

**FASSADENINTEGRATION
VON THERMISCHEN SOLARANLAGEN**

SYSTEMISCHE UND BAUPHYSIKALISCHE
GRUNDLAGEN UND UMSETZUNG DER ERGEBNISSE
IM RAHMEN VON „HAUS DER ZUKUNFT“

„HAUS DER ZUKUNFT“: EINE PROGRAMMLINIE DES IMPULSPROGRAMMS „NACHHALTIG WIRTSCHAFTEN“

■ *Strategien der Nachhaltigkeit, wie die Verwendung von erneuerbaren Energieträgern bzw. nachwachsenden Rohstoffen, die Verbesserung der Ressourceneffizienz oder die Nutzer- bzw. Dienstleistungsorientierung zählen heute zu den zukunftsbestimmenden Forschungs- und Entwicklungsbereichen. Im Rahmen des Impulsprogramms „Nachhaltig Wirtschaften“ unterstützt das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie mit der Programmlinie „Haus der Zukunft“ einen für diese Zielsetzungen besonders relevanten Bereich, das zukunftsweisende Bauen und Wohnen. Nachhaltige Wohn- und Bürobauten sind Gebäude von hoher Lebensqualität und Nutzerorientiertheit, die sowohl ökologische Aspekte in hohem Maß berücksichtigen als auch kosten-*

effizient errichtet und betrieben werden können. Ziel der fünfjährigen Programmlinie „Haus der Zukunft“ ist es, nachhaltige Lösungen für den Wohn-, Büro- und Nutzbau mit hohem Marktpotenzial zu finden. Innovative Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte sollen unterstützt und ihre Realisierbarkeit anhand konkreter Projekte demonstriert werden.

*In der Kategorie „Technologieentwicklungen“ bildeten die Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen und die Entwicklung von Solarkollektoren einen Schwerpunkt. **Folgende Projekte wurden dazu ausgewählt:***

■ *Die AEE INTEC – Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Institut für Nachhaltige Technologien untersucht in Zusammenarbeit mit mehreren Solar-*

herstellern die systemischen, bauphysikalischen und solartechnischen Grundlagen für die Konstruktion von Fassadenkollektoren ohne Hinterlüftung.

■ *Die Firma GREENoneTEC entwickelt darauf aufbauend die erforderliche Technik und die Komponenten für die Fertigung von thermischen Flachkollektoren ohne Hinterlüftung.*

■ *Die Firma Doma Solartechnik konzentriert sich bei der Entwicklung des Fassadenkollektors auf die anlagentechnischen und ästhetischen Anforderungen für den Einsatz im mehrgeschossigen Wohn- und Bürobau.*

■ *In einem weiteren Projekt entwickelte die Firma SIKO Energiesysteme einen Modulkollektor „SUN2000“, der ohne Benützung von Montagewerkzeug installiert werden kann.*



■ Die Nutzung der Solarenergie mittels thermischer Kollektoren hat in Österreich eine steigende Tendenz. Zum überwiegenden Teil werden diese Anlagen zur Warmwasserbereitung in Kleinanlagen genützt. Bei anderen Anwendungen, wie z.B. bei solarer Raumheizung, großen Anlagen im städtischen Wohnbau oder solaren Nahwärmenetzen stehen oft nicht genügend entsprechend geneigte und orientierte Dachflächen zur Verfügung. Beim Aufbau auf bestehende Dächer oder Aufständigung auf Dachflächen bilden die Anlagen aus gestalterischer Sicht oft einen Fremdkörper.

Für eine breitere Marktentwicklung ist es daher notwendig, intelligente Lösungen für die Integration solarer Kollektoren in die Gebäudeaußenhülle zu entwickeln. Dabei spielen neben

FASSADENINTEGRATION VON THERMISCHEN SONNENKOLLEKTOREN

der technischen Funktion sowohl der Aspekt eines ästhetisch attraktiven Designs der Solarelemente, als auch deren verbesserte Dach- oder Fassadeneinbindung eine wesentliche Rolle.

Vor allem die **Fassadenintegration**

eröffnet neue Marktchancen, die durch die bisherigen dachintegrierten und dachaufgebauten Systeme nicht abgedeckt werden.

Die AEE INTEC, die Firma GREENoneTEC und DOMA Solartechnik haben sich in Abstimmung folgende **Schwerpunkte** gesetzt:

- Erhebung von bisher realisierten Anlagen und Schwachstellenanalyse
- Erhebung des Anforderungsprofils von Seiten der Architektur
- Schaffung von bautechnischen und bauphysikalischen Grundlagen

- Entwicklung der Systemtechnik, konstruktive, hydraulische und ästhetisch ansprechende Lösungen
- Dimensionierung von Fassadenkollektoranlagen
- Einrichtung von Testanlagen und Erstellung eines Messkonzeptes

Für die genannten Schwerpunkte sollen konstruktive Lösungsvorschläge entwickelt und das notwendige Grundlagenwissen sowie eine entsprechende Datenbasis, die die Fertigung, Auslegung und Errichtung derartiger Anlagen erlauben, an Solartechnikfirmen, Planer und Architekten vermittelt werden. Im Rahmen dieses Projekts ist es gelungen, eine enge Kooperation zwischen Forschung und Industrie zu erreichen und damit den Prozess der Umsetzung zu forcieren.

Der **integrierte Fassadenkollektor** dient nicht nur als Kollektor, sondern auch der Wärmedämmung und als Gestaltungselement der Fassade. Durch die gemeinsame Nutzung von Bauteilen können damit auch Kosteneinsparungen erzielt werden. Ein weiterer Vorteil des Fassadenkollektors liegt in der gleichmäßigen Einstrahlung über das ganze Jahr. Unberücksichtigt blieb bisher auch die Tatsache, dass Dachkollektoren im Winter von Schnee bedeckt sein können, während Fassadenkollektoren durch die Schneereflexion erhöhte Einstrahlungen verzeichnen.

GRUNDLAGEN FÜR DIE DIREKTE FASSADENINTEGRATION

■ Unter einem fassadenintegrierten Sonnenkollektor wird ein direkt in die Fassade aufgenommenes Kollektorelement verstanden, bei dem die Wärmedämmung Bestandteil sowohl des Gebäudes als auch des Kollektors ist. Zwischen beiden ist keine thermische Trennung in Form einer Hinterlüftung vorhanden. Dieser – nicht hinterlüftete – Fassadenkollektor stellt gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich Ressourcen- und Energieeffizienz dar, da der Kollektor verschiedene Funktionen in einem Bauteil übernimmt:

- Funktion als thermischer Flachkollektor
- Verbesserung der Wärmedämmung des Gebäudes
- Passiv solares Element, bei geringer Einstrahlung (Kollektor ohne Durchfluss)
- Witterungsschutz der Fassade durch die Kollektorverglasung
- Gestaltungselement der Fassade



Diese Kollektortechnik ist sowohl für Neubauten als auch für Altbausanierungen geeignet. Angestrebt wird ein Fassadenkollektorelement, das im Gesamtsystem „Wand-Kollektor“ einen U-Wert von $< -0,20 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ erreicht.

■ BAUPHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

Um das dynamische Verhalten des Systems „Wand-Kollektor“ beurteilen zu können, wurden Wärmestromberechnungen für 5 ausgewählte Wandaufbauten durchgeführt. Zum Vergleich wurden typische Wandaufbauten ohne Kollektor herangezogen.

Ziel dieser Berechnungen waren die Identifikation von Überhitzungsproblemen bei starker Einstrahlung und die Definition von Mindestdämmstärken zur Vermeidung von Überhitzung. Außerdem wurde der Einfluss des fassadenintegrierten Kollektors (auch bei nicht durchströmtem Absorber) auf die Transmissionswärmeverluste des Wandaufbaus im Winter untersucht.

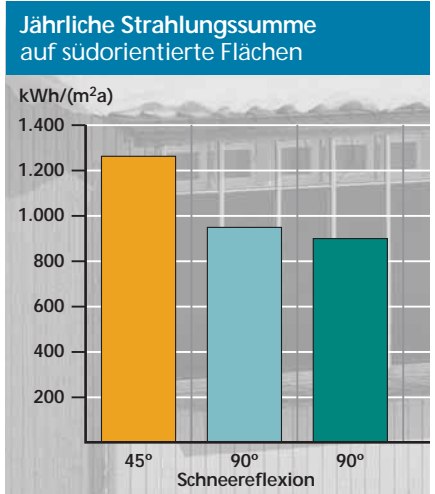
Für den Sommerfall wurde die Wärmeabgabe in W/m^2 der Wände mit und ohne Kollektor an den dahinterliegenden Raum ermittelt. Davon abgeleitet konnte die Temperaturerhöhung im Vergleich zu einem Raum ohne Kollektor festgestellt werden. Als Kriterium

zur Ermittlung der Dämmstärken für die Wandaufbauten mit Kollektor wurde festgelegt, dass eine Temperaturerhöhung von 1 K im Vergleich zu einem Raum ohne Kollektor nicht überschritten werden darf. Diese Vorgabe führte zu folgenden Mindestdämmstärken:

- Massivbau: 5-8 cm Kollektordämmung
- Leichtbau: 10 cm Gebäudedämmung und 5 cm Kollektordämmung

Für Wandaufbauten mit diesen Dämmstärken liegen die Differenzen der Temperaturen zu den Vergleichswänden ohne Kollektor zwischen 0,28 K und 0,98 K. Somit sind durch direkt integrierte Fassadenkollektoren keine negativen Auswirkungen auf das Raumklima bzw. den Komfort in den Räumen hinter der Kollektor-Fassade durch Überhitzung zu erwarten.

Die Simulationen zeigten außerdem, dass sich der fassadenintegrierte Kol-



lektor im Winter positiv auf die Transmissionswärmeverluste (durch eine Verringerung des U-Werts) auswirkt. Für den Winterfall konnte bei allen untersuchten Beispielen eine Verringerung des U-Werts gegenüber einem Wandaufbau ohne Kollektor ermittelt werden. In einer Periode strahlungsintensiver, kalter Wintertage wird je nach Wandaufbau ein effektiver U-Wert erzielt, der um 90 % unter dem statischen U-Wert liegt. Auch an strahlungsarmen Tagen, wirkt der Kollektor durch die direkte Integration in die Fassade als „passiv-solares“ Element. In einer Periode strahlungsarmer Tage im Winter werden immer noch Verringerungen des U-Werts bis zu 45 % erreicht.

■ DIMENSIONIERUNG VON FASSADENKOLLEKTORANLAGEN

■ *Einstrahlungsprofil*

Beim Fassadenkollektor steht dem energetischen Nachteil durch die geringere jährliche Globalstrahlungssumme im Vergleich zur Dachmontage ein gleichmäßiges Ertragsprofil und eine verbesserte Wärmedämmung sowohl des Kollektors, als auch des Gebäudes entgegen. Die jährliche Globalstrahlungssumme in der Fassade ist um ca. 30 % geringer als bei Flächen, die um 45 Grad geneigt sind.

Während bei geneigten Dachflächen im Sommer ein deutliches Maximum im Einstrahlungsprofil auftritt, weist die Einstrahlung in die Fassade in den Monaten März bis September ein eher ausgeglichenes Profil auf.

Bisher unberücksichtigt blieb die Schneereflexion, durch die in den Wintermonaten die Einstrahlung in die Fassade erhöht wird, während Dachkollektoren häufig von Schnee bedeckt sind. Unter Einrechnung der Schneereflexion zeigt sich, dass die Globalstrahlungssumme über das Jahr auf die senkrechte Fläche lediglich um 24 % geringer ist, als auf die 45 Grad geneigte Fläche. In der Zeit von November bis Februar erhöht sich die Einstrahlung in die Fassade durch die Schneereflexion um 20 % und ist somit höher als die Einstrahlung bei einer 45 Grad geneigten Ebene, bei der die Erhöhung nur 5 % beträgt.

■ *Simulation und Ertragsvorhersage*

Um Dimensionierungsrichtlinien für Fassadenkollektoranlagen geben zu können, wurden Simulationen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im Vergleich zu dachmontierten Kollektoranlagen dargestellt. Ziel war es, die nötige Kollektorfläche für Solaranlagen in der Fassade zu ermitteln, die den gleichen solaren Deckungsgrad wie Anlagen mit 45 Grad geneigten Kollektoren haben.

Für die Solaranlage zur reinen Warmwasserbereitung im Einfamilienhausbereich mit mittlerem Warmwasserbedarf zeigen die Simulationen, dass bei 40% solarer Deckung die Kollektorfläche in der Fassade um das 1,5-fache vergrößert werden muss, um den gleichen Deckungsgrad zu erreichen, wie in der 45 Grad geneigten Ebene. Will man den Deckungsgrad weiter erhöhen, steigt das Verhältnis der Kollektorflächen stärker an. Ähnliche Zahlen ergaben die Berechnungen bei Mehrfamilienhäusern.

Ganz andere Ergebnisse zeigten sich bei der Simulation von Heizungseinbindungen. Je größer die Kollektorfläche ist (und damit der Gesamtdeckungsgrad), desto geringer wird das Verhältnis der Flächen bei 90 Grad und bei 45 Grad Neigung bei einem bestimmten Deckungsgrad; das heißt desto kleiner wird die zusätzlich benötigte

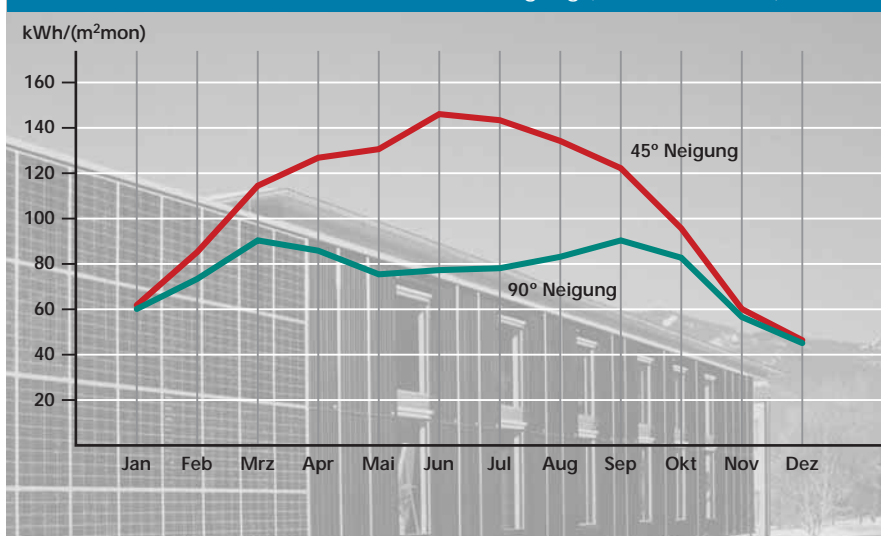
Fläche in der Fassade. Grund dafür ist der Heizungsdeckungsgrad, der mit steigender Kollektorfläche bei 45 Grad um das Dreifache und bei 90 Grad Neigung um das Doppelte im Vergleich zum Warmwasserdeckungsgrad zunimmt. Für den Fall der Heizungseinbindung ist die Positionierung der Kollektoren in der Fassade also umso günstiger, je höher der Deckungsgrad der Anlage ist.

■ Insgesamt zeigten die Erfahrungen, dass fassadenintegrierte Kollektoranlagen Vorteile bei der Anwendung in größeren Gebäuden, wie Gewerbebauten und Industriehallen aufweisen. In diesen Gebäuden besteht ein nur geringer Warmwasserbedarf, während für die Beheizung große Energiemengen aufgebracht werden müssen. Die großflächigen Fassaden dieser Gebäude sind oftmals ohnehin in Glas und sehr aufwendig ausgeführt, so dass durch die Integration von Kollektoren in die Glasfassade nur geringe zusätzliche Kosten entstehen bzw. sich sogar Kostensparnisse ergeben können.

Bisherige Untersuchungen zur Wasserdampfdiffusion haben gezeigt, dass es zu keinen problematischen Kondensationen in den gewählten Wandaufbauten mit fassadenintegrierten Kollektoren ohne Hinterlüftung kommt.

Bei den Testanlagen werden Temperatur- und Feuchtemessungen in jeder Schicht des Wandaufbaus durchgeführt. Diese Messungen zeigen die Zustände in der Realität und bilden die Rahmenbedingungen für weiterführende Untersuchungen der Wasserdampfdiffusion. Außerdem wurden hydraulische Verschaltungen von Kollektorfeldern in der Fassade erarbeitet und eine geeignete Systemschaltung mit einem angepassten Speichermanagement für Anlagen mit Fassadenkollektoren ermittelt.

Jahreszeitlicher Verlauf der mittleren täglichen Strahlungssumme auf südorientierte Flächen mit 45° und 90° Neigung (Klimadaten Graz)



ANALYSE BESTEHENDER ANLAGEN UND ARCHITEKTONISCHE ASPEKTE

■ Im Rahmen der Grundlagenarbeit wurden einige bereits realisierte Fassadenkollektoranlagen unterschiedlicher Bauart dokumentiert und auf mögliche Schwachstellen hinsichtlich Bauphysik, bautechnische und architektonische Integration und Systemtechnik untersucht. Insgesamt wurden 14 Anlagen dokumentiert.

Die Untersuchung zeigte, dass die meisten Anlagen dem Stand der Technik entsprechen und prinzipiell ohne Probleme funktionieren. Bei einigen Anlagen konnten folgende **Planungs- und Ausführungsmängel** erhoben werden:

■ Abschattung der Kollektoren durch andere Bauteile

z.B. Dachvorsprünge, angrenzende Gebäude oder auch Bäume.

■ Befestigung der Absorber

Bei manchen Anlagen sind Absorber oder Sammelrohre mit Teilen aus Holz thermisch gekoppelt wodurch es zu einem langsamen Ausgasen des Holzes und schließlich zur Verkohlung kommt.

■ Auswahl der Profile zur Fixierung der Glasabdeckung

Ungeeignete Aluminiumprofile und Gummidichtungen stellen ein Sicherheitsrisiko dar und beeinflussen die Effizienz und Lebensdauer des Kollektors negativ.

■ Optisches Erscheinungsbild

Bei glatten, klaren Gläsern für die Kollektorabdeckung ist auf die Auswahl der Absorbermaterialien und die Verarbeitungsqualität des Kollektors zu achten.

■ Kollektorbefestigung an der Wand

An die Verbindung der Kollektoren zur Wand müssen hohe statische und bautechnische Anforderungen gestellt werden.

Durch eine Fragebogenerhebung und in einem Workshop wurden die Anforderungen an einen Fassadenkollektor von Seiten der Architekten erhoben: Bezüglich der Abmessungen der



Kollektoren wünschen Architekten einen möglichst großen gestalterischen Spielraum. Da man aber davon ausgeht, dass individuelle Maße zu erheblichen Mehrkosten führen würden, sehen die Architekten die Entwicklung von Rastermaßen positiv.

Dem Wunsch nach verschiedenen Farben kann von Seiten der Hersteller bisher nur mit lackbeschichteten Absorbern begegnet werden. Der Nachteil, dass diese farbigen Absorber niedrigere solare Erträge erzielen, wird von den

Architekten zugunsten der ästhetischen Aspekte in Kauf genommen.

Eine weitere zentrale Forderung der Architekten sind optisch ansprechende Abdeckleisten für die Kollektorrahmen. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass für eine breite Markteinführung dieser innovativen Technologie die Vermittlung von grundlegenden Informationen an die beteiligten Akteure von entscheidender Bedeutung ist.

INTEGRAL „SUN2000“ MODULKOLLEKTOR

■ Der Integral „SUN2000“ Modulkollektor wurde von der Firma SIKO Energiesysteme entwickelt. Die besondere Eigenschaft des neuen Kollektors ist die Montage ohne Werkzeug. Der Kollektor, in Vollaluminium-Bauweise, ist ohne jegliche Löt- und Schraubarbeiten direkt mit dem nächsten Modul kuppelbar. Das Verbindungselement gewährleistet auch eine spannungsfreie Arbeitsweise des Absorberfeldes in jeder Temperaturdifferenz, das heißt die Wärmedehnung wird direkt in der Kupplung aufgenommen. Auch die Vor- und Rücklaufleitungen werden ohne Montagewerkzeug aufgeklistet.

Durch eine spezielle Rahmenkonstruktion ist auch eine absolut dichte Indachmontage des Kollektors gewährleistet. Als optionales Zubehör wird ein Blecheinfassungssystem angeboten. Prismiertes eisenarmes Solarglas und ein vakuumbeschichteter Absorber vervollständigen diesen Kollektor.

Technische Grunddaten

Abmessungen:

B/L/H: 1070 / 2070 / 130 mm

Gewicht: 50 kg / Kollektor

Einsatzbereiche:

- Indachmontage
- Aufdachmontage
- Freiaufstellung

ERGEBNISSE TESTANLAGEN

■ Als Grundlage für die Weiterentwicklung und breitere Markteinführung der fassadenintegrierten Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung werden zwei Testanlagen errichtet und messtechnisch erfasst, dokumentiert und ausgewertet. Der Bau der Prototypen und die Entwicklung der Fassadenanschlusstechnik erfolgt durch die Firmen DOMA Solartechnik und GREENoneTEC.

Die Testfassaden werden auf unterschiedliche Wandkonstruktionen (Massivwand und Leichtbauwand) aufgebracht, um das eventuell unterschiedliche Verhalten des Systems „Wand-Kollektor“ zu erfassen.

Die Testfassade 1 (Firma DOMA) ist bereits fertiggestellt. Es handelt sich um ein Zweifamilienwohnhaus in Graz, bei dem an der Südfassade ein Kollektor mit Solarlackbeschichtung auf eine Leichtbauwand montiert wurde. Der Kollektor hat eine Bruttofläche von 55 m², die Anlage wird in Low-Flow Betriebsweise mit drehzahl geregelter Pumpe im Kollektorkreislauf betrieben.



Testfassade 1: Zweifamilienhaus in Graz, Architekt: Albert Feldner.

Technische Daten:

- 3570 l Schichtspeicher
- 500 l Brauchwasserspeicher
- 12 kW Heizlast
- 240 l/d Warmwasser mit 60 Grad

Die zweite Testfassade, ein Bürogebäude in St. Veit wird zur Zeit von der Firma GREENoneTec entwickelt. Bei diesem Projekt wird der Kollektor auf eine Massivwand (25 cm hochporöser Ziegel) montiert. Die voraussichtliche Bruttokollektorfläche beträgt 25 m², es wird ein Kollektor mit selektiver Beschichtung verwendet werden.

Die Projekte laufen noch bis Ende 2001. Die Ergebnisse der Messungen sollen als Datenbasis für die Fertigung, Auslegung und Errichtung solcher Anlagen dienen und werden nach Abschluss der Projekte veröffentlicht.

PROJEKTTRÄGER

Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung
DI Irene Stadler, Ing. Werner Weiss
AEE INTEC – Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie,
Institut für nachhaltige Technologien
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
Tel.: +43/3112 5886-0; Fax: DW 18
i.stadler@aeec.at

Fassadenkollektor

Robert Kanduth
GREENoneTEC Solar-Industrie GmbH
A-9300 St. Veit, Industriepark St. Veit
Tel.: +43/4212/28136-04, Fax: DW 2504
robert.kanduth@greenonetec.com

Entwicklung von fassadenintegrierten Sonnenkollektoren für mehrgeschossige Wohn- und Bürobauten

Gebhard Bertsch
Doma Solartechnik GmbH
A-6822 Satteins, Sonnenstraße 1
Tel.: +43/5524-5353; Fax: DW 10
doma@doma.co.at

„SUN2000“ Modulkollektor

Projektleitung: Ing. Arthur Sief
SIKO Energiesysteme GesmbH & Co KG
A-6200 Jenbach; Rotholzerweg 14
Tel.: +43/5244/644-66, Fax: DW 65
info@siko.at

PUBLIKATIONEN



Informationen und Publikationen zur BMVIT-Programmlinie „Haus der Zukunft“

sind unter www.hausderzukunft.at abrufbar.

Weitere Informationen:
ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
Arbeitsgruppe „Haus der Zukunft“
Mag. Manuela Schein
A-1090 Wien, Türkenstraße 9
office@hausderzukunft.at

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

<http://www.forschungsforum.at>

in deutsch und englisch

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ des BMVIT mit Bestellmöglichkeit findet sich auf der FORSCHUNGSFORUM HOMEPAGE: www.forschungsforum.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; Rosengasse 4, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: AEE, DOMA Solartechnik, GREENoneTEC.
Redaktion: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23.
Gestaltung: Grafik Design Wolfgang Bledl, gdwb@council.net. Herstellung: AV-Druck, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

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