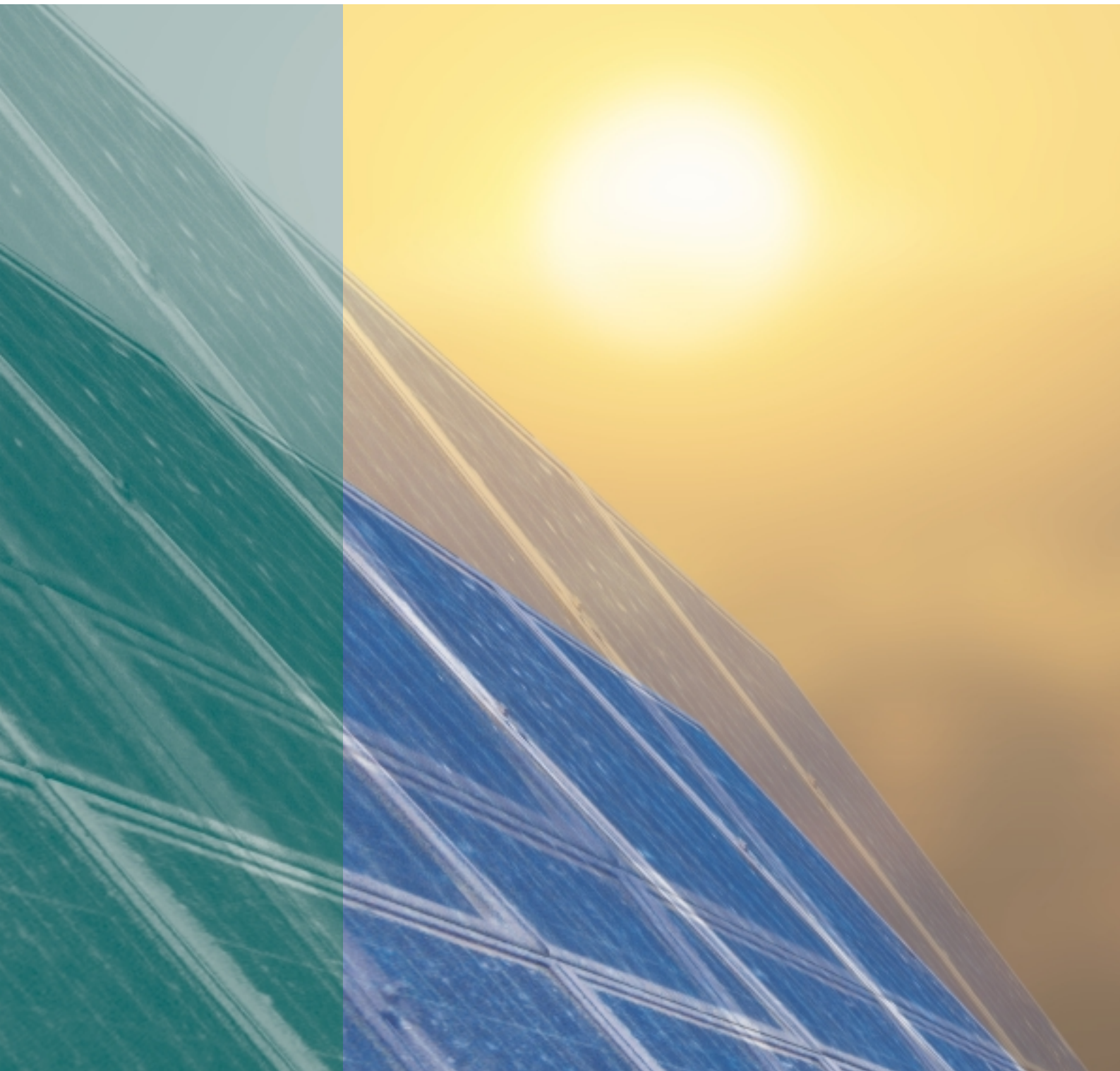


Kronsberger Studien – Band 1
**Potenzialanalyse zur Nutzung von
Solarenergie**



Kronsberger Studien – Band 1
**Potenzialanalyse zur Nutzung von
Solarenergie**

Indikatoren für das Solarpotenzial von Siedlungsräumen,
ermittelt durch eine exemplarische Untersuchung
für die Region Hannover sowie den Landkreis Lüchow-
Dannenberg

Auftraggeber: Avacon AG, Helmstedt
Erstellt durch: Niedersächsische Energie-Agentur, Hannover
Dipl.-Geograf Steffen Joest
Dipl.-Ingenieur Michael Kraleman

Hannover, November 2001

Inhaltsverzeichnis	
Vorwort	4
Kurzfassung	5
Einleitung und Aufgabenstellung	6
1 Marktentwicklung sowie Einsatz- und Investitionsbedingungen für Solaranlagen	7
1.1 Marktentwicklung	7
1.2 Analyse der Einsatz- und Investitionsbedingungen für Solaranlagen	7
1.2.1 Einsatz- und Betriebsformen	7
1.2.2 Energie-Erzeugungskosten	9
1.2.2.1 Photovoltaische Anlagen	9
1.2.2.2 Solarthermische Anlagen	11
2 Siedlungs- und Wirtschaftsstrukturen der Untersuchungsregionen	13
3 Erhebung großer Gebäudedachflächen in den Beispielregionen	15
3.2 Gebäudetypen und ihre Solareignung	16
3.2.1 Gewerbegebäude	16
3.2.2 Kommunale/Öffentliche Gebäude	17
3.2.3 Wohngebäude	19
3.3 Ermittlung effektiv nutzbarer Gebäudedachflächen	19
4 Regionale Förder- und Hemmfaktoren für großflächige solare Dachflächennutzung	22
4.1 Einfluss planungsrechtlicher Vorgaben	22
4.2 Einschätzung wesentlicher Akteure	22
4.3 Lokale und regionale Förderbedingungen	25
5 Indikatoren für Solarpotenzial von Regionen	27
6 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Niedersachsen und Sachsen-Anhalt	29
6.1 Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturen der Untersuchungsregionen	29
6.2 Regionen mit großem Solarpotenzial in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt	29
7 Zusammenfassung und Folgerungen	31
Literatur	32
Anhang: Beispielrechnungen	33

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1:	Einteilung von Solaranlagen nach Größenklassen	7
Tabelle 2:	Betreiberformen für Solaranlagen und ihre Vorteile	9
Tabelle 3:	Stromerzeugungskosten bei unterschiedlich großen Solaranlagen	10
Tabelle 4:	Wärme-Erzeugungskosten bei unterschiedlich großen Solaranlagen	11
Tabelle 5:	Strukturdaten der Untersuchungsgebiete	13
Tabelle 6:	Große Gebäudedachflächen in den Untersuchungsgebieten	15
Tabelle 7:	Gebäudeprioritäten für eine große Solarenergienutzung	19
Tabelle 8:	Wesentliche Akteure und ihre Motive bezüglich Solarenergie	23
Tabelle 9:	Aktuelle Einschätzung von Akteuren in den Untersuchungsregionen	24
Tabelle 10:	Regionale Fördersysteme zu Solarenergie in den Untersuchungsregionen	26
Abbildung 1:	Schätzung der effektiv mit Solaranlagen nutzbaren Dachfläche großer Gebäude	21
Abbildung 2:	Bevölkerungsverteilung in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt	30
Abbildung 3:	Vergleich der Einwohnerzahlen der Untersuchungsregionen mit ausgewählten Städten und Landkreisen in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt	30

Verzeichnis der Exkurse

Exkurs 1:	Anlagen-Contracting	8
Exkurs 2:	Verpachtung städtischer Dachflächen – das Beispiel Hannover	18
Exkurs 3:	Ökologisch engagierte Unternehmen – das Beispiel Ökoprofit Hannover	25
Exkurs 4:	Flächenversiegelung und Gebäudedachflächen	28

Vorwort

Im Juli 2001 beauftragte die Avacon die Niedersächsische Energie-Agentur mit einer Analyse des Nutzungspotenzials für Solarenergie. Ausgehend von der Erhebung des vorhandenen Bestands an Dachflächen in zwei vorgegebenen Regionen sollte dabei ermittelt werden, welcher Anteil der Flächen in der Praxis tatsächlich für eine Nutzung durch großflächige solarthermische oder photovoltaische Anlagen zur Verfügung steht. Weiterhin wurden hemmende und fördernde Faktoren in den Beispielregionen (Planungsrecht, Förderbedingungen, Akteure) analysiert. Anhand der unterschiedlich strukturierten Beispielregionen wurde dann untersucht, welche Gesetzmäßigkeiten beispielsweise zwischen Wirtschaftsstruktur, Besiedlungsdichte sowie Flächenversiegelung und den tatsächlich nutzbaren Dachflächen bestehen. Dabei wurden recht allgemeingültige Indikatoren entwickelt, die auch ohne nähere Untersuchung eine erste grobe Einschätzung des regionalen Dachflächenpotenzials ermöglichen. Im Rahmen der Studie finden Interessenten daneben praxisnahe Übersichten, Checklisten und Beispielrechnungen, die für die Identifikation von für Solarenergienutzung geeigneten Objekten hilfreich sind.

Die wichtigsten Ergebnisse

Diese Kurzstudie hatte die Aufgabe, exemplarisch in zwei norddeutschen Regionen – nämlich dem Landkreis Lüchow-Dannenberg sowie der Region Hannover – das **Solarenergie-Potenzial für große Anlagen zu ermitteln** und die **Ergebnisse auf Übertragbarkeit zu überprüfen**. Folgende wesentliche Ergebnisse lassen sich zusammenfassen:

- Trotz guter Marktentwicklungen und Kostendegression ist **Solarenergie erst an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit**. Die Rahmenbedingungen (Klimaschutz, Energie-Einsparverordnung, Förderung) lassen mittelfristig weiteres Marktwachstum und bessere Wirtschaftlichkeit erwarten. Schon heute können große und effizient geplante Anlagen wirtschaftlich betrieben werden. Dabei können neue Finanzierungsformen (Contracting, Bürgerfonds etc.) an Bedeutung gewinnen.
- Die **theoretischen Dachflächen-Potenziale** unterscheiden sich erheblich, **sind insgesamt aber hoch**. In der Region Hannover stehen 10 Millionen m² und im Landkreis Lüchow-Dannenberg 370.000 m² Dachfläche auf großen Gebäuden zur Verfügung. Die Region Hannover ist damit der Raum mit dem höchsten Dachflächen-Potenzial in den insgesamt abstrakt untersuchten Bundesländern Niedersachsen und Sachsen-Anhalt.
- Aufgrund technischer und planerischer Einschränkungen ist von den erhobenen theoretischen Potenzialen **aber nur ein kleiner Teil – etwa sieben Prozent – nutzbar**. Hauptsächlich schränken Statik (bei Flachdächern) und Ausrichtung (bei Schrägdächern) sowie Teilverschattungen die Nutzung ein. Eine Eignungsprüfung ist deshalb existenziell.
- Um regionale Solarpotenziale abschätzen zu können, ist der simple **Indikator Bevölkerungszahl** hilfreich. Er korreliert am besten mit dem rechnerischen Dachflächen-Potenzial großer Gebäude. Mit seiner Hilfe lassen sich für Niedersachsen und Sachsen-Anhalt die Agglomerationsräume und Großstädte als die Regionen mit dem größten theoretischen Solarpotenzial identifizieren.
- Die wichtigsten großen Gebäude für eine Solarenergienutzung sind **Gewerbegebäude sowie kommunale/öffentliche Gebäude in großen Städten und ihrem Umfeld**.
- Wichtigster Faktor für die Realisierung von großen Solaranlagen ist die **Motivation und der Informationsstand** – beispielsweise über Fördermöglichkeiten – der Akteure und Gebäudebesitzer. Planungs- und Genehmigungsvorschriften spielen nur im Einzelfall eine Rolle. Die Realisierung kann durch regionale Unterstützung (Förderprogramme, Beratung, Wettbewerbe) verstärkt werden.

Einleitung und Aufgabenstellung

Die solar geeignete Dachfläche in Deutschland liegt – je nach Berechnungsmethode – bei mindestens 800 Mio. Quadratmetern (m²). Damit liegt das geschätzte Potenzial um ein Vielhundertfaches über dem heute genutzten. Gleichzeitig gewinnt die Nutzung der Solarenergie nicht nur außerhalb von Deutschland rasant an Bedeutung. 20 Prozent des solarthermischen Anlagenbestands und über 40 Prozent des Bestands an photovoltaischen Anlagen (PV-Anlagen) in Deutschland wurden im Jahr 2000 installiert. So ist in Deutschland – aufgrund stark verbesserter Förderbedingungen – in den letzten Jahren ein Entwicklungsschub sowohl bei der Stromerzeugung aus Solarenergie (Photovoltaik) als auch bei der Wärmeerzeugung (Solarthermie) festzustellen, der ungebrochen scheint. Die deutschen Förderbedingungen geben langfristige Investitionssicherheit und bringen die Solarenergienutzung auch in unseren gemäßigten Breiten bis zur Wirtschaftlichkeit.

Trotz dieser guten Rahmenbedingungen, der positiven Marktentwicklung und einem hervorragenden Image des Energielieferanten Sonne zeigt sich die Mehrzahl der Akteure in der Bundesrepublik Deutschland noch verhalten. Konkrete Projektrealisierungen in größerem Maßstab – wie sie zum Beispiel bei der Windenergienutzung üblich geworden sind – sind immer noch von vielen Faktoren abhängige Einzelfälle. Weiterhin ist das wirkliche Potenzial für eine Solarenergienutzung auf kleinräumiger Ebene nicht bekannt.

Diese Kurzstudie will exemplarisch in zwei norddeutschen Regionen – nämlich dem Landkreis Lüchow-Dannenberg sowie der Region Hannover – das Solarenergie-Potenzial aufzeigen. Dabei werden folgende Ziele verfolgt:

- Es sollen Dachflächen-Potenziale auf kleinräumiger/regionaler Ebene (Ballungsraum, ländlicher Raum) eingeschätzt werden.
- Weiterhin sollen Aussagen getroffen werden über Einsatzbedingungen sowie förderliche und hemmende Faktoren in den Regionen (Akteursgruppen, Planungsrecht, Förderbedingungen).
- Außerdem sollen die Detailuntersuchungen Erkenntnisse für eine Über-

tragbarkeit auf größere Räume (zum Beispiel das Netzgebiet der Avacon beziehungsweise die Bundesländer Niedersachsen/Sachsen-Anhalt) liefern.

Dafür unterteilt sich diese Kurzstudie in folgende Arbeitsschritte und Kapitel:

1. Analyse der Marktentwicklung sowie der Wirtschaftlichkeit von Solarenergie (Kapitel 1)
2. Analyse des Solarpotenzials der zwei Beispielregionen Landkreis Lüchow-Dannenberg und Region Hannover sowie Zusammenfassung übertragbarer Aussagen zu Potenzialfaktoren durch
 - Untersuchung der Siedlungs- und Wirtschaftsstrukturen (Kapitel 2)
 - Erhebung realer Dachflächensummen großer Gebäude und Analyse der Nutzbarkeit nach Gebäudetypen (Kapitel 3)
 - Untersuchung der regionalen Förder- und Hemmfaktoren (Akteure, Planungsrecht, Fördermittel)
3. Untersuchung der Übertragbarkeit auf Großregionen durch
 - Analyse der Zusammenhänge zwischen ermittelten Dachflächensummen und regionalen Siedlungs- und Wirtschaftsstrukturdaten (Kapitel 5)
 - Versuch einer Übertragung auf die großräumige Ebene (Avacon-Netzgebiet/Bundesländer Niedersachsen/Sachsen-Anhalt) (Kapitel 6)

Um die benötigten Daten, Informationen und Einschätzungen zu gewinnen, wurden zum einen statistische Daten und Karten beschafft und ausgewertet und zum anderen Fachgespräche mit wichtigen regionalen Akteuren und Institutionen (Hochbauamt, Wirtschaftsförderung, Liegenschaftsamt etc.) sowie stichprobenartige Bereisungen und Vor-Ort-Erhebungen durchgeführt.

Im Rahmen dieser Kurzstudie können die behandelten Themen hier nur abgeschätzt und nicht in ihrer gesamten Breite ausgeführt werden. Entsprechend ist die vorliegende Untersuchung als Anstoß für weitere Analysen sowie die Realisierung großer Solaranlagen zu sehen.

1 Marktentwicklung sowie Einsatz- und Investitionsbedingungen für Solaranlagen

1.1 Marktentwicklung

Die wirtschaftliche Situation der Solarenergie ist stark von den Förderbedingungen gekennzeichnet. Das 100.000-Dächer-Programm hat in Kombination mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zu einem sprunghaften Anstieg bei der Installation von Photovoltaik-Anlagen geführt. Insgesamt wurden im Jahr 2000 rund 80.000 Solaranlagen installiert. Davon entfiel die überwiegende Anzahl auf solarthermische Anlagen (70.000 Stück mit einer Fläche von 600.000 m²), während Photovoltaik mit 10.000 Anlagen und einer Gesamtleistung von 45.000 Kilowatt peak (kWP) beteiligt war. Diese Neuaninstallationen stellen einen wesentlichen Anteil der insgesamt installierten Anlagen dar: Bundesweit waren Ende 2000 3.000.000 m² Solarkollektoren und 100.000 kWP Photovoltaik installiert. Es ist also im vergangenen Jahr – insbesondere bei Photovoltaik – von einer niedrigen Basis aus ein starker Anstieg zu verzeichnen.

Die Technologie bewegt sich jedoch weiterhin in einem Nischenmarkt, der vor allem von dem Interesse an einer umweltfreundlichen Stromerzeugung geprägt ist. Großanlagen, zum Beispiel auf Dächern öffentlicher oder gewerblicher Liegenschaften, bieten hier spezifisch geringere Investitionskosten. Da bei Photovoltaik-Anlagen jedoch auch durch die Kombination aus Investitionszuschuss und erhöhter Einspeisevergütung nur an optimalen Standorten eine Kostendeckung erreicht wird, und solarthermische Anlagen nur in Ausnahmefällen kostendeckend arbeiten (vgl. Kapitel 2.2), ist eine wirtschaftliche Dynamik in Größenordnung der Windenergie zur Zeit nicht zu erwarten. Die Zukunft wird zeigen, ob durch die Massenfabrikation oder die Entwicklung neuer Technologien eine spürbare Kostensenkung zu erreichen ist.

1.2 Analyse der Einsatz- und Investitionsbedingungen für Solaranlagen

1.2.1 Einsatz- und Betriebsformen

Um die folgenden Betrachtungen zu strukturieren, wird eine Einteilung der Solaranlagen hinsichtlich ihrer Größe vorgenommen:

Tabelle 1: Einteilung von Solaranlagen nach Größenklassen

Solaranlagen	Photovoltaik	Solarthermie
kleine Anlagen	1-5 kWP 9-45 m ² private Dächer	4-40 m ² private Dächer
mittlere Anlagen	5-40 kWP 45-360 m ² öffentliche und gewerbliche Dächer	40-200 m ² öffentliche und gewerbliche Dächer
große Anlagen	ab 40 kWP ab 360 m ² öffentliche und gewerbliche Dächer	ab 200 m ² öffentliche und gewerbliche Dächer (auch Nahwärmesysteme)

Der Energieertrag von solarthermischen Anlagen ist von den Standort- und Systembedingungen abhängig (vgl. auch Kapitel 1.2.2) und liegt generell zwischen 250 und 450 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m²a). Der Stromertrag von Photovoltaik-Anlagen beträgt bei guter Ausrichtung in Norddeutschland circa 90 kWh/m²a. Von der Sonneneinstrahlung in der Größenordnung von 925 bis 1.000 kWh/m²a wird also nur ein kleiner Anteil in Nutzenergie umgewandelt. Hier zeigen sich sowohl die technischen und systembedingten Grenzen der Solarenergienutzung als auch die höhere Wertigkeit des Energieträgers Strom.

Während der Markt heute hauptsächlich von Kleinanlagen bestimmt wird, ist für die Erschließung großer Solarpotenziale auch die Realisierung von mittleren und großen Anlagen erforderlich. Diese haben neben der Kostendegression auch den Vorteil des in der Summe geringeren organisatorischen und planerischen Aufwands. Da die technisch-wirtschaftlich optimale Anlagengröße immer von den örtlichen Bedingungen abhängig ist, kann keine generelle Aussage hinsichtlich einer Mindest- oder Optimalgröße einer Anlage getroffen werden.

Solarthermische und Photovoltaik-Anlagen unterscheiden sich hinsichtlich der festzulegenden Zuständigkeiten und Schnittstellen der Beteiligten. Grundsätzlich ist zwischen den folgenden Akteuren und Funktionen zu unterscheiden:

Photovoltaik-Anlagen:

- | | |
|-------------------------|---|
| • Gebäudeeigentümer: | Bereitstellung des Daches |
| • Anlageninvestor: | Finanzierung der Anlage, Eigentumsrecht |
| • Anlagen-Installateur: | Installation der Anlage |
| • Anlagenbetreiber: | Wartung und Instandhaltung |
| • Stromnetz-Betreiber: | Aufnahme und Vergütung des eingespeisten Stroms |

Solarthermische Anlagen:

- | | |
|-------------------------|---|
| • Gebäudeeigentümer: | Bereitstellung des Daches |
| • Anlageninvestor: | Finanzierung der Anlage, Eigentumsrecht |
| • Anlagen-Installateur: | Installation der Anlage |
| • Anlagenbetreiber: | Wartung und Instandhaltung |
| • Gebäudenutzer: | Vergütung der erzeugten Wärme |

Exkurs 1:

Anlagen-Contracting

Bei Anlagen-Contracting steht die Sanierung und der Betrieb von Versorgungseinrichtungen im Vordergrund. Hierunter fällt die wohl am meisten bekannte Wärmelieferung. Ein Betreiber übernimmt für eine vertraglich festgelegte Zeit die Wärmeversorgung eines Objektes und liefert dem Kunden Wärme, die bei der Übernahme in das lokale Verteilnetz gemessen und abgerechnet wird. Auf diese Weise wird der Kunde von der Investition entlastet und erhält eine Wärmeversorgung auf Basis modernster Technik. Für die Wärmebereitstellung können herkömmliche Kesselanlagen, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Solaranlagen usw. Verwendung finden.

Der Betreiber, auch Contractor genannt, ist während der gesamten Vertragslaufzeit allein für die zeit- und bedarfsgerechte Bereitstellung der Wärme verantwortlich. Er übernimmt den gesamten Anlagenbetrieb einschließlich Wartung, Störungsbehebung, Instandhaltung, Energieeinkauf und Abrechnung. Diese Dienstleistung wird über die bezogene Wärmemenge abgerechnet. Veränderungen in der Nutzung und der Witterung gehen also zu Lasten des Kunden, während ein ineffizienter Anlagenbetrieb vom Contractor zu tragen ist. Neben den Wärmebezugskosten wird ein Grund- oder Leistungspreis für die Bereitstellung der Wärme-Erzeugungsanlage abgerechnet.

Solaranlagen können ähnlich wie andere Energieerzeugungs-Anlagen in einer Vielzahl von Modellen betrieben werden. Neben der klassischen Form, bei der der Gebäudeeigentümer die Anlage errichtet und betreibt, ist auch die Bildung von Betreibergesellschaften möglich. Dabei kann es sich sowohl um örtliche Initiativen als auch um überregional agierende Gesellschaften handeln. Tabelle 2 gibt einen qualitativen Überblick.

Tabelle 2: Betreiberformen für Solaranlagen und ihre Vorteile

Betreiberform	Vorteile
Errichtung und Betrieb durch Gebäudeeigentümer/-nutzer	<ul style="list-style-type: none"> keine Definition von Schnittstellen zwischen Dach und Anlage erforderlich
Errichtung und Betrieb durch örtliche Betreibergesellschaft unter Beteiligung des Gebäudeeigentümers	<ul style="list-style-type: none"> Teilentlastung des Gebäudeeigentümers Beteiligung weiterer Investoren ggf. Erschließung von Fördermitteln, die für Gebäudeeigentümer nicht zugänglich sind keine Definition von Schnittstellen zwischen Dach und Anlage erforderlich
Bereitstellung der Dachfläche durch Gebäudeeigentümer	<ul style="list-style-type: none"> Entlastung des Gebäudeeigentümers Know-how für Investition und Betrieb von professionellem Betreiber
Errichtung und Betrieb durch überregionale Betreibergesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> Kostendegression durch Realisierung mehrerer Anlagen Beteiligung weiterer Investoren ggf. Erschließung von Fördermitteln, die für Gebäudeeigentümer nicht zugänglich sind

Der Betrieb von Solaranlagen – insbesondere von solarthermischen Anlagen – durch ein Contracting-Unternehmen im Mietwohnungsbau stellt eine Sonderform des Anlagen-Contracting dar (siehe Kasten) und ist durch eine Reihe von Besonderheiten gekennzeichnet. Die Investitionen sind im Wärmepreis enthalten und werden gemäß Heizkostenverordnung an die Mieter weitergegeben. Aufgrund der hiermit eventuell verbundenen Mietpreissteigerungen bestehen Vorbehalte gegenüber solarer Wärmeerzeugung. Vorbehalte seitens der Gebäudeeigentümer bestehen in den folgenden Punkten:

- mangelndes Vertrauen in Ertrag und Funktionsfähigkeit der Anlagen (Informations- und Know-how-Defizit)
- erhöhter technischer und organisatorischer Aufwand gegenüber konventioneller Versorgung
- mangelndes Vertrauen in die Contracting-Unternehmen

1.2.2 Energie-Erzeugungskosten

Die Energie-Erzeugungskosten von Solaranlagen sind von einer Reihe von Faktoren abhängig:

- **Investition:** Anlagentechnik, Auslegung, Montagebedingungen, Synergieeffekte (z. B. vermiedene Dachinvestitionen)
- **Ertrag:** Auslegung, Ausrichtung, Neigung, Verschattung, bei Kollektoranlagen auch Speichervolumen und Temperaturniveau des Wärmesystems
- **Betrieb:** Wartung, Instandhaltung, Leitungs- und Umwandlungsverluste, bei Kollektoranlagen auch Pumpenstromverbrauch

1.2.2.1 Photovoltaische Anlagen

Im folgenden werden Musterberechnungen für Photovoltaik-Anlagen in drei verschiedenen Größenordnungen vorgestellt, die unter der Annahme optimaler äußerer Bedingungen aufgestellt wurden (Südausrichtung, Neigung 40° gegen die Horizontale, verschattungsfreie Aufstellung). Neben zwei Großanlagen ist eine typische Standard-Kleinanlage dargestellt.

Die Art der Installation (aufgeständert oder dachintegriert bei Satteldächern,

Tabelle 3: Stromerzeugungskosten bei unterschiedlich großen Solaranlagen

	Einheit	2 kW _p	100 kW _p	400 kW _p	400 kW _p ohne Förderg.
Anlagengröße	m ²	18	900	3.600	3.600
Montage		Aufdach	dachintegriert	aufgeständert	aufgeständert
Investition	DM	31.000	1.030.000	4.000.000	4.000.000
Stromerzeugungskosten	Pf/kWh	128,0	90,3	88,0	105,6

aufgeständert bei Flachdächern) spielt keine entscheidende Rolle für die Wirtschaftlichkeit, da die Mehrkosten der Dachintegration etwa den Einsparungen der obersten Dachhaut entsprechen. Fassadenanlagen führen zu höheren Stromerzeugungskosten, da die Installationskosten steigen und der Stromertrag durch die senkrechte Anordnung vermindert wird. Die vermiedenen Kosten der Fassadenelemente unterliegen abhängig von den verwendeten Materialien einer großen Bandbreite, so dass keine allgemeingültige Aussage möglich ist.

Die Finanzierung erfolgt über das 100.000-Dächer-Programm, das eine Investition von 12.825 DM/kW (bis zu 5 kW) beziehungsweise 6.413 DM/kW (Leistungsanteil über 5 kW) abdeckt. Dabei gelten die Zugangsbedingungen der KfW:

- Privatpersonen, Vereine, private Stiftungen
- Freiberuflich Tätige
- Mittelständische Unternehmen der privaten Wirtschaft (100 Prozent in privatem Besitz, weniger als 250 Beschäftigte, Jahresumsatz weniger als 78 Mio. DM, Bilanzsumme weniger als 53 Mio. DM)

Die Eckdaten der Musterberechnungen sind in der Tabelle 3 enthalten, Details sind der ausführlichen Berechnung im Anhang (Anhang 1a bis 1d) zu entnehmen. Die Berechnung orientiert sich in ihrer Methodik an der VDI-Richtlinie 2067. Das Kriterium der Kostendeckung liegt in der Stromvergütung gemäß EEG, die für Anlagen, die im Jahr 2002 ans Netz gehen, 94,1 Pfennig/kWh betragen

wird. Die für 20 Jahre feste Vergütung reduziert sich – laut EEG – für erst 2003 realisierte Photovoltaik-Anlagen um weitere 5 Prozent.

Falls die Anlage von einem Investor betrieben wird, der das 100.000-Dächer-Programm nicht in Anspruch nehmen kann, steigen die Stromerzeugungskosten im Fall der 100 kW-Anlage auf 96,4 Pf/kWh. Sie ist also nicht mehr kostendeckend zu betreiben.

Aus dem Vergleich der Stromerzeugungskosten lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ableiten. Grundsätzlich gilt jedoch insbesondere für die Großanlagen, dass die Investitionen stark von den örtlichen Bedingungen abhängen, so dass es sich streng genommen immer um Einzelfälle handelt.

- Die Stromerzeugungskosten sind stark mit den Investitionskosten verbunden und zeigen mit zunehmender Anlagengröße eine deutliche Degression auf. Große Anlagen kommen in den Bereich der Kostendeckung.
- Das EEG ist in Kombination mit dem 100.000-Dächer-Programm beziehungsweise dem CO₂-Minderungsprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) so ausgelegt, dass PV-Anlagen an beziehungsweise knapp über die Schwelle der Kostendeckung gelangen können. Eine Miete für die zur Verfügung gestellte Dachfläche ist nicht beziehungsweise nur in geringem Maße gerechtfertigt.
- Es ist keine Rendite zu erwarten, die mit Investitionen im Bereich der konventionellen Energieanlagen vergleichbar wäre.

1.2.2.2 Solarthermische Anlagen

Stärker als Photovoltaik-Anlagen sind solarthermische Anlagen von den Einsatzbedingungen innerhalb des versorgten Gebäudes abhängig. Auch hier werden Musterberechnungen für Anlagen in drei verschiedenen Größenordnungen vorgestellt, die unter der Annahme optimaler äußerer Bedingungen aufgestellt wurden (Südausrichtung, Neigung 40° gegen die Horizontale, verschattungsfreie Aufstellung). Neben zwei Großanlagen ist eine Standard-Kleinanlage an typischen Einsatzorten dargestellt. Solare Nahwärmesysteme mit saisonaler Wärmespeicherung werden hierbei nicht betrachtet, da sie noch Demonstrationsvorhaben mit sehr hohen Kosten darstellen, die nicht im Sinne einer Musteranlage verallgemeinerbar sind.

Die Finanzierung erfolgt über das Markteinführungsprogramm des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle mit einem Zuschuss von 170 DM/m² Kollektorfläche (maximal 50.000 DM). Dabei gelten ebenso wie bei der Photovoltaik die folgenden Zugangsbedingungen:

- Privatpersonen, Vereine, private Stiftungen

- Freiberuflich Tätige
- Mittelständische Unternehmen der privaten Wirtschaft (100 Prozent in privatem Besitz, weniger als 250 Beschäftigte, Jahresumsatz weniger als 78 Mio. DM, Bilanzsumme weniger als 53 Mio. DM)

Anlagen auf Einfamilienhäusern können alternativ hierzu eine erhöhte Eigenheimzulage in Höhe von 4.000 DM in Anspruch nehmen.

Die Eckdaten der Musterberechnungen sind in Tabelle 4 enthalten. Details sind der ausführlichen Berechnung im Anhang (Anhang 2a bis 2c) zu entnehmen. Das Kriterium der Wirtschaftlichkeit liegt in der vermiedenen Menge fossilen Brennstoffs, die mit einem aktuellen Preis bewertet wird, der sich an der übrigen Abnahmemenge des jeweiligen Gebäudes orientiert.

Falls die Anlage von einem Investor betrieben wird, der das Markteinführungsprogramm nicht in Anspruch nehmen kann, steigen die Wärme-Erzeugungskosten im Fall der 500m²-Anlage um 0,2 Pf/kWh, stellen also keinen wesentlichen Unterschied dar. Hier zeigt sich die geringe Förderhöhe.

Tabelle 4: Wärme-Erzeugungskosten bei unterschiedlich großen Solaranlagen

	Einheit	Einfamilienhaus	z.B. Sporthalle	z.B. Krankenhaus	z.B. Krankenhaus ohne Förderg.
Anlagengröße	m ²	6	200	500	500
Montage		Aufdach	aufgeständert	aufgeständert	aufgeständert
Investition	DM	8.500	210.000	550.000	550.000
Wärme-Erzeugungskosten	Pf/kWh	31,0	19,1	18,2	18,6
vermiedene Brennstoffkosten	Pf/kWh (H _U)	9,4	7,1	6,5	6,5

Aus dem Vergleich von Wärme-Erzeugungskosten und vermiedenen Erdgas-Bezugskosten lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ableiten:

- Die Wärme-Erzeugungskosten sind stark mit den Investitionskosten verbunden und zeigen mit zunehmender Anlagengröße eine deutliche Degression auf.
- Der ausgeglichene Verbrauch bei einer Vielzahl von Verbrauchern wirkt sich positiv auf den Kollektorsertrag aus. Eine kleine Anlagenauslegung führt ebenfalls zu höheren Kollektorserträgen und somit niedrigen Wärme-Erzeugungskosten, während der solare Deckungsgrad jedoch gering bleibt.
- Trotz der Förderung ist bei heutigen Brennstoffpreisen kein kostendeckender Betrieb zu erreichen. Eine Miete für die zur Verfügung gestellte Dachfläche ist nicht gerechtfertigt.
- Etwaige Kostensteigerungen für fossile Brennstoffe führen bei solarthermischen Anlagen zu höheren Erlösen.

Zusammenfassend lassen sich zu den beiden Vergleichen zusätzlich folgende Aussagen treffen:

- Die Berechnungen berücksichtigen nur die monetär darstellbaren Effekte der Anlagen. Etwaige Zusatznutzen – wie eine Image- oder Multiplikatorwirkung – sind nicht erfasst.
- Die Kostenberechnungen basieren auf heutigen Investitionen und Vergütungen. Besonders im Bereich der Photovoltaik werden in Zukunft sinkende Anlagekosten erwartet, die mit der kontinuierlichen leichten Absenkung der Vergütungssätze korrelieren sollen.
- Die Kostenberechnungen basieren auf heute verfügbaren Fördermitteln. Bei Gewährung weiterer Fördermittel z. B. aus regionalen oder innovationsorientierten Programmen ist mit geringeren Erzeugungskosten zu rechnen.

2 Siedlungs- und Wirtschaftsstrukturen der Untersuchungsregionen

Um Solarpotenziale größerer Gebiete allgemein abschätzen zu können, müssen zunächst Erfahrungen auf kleinräumiger Ebene gesammelt werden. Diese müssen so vorliegen, dass sie auf größere Gebiete übertragbar sind. Entsprechend wird in der folgenden Analyse zunächst das Solarpotenzial der zwei Beispielregionen Landkreis Lüchow-Dannenberg und Region Hannover untersucht. Unter der Region Hannover werden dabei Stadtgebiet und das Gebiet der umliegenden Landkreis-Gemeinden zusammengefasst. Die Regionsbildung zum November 2001 macht neben den intensiven strukturellen Verflechtungen in der Region eine gemeinsame Betrachtung sinnvoll. Wo möglich, sind Stadtgebiet und das Gebiet des (ehemaligen) Landkreises auch getrennt betrachtet. Am Anfang steht eine strukturierte Regionstypisierung.

Die beiden Untersuchungsregionen Lüchow-Dannenberg und Region Hannover umfassen zusammen etwa 7,6 Prozent der niedersächsischen Landesfläche. Sie stehen für einen städtischen Verdichtungsraum (und sein Umland) und eine

ländlich-periphere Region und bilden damit die maximale Breite norddeutscher Regionen ab. Während Hannover verkehrsgünstig und zentral zwischen niedersächsischem Geestland und offenem Berg- und Hügelland gelegen ist, befindet sich Lüchow-Dannenberg im äußersten Osten Niedersachsens an der Grenze zu ostdeutschen Bundesländern (ehemaliges Zonenrandgebiet). Die beiden Regionen weisen große Unterschiede in der Besiedlungs- und Bebauungsstruktur auf. Der Landkreis Lüchow-Dannenberg ist mit nur 52.000 Einwohnern dünn besiedelt, weist einen geringen Flächenversiegelungsgrad auf und ist entsprechend ländlich und dörflich geprägt. Im Gegensatz dazu leben in der dicht besiedelten Region Hannover über 1,1 Mio. Einwohner. Dabei hat das Stadtgebiet der Landeshauptstadt Hannover die höchste Bevölkerungsdichte des gesamten betrachteten Gebiets. Weitere Strukturdaten der beiden Untersuchungsregionen sowie übergeordneter Gesamtgebiete sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Strukturdaten der Untersuchungsgebiete

Indikator	Bundesrepublik	Sachsen-	Nieder-	Region Hannover		Lüchow-
	Deutschland	Anhalt	sachsen	Landkreis	Stadt	Dannenberg
Fläche in km ²	357.020	20.447	47.614	2.494		1.131
				2.289,7	204,1	
Bevölkerung	82.163.000	2.624.300	7.899.000	1.112.800		52.000
				594.600	518.200	
Einwohner/km ²	230	130	166	446		46
				260	2.540	
Wohn- & Gewerbefläche in km ²	21.937	unter 960 nicht erhoben!	2.109	188		27
				132	56	
Industriebetriebe	48.859	1.277	4.182	465		< 34
				279	186	

Die Gebäudebestände hängen neben der Bevölkerungsdichte auch von der Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur ab. Auch hier stellen die Untersuchungsregionen eine große Bandbreite dar: Während in Lüchow-Dannenberg die Siedlungsstrukturen dörflich bis kleinstädtisch geprägt sind (Dannenberg als größte Kleinstadt hat knapp 10.000 Einwohner), bildet Hannover einen großstädtisch verdichteten Agglomerationsraum mit allein zehn Mittelstädten (zwischen 20.000 und 50.000 Einwohnern) im Umland.

Die Wirtschaftsstruktur ist in Lüchow-Dannenberg – abgesehen von zwei größeren Industriebetrieben (SKF und Continental) – durch kleine und mittlere Unternehmen der Rohstoff-, Grundstoff- und Nahrungsmittelverarbeitung sowie des (Einzel-)Handels und des weiteren Dienstleistungssektors geprägt. Entspre-

chend sind hier nur beschränkt Gewerbebetriebe mit größeren Dachflächen zu finden. In der Region Hannover hingegen haben zahlreiche Großunternehmen insbesondere des tertiären Sektors ihren Sitz. Zu ihnen zählen insbesondere Unternehmen des Groß- und Einzelhandels, der Versicherungsbranche sowie unternehmensbezogene Dienstleister. Obwohl der Industriebesatz in Hannover wesentlich unter dem Bundes- und Landesdurchschnitt liegt, nehmen einige Großunternehmen, vornehmlich des Fahrzeugbaus (VW, Continental, Varta), große Flächen ein. Weiterhin besitzt Hannover einen hohen Anteil öffentlicher Verwaltung. Weitere große Gebäude sind durch Hannovers Funktion als Landeshauptstadt sowie Wissenschafts- und Bildungsstandort bedingt.

3 Erhebung großer Gebäudedachflächen in den Beispielregionen

Im Folgenden werden die großflächigen Gebäudedachflächen im Landkreis Lüchow-Dannenberg und in der Region Hannover (Landkreis Hannover und Stadtgebiet Hannover) erhoben. Ziel ist es, die Gebäude zu ermitteln, die grundsätzlich für eine großflächige Solarenergienutzung (zum Beispiel durch Investoren) in Frage kommen.

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Zunächst wurden anhand von Kartenmaterial in den Maßstäben 1:100.000 bis 1:20.000 größere Gebäude und Gebäudekomplexe identifiziert. Dabei wurde eine Mindestgröße von circa 2.000 m² Dachfläche (Grundfläche) angesetzt. Dies folgt zum einen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, zum anderen der Praktikabilität.
- Im Anschluss wurden mittels Luftbildaufnahmen (1:6.000 bis 1:4.000) und Detailkarten (1:10.000 bis 1:1.000) einzelne Objekte identifiziert sowie in ihrer Dacheignung genauer betrachtet. Hiermit verbunden war auch eine Überprüfung der abgeschätzten Dachfläche und die Identifizierung von Dachart, Neigung und Ausrichtung.
- Die in Tabellenform ermittelten Dachflächendaten wurden nach Möglichkeit strukturiert (in kommunale/öffentliche

Gebäude, Gewerbe-/Industriegebäude und sonstige große Gebäude) und teilweise zur Überprüfung, Ergänzung und Korrektur an regionale Akteure gegeben.

Die ermittelten Dachflächen-Potenziale sind in Tabelle 6 dargestellt.

Die detaillierten Erhebungstabellen finden sich im Anhang (Anhang 3 bis Anhang 5). Aus ihnen lassen sich folgende zusammenfassende Erkenntnisse gewinnen:

- Etwa 65 Prozent der erhobenen Potenzialdachflächen sind gewerblicher Art. Dazu zählen vor allem Produktionsstätten, Lager- und Messehallen sowie großflächiger Groß- und Einzelhandel.
- Etwa 25 Prozent der Potenzialdachflächen gehören zu kommunalen/öffentlichen Liegenschaften. Den größten Anteil haben Schulen sowie Sporthallen/Schwimmbäder. Danach folgen Krankenhäuser sowie öffentliche Verwaltungsgebäude.
- Es sind ungefähr so viele Flachdächer wie Spitzdächer vorhanden (diese Aussage basiert auf den circa 200 genauer analysierten Gebäuden). Bei den schrägen Dächern sind etwa 30 Prozent nutzbar, also ungefähr in Südrichtung ausgerichtet.

Tabelle 6: Große Gebäudedachflächen in den Untersuchungsgebieten

	Dachfläche in m ²	Anteile in %
Landkreis Lüchow-Dannenberg		
Gewerbe	246.000	66,1
kommunal/öffentlich	98.000	26,4
Sonstiges	28.000	7,5
Gesamt	372.000	100
Landkreis Hannover		
Gewerbe	ca. 2.973.000	70
kommunal/öffentlich	ca. 850.000	20
Sonstiges	ca. 425.000	10
Gesamt	4.248.000	100
Stadt Hannover		
Gewerbe	3.878.500	68,8
kommunal/öffentlich	1.211.500	21,5
Sonstiges	547.000	9,7
Gesamt	5.637.000	100

3.2 Gebäudetypen und ihre Solareignung

Die erhobenen großen Gebäudedachflächen verteilen sich auf unterschiedliche Gebäudetypen. Diese haben jeweils unterschiedliche Eigenschaften, die sie besser oder schlechter geeignet für eine Ausstattung mit großen Solaranlagen (Photovoltaik und Thermie) machen. Die einzelnen Gebäudetypen werden im folgenden betrachtet.

3.2.1 Gewerbegebäude

Zu Gewerbegebäuden zählen sowohl die meistens in Industrie- oder Gewerbegebieten gelegenen industriellen Produktionsstätten, Lagerhallen und Verwaltungsgebäude von Wirtschaftsunternehmen, wie auch Großhandel und großflächiger Einzelhandel (Einkaufszentren, Baumärkte, Möbelhäuser). Weitere – ehemals kommunale/öffentliche – Gebäude sind Bahnhöfe und Flughäfen. Sie können im Einzelfall größere Bedeutung erlangen.

Gewerbegebäude bieten sich besonders für die Installation großer PV-Anlagen an, da hier die Installation – bis auf den Netzanschluss – unabhängig von der Gebäudenutzung erfolgen kann. Solarthermische Anlagen können im Einzelfall sinnvoll sein, wenn der Betrieb größere Mengen an Wärme (vornehmlich warmes Wasser) benötigt. Eine solare Heizungsunterstützung ist – bei gegebenen technischen Voraussetzungen – ebenfalls möglich, aber nur im Einzelfall nahe der Wirtschaftlichkeit.

Die Nutzung von Solarenergie auf gewerblichen Dächern ist bisher noch sehr gering ausgeprägt. Dafür lassen sich folgende Gründe benennen:

- Strom/Energie stellt in den meisten Unternehmen einen untergeordneten Finanzposten (geringe Betriebskosten-Anteile, die vielleicht durch die Strommarktliberalisierung sogar gesenkt werden konnten) dar. Ausnahmen bilden die Unternehmen, die als Hersteller oder Dienstleister mit Energie verbunden sind oder große Energie-

bedarfe (Strom für Maschinen, Prozesswärme) haben.

- Das Wissen über neue und verbesserte Förder- und Finanzierungsbedingungen (EEG, 100.000-Dächer-Programm etc.) ist bei den meisten Unternehmen sehr gering. Solarenergie wird noch immer als viel zu teuer angesehen.
- Neue Finanzierungskonzepte und mögliche Vertragspartner (Solar-Contractoren, Investoren auf Dachflächen-suche) sind den meisten Unternehmen ebenfalls nicht bekannt.

Das Potenzial der Dachflächennutzung hängt stark vom Dachflächenbesitzer ab. Vereinfachend wirkt sich bei Gewerbegebäuden aus, dass sie sich zumeist im Besitz des Unternehmens befinden. Da die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage – wenn überhaupt – im Grenzkostenbereich liegt, sind Unternehmen nicht allein aufgrund wirtschaftlicher Erwägungen zu einer Solaranlage motiviert. Vielmehr braucht es im Unternehmen motivierte Akteure, die einer Solaranlage weiteren Zusatznutzen beimessen und sie deshalb trotz eines Organisationsaufwands positiv bewerten. Folgende Zusatznutzen sprechen für eine Solaranlage auf eigenen gewerblichen Liegenschaften:

- Besondere Öffentlichkeitswirkung (Aufmerksamkeit bei Medien, Kunden und Interessierten)
- Imagetransfer (Solarenergie als Image-träger steht für Innovativität und Umweltfreundlichkeit)
- Demonstration von Umweltschutzleistung (kaum eine umweltorientierte Aktivität des Unternehmens lässt sich so einfach vermitteln)

Entsprechend lassen sich Unternehmen filtern, bei denen das Dachflächenpotenzial am ehesten realisiert werden könnte:

- Unternehmen mit solar begeisterten Einzelpersonen in Führungspositionen
- Unternehmen, die bei Produkten/ Dienstleistungen oder im Management umweltorientiert sind (Engagement hinsichtlich Umweltbericht, Öko-Audit, Öko-Profit)

- Unternehmen der Energiebranche
- Öffentlichkeitsorientierte Unternehmen mit exponierten Gebäuden
- Unternehmen mit umweltsensiblen Produkten

Landwirtschaftliche Gebäude sind im Einzelfall dem Gewerbebereich zugeordnet und nicht extra ausgewiesen. Es gibt relativ wenige großflächige landwirtschaftliche Gebäude, die geeignet wären. Häufig sind sie zu klein, zu alt, zu instabil oder in ihrer Erscheinung denkmalgeschützt (dies ist besonders bei Gehöften und Stallungen in Lüchow-Dannenberg mit seinen historischen Dorfstrukturen der Fall). Landwirtschaftliche Lagerhallen sind hiervon ausgenommen, sie sind als gewerbliche Hallen erhoben. Bei Ihnen kann allerdings häufig die Statik eine Solarenergienutzung (insbesondere eine Aufständerung) schwierig machen. Ähnliches gilt für vereinzelte Gartenbaubetriebe sowie Reithallen. Als große Gebäude ebenfalls nicht häufig genug für eine explizite Erhebung sind Hotels. Gerade bei ihnen kann aber eine solarthermische Nutzung im Einzelfall sehr sinnvoll sein.

3.2.2 Kommunale/Öffentliche Gebäude

Zu der Gruppe der kommunalen/öffentlichen Liegenschaften mit größeren Dachflächenpotenzialen gehören insbesondere Schulen sowie Sporthallen und Schwimmbäder. Weiterhin folgen Krankenhäuser/Pflegeheime sowie öffentliche Verwaltungsgebäude, Ämter und Universitätsgebäude. Insgesamt stellen öffentliche Gebäude – je nach Zentralität des Ortes – fünfzehn bis 35 Prozent der erhobenen Dachfläche pro Kommune. Militärgebäude (Kasernen, Flughäfen) können im Einzelfall größere Flächenbedeutung erlangen, sind aber aufgrund ihrer Nutzung kaum geeignet. Kultur- und Freizeiteinrichtungen (Theater, Museen, Jugendzentren) spielen eine eher untergeordnete Rolle.

Die öffentlichen Gebäude eignen sich auch für eine solarthermische Nutzung. Das liegt darin begründet, dass – je nach

Gebäude – häufiger Nutzungsstrukturen vorliegen, die größere Mengen an Warmwasser benötigen (Schwimmbäder, Duschen in Sporthallen und Krankenhäusern, Schulküchen/Mensen/Kantinen). Teilweise kritisch für eine großflächige Solarenergienutzung wirkt sich aus, dass öffentliche Gebäude häufig kleinteiliger und verschachtelter (mehr Verschattung, weniger zusammenhängende Dachfläche) und mit mehr Spitzdächern ausgestattet sind. Außerdem können sie eher baufällig und statisch weniger geeignet sein. Dieses ist im Einzelfall zu prüfen.

Solarenergie wird in kommunalen/öffentlichen Liegenschaften zwar noch gering, aber schon stärker als im gewerblichen Bereich, genutzt. Schwerpunkt bilden hier Schulen sowie Schwimmbäder.

Schulen besitzen aus folgenden Gründen häufiger kleine PV-Anlagen und/oder mittlere solarthermische Anlagen:

- Sie haben eine besondere Multiplikatorwirkung und können in den Unterricht einbezogen werden.
- Einige Lehrer und Schüler zeigen besonderes Engagement und bringen viel Eigenleistung auf.
- Es bestehen spezifische Förderungen sowie Förderprogramme (Sonne online) für Schulen.

Solaranlagen für **Schwimmbäder** gelten als die wirtschaftlichste Form der Solarenergienutzung. Immer mehr Schwimmbäder, die bisher fossil beheizt sind, werden bei anstehendem Sanierungsbedarf solarthermisch nachgerüstet, da Energiekosten maßgeblich gesenkt werden können. Ein technisch sehr ausgeklügeltes Beispiel ist der Neubau des AquaLaatziums in Laatzen/Landkreis Hannover mit vier verschiedenen Solarkollektor-Typen zur Wasser- und Lufterwärmung. Insbesondere bei Freibädern ist der Einsatz einfacher Solarabsorber lohnend, da Wärmebedarf und -produktion zeitgleich im Sommer am höchsten sind. Ein gutes Beispiel ist die 900 m² große Absorberfläche im Freibad Hemmingen/Landkreis Hannover. Das Stadthochbauamt und IST Energietechnik GmbH haben eine

Voranalyse der Hallen- und Freibäder im Stadtgebiet Hannover durchgeführt. Dabei wurden nur wenige Bäder als geeignet eingeschätzt, da häufig bestehende, effizientere Wärmeversorgungen (Fernwärme, Wärmepumpe, BHKW) eine solare Wärmeversorgung erschweren. (Vgl. Eclareon, 2001, S. 85ff. In der Eclareon-Studie werden die Frei- und Hallenbäder der Stadt Hannover sowie der proKlima-Gemeinden vorgestellt.)

Förderlich auf die Realisierung von Solaranlagen wirkt sich das Umweltengagement einiger Kommunen aus, die zur Vorbildfunktion eigene Liegenschaften nachträglich solar ausstatten. Von Kommunen realisierte große PV-Anlagen dürften allerdings aufgrund der hohen Investitionssummen und der häufig kritischen Finanzhaushalte eher selten bleiben. Hier eröffnet sich Potenzial für eine Zusammenarbeit mit Investoren und Contractoren, denen Dachflächen zur Verfügung gestellt werden. Wirtschaftlich besonders interessant sind dabei Contracting-Angebote, die umfassende energetische Sanierungen/Energiekonzepte anbieten. Hier können die wirtschaftlich sehr lohnenden Einsparinvestitionen mit

den attraktiveren, öffentlichkeitswirksamen Solaranlagen kombiniert werden.

Krankenhäuser/Pflegeheime eignen sich auch für eine solarthermische Nutzung. In der Region Hannover gibt es circa 40 Krankenhäuser sowie über 100 größere Seniorenwohnheime, wovon allerdings nur ein Teil aufgrund der oft zergliederten Gebäudestruktur geeignet erscheint. Sie befinden sich teils in privater, teils in städtischer Trägerschaft. Einige Krankenhäuser sowie städtische Alten- und Pflegezentren in Hannover (zum Beispiel die Krankenhäuser Heidehaus, Siloah und Langenhagen sowie die Heime Frederikenstift, Stefansstift und Willi-Platz-Heim) sind seit diesem Jahr am Agenda 21-Projekt „Öko-Profit“ der Stadt Hannover beteiligt und dokumentieren damit ihr besonderes ökologisches Interesse. Hier könnten gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit Contractoren größere Solaranlagen realisiert werden.

Auf öffentlichen Verwaltungsgebäuden sowie anderen **öffentlichen Gebäuden** (Veranstaltungshallen, Museen, Bibliotheken, Kulturzentren) wird aufgrund der Gebäudenutzung nur Photovoltaik eine Rolle spielen können. Insbesondere Bibliotheken spielen bei der PV-Nutzung bereits eine Rolle. So möchte der Verein Ökostadt eine Teil-Solaranlage für Bürger auf der Landesbibliothek errichten und die Stadt Hannover sucht im Zuge von Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen der Stadtbibliothek einen Betreiber, der eine architektonisch integrierte PV-Anlage mit mindestens 20 kW_p realisiert.

Exkurs 2:

Verpachtung städtischer Dachflächen – das Beispiel Hannover

Nach einigen großen Solarprojekten in der Region Hannover im Vorfeld der EXPO versucht die Stadt Hannover nun, die Region Hannover weiter als Solarregion zu etablieren. In einem im Jahr 2000 in Auftrag gegebenen Gutachten wurden 22 Schulen und Schulkomplexe auf die Möglichkeit einer solarenergetischen Nutzung hin untersucht. Im Ergebnis stehen auf den 291 untersuchten Dächern mit einer Gesamtbruttofläche von 112.000 m² Dachfläche 47.000 m² zur photovoltaischen Nutzung sowie 1.500 m² für solarthermische Nutzung zur Verfügung. Aktuell bietet die Stadt Hannover diese Flächen interessierten Investoren in Deutschland zur Nutzung an.

3.2.3 Wohngebäude

Wohngebäude sind im Rahmen dieser Kurzstudie nur sehr eingeschränkt betrachtet, obwohl sie über 50 Prozent der gesamten Dachflächen in Siedlungen ausmachen. Das hat folgende Gründe:

- Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser sind für diese Untersuchung nicht relevant, da sie über eine zu geringe Dachfläche verfügen. Einzig große Mietwohnungsbauten zum Beispiel von Wohnungsbaugesellschaften können eine ausreichende Größe erreichen.
- Bei großen Mehrfamilienhäusern und Wohnblocks wirken die Eigentumsverhältnisse hemmend. Der Eigentümer hat kaum ein Interesse an einer eigenen Solaranlage, da er zumeist nicht Nutzer ist und Heizkosten an die Mieter weitergibt. Für die Mieter und Teileigentümer (skeptische, konservativ, wirtschaftlich orientierte Wohnungsbaugesellschaften) entsteht ein hoher Koordinations- und Abstimmungsaufwand, der hohe Anforderungen an das Engagement stellt. Wohnungsbaugesellschaften sind – ähnlich wie Eigentümer – selten an den Zusatzkosten der direkten Nutzer interessiert.

Einzelne Beispiele belegen, dass solarthermische Nutzung auch im Mietwohnungsbau – allerdings eher im Neubaubereich – möglich ist. Förderlich wirkt sich hier aus, dass der Warmwasserbedarf ausgeglichener ist, als bei kleinen Wohneinheiten. Dennoch sind bisher immer besondere Voraussetzungen und Rahmenbedingungen bei einer Realisierung nötig gewesen. Beispielfhaft sei das zur EXPO von der GBH gebaute und von der Avacon betriebene solare Nahwärmeprojekt „Solarcity“ auf dem Kronsberg in Hannover genannt. Mit Hilfe von 1.250 m² dachintegrierten Kollektoren und eines Langzeitspeichers können 40 Prozent des Jahresbedarf an Warmwasser und Raumwärme solar gedeckt werden.

Zusammenfassend lassen sich aus den untersuchten Gebäudetypen die in Tabelle 7 genannten Prioritäten für eine wahrscheinliche Ausstattung mit großen Solaranlagen erkennen.

Diese Kriterien können zur Auswahl und Identifikation möglicher Gebäude für eine großflächige Solarenergienutzung berücksichtigt werden. Die Wirtschaftlichkeit ist aber immer vom Einzelfall und seinen Bedingungen abhängig.

Tabelle 7: Gebäudeprioritäten für eine große Solarenergienutzung

Priorität	Photovoltaik	Solarthermie
1.	öffentlichkeitsorientierte Dienstleistungsunternehmen	Schwimmbäder
2.	endverbraucher- und werbeorientierter Einzelhandel	Schulen/Sporthallen
3.	umweltorientierte Industrieunternehmen (Produktion, Lagerhallen)	Krankenhäuser
4.	Schulen	Senioren-/Pflegeheime
5.	Öffentliche Verwaltung/Bibliotheken etc.	Hotels

3.3 Ermittlung effektiv nutzbarer Gebäudedachflächen

Mit der hier vorgenommenen Erhebung großer Dachflächen liegen erstmals Gebäude- und Flächenübersichten für die Untersuchungsregionen vor. Für eine konkretere Abschätzung, wie viel Dachfläche real zur Verfügung steht und wie viel davon praktisch durch PV und Solarthermie nutzbar ist, müssen aber noch

zahlreiche einschränkende Faktoren berücksichtigt werden.

Zunächst sind die erhobenen Dachflächenwerte nur Schätzwerte. Die genauen Dachflächenzahlen von mehreren tausend Objekten lassen sich kaum in vertretbarem Aufwand erheben. Ein Vergleich mit kleinflächigen Erhebungen sowie stich-

probenhafte Detailuntersuchung von Gebäuden per Luftbildern bringt aber folgende Erkenntnisse:

- Zwar sind nicht 100 Prozent der heutigen großen Gebäude erfasst (die genutzten Karten und Luftbilder sind zwischen ein und fünf Jahren alt), einigen Neubauten stehen aber verfallene, also nicht nutzbare Gebäude gegenüber.
- Die Eclareon-Studie gibt für die knapp 5.200 Dächer auf städtischem Grundbesitz in Hannover eine Fläche von etwa 1,2 Mio m² an. Für das Stadtgebiet Hannover ergeben unsere Schätzungen etwa 1.211.500 m² Dachfläche. Zumindest in diesem Fall erweist sich die vorgenommene Erhebung als genau.
- Bei eher verschachtelten Gebäuden (insbesondere vielen Schulen und Krankenhäusern) sind die Dachflächen aufgrund der Vereinfachung auf kleinstmaßstäbigen Karten bis zu 30 Prozent überschätzt. Bei den detaillierter (auf Dachneigung, -ausrichtung, -verschattung etc.) untersuchten Gebäuden (siehe dazu Anhang 5) wurde dies korrigiert.

Um auf Zahlen für nutzbare Dachfläche zu kommen, müssen folgende Abzüge berücksichtigt werden:

- Die Anlagen haben – schon aus Gründen der Wirtschaftlichkeit – eine Lebensdauer von circa 20 Jahren. So lange sollten die betrachteten Dächer nutzbar sein. Wegen Baufähigkeit, Ausbauplänen oder auch mangelnder Existenzsicherheit von Betrieben sind hier kalkulatorische Abzüge zu machen. Andererseits können anstehende Sanierungen auch den Anstoß zur Solarenergienutzung geben.
- Insbesondere bei der Aufständigung auf Flachdächer sind größere Gewichte zur sicheren Fixierung der Solarmodule notwendig. Wegen fehlender Stabilität/Statik sind nicht alle Gebäude nutzbar. Insbesondere große Hallen und kommunale Liegenschaften (Sport- und Mehrzweckhallen) sind statisch kaum geeignet. Auch unter

Denkmalschutz stehende Gebäude (zum Beispiel große Industriehallen) kommen kaum für eine standardisierte Solarenergieanlage in Frage und müssen ausgeschlossen werden.

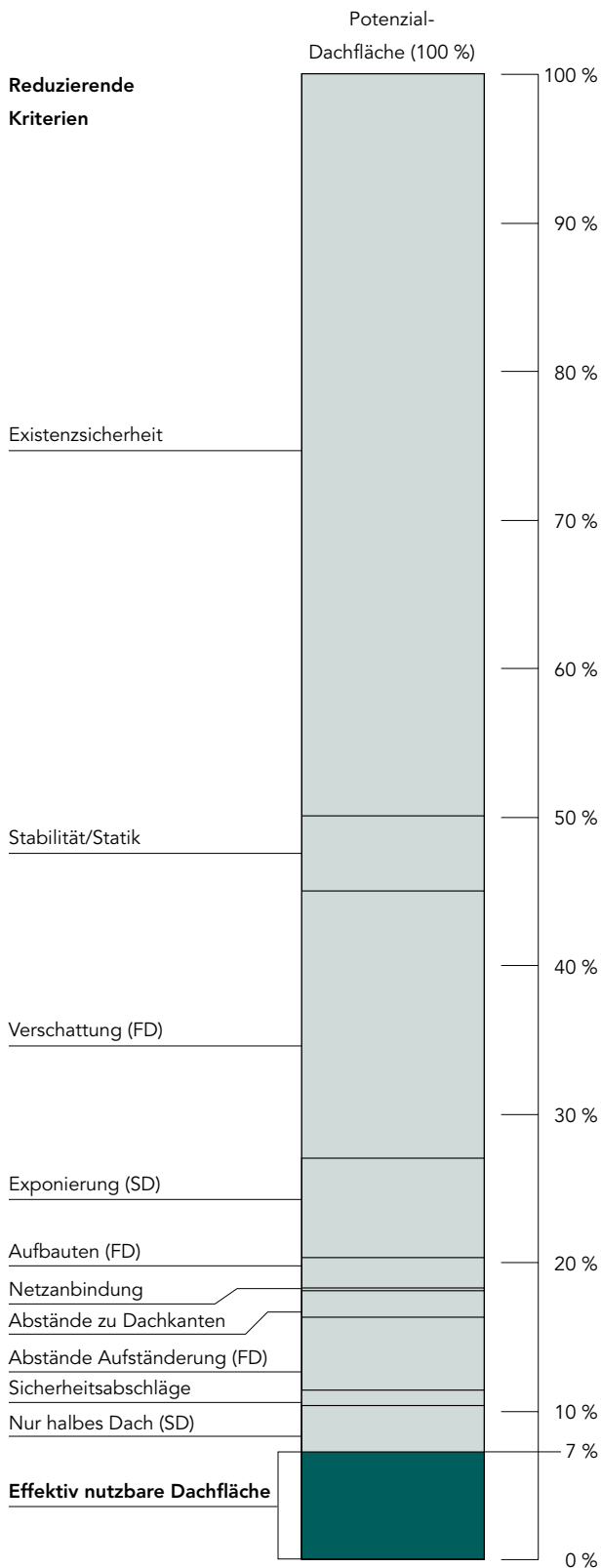
- Insbesondere Photovoltaik reagiert – aufgrund der Verschaltung der Module – häufig sehr sensibel auch auf kleine Abschattungen. Etwa zehn Prozent der Gebäude sind teilweise bis stark verschattet und deshalb kaum geeignet. Circa 50 Prozent der Gebäude sind – zum Beispiel durch eigene, höhere Gebäudeteile oder Schornsteine – leicht oder zeitweise abgeschattet.
- Je nach Gebäudetyp sind 10 bis 50 Prozent der Dachflächen keine Flachdächer. Bei Spitzdächern (Satteldächer, Scheldächer etc.) sind entsprechend Abzüge für schlecht exponierte Dachrichtungen (keine Ausrichtung nach Süd/Südost/Südwest) von circa 75 Prozent zu machen.
- Auch unverschattete Flachdächer sind nicht uneingeschränkt nutzbar. Die nutzbare Fläche wird häufig durch technische Aufbauten (Belüftungsschächte etc.) verringert.
- Im Einzelfall – zum Beispiel bei sehr peripheren Lagen oder autarker Stromversorgung – kann auch die technische Versorgung sowie die Anbindung ans Stromnetz eine große Hürde darstellen.

Schlussfolgernd lässt sich schätzen, dass nur etwa 20 Prozent der rechnerisch ermittelten Dachfläche technisch für eine Solarenergienutzung zur Verfügung steht.

Um nun auf wirkliche Flächenzahlen für Solarmodule und -kollektoren zu kommen, müssen folgende weitere Abzüge berücksichtigt werden:

- Abstände zu den Dachkanten (circa 10 Prozent Abzugsfläche für Randbereiche).
- Bei Flachdächern Mindestabstände durch Aufständigung (Modulreihen sollten mit 2,2- bis 2,5-fachem Abstand zueinander aufgestellt werden, sonst verschatten sie sich gegenseitig), das heißt 50 Prozent Abzug.

Abbildung 1:
Schätzung der effektiv mit Solaranlagen nutzbaren
Dachfläche großer Gebäude



- Bei geneigten Dächern je nach Neigung insgesamt 25 bis 40 Prozent Abzug durch die abgewandte Spitzdachhälfte (Abzug) und die gewonnene Fläche durch die Schräge (Zugewinn).
- Dass Sicherheitsabschläge sinnvoll sind, zeigen auch in der Realisierung befindliche PV-Projekte. Hier haben sich die nutzbaren Flächen durch kleinere Abzüge in der konkreten Planung um bis zu 40 Prozent reduziert.

Die Abzüge durch die die real nutzbare Dachfläche einschränkenden Faktoren werden in Abbildung 1 nochmals zusammengefasst. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Werte teilweise sehr schwer schätzbar sind und nur als grobe Abschätzung zu verstehen sind. Für weitergehende Aussagen wäre eine detaillierte Erhebung nötig!

Um wirklich nutzbare Dachflächen (das reale Dachflächenpotenzial) von einzelnen Objekten oder Objektgruppen abschätzen zu können, müssen diese Objekte Detailuntersuchungen unterzogen werden. Trotzdem lassen sich mit den in diesem Kapitel genannten Abschätzungen und Abzügen aus Dachflächensummen die Dachflächen ermitteln, die effektiv durch Solarenergie nutzbar sind. Sie betragen in der geschätzten Summe unter zehn Prozent der ermittelten realen Dachfläche (theoretische Potenzialfläche). Für einzelne Gebäude heißt das, dass – je nach Einzelfall – damit nur noch 5 bis 50 Prozent der gesamten Gebäudedachfläche real nutzbar ist.

Um nun einschätzen zu können, wie viel Leistung (in kW_p) auf den so ermittelten Flächen installiert werden können, müssen die ermittelten Dachflächenzahlen durch den Flächenbedarf (1 kW_p = circa 9 m²) dividiert werden. Nach Kapitel 1 ergibt sich so zum Beispiel aus 2.000 m² real nutzbarer Dachfläche ein Photovoltaik-Kraftwerk mit rund 220 kW_p Leistung.

4 Regionale Förder- und Hemmfaktoren für großflächige solare Dachflächennutzung

Neben den eher objektiven Faktoren, die eine Region, ihre Dachflächen und damit ihre quantifizierbaren Solarpotenziale beschreiben, beeinflussen auch qualitative Faktoren das realistische Solarpotenzial hemmend oder fördernd. Zu den qualitativen Faktoren gehören zunächst die regionalen Akteure und Multiplikatoren, die einer Dachflächennutzung zum Beispiel ablehnend, kritisch, neutral, positiv oder euphorisch gegenüberstehen. Weiterhin beeinflussen sowohl politische als auch planungsrechtliche Vorgaben die wirkliche Dachflächennutzung, entweder

durch besondere Auflagen oder auch durch politische Förderbeschlüsse und Investitionsanreize.

Im Folgenden sollen diese „weichen“ regionalen Faktoren systematisch betrachtet und anhand der beiden Untersuchungsregionen bewertet werden. Neben allgemeiner Recherche und Einschätzungen der Autoren sind solche Abschätzungen über Fachgespräche mit einigen regionalen Akteuren (aus Stadtverwaltung und -planung, Wirtschaftsförderung, Politik, Planungsbüros etc.) telefonisch und vor Ort zustande gekommen.

4.1 Einfluss planungsrechtlicher Vorgaben

Regionale, planungsrechtliche Vorgaben (Flächennutzung, Baurecht, Denkmalschutz) können Einfluss auf die real verfügbare Potenzialfläche haben. Grundsätzlich lässt sich für die Dachflächennutzung feststellen, dass hier die höheren Planungsebenen wenig Einfluss haben. Eine Ausnahme bilden denkmalgeschützte Gebäude. Diese befinden sich aber nur in Einzelfällen (große Industriehallen oder – wie in Lüchow-Dannenberg – große Stallungen landwirtschaftlicher Betriebe) unter den im Rahmen dieser Studie ermittelten großflächigen Gebäuden. Bei weiteren planerischen Einflussmöglichkeiten (Flächennutzungsplan, Bebauungsplan) haben die Städte und Gemeinden die Planungshoheit. Auch diese Instrumente haben aber bei einer Nutzung bestehender Dachflächen (Aufständigung, Aufdachmontage) in Industrie-/Gewerbe- und Mischgebieten kaum

Einfluss, da wenig städtebauliche Bedenken oder Einschränkungen des Naturschutzes zu erwarten sind.

Im Grundsatz sind auf Dachfläche und Außenhaut aufgebrachte Solaranlagen frei von einer baurechtlichen Genehmigung. Nicht eindeutig befreit sind allerdings zusätzliche Konstruktionen, die das Erscheinungsbild des Gebäudes beeinflussen. Dazu können auch Aufständigungen für Solaranlagen auf Flachdächern gezählt werden. Hier ist eine Anfrage bei der zuständigen Planungsbehörde und gegebenenfalls eine Prüfung nötig, ob die Konstruktionen gegen Grenzabstandsanforderungen (Gebäudehöhen etc.) oder Gestaltungsrichtlinien verstoßen. Gegebenenfalls kann die Bauaufsichtsbehörde gewisse Auflagen bezüglich der Gebäudeintegration machen oder das Gebäude von den Auflagen ausnehmen.

4.2 Einschätzung wesentlicher Akteure

Der Einfluss wesentlicher regionaler Akteure (kommunale Vertreter, Dachflächen-Eigentümer, Bürgerinitiativen etc.) mit ihren Grundeinstellungen, ihrem Engagement und ihrer Motivation ist ein wesentlicher Einflussfaktor, wenn es um die Realisierung großflächiger Solaranlagen geht. Sie haben teils ausgeprägte Interessen und Motive und sind

in der Region über Kontakte, Netzwerke und Machtstrukturen verankert. Häufig sind bisher realisierte, größere Solarprojekte auf langes und zähes persönliches Engagement eines oder weniger Beteiligter zurückzuführen. Aufgrund der relativ geringen Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen (siehe Kapitel 1) sollten Zusatznutzen für beziehungsweise Eigeninteresse

Tabelle 8: Wesentliche Akteure und ihre Motive bezüglich Solarenergie

Akteur/ Institution	förderliche Faktoren/Motive	hemmende Faktoren/Motive
Kommune	<ul style="list-style-type: none"> • öffentlicher Auftrag zum Umweltschutz • Interesse an kommunalem Marketing 	<ul style="list-style-type: none"> • „Extrakosten“, leere Kassen • Sanierungsbedarf bei Gebäuden
Verwaltung	<ul style="list-style-type: none"> • politischer Auftrag • Praxis- und Projekterfahrung • kaum baurechtliche Einschränkungen 	<ul style="list-style-type: none"> • fehlende Planungserfahrung • keine definierte Zuständigkeit • einzelne baurechtliche Einschränkungen
Politik	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. politischer Beschluss • Offenheit, Modernität • regionalökonomische Effekte erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> • fehlendes Fachwissen • konservative Politiker • Vorbehalt: „rechnet sich nicht“
Einwohner	<ul style="list-style-type: none"> • hohe persönliche Motivation 	<ul style="list-style-type: none"> • Desinteresse, Vorurteile
Lehrer	<ul style="list-style-type: none"> • persönliches Engagement • Themenbreite, Praxisorientierung 	<ul style="list-style-type: none"> • strikte Ausrichtung am Lehrplan • fehlendes Themeninteresse/-wissen
Gewerbebetriebe	<ul style="list-style-type: none"> • Affinität zum Thema Energie • Image- und PR-Interesse • Besitz geeigneter/exponierter Objekte • Umweltschutz-/Produktbezug • besonderes persönliches Interesse • Umweltbeauftragte/Umweltberichte 	<ul style="list-style-type: none"> • ökonomische Schwierigkeiten/Kostendruck • Zeit-/Personalmangel • kaum finanzieller Nutzen • kritische Distanz/Unsicherheit • Informationsdefizit (Förder-, Vergütungs- und Finanzierungsbedingungen)
Umweltvereine und -verbände	<ul style="list-style-type: none"> • positive Grundeinstellung • persönliche Überzeugung/Engagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbehalte gegenüber Investoren • andere Themenschwerpunkte

von Beteiligten (Image, Bildung, Umweltschutz) berücksichtigt werden.

Die wesentlichen regionalen Akteure und mögliche Motive lassen sich benennen (Tabelle 8):

Folgende wesentliche Faktoren lassen sich akteursübergreifend herausstellen:

- **Besitzverhältnisse:** Primär kommen Eigenbesitzer für eine Bereitstellung von Dachflächen oder die Realisierung einer eigenen Anlage in Frage. Diese Tatsache schränkt die Dachflächennutzung bei den Wohngebäuden stärker ein. Bei gewerblichen Liegenschaften befindet sich vor allem im Dienstleistungssektor ein Teil der Gebäude nicht im Eigenbesitz der Unternehmen.
- **Bestandszeiträume:** Der Bestand der Gebäudedachflächen muss für Jahrzehnte abgesichert sein. Bei kritischer wirtschaftlicher Lage von Unternehmen oder hohem Sanierungsbedarf

von Liegenschaften ist dies kaum gewährleistet.

- **Persönliches Engagement:** Eine wesentliche Voraussetzung für die Realisierung von Solaranlagen ist das Engagement des Gebäudebesitzers. Er muss nicht nur Interesse an einer Realisierung haben, sondern auch Informationen bereitstellen, Gebäudebegehungen ermöglichen und während Planung und Umsetzung als Ansprechpartner zur Verfügung stehen.
- **Referenzprojekte:** Sehr hilfreich für die Überzeugung beteiligter Akteure ist die Möglichkeit, regionale Referenzprojekte vorzuweisen. Erste realisierte Beispiele fungieren als „Türöffner“. Politik, Bauverwaltung und andere Beteiligte zeigen sich danach häufig kooperativer. Die neuen Projekte können von Erfahrungen vorheriger Pro-

jekte (zum Beispiel bei den Themen Gutachten, Versicherungen, Musterverträge) profitieren. Entsprechend bedeutend ist die begleitende Öffentlichkeitsarbeit von Referenzprojekten für die Akzeptanzsteigerung von Folgeprojekten.

Für die beiden Untersuchungsregionen haben sich auf Basis der im Zeitraum August bis September geführten Fachge-

sprache/qualitativen Interviews Einschätzungen über die wesentlichen Akteursgruppen ergeben. Diese Einschätzungen spiegeln die Meinung der etwa zwanzig Gesprächspartner wieder und sollten nicht allein zur Beschreibung der Aufgeschlossenheit der regionalen Akteure bezüglich großer Solarprojekte herangezogen werden. Die Einschätzungen lassen sich wie folgt zusammenfassen (Tabelle 9):

Tabelle 9: Aktuelle Einschätzung von Akteuren bezüglich großen Solarprojekten in den Untersuchungsregionen

Akteur/ Institution	Region Hannover		Landkreis Lüchow-Dannenberg	
Verwaltung	<ul style="list-style-type: none"> Praxis- und Projekterfahrung der letzten Jahren (EXPO) hohe Motivation bei städtischen Liegenschaften 	+	<ul style="list-style-type: none"> fehlende Planungserfahrung/fehlendes Fachwissen => Unsicherheit 	-
Politik	<ul style="list-style-type: none"> politische Beschlüsse bei Stadt und Kommunalverband KGH („Dächerbeschluss“, KLEX) Bündnis90/Grüne in Stadt aktiv Klimaschutzagentur (zur Koordination solarer Kommunikation) gegründet viele kommunale Förderprogramme (größtenteils für kleine Anlagen) 	++	<ul style="list-style-type: none"> „Dächerbeschluss“ des Landkreistages bisher kein kommunales Förderprogramm für kleine Anlagen grundsätzliche Aufgeschlossenheit, aber wenig Fachwissen 	o
Einwohner	<ul style="list-style-type: none"> teilweise Motivation 	o	<ul style="list-style-type: none"> teilweise hohe Motivation (Gorleben) 	+
Lehrer	<ul style="list-style-type: none"> teilweise persönliches Engagement (Sonne online, EXPO-Schulen) 	+	<ul style="list-style-type: none"> motivierte Lehrergruppe, aber wenig realisierte Schulprojekte 	+
Gewerbe-/ Industriebetriebe	<ul style="list-style-type: none"> bisher kaum Interesse einige Unternehmen mit Produktbezug einige Unternehmen mit Solarprojekten REG-Branche vorhanden, aber zu klein PR-Interesse bei Unternehmen (EXPO) 	-	<ul style="list-style-type: none"> wirtschaftliche Schwierigkeiten/ Kostendruck, Abwanderung einige ökologisch ausgerichtete Betriebe 	-
Handwerk	<ul style="list-style-type: none"> eher kritisch-distanziert eingestellt einige Profiteure/Engagierte 	-	<ul style="list-style-type: none"> eher kritisch-distanziert eingestellt einige Profiteure/Engagierte 	-
Planer	<ul style="list-style-type: none"> einige engagierte Solarfachplaner 	+	<ul style="list-style-type: none"> einige engagierte Planer 	+
Umweltvereine & -verbände	<ul style="list-style-type: none"> positive Grundeinstellung persönliches Engagement aus Überzeugung andere Schwerpunkte? 	+	<ul style="list-style-type: none"> positive Grundeinstellung persönliches Engagement aus Überzeugung 	+
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> positive Grundhaltung, aber noch kein Boom 	o/+	<ul style="list-style-type: none"> große Anlagen noch kein Thema, aber Motivation (Gorleben, Altener) 	o

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass keine einheitliche Position zwischen den wesentlichen Akteursgruppen besteht. In der Region Hannover sind Politik und Verwaltung mit dem Thema Solarenergienutzung – auch aufgrund der EXPO – schon vertrauter. Trotzdem steht die großflächige Dachflächennutzung erst

am Anfang. In Lüchow-Dannenberg ist das Thema Solarenergienutzung nur bei engagierten Planern und Umweltvereinen schon entdeckt. Die großflächige Nutzung könnte sich unter anderem wegen grundsätzlicher Bestrebungen des Landkreises, eine 100-prozentige regenerative Energieversorgung anzustreben (im Rahmen des EU-Programms ALTENER), noch entwickeln. Am wenigsten Bezug zur großflächigen Solarenergienutzung hat bisher das Gewerbe. Soll dieses für Solarprojekte gewonnen werden, sind lokale und überregionale Anstrengungen (persönliche Gespräche, strukturierte Informationen, Informationskampagnen) nötig.

Exkurs 3: Ökologisch engagierte Unternehmen – das Beispiel Ökoprofit Hannover

Als innovativ und überproportional motiviert – gegebenenfalls auch für eine Solarenergienutzung – sind Unternehmen einzuschätzen, die bereits in anderen Feldern ökologisches Engagement zeigen. Diese Unternehmen haben häufig Umweltbeauftragte – teilweise mit weitreichenden Entscheidungskompetenzen. Dadurch werden weiche Faktoren, wie „Öffentlichkeits-/Imagewirkung“ höher geschätzt, als in anderen Unternehmen. Zu dieser Gruppe lassen sich unter anderem die Betriebe zählen, die im Projekt „Ökoprofit – Die Umwelt schützen und dabei Geld sparen“ der Stadt Hannover teilnehmen. Das vom Agenda 21-Büro und der städtischen Wirtschaftsförderung initiierte Projekt zum nachhaltigen Wirtschaften versucht, mit Hilfe von externen Beratern betrieblichen Umweltschutz und Umwelt-Management-systeme in den teilnehmenden Betrieben umzusetzen. Zu den Partnerbetrieben zählen so bekannte hannoversche Unternehmen wie TUI, VGH, Stadtparkasse, Madsack oder Gilde-Brauerei.

4.3 Lokale und regionale Förderbedingungen

Neben den umfangreichen Förderbedingungen auf Bundesebene (Solarstrom-Vergütung über Erneuerbare-Energien-Gesetz, Finanzierung über 100.000-Dächer-Programm der KfW etc.) und einigen Förderprogrammen auf Landesebene (in Niedersachsen zum Beispiel Förderung innovativer Solarprojekte über Wettbewerb der Wirtschaftsjunioren sowie demonstrativer Pilotanlagen durch Mittel des Landes) können auch kommunale und regionale Förderaktivitäten die Realisierung von Solarprojekten unterstützen. Dabei können über lokale und regionale Finanzhilfen im Bereich regenerativer Energien hinaus auch allgemeinere Wirtschafts- und Investitionsförderungen (zum Beispiel im Rahmen der

Bestandssicherung durch die Wirtschaftsförderung) dazu zählen. Grundsätzlich können kleinräumige Förderaktivitäten die Finanzierungsbedingungen und damit die Wirtschaftlichkeit für die potenziellen Anlagenbetreiber wesentlich verbessern. Regionale Unterschiede in der Fördermittel-Landschaft können damit – insbesondere für externe Investoren – Investitionsentscheidungen bezüglich Solarenergie räumlich stark lenken.

In Tabelle 10 sind die regionalen Fördersysteme der Untersuchungsregionen zusammengefasst.

Grundsätzlich gilt bei den genannten regionalen und kommunalen Förderprogrammen, dass sie Zuschüsse pro Solaranlage gewähren. Da sie zumeist auf

Tabelle 10: Regionale Fördersysteme zu Solarenergie in den Untersuchungsregionen

Räumliche Ebene	Förderaktivitäten	
	Region Hannover	Landkreis Lüchow-Dannenberg
Region	<ul style="list-style-type: none"> • proKlima-Fonds (z. Z. nur für Stadtgebiet Hannover sowie Laatzen, Hemmingen, Ronnenberg, Seelze, Langenhagen; bisher nur Thermie-Förderung) • Förderprogramm des Kommunalverbands/der Region (zunächst für 2001) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftsförderung plant zusammen mit Handwerk und Sparkassen ein 100-Dächer-Programm für Ein- und Mehrfamilienhäuser
Kommunen	<ul style="list-style-type: none"> • direkte Förderprogramme einzelner Landkreiskommunen (Gehrden, Wedemark, Burgdorf, Sehnde, Isernhagen) • Förderprogramme über kommunale Stadtwerke (Garbsen, Neustadt am Rbge.) 	

kleine Anlagen zugeschnitten sind und Fördergrenzen pro Anlage (von zum Beispiel 10.000 DM) benennen, sind sie für große Solaranlagen nur bedingt nutzbar. Neben eigenen Fördermitteln ist deshalb eine kompetente Fördermittelberatung in den Regionen zu empfehlen, um mögliche Investoren über die Nutzung auch von Bundes- und Landesmitteln beraten zu können.

Neben den geschilderten Fördermittelstrukturen wirken noch folgende weitere Faktoren:

- Der **Netzbetreiber/Stromversorger** ist für die – per Bundesgesetz garantierte – Einspeisevergütung des Solarstroms zuständig. Durch Gestaltung der Vertragsbedingungen sowie der Abrechnung (Zeiträume, Zählermontage, Ablesung) können bürokratische und finanzielle Hürden aufgebaut oder minimiert werden.
- Die **Banken**, welche zum Beispiel für die Darlehensabwicklung des 100.000-Dächer-Programms zuständig sind, sind bisher im Bereich Solarenergie wenig routiniert.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass regionale Akteure und Multiplikatoren einen hohen Einfluss auf die reale Dachflächennutzung durch Solarenergie

haben. Hier können politische Beschlüsse und realisierte kommunale Solarprojekte Aufschlüsse über Einstellung und Verhalten geben. Planungsrechtliche Vorgaben haben eher in Einzelfällen hemmende Wirkungen. Bestehende politische Förderbeschlüsse können hingegen nicht nur weitere Investitionsanreize geben, sondern auch Signalwirkung haben. Darüber hinaus können lokale und regionale Förderprogramme auch als Indikatoren für ein regionales politisches Engagement und damit ein positives Investitionsklima gewertet werden. Insgesamt erscheinen die Ausgangsvoraussetzungen für große Solaranlagen aufgrund der genannten Faktoren in der Region Hannover eher positiv. Trotzdem gibt es – neben globalen Rahmenfaktoren – auch regional noch Defizite, Mängel und Widerstände, die einer großflächigen Solarausstattung der Region im Wege stehen.

5 Indikatoren für Solarpotenzial von Regionen

Um das quantitative Solarpotenzial von Regionen oder größeren Räumen relativ einfach einschätzen zu können, werden im folgenden signifikante Zusammenhänge von im Rahmen der Detailuntersuchungen ermittelten theoretischen Potenzialflächen und allgemeinen Strukturdaten der Untersuchungsregionen analysiert. Lassen sich Korrelationen zu allgemein zugänglichen Siedlungs- und Strukturdaten feststellen, so können sie – statt einer aufwendigen Erhebung – für eine grobe Abschätzung des jeweiligen Dachflächenpotenzials herangezogen werden. Das würde eine einfache erste Potenzialabschätzung auch größerer Räume ermöglichen.

Die Grobabschätzung berücksichtigt allerdings nicht die qualitativen Einflussfaktoren, die in Kapitel 4 untersucht wurden. Diese sind kaum quantifizierbar, lassen sich aber anhand der erarbeiteten Systematiken in Kapitel 4 strukturiert einschätzen.

Grundsätzlich sollten die als Indikatoren zu verwendenden Daten einen Bezug zu Siedlungs- und Gebäudestrukturen haben und allgemein vorliegen. Spezifischere Indikatoren, die direkter die Bestände an Gebäudedachflächen beschreiben, wie zum Beispiel Gewerbe- und Industriefläche pro Region, liegen – wenn überhaupt – nur in Einzelfällen vor (sie wurden für die beiden Untersuchungsgebiete genutzt, sind aber schwierig zu bekommen). Auch müssen sie durch weitere Berechnungsverfahren modifiziert werden (zum Beispiel müssen von der reinen Katasterfläche noch Freiflächen und nicht bedachte Flächen abgezogen werden). Sie sind deshalb für eine auf Übertragbarkeit ausgerichtete Analyse wenig praktikabel.

Um die Beziehungen zwischen den in Kapitel 2 beschriebenen Siedlungs- und Wirtschaftsstrukturdaten und dem in Kapitel 3 erhobenen Bestand an großflächigen Gebäudedachflächen herauszufiltern, wurden zahlreiche Indikatoren der Untersuchungsgebiete, wie beispielsweise Gebietsfläche, Einwohnerzahl, Bevölkerungsdichte, Versiegelungsgrad

oder Zahl der Industriebetriebe, auf eine Korrelation hin untersucht.

Folgende Zusammenhänge zwischen Bevölkerungs-, Siedlungs- und Wirtschaftsstrukturen sowie den jeweiligen Beständen großer Gebäude lassen sich feststellen:

- Die Gebäudeanzahl großer Gebäude korreliert am stärksten mit der Bevölkerungszahl. Das heißt mit 80-prozentiger Wahrscheinlichkeit: Je höher die Bevölkerungszahl, desto höher die Gebäudezahl.
- Großflächige Gebäude entstehen erst ab einer gewissen Mindestzahl an Nutzern/Anwohnern. So haben dörflich strukturierte Räume kaum große Dachflächen.
- In den Untersuchungsgebieten der Landkreise beträgt das Verhältnis große Dachflächen/Einwohner auf kommunaler Ebene durchschnittlich 7:1, d. h. auf 1.000 Einwohner kommen rechnerisch 7.000 m² Dachfläche großer Gebäude. Dieses Verhältnis variiert bis zu 50 Prozent nach unten und 100 Prozent nach oben.
- In großstädtischen Gebieten (Stadt Hannover) ist das Verhältnis höher. Es liegt durchschnittlich bei 11,5:1. Aufgrund einzelner großer Industrieflächen (Häfen, Fabrikhallen) sind hier auch die Unterschiede größer. Sie variieren um den Faktor 3 nach oben und nach unten.
- Zwischen Gebäudedachfläche und Besiedlungsdichte (Einwohner pro Fläche) lässt sich kaum eine Abhängigkeit feststellen. Zwar wird in Agglomerationsräumen die begrenzte Fläche intensiver genutzt (was eine unterproportionale Dachflächenzahl erklären würde), gleichzeitig übernehmen Städte aber auch zentralörtliche Funktionen für umliegende Gebiete (Einzelhandel, Verwaltung) und sind als Unternehmensstandorte attraktiv (was eine überproportionale Dachflächenzahl bedingt).

- Zwischen Gebäudedachfläche und Versiegelung besteht nur eine geringe Korrelation. Versiegelung wird zu stark von Wohngebäuden und anderen weniger großen Gebäuden bestimmt.

Exkurs 4: Flächenversiegelung und Gebäudedachflächen

Daten über Flächenversiegelung liegen allgemein sowohl auf Landkreisebene als auch auf Landesebene vor. Das Niedersächsische Umweltministerium bietet eine digitale Karte mit „Nettoversiegelungsflächen“ im ArcView-Shape-Format (GEOSUM unter www.mu.niedersachsen.de). Zahlreiche Statistische Ämter bieten Flächennutzungszahlen auf Bezirks- oder Kreisebene (zum Beispiel www.brandenburg.de/statreg/). Mit entsprechenden Interpretationsleistungen sind grobe Ableitungen bezüglich der gesamten vorhandenen Dachflächen möglich. Dabei sind dann allerdings auch kleine Gebäude einbezogen. Um zum Beispiel anhand von Gewerbefläche die gewerblichen Dachflächen abzuschätzen, könnte folgende Berechnung zugrunde gelegt werden: Versiegelte Fläche $\times 0,7$ = mit Gebäuden bebaute Fläche. Je nach Zentralität (Flächenpreis!) und Art der Nutzung variiert diese Zahl zwischen 0,6 und knapp 1,0. Da die Korrelation zu den erhobenen Dachflächen geringer ausfällt, als andere Korrelationen (Bevölkerung), wird auf eine weitere Untersuchung hier verzichtet.

Schlussfolgernd lässt sich feststellen, dass für eine grobe Abschätzung des Dachflächenpotenzials großer Regionen der simple Indikator Bevölkerungszahl am besten nutzbar ist. Detailliertere und weitergehende Analysen bräuchten wesentlich umfangreichere Datengrundlagen und spezielle Statistiksoftware. Das ist im Rahmen dieser Kurzstudie nicht zu leisten.

6 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Niedersachsen und Sachsen-Anhalt

Um Solarpotenziale größerer Gebiete allgemein abschätzen zu können, wurden zunächst Erfahrungen auf kleinräumiger Ebene gesammelt. Diese korrelieren unter den untersuchten Indikatoren am stärksten mit dem Indikator Bevölkerung. Dieser Indikator wird nun genutzt, um in einer ersten Abschätzung die Erhebungsergebnisse der zwei Beispielregionen auf großräumige Gebiete zu übertragen.

Hauptsächliches Netzgebiet des Energiedienstleisters Avacon bilden das mittlere und östliche Niedersachsen sowie das nördliche und mittlere Sachsen-Anhalt. Die vorliegende Solarpotenzial-Analyse soll übertragbare Erkenntnisse für das

Avacon-Netzgebiet generieren. Hierfür stellen die Bundesländer Niedersachsen und Sachsen-Anhalt die nächsten räumlichen Einheiten dar. Die länderbezogene Betrachtung ermöglicht eine bessere Abgrenzbarkeit in räumlicher und statistischer Hinsicht. Hierauf wird im folgenden die Übertragbarkeit der exemplarischen Untersuchungsergebnisse aus den Beispielregionen angewendet.

Zunächst erfolgt eine strukturierte Regionstypisierung der beiden Bundesländer. Im Anschluss werden die Regionen mit größerem Solarpotenzial anhand von Bevölkerungszahlen herausgefiltert.

6.1 Bevölkerungs- und Siedlungsstrukturen der Untersuchungsregionen

Niedersachsen und Sachsen-Anhalt umfassen zusammen rund neunzehn Prozent der Fläche sowie dreizehn Prozent der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. Beide Bundesländer haben ihren Bevölkerungsschwerpunkt im südlichen Landesteil. Sie zeichnen sich durch einige Großstädte mit 100.000 bis 500.000 Einwohnern sowie zahlreiche Mittelstädte sowie ländlich-periphere

Regionen aus. Damit bilden die beiden Untersuchungsregionen Region Hannover und Lüchow-Dannenberg die am dichtesten besiedelten, verstädterten Regionen sowie die am dünnsten besiedelten, ländlichen Regionen mit ihren jeweiligen Besiedlungs- und Bebauungsstrukturen ab. Weitere Strukturdaten sind Tabelle 5 zu entnehmen.

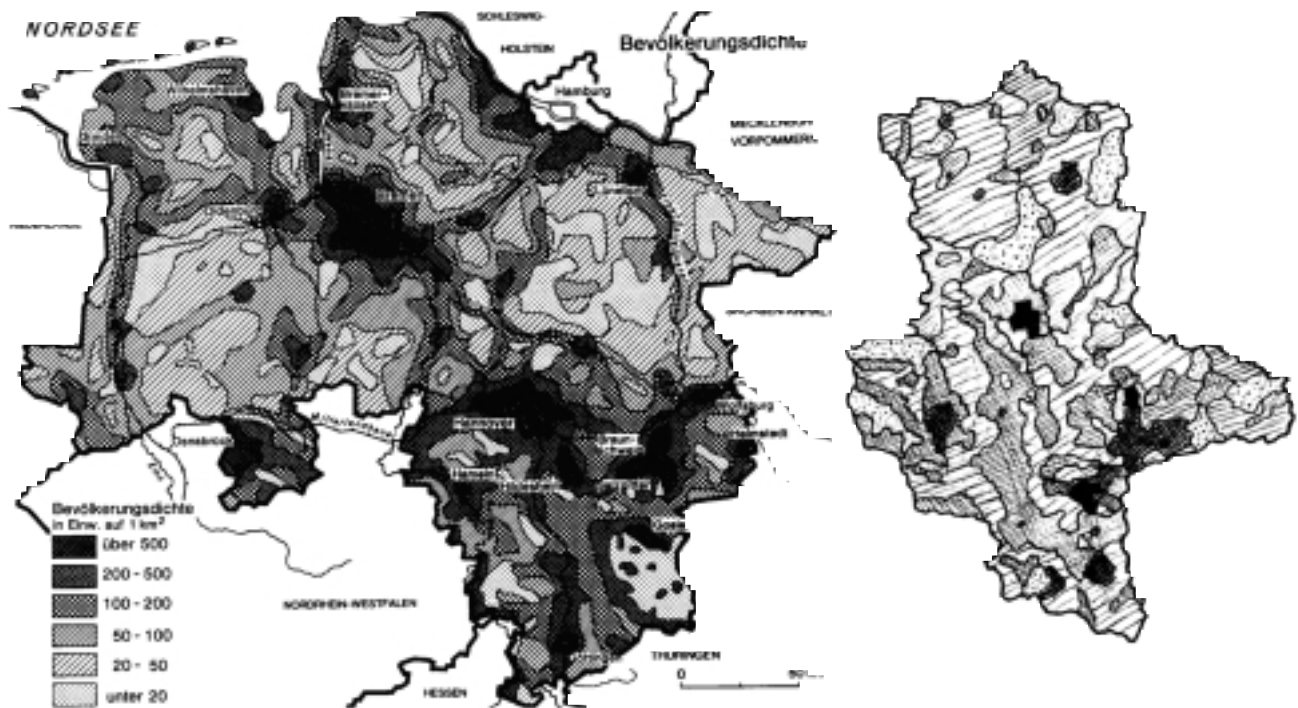
6.2 Regionen mit großem Solarpotenzial in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt

Für eine großräumige Suche sind erst Städte (ab zum Beispiel 5.000 Einwohnern) relevant. In Niedersachsen umfassen Städte (mit ihren Grenzen) gut ein Drittel der Landesfläche. Die größeren Städte (>20.000 Einwohner) verteilen sich vornehmlich auf das südöstliche Niedersachsen, das Bremer und Hamburger Umland, die Nordseeküste sowie den Raum Osnabrück. In Sachsen-Anhalt ist die Bevölkerung in den Agglomerationsräumen Magdeburg und Stendal sowie in dem dichter besiedelten Süden mit den städtischen Räumen Halle-Dessau, Quedlinburg und Weissenfels besonders zahlreich. Hier lassen sich auch die größten

Dachflächen-Potenziale erwarten. Weitere Informationen zur Bevölkerungsverteilung Niedersachsens und Sachsen-Anhalts sind der Abbildung 2 zu entnehmen.

Entsprechend der Korrelation von theoretischen Potenzialfläche großer Gebäude und Bevölkerung lässt sich folgende grobe Abschätzung machen: In ländlichen bis kleinstädtischen Regionen ist pro 100.000 Einwohner mit einer theoretischen Potenzialfläche großer Gebäude von etwa 700.000 m² zu rechnen. In großstädtischen Verdichtungsräumen ist mit einer circa 50 Prozent höheren theoretischen Potenzialfläche zu rechnen.

Abbildung 2: Bevölkerungsverteilung in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt



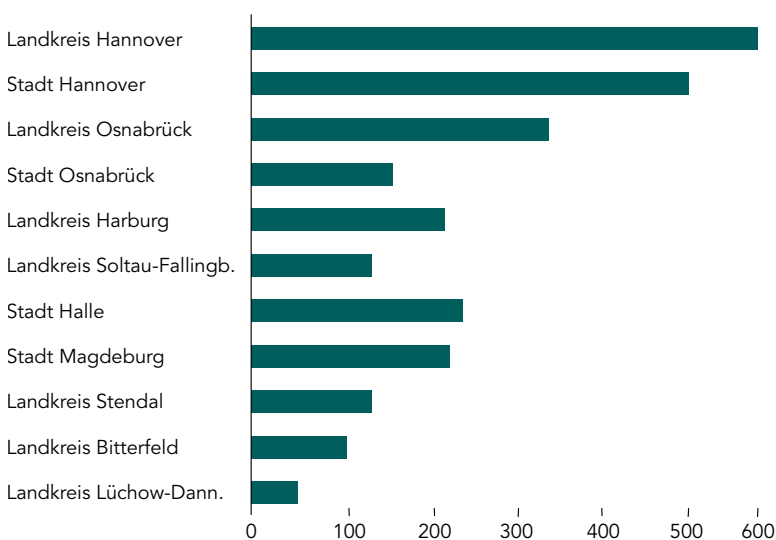
Wenn diese Verhältnisse auf die Einwohnerzahlen der Bundesländer übertragen werden, lassen sich die Kreise mit dem vermutlich höchsten Potenzial an großen Dachflächen ermitteln. Siehe dazu die folgende Abbildung 3

Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Die größten Solarpotenziale bezüglich vorhandenen Dachflächen in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt liegen in der Region Hannover (Stadt und Landkreis).
- Weitere Räume mit relativ großem Potenzial sind in Niedersachsen die weiteren Verdichtungsräume (Braunschweig, Hildesheim, Göttingen, Osnabrück). Im Emsland ist das Potential (der Besiedelung folgend) weniger konzentriert.
- In Sachsen-Anhalt sind die Dachflächen-Potenziale auf Kreisebene grundsätzlich um etwa 60 Prozent niedriger, da die Regionen weniger intensiv besiedelt sind. Die größten Vorkommen an Dachflächen befinden sich in den größten Städten Halle und Magdeburg. Die weiteren Kreise haben relativ ähnliche Einwohnerzahlen. Hier sind ähnliche Dachflächen-Potenziale zu erwarten.

Abbildung 3: Vergleich der Einwohnerzahlen der Untersuchungsregionen mit ausgewählten Städten und Landkreisen in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt

Einwohner in Tausend



7 Zusammenfassung und Folgerungen

Diese Kurzstudie hatte die Aufgabe, exemplarisch in zwei norddeutschen Regionen das Solarenergie-Potenzial für große Anlagen zu ermitteln. Folgende Ergebnisse lassen sich zusammenfassen:

- Trotz allgemein guter Marktentwicklungen und Kostendegression in einzelnen Bereichen ist Solarenergie erst an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit. Die Rahmenbedingungen (Klimaschutz, Energie-Einsparverordnung, Förderung) lassen mittelfristig weiteres Marktwachstum und bessere Wirtschaftlichkeit erwarten. Schon heute können große und effizient geplante Anlagen wirtschaftlich betrieben werden. Dabei können zukünftig neue Finanzierungsformen (Contracting, Bürgerfonds etc.) eine größere Rolle spielen.
- Die theoretischen Dachflächen-Potenziale sind insgesamt hoch, unterscheiden sich aber qualitativ und quantitativ erheblich. So stehen beispielsweise in der Region Hannover etwa 10 Millionen Quadratmeter und im Landkreis Lüchow-Dannenberg etwa 370.000 m² Dachfläche auf großen Gebäuden zur Verfügung. Davon ist allerdings - aufgrund technischer und planerischer Einschränkungen nur ein kleiner Teil nutzbar, der in dieser Studie auf etwa sieben Prozent geschätzt wird.
- Um Solarpotenziale auf großräumiger Ebene abschätzen zu können, ist der Indikator Bevölkerungszahl am ehesten hilfreich. Dieser simple Indikator korreliert relativ stark mit dem rechnerischen Dachflächen-Potenzial großer Gebäude. Mit seiner Hilfe lassen sich für Niedersachsen und Sachsen-Anhalt die Agglomerationsräume und Großstädte als die Regionen mit dem größten theoretischen Solarpotenzial identifizieren.
- Das theoretische Solarpotenzial der zwei untersuchten Beispielregionen ist in der Quantität - wie auch in ihrer Struktur - extrem unterschiedlich. Der Landkreis Lüchow-Dannenberg besitzt relativ geringe Dachflächen-Potenziale, die Motivation der regionalen Akteure ist sehr heterogen. Die Region Hannover ist der Raum mit dem höchsten Dachflächen-Potenzial in den hier betrachteten Gebieten (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt). Hier sind einzelne Akteursgruppen schon sehr motiviert und es existieren erste Anstrengungen und Umsetzungen zur Realisierung großer Solaranlagen.
- Die wichtigsten großen Gebäude für eine Solarenergienutzung sind Gewerbegebäude sowie kommunale/öffentliche Gebäude in großen Städten und ihrem Umfeld. Grundsätzlich ist eine photovoltaische Nutzung in den meisten Fällen aufgrund der Abnehmer-Unabhängigkeit sinnvoller, als eine solarthermische. Dies gilt besonders für gut einsehbare Gewerbebauten, für die sich PV-Anlagen empfehlen (siehe Tabelle 7). Dies gilt weniger bei Schwimmbädern und Gebäuden mit Wohn- und Pflegefunktionen, da diese hohe Wärmebedarfe haben.
- Wichtigster Faktor für eine Realisierung von großen Solaranlagen ist die Motivation der Akteure und Gebäudebesitzer (siehe Tabelle 8). Planungs- und Genehmigungsvorschriften spielen nur im Einzelfall eine Rolle. Mehr Einfluss haben bestehende Wissensdefizite bezüglich Vergütung, Fördermitteln, Investoren-Modellen u. Zusatznutzen. Die Realisierung kann durch regionale Unterstützung (Förderprogramme, Beratung, Wettbewerbe) verstärkt werden.
- Eine Eignungsprüfung von Dachflächen ist existenziell. Die real für Solarenergie nutzbaren großen Dachflächen betragen unter 10 Prozent der bestehenden großen Dachflächen. Hauptsächlich schränken Statik (bei Flachdächern) und Ausrichtung (bei Schrägdächern) sowie Teilverschattungen die Nutzung ein.
- Insgesamt erscheinen regionales Engagement und hohe Motivation von wichtigen Akteuren (Politiker, Unternehmer, Multiplikatoren) als die wesentlich entscheidenden Faktoren für die Frage, welche Region zur solaren Boom-Region wird und welche nicht. Entsprechend einflussreich können regionale Aktivitäten und Kampagnen zur Motivation und Akteurs-Einbindung sein.

Literatur

- AEROWEST GmbH, 2000: Flächenbefliegung Hannover. Bildflug im Maßstab 1:4.000. Dortmund. 2 CD-ROMs
- BFUB Umweltberatung Fischer & Köchling GmbH, 2000: Eignungsprüfung städtischer Dachflächen für Solarenergienutzung. Hannover (unveröffentlicht)
- Eclareon GmbH, 2001: Abschlussbericht Solarboom 2001. Barrieren und Potenziale für einen solaren Aufschwung in Hannover. Handlungsempfehlungen für proKlima. Hannover (vorläufige, unveröffentlichte Fassung)
- Eclareon GmbH, 2001: „Sunrise 2001“. Attracting European Solar Markets. Berlin
- Fisch, Möws, Zieger: „Solarstadt – Konzepte, Technologien, Perspektiven“. Stuttgart 2001
- Industrie- und Handelskammer Lüneburg – Wolfsburg, 1999: Kammer `98 – Daten und Fakten. Lüneburg
- Kommunalverband Großraum Hannover (KGH), Stadt Hannover, (Hg.), 2001: Sonnenseiten Sonnenzeiten. Solare Projekte und Akteure in der Region Hannover. Hannover
- Kommunalverband Großraum Hannover (KGH), Target GmbH, (Hg.), 1999: Evaluation der Kampagne Solarenergie kommt! Hannover
- Kommunalverband Großraum Hannover (KGH), (Hg.), 1996: Regionales Raumordnungsprogramm 1996. Beiträge zur regionalen Entwicklung Heft Nr. 62. Inklusive Karten 1:50.000 der Region Hannover. Hannover
- Landeshauptstadt Hannover, Stadtvermessungsamt, 1997: Stadtkarte Hannover. 1:20.000. Hannover
- Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen, 2000: Regionalkarte Großraum Hannover 1:100.000 13 V. Verwaltungsausgabe. Hannover
- Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen, 1998: Topographische Karte 1:50.000. CD-ROM. Hannover
- Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen, 1999: Topographische Karte 1:50.000 L 2932 Dannenberg (Elbe). Hannover
- Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen, 1997: Radwanderkarte Niedersachsen 1:75.000 Wendland. Hannover
- Landkreis Lüchow-Dannenberg, 1996: Wirtschaftsstandort Lüchow-Dannenberg. Lüchow
- Niedersächsisches Landesvermessungsamt – Landesvermessung, 1994: Topographische Karte 1:25.000 2932 Dannenberg (Elbe) Süd. Hannover
- Nord/LB, Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW), Kommunalverband Großraum Hannover (KGH), 2000: Wirtschaftsstandort Hannover Region. Regionalreport 2000. Beiträge zur regionalen Entwicklung Heft Nr. 78. Hannover
- Peuser, Remmers, Schnauss, 2001: „Langzeiterfahrung Solarthermie – Wegweiser für das erfolgreiche Planen und Bauen mit Solarenergie“. Berlin
- Seedorf, Meyer, 1996: Landeskunde Niedersachsen. Natur- und Kulturgeschichte eines Bundeslandes. Band II: Niedersachsen als Wirtschafts- und Kulturraum. Hannover
- www.nls.niedersachsen.de
- www.statistik.sachsen-anhalt.de
- www.ihk.de

Anhang

1a: Jahreskosten einer Photovoltaikanlage

Projekt: Kleinanlage 2 kW_p
Aufdachmontage

Basisdaten:

Fläche PV-Anlage	18 m ²	
installierte Leistung	2 kW peak	110 W/m ²
Energieertrag	1.600 kWh/a	800 h/a

Investition:

Komplettanlage Aufdachmontage inkl. Solarmodule, Regelung, Wechselrichter, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.	31.000 DM	15.500 DM/kW
Minderinvestition Dachoberfläche	0 DM	0 DM/m ²
Gesamt	31.000 DM	15.500 DM/kW

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 1.550 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

Finanzierung:		Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
100.000 Dächer-Programm (5 kW á 12.825 DM/kW)	25.650 DM	1,9 %	10 a	122 DM/a
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	5.350 DM	4,9 %	10 a	66 DM/a
Gesamt	31.000 DM			187 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	310 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	310 DM/a	

Ergebnis:

Kapitalkosten	1.737 DM/a	108,6 Pf/kWh
Betriebskosten	310 DM/a	19,4 Pf/kWh
Stromerzeugungskosten	2.047 DM/a	128,0 Pf/kWh
Vergütung nach EEG	1.505 DM/a	94,1 Pf/kWh

1b: Jahreskosten einer Photovoltaikanlage

Projekt: Großanlage 100 kW_p
dachintegriert
Variante: mit Förderung

Basisdaten:

Fläche PV-Anlage	900 m ²	
installierte Leistung	100 kW peak	110 W/m ²
Energieertrag	80.000 kWh/a	800 h/a

Investition:

Komplettanlage dachintegriert inkl. Solarmodule, Regelung, Wechselrichter, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.		
	1.300.000 DM	13.000 DM/kW
Minderinvestition Dachoberfläche	-270.000 DM	300 DM/m ²
Gesamt	1.030.000 DM	10.300 DM/kW

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 51.500 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

Finanzierung:		Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
100.000 Dächer-Programm (5 kW á 12.825 DM/kW, darüber 6.413 DM/kW Maximalbetrag 977.915 DM)	647.710 DM	1,9 %	10 a	3.077 DM/a
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	382.290 DM	4,9 %	10 a	4.683 DM/a
Gesamt	1.030.000 DM			7.760 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	13.000 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	13.000 DM/a	

Ergebnis:

Kapitalkosten	59.260 DM/a	74,1 Pf/kWh
Betriebskosten	13.000 DM/a	16,3 Pf/kWh
Stromerzeugungskosten	72.260 DM/a	90,3 Pf/kWh
Vergütung nach EEG	75.240 DM/a	94,1 Pf/kWh

1c: Jahreskosten einer Photovoltaikanlage

Projekt: Großanlage 400 kW_p
aufgeständert
Variante: mit Förderung

Basisdaten:

Fläche PV-Anlage	3.600 m ²	
installierte Leistung	400 kW peak	110 W/m ²
Energieertrag	320.000 kWh/a	800 h/a

Investition:

Komplettanlage aufgeständert inkl. Solarmodule, Regelung, Wechselrichter, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.		
	4.000.000 DM	10.000 DM/kW
Minderinvestition Dachoberfläche	0 DM	0 DM/m ²
Gesamt	4.000.000 DM	10.000 DM/kW

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 200.000 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

Finanzierung:		Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
100.000 Dächer-Programm (5 kW á 12.825 DM/kW, darüber 6.413 DM/kW Maximalbetrag 977.915 DM)	977.915 DM	1,9 %	10 a	4.645 DM/a
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	3.022.085 DM	4,9 %	20 a	74.041 DM/a
Gesamt	4.000.000 DM			78.686 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	40.000 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	40.000 DM/a	

Ergebnis:

Kapitalkosten	278.686 DM/a	87,1 Pf/kWh
Betriebskosten	40.000 DM/a	12,5 Pf/kWh
Stromerzeugungskosten	318.686 DM/a	99,6 Pf/kWh
Vergütung nach EEG	300.960 DM/a	94,1 Pf/kWh

1d: Jahreskosten einer Photovoltaikanlage

Projekt: Großanlage 400 kW_p
aufgeständert
Variante: ohne Förderung

Basisdaten:

Fläche PV-Anlage	3.600 m ²	
installierte Leistung	400 kW peak	110 W/m ²
Energieertrag	320.000 kWh/a	800 h/a

Investition:

Komplettanlage aufgeständert inkl. Solarmodule, Regelung, Wechselrichter, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.		
	4.000.000 DM	10.000 DM/kW
Minderinvestition Dachoberfläche	0 DM	0 DM/m ²
Gesamt	4.000.000 DM	10.000 DM/kW

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 200.000 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

Finanzierung:		Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
100.000 Dächer-Programm (5 kW á 12.825 DM/kW, darüber 6.413 DM/kW Maximalbetrag 977.915 DM)	0 DM	1,9%	10 a	0 DM/a
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	4.000.000 DM	4,9%	20 a	98.000 DM/a
Gesamt	4.000.000 DM			98.000 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	40.000 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	40.000 DM/a	

Ergebnis:

Kapitalkosten	298.000 DM/a	93,1 Pf/kWh
Betriebskosten	40.000 DM/a	12,5 Pf/kWh
Stromerzeugungskosten	338.000 DM/a	105,6 Pf/kWh
Vergütung nach EEG	300.960 DM/a	94,1 Pf/kWh

Anhang 2a: Jahreskosten einer Solarkollektoranlage

Projekt: Kleinanlage Einfamilienhaus 6 m²
Aufdachmontage

Basisdaten:

Warmwasserverbrauch (4 Personen)	2.917 kWh/a	50.000 l/a (60°)
Fläche Flachkollektor-Anlage	6 m ²	
Energieertrag	1.920 kWh/a	320 kWh/m ²
Anteil an Warmwasserverbrauch	66 %	

Investition:

Komplettanlage Aufdachmontage inkl. Kollektoren, Regelung, Speicher, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.	10.000 DM	
Gutschrift konventioneller Speicher	-1.500 DM	
Minderinvestition Dachoberfläche	0 DM	0 DM/m ²
Gesamt	8.500 DM	1.417 DM/m²

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 425 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

Finanzierung:	Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
Zuschuss erhöhte Eigenheimzulage			
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	4,9%	10 a	55 DM/a
Gesamt			55 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	100 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Pumpenstrom	15 DM/a	10 kWh/m ² Kollektorfläche
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	115 DM/a	

vermiedener Brennstoffbezug:

Kesselnutzungsgrad im Sommerbetrieb	82 %
vermiedener Brennstoffverbrauch	2.341 kWh/a (H _U)
Erdgasbezugspreis	7,0 Pf/kWh (H _O)
vermiedene Brennstoffbezugskosten	180 DM/a

Ergebnis:

Kapitalkosten	480 DM/a	25,0 Pf/kWh
Betriebskosten	115 DM/a	6,0 Pf/kWh
Wärmeerzeugungskosten	595 DM/a	31,0 Pf/kWh
vermiedene Brennstoffbezugskosten	180 DM/a	9,4 Pf/kWh

2b: Jahreskosten einer Solarkollektoranlage

Projekt: Großanlage Sporthalle 200 m²
aufgeständert

Basisdaten:

Warmwasserverbrauch	175.000 kWh/a	3.000.000 l/a (60°)
Fläche Flachkollektor-Anlage	200 m ²	
Energieertrag	80.000 kWh/a	400 kWh/m ²
Anteil an Warmwasserverbrauch	46 %	

Investition:

Komplettanlage aufgeständert inkl. Kollektoren, Regelung, Speicher, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.		
	210.000 DM	
Gutschrift konventioneller Speicher	0 DM	Einbindung in Mehrspeichersystem
Minderinvestition Dachoberfläche	0 DM	0 DM/m ²
Gesamt	210.000 DM	1.050 DM/m²

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 10.500 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

Finanzierung:	Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
Zuschuss Markteinführungsprogramm (170 DM/m ² , Maximalbetrag 50.000 DM)			
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	4,9%	10 a	2.156 DM/a
Gesamt			2.156 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	2100 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Pumpenstrom	500 DM/a	10 kWh/m ² Kollektorfläche
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	2.600 DM/a	

vermiedener Brennstoffbezug:

Kesselnutzungsgrad im Sommerbetrieb	85 %
vermiedener Brennstoffverbrauch	94.118 kWh/a (H _U)
Erdgasbezugspreis	5,5 Pf/kWh (H _O)
vermiedene Brennstoffbezugskosten	5.694 DM/a

Ergebnis:

Kapitalkosten	12.656 DM/a	15,8 Pf/kWh
Betriebskosten	2.600 DM/a	3,3 Pf/kWh
Wärmeerzeugungskosten	15.256 DM/a	19,1 Pf/kWh
vermiedene Brennstoffbezugskosten	5.694 DM/a	7,1 Pf/kWh

2c: Jahreskosten einer Solarkollektoranlage

Projekt: Großanlage Krankenhaus 500 m²
aufgeständert
Variante: mit Förderung

Basisdaten:

Warmwasserverbrauch	466.667 kWh/a	8.000.000 l/a (60°)
Fläche Flachkollektor-Anlage	500 m ²	
Energieertrag	200.000 kWh/a	440 kWh/m ²
Anteil an Warmwasserverbrauch	47 %	

Investition:

Komplettanlage aufgeständert inkl. Kollektoren, Regelung, Speicher, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.			550.000 DM
Gutschrift konventioneller Speicher	0 DM	Einbindung in Mehrspeichersystem	
Minderinvestition Dachoberfläche	0 DM		0 DM/m ²
Gesamt	550.000 DM		1.100 DM/m²

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 27.500 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

Finanzierung:	Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
Zuschuss Markteinführungsprogramm (170 DM/m ² , Maximalbetrag 50.000 DM)			
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	4,9%	10 a	6.125 DM/a
Gesamt			6.125 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	5.500 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Pumpenstrom	1.250 DM/a	10 kWh/m ² Kollektorfläche
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	6.750 DM/a	

vermiedener Brennstoffbezug:

Kesselnutzungsgrad im Sommerbetrieb	85 %
vermiedener Brennstoffverbrauch	258.824 kWh/a (H _U)
Erdgasbezugspreis	5,0 Pf/kWh (H _O)
vermiedene Brennstoffbezugskosten	14.235 DM/a

Ergebnis:

Kapitalkosten	36.625 DM/a	15,3 Pf/kWh
Betriebskosten	6.750 DM/a	3,1 Pf/kWh

Wärmeerzeugungskosten	40.375 DM/a	18,4 Pf/kWh
vermiedene Brennstoffbezugskosten	14.235 DM/a	6,5 Pf/kWh

2d: Jahreskosten einer Solarkollektoranlage

Projekt: Großanlage Krankenhaus 500 m²
aufgeständert

Variante: ohne Förderung

Basisdaten:

Warmwasserverbrauch	466.667 kWh/a	8.000.000 l/a (60°)
Fläche Flachkollektor-Anlage	500 m ²	
Energieertrag	200.000 kWh/a	440 kWh/m ²
Anteil an Warmwasserverbrauch	47 %	

Investition:

Komplettanlage aufgeständert inkl. Kollektoren, Regelung, Speicher, Planung, Projektentwicklung, Installation etc.		
	550.000 DM	
Gutschrift konventioneller Speicher	0 DM	Einbindung in Mehrspeichersystem
Minderinvestition Dachoberfläche	0 DM	0 DM/m ²
Gesamt	550.000 DM	1.100 DM/m²

Nutzungsdauer 20 a

Abschreibung 27.500 DM/a

Betrachtungszeitraum 20 a

		Zins	Laufzeit	mittlere Zinsbelastung
Finanzierung:				
Zuschuss Markteinführungsprogramm (170 DM/m ² , Maximalbetrag 50.000 DM)	0 DM			
KfW-CO ₂ -Minderungsprogramm	550.000 DM	4,9%	10 a	6.738 DM/a
Gesamt	550.000 DM			6.738 DM/a

Betriebskosten:

Wartung, Instandhaltung, Versicherung etc.	5.500 DM/a	1,0 % der Anlageninvestition
Pumpenstrom	1.250 DM/a	10 kWh/m ² Kollektorfläche
Dachmiete	0 DM/a	
Gesamt	6.750 DM/a	

vermiedener Brennstoffbezug:

Kesselnutzungsgrad im Sommerbetrieb	85 %
vermiedener Brennstoffverbrauch	258.824 kWh/a (H _U)
Erdgasbezugspreis	5,0 Pf/kWh (H _O)
vermiedene Brennstoffbezugskosten	14.235 DM/a

Ergebnis:

Kapitalkosten	34.238 DM/a	15,6 Pf/kWh
Betriebskosten	6.750 DM/a	3,1 Pf/kWh
Wärmeerzeugungskosten	40.988 DM/a	18,6 Pf/kWh
vermiedene Brennstoffbezugskosten	14.235 DM/a	6,5 Pf/kWh

Avacon ist einer der größten Energiedienstleister in Deutschland. In Niedersachsen und Sachsen-Anhalt beziehen mehr als 1,1 Millionen Kunden von Avacon Strom, Gas, Wärme oder Wasser und nutzen das breite Angebot begleitender Dienstleistungen. Zu den Avacon-Kunden gehören Privathaushalte ebenso wie Gewerbekunden, Industriebetriebe, Kommunen und außerdem über 50 Stadt- und Gemeindewerke sowie regionale Versorgungsunternehmen.



Herausgeber:

Avacon AG

Öffentlichkeitsarbeit

Schöninger Straße 10

38350 Helmstedt

Tel. (0 53 51) 1 23-3 46 47

Fax (0 53 51) 1 23-4 03 61

Mail pr@avacon.de

Web www.avacon.de

Ersteller der Studie:

Niedersächsische Energie-Agentur

Rühmkorffstraße 1

30163 Hannover

Tel. (05 11) 9 65 29-0

Fax (05 11) 9 65 29-99

Web www.nds-energie-agentur.de