

Februar 2005

# **MINERGIE-Module**

## Wärmepumpe – Wärmepumpe/Solar Holz – Holz/Solar

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

**Auftragnehmer:**

seecon gmbh, Luzern

Büro Markus Portmann, Kriens

Zurfluh Lottenbach, Luzern

**Autoren:**

Justus Gallati, seecon gmbh

Markus Portmann, Büro Markus Portmann

Benno Zurfluh, Zurfluh Lottenbach

**Begleitgruppe:**

R. Meier, Projektbegleiter Bundesamt für Energie BFE

L. Gutzwiller, Bundesamt für Energie BFE, Energiewirtschaftliche Grundlagen

D. Binggeli, Bundesamt für Energie BFE, Holzenergie

A. Eckmanns, Bundesamt für Energie BFE, Öffentliche Hand und Gebäude

F. Rognon, Bundesamt für Energie BFE, Wärmepumpen

H.-U. Schärer, Bundesamt für Energie BFE, Erneuerbare Energien

U. Wolfer, Bundesamt für Energie BFE, Solarenergie

F. Beyeler, Verein MINERGIE

B. Hari, Verein MINERGIE

M. Tillmans, Verein MINERGIE

R. Kriesi, Zehnder Comfosystems, Verein MINERGIE

W. Waldhauser, Waldhauser Haustechnik, Verein MINERGIE

C. Rutschmann, Holzenergie Schweiz

Y. Roulet, SOLAR, Schweizerischer Fachverband für Solarenergie

M. Rüegg, SFIH-FSIB, Holzfeuerungen Schweiz

C. Chiquet, VHP, Verband schweizerischer Hafner- und Plattengeschäfte

R. Beck, FWS, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz

S. Peterhans, FWS, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz

M. Sager, Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband (suissetec)

H. Huber, Hochschule für Technik und Architektur, Luzern

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Energiewirtschaftliche Grundlagen“ des Bundesamts für Energie BFE erstellt. Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

**Bundesamt für Energie BFE**

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.ewg-bfe.ch

# Vorwort der Auftragnehmer

Mit dem Forschungsbericht „MINERGIE-Module; Wärmepumpen-Wärmepumpen/Solar, Holz-Holz/Solar“ liegen die Grundlagen vor, auf denen MINERGIE eine Grundsatzentscheidung bezüglich eines Moduls „Wärmeerzeugung“ fällen kann. Es gilt einerseits die Rahmenbedingungen für das Modul „Wärmeerzeugung“ festzulegen und andererseits die Modul-Strategie als Ganze zu definieren. Beide hängen zusammen. Der vorliegende Bericht wurde unter der Voraussetzung verfasst, dass ein flexibles, modulares Konzept für MINERGIE-Bauten sowohl für den Neubau als auch für den Sanierungsbereich erarbeitet und umgesetzt wird.

Bezüglich des Moduls „Wärmeerzeugung“ gilt es zu entscheiden, ob die im Bericht vorgeschlagene Stossrichtung mit der Gliederung in technische, organisatorisch/administrative und objektspezifische Anforderungen Zustimmung findet. Weiter ist grundsätzlich zu entscheiden, ob das Vorgehen, welches auf einer qualitativen Prüfung in Verbindung mit einem System der Qualitätssicherung basiert, unterstützt wird. Bezüglich der Anforderungen im Einzelnen ist festzulegen, ob die vorgeschlagenen Kenngrößen zur Anwendung gelangen sollen und ob in einzelnen Fällen erleichternde Bestimmungen während der Einführungsphase gelten sollen.



# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	7
Résumé .....	13
1 Einleitung .....	19
1.1 Aufgabenstellung, Zielsetzung .....	19
1.2 Grundsätze für die Entwicklung von Lösungsvorschlägen .....	20
1.3 Projektablauf .....	21
2 Auslegeordnung .....	23
2.1 Gebäudestruktur und Erneuerungsverhalten .....	23
2.2 Relevante Erkenntnisse in Zusammenhang mit MINERGIE-Bauten .....	24
2.3 Entwicklungen bei den Wärmeerzeugern .....	24
2.4 Wärmespeicherung: Stand der Technik und Perspektiven .....	25
2.5 Gesamtlösungen liegen im Trend .....	26
3 Modulkonzept MINERGIE .....	27
3.1 Module für Gebäude-Teilsysteme .....	27
3.2 Vom MINERGIE-Modul für Gebäude-Teilsysteme zum MINERGIE-Haus .....	28
4 Resultate der Branchengespräche .....	31
5 Konzept für die Module .....	35
5.1 Anwendungsbereich der Module .....	35
5.2 Konzeptioneller Ansatz .....	35
5.3 Anforderungen an die technische Qualitätsprüfung .....	37
5.4 Ablauf der Label-Vergabe .....	39
5.5 Minimaler Anteil erneuerbare Energie .....	40
6 Anforderungen an die Module .....	43
6.1 Einführung .....	43
6.2 Erläuterung der Kriterien .....	43
6.3 Anforderungen WP und WP/Solar .....	48
6.4 Holz und Holz/Solar .....	49
7 Systemkonzepte .....	51
7.1 Einleitung .....	51
7.2 Stückholzfeuerungen .....	52
7.3 Holzschnittel-Feuerung .....	55
7.4 Holzpellets-Feuerung .....	56
7.5 Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage .....	59
7.6 Aussenluft-Wärmepumpenanlage .....	62
8 Nutzwertanalyse .....	65
8.1 Einführung .....	65
8.2 Kriterien und deren Gewichtung .....	65

8.3	Resultate .....	67
8.4	Schlussfolgerung.....	71
9	Realisierung der Module.....	73
9.1	Vorgehensvorschlag .....	73
9.2	Qualitätssicherung .....	75
10	Diskussion der Ergebnisse .....	79
10.1	Einleitung .....	79
10.2	Vergleich von Modul mit Systemnachweis.....	80
10.3	Mehrkosten? .....	83
10.4	Haftung.....	84
10.5	Wofür kann/soll das Modul „verantwortlich“ gemacht werden? .....	84
10.6	Systemverantwortung .....	85
10.7	Feedback der Begleitgruppe .....	85
11	Fazit .....	87

# Zusammenfassung

## Zielsetzung

Das Ziel des Forschungsprojekts „MINERGIE®-Module Wärmepumpe – Wärmepumpe/Solar; Holz – Holz/Solar“<sup>1</sup> besteht darin, die Machbarkeit des Modulansatzes für die Wärmeerzeugung in kleinen Wohnbauten abzuklären. Der Begriff „Modulansatz“ umfasst erstens die Definition von Anforderungen an gebäudetechnische Teilsysteme (Wand/Dach-Konstruktionen, Wärmeerzeugung, etc.) und schliesst zweitens die Vision ein, dass ein MINERGIE-Haus als Summe von Modulen realisiert werden kann. MINERGIE verfügt bereits über erste Module für Fenster und Wand/Dach-Konstruktionen. Es stellt sich daher die Frage, ob und in welcher Form sich dieser Ansatz auch auf die Wärmeerzeugung ausdehnen lässt. Zu untersuchen ist dabei die Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen und Holzfeuerungen, wobei die Möglichkeit, diese mit einer Solaranlage zu kombinieren, mit untersucht werden soll.

Die Machbarkeit der Module Wärmeerzeugung wird auf verschiedenen Ebenen untersucht. Auf der technischen Ebene ist zu fragen, ob sich eine begründete Auswahl von möglichen Systemkonzepten treffen lässt, ohne dadurch potentiell geeignete Systeme auszuschliessen und zukünftige Entwicklungen zu behindern. Weiter stellt sich die Frage, wie das Label für das gesamte System der Wärmeerzeugung – ausgehend von zertifizierten Einzelkomponenten – definiert und überprüft werden soll. Für die Entwicklung der Module ist es von Interesse zu wissen, wie gross deren Potenzial in der Schweiz ist. Neben den technischen Aspekten sind die organisatorischen und wirtschaftlichen Elemente ebenfalls von grosser Bedeutung. Wer trägt das Label, wie wird es vergeben und wie wird die Qualitätssicherung durchgeführt? Wem ist die Systemverantwortung bei installierten Anlagen zuzuordnen? Welche Kosten entstehen durch das Label? Ist mit Mehrkosten für gelabelte Anlagen gegenüber vergleichbaren Systemen zu rechnen?

Die wichtigsten und häufigsten Fälle der Wärmeerzeugung in Einfamilienhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern (1 – 4 Wohneinheiten) sollen mit den Modulen abgedeckt werden können. Der Anwendungsbereich wird deshalb auf Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser beschränkt, weil die Haustechnik in diesen Fällen deutlich einfacher ist und die Vielfalt der möglichen Anlagen überschaubar bleibt. Das Ziel ist es, dem Bauherrn die Sicherheit zu vermitteln, dass er mit diesen Modulen eine Wärmeerzeugung mit einem hohen Anteil an erneuerbarer Energie erhält, die qualitativ dem heutigen Stand der Technik entspricht.

## Potenzial

Gemäss der eidgenössischen Volkszählung 2000 umfassen die Gebäude mit 1-4 Wohnungen insgesamt rund 1,7 Mio. Wohnungen. Das ist knapp die Hälfte des Wohnungsbestandes in der Schweiz. Die Anzahl der Einfamilienhäuser beträgt rund 820'000 und diejenige der Wohnbauten mit 2-4 Wohnungen rund 280'000. Die Gebäude zwischen 1960 und 1980 machen bei den Einfamilienhäusern rund 27% (220'000 Gebäude) und bei den Mehrfamilienhäusern mit 2-4 Wohnungen rund 18% (50'000 Gebäude) aus. Diese Zahlen können zwar nicht direkt als das Potenzial für die Module Wärmeerzeugung verstanden werden, sie geben aber immerhin einen Hinweis darauf, dass es sich bei den durch das Modul anvisierten Bauten um einen wesentlichen Anteil des schweizerischen Wohnbaubestandes handelt. Bei den zwischen 1960 und 1980 erstellten Gebäuden dürfte in den nächsten 5-10 Jahren die Erneuerung der Wärmeerzeugungsanlagen anstehen. Teilweise handelt es sich dabei um den erstmaligen Ersatz der Anlagen, teilweise bereits um den zweiten Ersatz.

<sup>1</sup> Nachfolgend als „Module Wärmeerzeugung“ bezeichnet.

## Gesamtlösungen liegen im Trend

Die im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten Branchengespräche haben gezeigt, dass ein eindeutiger Trend nach Gesamtlösungen für die Wärmeerzeugung im Markt festzustellen ist. Die Wärmeerzeugung wird „aus einer Hand“ von einem Hersteller entwickelt und angeboten und von einem Installateur installiert. Lösungen „aus einer Hand“ sind für den Kunden attraktiv und werden nachgefragt. Die Kunden erhalten einen guten Überblick über die Komponenten und die Beratung durch den Installateur wird vereinfacht. Auf der technischen Ebene kann der Anbieter von Gesamtlösungen die Gewähr für eine hohe Qualität bieten, weil alle Komponenten inklusive Regelung optimal aufeinander abgestimmt sind. Die verbesserte Qualität und die vereinfachte Beratung stellen auch für den Installateur interessante Vorteile dar. Die Systeme sind so konzipiert, dass sich die Montage stark vereinfacht und Fehler weitgehend ausgeschlossen werden.

In dieser Situation besteht die Funktion der Module weniger darin, eine Entwicklung in Gang zu bringen. Die Module tragen dazu bei, eine einfach kommunizierbare „Messlatte“ fest zu legen und dadurch einen Beitrag für die Qualitätssicherung zu leisten. Es ist keineswegs so, dass die Module durch den Trend zu Gesamtlösungen überflüssig wären. Im Gegenteil; sie unterstützen diese Entwicklung durch einheitliche Anforderungen und durch die Qualitätssicherung.

## Modulkonzept MINERGIE

MINERGIE verfolgt ein Konzept für die Entwicklung von Modulen auf verschiedenen Ebenen: Zum einen sollen Module für Gebäude-Teilsysteme (wie Fenster oder Wand/Dach-Konstruktionen etc.) entwickelt werden. Zum anderen wird die Vision angestrebt, ein MINERGIE-Haus als Summe notwendiger, einzelner MINERGIE-Module erstellen bzw. sanieren zu können. Ein bestehendes Haus würde demnach dann zum MINERGIE-Haus, wenn ein einfaches Sanierungskonzept vorliegt und alle Module realisiert sind<sup>2</sup>.

Ein weiteres Instrument mit dem Ziel, die Anwenderfreundlichkeit von MINERGIE zu erhöhen – und die genannte Vision umzusetzen – wurde mit den Standardlösungen für neue Einfamilienhäuser vorgelegt. Mit den Standardlösungen werden Anforderungen an die Bauhülle und an die Haustechnik definiert. Dabei werden 4 mögliche Wärmeerzeugungssysteme bezeichnet, wobei ausschliesslich Wärmepumpen, Holzfeuerungen und solare Systeme zum Einsatz kommen. Die Standardlösungen stellen eine starke Vereinfachung für Planung, Nachweis und Vollzug dar und sehen keine wechselseitige Optimierung zwischen Gebäudehülle und Wärmeerzeugung vor. Sie nehmen allerdings nicht direkt Bezug auf die Module, indem diese explizit verlangt würden, sondern nur auf die inhaltlich weitgehend äquivalenten Anforderungen, wodurch der Modulansatz und der Nutzen der Module tendenziell geschwächt wird.

Das Modul „Wärmeerzeugung“ ist so konzipiert, dass es sowohl als Modul für ein Gebäude-Teilsystem als auch als Baustein auf dem Weg zu einem MINERGIE-Haus verwendet werden kann. Damit das Modul als Gebäude-Teilsystem verwendet werden kann, müssen neben den technischen und organisatorisch/administrativen Anforderungen auch die objektspezifischen Anforderungen erfüllt sein (siehe Kapitel 6). Diese stellen sicher, dass das Modul in einem dafür geeigneten Gebäude verwendet wird.

## Einschätzungen der Branche

Im Rahmen der Branchengespräche wurde ermittelt, welchen Stellenwert einzelne Faktoren für die verschiedenen Marktakteure haben. Dabei wurde deutlich, dass sich die befragten Marktteil-

<sup>2</sup> MINERGIE hat zu diesem Zweck ein Konzept „Bauerneuerung in Schritten“ entwickelt, das jedoch bis auf weiteres nicht weiter verfolgt werden soll (Stand: Januar 2005). Der Forschungsbericht geht gemäss Auftrag von der Voraussetzung aus, dass ein modulares Konzept für die Realisierung und Sanierung von MINERGIE-Gebäuden erarbeitet und umgesetzt wird.

nehmer bezüglich Qualität und Marktvolumen nicht unterscheiden – das wollen alle erreichen! In Bezug auf Innovation und Standardisierung sind Unterschiede festzustellen, die vor allem darauf zurück zu führen sind, dass innovative Installateure an einer Standardisierung nur bedingt Interesse haben, dafür aber Innovation umso höher gewichten. Die grössten Differenzen sind bei der Zahlungsbereitschaft bzw. dem Stellenwert des Labels festzustellen. Während die Verbände hier eine grosse Bedeutung sehen, wird dies von Anbietern und Installateuren mit einer deutlich grösseren Zurückhaltung beurteilt, beziehungsweise weit gehend abgelehnt.

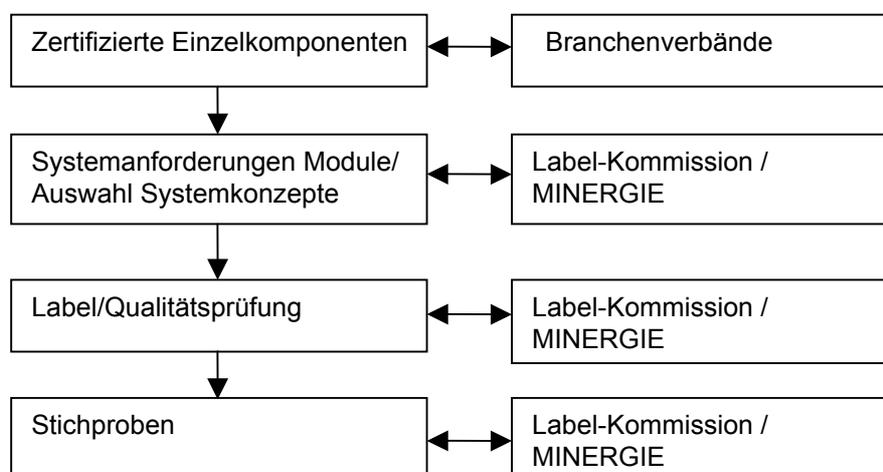
### Konzeptioneller Ansatz

Eine wesentliche Schlussfolgerung aus dem Forschungsprojekt in Bezug auf die Definition der Module besteht darin, dass eine Technologie-unabhängige, allgemeine Formulierung der Festlegung von technischen Anforderungen im Detail vorzuziehen ist. Der Grund dafür liegt in der Komplexität der technisch möglichen – und sinnvollen – Lösungen. Die Vorgabe technischer Einzelheiten würde eine unzweckmässige Reglementierung bedeuten und gleichzeitig den Spielraum für die Marktakteure einschränken.

Mit der Definition der Module sollen die zwingend notwendigen Rahmenbedingungen – so viel wie nötig, so wenig als möglich - formuliert werden, innerhalb derer die Marktakteure geeignete Systemlösungen entwickeln und anbieten können. Diese Anforderungen werden in Kapitel 6 definiert. Sie werden für Wärmepumpen und Holzfeuerungen separat dargestellt und kommentiert. Die Vielfalt der möglichen Systemkonzepte, die sich aus der Kombination von Wärmeerzeugern einerseits und hydraulischen Konzepten andererseits ergibt, soll so wenig als möglich eingeschränkt werden. Ein Überblick über die Systemkonzepte wird in Kapitel 7 vermittelt. Darin wird auch erläutert, welche Konzepte den Modulanforderungen entsprechen und welche nicht.

Die grundsätzliche Schwierigkeit bei der Definition der Module besteht darin, von den – geprüften - Einzelkomponente zum Gesamtsystem überzugehen, ohne dabei weder ein unzulässiges Ausschlussverfahren anzuwenden noch einen übermässigen Prüfaufwand hervorzurufen. Wir schlagen vor, anstelle einer umfangreichen Messung von einzelnen Systemen auf dem Prüfstand eine Stichprobe von installierten Anlagen durchzuführen.

Die Labelvergabe und die Qualitätssicherung werden durch die Label-Kommission in Zusammenarbeit mit MINERGIE durchgeführt. Die Branchenverbände sind wie bis anhin für die Zertifizierung und den Qualitätsnachweis der Einzelkomponenten (Holzfeuerungen, Wärmepumpen, Solaranlage) zuständig.



## Anteil erneuerbarer Energie

Für die Gestaltung der Module sind wir von der Bedingung ausgegangen, dass das Modul für sich alleine – ohne Systemnachweis und allfällige Kompensation durch die Gebäudehülle – eine ökologisch sinnvolle Lösung für die Wärmeerzeugung darstellen soll. Aus diesem Grund wird das Kriterium des Anteils erneuerbarer Energie miteinbezogen. Weiter ist der Anteil erneuerbarer Energie eine Grösse, die leicht kommuniziert werden kann und keinem für Aussenstehende wenig transparenten Gewichtungsverfahren unterliegt.

Der Anteil erneuerbarer Energie wird als Quotient von zugeführter erneuerbarer Energie durch die gesamte zugeführte Energie für Wärme definiert. Bei dieser Berechnung werden keine Gewichtungsfaktoren berücksichtigt, sondern direkt das Verhältnis der Energieflüsse gebildet.

## Anforderungen an die Module

Da auf eine Prüfstandsmessung der gesamten Systeme verzichtet werden soll, müssen die Module mit Anforderungen in verschiedenen Bereichen definiert werden. Diese Anforderungen lassen sich in drei Bereiche gliedern; einen technischen, einen organisatorisch/administrativen und einen objektspezifischen Bereich. Die **technischen** Anforderungen sind Sache des Systemanbieters. Mit diesen wird die gesamte Hardware der Module definiert. Die **organisatorisch/administrativen** Anforderungen betreffen Dokumente und Garantien. Hiermit werden Zuständigkeiten und Garantieleistungen geregelt. Im weiteren werden die Anforderungen an die Montageanleitung und die Dokumentation für den Kunden definiert. Mit den **objektspezifischen** Anforderungen sind die Bedingungen an das Gebäude formuliert, in welches die Anlage eingebaut werden soll.

Anlagen, welche die technischen und die organisatorisch/administrativen Anforderungen erfüllen, erhalten das MINERGIE-Label für Gebäude-Teilsysteme. Die Erfüllung der objektspezifischen Anforderungen stellt sicher, dass die Anlage einwandfrei funktioniert und den gewünschten Komfort bietet und dass das Modul als Baustein auf dem Weg zum MINERGIE-Haus gelten kann.

## Nutzwertanalyse

Mit einer Nutzwertanalyse wurde überprüft, ob die Vielfalt der Systemkonzepte in einer Gesamtbeurteilung, in welcher die Systeme bezüglich verschiedener Kriterien wie Umwelt, Energieeffizienz, Eignung im Sanierungsfall und Kosten beurteilt werden, reduziert werden muss.

Alle Systeme liegen sowohl bei der Betrachtung für Neubauten wie auch bei Sanierungen in einer Bandbreite von 20%. Die vorgeschlagene Auswahl der Systeme wird durch die NWA im Grundsatz bestätigt.

Es ist jedoch festzustellen, dass die Luft/Wasser-Wärmepumpen tendenziell am schlechtesten abschneiden und in die Nähe der fossilen Anlagen zu liegen kommen, was sich im Übrigen mit den Erkenntnissen von MINERGIE deckt. Es stellt sich daher die Frage, ob es berechtigt sei, diese Anlagen als Module zu betrachten. In Anbetracht der Tatsache, dass sie im Sanierungsbereich sehr häufig eingesetzt werden, und dafür aus praktischer Sicht auch geeignet sind, kommen wir zum Schluss, dass es sinnvoll ist, sie als Module zu betrachten. Wir halten es jedoch für unabdingbar, dass der Druck auf weitere technische Verbesserungen und Effizienzsteigerungen aufrechterhalten bleibt.

## Vorgehensvorschlag

Für die Realisierung der Module muss eine Trägerschaft gegründet werden. MINERGIE wird diese Trägerschaft – wie auch bei anderen Modulen – nicht selber übernehmen, sondern nur den Namen zur Verfügung stellen. Die Trägerschaft muss von den Verbänden der betroffenen Branchen getragen sein. Für die Umsetzung im Detail kann auf die Erfahrungen mit den bisherigen Modulen zurückgegriffen werden.

Als Trägerschaft kommen in erster Linie die Netzwerke Fördergemeinschaft Wärmepumpen (FWS), Holzenergie Schweiz und Swissolar in Frage. Diese drei Netzwerke verfügen über die Infrastruktur und die erforderlichen Marktkenntnisse, um bei den Anbietern die nötige Akzeptanz zu erreichen.

## Qualitätssicherung

Um die Qualität der Module zu prüfen, kann die bisherige Prüfpraxis von MINERGIE übernommen werden. Module sollen nur stichprobenweise geprüft werden. Die Qualitätsprüfung erfolgt entweder als visuelle Kontrolle und / oder als Feldmessung. Wir schlagen vor, dass von jedem geprüften Modul eine der ersten zehn Anlagen zufällig ausgewählt und überprüft wird.

## Fazit

Das Fazit aus dem Forschungsprojekt bezieht sich auf verschiedene Dimensionen des Projektziels und kann folgendermassen zusammengefasst werden:

### Technische Aspekte

- Die Einführung von Modulen Wärmeerzeugung ist aus technischer Hinsicht möglich. Sie eignen sich sowohl für Neubauten als auch für den Sanierungsfall. Die Anforderungen an die Module lassen die meisten der heute bekannten Systemkonzepte zu.
- Die Module definieren Anforderungen an die Wärmeerzeugung als gebäudetechnisches System und sie eignen sich als Bausteine für eine modulare Realisierung/Sanierung von MINERGIE-Gebäuden. Sie stellen per se eine ökologisch und energetisch sinnvolle Lösung für die Wärmeerzeugung dar, ohne direkte Verknüpfung mit dem energetischen Zustand der Gebäudehülle. Grundvoraussetzung ist lediglich, dass das Gebäude gut (bezogen auf das Baujahr) gedämmt ist.
- Die Module werden eine wesentliche Qualitätsverbesserung der Anlagekonzepte und der installierten Anlagen zur Folge haben. Sie stellen bezüglich Qualität aber keine „Nullfehler-Strategie“ dar. Die Qualitätssicherung durch Stichproben erlaubt aus Sicht des Projektteams kostengünstige Aussagen und gezielte Verbesserungen.
- Die Module fördern energieeffiziente Anlagen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energie.

### Kosten/Markt

- Durch die klaren Vorgaben der Module lassen sich Mehrkosten der Module gegenüber vergleichbaren Systemen vermeiden. Die Anforderungen der Module haben nur geringe konstruktive Änderungen gegenüber dem Stand der Technik zur Folge.
- Auf dem Markt ist ein klarer Trend zum Angebot von Gesamtsystemen festzustellen. Die Module legen einen Qualitätsstandard fest und stellen ein wichtiges Element für die Qualitätssicherung dar.
- Die Anzahl von Wohnbauten, für welche die Module grundsätzlich in Frage kommen, ist in der Schweiz beträchtlich.

**Marktakteure**

- Das Interesse der Anbieter für Module und Gesamtsysteme ist gross. Die Module werden als Mittel für die Festlegung eines Qualitätsstandards angesehen und es wird erwartet, dass dadurch mehr Gesamtsysteme am Markt verkauft werden können. Die Zahlungsbereitschaft für ein Label und/oder ergänzende Messungen ist sehr gering.
- Der Nutzen für die Anbieter liegt vor allem darin, dass Fehler beim Zusammenbau und der Installation durch die Module weitgehend vermieden werden.
- Die Module bieten für den Endkunden mehr Sicherheit durch qualitativ ausgereifte Systeme und die intensivierete Kooperation zwischen Anbieter und Installateur.
- Die Installateure begrüßen die Einführung von Modulen weitgehend. Ein kleiner Teil der Installateure erachtet sie dagegen als überflüssig, weil eine umfassende energetische Beratung ohnehin durchgeführt wird.
- Die Branchenverbände sind sehr stark daran interessiert, dass durch die Module die Qualität der Anlagen und der Dienstleistungen erhöht wird.

# Résumé

## Objectif

L'objectif du projet de recherche «Modules MINERGIE® pompe à chaleur – pompe à chaleur/énergie solaire; bois –bois/énergie solaire<sup>3</sup> (MINERGIE®-Module Wärmepumpe – Wärmepumpe/Solar; Holz - Holz/Solar)» vise à examiner la faisabilité d'une approche modulaire pour la production de chaleur dans les petits immeubles. L'«approche modulaire» consiste d'une part à définir les exigences posées aux composants des installations techniques (murs et toitures, systèmes producteurs de chaleur, etc.), et d'autre part représente la vision dans laquelle l'accumulation des modules permet de répondre aux critères d'un bâtiment MINERGIE. MINERGIE dispose déjà de modules pour les fenêtres et pour les murs et toitures. Il s'agit désormais de découvrir si cette approche modulaire peut également être appliquée à la production de chaleur, et sous quelle forme. Pour ce faire, il est nécessaire d'analyser l'efficacité des pompes à chaleur et du chauffage au bois, en y incluant la possibilité de combiner ces systèmes avec une installation solaire.

La faisabilité des modules «production de chaleur» est analysée sur différents plans. Sur le plan technique, il s'agit d'examiner la possibilité de sélectionner des concepts envisageables, sans pour autant exclure d'autres systèmes qui pourraient convenir et empêcher par là de futurs développements. Un autre aspect consiste à établir comment définir et contrôler un label s'appliquant à l'ensemble du système de production de chaleur, sur la base de composants individuels certifiés. Pour évaluer l'évolution des modules, il est intéressant de connaître le potentiel dont ils bénéficient en Suisse. Outre les questions techniques, les aspects organisationnels et administratifs revêtent une grande importance. Qui détient le label, comment est-il attribué et comment procéder à l'assurance qualité? Qui assume la responsabilité du système pour les équipements déjà installés? Quels sont les coûts du label? La labellisation des installations entraîne-t-elle un surcoût par rapport aux systèmes «traditionnels» comparables?

L'objectif consiste à résoudre la question de la production de chaleur dans la plupart des maisons individuelles et des petits immeubles (1 – 4 unités d'habitation) en faisant appel à des modules. Le domaine d'application est donc limité aux maisons individuelles et aux petits immeubles locatifs; dans ce type de logements, la technique du bâtiment est nettement moins complexe et l'assortiment des installations encore maîtrisable. Il s'agit de donner au maître de l'ouvrage la certitude que ces modules lui permettent de produire de la chaleur avec une part élevée d'énergies renouvelables, mais à un niveau qualitatif équivalant au standard actuel.

## Potentiel

Selon le recensement fédéral de la population de l'an 2000, les immeubles comptant 1-4 appartements totalisent 1,7 million de logements, ce qui représente presque la moitié du parc de logements en Suisse. Les maisons individuelles sont au nombre de 820'000, tandis que les immeubles locatifs avec 2-4 appartements sont quelque 280'000. Parmi les maisons individuelles, environ 27% (220'000 bâtiments) ont été construites entre 1960 et 1980, contre quelque 18% (50'000 bâtiments) pour les immeubles locatifs comptant 2-4 appartements. Si ces chiffres n'expriment pas directement le potentiel des modules «production de chaleur», ils démontrent néanmoins que les constructions visées par le module représentent une part importante des logements en Suisse. En effet, les bâtiments réalisés entre 1960 et 1980 devraient remplacer leurs systèmes producteurs de chaleur dans les 5 à 10 prochaines années. Certains seront remplacés pour la première fois, pour d'autres, ce sera déjà la deuxième.

<sup>3</sup> Nommés ci-après modules «production de chaleur».

## Les solutions globales ont le vent en poupe

Les entretiens menés avec les professionnels de la branche dans le cadre de ce projet de recherche ont démontré une nette tendance du marché à privilégier des solutions globales pour la production de chaleur. Celles-ci sont développées et proposées de bout en bout par un seul fournisseur, puis montées par un seul installateur. Ces solutions sont intéressantes pour le client, donc recherchées. Elles lui permettent de garder une bonne vue d'ensemble des composants, et simplifient les prestations de conseil de l'installateur. Sur le plan technique, le fournisseur de solutions globales peut garantir un niveau qualitatif élevé, puisque tous les éléments (règlement y compris) sont harmonisés de manière optimale. Par ailleurs, l'amélioration de la qualité et la simplification des prestations de conseil représentent des avantages intéressants pour l'installateur également. Les systèmes sont conçus de manière à simplifier le montage et à exclure une majeure partie des défauts ou erreurs.

Dans ce contexte, le rôle des modules consiste moins à promouvoir un développement qu'à contribuer à définir une «référence» facile à communiquer et, partant, à favoriser l'assurance qualité. La tendance privilégiant les solutions globales ne rend nullement les modules superflus; bien au contraire, ils encouragent cette évolution en uniformisant les exigences et en garantissant la qualité.

## Le concept des modules MINERGIE

MINERGIE prévoit le développement de modules à différents niveaux, à commencer par les composants d'installations techniques (comme les fenêtres ou les murs et toitures, etc.). Par ailleurs, elle poursuit la vision d'une maison MINERGIE construite ou rénovée résultant de la combinaison des différents modules MINERGIE nécessaires. Une maison répondrait ainsi aux exigences MINERGIE en disposant d'un concept d'assainissement simple respectant tous les modules<sup>4</sup>.

Un autre instrument a été présenté simultanément aux solutions standard destinées aux nouvelles maisons individuelles: il vise à renforcer la popularité du concept MINERGIE pour concrétiser la vision mentionnée précédemment. Les solutions standard définissent les conditions posées à l'enveloppe et aux installations techniques du bâtiment. Elles désignent quatre systèmes producteurs de chaleur possibles, faisant appel exclusivement à des pompes à chaleur, au chauffage au bois et à des installations solaires. Les solutions standard permettent de simplifier la planification, la justification et la réalisation d'un projet, mais ne prévoient pas de lier l'optimisation de l'enveloppe du bâtiment à celle de la production de chaleur. Reste qu'elles ne font pas directement référence aux modules en les imposant explicitement, mais seulement aux exigences, qui sont en grande partie équivalentes. L'approche modulaire et l'avantage des modules en sont ainsi affaiblis d'une certaine manière.

Le module «production de chaleur» est conçu de manière à pouvoir être utilisé pour un composant technique tout en constituant une étape sur le chemin menant à la maison MINERGIE. Mais pour pouvoir être appliqué à un composant, le module doit satisfaire non seulement à des exigences d'ordre technique et organisationnel/administratif, mais aussi à des conditions spécifiques à l'objet (cf. chapitre 6). Celles-ci empêchent l'utilisation du module dans un bâtiment non approprié.

---

<sup>4</sup> Pour ce faire, MINERGIE a mis au point le concept de la «Rénovation de bâtiments par étapes», qui est cependant mis de côté jusqu'à nouvel avis (état: janvier 2005). Conformément au mandat attribué, le rapport de recherche part du principe qu'un concept modulaire est mis au point et appliqué pour la construction et l'assainissement de bâtiments MINERGIE.

### Estimations des professionnels de la branche

Les entretiens avec les professionnels de la branche ont permis de déterminer quelle valeur les acteurs du marché accordent aux différents facteurs. Il s'est avéré que les attentes étaient les mêmes en ce qui concerne la qualité et le volume du marché, des objectifs que tout le monde souhaite réaliser! Par contre, les résultats divergent dans le domaine de l'innovation et de l'harmonisation, notamment parce que les installateurs novateurs ne manifestent qu'un intérêt relatif pour l'harmonisation, mais privilégient d'autant plus l'innovation. Les principales divergences concernent la disposition à verser une contribution ou l'importance accordée au label. Si les associations professionnelles y accordent une grande importance, les fournisseurs et installateurs se montrent nettement plus réservés, ou le refusent carrément.

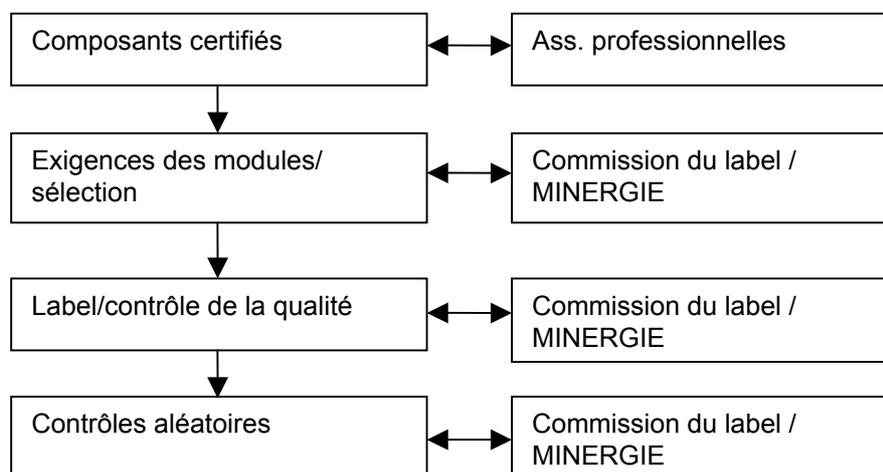
### Approche conceptuelle

L'une des conclusions essentielles du projet de recherche en ce qui concerne la définition des modules recommande de préférer une formulation générale et technologiquement indépendante à la définition détaillée d'exigences techniques. Elle justifie ce choix par la complexité des solutions techniquement possibles – et pertinentes. La prescription de détails techniques équivaldrait à une réglementation peu adéquate du domaine et limiterait la marge de manœuvre des acteurs du marché.

La définition des modules doit poser le cadre absolument indispensable – autant que nécessaire, mais aussi peu que possible – dans lequel les acteurs du marché peuvent mettre au point et proposer des systèmes appropriés. Ces exigences sont définies au chapitre 6. Elles sont répertoriées et commentées séparément pour les pompes à chaleur et pour les systèmes de chauffage au bois. La diversité des systèmes envisageables, résultant de la combinaison d'agents producteurs de chaleur d'une part et de concepts hydrauliques d'autre part, doit être aussi vaste que possible. Le chapitre 7 donne un aperçu des concepts de systèmes et indique lesquels satisfont aux exigences des modules.

Dans la définition des modules, la principale difficulté consiste à passer du composant individuel certifié au système global, sans appliquer de procédure d'élimination inappropriée ni procéder à des contrôles exagérés. Nous proposons de renoncer aux multiples mesures réalisées sur les systèmes au banc d'essai et de réaliser des contrôles aléatoires sur les équipements installés.

L'attribution des labels et l'assurance qualité sont confiés à la commission du label, en collaboration avec l'association MINERGIE, tandis que les associations professionnelles se chargent de la certification et du justificatif de la qualité des composants (chauffage au bois, pompe à chaleur, installation solaire).



## Part d'énergies renouvelables

Nous avons soumis la conception des modules à une condition: un module doit en soi – sans justificatif du système ni éventuelle compensation par l'enveloppe du bâtiment – constituer un mode de production de chaleur écologiquement raisonnable et utile. C'est la raison pour laquelle nous avons intégré le critère de la part d'énergies renouvelables. Par ailleurs, ce critère est une valeur facile à communiquer qui ne résulte d'aucun processus de pondération difficile à comprendre pour des personnes externes.

La part d'énergies renouvelables équivaut au quotient entre l'apport d'énergies renouvelables et l'apport d'énergie total nécessaire pour produire de la chaleur. Ce calcul n'inclut aucun facteur de pondération, mais établit le rapport direct entre les apports d'énergie.

## Exigences posées aux modules

Comme nous recommandons de renoncer aux tests au banc d'essai pour l'ensemble des systèmes, les modules doivent poser différents types d'exigences. Elles peuvent être réparties en trois domaines: technique, organisationnel/administratif, et spécifique à l'objet. Les exigences **techniques** sont l'affaire du fournisseur du système et définissent l'ensemble du matériel des modules. Les exigences **organisationnelles/administratives** quant à elles concernent les documents et garanties; elles réglementent les compétences et les prestations de garantie et précisent les exigences pour les instructions de montage et la documentation destinée au client. Enfin, les exigences **spécifiques à l'objet** formulent les conditions que doit remplir le bâtiment dans lequel doit être intégrée l'installation.

Les installations qui satisfont aux exigences techniques et organisationnelles/administratives obtiennent le label MINERGIE pour les composants de système. Le respect des exigences spécifiques à l'objet garantit le fonctionnement irréprochable de l'installation et le confort souhaité, tout en confirmant que le module représente une étape sur le chemin menant à la maison MINERGIE.

## Analyse d'utilité

Une analyse d'utilité a permis d'établir s'il était nécessaire de réduire la diversité des concepts de systèmes évalués manière générale selon différents critères: environnement, efficacité énergétique, conformité en cas d'assainissement et coûts.

Analysés sous l'angle d'une nouvelle construction comme sous celui d'un assainissement, tous les systèmes se situent dans une fourchette de 20%. L'analyse d'utilité confirme donc la sélection de systèmes proposée.

Néanmoins, il faut relever que les pompes à chaleur air/eau ont tendance à récolter les moins bons résultats et se rapprochent des installations à combustion de fossiles, ce qui confirme d'ailleurs les conclusions de MINERGIE. D'où la question de savoir s'il est juste d'intégrer ce type d'installations dans un module. Si l'on considère qu'il est très souvent utilisé dans les rénovations et donc approprié sur le plan pratique, il est raisonnable de le considérer comme un module. Cependant, nous estimons qu'il est indispensable de maintenir la pression pour encourager les améliorations techniques et renforcer l'efficacité.

### **Marche à suivre: suggestion**

La réalisation de ces modules exige la création d'un organe responsable ou faïtier. Comme pour les autres modules, MINERGIE n'en assumera pas la responsabilité, mais mettra son nom à disposition. La responsabilité doit être assumée par les associations professionnelles des branches concernées, qui pourront s'inspirer des expériences faites avec les modules précédents pour la mise en application détaillée.

Entrent notamment en ligne de compte le Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP), Energie-bois Suisse et Swissolar. Ces trois réseaux disposent de l'infrastructure et des connaissances du marché nécessaires pour être suffisamment bien acceptés par les fournisseurs.

### **Assurance qualité**

La qualité des modules peut être vérifiée au moyen des procédés de contrôle utilisés par MINERGIE jusqu'ici. Les modules ne doivent être soumis qu'à des contrôles aléatoires. L'assurance qualité est réalisée au moyen de contrôles visuels et/ou de mesures prises sur le terrain. Nous proposons de sélectionner et de contrôler au hasard l'une des dix premières installations de chaque module certifié.

### **Bilan**

Le bilan du projet de recherche aborde différentes dimensions de l'objectif et peut être résumé comme suit:

#### **Aspects techniques**

- Du point de vue technique, il est possible d'introduire des modules «production de chaleur». Ils conviennent aussi bien pour les nouvelles constructions que pour les assainissements, et la plupart des systèmes connus à ce jour répondent aux exigences.
- Les modules définissent les critères exigés pour les installations productrices de chaleur et peuvent constituer une étape sur le chemin menant à la construction/l'assainissement modulaire de bâtiments MINERGIE. Ils représentent en soi un mode de production de chaleur judicieux sur le plan écologique et énergétique, mais sans être directement lié à la santé énergétique de l'enveloppe du bâtiment. Seule condition de base: le bâtiment doit bénéficier d'une bonne isolation thermique (en fonction de l'année de construction).
- Les modules permettront d'améliorer sensiblement la qualité des installations et leur conception, même s'ils ne représentent pas une «stratégie du sans faute» sur le plan de la qualité. Pour l'équipe chargée du projet, l'assurance qualité au moyen de contrôles aléatoires permet d'obtenir des résultats à un coût raisonnable et de réaliser des améliorations ciblées.
- Les modules encouragent l'intégration d'installations énergétiquement efficaces et faisant appel à une part élevée d'énergies renouvelables.

#### **Coûts/marché**

- Les directives claires des modules permettent d'éviter les surcoûts par rapport aux systèmes comparables, et leurs exigences n'exigent que de modestes modifications par rapport à la technique actuelle.
- Le marché connaît une nette tendance aux offres de systèmes globaux. Les modules instaurent une norme qualitative et représentent un élément important pour l'assurance qualité.
- Le nombre d'immeubles d'habitation pour lesquels les modules entreraient en ligne de compte est considérable en Suisse.

**Acteurs du marché**

- Les fournisseurs d'installations manifestent un grand intérêt pour les modules et les systèmes globaux. Les modules sont vus comme un moyen de définir une norme qualitative qui permettrait de vendre davantage de systèmes globaux sur le marché. Pourtant, les fournisseurs sont peu disposés à payer une redevance pour un label et/ou des mesures complémentaires.
- Autre avantage de taille pour les fournisseurs de systèmes: les modules permettent d'éviter nombre d'erreurs lors du montage et de l'installation.
- Pour le client final, les modules apportent d'avantage de sécurité grâce à des systèmes peaufinés sur le plan qualitatif et à une collaboration plus intense entre fournisseurs et installateurs.
- Si une majorité des installateurs salue l'introduction des modules, certains la jugent superflue, puisqu'ils proposent leurs conseils en matière d'énergie de toute manière.
- Les associations professionnelles enfin sont très intéressées par les modules qui permettraient d'améliorer la qualité de leurs installations et de leurs prestations.

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung, Zielsetzung

Das Ziel des Forschungsprojekts „MINERGIE®-Module Wärmepumpe – Wärmepumpe/Solar; Holz – Holz/Solar“<sup>5</sup> besteht darin, die Machbarkeit des Modulansatzes für die Wärmeerzeugung in kleinen Wohnbauten abzuklären. Der Begriff „Modulansatz“ umfasst erstens die Definition von Anforderungen an gebäudetechnische Teilsysteme (Wand/Dach-Konstruktionen, Wärmeerzeugung, etc.) und schliesst zweitens die Vision ein, dass ein MINERGIE-Haus als Summe von Modulen realisiert werden kann. MINERGIE verfügt bereits über erste Module für Fenster und Wand/Dach-Konstruktionen. Es stellt sich daher die Frage, ob und in welcher Form sich dieser Ansatz auch auf die Wärmeerzeugung ausdehnen lässt. Zu untersuchen ist dabei die Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen und Holzfeuerungen, wobei die Möglichkeit, diese mit einer Solaranlage zu kombinieren, mit untersucht werden soll.

Bei den Anbietern von Wärmeerzeugungsanlagen und auch bei den Installateuren laufen Bestrebungen, diese Anlagen als Gesamtsysteme zu entwickeln und anzubieten. In diesem Sinn unterstützt das vorliegende Projekt ein Bedürfnis, das in der Branche vorhanden ist, und trägt dazu bei, dass diese Angebote in einem konsistenten Rahmen kommuniziert werden können. Die Branche kann damit von der Marketing-Offensive von MINERGIE profitieren. Umgekehrt erhöht das Label für die Module die Qualitätssicherheit für die Anlagen.

Die Machbarkeit der Module Wärmeerzeugung wird auf verschiedenen Ebenen untersucht. Auf der technischen Ebene ist zu fragen, ob sich eine begründete Auswahl von möglichen Systemkonzepten treffen lässt, ohne dadurch potentiell geeignete Systeme auszuschliessen und zukünftige Entwicklungen zu behindern. Weiter stellt sich die Frage, wie das Label für das gesamte System der Wärmeerzeugung – ausgehend von zertifizierten Einzelkomponenten – definiert und überprüft werden soll. Inwiefern muss und kann der flexiblen Reihenfolge beim Sanieren und Erneuern von Wohnbauten bei den Modulen Wärmeerzeugung Rechnung getragen werden? Für welche Anlagen ist es beispielsweise kritisch, wenn die Gebäudesanierung erst nach der Erneuerung der Wärmeerzeugung durchgeführt wird? Weiter ist es von Interesse zu wissen, wie gross das Potenzial für diese Module in der Schweiz ist. Neben den technischen Aspekten sind die organisatorischen und wirtschaftlichen Elemente ebenfalls von grosser Bedeutung. Wer trägt das Label und wie wird es vergeben? Wie wird die Qualitätssicherung durchgeführt? Wem ist die Systemverantwortung bei installierten Anlagen zuzuordnen? Welche Kosten entstehen durch das Label? Ist mit Mehrkosten für gelabelte Anlagen gegenüber vergleichbaren Systemen zu rechnen?

Der Einsatzbereich für die MINERGIE-Module Wärmeerzeugung wird auf Einfamilien- und kleine Mehrfamilienhäuser beschränkt. Die gesamte Wärmeerzeugungsanlage soll für diese Bauten nach MINERGIE-Kriterien einfach geplant und realisiert werden können. Die Module sollen Gewähr bieten für die Qualität der Anlagen und für ihre Energieeffizienz. Ihr Anwendungsbereich umfasst sowohl Neubauten als auch Sanierungen, wobei das Schwergewicht auf den Sanierungen liegt.

Die wichtigsten und häufigsten Fälle der Wärmeerzeugung in Einfamilienhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern (1 – 4 Wohneinheiten) sollen mit den Modulen abgedeckt werden können. Der Anwendungsbereich wird auf Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser beschränkt, weil die Haustechnik in diesen Fällen deutlich einfacher ist und die Vielfalt der möglichen Anlagen überschaubar bleibt. Das Ziel ist es, dem Bauherrn die Sicherheit zu vermitteln, dass er mit diesen Modulen eine Wärmeerzeugung mit einem hohen Anteil an erneuerbarer Energie erhält, die qualitativ dem heutigen Stand der Technik entspricht.

<sup>5</sup> Nachfolgend als „Module Wärmeerzeugung“ bezeichnet.

Die Planung und Dimensionierung der Wärmeerzeugung wird zu einem grossen Teil durch den energetischen Zustand der Gebäudehülle bestimmt. Die Sanierungsschritte in bestehenden Bauten laufen aber vielfach unkoordiniert ab - so wird häufig eine Sanierung der Heizungsanlage durchgeführt, ohne dass auch die Gebäudehülle erneuert wird. Die Entwicklung eines Moduls Wärmeerzeugung muss diesem Umstand Rechnung tragen und kann – im Idealfall – eine Chance darstellen, die Bauherrschaft für einen energetisch optimierten Sanierungspfad zu motivieren.

Die Module sind den Prinzipien von MINERGIE (Qualität, Best Practice, Innovation, Energieeffizienz) verpflichtet. Die massgeblichen Verbände, Organisationen und Marktteilnehmer sollen in die Entwicklung der Module mit einbezogen werden. Die Module sollen kompatibel sein mit den Standardlösungen von MINERGIE und mögliche Bausteine für eine modulare Realisierung/Sanierung von MINERGIE-Bauten darstellen. In diesem Sinn leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der MINERGIE-Philosophie.

Die Zielformulierung für den Forschungsauftrag lautete „Entwicklung von MINERGIE-Modulen Solar/Holz und Wärmepumpen“. Es hat sich jedoch bald gezeigt, dass Holz und Wärmepumpen gleich behandelt werden müssen, dass also für beide Energieträger je Module mit und ohne Sonne entwickelt werden müssen. Dementsprechend wurde der Titel angepasst und die Module werden neu als „MINERGIE-Module Wärmeerzeugung“ bezeichnet.

## 1.2 Grundsätze für die Entwicklung von Lösungsvorschlägen

Das Forschungsteam liess sich für die Entwicklung der Module von den folgenden Grundsätzen leiten:

**Bezug nehmen auf bestehende Komponenten, Zertifizierungen oder Normen so weit als möglich und sinnvoll**

Die zu entwickelnden Module bestehen weitgehend aus zertifizierten Einzelkomponenten (Wärmepumpe, Holzfeuerung, Speicher, Solaranlage, etc.), welche bezüglich Qualität einem hohen Anspruch genügen müssen. Auf diese Zertifizierungen soll Bezug genommen werden und Änderungen gegenüber diesen Prüfverfahren sollen nur in gut begründeten Fällen vorgenommen werden.

**Festlegen von Anforderungen an das Gesamtsystem**

Umgekehrt können wir nicht davon ausgehen, dass die Bestimmungen für die Einzelkomponenten als Anforderungen für die Module genügen werden, da es sich bei den Modulen ja um das gesamte System der Wärmeerzeugung handelt. Ziel muss es daher sein, möglichst einfache Anforderungen für das Gesamtsystem zu formulieren, ohne Einzellösungen im Detail vorzuschreiben.

**Einbezug der Branche durch Direktkontakte mit den Marktakteuren (Akzeptanz, Praxistauglichkeit, Trägerschaft)**

Der Einbezug der Branche stellt im vorliegenden Forschungsprojekt einen zentralen Pfeiler dar. Nur so lässt sich erkennen, welcher Lösungsansatz für die Module praxistauglich ist und eine gute Akzeptanz erwarten lässt. Auch für die Trägerschaft der Module in der Zukunft ist es unabdingbar, dass die Branche in geeigneter Form vertreten ist.

### **Erfahrungen mit den bestehenden MINERGIE-Modulen (Wand/Dach, Fenster) berücksichtigen**

Es gilt die Erfahrungen mit den bestehenden MINERGIE-Modulen für die Konzeption neuer Module zu berücksichtigen. Wesentliche Aspekte sind dabei die Marktakzeptanz und das Konzept für eine schrittweise Verschärfung der Anforderungen, wie es beim Fenstermodul angewendet wurde.

#### **Best Practice**

Die Entwicklung der Module orientiert sich an den besten heute zur Verfügung stehenden technologischen Ansätzen (Best Practice) und leistet einen Beitrag zur Förderung dieser Lösungen.

#### **Innovation/technologie-unabhängige Formulierungen**

Die Anforderungen für die Module werden so weit als möglich Technologie-neutral formuliert, um auch neuen Entwicklungen genügend Spielraum offen zu lassen. In diesem Sinn leisten die Module auch einen Beitrag zur Innovation im Bereich Wärmeerzeugung. Unabhängig davon werden die Systemkonzepte und Module auf der Basis des heutigen Standes der Technik beschrieben, um eine konkrete Vorstellung von ihrer Ausgestaltung zu vermitteln.

## **1.3 Projektablauf**

Zu Beginn des Forschungsprojekts wurde eine Auslegeordnung in Bezug auf technische Aspekte und in Bezug auf die zu erwartenden Marktpotenziale erstellt. Darauf aufbauend wurde eine Reihe von Gesprächen mit den Verbänden und der Branche geführt. Mit den Verbänden wurden die Zielsetzungen und Rahmenbedingungen für die Module besprochen. Die Vorschläge für die technische Ausgestaltung der Module wurden im weiteren Verlauf des Projekts mit Anbietern und Installateuren diskutiert und modifiziert.

Die Entwicklung der Module hat zum Ergebnis geführt, dass sich die Anforderungen auf relativ wenige Vorgaben reduzieren lassen. Diese Anforderungen wurden für einzelne Objekte durchgerechnet und auch mit dem MINERGIE-Systemansatz verglichen. In diesem Vergleich wurde insbesondere untersucht, welche Auswirkungen das Kriterium des Anteils erneuerbare Energie in der Gegenüberstellung mit dem MINERGIE-Systemansatz spielt. Im Folgenden wurde eine Übersicht über die wichtigsten technischen Systemkonzepte erstellt (insgesamt 32 Systemkonzepte). Das Ziel dieser Übersicht war es einerseits, die vorgeschlagenen Modul-Anforderungen zu testen und andererseits, eine konkrete Vorstellung von den in Frage kommenden Modulen zu vermitteln. Die Systemkonzepte wurden auf ihre technische Eignung hin überprüft und beurteilt. 11 Systeme entsprechen den Modul-Anforderungen nicht und wurden daher als ungeeignet ausgeschieden. Mittels einer Nutzwertanalyse wurden die Systemkonzepte bezüglich weiterer Kriterien wie Umwelt, Energieeffizienz, Eignung im Sanierungsfall und Kosten bewertet und verglichen. Für die Abklärung der Möglichkeiten und Grenzen einer messtechnischen Überprüfung der Module bei der Labelvergabe und bei einer Überprüfung von Stichproben wurden ergänzende Expertenaufträge vergeben.

Mit der Begleitkommission wurden insgesamt 4 Sitzungen durchgeführt. Das Projekt wurde auch der technischen Begleitkommission von MINERGIE vorgestellt. Das Forschungsprojekt hat durch den Austausch mit beiden Kommissionen wesentliche Impulse erfahren.



## 2 Auslegeordnung

### 2.1 Gebäudestruktur und Erneuerungsverhalten

Das Erneuerungsverhalten im Bereich Wohngebäude wurde durch M. Jakob und E. Jochem im Auftrag des Bundesamtes für Energie untersucht<sup>6</sup>. Die Autoren untersuchen die Erneuerungsperiode 1986 bis 2000 und kommen zum Schluss, dass der Anteil der energetischen Fassadenerneuerungen für die Gebäude der meisten Bauperioden bei unter 20% liegt. Die Einfamilienhäuser weisen die geringsten energetischen Erneuerungsanteile auf. Die Mehrfamilienhäuser der Bauperiode 1960-1975 weisen mit 40% die höchsten Anteile auf. Bei nur etwa einem Viertel bis einem Drittel wird der Re-Investitionszyklus auch für eine energetische Erneuerung (Wärmedämmung) genutzt. Das Potenzial für energetische Sanierungen ist also beträchtlich. In weiteren Projekten soll untersucht werden, wie dieses Potenzial besser genutzt werden kann<sup>7</sup>.

Der Bericht zeigt weiter auf, dass rund 50-60% der Arbeiten direkt über Handwerker laufen, ohne dass Planer oder Architekten einbezogen werden. Die Handwerker sind demnach eine wichtige Zielgruppe, wenn es darum geht, vermehrt energetische Sanierungen zu realisieren.

Bei den für das Forschungsprojekt relevanten Gebäuden (Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser) spielen die Immobilienverwaltungen eine untergeordnete Rolle. Diese Gebäude werden mehrheitlich von den Besitzern selbst bewohnt oder sie sind etwa im Besitz einer Erbengemeinschaft<sup>8</sup>. Diese Tatsache ist von Bedeutung für das Investitionsverhalten und die erwarteten Renditen aber auch für die Frage nach der Zielgruppe der Module. Das Investitionsverhalten stimmt damit nicht mit demjenigen Verhalten eines typischerweise auf hohe Wirtschaftlichkeit ausgerichteten professionellen Verwalters überein. Das eröffnet einerseits einen grösseren Spielraum für ökologische Entscheidungen. Andererseits sind die Besitzer von selbstbewohntem Wohneigentum aber möglicherweise weniger geneigt, eine umfassende langfristige Wirtschaftlichkeitsüberlegung anzustellen. Hier bestehen denn auch interessante Möglichkeiten für Dienstleistungen aus dem Bankensektor.

Gemäss der eidgenössischen Volkszählung 2000<sup>9</sup> umfassen die Gebäude mit 1-4 Wohnungen insgesamt rund 1,7 Mio. Wohnungen. Das ist knapp die Hälfte des Wohnungsbestandes in der Schweiz. Die Anzahl der Einfamilienhäuser beträgt rund 820'000 und diejenige der Wohnbauten mit 2-4 Wohnungen rund 280'000. Die Gebäude zwischen 1960 und 1980 machen bei den Einfamilienhäusern rund 27% (220'000) und bei den Mehrfamilienhäusern mit 2-4 Wohnungen rund 18% (50'000) aus. Diese Zahlen können zwar nicht direkt als das Potenzial für die Module Wärmeerzeugung verstanden werden, sie geben aber immerhin einen Hinweis darauf, dass es sich bei den durch das Modul anvisierten Bauten um einen wesentlichen Anteil des schweizerischen Wohnbaubestandes handelt. Bei den zwischen 1960 und 1980 erstellten Gebäuden dürfte in den nächsten 5-10 Jahren die Erneuerung der Wärmeerzeugungsanlagen anstehen. Teilweise handelt es sich dabei um den erstmaligen Ersatz der Anlagen, teilweise bereits um den zweiten Ersatz.

<sup>6</sup> Jakob, M., Jochem, E.: Erneuerungsverhalten im Bereich Wohngebäude, 2003

<sup>7</sup> Ott, W., Jakob, M., Kaufmann, Y.: Mobilisierung der Erneuerungspotenziale bei Wohnbauten, econcept und CEPE ETH Zürich im Auftrag des BfE (EWG), laufendes Forschungsprojekt

<sup>8</sup> mündliche Mitteilung von Wüest&Partner, Juni 2004

<sup>9</sup> Bundesamt für Statistik: Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister 2000

## 2.2 Relevante Erkenntnisse in Zusammenhang mit MINERGIE-Bauten

Im Zusammenhang mit MINERGIE-Bauten wurden verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, die für das vorliegende Forschungsprojekt von Bedeutung sind. In einem Forschungsprojekt unter dem Titel „Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energie-effizienten Wohngebäuden“<sup>10</sup> werden die nicht-energetischen begleitenden Zusatznutzen untersucht. Erste Ergebnisse zeigen bei den Mietern/Mieterinnen eine Zahlungsbereitschaft für Komfortlüftung und für neue Fenster oder wärmegeämmte Fassaden, die durchaus eine Rolle spielt. In Neubauten kann für eine Komfortlüftung eine Zahlungsbereitschaft von 5% der Miete erwartet werden. Für neue Fenster und wärmegeämmte Fassaden in bestehenden Bauten liegt sie bei 100 bis 150 Franken pro Monat. Bewohnerinnen und Bewohner von Wohnungen, die bereits über eine Komfortlüftung verfügen, würden nur bei einer Mietzinsreduktion von 10% wieder in eine Wohnung ohne Komfortlüftung wechseln. Die wesentliche Erkenntnis besteht unseres Erachtens darin, dass eine nachweisbare Zahlungsbereitschaft vorhanden ist, falls es sich um einen Zusatznutzen handelt, der für die Bewohner oder Besitzer auch als solcher erkennbar ist. Im Fall der Wärmeerzeugung besteht der Zusatznutzen darin, dass die Qualität der Anlagen zunimmt, was dann dementsprechend zu weniger Problemen in Betrieb und Unterhalt führt. Dieser Nutzen ist allerdings nicht im gleichen Mass erkennbar oder als Komfort erlebbar, wirkt sich längerfristig aber in geringeren Unterhaltskosten auch finanziell aus.

In einem Praxistest wurden die Erfahrungen aus der Planung, Realisierung und Nutzung von MINERGIE-Bauten ermittelt und die MINERGIE-Nachweise von 52 Wohnbauten untersucht<sup>11</sup>. Für das Projekt MINERGIE-Module sind folgende Ergebnisse relevant:

Die Wärmedämmung ist im Vergleich mit konventionellen Neubauten im Kanton Zürich um rund 20% besser. Der Anteil der Gebäude mit einer Wärmeerzeugung durch erneuerbare Energien ist mit 85% relativ hoch. Aus der Zusammenfassung konnte allerdings nicht entnommen werden, wie die Aufteilung zwischen Wärmepumpen, Solaranlagen, Holzheizungen aussieht. Es ist davon auszugehen, dass der grösste Anteil durch Wärmepumpen abgedeckt wird. In 64% der Gebäude ist die Wärmeverteilung auf tiefe Vorlauftemperaturen (<35°) ausgelegt. Die Benutzerinstruktion wurde in einigen Fällen vernachlässigt, was teilweise zu Fehlverhalten führte.

## 2.3 Entwicklungen bei den Wärmeerzeugern

Die Marktentwicklungen und die Markteinschätzungen sind bei den einzelnen Wärmeerzeugern unterschiedlich. Das Marktpotenzial thermischer Solar-Anlagen in Einfamilienhäusern und in selbstbewohntem Wohneigentum wurde in einer Studie des Bundesamtes für Energie untersucht<sup>12</sup>. Dabei wurde erkannt, dass Solaranlagen positiv besetzt sind, dass aber deren Potenzial trotzdem nicht überschätzt werden darf. Insbesondere ist das Wissen potenziell Interessierter sehr gering und es fehlt auch eine gute, einfach zugängliche Beratung.

<sup>10</sup> Ott, W., Baur, M., Jakob, M.: Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energie-effizienten Wohngebäuden, econcept und CEPE, Zürich. Laufendes Forschungsprojekt, erscheint 2004

<sup>11</sup> Praxistest MINERGIE, Erfahrungen aus Planung, Realisierung und Nutzung von MINERGIE-Bauten, im Auftrag der Energiefachstellenkonferenz der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, laufendes Projekt, Resultate noch nicht zur Veröffentlichung bestimmt (Stand: Dezember 2003)

<sup>12</sup> Gerhäusern J.: Marktpotenziale und Markthindernisse für die thermische Solarenergie, 2002

Bei den Wärmepumpen ist ein hoher Anteil insbesondere bei den Neubauten festzustellen. Er beträgt rund 40%. Die Herausforderung in diesem Bereich besteht vor allem darin, die Qualität der Anlagen zu verbessern. Es wird ein beträchtlicher Zusatznutzen durch ein MINERGIE-Modul vor allem im Bereich Sanierungen erwartet.

Im Bereich Holzenergie sind die Marktzahlen für Einzelraumgeräte in den letzten Jahren steigend. Diese werden allerdings in der Regel als Zusatzheizungen eingesetzt. Bei den Alleinheizungen weisen im Jahr 2002 die Stückholzkessel < 50 kW und die automatischen Feuerungen < 50 kW eine geringe Zunahme von je knapp 200 Anlagen auf. Dies stellt im Wesentlichen eine Substitution fossiler Energieträger dar, wobei die grössten Zuwachsraten mit bis zu 70 % bei den Pelletfeuerungen zu verzeichnen sind (Stand Ende 2003: rund 1900 Anlagen)<sup>13</sup>.

## 2.4 Wärmespeicherung: Stand der Technik und Perspektiven

Neben der Anlage für die Wärmeerzeugung ist die Wärmespeicherung für die Module von zentraler Bedeutung. Grundsätzlich kann die Gebäudemasse oder ein technischer Speicher für die Wärmespeicherung verwendet werden. Die Vor- und Nachteile verschiedener Konzepte sowie die technischen Entwicklungen werden im Folgenden aufgelistet.

### **Gebäudemasse als Wärmespeicher:**

Böden, Wände und Decken können als Wärmespeicher genutzt werden. Die nutzbare Bauteiltiefe ist jedoch beschränkt. Üblicherweise wird im Wohnungsbau der Unterlagsboden im Zusammenhang mit der Bodenheizung als Wärmespeicher genutzt. Dadurch kann sich, je nach Wärmeerzeuger und bei richtiger hydraulischer Einbindung, ein Wasserwärmespeicher erübrigen, da die zur Verfügung stehende Speicherkapazität des Unterlagsboden wesentlich grösser ist als die eines technischen Wasserspeichers.

Die Vorteile liegen im Wesentlichen in den geringen Kosten und einer einfacheren Hydraulik. Als Nachteil ist die eingeschränkte Speicherfähigkeit für die passivsolaren Erträge zu nennen.

### **Technischer Wasserspeicher:**

Für Anlagen, welche die Gebäudemasse nicht aktivieren können (Wärmeverteilung mit Heizkörpern oder ähnlich) und für Anlagen, die nicht bis in ganz kleine Leistungsbereiche modulieren können sowie für Anlagen mit mehreren Heizgruppen (z.B. Doppel-Einfamilienhaus) ist ein technischer Wasserspeicher unerlässlich. Im vorliegenden Projekt wird die Brauchwarmwassererwärmung immer als Teil der Wärmeerzeugung angesehen. Falls nun aus technischen Gründen ein Wasserspeicher erforderlich ist, sollen deshalb konsequent Kombispeicher zum Einsatz gelangen.

Die Vorteile eines Kombispeichers liegen im geringen Platzbedarf und der einfachen Hydraulik. Ein Nachteil besteht in geringfügig höheren Kosten eines Kombispeichers gegenüber einer Lösung mit Boiler und technischem Speicher. Die Mehrkosten dürften im Maximum 5-10% der Kosten für eine Heizungssanierung betragen. Dieser Nachteil wird vor allem dann bedeutend, wenn die Sanierung des Boilers gerade vor kurzer Zeit abgeschlossen wurde. Sinnvollerweise wird die ganze Sanierung in einem Schritt durchgeführt.

<sup>13</sup> Schweizerische Holzenergiestatistik, 2003

### Latentwärmespeicherung:

Bei der Latentwärmespeicherung (Phase Change Materials = PCM) wird mit dem Phasenübergang vom festen in den flüssigen Aggregatzustand Energie gespeichert und mit dem umgekehrten Prozess wiederum freigesetzt. An diesen Technologien wird im Rahmen von angewandter Forschung und Entwicklung intensiv gearbeitet, marktreife Produkte sind jedoch noch keine verfügbar.

Im Rahmen des Forschungsprojekts beschränken wir uns auf die ersten beiden Typen, weil die Latentwärmespeicherung noch nicht auf breiter Basis zur Verfügung steht.

## 2.5 Gesamtlösungen liegen im Trend

Die Branchengespräche haben gezeigt, dass ein eindeutiger Trend nach Gesamtlösungen für die Wärmeerzeugung im Markt festzustellen ist. Die Wärmeerzeugung wird „aus einer Hand“ von einem Hersteller entwickelt und angeboten und von einem Installateur installiert. Die Vorteile für die Anbieter liegen auf der wirtschaftlichen und auf der technischen Ebene. Wirtschaftlich profitiert der Anbieter durch die enge Zusammenarbeit mit Installateuren davon, dass er alle Komponenten einer Anlage verkaufen kann; und nicht etwa nur den Speicher oder den Heizkessel. Lösungen „aus einer Hand“ sind für den Kunden attraktiv und werden nachgefragt. Die Kunden erhalten einen guten Überblick über die Komponenten und die Beratung durch den Installateur wird vereinfacht. Auf der technischen Ebene kann der Anbieter von Gesamtlösungen die Gewähr für eine hohe Qualität bieten, weil alle Komponenten inklusive Regelung optimal aufeinander abgestimmt sind. Die verbesserte Qualität und die vereinfachte Beratung stellen auch für den Installateur interessante Vorteile dar. Die Systeme sind so konzipiert, dass sich die Montage stark vereinfacht und Fehler weitgehend ausgeschlossen werden. Die Installateure gehen umgekehrt eine gewisse Abhängigkeit von einem Lieferanten ein, was nicht für alle Betriebe von Interesse sein wird. Der Kunde gewinnt durch die Gesamtlösungen die Sicherheit, dass er ein gutes Produkt erhält. Die individuelle Beratung eines Kunden und die Installation von „massgeschneiderten“ Anlagen aus Komponenten verschiedener Hersteller durch spezialisierte Installateure wird weiterhin von Bedeutung sein. Hingegen dürften qualitativ ungenügende „Billig-Lösungen“, die aus verschiedenen Komponenten zusammen „gebastelt“ werden, Marktanteile gegenüber überzeugenden Gesamtlösungen verlieren.

In dieser Situation besteht die Funktion der Module weniger darin, eine Entwicklung in Gang zu bringen als vielmehr darin, eine einfach kommunizierbare „Messlatte“ fest zu legen und einen Beitrag für die Qualitätssicherung zu leisten. Es ist keineswegs so, dass die Module durch den Trend zu Gesamtlösungen überflüssig wären. Im Gegenteil; sie unterstützen diese Entwicklung durch einheitliche Anforderungen und durch die Qualitätssicherung.

## 3 Modulkonzept MINERGIE

### 3.1 Module für Gebäude-Teilsysteme

Im Jahr 1998 hat MINERGIE damit begonnen, neben den Standards für Gebäude auch solche für einzelne gebäudetechnische Systeme festzulegen. Die Module sollten auf wichtige Bestandteile und solche mit Systemcharakter beschränkt werden. Eine Zertifizierung von Einzelkomponenten war – und ist – nicht vorgesehen. Das Ziel des Modulkonzepts besteht darin, die Anwendung von qualitativ hoch stehenden MINERGIE-kompatiblen Lösungen oder „Bausteinen“ zu fördern. Ein Haus mit einem oder mehreren MINERGIE-Modulen ist noch kein MINERGIE-Haus. Erst der Systemnachweis für das ganze Gebäude zeigt auf, ob alle MINERGIE-Anforderungen erfüllt sind.

Bisher wurden zwei Module realisiert, das Modul „Wand- und Dachkonstruktionen“ und das Modul „Fenster“. Ein weiteres Modul „Türen“ ist derzeit in Arbeit. Das vorliegende Forschungsprojekt liefert die Grundlagen für das Modul „Wärmeerzeugung“ durch Wärmepumpen und Holzfeuerungen, wobei jeweils die Kombination mit Solaranlagen mit untersucht wird.

Erste Wand- und Dachkonstruktionen wurden bereits 1998 zertifiziert, das Modul „Fenster“ besteht seit 2001. Beide Module wurden in enger Zusammenarbeit mit den massgeblichen Verbänden erarbeitet, im Fall der Fenster mit dem Schweizerischen Fachverband Fenster- und Fassadenbranche FFF und der Schweizerischen Zentralstelle Fenster- und Fassadenbau SZFF. Die Module legen bauphysikalische und energetische Anforderungen fest und werden periodisch überprüft bzw. revidiert. Konkret wurde z.B. im Modul Fenster auf das Jahr 2004 der  $U_w$ -Wert von bisher 1.3  $W/m^2K$  auf unter 1.0  $W/m^2K$  gesenkt.

Die Geschäftsstelle MINERGIE verfügt über Informationen bezüglich der Anzahl der zertifizierten Produkte und Anbieter, nicht aber über den Marktanteil der Module. Direkte Kontakte zur Branche liefern einige Anhaltspunkte. So werden beispielsweise bei der Flumroc gegen 10 % der verkauften Flächen in Dämmstärken verkauft, welche dem MINERGIE-Standard genügen.

Um genauere Informationen bezüglich des Fenster-Moduls zu erhalten, wurde Anfang 2003 eine Umfrage unter dem Titel „Energieeffiziente Fenster in der Schweiz – Status Quo und Möglichkeiten“,<sup>14</sup> durchgeführt. Die Resultate sind allerdings mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren, da die Umfrage relativ früh nach Einführung des Moduls durchgeführt wurde. Der Marktanteil für energieeffiziente Fenster gemäss MINERGIE-Standard wurde für das Jahr 2003 mit rund 4% angegeben mit leicht steigender Tendenz für die folgenden Jahre. Zu diesem Zeitpunkt verfügten rund 10% der grössten Schweizer Fensterhersteller über zertifizierte Produkte. Rund 70% beabsichtigten keine Zertifizierung durchzuführen. Aus direkten Gesprächen mit Marktteilnehmern ist zu erfahren, dass das Interesse (oder der Druck) nach MINERGIE-Fenstern zunimmt.

<sup>14</sup> Interconnection Consulting Group: Energieeffiziente Fenster in der Schweiz – Status Quo und Möglichkeiten, München, 2003

## 3.2 Vom MINERGIE-Modul für Gebäude-Teilsysteme zum MINERGIE-Haus

Das Modulkonzept beinhaltet neben der Definition von Anforderungen an gebäudetechnische Teilsysteme auch die Vision, dass ein MINERGIE-Haus als Summe von MINERGIE-Modulen realisiert werden kann. Unter der Bezeichnung „Bauerneuerung in Schritten“ hat MINERGIE ein Konzept skizziert, welches die Umsetzung dieser Vision erlauben würde. Ziel dieses Konzepts ist es, die Bauherrschaft zu motivieren, sich frühzeitig Gedanken über den einzuschlagenden Sanierungs- oder Erneuerungspfad zu machen. Gleichzeitig soll es der zeitlichen Flexibilität bei Sanierungsvorhaben Rechnung tragen. Ein Haus würde nach einer Sanierung dann zum MINERGIE-Haus, wenn ein einfaches Sanierungskonzept vorliegt und alle Module realisiert sind. Bei diesem Ansatz soll die Reihenfolge der Module (in gewissen Grenzen) frei sein und es ist keine abschliessende Zertifizierung im Sinne des Systemnachweises vorgesehen. Die Zielvorstellung kann der folgenden Darstellung entnommen werden:



MINERGIE hat sich entschieden, dieses Konzept momentan nicht weiter zu verfolgen (Stand Januar 2005). Statt dessen soll auch bei der Bauerneuerung und Sanierung auf den bekannten und bewährten Zertifizierungsprozess abgestellt werden<sup>15</sup>.

Ungeklärt blieb unter anderem, wie hoch die Anforderungen an die verschiedenen Module zu stellen seien und ob eine gewisse Abhängigkeit zwischen den Modulen hergestellt werden soll. Soll in Analogie zum Systemnachweis eine Koppelung zwischen der Qualität der Gebäudehülle und der Wärmeerzeugung vorgenommen werden, und wenn ja, in welchem Detaillierungsgrad? Wenn auf diese Koppelung und die damit verbundene Möglichkeit zur Optimierung zugunsten der Einfachheit und Praktikabilität verzichtet wird, geht die Tendenz dahin, die Anforderungen an die einzelnen Module relativ hoch anzusetzen, damit in der Summe – auch in ungünstigen Fällen – die Grenzwerte immer noch eingehalten werden können. In der Praxis könnte dies jedoch dazu führen, dass ein auf diesem Weg saniertes Haus höhere Anforderungen als diejenigen des Systemnachweises erfüllen würde.

<sup>15</sup> Durch diesen Entscheid hat sich die Ausgangslage gegenüber dem Beginn des Forschungsprojekts teilweise verändert. Der Bericht basiert auf der Voraussetzung, dass eine schrittweise Sanierung mit Hilfe von Modulen zu einem MINERGIE-Haus führt, ohne auf den Zertifizierungsprozess – und den darin enthaltenen Optimierungsprozess zwischen Gebäudehülle und Wärmeerzeugung – Bezug zu nehmen. Das Forschungsteam ist der Ansicht, dass die in der Vision zum Modulkonzept vorgesehenen Elemente der Flexibilisierung (Sanierungs-/Erneuerungspfad) nicht ohne guten Grund aufgegeben werden sollten.

Ein weiterer Baustein zur Vereinfachung des MINERGIE-Nachweises – und der Umsetzung der modularen Vision – stellen die Standardlösungen für den Neubau von Einfamilienhäusern dar. Neben den Anforderungen an die Bauhülle werden solche an die Haustechnik definiert. Dabei werden 4 mögliche Wärmeerzeugungssysteme bezeichnet, wobei ausschliesslich Wärmepumpen, Holzfeuerungen und solare Systeme zum Einsatz kommen. Die Komfortlüftung wird als zwingender Bestandteil der Standardlösungen definiert. Die Standardlösungen stellen eine starke Vereinfachung für Planung, Nachweis und Vollzug dar und sehen keine wechselseitige Optimierung zwischen Gebäudehülle und Wärmeerzeugung vor. Die Grenzwertanforderungen werden im Durchschnitt eingehalten, aber im Einzelfall nicht zu 100% eingehalten. Die Beschränkung auf 4 Wärmeerzeugungssysteme stellt eine relativ starke Einschränkung in der Wahl des einzuschlagenden Weges dar. Die Standardlösungen wurden am 1.7.2003 als Test für ein Jahr eingeführt. Sie stellen allerdings keinen direkten Bezug zu den Modulen, indem diese explizit verlangt würden, sondern nur zu den inhaltlich weitgehend äquivalenten Anforderungen, was den Modulansatz und den Nutzen der Module tendenziell schwächt.

Wie ist das MINERGIE-Modul „Wärmeerzeugung“ in die Modul-Strategie von MINERGIE einzuordnen? Das Modul „Wärmeerzeugung“ ist so konzipiert, dass es für sich alleine – ohne Optimierungsprozess zwischen Gebäudehülle und Wärmeerzeugung – eine ökologisch sinnvolle und der MINERGIE-Philosophie entsprechende Wärmeerzeugung darstellt. Das bedeutet zweierlei: Zum einen werden Mindestanforderungen an die Gebäudehülle und an die Haustechnik gestellt, um sicher zu stellen, dass es sowohl als Modul für ein Gebäude-Teilsystem als auch als Baustein auf dem Weg zu einem MINERGIE-Haus verwendet werden kann. Neben den technischen und organisatorisch/administrativen Anforderungen müssen deshalb auch die objektspezifischen Anforderungen erfüllt sein (siehe Kapitel 6). Diese stellen sicher, dass das Modul in einem dafür geeigneten Gebäude verwendet wird. In den objektspezifischen Anforderungen wird festgehalten, dass das Gebäude gut gedämmt sein muss (maximale Leistung pro Energiebezugsfläche in bestehenden Gebäuden  $< 50 \text{ W/m}^2$ ) und dass die Vorlauftemperaturen einen maximalen Wert nicht überschreiten dürfen. Zum anderen wird die Qualität des eingesetzten Energieträgers im Sinne der Erneuerbarkeit explizit in den Modulanforderungen festgehalten. Konkret wird ein Mindestanteil von 70% erneuerbarer Energie verlangt (wird im Detail in den Kapiteln 5 und 6 ausgeführt). Im MINERGIE-Systemnachweis erfolgt dies über die Gewichtungsfaktoren bei den Energieträgern und unter Berücksichtigung der Qualität der Gebäudehülle. Da die Optimierung zwischen Gebäudehülle und Wärmeerzeugung in der Vision zum Modulkonzept nicht vorgesehen ist, muss die Qualität der eingesetzten Energie Eingang in die Modulanforderungen finden. In diesem Sinn stellen die Module eine Weiterführung und Erweiterung der Standardlösungen für Einfamilienhäuser dar. Auch bei diesen wird über die Vorgabe der in Frage kommenden Wärmeerzeugungsanlagen (implizit) ein minimaler Anteil erneuerbarer Energie festgelegt.

In einem Gebäude, welches modular konzipiert oder saniert wird, stellt sich die Situation folgendermassen dar: Falls ein Gebäude mittels MINERGIE-Modulen saniert wird (Fenster, Wand/Dach, etc.), so werden in der Kombination mit dem Modul „Wärmeerzeugung“ die Anforderungen des Systemnachweises in jedem Fall eingehalten. Dies liegt im Wesentlichen darin begründet, dass beim Modul „Wand/Dach“ zwischen Neubau und Sanierung nicht unterschieden wird und dass die Systemanforderungen für bestehende Bauten bzw. Sanierungen vergleichsweise niedrig sind. Für neue Einfamilienhäuser werden durch die Kombination der Module die Systemanforderungen ebenfalls eingehalten, allerdings mit einer gewissen Unschärfe. In dieser Hinsicht verhalten sich die Module „Wärmeerzeugung“ wie die Standardlösungen. Sie lassen jedoch dem Planer und dem Bauherrn eine deutlich grössere Freiheit in Bezug auf die möglichen Systemkonzepte, auch wenn sie nicht alle denkbaren – und in Einzelfällen auch sinnvollen – Lösungen zulassen. Für kleine Mehrfamilienhäuser kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine gesicherte Aussage gemacht werden. In diesen Fällen sind die vorliegenden Module „Wärmeerzeugung“ als sinnvolle Lösungen im Sinne der Gebäude-Teilsysteme zu betrachten.



## 4 Resultate der Branchengespräche

Das Projektteam hat Gespräche mit Verbänden, Anbietern, Installateuren und ergänzend dazu mit Vertretern der Immobilienbranche und von Banken geführt. Bei den Verbänden standen Zielsetzung und Rahmenbedingungen für die Module im Vordergrund. Mit dem SPF in Rapperswil wurde im Speziellen die Frage der messtechnischen Überprüfung der Module erörtert. In den Gesprächen mit den Anbietern wurden Aspekte der Technik und der Marktakzeptanz besprochen. Mit den Installateuren wurde die Frage des Nutzens der Module für diese Branche diskutiert. Bei den Gesprächen mit Vertretern der Immobilienbranche und der Banken galt es zu klären, wie gross das Interesse dieser Akteure an den Modulen ist bzw. wie sehr diese überhaupt mit dieser Frage in Kontakt kommen.

Die Gespräche wurden mit folgenden Personen geführt:

### Verbände

Fördergemeinschaft Wärmepumpen	R. Beck, P. Hubacher
Holzenergie Schweiz	C. Rutschmann
Verband der Hafner und Plattenleger	C. Chiquet
SFIH – Holzfeuerungen Schweiz	M. Rüegg
Solar	Y. Roulet

### Anbieter

Hoval	M. Woerz
Friap	M. Lüthi
b-Energie	K. Bättig, P. Schwarzentruher
Sigmatic	R. Sidler
Liebi LNC	P. Liebi

### Installateure/Sanitäre

Widmer&Co. AG	M. Johanns
Jul. Weinberger AG	A. Morelli, L. Haas, E. Wipfli

### Prüfinstitute

SPF Rapperswil	P. Vogelsanger
----------------	----------------

Bei den **Verbänden** ist grundsätzlich ein grosses Interesse an Modulen auszumachen, soweit sie dem Ziel dienen, die Qualität der Anlagen zu verbessern und die Akzeptanz am Markt zu erhöhen. Bei der Festlegung von „Messlatten“ ist eine gewisse Ambivalenz festzustellen. Einerseits werden Standards gewünscht, welche die Spreu vom Weizen trennen („Best Practice“), andererseits werden auch Befürchtungen geäussert, einige Marktteilnehmer würden dadurch ungerechtfertigte Nachteile erleiden. Eine technologie-unabhängige Formulierung, welche offen ist für Neuentwicklungen, wird jedenfalls gefordert.

Bei den **Anbietern** ist festzustellen, dass einige Unternehmen bereits Modul-Lösungen anbieten. Das Modul-Konzept von MINERGIE wird teilweise als Unterstützung der eigenen Strategie verstanden, teilweise auch als überflüssig erachtet („das machen wir ja schon“). Schulung von Installateuren bei der Anwendung von Gesamtsystemen wird zum Teil bereits praktiziert. Gegenüber neuen Zertifizierungen oder Labels sind die Anbieter sehr skeptisch. Messlatten als Orientierung sind willkommen.

Die **Installateure/Sanitäre** sind die am stärksten heterogene Gruppe. Sehr gut informierte Betriebe, die mit der System-Philosophie von MINERGIE vertraut sind, erachten die Module teilweise als unnötig oder gar hinderlich für ihren eigenen komparativen Marktvorteil. Für andere Betriebe wären die Module dagegen eine willkommene Unterstützung. Eine gezielte Schulung müsste, vor allem für die Beratung im Verkauf, die Kenntnisse der Installateure bezüglich der Module auf Systemebene deutlich verbessern.

Die **Immobilienverwaltungen** sind nur bedingt am Segment von Gebäuden mit 1-4 Wohnungen interessiert, da sie meist grössere Liegenschaften betreuen. Für die **Banken** ist dieses Kundensegment dagegen von grosser Bedeutung, das auch einer besonderen Pflege bedarf. Allerdings stehen nicht die MINERGIE-Module als solche im Vordergrund sondern vielmehr die Werterhaltung der Gebäude und die damit zusammenhängende Höhe der Kreditgewährung.

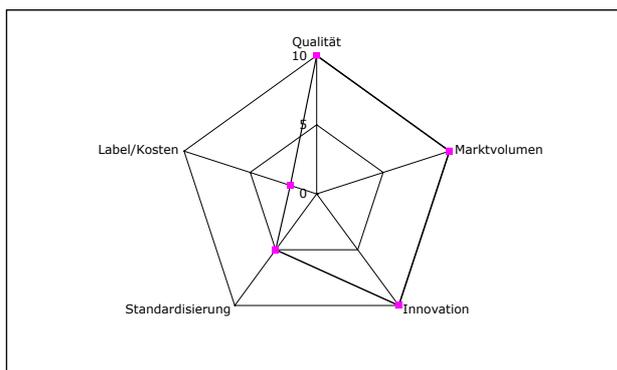
Die Ergebnisse der Gespräche mit den Marktakteuren wurden nach den 5 Dimensionen

- Qualität
- Marktvolumen
- Innovation
- Standardisierung
- Label/Kosten (Zahlungsbereitschaft)

ausgewertet und auf einer Skala von 0 bis 10 bewertet.

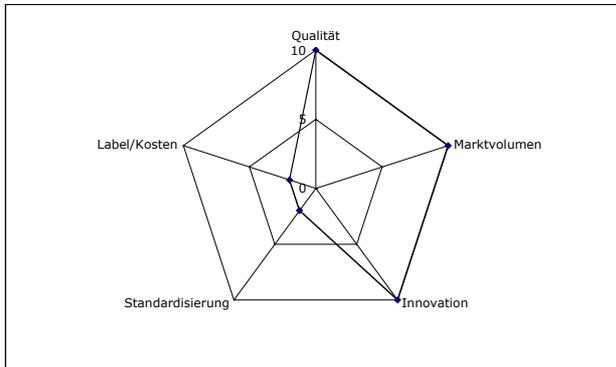
#### Fazit:

Die Branchengespräche haben gezeigt, dass sich die befragten Marktteilnehmer bezüglich Qualität und Marktvolumen nicht unterscheiden – das wollen alle erreichen! In Bezug auf Innovation und Standardisierung sind Unterschiede festzustellen, die vor allem darauf zurück zu führen sind, dass innovative Installateure an einer Standardisierung nur bedingt Interesse haben, dafür aber Innovation umso höher gewichten. Die grössten Differenzen sind bei der Zahlungsbereitschaft bzw. dem Stellenwert des Labels festzustellen. Während die Verbände hier eine grosse Bedeutung sehen, wird dies von Anbietern und Installateuren mit einer deutlich grösseren Zurückhaltung beurteilt, beziehungsweise weitgehend abgelehnt.



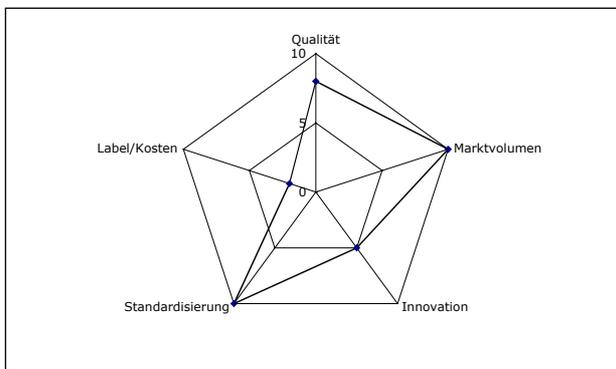
Markteinschätzung durch **Anbieter**:

- **Grosse** Bedeutung von Qualität, Marktvolumen, Innovation
- **Mittlere** Bedeutung von Standardisierung
- **Geringe** Bedeutung des Labels (bzw. Ablehnung von zusätzlichen Kosten)



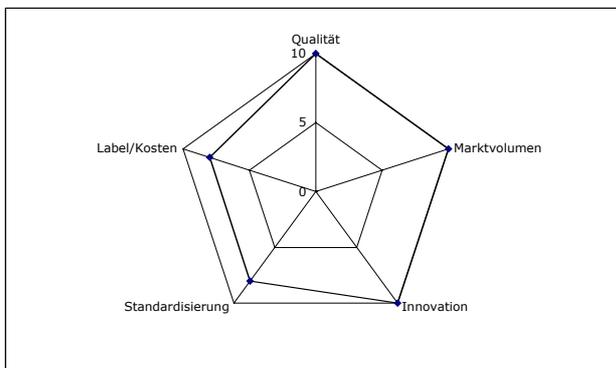
Markteinschätzung durch **Installateure „innovativ“**:

- **Grosse** Bedeutung von Qualität, Marktvolumen, Innovation
- **Geringe** Bedeutung von Standardisierung
- **Geringe** Bedeutung des Labels (bzw. Ablehnung von zusätzlichen Kosten)



Markteinschätzung durch **Installateure „Durchschnitt“**:

- **Grosse** Bedeutung von Qualität, Marktvolumen, Standardisierung
- **Mittlere** Bedeutung von Innovation
- **Geringe** Bedeutung des Labels (bzw. Ablehnung von zusätzlichen Kosten)



Markteinschätzung durch **Branchenverbände**

- **Grosse** Bedeutung von Qualität, Marktvolumen, Innovation, Standardisierung, Label



## 5 Konzept für die Module

### 5.1 Anwendungsbereich der Module

In diesem Abschnitt wird der Anwendungsbereich der Module beschrieben. Es stellt sich die Frage wo die Module im Sinne der Standardisierung sinnvoll eingesetzt werden können. Wichtigstes Kriterium ist die Einfachheit der Haustechnik. Bei Wohnhäusern bis zu vier Wohneinheiten können wir davon ausgehen, dass die Haustechnik im Normalfall relativ einfach ist. In grösseren Bauten tritt oft der Fall auf, dass zwei Wohneinheiten auf einer Etage vorhanden sind, was die Haustechnik wesentlich komplizierter werden lässt und ein eigentliches Engineering notwendig macht.

Ebenfalls nicht für eine Standardisierung geeignet sind Kombinationslösungen mit Feuerungen im Keller und im Wohnraum. Auch hier sind spezielle Lösungen erforderlich, die durch ein Modul nicht abgedeckt werden können.

Da wir uns in diesem Projekt auf Vollheizungen beschränken, sind Cheminée-Öfen („Lust-Feuer“), falls sie nicht als Vollheizungen konzipiert und eingesetzt werden, ebenfalls nicht Teil der Module. In diesem Bereich werden jedoch viele Produkte angeboten, die für MINERGIE-Bauten (Wärmeleistung, Zufuhr der Verbrennungsluft) geeignet sind, weshalb diese zu einem späteren Zeitpunkt bei weiteren Modulen berücksichtigt werden sollten. Es ist aber ausdrücklich festzuhalten, dass Wohnraumheizungen, die als Vollheizungen konzipiert sind, modulfähig sind.

Die Module beinhalten grundsätzlich Heizung und Brauchwarmwasser zusammen, wobei allerdings die Möglichkeit besteht, dass zwei separate Aggregate verwendet werden. Insbesondere soll es auch möglich sein, im Sanierungsfall die Erneuerung von Heizung und Brauchwarmwasser etappiert vornehmen zu können. Heizung und Brauchwarmwasser sollen jedoch als eine Einheit konzipiert werden.

### 5.2 Konzeptioneller Ansatz

Zwei Voraussetzungen, unter denen das Konzept für die Module Wärmeerzeugung erarbeitet wurden, seien zu Beginn dieses Abschnitts nochmals erwähnt:

- Die Module sollen Teil eines modularen Konzepts für MINERGIE-Bauten bilden, welches auf einen abschliessenden Systemnachweis und die darin vorgesehene Optimierung zwischen Gebäudehülle und Wärmeerzeugung verzichtet<sup>16</sup>.
- Das Modul soll zu einer Qualitätsverbesserung der installierten Anlagen führen, ohne einen übermässigen Aufwand bei der Prüfung und der Vergabe des Labels zu verursachen (optimales Verhältnis von Aufwand und Beitrag zu Qualitätsverbesserung).

Eine wesentliche Schlussfolgerung aus dem Forschungsprojekt in Bezug auf die Definition der Module besteht darin, dass eine Technologie-unabhängige, allgemeine Formulierung der Festlegung von technischen Anforderungen im Detail vorzuziehen ist. Der Grund dafür liegt in der Komplexität der technisch möglichen – und sinnvollen – Lösungen. Die Vorgabe technischer Einzelheiten würde eine unzumutbare Reglementierung bedeuten und gleichzeitig den Spielraum für die Marktakteure einschränken.

<sup>16</sup> Falls in Zukunft ein Energienachweis entwickelt wird, der auf gemessenen Werten basiert (Energiepass), müssen die Voraussetzungen für die Module neu überdacht werden.

Mit der Definition der Module sollen die zwingend notwendigen Rahmenbedingungen – so viel wie nötig, so wenig als möglich - formuliert werden, innerhalb derer die Marktakteure geeignete Systemlösungen entwickeln und anbieten können. Diese Anforderungen werden im nächsten Kapitel definiert. Sie werden für Wärmepumpen und Holzfeuerungen separat dargestellt und kommentiert. Die Vielfalt der möglichen Systemkonzepte, die sich aus der Kombination von Wärmeerzeugern einerseits und hydraulischen Konzepten andererseits ergibt, soll so wenig als möglich eingeschränkt werden. Ein Überblick über die Systemkonzepte wird in Kapitel 7 vermittelt. Darin wird auch erläutert, welche Konzepte den Modulanforderungen entsprechen und welche nicht.

Das anerkannte Ziel der Module besteht darin, die Qualität der eingesetzten (Gesamt)Systeme zu verbessern. Bei der Beurteilung der Qualität sind verschiedene Aspekte zu unterscheiden:

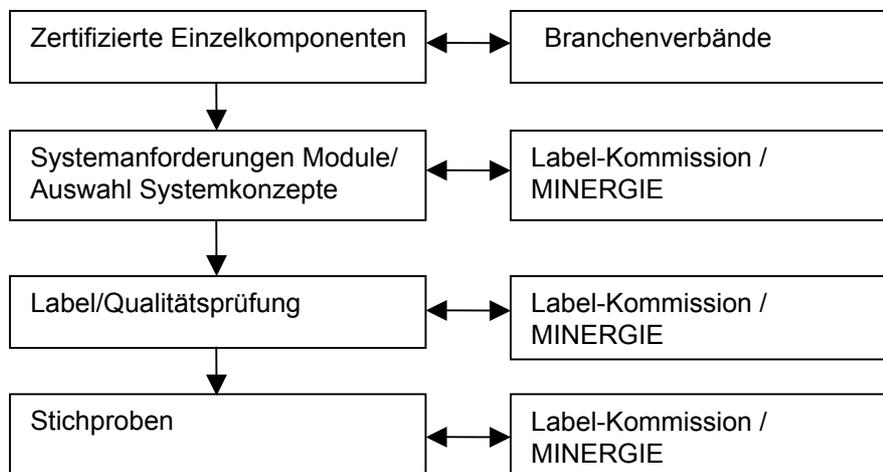
- Technische Qualität der eingesetzten Anlage
- Qualität der Installation und System der Qualitätssicherung
- Einsatz der Anlage in dafür geeigneten Objekten.

Aus diesem Grund wird zwischen technischen, organisatorisch/administrativen und objektspezifischen Anforderungen unterschieden (siehe Kapitel 6).

Bei der Beurteilung der technischen Qualität besteht die grundsätzliche Schwierigkeit darin, von den – geprüften - Einzelkomponente zum Gesamtsystem überzugehen, ohne dabei weder ein unzulässiges Ausschlussverfahren anzuwenden noch einen übermäßigen Prüfaufwand hervorzurufen. Wir schlagen eine qualitative Prüfung der Module in Verbindung mit der Überprüfung einer Stichprobe von Anlagen im Feld anstelle einer Messung der einzelnen Systeme auf dem Prüfstand vor. Die detaillierten Anforderungen werden im nächsten Abschnitt vertieft behandelt.

Die Labelvergabe und die Qualitätssicherung werden durch die Label-Kommission in Zusammenarbeit mit MINERGIE durchgeführt. Die Branchenverbände sind wie bis anhin für die Zertifizierung und den Qualitätsnachweis der Einzelkomponenten (Holzfeuerungen, Wärmepumpen, Solaranlage) zuständig.

Das Konzept für die Module sieht im Überblick folgendermassen aus: Aufbauend auf den durch die Branchenverbände zertifizierten Einzelkomponenten, werden die Systeme durch die Label-Kommission in Zusammenarbeit mit MINERGIE gelabelt. Die Systemanforderungen an die Module führen zu einer Auswahl der geeigneten Systemkonzepte und bilden die Basis für das Label. Die anschließende Qualitätssicherung durch Stichproben wird wiederum durch das Fachgremium veranlasst und ausgewertet.



## 5.3 Anforderungen an die technische Qualitätsprüfung

In diesem Abschnitt legen wir unseren Vorschlag für die Ausgestaltung der technischen Qualitätsprüfung dar. Wir kommen zum Schluss, dass eine qualitative Prüfung der Module in Verbindung mit der Überprüfung einer Stichprobe von Anlagen im Feld einer Messung der einzelnen Systeme auf dem Prüfstand vorzuziehen ist.

Bei der Konzeption der technischen Qualitätsprüfung stellt sich die Frage, was diese Prüfung denn leisten muss. Die Qualitätsprüfung eines Moduls Wärmeerzeugung muss

- sicherstellen, dass das Anlage-Konzept im Prinzip sinnvoll ist (potentielle Leistungsfähigkeit der Anlage)
- sicherstellen, dass die Anforderungen bezüglich Warmwasserkomfort und thermischem Komfort eingehalten werden
- sicherstellen, dass die Anlage im Prinzip einwandfrei läuft
- allfällige Mängel oder Fehlfunktionen und deren Ursachen aufdecken
- die Einhaltung der Anforderungen für ein MINERGIE-Modul Wärmeerzeugung überprüfen
- Aufzeigen, dass beim Zusammenbau der Anlage eine geringe Fehleranfälligkeit besteht.

Für diese Qualitätsprüfung stehen grundsätzlich verschiedene Methoden zur Verfügung: Expertenbeurteilung, Labormessung, Feldmessung, Beurteilung der Anwenderzufriedenheit, etc. Sie alle haben verschieden Vor- und Nachteile bezüglich ihrer Möglichkeiten aber auch ihrer Kosten.

Beim Übergang von der Einzelkomponente zur Systembetrachtung spielen insbesondere die Regelung, die Speicherung, aber auch die Dimensionierung und die Wärmedämmung eine grosse Rolle. Es stellt sich auch die Frage, wie sich die Wärmeerzeugung verhält, wenn nach einer Sanierung der Fenster und/oder der Fassade die Wärmenachfrage deutlich (um 30-50%) sinkt. Bei den Holzfeuerungen stellt dies kein Problem dar, soweit ein technischer Speicher vorhanden ist. Im Fall der Wärmepumpen ist diese Situation jedoch kritisch und zwar wegen der Dimensionierung und auch wegen der Kosten. Hier muss zwingend zuerst die Sanierung der Gebäudehülle durchgeführt werden.

Das Forschungsteam hat mit verschiedenen Fachpersonen und Fachinstituten, die Erfahrung mit Komponenten- oder Systemprüfungen haben, Kontakt aufgenommen. Im Rahmen der Expertenstudie gaben diese Fachpersonen und Fachinstitute darüber Auskunft, ob die definierten Qualitäts- und Leistungsanforderungen an die Module durch präzise Umschreibung der Designkriterien eingehalten werden können, mit dem Ziel, für das Label auf aufwändige Feld- oder Labormessungen zu verzichten. Es stellte sich weiter die Frage, ob die bisherigen Qualitätsprüfungen für Einzelkomponenten sinnvoll durch weitere Messungen ergänzt werden könnten, um dem Systemaspekt Rechnung zu tragen. Die Berichte sind im Anhang enthalten.

### Experten

Wärmepumpen-Testzentrum Buchs	P. Hubacher, M. Ehrbar
SPF Rapperswil	P. Vogelsanger
Hochschule für Technik und Architektur (HTA) Luzern	H. Huber

### **P. Hubacher/M. Ehrbar**

Es ist grundsätzlich möglich und sinnvoll, die Qualität der Anlagen über Designkriterien zu beschreiben und zu überprüfen. Die Designkriterien betreffen im Wesentlichen die Einfachheit der Anlagen und die Regelung. Grundsätzlich sind hydraulisch einfache Systeme zu wählen; auf einen Speicher soll wenn immer möglich verzichtet werden. Die Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen (FAWA-Studie)<sup>17</sup> zeigt, dass bei einer Bodenheizung kein Speicher benötigt wird und dass die Jahresarbeitszahl (JAZ)<sup>18</sup> der Anlage gegenüber einer Anlage mit Speicher sogar leicht steigt. Falls eine Wärmepumpe in Kombination mit einer Solaranlage installiert wird, stellt der Kombispeicher die beste Lösung dar.

Die FAWA-Studie zeigt, dass Wärmepumpen, die auf dem Prüfstand gute Resultate erzielen, auch im Feldtest - integriert in eine Heizungsanlage - gut funktionieren. Es ist daher mit gutem Grund vertretbar, dass für die Module auf die bestehende Qualitätsprüfung der Wärmepumpen abgestellt wird. Die Erweiterung der Qualitätsprüfung der Wärmepumpen um die Messung der JAZ ist zu aufwändig und liefert gegenüber der rechnerischen Ermittlung der JAZ aus den gemessenen Werten keinen relevanten Mehrwert. Für die stichprobenweise Qualitätskontrolle im Feld genügen wenige Massnahmen, welche die Anlagekosten nicht entscheidend beeinflussen.

### **P. Vogelsanger**

Aufgrund der Auslegedaten und der Anlagedokumentation kann die potentielle Leistungsfähigkeit einer Anlage in der Regel recht gut abgeschätzt werden. Ob Mängel oder Fehlfunktionen vorliegen, kann aber aufgrund der Auslegung oder Dokumentation nicht beurteilt werden. Ist das Anlagekonzept ungewöhnlich oder zweifelhaft, ist eine Beurteilung ohne messtechnische Prüfung unmöglich. Da die Design-Kriterien nie perfekt beschrieben werden können, besteht ein Restrisiko für Fehler bei der Produktion oder Installation. Werden gute und harte Designkriterien angewendet, könnte das Restrisiko bei Neuanlagen von bis zu 30% auf ca. 15% reduziert werden. Bei der technischen Qualitätsprüfung ist eine physische, mindest einmalige, visuelle Kontrolle ein absolutes Minimum. Eine kürzlich durchgeführte Untersuchung von standardisierten Kombisystemen Sonne/Gas bzw. Sonne/Öl hat die Notwendigkeit von Laborprüfungen von Systemen, also nicht nur der einzelnen Komponenten, klar aufgezeigt. Mindestens bei kleinen Anlagen (EFH) können solche Prüfungen mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden und werden daher ausdrücklich empfohlen.

Bei guten Konzepten ist es durchaus denkbar, dass die verschiedenen Funktionen auf verschiedenen Regelgeräte verteilt werden. Der Aufwand für die Prüfung der Funktionen wird dadurch jedoch erhöht. Es zeigt sich, dass in der Praxis die meisten Kompaktanlagen mit einem Regler für alle Funktionen ausgerüstet sind.

<sup>17</sup> FAWA Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen, Schlussbericht April 2004

<sup>18</sup> JAZ: Verhältnis zwischen der Wärmemenge ab WP resp. ab Speicher, sofern vorhanden und dem WP spezifischen Elektrizitätsbedarf, inklusive der Hilfsaggregate wie Umwälzpumpen (senkenseitig nur Druckabfall über Verflüssiger) und Carterheizung.

## H. Huber

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf den Anlagewirkungsgrad können qualitativ beschrieben und überprüft werden. Durch eine möglichst weitgehende Vorfabrikierung von Anlagekomponenten und Verbindungsleitungen, durch vordefinierte hydraulische und elektrische Schaltungen und mit gut verständlichen Montage- und Inbetriebsetzungsanleitung können die hohen Anforderungen auch bei der Produktion und Installation der Anlagen erreicht werden. Die Modulprüfung soll durch ein kompetentes Fachgremium vorgenommen werden und soll eine qualitative, rechnerische und visuelle Beurteilung der Anlage sowie eine Testmessung an einem ersten ausgeführten Objekt umfassen.

Temporäre Messungen im Feld für die qualitative Beurteilung der Funktion sind sinnvoll und machbar. Vermutlich können für solche einfachen Messungen Stutzen und andere Messstellen genutzt werden, die für Inbetriebnahme und Service ohnehin vorhanden sind. Da bei Feldmessungen die Messunsicherheit ohnehin beschränkt ist, sind qualitative Aussagen (Funktion) wichtiger als exakte Messwerte.

In die Qualitätsprüfung bei Systemen mit Holzheizungen (Q-Siegel) müsste zusätzlich die Nutzung der Restwärme aus dem Kessel integriert werden. Grundsätzlich könnten die Qualitätsprüfung der Wärmepumpen so erweitert werden, dass die JAZ auch geprüft werden kann. Da solche Messungen den Umfang der Qualitätsprüfung massiv erweitern, sollte für die Beurteilung der Module ein rechnerischer Weg gewählt werden.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

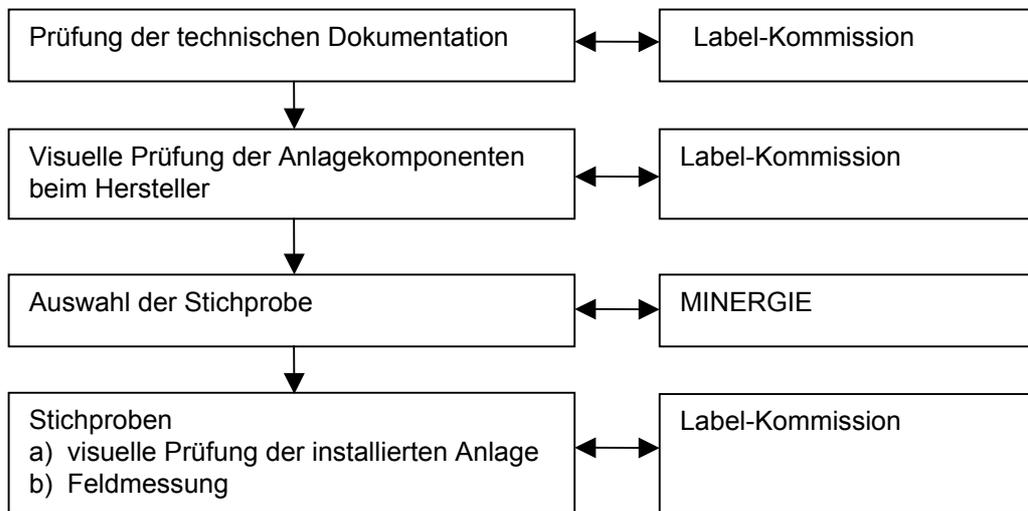
Das Forschungsteam kommt zum Schluss, dass eine qualitative Beurteilung der Anforderungen möglich und sinnvoll ist, soweit die Module auf weit gehend bekannte Systemkonzepte beschränkt werden. Andernfalls wären Laborprüfungen notwendig, in denen das ganze Modul im Labor aufgebaut würde. Den dazu notwendigen Aufwand erachten wir als unverhältnismässig. Die Prüfung soll durch ein kompetentes Fachgremium (Label-Kommission) durchgeführt werden. Durch temporäre Stichproben im Feld kann die Funktion der Anlagen gut und mit vertretbarem Aufwand überprüft werden. Eine Modifikation der bestehenden Qualitätsprüfungen der Einzelkomponenten ist nur bezüglich weniger Aspekte angezeigt.

## 5.4 Ablauf der Label-Vergabe

Das Projektteam schlägt für die Vergabe des Labels eine qualitative Beurteilung der Module in Verbindung mit der Überprüfung einer Stichprobe im Feld vor. Die Beurteilung der Module beinhaltet die Überprüfung der technischen Dokumentation und eine visuelle Kontrolle der Anlage und ihrer Komponenten beim Hersteller. Dieses Vorgehen erlaubt einer qualifizierten Fachperson eine rasche Beurteilung des Moduls. Voraussetzung dafür ist allerdings, wie bereits erwähnt, dass es sich um ein bekanntes Systemkonzept handelt. Die Stichproben im Feld umfassen eine visuelle Kontrolle der installierten Anlage sowie eine Verbrauchsmessung. Auf die genauen Anforderungen und die technischen Voraussetzungen für diese Feldmessung wird in Abschnitt 9.2 eingegangen. Wir schlagen vor, dass von jedem Anbieter eines Moduls eine der ersten zehn installierten Anlagen zufällig ausgewählt und überprüft wird.

Die Vergabe des Labels und die Stichprobe werden durch Mitglieder der Label-Kommission vorgenommen. Ein Vorschlag für die Zusammensetzung dieser Fachkommission ist in Abschnitt 9.1 enthalten. Die Kommission soll über eine hohe Fachkompetenz verfügen, um ihrer Aufgabe gerecht werden zu können.

Die Vergabe des Labels besteht demnach aus folgenden Schritten:



## 5.5 Minimaler Anteil erneuerbare Energie

Unter den technischen Anforderungen ist neben solchen, die sich auf die Qualität der eingesetzten Komponenten und deren Zusammenspiel beziehen, auch ein minimaler Anteil an erneuerbarer Energie enthalten. Im Folgenden wird begründet, weshalb dieses Kriterium Eingang in den Katalog der Anforderungen gefunden hat und wie der Anteil erneuerbarer Energie berechnet wird.

Die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie ist für MINERGIE neben der Energie-Effizienz und Komfortansprüchen eine wichtige Zielgrösse. Der Aspekt der erneuerbaren Energie fliesst im Wesentlichen über die Gewichtungsfaktoren für die verschiedenen Energieträger (Strom, fossile Energien, Holz) ein. Diese Faktoren werden jeweils dem aktuellen Stand des Wissens angepasst<sup>19</sup>. Der Anteil erneuerbarer Energie ist per se kein Kriterium für MINERGIE. Ein mit fossiler Energie beheiztes Gebäude kann durchaus den Systemnachweis von MINERGIE erfüllen, wenn nur die Gebäudehülle entsprechend ausgelegt ist.

Für die Gestaltung der Module sind wir von der Bedingung ausgegangen, dass das Modul für sich alleine – ohne Systemnachweis und allfällige Kompensation durch die Gebäudehülle – eine ökologisch sinnvolle Lösung für die Wärmeerzeugung darstellen soll. Aus diesem Grund wird das Kriterium des Anteils erneuerbarer Energie miteinbezogen. Weiter ist der Anteil erneuerbarer Energie eine Grösse, die leicht kommuniziert werden kann und keinem für Aussenstehende wenig transparenten Gewichtungsverfahren unterliegt.

Der Anteil erneuerbarer Energie wird als Quotient von zugeführter erneuerbarer Energie durch die gesamte zugeführte Energie für Wärme definiert. Bei dieser Berechnung werden keine Gewichtungsfaktoren berücksichtigt, sondern direkt das Verhältnis der Energieflüsse gebildet.

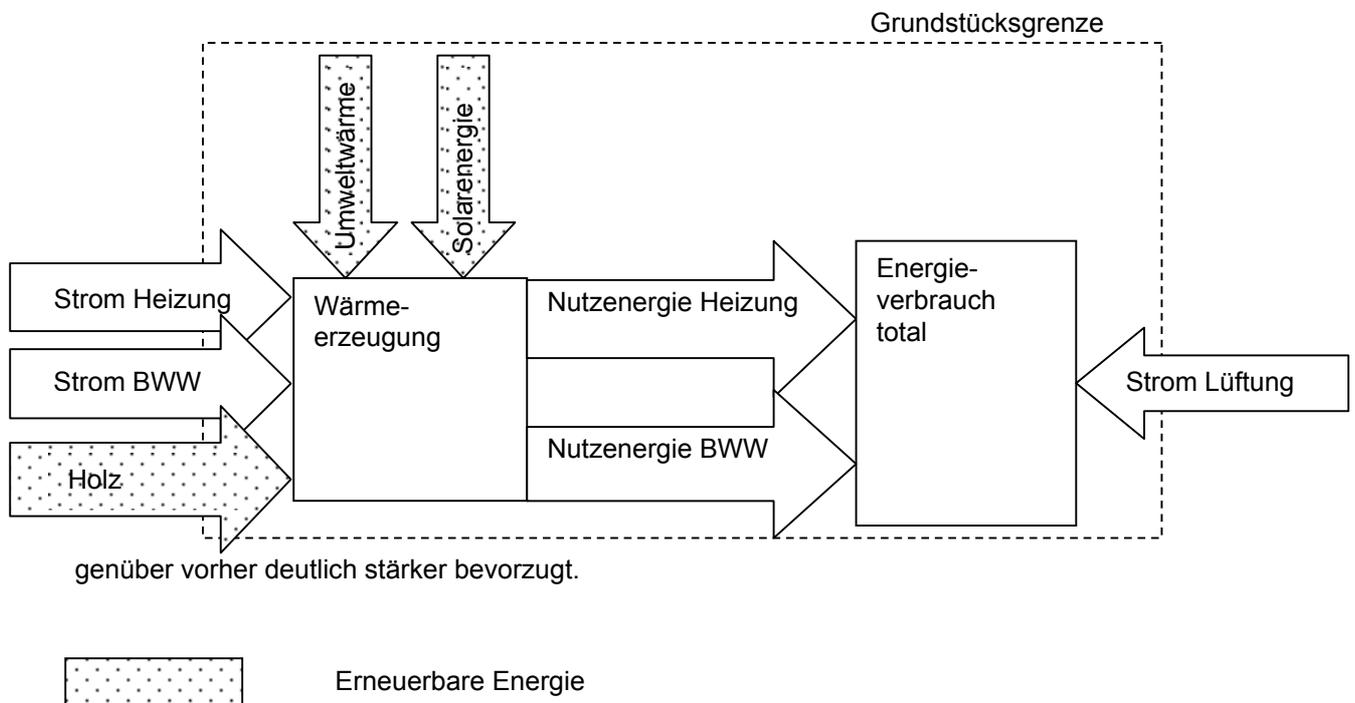
<sup>19</sup> Als Beispiel sei auf die Änderungen bei den Gewichtungsfaktoren für Holz und Biomasse verwiesen, die auf den 1.1.2005 in Kraft getreten sind.

$$\text{Anteil erneuerbare Energie} = \frac{\text{Umweltwärme} + \text{Solarenergie} + \text{Holz}}{\text{Zugeführte Energie für Wärme}}$$

Der Strom wird bei dieser Berechnung als nicht erneuerbar betrachtet. Die Begründung dafür liegt in der Tatsache, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine Deklarationspflicht beim Strom besteht und ein Nachweis über den tatsächlichen Anteil an erneuerbarem Strom nicht möglich ist<sup>20</sup>. Eine Ausnahme bildet natürlich die Situation, wenn zertifizierter Ökostrom bezogen wird. In Abschnitt 10.2 wird dargelegt, welche Resultate zu erwarten sind, wenn der Strom als teilweise erneuerbar betrachtet wird. Der Strom für die Lüftung wird bei der Berechnung des Anteils erneuerbarer Energie nicht berücksichtigt.

Die Vorteile dieses Ansatzes wurden bereits deutlich gemacht. Als Nachteil kann vermerkt werden, dass die so definierten Module nicht direkt auf andere Energieträger, insbesondere nicht auf die Wärmeerzeugung mit fossiler Energie übertragen werden können. In Analogie zum Systemnachweis wäre ein Modul Wärmeerzeugung für fossile Energieträger nur in Verbindung mit hohen Anforderungen an die Gebäudehülle möglich.

Die folgende Darstellung veranschaulicht die Berechnung des Anteils erneuerbarer Energie. Die gesamte dem Gebäude zugeführte Wärme ist die Summe von Holz, Strom Heizung und Strom BWW, Umweltwärme und Solarenergie. In unserer Berechnung werden Holz, Umweltwärme und Solarenergie als erneuerbar betrachtet. Im Gegensatz dazu berücksichtigt MINERGIE nur die auf dem Grundstück gewonnene Energie als erneuerbar<sup>21</sup>. Die Holzenergie wird demnach nicht als erneuerbar betrachtet, erhält aber über Gewichtungsfaktoren eine gewisse Bevorzugung. Durch die auf den 1.1.2005 neu in Kraft getretenen Gewichtungsfaktoren werden Holz und Biomasse ge-



<sup>20</sup> Auf den 1.1.2005 ist in der Schweiz die Deklarationspflicht für Strom in Kraft getreten. Es wird von den Erfahrungen mit dieser neuen Regelung abhängen, wie weit die Argumentation anzupassen ist.

<sup>21</sup> Es sei hier noch darauf verwiesen, dass MINERGIE keine Anrechnung von zertifiziertem Ökostrom vorsieht. Nur auf dem eigenen Grundstück dezentral produzierter Strom wird angerechnet.

Zu Diskussion Anlass gibt zum Beispiel die Tatsache, dass mit dem von uns vorgeschlagenen minimalen Anteil an erneuerbarer Energie eine rein elektrische Beheizung eines Passivhauses nicht als Modul angesehen werden kann. Das ist in der Tat der Fall, aber es bleibt weiterhin die Möglichkeit eines Systemnachweises nach MINERGIE, nach welchem diese Wärmeerzeugung in diesem Fall sehr wohl eine angemessene Lösung darstellt. Wie bereits mehrfach erwähnt, ist dies allerdings nur möglich, weil die Gebäudehülle einen sehr hohen Standard aufweist, demnach von der Optimierung zwischen Hülle und Wärmeerzeugung Gebrauch gemacht wird.

## 6 Anforderungen an die Module

### 6.1 Einführung

Da auf eine Prüfstandsmessung der gesamten Systeme verzichtet werden soll, müssen die Module mit Anforderungen in verschiedenen Bereichen definiert werden. Diese Anforderungen lassen sich in drei Bereiche gliedern; einen technischen, einen organisatorisch/administrativen und einen objektspezifischen Bereich.

Die **technischen** Anforderungen sind Sache des Systemanbieters. Mit diesen wird die gesamte Hardware der Module definiert. Diese Anforderungen sind relativ einfach zu überprüfen.

Die **organisatorisch/administrativen** Anforderungen betreffen Dokumente und Garantien. Hiermit werden Zuständigkeiten und Garantieleistungen geregelt. Im weiteren werden die Anforderungen an die Montageanleitung und die Dokumentation für den Kunden definiert.

Bei den **objektspezifischen** Anforderungen sind die Bedingungen an das Gebäude formuliert, in welches die Anlage eingebaut werden soll.

Die Anforderungen sind so konzipiert, dass...

- ein qualitativ gutes Gesamtsystem verwendet wird (technische Anforderungen)
- die qualitativ gute Anlage richtig installiert und in Betrieb genommen wird (organisatorisch/administrative Anforderungen)
- die qualitativ gute Anlage richtig funktioniert und im geeigneten Objekt eingesetzt wird (objektspezifische Anforderungen).

Anlagen, welche die technischen und die organisatorisch/administrativen Anforderungen erfüllen, erhalten das MINERGIE-Label für Gebäude-Teilsysteme. Die Erfüllung der objektspezifischen Anforderungen stellt sicher, dass die Anlage einwandfrei funktioniert und den gewünschten Komfort bietet und dass das Modul als Baustein auf dem Weg zum MINERGIE-Haus gelten kann.

Die Kriterien werden im folgenden Abschnitt ausführlich erläutert.

### 6.2 Erläuterung der Kriterien

#### 6.2.1 Technische Anforderungen

Im Rahmen der technischen Anforderungen wird festgehalten, für welche Leistungsbereiche die Module zum Einsatz kommen können (Maximale Leistung des Wärmeerzeugers). Weiter werden Anforderungen an Qualität und Ausführung gestellt (Q-Labels, Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers, Regulierung, bautechnische Anforderungen, Wärmespeicher). Mit dem Kriterium des Anteils erneuerbarer Energie wird sicher gestellt, dass das Modul „Wärmeerzeugung“ in sich – im Wesentlichen ohne Bezug den Zustand der Gebäudehülle – einen Baustein für ein MINERGIE-Gebäude darstellt.

**Q-Labels**

Soweit möglich und sinnvoll soll auf bereits bestehende Labels, Gütesiegel und ähnliches abgestellt werden. Diese Gütesiegel müssen allgemein anerkannt und akzeptiert sein. Zum heutigen Zeitpunkt sind Q-Labels für die Wärmeerzeuger, die Sonnenkollektoren, teilweise für die Brennstoffe (z.B. Swisspellet) und teilweise bei den Wärmequellen (Erdwärmesonde) vorhanden.

**Maximale Leistung des Wärmeerzeugers**

Grundsätzlich sollen mit dem Modul Anlagen bezeichnet werden, welche üblicherweise ohne Engineering realisiert werden. Die Begrenzung der Leistung dient hierbei als Kriterium. Module mit einer Wärmepumpe dürfen eine maximale Leistung von 25 kW nicht überschreiten. Die Begrenzung von 25 kW ergibt sich aus der Tatsache, dass bis zu diesem Leistungsbereich Standard-schaltungen vorhanden sind. Bei den Holzfeuerungen ergibt sich als sinnvolle Begrenzung die Unterstellung unter die Messpflicht gemäss LRV<sup>22</sup>. Diese Limite liegt heute bei 70 kW.

**Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers**

Grundsätzlich sollen nur die wirklich guten Anlagen zertifiziert werden können. Der Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers ist dabei ein wichtiges Kriterium. Im Minimum ist dabei die Anforderung an das Q-Label zu erfüllen.

Es wäre denkbar, diese Anforderung für ein MINERGIE-Modul in Zukunft zu verschärfen.

**Regulierung**

Mit den Anforderungen an die Regulierung sollen mögliche (negative) Einflüsse verhindert werden. So soll zum Beispiel sichergestellt werden, dass die Solaranlage immer Vorrang hat und die Restwärme im Heizkessel bei Holzfeuerungen immer genutzt werden kann. Grundsätzlich soll die gesamte Regulierung mit einem Regelgerät vorgenommen werden. Dadurch wird eine möglichst hohe Benutzerfreundlichkeit sichergestellt. Zudem kann das Risiko von gegenseitiger, negativer Beeinflussung eliminiert werden.

**Bautechnische Anforderungen**

Die bautechnischen Anforderungen dienen der Fehlervermeidung bei der Installation und Montage. So soll sichergestellt werden, dass Temperaturfühler am richtigen Ort platziert werden und auch nicht verrutschen können. Zudem soll das Risiko von Montagefehlern auf ein Minimum reduziert werden. Die weit gehende industrielle Vorfertigung wird empfohlen. Weiter soll sichergestellt werden, dass die Wärmeverluste der Anlage dank der durchgängigen Wärmedämmung so gering wie möglich ausfallen.

Zur Qualitätssicherung der Module ist es vorgesehen, eine Stichprobe von Anlagen zu messen (Details siehe 9.2 Qualitätssicherung ). Um diese Messungen einfach und kostengünstig vornehmen zu können sind Messstutzen für die Temperaturfühler und Passstücke für die Volumenstrommessung vorzusehen.

<sup>22</sup> Luftreinhalteverordnung LRV

**Wärmespeicher**

Sowohl Wärmepumpen wie auch Holzfeuerungen erreichen grundsätzlich mit einem Wärmespeicher im Heizungskreis einen besseren Anlagewirkungsgrad. Dabei sind je nach Wärmeverteilungssystem folgende Speichertechniken möglich:

Bei einem flinken Wärmeabgabesystem (Heizkörper, Radiatoren, Heizwände oder ähnliches) ist ein technischer (Heizungswasser-) Speicher vorzusehen. Wenn ein solcher technischer Speicher erforderlich ist, soll ein Kombispeicher – in welchem gleichzeitig das Brauchwarmwasser erwärmt wird – verwendet werden.

Bei Flächenheizungen bzw. trägen Wärmeabgabesystemen (Boden- Wand- und Deckenheizungen) verfügt die Wärmeabgabefläche über eine genügend grosse Wärmespeicherkapazität, so dass auf einen technischen Speicher verzichtet werden kann. Eine Ausnahme stellt die Stückholzfeuerung dar, welche immer einen technischen Speicher benötigt.

Falls auf Grund der Flächenheizung kein technischer Speicher erforderlich ist, kann die BWW-Erwärmung in einem separaten BWW-Speicher erfolgen.

**Anteil erneuerbare Energien**

Der Anteil erneuerbarer Energie berechnet sich als Quotient von zugeführter erneuerbarer Energie durch die gesamte zugeführte Energie für Wärme (siehe auch Abschnitt 5.5). Der Strom für die Lüftung wird bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

Wir schlagen einen minimalen Anteil erneuerbarer Energie von 70% vor. In der Einführungsphase kann dieser Wert tiefer angesetzt und sukzessive angehoben werden.

**6.2.2 Organisatorisch/administrative Anforderungen**

Die organisatorisch/administrativen Anforderungen unterscheiden sich für die verschiedenen Energieträger nicht und werden hier ausführlich erläutert. Sie umfassen die Dokumentation, Montageanleitung, Inbetriebnahme und Betriebsoptimierung einerseits sowie die Frage von Systemverantwortung und Garantien andererseits.

**Dokumentation, Kundendienst** Die für die Kunden und Kundinnen erforderlichen Unterlagen und Dienstleistungen sind genau zu definieren.

Vollständige und anlagespezifische Dokumentation Darunter ist eine Anlagedokumentation zu verstehen, welche die tatsächlich installierte Anlage beschreibt. Es dürfen keine weiteren Varianten von möglichen Anlagen beschrieben werden. Wenn also beispielsweise keine Solaranlage installiert ist, soll in der Dokumentation auch keine beschrieben sein.

Besonders bei der Steuerung/Regelung dürfen nur die tatsächlich vorhandenen Komponenten und Möglichkeiten beschrieben werden.

Montageanleitung	Die Montageanleitung ist so zu gestalten, dass sie von durchschnittlich qualifiziertem Installationspersonal verstanden wird. Sämtliche wichtigen Anschlüsse sind bildlich darzustellen.
Inbetriebnahme	Der Umfang und Ablauf der Inbetriebnahme ist schriftlich festzulegen und mit einem Protokoll zu belegen. Dieses Abnahmeprotokoll hat inhaltlich den Anforderungen des Schweizerischen Vereins der Wärme- und Klimaingenieure (SWKI), den Empfehlungen zur Nutzung der Sonnenenergie oder vergleichbaren Vorlagen zu genügen.
Betriebsoptimierung	Es ist ein Vorgehen für die Betriebsoptimierung zu dokumentieren. Dieses hat die Dauer, den Umfang, die Zuständigkeiten und die Kosten zu regeln.
<b>Garantien</b>	Mit zusätzlichen Garantieleistungen zu der Werkvertragsgarantie soll bei den Kund/innen Vertrauen für diese Technologien geweckt werden.
Systemgarantie	<p>Im Rahmen des Werkvertrages geht der Installateur der Anlage gegenüber dem Kunden eine umfassende Garantieverpflichtung ein. Häufig ist der Installateur auf Grund der Komplexität der Anlage aber nicht in der Lage, diese Garantieleistungen selber erbringen zu können und wird auf den Hersteller der Anlage zurückgreifen müssen.</p> <p>Mit der Zuordnung der Garantie, bzw. der Systemverantwortung für das ganze System bei <b>einem</b> Akteur (Lieferant, Installateur, Verband etc.) soll sichergestellt werden, dass die Kunden und Kundinnen einen klar definierten Gesamtverantwortlichen für das System haben. Es ist davon auszugehen, dass die Systemgarantie in aller Regel vom Anbieter des Moduls übernommen wird unter der Bedingung, dass die Anlage gemäss seinen Vorgaben installiert wurde.</p> <p>Das Konzept für die Systemgarantie muss im Rahmen der Zertifizierung vorliegen und bei der Installation der einzelnen Anlage schriftlich festgelegt werden. Die Systemgarantie ändert nichts an der Garantieverpflichtung des Installateurs gegenüber dem Kunden.</p>
Leistungsgarantie zur Offerte	Die Leistungsgarantie zur Offerte <sup>23</sup> stellt sicher, dass die Anlage korrekt dimensioniert und richtig installiert wird.

<sup>23</sup> BBL Vertrieb Publikationen Bern; Leistungsgarantie zur Offerte; Bestellnummer 805.067.3 d

### 6.2.3 Objektspezifische Anforderungen

Die objektspezifischen Anforderungen stellen sicher, dass die Anlage auf das Objekt abgestimmt ist und einwandfrei funktionieren kann. Sie definieren auch den Rahmen, in welchem es sinnvoll (und zulässig) ist, die Module „Wärmeerzeugung“ zu verwenden. Schliesslich legen sie Kriterien fest, die für den Komfort in den beheizten Räumen relevant sind.

#### Max. VL-Temperatur

Die Begrenzung der Vorlauftemperaturen dient dazu, einen optimalen Betrieb der Anlage gemäss dem heutigen Stand der Technik sicher zu stellen. Es wird zwischen Neubau und Sanierung unterschieden.

Bei Holzfeuerungen gibt es aus technischer Sicht keine Gründe für eine Begrenzung der Vorlauftemperatur. Es wird deshalb auf die (kantonalen) Vorschriften der Energiegesetzgebung Bezug genommen. Für Wärmepumpen ist dies dagegen gemäss dem heutigen Stand der Technik angebracht. Neue Kältemittel könnten eventuell dazu führen, dass diese Anforderung in Zukunft angepasst oder ganz aufgegeben werden kann.

#### Max. Leistung je m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche (EBF)

Die Begrenzung der max. Leistung je m<sup>2</sup> EBF soll verhindern, dass MINERGIE-Modul in einer "Villa-Durchzug" installiert werden kann. Die Begrenzung auf 50 W/m<sup>2</sup> ergibt sich aus den Dimensionierungsrichtlinien des BFE<sup>24</sup>. Die Grenze zwischen einem herkömmlich und einem gut wärmegeämmten bestehenden Wohnhaus liegt gemäss diesen Richtlinien bei 50W/m<sup>2</sup>. Dieses Kriterium gilt für alle Module „Wärmeerzeugung“ und wird nicht mehr speziell erwähnt.

#### Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum

Diese Anforderungen müssen nur bei Geräten im Wohnraum definiert werden. Hier gilt es sicherzustellen, dass die Kunden und Kundinnen unumgänglichen Temperaturschwankungen kennen und diese im vereinbarten Rahmen akzeptieren<sup>25</sup>.

Unabhängig davon sind die Wärmeverluste der Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung so weit als möglich zu minimieren. Dies wird als Teil der technischen Anforderungen verstanden.

<sup>24</sup> Bundesamt für Energie Bern; Dimensionierung von Wärmepumpen; EDMZ Nr. 805.161.1 d; Dimensionierung von Holzzentralheizungen; EDMZ Nr. 805.161.2.d

<sup>25</sup> Nachweis z.B. durch die Komfort-Rechnung des VHP

## 6.3 Anforderungen WP und WP/Solar

### Technisch

Q-Labels	Anerkannte Gütesiegel für: Wärmeerzeugung (WP-Gütesiegel) Sonnenkollektoren Wärmequelle, sofern vorhanden
Leistung des Wärmeerzeugers	< 25 kW (vorhandene Standardschaltungen)
Wirkungsgrad Wärmeerzeuger	COP <sup>26</sup> gemäss anerkanntem Gütesiegel
Regulierung	Gleitend (2 Temperaturen <sup>1)</sup> ; Freischaltung BWW Umwälzpumpe ausserhalb Heizperiode ausgeschaltet Zusätzlich wenn Solaranlage vorhanden: Vorrang Solar
Bautechnische Anforderungen	Vorgefertigte Hydraulikgruppen mit verwechslungssicherer Kennzeichnung der Anschlüsse und vollständiger Wärmedämmung Verwechslungssichere Kennzeichnung der Anschlüsse an den Geräten Verrutschsichere Fixierung der Fühler (Tauchhülsen, Laschen, etc.) Messstutzen und Passstücke für Stichprobenprüfung einbauen Vollständige Wärmedämmung aller Verbindungsleitungen und Anschlüsse
Wärmespeicher	Träge Wärmeabgabe → Gebäudemasse Flinke Wärmeabgabe → technischer Speicher
Anteil Erneuerbare Energien	> 70 % <sup>2)</sup>
<b>Organisatorisch/administrativ</b>	Siehe 6.2.2
<b>Objektspezifisch</b>	
Max. Vorlauf-Temperatur	Sanierung 45°C <sup>3)</sup> Neubau 35°
Max. Leistung je m <sup>2</sup> EBF	50 W/m <sup>2</sup>

### Ergänzende Erläuterungen

- 1) Das Anlagekonzept muss so ausgelegt sein, dass die Wärmepumpe im Heizungsbetrieb nur die für die Raumheizung effektiv erforderlichen Temperaturen erreichen muss. Für die Erwärmung des Brauchwarmwassers wird die Wärmepumpe mit einem höheren Temperaturniveau betrieben. Wichtig dabei ist, dass bei Anlagen mit Kombispeicher die hohe Temperatur des Brauchwarmwassers nicht für Heizungszwecke heruntergemischt wird.
- 2) In einer Einführungsphase ist es möglich, den Anteil erneuerbarer Energie für Luft/Wasser Wärmepumpen auf 65% festzulegen, um diese im Sanierungsbereich häufig vorkommende Wärmeerzeugung ebenfalls als Module einsetzen zu können. Danach soll dieser Wert auf 70% angehoben werden, damit nur die besten verfügbaren Anlagen als Module zum Einsatz kommen können.
- 3) Eine gute Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ist in einem hohen Masse vom COP und der erforderlichen Vorlauftemperatur abhängig. Mit der Beschränkung der Vorlauftemperatur auf 45°C können im Sanierungsbereich alle Gebäude mit Bodenheizung und gut gedämmte Gebäude mit Heizkörpern abgedeckt werden. Falls in Zukunft ein Technologiesprung Anlagen mit gleichen Leistungsziffern bei höheren Vorlauftemperaturen ermöglicht, soll der Wert von 45° angepasst werden.

<sup>26</sup> COP: Coefficient of performance  
Verhältnis aus Heizleistung zu elektrischer Aufnahmeleistung von Verdichter, Abtauvorrichtung und Förderorganen

## 6.4 Holz und Holz/Solar

### Technisch

Q-Labels	Anerkannte Gütesiegel für: Wärmeerzeugung (Q-Siegel Holzfeuerungen <sup>1)</sup> ; Rechnerischer Qualitätsnachweis für individuell gebaute Öfen durch anerkannte Berechnungsprogramme <sup>27)</sup> Sonnenkollektoren Brennstoff, sofern vorhanden <sup>2)</sup> Wärmequelle, sofern vorhanden
Leistung des Wärmeerzeugers Wirkungsgrad Wärmeerzeuger Regulierung	< 70 kW (Messpflicht LRV) Gemäss anerkanntem Gütesiegel Kein Standby <sup>2)</sup> Umwälzpumpe ausserhalb Heizperiode ausgeschaltet Restwärmenutzung Heizkessel <sup>4)</sup> Zusätzlich wenn Solaranlage vorhanden: Vorrang Solar
Bautechnische Anforderungen	Vorgefertigte Hydraulikgruppen mit verwechslungssicherer Kennzeichnung der Anschlüsse und vollständiger Wärmedämmung Verwechslungssichere Kennzeichnung der Anschlüsse an den Geräten Verrutschsichere Fixierung der Fühler (Tauchhülsen, Laschen, etc.) Messstutzen und Passstücke für Stichprobenprüfung einbauen Vollständige Wärmedämmung aller Verbindungsleitungen und Anschlüsse
Wärmespeicher für die Heizung	Stückholzheizung immer mit Speicher Übrige: Träge Wärmeabgabe → Gebäudemasse Flinke Wärmeabgabe → technischer Speicher
Anteil Erneuerbare Energien	> 70 %
<b>Organisatorisch/administrativ</b>	Siehe 6.2.2

### Objektspezifisch

Max. VL-Temperatur	60° <sup>5)</sup>
Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum	Bei Wohnraumfeuerungen sind die Anforderungen zwischen Anbieter und Kunde schriftlich zu vereinbaren (Siehe Kapitel 6.2.3)
Max. Leistung je m <sup>2</sup> EBF	50 W/m <sup>2</sup>

### Ergänzende Erläuterungen:

- 1) Wir schlagen vor, das Q-Siegel Holzfeuerungen um den Aspekt der Restwärmenutzung zu ergänzen.
- 2) Für Pellets wurde durch Holzenergie Schweiz das Qualitätssiegel «SWISSELLET®» eingeführt. Für Stückholzfeuerungen gelten die Bestimmungen der Luftreinhalteverordnung (LRV, Anhänge 3,5), wonach in Anlagen bis 40 kW nur naturbelassenes stückiges Holz verwendet werden darf. Für EFH und kleine MFH wird die Grenze von 40 kW nicht überschritten.
- 3) Die Anlage ist so ausgelegt, dass bei Unterschreiten der Leistungsgrenze die Anlage ganz ausschaltet und keine Gluterhaltung betrieben wird.
- 4) Die Wärme, welche sich beim Abschalten des Heizkessels im Kessel befindet, wird vollständig zu Heizzwecken genutzt.
- 5) Bei Holzfeuerungen gibt es aus technischer Sicht keine Gründe für eine Begrenzung der Vorlauftemperatur. Es wird deshalb auf die (kantonalen) Vorschriften der Energiegesetzgebung Bezug genommen.

<sup>27)</sup> z.B. Berechnungsprogramm Kachel 3 des VHP



# 7 Systemkonzepte

## 7.1 Einleitung

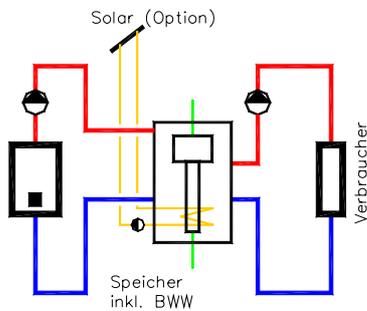
Die Auswahl der als Module in Frage kommenden Systemkonzepte wurde im Wesentlichen durch die im Voraus definierten Anforderungen an die Module und durch in der Branche bewährte Konzepte bestimmt. Die Ergebnisse der Branchengespräche und der Expertenberichte sowie die Erkenntnisse aus der FAWA-Studie haben die Auswahl im Grundsatz bestätigt und zu einer Optimierung der Systemkonzepte beigetragen. Wird nur eine der Anforderungen nicht erfüllt, kommt das Systemkonzept als Modul nicht in Frage.

Im Folgenden werden die Systemkonzepte einzeln dargestellt. Neben der grundsätzlichen Aussage ob die Systemkonzepte geeignet resp. nicht geeignet sind werden noch Risiken bezeichnet, die trotz Eignung dazu führen könnten, dass einzelne Anforderungen nicht erfüllt werden. Die Solaranlage wird jeweils als Option mitberücksichtigt. Falls sie zwingend notwendig ist, um die Anforderungen an das Modul erfüllen zu können, wird dies explizit hervorgehoben.

Von den insgesamt 32 hier dargestellten Systemkonzepten beurteilen wir 21 als geeignet. Diejenigen 11 Systeme, die als ungeeignet bezeichnet werden, weisen alle 2 Speicher auf, was in den technischen Anforderungen ausgeschlossen wurde. Bei insgesamt 3 Systemen muss die Solaranlage zwingend Bestandteil der Wärmeerzeugung sein (MUSS-Bedingung), weil andernfalls der Anteil erneuerbarer Energie nicht genügend hoch ist.

## 7.2 Stückholzfeuerungen

Stückholzfeuerung mit Solaranlage (Option) für Heizungsunterstützung und BWW

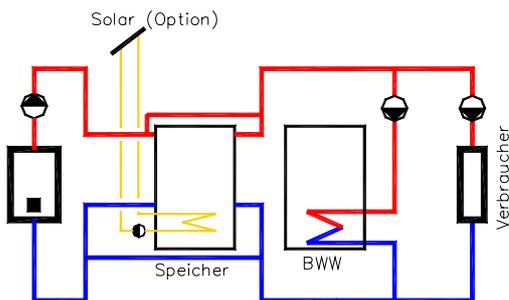


System als Modul geeignet

Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input
- Schüttleistung BWW

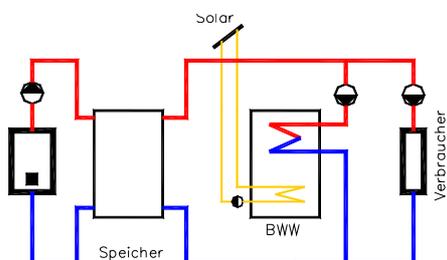
Stückholzfeuerung mit technischem Speicher, BWW Speicher und Solaranlage mit Heizungsunterstützung



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

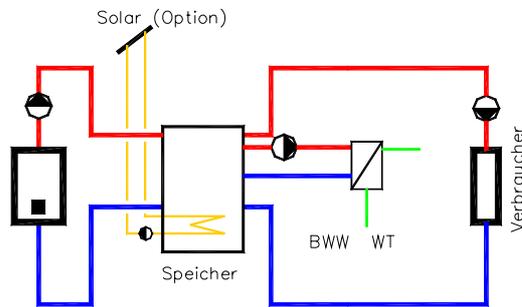
Stückholzfeuerung mit technischem Speicher, BWW Speicher und Solaranlage für BWW



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

### Stückholzfeuerung mit Solaranlage (Option) für Heizungsunterstützung und externem Wärmetauscher für Brauchwarmwasser

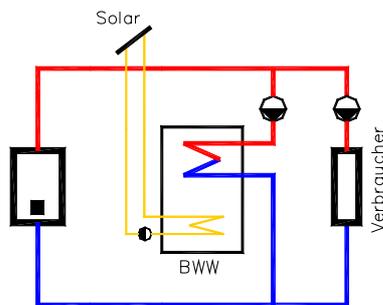


#### Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input

System als Modul geeignet

### Stückholz-Absorberofen (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum) mit Wasserverteilsystem und BWW-Heizgruppe, Solaranlage für BWW

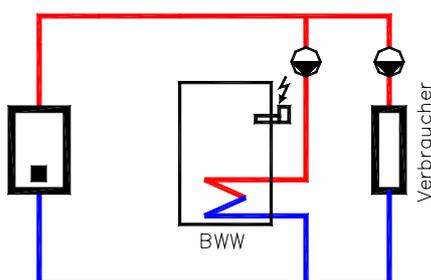


#### Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input

System als Modul geeignet

### Stückholz-Absorberofen (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum) mit Wasserverteilsystem und BWW-Heizgruppe

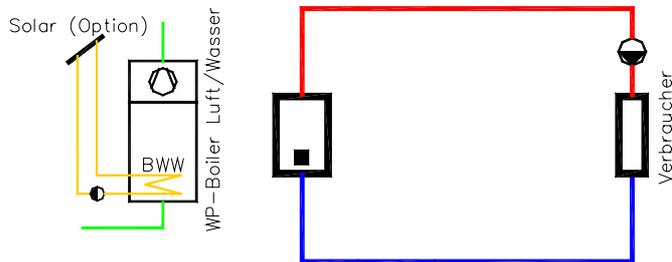


#### Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input
- Anteil elektrische Energie für die Nachwärmung BWW

System als Modul geeignet

Stückholz-Absorberofen (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum) mit Wasserverteilsystem und Wärmepumpenboiler (Option Solar)

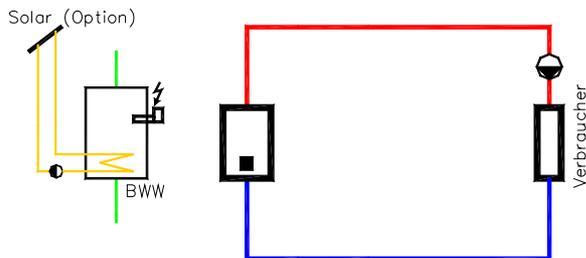


Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input

System als Modul geeignet , speziell bei etappierter Realisierung

Stückholz-Absorberofen (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum) mit Wasserverteilsystem und BWW mit Solar

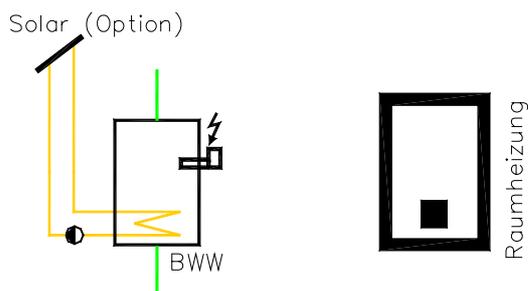


Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input
- Anteil elektrische Energie für die Nachwärmung BWW

System als Modul geeignet , speziell bei etappierter Realisierung

Raumofen (Kachelofen) und BWW mit Solar

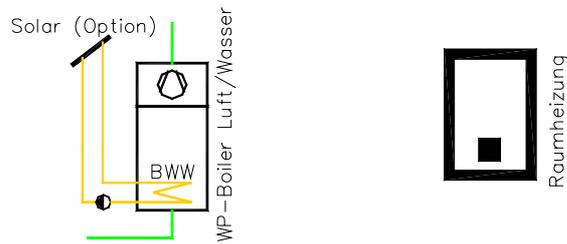


Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input
- Anteil elektrische Energie für die Nachwärmung BWW

System als Modul geeignet, speziell bei etappierter Realisierung

## Raumofen (Kachelofen) und Wärmepumpenboiler



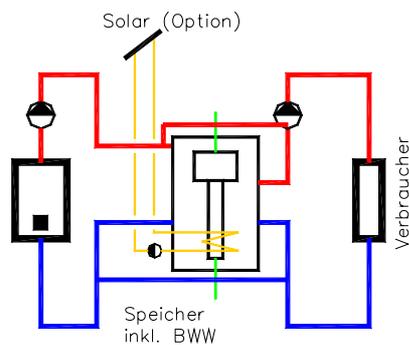
### Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input

System als Modul geeignet, speziell bei etappierter Realisierung

## 7.3 Holzschnitzel-Feuerung

Holzschnitzel-Feuerung mit Solaranlage (Option) für Heizungsunterstützung und BWW

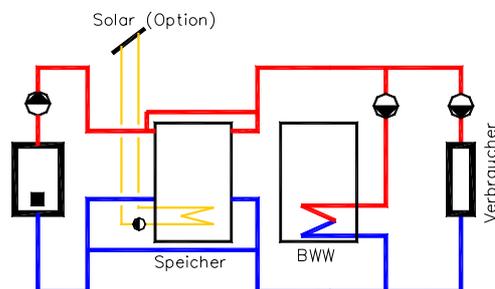


### Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input
- Schüttleistung BWW

System als Modul geeignet

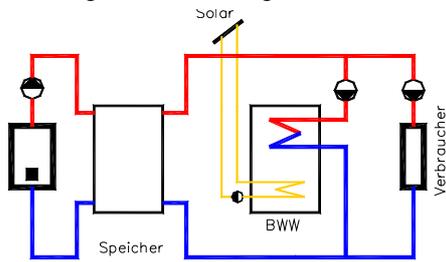
Holzschnitzel-Feuerung mit technischem Speicher, BWW Speicher und Solaranlage (Option) mit Heizungsunterstützung



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

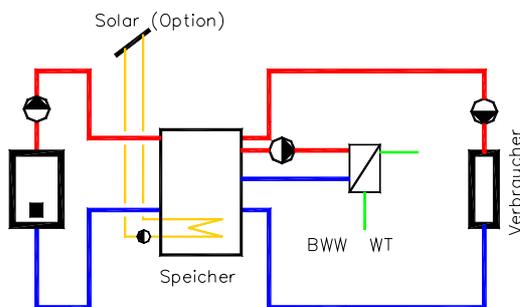
Holzsnitzel-Feuerung mit technischem Speicher, BWW Speicher und Solaranlage (Option) mit Heizungsunterstützung



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

Holzsnitzel-Feuerung mit Solaranlage (Option) für Heizungsunterstützung und externem Wärmetauscher für Brauchwarmwasser



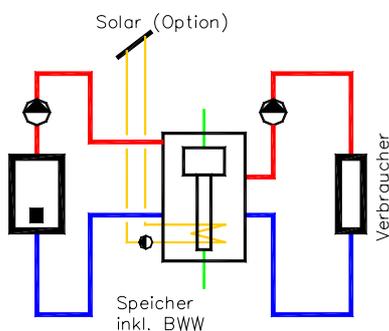
Risiken:

- Qualität Brennstoff ist nicht überprüfbar
- Messung Brennstoff-Input

System als Modul geeignet

## 7.4 Holzpellets-Feuerung

Holzpellets-Feuerung mit Solaranlage (Option) für Heizungsunterstützung und BWW

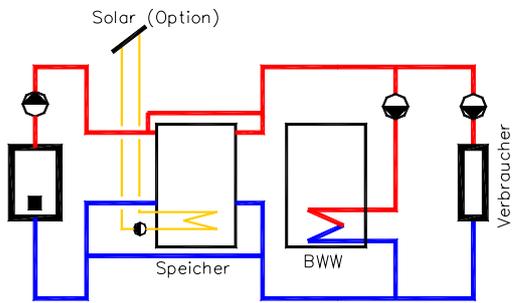


Risiken:

- Messung Brennstoff-Input

System als Modul geeignet

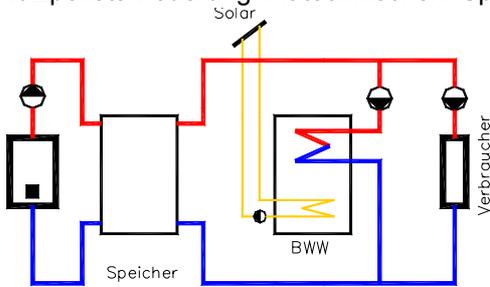
Holzpellets-Feuerung mit technischem Speicher, BWW Speicher und Solaranlage mit Heizungsunterstützung



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

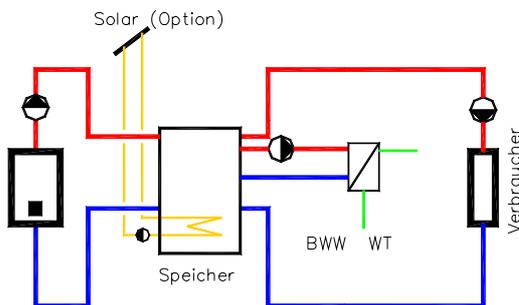
Holzpellets-Feuerung mit technischem Speicher, BWW Speicher und Solaranlage für BWW



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

Holzpellets-Feuerung mit Solaranlage (Option) für Heizungsunterstützung und externem Wärmetauscher für Brauchwarmwasser

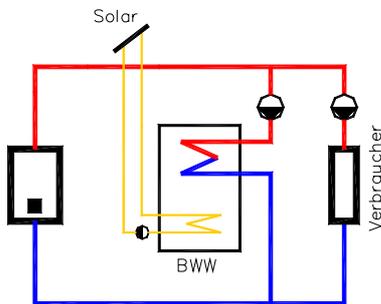


System als Modul geeignet

Risiken:

- Messung Brennstoff-Input

Holzpellets-Feuerung (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum) mit Wasserverteilsystem und BWW-Heizgruppe, Solaranlage für BWW

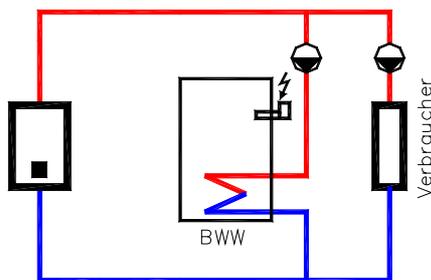


Risiken:

- Messung Brennstoff-Input
- Überhitzung Aufstellraum

System als Modul geeignet

Holzpellets-Feuerung (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum) mit Wasserverteilsystem und BWW-Heizgruppe

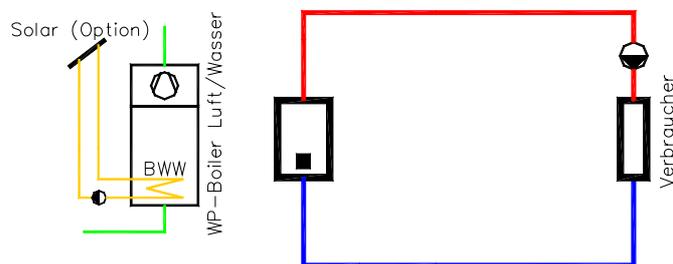


Risiken:

- Messung Brennstoff-Input
- Überhitzung Aufstellraum
- Anteil elektrische Energie für die Nachwärmung BWW

System als Modul geeignet

Holzpellets-Feuerung (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum, Wohnraumofen als Alleinheizung) mit Wasserverteilsystem und Wärmepumpenboiler (Option Solar)

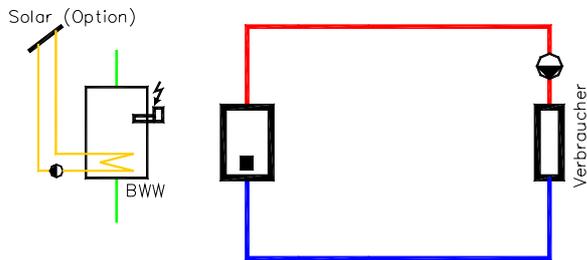


Risiken:

- Messung Brennstoff-Input
- Überhitzung Aufstellraum

System als Modul geeignet, speziell bei etappierter Realisierung

Holzpellets-Feuerung (Anteil Direktabgabe von Wärme in den Aufstellungsraum, Wohnraumofen als Alleinheizung) mit Wasserverteilsystem und BWW mit Solar



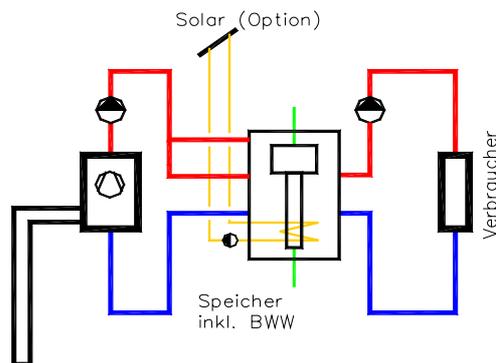
Risiken:

- Messung Brennstoff-Input
- Überhitzung Aufstellungsraum
- Anteil elektrische Energie für die Nachwärmung BWW

System als Modul geeignet, speziell bei etappierter Realisierung

## 7.5 Erdwärmesonden- Wärmepumpenanlage

Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage mit Solaranlage (Option) für Heizungsunterstützung und BWW

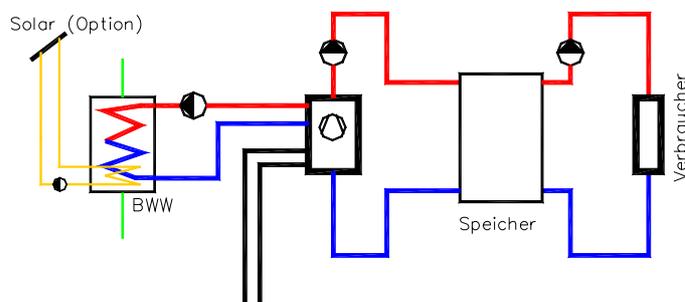


Risiken:

- Schüttleistung BWW

System als Modul geeignet

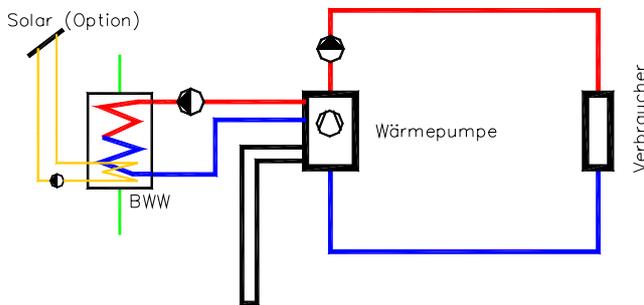
Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage für Heizung und BWW; Solar für BWW als Option



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

### Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage mit Wasserverteilsystem und BWW-Heizgruppe, Solaranlage für BWW

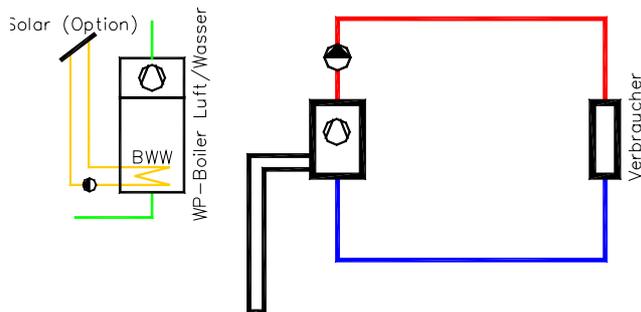


#### Risiken:

- Nur für Gebäude mit nutzbarer Speichermasse

System als Modul geeignet

### Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage mit Wasserverteilsystem und Wärmepumpenboiler

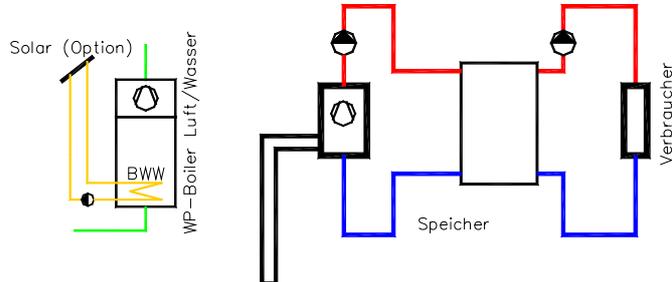


#### Risiken:

- Nur für Gebäude mit nutzbarer Speichermasse

System als Modul geeignet, speziell bei etappierter Realisierung

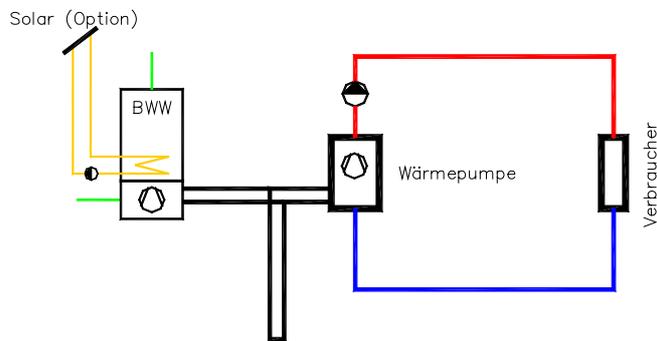
### Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage mit Wasserverteilsystem und Wärmepumpenboiler; Solar für BWW als Option



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage mit gemeinsamer Erdwärmesonde für Heizung und Wärmepumpenboiler; Solar für BWW als Option

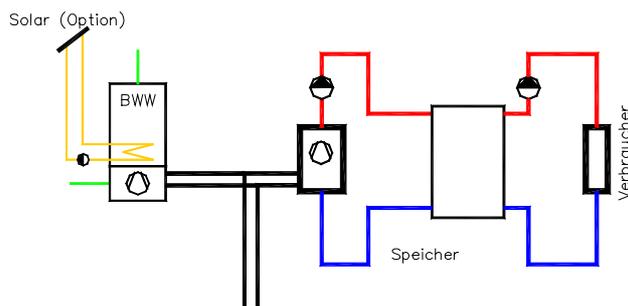


Risiken:

- Nur für Gebäude mit nutzbarer Speichermasse
- Zur Zeit keine realisierten Anlagen

System als Modul geeignet

Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage mit technischem Speicher und mit gemeinsamer Erdwärmesonde für Heizung und Wärmepumpenboiler; Solar für BWW als Option



Risiken:

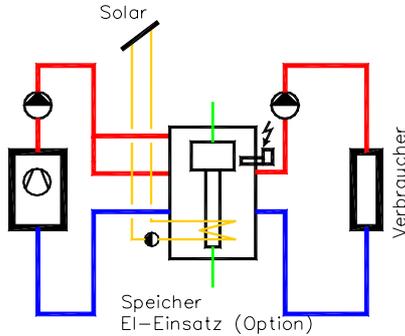
- Zur Zeit keine realisierten Anlagen
- Zwei Speicher > nur bei getrennter Realisierung von Heizung und BWW empfohlen

System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

## 7.6 Aussenluft-Wärmepumpenanlage

Aussenluft-Wärmepumpenanlage mit Solaranlage für Heizungsunterstützung und BWW

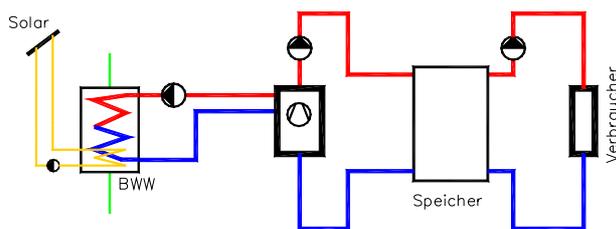


Risiken:

- Schüttleistung BWW
- Gebäudestandort (Aussenlufttemperatur)

System als Modul geeignet (Solaranlage ist MUSS)

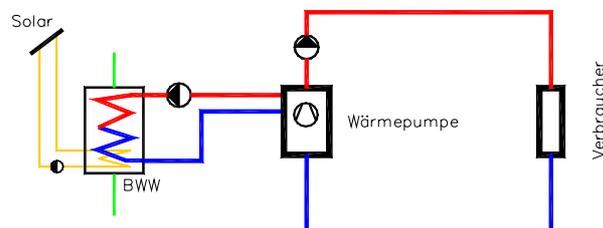
Aussenluft-Wärmepumpenanlage für Heizung und BWW; Solar für BWW



System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher

Aussenluft-Wärmepumpenanlage mit Wasserverteilsystem und BWW-Heizgruppe, Solaranlage für BWW

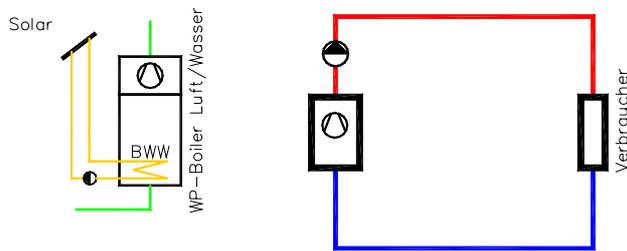


Risiken:

- Nur für Gebäude mit nutzbarer Speichermasse
- Gebäudestandort (Aussenlufttemperatur)

System als Modul geeignet (Solaranlage ist MUSS)

### Aussenluft-Wärmepumpenanlage mit Wasserverteilsystem und Wärmepumpenboiler

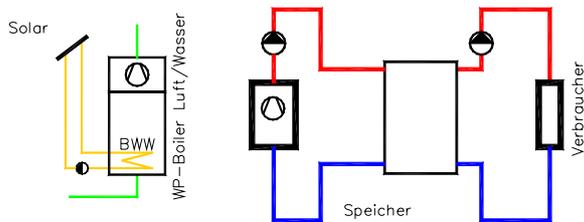


#### Risiken:

- Nur für Gebäude mit nutzbarer Speichermasse
- Gebäudestandort (Aussenlufttemperatur)

System als Modul geeignet, speziell bei etappierter Realisierung (Solaranlage ist MUSS)

### Aussenluft-Wärmepumpenanlage mit Wasserverteilsystem und Wärmepumpenboiler; Solar für BWW



#### Risiken:

- Zwei Speicher > nur bei getrennter Realisierung von Heizung und BWW empfohlen
- Gebäudestandort (Aussenlufttemperatur)

System als Modul nicht geeignet, weil:

Technischer Speicher + BWW Speicher



# 8 Nutzwertanalyse

## 8.1 Einführung

### Zielsetzung

Mit der Nutzwertanalyse (NWA) soll überprüft werden, ob die Vielfalt der Lösungsansätze, wie sie im Abschnitt 7.2 dargestellt wurde, eingeschränkt werden muss. Müssten in einer Gesamtbetrachtung, in welcher die Systemkonzepte bezüglich verschiedener Kriterien wie Umwelt, Energieeffizienz, Eignung im Sanierungsfall und Kosten beurteilt werden, bestimmte Systeme ausgeschieden werden? In diesem Sinn stellt die NWA eine umfassende Betrachtung dar, die nicht auf die Modularanforderungen im Einzelnen Bezug nimmt. Sie liefert auch eine Rangierung der in Frage kommenden Technologien für die Wärmeerzeugung (Stückholzfeuerungen, Pelletfeuerungen, Erdwärmesonden-WP, Luft/Wasser-WP) und erlaubt einen Vergleich mit fossiler Wärmeerzeugung.

Weiter soll aufgezeigt werden, welche Auswirkungen eine unterschiedliche Gewichtung der berücksichtigten Kriterien auf die Ergebnisse der NWA hat. Zu untersuchen galt es drei unterschiedliche Varianten: Als erstes eine Gesamtbetrachtung mit allen Kriterien, weiter eine Variante ohne Berücksichtigung der Kosten und schliesslich eine Variante ohne Berücksichtigung der Umweltanliegen. Diese drei Varianten wiederum sollten sowohl für Neubau wie auch für Sanierungen beurteilt werden.

### Beteiligte Personen

Die Erarbeitung der Ergebnisse erfolgte zur Hauptsache im Rahmen eines tägigen Workshops. Folgende Personen nahmen daran – zusätzlich zum Projektteam – teil:

Name	Vorname	Firma/Organisation
Nyffenegger	Ulrich	Wasser und Energiewirtschaftsamt Bern
Schwarzentruber	Pius	b-Energie AG
Völlmin	Christian	Sopra Solarpraxis AG
Verhindert:		
Johanns	Marc	Widmer & Co AG

## 8.2 Kriterien und deren Gewichtung

Bei einer NWA sind die Wahl der Kriterien und deren Gewichtung von Ausschlag gebender Bedeutung. Wie bereits erwähnt, wurde dies durch Fachleute aus der Branche im Rahmen eines Workshops vorgenommen. Die ausgewählten Kriterien und deren Gewichtung kann der folgenden Tabelle entnommen werden. Im Anhang kann die Bewertung der untersuchten Systeme für die verschiedenen Kriterien im Einzelnen nachvollzogen werden. Die Tabellen der Resultate sind ebenfalls im Anhang aufgeführt und erlauben den Nachvollzug der Berechnung - und auch eine individuelle Beurteilung aufgrund eigener Bewertungen.

Die Kriterien orientieren sich an den Anforderungen von MINERGIE. Energieeffizienz / erneuerbare Energie, Komfort und Preis sind typische MINERGIE-Kriterien. Zusätzlich wird die Umweltbelastung und die Eignung für das Sanierungsgeschäft mitbeurteilt.

Folgende Kriterien wurden ausgewählt und wie folgt gewichtet:

1	Energie	
1.1	Energieeffizienz	10 %
1.2	Anteil erneuerbare Energie	20 %
	<b>Total Energie</b>	<b>30 %</b>
2	Umweltbelastung	
2.1	Umweltbelastung der Energieträger	20 %
	<b>Total Umweltbelastung</b>	<b>20 %</b>
3	Komfort	
3.1	Regulierbarkeit (Einfluss Fremdwärme)	5 %
3.2	Bedienungsaufwand	5 %
3.3	Emissionen (Lärm, Staub, ohne Abgase)	5 %
	<b>Total Komfort</b>	<b>15 %</b>
4	Eignung im Sanierungsgeschäft	
4.1	Etappierungsmöglichkeit	5 %
4.2	Platzbedarf	5 %
4.3	Wirkungsgrad bei Bedarfsreduktion	0 %
	<b>Total Eignung im Sanierungsgeschäft</b>	<b>10 %</b>
5	Preis	
5.1	Anlagekosten	12 %
5.2	Brennstoffkosten heute	6 %
5.3	Brennstoffkosten Entwicklung	3 %
5.4	übrige Betriebskosten	4 %
	<b>Total Preis</b>	<b>25 %</b>
	<b>Total</b>	<b>100 %</b>

Um die verschiedenen Technologien in den einzelnen Kriterien beurteilen zu können wurden Noten von 1 bis 10 vergeben. Für diese Notengebung wurde am Workshop für jedes Kriterium ein Raster erarbeitet. Als **Beispiel** sei hier die Energieeffizienz aufgeführt.

**Erläuterung** Als Beurteilungsgrundlage für die Energieeffizienz dient der Gerätewirkungsgrad.

**Bewertungsgrundlage** COP von Wärmepumpen gemäss Q-Tests (siehe [www.fws.ch](http://www.fws.ch))  
Wirkungsgrad bei Holzheizungen gemäss Q-Siegel (siehe [www.holzenergie.ch](http://www.holzenergie.ch))

#### Zuordnung der Werte

Note	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wirkungsgrad in %	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500

## Ergebnisse

System	Wirkungsgrad/COP	Note
WP Luft/Wasser	3.40	7
WP Sole/Wasser	4.40	9
Holzfeuerung automatisch im Keller	0.85	2
Holzfeuerung handbeschickt im Keller	0.80	2
Holzfeuerung automatisch im Wohnraum	0.83	2
Holzfeuerung handbeschickt im Wohnraum	0.78	2

Die komplette Zusammenstellung der Beurteilungen für die einzelnen Kriterien finden Sie im Anhang.

## 8.3 Resultate

### 8.3.1 Einleitung

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass aufgrund der gewählten Kriterien in der NWA kein System auszuschliessen ist. Die Reihenfolge der Systeme variiert je nachdem, ob die Umwelthanliegen mitberücksichtigt werden oder nicht. Die Schlussfolgerungen werden im Abschnitt 8.4 ausführlich dargestellt.

Nachfolgend wird zur Veranschaulichung der Resultate eine Auswahl von Holzfeuerungen und Wärmepumpen präsentiert. Um die Ergebnisse besser interpretieren zu können, werden auch diejenigen für Öl- und Gasfeuerungen dargestellt. Die Auswahl beinhaltet folgende Anlagentypen:

Pellet 1	Pelletfeuerung im Keller mit Kombispeicher ohne Solaranlage
Pellet 2	Pelletfeuerung im Keller mit Kombispeicher und Solaranlage
Stückholz 1	Stückholzfeuerung im Wohnraum mit Kombispeicher ohne Solaranlage
Stückholz 2	Stückholzfeuerung im Wohnraum mit Kombispeicher und Solaranlage
Stückholz 3	Stückholzfeuerung im Keller mit Kombispeicher und Solaranlage
WP 1	Erdwärmesonden-WP ohne technischen Speicher ohne Solaranlage
WP 2	Erdwärmesonden-WP ohne technischen Speicher mit Solaranlage (für BWW)
WP 3	Luft/Wasser-WP ohne technischen Speicher ohne Solaranlage
WP 4	Luft/Wasser-WP ohne technischen Speicher mit Solaranlage (für BWW)

Für die nachfolgenden Betrachtungen wurden jeweils ein Teil der unter 8.2 erläuterten Kriterien berücksichtigt. Die Anlage mit der jeweils für die entsprechende Teilbetrachtung höchsten Punktzahl wird mit 100 % dargestellt. Die Details mit den effektiven Punkten in den verschiedenen Beurteilungen sind im Anhang zu finden.

### 8.3.2 Gesamtergebnis

Das Gesamtergebnis für Neubauten (für diese Darstellung wurde der Punkt 4 *Eignung im Sanierungsgeschäft* ausser Acht gelassen) zeigt, dass die beiden Varianten mit Pellets am Besten abschneiden. Mit 5 % Rückstand folgt die WP mit Erdwärmesonde und Solaranlage. Anschliessend mit ca. 10 % Rückstand rangieren die WP mit Erdwärmesonde ohne Solaranlage, sowie die Stückholzfeuerungen mit Solaranlage. Die Stückholzfeuerung im Wohnraum ohne Solaranlage liegt bereits 15 % zurück. Die Luft/Wasser-WP liegt mindestens 20 % zurück und kann sich nur unwesentlich (3%-Punkte) vor den fossilen Varianten platzieren.

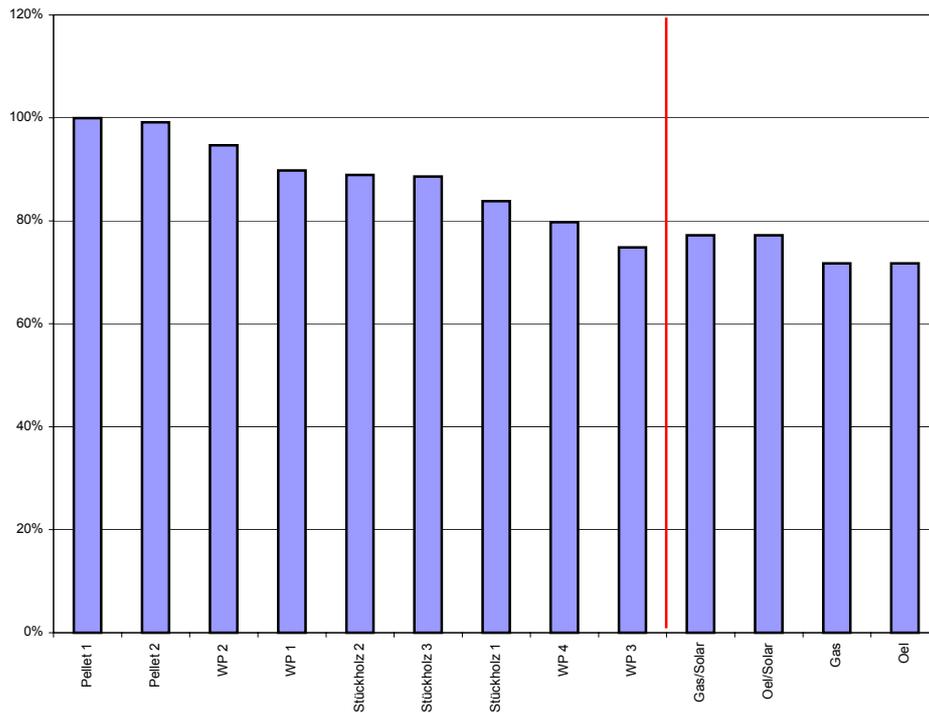


Abbildung 1: Gesamtergebnis NWA Neubauten

Für Sanierungen präsentiert sich die Situation relativ ähnlich. Die Differenzen unter den Systemen sind jedoch geringer und die Wärmepumpen schliessen durchgehend besser ab. Dies liegt am höheren Platzbedarf von Holzfeuerungen, was bei Sanierungen zu einer eingeschränkten Einsetzbarkeit führen kann.

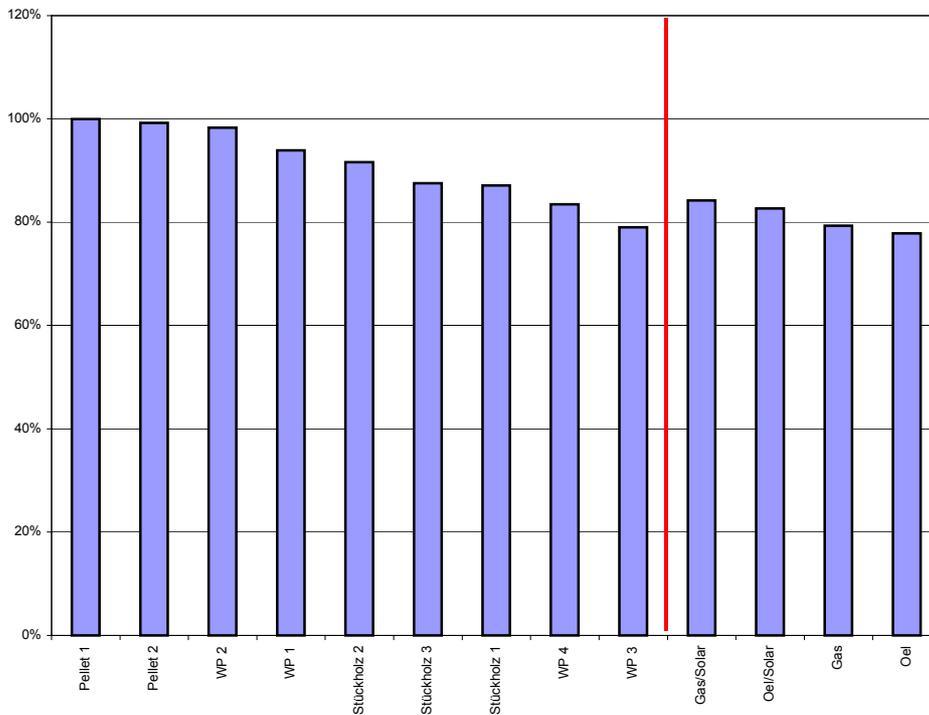


Abbildung 2: Gesamtergebnis NWA Sanierungen

### 8.3.3 Ergebnisse ohne Berücksichtigung der Kosten

Für Neubauten (wieder ohne Punkt 4 *Eignung im Sanierungsgeschäft*) zeigen sich hier sehr deutliche Differenzen. Die Pelletfeuerungen mit und ohne Solaranlage liegen in Front. Dann folgt im Unterschied zu den vorhergehenden Darstellungen die Stückholzfeuerung im Keller mit Solaranlage (8% zurück). Mit bereits 14 bzw. 16% Rückstand folgen die Erdwärmesonden-WP mit Solar und die Stückholzfeuerung im Wohnraum mit Solaranlage. Mit 24 bis 27% Rückstand folgen die Stückholzfeuerung im Wohnraum ohne Solaranlage, die Erdwärmesonden-WP ohne Solaranlage und die Luft/Wasser-WP mit Sonne. Die Luft/Wasser-WP ohne Sonne liegt mit einem Rückstand von 39% auch hier hinter den Varianten Öl/Solar und Gas/Solar.

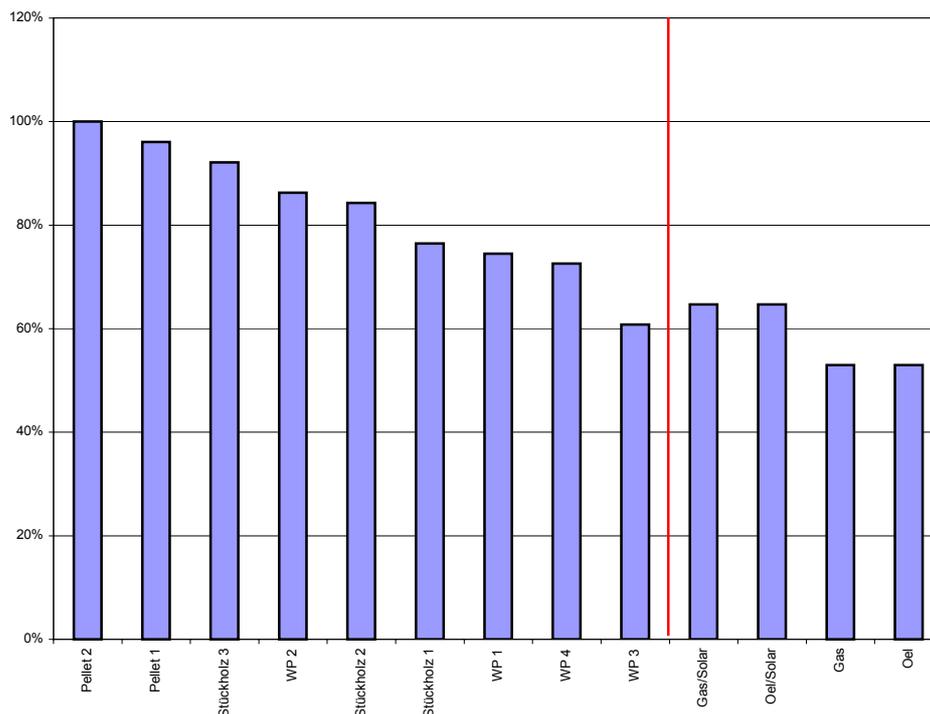


Abbildung 3: NWA Neubauten ohne Berücksichtigung der Kosten

Auch bei der Betrachtung für Sanierungen finden sich die Pelletfeuerungen ganz vorne. Bereits mit fast 10 % Rückstand folgen die Erdwärmesonden-WP mit Sonne, sowie die Stückholzfeuerung im Keller und mit Sonne. Knapp dahinter die Stückholzfeuerung im Wohnraum kombiniert mit Sonne. Mit ca. 20 % Rückstand folgen die Erdwärmesonden-WP ohne Sonne, Stückholzfeuerung im Wohnraum ohne Sonne und die Luft/Wasser-WP mit Sonne. Auch hier rangiert die Luft/Wasser-WP ohne Sonne (bei dieser Darstellung mit 33% Rückstand) am Schluss.

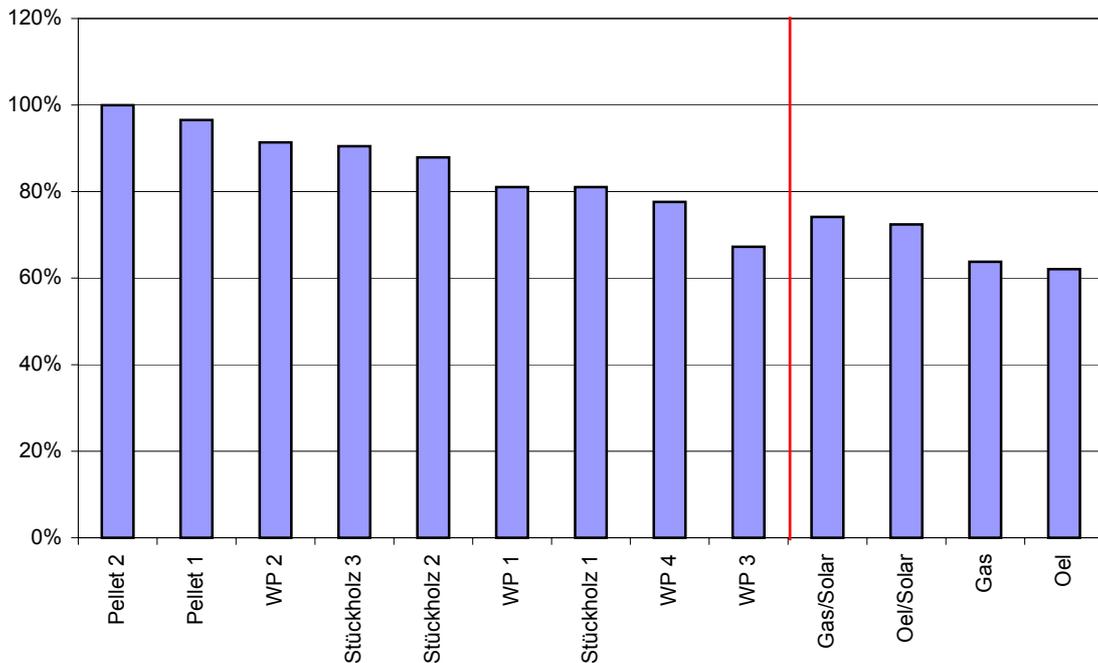


Abbildung 4: NWA Sanierungen ohne Berücksichtigung der Kosten

### 8.3.4 Ergebnisse ohne Berücksichtigung der Umweltauflagen

Für Neubauten wurden für diese Betrachtung lediglich die Kriterien 3 (Komfort) und 5 (Preis) in die Wertung genommen. Das führt nun zu deutlichen Verschiebungen in der Rangierung. Die Erdwärmesonden WP ohne Solar liegt hier mit deutlichem Vorsprung in Front. Als zweites folgt die Erdwärmesonden WP mit Solaranlage (10% zurück) vor der Luft/Wasser WP ohne Solar (16% Rückstand). Die Pelletfeuerung ohne Solar mit 23% und die Luft/Wasser WP mit Solaranlage mit 27% liegen bereits deutlich zurück. Die Pelletfeuerung mit Solaranlage folgt mit 32 % Rückstand. Mit bloss ca. 50 % der Punkte folgen die Stückholzfeuerungen.

Dass die Erdwärmesonden WP so deutlich vor den Luft/Wasser WP liegen, ist zum einen im höheren Komfort (keine Schallemissionen, weniger Unterhalt) und zum anderen durch die deutlich geringeren Betriebskosten begründet. Erwartungsgemäss schneiden bei dieser Betrachtung die fossilen Varianten sehr gut ab und liegen sogar knapp vor der Erdwärmesonden WP.

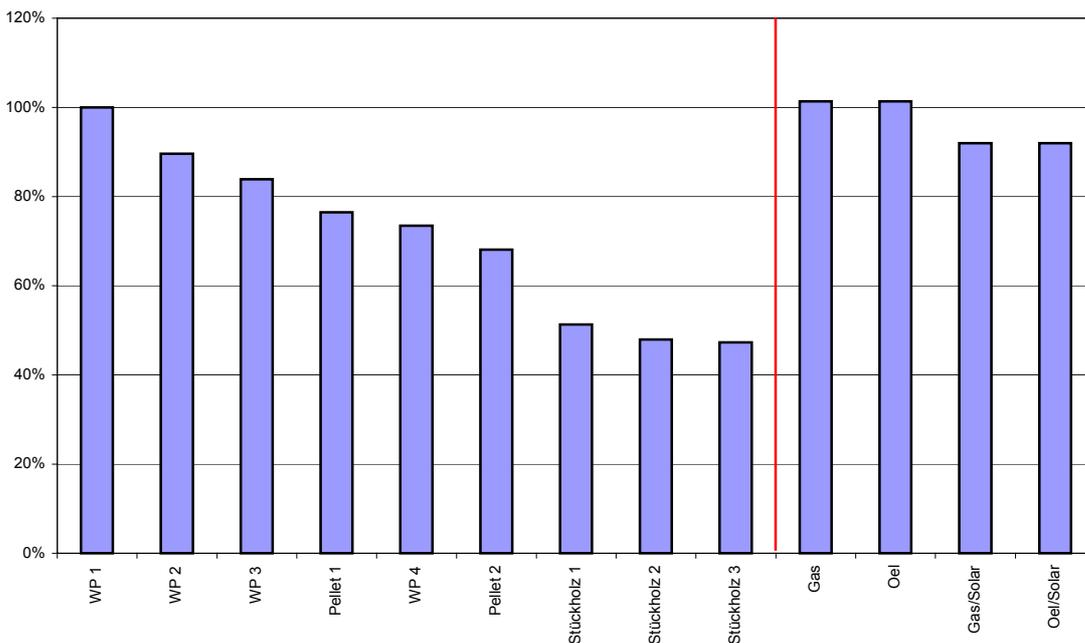


Abbildung 5: NWA Neubau ohne Berücksichtigung der Umweltauflagen

Bei den Sanierungen sind die Wertungen sehr ähnlich wie bei den Neubauten. Auch bei dieser Betrachtung positioniert sich die Erdwärmesonden WP Wärme ohne Solar an der Spitze vor der Erdwärmesonden WP mit Solaranlage ( 8 % Rückstand). Auch hier folgen die Luft/Wasser WP ohne Solar (15 %) und die Pelletfeuerung ohne Solar, hier gleichauf mit der Luft/Wasser WP mit Solar mit 23 % zurück.

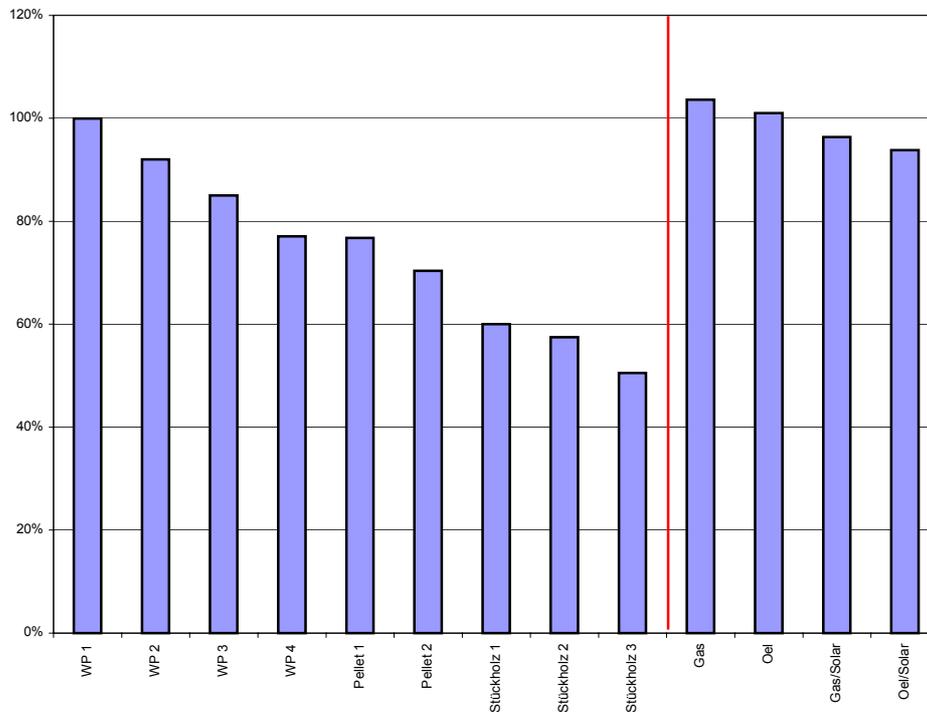


Abbildung 6: NWA Sanierungen ohne Berücksichtigung der Umweltanliegen

## 8.4 Schlussfolgerung

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass keines der untersuchten Systeme, welches die vorgeschlagenen Modulanforderungen erfüllt, in der Betrachtung der NWA abfällt. Alle Systeme liegen sowohl bei der Betrachtung für Neubauten wie auch bei Sanierungen in einer Bandbreite von 20%. Die vorgeschlagene Auswahl der Systeme wird durch die NWA im Grundsatz bestätigt.

Es ist jedoch festzustellen, dass die Luft/Wasser-Wärmepumpen tendenziell am schlechtesten abschneiden und in die Nähe der fossilen Anlagen zu liegen kommen, was sich im Übrigen mit den Erkenntnissen von MINERGIE<sup>28</sup> deckt. Es stellt sich daher die Frage, ob es berechtigt sei, diese Anlagen als Module zu betrachten. In Anbetracht der Tatsache, dass sie im Sanierungsbereich sehr häufig eingesetzt werden, und dafür aus praktischer Sicht auch geeignet sind, kommen wir zum Schluss, dass es sinnvoll ist, sie als Module mit einzubeziehen. Wir halten es jedoch für unabdingbar, dass der Druck auf weitere technische Verbesserungen und Effizienzsteigerungen aufrechterhalten bleibt.

<sup>28</sup> Excel-Sheet 'MINERGIE Standardlösungen Module' (Internes Arbeitspapier von MINERGIE)

Solange die Umwelthanliegen mitberücksichtigt werden, schneiden die Pelletfeuerungen immer am besten ab. Ohne Einbezug der Kosten sind die Differenzen zwischen den Systemen etwas größer, die Reihenfolge ändert sich aber nicht grundsätzlich. Sämtliche Varianten mit Solaranlagen, sowie gewisse Stückholzfeuerungen schneiden gegenüber dem Gesamtergebnis besser ab. Werden die Umweltaspekte ausgeblendet ergeben sich deutlich andere Ergebnisse. Dann liegen die Wärmepumpen vor den Holzfeuerungen. Noch besser stehen dann allerdings die fossilen Heizungen da.

Der Vergleich mit fossilen Energiesystemen zeigt, dass diese in Kombination mit einer Solaranlage, vor allem im Sanierungsbereich, nicht stark abfallen. Sie erfüllen aber die Modulanforderungen nicht, weil der Anteil erneuerbare Energie den verlangten Wert deutlich nicht erreicht. Es stellt sich aber die Frage, weshalb Luft/Wasser-Wärmepumpen als Module betrachtet werden, nicht aber fossile/solare Systeme. Hier sind zwei Argumente zu nennen. Luft/Wasser-Wärmepumpen mit dem heutigen Stand der Technik erfüllen die Modulanforderungen beim Anteil erneuerbare Energie ebenfalls nicht, es ist aber eine technische Entwicklung absehbar, welche dies in wenigen Jahren erwarten lässt. Dies lässt eine Ausnahmeregelung während der Einführungszeit zu. Zum anderen zeigt die NWA, dass die fossil/solaren Systeme, betrachtet man nur die Energieeffizienz und Anteil erneuerbare Energien, gegenüber den übrigen Systemen deutlich abfallen. Bei dieser Argumentation zeigt sich explizit die Bedeutung verschiedener Gewichtungen.

## 9 Realisierung der Module

### 9.1 Vorgehensvorschlag

Für die Realisierung der Module muss eine Trägerschaft gegründet werden. MINERGIE wird diese Trägerschaft – wie auch bei anderen Modulen – nicht selber übernehmen, sondern nur den Namen zur Verfügung stellen. Die Trägerschaft muss von den Verbänden der betroffenen Branchen getragen sein. Für die Umsetzung im Detail kann auf die Erfahrungen mit den bisherigen Modulen zurückgegriffen werden. Als Beispiel befindet sich das Reglement für das Modul Fenster im Anhang. Da die Zahlungsbereitschaft für das Label klein ist, muss eine schlanke Organisation gewählt werden. Bei der konkreten Umsetzung wird es zu prüfen sein, ob bestehende Strukturen für die Trägerschaft und die Vergabe des Labels genutzt werden können.

#### Trägerschaft

Als Trägerschaft kommen in erster Linie die Netzwerke Fördergemeinschaft Wärmepumpen (FWS), Holzenergie Schweiz und Swissolar in Frage. Diese drei Netzwerke verfügen über die Infrastruktur und die erforderlichen Marktkenntnisse um bei den Anbietern die nötige Akzeptanz zu erreichen.

Die Prüfung der einzelnen Module wird durch eine Label-Kommission vorgenommen. Diese Labelkommission besteht aus folgenden Mitgliedern (Vorschlag abgeleitet vom Reglement für das Modul Fenster):

Präsident/in	Ist von den Trägerverbänden gemeinsam im Konsens zu bestimmen. Hat Stimmrecht
Je zwei Vertreter der Verbände	Werden von den jeweiligen Verbänden bestimmt. Haben Stimmrecht
Je ein Vertreter eines Prüfinstitutes	Von den Prüfinstituten für WP, Holz und Sonne wird je ein Vertreter durch das jeweilige Netzwerk bestimmt. Haben Stimmrecht
Sekretariat	Wird von einem Netzwerk zur Verfügung gestellt Hat kein Stimmrecht.

Falls die Vertreter der Verbände Marktteilnehmer sind, ist durch eine präzise Ausstandsregelung zu verhindern, dass nicht Marktgeheimnisse von Mitbewerbern eingesehen werden können. Ebenso ist auszuschliessen, dass durch diese Tätigkeit Vorteile bei der Erlangung des Labels erzielt werden könnten. Um den Aufwand und die Kosten für das Label möglichst gering zu halten, schlagen wir vor, dass jeweils nur ein Ausschuss ein bestimmtes Modul zertifiziert.

#### Kosten

Die Prüfung der Module erfolgt auf Grund der eingereichten Unterlagen. Diese werden durch die Labelkommission gesichtet und beurteilt. Anschliessend entscheidet die Kommission ob das Label erteilt werden soll. Der Aufwand für diese Prüfung präsentiert sich ca. wie folgt:

Arbeit	Zeitbedarf	Anzahl Personen	Total Zeit
Detailabklärungen inkl. visuelle Prüfung beim Anbieter	12	1	12
Aktenstudium	1	5	5
Kommissionssitzung	1	5	5
Administration/Reporting, etc.	5	1	5
Total Zeitaufwand			27

Stundenansatz	CHF 140.00
Total Kosten Zeitaufwand	<b>CHF 3'800.00</b>
Spesen	CHF 300.00
Total Kosten für die Zertifizierung	<b>CHF 4'100.00</b>

Diese Darstellung der Kosten zeigt, dass mit Kosten von **rund 4'000 CHF** gerechnet werden muss. Darin sind noch keine Lizenzabgaben an MINERGIE enthalten. Der Aufwand für ein Label bei einer Adaption des Systems (siehe unten) dürfte **weniger als 2'000 CHF** betragen.

### Umfang des Labels

Bei der Umsetzung des Labels stellen sich einige konkrete Fragen wie diejenige, ob es möglich sei, dass eine Gruppe von Anbietern oder ein Verband ein Label beantragen könne. Weiter ist es wichtig, präzise zu umschreiben, wann ein neues Label beantragt werden muss. Welche technischen oder organisatorischen Änderungen erfordern es, dass das Label erneuert werden muss und welcher Aufwand ist dazu notwendig?

Grundsätzlich kann ein einzelner Anbieter oder eine Gruppe von Anbietern das Label für ein Modul beantragen, soweit die gleichen Produkte verwendet werden und das gleiche System der Qualitätssicherung angewendet wird. Damit wird einmal mehr deutlich, dass es sich beim vorgeschlagenen Modul um eine Kombination technischer und organisatorischer Aspekte handelt. Unter den gleichen Voraussetzungen kann auch ein Verband das Label beantragen und seinen Mitgliedern als Dienstleistung anbieten. Dies dürfte für den Verband schweizerischer Hafner- und Plattengeschäfte (VHP) von Interesse sein.

Produkte werden als „gleich“ behandelt, soweit es sich um die gleiche Produktfamilie eines bestimmten Anbieters handelt. Produkte verschiedener Anbieter können nicht gegeneinander ausgetauscht werden. Bei Änderungen an Produkten wird unterschieden zwischen einer Adaptation von Produkten und einer grundlegenden, konstruktiven Neuentwicklung (Strategieänderung). Die Anpassung einer Software für die Regulierung beispielsweise wird als Adaptation betrachtet, während die Entwicklung eines neuen Speicher-Designs (Stützenanordnung, Verhältnis Höhe/Querschnitt, Tank in Tank-Layout, etc.) als konstruktive Neuentwicklung eingestuft wird. Es wird Aufgabe der Trägerschaft sein, diese Kriterien genauer zu umschreiben.

Bei Adaptationen besteht eine Meldepflicht an die Labelstelle und es müssen die Dokumentationen angepasst werden. Im Falle einer Neuentwicklung ist ein neues Label notwendig. Die Labelprüfung besteht in diesem Fall aus dem Studium der Unterlagen und der visuellen Überprüfung beim Anbieter. Die Feldmessung wird nur verlangt, falls Hinweise auf ein ungenügendes Funktionieren vorliegen.

## 9.2 Qualitätssicherung

Um die Qualität der Module zu prüfen, kann die bisherige Prüfpraxis von MINERGIE übernommen werden. Dabei sollen gelabelte Module nur stichprobenweise geprüft werden. Die Qualitätsprüfung erfolgt entweder als visuelle Kontrolle und/oder als Feldmessung. Wir schlagen vor, dass von jedem Modul eine der ersten 10 Anlagen zufällig ausgewählt und überprüft wird.

### Visuelle Kontrolle

Bei einem installierten Modul kann die Qualität der gewählten Produkte, die Dimensionierung der Komponenten, die Ausführung der Installationen inklusive der Isolation und die Anlagedokumentation mit einer visuellen Kontrolle geprüft werden. Anhand einer präzisen Checkliste werden die Aufnahmen gemacht und mit den Unterlagen verglichen. Mit der notwendigen Fachkompetenz können Mängel so sehr schnell festgestellt werden. Die visuelle Kontrolle wird sinnvollerweise mit einer standardisierten Erhebung der Zufriedenheit der Benutzer kombiniert.

### Feldmessung

Um Feldmessungen durchzuführen, muss bei allen Modulen im Minimum die Möglichkeit der Messung der zu- und abgeführten Energie vorbereitet werden. Auf der Abgabeseite kann dies durch den Einbau eines Passstückes für die Wärmezählung in der Wärmeverteilung und je nach Systemkonzept noch in der Warmwasserbereitung erfolgen. Über einen Warmwasserzähler wird die Warmwassermenge gemessen. Die Messungen dauern im Minimum eine Heizperiode (~6 Mt).

Normalerweise sind bei Wärmepumpen die Sole-Umwälzpumpe oder der Ventilator sowie die für den ordentlichen Betrieb der Anlage notwendigen Zusatzaggregate über das Schalttableau der Wärmepumpe erschlossen. Somit kann bei diesen Anlagen die zugeführte Energie relativ einfach über einen separaten Elektrozähler gemessen werden. Der eventuell vorhandene Elektroeinbaueinsatz in einem Warmwassererwärmer kann mit einem einfachen Elektrozähler erfasst werden.

Bei den automatischen Holzheizungen (Holzschnitzel und Holzpellets) kann die zugeführte Energie analog der Praxis bei den Ölheizungen über die Liefermenge bestimmt werden. Bei Stückholzfeuerungen müsste der Betreiber motiviert werden, eine Verbrauchsbuchhaltung zu führen. Bei Modulen mit Solaranlagen kann aus der Differenz von Output und Input der Ertrag abgeschätzt werden.

### Qualitätsverbesserung durch Label

Wir gehen davon aus, dass mit der präzisen Umschreibung von Designkriterien, einer weit gehenden industriellen Vorfertigung und der Einführung einer Stichprobenkontrolle die Qualität der Anlagen bezüglich Funktion und Leistung - bezogen auf den heutigen Stand - wesentlich verbessert werden. Eine Garantie für eine fehlerfreie Anlage kann bei einer noch so umfangreichen Beschreibung der Designkriterien allerdings nicht gegeben werden.

In verschiedenen Studien wurde die Qualität installierter Anlagen im Feld untersucht. Bei den Wärmepumpen ist es die FAWA-Studie<sup>29</sup>, auf die hier nicht näher eingegangen wird, da sie allgemein bekannt und zugänglich ist. Bei den Solaranlagen sind zwei ausländische Untersuchungen zu nennen, eine deutsche und eine österreichische<sup>30</sup>. In der deutschen TESA Studie wurden eine Befragung der Nutzer und eine Besichtigung ausgewählter Anlagen durchgeführt. Untersucht

<sup>29</sup> FAWA Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen, Schlussbericht April 2004

<sup>30</sup> TESA Technische Evaluation solarthermischer Anlagen, Hannover, April 2004  
AEE INTEC A-8200 Gleisdorf. Solare Raumheizungsanlagen, Workshop 13.3.2003 Graz

wurde die Installationsqualität der Anlagen, nicht deren Funktionieren durch eine Funktionskontrolle. In der AEE INTEC Studie wurden 22 Anlagen dokumentiert und auf Grund der Planunterlagen und einer Besichtigung in acht Bereichen beurteilt. Beide Untersuchungen kommen zum qualitativ gleichen Ergebnis. Gut 10% aller Anlagen weisen keine oder nur leichte Mängel auf, ein breites Mittelfeld von rund 70% der Anlagen weist einzelne, teilweise erhebliche Schwachstellen auf, die allerdings die (Installations-)Qualität der Anlagen nicht grundsätzlich abwerten, und weitere knapp 20% sind als ungenügend zu bezeichnen.

Wir erwarten, dass die Module eine Qualitätsverbesserung sowohl bei den ungenügenden Anlagen als auch bei denjenigen im Mittelfeld zur Folge haben werden. Einige der in den Studien erkannten Mängel, wie fehlerhafte hydraulische Einbindung oder die ungenügende Wärmedämmung sind in den technischen Anforderungen aufgefangen, andere sind über die Leistungsgarantie abgedeckt. Auf eine gute Dokumentation wird in den Modulen ein spezielles Gewicht gelegt, weshalb dieser häufige Mangel nicht mehr auftreten sollte.

### Kosten

Die Kosten für die Qualitätssicherung setzen sich zusammen aus denjenigen für die visuelle Kontrolle vor Ort und für die Feldmessung. Die Kosten sind allerdings nicht kumulativ, falls sowohl visuelle Kontrolle als auch eine Messung durchgeführt werden. Für die visuelle Kontrolle sind rund **1'700 CHF** und für die Feldmessung rund **7'000 bis 8'000 CHF** zu veranschlagen.

#### Visuelle Kontrolle

Arbeit	Zeitbedarf	Anzahl Personen	Total Zeit
Aktenstudium	1	1	1
Visuelle Prüfung vor Ort /Fahrt	4	1	4
Administration/Reporting, etc.	5	1	5
Total Zeitaufwand			10

Stundenansatz	CHF	140.00
Total Kosten Zeitaufwand	<b>CHF</b>	<b>1400.00</b>
Spesen	CHF	300.00
Total Kosten für visuelle Kontrolle	<b>CHF</b>	<b>1700.00</b>

#### Feldmessungen

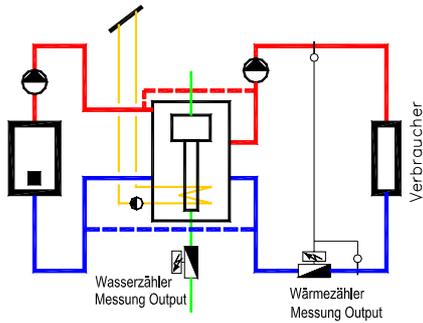
Arbeit	Zeitbedarf	Anzahl Personen	Total Zeit
Aktenstudium	2	1	2
Installation / Demontage Messgeräte	8	1	8
Datenerfassung / Betreuung.	20	1	20
Administration / Reporting, etc.	8	1	8
Total Zeitaufwand			38

Stundenansatz	CHF	140.00
Total Kosten Zeitaufwand	<b>CHF</b>	<b>5300.00</b>
Miete Messgeräte	<b>CHF</b>	<b>2000.00</b>
Spesen	CHF	300.00
Total Kosten für Feldmessungen	<b>CHF</b>	<b>7600.00</b>

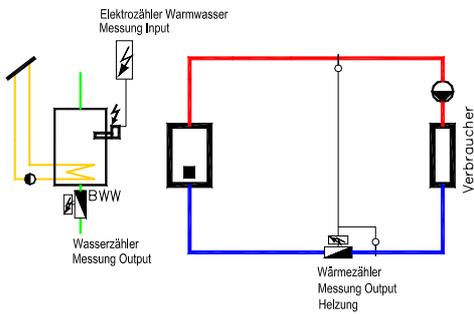
### Messtechnische Voraussetzungen für die Feldmessung

Im Folgenden werden die für eine Feldmessung notwendigen Voraussetzungen für Stückholzfeuerungen und Wärmepumpen dargestellt. Die Feldmessung stellt eine Input/Output Messung dar, weshalb jeweils die für die Messung des Inputs wie auch des Outputs notwendigen Voraussetzungen bezeichnet werden.

#### Beispiel Stückholzfeuerungen

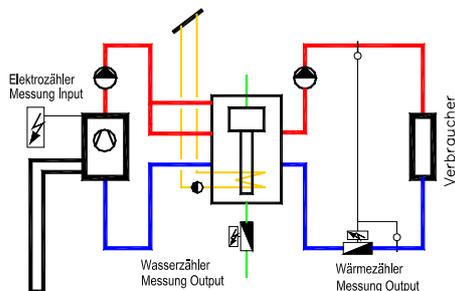


Messung Input	Messung Output
Nutzer: Verbrauchsbuchhaltung	Wärmezähler auf der Verbraucherseite
	Warmwasserzähler

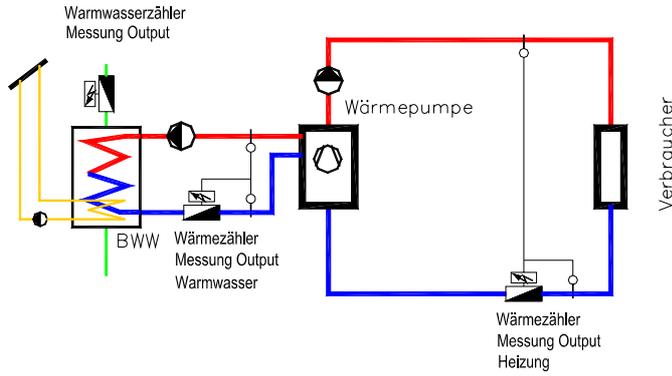


Messung Input	Messung Output
Nutzer: Verbrauchsbuchhaltung	Wärmezähler auf der Verbraucherseite
Elektrozähler Elektroeinsatz Warmwasser	Warmwasserzähler

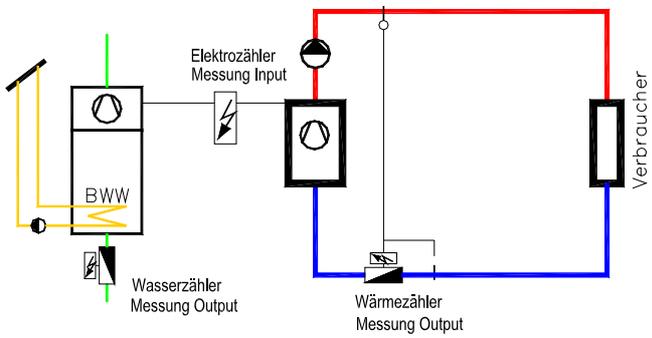
#### Beispiel Wärmepumpen



Messung Input	Messung Output
Elektrozähler Wärme-	Wärmezähler auf der Verbraucherseite
pumpe	Warmwasserzähler



Messung Input		Messung Output
Elektrozähler	Wärme-	Wärmezähler auf der
Wärmezähler	WP	Verbraucherseite
Warmwasser		Warmwasserzähler



Messung Input		Messung Output
Elektrozähler	Wärme-	Wärmezähler auf der
Wärmezähler	Wärmepum-	Verbraucherseite
	penboiler	Warmwasserzähler

# 10 Diskussion der Ergebnisse

## 10.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Resultate des Forschungsprojekts unter verschiedenen Gesichtspunkten diskutiert. Unter den Anforderungen an die Module spielt der Anteil erneuerbarer Energie eine wichtige Rolle. Es stellt sich daher die Frage, ob diese Schlüsselrolle plausibel und gerechtfertigt ist und welche Folgerungen aus einer Gegenüberstellung von den Modulen mit dem MINERGIE-Systemansatz zu ziehen sind. Die Gegenüberstellung von Modulansatz und MINERGIE-Systemansatz wird in Abschnitt 10.2 anhand von zwei Objekten durchgeführt. Das erste Objekt ist ein neues Reiheneinfamilienhaus und das zweite ein saniertes Mehrfamilienhaus mit drei Wohnungen.

Weiter ist die Frage allfälliger Mehrkosten durch die Module von Bedeutung. Mehrkosten können prinzipiell durch das Label selbst oder aber durch weitergehende Anforderungen an die Anlagen und Systeme entstehen. Wir fassen die Aussagen zu den Kosten im Abschnitt 10.3 zusammen.

Die Ausführungen im Projektbericht zeigen die Machbarkeit der Module auf. Trotzdem stellt sich die Frage, ob der hier entwickelte Vorschlag in der Praxis auch wirklich tauglich ist. Insbesondere wurden Bedenken geäussert, dass sich im Sanierungsfall heikle Haftungsfragen ergeben könnten, da die für eine qualitativ einwandfreie Installation notwendigen Voraussetzungen nur beschränkt überprüft werden könnten. So sei etwa nicht nachzuprüfen, ob im Falle von Bodenheizungen die Stärke der Unterlagsböden auch wirklich den geforderten Werten entspreche. Wir gehen der Frage der Haftung im Abschnitt 10.4 nach.

Der eben formulierte Einwand führt zu einem zentralen Punkt, der für ein MINERGIE-Modul betrachtet werden muss. Entstehen für MINERGIE durch das Modul Wärmeerzeugung tendenziell mehr oder weniger Probleme? Mehr Probleme für MINERGIE könnten etwa dadurch entstehen, dass eine beträchtliche Anzahl von mangelhaften Modulen installiert würde, was zu einem negativen Image für MINERGIE führen würde. Auf der anderen Seite kann mit qualitativ guten, einfach anwendbaren Modulen eine grössere Breitenwirkung erzielt und MINERGIE gefördert werden. Es stellt sich in diesem Zusammenhang die grundsätzliche Frage, welche Fehlerquote bei der Anwendung eines Moduls erwartet werden kann. Wir zeigen auf, dass eine Nullfehlertoleranz nicht möglich ist, dass aber die Qualität der Anlagen deutlich erhöht werden kann (Abschnitt 10.5).

Schliesslich gehen wir der Frage der Systemverantwortung für die installierten Anlagen nach. Für den Besitzer ist es ausschlaggebend, dass er sich auf einen einzigen Akteur beziehen kann, der für ihn eine kompetente und schnell erreichbare Ansprechstelle darstellt. Die klare Zuordnung der Systemverantwortung ist daher ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Realisierung der Module (Abschnitt 10.6).

Der Feedback der Begleitgruppe wird im Abschnitt 10.7 zusammengefasst. Darin werden sowohl diejenigen Aspekte, welche eine breite Zustimmung gefunden haben, als auch kontrovers diskutierte Punkte dargestellt.

## 10.2 Vergleich von Modul mit Systemnachweis

Anhand zweier Objekte wurden die Anforderungen der Module mit denjenigen des Systemnachweises von MINERGIE verglichen. Für verschiedene Heizsysteme wurde der so genannte Grenzwert MINERGIE und der Anteil erneuerbarer Energie ermittelt. Dabei sollte die Frage geklärt werden, ob beide Betrachtungsweisen grundsätzlich zu den gleichen oder abweichenden Folgerungen bezüglich der in Frage kommenden Systeme für die Wärmeerzeugung führen.

Berücksichtigt wurden dabei folgende Heizsysteme:

- Automatische Holzfeuerung monovalent
- Automatische Holzfeuerung mit elektrischer Produktion des Brauchwarmwassers im Sommer
- Automatische Holzfeuerung mit einer Solaranlage für die Produktion des Brauchwarmwassers
- Wärmepumpe mit einer Erdwärmesonde monovalent
- Wärmepumpe mit einer Erdwärmesonde mit einer Solaranlage für die Produktion des Brauchwarmwassers
- Luft/Wasser-Wärmepumpe monovalent
- Luft/Wasser-Wärmepumpe mit elektrischer Produktion des Brauchwarmwassers
- Luft/Wasser-Wärmepumpe mit einer Solaranlage für die Produktion des Brauchwarmwassers.

### 10.2.1 Objekt 1 (Neubau)

Das Neubau-Objekt weist folgende Kenngrößen auf:

Objekt	Neubau REFH mit 5 Einheiten
Standort	Basel
EBF	1256 m <sup>2</sup>
Gebäudehüllenziffer	1.18
Heizwärmebedarf mit Standardluftwechsel:	125 MJ/m <sup>2</sup> oder 34.7 kWh/m <sup>2</sup>
Lüftung	Kleinanlage mit Standardwerten Gegenstrom-WT DC/EC-Motoren Ohne Erdregister
Thermisch wirksamer Außenluftvolumenstrom	0.27 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Effektiver Heizwärmebedarf mit Lüftungsanlage	112 MJ/m <sup>2</sup> oder 31.1 kWh/m <sup>2</sup>
Luftmenge	850 m <sup>3</sup> /h (je Einheit 170m <sup>3</sup> /h)
Solaranlage (wenn vorhanden)	5 m <sup>2</sup> je Einheit = 25 m <sup>2</sup>
Primäranforderung an Gebäudehülle	34.7 kWh/m <sup>2</sup> erfüllt
Jahresarbeitszahl	Es werden immer die Standardwerte des Nachweises eingesetzt

Die Berechnungen ergeben die in der untenstehenden Tabelle aufgeführten Resultate:

Heizsystem	Berechneter Grenzwert MINERGIE	Anteil erneuerbare Energie
	kWh/m <sup>2</sup>	%
Automatische Holzfeuerung monovalent	38.0	100
Automatische Holzfeuerung mit BWW Sommer elektrisch	47.5	88
Automatische Holzfeuerung mit Solaranlage für BWW	32.2	100
Erdwärmesonde WP monovalent	33.8	69
Erdwärmesonde WP mit Solar für BWW	28.4	75
Luft/Wasser WP monovalent	40.9	62
Luft/Wasser WP BWW elektrisch	61.1	43
Luft/Wasser WP mit Solar für BWW	34.6	69

Die kursiv gedruckten Werte erfüllen die Anforderungen nicht. Im Falle des berechneten Grenzwertes wird der Wert von 42 kWh/m<sup>2</sup> überschritten und beim Anteil erneuerbarer Energie liegt dieser Wert unter 70% (wobei der Anteil von 69% ebenfalls toleriert wurde).

Interessant sind diejenigen Fälle, in denen die beiden Betrachtungsweisen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Eine automatische Holzfeuerung mit einer solaren Erwärmung des Brauchwarmwassers erfüllt die Systemanforderung von MINERGIE nicht trotz eines sehr hohen Anteils erneuerbarer Energie von 88%<sup>31</sup>. Umgekehrt erfüllt die monovalente Luft/Wasser-Wärmepumpe die Anforderungen von MINERGIE, weist dagegen einen ungenügenden Anteil erneuerbarer Energie auf.

### 10.2.2 Objekt 2 (Sanierung)

Das Sanierungs-Objekt weist folgende Kenngrößen auf:

Objekt	Sanierung MFH mit 3 Wohnungen
Standort	Luzern
EBF	432 m <sup>2</sup>
Gebäudenhüllenziffer	1.49
Heizwärmebedarf mit Standardluftwechsel:	177 MJ/m <sup>2</sup> oder 49.2 kWh/m <sup>2</sup>
Lüftung	Kleinanlage mit Standardwerten Gegenstrom-WT DC/EC-Motoren Ohne Erdregister
Thermisch wirksamer Außenluftvolumenstrom	0.36 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Effektiver Heizwärmebedarf mit Lüftungsanlage	139 MJ/m <sup>2</sup> oder 38.5 kWh/m <sup>2</sup>
Luftmenge	450 m <sup>3</sup> /h (je Einheit 150m <sup>3</sup> /h)
Solaranlage (wenn vorhanden)	5 m <sup>2</sup> je Einheit = 15 m <sup>2</sup>
Primäranforderung an Gebäudehülle	49.2 kWh/m <sup>2</sup> erfüllt
Jahresarbeitszahl	Es werden immer die Standardwerte des Nachweises eingesetzt

<sup>31</sup> Auf den 1.1.2005 sind neue Gewichtungsfaktoren für Holz und Biomasse für den MINERGIE Systemnachweis in Kraft getreten, welche die Holzenergie stärker bevorzugen. Mit diesen Faktoren wird der Grenzwert für eine Holzfeuerung mit BWW Sommer elektrisch nur noch knapp verfehlt.

Die Berechnungen ergeben die in der untenstehenden Tabelle aufgeführten Resultate:

Heizsystem	Berechneter Grenzwert MINERGIE	Anteil erneuerbare Energie
	kWh/m <sup>2</sup>	%
Automatische Holzfeuerung monovalent	50.9	100
Automatische Holzfeuerung mit BWW Sommer elektrisch	65.1	86
Automatische Holzfeuerung mit Solaranlage für BWW	41.3	100
Erdwärmesonde WP monovalent	45.5	69
Erdwärmesonde WP mit Solar für BWW	36.5	76
Luft/Wasser WP monovalent	54.6	62
Luft/Wasser WP mit Solar für BWW	44.2	69
Ölheizung monovalent	78.8	0
Ölheizung mit Solar für BWW	62.9	19

Die kursiv gedruckten Werte erfüllen die Anforderungen nicht. Im Falle des berechneten Grenzwertes wird der Wert von 80 kWh/m<sup>2</sup> überschritten und beim Anteil erneuerbarer Energie liegt dieser Wert unter 70% (wobei der Anteil von 69% ebenfalls toleriert wurde).

### 10.2.3 Sensitivität

Die für den Vergleich präsentierten Berechnungen sind in zwei Richtungen sensitiv. Zum einen können in der Berechnung des Grenzwertes MINERGIE verschiedene Parameter variiert werden und zum anderen hat wie erwähnt die Berücksichtigung des Anteils an erneuerbarem Strom einen Einfluss auf den Anteil erneuerbarer Energie.

Der Anteil erneuerbarer Energie ist auf die Berücksichtigung des Anteils an erneuerbarem Strom (Ökostrom) sehr sensitiv, da der Strom der einzige Input ist, der nicht oder nicht vollständig aus erneuerbaren Quellen stammt. Beispielsweise führt ein Anteil an Ökostrom von 50% dazu, dass auch die Luft/Wasser Wärmepumpen einen Anteil an erneuerbarer Energie von über 70% erreichen. Die Luft/Wasser Wärmepumpe mit BWW elektrisch erhält einen Anteil an erneuerbarer Energie von 71% und die Luft/Wasser Wärmepumpe monovalent einen Anteil von 81%. Bei einem Anteil an Ökostrom von mehr als 22% erfüllt die Luft/Wasser Wärmepumpe monovalent das Kriterium des Anteils erneuerbarer Energie.

Angesichts der Verflechtungen im schweizerischen und europäischen Strommarkt können wir nicht von einem klar definierten Strommix ausgehen. Für den Konsumenten zählt ausschliesslich derjenige Strom als erneuerbar, der als Ökostrom deklariert und bezogen wird. Andernfalls müssen wir davon ausgehen, dass so genannter „Graustrom“ bezogen wird, dessen ökologische Qualität nicht beurteilt werden kann. Diese Tatsache ist der Grund dafür, dass für die Berechnungen der Strom als nicht erneuerbar betrachtet wurde<sup>32</sup>.

Diese Überlegungen sind nur für die erwähnten Luft/Wasser Wärmepumpen relevant. Es wäre also im Prinzip möglich, einen Anteil an Ökostrom festzulegen, bei welchem auch diese Systeme als Module betrachtet werden können. Aus Gründen der Praktikabilität wird darauf verzichtet.

Bei Objekt 2 (Sanierung) wurde ein Gebäude gewählt, das im Sommer 2004 saniert wurde. Aus Kostengründen wurde keine Komfortlüftung eingebaut. Um das Gebäude trotzdem für den Vergleich zu verwenden, wurden die Berechnungen entsprechend angepasst.

<sup>32</sup> Auf den 1.1.2005 ist in der Schweiz die allgemeine Deklarationspflicht für Strom in Kraft getreten. Die konkreten Erfahrungen mit dieser Regelung werden zeigen, wie weit die von uns gewählte Argumentation anzu-  
passen ist.

Die Qualität bezüglich Wärmedämmung der Gebäudehülle (Fassade und Fenster) sowie des Estrichbodens wurde vom Bauherrn soweit verbessert, dass vom kantonalen Förderprogramm für Gebäudesanierungen profitiert werden konnte. Der Heizwärmebedarf ist dadurch entsprechend tief. Da der Grenzwert MINERGIE bei der Sanierung mit 80 kWh/m<sup>2</sup> relativ hoch liegt, erfüllt auch die Variante Öl monovalent die Bedingungen, obwohl der Anteil erneuerbarer Energie bei 0% liegt.

Um die Grenzen auszuloten, wurde eine Berechnung durchgeführt, bei nur die Fenster und der Estrichboden saniert wurde. Das Gebäude würde damit den Primäranforderungen von MINERGIE an die Gebäudehülle noch knapp genügen. Der Grenzwert MINERGIE würde dabei von den Varianten Öl monovalent und Öl /Solar (25m<sup>2</sup> Kollektorfläche) nicht mehr erfüllt. Die Anforderung an den Anteil an erneuerbarer Energie würde neben den Varianten Öl auch von der Variante Aussenluft-Wärmepumpe monovalent und der Variante Aussenluft-Wärmepumpe mit Solar nicht erfüllt. Damit zeigt sich hier ein ähnliches Bild wie bei Neubauten.

#### 10.2.4 Folgerungen

Die Modulanforderungen und die Systembetrachtung sind in den meisten Fällen äquivalent. In zwei Fällen führen sie zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen. Aus der Sicht des Projektteams wird mit dem Kriterium des Anteils erneuerbarer Energie die richtige Gewichtung gesetzt. Die monovalente Luft/Wasser-Wärmepumpe erscheint als kritisch, soll jedoch trotzdem als Modul betrachtet werden (siehe Abschnitte 6.3 und 8.4).

Auf das Kriterium erneuerbare Energie sollte gerade aus dem Grund, dass teilweise unterschiedliche Resultate erzielt werden, nicht verzichtet werden. Damit kann erreicht werden, dass die Module Wärmeerzeugung per se eine ökologisch (und ökonomisch) sinnvolle Lösung für die Wärmeerzeugung ohne direkten Bezug auf den Zustand der Gebäudehülle darstellen. Das Gebäude muss – bezogen auf das Baujahr - gut gedämmt sein, wie dies in den objektspezifischen Anforderungen definiert ist.

## 10.3 Mehrkosten?

Umfassende Aussagen zum Preis der Module sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich. Mehrkosten für die Module gegenüber qualitativ vergleichbaren Anlagen sind jedoch nicht zu erwarten. Der Grund dafür liegt darin, dass die Aufwendungen für das Labelling der Anlagen und die Qualitätssicherung relativ gering sind (Kapitel 9) und dass aus konstruktiver Sicht keine Änderungen notwendig sind. Die Vorbereitung der Pass-Stücke und Messfühler für eine allfällige Stichprobe stellt eine marginale Änderung dar, die auf der Kostenseite nicht ins Gewicht fällt.

Die Mehrkosten betreffen ausschliesslich das Label und die Qualitätssicherung und sind hier nochmals kurz zusammengefasst:

Kosten Label	4'000 CHF
Qualitätssicherung visuell	1'500-2'000 CHF
Qualitätssicherung Feldmessung	7'000-8'000 CHF
Total	12'500-14'000 CHF
Total ohne Feldmessung	5'500-6'000 CHF

Diese Mehrkosten sind in Relation zu setzen zu den erwarteten Umsätzen beziehungsweise Verkaufszahlen. Diese können natürlich nicht ermittelt werden. Aber bereits eine einfache Abschätzung zeigt, dass die Mehrkosten pro Anlage sehr niedrig sein werden, wenn man beispielsweise von 1000 verkauften Anlagen ausgeht, was bei einer geschätzten Gültigkeitsdauer des Labels von mindestens 4-5 Jahren durchaus realistisch ist.

Was ist unter „qualitativ vergleichbaren Anlagen“ zu verstehen? In erster Linie bedeutet dies die Verwendung zertifizierter Einzelkomponenten und eine optimale Regelung. Unter diesen Voraussetzungen ist davon auszugehen, dass die standardisierte und zertifizierte Anlage sogar günstiger zu stehen kommt, da diese Bedingungen bereits routinemässig eingehalten werden.

## 10.4 Haftung

In der Diskussion um die Realisierung der MINERGIE-Module Wärmepumpen wurde die Befürchtung geäußert, dass sich vor allem im Sanierungsbereich heikle Haftungsfragen ergeben könnten, die sich insgesamt prohibitiv für den Modulansatz (und für MINERGIE) auswirken könnten. So könne etwa die Auslegung der Bodenheizung bzw. der Heizkörper, die nachweislich einen wesentlichen Einfluss auf den optimalen Betrieb der Wärmepumpe hat, gerade bei bestehenden Bauten mangelhaft sein, ohne dass der Installateur darauf Einfluss nehmen kann - unter Umständen nicht einmal präzise davon Kenntnis hat.

Nach Ansicht des Projektteams bestehen für Anbieter und Installateur solange keine rechtlichen Probleme, als die durch den Anbieter spezifizierten Voraussetzungen eingehalten werden. Im geschilderten Beispiel muss sichergestellt werden, dass die Vorlauftemperatur nicht über 45° liegt und dass genügend Wärme in den Raum gebracht werden kann. Beides lässt sich relativ einfach überprüfen. Falls trotz Einhaltung dieser Vorgaben Probleme auftreten, muss der Anbieter die Verantwortung übernehmen, andernfalls liegt sie beim Installateur oder bei Dritten (Architekt, etc.)<sup>33</sup>.

Inhaltlich ist zum genannten Problem anzuführen, dass eine gegenüber der Planung reduzierte Stärke beim Unterlagsboden zwar zu einer kleineren Speichermasse führt, was zu Problemen bei den Wärmepumpen führen könnte. Die Speicherkapazität bei einem Unterlagsboden mit einer Einbauhöhe von 5cm und einer zu aktivierenden Schichtdicke von 3cm ist aber immer noch wesentlich höher als beispielsweise bei einem technischen Speicher mit 500 lt Inhalt.

## 10.5 Wofür kann/soll das Modul „verantwortlich“ gemacht werden?

Die Ausführungen im letzten Abschnitt haben eine grundsätzliche Frage aufgeworfen, die im Zusammenhang mit der Konzeption der Module immer wieder aufgetaucht ist: Wofür kann bzw. soll das Modul in Bezug auf Qualität „verantwortlich“ gemacht werden? Mit anderen Worten: Welche Fehlertoleranz wird dem Modul zugestanden? Welche Erwartungen sind gerechtfertigt und welche nicht?

Bei der Beurteilung der Qualität der Module muss zwischen der Qualität des Anlagekonzepts und der Qualität der im Feld installierten Anlage unterschieden werden. Die Qualität der Anlagekonzepte wird bezüglich Funktion und Leistung durch das Label deutlich erhöht, wie dies im Abschnitt 5.3 ausgeführt wurde. Wir gehen davon aus, dass hier ein „Quantensprung“ stattfinden wird. Die

<sup>33</sup> Ein vergleichbares Modell wird beispielsweise von der Geberit AG im Bereich Schallschutz bei den Vorwandinstallationen erfolgreich angewendet.

weit gehende Vorkonfektionierung der Komponenten wird auch dazu führen, dass Fehler bei der Installation (Vorlauf / Rücklauf vertauscht, falsche Fühler eingesetzt usw.) praktisch verhindert werden kann. Die Inbetriebnahme mit Protokoll und Unterschrift als Bestandteil der Modulanforderung reduziert die Probleme während des Betriebs ebenfalls. Die Qualität der im Feld installierten Anlagen wird im Wesentlichen durch das Design der Anlagen, durch Ausbildung und die klare Zuordnung der Systemverantwortung erhöht. Sie soll nach dem Vorschlag des Projektteams durch Stichproben überprüft werden. Diese Überprüfungen liefern aussagekräftige Resultate und erlauben gezielte Verbesserungen sowohl in technischer als auch in organisatorischer Hinsicht.

Zusammenfassend können wir festhalten, dass mit dem Modul die Qualität der zur Anwendung gelangenden Systeme deutlich erhöht wird. Die Qualität der installierten Anlagen wird ebenfalls deutlich zunehmen, allerdings kann keine Nullfehler-Quote erwartet werden. Die Qualitätssicherung ist daher darauf auszurichten, Probleme zu erkennen und schrittweise Verbesserungen einzuleiten. Wir sind der Überzeugung, dass eine so verstandene Qualitätssicherung für die Branche, MINERGIE und die Besitzer die besten Ergebnisse erwarten lässt. Es muss das Ziel sein, dass gegenüber konventionellen Lösungen die MINERGIE-Module deutlich besser abschneiden, wenn auch keine absolute Garantie für dafür abgegeben werden kann, dass nirgends Probleme und Mängel auftreten werden. Dieser Ansatz entspricht dem Prinzip von „Best Practice“, wie er durch MINERGIE verfolgt wird.

## 10.6 Systemverantwortung

Die klare Zuordnung der Systemverantwortung wird als kritischer Erfolgsfaktor angesehen. Die Garantieverantwortung gegenüber den Endkund/innen liegt gemäss Werkvertragsrecht beim Installateur. Der Installateur seinerseits kann auf Garantieleistungen seiner Lieferanten zurückgreifen. Häufig liegen aber in der Praxis die Probleme im Schnittstellenbereich. Beispielsweise "verstehen" sich die Speicherladeregelung des Heizkessels und die Regelung der Solaranlage nicht. In einem solchen Fall sind die gegenseitige Schuldzuweisung der Lieferanten und die Ohnmacht des Installateurs vorprogrammiert. Aus der Sicht des Kunden ist **ein** Verantwortlicher für das gesamte System von zentraler Bedeutung.

In Anbetracht der Tatsache, dass es sich um komplexe Gesamtsysteme handelt und in Zukunft auch wenig spezialisierte Installateure diese installieren werden, kommt dem Systemanbieter eine immer grössere Bedeutung zu. Die geforderte Systemverantwortung wird also in aller Regel vom Anbieter übernommen werden. Für den Anbieter hat dies den Vorteil einer stärkeren Bindung des Installateurs, weil die Systemgarantie mit der Bedingung verknüpft werden kann, dass das komplette System eingekauft werden muss. Der Installateur wiederum kann auf eine schnelle und kompetente Beratung und einen professionellen Support vom Anbieter bei allfälligen Problemen zählen.

## 10.7 Feedback der Begleitgruppe

Der vorliegende Vorschlag wurde mit der Begleitgruppe eingehend diskutiert. Dabei zeigten sich grundsätzliche Zustimmung, aber auch kontroverse Einschätzungen. Kontrovers diskutiert wurde insbesondere die Frage, ob sich mit den vorgeschlagenen Modulen das unbestrittene Ziel der Qualitätsverbesserung erreichen lasse. Das Schwergewicht solle vielmehr auf einer weit gehenden Vorfertigung der Komponenten liegen. Es wurde auch bezüglich des Modulkonzepts als Ganzem bezweifelt, ob die flexible Reihenfolge der Sanierungsschritte der grundsätzlich richtige Ansatz sei. Weiter wurden Bedenken geäussert, dass durch die Module vor allem im Sanierungsbereich heikle Haftungsfragen entstehen könnten. Kritisch wurden teilweise auch die durch das Label zu erwartenden Mehrkosten beurteilt.

Positiv beurteilt wurden seitens der Branche die Chancen für eine verstärkte Standardisierung der Systeme und eine damit verbundene Qualitätssteigerung. Es wird auch eine stärkere Marktdurchdringung von geeigneten, mit dem Label versehenen Modulen erwartet. Mit den in Einzelfällen vorgesehenen Erleichterungen in einer Anfangsphase wurde den Einwänden einzelner Mitglieder der Begleitgruppe Rechnung getragen.

Die Begleitgruppe war einhellig der Meinung, dass mit dem vorliegenden Bericht die Grundlagen erarbeitet worden seien, auf denen MINERGIE einen Grundsatzentscheid bezüglich der Module „Wärmeerzeugung“ fällen könne.

# 11 Fazit

Das Fazit aus dem Forschungsprojekt bezieht sich auf verschiedene Dimensionen des Projektziels und kann folgendermassen zusammengefasst werden:

## Technische Aspekte

- Die Einführung von Modulen Wärmeerzeugung ist aus technischer Hinsicht möglich. Sie eignen sich sowohl für Neubauten als auch für den Sanierungsfall. Die Anforderungen an die Module lassen die meisten der heute bekannten Systemkonzepte zu.
- Die Module definieren Anforderungen an die Wärmeerzeugung als gebäudetechnisches System und sie eignen sich als Bausteine für eine modulare Realisierung/Sanierung von MINERGIE-Gebäuden. Sie stellen per se eine ökologisch und energetisch sinnvolle Lösung für die Wärmeerzeugung dar, ohne direkte Verknüpfung mit dem energetischen Zustand der Gebäudehülle. Grundvoraussetzung ist lediglich, dass das Gebäude gut (bezogen auf das Baujahr) gedämmt ist.
- Die Module werden eine wesentliche Qualitätsverbesserung der Anlagekonzepte und der installierten Anlagen zur Folge haben. Sie stellen bezüglich Qualität aber keine „Nullfehler-Strategie“ dar. Die Qualitätssicherung durch Stichproben erlaubt aus Sicht des Projektteams kostengünstige Aussagen und gezielte Verbesserungen.
- Die Module bieten für den Endkunden mehr Sicherheit durch qualitativ ausgereifte Systeme und die intensivierete Kooperation zwischen Anbieter und Installateur.
- Die Module fördern energieeffiziente Anlagen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energie.

## Kosten/Markt

- Durch die klaren Vorgaben der Module lassen sich Mehrkosten der Module gegenüber vergleichbaren Systemen vermeiden. Die Anforderungen der Module haben nur geringe konstruktive Änderungen gegenüber dem Stand der Technik zur Folge.
- Auf dem Markt ist ein klarer Trend zum Angebot von Gesamtsystemen festzustellen. Die Module legen einen Qualitätsstandard fest und stellen ein wichtiges Element für die Qualitätssicherung dar.
- Die Anzahl von Wohnbauten, für welche die Module grundsätzlich in Frage kommen, ist in der Schweiz beträchtlich.

## Marktakteure

- Das Interesse der Anbieter für Module und Gesamtsysteme ist gross. Die Module werden als Mittel für die Festlegung eines Qualitätsstandards angesehen und es wird erwartet, dass dadurch mehr Gesamtsysteme am Markt verkauft werden können. Die Zahlungsbereitschaft für ein Label und/oder ergänzende Messungen ist sehr gering.
- Der Nutzen für die Anbieter liegt vor allem darin, dass Fehler beim Zusammenbau und der Installation durch die Module weit gehend vermieden werden.
- Für die Kund/innen erhalten eine grössere Sicherheit, dass ihre Anlage qualitativ hochwertig ist und einwandfrei installiert wurde.
- Die Installateure begrüssen die Einführung von Modulen weit gehend. Ein kleiner Teil der Installateure erachtet sie dagegen als überflüssig, weil eine umfassende energetische Beratung ohnehin durchgeführt wird.
- Die Branchenverbände sind sehr stark daran interessiert, dass durch die Module die Qualität der Anlagen und den Dienstleistungen erhöht wird.





**Bundesamt für Energie BFE**

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) · [www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)