



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Technische
Thermodynamik

Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung (STB)

Erneuerbare Energien für die Region Stuttgart

Untersuchung für
BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN
Fraktion im Verband Region Stuttgart

M. Nast, J. Nitsch (DLR)
H. Böhnisch (ZSW)

Stuttgart, April 2003

Erneuerbare Energien für die Region Stuttgart

Kurzfassung

Weltweit wird allgemein von einer wachsenden Bedeutung der erneuerbaren Energien ausgegangen. Selbst Untersuchungen großer Ölkonzerne halten eine Verzehnfachung des heutigen Beitrags erneuerbarer Energien bis 2050 für möglich. Für Deutschland lässt sich diese Möglichkeit explizit nachweisen und in größerem Detail beschreiben.

Schon seit vielen Jahrzehnten hat die Wasserkraft ihren festen Platz in der Stromversorgung Deutschlands. Derzeit gewinnt die Windenergie rasch an Bedeutung. Voraussichtlich wird sie noch in diesem Jahr mit der Wasserkraft gleichziehen. Im Wärmemarkt hat die Bedeutung von Holz als einstmals ausschließlicher Brennstoff immer weiter abgenommen. Erst in den letzten Jahren wird eine Trendumkehr erkennbar. Dementsprechend gibt es derzeit große Überschüsse an Biobrennstoffen in Deutschland, welche zugunsten von Klimaschutz und Ressourcenschonung genutzt werden können. Langfristig muss die Biomasse durch solare Wärme und Geothermie ergänzt werden, deren Potenzial im Gegensatz zur Biomasse nahezu unbegrenzt ist.

Eine langfristig wichtige Voraussetzung für die Nutzung von erneuerbaren Energien im Wärmemarkt ist der Ausbau von Nahwärmenetzen. Ohne diese kann Geothermie überhaupt nicht und solare Wärme nur in geringem Maße genutzt werden. Auch die Nutzung der Biomasse und der Kraft-Wärme-Kopplung kann durch Nahwärmenetze entscheidend gefördert werden. Der hierzu notwendige Strukturwandel im Heizungsmarkt erhält bisher noch nicht die hierfür notwendige öffentliche Aufmerksamkeit.

Eine weitere Voraussetzung, ohne die erneuerbare Energien nicht ihre volle Wirksamkeit entfalten können, ist der intelligente Umgang mit Energie. Dem unnötigen Einsatz von Strom und Wärme oder gar deren Verschwendung muss entgegengewirkt werden. Besonders im Altbau können durch eine nachträglich verbesserte Wärmedämmung große Mengen an Heizöl und Gas eingespart werden. Insgesamt kann der Wärmebedarf für Raumwärme in den nächsten Jahrzehnten trotz einer Vergrößerung der Wohnflächen nahezu halbiert werden. Im Strombereich wird sich der Trend zu sparsameren Geräten fortsetzen, aber aufgrund der immer umfassenderen Elektrifizierung der Gesellschaft wird auch in einem Nachhaltigkeitsszenario der Strombedarf nur geringfügig abnehmen.

Die intelligente Energienutzung kann zusammen mit den erneuerbaren Energien zu einem erheblichen Gewinn bei der Versorgungssicherheit und der Entschärfung von Konflikten um Energierohstoffe führen. Die Krisenregion „Naher Osten“ mit ihren großen Ölvorräten steht derzeit zum wiederholten Male im Brennpunkt des öffentlichen Interesses. Durch die beschriebene nachhaltige Entwicklung kann der Mineralölverbrauch bis 2050 auf ein viertel des heutigen Wertes gesenkt werden. Öl wird dann nur noch im Verkehr und nicht mehr zum Heizen genutzt.

Schon heute hat das Engagement Deutschlands zugunsten erneuerbarer Energien eine starke Ausstrahlungskraft auf andere Länder der Welt. Die Exporte von Windkraftanlagen nehmen zu, erfolgreiche Gesetze wie das EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) werden von anderen Ländern weitgehend übernommen. Dies kann als Aufmunterung dienen, auch nach Innen die weiterhin notwendigen Anstrengungen fortzuführen.

Es gibt noch eine Vielzahl von Problemen zu lösen, welche sich häufig von Bundesland zu Bundesland unterscheiden. So hat bei der Biomassenutzung Bayern eine Führungsrolle übernommen, bei der Windkraft sind die Küstenländer führend. In Baden-Württemberg wird zusammen mit Bayern der größte Teil der Solar- und PV-Anlagen installiert, dafür gibt es insbesondere in Baden-Württemberg viele Beispiele für die Behinderung der Windkraft.

Die Rahmenbedingungen für den Einsatz erneuerbarer Energien können auf bundes- und Landesebene vorgegeben werden. Konkrete Investitionsentscheidungen für Kleinanlagen

auf dem Dach oder im Keller von Eigenheimen werden vom Privatmann getroffen. Regionalverbänden und Kommunen kommt eine mittlere Rolle zu, welche besonders entscheidend ist, wenn es um Gemeinschaftsprojekte wie Nahwärmenetze oder Standorte für größere Bauten wie z.B. von modernen Windkraftanlagen geht. Von Region zu Region unterscheiden sich die strukturellen Randbedingungen.

Die Region Stuttgart ist dicht bevölkert und stark industrialisiert. Die Bevölkerungsdichte liegt bei dem dreifachen des bundesdeutschen Durchschnitts. Durch die hohe Siedlungsdichte werden Nahwärmenetze begünstigt, da die Leitungen zwischen benachbarten Gebäuden kurz sind. Für Solarkollektoren und PV-Anlagen steht allein auf den Dächern eine Kollektorstellfläche von 28,6 Mio. m² zur Verfügung. Für die kostengünstigeren erneuerbaren Energien Wasser, Wind und Biomasse werden dagegen eher unterdurchschnittliche Verhältnisse angetroffen. Das ohnehin geringe Potenzial der Wasserkraft ist bereits weitgehend ausgeschöpft, das Potenzial der Windkraft ist zwar höher, wird aber in den nächsten Jahrzehnten kaum mehr als die Wasserkraft zur Stromerzeugung beitragen. Von der Biomasse kann aufgrund der im Vergleich zur Bevölkerung geringen land- und forstwirtschaftlichen Flächen zwar auch nur ein begrenzter Anteil des Energiebedarfs gedeckt werden, dieser sollte aber möglichst bald erschlossen werden. Geschieht dies zusammen mit dem Aufbau von Nahwärmenetzen, so werden gleichzeitig weitere wichtige Optionen für die Zukunft aufgebaut:

- Für die nähere Zukunft werden technische Verbesserungen bei der Kraft-Wärme-Kopplung aus Biomasse bei Feuerungsleistungen unter 5 MW erwartet. Derartige Anlagen können dann nachgerüstet werden.
- In den Sommermonaten kann zusätzlich Solarwärme in das Netz eingespeist werden.
- Langfristig bleibt eine Umstellung auf Geothermie möglich.

Werden auch bei der nachträglichen Wärmedämmung von Altbauten die notwendigen Fortschritte erreicht, so kann im Jahr 2050 die Hälfte des Wärmebedarfs und ein sechstel des Strombedarfs aus den in der Region vorhandenen erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden.

Eine Entwicklung, welche Klima und Umwelt schont, und außerdem die Abhängigkeit von Energieimporten reduziert, erfordert vielfältige Anstrengungen, auch finanzieller Art. Im Vergleich zum Nutzen sind die zusätzlichen Kosten einer nachhaltigen Entwicklung aber sehr gering. Sie betragen für das gesamte Maßnahmenpaket im Strom- und Wärmemarkt über die nächsten 50 Jahre bundesweit 200 Mrd.EUR entsprechend 48 EUR je Kopf und Jahr bzw. 0,14% des Bruttoinlandsprodukts. Diese Differenzkosten fallen gegenüber einer Status-Quo-Entwicklung an, bei welcher keine besonderen Anstrengungen zum Schutz des Klimas über die bereits beschlossenen Maßnahmen (Verdopplung des Beitrags der erneuerbaren Energien bis 2010, Umsetzung der EnEV, Ausstieg aus der Atomkraft) unternommen werden. Bei der Berechnung der Differenzkosten wurde von einem geringen Anstieg der (Heiz-)Ölpreise auf 42 Ct/l (o. MwSt.) ausgegangen. Sollte der Ölpreis schneller steigen, so fallen die Differenzkosten noch geringer aus.

Eine nachhaltige Entwicklung ist aus den unterschiedlichsten Gründen unverzichtbar. Sie ist auch bezahlbar. Aber sie wird nicht von alleine kommen. Je später versucht wird, die deutlich erkennbaren Fehlentwicklungen und Defizite zu korrigieren, umso schwerer wird die Lösung der sich aufhäufenden Probleme.

Zusammenfassung der Empfehlungen

1. Wärmedämmung von Altbauten

- Die Einrichtung kommunaler Förderprogramme für Hausbesitzer anregen
- Verstärkte Beratung über Wärmedämmung in den Energieberatungszentren
- Politische Initiative an das Land richten zur angemessenen Förderung energetischer Sanierungsgebiete
- Ausweisung von zwei Mustersanierungsgebieten mit dem Schwerpunkt Energie

2. Hausbezogene Heizungssysteme

- Aufklärungsarbeit über den ökologisch sinnvollen Einsatz von elektrischen Wärmepumpen (Energieberatungszentren)

3. Nahwärme / Wärmeverbund

- Ausarbeitung eines Wärmeatlas für die Region
- Suche und Identifikation von geeigneten Standorten zur Nutzung industrieller Abwärme
- Entwicklung von zwei flächendeckenden Nahwärme-Pilotprojekten im Gebäudebestand
- Die große Bedeutung der Wärmedämmung von Altbauten für die mittel- bis langfristige Nutzung der solaren Nahwärme kommunizieren
- Verfolgung der wissenschaftlichen Arbeiten über die Potenziale der Tiefengeothermie in der Region und Veröffentlichung der Ergebnisse

4. Stromerzeugung in größeren Anlagen

- In Sachen Windenergienutzung an der vom Verband Region Stuttgart erstellten dreiteiligen Raumplanung festhalten aber die Planungshoheit der Gemeinden weniger stark einschränken. Dem Land gegenüber in der Offensive bleiben
- Behutsame Fortschreibung der Ausweisung von Vorrangflächen für die Windenergienutzung über den heutigen Stand hinaus
- Die Gründung von Betreibergesellschaften (Beteiligungsmodelle) für den Bau und Betrieb großer Photovoltaikanlagen organisatorisch unterstützen und fördern

5. Information und Kommunikation

- Fortsetzung der Unterstützung der Messe „erneuerbare energien“ in Böblingen
- Die Gründung von Energieberatungszentren u. U. im Zusammenschluss mehrerer Gemeinden anregen und koordinieren
- Die gemeindeübergreifende Gründung von lokalen kommunalen Energieagenturen nach dem Stuttgarter Modell für Maßnahmen im Bereich der kommunalen Liegenschaften.
- Einrichtung von einschlägigen Internetseiten
- Bebauungspläne von Neubaugebieten so einrichten, dass aktive und passive Solarenergienutzung uneingeschränkt möglich ist.

Inhalt

1. Die langfristige Bedeutung der erneuerbaren Energien für eine globale Zukunftsperspektive	1
2. Ein Nachhaltigkeitsszenario für Deutschland	3
2.1. Der Strommarkt im Nachhaltigkeitsszenario	4
2.2. Der Wärmemarkt im Nachhaltigkeitsszenario	5
2.2.1. Zukünftige Anteile der Energieträger	5
2.2.2. Nahwärme – ein unverzichtbares Strukturelement	7
2.2.3. Nahwärmeausbau – ein Rückblick aus der Zukunft	9
2.3. Potenziale und Kosten erneuerbarer Energien	12
2.3.1. Der Wärmemarkt	12
2.3.2. Der Strommarkt	13
2.4. Ausbaupfad und Differenzkosten	15
2.5. Die Vision einer rein regenerativen Wasserstoffwirtschaft	18
3. Erneuerbare Energien in der Region Stuttgart	19
3.1. Struktureller Vergleich zwischen der Region Stuttgart und Baden-Württemberg	19
3.1.1. Überblick über die Erneuerbaren Energien in der Region	19
3.2. Wärme	22
3.2.1. Verbesserte Wärmedämmung im Alt- und Neubau	22
3.2.2. Wärme aus erneuerbaren Energien	23
3.2.2.1. Biomasse	23
3.2.2.2. Solare Wärme	24
3.2.2.3. Geothermie	28
3.2.3. Nahwärme in der Region	29
3.3. Strom	32
3.3.1. Rationelle Stromanwendung	32
3.3.2. Strom aus erneuerbaren Energien	32
3.3.2.1. Wasserkraft	32
3.3.2.2. Windkraft	32
3.3.2.3. Photovoltaik (Solarer Strom)	33
3.3.3. Der europäische Stromverbund	34
3.4. Zusätzliche Kosten des Klimaschutzes in Baden-Württemberg und der Region	35
3.5. Der Energie-Alltag im Jahr 2050	35
3.5.1. Energieunterricht auf dem Aussichtsturm	35
4. Lokal handeln – Die Weichen heute stellen	37
4.1. Wärmedämmung von Altbauten	37
4.1.1. Akteure	37

4.1.2. Hemmnisse.....	37
4.1.3. Empfehlungen	37
4.2. Wärmeversorgung von Gebäuden mit Einzelheizungen	38
4.2.1. Akteure und Randbedingungen	39
4.2.2. Empfehlungen	39
4.3. Wärmeversorgung im Wärmeverbund.....	40
4.3.1. Heute bereits konkurrenzfähige Nahwärmetechniken	40
4.3.2. Die wichtigsten Akteure	42
4.3.3. Hemmnisse.....	42
4.3.4. Empfehlungen	43
4.3.4.1. Ausarbeitung eines Wärmeatlas der Region.....	43
4.3.4.2. Standorte zur Nutzung industrieller Abwärme.....	44
4.3.4.3. Entwicklung von zwei Nahwärme-Pilotprojekten mit erneuerbaren Energien im Gebäudebestand	44
4.3.4.4. Die Nutzung der solaren Nahwärme	45
4.3.4.5. Geothermiepotenziale.....	45
4.4. Stromerzeugung aus regenerativen Energien	45
4.4.1. Stromerzeugung in Kleinanlagen	45
4.4.1.1. Akteure.....	45
4.4.1.2. Empfehlungen	47
4.4.2. Stromerzeugung in größerem Maßstab	47
4.4.2.1. Die wichtigsten Akteure	47
4.4.2.2. Hemmnisse	48
4.4.2.3. Empfehlungen	48
4.5. Information und Kommunikation.....	49
4.5.1. Kommunale und regionale Energieberatungszentren	49
4.5.2. Lokale kommunale Energieagenturen.....	49
4.5.3. Entwicklung von Neubaugebieten.....	51
4.6. Zusammenfassung der Empfehlungen.....	51
4.6.1. Wärmedämmung von Altbauten.....	51
4.6.2. Hausbezogene Heizungssysteme.....	51
4.6.3. Nahwärme / Wärmeverbund	52
4.6.4. Stromerzeugung in Kleinanlagen.....	52
4.6.5. Stromerzeugung in größeren Anlagen	52
4.6.6. Information und Kommunikation	52
5. Beispielhafte Anlagen in der Region.....	53
5.1. Biomasse in Leonberg.....	53
5.2. Biogasverstromung in der Sindelfinger Kläranlage	53

5.3.	Windkraft auf dem grünen Heiner.....	54
5.4.	Wasserkraft im Ammertal	55
5.5.	Photovoltaik in Ditzingen und Herrenberg	56
5.6.	Solare Nahwärme in Stuttgart	57
6.	Literatur:.....	58
7.	Glossar.....	60

Erneuerbare Energien für die Region Stuttgart

Im Unterschied zur heutigen Energieversorgung, bei der die Rohstoffe aus wenigen großen Lagerstätten Tausende von km transportiert werden müssen, haben erneuerbare Energien einen dezentralen Charakter. Ihre mögliche zukünftige Bedeutung wird häufig noch unterschätzt. Daher wächst lokalen Entscheidungen eine zunehmende Bedeutung bei der sukzessiven Einführung einer nachhaltigen Energieversorgung zu. Dabei darf nicht vergessen werden, dass wir in einer Welt leben, die immer stärker zusammenwächst, egal ob wir dies wollen oder uns dagegen wehren, ob wir es begrüßen oder bedauern.

In einer globalen Industriegesellschaft kann eine nachhaltige Entwicklung nicht isoliert auf lokaler Ebene konzipiert werden. Die Gefahr einer Klimaveränderung durch den Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre wurde naturgemäß schon immer als ein globales Problem angesehen. Auch die immer knapper werdenden Rohstoffressourcen können nicht allein als nationale oder gar lokale Probleme angesehen werden. Die Energieversorgung mit Öl ist hierfür das beste Beispiel.

Die Bürger der Region Stuttgart können ihren Handlungsspielraum am besten in ihrem lokalen Umfeld nutzen. Aber nur bei Berücksichtigung des nationalen und globalen Zusammenhangs kann ein Höchstmaß an Effizienz und die für durchgreifende Änderungen notwendigen Intensität erreicht werden.

1. Die langfristige Bedeutung der erneuerbaren Energien für eine globale Zukunftsperspektive

Die Anzeichen, dass die wissenschaftlich vorhergesagte Klimaveränderung durch ansteigende CO₂-Emissionen auch tatsächlich eintritt, nehmen zu. Das Internationale Panel for Climate Change (IPCC) fordert daher eine Halbierung des globalen CO₂ Ausstoßes bis 2050.

Bis zum Jahr 2050 sind vielfältige Entwicklungen denkbar. **Abbildung 1** zeigt verschiedene Szenarien von unterschiedlichen Institutionen, welche über eine besondere Expertise im Bereich Energie verfügen. Schon am Vergleich dieser Szenarien zeigt sich, dass die Möglichkeit die Klimaschutzziele des IPCC bis 2050 zu erreichen, unterschiedlich beurteilt wird. Unstrittig ist jedoch, dass die Bedeutung der erneuerbaren Energien stark zunehmen wird. Selbst in dem Szenario B des World Energy Council (WEC), welches als Trendszenario aufgefasst werden kann, wird noch von einer Zunahme des energetischen Beitrags der erneuerbaren Energien um den Faktor 5 ausgegangen; bei Shell um mehr als den Faktor 10 gegenüber heute.

In den meisten Szenarien reicht jedoch das Wachstum bei den erneuerbaren Energien nicht aus, um die (sehr unterschiedlich angesetzte) Zunahme des weltweiten Energiebedarfs nicht nur auszugleichen, sondern sogar einen Rückgang zu bewirken. Allein durch den Ausbau der erneuerbaren Energien können die Ziele des IPCC nicht erreicht werden. Den erneuerbaren Energien muss von der anderen Seite eine effektivere Nutzung der Energie entgegenkommen. Die Produktion von Konsumgütern ist mit geringerem Verbrauch von Kohle, Öl oder Gas möglich.¹ Wohnungen lassen sich auch mit geringeren Mengen an

¹ Deutschland ist ein besonders gutes Beispiel dafür, wie groß diese Effekte sein können. Hier wurde die energetisch ineffiziente Industrieproduktion der neuen Bundesländer durch die effektiveren Methoden der Betriebe in den alten

fossilem Brennstoff warm halten. Zwei der Szenarien (Factor 4, SEE) berücksichtigen die Möglichkeiten dieser rationellen Energienutzung in stärkerem Maße als die übrigen Szenarien. Nur so ist es möglich, trotz einer Angleichung der Lebensbedingungen in den Entwicklungsländern an die der Industrieländer und trotz eines weiteren Wirtschaftswachstums in den entwickelten Ländern eine Reduktion des heutigen CO₂-Ausstoßes von 24,2 auf etwa 11 Mrd. t/a zu erreichen.

Die möglichen Wege zu diesem Ziel sind von Land zu Land und von Kontinent zu Kontinent verschieden. In den Entwicklungsländern wird sich auch bei einer an Nachhaltigkeitsgesichtspunkten orientierten Entwicklung der CO₂-Ausstoß in den nächsten 50 Jahren verdoppeln. In den Industrieländern reicht daher eine Halbierung nicht aus. Hier muss sogar ein Rückgang der CO₂-Emissionen um 75% erreicht werden. Wie dies möglich ist, und welche Rolle dabei die erneuerbaren Energien, die rationelle Energienutzung, der Strom- und der Wärmemarkt spielen zeigt ein Nachhaltigkeitsszenario für Deutschland.²

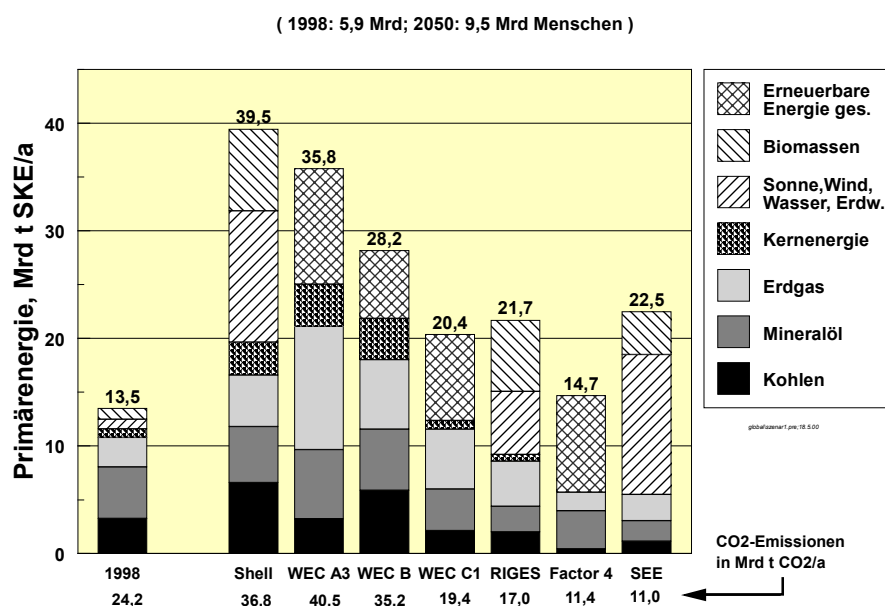


Abbildung 1: Verschiedene Szenarien des Weltenergieverbrauchs für das Jahr 2050 und Vergleich mit dem derzeitigen Verbrauch (Shell = Szenario „Nachhaltige Entwicklung“ (Shell 1995); WEC = Weltenergiekonferenz 1995; RIGES = „Renewable-intensive Global Energy Scenario“ (Johansson et al. 1993); „Factor 4“ = Wuppertal Institut; SEE = „Solar Energy Economy“)

Ländern ersetzt. Der Energieverbrauch des produzierenden Gewerbes sank deutlich, obwohl die Menge und der Wert der produzierten Güter zunahm.

² Die Analyse für Deutschland beruht in weiten Teilen auf der Untersuchung: M. Fishedick, J. Nitsch u.a. „Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland.“ im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, Juni 2002.

2. Ein Nachhaltigkeitsszenario für Deutschland

Für Deutschland muss – ebenso wie für die anderen Industrieländer – eine Abnahme der CO₂ Emissionen um 75% gefordert werden, wenn trotz wachsenden Wohlstands der Entwicklungsländer das globale Ziel einer Halbierung erreicht werden soll. Hierzu muss zunächst der Energieverschwendung Einhalt geboten werden. Eines von vielen effektiven Mitteln hierzu ist eine Verbesserung der Wärmedämmung von Altbauten. Bis 2050 kann so der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser von Wohngebäuden gegenüber 1998 um 60% reduziert werden - trotz einer Zunahme der gesamten Wohnfläche. Auch bei den Geräten und Maschinen, vom Staubsauger über die Lackieranlage bis zum Großkraftwerk sind bei gleichem oder verbessertem praktischen Nutzen noch ganz erhebliche Einsparungen möglich.

Dies ist insbesondere deswegen von Bedeutung, weil auch bei einer nachhaltigen Entwicklung mit einem Wachstum gerechnet wird, welches das Bruttoinlandsprodukt (BIP) bis 2050 verdoppelt. Schon in der letzten Dekade verbesserte sich die Energieproduktivität (=Verhältnis von BIP zu Primärenergieeinsatz) jährlich um 1,7%, teils aufgrund des ohnehin vorhandenen Fortschritts, teils aufgrund gezielter Maßnahmen zur rationellen Energienutzung und Energieeinsparung. Für das Nachhaltigkeitsszenario, in dem die Verwirklichung der vorgegebenen Klimaschutzziele angestrebt wird, muss dieser Wert für mindestens zwei bis drei Jahrzehnte durch gezielte Maßnahmen auf etwa 3,4%/a verdoppelt werden. Dann halbiert sich der Primärenergiebedarf Deutschlands bis 2050 trotz des unterstellten Wirtschaftswachstums (**Abbildung 2**).

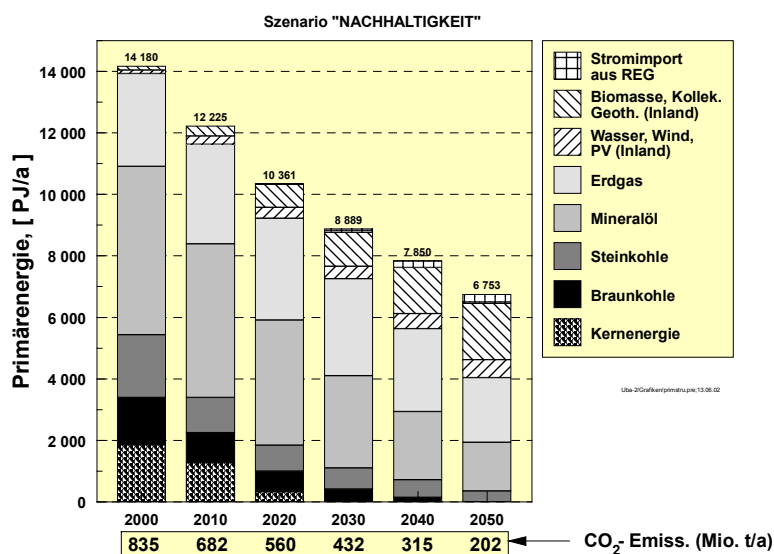


Abbildung 2: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und seiner Struktur im Szenario „Nachhaltigkeit“, sowie resultierende CO₂-Emissionen. (REG = regenerative Energie)

Dass dabei die CO₂-Emissionen sogar um 75% reduziert werden können, dazu liefern die erneuerbaren Energien den entscheidenden Beitrag. An der Deckung des reduzierten Primärenergiebedarfs haben sie einen Anteil von 40%.

Um den Weg zu verdeutlichen, der zu der dargestellten Abnahme des Primärenergiebedarfs und der Zunahme der erneuerbaren Energien führt, werden der Strom- und der Wärmemarkt getrennt betrachtet³.

2.1. Der Strommarkt im Nachhaltigkeitsszenario

Der absolute Strombedarf wird selbst in einer an Nachhaltigkeitszielen ausgerichteten Entwicklung nur geringfügig abnehmen, da der prozentuale Anteil des Stroms am gesamten Energieverbrauch weiter steigen wird. Die Struktur der Erzeugung wird aber einem erheblichen Wandel unterworfen sein.

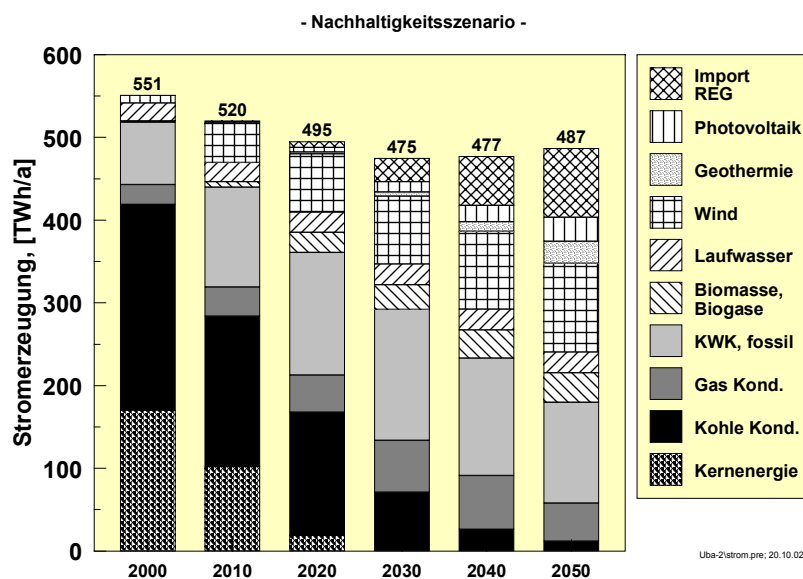


Abbildung 3: Strukturveränderungen bei der Stromerzeugung im Nachhaltigkeitsszenario bis 2050 nach Kraftwerksarten und den Beiträgen erneuerbarer Energien (ab 2030 einschließlich des Strombedarfs für die Wasserstoffherzeugung mit 57 TWh/a in 2050)

Der im deutschen Kraftwerkspark in den nächsten beiden Jahrzehnten anstehende Ersatzbedarf (bis 2020 müssen rund 70% der heute bestehenden Kapazitäten ersetzt werden) schafft hierfür den notwendigen Spielraum. Durch den deutlichen Ausbau der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung (KWK) und den Zuwachs der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien kommt es zunehmend zu einer Verlagerung der Stromerzeugung an den Standort der Stromanwendung. Intelligente Steuerungssysteme tragen dafür Sorge, dass diese dezentralen Stromerzeugungsanlagen koordiniert werden und sich günstig in das Lastmanagement⁴ der Verbraucher einpassen lassen („virtuelle“ Kraftwerke). Erneuerbare Energien werden spätestens nach 2040 zur dominierenden Quelle (2050 beträgt ihr Stromerzeugungsanteil mehr als 50%; **Abbildung 3**). Dabei sind hier alle verfügbaren Optionen sowie der Import von Strom aus erneuerbaren Energien aus dem Ausland (Offshore - Windenergie der Nordseeländer, Strom aus solarthermischen

³ Der Verkehrs- und Umwandlungssektor sind in Abbildung 2 enthalten, werden aber im Folgenden nicht näher analysiert.

⁴ Durch Lastmanagement wird vermieden, dass mehrerer Großverbraucher unnötigerweise gleichzeitig betrieben werden.

Kraftwerken Südeuropas bzw. Nordafrikas) von Bedeutung. Große Kondensationskraftwerke, die heute das Bild der Stromerzeugung dominieren, spielen im Jahr 2050 nur noch eine untergeordnete Rolle. Unter dieser Voraussetzung entsteht nach dem Jahr 2030 auch ein hinreichender Spielraum für die elektrolytische Wasserstoffherzeugung, wodurch die Stromerzeugung trotz weiter rückläufiger Nachfrage bei den Endverbrauchern wieder ansteigt.

2.2. Der Wärmemarkt im Nachhaltigkeitsszenario

2.2.1. Zukünftige Anteile der Energieträger

Neben der Verbesserung der Wärmedämmstandards von Gebäuden erfordert das Nachhaltigkeitsszenario vor allem eine deutliche Erhöhung der energetischen Sanierungsrate von Altbauten. Heute werden zwar 2,5% aller bestehenden Gebäude jährlich saniert, jedoch nur in jedem fünften Fall kommt es zeitgleich zu einer energetischen Sanierung. Nur durch eine konsequente Erhöhung der Zahl auch energetisch sanierter Gebäude kann das große Potenzial im Wärmebereich mit spezifischen Minderungsmöglichkeiten von 50% bis 70%, ausgeschöpft werden. Die typischen Verbrauchswerte von unsanierten Gebäuden, welche vor 1960 gebaut wurden, liegen sogar in den alten Bundesländern noch oberhalb von 200 kWh/m²,a (Nutzwärme), Neubauten nach der geltenden EnEV bei knapp der Hälfte. Auf diesen Wert können auch die sanierungsbedürftigen Energieschleudern mit vertretbarem Aufwand gebracht werden. Durch die sog. Passivhaus-Bauweise, für welche es eine rasch wachsende Anzahl von Beispielen gibt, wird demonstriert, dass ohne besondere Schwierigkeiten bei Neubauten auch ein Wert von unter 15 kWh/m²,a erreicht werden kann.

Parallel zu der Verknüpfung kleinerer und mittelgroßer Stromerzeuger zu „virtuellen“ Kraftwerken kommt es im Nachhaltigkeitsszenario auch zum Ausbau vernetzter Wärmeversorgungssysteme unterschiedlicher Größe. Hierdurch wird es möglich, eine Vielzahl effizienter Techniken mit ihren jeweiligen Vorteilen optimal miteinander zu verknüpfen, bereits mittels fossiler Brennstoffe sehr effiziente Wärmeversorgungen auf der Grundlage von KWK aufzubauen und damit die Grundlage zu bilden, um später sukzessive erneuerbare Energien in größerem Umfang einzuführen.

Für die im Nachhaltigkeitsszenario angenommenen Strukturveränderungen ist es bis 2050 notwendig, etwa zwei Drittel des um 45% reduzierten Wärmebedarfs über Nah- und Fernwärmenetze zu verteilen (**Abbildung 4**). Die Umstrukturierung des Wärmesektors bewirkt, dass die Einzelversorgung auf der Basis von Heizöl praktisch verschwindet und diejenige mit Erdgas stark zurückgeht. Die deutsche Siedlungsstruktur mit geschlossenen Ortschaften und relativ kleinen Grundstücksgrößen stellt prinzipiell eine gute Ausgangsbasis für den Ausbau der Nahwärmeversorgung dar, dennoch werden die notwendigen Maßnahmen Jahrzehnte dauern und müssen so schnell wie möglich eingeleitet werden.

Der Anteil der erneuerbaren Energien (einschl. des erneuerbaren Anteils im Heizstrom – meist Wärmepumpen) im Wärmemarkt liegt bei etwa 50%. Im Bereich der Prozesswärmeerzeugung ist deren Anteil deutlich geringer, dafür aber bei der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser deutlich höher. Für das Land Baden-Württemberg wurde für ein vergleichbares Nachhaltigkeitsszenario die zukünftige Beheizungsstruktur explizit ermittelt (**Abbildung 5**). Nur noch 7% der Wohnfläche beziehen ihre Heizenergie ausschließlich aus fossilen Brennstoffen, die übrigen Gebäude verfügen wenigstens über eine Solaranlage zur Heizungsunterstützung mit einem Deckungsanteil von mindestens 20%.

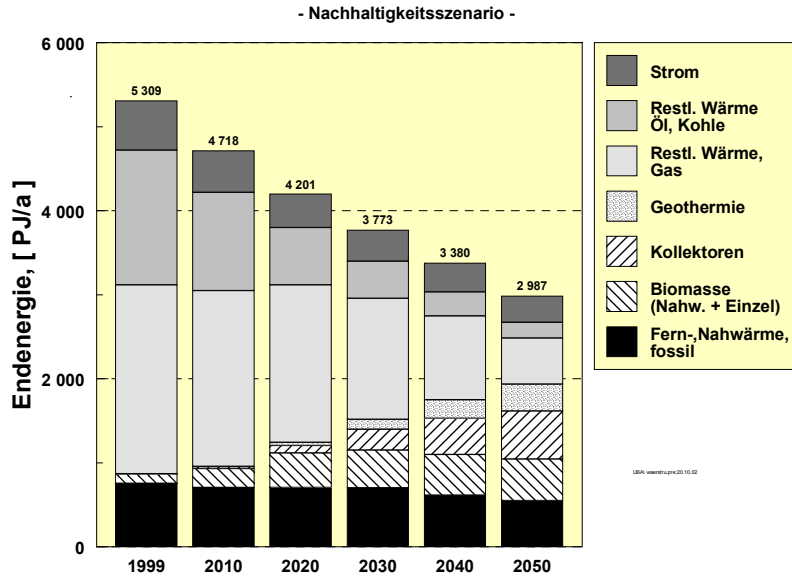


Abbildung 4: Verlauf des Wärmebedarfs und Veränderung der Wärmebereitstellungsstruktur (Raumheizung, Warmwasser, Prozesswärme) im Szenario Nachhaltigkeit durch Fern- und Nahwärme aus fossiler und biogener Kraft-Wärme-Kopplung sowie aus Kollektor- und Erdwärme und verbleibende Deckung durch konventionelle Versorgung

Entscheidend für eine durchgreifende Änderung im Wärmemarkt ist der starke Ausbau von Nahwärmenetzen. Ohne Nahwärme können Geothermie und die problematischeren Fraktionen der Biomasse (Altholz, Rinde, Stroh) nicht und solare Wärme nur in viel geringerem Maße genutzt werden. Auch zur effizienten Nutzung der übrigen Biomasse und der KWK können Nahwärmenetze in erheblichem Maße beitragen.

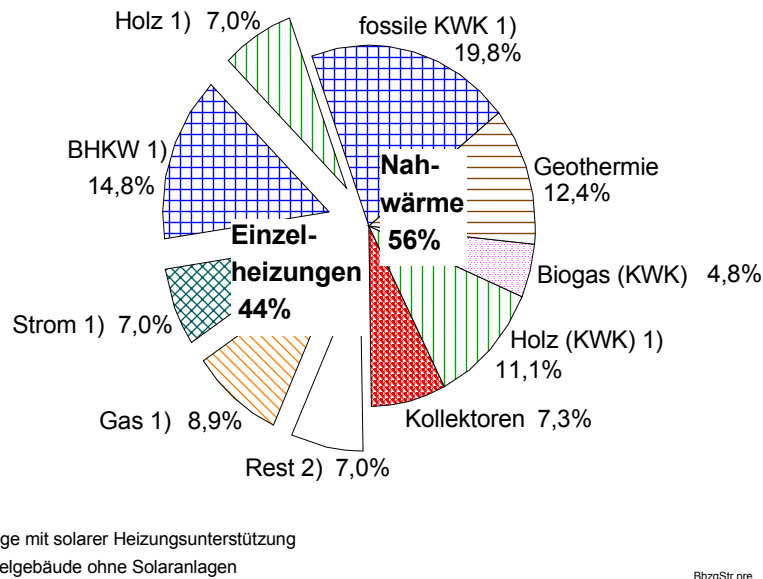


Abbildung 5: Beheizungsstruktur im Jahr 2050 (Nachhaltigkeitsszenario, Baden-Württemberg) /DLR&ISI 2002/

Derart hohe Anteile der Fern- und Nahwärme sind möglich, wie das Beispiel Dänemark zeigt, wo 58% aller Wohnungen auf diese Weise beheizt werden /Lauersen 2001/. Dass dies dort mit einer klimaschonenden Bereitstellung von Wärme aus erneuerbaren Energien oder KWK einhergeht, zeigt Abbildung 6. 80% der dänischen Fernwärme stammen aus KWK-Anlagen, 37% aus erneuerbaren Energien⁵. Für Deutschland und Baden-Württemberg bedeutet ein Anteil von über 50% für Fern- und Nahwärme allerdings einen radikalen Bruch mit den gewohnten Traditionen. Im Folgenden werden daher die Voraussetzungen und Konsequenzen eines verstärkten Ausbaus von Nahwärme eingehender diskutiert.

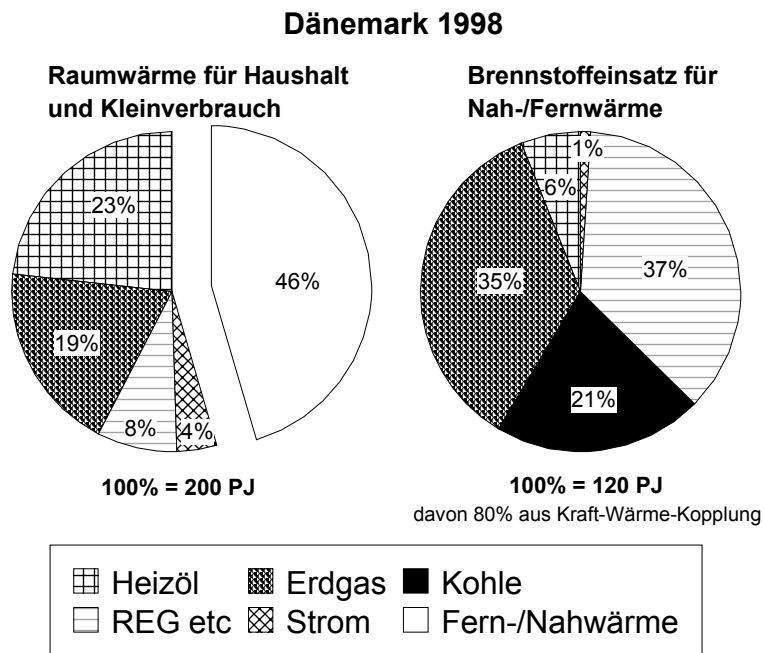


Abbildung 6: Beheizungsstruktur nach Energieträgern und Brennstoffeinsatz für Fernwärme in Dänemark

2.2.2. Nahwärme – ein unverzichtbares Strukturelement

Nah- und Fernwärme sind unverzichtbare Strukturelemente einer nachhaltigen Wärmeversorgung. Ohne sie ist ein großer Teil des Potenzials erneuerbarer Energien und der KWK entweder überhaupt nicht erschließbar oder nur zu wesentlich höheren Kosten. Nah- und Fernwärme ermöglichen das Ausschöpfen von scale-up Effekten, eine höhere Flexibilität und Zukunftsoffenheit (z.B. hinsichtlich der Brennstoffwahl) und erlauben eine Professionalisierung von Betrieb und Wartung.

a) Skaleneffekte erschließen

Ein sinnvoller Einsatz folgender Techniken wird erst möglich, wenn durch den Wärmeverbund eine Mindestgröße der Nachfrage erreicht wird:

- Verbrennung von halmgutartiger Biomasse, wie z.B. Stroh
- Vergasung von Biomasse mit anschließender Kraft-Wärme-Kopplung
- Kraft-Wärme-Kopplung bei Verbrennung fester Biomasse (z.B. Holzhackschnitzel)

⁵ Die Summe ist größer 100%, da ein Teil der KWK-Anlagen mit Holz, Stroh oder Müll, welcher in Dänemark zu den erneuerbaren Energien gerechnet wird, betrieben werden.

- Langzeitwärmespeicher für solare Nahwärmesysteme oder zur Pufferung sommerlicher Überschusswärme bei KWK auf Biomassebasis
- Nutzung von Tiefengeothermie

Techniken, die auch in kleinem Maßstab verfügbar sind, weisen aufgrund der in einer Heizzentrale installierten größeren Leistungseinheiten, deutliche ökonomische Vorteile auf:

- Fermentation von Biomasse (Biogaserzeugung)
- Blockheizkraftwerke für flüssige und gasförmige Brennstoffe aus Biomasse (gilt auch für Erdgas-BHKW)
- Verbrennung von Holz (billiger Brennstoff für große Holzhackschnitzelanlagen im Vergleich zu teureren Pellets für kleine Pelletheizungen)

Die Verbrennung nachwachsender Biomasse ist einerseits CO₂-neutral, andererseits dürfen jedoch die gleichzeitig entstehenden Luftschadstoffe nicht unberücksichtigt bleiben. Schadstoffminderungsmaßnahmen mit Hilfe optimierter Anlagenregelung bzw. end-of-pipe Technologien (Katalysatoren, Filter, etc.), sind erst bei großen Einheiten realisierbar bzw. bezahlbar. Darunter fallen vor allem:

- die direkte Verbrennung von fester Biomasse (Stroh, Holz)
- der Einsatz von Brennstoffen aus Biomasse in Blockheizkraftwerken

b) Zukunft flexibel und offener gestalten

Ist ein Nahwärmesystem erst einmal aufgebaut, bietet es im Vergleich zur Wärmeversorgung im Einzelhaus eine große Flexibilität und Zukunftsoffenheit hinsichtlich der Wahl der Energieträger und der eingesetzten Nutzungstechniken. So ist z.B. die Erweiterung eines Systems mit reiner Wärmeerzeugung zur Kraft-Wärme-Kopplung, oder die Einbindung der thermischen Solarenergienutzung (einschließlich der erforderlichen Kurzzeit- oder saisonalen Wärmespeicherung) ohne Eingriffe in das Haus des Wärmekunden möglich und beschränkt sich auf den Umbau einer einzigen Heizzentrale.

c) Professioneller und einfacher Verbund

Die Zusammenfassung der Anlagentechnik in der Heizzentrale eines Nahwärmesystems, bietet sehr gute Voraussetzungen für professionelle Betriebsführung, Wartung und Instandhaltung der Anlagen. Dies ist vor allem im Hinblick auf die zunehmende technische Vielfalt der Anlagen und Komponenten bei der Nutzung erneuerbarer Energien und bei Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

Einen Überblick über den Aufbau eines Nahwärmesystems gibt Abbildung 7.

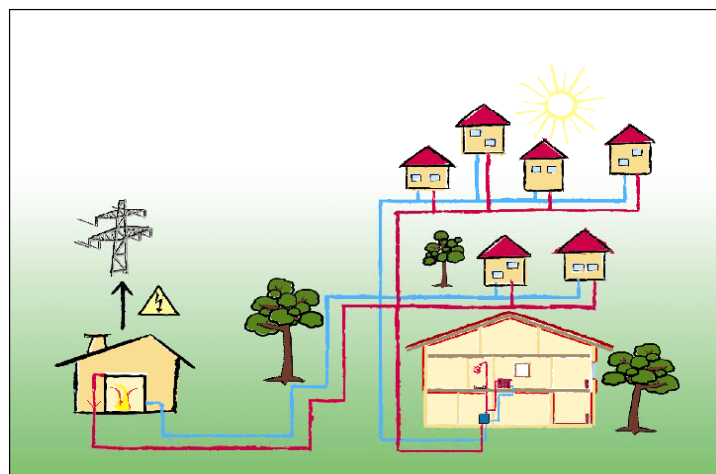


Abbildung 7: Prinzipieller Aufbau eines Nahwärmesystems

Für Deutschland scheint eine Zunahme des Anteils der Nahwärme auf 56%, wie er in Abbildung 5 ausgewiesen ist, derzeit noch revolutionär. In Dänemark ist dieser Anteil allerdings bereits heute nahezu erreicht. Schon heute wird die Wärme für die dänischen Nah- und Fernwärmenetze zu 37% aus erneuerbaren Energien gewonnen. In Deutschland werden erhebliche, insbesondere politische Anstrengungen erforderlich sein, um dem dänischen Beispiel zu folgen. Dies wird in der nachfolgenden fiktiven Erzählung anschaulich gemacht. Dabei sind heutige Erfahrungen aus realisierten Projekten in Südtirol, Österreich und Bayern in konzentrierter Form eingeflossen.

2.2.3. Nahwärmeausbau – ein Rückblick aus der Zukunft

Bürgermeister Wagemuth führt nun schon seit fast 30 Jahren die Geschicke der Gemeinde Tannlicht. Um seine Wiederwahl muss er sich keine Sorgen mehr machen, da er im nächsten Jahr in den Ruhestand gehen wird. Aber die Wiederwahl war auch in den letzten Amtszeiten kein Thema mehr. Die entscheidenden Weichen wurden bereits in der zweiten Amtszeit gestellt. Damals, noch im vorigen Jahrhundert, wurde das umfassendste und teuerste Projekt in der Geschichte der Gemeinde gestartet. In der letzten Zeit wurde Wagemuth auffällig häufig nach seinen Erinnerungen aus dieser Zeit gefragt. Ob dies mit den Vorbereitungen zu seiner Abschiedsfeier zu tun hat?

Anlass für das große Projekt war ein Problem. Tannlicht war als hochgelegener Kurort beliebt und gut besucht. Jedes Jahr wurden mehr Abgase aus Auspuffen und Schornsteinen in die enge Talkessellage entlassen. An sonnigen, windstillen Wintertagen war bereits häufig eine Dunstglocke über dem Ort erkennbar und im Winter verlor der Schnee rasch seinen Glanz. Der Ruf und die Anerkennung als Kurort waren in Gefahr. Die Behörden waren bereits aufmerksam geworden und ein unbequemes Gutachten des Deutschen Wetterdienstes lag vor. Es wurde Zeit zum Handeln.

Damals traf Wagemuth die wichtigste Entscheidung seiner Dienstzeit. Nicht durch eine Einschränkung des innerörtlichen Autoverkehrs sondern durch eine Minderung der Emissionen aus den Schornsteinen sollte die Luft wieder zu ihrer ursprünglichen Reinheit zurückfinden. Und dabei sollte nicht nur der lokale Umweltschutz stimmen, sondern auch der globalen Klimaerwärmung durch die Nutzung erneuerbarer Energien entgegengewirkt werden. Holz, welches an den Hängen der umgebenden Berge im Überfluss wuchs, sollte als sauberer, klimaschonender und lokal verfügbarer Brennstoff für die Beheizung des Ortes genutzt werden. Das war die Vision.

Dass sich Visionen nicht ohne weiteres in die Wirklichkeit umsetzen lassen, war auch Wagemuth schon damals bekannt. Aber wenn er alle Hürden, die es zu überwinden galt, bereits von Anfang an gekannt hätte.... Hm ... Der Ort stünde heute nicht so gut da!

Zuerst galt es Mitstreiter zu gewinnen und die wichtigsten Verbraucher insbesondere die größten Hoteliers von dem Vorhaben zu überzeugen. Das war nicht ganz einfach:

„Holz macht Rauch. Dass weiß doch jeder seit seiner Kindheit. Wie soll da durch eine Umstellung von Öl auf Holz die Luft reiner werden?“

„Doch, das geht! Mit einem Holzheizwerk. Am Schornstein wird man nicht einmal erkennen können, ob der Heizkessel in Betrieb ist. Beispiele dafür gibt es in Österreich oder Südtirol.“

Aber die sind weit weg und hier ist Deutschland. Und dann braucht man noch ein Nahwärmenetz, an das sich möglichst jeder anschließen soll. Da werden die Probleme massiv: „Zu teuer!“ „Meine Heizung funktioniert noch sehr gut.“ „Wenn ich erst einmal angeschlossen bin, bin ich dem Heizwerk ausgeliefert.“ „Was passiert, wenn das Heizwerk in Konkurs geht oder wenn die Nahwärmeleitung bricht. Das kann ich meinen Gästen nicht zumuten.“

Widerspruch und Streit nutzen wenig, hat sich Bürgermeister Wagemuth damals gedacht, und beständig auf die Vorzüge von Nahwärme hingewiesen. Zuallererst natürlich auf den

Nutzen einer sauberen Umwelt für den Tourismus und die Bettenbelegung. Aber auch auf die Platzersparnis durch die kleineren Übergabestationen in den ohnehin zu klein bemessenen Heizkellern und Lagerräumen. Auf den Vorteil, dass anstelle der Ölscheichs die lokale Holzwirtschaft Geld bekommt. Auf die Sicherheit einer ortsnahe Brennstoffversorgung und auf den Nutzen für das Weltklima. Und auch darauf, dass alle bisherigen Sorgen rund um den Heizkessel und die Brennstoffbeschaffung an das Heizwerk delegiert werden können. Der Kopf bleibt dann frei, für wichtigere Aufgaben und das Kerngeschäft.

Fast ein Jahr hat es gedauert, bis es einen positiven Stimmungsuntergrund im Ort gab, der es erlaubte, sich sowohl um finanzielle Zuschüsse der Landesregierung (die es damals noch gab) als auch flächendeckend für den Anschluss an das geplante Nahwärmenetz zu werben. Es gab zu dem gesamten Themenkreis mehrere Veranstaltungen mit bekannten Persönlichkeiten und Informationsmaterial wurde an jeden Haushalt verteilt. Zusätzlich wurde jeder Bürger, der dies wünschte, persönlich beraten – bei den größeren Wärmeabnehmern wurde mit besonderem Nachdruck akquiriert. Alle Bürger befürworteten Beiträge der Gemeinde zum Klimaschutz, aber bei den Beratungen blieb doch das Geld das wichtigste Thema.

In dieser Zeit war der Widerstand gegen das Projekt am größten. Es wurden – zunächst anonym – Flugblätter verteilt, welche die Befürchtungen der Bürger schürten. Das Zentrum des Widerstandes war bald entdeckt: Der örtliche Ölhändler mit seinen Angestellten und den zugehörigen Verwandten mit wohlfeilen Argumentationshilfen durch den zugehörigen Verband. Irgendwelche Negativbeispiele lassen sich immer finden. Aber ein erfahrener Bürgermeister kennt auch die Schwachstellen seiner Gewerbebetriebe. Und wenn die Sache es verlangt, ist er auch bereit, diese Kenntnisse zu nutzen. Völlig verstummte die destruktive Kritik aber erst, nachdem Ölhändler und Heizungsbauer mit kräftigen eigenen Einlagen der Kommanditgesellschaft beigetreten waren, welche zukünftig Holzheizwerk und Nahwärmenetz betreiben sollte.

Nicht nur innerhalb auch außerhalb des Ortes waren Hürden zu überspringen. Überraschend wurden von zuständigen Ministerium die Förderbedingungen verschärft. Für wenigstens 70% des im Förderantrag geplanten Anschlussgrades mussten schon vor Baubeginn die Vorverträge von den betroffenen Hausbesitzern unterzeichnet sein. Außerdem mussten mindestens 75% des benötigten Eigenkapitals der Betreibergesellschaft von kleineren Unternehmen oder einzelnen Bürgern gezeichnet werden. Die Gemeinde, welche sich an die Spitze der Betreibergesellschaft stellte, musste gegen ihren Willen ihren finanziellen Anteil auf weniger als 25% begrenzen. Aufgrund dieser Auflagen mussten im Ort zusätzliche Unterstützer für das Projekt gewonnen werden, sei es als Anschließter, sei es als Geldgeber. Bei Baubeginn war so mehr als die Hälfte aller Haushalte direkt in das Projekt involviert.

Was zunächst als Schikane empfunden wurde, stellte sich aber im Nachhinein als sehr nützlich heraus. Die Tiefbaufirma, welche aufgrund des billigsten Angebots den Zuschlag für die Leitungsverlegung bekommen hatte, riss die Hauptstraße im Ort zwar zügig auf, aber dann stockten die Arbeiten. Damals stockte auch Wagemuth der Atem. Mitten in den schönsten Urlaubsmonaten musste der Verkehr wochenlang umgeleitet werden. Die folgenden Bauabschnitte wurden dann zwar von erfahreneren Firmen problemlos ausgeführt. Aber ohne die breite Unterstützung der gesamten Bevölkerung hätte diese Panne dem Ansehen des Bürgermeisters schweren Schaden zufügen können. Auch rückblickend hat Herr Wagemuth noch Verständnis für alle seine Kollegen, welche die Risiken bei der Umsetzung von Visionen scheuen.

Damit war die Problemphase aber endgültig überwunden. Gut vier Jahre nach den ersten Planungen wurde der Holzkessel zum ersten Mal angeheizt. Die Dunstglocke verschwand, der Schnee blieb strahlend rein, die Häuser und Hotels wurden mollig warm, die Kosten waren eingehalten und, was besonders wichtig war, den Gästen gefiel es. Nun wünschten auch die letzten Zauderer angeschlossenen zu werden. Jetzt kam zwar der nachträgliche Anschluss deutlich teurer, aber Geld spielte auf einmal keine Rolle mehr.

Eine Reihe weiterer Vorteile festigten das Ansehen des Heizwerkes weiter. Der zentrale Rechner im Heizwerk erwies sich als effektiver Energieberater. Alle notwendigen Daten wie Temperaturen und Energieflüsse werden ihm per Fernwirkkabel aus jeder der vielen Übergabestationen in den Heizkellern automatisch zugeführt. So kann erkannt werden, welche der angeschlossenen Gebäude einen unverhältnismäßig hohen Wärmebedarf haben und für Abhilfe gesorgt werden. Die Schulen liefern zu Beginn des Schuljahres ihre neuen Stundenpläne bei dem Heizwerk ab, von wo aus dann vom Rechner ferngesteuerte Einstellungen an der Übergabestation im Keller des Schulhauses vorgenommen werden, die dafür sorgen, dass Energieverschwendung aus Unachtsamkeit wenigstens außerhalb der Schulstunden unmöglich wird.

Insgesamt sind die Bürger des Ortes durch die gemeinsame Nahwärmeversorgung enger zusammengerückt, es gibt mehr Gemeinsames zu bereden. Die Waldbauern liefern das Holz, welches die Hotels erwärmt. Selbst neu hinzugekommene Reibungsflächen wirkten sich günstig aus. Anlässlich von Klagen der Hoteliers über nach ihrer Ansicht zu hohe Brennstoffpreise bekamen umgekehrt die Waldbauern die Gelegenheit, die von den Hotelgästen in Wald und Wiese verursachten Schäden anzusprechen. Der schon lange schwelende Konflikt konnte so aufgearbeitet, ausgeräumt und die Probleme unter Mitwirkung von Wagemuth zur allseitigen Zufriedenheit gelöst werden.

In der Welt ist es seit dem Bau des Holzheizwerkes nicht ruhiger geworden. Schon damals wurde befürchtet, dass Konflikte im mittleren Osten oder Störungen an den russischen Gaspipelines zu heftigen Schwankungen der Energiepreise führen könnten. Es war manches Mal ein gutes Gefühl zu wissen, dass im Ort trotz weltpolitisch angespannter Lage niemand befürchten muss, im Winter zu frieren. Inzwischen gehören die Heizkosten in Tannlicht zu den günstigsten in ganz Deutschland

Mittlerweile ist Nahwärme deutschlandweit zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Es hat zwar lange gedauert, bis auch andere Orte in nennenswerter Zahl sich zu dieser Art der zukunftsorientierten Wärmeversorgung entschlossen. Nachdem aber allseits die Vorzüge von Nahwärme verstanden waren, ging der weitere Zubau sehr rasch voran. Zuschüsse gab es dann zwar keine mehr, aber dies war auch nicht mehr nötig, da einerseits die konkurrierenden Preise für Öl und Gas gestiegen und andererseits die Kosten für den Bau von Nahwärmenetzen mit wachsender Erfahrung sehr stark gesunken waren. Auch heute noch werden weitere Ortschaften für die Nahwärme erschlossen. Manches ist inzwischen einfacher geworden. So erfolgt die Verlegung der Leitungen fast immer grabenfrei mit Hilfe von Bodenraketen oder Horizontalbohrungen. Straßen werden – wenn überhaupt – nur noch für einen Tag aufgerissen. Holzkessel werden kaum noch installiert, da alle überschüssigen Resthölzer bereits genutzt werden. Statt dessen kommt die Wärme aus tiefen Erdschichten oder aus großen Solaranlagen – häufig mit saisonalem Speicher.

Auch in Tannlicht hat sich seit der Inbetriebnahme des Heizwerkes einiges getan. Im Sommer kann der Kessel jetzt abgeschaltet werden, weil die Wärme für das Duschwasser von einer großen Solaranlage auf dem Dach der Heizzentrale bereitgestellt wird. Auch der alte Holzkessel wurde inzwischen gegen eine Anlage zur Holzvergasung ausgetauscht, sodass jetzt mit einem BHKW nicht nur Wärme sondern auch Strom erzeugt werden kann. Überlegungen sind im Gange, ob das BHKW, nachdem es auch in die Jahre gekommen ist, gegen eine noch effektivere Brennstoffzelle ausgetauscht werden soll. Tannlicht ist damit auch bei der Stromversorgung ziemlich unabhängig geworden von den Problemen in anderen Erdteilen, auf die die Einwohner kaum Einfluss haben.

Ja, die Rückerinnerung an die zweite Amtszeit gibt Anlass zu Befriedigung. Der Ort hat damals sein Geschick zu einem guten Teil selbst in die Hand genommen und die Jahre haben gezeigt, wie richtig es war, wenigstens bei der Heizung kein Spielball von Ereignissen in fernen Ländern zu bleiben.

Bürgermeister Wagemuth wird die kommende Abschiedsfeier genießen können.

2.3. Potenziale und Kosten erneuerbarer Energien

Die Kosten und Potenziale von erneuerbaren Energien werden getrennt nach Strom- und Wärmemarkt behandelt. KWK-Anlagen, welche mit erneuerbaren Energien betrieben werden, werden dabei dem Strommarkt zugerechnet.

2.3.1. Der Wärmemarkt

Abbildung 8 zeigt die heutigen Kosten im Wärmemarkt und deren typische Bandbreiten. Am günstigsten schneidet die Beheizung mit Holz als Brennstoff ab. Bei Solaranlagen sinken die spezifischen Kosten mit zunehmender Anlagengröße deutlich. Für Geothermieanlagen sind die Kostenansätze am unsichersten, da es hier an ausgeführten und gut dokumentierten Anlagen mangelt.

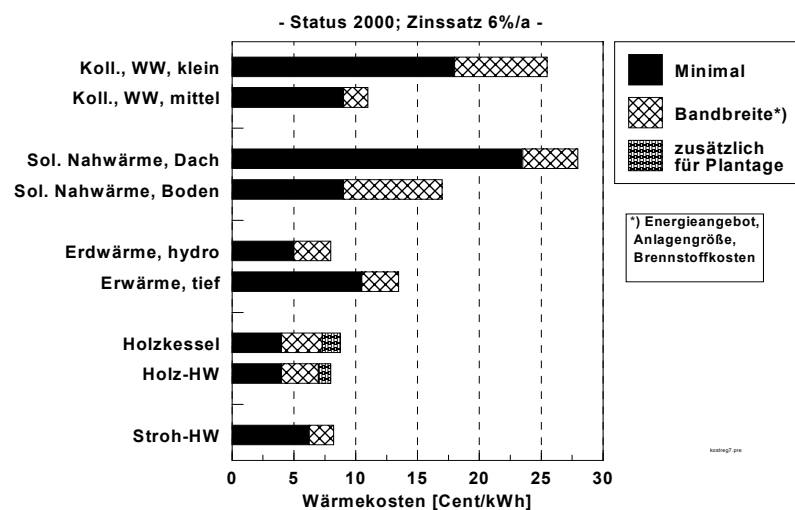


Abbildung 8: Derzeitige Wärmekosten von erneuerbaren Energien frei Verbraucher unter Berücksichtigung der Bandbreite infolge unterschiedlicher Einheitsleistung und Brennstoffkosten (Biomasse)

Abbildung 9 zeigt die Potenziale der verschiedenen erneuerbaren Energien. Sie sind in Kostenklassen aufgeteilt. Der größte Teil des Potenzials befindet sich in der mittleren Kostenklasse im Bereich von 7,5 bis 15,5 Cent/kWh. Das Potenzial ist zeitabhängig. Es bezieht sich auf die in den angegebenen Jahren voraussichtlich ausgereiften Techniken. Durch fortschreitende Entwicklungen in den Bereichen saisonale Speicherung und Geothermie, aber auch durch frei werdende Ackerflächen für den Anbau von Energiepflanzen nimmt das technische Potenzial bis 2020 bis auf 960 TWh⁶ zu. Das ist mehr als der gesamte Energiebedarf des Wärmemarktes im Jahr 2050.

⁶ 1 TWh = 1 Mrd. kWh

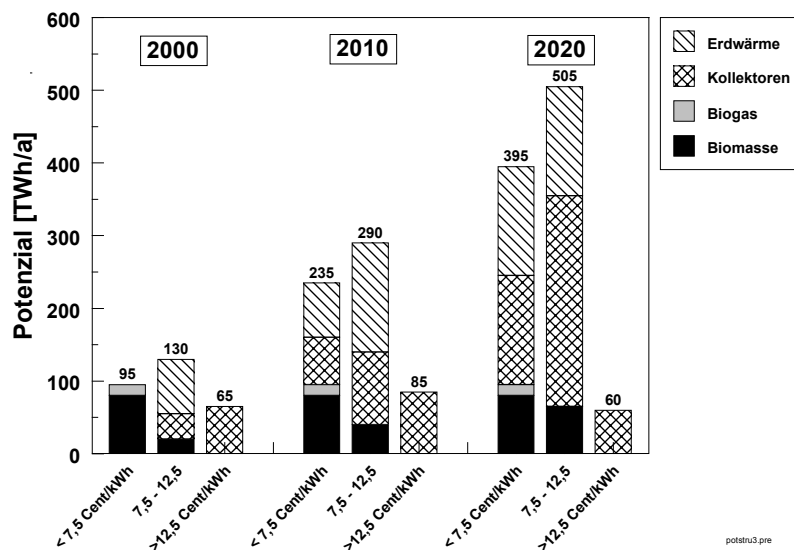


Abbildung 9: Kostenstruktur der in den Jahren 2000, 2010 und 2020 verfügbaren erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung; für 2010 und 2020 sind Kostendegressionen auf der Basis von Lernkurven bei wachsenden Marktvolumina vorausgesetzt

2.3.2. Der Strommarkt

Abbildung 10 zeigt die heutigen Kosten im Wärmemarkt. Die typischen Bandbreiten, welche sich z.B. aus unterschiedlicher Anlagengröße oder schwankenden Brennstoffkosten ergeben, können ebenfalls der Graphik entnommen werden. Besonders günstig wird regenerativer Strom in bestehenden Wasserkraftanlagen erzeugt, deren Investitionskosten bereits in den vergangenen Jahrzehnten abgeschrieben wurden. Die Stromgestehungskosten der Windkraft sind sehr stark von der Windgeschwindigkeit abhängig. Im Süden Deutschlands werden mittlere Windgeschwindigkeiten über 6 m/sec nur an den günstigsten Standorten erreicht. Bei den KWK-Anlagen (Biomasse und Erdwärme) wurden bei der Berechnung der Stromkosten Gutschriften für die ausgekoppelte Wärme berücksichtigt. Hierdurch können bei großen Biomasseheizkraftwerken unter günstigen Verhältnissen die verbleibenden Stromerzeugungskosten bis auf Null sinken. Etwaige Entsorgungserlöse bei der Nutzung von Altholz oder Bioabfällen in Holzheizkraftwerken oder Biogasanlagen wurden nicht berücksichtigt. Für Strom aus Erdwärme und aus der Vergasung von Biomasse ist die heutige Technik noch nicht ausgereift. Es werden daher die Kosten angegeben, die nach der Kommerzialisierung dieser Techniken für 2010 erwartet werden.

Das technische Potenzial für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien liegt bei 450 TWh/a. Hinzu kommen etwa 145 TWh an Stromimporten aus Solarkraftwerken im Mittelmeerraum. Die Stromerzeugung aus Erdwärme, aus Off-shore-Windkraftanlagen und aus der Holzvergasung ist in dem angegebenen Gesamtpotenzial enthalten. Diese Techniken sind aber heute noch nicht verfügbar. Das Potenzial wird daher in **Abbildung 11** zeitabhängig dargestellt. Bei der Nutzung des verfügbaren Potenzials an Biobrennstoffen wurde davon ausgegangen, dass ein möglichst hoher Anteil hiervon in KWK-Anlagen genutzt wird. Die zugehörige Wärmeerzeugung ist in **Abbildung 9** bereits enthalten.

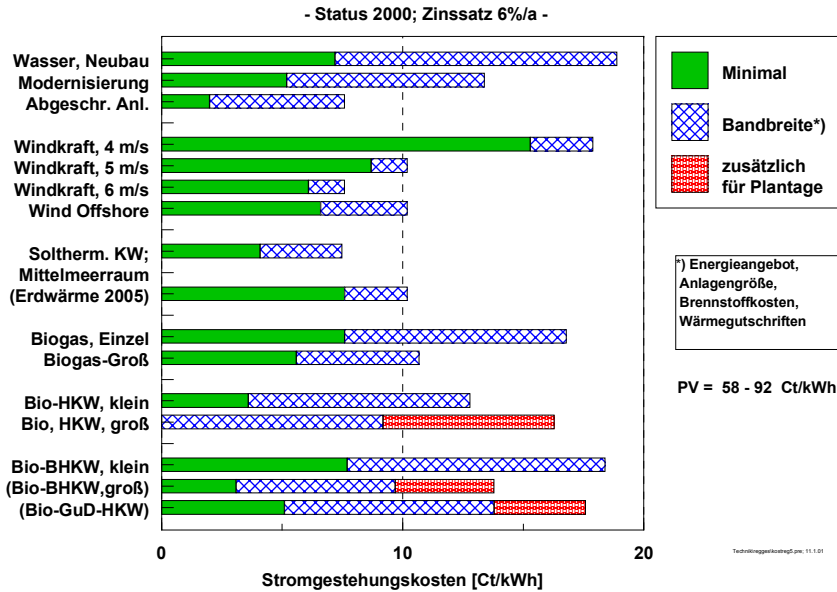


Abbildung 10: Derzeitige Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien (Technologien in Klammern sind erst ab ca. 2010 kommerziell verfügbar; Importstrom aus solaren Kraftwerken ab etwa 2020). Bio-GuD-HKW = mit Biomasse betriebenes Heizkraftwerk mit vorgeschalteter Gasturbine.

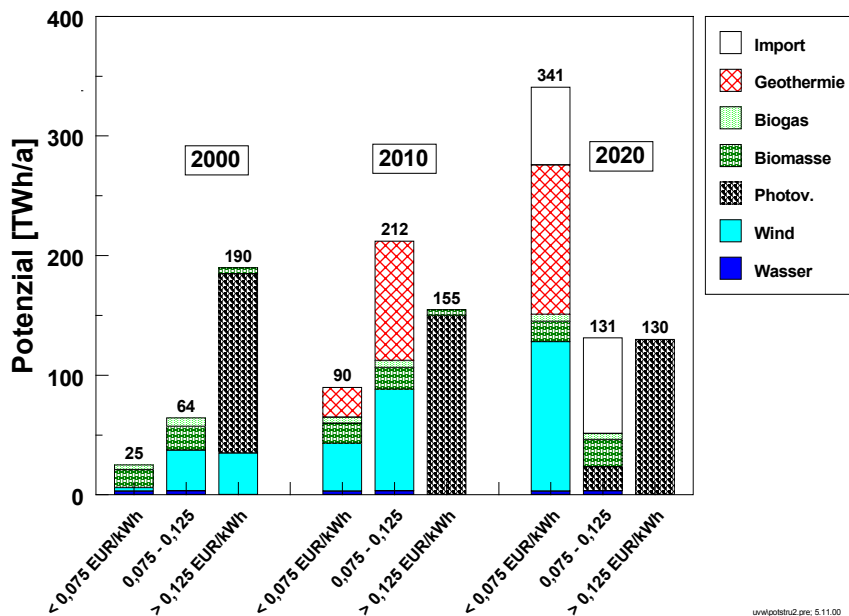


Abbildung 11: Kostenstruktur der in den Jahren 2000, 2010 und ab 2020 verfügbaren Potenziale von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung.

Die technischen Potenziale der erneuerbaren Energien lassen sich in Kostenklassen zusammenfassen. Derzeit existiert ein kostengünstiges Potenzial mit Stromkosten bis zu 7,5 Ct/kWh in Höhe von rund 25 TWh/a. Dieses allein wird nicht ausreichen, um das von der

Bundesregierung formulierte Verdopplungsziel (entsprechend etwa 50 TWh/a) im Bereich der regenerativen Stromerzeugung zu erreichen. Durch den technischen Fortschritt werden aber bereits bis 2010 weitere kostengünstige Potenziale erschlossen werden können, insbesondere im Bereich der Off-shore Windnutzung und der geothermischen Stromerzeugung. Auch die heute bereits bestehenden Technologien werden kostengünstiger als heute produziert werden können. Dies betrifft insbesondere die heute noch sehr teure Photovoltaik.

Längerfristig kann die kostengünstigste Potenzialklasse bis auf 340 TWh/a anwachsen. Das Gesamtpotenzial von rund 600 TWh/a ist mengenmäßig ausreichend, um den gesamten Strombedarf Deutschlands von ca. 500 TWh/a zu decken. Auf fossile (Spitzenlast-)Kraftwerke wird aber dennoch nicht vollständig verzichtet werden können, da die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien deutlichen Schwankungen ausgesetzt ist. Diese fallen allerdings bei einem Mix aus verschiedenen erneuerbaren Energien sowie einem Stromverbund über ganz Europa wesentlich geringer aus als etwa bei einer einzelnen Windkraft- oder PV-Anlage. Die zu erwartenden Schwankungen können außerdem mit zunehmender Genauigkeit über Stunden und Tage vorhergesagt werden.

2.4. Ausbaupfad und Differenzkosten

Die Potenziale von erneuerbaren Energien reichen für die in Abbildung 2, Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellten Entwicklungen aus. Bei der Ausarbeitung eines Szenarios spielen aber nicht nur die Potenziale sondern auch die Kosten eine Rolle. Werden die unten aufgeführten Prinzipien beachtet, so kann der Umbau in Richtung einer nachhaltigen Energieversorgung auch wirtschaftlich attraktiv gestaltet werden:

1. **Der Bereich der Energienachfrage ist zeitlich vorrangig zu optimieren und wesentlich effizienter zu gestalten:** In den meisten Fällen ist kurz- bis mittelfristig eine rationellere Nutzung von Energie oder die Vermeidung unnötigen Energieeinsatzes kostengünstiger als die Bereitstellung erneuerbarer Energien. Teilweise sind entsprechende Investitionen sogar mit ökonomischen Vorteilen gegenüber einer Status Quo Entwicklung verbunden. Sie sind daher eine wesentliche Voraussetzung für eine Begrenzung der entstehenden Zusatzkosten. Diese technologischen Optionen sollten daher rasch in allen Verbrauchssektoren umgesetzt werden, damit anschließend erneuerbare Energien wachsende Anteile dieses verminderten Energieumsatzes decken können.
2. **Die Kosten während der gesamten Aufbauphase von erneuerbaren Energien sind zu minimieren:** Die kostengünstigen Potenziale der Biomasse und der Windenergie werden vorrangig ausgeschöpft. Die Nutzung der Potenziale erneuerbarer Energien sollte an möglichst ergiebigen Standorten mit jeweils gut angepassten Anlagen erfolgen, um eine hohe Auslastung der installierten Anlagen zu erreichen. Der Ausbau muss möglichst geringe Ausgleichsanforderungen an den Netzbetrieb stellen, um geringe Kosten für den Umbau der Netze und der fossilen Reserveleistung zu erzielen. Daraus ergibt sich die Forderung nach guter zeitlicher Anpassung von Energienachfrage und regenerativem Energieangebot, was durch einen entsprechend ausgewogenen Mix von Energiequellen und eine ausreichend große Vernetzung erreicht werden kann.
3. **Rechtzeitig sind alle relevanten Technologien in der „richtigen“ zeitlichen Abfolge zu mobilisieren:** In Abwägung zu Punkt 2 sind im Sinne einer Vorsorge auch heute noch teurere Technologien (Photovoltaik) oder noch zu demonstrierende Technologien (HDR-Stromerzeugung, s. Abschnitt 3.2.2.3) in den Markt zu bringen, damit sie zu einem späteren Zeitpunkt die über mehrere Jahrzehnte erforderliche Marktdynamik übernehmen können. Sie dürfen andererseits nicht zu rasch die Märkte dominieren, da sonst die mittleren Energiegestehungskosten unnötig hoch werden.

Bilanziert man die jährlichen Mehraufwendungen, die im Rahmen des Nachhaltigkeitsszenarios gegenüber einer Status Quo Entwicklung entstehen (Zusatzinvestitionen in Energieeinsparmaßnahmen und erneuerbare Energien) und stellt sie den vermiedenen Aufwendungen (eingesparte Brennstoffkosten und vermiedene Investitionen in konventionelle Anlagen) gegenüber, resultieren für das Nachhaltigkeitsszenario für den gesamten Betrachtungszeitraums (2000 bis 2050) Differenzkosten von kumuliert rund 200 Mrd. EUR (kumuliert und mit einer Diskontrate von 4% auf das Jahr 1998 abdiskontiert ergeben sich Differenzkosten von 40 Mrd. EUR⁷). Die durchschnittlichen Zusatzkosten für die Volkswirtschaft belaufen sich demnach auf **3,8 Mrd. EUR/a** (entsprechend 48 EUR/Kopf und Jahr), was etwa 0,14% des mittleren BIP in diesem Zeitabschnitt entspricht. Für die ersten beiden Dekaden kann wegen der dominierenden Durchführung von wirtschaftlichen Einsparmaßnahmen in der Gesamtbilanz sogar von negativen Kosten gegenüber der Status Quo Entwicklung ausgegangen werden. Wenn jedoch die kostengünstigen Investitionen in Einsparmaßnahmen allmählich ausgeschöpft sind und gleichzeitig die steigenden Investitionen in erneuerbare Energien wirken, steigen die Differenzkosten entsprechend an (**Abbildung 12**).

Welchen Verlauf die Differenzkosten nach 2030 nehmen, hängt von der antizipierten Energiepreisentwicklung ab. Steigen die Energiepreise stärker als in der Status Quo Entwicklung unterstellt – was aufgrund des moderaten Anstiegs⁸ in der Status Quo Entwicklung nicht unwahrscheinlich ist – oder werden mittels geeigneter Instrumente die externen Kosten (z.B. der durch die Klimaverschlechterung verursachten Kosten) weitgehend in die Marktpreise von Energie aufgenommen, so gehen die Differenzkosten auch teurerer Einsparoptionen sowie einer Vielzahl von Technologien aus dem Bereich erneuerbarer Energien im Zeitverlauf gegen Null oder werden sogar negativ. Gegen 2050 kann so das Nachhaltigkeitsszenario bei höheren Preisvarianten kostenneutral gegenüber der Status Quo Entwicklung wirken. Dies wird anhand der beiden in Abbildung 12 dargestellten Varianten demonstriert. In Variante II steigt der Ölpreis in den nächsten 50 Jahren bis auf 63 Ct/l an.

Die heimischen Energieträger Stein- und Braunkohle werden im Nachhaltigkeitsszenario besonders stark reduziert. Dies stellt jedoch keine Gefährdung unserer **Versorgungssicherheit** dar. Das Nachhaltigkeitsszenario kann im Gegenteil sogar als aktive Krisensicherung verstanden werden, weil durch den absoluten Rückgang des Primärenergieverbrauchs und den verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien die Nachfrage nach importierten Energieträgern nicht nur absolut zurückgeht, sondern auch der relative Anteil der Energieimporte unter den entsprechenden Werten der Status Quo Entwicklung liegt. Bereits im Jahr 2020 werden im Nachhaltigkeitsszenario rund 2.700 PJ weniger Energie aus anderen Ländern nach Deutschland eingeführt als unter Status Quo Bedingungen. Das sind fast 20% des gesamten heutigen Primärenergieeinsatzes und mehr als 25% des heutigen Energieimports. Gleichzeitig leisten erneuerbare Energien und das Energieeinsparen auch einen wichtigen Beitrag zur Diversifizierung des Energieangebots. Sie ergänzen damit den mit den Klimaschutzanforderungen noch verträglichen heimischen Kohlesockel und die Einfuhr von Erdgas und Erdöl aus dem Ausland.

⁷ D.h. ein Betrag von 40 Mrd. EUR, welcher im Jahr 1998 zu einem um 4% über der Inflationsrate liegenden Zinssatz angelegt wurde, reicht aus, um eine nachhaltige Entwicklung im Strom- und Wärmemarkt zu finanzieren.

⁸ Beispielsweise steigt der Heizölpreis für private Haushalte im Status Quo Entwicklung bis 2050 nur bis auf 42 Ct/l (o. MwSt.)

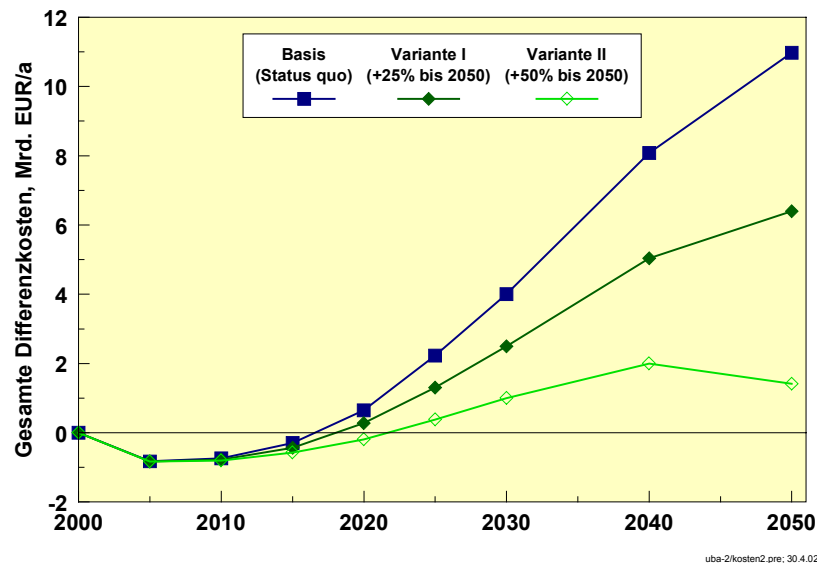


Abbildung 12: Verlauf der Kostendifferenz zwischen Nachhaltigkeits- und Status Quo Szenario für drei unterschiedliche Varianten der zukünftigen Preise fossiler Energieträger (ohne Verkehr)

Während die Einfuhr fossiler Energien nach Deutschland abnimmt, ist ab dem Jahr 2030 ein Bezug von Strom aus erneuerbaren Energien aus dem Ausland vorgesehen. Hierdurch steigt die Importabhängigkeit zwar wieder leicht an, schwerer wiegt aber der Beitrag des Stromimports zur Entwicklung der Exportländer infolge der Exporterlöse und damit zur Friedens- und Krisensicherung. In Ländern mit heute hohen fossilen Energieexporten kann so der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien (und ihr späterer Export) grundlegende Basis für einen friedlichen und wirtschaftlich profitablen Übergang sein. Für andere Länder mit heute hohen Importanteilen, grundsätzlich aber einem hohen Angebot an erneuerbaren Energien ergeben sich – unter der Voraussetzung, dass zunächst die eigenen Energieprobleme gelöst werden – hierdurch neue Geschäftsfelder und zusätzliche Optionen zur Devisenbeschaffung. Zudem können hierdurch indirekt auch Lösungsbeiträge für andere drängende Probleme geleistet werden (z. B. Meerwasserentsalzung).

Auch für den **Arbeitsmarkt sind tendenziell positive Wirkungen** zu erwarten. Bei der Umsetzung derart vielfältiger Maßnahmen, wie sie für die Durchführung des Nachhaltigkeitsszenarios erforderlich sind, wird es Gewinner- als auch Verliererbranchen geben. Während in der Bauwirtschaft durch die Sanierungsoffensive im Gebäudebestand zusätzlich 85.000 bis 200.000 Arbeitsplätze geschaffen bzw. erhalten werden können, im Bereich erneuerbare Energien langfristig ein Beschäftigungspotenzial von 250.000 bis 350.000 erschlossen werden könnte, wird sich der unter Status Quo Bedingungen bereits abzeichnende Arbeitsplatzabbau in der Kohle- und Mineralölwirtschaft eher beschleunigen. Dieser Prozess läuft aber so langsam ab, dass eine sozial verträgliche Umgestaltung möglich ist.

2.5. Die Vision einer rein regenerativen Wasserstoffwirtschaft

Eine Deckung des gesamten Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien ist möglich, kann aber frühestens ab 2070 erreicht werden. Die Probleme mit dem je nach Wetterlage fluktuierendem Angebot aus erneuerbaren Energiequellen werden bis dahin stark abgemildert sein, da innerhalb eines europäischen Stromverbundes mit Wasserkraft im Norden, Solarkraftwerken im Süden und Windkraft an allen Küsten ein erheblicher Ausgleichseffekt eintritt. Dennoch ist zur Sicherstellung einer unterbrechungsfreien Energieversorgung ein speicherbarer Energieträger, nämlich Wasserstoff notwendig. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass erst ab einem Deckungsanteil der erneuerbaren Energien von mehr als 50% die Einführung einer Wasserstoffwirtschaft notwendig wird. Auch zu einem früheren Zeitpunkt kann es dazu aus zwei Gründen Anlass geben:

1. Zeitweilige Überschüsse bei der Erzeugung von Strom aus großen Solarkraftwerken im Mittelmeerraum oder in großen Off Shore Windparks können mittels Elektrolyse zur Erzeugung von Wasserstoff genutzt werden.
2. Die sehr effektive Nutzung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff in Brennstoffzellen ist eine sehr interessante Option, um erneuerbare Energien auch im Verkehrsbereich nutzbar zu machen⁹. Diese Option kann ab etwa 2030 interessant werden.

Erneuerbare Energien werden in Deutschland und weltweit schon in der näheren Zukunft eine stärkere Rolle als bisher spielen. Sie sind auch kurzfristig ein unverzichtbares Element jeder Nachhaltigkeitsstrategie. Ein langfristig unverzichtbarer Teil einer solaren Vision ist die Wasserstoffwirtschaft. Mit ihren Anfängen sollte aber nicht vor 2030 gerechnet werden. Erste grundlegende Forschungen hierzu werden aber zurecht bereits heute durchgeführt.

⁹ Biodiesel kann nur einen sehr geringen Anteil des Bedarfs abdecken.

3. Erneuerbare Energien in der Region Stuttgart

3.1. Struktureller Vergleich zwischen der Region Stuttgart und Baden-Württemberg

Bei der Beschreibung der nationalen Entwicklung müssen vielfach Mittelwerte verwendet werden, welche zwar für ganz Deutschland im Prinzip zutreffen, aber die konkreten Gegebenheiten in einzelnen Regionen außer acht lassen müssen. Dies erschwert dem Leser, sich eine Vorstellung zu machen, welche konkreten Folgen im Alltagsleben bemerkbar sein werden. Je kleiner der Untersuchungsbereich ist, desto konkreter können die Aussagen werden und desto besser kann eine anschauliche Vorstellung entwickelt werden, was sich in der Umgebung und Tagesablauf der dort lebenden Menschen ändert.

In einem ersten Schritt wird aufgezeigt, wie sich die Region Stuttgart strukturell von den übrigen Teilen Baden-Württembergs unterscheidet (Tabelle 1).

3.1.1. Überblick über die Erneuerbaren Energien in der Region

Tabelle 2¹⁰ und **Abbildung 13** geben einen Überblick über das Potenzial der erneuerbaren Energien in der Region Stuttgart, deren heutige Nutzung sowie die Potenzialausschöpfung, welche bis 2050 bei der Verfolgung einer nachhaltigen Entwicklung erreicht werden kann. Als Vergleichswerte können die bis 2050 erwarteten Verbrauchswerte für Niedertemperaturwärme¹¹ und Strom von 16,4 TWh_{th} und 15,3 TWh_{el} dienen.

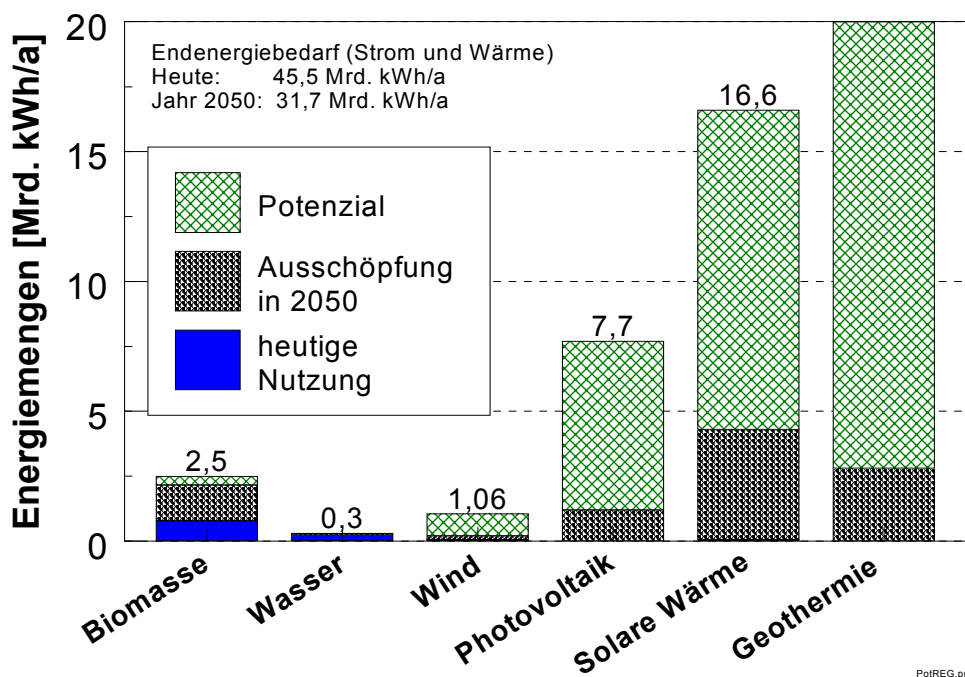


Abbildung 13: Potenziale, Potenzialausschöpfung und heutige Nutzung von erneuerbaren Energien in der Region Stuttgart.

¹⁰ Alle Energiemengen in der Tabelle werden in TWh/a (= Mrd. kWh/a) ausgedrückt. Zur Unterscheidung zwischen elektrischer Energie, (Nutz-)Wärme und Brennstoffenergie werden die Indizes el (= elektrisch), th (= thermisch, Wärme) und Hu (= unterer Heizwert) verwendet.

¹¹ Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme bis 100 °C.

Tabelle 1. Kennwerte der Region Stuttgart im Vergleich mit Baden-Württemberg

	Region		Baden-Württemberg
Bevölkerung			
Einwohner	2,66 Mio.	25%	10,48 Mio.
Beschäftigte ¹²	1,06 Mio.	28%	3,80 Mio.
Flächen			
Gebietsfläche, gesamt	3 654 km ²	10%	35 752 km ²
-Wald	1113 km ²	8%	13 584 km ²
-Landwirtschaft	1708 km ²	10%	16750 km ²
-Ackerfläche	783 km ²	9%	8428 km ²
-Gebäude- und Freifläche	434 km ²	17%	2500 km ²
-Gebäudegrundfläche			
Wohnfläche in Wohngebäuden	97 km ²	24%	408 km ²
Beheizte Nutzflächen in den übrigen Gebäuden	52.5 km ²	27%	196 km ²
Energie			
Stromverbrauch ¹³	17 TWh _{el} /a	27%	62,9 TWh _{el} /a
Wärmebedarf ¹⁴ , gesamt	35,4 TWh _{th} /a	26%	138,5 TWh _{th} /a
-Wohngebäude ¹⁵	14,9 TWh _{th} /a	23%	63,9 TWh _{th} /a
-übrige Gebäude ¹⁶	9,8 TWh _{th} /a	27%	36,4 TWh _{th} /a
-Raumwärme	22,5 TWh _{th} /a	25%	91,4 TWh _{th} /a
-Warmwasser	2,2 TWh _{th} /a	25%	8,9 TWh _{th} /a
-Prozesswärme ¹⁷	10,7 TWh _{th} /a	28%	38,5 TWh _{th} /a
- davon bis 100 °C	3,8 TWh _{th} /a	28%	13,6 TWh _{th} /a
Niedertemperaturwärme < 100°C	28,5 TWh _{th} /a	25%	113,9 TWh _{th} /a
Fern- und Nahwärme	2,8 TWh _{th} /a	27%	10,3 TWh _{th} /a
Sonstiges			
Großvieheinheiten	0,13 Mio. GVE	9%	1,44 Mio. GVE
Spezifische Werte			
Bevölkerungsdichte	728 E/km ²		293 E/km ²
Landwirtschaftl. Fläche je Kopf	642 m ² /E		1598 m ² /E
Waldfläche je Kopf	418 m ² /E		1296 m ² /E

E = Einwohner

¹² Versicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort

¹³ Endenergie

¹⁴ Nutzwärmebedarf im Normaljahr, einschl. Prozesswärme in Haushalt, Gewerbe und Industrie.

¹⁵ nur Raumwärme und Warmwasser, ohne Prozesswärme

¹⁶ nur Raumwärme und Warmwasser, ohne Prozesswärme

¹⁷ ohne Warmwasser, einschl. Strom für Kochen

Tabelle 2: Erneuerbare Energien in der Region Stuttgart

	Heutige Nutzung	Potenzial	Potenzialausschöpfung in 2050		
			Nahwärme ¹⁸	Einzelheizung ¹⁹	Strom
Biomasse					
Rest- und Brennholz	0,56 TWh _{HU} /a	1,2 TWh _{HU} /a			
Stroh	0	0,38 TWh _{HU} /a			
Energiepflanzen	0	0,05 TWh _{HU} /a			
Biogase	0,17 TWh _{HU} /a	0,40 TWh _{HU} /a			
Gras- und Grünabfälle	0	0,29 TWh _{HU} /a			
Klärschlamm	0,04 TWh _{HU} /a	0,18 TWh _{HU} /a			
Summe	0,78 TWh_{HU}/a	2,50 TWh_{HU}/a	0,97 TWh_{th}/a	0,6 TWh_{th}/a	0,6 TWh_{el}/a
- davon für KWK-Anlagen		1,5 TWh _{HU} /a ²⁰	0,52 TWh _{th} /a	0,15 TWh _{th} /a	0,6 TWh _{el} /a
- davon für Heizkessel		1,00 TWh _{HU} /a ²¹	0,45 TWh _{th} /a ²²	0,45 TWh _{th} /a	---
Solare Wärme					
Auf Dächern	0,06 TWh _{th} /a	8,6 TWh _{th} /a	Max. 4,3 TWh _{th} /a		---
Freiflächen innerorts und Südfassaden	0	Ca. 8 TWh _{th} /a	Verbleibender Rest zu 4,3 TWh _{th} /a		---
Summe	0,06 TWh_{th}/a	16,6 TWh_{th}/a	3,3 TWh_{th}/a	1,0 TWh_{th}/a	---
Geothermie (HDR)	0	Sehr hoch	2,5 TWh_{th}/a	0	0,3 TWh_{el}/a
Wasser	0,26 TWh_{el}/a	0,3 TWh_{el}/a	---	---	0,3 TWh_{el}/a
Wind	0,035 TWh_{el}/a	1,06 TWh_{el}/a	---	---	0,2 TWh_{el}/a
Photovoltaik	0,005 TWh_{el}/a	7,7 TWh_{el}/a	---	---	1,2 TWh_{el}/a
Gesamt	1,1 TWh/a (Brennstoff-energie, Wärme, Strom)	Strom: 10,3 TWh_{el}/a ²³ Wärme: 100% des Bedarfs	6,8 TWh_{th}/a	1,6 TWh_{th}/a	2,6 TWh_{el}/a

¹⁸ Einspeisung in das Netz

¹⁹ Nutzwärme

²⁰ $\eta_{ges} = 85\%$, $\eta_{el} = 40\%$.

²¹ $\eta = 90\%$.

²² Davon 0,2 TWh_{th} als Spitzenkessel für solare Nahwärme

²³ davon 0,6 TWh_{el} aus Geothermie

Der Ausbau der erneuerbaren Energien befindet sich mit Ausnahme der Wasserkraft und der Brennholznutzung noch in einem sehr anfänglichen Zustand. Innerhalb der nächsten 50 Jahre können aber im Verlauf einer nachhaltigen Entwicklung erhebliche Zuwächse erwartet werden. Die solaren Beiträge zum Wärmebedarf (Solarkollektoren) können auf das 70-fache ansteigen, die zum Strombedarf (Photovoltaik) sogar auf das 240-fache.

Am gesamten zukünftigen Wärmebedarf kann etwa die Hälfte durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Im Strommarkt fällt der Anteil mit ca. 17% deutlich geringer aus. Dies liegt einerseits am hohen Strombedarf der Region aufgrund ihrer hohen Industrie- und Besiedlungsdichte und andererseits an der zurückhaltenden Potenzialausschöpfung bei der Photovoltaik bzw. der Windkraft aufgrund hoher Kosten bzw. Akzeptanzproblemen.

Der zusammenfassende Überblick wird in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert.

3.2. Wärme

3.2.1. Verbesserte Wärmedämmung im Alt- und Neubau

Ohne eine verbesserte Wärmedämmung ist kein effektiver Klimaschutz im Bereich der Wärmeversorgung möglich. Die erneuerbaren Energien können nur dann große Teile des zukünftigen Wärmebedarfs decken, wenn zuvor erhebliche Fortschritte bei der im Altbaubestand meist ungenügenden Dämmung der Gebäude erreicht wurden. Die zusätzlichen Investitionskosten einer nachträglichen Verbesserung der Wärmedämmung lassen sich im allgemeinen problemlos durch die Einsparungen bei der jährlichen Brennstoffrechnung finanzieren. Dies gilt insbesondere für Bauten, welche vor 1982, also vor dem Inkrafttreten der 1. Wärmeschutzverordnung errichtet wurden. Es dürfen allerdings die günstigen Gelegenheiten für Verbesserung nicht versäumt werden, welche sich immer dann ergeben, wenn ein Bauteil (Fenster, Wand, Dach, Kellerdecke) ohnehin ersetzt oder saniert werden muss. In dem Nachhaltigkeitsszenario, welches den hier gemachten Ausführungen zugrunde liegt, wird davon ausgegangen, dass es in Zukunft gelingen wird, die wärmetechnischen Sanierungsraten soweit zu steigern, dass innerhalb der nächsten 50 Jahre wenigstens bei allen vor 1987 errichteten Altbauten wirkungsvolle Wärmedämmungen angebracht wurden.

Trotz eines Zuwachses an Wohn- und Nutzfläche nimmt so der Wärmebedarf bis 2050 um 45% ab. Der Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasser liegt dann nur noch bei 13,6 TWh/a anstelle des heutigen Wertes von 24,7 TWh/a.

Bei den Wohngebäuden nimmt die beheizte Fläche bis 2050 um 25% zu. Je Kopf der abnehmenden Bevölkerung steigt sie sogar von 37 auf 51 m²/Kopf. Bei den Nutzflächen in Nicht-Wohngebäuden (NWG) wird von einer annähernd konstanten Fläche ausgegangen, d.h. es wird ungefähr genauso viel abgerissen wie zugebaut.

Von den heutigen Wohngebäuden werden auch in 50 Jahren noch mehr als 2/3 existieren. Bei den NWG kann erfahrungsgemäß von einer kürzeren Lebensdauer und einer höheren Abrissquote ausgegangen werden, so dass bis 2050 67% des heutigen Bestandes abgerissen und ersetzt werden.

Neu errichtete Gebäude werden entsprechend den strenger werdenden Vorschriften mit immer besserer Wärmedämmung versehen. Der spezifische Raumwärmebedarf von Neubauten sinkt von heute 95 auf 42 kWh/m²,a im Jahr 2050. Die Altbauten hinken dem hinterher, trotz wärmetechnischer Sanierung. Daher wird auch noch in 50 Jahren fast 60% des zukünftigen (also gegenüber heute nahezu halbierten) Wärmebedarfs in heute bereits existierenden Bauten anfallen /DLR&ISI 2002/. Dies unterstreicht die Bedeutung der Altbausanierung.

3.2.2. Wärme aus erneuerbaren Energien

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme unter 100 °C) kann bis 2050 52% erreichen. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass ein Teil des Potenzials der Biomasse und der Geothermie zur Stromerzeugung genutzt und damit dem Wärmemarkt entzogen werden. Das Potenzial wäre ausreichend, um den gesamten Niedertemperaturwärmebedarf zu decken.

3.2.2.1. Biomasse

Potenzial und heutige energetische Nutzung von Biomasse in der Region wurden bereits ausführlich untersucht /Region 2000/. Die Ergebnisse (siehe Tabelle 2) werden im Folgenden zusammengefasst und durch Anmerkungen zur möglichen technischen Nutzung ergänzt.

Biomasse fällt in sehr unterschiedlichen Formen an. Dementsprechend unterscheiden sich auch die Möglichkeiten zu ihrer Nutzung. Es ist daher sinnvoll, bei der Angabe von Energiemengen zwischen der im Brennstoff gespeicherten chemischen Energie und den Umwandlungsprodukten Strom und Wärme zu unterscheiden. Dies geschieht im Folgenden durch die Indices H_u (Brennstoffenergie, „unterer Heizwert“), t_h (Wärme, thermisch) und e_l (Strom, elektrisch).

Holz

Beim Holz wird zwischen Brennholz und Restholz unterschieden. Brennholz wird von den Forstämtern verkauft, teilweise in der Form von Flächenlosen. Restholz fällt als Nebenprodukt in der Sägeindustrie, als Holzabfälle in der Holzverarbeitenden Industrie sowie in Gärten, Obstbauplantagen, Streuobstwiesen, Weingärten und den übrigen Gehölzen in der freien Landschaft an. Auch die derzeit im Wald ungenutzt verrottenden Hölzer und die derzeitig überschüssigen Zuwächse im Wald, welche den Holzvorrat vergrößern, werden hier zu den Resthölzern gerechnet. Die heutige energetische Nutzung von Holz in der Region Stuttgart wird mit $0,56 \text{ TWh}_{t_h}$ angegeben /Region 2000/, davon fast alles direkt aus dem Forst. Das in der Region vorhandene Potenzial an Rest- und Brennholz erlaubt eine Verdopplung dieses heutigen Beitrags zur Wärmeversorgung.

Der bei weitem überwiegende Teil des Brennholzes wird heute zusätzlich zu einer Öl- oder Gasheizung in Kamin- oder Kachelöfen oder in veralteten Holz/Kohleeinzelöfen genutzt. Auf der technischen Seite hat es hier im letzten Jahrzehnt erhebliche Fortschritte gegeben. Moderne Holzfeuerungen können heute auch strenge Grenzwerte einhalten. Besonders günstig sind hier die neuen Pelletfeuerungen einzustufen, bei denen der Brennstoff aus trockenem Sägemehl oder Hobelspänen in eine vorgegebene Form, die Pellets, gepresst wird. Ein weiterer Vorteil der Pellets ist ihre hohe Dichte, was zur Folge hat, dass sie für die Brennstofflagerung nicht mehr Platz benötigen als eine Ölheizung. Nachteilig sind die zusätzlichen Kosten, die bei der Bearbeitung des rohen Restholzes auftreten.

Kritischere Brennstoffe mit einem höheren Anteil an Verunreinigungen wie beispielsweise Rinde dürfen nicht zu Pellets verarbeitet werden. Für diese Holzsortimente eignet sich die energetische Nutzung in Holzheiz(kraft)werken. Bei den großen Anlagen kann bei der Abgasreinigung mit vertretbaren Kosten ein viel höherer Aufwand als bei Kleinfeuerungen geleistet werden. Es kommt daher selbst vereiste Rinde als Brennstoff in Frage.

Aufgrund der hohen Vergütung von Strom aus Biomasse trifft die Möglichkeit, neben der Wärme auch Strom aus Holz zu erzeugen, auf wachsendes Interesse. Die Stromerzeugung aus Restholz mittels einer Dampfturbine ist schon lange Stand der Technik. Allerdings ist dies nur bei großen Feuerungsleistungen von über 3 MW_{H_u} sinnvoll möglich. Und auch dann wird nur ein geringer elektrischer Wirkungsgrad erreicht. Abhilfe kann hier die sog. Holzvergasung schaffen, bei der aus dem Holz ein brennbares Gas gewonnen wird. Hier ist die technische Entwicklung in vollem Gange, die darauf zielt, dieses Gas soweit von schädlichen Verunreinigungen zu befreien, dass es mit hohen Wirkungsgraden in Motoren

oder Gasturbinen genutzt werden kann. Mittelfristig dürfte diese Technik auch für kleinere Anlagen zu vertretbaren Kosten zur Verfügung stehen.

Stroh

Stroh ist ein vergleichsweise problematischer Brennstoff. Sowohl wegen des hohen korrosiven Chlorgehalts als auch wegen des hohen Anteils an Flugasche sowie Problemen bei der Schlackenbildung. Außerdem ist die Entfernung von Stroh aus dem landwirtschaftlichen Kreislauf nicht unumstritten. Die Nutzung von Stroh als Brennstoff ist daher eine Option, welche nicht vordringlich zu verwirklichen ist. Langfristig werden 30% des Strohaufkommens in der Region, entsprechend 0,38 TWh_{Hu}, als energetisch nutzbar angesehen /Region 2000/.

Energiepflanzen

Zur Energiegewinnung können Pflanzen gezielt angebaut werden. Heute wird dies bereits für die Produktion von Biodiesel praktiziert (Raps). Für deren Anbau kommen nur landwirtschaftliche Stilllegungsflächen in Frage, welche für die Lebensmittelversorgung nicht benötigt werden (und außerdem Stilllegungsprämien erhalten). 1995 entfielen 6% der Ackerfläche auf derartige Stilllegungsflächen. Wird davon ausgegangen, dass höchstens ein fünftel dieser Fläche für die Produktion von Brennstoffen genutzt werden könnte, bleibt deren Beitrag zur Wärmeversorgung der Region mit 0,05 TWh_{Hu} vernachlässigbar gering.

Biogase

Biogase entstehen in den Faultürmen von Kläranlagen, in Mülldeponien und bei der Vergärung tierischer Exkrememente aus der Landwirtschaft sowie der Vergärung von Biomüll. Das gesamte langfristig erschließbare Potenzial beträgt 0,40 TWh_{Hu}. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass auch die letzten Deponien demnächst stillgelegt werden und daher mittelfristig als Lieferanten von Biogas ausfallen. Biogas aus Biomüll steht dagegen höchstens langfristig zur Verfügung, da dieser im Raum Stuttgart derzeit zu Kompost verarbeitet wird. Die Biogase aus Kläranlagen und Deponien werden bereits heute vollständig genutzt.

Übrige Biomasse

Aus der möglichen energetischen Nutzung von Gras- und Grünabfällen sowie von Klärschlamm ergibt sich ein Potenzial von 0,47 TWh_{Hu}, welches zu einem geringen Teil bereits heute genutzt wird.

Potenzialausschöpfung bis 2050

Das gesamte Potenzial der Biomasse in der Region wird bei einer nachhaltigen Entwicklung bis 2050 nahezu vollständig genutzt.

3.2.2.2. Solare Wärme

Deutschland gehört innerhalb Europas nach Griechenland und Österreich zu den Ländern mit der größten Kollektorfläche je Einwohner. Besonders populär ist die solare Wärme in den südlichen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg. Obwohl in Baden-Württemberg nur 13% der deutschen Bevölkerung leben, wurden hier 21% der Anträge zur Förderung von Solarkollektoranlagen im Marktanreizprogramm der Bundesregierung gestellt. Der bei

weitem überwiegende Anteil dieser Anlagen wird auf Einfamilienhäusern installiert und zur Erzeugung von Warmwasser in den Sommermonaten genutzt.

Mit solarer Wärme kann aber mehr erreicht werden als nur die Bereitstellung von warmem Wasser im Sommer. Allerdings wächst dabei auch der Aufwand. Wird die Kollektorfläche auf dem Dach eines Einfamilienhauses von etwa 5 auf 15 m² vergrößert, so kann auch ein Teil des Raumwärmebedarfs in den Übergangsmonaten solar gedeckt werden.

Soll auch noch im Winter mit der Sonne geheizt werden, so muss schon in den wärmeren Monaten Sonnenwärme in einem großen Speicher auf Vorrat eingelagert werden. Dadurch steigt der technische und finanzielle Aufwand erheblich an. Die kostengünstigste Lösung ist eine Zusammenfassung mehrerer Verbraucher durch ein Nahwärmenetz. Es können dann zur Versorgung des gesamten Netzes sehr große, vergleichsweise kostengünstige Speicher gebaut werden. Diese haben außerdem den Vorteil, dass sie aufgrund ihrer im Vergleich zum Volumen geringen Oberfläche nur langsam auskühlen und daher für eine Speicherung von Sommerwärme bis in den Winter besonders gut geeignet sind.

Die Flächen der Kollektorfelder, aus welchen diese sog. „Solaren Nahwärmesysteme“ ihre Wärme beziehen, sind ebenfalls sehr viel größer und damit kostengünstiger als bei den heute üblichen Kleinanlagen. Über die meiste Erfahrung mit solarer Nahwärme verfügen die skandinavischen Länder Schweden und Dänemark. In Kungälv, Schweden, wurde 2001 das weltweit größte Kollektorfeld mit einer Fläche von 10 000 m² in Betrieb genommen. Die größten beiden dänischen Kollektorfelder mit Flächen von 9 000 und 4 900 m² befinden sich auf der Insel Ærø.

Aber auch in Baden-Württemberg gibt es in Neckarsulm-Amorbach (derzeit 5 000 m²) und in Friedrichshafen-Wiggenhausen (derzeit 2 700 m²) Anlagen vergleichbarer Größe. In Crailsheim ist eine Anlage mit einer geplanten Kollektorfläche von 10 000 m² im Bau. Teile dieser Kollektorfelder sind in Lärmschutzwände oder Parkplatzüberdachungen integriert (**Abbildung 14** und **Abbildung 15**).



Abbildung 14. Kollektor auf Lärmschutzwand in Amorbach



Abbildung 15: Kollektoren als Parkplatzüberdachung in Amorbach

In alle diese Anlagen ist ein großer saisonaler Wärmespeicher integriert. Hierfür gibt es verschiedene Bauformen. In Neckarsulm wird der Erdboden selbst als Wärmespeicher verwendet, sodass von außen kaum etwas zu erkennen ist. In Friedrichshafen ist der große Heißwasserspeicher teilweise in das Erdreich versenkt. Der aus dem Untergrund herausragende Teil wird im Winter als Schlittenbahn und im Sommer für Mountainbikes genutzt (**Abbildung 16**).



Abbildung 16: Saisonaler Wärmespeicher (12 000 m³) in Wiggerhausen

Das Potenzial solarer Wärme in der Region Stuttgart hängt von den für die Aufstellung von Kollektoren zur Verfügung stehenden Fläche ab. Dafür kommen zunächst die Dachflächen in Frage. Das Dachflächenpotenzial wird über die aus der amtlichen Statistik bekannten Anzahl an Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern bestimmt. Es nimmt bis 2050 noch zu, da bis dahin die Anzahl der Gebäude zunehmen wird und außerdem bereits bestehende Gebäude abgerissen und durch solche ersetzt werden, welche besser an die solaren Erfordernisse angepasst sind. Die solar nutzbaren, ungefähr nach Süden ausgerichteten Dachflächen auf Wohngebäuden steigt dadurch von 12,4 auf 17 Mio. m².

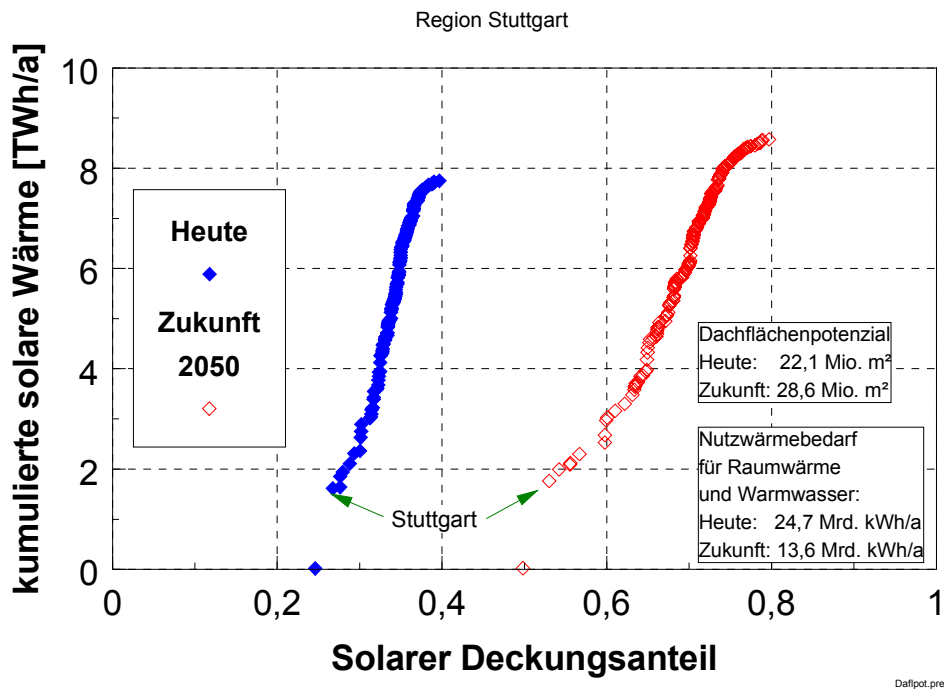


Abbildung 17: Aufteilung des Dachflächenpotenzials auf die 179 Gemeinden der Region.

Zusätzlich wird ein Potenzial für Kollektorstellflächen auf Nichtwohngebäuden berücksichtigt, welches für die heute bereits bestehenden Gebäude bei 9,7 Mio. m² liegt. In **Abbildung 17** werden die Ergebnisse aus der Abschätzung des Dachflächenpotenzials grafisch dargestellt. Jeder Datenpunkt entspricht einer der 179 Gemeinden der Region. Insgesamt können langfristig 8,6 TWh/a an solarer Nutzwärme bereitgestellt werden, was zur Deckung von 63% des zukünftigen Wärmebedarfs ausreicht. Wie aus der Grafik hervorgeht können in Stuttgart heute 27% und langfristig 53% des Wärmebedarfs solar bereitgestellt werden. In kleinen Gemeinden mit nahezu ausschließlicher Einfamilienhausbebauung können wesentlich höhere solare Deckungsanteile von bis zu 80% erreicht werden.

Zusätzlich wurde eine Potenzialabschätzung für das Kollektorpotenzial an Südfassaden von Gebäuden und auf sonstigen Flächen innerorts (Car-Ports, Parkplätze, Lärmschutzwände...) durchgeführt. Das Dachflächenpotenzial kann durch diese hinzukommenden Flächen nahezu verdoppelt werden (Tabelle 2). Stellflächen auf bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen, wie dies in Skandinavien häufiger der Fall ist, werden in den Potenzialangaben nicht berücksichtigt.

Bis 2050 wird ein Potenzial ausgeschöpft, welches der Hälfte des in Abbildung 17 dargestellten Dachflächenpotenzials entspricht. Die resultierenden 4,3 TWh teilen sich folgendermaßen auf die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten auf:

Tabelle 3: Nutzung solarer Wärme in 2050

Solares Warmwasser und Heizungsunterstützung für einzelne Gebäude	1,0 TWh
Sommerliche Einspeisung in Biomasse-Nahwärmenetze	0,1 TWh
Sommerliche Einspeisung in das bestehende Fernwärmenetz	0,6 TWh
Solare Nahwärme mit saisonaler Speicherung	2,6 TWh.
Gesamt	4,3 TWh

Den Auslegungen der in **Tabelle 3** angeführten Anlagen liegen folgende Parameter zugrunde: In den Solaren Nahwärmenetzen mit saisonaler Speicherung beträgt der mittlere solare Deckungsanteil 63%. Für das bestehende Fernwärmenetz und die Biomasse-Nahwärme liegt der Anteil der solaren Einspeisung bei 20%. Bei Einzelgebäuden, die nicht an Nahwärme angeschlossen sind, aber über eine Solaranlage verfügen, wird etwas mehr als der Warmwasserbedarf solar gedeckt.

3.2.2.3. Geothermie

In Deutschland werden als geothermische Energiequelle bisher fast ausschließlich hydrothermale Vorkommen (wasserführende Schichten in großer Tiefe) genutzt. In der Region Stuttgart ist dies aufgrund der geologischen Gegebenheiten nicht möglich. Die Temperaturen der in den Thermalbädern genutzten Mineralwässer von etwa 20 °C reichen für die Beheizung von Gebäuden nicht aus. In der Region Stuttgart steht statt dessen in einer Tiefe ab 2000 m gewachsener Fels (Tiefengestein) an. Nach Untersuchungen in Bad Urach und Soultz sous Forêts kann dieser aber noch besser für die geothermischen Nutzung geeignet sein. Hierzu dient die im letzten Jahrzehnt entwickelte HDR-Technik (Hot-Dry Rock).

Bei der HDR-Technik wird zunächst eine erste Bohrung (sog. Injektionsbohrung) niedergebracht. Rund um diese Bohrung werden in der Tiefe künstliche Risse im heißen Fels erzeugt, durch welche später Wasser zirkulieren soll. Mit Hilfe akustischer Methoden kann verfolgt werden, wo sich diese Risse bilden. An den günstigsten Stellen werden nun zwei weitere Bohrungen (sog. Extraktionsbohrungen) niedergebracht. Aus diesen kann das durch die Injektionsbohrung eingeleitete und beim Durchströmen des Gesteins erwärmte Wasser wieder entnommen werden. Die Möglichkeit einer gezielten Positionierung der Extraktionsbohrungen hat große Vorteile. Bei hydrothermalen Bohrungen besteht das Risiko, dass entgegen der Planung keine wasserführende Schicht getroffen wird. Diese Gefahr besteht bei HDR nicht. Dies ist ein entscheidender Vorzug dieser Technik.

Das Potenzial der HDR-Technik ist sehr groß, da es sich um sehr große Felsvolumina handelt, welche durch die geothermische Nutzung abgekühlt werden können. Noch fehlen allerdings überzeugende Pilotprojekte und belastbare Kostenangaben. Daher wird nur eine vorsichtige Potenzialausschöpfung bis 2050 angenommen, welches notfalls auch durch Solarthermie ersetzt werden könnte.

Mittels Geothermie kann in KWK-Anlagen auch Strom erzeugt werden. Allerdings ist der Wirkungsgrad gering, sodass sehr viel mehr Wärme als Strom bereitgestellt wird.

Wirtschaftlich interessant sind geothermische Anlagen erst ab einer Leistung von ca. 10 MW_{th}. Es ist daher in der Regel ein Nahwärmenetz erforderlich, welches die dem Untergrund entzogene Wärmemenge an eine hinreichende Anzahl von Verbrauchern verteilt.

Je tiefer gebohrt wird, umso höher ist die Temperatur im Untergrund. Andererseits nehmen dabei die Bohrkosten deutlich zu. Am günstigsten ist daher Geothermie dort einsetzbar, wo nur geringe Vorlauftemperaturen für die Heizungsanlagen benötigt werden, z.B. für Fußbodenheizungen. In jedem Fall wird für die kältesten Tage im Jahr ein Teil des

Wärmebedarfs durch einen Spitzenkessel erzeugt. Dieser sorgt einerseits dafür, dass die an diesen Tagen erforderliche hohe Vorlauftemperatur erreicht wird und bewirkt andererseits, dass die Geothermieanlage deutlich kleiner ausgelegt werden kann. Dadurch werden erhebliche Investitionsmittel eingespart.

Die entscheidenden Teile einer geothermischen Energieversorgung befinden sich im Untergrund. Der sichtbare Teil an der Erdoberfläche ist unauffällig, sowohl während des Baus (Bohrturm) als auch während des späteren Betriebs (Gebäude für Wärmetauscher und Pumpen). Bei der Umstellung auf eine geothermische Versorgung ist bei Gebäuden, deren Heizkörper etwas knapp ausgelegt sind, eine Verbesserung der Wärmedämmung besonders empfehlenswert. Bis auf diese Anpassung und die Umstellung auf Nahwärme bleibt ansonsten die Einführung von Geothermie für die Bürger ohne erkennbare Auswirkungen, sowohl im Wohnbereich als auch in der Umgebung.

Bis 2050 wird davon ausgegangen, dass 2,5 TWh_{th} aus Geothermie in der Region Stuttgart bereitgestellt werden können. Hierzu sind 20 Heizzentralen mit einer geothermischen Leistung von jeweils 24 MW_{th} einschließlich der dazugehörigen Nahwärmenetze erforderlich. Gekoppelt mit der Wärmebereitstellung wird über einen ORC-Prozess²⁴ gleichzeitig eine Strommenge von 0,3 Mrd. kWh_{el} erzeugt.

3.2.3. Nahwärme in der Region

Ein großer Teil der erneuerbaren Energien kann nur mit Hilfe von Nahwärmenetzen sinnvoll genutzt werden (siehe Kap. 2.2.2). Die Region bietet hierfür gute Voraussetzungen. Die Wärmedichten sind deutlich höher als im Landesdurchschnitt, sodass günstigere Kosten bei geringeren Netzverlusten erreicht werden können. **Abbildung 18** zeigt die Wärmedichte in den 179 Gemeinden des Untersuchungsgebiets.

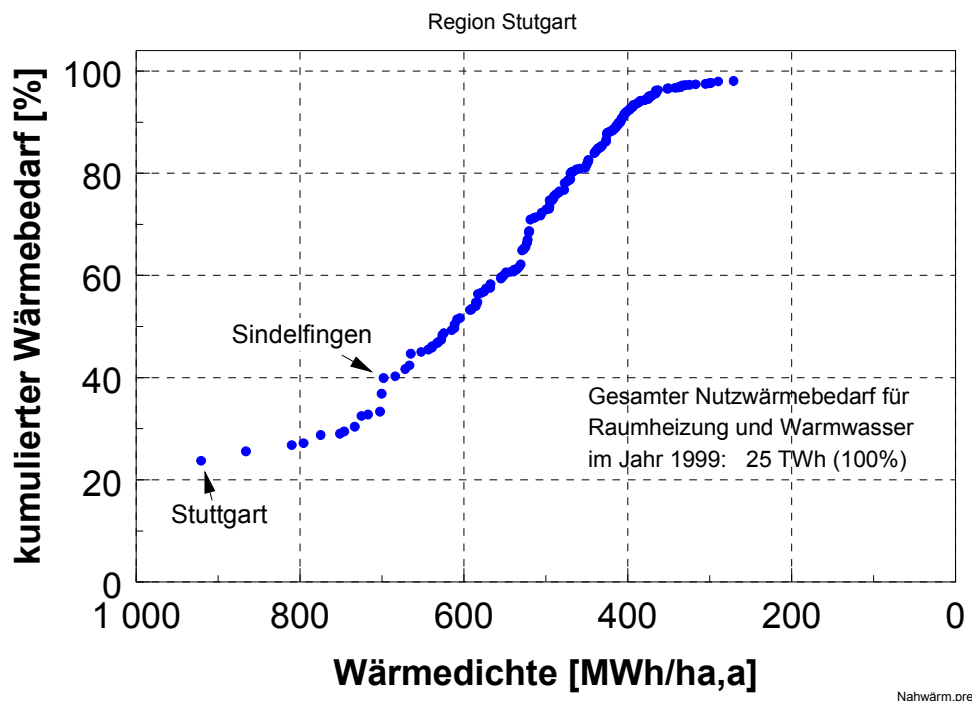


Abbildung 18: Wärmedichten der 179 Gemeinden in der Region

²⁴ Organic Rankine Cycle. Technischer Prozess, mit dem auch bei Vorlauftemperaturen unter 200 °C noch Strom gewonnen werden kann.

In allen Gemeinden gibt es bebaute Gebiete, die für die Versorgung mit Nahwärme interessant sind. Isoliert stehende Gebäude außerhalb von geschlossenen Siedlungsgebieten kommen für eine Nahwärmeversorgung keinesfalls in Frage. Der Anteil dieser Gebäude (Streusiedlungen) ist jedoch gering. Er wird mit etwa 2% des Gesamtwärmebedarfs abgeschätzt.

Für die in Abbildung 18 namentlich aufgeführten Gemeinden wurden von Mitarbeitern des DLR oder des ZSW bereits detailliertere Untersuchungen durchgeführt. Die günstigsten Randbedingungen (hohe Wärmedichten) für Nah- oder Fernwärme finden sich erwartungsgemäß in Stuttgart, wo auch heute schon ein merklicher Anteil des Wärmebedarfs durch Fernwärme gedeckt wird. Die vorliegende Untersuchung kann detaillierte Versorgungskonzepte nicht ersetzen. Daher werden die Namen der übrigen Gemeinden nicht ausgewiesen.

Die in Abbildung 18 dargestellten Wärmedichten gelten für heutige Verhältnisse. Zukünftig werden die Wärmedichten abnehmen, da die Wärmedämmung verbessert wird. Dieser Effekt wird teilweise kompensiert durch die Schließung von Baulücken. Für eine Landgemeinde im Enzkreis wurden das heutige und das zukünftige Potenzial einer Nahwärmeversorgung genauer untersucht (Wiernsheim 1998). Die mittlere Wärmedichte sinkt dort aufgrund einer nachhaltigen Entwicklung von heute 324 auf zukünftig 251 MWh/ha,a. Dadurch sinkt auch der potenziell durch Nahwärme erschließbare Anteil des Wärmebedarfs von 92% auf 86%. Dabei wurden nur solche Teilgebiete der Gemeinde als erschließbar angesehen, in denen die errechneten Netzverluste unter 20% der eingespeisten Wärmemenge lagen (bei 100%igen Anschlussgrad). In nahezu allen Gemeinden in der Region sind die Randbedingungen günstiger als in dieser Landgemeinde. Aus struktureller Sicht ist es daher kein Problem, weit über die Hälfte des Wärmebedarfs der Region durch Nahwärme zu decken.

Eine nachhaltige Entwicklung vorausgesetzt beträgt 2050 der Anteil der Nah- und Fernwärme an der Deckung des gesamten Niedertemperaturwärmebedarfs 56%²⁵. Die Nahwärmenetze werden zu 67% aus erneuerbaren Energien gespeist. Der Anteil der in KWK-Anlagen erzeugten Wärme beträgt weitere ca. 21%. Die verbleibenden 12% werden in fossil befeuerten Spitzenkesseln erzeugt.

Tabelle 4 zeigt die Struktur der Nah- und Fernwärmeversorgung in der Region. Bereits heute werden 2,5 TWh Fernwärme an die Kunden abgegeben. Langfristig wird davon ausgegangen, dass die Wärmeabgabe aus diesen Netzen konstant bleibt. Eine zurückgehende Nachfrage aufgrund verbesserter Wärmedämmung wird durch die Neuakquisition innerhalb und am Rand der bereits versorgten Gebiet wieder ausgeglichen. Auch langfristig beträgt der Anteil der fossil erzeugten Wärme in diesen bereits heute bestehenden Netzen 80%, meist in der Form von Kraft-Wärme-Kopplung. Die verbleibenden 20% werden aus großen Solaranlagen in das Netz eingespeist. Dies reicht aus, um etwas mehr als den sommerlichen Warmwasserbedarf zu decken.

Neu hinzu kommen bei einer nachhaltigen Entwicklung Nahwärmenetze, in welche insgesamt 7,4 TWh an Wärme eingespeist wird. Davon 84% aus erneuerbaren Energien (Biomasse, solare Wärme, Geothermie) und die übrigen 16% aus fossil befeuerten Spitzenkesseln.

²⁵ davon 2,8 TWh Prozesswärme unter 100 °C.

Tabelle 4: Nah- und Fernwärme in der Region

	Heutige Nutzung	Jahr 2050	Bemerkung
Fern/Nahwärme aus erneuerbaren Energien	0	6,82 TWh/a	
Heute bestehende Netze (fossiler Anteil)	2,8 TWh/a	2,2 TWh/a	In 2050 zzgl. 0,6 TWh/a ** solare Einspeisung
Fossile Spitzenkessel zu ...			
- Geothermie	0	0,5 TWh/a	
- Solarer Nahwärme	0	0,75 TWh/a	Zzgl. 0,2 TWh/a ** aus Holzspitzenkessel
Summe Nah/Fernwärme	2,8 TWh/a	10,2 TWh/a	
Abzügl. Netzverluste (10%)	0,28 TWh/a	1,0 TWh/a	
Abgabe an Kunden	2,5 TWh/a	9,2 TWh/a	
Gesamter Wärmebedarf in der Region (zum Vergleich)	28,5 TWh/a	16,4 TWh/a	Bis 100°C

** Diese Energiemenge ist in der Zeile „Fern/Nahwärme aus erneuerbaren Energien“ bereits enthalten.

3.3. Strom

3.3.1. Rationelle Stromanwendung

Der Bedarf an Strom wird auch bei einer an Nachhaltigkeitszielen orientierten Entwicklung nur geringfügig abnehmen. Die erheblichen Potenziale bei der Stromeinsparung durch die Entwicklung und Markteinführung sparsamerer Geräte und Produktionsverfahren werden durch die zunehmende Elektrifizierung, insbesondere im Dienstleistungssektor, zum größten Teil wieder ausgeglichen. Hinzu kommt, dass langfristig mit einem stärkeren Einsatz von Strom im Verkehrssektor gerechnet werden kann, u.a. zur Erzeugung von Wasserstoff. Daher wird bis 2050 nur mit einer geringfügigen Abnahme des Strombedarfs um etwa 10% auf 15,3 TWh gerechnet.

3.3.2. Strom aus erneuerbaren Energien

Stromseitig ist das Potenzial mit etwas über 10 TWh_{el} deutlich geringer²⁶ als im Wärmemarkt. Wird es bis 2050 zu etwa einem Viertel ausgeschöpft, so können 17% des zukünftigen Strombedarfs der Region durch lokale regenerative Stromquellen gedeckt werden. Dieser gering erscheinende Wert resultiert einerseits aus der im Vergleich zum Strombedarf der Region kleinen land- und forstwirtschaftlichen Fläche und andererseits aus dem im Vergleich zu den Küstenländern im Mittel sehr geringen Windgeschwindigkeiten.

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien setzt sich zusammen aus den KWK-Anlagen (Biomasse, Geothermie), die bereits im Kapitel „Wärme aus erneuerbaren Energien“ beschrieben wurden und den Beiträgen aus der Photovoltaik (PV) sowie den Wasser- und Windkraftanlagen, die im Folgenden beschrieben werden.

3.3.2.1. Wasserkraft

Aus Wasserkraft wird in der Region Stuttgart nur ein geringer Teil des Strombedarfs gedeckt. Ein weiterer Ausbau ist nur in sehr geringem Maße möglich (Tabelle 2). Eine detaillierte Analyse von etwa 360 existierenden oder möglichen Standorten für meist sehr kleine Wasserkraftanlagen findet sich in /Region 2000/.

3.3.2.2. Windkraft

Das technische Potenzial der Windkraft in der Region liegt bei gut 1 Mrd. kWh/a (1 TWh/a) /Region 2000/. Der Potenzialabschätzung liegt ein Windatlas für die Region mit einer Ortsauflösung von 50x50 m zugrunde. Berücksichtigt werden nur Flächen mit einer Windgeschwindigkeit von über 5 m/sec (gemessen in 50 m Höhe). Mindestabstände der Windkraftanlagen (WKA) von Wohngebieten, Einzelhäusern, Schienen, Straßen und Hochspannungsleitungen werden eingehalten. Die Aufstellung von WKA innerhalb von Waldflächen wird zugelassen. Das nachgewiesene Flächenpotenzial von 12 000 ha konzentriert sich fast ausschließlich auf die Hochflächen der Schwäbischen Alb.

Nicht berücksichtigt werden in der Untersuchung weitere „weiche“ raumordnerische Belange, deren Bewertung schwer objektivierbar ist und daher stets eine subjektive Komponente enthalten. Bestes Beispiel hierfür ist die sehr unterschiedlich bewertete Bedeutung von Windkraftanlagen für das Landschaftsbild.

²⁶ Die Angabe eines genauen Wertes ist problematisch, da das theoretische Potenzial der Geothermie (HDR-Technik) sich einer Abschätzung nur schwer zugänglich ist.

In einem Entwurf „Teilfortschreibung Windkraft des Regionalplans“ (Stand August 2001) wurden vom Planungsausschuss des Verbandes Region Stuttgart auch die „weichen“ Kriterien bei der Ausweisung von Windvorranggebieten berücksichtigt. Dabei wurden über 98% der in /Region 2000/ ausgewiesenen potenziellen Windflächen ausgeschlossen. Es verbleibt nur noch ein Flächenpotenzial von 220 ha in Gebieten mit wirtschaftlich interessanten Windgeschwindigkeiten von über 5 m/sec. Die Hälfte hiervon wurde einer einzigen Gemeinde (Böhmenkirch) zugeordnet. Ein großer Teil der ausgewiesenen Gebiete ist bereits von den bis Ende 2002 installierten Windkraftanlagen (ca. 23 Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 22 MW /Neulinger 2003/) belegt. Weitere Kriterien, wie die zusätzliche Wertschöpfung aufgrund von Windkraftanlagen²⁷, welche über Pachtverträge zu einem nicht unerheblichen Zusatzeinkommen der Landwirte führt, bleiben unberücksichtigt.

Die aufgrund der „weichen“ Kriterien vorgeschlagenen Restriktionen erscheinen im Vergleich zu anderen traditionell akzeptierter landschaftlicher Belastungen, den weitaus höheren Beiträgen der Windkraft in anderen Bundesländern sowie dem bereits erreichten Ausbau der Windkraft in der Region als sehr streng. Bei derart engen Auslegungen der regionalen Vorgaben sollte den Gemeinden ein größerer Spielraum bei der Genehmigung von Windkraftanlagen auf ihrer Gemarkung eingeräumt werden, als dies in den bisher vorgesehenen Regelungen der Fall ist. Nach den derzeitigen Entwürfen wird die Planungshoheit der Gemeinden auf kleine Windkraftanlagen bis zu einer Leistung von etwa 200 kW (maximale Nabenhöhe 50 m) eingeschränkt und dies auch nur für bis zu drei Anlagen an einem Standort.

Auch bei einer weniger strengen Auslegung der „weichen“ Kriterien muss davon ausgegangen werden, dass die derzeitigen Zuwachsraten für Windkraft in der Region zurückgehen werden. In der vorliegenden Untersuchung wird bis 2050 von einer immer noch vorsichtigen Potenzialausschöpfung von 20% (0,2 Mrd. kWh/a) ausgegangen. Dem entsprechen etwa 60 moderne Windkraftanlagen mit einer Leistung von 2 MW, einer Nabenhöhe von 70 m und einem Rotordurchmesser von 75 m. Bei einer spezifischen Leistungsdichte von 0,1 MW/ha ist hierfür eine Vorrangfläche von 1 200 ha ausreichend.

3.3.2.3. Photovoltaik (Solarer Strom)

Für die Installation von Solarzellen zur Stromerzeugung kommen zunächst die gleichen Flächen wie für die Montage von Solarkollektoren zur Erzeugung von Wärme in Frage. Die Dachflächen in der Region, welche auf lange Sicht für die Nutzung von Sonnenenergie zur Verfügung stehen, reichen für eine Solarmodulfläche von 28,6 Mio. m² aus (siehe Kapitel „Solare Wärme“). Bei einem zukünftig zu erreichenden Jahresnutzungsgrad der Photovoltaik(PV)-Anlagen von 12,3% entspricht dem eine jährliche Stromproduktion von 4,0 TWh. Weitere 3,7 TWh/a kommen als zusätzliches Potenzial auf Freiflächen innerorts und an Südfassaden hinzu.

Gegenüber Solarkollektoren haben PV-Anlagen den Vorteil, dass sie nicht in der Nähe von Verbrauchern installiert werden müssen. Daher werden auch abgelegene, ebenerdige Flächen als Standorte möglich. Dies können Böschungen an Verkehrsstrassen sein, aber auch Wiesen, die weiterhin als Schafweide genutzt werden können. Bei großen Anlagen fällt die Verlegung eines Stromkabels bis zur nächsten Einspeisemöglichkeit ins Stromnetz kostenmäßig nicht sehr ins Gewicht. Hierdurch kann das oben ausgewiesene Potenzial von 7,7 Mrd. kWh/a nochmals sehr deutlich vergrößert werden. Hemmend wirken sich bei der Potenzialausschöpfung der PV hauptsächlich die heute noch sehr hohen Modulkosten aus.

Bis 2050 wird bei einer an Nachhaltigkeitskriterien orientierten Entwicklung mit einer Stromerzeugung von 1,2 TWh/a aus PV für die Region Stuttgart gerechnet. Hierfür ist weniger als ein Drittel des Dachflächenpotenzials ausreichend, sodass sich noch keine

²⁷ Durch die Windbranche wird z.B. bereits jetzt mehr Stahl nachgefragt als durch die deutschen Werften, wodurch in der krisenanfälligen Stahlbranche gefährdete Arbeitsplätze gesichert werden können.

Flächenkonkurrenz mit den Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung ergibt. An der gesamten Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der Region von 2,6 Mrd. kWh/a hat die PV somit einen Anteil von nahezu 50%. Dies spiegelt einerseits die hohe Besiedlungsdichte und andererseits das geringe Potenzial bzw. die Akzeptanzprobleme bei der Nutzung der übrigen erneuerbaren Energien im Bereich der Stromversorgung wieder.

3.3.3. Der europäische Stromverbund

Eine Stromversorgung aus erneuerbaren Energien sollte nie allein unter lokalen Gesichtspunkten betrachtet werden, da sonst die die erneuerbaren Energien fördernden überregionalen Ausgleichsmechanismen außer acht gelassen werden. Dies ist wichtig, da zufällige Schwankungen im Stromangebot der erneuerbaren Energien durch andere Kraftwerke ausgeglichen werden müssen.

Wenn der Wind auf der Schwäbischen Alb nicht weht, so kann dies an der deutschen Küste sehr wohl der Fall sein und erst recht, wenn auch die Windstandorte in den übrigen Ländern des europäischen Stromverbundes mit berücksichtigt werden. Hierdurch vergleichmäßig sich die Stromerzeugung aus Windkraft bereits erheblich.

Ein weiterer Ausgleichseffekt ergibt sich, wenn die übrigen Möglichkeiten zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien berücksichtigt werden. Und zwar in einem Verbund, der von Wasserkraft in Skandinavien bis zu Solarkraftwerken in Südspanien reicht.

Weitere Möglichkeiten zum zeitlichen Ausgleich zwischen Stromangebot und Nachfrage ergeben sich aus der zunehmenden Verbreitung von kleinen BHKW oder Brennstoffzellen, welche zu virtuellen Kraftwerken verbunden und über Netzsignale oder Internet gesteuert werden können. Auch bei den Haushaltsgeräten und sonstigen elektrischen Verbrauchern werden aufgrund der Fortschritte bei der Kommunikationstechnik Steuerungen möglich, welche auf Wunsch den Betrieb der Stromverbraucher vom aktuellen Strompreis, welcher z.B. bei einem reichlichen Angebot von Windstrom zurückgehen wird, abhängig machen können (Lastmanagement).

Im DLR aktuell durchgeführte Arbeiten für ganz Deutschland zeigen, dass auch bei Anteilen der erneuerbaren Energien von über 50% an der deutschen Stromversorgung und hohen Anteilen von KWK-Strom bereits ein sehr geringer Anteil an herkömmlichen Kondensationskraftwerken ausreicht, um die verbleibenden Schwankungen auszugleichen. Dazu sind allerdings zunächst alle Möglichkeiten zu nutzen,

- das Angebot der erneuerbaren Energien selbst zu regulieren (Stauseen, Biomassekraftwerke)
- Kleine KWK-Anlagen teilweise stromgeführt zu betreiben (unter Ausnutzung der vorhandenen Wärmespeicher)
- Große KWK-Anlagen – wie auch heute bereits üblich - im Sommer stromgeführt zu betreiben (resultierende Erzeugung von 30 Mrd. kWh_{el} im Kondensationsbetrieb) und
- Lastmanagement einzuführen (nur in sehr geringem Umfang notwendig).

Die dann noch verbleibende Lücke von knapp 25 Mrd. kWh/a (bei einer gesamten Bruttostromerzeugung von 430 Mrd. kWh/a) muss durch Kondensationskraftwerke (18 Mrd. kWh/a) und die Abschaltung von WKA (4 Mrd. kWh/a) ausgeglichen werden. Der Strom aus diesen Kondensationskraftwerken wird allerdings teurer als heute sein, da sie rechnerisch nur noch an etwa 1000 Stunden im Jahr ihre volle Leistung von 16 000 MW erbringen müssen.

Die Ergebnisse zeigen, dass zur Absicherung der Stromversorgung aus erneuerbaren Energien weit weniger an konventioneller Kraftwerkskapazität vorgehalten werden muss, als häufig befürchtet wird.

3.4. Zusätzliche Kosten des Klimaschutzes in Baden-Württemberg und der Region

Vor der Berechnung von zusätzlichen Kosten einer nachhaltigen Entwicklung sind eine Reihe von Randbedingungen festzulegen. Für Baden-Württemberg unterscheiden sich diese von ganz Deutschland u.a. deshalb, weil im Land weniger Wind als in Norddeutschland genutzt werden kann und daher die Photovoltaik einen höheren Stellenwert bekommt. Die in Baden-Württemberg bei der Verfolgung einer nachhaltigen Entwicklung entstehenden Kosten gegenüber einer Trendentwicklung²⁸ sind in /DLR&ISI 2002/ ausführlich dargestellt. Die Ergebnisse werden hier auf die Region übertragen.

Die Zusatzkosten für eine nachhaltige Entwicklung betragen im Strombereich um das Jahr 2050 133 Mio.EUR/a, entsprechend 14 EUR/a je Kopf der Bevölkerung²⁹. Im Wärmemarkt ergibt sich sogar eine Einsparung gegenüber der Trendentwicklung, was insbesondere daran liegt, dass sich bei dem für das Jahr 2050 angesetzten Heizölpreis von 53 Ct/l³⁰ eine in den vorhergehenden Jahrzehnten stark verbesserte Wärmedämmung als sehr wirtschaftlich erweist.

Aus finanzieller Sicht erscheinen die Jahre um 2030 am kritischsten. Zu diesem Zeitpunkt sind die Preise der fossilen Energieträger noch nicht so stark angestiegen. Es ergeben sich daher noch höhere Zusatzkosten als in 2050. Sie liegen im Strombereich bei 450 Mio.EUR/a und im Wärmebereich bei 225 Mio.EUR/a. Zusammen entspricht dies 68 EUR/a je Kopf der Bevölkerung. Im Vergleich zum bis dahin von 26 000 auf 41 000 EUR/a je Kopf gewachsenen Bruttoinlandsprodukt sind diese Zusatzkosten aber immer noch sehr niedrig.

Eine aus Sicht des Klimaschutzes nachhaltige Entwicklung ist nicht die billigste aller denkbaren Möglichkeiten. Im Vergleich zu den Risiken, die aus der Gefahr einer ungewollten Verschlechterung des Klimas resultieren, sind die zusätzlichen Kosten aber geradezu vernachlässigbar gering.

3.5. Der Energie-Alltag im Jahr 2050

3.5.1. Energieunterricht auf dem Aussichtsturm

Dass wir uns auf dem Aussichtsturm nach Norden wenden müssen, um unsere Gemeinde zu entdecken, hätten wir auch ohne unsere Lehrerin gewusst. Aber dann wurde uns doch noch einiges beigebracht, was die meisten von uns bisher noch nicht beachtet hatten.

Fast die Hälfte der vom Turm aus sichtbaren Dachfläche unsrer Gemeinde ist mit Solaranlagen belegt. Die helleren, etwas bläulich schimmernden Flächen gehören zu den stromerzeugenden Photovoltaik(PV)-Anlagen. Die dunkleren, welche sich kaum von den Dachfenstern unterscheiden lassen, zu den wärmeerzeugenden Solarkollektoren. Auch an der Böschung der tief eingeschnittenen Bundesstrasse gibt es große solar genutzte Flächen. Die dunklen Teile liegen nah bei den Siedlungen, damit die Wärme nicht weit transportiert werden muss. Bei dem Strom aus den helleren Solarzellen kommt es nicht so darauf an, wie

²⁸ Bei der Trendentwicklung wird angenommen, dass bereits beschlossene Maßnahmen (Ausstieg aus der Atomkraft, Umsetzung der Energieeinsparverordnung EnEV, Verdopplung des Anteils erneuerbarer Energien bis 2010) durchgeführt werden, ansonsten aber keine weiteren Anstrengungen bezüglich des Klimaschutzes unternommen werden.

²⁹ Bei einer Verdopplung des Steinkohlepreises in den nächsten 50 Jahren auf 85 EUR/t SKE sowohl in der Trend- als auch in der Nachhaltigkeitsentwicklung.

³⁰ o. MwSt. Zum Vergleich: Heizölpreis in Stuttgart Anfang Dezember 2002 35 Ct/l (o. MwSt.).

weit er zu transportiert ist. In unserer Gemeinde überwiegen bei weitem die Solarkollektoren, da wir unsere Wärme aus einem solaren Nahwärmesystem beziehen.

Im Süden des Aussichtspunkts liegt unsere größere Nachbargemeinde. Hier sind viel weniger Solaranlagen zu sehen. Dies liegt teilweise daran, dass wir von unserem Turm aus nur die nördlichen Dachhälften sehen. Außerdem wird unsere Nachbargemeinde mit Geothermie versorgt, natürlich auch über ein Nahwärmenetz. Daher sind Solarkollektoren unnötig. Dafür gibt es dort umso mehr PV-Anlagen. Auch in unserem Ort gibt es einige PV-Anlagen, z.B. auf der Kirche, da hier nur wenig Wärme benötigt wird.

Die Heizzentralen sehen von oben alle ungefähr gleich aus. Erkennlich sind sie an den silbern glänzenden Schornsteinen für die Spitzenkessel. Neben unserem Heizwerk ist ein Grashügel, unter dem sich ein großer Speicher befindet, in dem heißes Wasser vom Sommer bis in den Winter gespeichert wird. Auch in anderen Gemeinden gibt es saisonale Speicher, welche aber häufig anders konstruiert sind und dann von oben gar nicht mehr zu erkennen sind. In den walddreicheren Gemeinden mit Nahwärmeversorgung befindet sich neben der Heizzentrale ein Holzhackschnitzellager. Auf dessen Dach ist regelmäßig ein großes Kollektorfeld installiert, damit die Kessel im Sommer abgeschaltet werden können. In diesen Anlagen wird meist neben der Wärme auch noch Strom erzeugt. An sehr kalten Tagen sind über den Schornstein Dampf Wolken zu erkennen. Normalerweise ist aber nichts zu sehen. Das hat irgendetwas mit der „Brennwertnutzung“ zu tun.

Heute früh sind wir mit der Klasse zum Turm heraufgestiegen. Dabei ging es einige 100 m querfeldein durch den Wald. Mein liebster Ur-Opas sagt, dass sei früher nicht so einfach gewesen, da zu seiner Zeit viel abgestorbenes Gestrüpp herumlag. Heute verrottet fast kein Holz mehr. Damals wurde häufig noch mit Öl geheizt. Mein Ur-Opas sagt, dass es früher noch kleine Öfen in jedem Zimmer gab und dass er als kleiner Junge noch das Öl kannenweise aus dem Keller heraufgetragen habe. Ich finde das unverständlich: es ist unbequem, es stinkt und außerdem ist Öl viel zu teuer, um einfach verbrannt zu werden. Auch auf den Häckselplätzen verrotten heute nur noch dünne Zweige und Blätter. Wenn in unserem Garten große Äste oder ganze Bäume anfallen, so rufen wir das Heizwerk an. Falls unsere Streuobstwiese ausgeschnitten wird, fällt noch viel mehr Holz an. Dann kommen die Leute vom Holzheizwerk sogar umsonst zum Abholen. Opas sagt, er habe dieses Holz früher zum Teil in einem „normalen“ Holzofen verbrannt. In den heutigen Pelletöfen geht dies aber nicht mehr. Es würde sich ohnehin keiner mehr die Mühe machen, das Holz mit der Hand zu hacken oder zu sägen. Für die Pelletheizungen wird das Holz in Tankwagen angeliefert. Das ist viel bequemer und außerdem ist die Verbrennung sauberer.

Von unserem Turm aus konnte man an zwei Stellen Windparks auf der Schwäbischen Alb erkennen mit zusammen etwa 10 Windmühlen. Einige weitere lassen sich in der Ferne nur noch ahnen. Sie drehen sich lustig im kräftigen kühlen Ostwind. Vom Dorf unten sind sie fast nicht mehr zu sehen, da sie nicht direkt am Rand der Alb stehen und deshalb vom Albtrauf verdeckt werden.

Als wir uns auf den Rückweg machen, fröstele ich doch ein wenig. Wenn nur mein warmer Pullover heute morgen nicht in die Waschmaschine gesteckt worden wäre. Wenn es nicht ganz dringend ist, startet die Waschmaschine erst dann automatisch, wenn über das Stromnetz die Information übertragen worden ist, dass der Strom jetzt billig ist. Normalerweise ist das erst in der Nacht der Fall. Aber bei einem so kräftigen Wind wie heute hoffe ich, dass soviel Windstrom angeboten wird, dass mein Pullover bereits gewaschen und getrocknet ist. Jetzt freue ich mich noch mehr, in mein solar beheiztes Zimmer zurückzukehren. Mollig warm wird es aber in allen Gebäuden. Da gibt es keinen Unterschied bei der Vielfalt der Wärmeversorgungen aus Holzheizwerken, Solarer Nahwärme, Geothermie, Pellekesseln, Brennstoffzellen, Wärmepumpen und den wenigen verbleibenden fossilen Gasfeuerungen.

4. Lokal handeln – Die Weichen heute stellen

4.1. Wärmedämmung von Altbauten

Die Qualität der Wärmedämmung hat einen entscheidenden Einfluss auf den Heizwärmebedarf eines Gebäudes. Entsprechend den Ausführungen in Kapitel drei, sind Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung oft kostengünstiger, als die Bereitstellung von Energie aus regenerativen Quellen, vor allem wenn die notwendigen Arbeiten im Rahmen einer sowieso fälligen Fassadensanierung vorgenommen werden. Die Verbesserung der Wärmedämmung von Altbauten hat in diesen Fällen eine höhere Priorität, als die Installation neuer Anlagen zur Wärmeversorgung und wird deswegen zuerst behandelt.

4.1.1. Akteure

Betroffen sind als Erstes die Besitzer der Gebäude. Seien es die privaten Hausbesitzer von Ein-/Zweifamilienhäusern, Reihenhäusern bzw. kleineren Mehrfamilienhäusern oder Wohnbaugesellschaften und Wohnbaugenossenschaften, die große Wohnblocks verwalten. Sie allein müssen die Investitionsentscheidung fällen.

Im nächsten Schritt ist die Hausbank für die Finanzierung gefragt, die jedoch mit der Kreditanstalt für Wiederaufbau (Bundesförderung) und der Landeskreditbank (Landesförderung) zusammenarbeiten muss.

Für die Ausführung müssen die geeigneten Handwerksbetriebe beauftragt werden. Malerbetriebe, Gips- und Stuckateurfirmlen, Fensterbauer und Dachdecker sind die Gewerbe, welche die entsprechenden Arbeiten durchführen.

4.1.2. Hemmnisse

Obwohl die Kosten der durch Wärmedämmung eingesparten Kilowattstunde Endenergie häufig niedriger sind, als die Bezugspreise für Öl oder Gas, muss berücksichtigt werden, dass der Kostenrechnung immer sehr lange Abschreibungszeiträume zu Grunde liegen. Das heißt, das für die Wärmedämmmaßnahmen eingesetzte Kapital fließt erst innerhalb eines Zeitraums von 30 Jahren und mehr an den Investor zurück.

Hausbesitzer scheuen sich auch deswegen vor einer Verbesserung des Wärmeschutzes, da sie den Eindruck haben, dass sich die dafür aufzuwendenden Kosten bei Verkauf des Gebäudes nicht wertsteigernd bemerkbar machen. Dies liegt natürlich auch daran, dass es keinen bundesweit einheitlichen Energiepass für Häuser gibt, in dem Wärmeschutzmaßnahmen dokumentiert werden.

Eine weiteres Hemmnis ist die immer noch weit verbreitete Unkenntnis über Art und Umfang der notwendigen Arbeiten und die entsprechenden Fördermöglichkeiten des Bundes und des Landes.

4.1.3. Empfehlungen

Die Ausschöpfung der Einsparmöglichkeiten durch Wärmedämmung von Gebäuden hat einerseits eine hohe strategische Bedeutung für die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt, andererseits müssen jedoch eine Vielzahl von privaten und öffentlichen Hausbesitzern die richtige Entscheidung treffen, um dieses Ziel zu erreichen. Aus diesem Spannungsfeld folgt, dass die Wärmedämmung in der Kommunikation mit den Bürgern und den Kommunen immer wieder und über einen langen Zeitraum zum Thema gemacht werden muss.

Der Bund und das Land fördern die Wärmedämmung jeweils mit zinsverbilligten Darlehen, die kumuliert werden dürfen. Eine dritte Säule der Förderung könnten kommunale Förderprogramme sein, wie es sie an einigen Stellen auch schon gibt. Diese Programme

funktionieren im Allgemeinen über Investitionskostenzuschüsse, die abhängig vom Gewerk und von der Größe des Gebäudes gewährt werden. Ob sich derzeit solche kommunalen Förderprogramme durchsetzen lassen, hängt natürlich ganz entscheidend von der Haushaltslage der Gemeinden ab und muss je nach Einzelfall entschieden werden.

Energieberatungszentren sind wichtige Anlaufstationen, wenn es um Beratung in Sachen Wärmedämmung geht. Informationen über die verschiedenen Techniken, eingesetzte Materialien, Kosten und Fördermöglichkeiten werden dort für die Hausbesitzer bereitgestellt. An einigen Orten der Region gibt es bereits Energieberatungszentren (z.B. Stuttgart), jedoch noch nicht überall. Um den Aufwand für eine (kleine) Gemeinde möglichst gering zu halten, besteht eine Möglichkeit auch darin, gemeinsam mit anderen Kommunen eine solche Institution ins Leben zu rufen (siehe Abschnitt „Information und Kommunikation“).

Ein wichtiger Ansatzpunkt zur energetischen Verbesserung der Gebäude ist der umfangreiche Bestand aus den 50er-, 60er- und 70er-Jahren. Während dieser Zeit wurden oftmals ganze Siedlungen mit nahezu einheitlicher Bausubstanz und durchweg schlechter Wärmedämmung errichtet. Viele dieser Häuser haben mittlerweile ein Alter um die 40 Jahre, oder mehr erreicht. Das heißt, nach den üblichen Zyklen für Hausrenovierungen, steht damit ein erheblicher Teil dieser Gebäude vor der ersten Rundumsanierung.

Im Rahmen der Städtebauförderung gibt es in Baden-Württemberg schon seit langem das Instrument der Ortskernsanierung, bei der, gefördert durch Mittel des Landes und der jeweiligen Gemeinde, die älteste Bausubstanz in den Zentren der Gemeinden systematisch modernisiert wird. Denkt man dieses im Wesentlichen auf die Ortsmitte bezogene Konzept weiter, wäre es ein sinnvoller Schritt, in Zukunft auch die Baugebiete aus der Nachkriegszeit zu so genannten energetischen Sanierungsgebieten zu erklären und sie – ebenfalls unterstützt durch Fördergelder und einen organisatorischen Rahmen - vor allem im Hinblick auf Wärmebedarf und Energiebereitstellung zu modernisieren. Ein möglicher Nebeneffekt der dazu notwendigen Fassadenarbeiten wäre, dass gleichzeitig das städtebauliche Erscheinungsbild dieser Siedlungen verbessert werden könnte. Eine Aufgabe für den Verband Region Stuttgart (VRS) in diesem Zusammenhang wäre es, auf Landesebene eine politische Initiative zu starten, mit dem Inhalt, die energetische Sanierung der vielen Nachkriegssiedlungen in den Gemeinden in die Städtebauförderung zu integrieren, vergleichbar wie das heute bei der Ortskernsanierung geschieht. Eine weitere wichtige Aufgabe besteht darin, innerhalb der Region eine Bestandsaufnahme des Wärmebedarfs zu machen (siehe „Wärmeatlas“ in Abschnitt 4.3) sowie ein bis zwei entsprechende Mustersanierungsgebiete im Gebäudebestand der 50er-, 60er- und 70er-Jahre auszuweisen.

4.2. Wärmeversorgung von Gebäuden mit Einzelheizungen

In diesem Abschnitt geht es um die aktive Bereitstellung von Energie zur Wärmeversorgung mit Einzelheizungen, die im Gebäude selbst installiert sind.

Derzeit werden einige Systeme zur Bereitstellung von Wärme aus erneuerbaren Energien, die auf ein einzelnes Haus zugeschnitten sind, auf dem Markt angeboten:

1. Solarthermische Kollektoranlagen zur Warmwasserbereitung und Raumheizungsunterstützung
2. Heizungsanlagen zur Verbrennung von Holzpellets, einerseits verfügbar als Einzelofen, aber auch als vollautomatisch betriebene Zentralheizung
3. Automatisch beschickte Zentralheizungsanlagen zur Verbrennung von Holzhackschnitzeln zur Beheizung großer Einzelgebäude. Die dafür eingesetzten Holzhackschnitzelkessel liegen am unteren Ende des auf dem Markt angebotenen Leistungsspektrums (40 bis 100 kW).
4. Elektrisch betriebene Wärmepumpen zur Nutzung von Umgebungswärme, z.B. aus dem oberflächennahen Erdreich

In dieser Aufzählung sind alle Arten von manuell beschickten Kamin- und Kachelöfen zum Verbrennen von Scheitholz nicht erwähnt, da diese Systeme im Allgemeinen nur als Ergänzung zu einer Hauptheizung eingebaut werden.

4.2.1. Akteure und Randbedingungen

Die zentralen Akteure für die Realisierung von Anlagen zur Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in einzelnen Gebäuden sind die privaten Hausbesitzer (Ein-/Zweifamilien-, Reihen- und kleine Mehrfamilienhäuser) sowie Wohnbaugesellschaften und Wohnungsgenossenschaften für den Geschosswohnungsbau (große Mehrfamilienhäuser). Im Allgemeinen treffen sie die Investitionsentscheidung.

Der Einbau von solarthermischen Kollektoranlagen zur ausschließlich Warmwasserbereitung macht in schlecht gedämmten Altbauten ebenso wie in Neubauten, die nach dem Standard der Energieeinsparverordnung errichtet werden, gleichermaßen Sinn. Der Nutzenergiebedarf zur Erwärmung des Brauchwassers ist unabhängig vom Dämmstandard des Gebäudes. Wird jedoch eine solare Unterstützung der Raumheizung angestrebt, so ist das in Altbauten nicht ohne vorherige umfassende wärmetechnische Sanierung zu machen. Denn nur so kann eine Solaranlage, die von den Kosten her im Rahmen bleibt, einen nennenswerten Anteil zum Raumwärmebedarf beitragen.

Die genannten Zentralheizungsanlagen auf der Basis von Holzpellets und Holz hackschnitzeln können bei entsprechender Dimensionierung selbstverständlich auch schlecht gedämmte Häuser CO₂-neutral mit Wärme versorgen. Dies hat jedoch entsprechende Kosten in der Anschaffung und beim Einkauf des Brennstoffs zur Folge. Außerdem ist es zukünftig auch unter ökologischen Gesichtspunkten sehr wichtig, dass auch die nachwachsenden Rohstoffe (Holz ist hier keine Ausnahme) möglichst sparsam und effizient eingesetzt werden, um mit einer Tonne Hackschnitzeln oder Pellets möglichst viel Wohn- oder Nutzfläche beheizen zu können. Dies kann nur erreicht werden, wenn die genannten Heizungssysteme, neben den nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) errichteten Neubauten, möglichst nur in gut gedämmten Altbauten zum Einsatz kommen.

Damit elektrisch betriebene Wärmepumpen einen Umweltgewinn bewirken, müssen sie mit Arbeitszahlen betrieben werden, die im jährlichen Durchschnitt bei mindestens 3,5 liegen. Das heißt, die abgegebene Wärmemenge muss mindestens 3,5 mal so hoch sein, wie der für den Kompressor notwendige Stromeinsatz. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist ein möglichst niedriges Temperaturniveau auf der sekundären Seite (dem Heizkreis), das im Bereich der Vorlauftemperaturen von Fußbodenheizungen liegen sollte. Das ist der Grund, warum elektrisch betriebene Wärmepumpen aus ökologischen Gesichtspunkten im Grunde genommen nur im Neubau sinnvoll sind. Altbauten müssten erst umfassend wärmegeklärt **und** auf Fußbodenheizung umgebaut werden.

4.2.2. Empfehlungen

Die drei in der Aufzählung oben zuerst genannten Wärmeherzeugungstechniken werden derzeit mit Hilfe von Investitionskostenzuschüssen aus dem Marktanreizprogramm des Bundes gefördert. Eine wesentliche Randbedingung dieser Förderung ist, dass keine Kumulierung mit anderen öffentlichen Mitteln möglich ist. Eine zusätzliche finanzielle Förderung, z.B. durch die Kommunen in der Region macht unter diesen Umständen keinen Sinn.

Jedoch sind Messen für den Markt der Kleinanlagen und für den angesprochenen Kreis der privaten Hausbesitzer und Wohnbaugesellschaften wichtige Multiplikatoren, deren Bedeutung in Zukunft eher zunehmen wird. Deswegen ist das Engagement der Wirtschaftsförderung der Region Stuttgart bei der Messe Erneuerbare Energien in Böblingen wichtig und sollte auf jeden Fall weiter aufrechterhalten werden.

Die elektrischen Wärmepumpen waren bis Juli 2001 ebenfalls Bestandteil des Marktanreizprogramms, seit den Änderungen zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht mehr

/Jahrbuch 2001/. Im Allgemeinen sind jedoch die großen Stromversorgungsunternehmen an dem Stromabsatz durch elektrische Wärmepumpen interessiert und bieten deshalb in vielen Fällen eine entsprechende Förderung an. Aus diesem Grunde sind auch in diesem Fall keine finanziellen Anstrengungen durch den VRS oder seine Mitgliedskommunen notwendig.

Was der VRS jedoch, z.B. über die Energieberatungszentren übernehmen kann, ist die notwendige Aufklärungsarbeit über den ökologisch sinnvollen Einsatz von elektrischen Wärmepumpen. Ebenso ist es sinnvoll, dort über die anderen beschriebenen, hausbezogenen Heizungssysteme zu informieren. (siehe Abschnitt 4.5).

4.3. Wärmeversorgung im Wärmeverbund

Die für die Nutzung der erneuerbaren Energien hohe strategische Bedeutung der Nah- und Fernwärme nicht nur in Neubaugebieten, sondern vor allem auch für den Gebäudebestand wurde in den Kapiteln 2 und 3 bereits ausführlich diskutiert und erläutert.

Angesichts dieses Stellenwerts, steht die Wärmeversorgung im Verbund in der Region Stuttgart derzeit erst am Anfang, trotz der etablierten Fernwärmeversorgung in Stuttgart, der Wärmeauskopplung aus dem Kraftwerk in Altbach und einer Reihe von dezentralen Projekten auf der Basis von Erdgas-Blockheizkraftwerken und Holzheizzentralen.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Empfehlungen konzentrieren sich demnach auf erste, wichtige Schritte, die am Anfang einer über mehrere Jahrzehnte reichenden Entwicklung stehen. Eine bedeutende Frage in diesem Zusammenhang ist, welche Techniken für den Einstieg in die Nahwärme zur Nutzung erneuerbarer Energien in Frage kommen. Sie müssen zwei Kriterien erfüllen: Erstens die Verfügbarkeit von technisch ausgereiften Komponenten auf dem Markt und zweitens die ökonomische Konkurrenzfähigkeit der Systeme im Vergleich zu konventionellen, privaten Heizungsanlagen. Die dafür in Frage kommenden Techniken sind im Folgenden kurz beschrieben.

Die wesentlichen Merkmale der weiter in die Zukunft reichenden Optionen der solaren Nahwärme und der Nutzung der Tiefengeothermie wurden schon in Kapitel 3 erläutert und sind deshalb hier nicht nochmals erwähnt.

4.3.1. Heute bereits konkurrenzfähige Nahwärmetechniken

Wärmeerzeugung mit Holzhackschnitzeln

Die zentrale Komponente in der Heizzentrale ist der automatisch betriebene Kessel zur Verbrennung von Holzhackschnitzeln aus unbehandeltem Restholz. Hackschnitzelkessel werden im Leistungsbereich zwischen rund 100 kW_{th} bis 5 oder sogar 10 MW_{th} angeboten. Als mögliche Quellen für Hackschnitzel kommen Waldrestholz, Sägewerke, Industrie, sowie die Landschaftspflege in Frage. Ebenso können auch mechanisch behandelte Althölzer, wie z.B. Obstkisten und Paletten eingesetzt werden.

Die durch die Holzverbrennung erzeugte Wärme wird im Wärmetauscher des Kessels auf das in den Nahwärmeleitungen zirkulierende Heizungswasser übertragen. Für die Abgasbehandlung zur Emissionsminderung ist der Einsatz verschiedener Aggregate möglich: Zyklon, Elektrofilter, Gewebefilter, Rauchgaswäscher oder, wenn die Temperaturen im Rücklauf des Nahwärmenetzes gering genug sind, auch Rauchgaskondensation. Die Rauchgaskondensation hat zudem den Vorteil der Brennwertnutzung: Indem die Rauchgase auf tiefere Temperaturen gekühlt werden, steigt der Wirkungsgrad der Anlage.

Der Holzkessel liefert bei üblicher Auslegung 80 bis 90% der jährlich benötigten Wärmeenergie aller angeschlossenen Gebäude. Die restlichen 10 bis 20% liefert ein mit Öl oder Erdgas betriebener Spitzenlastkessel, der auch als Ausfallreserve dient.

Kraft-Wärme-Kopplung mit Biogas

Als Ausgangsstoffe für die Erzeugung von Biogas eignen sich Reststoffe wie Gülle, Biomüll, Fettabfälle, Klärschlamm oder Speisereste. Auch der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen, wie z.B. Maissilage, Grasschnitt, Energiegetreide, etc. wird bereits praktiziert bzw. intensiv diskutiert. Der Bezug verschiedener Substrate erfordert einerseits eine ausgefeilte Logistik, andererseits macht der Einsatz bestimmter Stoffe eine vorherige Hygienisierung unumgänglich (z.B. bei Speiseresten).

Das Volumen der Fermenter – der zentralen Komponente von Biogasanlagen – ist je nach Anlagengröße sehr unterschiedlich. Es reicht von 200 m³ bei Hofanlagen bis zu 7.500 m³ bei großen Gemeinschaftsanlagen (z.B. in Dänemark). Der Energiegehalt des pro Jahr erzeugten Biogases beträgt im ersten Fall rund 330 MWh (bei reinem Gülleinsatz) und im zweiten Fall ca. 36.000 MWh (Kofermentation von Gülle und industriellen organischen Abfällen).

Das mit Biogas gespeiste Blockheizkraftwerk (BHKW) erzeugt gleichzeitig Strom und Wärme. Ein Teil der erzeugten Wärme (rund 20 - 40%) muss als Prozesswärme in die Anlage zurückgeführt werden. Die restliche verfügbare Wärme kann in ein Nahwärmenetz eingespeist werden. Die räumliche Trennung von Biogaserzeugung und Kraft-Wärme-Kopplung im Blockheizkraftwerk ist durch den Transport des Biogases in einer Gasleitung ohne weiteres möglich. Je nach Größe der Anlage sind Entfernungen von 1.000 bis 2.000 m unter finanziellen Gesichtspunkten kein Problem.

Kraft-Wärme-Kopplung auf der Basis von Holzverbrennung

Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung aus Holz kann mit einer Dampfturbine, einem Dampfmotor oder dem Organic-Rankine-Cycle Prozess (ORC) erfolgen. Bei den beiden zuerst genannten Varianten muss der Holzkessel statt mit einem einfachen Wärmetauscher, mit einem Dampferzeuger ausgestattet sein. Der Dampf treibt die Turbine oder den Dampfmotor an, die ihre Leistung wiederum an den Generator zur Stromerzeugung abgeben. Der in der Arbeitsmaschine entspannte Dampf wird abgekühlt und wieder verflüssigt. Die dabei frei werdende Wärme kann in ein Nahwärmenetz eingespeist werden.

Im Unterschied dazu funktioniert der ORC-Prozess so, dass im Holzkessel zunächst ein so genanntes Thermoöl erhitzt wird, das seine Energie in einem nachgeschalteten Wärmetauscher an ein organisches Arbeitsmedium abgibt, welches die Turbine antreibt. Vorteile des ORC-Prozesses gegenüber den Dampfsystemen sind die niedrigere Arbeitstemperatur und der drucklos betriebene Kessel. Dadurch muss nicht ständig Betriebspersonal anwesend sein, wodurch Kosten während des Betriebs gespart werden.

Aus technischen Gründen benötigt man bei den hier beschriebenen KWK-Techniken Versorgungsgebiete mit größerem Wärmebedarf, als bei der reinen Holzverbrennung (siehe oben).

Solar unterstützte Nahwärme mit Kurzzeitspeicher

Durch die Installation eines großen Kollektorfeldes, z.B. auf dem Dach der Heizzentrale und anderen geeigneten Gebäuden, kann die Wärmeerzeugung aus Holz solar unterstützt werden. Die Speicherung der solaren Wärme erfolgt in einem Pufferspeicher, dessen Kapazität ein bis zwei Tage beträgt. Von dort erfolgt die Einspeisung ins Nahwärmenetz. Auf diese Weise ist es möglich, den Warmwasserbedarf der an die Nahwärme angeschlossenen Gebäude zu 50 bis 60% solar zu decken. Der solare Anteil an der gesamten verkauften Wärmemenge liegt dabei in der Größenordnung von 10 bis 12%.

Durch die solare Komponente kann der Holzkessel während der Sommermonate ganz abgeschaltet werden. Der ansonsten während des Sommers für die Warmwasserversorgung notwendige Teillastbetrieb des Holzkessels, verbunden mit erhöhten Emissionen und verringerten Wirkungsgraden, kann so vermieden werden.

Nutzung industrieller Abwärme

Eine weitere, aus dem Blickwinkel der Nahwärme wichtige Technik, muss an dieser Stelle genannt werden, auch wenn es zunächst nicht um den Einsatz erneuerbarer Energien geht.

Industrielle Prozesse weisen in vielen Fällen einen erheblichen Wärmebedarf auf, was zur Folge hat, dass große Mengen von Abwärme entstehen. Je nachdem, bei welchem Temperaturniveau die Wärme anfällt, kann sie für die Nahwärmeauskopplung geeignet sein. Voraussetzung für die Einspeisung der Abwärme in ein Nahwärmenetz ist, dass die zu versorgende Wohnsiedlung und der Industriebetrieb räumlich nahe beieinander liegen.

An welcher Stelle, mit welchem Verfahren und mit welchen Leistungen die Abwärme ausgekoppelt wird, ist immer von den speziellen Bedingungen vor Ort abhängig und kann nicht allgemein angegeben werden. Mögliche Wärmequellen sind z.B. die Rauchgase eines großen Kessels, die auf tiefere Temperaturen abgekühlt werden können, oder die Wärmeentnahme direkt aus dem Fertigungsprozess an Stellen, wo die Temperaturen ausreichend hoch sind. Zur Anpassung des Wärmeangebots an den Bedarf ist häufig die Installation eines Pufferspeichers notwendig. Um Spitzenlasten abzudecken und für die Ausfallreserve müssen schließlich noch Spitzenlastkessel installiert werden.

Die Erfahrung zeigt, dass die Nutzung industrieller Abwärme für die Nahwärmeversorgung, sofern die örtlichen Randbedingungen optimal ausgenutzt werden, Wärmelieferung zu relativ günstigen Preisen ermöglicht (siehe Auskopplung von Wärme aus Papierfabrik in Salach, Kreis Göppingen). Dadurch wird der Einstieg in die Nahwärme wesentlich erleichtert und bietet eine gute Grundlage für spätere Versorgungsvarianten unter Einbeziehung erneuerbarer Energien.

4.3.2. Die wichtigsten Akteure

Die zentralen Akteure sind einerseits die Hausbesitzer und andererseits die Investoren und Betreiber der Nahwärmeversorgung. Privatleute im Besitz eines Hauses oder Wohnbaugesellschaften, müssen sich entscheiden, ihr Haus an die Nahwärmeversorgung anzuschließen. Gleichzeitig braucht es Investoren und einen Betreiber, die davon überzeugt sind, dass es sich um ein lohnendes und tragfähiges Nahwärmeprojekt handelt.

Je kleiner eine Gemeinde ist, desto mehr spielen auch der Bürgermeister und der Gemeinderat eine wichtige Rolle im Prozess der Realisierung, die über die reine Grundsatzentscheidung im Kommunalparlament hinausgeht.

Damit das Projekt gelingt, sind natürlich auch kompetente Berater und Planer vonnöten. Von ihnen hängt die technische Qualität der Anlage und damit auch der Erfolg des Unternehmens ab.

Erfahrungsgemäß treten bei größeren Nahwärmeprojekten auch Brennstoffhändler (z.B. für Heizöl) und die Heizungsinstallateure auf den Plan, weil ihre angestammten Geschäftsinteressen tangiert werden. Das Gespräch mit ihnen darf nicht vernachlässigt werden.

Nicht zu vergessen die Öffentliche Hand als Fördermittelgeber, die durch entsprechend gestaltete Fördermaßnahmen entscheidend dazu beitragen kann, das Anfangsrisiko beim Aufbau einer Nahwärmeversorgung zu verringern.

4.3.3. Hemmnisse

Ein entscheidendes Hemmnis beim Aufbau von Nahwärmesystemen ist selbstverständlich die kritische, risikoreiche Anfangsphase, während der eigentlich möglichst viele Wärmekunden gewonnen werden müssen, um das Projekt auf eine wirtschaftlich gesunde Basis zu stellen. Dies muss vor dem Hintergrund erfolgen, dass die hohe Bedeutung der Nahwärme in Verbindung mit der Nutzung erneuerbarer Energien und der dezentralen Kraft-

Wärme-Kopplung, immer noch weithin unbekannt ist und die Initiatoren auf über Jahrzehnte gewachsene und gewohnte Versorgungsstrukturen stoßen.

Für Nahwärmeprojekte in Neubaugebieten herrschte lange Zeit Unsicherheit darüber, mit welchen Maßnahmen ein hoher Anschlussgrad durchgesetzt werden kann. Erst durch ein Urteil des Bundesgerichtshofes vom Juli 2002 (KZR 30/00) ist nun geregelt, dass Grunddienstbarkeiten zu Gunsten des Nahwärmebetreibers für die zum Verkauf anstehenden Grundstücke eingetragen werden können. Ebenso wurde ein Anschluss- und Benutzungszwang durch ein Urteil des OVG Schleswig (2 L 30/00) bestätigt.

Bei Nahwärmeprojekten im Gebäudebestand gibt es keinen Grundstückskauf, also fällt die Möglichkeit über Grunddienstbarkeiten und privatrechtliche Regelungen in Grundstückskaufverträgen weg. Ob jedoch ein Anschluss- und Benutzungszwang ein adäquates Mittel darstellt, hohe Anschlussgrade zu erhalten, ist momentan noch eine offene Frage.

Ein von ZSW und DLR durchgeführtes Modellprojekt zeigte, dass viele Bewohner eines Siedlungsgebietes im Gebäudebestand Bedenken haben, sie würden im Fall des Anschlusses an die Nahwärme in eine zu große Abhängigkeit vom Betreiber geraten. Im Laufe des Kommunikationsprozesses zeigten viele Bewohner reges Interesse an der Nahwärme, trotzdem wollten sich eine ganze Reihe nicht zur Unterschrift unter einen Vorvertrag entschließen. Eine häufige Aussage war, unterschreiben will ich zwar nicht, aber wenn die Nahwärmeversorgung trotzdem realisiert wird, dann schließe ich an.

Weitere Fragen, die zum Hemmnis werden können und deshalb gründlich diskutiert und geklärt werden müssen, sind z.B. der Standort der Heizzentrale (vor allem bei Biomassenutzung) und die Häufigkeit von LKW-Transporten bei Einsatz von Holzhackschnitzeln.

Bei den mittel- bis langfristig zum Zuge kommenden Optionen Solare Nahwärme und Tiefengeothermie gibt es zudem zusätzliche Barrieren, wie die derzeit noch vergleichsweise hohen Wärmekosten (Solare Nahwärme) und die weiterhin zu leistende technische Entwicklung im Fall der Geothermie.

4.3.4. Empfehlungen

4.3.4.1. Ausarbeitung eines Wärmeatlas der Region

Ein Wärmeatlas beschreibt die räumliche Struktur des Raumwärmebedarfs in Abhängigkeit von der Gebäudeart, des Standorts der Gebäude und ihres jeweiligen Wärmebedarfs. Ergänzend dazu beinhaltet ein Wärmeatlas die räumliche Verteilung der Heizungsanlagen und des Endenergieeinsatzes zur Wärmeversorgung.

Die Zusammenfassung der dafür notwendigen Daten ist ein erster Schritt einer langfristig angelegten Strategie, die zu neuen Strukturen der Wärmeversorgung führt. Die räumliche Struktur der Daten legt es nahe, einen Wärmeatlas von Anfang an auf einem geografischen Informationssystem (GIS) aufzubauen.

Zur Ausarbeitung eines Wärmeatlas sind im Wesentlichen vier Schritte notwendig:

1. **Gebäudetypologie:** Der Gebäudebestand wird in Baualtersklassen eingeteilt und nach Gebäudearten (Einfamilienhaus, Reihenhauses, Mehrfamilienhaus, etc.) unterschieden. Für jeden einzelnen Typ wird mit Hilfe einer Gebäudesimulation der Heizwärmebedarf im Urzustand berechnet. Sinnvoll wäre es, für die Region Stuttgart eine einheitliche Gebäudetypologie zu erstellen, wobei es möglich ist, auf einer ganzen Reihe Vorarbeiten aufzubauen (Waiblingen 1998/, Sindelfingen 2001/).
2. **Einteilung des Innenbereichs in Teilgebiete:** Der bebaute Innenbereich einer Stadt oder Gemeinde wird in Teilgebiete aufgeteilt, die möglichst durch einheitliche Bebauungsstruktur gekennzeichnet sind.

3. **Gebäudezählung:** In jedem Teilgebiet wird der Gebäudebestand gezählt, wobei nach den unter Punkt 1 genannten Gebäudetypen unterschieden wird.
4. **Räumliche Beheizungsstruktur:** Sie gibt Auskunft über die räumliche Verteilung der Heizungsanlagen sowie des Brennstoffeinsatzes. Die dafür notwendigen Daten können die vor Ort tätigen Schornsteinfeger liefern.

Die Daten eines Wärmeatlas sind eine wichtige Grundlage, für die Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten. Auf Grund der in Zukunft hohen Bedeutung der Nahwärme, ist es sinnvoll, kurz- bis mittelfristig einen Wärmeatlas für die gesamte Region auszuarbeiten. Die dafür notwendigen Arbeiten könnten ein neuer Bestandteil des Arbeitsbereichs Raumplanung des VRS sein.

Da in der hier vorliegenden knappen Beschreibung nicht alle Einzelheiten genau erläutert werden können, ist es notwendig und sinnvoll, dass vor der konkreten Ausarbeitung eines Wärmeatlas, entsprechende Details diskutiert und geklärt werden.

4.3.4.2. Standorte zur Nutzung industrieller Abwärme

Voraussetzung für die Nutzung industrieller Abwärme zur Gebäudeheizung ist die Nachbarschaft eines Industriebetriebs, in dem Wärme auf einem geeigneten Temperaturniveau anfällt, zu einer Siedlung, in der die Wärme verteilt und genutzt werden kann. Die zur Ausarbeitung eines Wärmeatlas erforderlichen Arbeiten sind bestens dafür geeignet, gleichzeitig mögliche Standorte für die industrielle Abwärmenutzung zu erkunden. Auch diese Aufgabe passt sehr gut in den Bereich Raumplanung im VRS.

4.3.4.3. Entwicklung von zwei Nahwärme-Pilotprojekten mit erneuerbaren Energien im Gebäudebestand

Angesichts der Hemmnisse, mit der die Nahwärme in Deutschland konfrontiert ist, ist es wichtig, auch in der Region Stuttgart Vorzeigeprojekte im Gebäudebestand zu realisieren. Nur durch die konkrete Umsetzung von Konzepten kann die Leistungsfähigkeit der Nahwärme verdeutlicht werden.

Dabei ist den Autoren durchaus bewusst, dass es u.a. in Bietigheim-Bissingen, Markgröningen, Ostfildern bereits realisierte Nahwärmeprojekte gibt oder in Planung sind. Es handelt sich dabei jedoch um die Versorgung öffentlicher Gebäude, teilweise ergänzt um Neubauwohnungen bzw. um die Versorgung eines großen Neubaugebiets. Dies sind einerseits sehr wichtige und zukunftsweisende Projekte, andererseits steht der Schritt in den flächendeckenden Wärmeverbund im Gebäudebestand noch aus.

Kurzfristig gute Chancen für die Nahwärme gibt es dort, wo innerhalb kurzer Zeit viele Heizungsanlagen ausgewechselt werden müssen, keine Erdgasversorgung der Nahwärme Konkurrenz macht und schließlich die Wärmebedarfsdichte ausreichend hoch ist.

Es ist zu erwarten, dass zur Entwicklung von Pilotprojekten im Gebäudebestand, die folgenden Schritte durchgeführt werden müssen:

- Suche von geeigneten Siedlungsgebieten. Der Wärmeatlas liefert dafür eine wichtige Grundlage
- Kommunikation mit der Bevölkerung vor Ort und den Gewerbebetrieben, die von der Einführung flächendeckender Nahwärmerversorgung betroffen sind (u.a. Heizungsbauer, Heizölhändler, Schornsteinfeger). Ohne Überzeugungsarbeit wird sich unter den derzeitigen Randbedingungen kein Nahwärmeprojekt verwirklichen lassen
- Ausarbeitung von technischen Konzepten, einschließlich Wirtschaftlichkeitsanalysen und einer ökologischen Bewertung
- Festlegung der Rechtsform der Betreibergesellschaft

- Verfeinerung der technischen Konzepte sowie Detail- und Ausführungsplanung, sobald die grundsätzliche Entscheidung gefallen ist
- Bau, Inbetriebnahme

Als technische Lösungen für die zwei Pilotprojekte bieten sich zum einen die reine Wärmeerzeugung mit Holzhackschnitzel u. U. solar unterstützt (Warmwasser) und zum anderen die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung vorzugsweise aus Biogas oder in einem größeren Versorgungsgebiet ebenfalls auf der Basis von Holz an.

4.3.4.4. Die Nutzung der solaren Nahwärme

Der Einsatz der solaren Nahwärme macht im Gebäudebestand aus technischen Gründen erst dann Sinn, wenn alle Häuser gut wärmegeklämt sind. Da die Solarthermie ein sehr hohes Potenzial in der Region Stuttgart hat, muss es im Interesse aller Gemeinden liegen, dass die Verbesserung des Wärmeschutzes der Häuser nicht verschleppt wird, sondern stattdessen zügig vorankommt. Der VRS sollte diesen Sachverhalt, so oft die Möglichkeit dazu besteht, in entsprechender Weise kommunizieren.

4.3.4.5. Geothermiepotenziale

Seit dem Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes hat sich die Aufmerksamkeit für die Nutzung der Geothermie deutlich erhöht. Als Teil des Zukunftsinvestitionsprogramms werden zudem entsprechende Forschungsarbeiten finanziert /Fachtagung 2002/

Wie die Karte in **Abbildung 19** zeigt (nächste Seite), liegt auch die Region Stuttgart in einem Gebiet, wo in 5.000 m Tiefe Gesteinsschichten mit relativ hohen Temperaturen erwartet werden. Diese Aussagen fußen jedoch bislang auf sehr wenigen Bohrungen und müssen nach Aussage der Autoren noch wesentlich verfeinert werden.

Die Karte wurde vom Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben in Hannover erstellt (weitere Informationen siehe Literaturverzeichnis).

Der VRS sollte diese Entwicklung intensiv verfolgen und einen engen Kontakt zu den entsprechenden Stellen und Instituten halten, um später auf solchen Untersuchungsergebnissen aufbauen zu können.

4.4. Stromerzeugung aus regenerativen Energien

4.4.1. Stromerzeugung in Kleinanlagen

In diesem Bereich gibt es im Wesentlichen zwei Märkte, die sich während der vergangenen zwei Jahre jeweils stark entwickelt haben:

1. Fotovoltaik-Anlagen im Leistungsbereich von 1 - 2 kW_p auf Dächern von Privathäusern
2. Kleine hofeigene Biogasanlagen mit einer Leistung des Blockheizkraftwerkes um die 50 kW_e und teilweiser Wärmenutzung vor Ort (Prozesswärme, Beheizung des Wohnhauses bzw. des Stalles)

4.4.1.1. Akteure

Im Fall der kleinen Fotovoltaikanlagen sind es ausschließlich die privaten Hausbesitzer, die die Investitionsentscheidung fällen und die Realisierung vorantreiben. Weitere bedeutende Akteure sind die Anbieter und Installateure von PV-Anlagen, sowie die Hausbanken welche die Kredite aus dem 100.000-Dächer-Programm bearbeiten.

Bei den Biogasanlagen sind die Landwirte die entscheidenden Initiatoren. Beteiligt sind zudem die Genehmigungsbehörden, da Biogasanlagen eine Baugenehmigung benötigen sowie die staatliche Biogasberatung bei den Ämtern für Landwirtschaft-, Landschafts- und

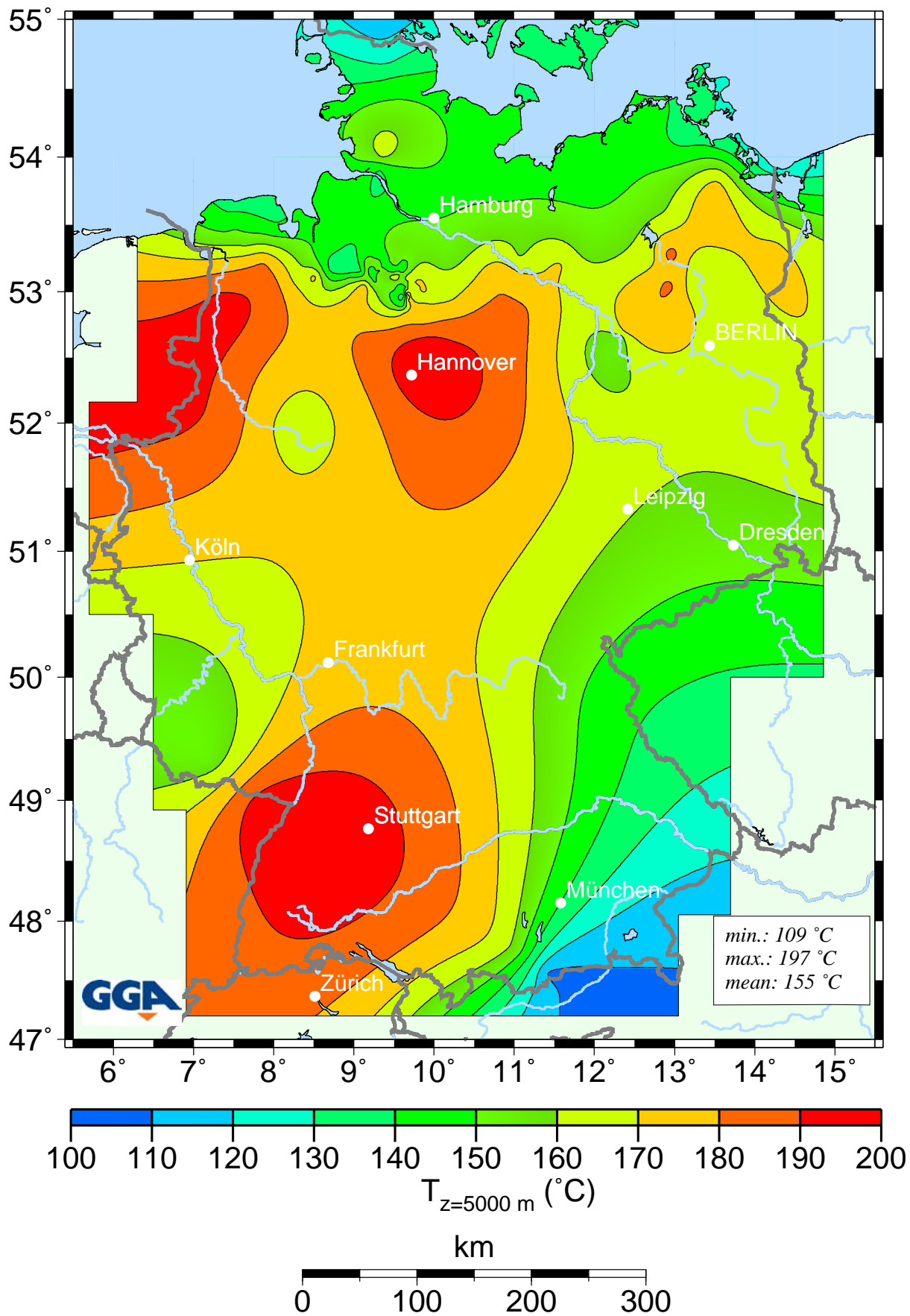


Abbildung 19: Temperaturverteilung unterhalb Deutschlands in 5.000 m Tiefe; Karte fußt auf bisher wenigen Probebohrungen /GGA 2002/

Bodenkultur sofern sie von den Landwirten in Anspruch genommen wird. Zur Finanzierung der Anlage ist ebenfalls die Hausbank gefragt (entweder Landes- oder Bundesförderung).

4.4.1.2. Empfehlungen

Die finanzielle Förderung von Fotovoltaik-Anlagen in Deutschland mit Hilfe des 100.000-Dächer-Programms und des Erneuerbare-Energien-Gesetzes ist seit 1. April 2000 auf sehr hohem Niveau. Aus diesem Grunde macht es für den VRS keinen Sinn, hier noch zusätzlich einzugreifen.

Ähnlich verhält es sich bei den kleinen Biogasanlagen. Die Vergütung für den eingespeisten Strom ist über das EEG geregelt und soll im Rahmen der vorgesehenen Novellierung speziell für die kleinen Hofanlagen nach oben angepasst werden. Außerdem gibt es noch die Förderung aus dem Marktanreizprogramm (zinsverbilligte Darlehen) und eine Förderung des Landes Baden-Württemberg. In diesem Zusammenhang muss jedoch bemerkt werden, dass das Land die Kumulierung beider Förderungen ausdrücklich ausgeschlossen hat, obwohl sie nach dem Marktanreizprogramm ausnahmsweise erlaubt wäre.

Auch im Fall der kleinen Biogasanlagen, gibt es für den VRS im Rahmen seiner Aufgaben keinen Grund, in irgendeiner Form direkte Fördermaßnahmen einzurichten.

4.4.2. Stromerzeugung in größerem Maßstab

Die Stromerzeugung aus regenerativen Energien in größeren Leistungseinheiten umfasst eine größere Anzahl von Optionen. Folgende Techniken sind in diesem Bereich von Bedeutung:

1. Windkraftnutzung in Windparks, vor allem auf den Hochflächen der Schwäbischen Alb, die innerhalb der Region liegen
2. Errichtung von großen Fotovoltaik-Anlagen auf großen, geeigneten Dächern
3. Kraft-Wärme-Kopplung auf der Basis von Biomasse wie Holzhackschnitzel und Biogas (siehe technische Beschreibungen oben)
4. Biomassekraftwerke ohne Wärmeauskopplung im Leistungsbereich bis 20 MW zur Nutzung von Altholz

4.4.2.1. Die wichtigsten Akteure

Da die allermeisten Windkraftprojekte als Betreibergesellschaften oder geschlossene Fonds organisiert werden, müssen sich zu ihrer Realisierung eine ganze Reihe von Akteuren zusammenfinden. An erster Stelle steht in diesem Fall der VRS und die betroffenen Kommunen der Region, die im Rahmen der Raum- und Flächennutzungsplanung geeignete Flächen ausweisen, sowie die Genehmigungsbehörden, die die Baugenehmigung erteilen. Schließlich muss sich ein professioneller Windkraftprojektierer für die Standorte interessieren sowie Privatleute, die Anteile an der Betreibergesellschaft zeichnen. Zur Gruppe der wichtigen Akteure gehört noch der lokale oder regionale Stromnetzbetreiber, der laut Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verpflichtet ist, den erzeugten Strom in sein Netz aufzunehmen.

Große PV-Anlagen werden zunehmend auch von Betreibergesellschaften betrieben, sodass die Verhältnisse was die Projektierung, die Anleger und das EVU anbelangt, gleich liegen wie bei der Windenergie. Ein großer Unterschied besteht darin, dass für dachintegrierte Anlagen keine Flächen ausgewiesen werden müssen und auch keine Baugenehmigung erforderlich ist.

Da die Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse automatisch mit der Wärmeerzeugung und -verteilung zusammenhängt, sind an dieser Stelle keine anderen Akteure als oben zu nennen.

Hauptbeteiligte an der Errichtung von reinen Biomassekraftwerken, in denen überwiegend Altholz verbrannt wird, sind ein Investor und die für den Standort zuständigen Genehmigungsbehörden.

4.4.2.2. Hemmnisse

Um die Ausweisung von Flächen für die Windenergienutzung ist eine politische Kontroverse zwischen dem VRS und dem Land Baden-Württemberg entbrannt. Die Ausweisung von Vorranggebieten, Eignungsgebieten und Ausschlussgebieten durch den VRS (siehe Arbeitsbilanz des VRS 1995 bis 2001) gemäß den entsprechenden Bundesgesetzen zur Förderung zur Windkraft wird mittlerweile vom Land so nicht akzeptiert. Das Land fordert eine Aufteilung lediglich in Vorrang- und Ausschlussgebiete und will dies auch so in der Neufassung des Landungsplanungsgesetzes festhalten. Dieser politische Streit, der auch die restriktive Haltung der jetzigen Landesregierung gegenüber dem Ausbau erneuerbarer Energien zum Ausdruck bringt, fördert auf jeden Fall keine positive Stimmung für den Ausbau der Windkraft.

Ein weiteres Problem ist, dass die bisher vom VRS ausgewiesenen Eignungsgebiete in den meisten Fällen zu geringe Windgeschwindigkeiten aufweisen, um dort sinnvoll Windkraftanlagen betreiben zu können. Jahresmittlere Windgeschwindigkeiten von 4,0 m/s oder sogar noch deutlich darunter – wohlgemerkt in einer Höhe von 50 m über Grund – bringen für eine Anlage oder einen Windpark nicht mehr als 700 bis 800 Vollaststunden pro Jahr. Damit ist unter den Randbedingungen des EEG kein wirtschaftlicher Betrieb möglich. Zum Vergleich, die untere Grenze der Windgeschwindigkeit bei den Vorranggebieten mit 5,0 m/s ermöglicht einen Betrieb mit rund 1.500 Vollaststunden.

Nach den vorliegenden Ausbauzahlen für Baden-Württemberg und den Anteilen, die davon auf die Region Stuttgart entfallen, sieht es so aus, dass ein großer Teil der im Regionalplan mit 220 ha ausgewiesenen Vorrangflächen bereits belegt ist. Das heißt, für den weiteren Ausbau der Windkraftnutzung ist gar nicht mehr soviel Platz vorhanden.

Große Fotovoltaikanlagen zu bauen, hat aufgrund der hohen spezifischen Kosten, ein hohes Investitionsvolumen zur Folge, was Investoren möglicherweise abschreckt.

Für die Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse gelten dieselben Hemmnisse, wie oben erwähnt. Biomasse-Kraftwerke werden hier nicht näher betrachtet (siehe Abschnitt „Empfehlungen“).

4.4.2.3. Empfehlungen

In Baden-Württemberg wird die Windenergienutzung unter den regenerativen Energien zwar nie dieselbe Rolle spielen, wie im Norden Deutschlands, was jedoch niemand zu dem Schluss verleiten sollte, die im Land geeigneten Standorte nicht oder nur zum Teil zu nutzen. Aus diesem Grunde ist es wichtig, dass der VRS bei der Standortplanung in der Offensive bleibt und versucht, Druck auf die Landesregierung auszuüben sowie das Thema mit Hilfe von Interessenten an der Windenergie weiter in der Diskussion zu halten. Eine offensive, aber auch die Grenzen der Windkraftnutzung anerkennende Planung, die zudem den offenen Dialog mit dem Natur- und Landschaftsschutz einbezieht, ist ein weithin sichtbares Zeichen für neue Wege in der Energiepolitik (Energiewende).

Darüber hinaus muss intensiv über eine behutsame Fortschreibung der Ausweisung von Vorrangflächen für die Windenergienutzung nachgedacht werden. Nur so ist es möglich, dass mittel- bis langfristig ein weiterer signifikanter Ausbau möglich ist. Wie schon in Kapitel 3 erwähnt, sind für eine vorsichtige Potenzialausschöpfung von 20 % (0,2 Mrd. kWh/a) rund 1.200 ha Vorrangfläche ausreichend.

Viele Bürger haben Interesse an der solaren Stromerzeugung, möchten bzw. können jedoch nur in der Größenordnung von 500 oder 1.000 EUR investieren. Eine Lösung dafür sind Gemeinschaftsanlagen (Betreibermodelle), bei denen das Eigenkapital durch mehrere Anleger aufgebracht wird. Der VRS kann die Verbreitung von großen Photovoltaikanlagen

dadurch fördern, dass die Gründung von Betreibergesellschaften angeregt und unterstützt wird, begleitet durch eine allgemeine Informationskampagne über die solare Stromerzeugung.

Für die Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse gelten im Prinzip dieselben Empfehlungen wie bei der reinen Wärmeerzeugung (siehe oben). Ein Unterschied besteht darin, dass die nachgefragte Leistung und Wärmemenge im Fall der KWK aus technischen Gründen größer sein muss, als bei reiner Wärmeversorgung.

Bei den Biomassekraftwerken zur ausschließlichen Stromerzeugung aus Altholz besteht in der Region aus Sicht der Autoren kein Handlungsbedarf, da der Markt in Deutschland schon ziemlich abgegrast und auch kein Kraftwerk innerhalb der Region konkret geplant ist.

4.5. Information und Kommunikation

4.5.1. Kommunale und regionale Energieberatungszentren

Messen und Ausstellungen wie die jährlich stattfindende „erneuerbare energien“ in Böblingen zeigen einen Großteil der für die Nutzung regenerativer Energien geeigneten Technologien, jedoch konzentriert auf drei Tage im Jahr. Was solche Veranstaltungen nicht bieten können, sind Stellen, in denen die Bürger und auch alle anderen Akteure ständige Ansprechpartner vorfinden.

Diese Aufgabe können regionale und kommunale Energieberatungszentren übernehmen, die professionelle, unabhängige Beratung anbieten, so gut wie möglich dezentral bzw. vor Ort. Mögliche Themen sind:

- Energieeinsparung bei Wärme und Strom
- Nutzung erneuerbarer Energien
- Strategische Bedeutung der Nahwärme für die erneuerbaren Energien
- Technik zum Anfassen

Beim Umfang dieser Aufgabenstellung ist es klar, dass nicht alle Gemeinden der Region ein eigenes Energieberatungszentrum aufbauen können. Deshalb ist es sinnvoll, dass sich verschiedene Gemeinden zu einem Verband zusammenschließen, um finanzielle Ressourcen zu bündeln. Der VRS sollte in diesem Fall vermittelnd und koordinierend tätig sein.

Für diese Aufgabe kann auch das Internet eine wichtige Hilfe sein, da auf diese Weise Sachinformationen sehr kostengünstig verbreitet werden können. Der Aufbau von Energieberatungszentren und die Entwicklung von entsprechenden Internetseiten sollte dafür Hand in Hand gehen. Die Verantwortung für die Internetseiten wäre ebenfalls eine Aufgabe für den VRS.

4.5.2. Lokale kommunale Energieagenturen

Die schrittweise Nutzung von Einsparpotenzialen durch Wärmedämmung im Gebäudebestand ist nicht nur Sache der privaten Hausbesitzer, sondern ebenso der Kommunen.

Seit 1977 wurde beim Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart eine sehr erfolgreiche Variante des Contracting, das sog. „Intracting“ aufgebaut. Es wird häufig als Stuttgarter Modell bezeichnet. Die ca. 11 Mitarbeiter der Abteilung „Energiewirtschaft“ sparen der Stadt jährlich über 25 Mio. DM an Energie- und Wasserkosten ein. Dabei sind die Aufwendungen

für die Mitarbeiter und die Investitionskosten für die durchgeführten Maßnahmen bereits abgezogen Klimaschutz und wirtschaftlicher Gewinn gehen hier Hand in Hand.

Die für den Erfolg entscheidenden Merkmale des Stuttgarter Modells sind:

- Verankerung der Mitarbeiter in der kommunalen Verwaltung. Gegenüber einem externen Contractor ergeben sich Vorteile, weil innerhalb der Verwaltung auch solche Punkte angesprochen werden können, welche sich nur für eine interne Diskussion eignen. Die Hemmschwelle einer Abgrenzung gegenüber Außenstehenden entfällt.
- Den Mitarbeitern des Stuttgarter Modells wurde zu Beginn des Versuchs in Absprache mit der Stadtkämmerei ein einmaliges Budget für Investitionen (insgesamt 4,5 Mio. DM verteilt auf 5 Jahre) zur Verfügung gestellt. Mit diesem Startkapital konnte die Abteilung erste Maßnahmen realisieren. Alle weiteren Investitionen wurden aus den Erträgen bereits in der Vergangenheit realisierter Maßnahmen finanziert.³¹ Fortbestand und Wachstum der Abteilung hängt von ihrem wirtschaftlichen Erfolg ab. Dieses Modell fördert somit die Eigeninitiative der Abteilung.
- Die Stadt Stuttgart ist groß genug, um Arbeit für ein ganzes Team von Energiebeauftragten zu garantieren. Hierdurch wird Spezialisierung, Arbeitsteilung, Erfahrungsaustausch und somit eine effektive Arbeit möglich. Nicht zuletzt wird den Risiken einer Vereinzelung entgegengewirkt, welche bei kleinen Kommunen erschwerte Arbeitsbedingungen zur Folge haben kann.

Kleinere Kommunen haben – wenn überhaupt - häufig nur einen Energiebeauftragten, was angesichts der gegenüber Großstädten geringen Einwohnerzahl auch angemessen ist. Das Stuttgarter Modell lässt sich daher nicht ohne Modifikationen für die übrigen Gemeinden der Region übernehmen. Um dennoch die Vorteile des Stuttgarter Modells nutzen zu können, ist eine Vernetzung benachbarter Kommunen und Energiebeauftragten erforderlich, sodass sich im gesamten Verbund wieder eine Einwohnerzahl wie in einer Großstadt ergibt. Die dabei entstehende lokale Energieagentur kann folgendermaßen organisiert sein (**Abbildung 20**):

- Benachbarte Kommunen schließen sich in einem Zweckverband „lokale Energieagentur“ zusammen.
- Die Bürgermeister der beteiligten Kommunen wählen einen fachlich kompetenten Leiter der lokalen Energieagentur.
- Die jeweiligen Kommunalverwaltungen ordnen ihren Energiebeauftragten für eine Teil seiner Arbeitszeit an die lokale Energieagentur ab.

Es ist wesentlich für das Gelingen des Konzeptes, dass die Energiebeauftragten weiter ein voll akzeptiertes Mitglied der jeweiligen Gemeindeverwaltung bleiben. Sie haben dann die Möglichkeit, ihre Kollegen aus der Energieagentur für Aufgaben innerhalb der eigenen Gemeinde hinzuziehen. Diese gelten dann nicht im engen Sinne als Betriebsfremde, wobei sich zusätzlich positiv auswirkt, dass auch der Leiter der Agentur u.a. dem Bürgermeister der betroffenen Kommune berichtspflichtig ist.

Das Betätigungsfeld der lokalen Energieagentur sind zunächst nur die Liegenschaften der eigenen Kommunen. Dabei können vom Leiter sowohl fachliche als auch örtliche Schwerpunkte gesetzt werden. Im Mittel sollen sich die Aktivitäten auf alle beteiligten Kommunen gleichmäßig verteilen. Mittelfristig besteht die Möglichkeit, dass der Umfang der Aktivitäten dieser Energieagentur nicht auf die städtischen Gebäude beschränkt bleibt, sondern auch Beratungsaufgaben für das produzierende Gewerbe, Dienstleistung und Haushalte übernimmt.

³¹ Wird beispielsweise eine Schule mit Mitteln der Abteilung „Energiewirtschaft“ energetisch saniert, so fließt ein Teil der Energiekosteneinsparung jährlich an die Abteilung zurück.

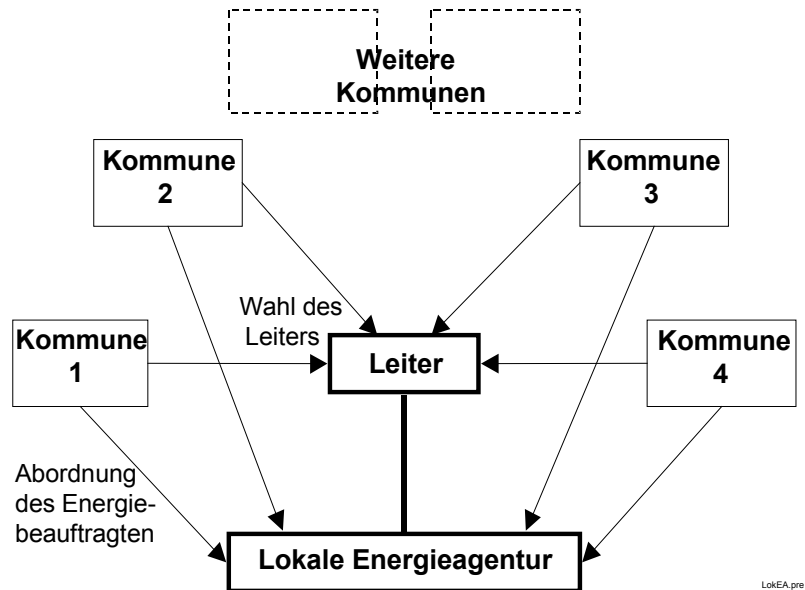


Abbildung 20: Grundzüge einer Organisationsstruktur einer lokalen Energieagentur

Bei der hier vorgestellten lokalen kommunalen Energieagentur handelt es sich um ein innovatives Konzept. Daher sind die Chancen für eine Förderung beispielsweise durch die EU als vergleichsweise gut einzuschätzen.

4.5.3. Entwicklung von Neubaugebieten

Heutzutage spielt der Neubau von Wohnungen längst nicht mehr die Rolle, wie während der letzten Jahrzehnte seit 1945. Trotzdem werden auch in den Kommunen der Region Stuttgart immer noch Neubaugebiete ausgewiesen. Um die spätere Nutzung von erneuerbaren Energien nicht schon während des Planungsprozesses zu behindern, müssen Bebauungspläne so eingerichtet werden, dass die aktive und passive Solarenergienutzung ohne Einschränkung möglich ist.

4.6. Zusammenfassung der Empfehlungen

Um einen kurzen Überblick zu geben, werden hier nochmals alle oben beschriebenen Empfehlungen in Kurzform zusammengefasst:

4.6.1. Wärmedämmung von Altbauten

- Die Einrichtung kommunaler Förderprogramme für Hausbesitzer anregen
- Verstärkte Beratung über Wärmedämmung in den Energieberatungszentren
- Politische Initiative an das Land richten, zur angemessenen Förderung energetischer Sanierungsgebiete
- Ausweisung von zwei Mustersanierungsgebieten mit dem Schwerpunkt Energie

4.6.2. Hausbezogene Heizungssysteme

- Aufklärungsarbeit über den ökologisch sinnvollen Einsatz von elektrischen Wärmepumpen (Energieberatungszentren)

4.6.3. Nahwärme / Wärmeverbund

- Ausarbeitung eines Wärmeatlas für die Region
- Suche und Identifikation von geeigneten Standorten zur Nutzung industrieller Abwärme
- Entwicklung von zwei flächendeckenden Nahwärme-Pilotprojekten im Gebäudebestand
- Die große Bedeutung der Wärmedämmung von Altbauten für die mittel- bis langfristige Nutzung der solaren Nahwärme kommunizieren
- Verfolgung der wissenschaftlichen Arbeiten über die Potenziale der Tiefengeothermie in der Region und Veröffentlichung der Ergebnisse

4.6.4. Stromerzeugung in Kleinanlagen

- *Keine speziellen Empfehlungen an den Verband der Region Stuttgart*

4.6.5. Stromerzeugung in größeren Anlagen

- In Sachen Windenergienutzung an der vom VRS erstellten dreiteiligen Raumplanung festhalten aber die Planungshoheit der Gemeinden weniger stark einschränken. Dem Land gegenüber in der Offensive bleiben
- Behutsame Fortschreibung der Ausweisung von Vorrangflächen für die Windenergienutzung über den heutigen Stand hinaus
- Die Gründung von Betreibergesellschaften (Beteiligungsmodelle) für den Bau und Betrieb großer Photovoltaikanlagen organisatorisch unterstützen und fördern

4.6.6. Information und Kommunikation

- Fortsetzung der Unterstützung der Messe „erneuerbare energien“ in Böblingen
- Die Gründung von Energieberatungszentren u. U. im Zusammenschluss mehrerer Gemeinden anregen und koordinieren
- Die gemeindeübergreifende Gründung von lokalen kommunalen Energieagenturen nach dem Stuttgarter Modell für Maßnahmen im Bereich der kommunalen Liegenschaften.
- Einrichtung von einschlägigen Internetseiten
- Bebauungspläne von Neubaugebieten so einrichten, dass aktive und passive Solarenergienutzung uneingeschränkt möglich ist.

5. Beispielhafte Anlagen in der Region

Für die Verschiedenen Nutzungsarten der erneuerbaren Energien wird jeweils eine aus unterschiedlichen Gründen als vorbildlich geltende Anlage beschrieben. Es werden nur Anlagen in der Region berücksichtigt.

5.1. Biomasse in Leonberg

In Leonberg wird bisher ungenutztes Holz zur Energiegewinnung verwendet. Es wird dabei nicht nur Wärme, sondern auch Strom erzeugt.

Die Anlage steht am nord-westlichen Rand Leonbergs zwischen dem Kreiskrankenhaus und dem Kreisberufsschulzentrum. Zusätzlich zu diesen beiden Einrichtungen des Kreises werden weitere in der Nähe liegende kreiseigene Gebäude über ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt. Der Landkreis Leonberg tritt dabei nicht nur als Wärmeabnehmer, sondern auch als Brennstofflieferant auf: Der Abfallwirtschaftsbetrieb des Kreises gibt seine Landschaftspflegehölzer, meist von seinen Häckselplätzen, kostengünstig an den Betreiber der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) ab. So wird die Organisationsstruktur aus Versorgern und Abnehmern sehr übersichtlich und die Interessen der verschiedenen Akteure sind leichter unter einen Hut zu bekommen.

Zu der KWK-Anlage gehört ein Dampfkessel mit einer Feuerungsleistung von 4 000 kW_{HU}. Mit dem Dampf wird eine Turbine betrieben, aus welcher ein Teil des Dampfes zu Heizzwecken entnommen werden kann. Bei der maximalen Wärmeauskopplung von 2 500 kW_{th} werden 480 kW_{el} erzeugt und gemäß dem EEG mit einer Vergütung von 9 Ct/kWh in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Im Sommer, wenn kaum Wärme benötigt wird, werden nur 200 kW_{th} ausgekoppelt. Die Stromerzeugung steigt dann auf 640 kW_{el}.

Das Bunkervolumen von 500 m³ reicht nur für einen Hackschnitzelvorrat von 3 Tagen bei Volllastbetrieb aus. Vor dem Wochenende ist daher der Bunker stets aus den umliegenden Häckselplätzen aufzufüllen.

Die Asche fällt in zwei Fraktionen an. Für die gering belastete Rostasche wird die Wiederverwertung im Bereich des Baustoffrecyclings angestrebt. Die Flugasche, welche aus den Abgasen herausgefiltert wird, enthält fast alle Schadstoffe, welche beim Wachstum der eingesetzten Biomasse dem durch industrielle Abgase verschmutzten Boden entzogen wurden. Sie muss getrennt deponiert werden.

Die Anlage wird von der ELS Genius GmbH, einer Tochter der EnBW, als Contractor betrieben. Von der gesamten Investitionssumme von 3,3 Mio.EUR entfallen 2,9 Mio.EUR auf die KWK-Anlage und der Rest auf das 600 m lange Nahwärmenetz einschließlich der Übergabestationen. Als Spitzenkessel werden die bestehenden Heizkessel in den versorgten Gebäuden genutzt. Bis auf eine Zuwendung des Ministeriums für Landwirtschaft und Forsten von 130 000 EUR gab es keine weiteren Zuschüsse. Der Contracting Vertrag mit dem Landkreis wurde über 20 Jahre geschlossen. Im Rahmen diese Vertrags ist ein wirtschaftlicher Betrieb gegeben.

5.2. Biogasverstromung in der Sindelfinger Kläranlage

Seit März 1998 wird in der Sindelfinger Kläranlage Strom aus Biogas gewonnen. Jährlich bleiben hierdurch der Umwelt Emissionen von ca. 1 500 t CO₂ erspart. Darüber hinaus ist diese Klimaschutzmaßnahme sehr wirtschaftlich. Sie amortisiert sich bereits nach 8 Jahren.

Die Kläranlage reinigt die Abwässer der 110 000 Einwohner von Böblingen und Sindelfingen einschließlich der zugehörigen Abwässer aus Industrie und Gewerbe. Bei einem jährlichen Abwasseranfall von 16,9 Mio. m³ ist die Anlage derzeit (Stand 1999) zu 74% ausgelastet.

Täglich fallen 110 m³ Schlamm (Trockenanteil 10%) aus den Sieben und Absetzbecken an. Dieser Schlamm wird in zwei jeweils 2 300 m³ fassenden Faulbehältern innerhalb von 40 Tagen vergoren. Dabei wird die Hälfte der im Schlamm enthaltenen organischen Substanz abgebaut. Schon allein aus diesem Grund lohnt sich der Bau der Faulbehälter. Die verbleibenden Reste werden nach nochmaliger Entwässerung in die Verbrennung gebracht.

Bei der Vergärung entstehen täglich 3 500 m³ Biogas (entsprechend jährlich 12 m³ je Einwohner). Dieses wird in anderen Anlagen häufig in einem Kessel verbrannt und zur Beheizung des Faulturms verwendet. Gasüberschüsse müssen dann abgefackelt werden.

In Sindelfingen wurden anstelle des Kessels vier Gasmotoren (BHKW) mit dem Biogas (Heizwert 6,5 kWh/m³) installiert. Zwei der BHKWs laufen durchgängig, die übrigen beiden werden zugeschaltet, wenn entweder besonders viel Biogas anfällt oder um Leistungsspitzen im Strombedarf der Kläranlage abzudecken. Bei einem mittleren Jahresnutzungsgrad von 27% können so jährlich 2,2 Mio. kWh Strom erzeugt werden und damit 2/3 des gesamten Strombedarfs gedeckt werden. Die Jahreskosten der für den Strombezug (Arbeits- und Leistungspreis) sanken von 580 000 auf 245 000 DM. Dieser Ersparnis von 335 000 DM/a stehen zusätzliche Kosten für Betrieb, Wartung und Abschreibung in der Höhe von 231 000 DM/a gegenüber. Der verbleibende jährliche Gewinn von 100 000 DM kommt letztlich den an die Kanalisation angeschlossenen Bürgern und Betrieben zugute.

Die Abwärme aus den BHKW reicht aus, um die Faulbehälter und die angrenzenden Betriebsgebäude zu beheizen. Selbst in den Wintermonaten besteht noch ein Überschuss, welcher weggekühlt werden muss.

Durch die vier mit dem ohnehin vorhandenen Biogas betriebenen BHKW kann in den deutschen Kraftwerken die Erzeugung einer Strommenge von 2,2 Mio. kWh entfallen, einschließlich der zugehörigen Klima- und Umweltbelastungen. Und das bei gleichzeitiger finanzieller Entlastung des Entsorgungsbetriebs. Die Initiatoren des Projekts sind mit dem Ergebnis sehr zufrieden.

5.3. Windkraft auf dem grünen Heiner

Die Windkraftanlage (WKA) auf dem „Grünen Heiner“, einem 85 m hohen künstlichen Schutt- und Auffüllberg zwischen der A81 und Korntal kann als Werbeträger für die Windkraft gelten. Täglich fahren zigtausend Autofahrer auf dem Weg von und zur Arbeit an der markant in die Landschaft eingepassten Anlage vorbei. Sie ist geradezu ein Symbol für die umgebenden Gemeinden geworden. Von den Konditoren wird Gebäck in der Form der WKA hergestellt.

Der Weg zum Erfolg war allerdings langwierig und steinig. 1982 bis 1984 wurden Windmessungen auf dem von allen Seiten frei angeströmten Grünen Heiner durchgeführt, mit überraschend guten Ergebnissen³². Nach ersten vergeblichen privaten Versuchen, ein Windprojekt zu initiieren, wurde der Verein „Umweltfreundliche Energie Mittlerer Neckar e.V.“ (UMEN) gegründet, welche bereits 1994 eine Bauanfrage bei der Stadt Stuttgart stellte. Die Baufreigabe erfolgte schließlich im Oktober 1999. Die größten Zeitverzögerungen wurden durch Einsprüche des Bürgermeisters von Korntal-Münchingen verursacht, obwohl dieser von sich selbst entschieden behauptete, kein Gegner der Windkraft zu sein. Nach viel nervenaufreibendem ehrenamtlichen Engagement liefert die WKA seit März 2000 Strom in das öffentliche Netz. Der Einsatz hat sich schließlich doch noch gelohnt.

Bei der WKA auf dem Grünen Heiner handelt es sich um eine Enercon E40 mit einem Rotordurchmesser von 40 m und einer Nennleistung von 500 kW. Die Aufwendungen für die Errichtung der Anlage lagen bei insgesamt 1,23 Mio.DM, davon 0,83 Mio.DM für die Lieferung der E40. Zur Finanzierung wurde eine Kommanditgesellschaft unter der Führung

³² Auch heute noch erstaunt es, dass die Anlage auf dem Grünen Heiner fast genauso viel Strom produziert als deutlich größere Maschinen auf der Schwäbischen Alb. Auf der Windkarte von /Region 2000/ ist der Standort Grüner Heiner nicht eingezeichnet.

der Gedeo GmbH gegründet. 0,72 Mio.DM konnten als zinsvergünstigtes Darlehen (3,15%/a) bei der L-Bank aufgenommen werden. Der Rest wird von ca. 70 Kommanditisten aus der Region finanziert.

Für die Jahre 2001 und 2002 wurden jeweils etwa 670 000 kWh in das öffentliche Netz eingespeist zu einer Vergütung von 17,8 Pf/kWh (9,1 Ct/kWh). Dies wird nur für eine sehr geringe Verzinsung des von den Kommanditisten eingesetzten Kapitals ausreichen. Deren Hauptziel ist aber nicht die Gewinnmaximierung. Daher wurde auf mögliche zusätzliche Einnahmen, welche die ökologische Glaubwürdigkeit des Projektes hätten beeinträchtigen können, verzichtet. Es wurde der Mast der WKA nicht als Antennenträger für den Mobilfunk zur Verfügung gestellt und es wurde ein Angebot für eine höhere Stromvergütung der NaturEnergie ausgeschlagen, da dieser Stromhändler eine Tochter der Kraftübertragungswerke Rheinfelden (KWR) ist, welche die Netzübernahme der Atomgegner in der Schwarzwaldgemeinde Schönau mit allen Mitteln zu verhindern suchte.

Für viele Stuttgarter und weitere Bürger aus der Umgebung bietet der Grüne Heiner eine gute Gelegenheit, selbst nachzuprüfen, was an den schlechten Eigenschaften, welche den Windkraftanlagen häufig nachgesagt werden, tatsächlich wahr ist. Wer mit öffentlichen Verkehrsmitteln anreist³³, trägt auch den in der Genehmigungsphase schwer zu entkräftenden Bedenken der Anwohner Rechnung, dass durch einen verstärkten Besucherverkehr die Parkplätze verstopft werden könnten.

5.4. Wasserkraft im Ammertal

Seit Oktober 2002 liefert die an der Ammer zwischen Herrenberg und Gültstein gelegene Kochmühle Strom ins öffentliche Netz zu der gesetzlich vorgeschriebenen Einspeisevergütung von 7,67 Ct/kWh. Die alte Turbine wurde im Frühjahr 2002 ausgebaut, renoviert, die Leitschaufeln verbessert, und es wurde ein Generator hinzugefügt. Bis dahin lieferte die Turbine mechanische Energie, um traditionell Getreide zu malen. Die Anlage läuft jetzt effektiver und vollautomatisch, sodass der Mühlenbesitzer seinem Beruf als Landwirt ungestört nachgehen kann. Außerhalb des Fachwerkbaus der alten Mühle blieb alles beim Alten.

Die Fallhöhe der Anlage beträgt 3,20 m, der maximale Durchfluss 0,5 m³/sec, die maximale elektrische Leistung 11 kW. In den ersten vier Betriebsmonaten wurden konstant 8 bis 9 kW ins Netz eingespeist. Für das ganze Jahr mit seinen trockeneren Sommermonaten wird eine Stromerzeugung in der Größenordnung von 40 000 kWh erwartet. In etwa 10 Jahren wird sich dann die Investition amortisiert haben.

Genehmigungsprobleme gab es bei der Kochmühle nicht. Diese sind auch bei der Gültstein Mühle nicht zu erwarten, welche etwa 700 m flussabwärts steht. Hier wird mit einer alten Turbine seit 60 Jahren ununterbrochen Strom erzeugt. Durch eine Erneuerung der Turbinenanlagen sollte sich die derzeitige Stromproduktion von 2 bis 3 kW auf über 20 kW erhöhen lassen.

Größere Probleme, insbesondere mit den Anglerverein, gibt es bei der Dritten Ammermühle, welche 700 m oberhalb der Kochmühle steht. Dieser Standort wurde schon im Jahr 1554 als Mühle erwähnt und wurde auch bis 1968 als solche genutzt. Die Lokale Agenda 21 in Herrenberg setzt sich dafür ein, dass auch hier die alten Einrichtungen zur Erzeugung von 5 kW umweltfreundlicher Wasserkraft wieder in Betrieb genommen werden können.

Die Mühlen und Wasserkraftpotenziale im Ammertal sind in der für die Region bereits erstellten Potenzialuntersuchung /Region 2000/ nicht enthalten.

³³ 1,5 km von den Haltestellen „Gymnasium Korntal“ (Regionalbahn R61) oder „Weilimdorf“ (S-Bahn S6).

5.5. Photovoltaik in Ditzingen und Herrenberg

Ditzingen

Die 15 kW Anlage in Ditzingen wurde im Dezember 2002 in Betrieb genommen. 150 m² PV-Fläche wurden auf dem Süddach installiert. Damit sind $\frac{3}{4}$ der Dachfläche genutzt. Der Rest des Daches wird von Dachgauben belegt.

Es wird eine jährliche Stromausbeute von 13 500 kWh erwartet, welche vom zuständigen Netzbetreiber (NWS) mit 48 Ct/kWh vergütet wird. Der Wirkungsgrad der Anlage wird vom Hersteller für 25 Jahre garantiert. Innerhalb dieser Zeit ist maximal eine Leistungseinbuße von 20% zulässig.

Eine große Anzeige am Straßenrand informiert die Bürger und insbesondere die auf dem Weg zur Schule vorbeikommenden Jugendliche über die erreichten Ausbeuten.

Bei der Anlage in Ditzingen handelt es sich um eine reine Bürgeranlage. Es wurde ein eingetragener gemeinnütziger Verein gegründet, welcher die Ausschreibung der Anlage durchführte und für den Betrieb der Anlage zuständig ist. Der Kaufpreis der Anlage von 91 000 EUR (inkl. MwSt.) wird zum überwiegenden Teil durch einen zinsgünstigen Kredit der KfW (62 000 EUR) finanziert. Weitere 6 000 EUR über Spenden (teils gegen Spendenbescheinigung teils gegen sog. „SonnenScheine“, welche frühestens nach 10 Jahren wieder eingelöst werden können) und private Darlehen (Verzinsung 2,5%/a). Für den dann noch fehlenden Betrag wurde ein normaler Kredit bei der Volksbank aufgenommen. Um Kosten zu sparen, wurde das Baugerüst von den Vereinsmitgliedern auf- und abgebaut. Es wird mit einer Amortisation der Anlage nach 14 Jahren gerechnet.

Die Gemeinde bürgt gegenüber den Banken für die Kredite. Dies ist eine sehr entscheidende Hilfe bei der Aufnahme von Bankkrediten. Falls die Bürgschaft in Anspruch genommen werden müsste, würde das Eigentum an der PV-Anlage auf die Gemeinde übergehen. Die Gemeinde stellt außerdem das Dach des Rathauses für mindestens 20 Jahre kostenlos als Stellfläche zur Verfügung.

Die organisatorische Abwicklung von der Gründung des Vereins bis zur Inbetriebnahme der Anlage verlief sehr zügig:

- Mai 2002: Vereinsgründung
- August 2002: Ausschreibung (Frist bis 15. September)
- Ende November 2002: Baubeginn
- Mitte Dezember 2002: Erste Stromlieferung.

Wie gewünscht wird die Anlage seit Baubeginn von den Passanten und Bürgern stärker wahrgenommen. Für die Mitglieder des Bürgervereins ist es überraschend, dass trotz einer schon im Vorfeld starken Präsenz in der örtlichen Presse vielfach Verwunderung darüber geäußert wird, dass die Gemeinde selbst in Zeiten knapper Kassen Geld für den Bau einer PV-Anlage übrig habe. Den Initiatoren ist es wichtig, zu vermitteln, dass keine öffentlichen Haushalte durch den Bau ihrer Anlage belastet wurden.

Herrenberg

Auch in Herrenberg wurde eine von den Bürgern und der lokalen Agenda 21 initiierte PV-Anlage errichtet. Sie steht auf dem Flachdach des Schickhardt-Gymnasiums und leistet 30 kW_p.

Die organisatorische Abwicklung unterscheidet sich deutlich von dem Beispiel aus Ditzingen und ist daher lehrreich. Die Finanzierung erfolgte vollständig über 70 Herrenberger Bürger durch den Kauf von Anteilsscheinen. Diesen Bürgern gehört die Anlage. Zinsgünstige Kredite der KfW konnten diejenigen Bürger erhalten, welche ein Anteil von mindestens 1 kW an der Anlage zeichneten. Die Kreditbesicherung kleiner privater Kredite stellt kein Problem

dar. Der gesamte technische Teil, nämlich Ausschreibung, Bauüberwachung und Betrieb wurde von den Stadtwerken Herrenberg übernommen. Juristisch wird die PV-Anlage den Stadtwerken auf 20 Jahre vermietet.

5.6. Solare Nahwärme in Stuttgart

Nach Abzug der amerikanischen Streitkräfte entstand das Wohngebiet „Burgholzof“ mit einer Bebauungsfläche von 13,4 ha auf einer Anhöhe über dem Talkessel der Landeshauptstadt Stuttgart. Im Endausbau werden hier ca. 2 800 Menschen in 1 360 Wohneinheiten mit einer beheizten Gesamtfläche von 86 000 m² leben.

Auf drei Gebäudekomplexen mit 15 Grad nach SSO geneigten Pultdächern wurden insgesamt 1 543 m² Kollektoren installiert. Sie speichern die produzierten Wärmemengen zunächst in einen 90 m³ großen, teilweise in der Erde versenkten Pufferspeicher ein. Von dort wird die Energie über ein Nahwärmenetz an die angeschlossenen Gebäude verteilt. Eine innovative Neuerung dieses solaren Nahwärmesystems ist, dass die Nahwärmeleitungen auch für den Transport der Solarwärme zum Pufferspeicher benutzt werden. Die Anlage ist so ausgelegt, dass 40% bis 50% des Warmwasserbedarfs solar gedeckt werden können. Die Anlage wird durch die NWS betrieben.

Einschließlich Planung und Mehrwertsteuer (15%) betragen die Kosten für das Solarsystem 1,36 Mio.DM (0,7 Mio.EUR). Der vom Hersteller garantierte Ertrag ab Pufferspeicher beträgt 702 MWh/a. Dies resultiert in einem für solare Wärme sehr günstigen Wärmepreis von 8,7 Ct/kWh.

Die praktischen Erfahrungen aus den ersten Messungen seit dem Jahr 2000 zeigen, dass die Solaranlage alle an sie gestellten Erwartungen erfüllt. Leider gilt dies nicht für die konventionellen Anlagenteile. Durch Regelprobleme sowohl bei den Übergabestationen in den Wohngebäuden als auch bei den Gaskesseln in der Heizzentrale sind die Temperaturen im Nahwärmenetz deutlich höher als geplant. Dies führt zu Einbußen bei solarem Ertrag, die vom Hersteller der Kollektoren nicht zu vertreten sind. Bei vergleichbaren Projekten muss hier zukünftig noch stärker als bisher auf die Einhaltung von Vorschriften insbesondere bei der Regelung der Rücklauftemperaturen geachtet werden.

In Baden-Württemberg gibt es außerhalb der Region sehr interessante Solare Nahwärmenetze. Eines davon in Neckarsulm-Amorbach (siehe Abbildung 14 und Abbildung 15) und ein weiteres derzeit im Bau befindliches in Crailsheim.

6. Literatur:

/DLR&ISI 2002/

J. Nitsch, M. Nast u.a.: „Struktur und Entwicklung der zukünftigen Stromversorgung Baden-Württembergs“. Untersuchung im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, Stuttgart 2002

/DLR&WI 2002/

M. Fishedick, J. Nitsch u.a.: „Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland.“. Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes; Forschungsbericht 200 97 104, UBA-FB 000314, Berlin, Juni 2002

/Fachtagung 2002/

„Geothermische Stromerzeugung – eine Investition in die Zukunft“; Tagungsband der Fachtagung vom 20./21. 06. 2002 in Landau/Pfalz; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit, 11055 Berlin

/GGA 2002/

Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Stilleweg 2, 30655 Hannover; Ansprechpartner: Rüdiger Schellschmidt, Tel: 0511-643-3539, E-Mail: ruediger.schellschmidt@gga-hannover.de

/Jahrbuch 2001/

Staiß, F.: „Jahrbuch Erneuerbare Energien 2001“; Hrsg. Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg; Bieberstein-Verlag, Radebeul 2001

/Lauersen 2001/

B. Lauersen: District Heating in Denmark – Where Are We Now? EUROHEAT & POWER 4/2001, pp. 16-20.

/Neulinger 2003/

Neulinger, EnBW: Private Mitteilung vom 31.März 2003.

/Region 2000/

Kaltschmitt, M. u.a.: Regenerative Energien in der Region Stuttgart - Kriterien und Potenziale. Untersuchung von IER, DWD und IWS im Auftrag des Verbandes der Region Stuttgart (Hrsg.), Schriftenreihe Verband Region Stuttgart Nr.13, März 2000.

/Waiblingen 1998/

Böhnisch, H.; Seul, H.: „Klimaschutzgutachten Stadt Waiblingen“; Erstellt vom ZSW; Stuttgart Juli 1998

/Sindelfingen 2001/

Nast, M., et. al.: „Klimaschutzkonzept Sindelfingen“; Erstellt von DLR und ZSW; Stuttgart, März 2001

/Wiernsheim 1998/

H. Böhnisch, M. Nast u.a.: „Schadstoffminderung im Städtebau – Modellvorhaben dörfliche Bebauung Wiernsheim.“ Örtliche und regionale Energieversorgungskonzepte, Bd. 36, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn 1998.

7. Glossar

BHKW = Blockheizkraftwerk

EnEV = Energieeinsparverordnung (trat im Februar 2002 in Kraft)

EVU = Elektrizitätsversorgungsunternehmen

Fernwärme = Wärmeversorgung über Wärmeleitungen. Im Unterschied zu Nahwärme handelt es sich bei Fernwärme um einen großen Leitungsverbund, über welchen jährlich deutlich über 10 000 MWh Wärme verteilt wird. Im praktischen Sprachgebrauch bezieht sich Fernwärme stets auf die Einrichtungen der großen, schon seit langem bestehenden Fernwärmenetze. Natürlich haben auch diese einmal klein begonnen. Insofern ist der Übergang von Nah- zu Fernwärme gleitend.

HDR = Hot Dry Rock. Technik zur Nutzung von Erdwärme im Tiefengestein. In dem Fels werden künstlich Risse erzeugt, durch welche das zu erwärmende Wasser zirkulieren kann.

Kondensationskraftwerk = Kraftwerk, bei welchem die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme ohne weitere Nutzung an die Umgebung abgegeben wird, meist über Kühltürme. Diese Art der Stromerzeugung ist in Deutschland der Normalfall.

KWK = Kraft-Wärme-Kopplung. Anlagen zur Stromerzeugung, bei denen die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme einer Nutzung, z.B. der Beheizung von Gebäuden, zugeführt wird.

Nahwärme = Wärmeversorgung über Wärmeleitungen. Im Unterschied zu Fernwärme handelt es sich um kleinere Netze, die jährlich meist weniger als 10 000 MWh an Wärme verteilen. Die Heizzentrale ist nicht weit von den Verbrauchern entfernt. Die Vorlauftemperaturen sind i.a. geringer als in Fernwärmenetzen. Der Übergang zwischen Nah- und Fernwärme ist gleitend.

Nutzwärme = tatsächlich genutzte Wärme. Nicht zur Nutzwärme gehören alle Arten von Wärmeverlusten, z.B. im Abgas von Heizkesseln, in Speicher oder in Leitungen.

Offshore = „vor der Küste“. Im Sprachgebrauch: Windkraftnutzung im Meer in den noch flachen Gewässern vor der Küste.

ORC = Organic Rankine Cycle. Technischer Prozess, bei dem auch bei Temperaturen der Wärmequelle von unter 200 °C noch Strom gewonnen werden kann. Dies ist mit dem sonst üblichen Wasserkreislauf nur bei sehr schlechten Wirkungsgraden möglich.

Prozesswärme = Wärme, welche für Produktionsprozesse benötigt wird. Auch Warmwasser wird zur Prozesswärme gerechnet, sofern es nicht getrennt ausgewiesen wird. Nicht zur Prozesswärme gehört die Wärme, welche zur Beheizung von Räumen eingesetzt wird.

Scale-up-Effekt = Skaleneffekt. Bei Anlagen zur Energieumwandlung wird durch eine Vergrößerung (=Skalierung) häufig sowohl eine Verbesserung des Wirkungsgrades als auch eine Senkung der spezifischen Kosten erreicht.

TWh = Tera-Wattstunden = 10^{12} Wh = 1 Mrd. kWh. Eine Strommenge von 1 TWh reicht aus, um den Jahresbedarf von etwa 350 000 Haushalten zu decken.

VRS = Verband Region Stuttgart

WKA = Windkraftanlage