

## Kapitel 8

# Chancen und Grenzen

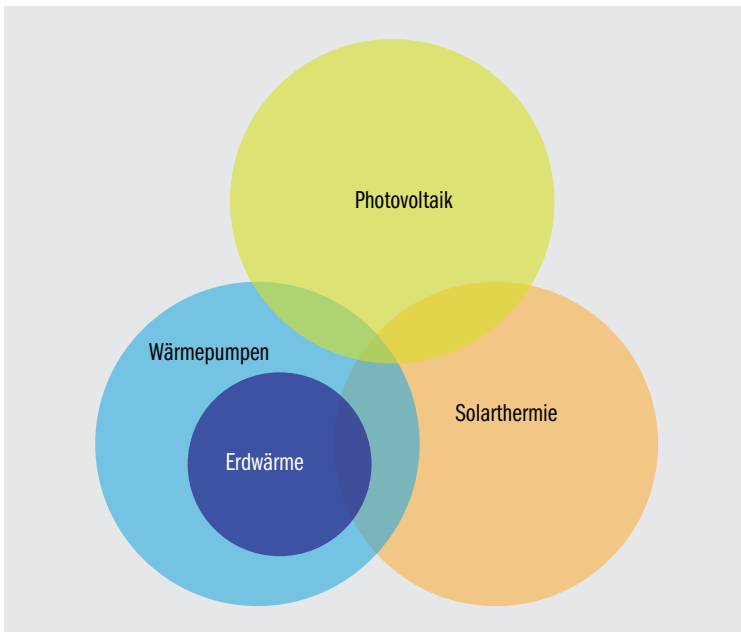
Andreas Witzig

### Ins Plus mit der Solarenergie

Das Plusenergie-Ziel ist sehr erfolgreich in der Kommunikation mit Bauherren und Hausbesitzern. Es erlaubt die Bewertung einer Liegenschaft anhand einer einfachen «Milchbüchlirechnung»: Dem energetischen Eigenbedarf steht die Ernte von erneuerbarer Energie gegenüber. Resultiert in der Jahresbilanz ein Plus, so ist das Ziel erreicht. Man vermeidet damit die Diskussion der Bewertungsfaktoren, welche in der Vergangenheit allzu oft gute Absichten in komplizierten Formeln erstickt hat.

Die Energiebilanz lässt sich einerseits auf der Bedarfsseite optimieren. Eine kompakte und gut gedämmte Gebäudehülle und ein geringer elektrischer Verbrauch sind wichtige Grundvoraussetzungen. Um ein Plusenergiehaus realisieren zu können, ist es nun aber nötig, Heizenergie-, Warmwasser- und Strombedarf durch erneuerbare Energie zu decken.

Abbildung 1: Plusenergie-Gebäude nutzen oft verschiedene Energiequellen und verlangen eine Abstimmung der verschiedenen Teilsysteme untereinander.



### Zusammenspiel der Systeme

Als dezentrale und regenerative Energiequellen kommen Sonne, Umgebungsluft und das Erdreich in Frage. Dabei sind zur Nutzung der Sonnenenergie sowohl Photovoltaik (Stromproduktion) als auch Solar Kollektoren (Aufheizen von Wasser) verbreitet. Während die Photovoltaik nur über die Energiebilanz und den begrenzten Platz auf dem Dach mit den anderen Disziplinen verbunden ist, gibt es im Bereich der Wärme eine enge Kopplung zwischen Solarthermie, Wärmepumpe, Warmwasserverbrauch und Heizsystem.

### Wärmepumpe

Im Gegensatz zu fossil beheizten Systemen spielen bei der Wärmepumpe die Temperaturdifferenzen eine wichtige Rolle. In der Regel wird in zwei Betriebsmodi gearbeitet: Heizung oder Wassererwärmung. Für beide Modi muss die Anlage richtig ausgelegt werden. Im Heizbetrieb mit tieferen Vorlauftemperaturen, beispielsweise für eine Bodenheizung, läuft die Wärmepumpe mit einer hohen Arbeitszahl. Im Warmwasserbetrieb soll eine höhere Zieltemperatur erreicht werden und die Wärmepumpe läuft folglich mit niedrigerer Arbeitszahl. Bei der Dimensionierung für Heizung und Warmwassererwärmung ist die Wärmepumpe in der Regel für den Betrieb im Sommer überdimensioniert, was eine weitere Effizienzwinne mit sich bringt.

In den einfachsten Systemen werden Luft-Wasser-Wärmepumpen eingesetzt, welche direkt an die Aussenluft gekoppelt sind. Im Winter ist jedoch die Temperaturdifferenz zur Aussenluft gross und die Systemeffizienz tief. Eine wesentliche Verbesserung bringt

das Nutzen des Erdreiches als Energiequelle mit einer Erdsonde. Die Bohrtiefe ist dabei von erheblicher Bedeutung und sollte im Bauvorhaben frühzeitig geregelt sein. Durch entsprechende Auslegung der Erdsonde wird in der kältesten Zeit des Jahres genügend Leistung abgeführt. Die Umgebungstemperatur der Erdsonde verringert sich in jedem Fall bei langjährigem Wärmebezug. Detaillierte Rechnungen zeigen, wie stark sich der Boden auskühlt.

## Solarthermie

Solarthermische Kollektoren wandeln Sonnenstrahlen direkt in nutzbare Wärme. In der Regel wird im Tagesverlauf ein mit Wasser gefüllter Speicher erhitzt. Dabei wird ausgenutzt, dass heisses Wasser steigt. Während die oberste Schicht stets heiss bleibt, wird der untere Teil als Speichermasse genutzt: In einer Schönwetterperiode wird der Speicher bis zur untersten Schicht mit Solarwärme aufgeheizt. Um Wärmeverluste zu minimieren, werden Solarspeicher mit einer sehr guten Wärmedämmung umgeben. Besondere Sorgfalt muss dabei auf die Verarbeitung der Anschlüsse und der heissen Rohre gelegt werden. Zur Verminderung der schwerkraftbedingten In-Rohr-Zirkula-

tion ist eine zusätzliche Siphonierung der Anschlüsse notwendig.

## Wärmepumpe und Solarthermie

Das grosse Potenzial der Solarthermie liegt darin, dass im Vergleich zur Photovoltaik ein Vielfaches an Solarerträgen erreichbar ist, und dies bei tieferen Materialkosten. Eine anspruchsvollere Planung wird allerdings vorausgesetzt: der System-Wirkungsgrad ist nur dann ausreichend hoch, wenn Solarkollektoren und Solarspeicher gut auf den Verbrauch abgestimmt sind. Zugleich muss ein konventionelles Heizungssystem für die Wintermonate sinnvoll eingebunden werden – und hier lassen sich Wärmepumpe und Solarthermie sehr gut kombinieren. Im Vergleich zur Öl- oder Gasheizung durchströmt das Heizungswasser die Wärmepumpe mit einem höheren Durchsatz, denn sonst könnte man mit den kleineren Temperaturdifferenzen den notwendigen Wärmetransport nicht gewährleisten. In der Folge besteht jedoch bei der direkten Koppelung mit dem Solarspeicher die Gefahr einer ungewollten Durchmischung des Schichtenspeichers. Im ungünstigsten Fall wird bereits erhitztes Wasser in die Solarkollektoren geleitet, was zur massiven

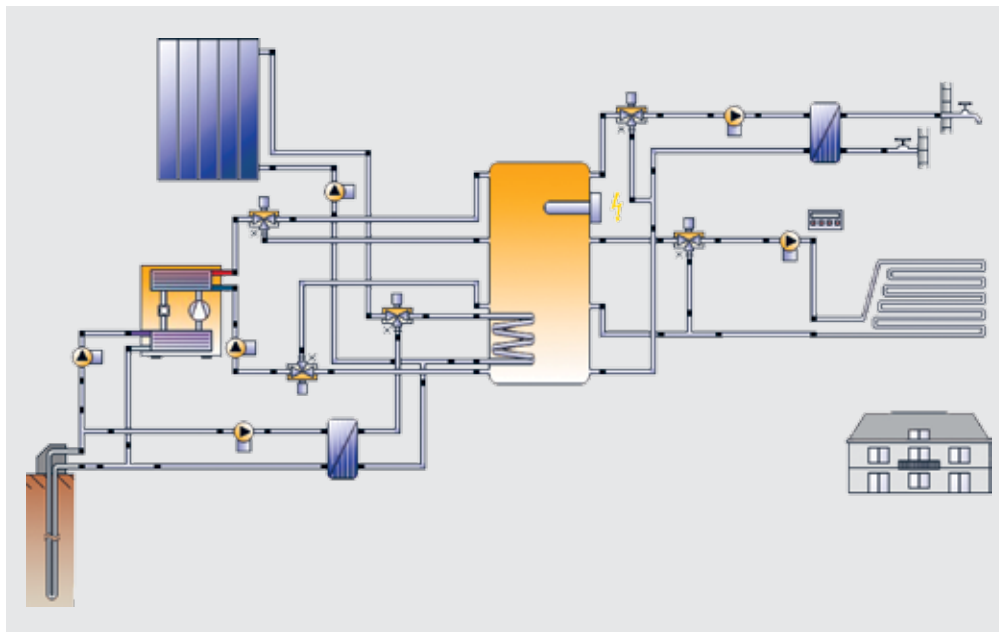


Abbildung 2: Kreislauf der Verbindung von Wärmepumpe und Solarthermie

Verschlechterung des Wirkungsgrades der Solaranlage führt. Eine verwirbelungsfreie Einschichtung gewährleisten sogenannte Prallbleche. Der Speicherhersteller muss dabei aufzeigen, dass diese für die höheren Durchflüsse der Wärmepumpensysteme geeignet sind.

Fortschrittlichere Anwendungen nutzen Solarthermie zum Regenerieren der Erdsonde. Mit kostengünstigen unabgedeckten Solar Kollektoren kann so auf einfache Weise bereits aus einem kleinen Kollektorfeld genügend Solarwärme geerntet werden, um ein langfristiges Auskühlen des Erdreiches zu verhindern. Während bei einer reinen Erdsondenanwendung die Dimensionierung der Erdsondenlänge ein kritischer und risikoreicher Planungsschritt ist, erlaubt die Kombination mit Solarthermie in diesem Fall einen späteren Ausgleich und somit eine Verminderung der Risiken.

### **Wärmepumpe und Photovoltaik**

Technisch ist die Kombination von Wärmepumpen und Photovoltaik gut umsetzbar. Es gibt eine geringe Anzahl von Schnittstellen, da beide Systeme unabhängig voneinander funktionieren und die bei-

den Energieformen nur in der Jahresbilanz gegeneinander aufgerechnet werden. Eine Schwäche dieses Ansatzes besteht dabei allerdings darin, dass die Photovoltaik vor allem im Sommer Solarstrom produziert, während die Wärmepumpe im Winter Strom aus dem Elektrizitätsnetz bezieht.

### **Solarthermie und Photovoltaik**

Solarthermie und Photovoltaik scheinen auf den ersten Blick auf dem Hausdach in Konkurrenz zu stehen. Gerade bei grossen Gebäuden wird man das Dach 100 % solar belegen und die optimale Aufteilung dieser begrenzten Fläche in der Planung genau bestimmen. Ein optimaler Ertrag an Solarenergie wird erzielt, wenn die Deckung der im Haus verbrauchten Warmwassermenge durch Solarkollektoren gegeben ist. Restliche Dachflächen sind anschliessend vollständig für Photovoltaik nutzbar. Einige Systemanbieter haben sowohl Solarthermie als auch Photovoltaik im Sortiment und bieten diese entweder im gleichen Grundraster an oder verkaufen Blechteile mit, welche eine schöne Dachintegration der beiden Technologien ermöglichen.



Abbildung 3: Beispiel von der Firma Schweizer Metallbau

## Erfolge bei Einfamilienhäusern

Das Plusenergie-Einfamilienhaus unterscheidet sich vom Mainstream. Die Sonnenenergienutzung muss bereits ins architektonische Grundkonzept einfließen. Mit ein paar nachträglich montierten Solarmodulen erreicht man die hoch gesteckten Ziele nicht. Gebäudehülle, Solardach und Heizungssystem müssen aufeinander abgestimmt sein. Ob die Energiebilanz tatsächlich ein Überschuss aufweist, zeigt sich erst nach dem Bezug des Hauses. Auf der Verbrauchsseite muss der Haushaltsstromverbrauch wesentlich unter dem Durchschnitt liegen. Gleichzeitig darf der Wärmehaushalt nicht durch unsachgemässe Lüftung durcheinander gebracht werden.

Inzwischen sind es nicht mehr nur die Pioniere und Idealisten, die aus Häusern kleine Kraftwerke machen. Gut erreichbar ist das Plusenergie-Ziel beim Neubau eines Einfamilienhauses. Wichtige Voraussetzung ist eine sorgfältige und kompetente Planung des Bauvorhabens, die Bereitschaft auch über die rein monetäre Betrachtungsweise hinaus in Ökologie zu investieren, dranzubleiben und das Vorhaben auch wirklich durchzuziehen. Die Sanierung gestaltet sich bereits etwas schwieriger, da im Gesamtsystem einige Grössen bereits festgelegt sind.

## Sorgenkind Mehrfamilienhaus

«Für grosse Gebäude ist Minergie-A nicht geeignet», muss man in den Empfehlungen von Minergie lesen. Warum ist das so? Sind nicht gerade die Mehrfamilienhäuser für die Solarnutzung besonders prädestiniert? Liegt nicht gerade in der verdichteten Bauweise der Schlüssel für eine ökologische Zukunft?

### Die begrenzte Dachfläche voll ausnutzen:

Der Grund, dass für die meisten grossen Gebäude eine positive Jahresbilanz in weiter Ferne liegt, lässt sich mit rein geometrischen Überlegungen erklären: Mehrstöckige Bauten haben pro Wohneinheit weniger Dachfläche zur Verfügung. Somit kann tatsächlich im Mehrfamilienhaus nur sel-

ten mit einem Solardach alleine die im Gebäude verbrauchte Energie erzeugt werden. In diesem Fall soll die Plusenergie-Idee als anstrebenswerte Vision gesehen werden und zumindest ein Gebäude mit hohem Deckungsanteil von erneuerbaren Energie angestrebt werden! Leider resultiert aus einer negativen ersten Übersichtsrechnung zu häufig ein Entscheid gegen ein auf erneuerbarer Energie basierendes Gesamtkonzept. Um dem entgegen zu wirken, wird im Folgenden ein besonderer Fokus auf diese schwierigen Fälle gelegt. Immerhin wohnt und/oder arbeitet die Mehrheit der Schweizer Bevölkerung in grossen Gebäuden.

### Solarkollektoren erreichen oft 3- bis 4-mal mehr Energie pro Quadratmeter:

Für die Plusenergie-Analyse eines Mehrfamilienhauses muss man sich vergegenwärtigen, dass richtig eingesetzte thermische Solarkollektoren 3- bis 4-mal mehr Energie pro Quadratmeter ernten als Photovoltaikmodule. Vorausgesetzt, die Wärme findet im Gebäude tatsächlich Abnehmer. Für Aktivsolar-Häuser mit sehr guter Gebäudehülle ist damit weniger der Heizenergiebedarf als vielmehr der ganzjährig vorhandene Warmwasserbedarf prädestiniert, um solarthermisch abgedeckt zu werden. Ein ganz wichtiger Faktor dabei: Wärmepumpen gestalten sich für die Raumbeheizung effizienter als zur Wasseraufbereitung für Dusche und Geschirrspüler (auch hier liegt die Begründung in der höheren Temperaturdifferenz). Eine Solaranlage für die Warmwasservorwärmung lohnt sich also doppelt. Oft kann in grossen Gebäuden nur mit der Kombination von Solarenergie und der Nutzung der Umgebungswärme mit einer Wärmepumpe der Minergie-A-Standard überhaupt erreicht werden.

**Die Fassade nicht vergessen:** Bereits in der frühen Planungsphase sollte nicht vernachlässigt werden, dass zusätzlich zur Dachfläche die Fassade zur Verfügung steht! Einerseits können die thermischen Solarkollektoren neben der Direktstrahlung auch

viel Energie aus der Diffusstrahlung ernten. Andererseits treffen wegen dem tiefen Sonnenstand im Winter zur Mittagszeit mehr Sonnenstrahlen auf die Fassade, was die kurze Tageslänge teilweise kompensiert. Simulationsrechnungen schulen das intuitive Verständnis dieser komplexen Zusammenhänge. Manchmal müssen nach einer rechnerischen Analyse vorgefasste Meinungen hinterfragt werden. Ein Beispiel: Gemäss Schulbuch eignen sich Fassadenkollektoren besonders für solares Heizen. Im grossen Mehrfamilienhaus mit Kombination von Solarthermie und Photovoltaik zeigt die Simulationsrechnung aber, dass die solare Warmwasservorwärmung durch Fassadenelemente sinnvoller ist. Für Planung und Umsetzung stellt die Nutzung der Fassade jedoch weiterhin eine grosse Herausforderung dar.

### Gebäudetypologie und Beispiele

In einer Gegenüberstellung typischer Situationen (siehe Abbildung 5) sollen die verschiedenen Auswirkungen der Nullenergie-Anforderung diskutiert werden. Um praxistaugliche Schlüsse aus der vergleichenden Analyse zu ziehen, werden keine theoretischen Baukörper angenommen, sondern jene Formen, die aus Gesetzgebung und heutigen architektonischen Prinzipien entstehen. Damit sollen auch die Chancen und Grenzen im Fall der Gebäudesanierung beleuchtet werden. Die Annahmen

zu Heizwärmebedarf und Warmwasserbedarf sind separat aufgeführt. Erstere stehen in Abhängigkeit zur Wohnfläche, letztere zur Personenanzahl. Für das Mehrfamilienhaus (MFH) ergibt sich aufgrund von Zirkulationsverlusten ein höherer Pro-Kopf-Warmwasserbedarf. Für die verschiedenen Wohnsituationen wurde auch exemplarisch ein Heizsystem gewählt. Während in dieser Gegenüberstellung beim Einfamilienhaus (EFH) eine Kombination aus Solarthermie und Photovoltaik gewählt wurde, hat man für alle grösseren Gebäude Kombinationslösungen mit Solarthermie, Photovoltaik und Wärmepumpen gewählt.

In der grafischen Darstellung der Energiebilanzen (siehe Abbildung 6) werden die Jahres-Energiesummen pro Person aufgetragen, damit ein Vergleich möglich ist. Es ist erkennbar, dass der Anteil Solarenergie pro Person abnimmt, je mehr Stockwerke die Gebäude haben. Die Dachfläche wird also zur begrenzenden Grösse und es wird Pflicht, diese optimal auszunutzen. Die oben erwähnte höhere Ausbeute von Solarthermie gegenüber Photovoltaik kommt damit besonders zum Tragen, denn gleichzeitig hat man bei Mehrfamilienhäusern auch mehr Warmwasserbezüger im Gebäude. Hinsichtlich des Plusenergie-Ziels zeigt sich als wichtigstes Resultat, dass beim Einfamilienhaus die Verwendung von Photovoltaik alleine noch ausreichen mag, bei grösseren Baukörpern hingegen muss mit Solarther-

Abbildung 4: Figur zu Sommer- und Winter-Einstrahlung. Eventuell auch Monatswerte anzeigen für eine typische Situation mit Fassadenkollektoren.

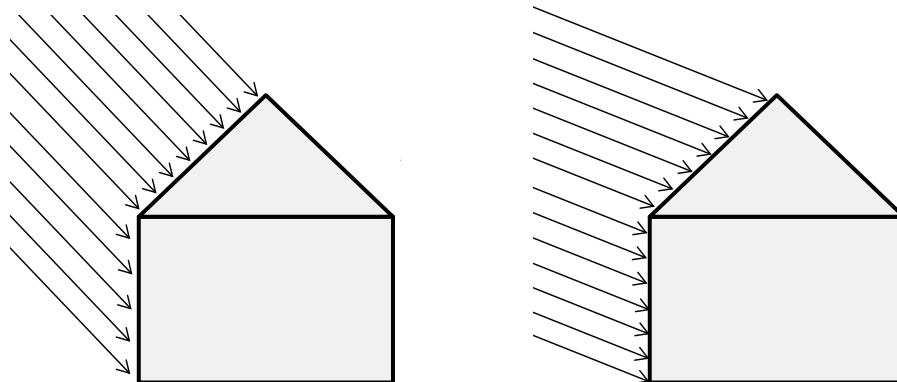
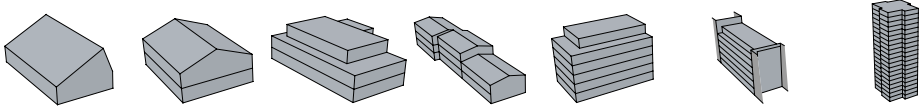


Abbildung 5: Energiebedarf und -gewinn in Abhängigkeit der Gebäudegrösse

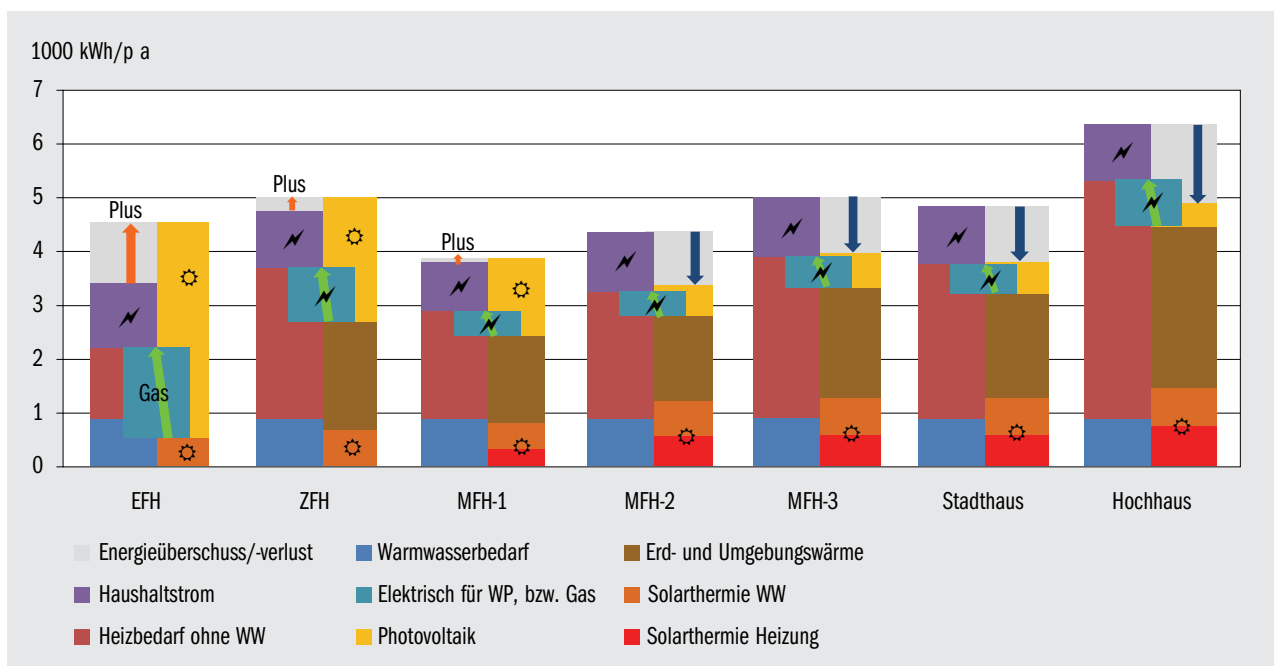


		EFH	ZFH	MFH-1	MFH-2	MFH-3	Stadthaus	Hochhaus
Grundfläche	m <sup>2</sup>	180	300	550	720	640	675	450
Dachfläche total	m <sup>2</sup>	220	323	264	737	540	540	450
Solardachfläche	m <sup>2</sup>	140	160	210	260	400	500	400
Wohnfläche (EBF)	m <sup>2</sup>	200	600	1600	2000	3800	4000	9000
Wohnnutzung	Personen	4	8	25	50	60	80	160
Warmwasserbedarf	l/Tag	180	400	1250	2500	3000	4000	8000
	kWh/Jahr	3500	7000	22 000	44 000	53 500	70 000	140 000
Heizwärmebedarf	kWh/m <sup>2</sup> /Jahr	27	38	31	59	47	58	79
	kWh/Jahr	5300	22 500	50 000	118 000	180 000	230 000	710 000
Photovoltaik	m <sup>2</sup>	134	150	290	120	325	400	600
	kWh/Jahr	16 000	18 560	36 200	14 400	39 000	48 000	70 000
Solarthermie	m <sup>2</sup>	6	10	40	120	140	200	600
	kWh/Jahr	2100	5320	20 000	61 000	76 250	101 000	230 000
Solarenergie total	kWh/Jahr	18 100	23 880	56 200	75 400	115 250	149 000	300 000
Energieüberschuss	kWh/Jahr	4500	2000	1644	-64 044	-61 944	-82 222	-233 778

Abbildung 6: Pro-Kopf-Energiebilanzen für die Gebäude aus Abbildung 5. Links jeweils der Verbrauch (Warmwasser, Heizung, Haushaltstrom), rechts die lokale Energiegewinnung (Solarstrom, Erd- und Umgebungswärme, Solarwärme). In der Mitte wird grafisch dargestellt, wie die benötigte Wärme gedeckt wird (Gasfeuerung oder Elektrizität für die Wärmepumpe).

Haushaltstrom), rechts die lokale Energiegewinnung (Solarstrom, Erd- und Umgebungswärme, Solarwärme). In der Mitte wird

grafisch dargestellt, wie die benötigte Wärme gedeckt wird (Gasfeuerung oder Elektrizität für die Wärmepumpe).



mie und Erdwärmenutzung kombiniert werden.

### Industrielle Anwendungen

Für Gewerberäume, Büro- und Verwaltungsgebäude oder auch die verarbeitende Industrie ist das Bestreben nach einer positiven Energiebilanz derzeit nur selten ein angestrebtes Ziel. Das Bemühen liegt in ersten Schritten bei der Erhöhung der Energieeffizienz mit einhergehender detaillierter Analyse der gesamten Wärme- und Stoffflüsse.

Das Verbesserungspotenzial wird oft an der Rentabilität der vorgeschlagenen Massnahmen gemessen. Plusenergiehäuser liegen naturgemäss nicht im Rentabilitäts-Optimum. Bei den wenigen Beispielen, die heute bereits realisiert wurden, haben die Lösungen aber grosse Strahlkraft und lassen sich marketingwirksam kommunizieren.

Die Realisierung des energetischen Optimierungsprozesses ist an fundiertes Wissen über Wärmebedarf und Wärmeeinträge der Gewerbetätigkeit oder industrieller Prozesse geknüpft. Es verlangt nach einer detaillierten Auswertung, auf welchem Temperaturniveau die Wärme anfällt beziehungsweise benötigt wird.

Die Kombination verschiedener Energieträger erweist sich grundsätzlich auch in industriellen Anwendungen als energetisch sinnvollere Lösung, wobei jedoch zu beachten ist, dass Industrie und Gewerbe neben den Kosten auch die Planungskomplexität scharf im Auge behalten und dass gerade bei diesem Auftraggeber in der Angebotserstellung gute Kompromisslösungen ausgearbeitet werden müssen. Standardanlagen erzielen oft unbefriedigende Ergebnisse und sind schwieriger zu realisieren, jedoch können die positiven Skalierungseffekte ausgenutzt werden. Oft gibt es keine Standardlösungen, das Potential zur Einsparung an fossilen Brennstoffen ist jedoch in vielen Fällen überwältigend. Die systematische Analyse zeigt, dass jeweils bei hohem Warmwasserbedarf die Chancen zum Einsatz von Solar-

kollektoren zur Warmwasservorerwärmung geprüft werden sollten, so beispielsweise in Pflegeeinrichtungen, Spitälern, Wäschereien und Spülanlagen (z.B. um Flaschen abzufüllen). In anderen Anwendungen wie Bürogebäuden oder Serverräumen ist hingegen der Kühlbedarf grösser als der Heizbedarf, wofür es ebenfalls Lösungen mit Verwendung von regenerativen Energieformen gibt.

### Gute Lösungen der grossen Anbieter

Im Folgenden werden drei Lösungen grosser Anbieter diskutiert. Die Optimierung der Robustheit und Wartbarkeit dieser Systeme basiert auf langjährigen Erfahrungen dieser Anbieter. Aufgrund umfangreicher rechnerischer Simulationen mit dem Planungswerkzeug Polysun konnten zudem hohe Erträge nachgewiesen werden.

#### System 1: Solarthermiesystem mit Kombisystem Warmwasser und Heizen, sowie Photovoltaik

Bei diesem Standardsystem erfolgt die Einbindung der Wärmepumpe in ein Solar-Kombisystem für Warmwasseraufbereitung und Gebäudeheizung mit einem so genannten «Rossnagel»-Schichtenspeicher. Gleichzeitig gliedert sich die Solarenergie mit innenliegendem Wärmetauscher an. Es besteht die Möglichkeit der zusätzlichen Wärmeeinspeisung in den oberen Speicherbereich, was ein zweiter Solar-Wendel-Wärmetauscher übernimmt. Ausreichend hohe Kollektortemperaturen sind dafür Voraussetzung. Um zwei Temperaturzonen ausbilden zu können, ist eine ausreichende Speichergrosse erforderlich.

#### System 2: Solarthermie und Wärmepumpe zur Rücklaufanhebung mit Erdwärmesonde

Dieses System schafft eine Kombination aus gewonnener Sonnenenergie und gespeicherter Erdwärme. Über einen Wärmetauscher wird das Brauchwasser im Speicher erhitzt, welches gleichzeitig die notwendige Energie an den Wärmetauscher des Heizkreislaufes

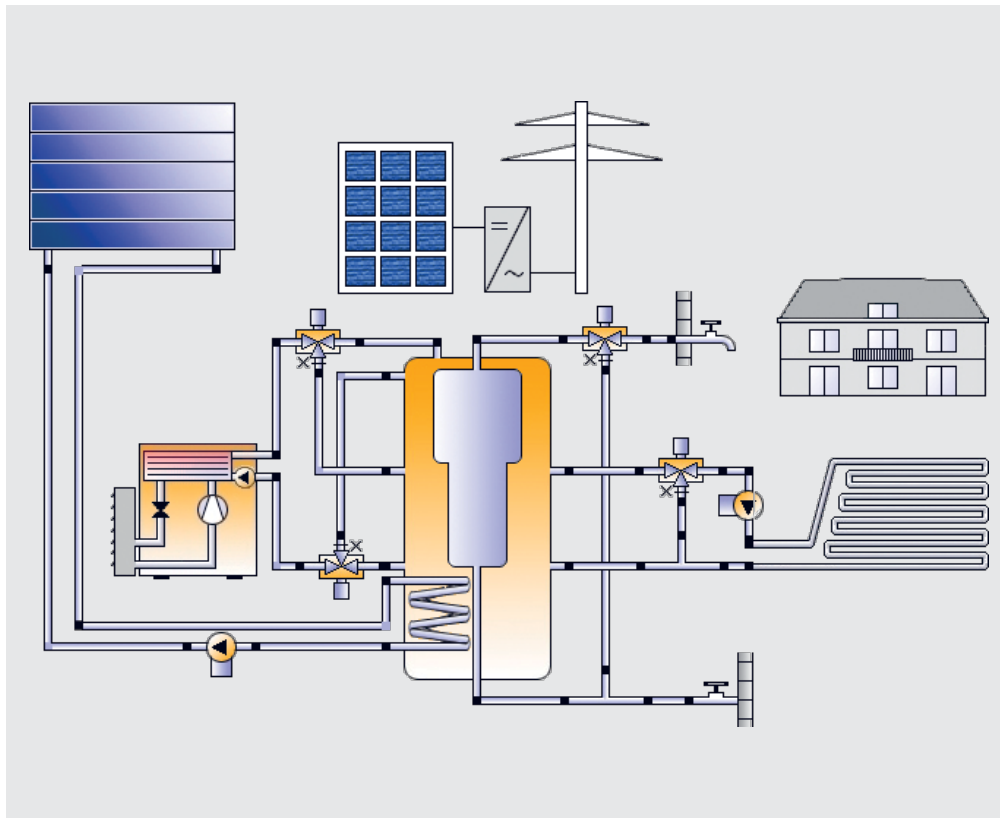


Abbildung 7: Solarthermie-  
system mit Kombisystem  
aus Warmwasser und Hei-  
zen, sowie Photovoltaik

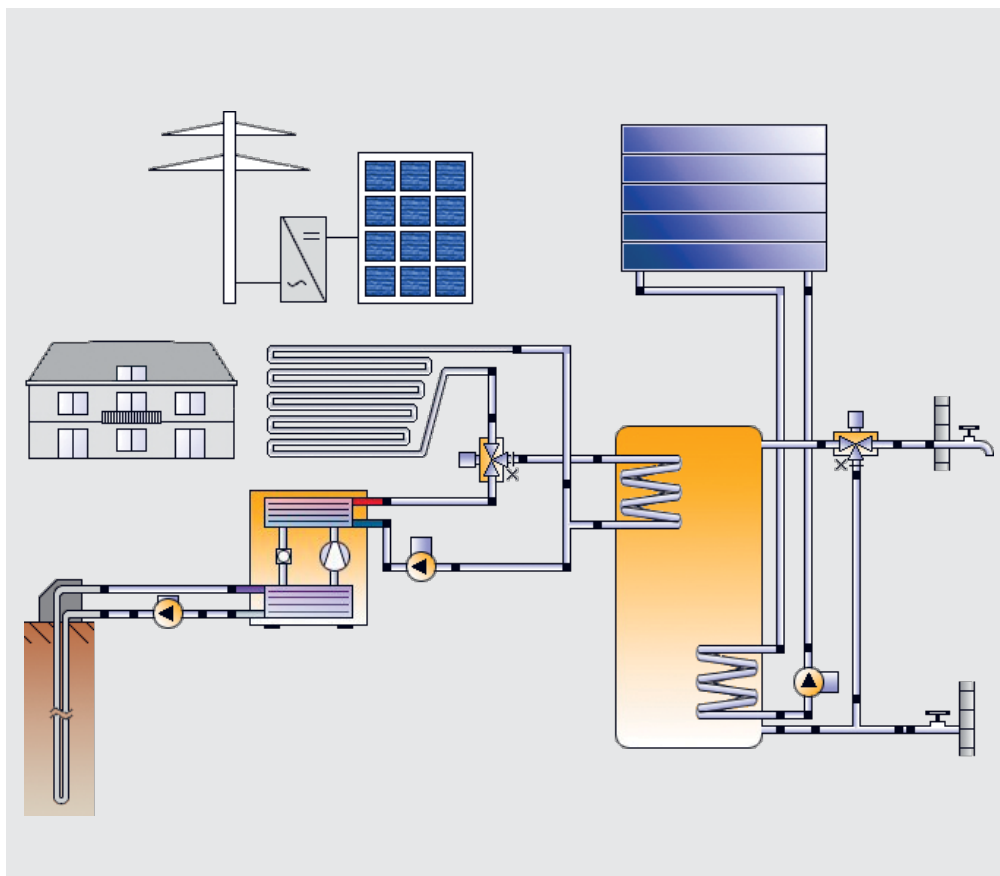


Abbildung 8: Solarther-  
mie und Wärmepumpe zur  
Rücklaufanhebung mit Erd-  
wärmesonde



übergibt. Die Wärmepumpe wird über eine kühlwasserähnliche Flüssigkeit mit Wärme versorgt, welche im geschlossenen Kreislauf dem Boden die Wärme entnimmt. Die in die Wärmepumpe eingespeiste Rücklaufflüssigkeit wird auf diese Weise mit der nötigen Wärme aufbereitet.

### System 3: Drainback-Lösungen für Solarthermie

In dieser Variante wird die Wärmepumpe direkt in den Vorlauf der Bodenheizung eingebunden. Der Speicher wird nur im Betriebsmodus für die Nachheizung des Warmwassers beladen. Die Wärmepumpe holt das Wasser immer am gleichen Ort aus dem Speicher. Auch bei dieser Anordnung gelten die im ersten System beschriebenen Grundsätze an den Speicher und die Beladung.

Die hier abgebildeten Anlagen verwenden Luft-Wasser-Wärmepumpen. Die Wärmepumpen werden so optimiert, dass sie fürs Heizen im Winter eine hohe Arbeitszahl aufweisen. In den Sommermonaten sowie während Schönwetterperioden im Frühjahr und Herbst kann die Wärmepumpe komplett abgeschaltet werden, weil das Brauchwarmwasser zu 100 % über die Solarkollektoren aufgeheizt wird. Die Wärmepumpe hat damit eine höhere Lebensdauer und der

ineffiziente Sommerbetrieb mit kurzen Betriebsphasen kann vermieden werden. Mit der Verwendung einer Erdsonde kann die Systemeffizienz weiter gesteigert werden, da im Winter das Erdreich eine bessere Wärmequelle ist als die Aussenluft.

Die beschriebenen Wärmeflüsse und Temperaturniveaus sind wesentlich von der Exposition der Solarkollektoren, vom Warmwasserverbrauch, vom Heizungssystem und von der Gebäudehülle abhängig. Diese Verhältnisse können anhand entsprechender Planungstools nachgebildet werden. Generell muss bei der Verwendung solcher Computerprogramme darauf geachtet werden, dass der Berechnung ein dynamisches Verfahren zugrunde liegt, welches auch den Schichtenspeicher adäquat abbildet. Für die hier präsentierte Fragestellung ist es ausserdem erforderlich, dass Wärmepumpen und Solarthermie gekoppelt behandelt werden. Die in diesem Artikel vorgestellten Beispiele stehen alle als vordefinierte Systemtemplates in der Simulationssoftware Polysun zur Verfügung. Zu den Standardschaltungen der Hersteller gibt es entsprechende Vorlagen, so dass Jahresarbeitszahl, solare Deckung und CO<sub>2</sub>-Einsparung in wenigen Minuten berechnet werden können. Für interessierte Laien gibt es mit Polysun Online sogar ei-

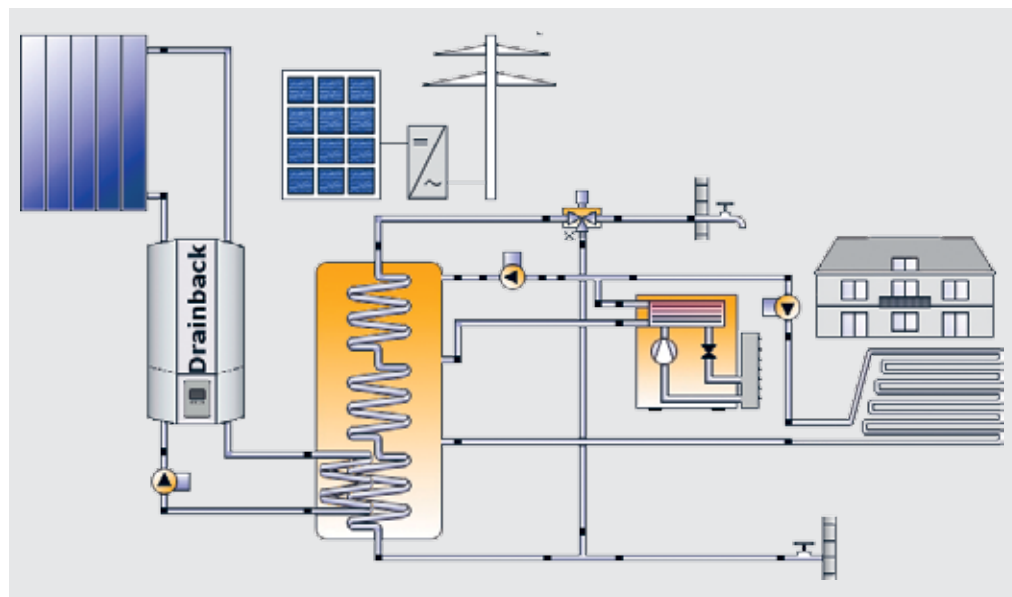


Abbildung 9: Drainback-Lösung (Grau markiert), welche von den Firmen teilweise durch Patente geschützte Teilsysteme enthält.

nen Zugang über den Internetbrowser mit ganz einfachen Eingabewerten.

## Fazit

Das Plusenergie-Konzept besticht durch seine Einfachheit und Aussagekraft, bevorzugt jedoch die Einfamilienhäuser gegenüber grösseren Baukörpern. In der Fachberatung müssen deshalb die wichtigen Aspekte der aktuellen ökologischen Debatte zusätzlich betrachtet werden. So sollte beim Einfamilienhaus die graue Energie in die Diskussion eingeworfen werden, vor allem wenn die Möglichkeit besteht, dass die Bauherrschaft über das «Plus» hinaus in ökologische Konzepte investieren könnte. Ähnlich bei der zusätzlichen Berücksichtigung der Mobilität. In diesem Artikel wurde gezeigt, dass für Einfamilienhäuser die Energiebilanz im Vergleich von Eigenproduktion und Verbrauch gut aussieht – in der ökologischen Gesamtsicht dürfen, auf den persönlichen Verbrauch hin gerechnet, die Ziele aber auch noch deutlich höher gesetzt werden.

Für Mehrfamilienhäuser hingegen ist das «Plus» auch heute eine grosse Herausforderung. Im Vergleich zu den Einfamilienhäusern und vor allem relativ gesehen zur Anzahl der Hausbewohner haben mehrgeschossige Bauten weniger nutzbare Dachfläche zur Ernte von Solarenergie. Deshalb ist es wesentlich schwieriger, eine positive Jahresbilanz zu erreichen. Die Bewohner eines «nicht-ganz-Plus»-Mietshauses dürfen deshalb stolz sein auf ihren ökologischen Fussabdruck. Bei den Einfamilienhäusern soll man sich hingegen nicht zu früh zurücklehnen: die graue Energie oder die Mobilität mit abzudecken macht gerade in dieser Situation besonders viel Sinn.