

PRODUZIEREN MIT SONNENERGIE

POTENZIALSTUDIE ZUR THERMISCHEN SOLARENERGIENUTZUNG
IN ÖSTERREICHS GEWERBE- UND INDUSTRIEBETRIEBEN
IM RAHMEN DER PROGRAMMLINIE „FABRIK DER ZUKUNFT“



FORSCHUNG UND PRAXISBEISPIELE ZUR NUTZUNG VON THERMISCHER SOLARENERGIE IM INDUSTRIEBEREICH



© Austria Solar, Betriebsgebäude Jenbach / SIKO Energiesysteme

■ Neben der Steigerung der Energieeffizienz ist der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern eine der wichtigen Strategien für **nachhaltiges Wirtschaften**. Eine zukunftsweisende Technologie ist die thermische Solarenergienutzung, die bisher fast ausschließlich zur Warmwasserbereitung und Raumheizung im Bereich von Ein- und Mehrfamilienhäusern zur Anwendung kommt.

Einen großen Anteil am Gesamtenergiebedarf haben aber auch die Industrie- und Gewerbebetriebe; in der EU beträgt deren Anteil ca. 30% und in Österreich stellt die Industrie mit einem Energiebedarf von 269 PJ ebenfalls den Sektor mit dem größten Anteil am Gesamtenergiebedarf dar. Da ein erheblicher Teil (ca. 30%) der in der Industrie benötigten Energie Niedertemperaturwärme ist, wäre der Einsatz von thermischer Solarenergie zur Erzeugung von Prozesswärme und zur Raumwärmebereitung hier möglich. Dieses Anwendungsfeld wurde aber bisher noch nicht erschlossen und auch nicht systematisch untersucht.

Eine neue Studie wurde im Rahmen von „Fabrik der Zukunft“ von der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie in Zusammenarbeit mit Joanneum Research (Institut für nachhaltige Technologien und Systeme) durchgeführt. Diese Studie hatte die Zielsetzung, die möglichen Potenziale der Solarenergie

im industriellen Bereich zu ermitteln und die notwendigen Informationen und Erkenntnisse als Entscheidungsgrundlage für Betriebe zusammenzustellen. Es werden Produktionsprozesse und Branchen identifiziert, für die der Einsatz von Solarthermie eine in der technischen Praxis und auch wirtschaftlich sinnvoll umsetzbare Möglichkeit darstellt. Damit soll die Entwicklung zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise unterstützt werden.

Die Studie hat folgende **inhaltliche Schwerpunkte**:

- Dokumentation erfolgreicher Beispiele des Einsatzes von solarthermischen Anlagen in Industrie und Gewerbe
- Systemanalysen für eine Prozessintegration von Solarwärme in Produktionsprozesse
- Erstellung von Systemkonzepten für die Bereitstellung von solarer Raumwärme in Produktionshallen
- Darstellung des Potenzials für die solarthermische Wärmebereitstellung für Produktionsprozesse und die Raumwärme in Produktionshallen
- Fallstudien, um so die Errichtung von Demonstrationsanlagen zu realisieren



Methodisch wurde so vorgegangen, dass zunächst der Niedertemperaturbedarf in Österreichs Gewerbe- und Industriebetrieben erhoben und dokumentiert wurde. Aufbauend darauf wurde untersucht, in welchem Ausmaß und unter welchen Rahmenbedingungen Niedertemperaturwärme auch über solarthermische Anlagen gedeckt werden kann. Basierend auf Recherchen in der nationalen und internationalen Literatur konnten die Branchen mit hohem Energiebedarf im niederen Temperaturbereich identifiziert und bestehende Anlagen im In- und Ausland dokumentiert werden.

Bei österreichischen Betrieben wurde eine Fragebogenaktion durchgeführt, deren Auswertung die ersten Ergebnisse bestätigte. Aufgrund des großen Interesses der Unternehmen konnten 6 Fallstudien durchgeführt werden, welche die Möglichkeiten einer solarthermischen Prozesswärmeerzeugung anhand eines konkreten Beispiels demonstrieren. Die Ergebnisse der Fallstudien sollen als Entscheidungsgrundlage für die Investition in eine solarthermische Anlage der Unternehmen dienen. Eine Neu-Anlage („SunWash“ in Köflach) wurde auf Basis einer Fallstudie realisiert und ist bereits seit Oktober 2002 in Betrieb.

Mit dem Forschungs- und Technologieprogramm „**Nachhaltig Wirtschaften**“ hat das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) bereits 1999 eine Initiative gestartet, die den Umstrukturierungsprozess in Richtung Nachhaltigkeit effektiv unterstützen soll. Im Rahmen von mehreren Programmlinien werden seither Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Demonstrations- und Verbreitungsmaßnahmen unterstützt, die wichtige Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft setzen.

Die Programmlinie „**Fabrik der Zukunft**“ hat das Ziel, richtungsweisende Pilotprojekte im Bereich nachhaltiger Technologieentwicklung zu forcieren. Beispiele können innovative Produktionsprozesse oder zukunftsweisende Produktentwicklung und Betriebe sein. Innovationssprünge werden vor allem in den Bereichen „Technologien und Innovationen bei Produktionsprozessen“, „Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ und „Produkte und Dienstleistungen“ angestrebt.

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON SOLARTHERMIE IN INDUSTRIE UND GEWERBE

Branchen und Produktionsprozesse – Potenziale – Systemkonzepte



© Eurotrough – Plataforma Solar de Almeria, Parabolrinnenkollektor

■ Eine wichtige Zielsetzung der Studie war die Identifizierung von **Produktionsprozessen und Branchen**, die für die thermische Solarenergienutzung in Frage kommen. Wesentliche Rahmenbedingung für den Einsatz von Solartechnologie in der Industrie stellt das Temperaturniveau des industriellen Prozesses dar. Die heute am Markt erhältlichen Solaranlagen können Energie im Niedertemperaturbereich liefern; wobei Flachkollektoren, die im Bereich bis ca. 100° C einsetzbar sind, derzeit die größte Verbreitung finden. Aber auch im weiteren Temperaturbereich bis 250° C kann die Solartechnologie angewendet werden. Hier eignen sich Kollektortypen wie Vakuumröhrenkollektoren, Kollektoren mit Reflektor und Parabolrinnenkollektoren, für die noch Entwicklungsbedarf besteht.

Ein großer Teil des industriellen Energiebedarfs liegt im Bereich der Niedertemperaturprozesse, d.h. bei Tempera-

turen zwischen 20 und 250° C. Um die Potenziale für den Einsatz von Solartechnik in Industrie und Gewerbe abschätzen zu können, ist es daher wichtig, den Energiebedarf der Industrie für Raumheizung und Prozesswärme auf diesem Temperaturniveau zu erheben.

Im Rahmen der Recherchen zeigte sich, dass vor allem in den Branchen Lebensmittel- und Getränkeindustrie, Textilindustrie, chemische Industrie und Holzindustrie Niedertemperaturprozesse ablaufen, für deren Energiebereitstellung solarthermische Anlagen eingesetzt werden können. Branchen, die Prozesswärme hauptsächlich im hohen Temperaturbereich über 300° C benötigen, wurden im Rahmen der Studie nicht weiter berücksichtigt.

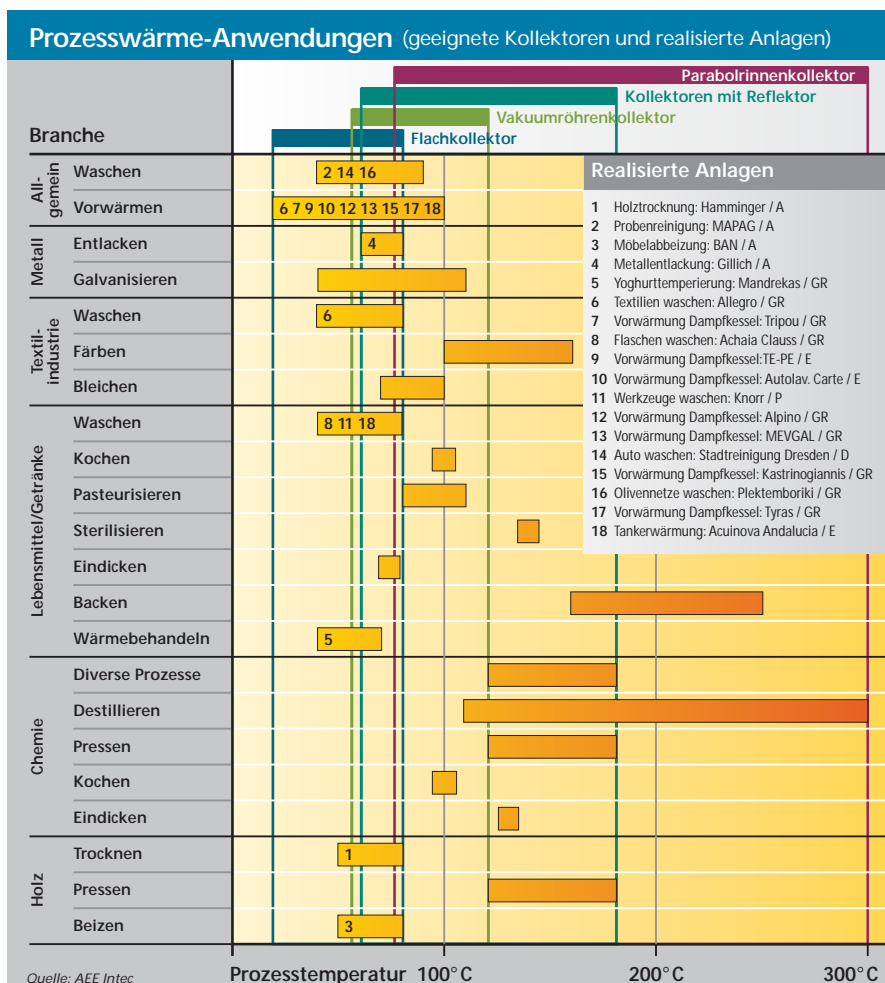
Die Grafik unten zeigt die wichtigsten Anwendungsgebiete für solare Prozesswärme mit Angabe der Temperaturbereiche und der geeigneten Kollektortypen.

tortypen. In der Abbildung werden auch die, in der Studie dokumentierten, bestehenden Anlagen dargestellt.

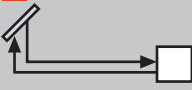
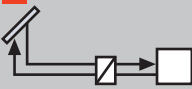

In den dokumentierten Beispielen werden die Solaranlagen vor allem zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers eingesetzt. Weitere häufige Anwendungen sind Waschprozesse und das Trocknen von verschiedenen Gütern wie Holz oder Lebensmittel. Die notwendigen Prozesstemperaturen liegen für diese Anwendungen zwischen 25 bis maximal 80° C, weshalb hauptsächlich Flachkollektoren eingesetzt werden, die bis zu einer Temperatur von 80° C einen guten Wirkungsgrad haben. Für Prozesse im höheren Temperaturbereich (bis 250° C) gibt es noch wenige Erfahrungen; hier besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich geeigneter Konzepte zur Einbindung der Solartechnologie und zur Anwendung anderer Kollektortypen.

Die untersuchten Bereiche Lebensmittelindustrie, Textilindustrie und chemische Industrie wiesen im Jahr 1997 einen Endenergiebedarf für Prozesswärme sowie Raumheizung und Kühlung von 28,5 PJ/Jahr aus, was einem Anteil von 11% des gesamten Endenergiebedarfs der österreichischen Industrie entspricht. Die restlichen Industriesektoren zeigen zwar ein geringes Potenzial für solare Prozesswärme, weisen aber einen erheblichen Raumheizungs- und Kühlenergiebedarf von 14 PJ pro Jahr auf.

Für die **Potenzialabschätzung** wurden realistische Annahmen getroffen, die auch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und solare Deckungsgrade berücksichtigen. **Das solarthermische Potenzial für industrielle Prozesse bis 100° C ergibt notwendige Kollektorflächen von 2,5 Mio. m².** Für Anwendungen mit höheren Temperaturen bis 200° C wären sogar Kollektorflächen von 4,2 Mio m² nötig.



Vergleich von Systemkonzepten

System	Deckungsgrad	Speicher	Art der Prozessführung	Prozesswärmebedarf	Wärmeträger	Kollektortyp
 <p>Direkter Wärmeaustausch</p>	Niedrig	Nein	kontinuierlich	immer viel höher als der solare Ertrag	Luft Wasser, Prozessmedium Dampf	Luftkollektoren je nach Prozesstemperatur Parabolrinnenkollektoren
 <p>Indirekter Wärmeaustausch</p>	Niedrig	Nein	kontinuierlich	immer viel höher als der solare Ertrag	Primär: Wasser oder Wasser/Glykol oder Thermoöl Sekundär: Luft, Wasser, Dampf, Prozessmedium	je nach Prozesstemperatur
 <p>Indirekte Wärmeübertragung mit Speicher</p>	Hoch	Ja	satzweise kontinuierlich	meist gleich bzw. höher als der solare Ertrag	Primär: Wasser oder Wasser/Glykol oder Thermoöl Sekundär: Luft, Wasser, Dampf, Prozessmedium	je nach Prozesstemperatur

SYSTEMKONZEPTE ZUR INTEGRATION SOLARTHERMISCHER ANLAGEN

Grundlage für die Planung einer Solaranlage zur Erzeugung von Prozesswärme muss in jedem Fall eine Erhebung des Ist-Zustands der Wärmeproduktion des Betriebes sein. Es sollte ein Gesamtkonzept erarbeitet werden, das auch mögliche Energieeffizienzsteigerungen aufzeigt. Die Auslegung der Solaranlage kann dann an die verbesserte Energiesituation des Unternehmens angepasst werden. Prinzipiell ist die industrielle Produktion nicht ohne ein konventionelles Wärmesystem möglich. Der Einsatz einer Solaranlage kann den Primärenergiebedarf eines Prozesses deutlich reduzieren, eine vollständige Deckung durch Solarenergie wird aber nur in den seltensten Fällen möglich sein.

Für die Integration einer solarthermischen Anlage in ein konventionelles Wärmesystem kommen mehrere **Systemkonzepte** in Frage. Wesentliche Aspekte sind dabei die Einkoppelung in das vorhandene System, die Art der Wärmeübertragung an den Prozess und das Auslegungsziel der Solaranlage. In industriellen Prozessen können Luft, Wasser oder auch Wasserdampf als Wärmeträger eingesetzt werden.

Grundsätzlich kann zwischen offenen und geschlossenen Systemen unterschieden werden. Während im offenen Prozess das gesamte Prozesswasser

erwärmt wird und in Form von Abwasser aus der Anlage geht, wird es im geschlossenen System wieder rückgeführt. Die solar erzeugte Wärme kann an verschiedenen Punkten (im Warmwassersystem, zur Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs bzw. im Prozessrücklauf) eingekoppelt werden.

Bei der Art des Wärmeaustausches wird zwischen Systemen mit oder ohne Speicher unterschieden. Beim einfachsten System **1** fließt das Prozessmedium direkt durch den Kollektor und wird dort erwärmt; dies ist aber nur möglich, wenn es sich um ein nicht korrosives Medium handelt und keine Frostgefahr gegeben ist.

Das Zweikreisssystem **2**, bei dem der Solarkreislauf mit einem Wasser/Glykolgemisch betrieben werden kann, gibt die Wärme über einen Wärmetauscher an das Prozessmedium ab. Dieses System hat den Vorteil der Frostsicherheit und kann auch mit korrosiven Medien bzw. mit anderen Medien als Wasser im Sekundärkreislauf arbeiten.

Der größte technische Aufwand ist beim System mit indirektem Wärmeaustausch und Speicher **3** gegeben. Dieses Konzept hat den Vorteil, dass Wärme gespeichert werden kann und in Perioden geringer solarer Einstrahlung zur Verfügung steht. Dies ist dann

zielführend, wenn Prozesse diskontinuierlich betrieben werden und durch die Speicherung zusätzliche Energiegewinne erzielt werden können. Damit kann der solare Deckungsgrad erhöht werden, es steigen aber andererseits auch die Systemkosten.

Ein weiterer Aspekt bei der Planung der Solaranlage ist die Auslegung. Bei Anlagen mit niedrigem Deckungsgrad sollen alle solare Gewinne im Prozess verwendet werden, das heißt, es wird keine überschüssige Wärme produziert. Dieses Konzept sollte dann eingesetzt werden, wenn der Prozess kontinuierlich betrieben wird und der aktuelle Wärmebedarf die solaren Energiegewinne übersteigt. Eine Anlage mit hohem Deckungsgrad bringt Vorteile, wenn der Prozess diskontinuierlich betrieben wird, da so auch die solaren Energiegewinne der Stillstandszeiten genutzt werden können.

Die Entscheidung für eines der Systemkonzepte muss in jedem Fall auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgen. Aufgrund dieser Analyse soll auch die Art der Wärmeübertragung gewählt werden, sofern keine technischen Gründe gegen eines der Systemkonzepte sprechen.

CASE STUDIES

Fallstudien in österreichischen Betrieben

Für sechs österreichische Unternehmen wurden Fallstudien ausgearbeitet, um die Möglichkeiten der solarthermischen Wärmeversorgung von Produktionsprozessen zu untersuchen und geeignete Systemkonzepte zu erstellen. Durch Variationen von Kollektorfeldgrößen und Speichervolumen wurde für jeden Anwendungsfall die wirtschaftlichste Variante ermittelt. Die Ergebnisse der Fallstudien wurden den Betrieben übermittelt und sollen als Grundlage für Baumentscheidungen des Unternehmens herangezogen werden können.

Ein wichtiger Schritt war im Rahmen der Fallstudien die Ermittlung des Wärmebedarfsprofils, d.h. die zeitliche Verteilung des Energiebedarfs über Tag, Woche, Monat und Jahr für die jeweiligen Prozesse. In den meisten Fällen mussten Wärmebedarfsberechnungen durchgeführt werden, da in den Unternehmen nur die Jahresverbrauchsdaten des eingesetzten Energieträgers bekannt waren. Sämtliche Basisdaten wurden in ein Simulationsprogramm zur Auslegung von thermischen Solaranlagen (T*Sol 4.0) eingegeben und verschiedene Varianten hinsichtlich Kollektorfeld, Speichergröße und Systemkonzept berechnet.

Der Vergleich der Varianten und die Empfehlung für ein System erfolgte aufgrund einer Wirtschaftlichkeitsberechnung. In den meisten Fällen dienten als Basis dafür die erzielbaren Wärmekosten. Eine andere Möglichkeit zum Variantenvergleich stellt die Gegenüberstellung der erreichbaren Amortisationszeiten dar. Zusätzlich wurden die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung bzw. der Energieeffizienzsteigerung überprüft, um insgesamt eine Reduktion des Energieverbrauchs des Betriebs zu erreichen. Bei allen Berechnungen wurde eine Lebensdauer der Anlage von 20 Jahren angenommen, die Betriebskosten mit 1% der Anlagekosten festgelegt und

eine Förderung der Investition durch die Kommunalkredit AG von 30% in die Kalkulation einbezogen.

Die untenstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse aus 4 von insgesamt 6 untersuchten **Fallbeispielen**.

Die Fallstudien dokumentieren die technischen Anwendungsmöglichkeiten der Solarthermie im industriellen Bereich und zeigen, dass mit Hilfe von Gesamtkonzepten wirtschaftlich machbare Lösungen möglich sind. Wenn in

Zusammenhang mit dem Konzept für die Einbindung einer Solaranlage auch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz erarbeitet werden, sind Wärmepreise erzielbar, die im Bereich der konventionellen fossilen Brennstoffe liegen.

Quelle: AEE Intec

Ergebnisse der Fallstudien				
	1 Körner KvK	2 SunWash	3 S&W	4 Beerenfrost
Energiebedarf	48.000 kWh/a	52.500 kWh/a	93.350 kWh/a	32.900 kWh/a
Energie von Solar	31.240 kWh/a	13.350 kWh/a	23.870 kWh/a	29.100 kWh/a
Solarer Deckungsgrad	45 %	26 %	23 %	85,6 %
Einsparung Energieträger	8.550 m ³ /a Erdgas	1.600 l/a Heizöl EL	2.390 l/a Heizöl EL	4.850 l/a Heizöl EL
CO ₂ Einsparung	17.090 kg/a	4.540 kg/a	6.350 kg/a	13.800 kg/a
Kollektorfläche	60 m ²	30 m ²	40 m ²	100 m ²
Speichergröße	10 m ³	1 m ³	7 m ³	2x 9 m ³ 1x 2 m ³
Erreichter Wärmepreis	0,038 €/kWh	0,039 €/kWh	0,042 €/kWh	0,042 €/kWh

1 Körner KvK – Wies Eibiswald

Herstellung von Epoxid-Verbundplatten / Aushärteprozess bei 35° C

In diesem Unternehmen kann der Energiebedarf durch eine (nur mit geringem finanziellen Aufwand durchführbare) Veränderung im Produktionsprozess von 110.000 kWh/Jahr auf 48.000 kWh/Jahr reduziert werden. Diese mögliche Reduktion ist in der Berechnung bereits inkludiert. Mit der vorgeschlagenen Solaranlage kann zusätzlich eine Primärenergieeinsparung von 31.240 kWh/Jahr realisiert werden. Für die Gesamtlösung beträgt die Reduktion des Primärenergiebedarfs damit 72%.

2 SunWash – Köflach

Autowaschen / Heißwäsche bei 60° C
(weitere Informationen zur dieser Anlage siehe Seite 6)

3 S&W Umwelttechnik – Klagenfurt

Betonteileherstellung / Betonmischung bei 20° C

In diesem Betrieb ist die Neuanschaffung eines Warmwasserspeichers notwendig, da mit der bestehenden Warmwasserbereitung nur über einen Teil des Arbeitstages mit gleich bleibender Qualität produziert werden kann. Eine Kombination von neuem Speicher und solarthermischer Anlage würde zu einer Reduktion des Heizölverbrauchs und zu einer besseren Produktqualität über den ganzen Arbeitstag führen.

4 Beerenfrost – Lieboch

Waschen von Kunststoffkisten / Warmwasser mit 40° C

Eine Solaranlage kann hier den Warmwasserbedarf des Waschprozesses im Sommer und einen Teil des Heizenergiebedarfs in der kälteren Jahreszeit abdecken. Da in diesem Unternehmen bereits ein Pufferspeicher, ein Heizungsspeicher und ein Fußbodenheizungssystem installiert sind, wäre als einzige Investition die Anschaffung des Kollektorfeldes notwendig.



© Sonnenkraft Vertriebs GmbH, Vakuumrohrkollektor

ERFOLGREICHE UMSETZUNG DER ANLAGE „SUNWASH“ IN KÖFLACH

■ Basierend auf der durchgeführten Fallstudie wurde im Unternehmen „SunWash“ in Köflach eine Solaranlage mit einer Kollektorfläche von 40 m² zur Unterstützung der Warmwasserbereitung für eine Autowaschanlage installiert.

Die Analyse basierte auf den Verbrauchsdaten und Plänen der Anlage. Die neu gebaute Waschanlage besteht aus 5 Waschboxen und einem Maschinenraum und wurde in unmittelbarer Umgebung eines Einkaufszentrums errichtet. Für den Waschgang mit Waschmittel wird Warmwasser mit einer Temperatur von 60° C benötigt, bei der anschließenden Spülung wird Kaltwasser eingesetzt. Das Kaltwasser wird mit Hilfe einer Umkehrosmoseanlage enthärtet, um Trockenflecken auf den Autos zu vermeiden. Eine Bodenheizung in den Boxen verhindert im Winter das Vereisen der Boxenböden.

In der ursprünglichen Planung sollte der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung und die Bodenheizung von einem Ölkessel abgedeckt werden. Im Rahmen der Studie wurde aber auch der Anschluss an ein lokales Biomasse-Fernwärmenetz und die Einbindung einer Solaranlage diskutiert. Das Biomasse-Fernwärmenetz wird auch für die

Beheizung des benachbarten Einkaufszentrums eingesetzt. Schließlich wurden zwei Varianten für eine zentrale solare Brauchwasserbereitung mit unterschiedlich hohen Deckungsgraden hinsichtlich ihrer technischen Daten, der Erträge, der Investitionskosten, der eingesparten Energie und der Amortisationszeit verglichen. Aus wirtschaftlicher Sicht ergab sich der Vorteil, dass es sich um eine Neuerrichtung der gesamten Anlage handelte, wodurch sich die Gesamtkosten und die erreichbaren Amortisationszeiten durch die Erweiterung um die Solaranlage nur unwesentlich erhöhen.

In der Folge konnte das Unternehmen überzeugt werden, den Vorschlag umzusetzen und anstelle des geplanten Ölkessels einen Anschluss an das Biomasse-Fernwärmenetz in Kombination mit einer Solaranlage zu errichten. So ist es möglich, den gesamten Wärmebedarf der Waschanlage völlig CO₂-neutral, d.h. ohne Einsatz von fossilen Brennstoffen abzudecken. Dieses bereits realisierte Projekt zeigt, dass auch unter wirtschaftlichen Aspekten der Einsatz solarthermischer Prozesswärmanlagen durchführbar ist. Aufgrund des Erfolgs plant der Betreiber noch in diesem Jahr die Errichtung zweier weiterer Anlagen in Gratkorn bei Graz.



© AEE Intec / Autowaschanlage „SunWash“

PROJEKTTRÄGER

Produzieren mit Sonnenenergie
*Potenzialstudie zur thermischen Solar-
energienutzung in Österreichs*

Gewerbe- und Industriebetrieben
Thomas Müller, AEE INTEC, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Institut für nachhaltige Technologien, Gleisdorf 2003, in Zusammenarbeit mit JOINTS (Joanneum Research, Institut für nachhaltige Systeme und Techniken, Prof. Hans Schnitzer)

Im Auftrag des bmvit, im Rahmen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“.

INFORMATIONEN PUBLIKATIONEN

Der Endbericht zur oben genannten Studie erscheint mit der Nummer 1/2004 in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des bmvit und ist erhältlich unter: www.NachhaltigWirtschaften.at

PROJEKTFABRIK
A-1190 Wien, Nedergasse 23/3
versand@projektfabrik.at

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

www.NachhaltigWirtschaften.at

in deutsch und englisch

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ des bmvit mit Bestellmöglichkeit findet sich auf der HOMEPAGE: www.NachhaltigWirtschaften.at

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte aus dem Bereich „Nachhaltig Wirtschaften“ des bmvit.
Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien; Leitung: Dipl. Ing. M. Paula; Renngasse 5, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: AEE Intec, Austria Solar, Eurotrough, Projektfabrik, Sonnenkraft, E. Hiller-Windisch. Redaktion: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23. Gestaltung: Grafik Design Wolfgang Bledl. Herstellung: AV-Druck, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

► FORSCHUNGSFORUM erscheint mindestens vierteljährlich und kann kostenlos abonniert werden bei:
Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23, versand@projektfabrik.at