

# Nullemissionsfabrik SOLVIS



Das neue Gebäude für rund 100 MitarbeiterInnen beinhaltet die Produktion und Verwaltung eines der führenden Unternehmen der Solarbranche in Deutschland. Der Bauherr ist Betreiber und Nutzer des Hauses.

Gebaut wurde in einem Industriegebiet im Norden von Braunschweig in unmittelbarer Nähe zum Mittellandkanal. Der rechteckige Grundriss wird durch einen Hof und einige auskragende Bereiche aufgelockert. Gruppenbüros und Aufenthaltsräume liegen über zwei Geschosse U-förmig um den Hof in der Mitte des Produktionsgebäudes. Auch der Schulungsbereich sowie der Forschungs- und Entwicklungsbereich befinden sich im Obergeschoss. Ein Gang mittig im Gebäude erschließt Produktion und Büros. Diese Art der Gebäudegliederung unterstreicht das Selbstverständnis des mitarbeitergeführten Unternehmens.

Markantes äußerliches Merkmal ist das außenliegende Stahltragwerk der Produktionshalle mit seinen großflächigen thermischen und photovoltaischen Solarsystemen.

Konsequent energiesparend geplant und gebaut soll der gesamte, noch verbleibende

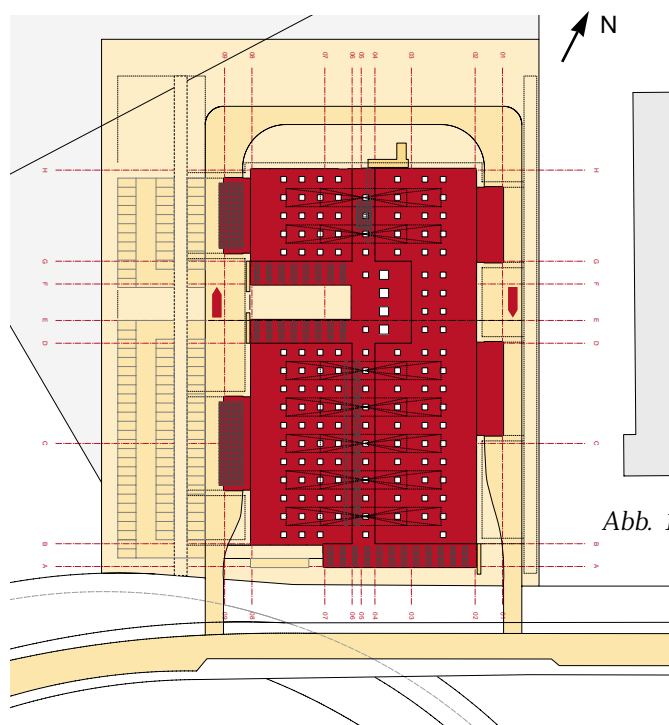


Abb. 1

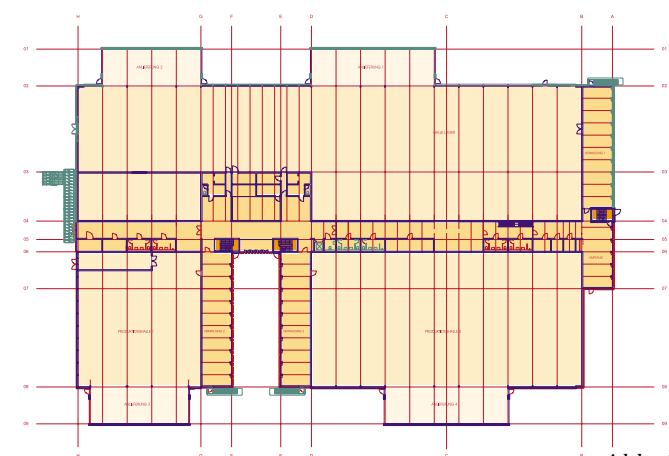


Abb. 2

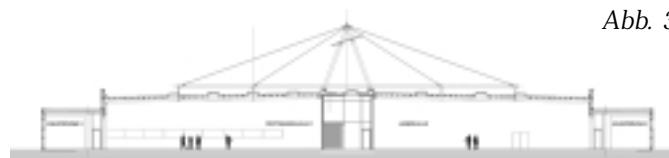


Abb. 3

Foto 1: Innenhof

Abb. 1: Lageplan

Abb. 2: Grundriss, EG

Abb. 3: Schnitt

Primärenergiebedarf durch eine Kombination der Energiequellen Sonne und Biomasse gedeckt werden. In der Jahresbilanz ergibt sich damit die „Nullemissionsfabrik“.

Besondere planerische Herausforderung ist neben der komplexen Energieversorgung ein energiesparendes Lüftungskonzept für die Produktion unter Berücksichtigung der logistischen Anforderungen für den reibungsfreien Betriebsablauf. Die Planung ist Ergebnis eines eingeladenen Wettbewerbs, der im September 2000 stattfand. Der Mehraufwand für eine energieoptimierte Planung wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Rahmen des Förderkonzeptes Solaroptimiertes Bauen gefördert.

Architektur:  
Banz + Riecks Dipl.-Ing.  
Architekten BDA Bochum  
Gebäudetechnik:  
solares bauen GmbH, Freiburg  
Energiekonzept:  
Fraunhofer ISE, Freiburg  
Abb. 1, 2, 3, 7: Banz+Riecks  
Fotos: © C. Richters (5)  
Banz+Riecks und C. Richters

## Ziele des Energiekonzeptes

Drei wesentliche Vorgaben bestimmen die Ziele des Energiekonzeptes: Eine hohe Qualität der Arbeitsplätze, um eine hohe Produktivität zu ermöglichen, qualitativ gleichwertige Arbeitsplätze mit kurzen Kommunikationswegen sowie eine Produktion ohne Emissionen von Klimagasen – die sich aus dem ökologischen Selbstverständnis von Solvis ergibt. Emissionen resultierend aus dem Energiebedarf für Strom und Wärme sind aufgrund der Produktionsprozesse die einzigen potentiellen Emissionsquellen. Die Konzeption einer Null-emissionsfabrik ist daher vor allem ein Energiekonzept zur Reduktion des Strom- und Wärmebedarfs sowie zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Energieversorgung. Die Büroriegel und der Erschließungsgang sind aus Stahlbeton, die Dach- und Wandkonstruktion der Produktionshalle aus hochwärmedämmten Holzleichtbauteilen, die über ein außenliegendes Tragwerk gehalten werden. Durch das außenliegende Tragwerk wurde 1,2 m lichte Raumhöhe gewonnen, wodurch das beheizte Luftvolumen reduziert wird. An die Produktions- und Lagerbereiche schließen sich Beladezonen für LKW an. Diese wurden in die Produktionshalle integriert, um die Öffnungszeiten der Hallentore beim Be- und Entladen der Lastkraftwagen möglichst kurz zu halten. Auf den

Bruttorauminhalt	54.700 m <sup>3</sup>
A/V-Verhältnis	0.36
Nettogrundfläche	8.120 m <sup>2</sup>

Tab. 1 Kenndaten des Neubaus.

Foto 2:  
Außenliegendes Tragwerk.

nach Südwesten orientierten Beladezonen wird die Solarstromanlage integriert. Die Tragwerksböcke des außenliegenden Tragwerkes der Halle nehmen die Kollektoranlage auf. Der hochwertige Wärmeschutz und die Kompaktheit der Kubatur der Produktionshalle und der Büros ermöglichen einen Heizwärmebedarf < 30 kWh/m<sup>2</sup>a.

## Null-emissionsfabrik

Als Energieträger für eine Energieversorgung ohne CO<sub>2</sub>äqu. Emissionen kommen nur die Sonne (PV, Kollektoren) sowie Wind- und Wasserkraft in Frage. Wasser- und Windkraft stehen am Standort nicht zur Verfügung, so dass zur Strom- und Wärmeerzeugung auf weitere regenerative Energieträger wie Holzpellets oder kaltgepresstes Rapsöl zurückgegriffen werden muss. Aufgrund des zusätzlichen Bedarfs sowohl von Wärme als auch von Strom wird ein Rapsöl-BHKW eingesetzt. Die Produktion von Rapsöl verursacht ebenfalls CO<sub>2</sub>-Emissionen, wenn diese in konventionellem Anbau durchgeführt wird. Bei einem prinzipiell möglichen ökologischen Anbau (Energieträger bei der Rapsölproduktion ebenfalls auf Rapsölbasis) ist eine CO<sub>2</sub>-Neutralität erreichbar. Bei Netzeinspeisung von Überschüssen aus einem PV-Generator und Substitution von Strom aus konventioneller Erzeugung kann mit Eigenstromerzeugung in einem BHKW auch bei konventionellem Rapsölanbau eine CO<sub>2</sub>-neu-



trale Energieversorgung erreicht werden.

Die Zielwerte für Heizwärme mit 40 kWh/m<sup>2</sup>a und für den Stromverbrauch für Gebäudetechnik mit 20 kWh/m<sup>2</sup>a ergeben sich aus den Grenzwerten des Förderkonzeptes solaroptimiertes Bauen des BMWI. Zusätzlich ergibt sich aus dem Ziel einer CO<sub>2</sub>-neutralen Energieversorgung und einer maximal zur Verfügung stehenden Fläche von 600 m<sup>2</sup> für die Installation von PV-Modulen

eine Begrenzung auf 20 kWh/m<sup>2</sup>a Wärme und 12,5 kWh/m<sup>2</sup>a Strom für Gebäudetechnik und Betrieb. Die Zielwerte zeigen auf, dass neben einem sehr geringen Heizwärmebedarf insbesondere der Strombedarf für die Gebäudetechnik sehr gering sein sollte. Schwerpunkte der Optimierung liegen deshalb auf einer energieeffizienten Lüftung, einer guten Versorgung mit Tageslicht und angepasster Beleuchtung sowie einer Integration

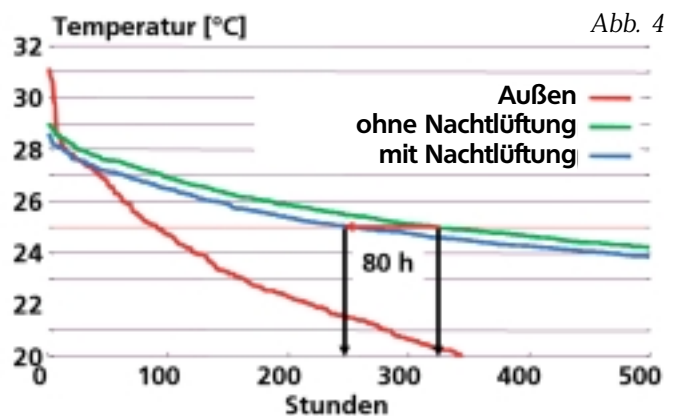


Abb. 4: Vergleich der „kumulierten“ Raumtemperaturen in den Büros während der Arbeitszeiten, mit und ohne Nachtlüftung.

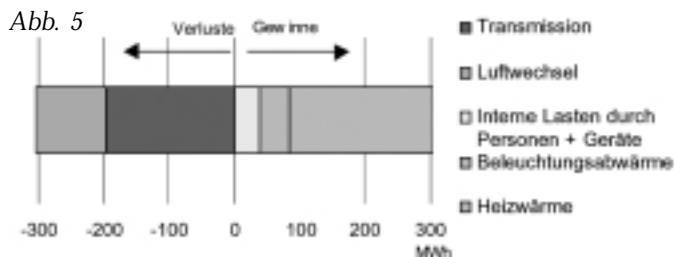


Abb. 5: Heizwärmebilanz des Gebäudes.



Foto 3: Produktionshalle

der solaren Energieversorgung.

### Raumklima und sommerlicher Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz im Bereich der Büros wird durch einen außenliegenden, zweigeteilten Sonnenschutz gewährleistet. Durch Einsatz einer 3-fach Wärmeschutzverglasung wird eine Reduzierung des g-Wertes erreicht. Zusätzlich sind die zu öffnenden Flügel der Fenster als Holzpaneel mit einer Vakuumdämmung ausgeführt worden, so lässt sich eine Reduktion des sommerlichen Wärmeeintrags ohne Erhöhung der Wärmeverluste erreichen. Durch eine konsequente Reduktion der in-

ternen Lasten z.B. durch ein Leistungsmanagement im Bereich der EDV und durch eine bedarfsorientierte Beleuchtungssteuerung werden diese erheblich reduziert. Aufgrund der dichten Belegung wird eine sommerliche Entwärmung durch Nachtlüftung (Luftwechsel 3/h) notwendig. Aus Gründen der Einbruchssicherheit des Gebäudes wird diese über eine mechanische Abluftanlage realisiert. Die Arbeitsstunden über 25°C betragen 245 Stunden, das sind weniger als 9% der Arbeitszeit.

### Heizwärmebedarf

Ein niedriger Heizwärmebedarf wird zum einen durch einen guten Wärmedämm-

standard erreicht, zum anderen durch eine effiziente Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in der Halle. Voraussetzung für das Erreichen des Wärmebereitstellungsgrades von > 75% ist eine sehr luftdichte Gebäudehülle. Das Gebäude erreicht einen sehr niedrigen Luftwechsel von 0,22 1/h bei 50 Pa Unter- bzw. Überdruck. Dieser Wert wurde durch eine Blower-Door Messung ermittelt. Für das Gebäude ergibt sich (ermittelt durch dynamische Gebäudesimulation) ein Wärmebedarf von 220 MWh/a, das sind 27 kWh/m<sup>2</sup>a bezogen auf die Nettogrundfläche mit internen Lasten von 150 Wh/m<sup>2</sup>d. In Abb. 5 wird die Heizwärmebilanz des Gebäudes dargestellt.

Der Energiebedarf zur Be- und Entlüftung stellt bei beiden Gebäudeteilen den maßgeblichen Faktor dar. So betragen die Lüftungswärmeverluste etwa 45% der gesamten Wärmeverluste. Durch Lüftungssysteme zur Wärmerückgewinnung können deutliche Energieeinsparungen erzielt werden. Durch Lüftungszentralgeräte mit Kreuzgegenstromwärmetauschern werden trockene Rückwärmehzahlen von bis zu 80% erreicht. Dem Aufwand für elektrische Energie von 10 MWh/a steht im Bereich der Produktion eine Wärmeeinsparung von ca. 58 MWh/a gegenüber. Damit wird ein Strom-Wärmeverhältnis (Heizzahl) von 1:5,5 erreicht, womit durch den Einsatz der Wärmerückgewinnung im Bereich der Produktion Primärenergie eingespart wird.

Kritisch hinsichtlich des Heizwärmebedarfs ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle, sowie insbesondere das Lüftungsverhalten im Bereich der An- und Auslieferung. Die Hallentore werden für das Ein- und Ausfahren der LKW für 3 Min/Stunde geöffnet. Sind betriebsbedingt solch geringe Öffnungszeiten für die Hallentore nicht zu erreichen, ist mit einem deutlichen Anstieg des Heizwär-

### Lüftungskonzept für Produktions- und Lagerhalle

An das Lüftungssystem der Produktions- und Lagerhalle werden folgende Anforderungen gestellt:

- Sichere Ableitung der Emissionen durch den Produktionsprozess sowie durch die anliefernden LKWs.
- Beheizung der Produktions- und Lagerhalle auf mindestens 17°C.

	Büro	Halle
Außenwand	Holzrahmen mit 24 cm Dämmung U=0,20 W/m <sup>2</sup> K	Holzrahmen mit 24 cm Dämmung U=0,20 W/m <sup>2</sup> K
Dach	Holzrahmen mit 30 cm Dämmung U=0,16 W/m <sup>2</sup> K	Beton mit 22 cm Dämmung U=0,17 W/m <sup>2</sup> K
Boden	Estrich, Beton 20 cm, 12 cm WD, U=0,27 W/m <sup>2</sup> K	Beton 20 cm, 12 cm WD, U=0,30 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	3-fach Wärmeschutzverglasung U=1,1 W/m <sup>2</sup> K, g=46%	2-fach Wärmeschutzverglasung U=1,4 W/m <sup>2</sup> K, g=58%
Oberlichter		U-Wert 1,8 W/m <sup>2</sup> K, g=50%
Hallentore		U-Wert 0,9 W/m <sup>2</sup> K

Tab. 2 Wandaufbauten



Foto 4: Ansicht von Südwesten.

Abb. 6 Schematische Darstellung der Lüftung der Büros, links ein Abluftsystem mit Wärmepumpe, rechts eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung.

mebedarfs zu rechnen (pro Min. Öffnungszeit ca. 1,5 kWh bei einer Temperaturdifferenz von 17 K). Es erfolgt deshalb eine Verriegelung der Tore gegeneinander.

### Lüftungskonzept für Büroräume

Die Anforderungen an die Lüftung in den Büroräumen weichen von jenen in den Produktionshallen in folgenden Punkten ab:

- Die Lüftungssysteme werden auch außerhalb der Heizperiode betrieben, was aufgrund der hohen Belegung und der Akzeptanz empfehlenswert ist.
- Das Lüftungssystem im Bereich Büro muss neben den Funktionen Heizen und Lüften auch die

Funktion der Nachtkühlung gewährleisten. Das führt dazu, dass der elektrische Energiebedarf erhöht wird.

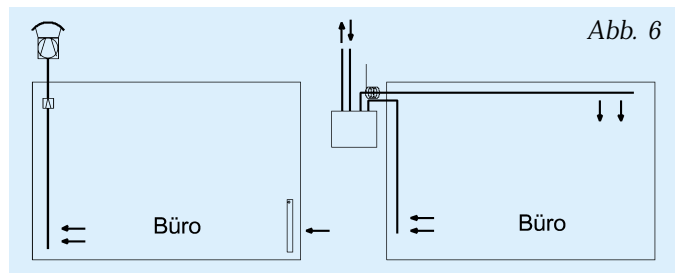
- Das Leitungssystem ist aus akustischen Gründen aufwendiger und hat hierdurch etwas höhere Druckverluste.

Für den Bereich Büro wurden deshalb die folgenden Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung verglichen:

- Lüften und Heizen mit einem System zur kontrol-

	el. Energie [kWh/a]	th. Energie [kWh/a]	Strom/ Wärme- verhältnis
Lüftungs- Wärmerückgewinnung	16.000	44.300	1 : 2,8
Abluft-Wärmepumpe	13.400	40.000	1 : 3,0

Tab. 3 Vergleich: Zu- und Abluftsystem mit Lüftungswärmerückgewinnung / Abluftsystem mit Wärmepumpe.



lierten Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung.

- Lüftung mit einem einfachen Abluftsystem mit nachgeschalteter Wärmepumpe. Hierbei wird

Frischlufte über Öffnungen im Fensterbereich angesaugt. Diese strömt über die Flurbereiche in die jeweiligen Abluftzonen (WC, Teeküche, sonstige). Die Beheizung erfolgt über ein Niedertemperatur-Flächenheizungssystem (z. B. Heizkörper), in welches die Abluftwärmepumpe einspeist.

Die beiden Systeme sind nachfolgend schematisch dargestellt (Abb. 6).

Die wichtigsten Kenndaten der einzelnen Systeme hin-

Lösungen und Technik für:

Passivhaus- und Niedrigenergiehaus  
Geschosswohnungsbau  
Gewerbe und Schulen

**AIRON**  
LÜFTUNGSANLAGEN & WÄRMESYSTEME

Talstraße 1 - 35116 Hatzfeld  
Tel.: 06467/911822 - Fax: 06467/911824  
info@airon.de - www.airon.de



Foto 5: Anordnung der Photovoltaik-Module und der Warmwasserkollektoren zur Heizungsunterstützung.

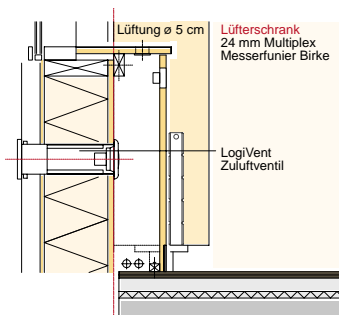


Abb. 7 Schematische Darstellung Zuluftführung im Büro, Schnitt durch die Fassade Quelle Banz+ Riecks.

sichtlich elektr. Strombedarf und Wärmerückgewinnung sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die Gegenüberstellung verdeutlicht, dass die beiden Systeme hinsichtlich Energieeinsparung und elektrischem Energiebedarf weitgehend vergleichbar sind. Das Strom/Wärmeverhältnis ist aufgrund der längeren Laufzeiten außerhalb der Heizperiode deutlich schlechter als bei der Be-

und Entlüftung der Produktions- und Lagerhalle. Das Abluftsystem mit Wärmepumpe weist bei nahezu gleicher Wärmeinsparung einen insgesamt niedrigeren elektrischen Energiebedarf auf. Weiterhin sind die Investitionskosten deutlich geringer. Sowohl aus Sicht der Primärenergiebilanz als auch aus Sicht der Investitionskosten ist daher das Abluftsystem eindeutig zu bevorzugen. In der Praxis muss dabei vor allem die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe überzeugen. Um Zuglufterscheinungen bei hohen Luftmengen zu vermeiden erfolgt die Zuluftführung durch die Außenwand und über einen Zuluftkasten. Dadurch wird die Zuluft vorgewärmt und es können die tagsüber erforderlichen Zuluftöffnungen nachts wieder elektromotorisch geschlossen werden.

Verbraucher	Energiebedarf [MWh/a]
Lüftung	23
Sonstige	12
Beleuchtung	70
<b>Σ Gebäudetechnik</b>	<b>105</b>
Grundlast Produktion	15
Betrieb Produktion	25
Betrieb Büro	15
<b>Σ Nutzung</b>	<b>55</b>
<b>Gesamt</b>	<b>160</b>

Tab. 4: Zusammenstellung der elektrischen Verbraucher.

## Tageslichtnutzung und Beleuchtung

Die Produktionshalle erreicht durch die Oberlichter einen Tageslichtquotienten im Mittel von 3%, so dass hier eine an die Erfordernisse angepasste Tageslichtversorgung vorliegt. Es erfolgt eine automatische, tageslichtabhängige Dimmung der Beleuchtung durch eine Außenhelligkeitssteuerung. Durch die Steuerung der Dimmung mit einem Außenhelligkeitssensor werden zum einen die Kosten gegenüber einer dezentralen Regelung reduziert, zum anderen eine Abhängigkeit der Fühler von den Reflexionseigenschaften der Oberflächen im Innenraum vermieden. Die Büros haben eine gute Versorgung mit Tageslicht (Tageslichtquotient im Bereich der Arbeitsplätze im Mittel 4.5%, Tageslichtautonomie: 77% in 0,75 m Raumtiefe, 47% in 2,75m Raumtiefe), es wird wie in der Produktionshalle eine Gruppierung der Beleuchtung mit einer tageslichtabhängigen Steuerung und Dimmung vorgesehen.

## Strombedarf

Schon jetzt wird ein Großteil der elektrischen Energie (ca. 55%) zur Beleuchtung und EDV/Kommunikation benötigt. Für den Bereich der elektrischen Energieversor-

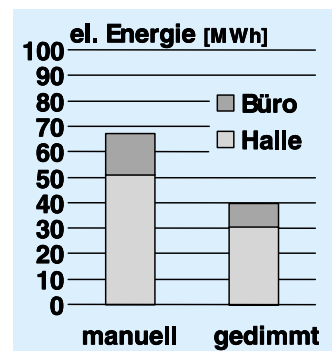


Abb. 8: Strombedarf für Beleuchtung.

derung werden daher vorrangig „konventionelle“ Energiesparmaßnahmen durchgeführt. Hierzu zählen die Beleuchtungssteuerung, TL5-Leuchtstoffröhren, Flachbildschirme, energiesparende Antriebe für Pumpen und Ventilatoren sowie ein energiesparender Betrieb der EDV-Systeme. Durch eine Vakuumentwässerung wird der Wasserbedarf um 80% gegenüber einer herkömmlichen Entwässerung reduziert. Die restlichen Abwässer werden in die städtische Kanalisation eingeleitet, da die Klärschlämme in einem BHKW weiterverarbeitet werden.

## Solare Energieversorgung

Die Wärmeversorgung erfolgt über ein Rapsöl-BHKW (180 MWh/a), eine Kollektoranlage (20 MWh/a) und durch die Abwärme aus der Entwicklungsabteilung (20 MWh). Der Strombedarf

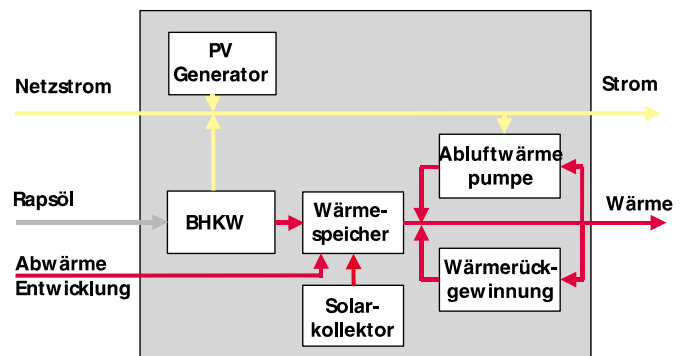


Abb. 9: Energieversorgungsschema des Gebäudes.

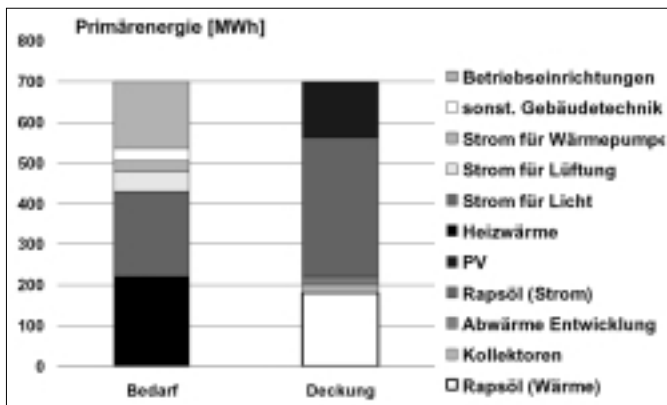


Abb. 10: Primärenergiebilanz des Gebäudes.

wird über eine 60 kWp PV-Anlage (45 MWh/a) und über das Rapsöl-BHKW (115 MWh) gedeckt. Damit wird eine Energieversorgung durch regenerative Energiequellen erreicht. Der Primärenergiebedarf für Wärme und Strom beträgt 700 MWh/a, das sind 90 kWh/m<sup>2</sup> a. Durch die Kollektoranlage und den PV-Generator wird ein solarer Deckungsbeitrag von 22% erreicht. Ein weiterer Ausbau der photovoltaischen Stromerzeugung wird sowohl ökonomisch als auch durch die Leichtbaukonstruktion der Halle begrenzt.

Die im Gebäude aufgestellten, nicht gedämmten Sprinklertanks dienen als Pufferspeicher für eine 150 m<sup>2</sup> Kollektoranlage und damit als Niedertemperaturstrahlungsheizung. Die Abwärme aus den Brennern des Entwicklungsbereiches werden über eine Sammel-schiene dem Pufferspeicher des Rapsöl-BHKW zugeführt. Die Abwärme der EDV-Zentrale dient im Winter als Heizungsunterstützung der Lagerhalle, im Sommer kommt hier ein Umluftkühler zum Einsatz. Bei den heutigen Produktionsbedingungen für Rapsöl werden 36 t CO<sub>2</sub>/a emittiert. Für eine im strengen Sinne CO<sub>2</sub>-neutrale Energie-

versorgung wäre eine z.Zt. unrealistische Reduktion des spezifischen elektrischen Energiebedarfs von 20 kWh/m<sup>2</sup>a auf 12,5 kWh/m<sup>2</sup>a notwendig oder eine Ausweitung der photovoltaischen Stromerzeugung von 45 MWh/a auf 100 MWh/a. Bezogen auf den Energiebedarf für die Gebäudetechnik wird bereits heute eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung erreicht.

Die Zielwerte von 40 kWh/m<sup>2</sup>a Heizwärmebedarf und 20 kWh/m<sup>2</sup>a Strombedarf für Gebäudetechnik werden deutlich unterschritten, der Primärenergiebedarf liegt bei 90 kWh/m<sup>2</sup>a. Durch einen sehr guten Wärmeschutz und die konsequente Planung und den Einsatz einer Gebäudetechnik mit geringem Stromverbrauch kann das neue Produktionsgebäude der Firma Solvis vollständig aus regenerativen Energiequellen versorgt werden und wird bei einer zukünftigen CO<sub>2</sub>-neutralen Rapsölproduktion zu einer Nullemissionsfabrik. Durch die Minimierung auch des Bedarfs an regenerativen Energiequellen wird die Solvis Nullemissionsfabrik zu einem Vorbild für eine zukunftsfähige Energieversorgung von Gebäuden.

**Sebastian Herkel**



## Passivhaus Seminare

September – November 2002

Darmstadt, Kassel, München

### Intensivseminare

**Gestaltungsgrundlagen kostengünstiger Passivhäuser**

18.09.2002, Kassel  
11.10.2002, Darmstadt  
24.10.2002, München

### Passivhaus-Projektierungs-Paket 2002

19.09.2002, Kassel  
12.10.2002, Darmstadt  
25.10.2002, München

### Workshops

**Passivhaus-Projektierungs-Paket 2002**

29. + 30.11.2002, Darmstadt  
**Haustechnik im Passivhaus**  
08. + 09.11.2002, München  
15. + 16.11.2002, Darmstadt

Anmeldung & Informationen unter [www.passivhaus-info.de](http://www.passivhaus-info.de)

Passivhaus Dienstleistung GmbH  
Rheinstr. 44/46  
64283 Darmstadt  
Tel.: 0 61 51/39 94 99-0  
Fax: 0 61 51/39 94 99-11  
e-mail: tagungsbuero@passivhaus-info.de



Passivhaus Dienstleistung GmbH



Passivhaus Institut Darmstadt



Ingenieurbüro ebök Tübingen



Bauzentrum München

ökonomisch, ökologisch, nachhaltig