalte installieren eine solarthermische Anlage mit einer Größe von je 10 m². Dies ergibt eine Wärmemenge von 15.750 MWh. Für Photovoltaik werden 20 % der geeigneten Fläche verwendet (dies sind 38.000 m²) und so 5.320 MWh Strom erzeugt.
- **Szenario 2:** In Szenario 2 erhalten alle Haushalte in Vellmar eine 10 m² solarthermischen Anlage, woraus sich ein Wärmeertrag von 31.500 MWh ableitet. Auf der gesamten restlichen Fläche (190.000 m² - 90.000 m² = 100.000 m²) werden PV-Anlagen installiert und so eine Strommenge von 14.000 MWh gewonnen. Zusätzlich wird auf einem Feld ein Solarpark betrieben, um den restlichen Strombedarf zu decken. Dieser ist trotz vorangegangener Effizienzmaßnahmen gegenüber dem heutigen Verbrauch nur leicht gesenkt wegen des zusätzlichen Strombedarfs für den Einsatz von Wärmepumpen.

[19] FRAKTION BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN IM HESSISCHEN LANDTAG (2007), S. 6

5 Ergebnisse

5.1 Szenario 1: realistisches Szenario

Werden alle oben berechneten Wärme- und Strommengen aus den erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz zusammengezählt bleibt ein Wärmebedarf von 141.000 MWh und ein Strombedarf von 44.400 MWh, der noch durch konventionelle Energieträger gedeckt werden muss. Der Deckungsgrad mit erneuerbaren Energien beträgt bei Wärme 19 % und bei Strom 13 %. Im Bereich der Wärme wird in diesem Szenario das große Potential der Gebäudeeffizienz erkennbar. Bereits mit recht geringem finanziellen Aufwand kann (insbesondere dann, wenn sowieso Gebäudemodernisierungsmaßnahmen anstehen) durch Renovierung von 17 % der Gebäude 18 % des Raumheizungsbedarfes eingespart werden. Von einer 100%igen Deckung des Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien ist man mit solchen unaufwendigen und finanziell kaum belastenden Maßnahmen allerdings weit entfernt.

5.2 Szenario 2: Versorgung von Vellmar mit 100 % Erneuerbaren Energien

Eine Möglichkeit, in Vellmar eine vollständige Versorgung mit erneuerbaren Energien zu schaffen soll nun im 2. Szenario vorgestellt werden. Im Bereich Wärme ist es wichtig, im ersten Schritt Wärme einzusparen und anschließend den verbleibenden Wärmebedarf mit erneuerbaren Energien zu decken. Dies geschieht in diesem Konzept hauptsächlich über Geothermie. Der Nachteil liegt hierbei allerdings darin, dass zusätzlicher Strom für die Wärmepumpe benötigt wird. Weil in Vellmar nur wenig Biomasse vorhanden ist und die Installation von Wind- sowie Wasserkraftanlagen nicht möglich ist, bleibt die Photovoltaik als Alternative zur Stromerzeugung übrig.
Nachdem man die Wärme abzieht, die durch Biomasse und Solarthermie erzeugt wird, bleibt noch eine Restwärmemenge von 54.200 MWh, die durch geothermische Anlagen erzeugt werden sollen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen alle renovierten Häuser sowie gut 10 % der neueren Häuser eine Wärmepumpe installieren. Um den restlichen Strombedarf mit erneuerbaren Energien zu decken, ist (neben der Nutzung von Biogas und Solarenergie auf Dächern) ein Solarpark von etwa 40 MW Leistung notwendig. Ein ähnliches Projekt mit einer Leistung um die 40 Megawatt wird derzeit in Brandis gebaut wird (siehe Abbildung 5) und hat eine Modulfläche von

ca. 400.000 m² (40 ha) bei einer Anlagenfläche von ca. 2.000.000 m² = 200 ha. Der Ertrag pro Jahr liegt bei ca. 40 Mio. kWh = 40.000 MWh. Die CO_2-Einsparung beträgt ca. 25.000 t/a.

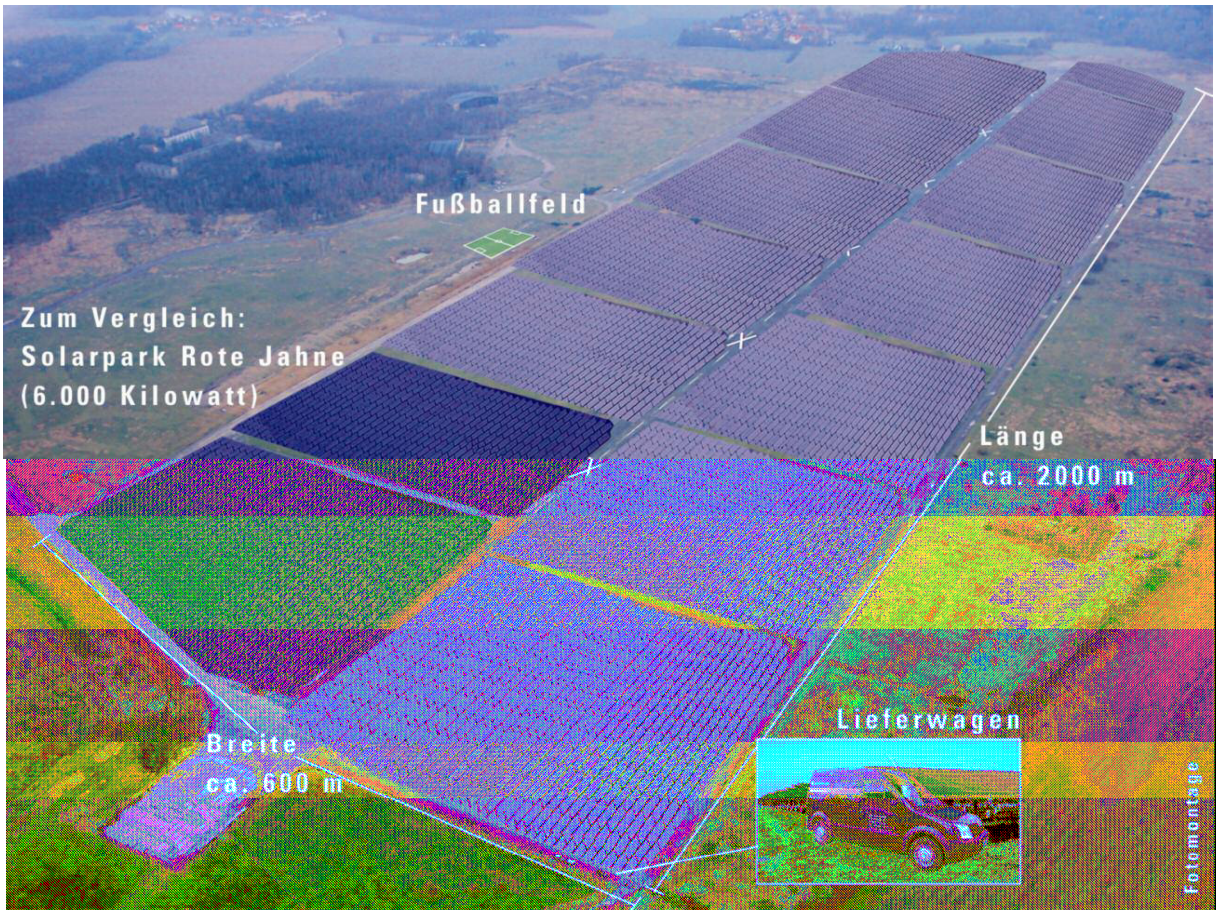

Abbildung 5: Fotomontage des Solarstromkraftwerkes in Brandis
Quelle: JUWI SOLAR GmbH (2007)

Für Vellmar bedeutet dieses Szenario, dass von den insgesamt 600 ha landwirtschaftlicher Fläche 300 ha für energetische Biomassenutzung und 200 ha für den Solarpark benötigt werden, um den Energiebedarf der Stadt vollständig mit erneuerbaren Energien decken zu können.

6 Diskussion und Ausblick

Die beiden vorgestellten Szenarien zeigen zwei Dinge sehr eindrücklich: es ist selbst für eine Stadt Vellmar mit einer hohen Bevölkerungsdichte und damit hohen Energieverbrauchen auf kleiner Fläche möglich, den Energiebedarf zu 100 % aus erneuerbaren Energien zu decken – aber dafür ist ein enormer (nicht nur finanzieller) Aufwand nötig und der unbedingte Wille, die autonome (nicht autarke!) Versorgung zu schaffen. Förderprogramme von Bund und Ländern geben bereits jetzt Anreize dazu, aber um wirklich voranzukommen, bedarf es eines großen Einsatzes der Gemeinden und Regionen.

Die Stadt Vellmar sollte in Zukunft weiterhin ihre Stärken nutzen und als Zugpferd für neue innovative Projekte dienen. Von Herrn Stochla, dem Bürgermeister von Vellmar, ist eine Beratungsoffensive für solarthermische Anlagen angedacht. Ein Vorschlag von unserer Seite ist es, diese auf die Geothermie auszuweiten. Günstig dafür ist zum einen der Umstand, dass in Vellmar das Ingenieurbüro „Lohrconsult Wärmepumpeninstitut“ ansässig ist (lokale Wertschöpfung!) und zum anderen aus hydrogeologischer und wasserwirtschaftlicher Sicht (wie oben erläutert) die Geologie von Vellmar dafür geeignet ist.

Die Öffentlichkeitsarbeit sollte weiter ausgebaut werden, z.B. durch Teilnahme an der „Woche der Sonne“ (Kampagne vom Bundesverband Solarwirtschaft), Solarpartys oder Sonnenaufgangsfeiern. Auch der Eintrag in die Solarbundesliga wäre eine Option, jedoch ist es dafür notwendig konkrete Zahlen über die Modulflächen von Solarthermie und Photovoltaik zu berechnen. Darüber hinaus ist die Ermittlung dieser Zahlen empfehlenswert, um glaubhaft für die Bürger zu sein bzw. den Anteil an Strom und Wärme von Solarthermie und Photovoltaik in Vellmar genau zu kennen sowie deren Wirtschaftlichkeit.

Die vorhandene Gasleitung oder die Gasturbine im Schwimmbad könnte mittelfristig mit Biogas betrieben werden. Eine Kooperation mit anderen Gemeinden, z.B. Fuldatal, wäre denkbar in den Bereichen Biomasse und Windkraft, um den Anteil der erneuerbaren Energien im Strombereich zu erhöhen. Die hohe Aktivität und Vorreiterrolle der Stadtverwaltung sollten beibehalten und weiter ausgebaut werden. Dabei könnte und sollte allerdings – bedingt durch die steigenden Kosten fossiler Energieträger und die fallenden Kosten der erneuerbaren Technologien – zukünftig auch die Wirtschaftlichkeit von Projekten berechnet, berücksichtigt und kommuniziert werden.

7 Literaturverzeichnis

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2007): Merkblatt 20 – Scheitholz – Produktion, Lagerung, Kennzahlen

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2003): Homepage der Landesanstalt: http://www.lwf.bayern.de/imperia/md/content/lwf-internet/waldbewirtschaftung/bwi/ergebnisse_03_holznutzung.pdf#search=%22jaehrlicher%20Holzzuwachs%20%22

DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR GMBH (DENA, 2007): Homepage zur Initiative EnergieEffizienz; http://www.stromeffizienz.de und http://www.initiative-energieeffizienz.de

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (2008): Biogas Basisdaten Deutschland. 7S. http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_185basisdaten_biogas_08.pdf

FACHINFORMATIONSZENTRUM KARLSRUHE (Hrsg., 2001): Wärmepumpen. BINE Informationsdienst. BasisEnergie 10. 4 S.

FRAKTION BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN IM HESSISCHEN LANDTAG (2007): Zukunftsenergie für Hessen. Zukunftsenergie – für eine klimafreundliche Energiepolitik in Hessen. 23 S.

IFS STÄDTEBAUINSTITUT (2006): Pro-Kopf-Wohnfläche weiter gestiegen. Deutschland international im Mittelfeld. Abgerufen von http://www.ifs-staedtebauinstitut.de/hi/Hi2006/hi02.pdf.

HESSISCHES LANDESAMT UMWELT UND GEOLOGIE (2007): Nutzung tiefer Geothermie in Hessen

INGENIEURBÜRO FÜR HAUSTECHNIK SCHREINER (2008): Homepage des Ingenieurbüros Schreiner http://energieberatung.ibs-hlk.de.

JUWI SOLAR GmbH (2007): Neue Dimension der solaren Stromerzeugung: juwi errichtet weltgrößtes Solarstrom-Kraftwerk. Pressemitteilung vom 09.02.2007. http://www.juwi.de/service/presse/PM_Solaranlage_Brandis.pdf

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (Hrsg., 2006): Energiepflanzen. Eigenverlag

MAGISTRAT DER STADT VELLMAR (2007): Homepage der Stadt Vellmar http://www.vellmar.de/stadtvellmar/stadtvellmar.htm

RÖPCKE, I. (2008): Der Energiebaukasten. Aus: SONNE, WIND & WÄRME 2/2008, S. 20-21. Bielefeld: BVA Bielefelder Verlag GmbH & Co. KG

STATISTISCHE ÄMTER DER LÄNDER (2007): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen. Tabellenteil.

STOCHLA (2007): Gespräch mit Dirk Stochla am 03. Dezember 2007. Mündliche Auskunft zur Stadt Vellmar

VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT E.V. (2007): Energie-Info. Endenergieverbrauch in Deutschland 2005. Berlin. 30 S.

8 Abkürzungen und Einheiten

BHKW	Blockheizkraftwerk
EE	Erneuerbare Energien
Fm	Festmeter (Raummaß für Holz, 1 Fm = 1 m^3)
GJ	Gigajoule (1 GJ = 10^9 Joule)
ha	Hektar (1 ha = 10.000 m^2)
kWh	Kilowattstunden (1 kWh = 3,6 * 10^{16} J = 3,6 MJ)
MJ	Megajoule (1 MJ = 10^6 J)
MW	Megawatt (Leistungseinheit , 1 MW = 10^6 W)
PJ	Petajoule (1 PJ = 10^{15} Joule)
PV	Photovoltaik
SKE	Steinkohleeinheit (1 kg SKE = 29.307,6 kJ = 8,141 kWh)
TJ	Terajoule (1 TJ = 10^{12} J)