

arsenal research  
Ein Unternehmen der Austrian Research Centers

# Energiefassaden

DI Susanne Gosztanyi  
AEE-Fachtagung am 1. NÖ Klimaaktionstag  
St. Pölten, 5. Juni 2008

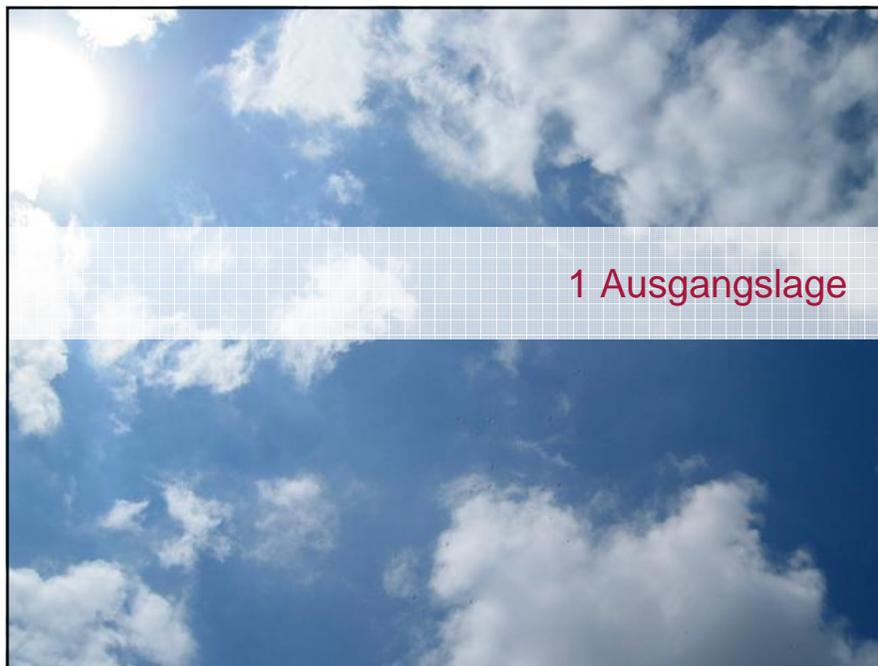
Nachhaltige Energiesysteme

arsenal research  
Ein Unternehmen der Austrian Research Centers

## Inhalt

1. Ausgangslage
  - Motivationen
  - Chancen
2. Gebäudeintegrierte Photovoltaik (GiPV)
  - Was ist GiPV
  - Mehrfachnutzen GiPV in Fassaden - Energiefassaden
  - Wirtschaftlichkeitsaspekte
3. Planungshinweise
4. Best-practice Beispiele
5. Schlussfolgerung und Ausblick

2 Nachhaltige Energiesysteme



# 1 Ausgangslage

## Klimawandel als zentrales Thema...

- Globale Erwärmung - Temperaturanstieg: 2 - 2,5°C\* (2040)
- Weltbevölkerung wächst: ~6 Mrd [1998] auf 9 Mrd [2050]
- Starker Anstieg Energiebedarf
- Anstieg der THG-Emissionen



[Abb: Umweltbundesamt, ZAMG]  
\*Klimaszenario (IPCC)

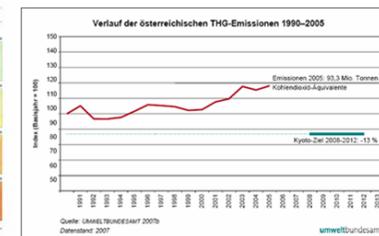
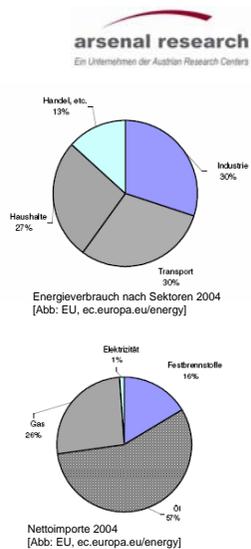


Abbildung 1: Verlauf der österreichischen THG-Emissionen 1990-2005

## Zeit zum Umdenken...

### ENERGIEVERBRAUCH in Österreich

- End-Energieverbrauch in Österreich: seit 1990 um 38% erhöht
- Importabhängigkeit Energie: 71% importierte Energie (2004)
- Grenzen konventioneller Energie: Schadstoff-Emissionen, begrenzte Rohstoffvorkommen
- Kyoto-Ziel: Verpflichtung Österreichs zur Reduktion der THG-Emissionen bis 2010 auf 13% unter Niveau von 1990



5

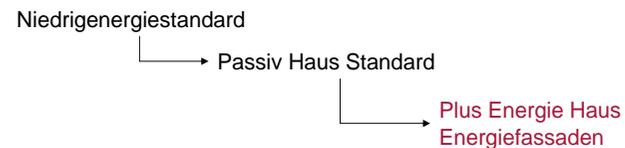
Nachhaltige Energiesysteme

## Energie und Gebäude

- 40% des Endenergieverbrauch verursacht durch Gebäudesektor

### MASSNAHMEN für die Zukunft

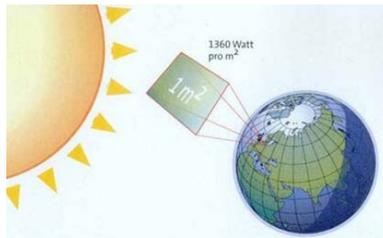
- Berücksichtigung der Energieeffizienz und Erneuerbare Energie
- Gebäude vom Energieverbraucher zum Energieproduzenten
- Entwicklungen im Gebäude:



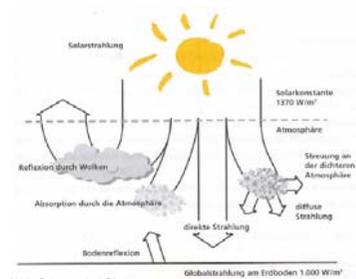
6

Nachhaltige Energiesysteme

## Energiequelle Sonne



[Abb: Solarpraxis AG, www.pvaustria.at]



[Abb: Solarpraxis AG]

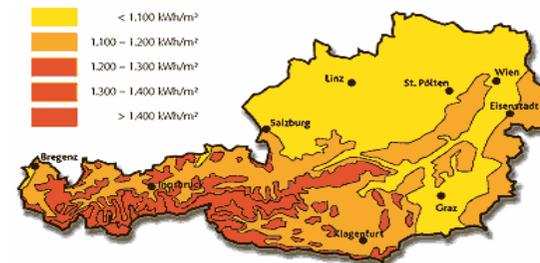
- Nutzung einer hochwertigen natürlichen Energieform
- 28.000 mal so viel Sonnenenergie wie derzeit pro Jahr von der Menschheit verbraucht wird
- Ressource Sonne: 5 Billion Jahre (zB Ressource Öl: 40 Jahre\*)

\*Basis derzeitiger Verbrauch

7

## Solarangebot Österreich

- Jährliche Einstrahlung auf horizontale Fläche in Österreich beträgt etwa 1100 kWh/m²

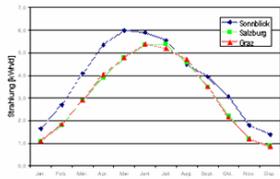


[Abb: Austria Solar, www.solarwaerme.at]

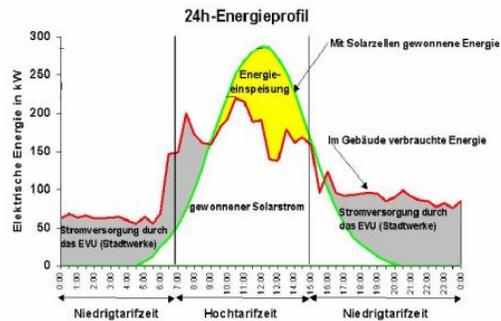
8

## Potenzial für erneuerbare Stromproduktion

- Erzeugung von Solarstrom zu Zeiten der Spitzenabnahme



Monat  
Langjährige Monatsmittelwerte der täglichen Einstrahlung (globale Strahlung auf eine horizontale Fläche in kWh/m²) für 3 Orte Österreich  
[Abb: arsenal]



24 Stunden Energieprofil des elektrischen Energieverbrauchs  
[Abb: Solarpraxis AG, www.pvaustria.at]

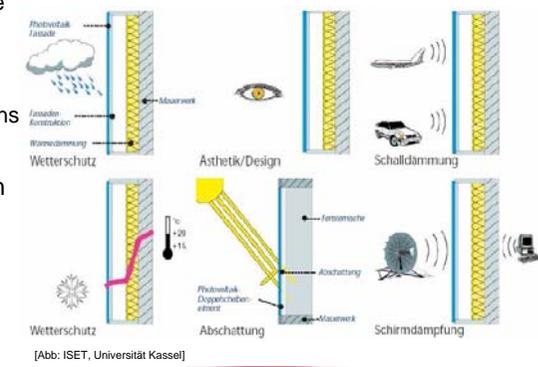
## Was spricht noch für PV...

- Flächenpotenzial: ~ 3% der Gesamtfläche des Landes genügen um den 100% des Energiebedarfs mit PV zu decken
- Direkte, dezentrale und Ressourcenschonende Umwandlung von Solarstrahlung in Strom
- Erheblicher Beitrag zum Klimaschutz
  - Kein Lärm
  - Keine Abgase
  - Keine CO<sub>2</sub>-Emissionen
- PV wird zum Stromfaktor am Markt
  - 25% PV-Strom in Europa 2040 laut EPIA Roadmap
  - Rohstoff Si ist 2. häufigstes Element der Erde



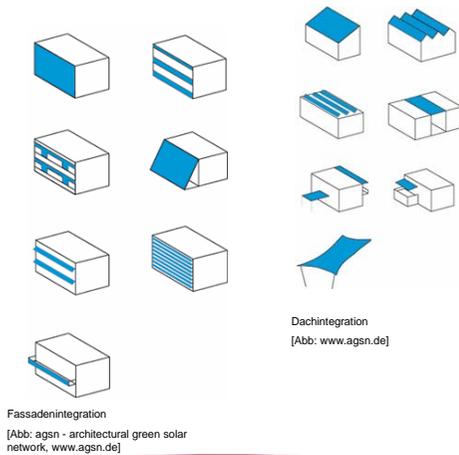
## Was ist GiPV?

- Konstruktive Integration
  - In konventionelle Baumaterialien (Dachziegel, Wandverkleidungen)
  - In vorgefertigte Bauteile
  - Als individuelles Gesamtdesign und multifunktionelles Bauelement (zb Sonnens
  
- PV ergänzt konstruktiven Glasbau
  
- Nutzung bebauter vorhandener Flächen (Dächer, Fassaden)



## Integrationsmöglichkeiten GiPV

- Schrägdächer
- Oberlichten
- Flachdächer
- Fassaden
  - Nicht ideal ausgerichtet  
aber Mehrfachnutzen
- Sonnenschutz
- Vordächer
- Etc.



13

Nachhaltige Energiesysteme

## Mehrfachnutzen GiPV in Fassade

- Vorteile
  - Synergieeffekte: Funktionalität und Energieeffizienz in einem
  - Kostenersparnis durch Verringerung des Materialaufwands (zB Gebäudesanierung)
  - Altbau- und Neubautauglich
  - Solarenergiegewinnung in der Gebäudehülle – keine kostbaren Bodenflächen nötig
  - Kostengünstigere Fertigbauteile für PV-Architektur
- Nachteile
  - Schwankender Ertrag (Strahlungsangebot, Wetterlage)
  - Leistung abhängig von Einbauart (Neigung, Ausrichtung)



Sonnenpark, Dornbirn  
[Quelle: stromaufwärts Photovoltaik GmbH]

14

Nachhaltige Energiesysteme

## PV-Systemkomponenten

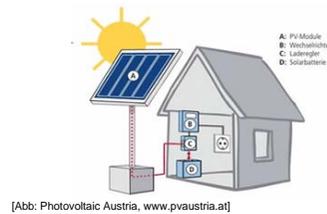
Systemkomponenten bei Netzkopplung

- PV-Module
- Wechselrichter
- Wechselstromzähler / Einspeisungszähler
- Sicherheitskomponenten



Systemkomponenten bei Inselnssystemen

- PV-Module
- Wechselrichter
- Solarbatterie
- Laderegler

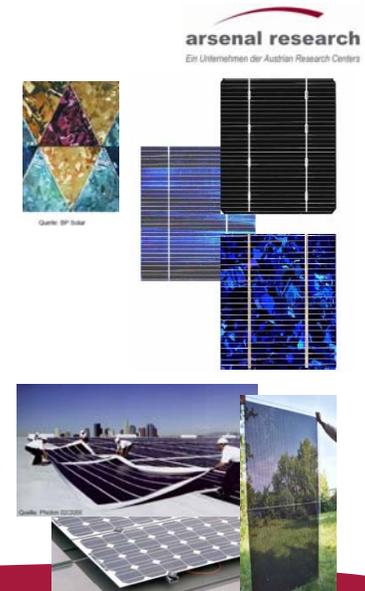


15

Nachhaltige Energiesysteme

## PV-Module

- Monokristalline Zellen
  - Aufwendig in Herstellung
  - Wirkungsgrad: 14-18%
  - Leistung:  $\sim 150 \text{ Wp/m}^2$
  - Jahres-Energieertrag :  $\sim 900 \text{ kWh/kWp}$
- Polykristalline Zellen
  - Einfachere Herstellung, geringere Kosten
  - Wirkungsgrad: 12-14%
  - Leistung:  $\sim 130 \text{ Wp/m}^2$
  - Jahres-Energieertrag:  $\sim 900 \text{ kWh/kWp}$
- Amorphe Zellen
  - Dünnschichttechnologie, günstigste Kosten
  - Wirkungsgrad: 5-9%
  - Leistung:  $\sim 50-90 \text{ Wp/m}^2$
  - Jahres-Energieertrag :  $\sim 950 \text{ kWh/kWp}$



16

Nachhaltige Energiesysteme

## Energieausbeute und Kosten



Kriegerhor Lech



TROP Möbelmarkt, St. Johann



Berufsschule, Imst

- Jahresertrag von ~900 - ~1.000 kWh installierte Leistung bei 1 kWp/10 m<sup>2</sup> Fläche
  - in Abhängigkeit von Zellentyp, Ausrichtung, Neigung, Solarstrahlung, Sonnenstunden und Temperatur
  - Verluste durch Wechselrichter, Laderegler und Speicherung
- Kosten je nach Anlagengröße ca. 5.000 – 6.000 € bei 1 kWp installierte Leistung
  - Bei netzgekoppelten Photovoltaikanlage, kristalline Module

## Wirtschaftlichkeitsaspekte

- Jährliche Primärenergieeinsparung von ~2.600 kWh pro kWp bei 900kWh/kWp Jahresertrag – Amortisation: 2,7 – 5,7 Jahre (Quelle: BINE, DE)
- Durch technische Weiterentwicklung sinken Investitions- und Stromkosten stetig ⇔ Stetiger Preisanstieg bei konventioneller Stromerzeugung aufgrund der steigenden Brennstoffkosten
- Folgekosten der konventionellen Energiewandlung werden in Energiepreise nicht berücksichtigt
- Einspeisevergütung PV (2007):
  - Für Anlagen < 5kWp wird pro eingespeister kWh 0,46 Euro vergütet
  - Für Anlagen > 5kWp < 10kWp wird pro eingespeister kWh 0,40 Euro vergütet
  - Für Anlagen > 10kWp wird pro eingespeister kWh 0,30 Euro vergütet
  - Je Bundesland zusätzliche Förderungen möglich
- Novellierung Ökostromgesetz ☹

**3 Planungskriterien für GiPV**

**arsenal research**  
Ein Unternehmen der Austrian Research Centers

## Lagebeurteilung - Solarstrahlung

- Strahlungsleistung
  - Auch der diffuse Strahlungsanteil wird bei der photovoltaischen Stromproduktion genutzt (abhängig von Ort und Höhenlage mindestens 10-20 %)
  - Leistungsreduktion auf etwa 10% des Maximalwertes bei dicht bedecktem Himmel
- Sonnenscheindauer, Sonnenbahnanalysen

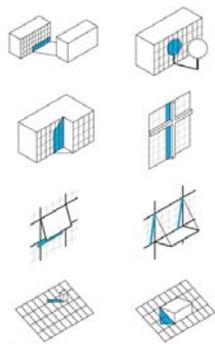
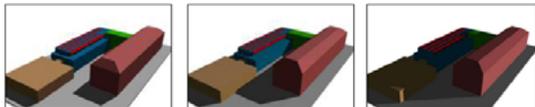
[Beide Abb: Solarpraxis AG, www.pvaustria.at]

20 Nachhaltige Energiesysteme

## Planungsfaktor - Ertragsbeeinflussung

- Verschattungsfreiheit garantieren
  - Umgebende Bebauung, Bepflanzung
  - Selbstverschattung
- Verschattungsuntersuchungen
  - 3-dimensionale Simulation
  - Zu unterschiedlichen Jahreszeiten

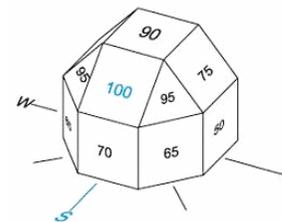
21. Juni    22. März/21. Sept.    21. Dezember  
09:00 Uhr



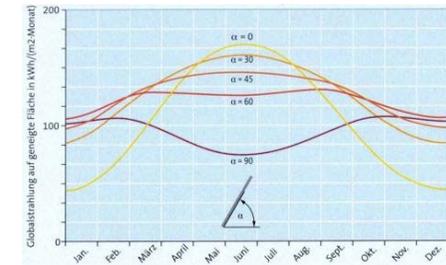
[Abb: www.agsn.de]

## Planungsfaktor - Ertragsbeeinflussung

- Optimale Ausrichtung: SE – S – SW (Mitteleuropa)
- Neigungswinkel bei fix installierten Modulen ist abhängig davon, wann optimale Leistungsausbeute erzielt werden soll (optimal: 30° - 35°)



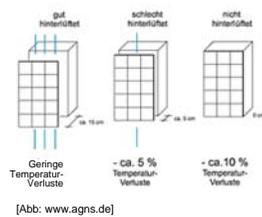
[Abb: www.agsn.de]



Jahresgang Solarstrahlung / Fläche  
[Abb: Solarpraxis AG, www.pvaustria.at]

## Planungsfaktor - Ertragsbeeinflussung

- Hinterlüftung bei Gebäudeintegration



# 4

## Best-practice Beispiele:

EU-Projekt SARA

ENERGYbase

ENERGY base

eco buildings



## ENERGYbase

- Bürogebäude mit Nutzfläche 7500 m<sup>2</sup>
- Bauzeit: April 2007 (- Juni 2008)
- Forschungsergebnisse des Haus der Zukunft Projektes „Sunny Research“
- Zielvorgaben
  - Hohe Arbeitsplatzqualität
  - Mehrkosten max. 20% über Standardbauweise
  - Möglichst niedriger Primärenergiebedarf für Heizung, Kühlung, Beleuchtung
  - Nutzung Erneuerbarer Energieträger
- Energieversorgung
  - Wärmepumpe (Heizen)
  - Kühlung: Solare Kühlung (Lüftung); Free cooling über Grundwasser (Bauteilaktivierung)
  - **Photovoltaik (Fassadenintegration)**



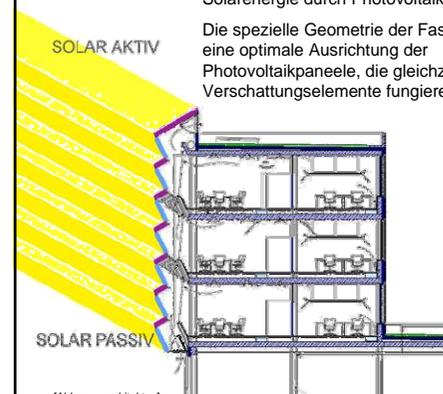
25

Nachhaltige Energiesysteme

## Solare Gewinne der Südfassade

Die Südfassade dient der aktiven Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaikpaneele

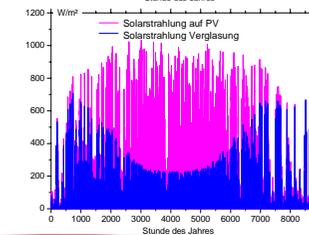
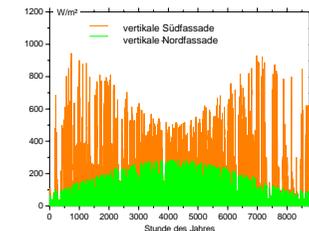
Die spezielle Geometrie der Fassade erlaubt eine optimale Ausrichtung der Photovoltaikpaneele, die gleichzeitig als Verschattungselemente fungieren.



[Abb: pos architekten]

400m<sup>2</sup> Photovoltaik

300m<sup>2</sup> Solarthermische Kollektoren



26

Nachhaltige Energiesysteme

## Studenten-Beratungs-Zentrum, Großbritannien

- Universitäts-Verwaltungsgebäude
- Zubau, 2 dreistöckige Trakte
- Atrium als Kommunikationsbereich

### Eigenschaften

Gebäude-Volumen	11.369 m <sup>3</sup>
Gebäude-Hülle	2.600 m <sup>2</sup>
Nutzfläche	2073 m <sup>2</sup>



- **39% Reduktion des totalen Energiebedarfs (280.208 kWh/a)**

## Passive Solarelemente

Studenten-Beratungs-Zentrum, Großbritannien

- Architektur
  - Tageslicht durch Atrium
  - Nutzung thermischer Masse
- Belichtung und Verschattung
  - Semitransparente PV-Module im Dach (Sonnenschutz, natürliche Belichtung)
  - Bewegungssensoren
- Belüftung
  - Erdkopplung der Lüftungskanäle



## Erneuerbare Energiesysteme

Studenten-Beratungs-Zentrum, Großbritannien

- **Photovoltaik**

- Fläche: 177m<sup>2</sup> (Leistung:14kWp)
- Produktion: 11,31 kWh/a



# 5

## Schlussfolgerungen und Aussicht

## Entscheidung für nachhaltige Energiesysteme - Aufbruch in mehr Autarkie und Energieeinsparung

- Nutzung von **natürlichen Ressourcen** zur Energieversorgung
  - Stromproduktion: Solarenergie ⇔ Verminderung Strombezug Netz
  - Nutzung lokaler regenerativer Energieressourcen
  - Multifunktionalität spart Energie und Materialressourcen
  - Hohe Lebensqualität ⇔ hohe Wiederverwertbarkeit
- Dezentrale Energienutzung – mehr Eigenverantwortung und hohe Versorgungssicherheit
- Verminderung der wirtschaftlichen Abhängigkeit von Energieimporten und Weltmarktpreisen
- Unterstützung des Umbaus der Wirtschaft und der Beschäftigung im Sinne der Nachhaltigkeit

## Starten wir in eine umweltschonende Zukunft...

**Kontakt:** arsenal research, Nachhaltige Energiesysteme:  
[www.arsenal.ac.at](http://www.arsenal.ac.at)

DI Susanne Gosztonyi, [susanne.gosztonyi@arsenal.ac.at](mailto:susanne.gosztonyi@arsenal.ac.at)