

Optimale Auslegung energie- produzierender „aktiver“ Bauteile

D. Wertz

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

56g/2012

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Optimale Auslegung energie- produzierender „aktiver“ Bauteile

DI Dietrich Wertz
Institut für Energietechnik und Thermodynamik
Technische Universität Wien

Wien, Juni 2012

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

1. Kurzfassung

Zur Frage einer überblickshaften Darstellung von Energiewandlern, als Bereitstellungssystemen von End- und Nutzenergie für Anwender (Konsumenten), sind in den letzten Jahren zahlreiche Studien und Informationsbroschüren erschienen. Dieser reichen Auswahl an Literatur soll an dieser Stelle keine weitere Publikation hinzugefügt werden. Vielmehr soll ein konzentrierter Blick auf die **wesentlichen Entwicklungen und Einsatzmöglichkeiten im Bereich „gebäudeintegrierte Energiewandler“** geworfen werden.

1.1 Erstellen von Kostenfunktionen

Besonderes Augenmerk wurde im Rahmen dieser Arbeit zunächst auf die Definition von **Kostenfunktionen** gelegt. Dabei wurden sowohl Investitionskosten als auch Kosten für Betrieb und Wartung (O&M - Operation and Maintenance) berücksichtigt. Die Angaben erfolgen in Abhängigkeit der installierten Anlagengröße bzw. Anlagennennleistung.

1.2 Lebenszyklusanalysen

Zur Frage der Bilanzierung der Energie, die zur Errichtung von Gebäuden, deren Betrieb und deren Entsorgung aufgewendet wird, wurde ein eigener Subtask innerhalb von Arbeitspaket 2 geschaffen. Dieser Subtask gestaltet sich aufwändiger als erhofft, weil sich in den einschlägigen Quellen zum Teil widersprüchliche Angaben zum energetischen Bereitstellungsaufwand bestimmter Materialien finden. Die verschiedenen Bilanzgrenzen sowie erschweren die Vergleichbarkeit.

Ziel ist es, diese Daten auf einheitliche Bezugsgrößen zu bringen und damit eine möglichst universell anwendbare Datei in MS Excel zu erstellen, die folgende Kennwerte von Materialien in Gebäuden und das Erstellen einer Gesamtbilanz ermöglicht:

Bisher wurden die einschlägigen Quellen gesichtet und in einer Literaturliste zusammengefasst, die in Kapitel 0 angeführt ist.

1.3 Sichtung der Literatur und Erstellen einer Bewertungsmatrix

Zur Schaffung des notwendigen Überblicks über alle im Projektantrag beschriebenen, **gebäudebezogenen Energiewandler** wurde begleitend eine „**Bewertungsmatrix**“ erstellt, die ein einfaches Auffinden der notwendigen, technologiespezifischen Informationen, ermöglichen soll. Diese Matrix ist im Anhang wiedergegeben. Vom „Institut für Architektur und Entwerfen“ wurde eine Systematik entworfen, mit der eine erste qualitative Bewertung der einzelnen gebäudebezogenen Technologien auf einfache Weise

ermöglicht wird (siehe entsprechende Abbildung „Vergleichende Bewertung der Technologien“).

In den untenstehenden Kapiteln werden die technologischen Trends der letzten Jahre zusammengefasst. Die gesammelten Informationen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

*) Die Erwartungen in **dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme** wurden von den Anbietern weitestgehend enttäuscht. Die meisten einschlägigen Projekte sind nicht zur geplanten Umsetzung gelangt. Gründe dafür waren

1. Die (inflationbereinigt) über die letzten Jahrzehnte kaum steigenden bzw. in den letzten beiden Jahren sogar deutlich fallenden Strompreise bzw. unattraktive Einspeistarife für Mini- und Mikro-KWK-Systeme in Verbindung mit hohen Installationskosten dieser Anlagen
2. Die oftmals mangelnde Eigenkapitalausstattung der Betriebe, die derartige Entwicklungen durchführen.
3. Nach wie vor bestehende technische Probleme, insbesondere im Bereich von Betrieb und Wartung der Anlagen.

*) Systeme zur direkten Umwandlung des Sonnenlichts in elektrische Energie sind entsprechend der installierten Anlagenleistung (insbesondere durch das EEG in Deutschland) im Preis weiter gefallen. Die Prognosen, dass **Photovoltaik**-Systeme schon sehr bald Netzparität erreichen würden, schien bereits in greifbare Nähe zu sein, wobei die oben erwähnte Kostenentwicklung am Elektrizitätsmarkt die Marktparität wieder weiter weg rücken hat lassen. Der österreichische Markt bietet dem Endkunden zwar nicht die gleiche Dichte an etablierten Anbietern wie der deutsche Markt, aber sehr wohl ein ausreichendes Angebot an.

*) **Solarthermieanlagen** können in Österreich bereits auf eine lange Tradition zurückblicken und machen einen bedeutenden Anteil an benutzernahen, regenerativen Energiewandlern in Österreich aus. Die Integrationsmöglichkeiten in Neubau- und Sanierungsobjekten sind mittlerweile äußerst vielfältig. Allerdings zeigt der inländische Markt seit einigen Jahren aber besonders im Zuge der aktuellen Wirtschaftskrise leichte Stagnationserscheinungen in Hinblick auf technologische Entwicklungssprünge. Das lässt einerseits die Interpretation zu, dass sich der Markt einer natürlichen Sättigung angenähert hat (Solarthermie als ausgereiftes Produkt) oder dass es Zeit für völlig neue Ansätze ist (etwa Mitteltemperatursysteme, insbesondere für Gewerbebetriebe und Fernwärmenetze aber in Zukunft auch für Endnutzer; Kombisysteme Solarthermie/Wärmepumpe; - vgl. diesbezüglich laufende Forschungsprojekte, dargestellt in [29])

*) **Kleinwindkraftanlagen** haben neben den physikalischen Schwierigkeiten (unregelmäßige und energetisch unzureichendes Windangebot in bodennahen Luftschichten, im Verhältnis

zu großen Windkonvertern schlechtes Preis/Nennleistungsverhältnis usw.) insbesondere mit dem Problem zu kämpfen, dass sich in diesem Marktsegment eine Reihe von unseriösen, evtl. auch betrügerischen Anbietern tummeln. Das hat den Ruf der Branche nachhaltig beschädigt, weil es mittlerweile eine erhebliche Anzahl von Opfern unter gutgläubigen Investoren gibt. Auch sind genehmigungsrechtliche Fragen in Österreich noch keineswegs flächendeckend beantwortet.

*) **Kleinwasserkraft** lässt sich zwar meist nicht unmittelbar sinnvoll in Gebäude integrieren, kann aber in den seltenen Fällen, in denen geeignete Gewässer im Bereich eines betrachteten Gebäudes vorhanden sind, im weiteren Sinne zur Gebäudeintegration gezählt werden. Die Problemstellungen im Bereich der Kleinwasserkraft bewegen sich auf technischer Seite im Bereich der Restwasserdotation / Fischaufstiegshilfen, die Investitionskosten erhöhen und energetische Erträge im Allgemeinen reduzieren. Die Häufung von langen Trockenperioden bei gleichzeitiger Zunahme von Starkniederschlägen in den letzten Jahren und die steigenden Bodenerosionen führen zu zusätzlichen Herausforderungen. Im Bereich unter 100kW Anlagenleistung ergeben sich mangels attraktiver Einspeisetarife unter den jetzigen Rahmenbedingungen kaum Möglichkeiten, Wasserkraft wirtschaftlich zu nutzen.

*) **Wärmepumpen** gehören mittlerweile zu einer etablierten Bereitstellungstechnologie. Verfügbar sind am Markt Geräte, die der Luft, der Erde oder dem Grundwasser thermische Energie entziehen. Dabei gilt, vereinfachend gesprochen, der Grundsatz, dass die Geräte mit den geringsten Errichtungskosten (Luft/Wasser-Wärmepumpen) gleichzeitig die niedrigsten Nutzungsgrade und damit die höchsten Betriebskosten aufweisen. Problematisch bei dieser Technologie ist der hohe Anteil an Strombedarf in kalten Wetterperioden, in denen der Strombedarf in Europa tendenziell mit eher ineffizienten Kraftwerken gedeckt werden muss.

1.4 Energiestrategien aus Forschungsvorhaben

Zur Frage der Energiestrategien, die Ausgangsbasen für zahlreiche Forschungsinitiativen, öffentliche Förderungsmechanismen und anderer Instrumente mit Bezug zum Bereich Gebäude sind, gibt es eine Vielzahl an Publikationen, die bisher erst zum Teil gesichtet wurden. In der jetzigen Projektphase liegen dazu noch keine systematischen Informationen vor; die groben Entwicklungslinien sind jedoch in der Zusammenfassung dargelegt.

2. Einzelne Technologien für die Umwandlung erneuerbarer Energie für den Gebäudeeinsatz

2.1 Photovoltaik sowie photovoltaisch-thermische Hybridsysteme

Photovoltaik

Schon heute ist es Stand der Technik, die Strahlungsenergie der Sonne in gebäudeintegrierten Photovoltaikmodulen in elektrische Energie umzuwandeln und direkt im Gebäude zu nutzen, zu speichern oder in ein verfügbares Netz einzuspeisen.

Die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie gewinnt strategisch gegenüber der Umwandlung in thermische Energie deshalb an Bedeutung, weil sich aufgrund der in Passivhaus- und Plus-Energie-Gebäuden angewendeten, fortschrittlichen, im Allgemeinen zunehmend automatisierten, Haustechniksysteme und Gebäudedämmstandards tendenziell ein Zuwachs an elektrischem Strombedarf und ein Sinken des Heizenergiebedarfs ergibt. Daraus resultiert ein deutlicher Gewinn des Anteils elektrischer Energie am Gesamtenergiebedarf eines Gebäudes. Weiters stehen den eher stagnierenden Preisen im Solarthermiebereich deutlich sinkende, spezifische Investitionskosten im Bereich der Photovoltaiksysteme gegenüber.

Ein weiterer Grund, wieso die Nutzung der Sonnenenergie in vielen Fällen in erster Linie über die Umwandlung in elektrische Energie erfolgt, liegt im Bereich der einfacheren Gestaltungsmöglichkeiten auf Seiten der Architektur. Hier fällt beispielsweise auch der Vorteil, dass Verkabelungen leichter durchgeführt werden können als Verrohrungen, stark ins Gewicht.

Als praktische Nachteile der Photovoltaik gegenüber solarthermischen Systemen sind folgende Punkte anzuführen:

- Die Erfahrung der verarbeitenden Gewerbe in Österreich ist weniger ausgeprägt als im Bereich der „Solarwärme“.
- Die Systeme verhalten sich im Allgemeinen weniger „gutmütig“ gegenüber Teilabschattungen.

Derzeit wird im Team von GEBIN an der Erstellung von Nomogrammen gearbeitet, die möglichst viele Einflussparameter abbilden können sollen. Parallel dazu wird ein einfach anwendbares Excel-Tool entwickelt, das das physikalische Verhalten von Photovoltaik und Solarthermie abbildet und zur Validierung der Nomogramme herangezogen werden kann.

Dabei sollen die im Projekt erarbeiteten halbsynthetischen Klimadaten für Gebäudestandorte in Österreich herangezogen werden (Siehe dazu weiterführend den Kurzbericht von Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Klaus Kreč, Büro für Bauphysik).

Photovoltaisch-Thermische Hybridsysteme

Photovoltaikmodule weisen die bekannte Eigenschaft auf, dass eine Erhöhung der Zelltemperatur zu einer Reduktion des Wirkungsgrades führt (s. z.B. [31]). Als grober Richtwert für das marktdominierende polykristalline Silizium kann von einer Reduktion des Anlagenertrages um ca. 5% pro 10°C Temperaturerhöhung ausgegangen werden. (Genaue Berechnungen siehe ebenfalls [31] u.a.).

Trotzdem hat sich der sich anbietende Ansatz, die Module im Betrieb zu kühlen, aus verschiedenen Gründen - Steigerung der Investitionskosten, Komplexere Betriebsführung, Energiebedarf für die Umwälzung, Wartung, Anfälligkeit der Anlagen etc. - bisher nicht durchgesetzt.

Es wurde versucht, Informationen aus Prüfprotokollen von derartigen Hybridsystemen einzuholen. Seitens der Anbieter gab es jedoch zum einen Teil keine Rückmeldungen, zum anderen Teil wurde darauf hingewiesen, dass die Anlagen noch in der Phase der Prototypisierung lägen.

2.2 Solarthermie – Chancen in Anbetracht steigender Dämmstandards

Die Integration von Solarwärmesystemen gehört heute zum etablierten „Stand der Technik“ und wurde in Europa bereits millionenfach angewandt. Besonders in ländlichen Regionen und hier ganz besonders im Neubau erweist sich die Solarthermie im Wesentlichen als äußerst unproblematisch in der Anwendung. Die Versorgung von Großstädten mit thermischer Energie basiert auch heute fast ausschließlich auf fossilen Energieformen. Dies gilt beispielsweise für die österreichischen Städte Linz, Graz und Wien.

Vorhaben, solarthermische Systeme in innerstädtischen Bereichen anzuwenden, lassen sich aufgrund der häufig komplizierten Besitzverhältnisse aber auch aufgrund des oftmals fehlenden Raumes für die Installation von Speichern nicht umsetzen. Ein erster Blick auf die ökonomisch und energetisch sinnvollen Optionen in urbanen Bereichen lässt insbesondere die Möglichkeit der thermischen Netzeinspeisung als interessante Option erscheinen. Die intelligente Nutzung von bestehenden Netzinfrastrukturen eröffnet hier interessante Alternativen.

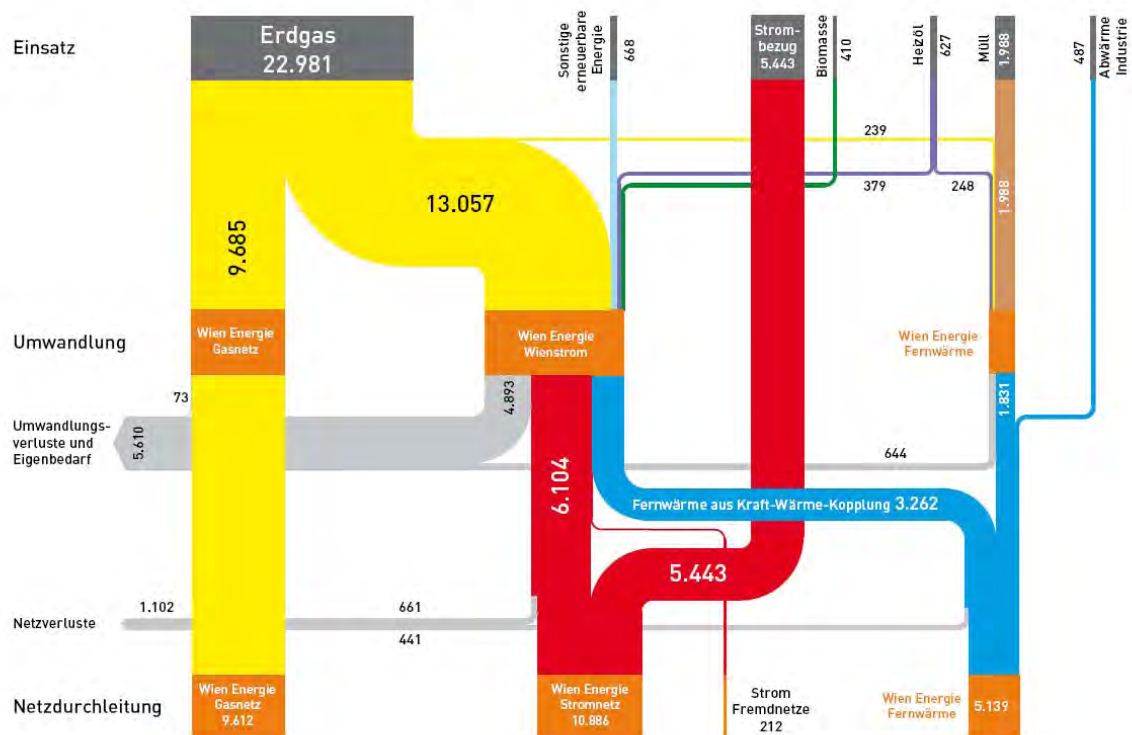


Abbildung 1: Energieflussbild von Wien Energie in GWh für das Geschäftsjahr 2008/2009; Quelle: A_3: Geschäftsbericht Wien Energie 2008/2009

In Abbildung 1 ist stellvertretend für andere vergleichbare Städte das Energieflussbild von Wien aus dem Jahre 2008/2009 dargestellt. Dabei zeigt sich die starke Abhängigkeit der Stadt vom Energieträger Erdgas. Auch innerhalb des Wiener Fernwärmesystems ist der Anteil von Erdgas – wenn auch überwiegend aus relativ effizienter Kraft-Wärme-Kopplung stammend – dominierend.

Die Versorgung mit Erdgas stellt allerdings aus Sicht des IPCC keine langfristige Option im Sinne des Klimaschutzes und auch kein Ziel des gegenständlichen Forschungsprogramms dar. Die Erfahrungen der Vergangenheit haben sodann gezeigt, dass das Potential, Erdgas direkt durch Biomasse zu ersetzen, äußerst begrenzt ist - ganz besonders im städtischen Bereich. Deshalb empfiehlt es sich, die Möglichkeiten und Grenzen einer flächendeckenden Anwendung von netzeinspeisender Solarthermie ernsthaft zu prüfen. Dies geschieht derzeit im Rahmen eines eigenen Subtasks zu Arbeitspaket 2. Erste Ideen, wie der Energiemix der Stadt Wien in Zukunft aussehen könnte, sind aus Abbildung 1 abzulesen.

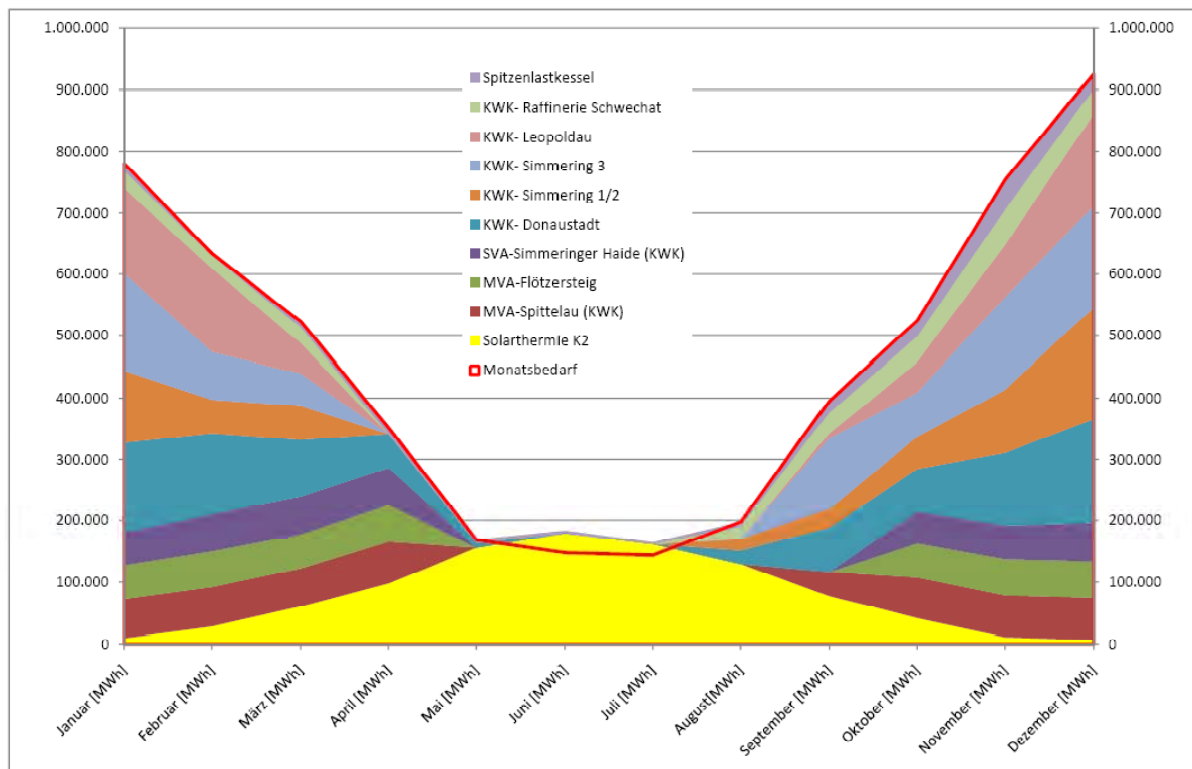


Abbildung 2: Eines der Szenarien, das zum Energiemix der Wiener Fernwärme aufgestellt wurde, geht von einem sehr hohen solaren Deckungsgrad aus.

Es wird deshalb insbesondere überprüft werden, ob folgende Empfehlungen für städtische Strukturen abgegeben werden können:

- Verdichtung der Fernwärme und Erweiterung auf das gesamte Stadtgebiet und dadurch mittelfristig vollständiger Ersatz von Erdgas.
- Fortschreibung der Strategie umfassender thermischer Sanierungen im städtischen Bereich. Dadurch soll sich eine stärkere Gleichmäßigkeit der thermischen Last für das Wärmenetz über das Jahr ergeben und ein (absolut und vor allem relativ) höherer energetischer Anteil an der Trinkwarmwassererwärmung im Vergleich zur Heizenergie erzielt werden.
- Schaffung von Solarthermie-Einkopplung in Wärmenetze; der betrachtete Bereich an Solarthermie könnte dabei nach einer ersten Abschätzung zwischen zehn und zwanzig Prozent der gesamten Wiener Dachfläche liegen.

- Damit bei den notwendigen, höheren Vorlauftemperaturen eine Einspeisung in ein Wärmenetz tatsächlich bei vernünftigem Wirkungsgrad möglich ist, ist in Zukunft eine erhöhte Nachfrage nach fortschrittlichen Kollektorsystemen zu erwarten. Angewendet werden in diesem Zusammenhang etwa doppelt verglaste Solarthermieanlagen. Diesbezügliche Möglichkeiten werden geprüft und in weiteren Berichten beleuchtet werden.
- Die zentrale Aussage aus dem Subtask soll sein, wie weit der Emissionsfaktor ($g_{CO_2}/kWh_{Endenergie}$) der Wiener Fernwärme im Lichte der technischen Möglichkeit bestehender Strukturen und deren Entwicklungsmöglichkeiten in den nächsten Jahren realistischer Weise gesenkt werden kann. Dazu werden aktuell entsprechende Entwicklungsszenarien definiert.

Die öffentliche Hand versucht in vielen Städten und Gemeinden, die Belegungsdichte von Fernwärmenetzen durch eine Erhöhung der Anschlüsse zu erhöhen. Neben dem Klimaschutz stellen Argumente wie Versorgungssicherheit, Feinstaubemissionen oder Sicherheitsaspekte Gründe dafür dar. Die oben beschriebene, gleichzeitige Verbesserung des Dämmstandards in Gebäuden käme einer zukünftigen Solarintegration entgegen.

2.3 Windkraft / Kleinwindkraft

Abgesehen von den in der Einleitung und den Kleinwindkraft-bezogenen Quellen [11] bis [14] beschriebenen Problemen der Kleinwindkraft gilt es auch, die physikalischen Randbedingungen zu beachten, die anschaulich in dargestellt sind. Dies lässt selbst für den Fall, dass die technologiebezogenen Fragen sich lösen ließen, die Installation gebäudenaher Kleinwindkraft in den meisten Fällen wenig realistisch scheinen.


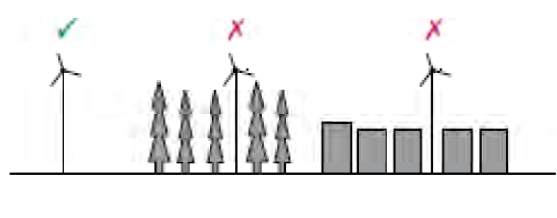
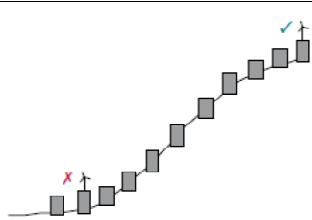


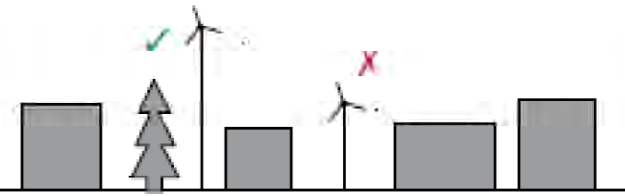
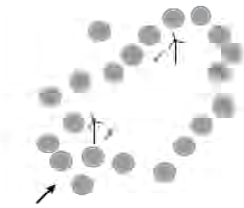
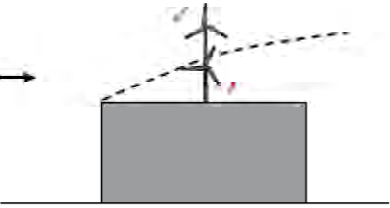
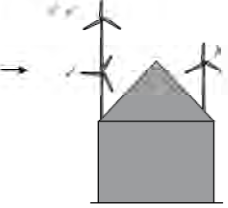
	<p>Die Windenergieanlage (WEA) soll am Rand von bebauten Gebieten oder Wäldern aufgestellt werden. Die beste Platzierung ist an der Seite der Hauptwindrichtung.</p>
	<p>Der bevorzugte Standort der WEA ist im ländlichen, unbebauten und nicht bewaldeten Gebiet.</p>
	<p>WEA sollen am Hochpunkt von sanften Hügeln platziert werden. Schnell ändernde Gradienten führen zu Strömungsabriss und Verwirbelungen, und sollen daher vermieden werden.</p>
	<p>Im Fall von Hindernissen welche die Turbine überragen, muss ein Abstand von mindestens 20 mal der Hindernishöhe eingehalten werden. Anderenfalls muss die Turbine in einer Höhe von mindesten 2 mal der Hindernishöhe montiert werden. In Ausnahmefällen kann die WEA auch in Hauptwindrichtung vor dem Hindernis errichtet werden.</p>

Abbildung 3: In [12] werden die optimale Standortwahl (oben) und Optimierungsmöglichkeiten (unten) anschaulich dargestellt.

	<p>Die Turbine soll so hoch wie möglich angebracht werden.</p>
	<p>Die WEA soll die umgebenden Hindernisse weit überragen. Je nach Abstand zum Hindernis bis zu 2 mal die Hindernishöhe.</p>
	<p>Sollte es nicht möglich sein, dass die Turbine die umgebenden Hindernisse überragt, soll zumindest ein freies Anströmfeld in Hauptwindrichtung vorhanden sein.</p>
	<p>Bei Aufstellung auf einem Flachdach, muss die Turbine über dem Turbulenzfeld angebracht werden.</p>
	<p>Bei Montage auf einem Satteldach muss die Turbine entweder</p> <ul style="list-style-type: none"> - mind. die Halbe Dachhöhe über dem First sein oder - in Hauptwindrichtung vor dem Dach montiert werden.

In der planerischen Praxis muss heute jedenfalls – ganz besonders im innerstädtischen Bereich - auf die Integration von Windkraft aufgrund der Wechselwirkung mit dem Gebäude (z.B. Vibrationseintrag) auf der einen Seite und aufgrund von genehmigungstechnischen sowie physikalischen Hürden auf der anderen Seite meist abgesehen werden. Nichts desto trotz könnte auch die Nutzung von Windenergie in Zukunft eine Rolle für einen Beitrag zur energetischen Versorgung spielen.

2.4 Wärmepumpe und Kältemaschinen; Vergleich elektrisch betriebener Geräte mit „thermischen Kompressoren“

Aufgrund der steigenden Ansprüche an die Gebäudeklimatisierung in Verbindung mit steigender Auslastung der elektrischen Netze gewinnt die Technik des solaren Kühlens zunehmend an Bedeutung. Unterstützt wird dieser Trend durch die aufgrund des Klimawandels zu beobachtende Zunahme der „Hitzetage“, das sind jene Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur 30°C erreicht oder übersteigt.

Ein ökologisch/ökonomischer Vergleich zwischen konventionellen Kompressionskältemaschinen, die elektrische Energie aus Photovoltaik betrieben werden und thermisch angetriebenen Absorptionskältemaschinen ist derzeit in Vorbereitung.

2.5 Kraft-Wärme-Kopplung über forstliche Biomasse

Die Entwicklungen im Bereich von Klein- und Mikro-KWK-Systemen auf Biomassebasis werden am Institut für Thermodynamik und Energiewandlung bereits seit einigen Jahren genau verfolgt [32]. Diese Beobachtung sowie aktuelle Entwicklungen bestätigen die Befürchtung, dass sich die bisherigen Erwartungen in eine breite Anwendbarkeit dieser Technologie nicht erfüllt haben bzw. sich in absehbarer Zeit nicht erfüllen werden. Zwei Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit bestätigen das:

- Als das in diesem Bereich wohl hoffnungsreichste Projekt der letzten Jahre kann der Versuch der Entwicklung einer Kraft-Wärme-Kopplungsmaschine auf Basis eines Pelletskessels des Herstellers KWB durch die Firma spm¹ bezeichnet werden². Aufgrund der Nähe zu einem etablierten Kesselhersteller und der Zusammensetzung des Entwicklungsteams wäre ein Erfolg in diesem Forschungs-/Entwicklungsfeld am ehesten zu erwarten gewesen. Trotzdem wurden die diesbezüglichen Erwartungen enttäuscht. Ein Gespräch mit einem der Entwickler des Projekts³ zeigte, dass dieses bereits sehr weit fortgeschritten war. Die technologischen Hürden erscheinen - unter den aktuellen wirtschaftlichen Randbedingungen - allerdings noch unüberwindbar.
- Bei einem Besuch bei der Firma Sunmachine am 20. August 2009 in Wilhelmsburg wurde zwar das pelletsbetriebene KWK-System im Betrieb vorgeführt. Die Firma ist allerdings mittlerweile aufgrund finanzieller und technischer Probleme nicht mehr am Markt vertreten. Sie hat Anfang 2010 Insolvenz angemeldet⁴.

Trotz der Rückschläge am Markt bleibt die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme im kleinen Leistungsbereich vielerorts ein wichtiges Thema. Sicherlich hat auch folgende Aussage, die auf Biomassepotentiale, Anwendung von Biomasse in Gebäuden und technologische Trends Bezug nimmt, in der Rückschau betrachtet Gültigkeit behalten und hat auch für absehbare Zeit nach wie vor Gültigkeit [33, S.VII]:

- Auch im Fall stark steigender Gebäudeeffizienz wird 2050 noch ein substanzieller Wärmebedarf bestehen, der nicht ausschließlich durch Solar-Systeme gedeckt wird. Aus Kosten- und Klimaschutzgründen ist anzustreben, diesen möglichst mit Biomasse zu decken.
- Wo immer gesamtenergetisch sinnvoll möglich, ist die gekoppelte Strom- und Wärmeproduktion sukzessive zu forcieren.
- Die Analysen zeigen, dass ambitionierte Zielsetzungen im Bereich biogener Kraftstoffe hinsichtlich der hohen Kosten und moderaten THG-Reduktionen sowie der beschränkten Ressourcenpotenziale nicht sinnvoll sind.

¹ spm - „Stirling-Power-Module“

² Beschreibung des Projekts siehe Anhang A_2

³ Gespräch mit Hrn. DI Georg Ptak, Knittelfeld, 26.8.2010

⁴ Siehe Anhang A_1: „Ofen aus: SUNMACHINE GmbH insolvent“, Download: 20101212
<http://www.bhkw-prinz.de/sunmachine-gmbh-insolvent/1160>

- Forschung und Technologieentwicklung kann langfristig deutliche Verbesserungen der Effizienz der Biomassenutzung bringen und ist daher mit hoher Priorität zu forcieren.
- Es besteht zunehmende Konkurrenz zwischen verschiedenen energetischen und nichtenergetischen Biomasse-Nutzungspfaden. Als effektive Maßnahme zur Minderung dieser Situation sind massivste Reduktionen von Energie- und Ressourcenverbrauch unabdingbar.

3. Kostenfunktionen von Technologien für die Umwandlung erneuerbarer Energie

Eine Aufgabenstellung aus dem Projektantrag war die Erstellung eines Optimierungsverfahrens von Wandlerstrukturen nach monetären Aspekten. Als Voraussetzung dafür wurden bereits Kostenfunktionen dieser Technologien aufgestellt, indem Preise für Anlagen bestimmter Leistung ermittelt wurden und daraus Interpolationsfunktionen generiert wurden [A_5].

Da die Frage der Kostenfunktionen von Technologien zur Umwandlung erneuerbarer Energie in einer eigenen Arbeit behandelt wurde, soll hier nur beispielhaft für die Kostenstruktur von Biomassekesseln beleuchtet werden sowie ein durchgerechnetes Szenario mit geringer thermischer Last als Ergebnis dieses Subtasks beschrieben werden.

„Energiewandler Biomassekessel“

Unter dem Sammelbegriff Biomasse wurden die Holzvergasungs-, die Hackschnitzel- und die Pelletsanlagen betrachtet.

Die Erstellung der Funktionen (sowohl der Kostenfunktion wie auch der O&M⁵ – Kosten) erfolgte mit den Daten (Preisliste) einschlägiger Firmen in Verbindung mit der Biomasse-Basisliteratur, aus der etwa die verwendeten Heizwerte von biogenen Brennstoffen abgelesen wurden.

⁵ O&M – Operation and Maintenance

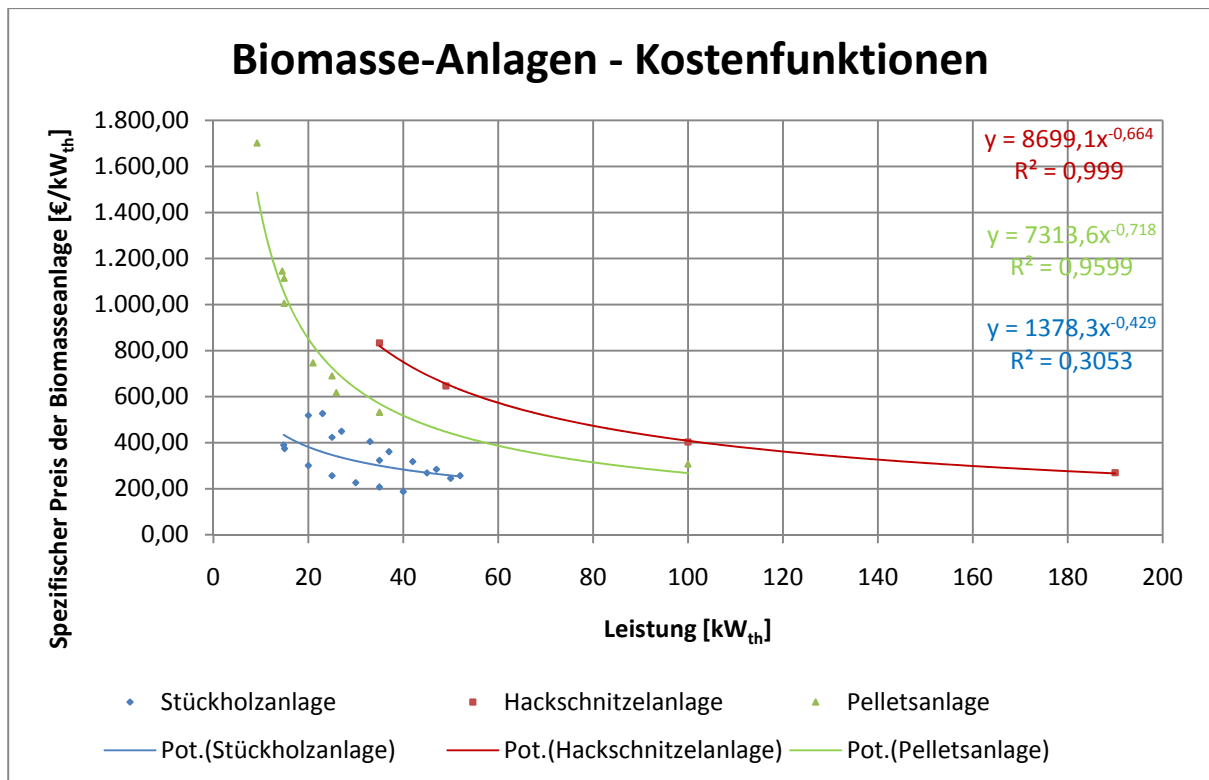


Abbildung 4: Biomasse – Kostenfunktionen: Investition

Unter den betrachteten Biomasseanlagen sieht man eindeutig, dass die Stückholzanlage in die geringsten Investment-Kosten aufweist. Über den dargestellten Bereich (ca. 18 bis 52kW_{th}) kann man die spezifischen Kosten für Stückholzanlagen mit ca. 220 bis 420 $\frac{\text{€}}{\text{kW}_{th}}$ beziffern.

Im Fall der Pelletsanlage kann man nicht mehr eindeutig über alle dargestellten Leistungsbereiche einen sinnvollen Kostenbereich festlegen. Im kleinen Leistungsbereich (ca. 10 bis 40kW_{th}) kann man die spezifischen Kosten mit ca. 570 bis 1500 $\frac{\text{€}}{\text{kW}_{th}}$ angeben.

Daraus sieht man, dass die spezifischen Kosten im unteren Leistungsbereich stark degressiv verlaufen. Im oberen Leistungsbereich wiederum verläuft die Kurve ähnlich der Stückholzanlagenkurve. Hier beziffert man die spezifischen Kosten von ca. 300 bis 550 $\frac{\text{€}}{\text{kW}_{th}}$ (Leistungsbereich ca. 40 bis 100 kW_{th}).

Im Leistungsbereich von ca. 35 bis 190 kW_{th} sind die spezifischen Kosten bei Hackschnitzelanlagen am höchsten und liegen zwischen ca. 300 bis 850 $\frac{\text{€}}{\text{kW}_{th}}$.

Kostenfunktion

Für alle drei betrachteten Anlagen (Holzvergasung, Hackschnitzel, Pellets) mussten verschiedene Tabellen erstellt werden, da die Anlagen verschiedenen Technologien zugrundeliegen, aber trotzdem unter den Gesamtbegriff Biomasse gestellt werden können.

O&M – Kosten

Diese Kosten setzen sich aus den folgenden und in weiterer Folge näher beschriebenen Komponenten zusammen. Die Auswahl kann an aktuelle Gegebenheiten angepasst werden.

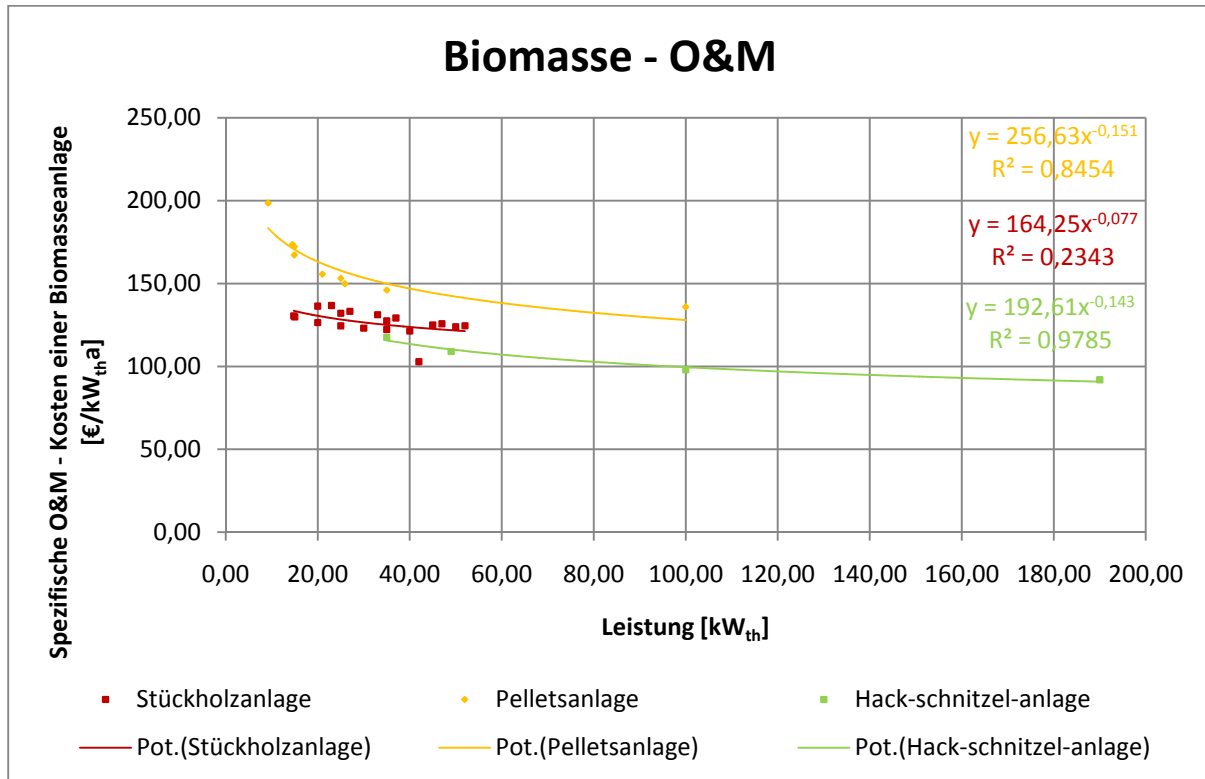


Abbildung 5: Biomasse – Kostenfunktion: O&M – Kosten

„Szenario 2 kW“

Unter diesem Punkt wurden alle Technologien mit thermischer Leistung bzw. elektrischer Leistung untereinander verglichen werden. Es wurde eine Festlegung getroffen, die für jeden „Erzeuger“, sei er thermisch oder elektrisch, drei solcher Szenarien vorsieht. Die betrachteten Leistungen waren 2, 5 und 10kW. Die Betrachtung wurde mit den Gesamtkosten durchgeführt, also mit Hilfe der jeweiligen Kostenfunktionen und O&M – Kosten. Es handelt sich bei den O&M – Kosten um Berechnungen für die nächsten 40 Jahre. Zusätzlich wurden die erzeugten Leistungen über die Lebensdauer jeweils unter den thermischen bzw. elektrischen „Erzeugern“ in Diagrammen verglichen. Als Grundlage dient die mittlere Leistungsstufe von 5kW. Es wurden übliche Volllaststunden zu den einzelnen Energiewandlern angenommen.

Zu den thermischen „Erzeugern“ zählen die Solarthermie, die Stückholz-, Hackschnitzel- und Pelletsanlage sowie die vier Wärmepumpentypen (Sole/Wasser, Wasser/Wasser, Luft/Wasser, Direktverdampfung/Wasser).

Erneuerbare Energie	Leistung	Lebensdauer	Investitionskosten	O&M Kosten
[]	[kW _{th}]	[a]	[€]	[€/a]
Solarthermie	2,0	40	2.453,32	40,53
Stückholz	2,0	40	2.047,54	311,43
Hackschnitzel	2,0	40	10.980,46	348,87
Pellets	2,0	40	8.892,45	462,26
Wärmepumpe - Sole/Wasser	2,0	40	4.649,42	193,77
Wärmepumpe - Wasser/Wasser	2,0	40	3.257,69	150,50
Wärmepumpe - Luft/Wasser	2,0	40	8.892,45	233,77
Wärmepumpe - Direktverdampfung/Wasser	2,0	40	5.567,58	215,53

Tabelle 1: Szenarien – Thermische „Erzeuger“ – 2kW_{th} Berechnungstabelle

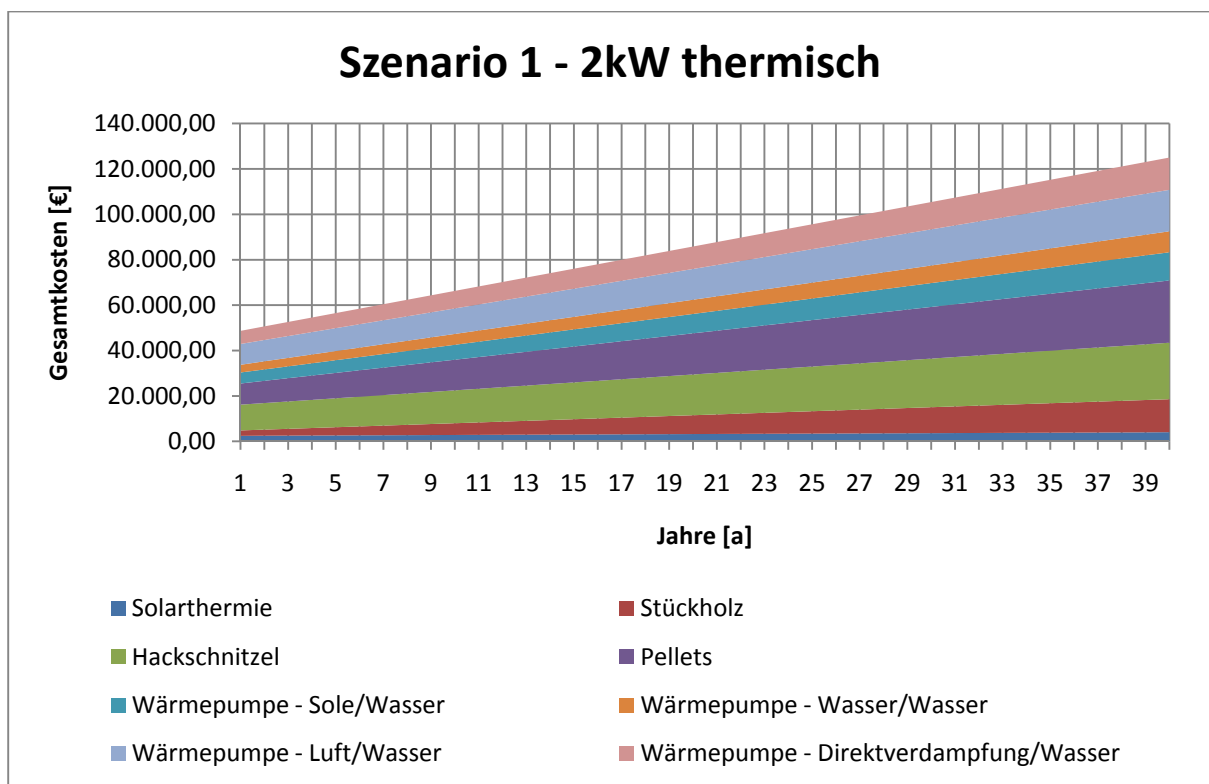


Abbildung 6: Szenarien – Szenario 1 – 2kW_{th}

4. Lebenszyklusanalyse

Wie schon in der Einleitung erwähnt, wurde im Rahmen von Arbeitspaket 2 eine Sichtung der Daten zur „Grauen Energie“ in Gebäuden vorgenommen. Dabei wurde folgende Vorauswahl getroffen:

- [1] Weirich, W.: „Zur Relevanz des indirekten Energieverbrauchs österreichischer Privathaushalte“, Diplomarbeit, Betreuer: Haas, R., TU Wien, 2008
- [2] Quaschnig, V.: „Energieaufwand zur Herstellung regenerativer Anlagen“, Download: <http://www.volker-quaschnig.de/datserv/kev/index.php> (1 von 2), 20100618, 14:51:49
- [3] „Graue Energie im Alltag“, Herausgeber: OÖ Energiesparverband, Download auf www.wsed.at/wsed/fileadmin/esv_files/Info_und_Service/GraueEnergie.pdf am 23.3.2007 um 02:38
- [4] „Graue Energie für die Errichtung des Gebäudes“, Download: <http://www.ziegel.at/gbc-ziegelhandbuch/deu/ressourcen/energie/graue.htm>, 20101104, 10:21
- [5] Meister, F.: „Die Entwicklung der thermischen Qualität der österreichischen Gebäude und ihre Bedeutung für den Umweltschutz“, Tagungsbeitrag, Konferenz Althausanierung und energieeffizientes Bauen Brunn/Brno, Oktober 1999
- [6] Fthenakis, V.M.; Kim, H.C.: „Photovoltaics: Life-cycle analyses“, Solar Energy, 2010
- [7] Kaldellis, J.K. et al.: „Energy pay-back period analysis of stand-alone photovoltaic systems“, Renewable Energy 35 (2010) 1444–1454
- [8] Fthenakis, V.M.: „Sustainability of photovoltaics: The case for thin-film solar cells“, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 2746–2750
- [9] Fthenakis, V.M.; Kim, H.C.: „Greenhouse-gas emissions from solar electric- and nuclear power: A life-cycle study“, Energy Policy 35 (2007) 2549–2557
- [10] Kislinger, J. et al.: „Passivhauskindergarten mit heilpädagogischer Integrationsgruppe“, Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Wien, 2003
- [11] Sherwani, A.F.: „Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review“, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 540–544
- [12] Jungbluth, N. et al. (2009) „Photovoltaics“ In: Dones, R. (Ed.) et al.: „Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die

Schweiz“, ecoinvent report No. 6-XII, Swiss Centre for Live Cycle Inventories, Dübendorf, CH, 2009

- [13] Jungbluth, N. et al. (2009) „Sonnenkollektor-Anlagen“. In: Dones, R. (Ed.) et al.: „Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz“, ecoinvent report No. 6-XI, Swiss Centre for Live Cycle Inventories, Dübendorf, CH, 2009
- [14] Laleman, R. et al.: „Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation“, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010
- [15] Müller, H.F.O.: „Energiegerechte und nachhaltige Architektur in Mauerwerk“ Zeitschrift „Mauerwerk“ Nr. 13 (2009), Heft 5, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin, 2009
- [16] Berger, W. et al.: „A novel approach for the recycling of thin film photovoltaic modules“ Resources, Conservation and Recycling 54 (2010) 711–718
- [17] Azzopardi, B.; Mutale, J.: „Life cycle analysis for future photovoltaic systems using hybrid solar cells“, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1130–1134
- [18] GEMIS 4.6 - Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme, Version 4.6, Hrsg.: Öko-Institut e.V, Darmstadt, Aug. 2010
- [19] McDonald, N.C.; Pearce, J.M. „Producer responsibility and recycling solar photovoltaic modules“, Energy Policy 38 (2010) 7041–7047
- [20] Doppelbauer, E.-M.; Mahdavi, A.: „Ein Vergleich von Passiv- und Niedrigenergiegebäuden am Beispiel zweier Wohnhäuser in Österreich“, Bauphysik 32 (2010), Heft 3, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin, 2010
- [21] Feist, W.: „Life-cycle Energy Analysis: Comparison of Low-Energy house, Passive House, Self-Sufficient House“, Passive House Institut, Darmstadt, 1997
- [22] Streicher E., Heidemann W., Müller-Steinhagen H.: Energy Payback Time – A Key Number for the Assessment of Thermal Solar Systems. Proceedings of EuroSun 2004, 20 - 23 June 2004, Freiburg 2004.
- [23] Kolb, B.: „Nachhaltiges Bauen in der Praxis“, Blok Verlag, München, 2004

5. Zusammenfassung

Soweit der derzeitige Stand des Wissens innerhalb des Projekts eine Beurteilung der Frage aus Sicht der verfügbaren Technologien zulässt, kann folgendes festgehalten werden⁶:

- Die verfügbaren Technologien ermöglichen heute die Erreichung bzw. eine starke Annäherung an den Plus-Energie-Gebäudestandard in den meisten Fällen des Gebäude-Neubau-Bereichs möglich sein.
- Die Reduktion des Heizwärmebedarfs im Neubau oder die Veränderung von bestehenden Gebäudestrukturen erfordern neue Ansätze in Ausschreibung, Planung, Bauabwicklung, Ausbildung sowie zusätzliche Finanzmittel. Größere Dämmstärken, aufwändigerer Fenstereinbau oder höhere Anforderungen an die Qualität der Planung sind Beispiele für Herausforderungen, die in den nächsten Jahren zu bewältigen sein werden.
- Die praktische Umsetzung von Maßnahmen zur CO₂-Reduktion scheitert im Gebäudebereich meist daran, dass die zusätzlichen Kosten – zumindest rein betriebswirtschaftlich betrachtet – in einem Missverhältnis zum erzielbaren Einspareffekt stehen. Anreize durch Förderungen, Beratungen und Bewusstseinsbildungsmaßnahmen oder freiwillige Verpflichtungen, um ein gutes Image zu erreichen, erweisen sich in der Praxis zwar als wichtige Aspekte, die aber nicht allzu oft gegen das Argument einer möglichst schnellen Amortisation bestehen können.
- Eine flächendeckende Umsetzung der notwendigen Klimaschutzmaßnahmen auf technologischer Ebene wird erst möglich sein, wenn monetäre Anreize für Unternehmen und Private geschaffen werden, Ressourcen zu sparen. Um eine beschleunigte Marktdurchdringung nachhaltiger Energietechnologien und insbesondere auch neuer Konzepte im Energiebereich zu erreichen, ist ein dementsprechend klarer Lenkungsmechanismus notwendig.

⁶ Insbes. [15] – [21], [28] - [31] sowie aus der Zusammenschau mit anderen Projekten des IET;

6. Anhang

	Literaturstelle	Inhalt	Kraft-Wärme- Kopplung	Biomasse	Photovoltaik	Solarthermie	Solares Kühlen	Kleinwindkraft	Kleinwasserkraft	Wärmepumpen/ Geothermie	Speicher	Graue Energie	Energieeffizienz	Energiestrategie
[1]	"Biomasseheizanlagen für größere Gebäude", Informationsbroschüren, OÖ Energiesparverband, Linz, 2009	Planungshinweise und thematischer Überblick im Bereich Hackgut und Pellets; mit Praxisbeispielen,		✓										
[2]	"Erneuerbare Energie - Technologische Kompetenz aus Österreich", Dachverband Energie-Klima, Wien, 2006	Überblick über Technologien im Bereich Erneuerbare Energien mit Anlagenschemata, Umsatzzahlen und eine umfassende Kontaktliste österreichischer Anbieter für die einzelnen Sparten	✓	✓	✓	✓			✓	✓				
[3]	Biermayr, P. et al.: "Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2009", Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Wien, 2010	Die Studie beschäftigt sich mit Logistikkonzepten und der Marktentwicklung in den Teilbereichen der Erneuerbaren Energie		✓	✓	✓				✓				
[4]	Wertz, D.; Straka, W.; Ponweiser, K.; Haider, M.: „Neue Perspektiven in der Erdwärmetechnik"; e&i, 126 (2009), 3; S. 117 – 125, Springer, Wien, 2009	Der Artikel betrachtet geologische und thermodynamische Aspekte der Erdwärmenutzung und zeigt mögliche Entwicklungsszenarien für die nächsten Jahre auf								✓				
[5]	"Positionspapier für rein österreichisches Solarforschungs- und Technologieprogramm", Hrsg: Österreichische Solarthermie Technologie Plattform, Gleisdorf, 2007	Die Studie, die von den führenden Solarthermie-Experten Österreichs verfasst wurde, beschreibt Ziele und innovative Forschungsansätze in allen Teilbereichen der Solarthermie					✓	✓			✓			
[6]	Suter, J.-M. et al.: „Solar Combisystems in Austria, Denmark, Finland, France, Germany, Sweden, Switzerland, the Netherlands and the USA", Solar Heating and Cooling Committee of the IEA, IEA SHC-TASK 26	Die Studie gibt einen detaillierten Einblick in die international für einzelne Länder charakteristische Formen der Einbindung solarthermischer Systeme					✓							
[7]	Lasselsberger L.: "Kleinfeuerungen für Holz - Verbrennungstechnik/Stand der Technik", BLT, Wieselburg, 2000 Regelwerke/Entwicklung"	Die Studie geht detailliert auf die Entwicklung und den Stand der Technik von hand- und automatisch beschickten Holzfeuerungen sowie auf gesetzliche Rahmenbedingungen ein. Physik und Chemie der Verbrennungstechnik wird ebenfalls viel Platz eingeräumt		✓										
[8]	"Fachreihe Solartechnik - Mit Solarenergie Heizkosten sparen", Viessmann Werke, Allendorf, 2004	Die reich bebilderte Broschüre geht auf die Strahlungsverhältnisse in Mitteleuropa, verschiedene Kollektorsysteme sowie Möglichkeiten von Montage und hydraulischer Verschaltung ein					✓							

[9]	"Fachreihe Photovoltaik - Strom von der Sonne", Viessmann Werke, Allendorf, 2010	Die reich bebilderte Broschüre geht auf Strahlungsverhältnisse in Mitteleuropa ein und gibt einen Überblick über die Systemtechnik	✓		
[10]	"Fachreihe Heiztechnik für Neubauten - Fortschrittliche Heiztechnik für Häuser mit niedrigem Wärmebedarf", Viessmann Werke, Allendorf, 2004	Die Broschüre gibt einen groben Überblick über Entwicklungen im Dämmstandards und über regenerative (und fossile) Heiztechniksysteme	✓	✓	✓
[11]	Kleinwindkraft-Seite der Firma Zotlöterer, http://www.zotloeterer.com/unser_unternehmen/windenergietechnik.php , abgerufen am 18. 8. 2010	Die Seite liefert einen guten Überblick über die Funktionsweise und die Betriebsmodi von Kleinwindkraftanlagen und beschreibt sowohl Horizontal- als auch Verikalachsenturbinen.			✓
[12]	Kleinwindkraft-Seite der AEE W, NÖ, http://www.aee-now.at/cms/index.php?id=51 , abgerufen am 18. 8. 2010	Die Seite liefert eine allgemeine Einführung in die Thematik der Kleinwindkraft und beschreibt Einsatzmöglichkeiten, Nutzen und Wirtschaftlichkeit der Technologie.			✓
[13]	Kleinwindkraftseite der IG-Windkraft, http://igwindkraft.at/index.php?mdoc_id=1008677 , abgerufen am 18. 8. 2010	Überblick über technische Faktoren, Förderkriterien, Rechtsgrundlagen und verfügbare Produkte.			✓
[14]	Kirchweger, Ch.: "Kleinwindkraft in der Praxis", Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, 2009, erschienen im Grin-Verlag 2010, ISBN: 978-3640515059	Diese Arbeit gibt dem Leser umfangreiches historisches, physikalisches und technisches Hintergrundwissen zu Windkraftanlagen, und beschreibt die Kleinwindkraft anhand zahlreicher Beispiele. Ergänzt wird die Arbeit durch zahlreiche Links zu weiterführenden Informationen.			✓
[15]	„Basispapier für die Arbeitsgruppen zur Erarbeitung einer Energiestrategie Österreich“, bmwfi, Lebensministerium, Wien, 2009	In diesem Basispapier werden die wesentlichen Strategien seitens des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend sowie dem Lebensministerium zusammengefasst			✓
[16]	Greisberger, H. et al.: „Wege zur Strom- und Wärmeerzeugung ohne fossile Energieträger bis 2020 bzw. 2030“, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, Wien, 2008	"Die Arbeit soll einen Beitrag zu einer offenen Diskussion über die Zukunft der Energieversorgung in Österreich liefern, indem sie ein technisch-realistisches Szenario für eine mittelfristig klimaneutrale Versorgung Österreichs im Bereich Strom und Raumwärme aufzeigt", wobei das "Aufzeigen der Möglichkeiten radikaler Energie- und Klimapolitik" von den Autoren beabsichtigt ist			✓
[17]	Krutzler, Th. et al.: „Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien als Grundlage zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanism“, Umweltbundesamt, Wien, 2009	Die Studie liefert nützliche Grundlagen für Emissionsbilanzierungen			✓
[18]	Lechner, H. – Austrian Energy Agency: „Energieeffizienz – unsere wichtigste ‚Energiequelle‘“, Beitrag zur Fachtagung „Erneuerbare Energien: Bitte mehr!“ des österr. Biomasseverbandes, Wien, 2010	Darin wird das Potential von einsparungsseitigen Maßnahmen aufgezeigt			✓

[19] Lechner, H. – Austrian Energy Agency: „Österreichs Energiemix 2020“, Beitrag zum IWO-Symposium, Palais Niederösterreich, 23. September 2010	Darin wird das Potential von einsparungsseitigen Maßnahmen aufgezeigt		✓
[20] „Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie“, für Österreich, gemäß der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates, ausgearbeitet durch die Verbände der erneuerbaren Energien, Wien, 2010	In diesem Basispapier werden die wesentlichen Strategien seitens der Verbände für erneuerbare Energie zusammengefasst		✓
[21] Pölz, W.: "Chancen und Grenzen eines Bewertungssystems auf Basis der Primärenergie", umweltbundesamt, Wien, 2008	Die Studie liefert nützliche Grundlagen für Emissionsbilanzierungen		✓
[22] Ergebnisse aus GEMIS 4.2, Stand Okt. 2004, Download: www.gemis.de	Mit Hilfe des Computerprogramms GEMIS können Lebenszyklusbilanzierungen für Energieformen und Materialien abgeleitet werden.		✓
[23] Oertel, D.: "Energiespeicher - Stand und Perspektiven" Sachstandsbericht zum Monitoring 'Nachhaltige Energieversorgung', Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Berlin, 2008	Die Studie gibt einen umfassenden Einblick in verfügbare Speichertechnologien		✓
[24] "CO2-Kennzeichnung von Strom aus KWK-Anlagen - Brennstoffzuordnung auf elektrische und thermische Energie", Entwurf, hrsg. vom VIK - Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., Essen, 2006	Die Studie liefert nützliche Grundlagen für Emissionsbilanzierungen		✓
[25] Streicher W. et al.: „Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser“ Projektbericht zum Programm „Haus der Zukunft“, Graz, 2004	Dieser Leitfaden informiert darüber, welche Systeme in Niedrigenergie- und Passivhäusern sinnvoll eingesetzt werden können, und Entscheidungskriterien für deren Auswahl aufzeigen. Er dient als technisches Nachschlagewerk mit Hintergrundinformation für Haustechnikplaner, Bauträger und Architekten.	✓ ✓ ✓	✓ ✓
[26] Streicher, W.: Skriptum zur Vorlesung „Sonnenenergienutzung“, Institut für Wärmetechnik, TU Graz, Graz, 2004	Das Skriptum enthält alle wesentlichen Berechnungsgrundsätze und Grundlagen zu technologischen Aspekten, insbes. für solarthermische Systeme	✓ ✓	
[27] Jakob, U.: "Entwicklung eines Systemreglers für standardisierte Solar Cooling Kits", erneuerbare energie, AEE Intec, Gleisdorf, 2009	Der Artikel beschäftigt sich primär mit der Regelung solarer Kältemaschinen kleiner Leistung und gibt Systempreise an		✓
[28] Haas, R. et al.: "Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Marktchancen verschiedener Technologielinien im Energiebereich", Bericht zu einem Projekt aus der Programmlinie "Energie der Zukunft", Proj.Nr. 810707, Wien, 2008	Der Projektbericht beschäftigt sich mit ökonomischen Analysen und Szenarien der Marktentwicklung effizienter, insbes. erneuerbarer, Energie-Technologien. Empfehlungen zur Ausrichtung von Forschung und Technologieentwicklung werden abgegeben.		✓

[29] Greisberger, H.: „Geförderte Projekte – Solarthermie“ Zusammenstellung ausgewählter Projekte“, Thematisch gegliederte Übersicht geförderter Projekte der Ausschreibungen „Energie der Zukunft“ und „Neue Energien 2020“, ÖGUT, Wien	Die Zusammenfassung gibt einen Einblick in geförderte Solarthermieprojekte und stellt damit eine Analyse zu Forschungstrends in diesem Bereich der Nutzungstechnologien für erneuerbare Energien dar	✓	✓	✓
[30] Wertz, D., Haider, M., Werner, A.: Strategie für ein Autonomes, Dezentrales, Regeneratives Energie-System“, Tagungsbeitrag, 11. Symposium Energieinnovation, 10.-12.2.2010, Graz/Austria	Der Artikel befasst sich mit dem Thema „Energiequalität“, für deren Bewertung die Unterteilung der umgesetzten Energie in „Exergie“ und „Anergie“ eine wichtige Hilfestellung bietet. Die gesamte Bereitstellungskette der Erbringung von Energiedienstleistung für die Nutzer der Gebäude wird in dem Artikel exemplarisch betrachtet.	✓	✓	
[31] Häberlin, H.: „Photovoltaik – Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen“, AZVerlag, Aarau, 2007	Das Buch stellt ein Standardwerk für Photovoltaik dar; es zeigt nebenbei aktuelle Trends in diesem Bereich auf.	✓		
[32] Krawinkler, R.: „Mini- und Mikro-Blockheizkraftwerke“, Diplomarbeit, Betreuer: Werner, A., TU Wien, 2006	Die Arbeit bietet einen Überblick über Systemvarianten und technische Parameter an (zu diesem Zeitpunkt) angebotenen und in Entwicklung stehenden KWK-Systemen im kleinsten Leistungsbereich	✓		
[33] Kranzl, L. et al.: "Strategien zur optimalen Erschließung der Biomassepotenziale in Österreich bis zum Jahr 2050 mit dem Ziel einer maximalen Reduktion an Treibhausgasemissionen", Projektbericht, Wien, 2008	Den Kern der Arbeit bilden Szenarien des österreichischen Bioenergiesektors bis 2050; Einen Teil der Studie bildet eine "steckbriefartige" Beschreibung (umfasst z.B. erreichbare Wirkungsgrade, Leistungsbereiche, spez. Anlagenkosten usw.) der wichtigsten Bioenergie-Technologien, die zum Teil für den Gebäudeeinsatz geeignet sind	✓	✓	✓