

Planungsleitfaden Plusenergie

Energieeffizienz und gebäudeintegrierte regenerative
Energieträgertechnologien in Vorentwurf und Entwurf

Teil 4 – Erneuerbare Energieträgertechnologien

T. Steiner, C. Ipser, R. Bointner, D. Wertz, K. Stieldorf

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

56e/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>

Planungsleitfaden Plusenergie

Energieeffizienz und gebäudeintegrierte regenerative
Energieträgertechnologien in Vorentwurf und Entwurf

Teil 4 – Erneuerbare Energieträgertechnologien

DI Raphael Bointner
Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe
Technische Universität Wien

DI Dietrich Wertz
Institut für Energietechnik und Thermodynamik
Technische Universität Wien

DI Christina Ipser, DI Tobias Steiner, Prof. DI Dr. Karin Stieldorf
Institut für Architektur und Entwerfen
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

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick	4
1.1 Erneuerbare Energieträger	4
1.2 Einsatz im Gebäudebereich	4
1.3 Auswahlkriterien unterschiedlicher Energieträgertechnologien	5
1.3.1 Kraft-Wärme-Kopplung	5
1.3.2 Biomasse	5
1.3.3 Photovoltaik.....	5
1.3.4 Solarthermie.....	5
1.3.5 Wärmepumpe.....	6
1.3.6 Kleinwindkraft.....	6
1.3.7 Kleinwasserkraft.....	6
1.4 Vergleichende Bewertung der Technologien	6
2 Kraft-Wärme-Kopplung	9
2.1 Grundlagen	9
2.2 Systembeschreibung	9
2.2.1 Brennstoffzelle	9
2.2.2 Verbrennungsmotoren	9
2.2.3 Dampfturbinenkraftwerk	9
2.2.4 Gasturbinenprozess.....	10
2.2.5 Kombiniertes Gas-Dampfturbinenprozess	10
2.2.6 STIRLING-Motor	10
2.2.7 ORC-Prozess	10
2.2.8 KALINA-Prozess	10
2.3 Einsatz im Gebäudebereich	10
2.3.1 Anlagenauswahl und Dimensionierung	10
2.3.2 Auswahl der einsetzbaren KWK-Anlagen	11
3 Biomasse.....	13
3.1 Grundlagen	13
3.2 Systembeschreibung	13
3.2.1 Brennstofflager.....	13
3.2.2 Feuerungsanlagen	14
3.2.3 Stromerzeugung aus Biomasse.....	14
3.3 Einsatz im Gebäudebereich	14
3.3.1 Handbeschickte Feuerungsanlagen	14
3.3.2 Automatisch beschickte Feuerungsanlagen	14
4 Photovoltaik.....	15
4.1 Grundlagen	15

4.2	Systembeschreibung	15
4.3	Einsatz im Gebäudebereich	15
5	Solarthermie.....	16
5.1	Grundlagen	16
5.2	Systembeschreibung	16
5.3	Einsatz im Gebäudebereich	16
6	Kleinwindkraft.....	17
6.1	Grundlagen	17
6.2	Systembeschreibung	17
6.3	Einsatz im Gebäudebereich	17
7	Kleinwasserkraft.....	20
7.1	Grundlagen	20
7.2	Systembeschreibung	20
7.3	Einsatz im Gebäudebereich	20
8	Thermische Nutzung des Untergrunds und der Umgebungswärme (Wärmepumpen / Geothermie)	21
8.1	Grundlagen	21
8.2	Systembeschreibung	22
8.3	Einsatz im Gebäudebereich	22
8.3.1	Direkte thermische Nutzung des Grundwassers	22
8.3.2	Direkte thermische Nutzung des Untergrunds mit Erdwärmesonden, Energiepfählen etc. ...	23
8.3.3	Lufterwärmung/-Kühlung im Untergrund.....	23
8.3.4	Unterirdische thermische Energiespeicher	23
8.3.5	Erd-/Luftgekoppelte Wärmepumpenanlagen	24
8.3.6	Nutzung des Grundwassers mit Brunnenanlagen	25
8.3.7	Nutzung des oberflächennahen Untergrundes mit Erdwärmekollektoren	25
8.3.8	Nutzung des Untergrundes mit Erdwärmesonden.....	25
8.3.9	Besonderheiten von Anlagen mit Direktverdampfung	26
8.3.10	Besonderheiten weiterer Wärmequellen(-senken)anlagen	26
8.3.11	Genehmigungsverfahren	27
9	Weiterführende Informationen	28
9.1	Hilfreiche Links	28
9.2	Empfohlene Literatur	28
10	Literatur:.....	29

1 Überblick

1.1 Erneuerbare Energieträger

Eine zunehmende Verknappung fossiler Ressourcen und ein steigendes Umweltbewusstsein, wie auch die weiterhin wachsende Weltbevölkerung erfordern zwangsläufig ein Umdenken und eine Systemumstellung auf zukunftsfähige technologische Lösungen. Die Energiedienstleistungsbereiche Raumkonditionierung und Brauchwassererwärmung beliefen sich 2008 in Österreich auf etwa 1/3 des Gesamt-Endenergieverbrauchs. Vor diesem Hintergrund werden im folgenden Kapitel die derzeit verfügbaren und für den Einsatz im Gebäudebereich geeigneten regenerativen Energieträgertechnologien vorgestellt.

1.2 Einsatz im Gebäudebereich

Die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs und der zukünftigen Wärmeversorgung von Gebäuden ist für die Erreichung von Zielen im Bereich Klimaschutz und erneuerbare Energien von zentraler Bedeutung. Ein zentraler Ansatzpunkt zur Reduktion des Energiebedarfs ist die Gebäudesanierung.

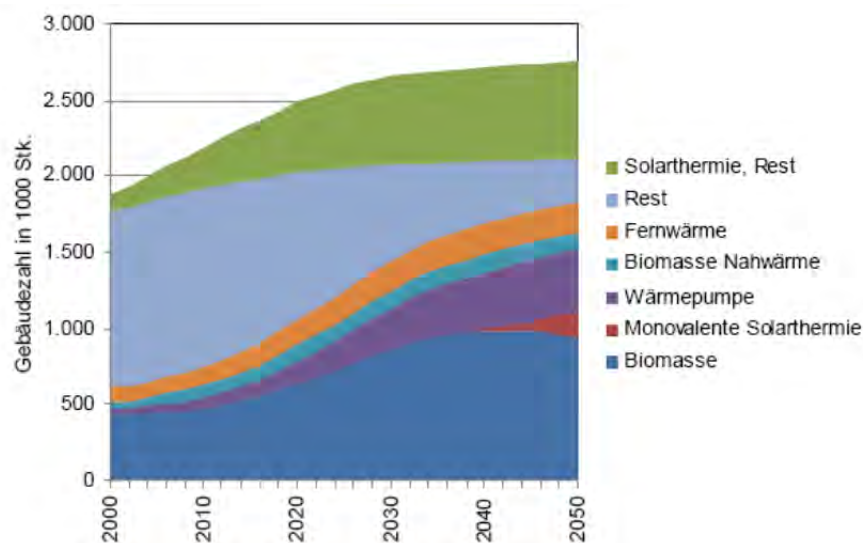


Abbildung 1: Szenario für die Ausstattung österreichischer Gebäude mit Heizsystemen (Quelle: Müller et al. 2010., S14)

Die inländischen Potenziale erneuerbarer Energie und die im Jahr 2010 bereits zur Verfügung stehenden Technologien zur Nutzung regenerativer Energiequellen sind prinzipiell ausreichend, um eine nachhaltige Wärmebereitstellung in allen österreichischen Gebäuden bis 2050 zu bewerkstelligen (Müller et al. 2010). Für eine nachhaltige Energiebereitstellung werden jedoch alle zur Verfügung stehenden Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien benötigt. Eine nachhaltige Energiebereitstellung basierend auf einer einzelnen Technologie-Strategie ist nicht

möglich, da die speziellen Anforderungen an die eingesetzte Energieträgertechnologie neben dem jeweiligen Gebäudetyp noch von zahlreichen anderen Faktoren abhängig sind.

1.3 Auswahlkriterien unterschiedlicher Energieträgertechnologien

Vor- und Nachteile einzelner Technologien und Systeme für den Einsatz im Gebäudebereich sind entsprechend der spezifisch gestellten Anforderungen zu bewerten. Eine Verallgemeinerung ist aufgrund der Komplexität der Systeme und deren Ausführungen grundsätzlich nicht möglich. Grobe Aussagen über die wesentlichsten Faktoren, wie Investitions- und Betriebskosten, CO₂-Emissionen und Wirkungsgrad sowie die Komplexität in der Planung und Ausführung sowie der Platzbedarf einzelner Technologien können aber getroffen werden.

1.3.1 Kraft-Wärme-Kopplung

Eine Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) beschreibt einen Verbrennungsprozess, bei dem Strom produziert und die Abwärme zu Heizzwecken verwendet wird. Damit hat diese Form der Energieumwandlung einen sehr hohen Gesamtwirkungsgrad. Beim Einsatz von Biomasse als Energieträgermedium fallen dabei auch keine zusätzlichen CO₂-Emissionen im Betrieb an. Der Einsatz von KWK-Anlagen ist nur bei ganzjähriger Nutzung der Abwärme wirtschaftlich vertretbar und somit spielen sie im Wohnbereich zumeist eine untergeordnete Rolle.

1.3.2 Biomasse

Beim Einsatz von Biomasse im Gebäudebereich sind vor allem Hackschnitzel- und Pelletsfeuerungen als aussichtsreiche Vertreter dieser Technologie zu nennen. Es handelt sich um eine ausgereifte und günstige Technologie mit relativ geringem Wartungsaufwand und niedrigen (keinen) CO₂-Emissionen. Es wird allerdings ein Speicherraum für den Brennstoff benötigt. Aus energetischer Sicht ist die hohe Temperaturdifferenz zwischen Verbrennungs- und Nutzungsniveau als kritisch zu betrachten und nach Möglichkeit ist eine Nebennutzung der Energie anzustreben, z. B. Stromproduktion mittels KWK unter den oben genannten Einschränkungen.

1.3.3 Photovoltaik

Vorteile der gebäudeintegrierten Photovoltaik bestehen in der vielfältigen gestalterischen Möglichkeit zur Integration in die Gebäudehülle. Die Nutzung des Stromnetzes als Speicher stellt ebenfalls einen erheblichen Vorteil dar. Als nachteilig ist der Leistungsabfall bei Teilabschattung, die direkte Abhängigkeit vom solaren Angebot und den rechtlichen Rahmenbedingungen zur Anlagenförderung zu nennen.

1.3.4 Solarthermie

Die Solarthermie verfügt über hohes Potential bei der Deckung des Warmwasserbedarfs und kann zusätzlich zur Heizwärmeunterstützung eingesetzt werden. Aufgrund des veränderlichen

Strahlungsangebots sind jedoch immer Speichersysteme erforderlich. Eine Einbindung in die Gebäudehülle ohne Hinterlüftung ist nur bedingt möglich. Zeitgemäßes Bauen sollte aber in jedem Fall auf Solarthermie zurückgreifen.

1.3.5 Wärmepumpe

Ein Vorteil der Wärmepumpe ist die effiziente Bereitstellung von Wärme und Kälte durch die Nutzung der Umgebungstemperatur von Erdreich, Wasser oder Außenluft. Besonders bei Niedrigenergie- und Passivhäusern stellt eine Wärmepumpe ein attraktives Angebot zur Deckung des geringen Heizwärmebedarfes dar. Dabei ist besonders auf die Planung zu achten, da Erdwärmepumpen meist teure Erdarbeiten erfordern und die Nutzung von Wasser rechtlich stark eingeschränkt ist. Luftwärmepumpen haben in der Regel geringe Arbeitszahlen und dementsprechend ist von solchen Systemen mit Ausnahme von Spezialfällen wie Sanierung ohne Einsatzmöglichkeit alternativer Heizsysteme abzuraten.

1.3.6 Kleinwindkraft

Die Windenergie kann mit hohem Wirkungsgrad in elektrische Energie umgewandelt werden. Die Einbindung in die Gebäudehülle sowie in den urbanen Raum ist schwierig. Akustische Emissionen, entstehende Vibrationen sowie Eiswurf stellen unter anderem weitere Einschränkungen im Gebäudeeinsatz dar. Das Windangebot ist außerdem stark standortabhängig und kann z.B. durch eine Veränderung der umliegenden Bebauung beeinflusst werden. Da aufgrund physikalischer Bedingungen große, hohe Anlagen weit effizienter als Kleinwindanlagen sind, ist abgesehen von Einzelfällen im ländlichen Raum vom Einsatz der Kleinwindkraft abzuraten.

1.3.7 Kleinwasserkraft

Ein Vorteil der Wasserkraft im Vergleich zu anderen regenerativen Energiequellen liegt in der weitgehend regelmäßigen Energieausbeute. Die erzeugte Energie lässt sich außerdem gut und schnell regeln. Die Errichtung von Wasserkraftanlagen ist jedoch immer mit einem Eingriff in ein bestehendes Ökosystem verbunden und muss entsprechend umsichtig geplant werden. Nachteile der Wasserkraftnutzung liegen außerdem in ihrer Standortgebundenheit (Vorhandensein von Fließgewässern) und den nicht unbeträchtlichen entstehenden Schallemissionen und Vibrationen, die Einhausungen unabdingbar machen.

1.4 Vergleichende Bewertung der Technologien

Für die beschriebenen Technologien kann eine vergleichende Bewertung getroffen werden, wobei neben ihren jeweiligen spezifischen Stärken und Einsatzbereichen die Verfügbarkeit am Standort, ebenso wie rechtliche Rahmenbedingungen zu beachten sind. In Abbildung 2 bis Abbildung 5 werden Potentiale und Schwächen unterschiedlicher regenerativer Energieträgertechnologien in Netzdiagrammen grafisch dargestellt.

Im Diagramm mit dem Titel Konkurrenz werden konventionelle Energieträgertechnologien zusammengefasst. Als Bewertungskriterien werden dabei die CO₂-Emissionen, die Investitions- und Betriebskosten, der Planungsaufwand, der Wirkungsgrad und der Platzbedarf im Gebäude herangezogen. Positive Werte drücken dabei eine positive Einschätzung des jeweiligen Parameters aus, während negative Werte Defizite in den jeweiligen Bereichen symbolisieren. Der Wert Null beschreibt eine durchschnittliche Einstufung der jeweiligen Technologie.

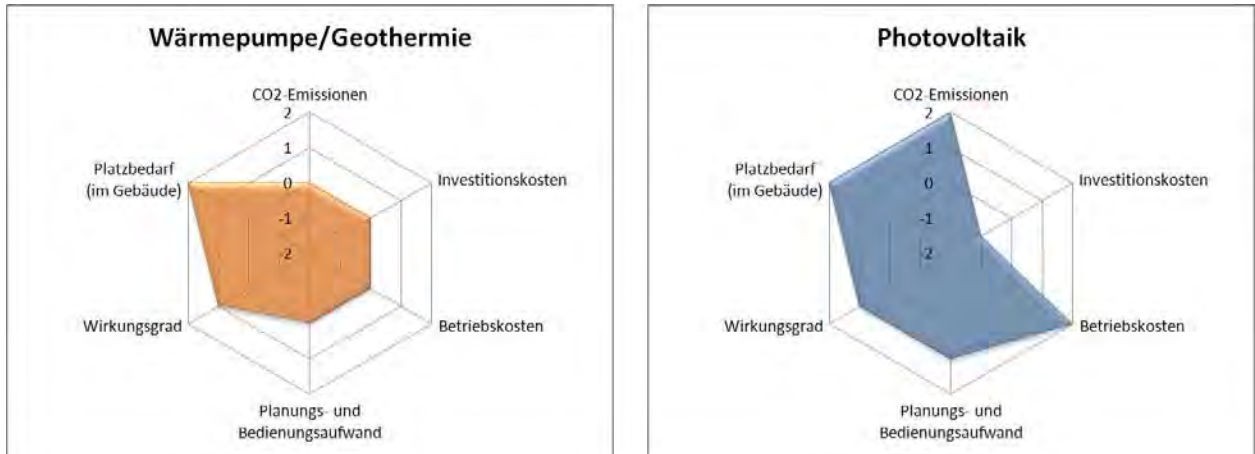


Abbildung 2: Vergleichende Bewertung der Technologien Wärmepumpe/Geothermie und Photovoltaik

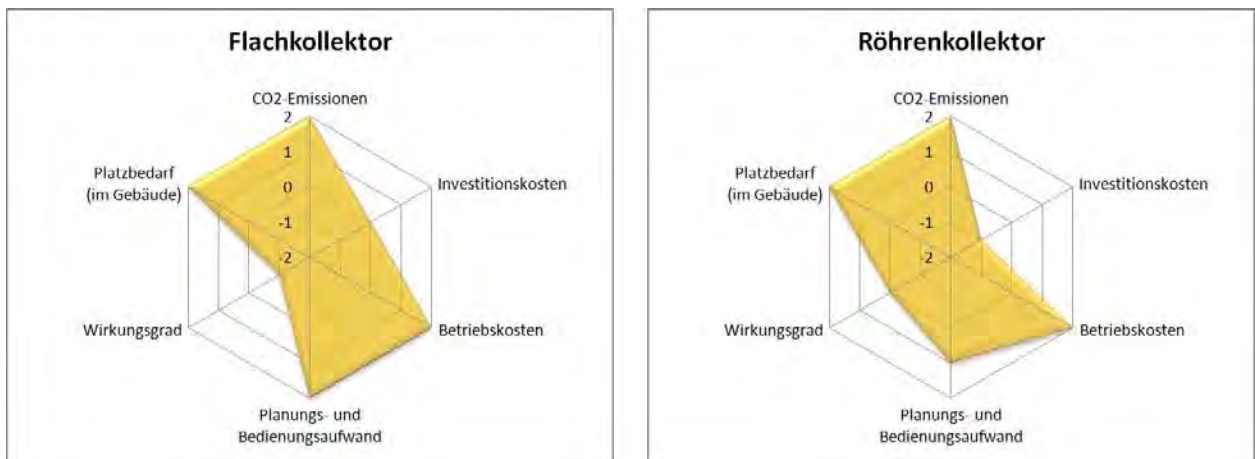


Abbildung 3: Vergleichende Bewertung Solarthermie

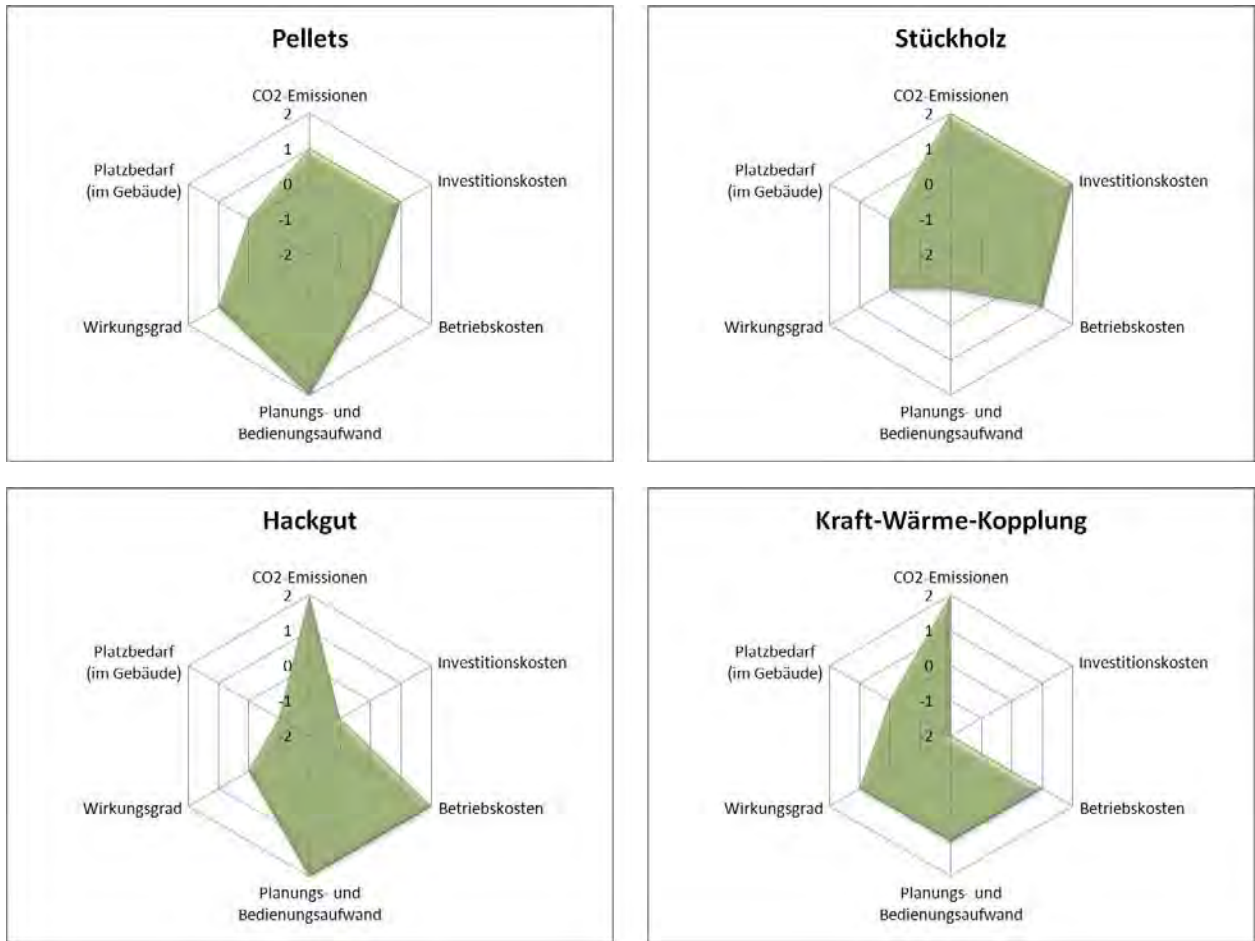


Abbildung 4: Vergleichende Bewertung Biomasse

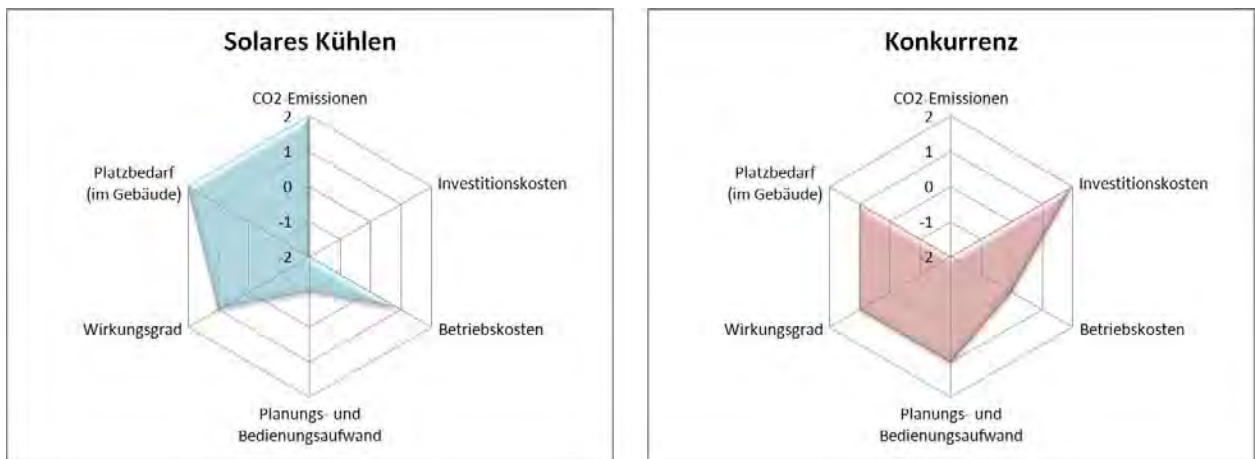


Abbildung 5: Vergleichende Bewertung Solares Kühlen und konventionelle Energieträgertechnologien

2 Kraft-Wärme-Kopplung

2.1 Grundlagen

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer und thermischer Nutzenergie aus anderen Energieformen mittels eines thermodynamischen Prozesses in einer technischen Anlage. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zeichnen sich durch eine besonders effiziente Energieumwandlung aus. In der Regel wird die bei KWK-Anlagen abgegebene mechanische Arbeit unmittelbar in elektrische Energie umgewandelt. Modular aufgebaute Anlagen die das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung nutzen bezeichnet man auch als Blockheizkraftwerke (BHKW).

Der optimale Einsatz einer KWK-Anlage ist gegeben, wenn zeitgleich ein Bedarf an thermischer und elektrischer Energie vorliegt. Wirtschaftlich besonders interessant sind vor Allem kleinere, dezentral in Verbrauchernähe errichtete KWK-Anlagen. Im kleineren Leistungsbereich unter 1 Megawatt elektrische Leistung (MW_{el}) dominieren Motorheizkraftwerke. Ihre Leistungen beginnen bereits bei einer Abgabeleistung von $1 kW_{el}$. Diese Kleinstanlagen werden für die Warmwasserversorgung und Raumheizung eingesetzt.

2.2 Systembeschreibung

In Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen kommen bei unterschiedlichen Anlagenvarianten unterschiedliche Technologien zur Anwendung:

2.2.1 Brennstoffzelle

Die Brennstoffzelle ist eine galvanische Zelle, die die chemische Reaktionsenergie eines kontinuierlich zugeführten Brennstoffes und eines Oxidationsmittels direkt in elektrische Energie wandelt. Sie ist dabei nicht an die Begrenzungen des CARNOT-Faktors, dem theoretisch höchst möglichen Wirkungsgrad bei Wärmekraftmaschinen gebunden.

2.2.2 Verbrennungsmotoren

In Blockheizkraftwerken mit nachhaltigen Energiesystemen kommen Pflanzenöl- und Gasmotoren zur Anwendung. Es sind Sonderformen der Verbrennungskraftmaschinen, die für den jeweiligen Betriebsstoff hinsichtlich Gemischbildung, Zündung, Verbrennung und eingesetzter Materialien (Dichtungen, Schläuche usw.), sowie abgestimmter Schmieröle optimiert wurden.

2.2.3 Dampfturbinenkraftwerk

Diese Kraftwerke gelten, wenn sie mit Biomasse befeuert werden, nach aktueller gesellschaftlicher Lesart als CO_2 -neutral weil das bei der Verbrennung frei werdende CO_2 vorab aus der Atmosphäre biochemisch gebunden wurde. Dampfkraftwerke mit modernen

Feuerungsanlagen zeigen hohe Wirkungsgrade und sind bezüglich Qualitätsschwankungen der Brennstoffe weniger anfällig. Hier liegt ein wesentlicher Vorzug des Dampfturbinenkraftwerkes gegenüber anderen Kraft-Wärme-Konzepten.

2.2.4 Gasturbinenprozess

Zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme aus fester Biomasse im kleinen Leistungsbereich wurde die indirekt befeuerte Heißgasturbine entwickelt. Im Feuerungsraum wird feste Biomasse verbrannt. Die heißen Verbrennungsgase werden von einem Rauchgasventilator zuerst über einen Luft-Wärmetauscher und nachfolgend über einen Wasser-Wärmetauscher geführt. Diese Technik befindet sich derzeit noch in einem Entwicklungsstadium und ist noch nicht uneingeschränkt marktreif.

2.2.5 Kombiniertes Gas-Dampfturbinenprozess

Höchste Wirkungsgrade zeigen kombinierte Dampf-Gasturbinenprozesse. Gasturbinen besitzen bei Vollast einen moderaten Wirkungsgrad, der bei Teillast jedoch stark absinkt. Am Turbinenauslass liegen relativ hohe Abgastemperaturen von 500 °C vor. Diese Abgase werden genutzt um einen nachgeschalteten Dampfturbinenprozess mit Wärme zu versorgen. Die Leistung der Dampfturbine liegt etwa bei 50 % der Gasturbine. Der effektive, elektrische Wirkungsgrad derartiger Kombiprozesse beträgt bis zu 50 %.

2.2.6 STIRLING-Motor

Im Gegensatz zum OTTO- oder DIESEL-Motor arbeitet der STIRLING-Motor mit äußerer Wärmezufuhr. Dies ermöglicht seinen Einsatz zur Nutzung regenerativer Energien, wie etwa mit dem solarbetriebenen Dish-Stirling-Motor oder bei der Wärmezufuhr durch Verbrennung von Biomasse (Holzpellets o. ä.).

2.2.7 ORC-Prozess

Der Organic Rankine Cycle (ORC) ist ein Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmittel als Wasserdampf. Als Arbeitsmittel werden organische Flüssigkeiten mit einer niedrigen Verdampfungstemperatur verwendet.

2.2.8 KALINA-Prozess

Unter dem Kalina-Kreisprozess oder Kalina-Cycle-Verfahren versteht man einen Kreisprozess zur Dampferzeugung auf einem niedrigen Temperaturniveau.

2.3 Einsatz im Gebäudebereich

2.3.1 Anlagenauswahl und Dimensionierung

Bei der Auslegung von KWK-Anlagen wird zwischen strom- und wärmeorientiertem Anlagenbetrieb unterschieden. Der wärmeorientierte Betrieb ist im Hinblick auf die Einsparung

von Primärenergie und CO₂-Emissionen gegenüber der Wärmeerzeugung in Kesselanlagen vorteilhafter.

Die Wirtschaftlichkeit der Anlage hängt entscheidend von der richtigen Auswahl und Dimensionierung des kompletten Systems ab. Zu groß ausgelegte Anlagen werden nur in geringem Umfang betrieben, so dass die eingesetzten Investitionen nur zum Teil genutzt werden. Unterdimensionierte KWK-Aggregate schöpfen nicht alle vorhandenen Möglichkeiten aus und erreichen somit nicht die optimal erzielbare Wirtschaftlichkeit für das Gesamtsystem. Schmitz und Schaumann (2005, S.30) geben ein Konzept zur Auslegung der Gesamtanlage.

2.3.2 Auswahl der einsetzbaren KWK-Anlagen

Bei der Auswahl der im jeweiligen Einzelfall zu untersuchenden Energieversorgungsvarianten, wird sowohl bei Neuanlagen als auch bei der Substitution und Sanierung bestehender Anlagen, immer die Energiebereitstellung in Kesselanlagen bei gleichzeitigem Strombezug aus dem öffentlichen Netz als die investiv günstigste Lösung und somit als Basisvariante mit betrachtet. Daneben gibt es weitere Referenzsysteme, die z.B. für die Ermittlung der primärenergetischen oder ökologischen Vorteile der KWK herangezogen werden. Um die Auswahl der in Frage kommenden KWK-Anlagen zu erleichtern, zeigt die nachfolgende Tabelle einen Überblick über die Vor- und Nachteile der einzelnen KWK-Anlagensysteme.

Vorteile	Nachteile
1. KWK/BHKW-Anlage mit Otto-Motor	
<ul style="list-style-type: none"> • guter elektrischer Wirkungsgrad (auch im Teillastbereich) • kurze Liefer- und Montagezeiten • schnelle Anpassung an Laständerungen • gute Brennstoffausnutzung • einstoffbetrieb möglich (Gas/Gas) • geringer elektr. Eigenbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • nur gasförmige Brennstoffe einsetzbar wie z.B. Erdgas, Flüssiggas, Klärgas, Deponiegas und dergleichen • Wärmeauskopplung mit Standardaggregaten nur bis 100 °C möglich
2. KWK/BHKW-Anlage mit Dieselmotor	
<ul style="list-style-type: none"> • hoher elektr. Wirkungsgrad (auch im Teillastbereich) • kurze Liefer- und Montagezeiten • schnelle Anpassung an Laständerungen • hohe Brennstoffausnutzung • gute Teillastwirkungsgrade • Zweistoffbetrieb (Öl/Gas) möglich • Geringer elektrischer Energiebedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • Auch im Gasbetrieb geringer Heizölverbrauch (4-10% für Zündstrahl) erforderlich • Bei Dauerbetrieb mit Heizöl Rauchgasreinigung (Kat) erforderlich • Nur für flüssige und gasförmige Brennstoffe einsetzbar wie z.B. Heizöl, Erdgas, Flüssiggas, Deponiegas, Klärgas und dergleichen • Wärmeauskopplung mit Standardaggregaten nur bis 100°C möglich
3. KWK-Anlage mit Gasturbine und Abhitzeessel	
<ul style="list-style-type: none"> • Sehr kurze Liefer und Montagezeit • Schnelle Anpassung an Laständerungen • Geringer Platzbedarf • Spezifisch geringes Gewicht 	<ul style="list-style-type: none"> • Niedriger elektrischer Wirkungsgrad und ungünstigerer Teillastwirkungsgrad als bei 1. Und 2. • Nur für flüssige und gasförmige Brennstoffe einsetzbar wie z.B. Heizöl, Erdgas, Flüssiggas, Deponiegas, Klärgas und dergleichen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Geringer elektrischer Eigenbedarf • Zweistoffbetrieb (Öl/Gas) möglich 	
4. KWK-Anlage mit Gasturbinen- und Dampfturbinenprozess (GUD-Anlage)	
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Brennstoffausnutzung • Hoher elektrischer Wirkungsgrad • Geringer Platzbedarf • Feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe einsetzbar (Zusatzfeuerung) • Zweistoffbetrieb (Öl/Gas) in Gasturbine möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Ungünstiger Teillastwirkungsgrad • Nachteile für Gasturbinenteil gemäß 3. • Für die im Abhitzeessel durch Zusatzfeuerung eingebrachten Energiemengen siehe 5. • Feste Brennstoffe nur im Kessel-/Dampfturbinenteil nutzbar
5. KWK-Anlage mit Dampfkessel und Dampfturbine (Heizkraftwerk)	
<ul style="list-style-type: none"> • Feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe einsetzbar • Bei Auslegung mit Kondensationsanlage hohe Flexibilität bei Bedarfsschwankungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ohne Kondensationsteil nur geringe Flexibilität bei Bedarfsschwankungen • Gegenüber den Vergleichsvarianten hoher Platzbedarf, geringer elektrischer Wirkungsgrad, hoher Energiebedarf und hohe Kapitalkosten • Bei Kondensationsbetrieb große Energiemengen für Rückkühlanlagen abzuführen
6. KWK-Anlage mit Dampfkessel und Dampfmotor	
<ul style="list-style-type: none"> • Feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe einsetzbar • Bei Auslegung mit Kondensationsanlage hohe Flexibilität bei Bedarfsschwankungen • Relativ geringer Platzbedarf • Niedrige Betriebs- und Wartungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringer elektrischer Anlagenwirkungsgrad
7. KWK-Anlage mit Stirlingmotor oder Brennstoffzelle	
<ul style="list-style-type: none"> • Ökologische Vorteile • Hohe Effizienz 	<ul style="list-style-type: none"> • Derzeit noch nicht wettbewerbsfähig

Tabelle 1: Übersicht über Vor- und Nachteile verschiedener KWK-Systeme (Quelle: In Anlehnung an Schmitz und Schaumann 2005, S.31)

3 Biomasse

3.1 Grundlagen

Nach Kaltschmitt und Streicher (Hrsg.) 2009 kann Biomasse als Sonnenenergie betrachtet werden, die mithilfe von Pflanzen über den Prozess der Photosynthese in organische Materie umgewandelt wird und in dieser Form zur Deckung der Energienachfrage genutzt werden kann. Biomasse stellt damit gespeicherte Sonnenenergie dar. Sie unterscheidet sich grundsätzlich von anderen Optionen der direkten und indirekten Sonnenenergienutzung (z. B. Solarthermie, Windkraft) denn sie ist nicht unmittelbar an die von der Sonne eingestrahlte Energie gekoppelt und weist daher keine kurzfristigen Angebotsschwankungen auf. Eine sehr klare Begriffsdefinition zu Biomasse findet sich ebenfalls bei Kaltschmitt und Streicher (2009, S. 339) und soll deshalb hier zitiert werden: *„Der Begriff Biomasse umfasst sämtliche Stoffe organischer Herkunft (d. h. kohlenstoffhaltige Materie) wie die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere), die daraus resultierenden Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle (z. B. tierische Exkrememente), abgestorbene (aber noch nicht fossile) Phyto- und Zoomasse (z. B. Stroh) sowie im weiteren Sinne alle Stoffe, die beispielsweise durch eine technische Umwandlung und/oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind bzw. anfallen (z. B. Papier und Zellstoff, Schlachthofabfälle, organische Hausmüllfraktion, Pflanzenöl, Alkohol). Gemäß der europäischen Terminologienorm CEN/TS 14 588 wird Biomasse aus wissenschaftlich-technischer Sicht definiert als Material biologischer Herkunft mit Ausnahme von Material, das in geologische Formationen eingebettet und/oder zu fossilen Brennstoffen umgewandelt ist [...].“* In diesem Sinne kann eine Einteilung von Biomasse in die Kategorien biogene Festbrennstoffe, Biokraftstoffe und Biogas erfolgen. Wobei hier in weiterer Folge nur biogene Festbrennstoffe betrachtet werden.

3.2 Systembeschreibung

Zur energetischen Nutzung fester Bioenergieträger sind neben der Feuerung – in der die Umwandlung der Brennstoffenergie in Wärmeenergie erfolgt – in Abhängigkeit von der Anlagengröße und -technik, eine Reihe weiterer Systemelemente notwendig. Dies sind u. a. das Brennstofflager sowie die entsprechenden Lagerein- und -austragssysteme, der Kessel, der Wärmespeicher sowie ggf. eine Abgasreinigung.

3.2.1 Brennstofflager

Aufgrund der im Vergleich zu fossilen Brennstoffen geringeren Schütt- sowie Energiedichte von Biomasse besteht ein vergleichsweise großer Platzbedarf. Für die Dimensionierung der benötigten Lagerkapazität ist daher neben den örtlichen Gegebenheiten vor allem das Brennstoffanlieferungskonzept bestimmend. Der spezifische Raumbedarf ist je nach Brennstoff verschieden.

3.2.2 Feuerungsanlagen

Ziel bei der Verfeuerung zur Wärme- und/oder Strombereitstellung ist es immer, dass durch die Feuerungsanlage ein vollständiger Ausbrand der eingesetzten Biobrennstoffe (d. h. vollständige Oxidation), sowie ein hoher Wirkungsgrad bei gleichzeitig niedrigen Schadstoffemissionen realisiert wird. Feuerungsanlagen können in handbeschickte (z. B. Kaminofen, Scheitholzessel) und automatisch beschickte Feuerungen (z. B. Rostfeuerung, Wirbelschichtfeuerung) unterteilt werden. Während handbeschickte Feuerungen überwiegend im unteren thermischen Leistungsbereich (bis etwa 100 kW) u. a. mit Scheitholz und Pellets als Brennstoff betrieben werden, wird feste Biomasse in automatisch beschickten Anlagen mit Feuerungswärmeleistungen von wenigen 10 kW bis zu mehreren MW vor allem in Form von Hackgut verfeuert.

3.2.3 Stromerzeugung aus Biomasse

Neben der Nutzung zur ausschließlichen Wärmebereitstellung, kann die in einer Biomassefeuerungsanlage freiwerdende Wärme auch in elektrische Energie bzw. in einem gekoppelten Prozess in Strom und Niedertemperaturwärme (d.h. Kraft-Wärme-Kopplung) umgewandelt werden (siehe auch Kapitel 2 Kraft-Wärme-Kopplung).

3.3 Einsatz im Gebäudebereich

3.3.1 Handbeschickte Feuerungsanlagen

Handbeschickte Biomassefeuerungen finden vor allem bei Brennstoffen, die sich nur schwer automatisch fördern lassen (u. a. Scheitholz, Briketts), Verwendung. Die Brennstoffzufuhr erfolgt, wie auch der gesamte Verbrennungsablauf, chargenweise. Je nach Art der Verbrennungsführung können im Wesentlichen die Feuerungsprinzipien Durchbrand, Oberer Abbrand mit Nachbrennkammer und Unterer Abbrand mit Nachbrennkammer unterschieden werden. Handbeschickte Holzfeuerungen sind in vielfältigen Bauarten auf dem Markt verfügbar wobei eine Einteilung in Einzelraumfeuerungsanlagen (Wärmenutzung hauptsächlich im Aufstellraum), erweiterte Einzelraumfeuerungsanlagen (Wärmenutzung auch außerhalb des Aufstellraums) und Zentralheizungskessel (Wärmenutzung nur außerhalb des Aufstellungsorts) getroffen werden kann.

3.3.2 Automatisch beschickte Feuerungsanlagen

Automatisch beschickte Feuerungsanlagen werden mit mechanisch dosierbaren Brennstoffen (z. B. Hackschnitzel, Pellets, Strohballen) betrieben, welche sich kontinuierlich in den Feuerraum einbringen lassen. So kann die Feuerungsanlage innerhalb des geregelten Leistungsbereichs unter optimalen Bedingungen betrieben und eine entsprechend geringere Schadstofffreisetzung erreicht werden. Es können Unterschubfeuerung, Vorschubrostfeuerung, Unterschubfeuerung mit rotierendem Rost, Vorofenfeuerung mit Rost, Feuerung mit Fallschacht und Feuerung mit Rotationsgebläse unterschieden werden.

4 Photovoltaik

4.1 Grundlagen

Photovoltaik ist eine Möglichkeit die Strahlung der Sonne direkt in Strom umzuwandeln.

4.2 Systembeschreibung

Die üblicherweise aus einem Halbleitermaterial gefertigte Solarzelle hebt bei dem durch Lichteinstrahlung bestehenden Photonenbeschuss Elektronen von einem niedrigen Energielevel auf ein höheres, was durch unterschiedliche elektrische Potentiale zu Spannung führt. Bei der Stromerzeugung mit Photovoltaik wird der photovoltaische Effekt in Halbleitermaterialien genutzt. Diese absorbieren einen Teil des einfallenden Lichts, wodurch Elektronen freigesetzt werden, die den Fluss einer elektrischen Ladung durch das Material ermöglichen.

4.3 Einsatz im Gebäudebereich

Da das elektrische Lastprofil eines Verbrauchers im Allgemeinen nicht mit dem Leistungsprofil einer Photovoltaikanlage zusammenfällt, ist insbesondere für die Nutzung elektrischer Energie während der Nacht ein Speichersystem vorzusehen. Hierbei können zwei Systemtypen, Inselssysteme und Netzeinspeisungssysteme unterschieden werden. Detaillierte Informationen zu Photovoltaik, Systemkomponenten und Möglichkeiten der Integration finden sich in Teil 4 des Leitfadens - Entwurfsleitfaden Photovoltaik.

5 Solarthermie

5.1 Grundlagen

Thermische Solaranlagen nutzen die Strahlung der Sonne um sie in nutzbare Wärme umzuwandeln.

5.2 Systembeschreibung

Das Funktionsprinzip thermischer Sonnenkollektoren besteht in der Wandlung solarer Strahlung in Wärme, um diese in einem angekoppelten System (z.B. Heizung, oder Trinkwassererwärmung) nutzen zu können. Das Bauteil, das diese Aufgabe innerhalb des Sonnenkollektors übernimmt, ist der Absorber. Seine Oberfläche ist so beschichtet, dass er die Strahlung gut absorbiert und zugleich möglichst wenig Wärme abstrahlt (Selektive Beschichtung). Er muss zudem die entstandene Wärme gut an den durch ihn strömenden Wärmeträger ableiten.

5.3 Einsatz im Gebäudebereich

Am häufigsten kommen Anlagen zur Brauchwassererwärmung und/oder Heizungsunterstützung in Gebäuden zum Einsatz. Die Strahlung der Sonne erhitzt den Kollektor, welcher sich erwärmt und die Wärme über ein Wärmeträgermedium an einen Speicher weitergibt. Von dort wird die Wärme bei Bedarf entnommen. Systeme mit thermischen Solarkollektoren haben einen Gesamtwirkungsgrad, der sich im Bereich von ca. 35% befindet. Detaillierte Informationen zu Solarthermie, Komponenten und Möglichkeiten der Integration finden sich in Teil 6 des Leitfadens - Entwurfsleitfaden Solarthermie.

6 Kleinwindkraft

6.1 Grundlagen

Die im Wind enthaltene Bewegungsenergie kann mit einer Windkraftanlage in Strom umgewandelt werden. Der Energieertrag ist abhängig von der Erntefläche des Windrades (Fläche die von den Rotorblättern durchquert wird), von der Seehöhe (dünne Höhenluft enthält etwas weniger Masse, und damit weniger Energie) und vor allem von der Windgeschwindigkeit. Zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit von Windkraftanlagen sind primär Windgeschwindigkeit und Häufigkeitsverteilung ausschlaggebend, wobei sowohl die Summenhäufigkeit wie auch die relative Häufigkeit betrachtet werden. Die allgemeinen Grundgleichungen für Energieumsetzung und Leistungsprognose finden sich bei Watter 2009 ausführlich dargestellt. Hier sollen nur die wesentlichen Schlussfolgerungen kurz dargestellt werden.

Wichtige Grundlagen zur Ertragsprognose von Windkraftanlagen

Rotordurchmesser	Die Leistung steigt mit dem Quadrat des Rotordurchmessers; Doppelter Durchmesser -> 4fache Leistung. Große Windkraftanlagen sind also zweckmäßig
Windgeschwindigkeit	Die Leistung steigt mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit: Doppelte Windgeschwindigkeit -> achtfache Leistung; heißt aber auch im Umkehrschluss: Halber Wind -> ein Achtel Leistung! Der Aufstellungsort sollte also sorgfältig gewählt werden. Für die Ertragsprognose sind also genaue Kenntnisse der Mittelwerte und der Verteilungsfunktion erforderlich.
Anlagenhöhe	Indirekt fließt hier also auch die Nabenhöhe ein, denn mit zunehmender Anlagenhöhe werden die Winde stärker und kontinuierlicher, weil störende Bodeneffekte (durch Gebäude oder Pflanzen) abnehmen.

Tabelle 2: Wichtige Grundlagen zur Ertragsprognose von Windkraftanlagen (Quelle: in Anlehnung an Watter 2009, S.48).

6.2 Systembeschreibung

Eine Einteilung von Windkraftanlagen kann nach dem Wirkmechanismus erfolgen. So werden Anlagen unterschieden die nach dem Staudruck- bzw. Widerstandsprinzip funktionieren und solche die nach dem Auftriebsprinzip funktionieren. Weiter können Windkraftanlagen nach Ihrer Bauart, Zahl der Rotorblätter, nach Schnelllaufzahl in Langsam- oder Schnellläufer, nach Regelung in Stall-, Pitchregelung, nach Drehzahl in konstant oder variabel, nach Windanströmung in Luv- Leeläufer und nach den verwendeten Generatoren (Gleichstrom-, Synchron- und Asynchronmaschine) eingeteilt werden.

6.3 Einsatz im Gebäudebereich

Eine Vorgehensweise bei der Errichtung kann entsprechend den Empfehlungen für Kleinwindkraftanlagen der AEE NÖ-Wien 2010 erfolgen:

Vorgehensweise bei der Errichtung von Kleinwindkraftanlagen

Visuelle Standortbewertung

- Höhenlage
- Umgebende Hindernisse
- Hauptwindrichtung
- Platzierung in Bezug auf Hauptwindrichtung
- Windstärke und Häufigkeit von Windrichtungsänderungen
- Vermeidung von turbulenten Zonen
- Frei stehend oder Dachmontage

Turbinenwahl

- Schwach-/Starkwindturbine
- Installationsvoraussetzung: Mechanische Belastungen, Netz- oder Inselbetrieb
- Maximierung der Masthöhe
- Zertifizierung
- Leistungskurve
- Lärmgutachten
- Nennleistung (abhängig von Bauordnung, Eigenstrombedarf, Einspeisetarif)

Bestimmung der vorherrschenden Windgeschwindigkeiten

- Messung
- Vorhandene Daten (Meteorologie)

Ermittlung des Energieertrages der Turbine

- Berechnung mittels Leistungskurve und Windverteilung
- Aufgrund von Stillstandszeiten (Wartung, Windspitzen) und Verlusten können vom berechneten Ergebnis 5-15% abgezogen werden.

Wirtschaftliche Betrachtungen

- Ertragsberechnung
- Amortisationsberechnung

Sonstiges

- Genehmigung
 - Statische Berechnungen (Mast, Dach)
 - Vorkehrungen bei Insel- bzw. Netzbetrieb
-

Tabelle 3: Vorgehensweise bei der Errichtung von Kleinwindkraftanlagen (Quelle: AEE-NÖ Wien 2010, S.9)

Bei der Planung von Windkraftanlagen in besiedeltem Gebiet, vor allem in Wohngebieten und im städtischen Bereich sind einige Auswirkungen zu beachten, die im Betrieb von Windkraftanlagen ausgehen und deren Einsatz stark einschränken können.

Emissionen und Gefahren beim Betrieb von Windkraftanlagen	
Blitzschutz	Ein zuverlässiger Blitzschutz ist erforderlich um die Komponenten der Anlage zu schützen
Schallemissionen	Typische Lärmemissionen von Kleinwindkraftanlagen liegen etwa bei einem Niveau von 5-10 Dezibel über dem Umgebungslärm. Eine Richtlinie der WHO definiert einen Grenzwert 45 dB Schallpegel an der Fensteraußenseite des nächsten Gebäudes. Relevante Größen sind, der Abstand zu Nachbarn, die Turmhöhe und die Lärmniveauunterschiede zwischen Windgeschwindigkeiten. Es ist zu beachten, dass bei Nacht der Umgebungslärm geringer und das Ruhebedürfnis höher ist.
Schattenwurf	Der Schattenwurf von Kleinwindkraftanlagen ist relativ gering, er muss jedoch bei Anlagen in der Nähe von Wohngebäuden unbedingt beachtet werden.
Eiswurf	Wie bei großen Windkraftanlagen besteht auch bei kleineren Anlagen die Gefahr von Eiswurf
Vibrationen	Bei der Montage von Windkraftanlagen ist der Einfluss mechanischer Schwingungen aus dem Betrieb der Anlage auf die Bausubstanz zu beachten.
Visuelle Einflüsse	Aufgrund der exponierten Lage oder großen Höhe sind Windkraftanlagen meist weithin sichtbar und beeinflussen so das räumliche Erscheinungsbild erheblich

Tabelle 4: Emissionen und Gefahren beim Betrieb von Windkraftanlagen (Quelle: Eigene Recherchen)

Aus diesen Gründen ist der Einsatz von Kleinstwindkraftanlagen in stark besiedelten Gebiet derzeit als kritisch und nicht unproblematisch zu bewerten. Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind bei der Planung ebenso zu prüfen wie mögliche Auswirkungen und Gefahren. Weitere Empfehlungen für die Errichtung von Kleinwindkraftanlagen finden sich in der Gleichnamigen Broschüre der AEE – Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie NÖ-Wien.

7 Kleinwasserkraft

7.1 Grundlagen

Die Zielsetzung eines Wasserkraftwerkes ist es, die potentielle Energie der Wassers (bedingt durch eine bestimmte Höhendifferenz) über eine hydraulische Turbine in mechanische Rotationsenergie und dann in elektrische Energie umzuwandeln. Das Energiepotential der Anlage ist proportional zum Produkt aus Durchfluss und Fallhöhe.

7.2 Systembeschreibung

Je nach Kraftwerkstyp benötigt ein Wasserkraftwerk eine Staumauer (zur Wasserspeicherung) oder Wehranlage (zur Anhebung des Wasserspiegels), ein Einlaufbauwerk (samt Einlaufschwelle, Rechen, Entsandung und Verschluss), ein Triebwasserwerk (führt das Wasser zur Turbine) und ein Krafthaus (mit Feinrechen, Einlaufverschlüssen, Turbine, Generator, Mess- und Steuergeräte, Transformator). Für die Realisierung von Kleinwasserkraftwerken stehen eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme mit spezifischen Einsatzgebieten und Leistungsbereichen am Markt zur Verfügung.

7.3 Einsatz im Gebäudebereich

Für den Einsatz von Kleinwasserkraft im Gebäudebereich sind neben Umweltauswirkungen während der Errichtung und dem Betrieb vor allem Akustische Auswirkungen und Vibrationen zu berücksichtigen. Die Errichtung eines Kleinwasserkraftwerkes kann vom Standpunkt der Energieproduktion, der Umwelteinflüsse, der konstruktiven Erfordernisse sowie von der Anbindung an das Elektrizitätsversorgungsnetz aus betrachtet werden. Wasserbenutzungsrechte werden in Österreich in Abhängigkeit ihrer Größe vergeben. Um ein Wasserbenutzungsrecht zu erhalten muss eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden. Generell ist für die Errichtung einer Wasserkraftanlage eine Baugenehmigung erforderlich. Diese wird unabhängig vom Wasserrecht erteilt und liegt im Verantwortungsbereich der Baubehörde. Das Verfahren für eine Anbindung ans Stromnetz ist vom Wasserrechtsverfahren getrennt. Der Antrag muss bei jenen Behörden gestellt werden, die für das Stromnetz zuständig sind.

8 Thermische Nutzung des Untergrunds und der Umgebungswärme (Wärmepumpen / Geothermie)

8.1 Grundlagen

Der Erduntergrund kann als Wärmequelle und thermischer Energiespeicher genutzt werden. Er ist wegen des großen erschließbaren Volumens und des gleichmäßigen Temperaturniveaus für viele Anwendungen im Niedertemperaturbereich gut geeignet. Umwelt- und Erdwärme aus dem Untergrund wird über horizontale und vertikale Erdreichwärmeübertrager oder durch Abpumpen von Grundwasser gewonnen und meist über Wärmepumpen zum Heizen eingesetzt. Derartige Wärmepumpen-Anlagen können neben der Beheizung auch für die Raumkühlung verwendet werden. In einer zunehmenden Zahl von Anlagen wird bereits direkte Kühlung aus dem Untergrund ohne Einsatz der Wärmepumpe im Sommer betrieben.

Unter dem Begriff Geothermie werden meist die Nutzung oberflächennaher Erdwärme und Wärme aus tiefen Erdschichten subsumiert, wobei zu beachten ist, dass es sich bei oberflächennaher Erdwärme im Allgemeinen nicht um Wärme aus dem Erdinneren sondern vielmehr um gespeicherte Sonnenenergie handelt. Neben der direkten Nutzung, der Nutzung als unterirdischer Energiespeicher und der Nutzung mittels erdgekoppelter Wärmepumpenanlagen werden in diesem Kapitel auch luftgekoppelte Wärmepumpen betrachtet, da sie sich nur in der Art und Eigenschaften der Wärmequelle unterscheiden, vom Prinzip aber gleich funktionieren.

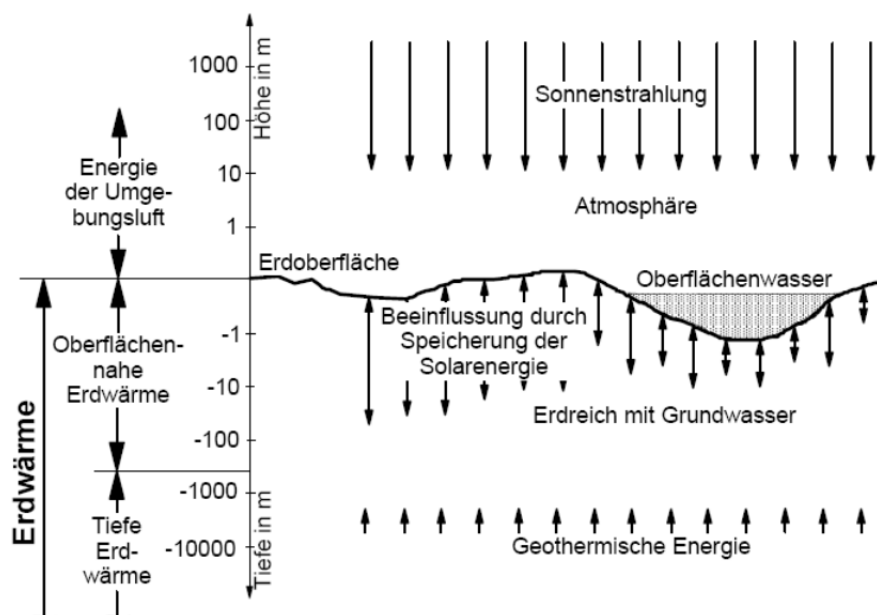


Abbildung 6: Entstehung und Zusammenhänge der Umgebungswärme (Quelle: Kaltschmitt 2006, S.395)

8.2 Systembeschreibung

Nach Anwendungsfällen lässt sich folgende Einteilung für die thermische Nutzung des Untergrunds treffen:

System	Anwendungen
Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen	
	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmepumpenanlagen zum Heizen • Wärmepumpenanlagen zum Heizen und Kühlen • Kältemaschinen zum Kühlen <p>Es kommen Erdreichwärmeübertrager oder direkt das Grundwasser als Wärmeträger zum Einsatz.</p> <p>Als Erdreichwärmeübertrager sind Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und weitere spezielle Erdreichwärmeübertragerbauarten in Verwendung. Das Grundwasser kann über Brunnen aus Aquiferen, aber auch aus Gruben oder der Entwässerung von Tunnelbauwerken stammen.</p>
Unterirdische thermische Energiespeicher	
	<ul style="list-style-type: none"> • Speicher zum Heizen (Als Wärmequelle kommen zum Einsatz z.B. Solarthermie, Abwärme, Umweltwärme) • Speicher zum Kühlen (Kältequelle: Umweltkälte) • Speicher zum Heizen und Kühlen <ul style="list-style-type: none"> - in Verbindung mit Wärmepumpen - ohne Wärmepumpen mit Nutzung von Umweltkälte/-wärme <p>Es kommen Erdreichwärmeübertrager oder direkt das Grundwasser als Wärmeträger (Aquiferspeicher) zum Einsatz.</p>
Direkte Nutzungen	
	<p>Eine Wärmepumpe wird hier nicht eingeschaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kühlung mit Grundwasser • Heizung mit Grundwasser • Lufterwärmung/-kühlung im Untergrund

Tabelle 5: Thermische Nutzung des Untergrundes nach Anwendungsfällen

8.3 Einsatz im Gebäudebereich

8.3.1 Direkte thermische Nutzung des Grundwassers

Grundsätzlich ist es möglich, kältere Umgebungsluft über einen Wärmeübertrager mit Grundwasser vorzuwärmen (Frischluftvorwärmung). Zur Wasserentnahme und -rückspeisung sind Brunnenanlagen erforderlich. Als besondere Aspekte bei der direkten thermischen Nutzung des Grundwassers sind Umweltauswirkungen, wasserwirtschaftliche Zielsetzungen und wasserrechtliche Belange zu berücksichtigen. Je 1 kW thermische Leistung ist eine Förderleistung von etwa 0,3 m³/h erforderlich, wobei die Ergiebigkeit von den örtlichen hydrogeologischen Gegebenheiten abhängig ist.

8.3.2 Direkte thermische Nutzung des Untergrunds mit Erdwärmesonden, Energiepfählen etc.

Mit vertikalen Erdreich-Wärmetauschern, wie sie z. B. Erdwärmesonden oder Energiepfähle darstellen, kann auch ohne den Einsatz von Wärmepumpen oder Speicherung Energie aus dem Untergrund aufgenommen bzw. an diesen abgegeben werden. Grundsätzlich ist bei der Wärmeeinleitung in den Untergrund darauf zu achten, dass durch die Erwärmung Boden und Grundwasser nicht geschädigt werden dürfen. Befinden sich die Erdwärmesonden ganz oder teilweise im Grundwasser, so ist eine wasserrechtliche Behandlung erforderlich.

8.3.3 Lufterwärmung/-Kühlung im Untergrund

Luft-Erdwärmetauscher (L-EWT) bestehen aus horizontal im Erdreich verlegten Rohren oder Rohrregistern, durch die Außenluft über die konventionelle Lüftungsanlage in das Gebäude geleitet wird. Die Differenz zwischen Außenluft- und Erdreichtemperatur führt je nach Jahreszeit zu einem Kühl- oder Heizeffekt für die transportierte Luft. Grundvoraussetzung zum Einsatz eines L-EWT ist eine mechanische Lüftungsanlage. L-EWT sind auf Grund ihres einfachen Systemaufbaus und des Arbeitsmittels Luft ökologisch weitgehend unbedenklich. Grundsätzlich sollte die transportierte Luft als Lebensmittel betrachtet werden und mit entsprechender Sorgfalt behandelt werden. Der L-EWT ist so zu erstellen, dass eine Kontrolle und Reinigung des gesamten L-EWT möglich ist. Für die Auslegung von L-EWT sind vor allem die Parameter Standort und Wetter, thermische Kennwerte des Bodenmaterials, Wassergehalt des Bodens, Bodenschichtung, nutzbare Grundfläche, Grundwassertemperatur, Gebäudekühllast, Volumenstrom, Rohrlänge, Rohrdurchmesser und Rohrmaterial relevant.

8.3.4 Unterirdische thermische Energiespeicher

Die unterirdische thermische Energiespeicherung eignet sich für den Einsatz in verschiedenen Energieversorgungssystemen. Die Begriffe „Kältespeicherung“ und „Wärmespeicherung“ nicht auf ein bestimmtes Temperaturniveau, sondern auf das Einsatzziel: Kühlen oder Heizen.

8.3.4.1 Kälte- und/oder Niedertemperatur-Wärmespeicherung ohne Wärmepumpe

Bei dieser Anwendung der unterirdischen Energiespeicherung wird das Erdreich im Winter abgekühlt (Speichern von Kälte), um im Sommer diese Kälte zur Kühlung nutzen zu können. Dabei wird aus kalter Außenluft oder kaltem Oberflächenwasser Umgebungskälte gewonnen und als Energiequelle benutzt.

8.3.4.2 Kälte- und/oder Niedertemperatur-Wärmespeicherung mit Wärmepumpe

Kennzeichnend für dieses System der Energieversorgung ist, dass der Verbraucher in der Regel sowohl Kälte als auch Niedertemperatur-Wärme braucht. Im Allgemeinen ist der Energieverbraucher ein Gebäude mit Heiz- und Kühlbedarf.

8.3.4.3 Solarenergie und Wärmespeicherung

Hier wird die Wärmespeichertechnologie für die Speicherung von Sonnenwärme in einer Periode mit einer hohen Sonneneinstrahlung eingesetzt, worauf diese Wärme in einer kalten Periode genutzt wird.

8.3.4.4 Aquiferspeicher

Wärme und/oder Kälte kann im Boden gespeichert werden. Die Temperatur des oberflächennahen Bodens wird hauptsächlich durch das über dem Boden herrschende Klima bestimmt. Die durchschnittliche Temperatur des Bodens und des darin vorhandenen Grundwassers liegt bei etwa 10°C. Das Grundwasser von 10 °C eignet sich als Kühl- und Heizmedium für eine Heizwärmepumpe respektive für eine Klimaanlage. Neben festem Boden kann zur Energiespeicherung auch (vor allem tiefes) Oberflächenwasser verwendet werden.

8.3.4.5 Erdwärmesonden-Speicher

Erdwärmesonden-Speicher eignen sich zur Speicherung von fühlbarer Wärme über längere Zeiträume – von mehreren Wochen bis hin zu mehreren Monaten (saisonale Speicher). Bei ihnen wird die thermische Energie über Erdwärmesonden in vertikalen oder leicht geneigten Bohrlöchern in den Untergrund eingebracht oder entzogen.

8.3.4.6 Naturähnliche thermische Untergrundspeicher

Bei diesen Speichern wird der Untergrund nicht direkt zur Wärmespeicherung verwendet, sondern ein Gemisch aus Kies bzw. Erdreich und Wasser dient als Speichermedium. Die Speicher bestehen aus einer mit geeigneten Maßnahmen abgedichteten Grube (oft auch als Erdbecken bezeichnet), die mit dem Speichermedium gefüllt wird. Typische Systeme sind Kies-Wasser und Erdreich-Wasser-Wärmespeicher.

8.3.5 Erd-/Luftgekoppelte Wärmepumpenanlagen

Aufgrund des geringen Temperaturniveaus der für eine Nutzung der Umgebungswärme zur Verfügung stehenden Wärmequellen, ist eine direkte Wärmenutzung meist nicht möglich. Durch den sogenannten Wärmepumpenprozess wird Wärme, die sich auf diesem niedrigen Temperaturniveau befindet, durch Zufuhr von mechanischer Energie oder exergetisch hochwertiger Wärme auf ein für die Wärmenutzung geeignetes höheres Temperaturniveau angehoben. Die Wärmepumpe ist ein Aggregat, welches einen Wärmestrom auf einem bestimmten Temperaturniveau aufnimmt (kalte Seite) und diesen durch Zufuhr exergetisch höherwertiger Energie gemeinsam mit der zugeführten Energie auf einem höheren Temperaturniveau wieder abgibt (warme Seite). Die für den Kreisprozess notwendige Antriebsenergie kann je nach Funktionsprinzip der Wärmepumpe in Form von mechanischer Energie oder Wärme zugeführt werden. Entsprechend der notwendigen Antriebsenergie wird zwischen Kompressions- und Sorptionswärmepumpen unterschieden. Sorptionswärmepumpen werden zusätzlich in Absorptions- und Adsorptionsanlagen unterteilt. Nach ihrer Betriebsart

können Anlagen in bivalent-alternativ, bivalent-parallel, bivalent-teilparallel und monovalent unterschieden werden. Erforderliche Systemelemente sind Wärmeübertrager, Verdichter, Expansionsventil und das Arbeitsmittel. Die energetische Effektivität der Wärmepumpentechnik hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, die neben den spezifischen Standorteigenschaften insbesondere die Randbedingungen des Betriebs betreffen. Neben der Wärmequellentemperatur, der Heizungsvorlauftemperatur und deren Verläufen über die Heizperiode sind auch die Energieverbräuche für die Hilfsantriebe der Wärmequellenanlagen und die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf in der Heizungsanlage von Bedeutung.

8.3.6 Nutzung des Grundwassers mit Brunnenanlagen

Bei direkter Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle sind mindestens zwei Brunnen erforderlich, welche durch ein zugelassenes Brunnenbauunternehmen zu planen und auszuführen sind. Die Grundwassernutzung ist genehmigungspflichtig. Hydraulische und hydrochemische und rechtliche Parameter sind bei der Auslegung und Installation der Anlage zu berücksichtigen.

8.3.7 Nutzung des oberflächennahen Untergrundes mit Erdwärmekollektoren

Die Nutzung des oberflächennahen Untergrundes kann beispielsweise anhand einer Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor erfolgen. Andere Formen von Erdreichwärmeübertragern, wie Grabenkollektoren, Spiralrohre, Heat-Shunt-Kollektoren werden gesondert betrachtet. Bei längeren Laufzeiten ist neben der vorgenannten spezifischen Entzugsleistung auch die spezifische jährliche Entzugsarbeit zu berücksichtigen, die den langfristigen Einfluss bestimmt. Erdwärmekollektoren dürfen nicht überbaut werden, da die Oberfläche über Erdwärmekollektoren in der Regel nicht versiegelt werden darf. Die Anlagen sind unter Umständen nach Wasserrecht genehmigungspflichtig.

8.3.8 Nutzung des Untergrundes mit Erdwärmesonden

Erdwärmesonden können üblicherweise Tiefen von 10 bis 200 m erreichen. Die Temperatur des zur Erdwärmesonde zurückkehrenden Wärmeträgermediums soll im Dauerbetrieb (Wochenmittel) den Grenzbereich von ± 11 K Temperaturänderung gegenüber der ungestörten Erdreichtemperatur nicht überschreiten. Bei Spitzenlast ist eine Temperaturänderung von maximal ± 17 K einzuhalten.

Für die Anlagen sind in der Regel wasserrechtliche Bewilligungen erforderlich. Bei bestehenden Gebäuden sollte der Mindestabstand von Erdwärmesonden zu den Gebäuden 2 m betragen. Anstelle der horizontal verlegten Wärmeübertragerrohre werden vorgefertigte Sonden vertikal oder auch schräg in dem Untergrund eingebaut.

8.3.9 Besonderheiten von Anlagen mit Direktverdampfung

Erdgekoppelte Wärmepumpen mit Direktverdampfung sollten nur in Anlagen mit Erdwärmekollektoren eingesetzt werden. Bei Direktverdampfung ist zu beachten, dass die Auslegung der Rohrlängen und -durchmesser im Untergrund stärker von der für die Wärmepumpe erforderlichen Verdampfercharakteristik als von den Standortgegebenheiten beeinflusst wird.

8.3.10 Besonderheiten weiterer Wärmequellen(-senken)anlagen

8.3.10.1 Gründungspfähle als Wärmeübertrager („Energiepfähle“)

Um Objekte bei nicht tragfähigem Untergrund errichten zu können, müssen häufig Pfahlgründungen vorgesehen werden. Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Arten von Gründungspfählen: Im Werk hergestellte Fertigteiltramppfähle, die an der Baustelle in den Untergrund eingerammt werden, und Ortbetonbohr- oder Ortbetonrammpfähle, bei denen der Beton auf der Baustelle in vorbereitete Löcher gegossen wird. Beide Arten können als Wärmeübertrager zur thermischen Nutzung des Untergrundes herangezogen werden.

Stehen solche „Energiepfähle“ ganz oder teilweise im Grundwasser, so sind sie genehmigungspflichtig. „Energiepfähle“ eignen sich als Wärmequelle für Wärmepumpen, aber auch als Erdreichwärmeübertrager für kombinierte Heiz und Kühlanlagen.

8.3.10.2 Erdberührte Betonbauteile als Wärmeübertrager

Über großflächige, vertikale und horizontale Betonbauteile kann dem Gebäude Energie aus dem Untergrund zugeführt oder in den Untergrund abgeführt werden. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn über die Fundamentplatte Energie aus dem Untergrund mittels einer Wärmepumpe entzogen wird. Erdberührte Betonbauteile als Wärmeübertrager eignen sich besonders für die Vorwärmung der Ventilationsluft im Winter bzw. die Vorkühlung im Sommer.

8.3.10.3 Platzsparende, kompakte Erdwärmekollektoren

Kompaktere, Platz sparende Varianten der Erdwärmekollektoren stellen der Grabenkollektoren und Spiralkollektoren dar. Für einen Grabenkollektor wird ein Graben mit schrägen Wänden ausgehoben, der bis über 3 m tief sein kann. An die Wandflächen werden PE-Rohre in engem Abstand (ca. 10 cm) horizontal verlegt und mit Halteleisten fixiert. Anschließend wird der Graben wieder verfüllt. Spiralkollektoren werden spiralförmig in 1,2 bis 1,5 m tiefen Künetten verlegt und können nach Bauart in SLINKY- oder SVEC-Kollektoren unterschieden werden.

8.3.10.4 Koaxialbrunnen

Eine Zwischenstellung zwischen Erdwärmesonden und Grundwasserbrunnen nehmen Koaxialbrunnen („Standing Column Wells“) ein. Dabei wird in eine Bohrung ein Steigrohr eingebaut, das am unteren Ende einen Filter aufweist und von einer Kiespackung umgeben ist.

8.3.11 Genehmigungsverfahren

Für die thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds sind im österreichischen Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) Bewilligungstatbestände vorgesehen. Wird bei einer Anlage Grundwasser entnommen und thermisch verändert, versickert oder in einen Vorfluter eingeleitet, so ist ein wasserrechtliches Bewilligungsverfahren durchzuführen.

9 Weiterführende Informationen

9.1 Hilfreiche Links

www.kleinwasserkraft.at

Kleinwasserkraftinformationsseite - Verein Kleinwasserkraft Österreich. Informationsseite zur Kleinwasserkraft in Österreich mit vielen weiterführenden Studien und Publikationen zum Bereich Kleinwasserkraft.

www.aee-now.at

Kleinwindkraft-Seite der AEE W, NÖ. Ausführliche Informationen zur Kleinwindkraft in Österreich. Planungsempfehlungen für die Errichtung von Anlagen.

9.2 Empfohlene Literatur

Watter H.: Nachhaltige Energiesysteme. Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009. Überblick über die verschiedenen regenerativen Energieträgersysteme und Technologien.

Kaltschmitt M. und Streicher W. (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung. Vieweg +Teubner | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009. Zeigt die Möglichkeiten und Potentiale der Nutzung regenerativer Energien in Österreich aufgeschlüsselt nach Energyträgern.

VDI-Richtlinie 4640 1-4: Thermische Nutzung des Untergrunds. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2008. Detaillierte Beschreibung unterschiedlicher Systeme zur thermischen Nutzung des Untergrunds mit Hinweisen zur Auslegung und Installation.

VDI-Richtlinie 6012 1-4: Dezentrale Energiesysteme im Gebäude. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003. Grundlagen und Informationen zur Auslegung von Energiespeichern, Photovoltaik, Brennstoffzellen und Kleinwindkraftanlage.

Schmitz K.W. und Schaumann G.: Kraft-Wärme-Kopplung, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2005. Beschreibt ausführlich die Grundlagen und Funktionsweise, Vor und Nachteile, sowie Einsatzgebiete unterschiedlicher Systeme der Kraft-Wärme-Kopplung.

Zauner A.: Oberflächennahe Erdwärmennutzung in Österreich – Überblick und Stuserhebung, Technische Universität Wien, Wien 2009. Gibt einen Überblick über Angebot und Potential der Nutzung oberflächennaher Erdwärme in Österreich.

10 Literatur:

BMWFI (Hrsg.): „Basispapier für die Arbeitsgruppen zur Erarbeitung einer Energiestrategie Österreich“, bmwfi, Lebensministerium, Wien 2009.

Celso Penche et al.: Handbuch zur Planung und Errichtung von Kleinwasserkraftwerken, ESHA European small hydropower association, Belgien 2004.

DIN CEN/TS 14588: Feste Biobrennstoffe – Terminologie, Definitionen und Beschreibungen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2004.

Greisberger, H. et al.: „Wege zur Strom- und Wärmeaufbringung ohne fossile Energieträger bis 2020 bzw. 2030“, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, Wien, 2008

Haas R. et al.: Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Marktchancen verschiedener Technologien im Energiebereich, BMVIT Energiesysteme der Zukunft, Wien 2010;

Kaltschmitt Martin, Streicher Wolfgang (Hrsg.): Regenerative Energien in Österreich - Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009.

Kleinwasserkraftinformationsseite - Verein Kleinwasserkraft Österreich
<http://www.kleinwasserkraft.at/>, abgerufen am 29.10.2010

Kleinwindkraftinformationsseite - Wordpress,
<http://kleinwindkraft.wordpress.com/technische-faktoren/>, abgerufen am 28.10.2010

Kleinwindkraft-Seite der AEE W, NÖ, <http://www.aee-now.at/cms/index.php?id=51>, abgerufen am 18. 8. 2010

Müller A. et al.: Heizen 2050 - Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050, Forschungsbericht, Klima- und Energiefonds - Programm „ENERGIE DER ZUKUNFT“; Wien, 2010

Rührlinger T.: Energetischer und ökonomischer Vergleich von Heiz-, Warmwasserbereitungs- und Lüftungssystemen in Niedrigenergie- und Passivhäusern. Technische Universität Wien, Wien 2008.

Schmitz K.W. und Schaumann G.: Kraft-Wärme-Kopplung, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2005.

VDI-Richtlinie 2067 Blatt 12: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2000.

VDI-Richtlinie 3985: Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Verbrennungskraftmaschinen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2004.

VDI-Richtlinie 4608: Energiesysteme Kraft-Wärme-Kopplung. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2005.

VDI-Richtlinie 4640 1-4: Thermische Nutzung des Untergrunds. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2008.

VDI-Richtlinie 4650: Berechnung von Wärmepumpen Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2009.

VDI-Richtlinie 4655: Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2008.

VDI-Richtlinie 4661: Energiekenngrößen – Definition, Begriffe, Methodik. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003.

VDI-Richtlinie 4682: Brennstoffzellen-Heizgeräte. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2008.

VDI-Richtlinie 6002 Blatt 1: Solare Trinkwassererwärmung – Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2004.

VDI-Richtlinie 6012 – Blatt 1: Dezentrale Energiesysteme im Gebäude – Grundlagen und Energiespeicher. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2003.

VDI-Richtlinie 6012 – Blatt 2: Dezentrale Energiesysteme im Gebäude - Photovoltaik. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2002.

VDI-Richtlinie 6012 – Blatt 3: Dezentrale Energiesysteme im Gebäude - Brennstoffzellen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2002.

VDI-Richtlinie 6012 – Blatt 4: Dezentrale Energiesysteme im Gebäude – Windkraftanlage als Kleinanlage. Beuth Verlag GmbH, Berlin 2002.

Watter H.: Nachhaltige Energiesysteme. Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009.

Zach F.: Analyse der Emissionsminderungspotentiale von Heizsystemen im österreichischen Gebäudebestand. Technische Universität Wien, Wien 2008.

Zauner A.: Oberflächennahe Erdwärmennutzung in Österreich – Überblick und Statuserhebung, Technische Universität Wien, Wien 2009.