

Bericht im Rahmen des Interreg IIIA-Projektes SOLAR-STRAT

**Selbstbau von thermischen Solaranlagen als Wegbereiter
der solarthermischen Nutzung in der Slowakei –
Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse**

DI Birgit Benesch, AEE

Wien, Dezember 2005

AEE Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE NÖ-Wien

Schönbrunner Straße 253/10

A – 1120 Vienna

Phone: 01 – 710 75 23

Fax: 01 – 710 75 23 – 18

Email: benesch@aee.or.at

1	Grundlagen	7
1.1	Potential.....	7
1.1.1	Potential der Solarenergie in der Slowakei.....	8
1.1.2	Potential der Warmwasseraufbereitung durch solarthermische Anlagen.....	9
1.1.3	Potential Solarthermie in Österreich.....	10
1.2	Selbstbau von Solaranlagen in Österreich.....	11
1.2.1	Historie - die Entwicklung in 6 Phasen	11
1.2.2	Die Umsetzungsstrategie der Selbstbaubewegung	14
1.2.3	Ergebnisse in Österreich.....	14
1.2.4	Nutzerorientierte Hintergründe zum Selbstbau in Österreich.....	15
1.2.5	Übertragbarkeit des Know-hows	18
1.3	Selbstbaukollektoren.....	20
1.3.1	Die Selbstbaukollektor-Typen	21
1.3.2	Unterscheidungen der Typen.....	23
1.3.3	Entscheidung: Bausatz, selektiver Streifenabsorber.....	25
2	Methodische Verfahren	26
2.1	Die Dimensionierung.....	26
2.1.1	Simulationsrechnung (T*SOL).....	26
2.1.2	Wetterdaten, Anlagendaten.....	26
2.1.3	Daten für die Dimensionierung.....	27
2.2	Die Wirtschaftlichkeitsanalyse	27
2.2.1	Prinzip der Wirtschaftlichkeitsanalyse	29
2.2.2	Spezifika der Parameter für die Wirtschaftlichkeitsanalyse eine TSA	29
2.2.3	Barwertmethode.....	30

2.2.4	Amortisationszeit.....	32
2.2.5	Solare Wärmekosten.....	32
2.2.6	Erstellung der Szenarien	33
3	Dokumentation der Ergebnisse.....	35
3.1	Energiepreise Slowakei.....	35
3.1.1	Gaspreise Vergleich Slowakei – Österreich.....	35
3.1.2	Strompreise.....	36
3.1.3	Prognostizierte Energiepreisentwicklung basierend auf den Entwicklungen der letzten 10 Jahren	36
3.2	Anlagenpreise in Österreich	38
3.3	Kollektorpreis, Anlagenpreis Slowakei.....	39
3.3.1	Kollektorpreis, Anlagenpreis Selbstbau	39
3.3.2	Preise industriell gefertigter Kollektor in der Slowakei	40
3.4	Dimensionierung.....	40
3.4.1	Das Referenzobjekt und seine Anforderungen	40
3.4.2	Energiebedarf	41
3.5	Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	42
3.5.1	Die Anlagentypen.....	42
3.5.2	Daten für die Wirtschaftlichkeitsanalyse	43
3.5.3	Resultate Wirtschaftlichkeitsanalyse	44
3.6	Haushaltseinkommen.....	46
3.6.1	Definition Haushaltseinkommen.....	46
3.7	Strategien zur verstärkten Implementierung solarthermischer Anlagen in der Slowakei.....	56

3.7.1	Politische Aktivität	57
3.7.2	Informationskampagne.....	57
3.7.3	Der Selbstbau als Wegbereiter.....	57
4	Literatur.....	58
4.1	Literatur	58
4.2	Web-Sites	60
5	Anhang.....	62
5.1	Abkürzungen.....	62
5.2	Energieeinheiten.....	63

1 Grundlagen

1.1 Potential

Das **theoretische Potential** lässt sich aus der durchschnittlichen Globalstrahlung des Landes und der Gesamtfläche des Landes berechnen. Könnte diese Energie zu 100 % nutzbar gemacht werden, entspräche die eingestrahlte Sonnenenergie der theoretisch insgesamt bereitstellbaren solarthermischen Energie.

Der Bestimmung des **technischen Angebotspotentials** werden die für eine Kollektorinstallation verfügbaren Gebäudedachflächen (alle weiteren potentiellen Nutzflächen werden nicht berücksichtigt) sowie die nach dem derzeitigen Stand der Technik möglichen Energieerträge der Kollektoren zu Grunde gelegt.

Beim technischen Angebotspotential werden jedoch die regionalen und saisonalen Unterschiede bzw. Schwankungen von Angebot und Nachfrage nicht berücksichtigt.

Das technische Nachfragepotential berücksichtigt zudem den solaren Deckungsgrad.^{1 2}

Unter dem **wirtschaftlichen Potential** von Solarthermie wird der Anteil des technischen Potentials verstanden, der wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden kann. Es wird sehr stark von den konventionellen Vergleichssystemen und den aktuellen Energieträgerpreisen beeinflusst. Weitere Einflussgrößen sind ua Zinssatz, Abschreibungsdauer oder Eigenkapitalanteil.

Das **erschließbare Potential** beschreibt den zu erwartenden tatsächlichen Beitrag von thermischer Solarenergienutzung zur Energieversorgung. Es ist in der Regel geringer als das wirtschaftliche Potential. Die Erschließbarkeit erfolgt nicht sofort, sondern bedarf oft eines längeren Zeitraumes, bis unterschiedliche Restriktionen überwunden sind. Das liegt im Fall der Solarthermie im besonderen an der Funktionsfähigkeit der vorhandenen, noch nicht abgeschriebenen Konkurrenzsysteme, sowie einer Vielzahl weiterer Hemmnisse wie zB mangelnde Information, rechtliche und administrative Begrenzungen.

¹ In der Veranschaulichung des österreichischen solarthermischen Potentials wird darauf noch näher eingegangen. Kapitel 2.9.7

² Neubarth J., Kaltschmitt M. (hrsg.), 2000, p 107 f

Das erschließbare Potential kann größer als das wirtschaftliche Potential werden, wenn die solarthermische Energienutzung aufgrund administrativer oder sonstiger Maßnahmen subventioniert wird.³

1.1.1 Potential der Solarenergie in der Slowakei

Zum **technischen Angebotspotential**: Einige wenige Gebäude mit hoher thermischer Qualität bestehen in der Slowakei bereits, und dort wird effektive Nutzung solarthermischer Anlagen empfohlen. Das Hauptpotential liegt bei neuen oder renovierten EFH und in Gebäuden für den Dienstleistungsbereich. Ein hohes Potential wird für die passive Sonnenenergienutzung gesehen. Photovoltaik hat, wie überall wo der Großteil der Haushalte ans Netz geschlossen ist, ihr wahres Potential für öffentliche Beleuchtungsanlagen und dergleichen.

Für die thermische Solarenergienutzung wird das größte Potential in der Warmwasserbereitstellung für Schulen und Gesundheitseinrichtungen gesehen.

In der Slowakei gilt für die Anwendung **solarthermischer Anlagen** ein technisches Potential von 16.321 TJ⁴. Mit der Basis (2002) eines nationalen jährlichen Heizenergieverbrauches von 48.397 TJ macht das ein **technisches Potential von 33,7 %**.

Das **wirtschaftlichen Potential** für die Nutzung thermischer Solaranlagen in EFH wird auf die Versorgung von ungefähr 12.000 Haushalten geschätzt, jedoch wurde bei dieser Rechnung eine hohe Amortisationszeiten von 24 Jahren angewendet. Solaranlagen auf MFH wird höheres wirtschaftliches Potential nachgesagt: (Amortisation in 12 Jahren). Bei der Berücksichtigung, dass 80 % der MFH Gas und geothermische Anlagen nutzen (größtenteils Fernwärme), die nur bei einer Neuanschaffung des Heizsystems auf ein solares System umsteigen würden, ergab sich ein wirtschaftliches Potential von 10 % bei den Gebäuden, die heute mit Gas versorgt werden und 40 % bei denen, die mit Kohle oder Heizöl versorgt werden. Also etwa 80.000 Haushalte können hier durch Solarenergie mit Warmwasser versorgt werden.⁵

Bei Dienstleistungsgebäuden kam man auf eine Amortisationszeit von 9 Jahren. 5 % der Nicht-Wohnhäuser könnten solar Warmwasser bereiten (etwa 3.600 TJ pro Jahr)

³ Neubarth J., Kaltschmitt M. (hrsg.), 2000, p 23 f

⁴ NEES Slowakei, 2002.

⁵ ECB, Energy Efficiency ..., 2002, p 39.

Für 2012 wird ein **wirtschaftliches Potential** von 4.250 TJ für solarthermische Anlagen geschätzt.⁶ Das würde einer Deckung des Heizenergiebedarfs durch **8,78 %** Installationen solarthermischer Anlagen entsprechen.

Das Marktpotential:

Im öffentlichen Bereich ist eine Amortisationszeit von 7 Jahren akzeptiert. Nicht-Wohnhäuser haben hier etwa eine Amortisationszeit von 9 Jahren, also nahe dran. Wesentlich ist hier das Wissen der Entscheidungsträger und deren Bewusstsein gegenüber Solartechnologien.

Großes Potential wird für Großanlagen gesehen, obwohl natürlich auch hier Investoren fehlen.

In der Studie des ECB von 2002 einigte man sich auf ein Marktpotential für solarthermische Energie von 1.260 TJ im Jahr 2012. Dies entspräche dann einem **Marktpotential von 2,6 %** für die Bereitstellung von Heizenergie aus der Sonne.

1.1.2 Potential der Warmwasseraufbereitung durch solarthermische Anlagen

Der Warmwasserkonsum entspricht im Haushaltssektor 20,2 % des gesamten Heizenergiekonsums. Somit wurde demnach im Beispieljahr 2002 9.776 TJ für die Warmwasseraufbereitung aufgewendet.

In Relation mit dem **technischen Potential** solarthermischer Nutzung von 16.321 wäre die Warmwasseraufbereitung zu **über 100 %⁷** gedeckt.

Nach dem prophezeiten **wirtschaftlichen** Potential für 2012 von 4.250 TJ gäbe es bei einer reinen Nutzung der solarthermisch bereitgestellten Energie für Warmwasser in Haushalten ein Potential von **43,5 %**. In dieser Berechnung wird natürlich nicht der solare Deckungsgrad berücksichtigt und dient einer ohnehin nur sehr groben Veranschaulichung. Bei einem realisierbaren, ganzjährigen Deckungsgrad von 60 % käme man für auf einen theoretischen Wert von 26,1 % für das wirtschaftliche Potential. (*Abbildung 2-11*)

⁶ NEES Slowakei, 2002.

⁷ Exakt 167 %

Potential der Heizenergiebereitstellung durch Solarthermie in der Slowakei

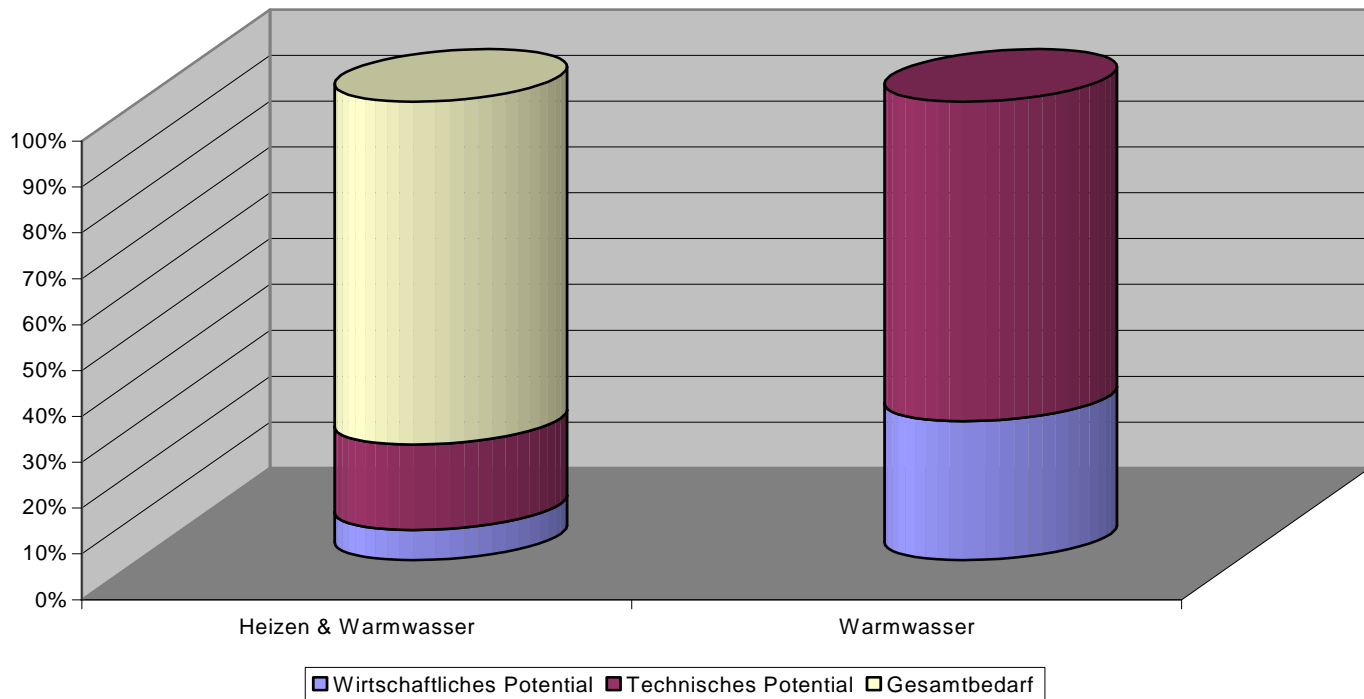


Abbildung 1-1: Potential der Heizenergiebereitstellung durch Solarenergie in der Slowakei (ECB; Energy Efficiency..., 2002)

1.1.3 Potential Solarthermie in Österreich

Das theoretische Potential für die Nutzung solarthermischer Energie ergibt sich aus einer durchschnittlichen Globalstrahlung von $1.100 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$ und einer Gesamtfläche Österreichs von 83.864 km^2 zu 332.000 PJ/a . Diese Energie kann natürlich nie vollständig nutzbar gemacht werden.

Sinnvoll ist es also, um auch einen praktischen Vergleich mit der slowakischen Situation durchführen zu können, zunächst einmal das **technische Angebotspotential** hinzuzuziehen. Auf den insgesamt 306 km^2 an verfügbarer Gebäudefläche in Österreich können unter Berücksichtigung von bau- und solartechnischen Restriktionen, wie Dachform, Neigung oder Abschattung, ca. 107 km^2 Kollektorfläche installiert werden. Mit den derzeit erreichbaren mittleren Kollektorenergieerträgen (in den Speicher) von etwa $1.800 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$ errechnet sich eine von Solarsystemen in Österreich bereitgestellte Energie von rund 193 PJ/a .⁸

⁸ Neubarth J., Kaltschmitt M., 2000, p 107

Bezogen auf die gesamte Nachfrage nach Raumheizungswärme und Warmwasser von 324 PJ (Stand 1998) sind dies nur knappe **60 %**.

Berücksichtigt man zudem die Angebots-Nachfrage-Schwankungen, erhält man das **technische Nachfragepotential**.

Das technische Angebotspotential ist für **Warmwasserbedarfsdeckung** in Österreich etwa 80 %. Wird jedoch ein realistischer Deckungsgrad von 70 % angenommen, können somit knapp **56 %** der Nachfrage nach Warmwasser bzw. ca. 25 PJ/a gedeckt werden.⁹

In Summe (Warmwasser, Raumwärme, Prozesswärme) können rund 65 PJ/a an solarthermisch bereitgestellter Energie auch tatsächlich im österreichischen Energiesystem integriert werden. Dies entspricht rund **20 %** der Nachfrage (Stand 1998).

1.2 Selbstbau von Solaranlagen in Österreich

1.2.1 Historie - die Entwicklung in 6 Phasen

Die Entwicklung des Selbstbaus in Österreich lässt sich an Hand von 6 Phasen charakterisieren. Es lässt sich ablesen, dass sich in etwas mehr als 10 Jahren aus einer lokalen Initiative zur Selbsthilfe eine bedeutende Institution zur Umsetzung und Weiterentwicklung von Technologien zur Nutzung von erneuerbaren Energieträgern und, im speziellen, Solarenergie entwickelt hat.

1. Phase - Interesse:¹⁰

Bis zum Jahr 1979 wurden vereinzelt Aktivitäten im Bereich des Selbstbaus von thermischen Solaranlagen betrieben. Zwei technisch interessierte Bastler aus der Steiermark eigneten sich durch Informationsveranstaltungen und einschlägige Fachliteratur Fähigkeiten an, den weitgehenden Selbstbau eines Solarkollektors zu versuchen.

Zu dem Zeitpunkt war die Situation durch das ungünstige bzw. unsichere Preis-Leistungs-Verhältnis am Solarmarkt unbefriedigend. Das Duo beschloss *mit dem Wissen um die Arbeitsform „Workshop“ und dem Vertrauen in die traditionelle der Nachbarschaftshilfe*¹¹ einen „Selbstbau-Workshop für Sonnenkollektoren anzubieten. In St. Marein bei Graz fand 1979 der erste Workshop statt.

⁹ Neubarth J., Kaltschmitt M., 2000, p 109

¹⁰ Übertragbarkeit der Solaranlagen-Selbstbautechnologie pp 79

¹¹ Zitat aus Übertragbarkeit der Solaranlagen–Selbstbautechnologie, p 83

>>unbefriedigende Situation am Solarmarkt

>>Wissen um die Technologie

2. Phase – Vorbereitung:

Die Entwicklung von 1979 bis zur ersten Baugruppe wurde durch Mundpropaganda vorangetrieben. Eine Reihenhaussiedlung in alternativer Bauweise war geplant und somit ergab sich auch der Anspruch auf eine Versorgung mit thermischer Sonnenenergie. Des weiteren fand sich ein kleiner Interessentenkreis, der größtenteils aus Landwirten bestand, der neben dem Wissen über die Selbstbaumöglichkeit auch von der Steuerabsetzbarkeit einer solchen Anlage im Zuge des Hausbaus wusste. Die beiden Sonnenkollektor-Bastler schlossen sich der Gruppe an. Deren Technologiewissen und das Improvisationstalent der Landwirte führten in mehrmaligen Treffen zur Entwicklung eines nach Kosten, Nutzen und Fertigungsaufwand optimierten Selbstbaukollektors. (Resultierend: der Grundtyp des späteren Selbstbaukollektors nach dem Assembling-Verfahren der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie)

Den Beteiligten schon als Tradition der Gemeinschaftsarbeit und der Nachbarschaftshilfe bekannt, beschlossen sie das Prinzip des gemeinsamen Einkaufs der Materialien, das eine wesentliche Vergünstigung bei der Investition inne hat, zu nutzen und Hilfswerkzeuge für die Gemeinschaft zu erstellen. Erste Selbstbaugruppe für Sonnenkollektoren: 1983/1984 in St. Marein, Steiermark.

>>Steuerabsetzbarkeit

>>Nachbarschaftshilfe, Teamwork

>>Einkaufsgemeinschaften

3. Phase – Standardisierung:

Durch die zahlreichen positiven Erfahrungen aus vorangegangenen Baugruppen, zufriedenstellenden Betriebserfahrungen mit fertig montierten Anlagen, die funktionierende Nachbarschaftshilfe, den günstigen Anschaffungspreis und ein gewisser Besitzerstolz wie auch der hauptpunktende Komfortgewinn bewirkte die Verbreitung der Information über die Selbstbaumöglichkeit in umliegenden Regionen und Gemeinden. In diesen Regionen der Steiermark war der für ländliche Regionen typische, hohe Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern, die eine der wesentlichen Vergünstigungen der Grundbedingungen zur Installierung einer thermischen Solaranlage bedeuten, gegeben. Eine weitere Vergünstigung der Situation ergab sich durch den erhöhten Bedarf an neuen Warmwasserbereitungsanlagen.

Durch ehemalige Baugruppenleiter gelang das vorhandene Wissen und die Erfahrungen im Rahmen von Vorträgen und Exkursionen zu schon bestehenden Anlagen an die

Neuinteressierten. Engagierte Baugruppenleiter trafen sich regelmäßig, um Erfahrungen auszutauschen und Sammelbestellungen für mehrere Gruppen zu organisieren.

Des Weiteren kam es zur Entwicklung von vereinfachten Herstellungsverfahren des Absorbers und zur Verbesserung der Hilfswerkzeuge.

>>Baugruppenleitertreffen für Austausch, Verbesserung

>>Vorträge, Exkursionen zu bestehenden Anlagen

>>Verbesserung der Technologie

4. Phase – Expansion:

Entwicklung der Verbreitung in den Expansionsjahren 1987, 1988. Die Energiekosteneinsparung rückte mehr und mehr in den Vordergrund und wurde somit interessant für weitere Teile der Bevölkerung. Der wichtigste Auslöser für die Entscheidung zu einer thermischen Solaranlage blieb der Komfortgewinn. Der große Boom von an Solaranlagen Interessierten wurde wohl ausgelöst durch die für 1.1.1989 angekündigte (und auch in Kraft getretene) Steuerreform, die einen Wegfall der Steuerabsetzbarkeit für die Solaranlageninvestition bewirkte.

Es wurde wiederum ein vereinfachtes Herstellverfahren des Absorbers entwickelt.

Die Leitung der Baugruppen wurde oft von ehemaligen Baugruppenleitern durchgeführt, die natürlich nach wie vor ehrenamtlich arbeiteten. So wurden dann einige Mitglieder der Baugruppe eigens eingeschult, um die Betreuung zu übernehmen. Eine standardisierte Absorberempfehlung sowie eine Broschüre wurden an die Baugruppen weitergegeben.

>>Baugruppenleiterschulung

>>Broschüre

5. Phase – Institutionalisierung

Entwicklung der Verbreitung seit der Gründung des Vereins Mitte 1988. Besonders engagierten Baugruppenleiter schlossen sich zu einem gemeinnützigen Verein (Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie) zusammen, um damit offiziell als Repräsentanten der Selbstbaubewegung aufzutreten. Nationale und internationale Auszeichnungen für den Solaranlagen-Selbstbau führten zu ausführlichen Medienberichten. Die Ausdehnung der Selbstbaubewegung erreichte auch die Ballungszentren des Bundeslandes, also beispielsweise den Grazer Stadtrand. Mit dem veränderten Interessentenkreis verschoben sich auch die Motive für eine Solaranlage: die Umweltfreundlichkeit bekam die gleiche Wertigkeit wie der sonst zuvor so dominierende Komfortgewinn. Der Verein wurde eingeladen, in Vorträgen über die Erfahrung mit dem Selbstbau einer Solaranlage zu berichten.

>>Umweltfreundlichkeit gewinnt an Bedeutung

>>nationale und internationale Anerkennung

6. Phase - Professionalisierung

Nach jahrelanger Praxiserfahrung mit Solaranlagen wurden wesentliche Verbesserungen am bisherigen technischen Konzept vorgenommen. Die Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie wird zu einer der wichtigsten Know-how-Transferstellen für den Bereich thermische Solarenergie in Österreich. In fast allen Bundesländern gab es Anlaufstellen für den organisierten Selbstbau von Solaranlagen. Die Vorarbeiten zur Baugruppenbildung wurden professionalisiert (Vortrag, Exkursion, Dimensionierung). Die Länder begannen öffentliche Anstellungen zu fördern. (Entwicklung in der Folge zur Basissubvention)

>>Professionelle Organisation

>>Verbesserung des technischen Konzepts

>>Ländersubvention für die Institution

1.2.2 Die Umsetzungsstrategie der Selbstbaubewegung

Zusammenfassend wurde – beziehend auf den österreichischen Fall – folgende Umsetzungsstrategie für den verbreiteten Selbstbau erstellt:¹²

- Umsetzung von Pilotanlagen in einer neuen Region.
- Veranstaltung von landesweiten, unabhängigen, weit verbreiteten Vorträgen und Schulungen zur Nutzung von Solarenergie in den Gemeinden.
- Angebot von Exkursionen zu Pilotanlagen.
- Dimensionierung von Solaranlagen durch Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie.
- Entwicklung von Selbstbaugruppen, die 10 – 50 Leute umfassen.
- Durchführung der gemeinschaftlichen Absorberproduktion.
- Installation der Anlagen: entweder eigenhändig oder mit Hilfe des Installateurs.

1.2.3 Ergebnisse in Österreich

Das große Interesse der Bevölkerung und die europaweit größte Zahl an installierter Kollektorfläche pro Einwohner kann mit großer Wahrscheinlichkeit auf die erfolgreichen

¹² Tatenbank: AEE, Selbstbau von Solaranlagen, letztes Update: 2003-06-25

Anfänge im Selbstbau zurückgeführt werden. Zudem wurden in den Bundesländern ansprechende Investitionsförderungen eingeführt, die zum Teil aus der Lobbying-Arbeit durch die Institution des Selbstbaus von Solaranlagen (AEE) resultierten.

In den ersten 10 Jahren war der Selbstbau von Solaranlagen in Österreich sehr erfolgreich, und die Aktivitäten der Selbstbaugruppen hatten großen Einfluss auf den Solarmarkt. Jedes Jahr gab es Wachstumsraten an neu installierter Kollektorfläche, die zwischen 70 – 100 % rangierten.

1.2.4 Nutzerorientierte Hintergründe zum Selbstbau in Österreich

Bei der Beleuchtung der nutzerorientierten Hintergründe werden im Wesentlichen soziodemographische Daten und allgemeine Einstellungsmuster, materielle und ideelle Voraussetzungen und die Motive betrachtet. Von besonderem Interesse sind auch die Ursachen und Komponenten für die Entwicklung neuer Selbstbaugruppen.

Im Rahmen der Studie „Übertragbarkeit der Solaranlagen-Selbstbautechnologie“ von 1992 (Hackstock, Königshofer, Ornetzeder, Schramm) wurde eine qualitative Umfrage mittels standardisierten Fragebogens durchgeführt.

238 Personen, die in einer Selbstbaugruppe Solarkollektoren hergestellt haben, wurden befragt. Davon waren 7,6 % weiblich und 92,4 % männlich. Von den 18 Frauen führten einige Frauen den Kollektorbau in Eigenverantwortung durch. Es gab auch eine Gruppe von Frauen, die gemeinsam mit einem männlichen Partner an einer Baugruppe teilnahmen. Das Durchschnittsalter der befragten Personen betrug 44 Jahre. Durch die Voraussetzung des Besitzes eines Ein- oder Zweifamilienhauses erstreckte sich das meist vertretene Alter von 30 bis 59 Jahren.

42 % der Befragten absolvierten eine Fach- oder Meisterschule, 10,5 % waren Absolventen einer höheren Schule mit Matura und ein Anteil von 6 % absolvierte die Universität. Die meistvertretene Berufsgruppe war mit 27 % die der Landwirte, gefolgt von 20 % Facharbeitern (Werkzeugmacher, Elektromonteure, Dreher, KFZ-Mechaniker, Tischler). 13 % Beamte, 3 % Hausfrauen. Zu Beginn der Selbstbaubewegung betrug der Anteil der im landwirtschaftlichen Bereich tätigen Personen sogar 40 %. Facharbeiter aus den oben genannten Bereichen waren besonders angesprochen durch deren Kenntnisse in der Holz- und Metallverarbeitung.

Des weiteren informativ ist die Mitgliedschaft in öffentlichen Vereinen von über 60 % der Befragten.

70 % der Anlagen wurden in Gemeinden mit weniger als 2000 Einwohnern installiert. 15 % im locker verbauten Stadtrandbereich.

Die **Informationsverbreitung** über die Selbstbaumöglichkeit war in 55 % der Fälle durch Verwandte, Freunde, Bekannte, insgesamt in 65 % der Fälle durch persönliche Kontakte entstanden. 17 % wurden über einen Solarvortrag informiert. 7 % aus der Zeitung und 11% durch einen Rundbrief der Gemeinde.

Die Entscheidungsgrundlage für eine solarthermische Selbstbuanlage bot bei 79 % ein Vortrag und bei 60 % zudem eine bereits in Betrieb befindliche Anlage, die sich ihnen zur Besichtigung anbot.

Bei 50 % der Befragten gab es in der Nähe schon eine Solaranlage. (Effekt: „Das will ich auch!“).

Bei den meisten Befragten waren weitere Änderungen am Haus nötig, mit denen die Installation der Solaranlage einher ging. 28 % planten vor der Entscheidung einen Neu- oder Umbau.

Als **Motive** wurden in den höchsten Rängen die

- Umweltfreundlichkeit (für >80 % sehr wichtig),
- der relativ geringe Preis (hauptsächlich von denen betont, die über ein eher geringes Einkommen verfügen: Arbeiter, Pensionisten, Hausfrauen)
- Einsparen von Energiekosten
- Komfortgewinn (wenn vorher mit Festbrennstoffen Warmwasser bereitgestellt wurde, im Speziellen betroffen waren hier die Ortschaften mit weniger als 1000 Einwohnern sowie Landwirte)

Weniger wichtig war den Befragten

- Der alternative Aspekt (eher wichtig für Frauen und allgemein Leuten unter 30 Jahren)
- Unabhängigkeit
- „selbst bauen“
- weil Bekannte ebenfalls eine thermische Solaranlage haben.

In Prozentanteilen war für 36 % der Befragten der Komfortgewinn am wichtigsten. Für 24 % der Grund, im Sommer keine Emissionen zu haben (Umweltfreundlichkeit). Für 22 % das Argument, Energiekosten einzusparen. Bei höheren Investitionskosten könnte dieser Aspekt also zu einem bedeutenden Hemmnis werden.

Ein sehr bedeutender Grund für die Neubildung von Selbstbaugruppen war sicher die Bekanntschaft unter den interessierten zukünftigen Kollektorbauern. 71 % der Befragten kannten vor der Baugruppe schon mindestens 6 Personen aus der Baugruppe.

In den frühen Jahren des Selbstbaus hatte die Gruppengröße einen Umfang von 10 – 100 Teilnehmern. Mit den Jahren nahm die Gruppengröße auf einen Durchschnitt von etwa 40 Teilnehmern ab.

Die Organisation teilte sich in Baugruppenleitung, finanzielle Organisation, Werkstätte, Steuerabschreibung sowie Materialannahme und –ausgabe auf.

80 % der Baugruppenteilnehmer ließen sich gesondert beraten, um die Dimensionierung der Solaranlage und die Konzeption abzuklären. 40 % nahmen die Beratung vom Baugruppenleiter in Anspruch, 28 % konsultierten Vertreter der Institution Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie und weitere 27 % informierten sich über Multiplikatoren der Selbstbaubewegung.

Bezüglich der persönlich aufgewendeten Arbeitszeit für den Selbstbau inklusive Organisation ergab sich ein Durchschnitt von 35 Stunden pro Person, wobei jedoch 20 % der Anlagen von 2 Personen gebaut wurden. Die Spannweite der aufgewendeten persönlichen Arbeitsstunden betrug 4 – 140 Stunden. Ursprünglich waren etwa 5 Monate von der Gründung der Selbstbaugruppe bis zur Fertigung von Nöten.

Die befragten Personen erstellten Selbstbaukollektoren eines veralteten Typs der in Österreich kaum mehr umgesetzt wird. Der Selbstbau aus vorgefertigten Komponenten hat einen geringeren Zeitaufwand

Aus der Umfrage haben sich folgende wesentliche Faktoren ergeben, die zum Problem werden können:

- Gruppengröße (zu groß von Nachteil)
- Bestellung falscher Bauteile
- Schwierigkeiten bei der Abrechnung

33 % der Befragten haben die **Montage** der Anlage mit Bekannten und Verwandten durchgeführt. 29 % größtenteils allein, 24 % mit Bekannten aus der Baugruppe und 15 % haben die Installation und Montage durch einen Installateur ausführen lassen.

Die Frage nach den substituierten Energieträgern ergab, dass 70 % der Befragten ihr Warmwasser vor der Erstellung der Solaranlage im Sommer durch Holz bereitgestellt hatten. 20 % durch Strom und 7 % durch Öl oder Gas.

Schlussendlich konnten 81 % der Befragten die Funktionsweise der Anlage bis ins kleinste Detail nachvollziehen. 19 % meinten, darin in groben Zügen fähig zu sein.

90 % der Befragten gaben an, sie würden noch mal eine thermische Solaranlage in einer Selbstbaugruppe bauen.

Der Selbstbau hat laut 60 % der Befragten mindestens eine weitere Person dazu angeregt, selbst eine thermische Solaranlage zu bauen, oder zumindest zu kaufen. Eine große Anzahl von Selbstbauanlagen fungierte als **Vorbild** für den Kauf einer gewerblichen Anlage.

Auch die Verhaltensweise und **Einstellung** der Selbstbauer hat sich nach der Beteiligung in der Baugruppe in vielen Fällen **geändert**:

- Für 61 % war es die erste Auseinandersetzung mit erneuerbaren Energieträgern
- Bei 57 % entwickelte sich ein verstärktes Interesse bei energiepolitischen Fragen
- Bei 1/3 der Befragten hat sich das Verhalten gegenüber der Umwelt positiv geändert
- Einige wurden zu aktiven Mitgliedern des Vereins
- Generell soll das Umweltbewusstsein und der sparsame Umgang mit Energie gestiegen sein.

In Folge haben sich einige Teilnehmer der Baugruppen für weitere umweltfreundliche Technologien entschieden:

- 22 % für eine Hackschnitzelheizung
- 21 % für ein Vorschaltgerät
- 12 % für einen sparsameren Geschirrspüler
- 8 % für Energiesparlampen
- sowie andere Technologien

1.2.5 Übertragbarkeit des Know-hows

Zur Anwenderorientierung und Verbreitungsorganisation: Im Vergleich mit dem österreichischen Fall der sich so erfolgreich entwickelnden Selbstbaubewegung sollten speziell die zeitlichen Veränderungen, die lokalen (nationalen) Gegebenheiten und der politische Hintergrund berücksichtigt werden.

Entstehung einer Selbstbaugruppe

- Interessierte Personen finden sich.

- Mit Hilfe einer Einkaufsgemeinschaft kann man begünstigt Material erwerben. Preisnachlässe von 20 – 25 % ab 100 m² erworbener Absorberfläche sind anzustreben.
- Gemeinsame Produktion der Kollektoren in der Gemeinschaft.
- Unterstützung durch ehemalige Baugruppenleiter auf ehrenamtlicher Basis.

Erfolgsfaktoren

Generell kann man die wichtigsten Erfolgsfaktoren für das Entstehen, wie auch für das gute Gelingen in einer Baugruppe in kulturelle, soziale, wirtschaftliche und technische Faktoren untergliedern

- Kulturelle Faktoren

Die besten Bedingungen für die Entwicklung einer Selbstbaugruppe für solarthermische Anlagen bestehen in ländlichen Regionen. Einfamilienhausbewohner müssen keine Einigung mit weiteren Parteien finden.

Zum anderen sind, besonders in der Slowakei, schon unzählige landwirtschaftliche Genossenschaften vorhanden, die es besonders leicht machen, im bestehenden System, Einkaufsgemeinschaften umzusetzen. Eine Einkaufsgemeinschaft ist auf jeden Fall eine gute Basis für eine Selbstbaugruppe. Zudem gibt es gute Chancen, dass sich am Selbstbau interessierte Leute auch schon vorher gegenseitiger Bekanntschaft erfreuten und somit auch eine Gruppenbildung eher und einfach zu Stande kommen kann. (als soziokultureller Faktor)

Ein weiterer, kultureller Erfolgsfaktor ist die Ausbreitung des Erfolgs von Selbstbaugruppen in den Medien. Im österreichischen Fall wurden an die Selbstbaubewegung der Steiermark nationale und internationale Preise vergeben, die die Anerkennung der Aktivität und der Institution selbstverständlich verstärkten.

- Soziale Faktoren

Es ist sicher kein österreichisches Phänomen, dass die Institution der Selbstbaubewegung als NPO arbeitet. Zu Anfang wurde die Arbeit für die Institution nur ehrenamtlich durchgeführt. Im Laufe der Jahre lernten manche Länder die Arbeit so zu schätzen, dass es zu öffentlichen Subventionen kam. Dennoch ist der ehrenamtliche Charakter der Institution von bleibendem Wert. Ehemalige Baugruppenleiter geben ihre Unterstützung, das Know-how und die Werkzeuge, Kontakte und Erfahrungen an die neuen Baugruppen weiter und ermöglichen neuen Baugruppenleitern wiederum, zu diesem Wissen zu gelangen.

Interessierte Personen können sich an die Organisation wenden, um Informationen, Beratungen oder Dimensionierungen ihrer Solaranlagen zu erhalten. Bereits bestehende

Solaranlagen wurden früher auch zur Besichtigung zur Verfügung gestellt. Broschüren, Vorträge und Einkaufsgemeinschaften ergänzten das Angebot der Organisation.

Die Arbeitsteilung in den Selbstbaugruppen ist ebenfalls ein sehr vorteilhafter sozialer Erfolgsfaktor. Im Rahmen einer österreichischen Interviewserie¹³ erzählten die Teilnehmer von Selbstbaugruppen, dass die Mitglieder ihrer Baugruppen aus unterschiedlichsten Berufsgruppen kämen (auch Metall- und Holzverarbeitung). Am Ende der Bauperiode waren alle Teilnehmer befähigt, die wichtigsten Aufgaben im Kollektorbau durchzuführen, da während der Bauperiode gegenseitig geholfen und veranschaulicht wurde.

- Wirtschaftliche Faktoren

Die wirtschaftlichen Vorteile liegen auf jeden Fall in den niedrigeren Investitionskosten im Vergleich zu industriell gefertigten Kollektoren. Auch durch Einkaufsgemeinschaften und die Installation, falls sie selbst durchgeführt wird, kann viel eingespart werden. In der Wirtschaftlichkeitsanalyse ist die Arbeitszeit nicht mit einbezogen. Um einen Quadratmeter Kollektorfläche zu erstellen, werden etwa 30 Minuten kalkuliert.

Dieser Faktor ist wohl nur bei der Bevölkerung mit niedrigem Einkommen relevant.

- Technische Faktoren

Das technische Know-how nach der Arbeit in einer Selbstbaugruppe ist auf jeden Fall ausreichend, um selbst Wartungsarbeiten durchführen zu können. Fehler können (leichter) erkannt werden und ein technisches Vertrauen in die Anlage besteht.

Aus den österreichischen Interviews mit den Selbstbauteilnehmern ergab sich, dass alle Befragten nach dem Selbstbau ein eindeutig besseres technisches Verständnis hatten. Sie kannten die Details aller Komponenten und waren/sind fähig, Servicearbeiten selbst durchzuführen.

1.3 Selbstbaukollektoren

Der Kollektor ist der zentrale Bauteil der Solaranlage, in dem die Sonneneinstrahlung in Wärme umgewandelt wird. Im Selbstbau werden im wesentlichen Flachkollektoren gebaut.¹⁴

¹³grat, 1992: 238 Befragte aus ehemaligen Selbstbaugruppen

¹⁴ Grundsätzlich kann man bei den Kollektoren unter sogenannten "Schwimmbadabsorbern", Flach- und Vakuumröhrenkollektoren unterscheiden. Auf die Vakuumröhrenkollektoren und deren verwandte neue Technologien wird hier nicht näher eingegangen, da es den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Zudem sind sie derzeit nicht für den Selbstbau relevant. Preislich können die

Der Flachkollektor besteht grösstenteils aus Kollektorgehäuse, Absorber, Wärmedämmung und transparenter Abdeckung. (Abbildung 1-2)

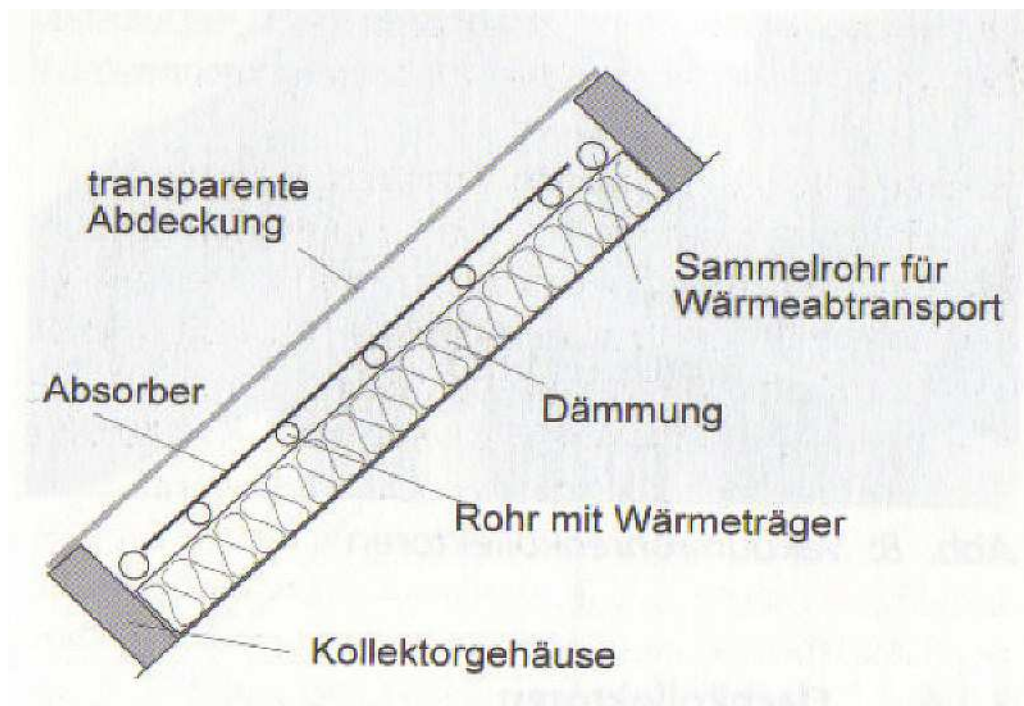


Abbildung 1-2: Schnitt durch einen Flachkollektor (Themessl et al, 2001)

1.3.1 Die Selbstbaukollektor-Typen

- K4 & K16¹⁵

K4 nennt sich der zu Beginn der Selbstbaubewegung gefertigte Kollektor. Ein Kupferrohr mit 15 mm Durchmesser wurde in 4 Serpentinaugen gebogen und mit dem Kupferblech verlötet. In das Blech wurden Sicken gepresst, um einen verbesserten Wärmeübergang zu erhalten. Der K4 wurde 1991 am ITR (Interkantonalen Technikum Rapperswil) geprüft. Aufbauend auf den Prüfungsergebnissen wurde der Kollektortyp weiterentwickelt und in Bezug auf die technischen Werte und das Einbausystem deutlich verbessert. Daraus entstand der sogenannte K16 mit einem Schnellmontagesystem.

- Selektive Streifensysteme: Tinox, Sunstrip ua

Vakuümrohrkollektoren im Bereich Einfamilienhaus, Warmwasserbereitung nicht mit den Flachkollektoren mithalten und sind somit auch nicht als Alternative zum analytischen Vergleich von Bedeutung.

¹⁵ Themessl A., Weiss W., 2001, p 28

Seit 1992 wurden von den Selbstbaugruppen der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, neben dem K16, auch industriell gefertigte Streifen verarbeitet. Nach 1995 haben die Streifensysteme die selbstgelöteten Kupferabsorber immer weiter verdrängt.

Sunstrip-Absorber:

Dieser wird industriell nach einem roll-bond-Verfahren hergestellt. Er besteht aus Streifen von Aluminiumblech, in das ein Kupferrohr eingepresst wird. Bei der Bereitstellung für Aluminium wird zwar viel Energie verbraucht, jedoch ist dieser Werkstoff kostengünstiger als Kupfer. Für das Rohr, in dem das Wärmeträgermedium fließt wird Kupfer empfohlen, da es eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Zudem bestünde Korrosionsgefahr, wenn ein Aluminiumrohr mit der Kupferleitung des Solarkreislaufes kombiniert würde. Die selektive Oberfläche wurde mittels **Sputter-Technologie**¹⁶ beschichtet. Die Leistung wurde beim TÜV-Test gemessen und konnte demnach mit den meisten Industrieanlagen mithalten. Das Preis-Leistungs-Verhältnis war herausragend.¹⁷

Der Kollektor erhielt 1995 das österreichische „Umweltzeichen“ und besitzt ein Qualitäts- und Umweltzertifikat gemäß ISO-Norm.



Abbildung 1-3: Flachkollektor mit Sunstrip-Absorbern (sunstrip)

Tinox-Absorber:

Die Absorberschicht des Tinox-Absorbers ist aus mehreren Schichten aufgebaut. Sie besteht aus **Titanoxid und Stickstoff**. Auf der Absorberschicht befindet sich noch eine zusätzliche Schicht aus Quarzglas, darunter ist dieser Absorber ebenfalls in ein Metallsubstrat gebettet (Kupfer oder anderes).

¹⁶ Bei einem Kathoden-Zerstäubungsverfahren erhält das Metallsubstrat in einem geschlossenen Vakuumprozess eine hochabsorbierende Schicht. Das Verfahren ist emissionsfrei und gilt als umweltfreundlich. (hier: Magnetron-Sputterverfahren)

¹⁷ Mittermaier, Sauer, Weiße, 1991, p 12

Tabelle 1-1: Vergleich der selektiven Streifen-Absorber (Daten von den Herstellern)

Vergleichsparameter	Sunstrip	Tinox ¹⁸
Absorptionswert	96 % +/- 2 %	95 %
Emissionskoeffizient	7 % +/- 2 %	4 %

1.3.2 Unterscheidungen der Typen

Verluste des Flachkollektors¹⁹:

Beim Auftreffen der Sonnenstrahlung auf die transparente Abdeckung des Kollektors geht ein Teil der Strahlung durch Reflexionen an der Oberfläche und ein weiterer Teil bei der Transmission durch die Abdeckung verloren. Die Reflexionsverluste sind vom Einfallswinkel der Strahlung sowie von der Anzahl der Abdeckungen und deren Brechungsindex abhängig. Die Transmissionsverluste werden hingegen von der Lichtdurchlässigkeit des Materials bestimmt. Da Kunststoffabdeckungen relativ rasch altern, haben sich Glasabdeckungen bewährt.

Die auf den Absorber auftreffende Strahlung wird, je nach Art der Beschichtung, fast gänzlich in Wärme umgewandelt. Die Beschichtung sollte ein hohes Absorptionsvermögen und einen möglichst geringen Emissionsgrad besitzen. Der Absorptionskoeffizient liegt bei Solarlackbeschichtung etwa gleich wie bei einer selektiven Beschichtung zwischen 0,94 und 0,97. Die Wärmeverluste durch Abstrahlung werden durch den Emissionskoeffizienten dargestellt. Bei mit Solarlack beschichteten Absorbern liegt der Emissionskoeffizient sehr hoch, bei etwa 0,86 – 0,88. Im Gegensatz dazu bietet die **selektive Beschichtung** einen großen Schutz vor Wärmeabstrahlung und belässt den **Emissionskoeffizienten bei 0,05 – 0,2**. (Tabelle 1-2)

Tabelle 1-2: Eigenschaften verschiedener Absorberbeschichtungen von Selbstbaukollektoren zur Blüte des österreichischen Selbstbaus 1985 (Lorenz-Ladener C., 1985)

Art der Beschichtung	Absorption	Emission	Beschichtungsverfahren
Schwarze Absorberfarben:			

¹⁸ Test: Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme 2000

¹⁹ Themessl A., Weiss W.; 2001, pp 16

Velvet Coating 2010 (3 M)	0,97	0,87	Streichen, spritzen
Transfer Electric	0,95	0,86	
Schwarze Farbe (Lack)	0,95	0,88	
Selektive Beschichtungen:			Spritzen, galvanisch
Solkote-Selective Solar Coating	0,94	0,4	
Schwarz-Nickel auf Alu (zB sunstrip ALT)	0,85 – 0,95	0,1 – 0,2	Aufkleben, galvanisch
Sunstrip heute²⁰	0,94	0,05	
Schwarz-Chrom	0,87 – 0,96	0,15 – 0,2	Galvanisch
Beschichteter Edelstahl	0,93	0,15	

Das Aufbringen der Beschichtung kann über ein Spritzverfahren bei Solarlackbeschichtungen bzw. über eine Klebefolie bei selektiven Schichten (galvanisches Verfahren) erfolgen. Weitere mögliche Technologien sind das Vakuumverfahren und die Sputtertechnik (sunstrip), die wesentlich umweltfreundlicher sind.

Die **Montage** sollte bei Kollektormontagesätzen einfach sein. Einige Firmen bieten Montagesätze an, die ohne viele Einzelteile und ohne große Vorarbeiten zu installieren sind. Die Profilschienen sind oft schon zugeschnitten und befestigt.²¹ Systeme, bei denen die Tragschienen noch zugeschnitten werden oder welche am Boden vormontiert werden müssen sind nicht geeignet.²²

Der **Arbeitsaufwand** unterscheidet sich bedeutend bei den verschiedenen Typen. Ein K4-Kollektor benötigt etwa den 6fachen Zeitaufwand, ein K16 etwa den 3fachen Zeitaufwand verglichen mit einem Kollektor, der aus einem vorgefertigten Bausatz, industriell vorgefertigten Absorbern besteht.²³ (Tabelle 1-3)

Tabelle 1-3: Arbeitszeit für den Bau eines Kollektors mittels Absorbern des Types Sunstrip (Mittermair et al., 1991)

Zeit	Tätigkeit
4 Stunden	Rahmen und Isolierung einbringen
5 Stunden	Absorber zu Elementen verlöten

²⁰ Zum Vergleich in die Tabelle aufgenommen

²¹ Der Fall wird hier angenommen, der finanzielle Aufwand ist in der Analyse berücksichtigt!

²² VDI-Gesellschaft: Tagung Gelsenkirche, 2001, p 155.

²³ Themeßl A., Weiß W., p 30.

4 Stunden	Absorber mit Sammelrohr verlöten und einrichten
5 Stunden	Abdeckung montieren
18 Stunden	Arbeitszeit Gesamt für den Kollektorbau (hier: 12 m²)

Selbstbaufreundlicher ist also die Verwendung von vorgefertigten Absorberstreifen, die eine Maßanfertigung von Absorbern in nahezu allen Größen ermöglichen und bereits mit einer selektiven Beschichtung geliefert werden. Die Absorberstreifen müssen nur noch mit entsprechenden Rohrrippeln an das obere und untere Sammelrohr angelötet (Weichlot) werden. Diese Lösung hat für den Selbstbau besondere Bedeutung gefunden.²⁴

1.3.3 Entscheidung: Bausatz, selektiver Streifenabsorber

Die Unterscheidungen in *Kapitel 1.3.2 Unterscheidung der Typen* haben schon aufgezeigt, dass die Tendenz beim Selbstbau ganz klar zum selektiven Streifenabsorber geht. Der Emissionskoeffizient des selektiv beschichteten Kollektors ist verschwindend klein im Vergleich mit den ursprünglichen, mit Solarlack beschichteten Kollektoren. Ein weiteres, für das beschichtete und industriell vorgefertigte System sprechendes Argument wäre der geringere Arbeitsaufwand.

Die Investitionskosten sind im Vergleich mit komplett industriell gefertigten Kollektoren noch bedeutend geringer.

Der Bausatz steht den Selbstbauern mit einem überlieferten Know-how aus Jahren der gesammelten Erfahrung zur Verfügung. Die Streifenabsorber, wie beispielsweise der Sunstrip-Absorber, der im Fall dieser Studie einer Wirtschaftlichkeitsanalyse unterzogen wurde, sind als Meterware, als vorgeschchnittene Einzelteile oder schon als vom Händler zugeschnittenes und vorbearbeitetes Produkt verfügbar.

Die Technologie des Sunstrip-Absorbers bewährt sich schon seit über 20 Jahren – siehe Tabelle 2-5 - und der daraus entwickelte Kollektor kann im Leistungsvergleich immer noch gut mit den meisten industriell gefertigten Kollektoren mithalten.

²⁴ Lorenz-Ladener C., 1985, p 22

2 Methodische Verfahren

2.1 Die Dimensionierung

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse ist es notwendig, die Investitionen von Anlagen mit vergleichbaren jährlichen Erträgen gegenüber zu stellen. Im Rahmen der Studie wurden zwei Anlagen dimensioniert, die beide einen festgesetzten solaren Deckungsgrad zu erfüllen haben. Der sommerliche solare Deckungsgrad ist mit mindestens 90 % und der ganzjährige solare Deckungsgrad mit mindestens 60 % festgelegt worden. Diese Deckungsgrade werden von Experten allgemein als sinnvoll für einer solarthermische Anlage zur Warmwasserbereitung erachtet.

2.1.1 Simulationsrechnung (T*SOL)²⁵

T*SOL ist ein klassisches Dimensionierungsprogramm, das im Besonderen zur Auslegung und Simulation thermischer Solaranlagen zur Warmwasserbereitung geeignet ist. Es wurde mit der Version 4.02 gerechnet.

2.1.2 Wetterdaten, Anlagendaten

Wetterdatensätze und Datensätze einer ganzen Reihe von Anlagentypen sind bereits gespeichert.

Es wurde im speziellen Fall mit dem Wetterdatensatz von Bratislava gerechnet. Ein ähnlicher Kollektortyp, der dem hier exemplarisierten Selbstbaukollektor mit Sunstrip-Absorbern entspricht, wurde als Berechnungsgrundlage gewählt. Kleine Abweichungen sind zu vernachlässigen.

Der zweite Anlagentyp, der als industriell gefertigter zum Vergleich dient, ist mit den Herstellerdaten im Verzeichnis des Programms vertreten und wurde ausgewählt.

²⁵ Valentin G. & Partner, T*SOL Benutzerhandbuch

2.1.3 Daten für die Dimensionierung

Die Ansprüche der Referenzanlage geben schon einen gewissen Teil der Daten für die Dimensionierung vor. Hier sollen sie der Vollständigkeit halber zur Gänze aufgelistet werden:

- Standort: Wetterdatensatz Bratislava
- Anlagentyp: Warmwassersystem mit Schichtladevorrichtung
- Kaltwassertemperatur Februar: 8 °C
- Kaltwassertemperatur August: 12 °C
- Lastgang: Einfamilienhaus mit Abendspitze
- Betriebszeiten: Januar – Dezember
- Zusatzheizung: 17 kW Gas-Brennwertkessel

Das alternative System zur Warmwasserbereitung stellt der zusätzliche Heizkessel, ein 17 kW Gas-Brennwertkessel dar, dessen Investition in der Wirtschaftlichkeitsanalyse nicht berücksichtigt wird. Die Kesseldaten entsprechen den Standardwerten des Standard-17 kW-Gasbrennwertkessels der T*SOL-Version 4.02.

Kollektor:

Aufstellwinkel: 30 °

Azimutwinkel: 0 °

- Fall 1: Selbstbaukollektor mit Sunstrip-Absorbern (Datensatz eines Kollektors mit Tinox-Absorbern herangezogen)
- Fall 2: heliostar 300

Speicher: Bivalenter Warmwasser-Bereitschaftsspeicher 300 Liter

- durchschnittlicher Tagesverbrauch: 200 Liter²⁶
- Solltemperatur Warmwasser: 55 °C

2.2 Die Wirtschaftlichkeitsanalyse

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse soll herausgefunden werden,

²⁶ Der Speicher wird etwa so dimensioniert, dass bei Schlechtwettertagen in Folge noch Reserven vorhanden sind. Also: Warmwasserverbrauch pro Tag x 1,5 - 2

1. ob solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung im Vergleich zu anderen Warmwasserbereitstellungsmöglichkeiten (hier: Gas) in der Slowakei wirtschaftlich rentabel sind.
2. unter welchen Umständen eine solarthermische Anlage zur Warmwasserbereitung in der Slowakei wirtschaftlich rentabel ist.
3. wie hoch die dynamische Amortisationszeit für eine solarthermische Anlage zur Warmwasserbereitung ist.
4. wie hoch die solaren Wärmegestehungskosten einer solarthermischen Anlage in der Slowakei sind.
5. mit welchen Materialien die Investition in der Slowakei möglichst niedrig gehalten werden kann.
6. wer in der Slowakei eine wie hohe Zahlungsbereitschaft für Wärmebereitstellung aus Sonnenenergie hat.

Die Kosten der Anlage werden dem daraus resultierenden Nutzen gegenübergestellt. Der Nutzen wird als Zahlungsbereitschaft bezeichnet, die, monetär bewertet, neben den ökonomischen Aspekten auch von individuellem Nutzen, persönlichen Werten und Präferenzen abhängig ist. In *Abbildung 2-1* erkennt man die Verteilung der Zahlungsbereitschaft für ein bestimmtes Gut, wie beispielsweise eine thermische Solaranlage, einer bestimmten Population

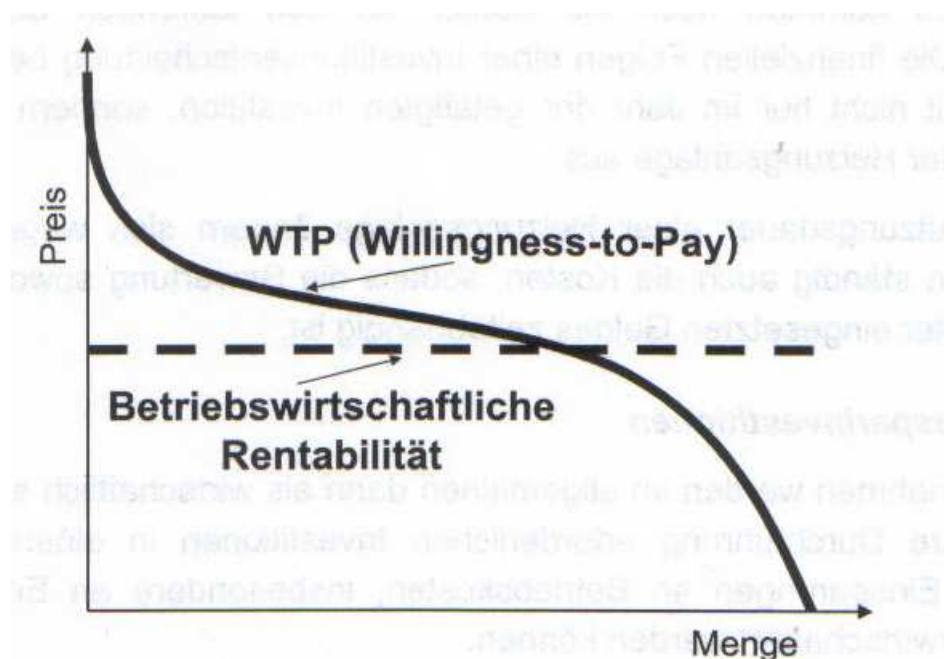


Abbildung 2-1: Verteilung der Zahlungsbereitschaft für ein Gut, wie beispielsweise einer thermischen Solaranlage, innerhalb einer bestimmten Population (Grafik: Haas et al., 2004)

Zwei Fälle werden für den Vergleich von solarthermischen Anlagenalternativen angenommen:

Fall 1

- Selbstbaubausatz für den Kollektor mit Absorber von österreichischem Anbieter mit ergänzenden Komponenten vom slowakischen Solarmarkt
- Selbstinstallation,
- Komponenten: vom slowakischen Solarmarkt

Fall 2

- Industriell gefertigter Kollektor vom slowakischen Solarmarkt
- professionelle Installation
- Komponenten: vom slowakischen Solarmarkt

2.2.1 Prinzip der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen ergibt sich allgemein daraus, indem man den Anschaffungskosten die jährlichen Energieeinsparungen als Gewinne gegenüberstellt. Die Gewinne werden durch Betriebs- und Wartungskosten geringfügig geschmälert. Für dynamische Verfahren sind außerdem der Zinssatz und die Preissteigerung zu berücksichtigen. In „Solarenergieverbreitung in Österreich“²⁷ wird darauf eingegangen, welche Verfahren der Wirtschaftlichkeitsanalyse zu aussagekräftigen Ergebnissen führen. Die Analyse, die in dieser Arbeit dokumentiert wird, wurde mittels Barwertmethode durchgeführt. Die Ergebnisse werden durch die dynamische Amortisationsdauer, sowie die solaren Kosten dargestellt, die ein hervorragendes Vergleichsinstrument zu den Kosten der kWh aus Erdgas ist.

2.2.2 Spezifika der Parameter für die Wirtschaftlichkeitsanalyse eine TSA²⁸

Die Parameter, die in die T*SOL-Berechnung einfließen und somit, nach einer Dimensionierung der thermischen Solaranlage, eine Wirtschaftlichkeitsanalyse ermöglichen, sind im Folgenden aufgelistet.

²⁷ Siehe Quellenverzeichnis: Endbericht einer Studie im Auftrag des BMWFK Mai 1995

²⁸ Handbuch T*SOL

Lebensdauer

Der vom Hersteller angegebene Zeitraum, in dem die Anlage voraussichtlich im Betrieb ist. Bei Solaranlagen werden zwischen 20 und 25 Jahren angesetzt.

Kapitalzinssatz

Der Kapitalzins ist der Zinssatz, mit dem Kapital für die Investition von einer Bank geliehen werden müsste, bzw. der Zinssatz, mit dem das eingesetzte Kapital verzinst werden könnte.

Preissteigerungsraten

Für den Barwert spielt die Entwicklung der Betriebskosten und der **Brennstoffkosten** eine wesentliche Rolle.

Investitionen

Die Investitionen können als absoluter Betrag und als spezifische Kosten in €/m² Kollektorfläche angegeben werden.

Förderung

Die Förderung kann als absoluter Betrag, als Prozentsatz der Investitionen und als spezifische Förderung in €/m² Kollektorfläche angegeben werden.

Betriebskosten

Die festen Betriebskosten der Anlage können als Betrag pro Jahr oder als Prozentsatz der Investitionen in Prozent pro Jahr angegeben werden.

Die **Betriebskosten der Pumpen** sind das Produkt aus der durch die Simulation ermittelten Laufzeit, der Pumpenleistung und den Stromkosten.

Der **spezifische Brennstoffpreis** dient dem Vergleich mit Alternativen, um zu den günstigsten Weg zu erfahren, zur erforderlichen Energiedienstleistung zu gelangen.

2.2.3 Barwertmethode

Mittels **Barwertmethode** wird die zeitliche Verteilung der Aus- und Einzahlungen bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt.

Die Einnahmen werden nicht betrachtet, da die verglichenen Varianten der Energieversorgung die gleiche Energiedienstleistung erbringen sollen. Somit ist auch die

zeitliche Verteilung des Energieangebotes gleich.²⁹ Durch das Rechnen mit spezifischen Größen wird die Energiemenge eliminiert. Daher werden nur die Ausgaben untersucht. Die Investitionskosten berechnen sich aus den Anlagekosten abzüglich der Förderung. Die jährlichen Betriebskosten berechnen sich aus dem Produkt von Pumpenleistung, Laufzeit und Stromkosten.

Der Barwert einer preisdynamischen Zahlungsfolge $Z, Z \cdot r, Z \cdot r^2 \dots$ über T Jahre, die der Lebensdauer der Anlage entsprechen, nach VDI 2067 ist:

Barwert = Zahlungsfolge * Barwertfaktor $b(T, q, r)$

$$\text{Barwertfaktor} = \frac{1 - (r/q)^T}{q-r}$$

Barwertfaktor = T/q für $r = q$

qKapitalzinsfaktor

rPreisänderungsfaktor

Der **Kapitalwert** der Investition, der durch Preis- und Zinsentwicklungen stark beeinflusst wird, besteht aus allen mit einer Investition verbundenen Einnahmen und Ausgaben,. Bei diesem dynamischen Investitionsrechnungsverfahren werden die mit der Solaranlage verbundenen Investitionen den auf den gleichen Zeitpunkt abgezinsten erwarteten Einzahlungen aus den über die Nutzungsdauer anfallenden Energieeinsparungen gegenübergestellt. Wartungs- und Betriebskosten sind zwar gering, sollten bei diesem genauen Verfahren jedoch mitberücksichtigt werden. Der positive Kapitalwert ist als der Betrag zu definieren, der zusätzlich zur Investition aus den zukünftigen Energieeinsparungen (Einzahlungsüberschüssen) zurückgezahlt und verzinst wird.

Es lässt sich mit der gleichen Berechnungsmethode auch die **dynamische Amortisationsdauer** berechnen. Das ist genau jene Periode, bei der sich ein Kapitalwert von Null ergibt. Da der Zinssatz berücksichtigt wird, ist die dynamische Amortisation gewöhnlich länger als die statische.

²⁹ Haas, Nakicenovic, 2004, p 169.

2.2.4 Amortisationszeit

Bei der Ermittlung der **Amortisationszeit** werden im einfachen Fall die Investitionskosten durch die durchschnittlichen jährlichen Gewinne dividiert. Es ergibt sich die Periode, in der die Investition durch die Einsparungen wieder ausgeglichen wird. In diesem Fall spricht man auch von der statischen Amortisationsdauer.

Die Berechnung der Amortisationszeit ist eine sehr subjektive Methode³⁰. Da sie unübersichtlich wird, wenn mehr als 2 Systeme gegenübergestellt werden, wird sie grundsätzlich nur dafür angewendet, eine erste grobe Abschätzung zu machen, ob die Anlage finanzielle Vorteile für den Anwender bringen wird. Somit wird die statische Amortisationszeitberechnung maßgebend dafür angewendet, festzustellen, wie groß das Risiko der Investition ist.³¹ Je eher Investitionskosten durch Einsparung von konventioneller Energie wieder eingebracht werden, umso größer wird der finanzielle Vorteil insgesamt sein. In einem erweiterten Verfahren kann man natürlich auch die **dynamische Amortisationsdauer** berechnen, die auf der gleichen Berechnungsmethode wie für den Kapitalwert basiert.

Die Amortisationszeit ist als der Zeitraum, den die Anlage laufen muss, um für die Investition einen Barwert von Null zu erbringen.

2.2.5 Solare Wärmekosten

Sehr gute Vergleichsmöglichkeiten liefern die **solaren Wärmekosten** mit den Kosten anderer Energieträger. Sie werden in cent/kWh angegeben. Dabei werden nur die Kosten, also Investitionskosten, sowie die laufenden Kosten, berücksichtigt und in Beziehung zum durchschnittlichen Wärmeertrag der Solaranlage während der Nutzungsdauer gestellt.

Für die Berechnung des Wärmepreises wird aus der Summe von Investitionskosten und Barwert der Betriebs- und Wartungskosten der Barwert der Kosten ermittelt.

Wenn man den Barwert der Kosten in eine konstante Zahlungsfolge (Preisänderungsfaktor ist somit 1) über die Lebensdauer umwandelt, so gilt für die Zahlungsfolge:

³⁰ Haas R., Wirtschaftliche und ökologische Optimierung des Heizens,

³¹ Skriptum Haas Energieökonomie pp 174

Zahlungsfolge = Barwert der Kosten / $b(T,q,1)^{32}$

Der solare Wärmepreis entsteht nun aus dem Verhältnis von den jährlichen Kosten der Zahlungsfolge und dem Jahresenergieertrag.

2.2.6 Erstellung der Szenarien

Es werden drei Szenarien angenommen, die aus einer geschätzten hypothetischen Zukunftsentwicklungen des Energiepreises (Erdgas) sowie drei unterschiedlichen Entwicklungsmöglichkeiten der Förderlage heraus entstehen. Es sollen die Möglichkeiten aufgezeigt werden, den Zeitpunkt der Konkurrenzfähigkeit mit fossilen Energieträgern nach vor zu verlegen, indem man die privaten Haushalte mit Fördermechanismen unterstützt, die eine Investition erleichtern sollen.

Es besteht derzeit keine Förderung von thermischen Solaranlagen für natürliche Personen in der Slowakei. Diese Situation stellt die erste Lage in Form **keiner Förderung** der Investition dar.

In den letzten Jahren gab es in der Slowakei noch eine **Umsatzsteuerbefreiung** für die Investition von thermischen Solaranlagen. Auch diese Möglichkeit der Förderung von Investitionen, die natürliche Personen tätigen, ist nun nicht mehr gegeben.

Die Fördersituation aus Österreich, sorgt und sorgte ua für ein großes Wachstum des Solarmarktes und der Kollektorfläche in Bezug auf die Einwohnerzahl. Österreich bewegt sich seit Jahren in den aller ersten Rängen ganz Europas bezüglich dieser Größe. Da die Förderung von thermischen Solaranlagen die Zuständigkeit der Länder hat, unterscheiden sich die Fördermaßnahmen geringfügig von Bundesland zu Bundesland. In der folgenden Berechnung wird mit einer nichtrückzahlbaren Investitionsförderung aller belegbaren Investitionen von 30 % gerechnet. Diese **Förderung von 30 %** stellt somit die dritte Entwicklungsmöglichkeit der Analyse bezüglich der Förderlage dar und fließt somit in die Erstellung der Szenarien ein.

Die Preisentwicklung des realen Erdgaspreises wird mit 18,3 % prognostiziert und basiert auf den jährlichen realen Energiepreissteigerungsraten (Fernwärme) der letzten 10 Jahre.

- Business as usual – ohne Förderung; mit einer jährlichen realen Erdgaspreissteigerungsrate von 18,3 %

- Verbesserte Situation – Umsatzsteuerbefreiung, mit einer jährlichen realen Erdgaspreissteigerungsrate von 18,3 %
- Verbesserte Situation – Förderung 30 % der Investitionskosten, mit einer jährlichen realen Erdgaspreissteigerungsrate von 18,3 %

3 Dokumentation der Ergebnisse

3.1 Energiepreise Slowakei

Im ersten Unterkapitel sollen die Energiepreise und die prognostizierte Energiepreisentwicklung der Slowakei aufgezeigt werden, die als Grundlage für die dynamische Amortisationsrechnung dienen. Der Kapitalwert einer Solaranlage wird, neben der Zinsentwicklung, durch die Energiepreisentwicklung des konventionell genutzten Systems (in diesem Falle Erdgas) stark beeinflusst

3.1.1 Gaspreise Vergleich Slowakei – Österreich

Für den slowakischen exemplarischen Vergleichspreis wurde der der Tarifklasse D2 herangezogen. Ein Haushalt mit einem Gasverbrauch von 201 – 1.700 m³ jährlich wird mit D2 klassifiziert.³³

Für den österreichischen Preis wurde zum passenden Vergleich die Kategorie 15.000 kWh oder 1.355 m³ herangezogen.³⁴

Die Tendenz der Gaspreisentwicklung führte in den letzten 5 Jahren zu einer Verdopplung des Gaspreises in der Slowakei. (*Tabelle 3-1*)

Tabelle 3-1: Gaspreis: Vergleich Slowakei und Österreich, Beispiel Wien für Haushalte mit einem jährlichen Gasverbrauch von 1.355 m³

Jahr	Slowakei (€cent/kWh inkl. Ust) ³⁵	Wien(€cent/kWhinkl. Ust) ³⁶
2005 – erste Jahreshälfte	2,7	5,05³⁷

³³ ECB, 2005.

³⁴ E-Control, Gaspreise Wien, 2005.

³⁵ Für 2002 – 2004 sind hier keine direkt äquivalenten Energiepreise zur Verfügung gestanden.

³⁶ In Klammer befinden sich die Preise exkl. Energieabgaben, Gebrauchsabgaben und Umsatzsteuer.

³⁷ E-Control GmbH, April 2005, Wien Gas für Verbraucher mit 15.000 kWh/a. Inklusive Energie-; Netz- und Steuerabgabe

Der Stand der ersten Jahreshälfte 2005 sind 28,64 cent€/m³ inklusive Umsatzsteuer. Das entspricht bei einem Abrechnungsbrennwert von 10,6 kWh/m³ im Normzustand einem Preis von knappen 3 cent/kWh in der Slowakei.

3.1.2 Strompreise

Es wird hier als Datenunterlage der Strompreis des westslowakischen Stromversorgers Západoslovenská energetika s.s. angeführt:

Der Tarif bei einem Verbrauch bis 1.254 kWh beträgt etwa 15 €cent/kWh inklusive Umsatzsteuer.

3.1.3 Prognostizierte Energiepreisentwicklung basierend auf den Entwicklungen der letzten 10 Jahren

Reale Preissteigerung von 1990 - 2005

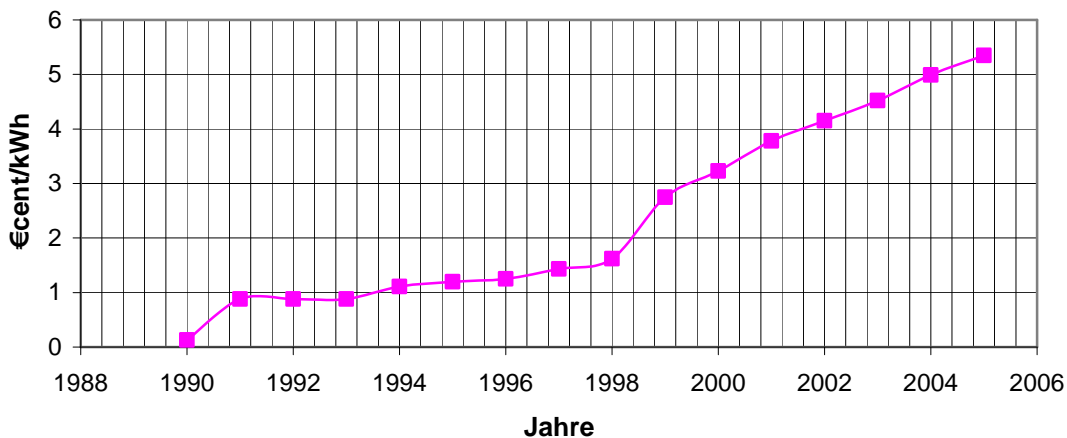


Abbildung 3-1: Reale Preisentwicklung des Fernwärmepreises in der Slowakei von 1990 bis 2005 (Statistisches Amt der slowakischen Republik, 2004)

Aus Daten des statischen Amtes der slowakischen Republik ergab sich die in *Abbildung 3-2* dargestellte realen Energiepreisentwicklung zur Heizenergieversorgung mittels Fernwärme,

die zu einem großen Teil durch Erdgas bereitgestellt wird³⁸. Wie man in *Abbildung 3-3* gut erkennen kann, gab es in den Jahren 1993, 1998 und 2002 starke Erhöhungen des Preises. Im Jahr 2002 erfolgte, gleichzeitig mit anderen Preiserhöhungen, alleine von staatlicher Seite eine Preiserhöhung um 35 %. In den Jahren davor waren sie besonders auf intensive Investitionsschübe im Westen der Slowakei zurückzuführen.

Energiepreissteigerungsrate Fernwärme, Slowakei, von 1991 - 2004

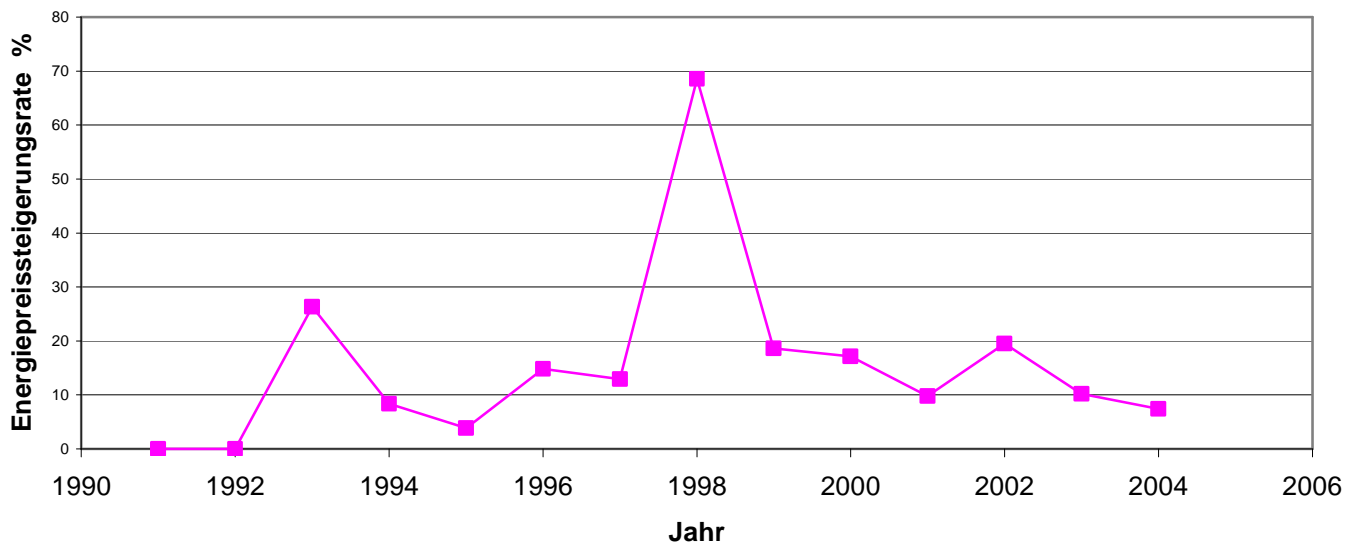


Abbildung 3-2: Darstellung der realen Energiepreissteigerungsraten in der Slowakei von 1991 – 2004 in der Slowakei (Statistisches Amt der slowakischen Republik, 2004)

Es fanden sich keine Aufzeichnungen zur Preisentwicklung des Erdgases in der Slowakei der letzten 10 Jahre. Vergleichsweise befinden sich in *Abbildung 3-4* die realen Erdgaspreise der Konsumentenklasse D3 (1.700 – 6.500 m³ jährlich)³⁹. Die durchschnittliche jährliche Preissteigerungsrate betrug hier etwa 25 %. In diesem Sommer erfolgte ebenfalls eine Preiserhöhung von (allgemein) 22 %, die durch den Gasmonopol der Slowakei verursacht und vom RONI (Regulatory Office Network Industry) abgesegnet wurde. Die Marke 3 cent/kWh wurde somit auch überschritten.

³⁸ Es fanden sich keine Aufzeichnungen zur Erdgaspreisentwicklung für die letzten 10 Jahre.

³⁹ Slovenský plynárenský priemysel (SPP) a.s. Joint Stock Company SPP, 2005

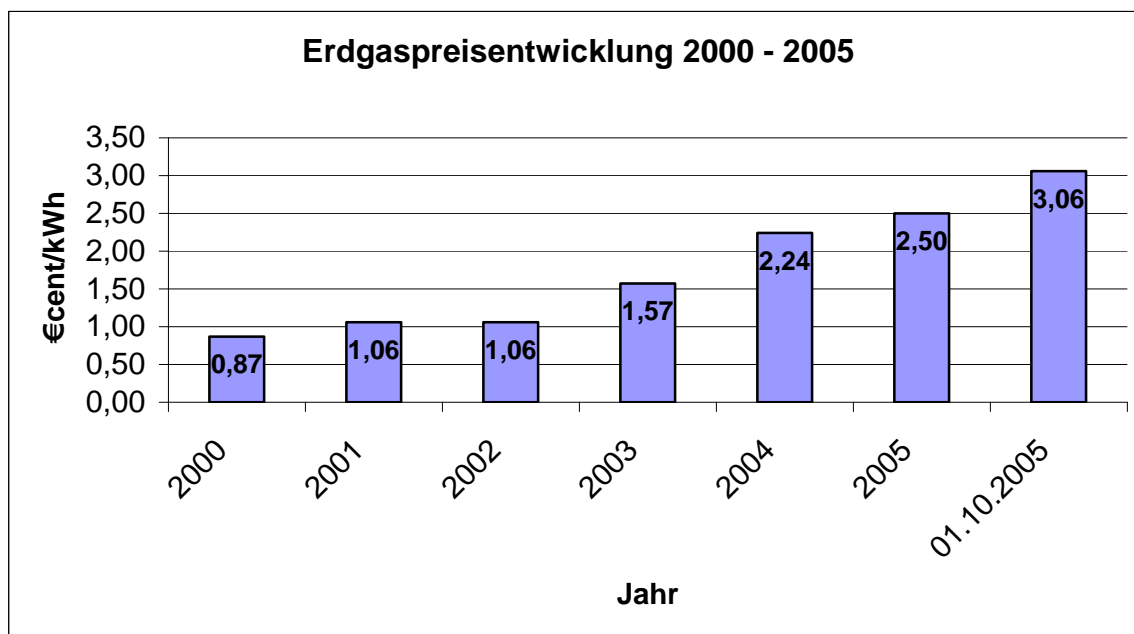


Abbildung 3-3: Reale Preise Erdgas in der Slowakei von 2000 – 2005, Klasse D3 (Für Haushalte mit jährlichem Verbrauch von 1.700 – 6.500 m³) (Slovenský plynárenský priemysel (SPP) a.s. Joint Stock Company SPP, 2005)

3.2 Anlagenpreise in Österreich

Die Preise für Flachkollektoren variieren in Österreich natürlich. Jedoch wird im Rahmen von unterschiedlichen Projekten und Entwürfen von Informationsbroschüren immer wieder versucht, einen Standardpreis für eine solarthermische Anlage zur Warmwasserbereitung eines 4-Personen Haushaltes in Österreich festzulegen, an dem sich die Konsumenten orientieren können. Die beispielhaften Zahlen, die repräsentativ für die vorherrschenden Preise am österreichischen Solarmarkt sein sollen stammen aus einem Folder-Entwurf des österreichweiten Solarwärmeprojektes klima:aktiv sowie einer tabellarischen Auflistung (Tabelle 3-2) von Investitionskosten diverser Anlagentypen von Neubarth J. und Kaltschmitt M.⁴⁰:

Tabelle 3-2: Investitionskosten einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung (Kollektoren: indach, selektiv) mit 9 m² Kollektorfläche in Österreich, Preise in €

9 m ²	exkl (€)	inkl (€)			
Kollektor	2.700,00	3.240,00	m ² -Preis	300	360
Komponenten	1.300,00	1.560,00			

⁴⁰ Neubarth J, Kaltschmitt M. (hrsg.), 2000, p 120.

Installation	1.000,00	1.200,00
Summe	5.000,00	6.000,00

Im Bundesdurchschnitt von Österreich kann man mit 25 % Landesförderung für Investitionskosten einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung rechnen. In einer Großzahl von österreichischen Gemeinden gibt es noch eine zusätzliche Förderung, die hier mit weiteren 10 % angenommen wird. (Tabelle 4-3)

Tabelle 3-3: Investitionskosten einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung (Kollektoren: indach, selektiv) mit 6 m² Kollektorfläche in Österreich abzüglich in Österreich üblicher Förderungen

Anlagenpreis ohne Förderung	6.000 €
Abzug Förderung Landesebene 25 %	1.500 €
Abzug Förderung Gemeindeebene 10 %	600 €
Anlagenpreis abzüglich Förderungen	3.900 €

3.3 Kollektorpreis, Anlagenpreis Slowakei

Die Abnahme von größeren Mengen, in Form einer Einkaufsgemeinschaft, verschafft Preisvorteile, mit denen, im Fall der Investition in die Selbstbauanlage, in späterer Folge gerechnet wird.

3.3.1 Kollektorpreis, Anlagenpreis Selbstbau

Beim Selbstbau in der Baugruppe werden jedoch größere Mengen von den Händlern bezogen, wodurch die Konsumenten durch Mengenrabatt zu vergünstigten Einkaufspreisen gelangen. Von dem österreichischen Händler wird für den Absorber wie auch für den ganzen Bausatz ab einer Abnahme von 100 m² im Rahmen einer Einkaufsgemeinschaft ein Mengenrabatt von 25 % gewährt.

Für die weiteren Komponenten, die vom slowakischen Markt bezogen werden sollen, wird ebenfalls ein Mengenrabatt angenommen. Er wurde mit 20 % festgesetzt.

6,5 m ² Selbstbauanlage	Exkl. Ust (Euro)	Inkl. Ust (Euro)
Kollektor	621	744
Komponenten – 20 %	676	855
Installation	0	0
Summe	1.297	1.549

m ² -Preis Kollektor	96	114
---------------------------------	----	-----

3.3.2 Preise industriell gefertigter Kollektor in der Slowakei

Die Komponenten der Solaranlage, die neben dem Kollektor benötigt werden, setzen sich im Groben zusammen aus Speicher, Pumpe, Steuerung, Kupferrohren und werden hier preislich mit den Komponenten der Selbstbauanlage gleichgestellt.

6 m² Kollektorfläche, 300 Liter Boiler, 4-Personen Haushalt

6 m ²	Exkl. Ust (Euro)	Inkl. Ust (Euro)
Kollektor	980	1.166
Komponenten	783	932
Installation	513	610
Summe	2.276	2.707
m ² -Preis Kollektor	164	195

3.4 Dimensionierung

Eine weitere Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeitsanalyse stellt die Dimensionierung der Anlagengrößen nach dem Energiebedarf für das Referenzobjekt dar. Die Dimensionierung dient der Wirtschaftlichkeitsanalyse als Grundlage. In die Dimensionierung mittels Dimensionierungsprogramm T.SOL gehen die Grunddaten und Voraussetzungen des Referenzobjektes, sowie der Energiebedarf ein. Die Annahme einer konkreten Anlagengröße basiert auf Erfahrungswerten, die bei der ermittelten Anlagengröße den optimalen solaren Ertrag ergeben soll. Die zwei verglichenen Fälle sollen den gewünschten Erfordernissen, wie einem sommerlichen bzw. ganzjährigem solaren Deckungsgrad, gerecht werden.

3.4.1 Das Referenzobjekt und seine Anforderungen

Das standardisierte Referenzobjekt für die Berechnung erfüllt die folgenden Voraussetzungen:

- Ein durchschnittliches Einfamilienhaus in der Region Bratislava

- Globalstrahlung: 1.213,75 kWh/m² a
- Breitengrad: 48,12 °; Längengrad: -17,1 °
- Kaltwassertemperaturen: Februar: 8 °C, August: 12 °C
- Dachorientierung: Süden (optimal)
- Dachneigung: 30 °
- Verschattung: keine
- Heizung: 17 kW Gas-Brennwertkessel

Die Nutzeransprüche für Warmwasser sind:

- Warmwasserbedarf von 4: 200 Liter täglich
- Warmwassersolltemperatur 55 °C⁴¹
- Solarer Deckungsgrad ganzjährig: mindestens 60 %
- Solarer Deckungsgrad Sommer mindestens 90 %

Dimensionierung der Anlage:

- 6 – 6,5 m² – Kollektorfläche
- 300 Liter Warmwasser-Bereitschaftsspeicher
- Solarkreislaufpumpe: 45 W

3.4.2 Energiebedarf

Der Energiebedarf zur Warmwassererzeugung wird mit jährlich 3.820 kWh⁴² angenommen. Davon werden im Fall 1 des Selbstbaus etwa 2.721 kWh durch das Solarsystem zur Verfügung gestellt. Im Fall 2 des industriell gefertigten Systems kam man auf einen simulierten Wert von 2.557 kWh.

Laut den Zahlen der Studie von ECB „Energy Efficiency and Renewable Energy Policy 2002 – 2012“⁴³ verbrauchen etwa 870.000 Haushalte, das entspricht der Zahl der Haushalte in

⁴¹ Sicherheit vor Legionärskrankheit

⁴² Diese Simulation basiert auf der Annahme, dass ein Haushalt mit 4 Personen etwa 200 Liter Warmwasser am Tag benötigt. Bei einem durchschnittlichen Wasserverbrauch wird angenommen, dass eine Person täglich etwa 50 Liter Warmwasser nutzt.

⁴³ ECB, Energy Efficiency..., 2002, p 15 f.

Ein- und Zweifamilienhäusern in der Slowakei, 60.063⁴⁴ TJ jährlich, um Wärme zum Heizen und Warmwasser bereitzustellen. Bei der Annahme, dass der Anteil zur Warmwasserbereitung 20 % beträgt, würden jährlich, pro slowakischem Haushalt im Ein- oder Zweifamilienhaus, etwa 14.000 MJ für die Bereitstellung desselbigen benötigt werden. (3.892 kWh pro Jahr)

3.5 Wirtschaftlichkeitsanalyse

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse soll nun in Folge der Ermittlung des Energiebedarfs für das Referenzobjekt sowie der Dimensionierung der benötigten Anlagengröße, mit Hilfe der Barwertmethode, die **dynamische Amortisationszeit** sowie die **solaren Wärmekosten** für die zwei Anlagentypen, mit unterschiedlichen gesetzlichen Rahmenbedingungen und, speziell für die Amortisationszeit, unterschiedlichen Energiepreiserhöhungsraten ermittelt werden. Als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsanalyse dient die Dimensionierung aus Kapitel *Dimensionierung*. Das methodische Vorgehen in der Wirtschaftlichkeitsanalyse wird im Kapitel *Die Wirtschaftlichkeitsanalyse* erläutert.

Schlussendlich werden die Investitionskosten für die zwei Anlagentypen in der Slowakei mit Investitionskosten in Österreich für ähnliche Anlagentypen verglichen.

3.5.1 Die Anlagentypen

Fall 1

- Selbstbaubausatz für den Kollektor mit Absorber von österreichischem Anbieter mit ergänzenden Komponenten vom slowakischen Solarmarkt,
- Selbstinstallation,
- Komponenten: vom slowakischen Solarmarkt

Als Absorber wird der schon zuvor vorgestellte „Sunstrip“ eingesetzt. Der Streifenabsorber wird vorgefertigt von einem österreichischen Händler angeboten. Der österreichische Händler bietet ab einem Bezug von 100 m² Absorberfläche einen Mengenrabatt von 25 % an. Die weiteren Kollektorkomponenten wie Sicherheitsglas, Holzrahmen, OSB-Platte und Dämmplatte werden vom slowakischen Markt

⁴⁴ orientiert am Verbrauch im Jahr 2000

Fall 2

- Industriell gefertigter Kollektor vom slowakischen Solarmarkt
- Professionelle Installation
- Komponenten: vom slowakischen Solarmarkt

Der Preis des industriell gefertigten Kollektors ist von der aktuellen Liste des slowakischen Herstellers Thermosolar. Die Preise für die weiteren Komponenten entsprechen den Werten von Fall 1. Speicher, Pumpe, Steuerung, Kupferrohre und Frostschutzmittel können am slowakischen Markt erworben werden. Im Fall 2 werden die Materialien individuell, also nicht nach dem Gemeinschaftseinkaufsprinzip der „Einkaufsgruppen“, bezogen.

Für die Installation einer thermischen Solaranlage durch einen Installateur wird ein realer Preis von 513 € angenommen.

3.5.2 Daten für die Wirtschaftlichkeitsanalyse

Um die dynamische Amortisationszeit und die solaren Wärmekosten mittels der Barwertmethode ermitteln zu können, benötigt es der schon im Kapitel *Die Wirtschaftlichkeitsanalyse* erwähnten Parameter. Dort wird auf die Bedeutung der einzelnen Parameter eingegangen.

Lebensdauer: Bei Solaranlagen werden zwischen 20 und 25 Jahren Lebensdauer angesetzt. In der Praxis weisen thermische Solaranlagen oft eine Lebensdauer von über 25 Jahren auf. Aus diesem Grund ergab sich eine Entscheidung zu einer **Lebensdauer von 25 Jahren**.

Kapitalzins: Laut Energie Center Bratislava lag im Mai 2005 der höchste **reale Kapitalzinssatz bei 6 %**. Dieser Zinssatz wurde in die Berechnung übernommen.

Spezifischer Brennstoffpreis: Der spezifische Brennstoffpreis, der in die Wirtschaftlichkeitsanalyse eingeht, beträgt im Jahr 2005 knapp 3 cent/kWh⁴⁵. Darüber hinaus wird eine jährliche reale Preissteigerung von 18,3 % unterstellt. Siehe im Kapitel weiter oben die *Preissteigerung des Gaspreises*.

Investition:

In diesen 3 verschiedenen Szenarien wird mit

⁴⁵ Bei einem Abrechnungsbrennwert von 10,6 kWh/m³

- a) **keiner Förderung**
- b) **einer Umsatzsteuerbefreiung (19 % von 119 %) bzw.**
- c) **einer Förderung von 30 %** der belegten Investitionskosten (inklusive Umsatzsteuer) modelliert.

3.5.3 Resultate Wirtschaftlichkeitsanalyse

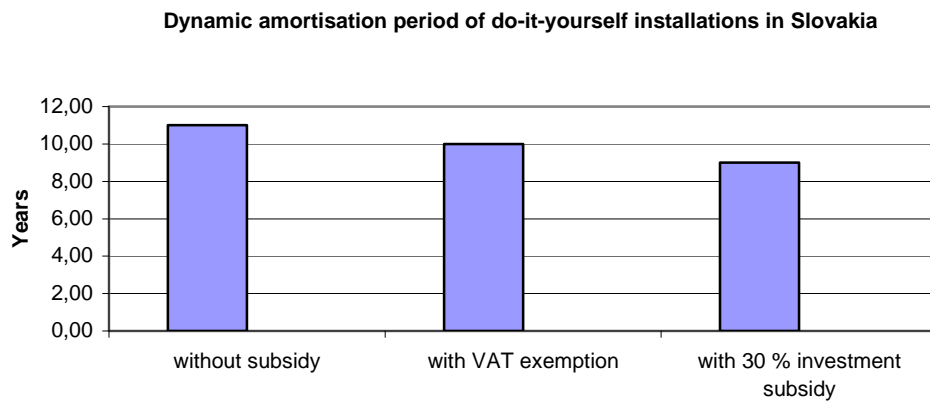


Abbildung 3-4 Dynamische Amortisationszeit für Selbstbau Anlagen für drei Szenarien

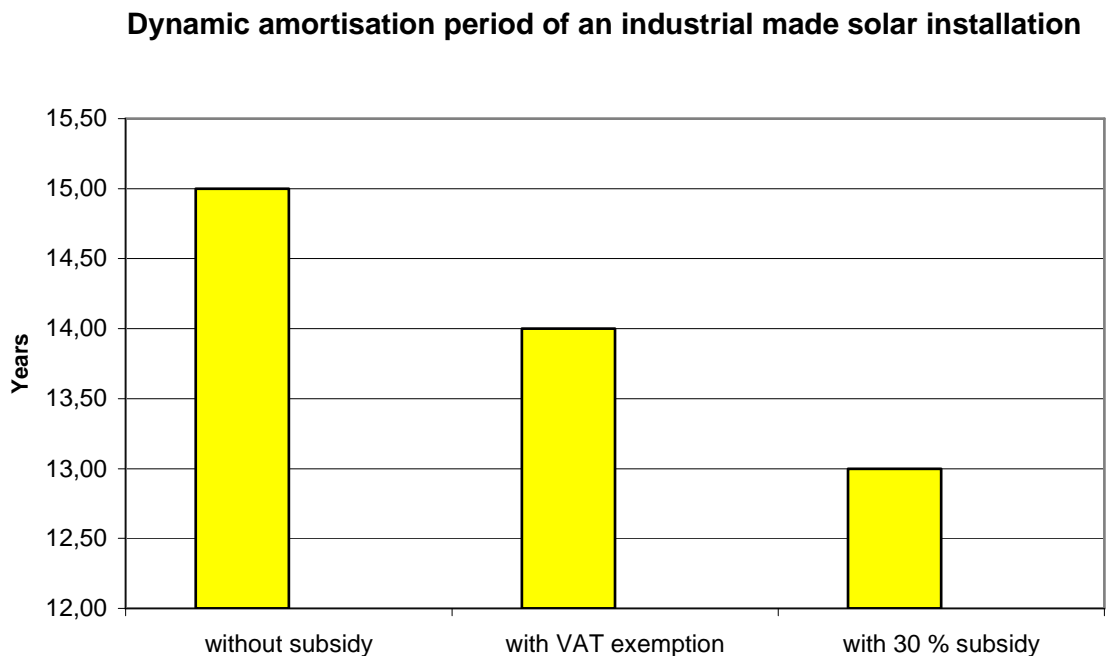


Abbildung 3-5 Dynamische Amortisationszeit für industriell gefertigte thermische Solaranlagen für drei Szenarien

Solarthermal costs in comparison to the gas price in Slovakia

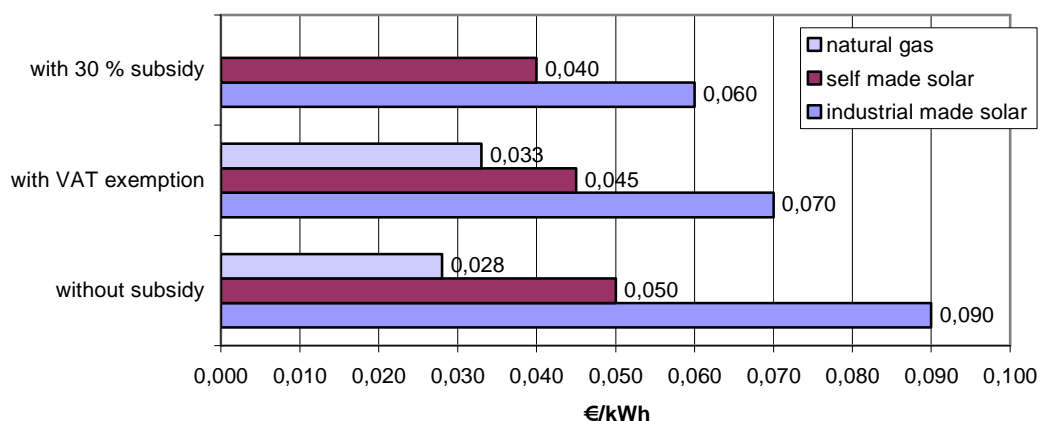


Abbildung 3-6: Solare Kosten im Vergleich zum Erdgaspreis in der Slowakei, für drei verschiedene Szenarien

Comparison of the investment costs for a do-it-yourself installation and an industrial made installation

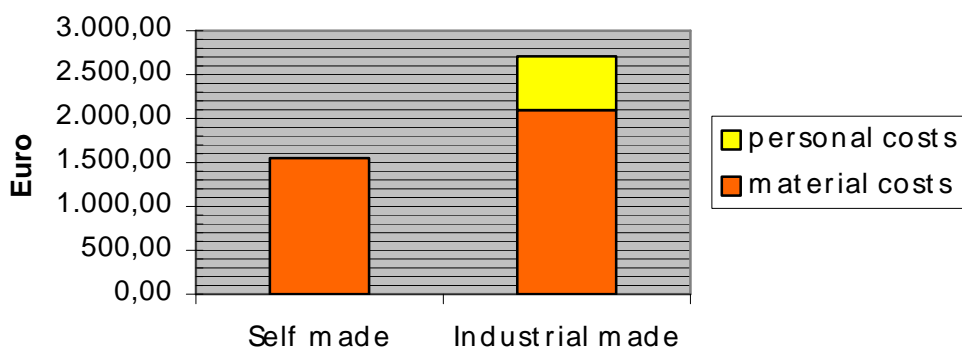


Abbildung 3-7: Vergleich der Investitionskosten für die zwei Anlagentypen, beim Selbstbau sind keine Installationskosten vorgesehen.

Comparison of the investment costs for solar thermal installations in Slovakia and Austria

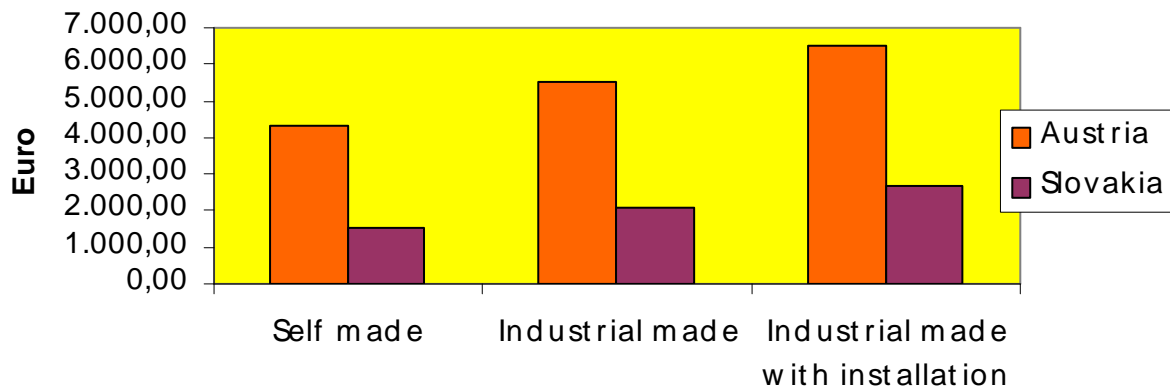


Abbildung 3-8: Vergleich der Investitionskosten einer thermischen Solaranlage für Österreich und Slowakei

3.6 Haushaltseinkommen

3.6.1 Definition Haushaltseinkommen

Das **Äquivalenzeinkommen** – „gewichtetes Pro-Kopf-Einkommen“ – eines Haushalts wird berechnet, um verschieden große und unterschiedlich zusammengesetzte Haushalte miteinander vergleichen zu können. Die Personen im Haushalt werden mit Hilfe einer Äquivalenzskala gewichtet. Die EU-Skala gewichtet die erste Person im Haushalt mit 1,0 und jede weitere Person mit 0,5. Kinder unter 14 Jahren werden mit 0,3 gewichtet.

Um das **Nettohaushaltseinkommen** zu ermitteln, werden zunächst die Netto-Personeneinkommen auf Jahresebene ermittelt. Dabei wurde für jede im Haushalt lebende Person ein Jahreseinkommen ermittelt, das sich aus den oben aufgezählten Komponenten zusammensetzt (ausgenommen Familienbeihilfe/Kinderabsetzbetrag). Des Weiteren wurde auf Haushaltsebene das Einkommen aus Familienbeihilfe/Kinderabsetzbetrag errechnet. Zusätzlich wurden Entnahmen und Sachleistungen (zB privat genutzter Firmen-PKW) sowie 60 % des fiktiven Mietwerts in Eigentümerwohnungen und mietfreien Objekten einbezogen. Das Netto-Haushaltseinkommen setzt sich also zusammen aus der Summe der Netto-

Personeneinkommen aller Personen des Haushalts, der Familienbeihilfe/Kinderabsetzbetrag je Haushalt, Entnahmen und den fiktiven Mieten.⁴⁶

3.6.2 Haushaltseinkommen in Slowakei, Energieausgaben in Relation zum Haushaltseinkommen

Jahre	Steigerung des jährlichen Haushaltseinkommens im Vergleich zu dem Jahr davor (%)
2000	9,05
2001	11,65
2002	5,1
2003	5,67

Expenditures for energy in Slovakia per household in relation to the household income

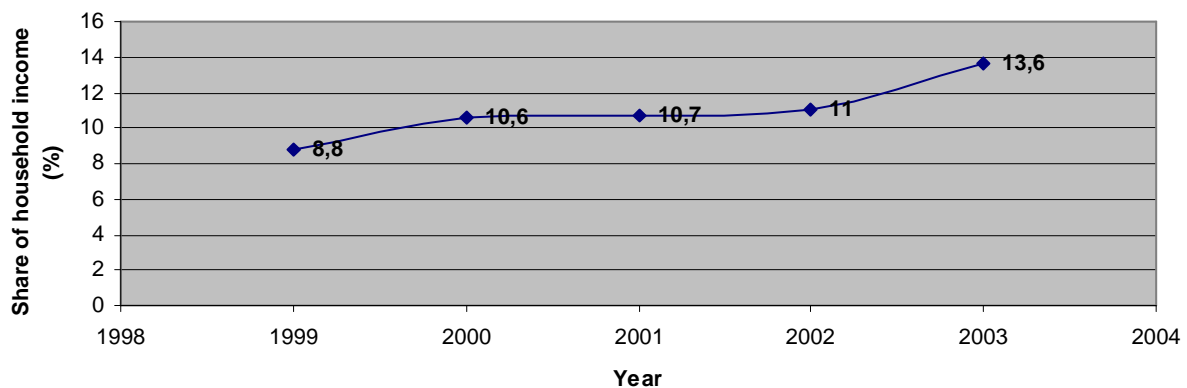


Abbildung 3-9: Entwicklung des durchschnittlichen jährlichen slowakischen Haushaltseinkommens von 1999 – 2003

Ländervergleich	Energieausgaben im Vergleich zum Haushaltseinkommen
Slovak Republic	13,5 %
Czech Republic	13 %

⁴⁶ Statistik Austria, Huber-Bachmann 6.2.2001

Austria	3 %
EU-15	4 %

Expenditures for energy in Slovakia per household in relation to the household income

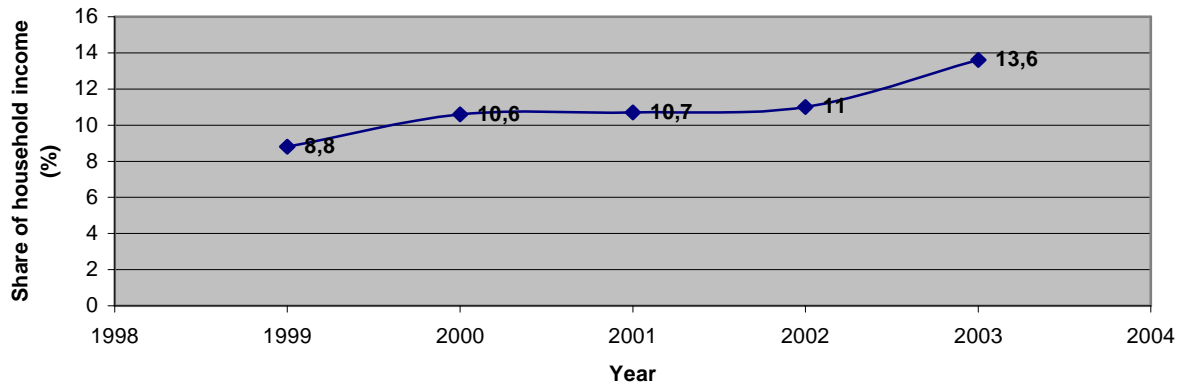


Abbildung 3-10: Energieausgaben in Slowakei in Relation zum jährlichen Haushaltseinkommen, Entwicklung von 1999 – 2003

Expenditures for energy in relation to the household income for different social groups



Abbildung 3-11: Energieausgaben unterschiedlicher sozialer Gruppen in Slowakei in Relation zum jährlichen Haushaltseinkommen von 1999 – 2003

Expenditures for energy in relation to the net household income from 1999 - 2003

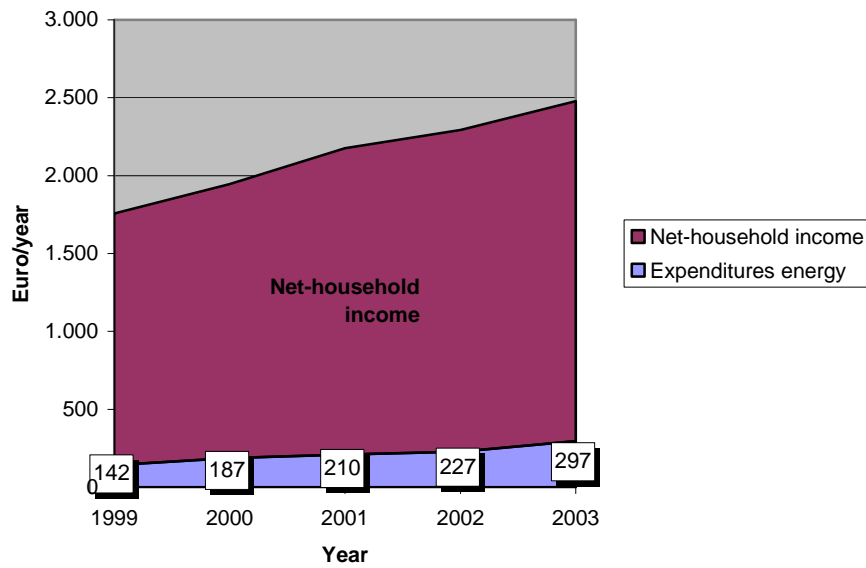


Abbildung 3-12: Jährliche Energieausgaben in Relation zum jährlichen Haushaltseinkommen, Entwicklung Slowakei 1999 – 2003

3.6.3 Zahlungsbereitschaft

Willingness to pay for a do-it-yourself solarthermal installation in Slovakia

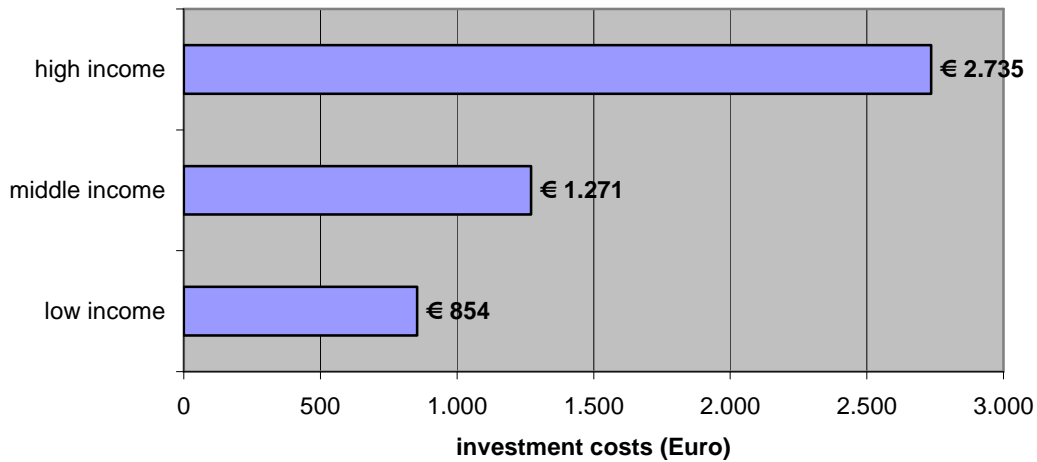


Abbildung 3-13 Schätzungen aus den Experteninterviews, antwortend auf die Frage, wie hoch die Zahlungsbereitschaft von Haushalten niedrigen, mittleren bzw. hohen Einkommens für eine selbstgebaute thermische Solaranlage wäre.

3.7 Szenarien

3.7.1 BAU – ohne Förderung

In diesem ersten Szenario wird davon ausgegangen, dass sich die Fördersituation für solarthermische Anlagen in der Slowakei nicht ändert. Die reale jährliche Erdgaspreissteigerung wird mit geschätzten 18,3 % für die nächsten 10 Jahre angenommen.

Investment costs in comparison to the willingness to pay - without subsidy

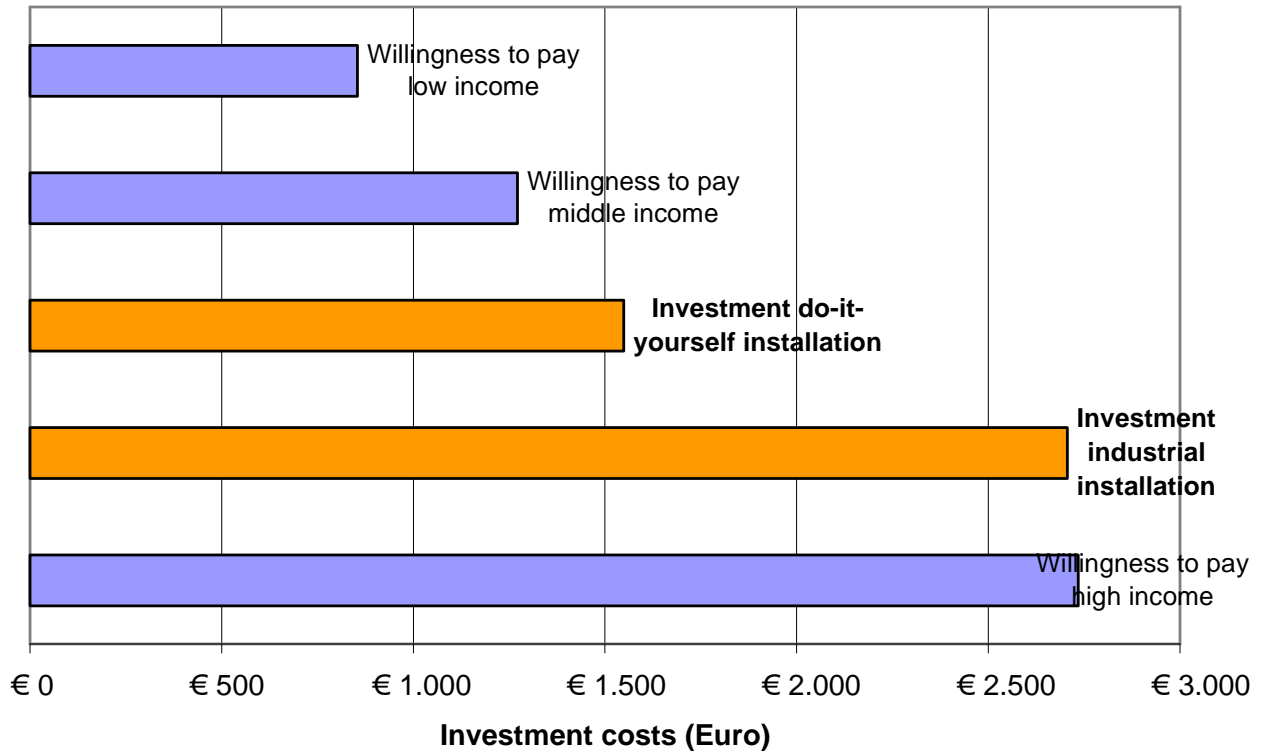


Abbildung 3-14: Investitionskosten im Vergleich zur Zahlungsbereitschaft – BAU

Solar costs compared with natural gas

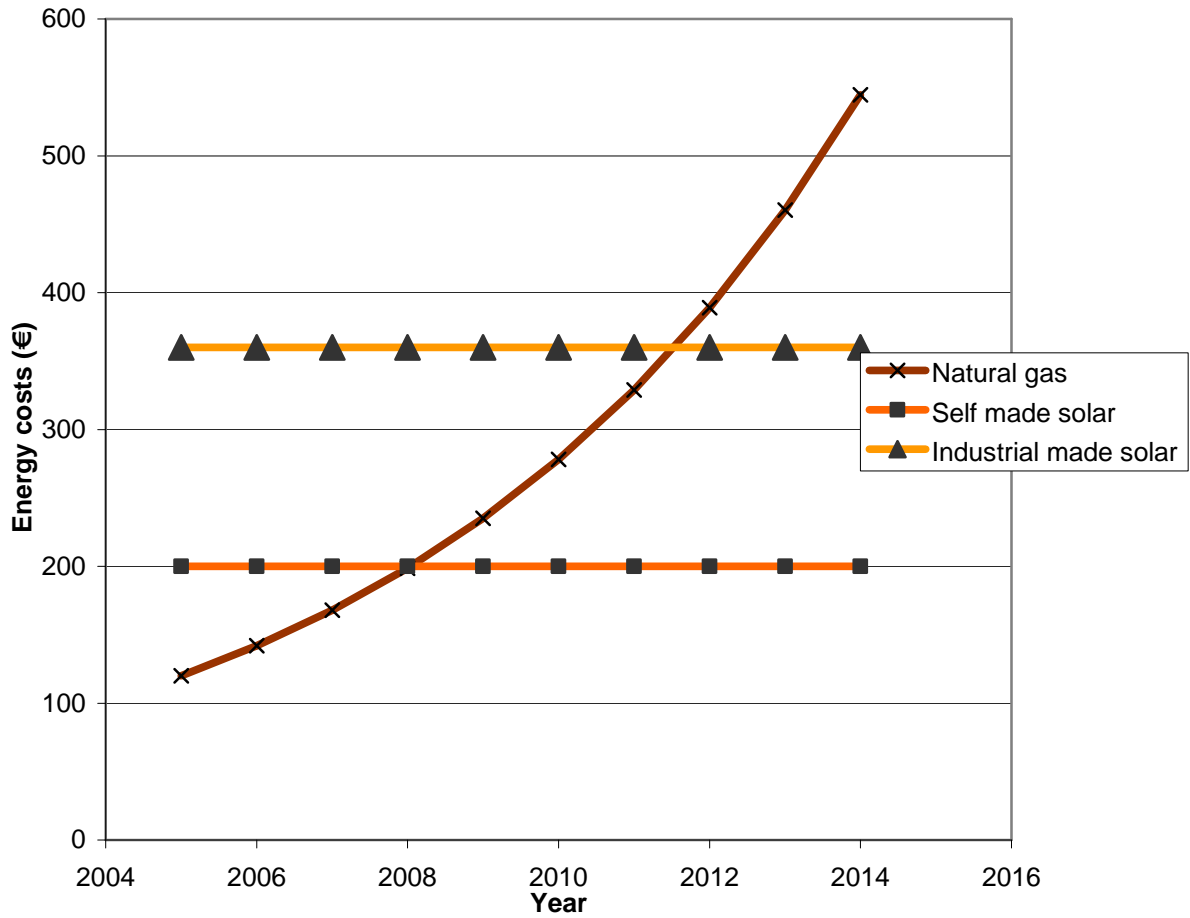


Abbildung 3-15: Solare Kosten im Vergleich zum Erdgaspreis bei einer geschätzten Energiepreissteigerungsrate von 18,3 % jährlich - BAU

Unter einer realen Energiepreissteigerung von 18,3 % jährlich wird im BAU Szenario die Bereitstellung des Warmwassers durch eine selbstgebaute TSA im Jahr 2008 wirtschaftlich rentabel. Für eine industriell gefertigte Anlage wird dieser Zustand nach Berechnungen erst drei Jahre später eintreffen.

3.7.2 Leicht verbessertes Szenario – Befreiung von der Umsatzsteuer

Investment costs in comparison to the willingness to pay - with VAT exemption

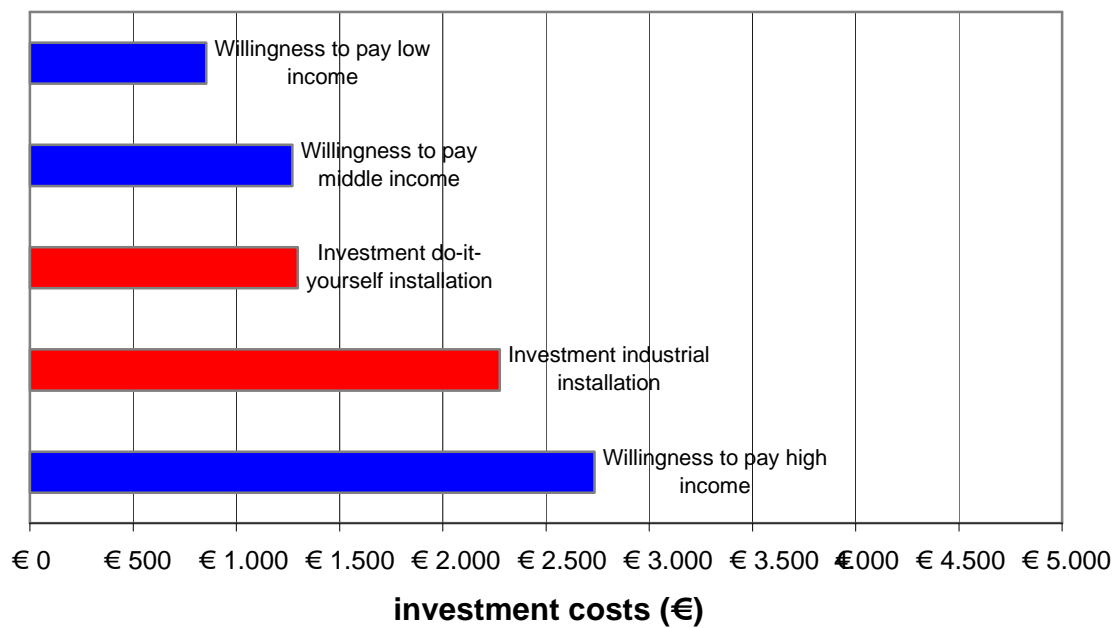


Abbildung 3-16: Investitionskosten im Vergleich zur Zahlungsbereitschaft – Umsatzsteuerbefreiung

Comparison solar costs to gas price - 18,3 % EPI - with VAT exemption

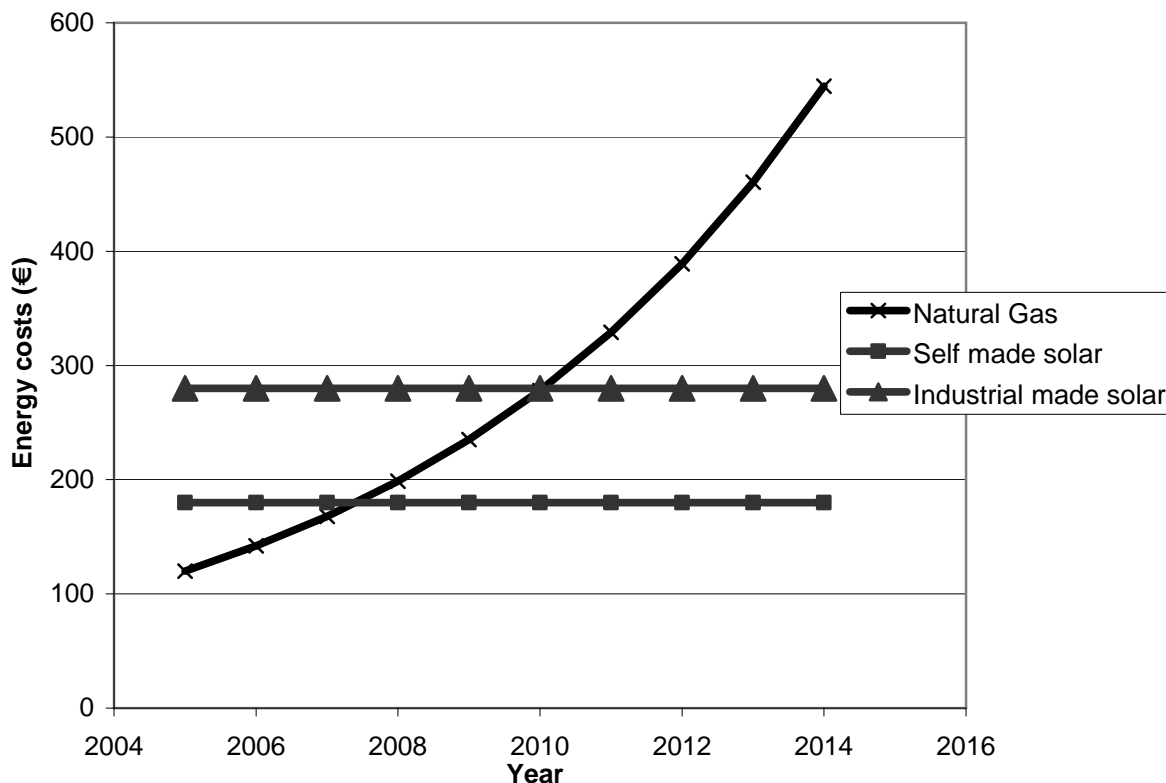


Abbildung 3-17: Solare Kosten im Vergleich zum Erdgaspreis bei einer geschätzten Energiepreissteigerungsrate von 18,3 % jährlich – Umsatzsteuerbefreiung

Unter einer realen Energiepreissteigerung von 18,3 % jährlich wird im leicht verbesserten Szenario die Bereitstellung des Warmwassers durch eine selbstgebaute TSA im Jahr 2007 wirtschaftlich rentabel. Für eine industriell gefertigte Anlage wird dieser Zustand nach Berechnungen erst drei Jahre später eintreffen.

3.7.3 Verbessertes Szenario – 30 % Investitionsförderung

Investment costs in comparison to willingness to pay - with
30 % investment subsidy

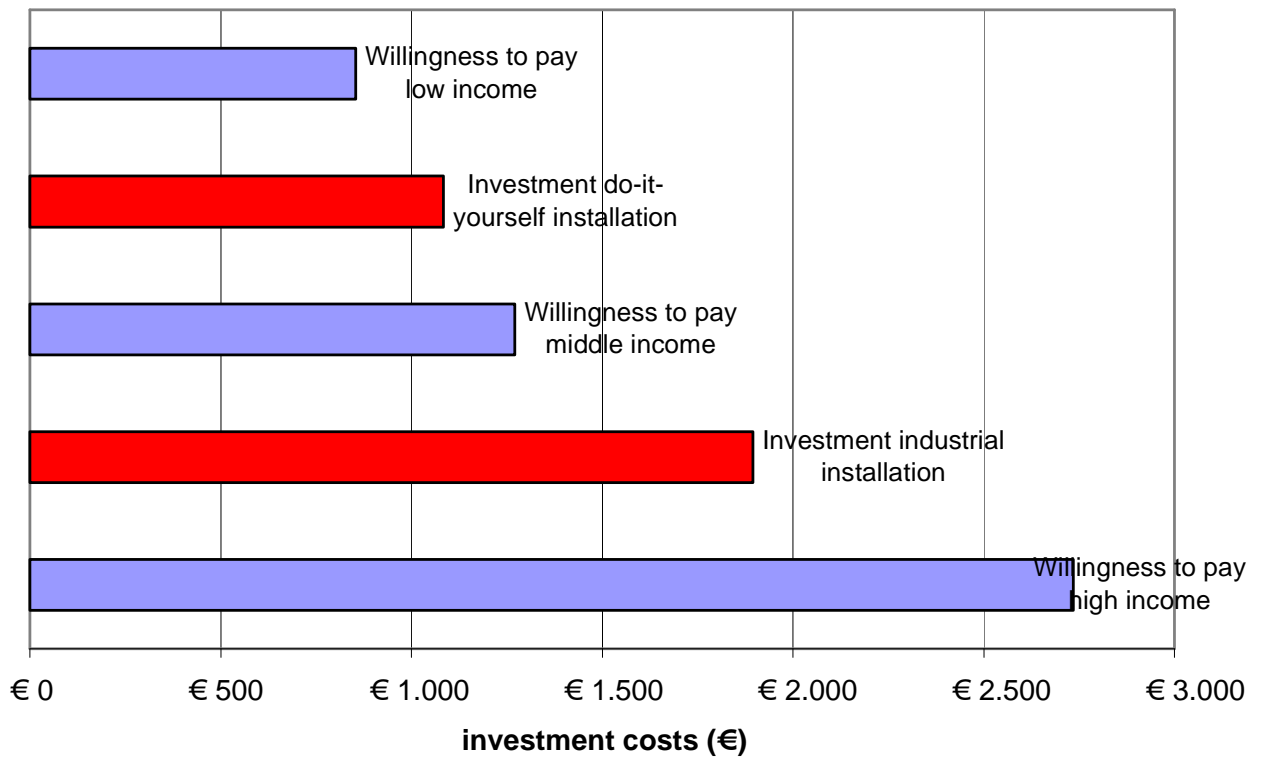


Abbildung 3-18: Investitionskosten im Vergleich zur Zahlungsbereitschaft – 30 %
Investitionsförderung

Solare Wärmekosten im Vergleich zu Kosten mit Erdgas

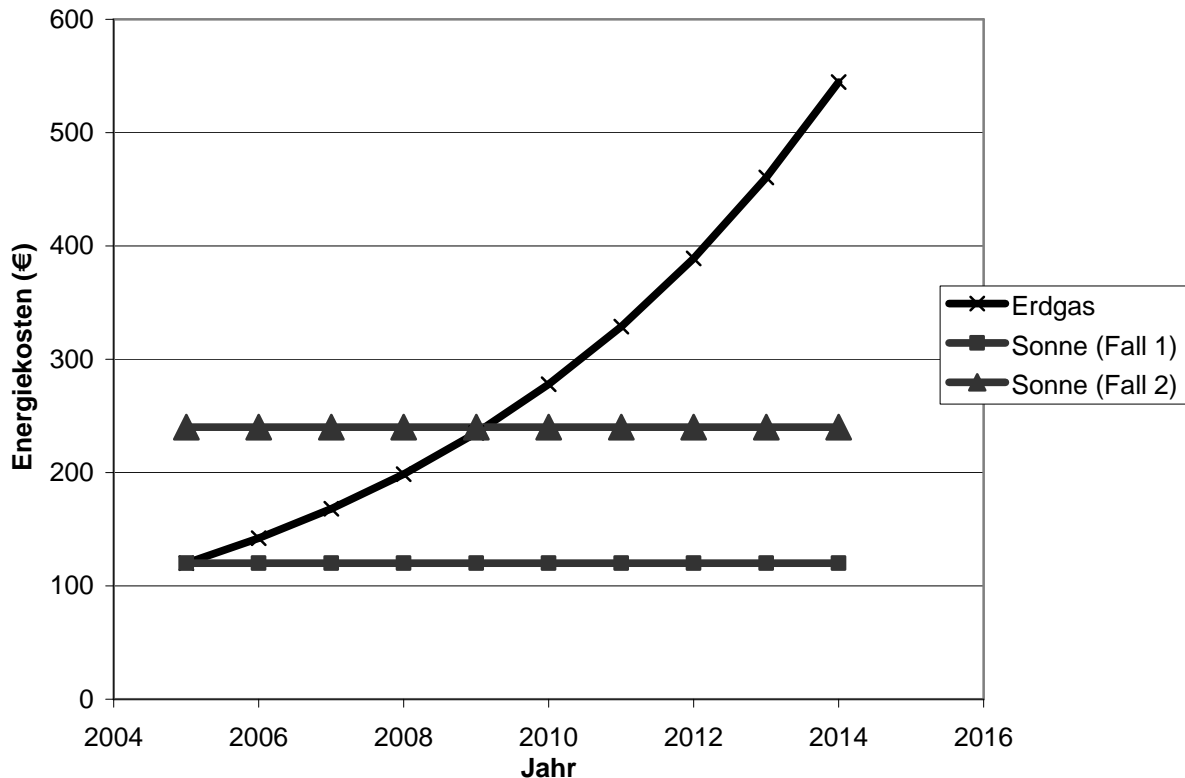


Abbildung 3-19: Solare Kosten im Vergleich zum Erdgaspreis bei einer geschätzten Energiepreissteigerungsrate von 18,3 % jährlich – 30 % Investitionsförderung

Mit Hilfe einer hypothetischen Investitionsförderung von 30 % wäre die Bereitstellung des Warmwassers durch eine selbstgebaute TSA schon heute wirtschaftlich rentabel. Für eine industriell gefertigte Anlage wird dieser Zustand unter einer realen Energiepreissteigerung von 18,3 % jährlich erst im Jahr 2009 eintreffen.

3.8 Strategien zur verstärkten Implementierung solarthermischer Anlagen in der Slowakei

Auf unterschiedlichen Ebenen kann der Weg in eine „solare“ Zukunft, die durch vermehrte Implementierung solarthermischer Anlagen charakterisiert wird, eingeschlagen werden. Einerseits direkt über den slowakischen Gesetzgeber, in dem der Einsatz erneuerbarer Energietechnologien auch für private Haushalte gefördert wird. Oder aber auch durch eine NGO, die – mit oder ohne Regierungszusammenarbeit -, gefördert durch die EU, eine nationale Informations- und Imagekampagne für die solarthermische Nutzung in die Wege

leitet. Andererseits ist, ob nach österreichischem Vorbild oder auf eine neu organisierte Weise, der Selbstbau von Solaranlagen in jedem Fall ein Wegbereiter für zukünftige Entwicklungen im Sektor der erneuerbaren Energien.

3.8.1 Politische Aktivität

Bisher hat sich das Umweltministerium grundsätzlich für die Förderung von Solaranlagen in Haushalten ausgesprochen, sich jedoch durch das Wirtschaftsministerium zurückhalten lassen. Zum Zeitpunkt des Abschlusses dieser Arbeit gab es noch keinen neuen Wirtschaftsminister bzw. der ehemalige Wirtschaftsminister übt sein Amt nicht mehr aus. Änderungen in diesem Bereich sind daher möglich.

Vorzuschlagen wäre eine Befreiung von der Umsatzsteuer (19 %) für die Investition in eine Solaranlage, oder gar eine nicht rückzahlbare Investitionsförderung von 30 %, wie sie beispielsweise in Tschechien oder manchen Bundesländern Österreichs erfolgreich umgesetzt wird.

Eine Umsatzsteuerbefreiung würde beispielsweise bewirken, dass die Zahlungsbereitschaft von Haushalten mittleren Einkommens für eine Selbstbauanlage, entsprechend Expertenschätzungen, nahezu erreicht werden kann.

3.8.2 Informationskampagne

Das Energie Center Bratislava hat ein Projekt gestartet, das die slowakische Bevölkerung über diverse Medien und populäre Fachliteratur umfassend über die Anwendung solarthermischer Anlagen informieren soll. Diese Tätigkeit wird zum Teil finanziell aus EU-Fördermitteln unterstützt.

3.8.3 Der Selbstbau als Wegbereiter

Ein gewisses Potential für den Selbstbau in der Slowakei ist auf jeden Fall gegeben. Selbstbaugruppen kann man nur starten, wenn schon ein Maß an Interesse und Wissen besteht.

Zur Zielgruppe zählen in erster Linie alle Einfamilienhausbesitzer, das sind immerhin 50 % aller slowakischen Haushalte. Pensionisten haben derzeit in der Slowakei etwa 20 % Energieausgaben bezogen auf deren Haushaltseinkommen. In Österreich sind die über 65jährigen besonders an Umweltschutz interessiert. Zieht man hier eine Analogie zur

slowakischen Bevölkerung, dann findet sich diese Bevölkerungsgruppe wohl als geeignete Zielgruppe für den Selbstbau solarthermischer Anlagen wieder.

Neben der Umweltfreundlichkeit zählen noch weitere Aspekte, die zu einer Solaranlage bewegen könne. Da in der Slowakei die Wichtigkeit dieses Gesichtspunktes laut Befragungen nicht besonders schwer wiegt, muss in der Zielgruppenfindung besondere Bedachtsamkeit auf die anderen Vorzüge genommen werden.

Die Vorzüge der Solarenergie lassen sich durch ihre Unabhängigkeit , ihren hohen Komfort, ihr wachsendes Ansehen und, in wenigen Jahren, auch durch ihre Wirtschaftlichkeit argumentieren.

Einstweilen wird man sich bei der Umsetzung von Selbstbaugruppen und Einkaufsgemeinschaften auf interessierte Gruppierungen konzentrieren, die ohnehin schon eine gewisse Zahlungsbereitschaft für ökologisch sinnvolle Technologien an den Tag gelegt haben: sogenannte Ökodörfer, die vertreten durch eine NGO, ökologische Baumaßnahmen umsetzen gibt es schon.

Mit Schlüsselpersonen dieser Ökodörfer, wie auch mit Vertretern von anderen Umweltschutzorganisationen, die Kontakt zu prädestinierten Interessenten haben, ließe sich im ersten Schritt die eine oder andere Selbstbaubewegung starten.

Eminent wichtig ist die Respektierung der Tatsache, dass die slowakische Situation sich erheblich von der österreichischen zu Beginn der Selbstbaubewegung unterscheidet.

4 Literatur

4.1 Literatur

Braun H.: Energietechnik und Energiewirtschaft – Lehrveranstaltungsunterlagen, Wien, 1998.

Dörsam P.: Grundlagen der Investitionsrechnung, 3. Auflage, Heidenau, 2003.

ECB Energy Centre Bratislava: District Heating in Slovakia: Identification of upgrade and CHP conversion projects, Slowakei, 2002.

ECB Energy Centre Bratislava: Energy Efficiency & Renewable Energy Policy 2002 – 2012 – Development of a National Energy Efficiency Study for the Slovak Republic, Bratislava, 2002.

ECB Energy Centre Bratislava: Report on Solar Energy Data in Slovakia, Bratislava, 2005.

Götze U., Bloech J.: Investitionsrechnung – Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, Heidelberg, 1993.

Haas R.: Wirtschaftliche und ökologische Optimierung der Heizenergieversorgung, Lehrveranstaltungsunterlagen, Wien, 2002.

Haas R., Nakicenovic: Energieökonomie, Lehrveranstaltungsunterlagen, Wien, 2004.

Hackstock R., Ornetzeder M. et al.(grat Gruppe Angepasste Technologie an der TU-Wien): Solarenergieverbreitung in Österreich – Bestimmende Faktoren der Solarenergieverbreitung im internationalen Vergleich, Endbericht, Wien, 1995.

Hackstock R., Könighofer K. et al.(grat Gruppe Angepasste Technologie an der TU-Wien): Übertragbarkeit der Solaranlagen-Selbstbautechnologie, Wien, 1992.

Lechner R., Oswald P., Lukovnjak M (ÖÖI Österreichisches Ökologie Institut): 100 % Erneuerbare Energie LEADER + -Region Auland Carnuntum, Akzeptanzerhebung, Wien, 2004.

Leutgöb K., Geißhofer A. (EVA): Energiedaten der mittel- und osteuropäischen EU-Beitrittskandidaten, Endbericht, Wien, 1998.

Lorenz-Ladener C., Ladener H.: Solaranlagen im Selbstbau – Theorie und Praxis der Sonnenkollektortechnik, 6. Auflage, Freiburg, 1985

Mittermair , Sauer, Weiße: Solaranlagen – selbst gebaut – Anleitung zum Selbstbau von Systemen zur Warmwasserbereitung, 2. Auflage, Karlsruhe, 1991.

Neubarth J., Kaltschmitt M. (hrsg.):Erneuerbare Energien in Österreich, Wien, 2000.

Schreier N., Wagner A. et al.: So baue ich eine Solaranlage – Technik, Planung und Montage, Cölbe, 1993.

Sonnenzeitung 4/2004

Themessl A., Weiß W. (Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie): Solaranlagen Selbstbau – Planung und Bau von Solaranlagen – ein Leitfaden, 4. Auflage, Gleisdorf, 2001.

Turrent D., Godoy R. et al.: Solare Brauchwasserbereitung – eine Analyse der Konstruktion und Leistungsdaten von 28 Anlagen, Köln, 1987.

Valentin G. & Partner: Benutzerhandbuch T*SOL, Version 4.x, Berlin, 2001.

Valentin G. & Partner: T*SOL – Dynamisches Simulationsprogramm zur Auslegung und Optimierung von thermischen Solaranlagen, Version 4.01, Software, Berlin, 2001.

Verein deutscher Ingenieure (hrsg.): Solarthermie – Auslegung, Anwendung, technische Regeln, VDI-Berichte 1584, Tagungsband, Gelsenkirchen, 2001.

Vykoupil S.: Slowakei, München, 1999.

Weingartmann H., Energie aus Rohstoffen der Land- und Forstwirtschaft, 2005.

4.2 Web-Sites

www.ecology.at/projekt/detail/carnuntum_aktzeptanzerhebung.pdf: Lechner R., Oswald P., Lukovnjak M (ÖÖI Österreichisches Ökologie Institut): 100 % Erneuerbare Energie LEADER + -Region Auland Carnuntum, Akzeptanzerhebung, Wien, 2004, download 2005-06-27.

www.e-control.at: E-Control GmbH, Gaspreise April 2005, download 2005-09-02.

[www.eva.ac.at/\(print\)/enercee/sk](http://www.eva.ac.at/(print)/enercee/sk): Energy Profile Slovak Republic, EVA, letztes Update 2004-12-21, download 2005-02-24

www.statistik.at/fachbereich_03/: Statistik Austria, Huber-Bachmann, letztes Update 2001-02-06, download 2005-06-27

www.sunstrip.se: Produktdaten, download 2005-03-10

www.taten.municipia.at/alle: Nachhaltigkeitstatabank, AEE Selbstbau von Solaranlagen, letztes Update 2003-06-25, download 2005-05-07

www.tinox.de: Produktdaten, download 2005-03-10

5 Anhang

5.1 Abkürzungen

A	Österreich
a	Jahr
AEE	Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie
BAU	Business as usual
BIP	Bruttoinlandsprodukt
Cu	Kupfer
EFH	Einfamilienhaus
EPI	Energiepreis Index, Energiepreissteigerungsfaktor
EU	Europäische Union
EU-15	15 EU-Mitglieder vor dem Beitritt der 10 neuen Mitgliedsstaaten am 1. Mai 2004
EVA	Energieverwertungsagentur
evt.	Eventuell
exkl.	Exklusive
hrsg.	Herausgeber
IEA	International Energy Agency
inkl.	Inklusive
LD	Lebensdauer
lfm	Laufmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
NGO	Non Governmental Organisation
NPO	Non Profit Organisation
OSB	Oriented String Board
SB	Selbstbau
SI	Strong improvement
Skk	Slowakische Kronen
SK	Slowakei
TSA	Thermische Solaranlage
ua	Unter anderen/m
Ust	Umsatzsteuer

vgl.	vergleiche
zB	Zum Beispiel
€	Euro
€cent	Euro-Cent

5.2 Energieeinheiten

m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
kWh	Kilowattstunde
MW(h)	Megawatt(stunde)
J	Joule
°C	Grad Celsius
m	Milli
c	Zenti
d	Dezi
k	Kilo
M	Mega
G	Giga
T	Tera
P	Peta