

Solarsiedlung am Ohrberg

von Klaus Vanoli,
Dirk Christoffers,
Gunter Rockendorf und
Reinhard Kranz

Überblick

Die Solarsiedlung am Ohrberg demonstriert als registriertes Regionalprojekt der EXPO 2000, wie ein integriertes Energiekonzept – bestehend aus umfassender Energieberatung, Einsatz moderner Energietechnologien und einem Nutz-Energie-Dienstleistungsangebot der Energieversorger – einen substantiellen Beitrag zur Ressourcenschonung und zur Reduzierung der klimarelevanten Umweltbelastung leisten kann. Das regionale Energieversorgungsunternehmen Wesertal GmbH wird innovative, erprobte, kostengünstige, rationelle und regenerative Energieversorgungstechniken in den 82 solaren Niedrigenergiehäusern dieser Siedlung installieren und die Wärmeversorgung im Rahmen eines Wärmedienstleistungskonzeptes übernehmen.

As an officially approved regional project of the EXPO 2000, the Ohrberg Solar Village will demonstrate an integrated energy concept – combining customer information and counseling, modern energy technologies and energy services rendered by utilities – which reduces the consumption of conventional energy resources and the CO₂-emissions. The local utility Wesertal GmbH will equip the 82 low-energy solar houses of the village with reliable, cost-effective and innovative energy technologies and will provide energy services on the basis of a user-friendly contract.

1. Allgemeiner Rahmen des Projekts

Im Jahr 2000 findet die Weltausstellung in Hannover statt. Unter dem Thema der EXPO 2000 „Mensch – Natur – Technik“ werden in einigen der ihr angegliederten regionalen Projekten innovative Konzepte für erneuerbare Energien und rationelle Energieverwendung den Besuchern und Experten aus der ganzen Welt vorgestellt.

Die in einem ländlichen Umfeld gelegene Solarsiedlung am Ohrberg¹ ist eines der wichtigsten dieser regionalen EXPO-Projekte. In dieser Siedlung werden Konzepte der rationellen Energieverwendung und die Nutzung der Solarenergie konsequent eingesetzt, um die negativen Effekte des konventionellen Energieeinsatzes um mehr als 50 % zurückzudrängen. Es soll beispielhaft gezeigt werden, wie der Bau-sektor im Sinne des nachhaltigen Wirtschaftens (weniger energetische

Umweltbelastungen) technisch weiterentwickelt werden kann.

2. Bauleitplanung

Die Bauleitplanung wurde nach solartechnischen Aspekten in enger Kooperation mit dem ISFH durchgeführt. **Abbildung 1** zeigt den aktuellen Bauplanungsplan. Als erstes wichtiges Merkmal erkennt man, daß die Gebäude ohne gegenseitige Beschattung angeordnet und mit der jeweiligen Hauptfassade mit geringen Abweichungen nach Süden ausgerichtet wurden. Dies ist die Grundvoraussetzung für spätere passiv-solare Architekturentwürfe mit hohem passiven Energiegewinn. Ferner sind die Straßen gekrümmt, um Windschneisen mit hoher lokaler Windgeschwindigkeit zu vermeiden.

3. Innovative Aspekte

Um der Herausforderung des anspruchsvollen EXPO-Themas: „Mensch – Natur – Technik“ an der Schwelle zum dritten Jahrtausend gerecht zu werden, müssen innovative Energieversorgungskonzepte über die einfache Demonstration des erreichten Standes der Technik hinausgehen. Ein umfassendes, in sich geschlossenes Projekt muß überkommene, lineare, eindimensionale Denken überwinden, indem es Lösungsansätze aus verschiedenen Bereichen zusammenführt. Deshalb integriert dieses Projekt die folgenden drei komplementären Bereiche:

- Gebäudebezogene Beratung, konzeptionelle Unterstützung und Qualitätsmanagement für solarspezifische Niedrigenergiehäuser mit einem maximalen Heizenergiebedarf von 60 kWh/m² pro Jahr.
- Innovative Technologien zur Deckung des Wärmebedarfs:
 - 2-stufiger Wärmepumpen-Prozeß kombiniert mit einem Nahwärme-konzept (Jahresarbeitszahl 3,7 – 4),

Dr.-Ing. Klaus Vanoli, Dr. rer.nat Dirk Christoffers und Dipl.-Ing. Gunter Rockendorf sind Gruppenleiter in der Abteilung Systemtechnik von Solarenergieanlagen am Institut für Solarenergieforschung GmbH Hameln / Emmerthal (ISFH), Emmerthal.

Dipl.-Ing. Reinhard Kranz ist Leiter der Abteilung Energieberatung/Energiekonzepte der Elektrizitätswerke Wesertal GmbH, Hameln.

¹ errichtet in der Gemeinde Emmerthal (10 km südlich von Hameln und 60 km südwestlich von Hannover) unter Mitwirkung des in unmittelbarer Nachbarschaft befindlichen ISFH. Die Ergebnisse früherer vom ISFH durchgeführter Projekte fließen in die Planung und Realisierung der Siedlung ein.

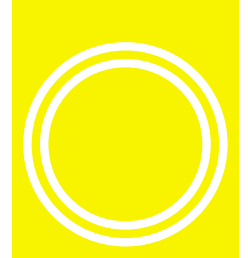


Abbildung 1: Solarsiedlung am Ohrberg: Konzept des Bebauungsplans

- solare Warmwasser-Bereitung mit einem Deckungsanteil von mindestens 60 %,
- mechanische Belüftungssysteme mit integrierter Wärmerückgewinnung.

- Kundenorientierte Energiedienstleistung: Hierfür wird der regionale Energieversorger den Kunden zwei alternative Versorgungslösungen vorgeschlagen:

- Versorgung mit Niedertemperaturwärme von 12 °C über das Nahwärmenetz, kombiniert mit individuellem Management von Installation und Betrieb der haustechnischen Anlagen, welche eine solare Warmwasserbereitung, eine Wärmerückgewinnung (WRG) und eine zweite Stufe der Wärmepumpe beinhalten.
- Komplett-Installation und Betrieb der haustechnischen Anlagen, kombiniert mit dem Bezug von Nutzwärme vom regionalen Energieversorger.

3.1 Verpflichtung der Bauherren zur Errichtung solar-spezifischer Niedrigenergiehäuser

In dem neuen Wohnbaugebiet werden auf einem Areal von ca. 60.000 m² insgesamt 82 Einfamilienhäuser errichtet.

Der Bau der Gebäude begann im Sommer 1997 (Abbildung 2). Im Bebauungsplan wurde die Zielsetzung zur Einhaltung des Niedrigenergiehaus-Wärmedämmstandards festgehalten. In privatrechtlichen Ergänzungen zu den Kaufverträgen verpflichteten sich die Bauherren zur Errichtung von solar-spezifischen Niedrigenergiehäusern, deren Heizenergiebedarf einen Maximalwert von 60 kWh/m² pro Jahr nicht überschreitet². Tabelle 1 spezifiziert den Wärmebedarfs-Basis-Fall nach Wärmeschutzverordnung 1995 (WSVo '95) für die gesamte Siedlung, wobei die Gebäudestruktur nach B-Plan zugrunde gelegt wurde. Die geforderte Reduktion der Heizwärme entspricht den für 1998/99 in Deutschland erwarteten verschärften Richtlinien (Energiesparverordnung 2000).

Gebäudebezogene Beratung, konzeptionelle Unterstützung und Qualitätsmanagement

Zur Absicherung der praktischen Umsetzung der oben genannten Ziele, von denen die heutige Baupraxis noch sehr weit entfernt ist, wird ein Beratungsdienst angeboten:

- Während der Planungsphase der einzelnen Gebäude werden die Bauherren, Architekten und Bauunternehmer hinsichtlich der architektoni-

schen Anforderungen und Möglichkeiten der passiv-solaren Energieausnutzung konzeptionell beraten. Die Beratung umfaßt u. a. folgende Themen:

- Beratung hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes,
- Berechnung des Raumheizungs-Wärmebedarfs nach international anerkannten Methoden, wie z. B. DIN EN 832 oder ISO 9.164, und Überprüfung hinsichtlich der Maximalwerte in der Siedlung,
- klare Vereinbarung und Definition der Schnittstellen und Grenzen für die Berechnung der Wärmeflüsse und der Wärmelast; konsistente Definition der beheizten Wohnfläche,
- Unterstützung bei der Planung der Luftkanalsysteme und Kanalführungen, einschließlich der Technik für Hochleistungs-Wärmerückgewinnung.

- Während der Bauphase wird die Qualität der Bauausführung in-situ kontrolliert, um „Fehler und Pusch am Bau“ zu verhindern. Dabei wird besonderes Augenmerk auf Schwachpunkte gelegt, die häufig bei der Ausführung von Wärmedämmungen, Dampfsperren, Anschlüssen und Kältebrücken zwischen verschiedenen Bauteilen auftreten. Auf Einhaltung dieser Punkte, insbesondere bei Änderungen der Planung während der Bauausführung, wird geachtet.

- Abnahmetests der Gebäude³, wie z. B. Blower Door Tests zur Prüfung der Luft- und Winddichtigkeit.

3.2 Innovative Technologien zur Deckung des Wärmebedarfs

Obwohl die genannten Maßnahmen zur Wärmedämmung und zur Nutzung passiv-solarer Gewinne den Wärmebedarf erheblich reduzieren, wird

² Dieser ist um 33% niedriger als in den aktuellen deutschen Richtlinien. Hierin variieren die Wärmebedarfszahlen je nach A/V-Verhältnis zwischen 80 und 100 kWh/(m²a). Im Gegensatz zur sogenannten „Wärmebedarfszahl“ nach Wärmeschutzverordnung 1995 ist der projektierte Wert von 60 kWh/(m²a) eine absolute Obergrenze für den Heizenergiebedarf.

³ werden von Mitarbeitern des ISFH durchgeführt.

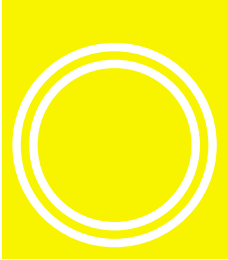


Abbildung 2: Siedlungsareal mit abgeschlossenen Erschließungsarbeiten bei Beginn der Bautätigkeit (September 1997)

Tabelle 1: Wärmebedarf der Siedlung nach WSVo '95 (Basis-Fall)

| Gebäude | | | WSchVO '95 | | Jahres Heizenergie |
|---------------|--------|------------------------------|------------|--|-------------------------|
| Gebäude Typ | Anzahl | Wohnfläche [m ²] | AV 1/m | Q _{RH} [kWh/m ² a] | Q _{RH} [kWh/a] |
| EF 1 incl. HR | 10 | 140 | 0,38 | 88,1 | 123.340 |
| EF 1 excl. HR | 11 | 140 | 0,38 | 88,1 | 135.674 |
| EF 2 incl. HR | 10 | 170 | 0,78 | 85,4 | 145.180 |
| EF 2 excl. HR | 11 | 170 | 0,78 | 85,4 | 159.698 |
| DH incl. HR | 9 | 130 | 0,35 | 71,9 | 84.123 |
| DH excl. HR | 9 | 130 | 0,35 | 71,9 | 84.123 |
| RH incl. HR | 11 | 110 | 0,35 | 71,9 | 86.999 |
| RH excl. HR | 11 | 110 | 0,35 | 71,9 | 86.999 |
| Mittelwert | | 137 | | 80,6 | |
| Summe | 82 | 11.270 m ² | | | 906 MWh |

ein verbleibender Teil durch andere Technologien gedeckt werden müssen. Eine der größten Herausforderungen ist die saisonale Speicherung von Solarenergie auf einem für die Raumheizungsversorgung ausreichend hohem Temperaturniveau. Pläne hierfür wurden jedoch wegen der volumenbezogenen Wärmeverluste verworfen, da der Speicher aufgrund des relativ geringen Wärmebedarfs zu klein ist. Ähnlich verhält es sich mit der saisonalen Speicherung auf niedrigerem Temperaturniveau, welche in separaten Studien in Verbindung mit einem Wärmepumpenkonzept eingehend untersucht wurde. Auf Grund der lokalen hydro-geologischen Bedingungen mußten die kostengünstigen

Varianten eines Sonden-Speichers in den höheren Lagen des hinter dem Siedlungsareal gelegenen Ohrbergs verworfen werden. Die alternativen Möglichkeiten eines Kies-Wasser-Aquiferspeichers direkt neben dem Baugebiet erwiesen sich als zu teuer, da die hohe Grundwasserströmung einerseits eine Abschottung erfordert und der geringe Flurabstand des Grundwassers andererseits eine sehr flache Bauform mit aufwendigen Wärmedämm-Maßnahmen bedingt hätte.

Trotzdem wird das Ziel der Solarenergienutzung erreicht. Da die konventionelle Wärmelast durch passiv-solare Gewinne, Dämm-Maßnahmen und Wärmerückgewinnung aus der Ab-

luft stark reduziert wird, steigt der relative Anteil der Warmwasserbereitung durch Solarkollektoren an.

Insgesamt wird die Wärmeversorgung der Siedlung durch eine innovative Kombination von drei Einzeltechnologien gedeckt, deren Zusammenspiel in den Abbildungen 3 und 6 dargestellt ist und in den folgenden drei Abschnitten erläutert wird.

3.2.1 „Kalte“ Nahwärme mit 2-Stufen-Wärmepumpenprozeß

Die Solarsiedlung am Ohrberg wird durch ein Niedertemperatur-Nahwärmenetz mit einem 2-Stufen-Wärmepumpenprozeß versorgt. [Abbildung 3](#) zeigt das Niedertemperatur-Nahwärmenetz zusammen mit der zentralen Wärmepumpe (WP), die der Weser Umweltwärme entnimmt und auf eine Temperatur von 12°C anhebt. Basierend auf einer 5-jährigen Untersuchung der Weserwassertemperaturen ([Abbildung 4](#)) wurde eine jährliche Arbeitszahl von 3,7 bis 4 ermittelt. Dies zeigt, daß ein ganzjähriger WP-Betrieb zur Wärmeversorgung der Siedlung möglich ist. Eine der bemerkenswertesten Merkmale dieses WP-Konzepts ist die innovative Modifikation von markt-gängigen Komponenten der ersten WP-Stufe, um den Betrieb des Verdichters auf Niederdruckbetriebsbedingungen anzupassen. Mit den so erzielten niederen Kondensationstemperaturen lassen sich hohe Arbeitszahlen der ersten WP-Stufe erreichen, die in der Größenordnung von 10 bis 13 liegen.

Das „kalte“-Nahwärmenetz, zusammen mit der erforderlichen Infrastruktur, wird von Wesertal GmbH installiert. Wegen der niedrigen Betriebstemperatur von 12°C braucht das in ca. 1 m Tiefe verlegte Rohr keine Wärmedämmung, so daß kostengünstige Rohrverlegetechniken eingesetzt werden können ([Abbildung 5](#)).

Die Niedertemperaturwärme wird über das Nahwärmenetz den 82 Gebäuden zugeführt. In der 2. Stufe heben dezentrale Wärmepumpen die Temperatur auf 45-55°C an. Aus Umweltgründen wird in diesen dezentralen Wärmepumpen ausschließlich das klimaneutrale, FCKW-freie R290 (Propan) eingesetzt. Die Nennleistung die-

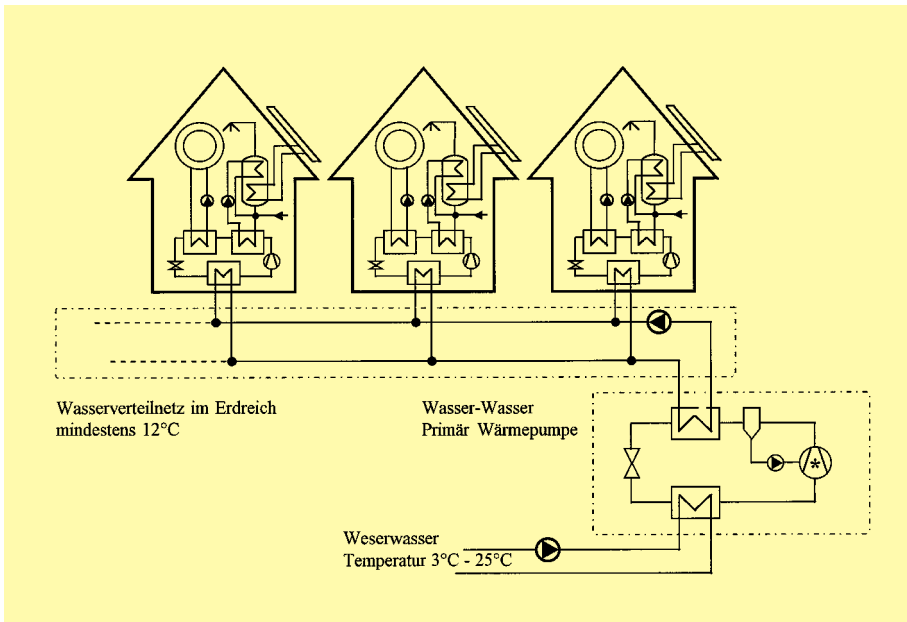
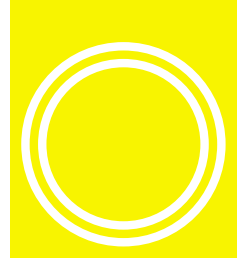


Abbildung 3: Schaltschema des Niedertemperatur-Nahwärmenetzes



Abbildung 5: Kostengünstige Rohrverlegetechniken des Niedertemperatur-Nahwärmenetzes

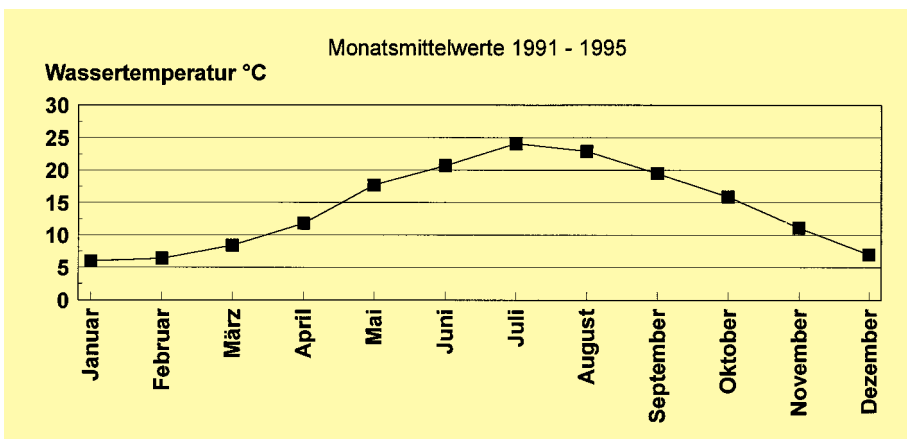


Abbildung 4: Weserwassertemperaturen

ser Aggregate wird dem Heizbedarf der Gebäude angepaßt.

Abbildung 6 zeigt die Haustechnik in den einzelnen Gebäuden. Um die relativ geringe Nennleistung der zweiten WP-Stufe an die Heiz-Leistungsspitzen in den Gebäuden sowie an die Komfortansprüche der Bewohner anzupassen, werden 400 Liter-Warmwasserspeicher eingesetzt. Dadurch wird der elektrische Leistungsbedarf sehr stark verringert. Um die elektrische Leistungsanforderung weiter zu reduzieren, sollen die dezentralen DDC-Regelgeräte mit einem Zentralrechner so integriert werden, daß der individuelle Heiz- bzw. Warmwasserbedarf der Gebäude, die verfügbare Solareinstrahlung und die passiven Gewinne opti-

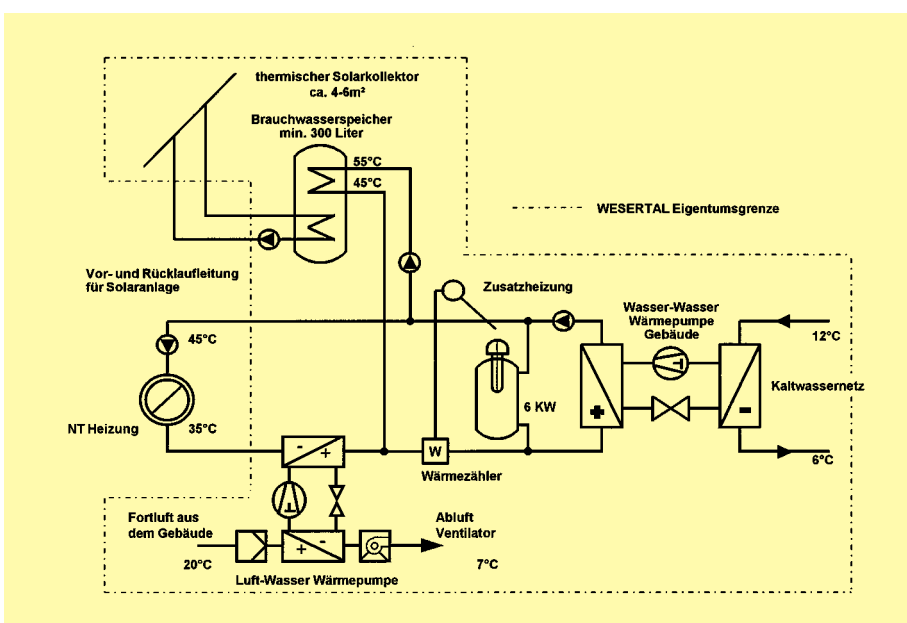
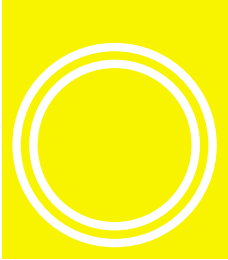


Abbildung 6: Schaltschema der Haustechnik in den einzelnen Gebäuden, bestehend aus der Übergabestation an die Nahwärme, der zweiten Stufe der Wärmepumpe, der Speicherung zum Lastmanagement zur Deckung von Lastspitzen der Warmwasserversorgung, dem Anschluß der Solarkollektoren an den Warmwasserspeicher und dem Anschluß an das Niedertemperatur-Raumheizsystem sowie die optionale Wärmerückgewinnung aus der Abluft. Die Eigentumsgränze der vom regionalen Energieversorger Wesertal GmbH installierten Geräte ist eingezeichnet.



mal miteinander abgestimmt werden. Um den Aufwand für Installation und Anschluß so gering wie möglich zu halten, wird die gesamte WP-Technik inklusive Kompressor, Warmwasserspeicher, Wärmetauscher, Pumpen und Steuergeräte als sogenanntes „Plug & Heat-Modul“ vorgefertigt.

3.2.2 Dezentrale solare Warmwasseranlagen

Die Technologie der solaren Warmwasserbereitung hat in den letzten Jahren ein sehr hohes Maß an technischer Qualität, funktioneller Zuverlässigkeit und energetischem Ertrag erreicht. Ferner nimmt der Anteil der zur Warmwasserbereitung erforderlichen Wärme, bezogen auf den gesamten Wärmebedarf eines Wohnhauses, im Zuge der Energiesparmaßnahmen laufend zu⁴.

Die Installation dezentraler solarer Warmwasseranlagen ist für alle 82 Häuser der Siedlung vorgeschrieben. Die Anlagenkosten werden durch die folgenden drei Maßnahmen erheblich reduziert:

- Da der Speicher im WP-Konzept eingebunden ist, werden gegenüber einer normalen Warmwasserbereitung lediglich die folgenden Zusatzkomponenten für die Solaranlage benötigt: Kollektor, Rohrleitungen, Pumpengruppe und Regelung.
- Die Beschaffung der Solaranlagen erfolgt im Rahmen eines organisierten Sammeleinkaufs durch die Wesertal GmbH in Zusammenarbeit mit dem ISFH. Der Beschaffungsprozeß beinhaltet unter anderem die Auswahl von Herstellern sowie ein Installationsabkommen mit ausgewählten Installateuren. Die Auswahl erfolgt, sobald die Detailplanung der Anlagen abgeschlossen ist. Der Einkauf wird in nicht mehr als vier Lose aufgeteilt, um den Abwechslungsreichtum der Anlagen nicht zu teuer werden zu lassen.
- Die Rationalisierung der Anlageninstallation trägt ebenfalls zu einer Kostenminimierung bei.

Die Solaranlagen werden für einen jährlichen Deckungsanteil von mindestens 60 % ausgelegt. Da bei diesem hohen Anteil nahezu der gesamte Warmwasserbedarf im Sommer und in den son-

nenreichen Perioden der Übergangszeit durch die Kollektoren gedeckt wird, kann der Betrieb des Nahwärmenetzes in diesen Perioden eingestellt werden. Dies steigert die Effizienz der Anlagen und mindert die Betriebskosten.

- Um bei der großen Anzahl von Solaranlagen einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, werden im ISFH entwickelte, neuartige Kontrollalgorithmen zur Funktionsüberwachung in die Geräte zur Datenerfassung und Ferndatenübertragung integriert⁵.

3.2.3 Mechanische Belüftungssysteme mit integrierter Wärmerückgewinnung

Neben den Transmissionsverlusten und der Wärmelast für die Warmwasserbereitung spielt der Lüftungswärmebedarf eine immer größere Rolle. Um eine ausreichende Belüftung der sehr luftdichten Niedrigenergiehäuser zu gewährleisten, bieten sich mechanische Lüftungsanlagen an. Dies eröffnet die Möglichkeit, einen Großteil der Wärme der verbrauchten Raumluft zurückzugewinnen. Deshalb werden den Bauherren Geräte und Anlagen zur Wärmerückgewinnung angeboten. Hierbei kommen unterschiedliche Techniken zum Einsatz, sowohl Kreuzstromwärmetauscher zur Vorwärmung der Frischluft als auch Anlagen mit Wärmepumpen.

Das Kanalnetz der Belüftungssysteme leitet frische Außenluft in die Wohnräume (Zuluft) und saugt verbrauchte Luft aus den am meisten belasteten Räumen wie Küche, Bad und Toiletten ab (Abluft). Im Dienstleistungskonzept der Wesertal GmbH ist eine kleine Luft-Wasser-Wärmepumpe vorgesehen, die die zurückgewonnene Wärme einem Warmwasser-Heizsystem zuführt, d. h. die sensible und latente Wärme der Abluft wird durch einen Hochleistungs-Kreuzstromwärmetauscher im Wärmeversorgungsblock zurückgewonnen. Derartige Untersysteme sind als Zusatzgeräte modulartig konzipiert, so daß sie in den vorgefertigten Wärmeversorgungsblock mit geringem Aufwand installiert werden können.

3.3 Klimarelevanz

Abbildung 7 ist ein Energieflußdiagramm für die in der Solarsiedlung

am Ohrberg eingesetzten Energien. Ergänzend hierzu präsentiert [Abbildung 8](#) die Klimarelevanz anhand eines CO₂-Flußdiagramms. Dieses zeigt deutlich, daß insgesamt eine CO₂-Reduktion von mehr als 50 % möglich ist.

Der Beitrag der einzelnen Technologien zur Energie-Einsparung und Substitution sowie zur Reduktion der CO₂-Emissionen ist in einem Balkendiagramm ([Abbildung 9](#)) aufgezeigt. Die jeweils abgeschnittenen Balkenteile verdeutlichen die Effekte jeder Einzelmaßnahme.

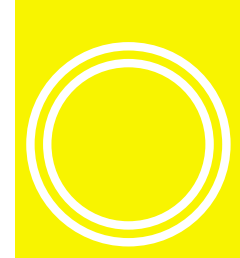
Das untere Balkendiagramm zeigt die schrittweise Verminderung der CO₂-Emissionen relativ zu dem mit 100 % angenommenen Basisfall, der einer Standardsiedlung (nach WSVo 1995) mit Gasbrennwert-Wärmeversorgung entspricht.

3.4 Kundenorientierte Energiedienstleistung

Die technischen und energetischen Vorteile der beschriebenen innovativen Konzepte und Verfahren müßten an sich jeden Bauherren überzeugen. Dennoch ist der durchschnittliche Bauherr, Hauseigentümer oder Bauunternehmer in zunehmendem Maße überfordert, sich zugunsten ihres Einsatzes zu entscheiden. Die Ursachen dafür sind die zunehmende technische Komplexität der Anlagen, Ängste bezüglich der in Frage gestellten Zuverlässigkeit, Unsicherheit bei der Einschätzung der Kompetenz der Installateure und des Wartungspersonals,

⁴ In der Solarsiedlung am Ohrberg beträgt der prognostizierte Anteil an der Warmwassererwärmung 30 % (225 kWh/m² pro Jahr), bezogen auf eine thermische Gesamtlast von 530+225 kWh/m² pro Jahr (siehe [Abbildung 7](#)).

⁵ Im Rahmen eines Unterauftrags führt das ISFH die individuelle Systemplanung der solaren Warmwasseranlagen durch, ist bei der Typenplanung für Einfamilienhäuser und bei der Auswahl der Komponenten beteiligt, unterstützt den Sammeleinkauf der solaren Warmwasseranlagen, plant die Integration, Vormontage, Montage und Installation des Wärmeversorgungssystems in die Gebäude, stellt Standardregel- und Steuerungsgeräte für die Funktionsüberwachung bereit und führt die Funktionsüberwachung durch.



sowie nicht zuletzt die relativ hohen Kosten. Alles dies zusammen begrenzt ihre Akzeptanz und damit die rasche Markterschließung. Deshalb hat sich

das regionale Versorgungsunternehmen Wesertal GmbH entschlossen, als kundenorientierte Dienstleistung den WärmeDirektService anzubieten, um

die oben genannten Probleme der „Individual-Umsetzung“ zu umgehen.

Im Rahmen des WärmeDirektService wird das gesamte Wärmeerzeugungssystem eines Gebäudes von der Wesertal GmbH installiert und betrieben. Dieses System umfaßt die Wärmepumpen, die Solaranlagen, die Wärmerückgewinnung sowie die erforderliche Infrastruktur zur Steuerung, Funktionskontrolle, Wärmeerfassung und deren Wartung. Verkauft wird dem Hauseigentümer die Wärme als Nutzenergie im Rahmen eines Contracting Modells. Auf Grund der bei ähnlichen Dienstleistungskonzepten gemachten Erfahrungen wird auch hier dem Kunden eine gewisse Wahlfreiheit und Flexibilität ermöglicht. Obwohl alle Bauherren und Eigentümer zum Anschluß an das Nahwärmenetz verpflichtet sind, haben sie zwei Optionen für den Bezug von Wärme:

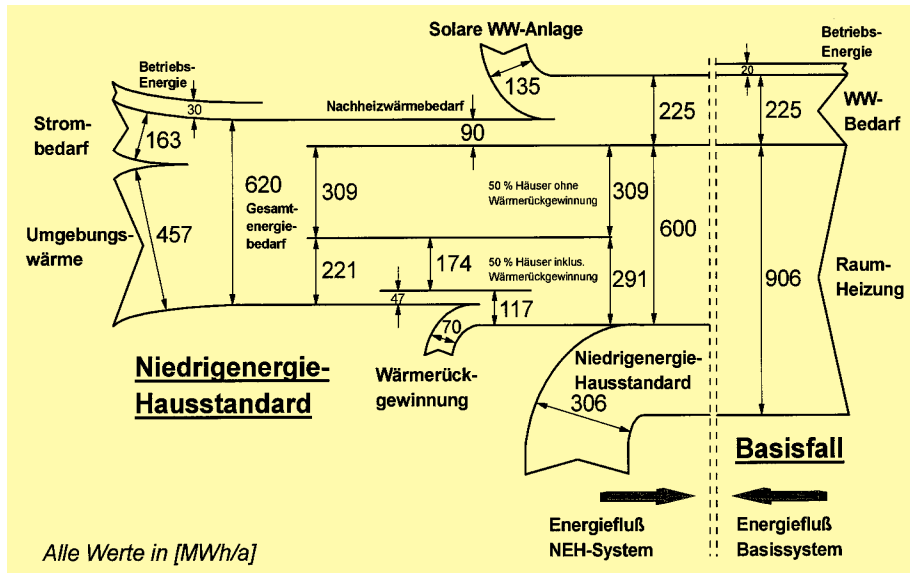


Abbildung 7: Die Energieflüsse der gesamten Siedlung (Basisfall) beginnen rechts im Diagramm und reichen bis zur gepunkteten Linie; sie bestehen aus der Last für Raumheizung (906 MWh/a) und Warmwasser (225 MWh/a). Der Raumheizungs-Wärmebedarf für die Niedrigenergiehäuser beträgt 600 MWh/a (82 Häuser à 137 m²/Haus und 53.4 kWh/m²a). Dieser besteht aus der Heizlast der Häuser ohne (50%) und mit (50%) Wärmerückgewinnung (309 MWh/a bzw. 291 MWh/a). Bei der Wärmerückgewinnung entfallen 60% der Heizlast auf den Transmissionsverlust (174 MWh/a) und 40% auf den Lüftungsverlust (117 MWh/a), von dem wiederum 70 MWh/a durch Wärmerückgewinnung eingespart werden (Wärmerückgewinnungsfaktor 60%). Bei der Warmwasserbereitung werden 135 MWh/a durch Solarenergie gedeckt (60% solarer Anteil) und 90 MWh/a müssen zusätzlich aufgebracht werden. Das Strom- und das Nahwärmenetz müssen insgesamt 620 MWh/a liefern. Ein Wärmepumpenkompressor mit einer Jahresarbeitszahl von 3,8 benötigt hierfür 163 MWh/a an elektrischer Energie. Der Betrieb des Nahwärmenetzes und der sekundären Betriebstechnik erfordert 30 MWh/a.

- Bezug von Niedertemperaturwärme direkt aus dem Nahwärmenetz in Verbindung mit der Installation und dem Betrieb einer eigenen Wärmepumpenheizung und Solaranlage (Pflicht), wobei technische Auflagen erfüllt werden müssen bezüglich Arbeitszahl und Arbeitsmedium (kein FCKW) sowie bezüglich des solaren Deckungsgrades;
- Bezug von Wärme als Nutz-Energie von der Wesertal GmbH, die im Gegenzug alle Anlagen installiert, betriebsbereit hält und wartet (inklusive Anlagenersatz am Ende der technischen Lebensdauer).

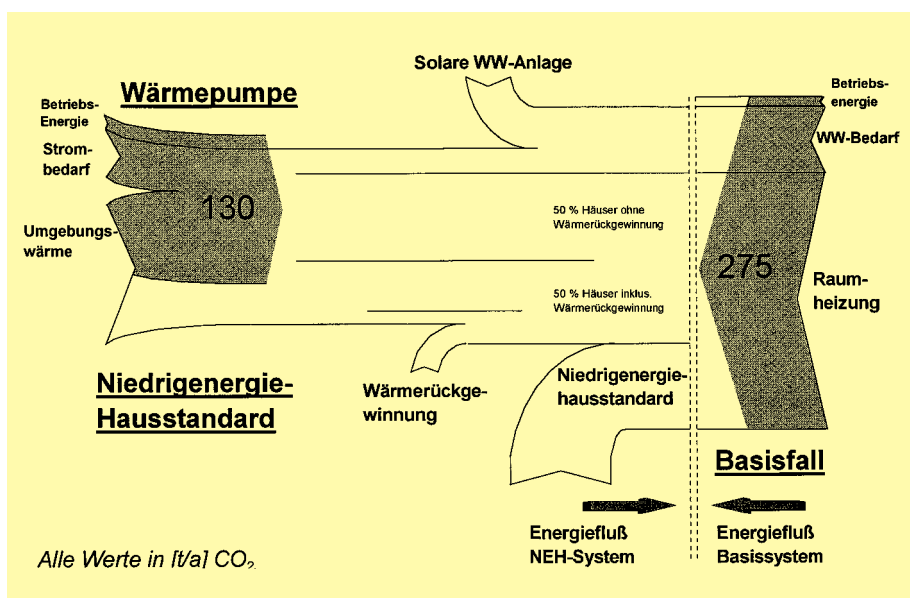


Abbildung 8: Die Wärmelast der gesamten Siedlung (Basisfall, siehe Abbildung 7) beträgt 1.131 MWh/a und wurde in ein CO₂-Äquivalent von 262 t/a konvertiert (nach GEMIS-Tabellen mit einem Konversionsfaktor von 233 g/kWh für ein Referenzheizsystem mit Gasbrennwert-Technik). Das CO₂-Äquivalent erhöht sich um 13 t/a auf 275 t/a, wenn die Betriebsenergie der konventionellen Komponenten (Pumpen, Regler, etc.) mit 20,5 MWh/a berücksichtigt wird. Der gesamte Elektrizitätsbedarf zur Deckung der Restwärmelast der Solarsiedlung am Ohrberg beträgt 193 MWh/a und wurde in ein CO₂-Äquivalent von 130 t/a mit einem Konversionsfaktor von 650 g/kWh für den westdeutschen Elektrizitäts-Mix umgerechnet.

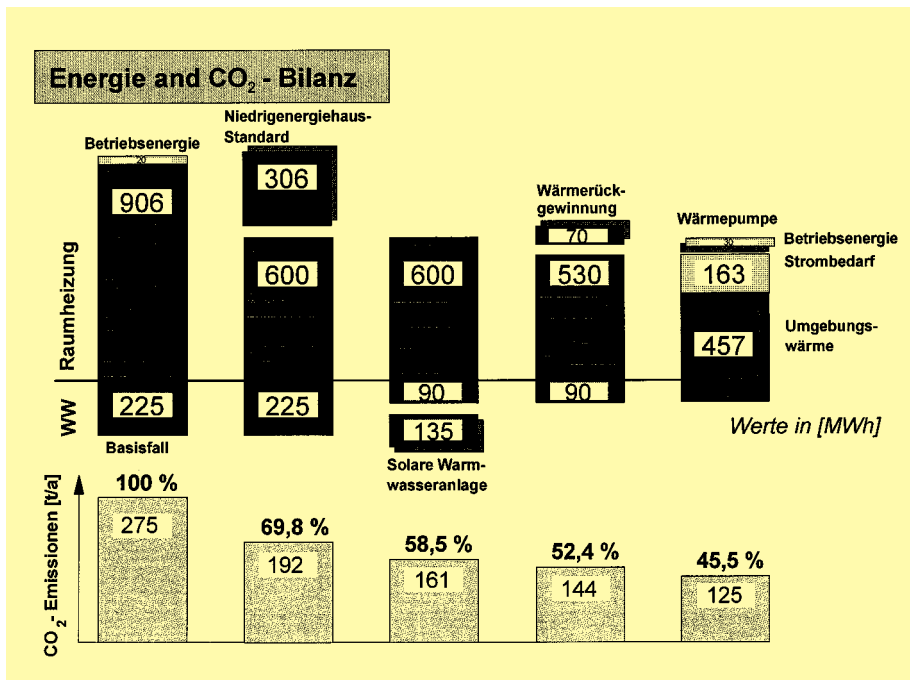
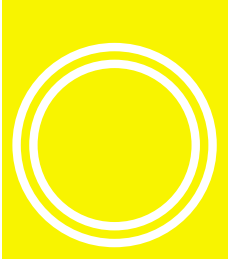


Abbildung 9: Beitrag der einzelnen Technologien zur Energie-Einsparung und Substitution

Alle installierten Anlagen werden durch ein integriertes Regel- und Meßsystem gesteuert und überwacht, wobei ergänzende Verfahren zur Funktionskontrolle der installierten Geräte und Komponenten vorgesehen sind. Weiterhin wird die elektrische Spitzen-

lastanforderung der gesamten Siedlung durch innovative Last-Management-Algorithmen reduziert, die durch Datenfernkommunikation zwischen den dezentralen DDC-Reglern und einem zentralen Leitreechner den jeweils optimalen Betriebspunkt der ver-

schiedenen technischen Geräte und Komponenten ermitteln.

4. Markt- und Verbreitungsaspekte des Projekts

Innovative Energietechnologien, insbesondere im Bereich der Solarenergie, haben in Europa einen Markt bei umweltbewußten und technisch interessierten Kunden. Jedoch ist der an Umweltschutzbelangen interessierte Kunde oder Bauherr bei der Vielzahl der auf dem Markt angebotenen Techniken häufig überfordert, eine technisch reife und für ihn optimale Lösung auszuwählen. Daher wird in diesem Demonstrationsprojekt dem Kunden die Lösung angeboten, die gewünschte umweltfreundliche Energieversorgung als Dienstleistung zu erwerben, wobei der Energieversorger zur Bereitstellung und zum Betrieb dieser Technologie verpflichtet ist. Damit zielt dieses Projekt auf die Integration dieser innovativen Techniken in den klassischen Markt der Heizungs- und Sanitärtechnik, was die Akzeptanz dieser Technologie fördert und durch erhöhte Nachfrage mittelfristig zu abnehmenden Produktionskosten für diese Technologien führen wird.

Experimentierhäuser des ISH, an deren Fassade einige der in der Solarsiedlung am Ohrberg demonstrierten solaren Komponenten getestet wurden.

