

Heizöl und damit Kosten sparen in bivalenten Heizzentralen mit Holz und Heizöl

Dr. Jürgen Good*,
Andres Jenni**, PD Dr.
Thomas Nussbaumer*

Sparpotenzial durch Systemoptimierung

Der Rohölpreis hat sich auf dem Weltmarkt innert zweier Jahre mehr als verdoppelt, weshalb auch Heizöl in der Schweiz derzeit mehr als 50% teurer ist als Energieholz. In bivalenten Heizanlagen mit Holz und Heizöl lohnt es sich deshalb, die Anlage mit minimalem Heizölanteil zu betreiben. In der Praxis wird jedoch oft mehr Heizöl als technisch notwendig verbraucht. Durch eine technische und betriebliche Optimierung können deshalb Kosteneinsparungen von mehreren Tausend Franken pro Jahr erzielt werden. Betreiber von bivalenten Heizanlagen sollten deshalb prüfen, ob ihre Anlage ein Sparpotenzial aufweist und wie dieses ausgeschöpft werden kann.

Der erneuerbare und CO₂-neutrale Energieträger Holz kann zur Wärmeerzeugung genutzt werden und fossile Energieträger wie Heizöl und Erdgas mit hoher Effizienz ersetzen. Für grössere Leistungen oder den Betrieb von Wärmenetzen kommen heute vorwiegend automatische Holzheizungen für Waldhackschnitzel und naturbelassenes Restholz zum Einsatz. Um die Kosten zu optimieren und eine hohe Auslastung für den Holzkessel zu ermöglichen, werden auch bivalente Anlagen ausgeführt, welche nebst einer Holzfeuerung über einen Heizkessel mit Heizöl oder in einigen Fällen auch mit Erdgas verfügen. In bivalenten Anlagen besteht die Gefahr, dass der Ölkessel wegen technisch nicht optimaler Auslegung oder auch aus Bequemlichkeit öfter oder länger als notwendig in Betrieb steht und damit einen unnötig grossen Teil der Wärmeerzeugung abdeckt. Solange Heizöl billig verfügbar war, hat dies die Wirtschaftlichkeit kaum beeinflusst. Seit sich der Preis für Heizöl innert zweier Jahre beinahe verdoppelt hat, lohnt es sich jedoch nicht nur aus Sicht der CO₂-Einsparung, sondern auch aus Sicht der Brennstoffkosten, den Ölkessel nur so viel wie notwendig einzusetzen und möglichst viel Wärme mit Holz zu erzeugen.

Brennstoffpreise

Der Heizölpreis ist abhängig von der Liefermenge und er wies in den vergangenen Monaten erhebliche

Schwankungen auf. Im September 2005 musste für Heizöl für Mengen über 23 000 Liter zwischen Fr. 75.– bis Fr. 80.– pro 100 Liter und inklusive Mehrwertsteuer bezahlt werden, für Mengen zwischen 3000 und 6000 Liter rund Fr. 5.– pro 100 Liter mehr. Ein Preis von Fr. 80.– pro 100 Liter entspricht rund 7,9 Rappen pro Kilowattstunde gelieferte Energie.

Bei der Versorgung mit Waldhackschnitzeln beträgt der Preis der angelieferten Energie derzeit rund 4,5 Rappen pro Kilowattstunde. Dies entspricht zum Beispiel einem Preis von Fr. 45.– pro Schüttkubikmeter Hartholz-Hackschnitzel, mit einem Wassergehalt von 30%. Restholz ist oft noch günstiger verfügbar. Holz ist somit heute deutlich günstiger als Heizöl (Tabelle 1). Dem tieferen Energiepreis für Holz stehen höhere Investitionskosten für die Anlage gegenüber [1], weshalb bivalente Anlagen so zu betreiben sind, dass nur so viel wie technisch notwendig mit teurerem Heizöl geheizt wird. Bei einer üblichen Auslegung des Holzkessels auf rund 60% des maximalen Wärmeleistungsbedarfs sollte mindestens 80% bis 90% der jährlichen Wärmeproduktion vom Holzkessel erbracht werden.

Bivalente Heizzentralen

In einer bivalenten Heizzentrale mit Wärmenetz speisen ein Holz- und ein Heizölkessel die produzierte Wärme in die Fernleitung (Bild 1) und decken gemeinsam den Bedarf für Raumwärme und Warmwas-

ser. Der Heizkessel übernimmt die Abdeckung von Lastspitzen im Winter, die Wärmeversorgung in der Übergangszeit und die Warmwasserbereitstellung im Sommer. Daneben dient er zur Versorgung bei einem Betriebsunterbruch des Holzkessels.

Um einen Vergleich verschiedener Anlagen zu ermöglichen, wird im Folgenden der Heizölanteil bezogen auf die jährliche Wärmeproduktion wie folgt definiert:

Heizölanteil =

$$\frac{\text{Wärmeerzeugung mit Heizöl in [MWh/a]}}{\text{Wärmeerzeugung total in [MWh/a]}}$$

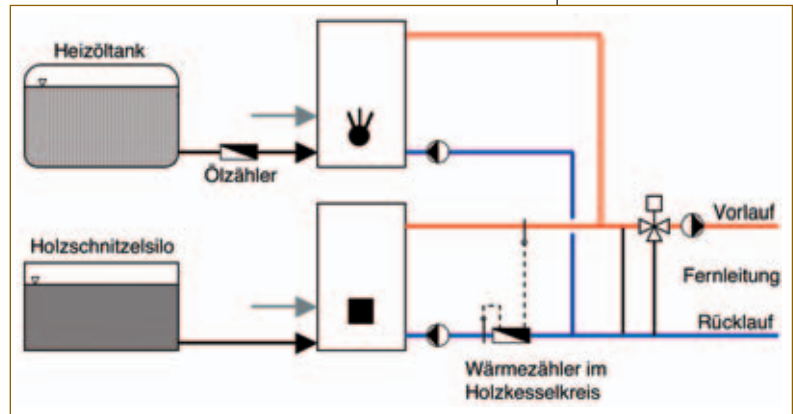
$$= \frac{\text{Wärmeerzeugung mit Heizöl in [MWh/a]}}{(\text{Wärmeerzeugung mit Holz}) + (\text{Wärmeerzeugung mit Heizöl}) \text{ in [MWh/a]}}$$

Falls die Anlage über zwei oder mehr Wärmezähler verfügt (also mindestens für den Holzkessel und entweder den Ölkessel oder das Wärmenetz), kann der Heizölanteil direkt aus den abgelesenen Wärmemengen bestimmt werden. Wenn nur der Holzkessel über einen Wärmezähler verfügt, wie dies in Bild 1 gezeigt und oft der Fall ist, muss die mit Heizöl erzeugte Wärme über den Ölverbrauch erfasst und mit einem geschätzten Jahresnutzungsgrad des Ölkessels sowie dem Heizwert des Heizöls multipliziert werden. Der Ölverbrauch wird meist mittels Ölzähler gemessen und er kann zudem über den Tankinhalt kontrolliert werden. Wenn weder Wärme- noch Heizölzähler vorhanden sind, müssen die angelieferten Brennstoffmengen aufaddiert, um die Restbestände in Silo und Tank korrigiert und mit dem Heizwert und dem Jahresnutzungsgrad multipliziert werden. Eine solche Abschätzung ist für Holz allerdings sehr ungenau, weil der Energieinhalt und der Jahresnutzungsgrad mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet sind. Für eine präzise Beurteilung der Anlage sollte deshalb zumindest der Holzkessel über einen Wärmezähler verfügen.

Einfluss der Planung auf den Heizölanteil

Der technisch notwendige Heizölanteil wird durch folgende äussere Rahmenbedingungen sowie bei der Anlagenplanung festgelegten Auslegungskriterien beeinflusst:

- Klimatische Bedingungen am Anlagenstandort
- Korrekte Bestimmung des Wärmeleistungsbedarfs der Anlage bei Auslegungstemperatur (im Folgenden als maximaler Wärmeleistungsbedarf bezeichnet)
- Nutzungsart der Wärme (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, zeitlicher Bedarf)
- Auslegung des Holzkessels, d.h. Wahl der Nennleistung des Holzkessels im Verhältnis zum maximalen Wärmeleistungsbedarf
- Betriebsweise des Wärmenetzes (ganzjährig, nur Heizsaison)



- Betriebsdauer des Holzkessels (abhängig von Minimallast und Regelgüte der Leistungsregelung in der Übergangszeit)
- Technischer Speicher in Heizzentrale mit intelligenter Speicherladeregelung
- Wirkungsgrad von Holz- und Heizkessel.

Bild 2 zeigt einen typischen Verlauf des Wärmeleistungsbedarfs eines Wärmenetzes zur Versorgung von Altbau-Wohngebäuden mit Aufteilung in Raumwärme und Warmwasser für den Standort Zürich und bei einer Heizgrenze von 15 °C. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahreswärmebedarf der Anlage. Im gezeigten Beispiel ist der Holzkessel auf 60% des maximalen Wärmeleistungsbedarfs ausgelegt. Der Heizkessel müsste somit mindestens 40% der Leistung abdecken können, er wird aber zur Erhöhung der Versorgungssicherheit oft auf 100% ausgelegt. Der Anteil des Heizkessels an der jährlichen Wärmeproduktion beträgt im gezeigten Beispiel 12%, wovon 4% zur Abdeckung von Lastspitzen im Winter und 8% zur Erzeugung von Wärme in der Übergangszeit und von Warmwasser im Sommer dienen.

Damit der Holzkessel geringe Investitionskosten verursacht und einen hohen Wirkungsgrad erzielt, soll dessen Nennleistung so gewählt werden, dass der Holzkessel eine hohe Auslastung erreicht. Bei bivalenten Anlagen ohne Speicher sollte der Holzkessel gemäss QM Holzheizwerke [2] eine Vollbetriebsstundenzahl von mindestens 2500 h/a erreichen, bei bivalenten Anlagen mit Speicher mindestens 3000 bis 3500 h/a. Dies wird in der Regel erreicht, wenn der Holzkessel auf 50% bis maximal 70% des Wärmeleistungsbedarfs der Anlage ausgelegt wird.

Einfluss des Betriebs auf den Heizölanteil

Im Praxisbetrieb kann der Heizölanteil durch weitere, teils unerwartete Faktoren beeinflusst werden, deren Auswirkungen in Bild 3 quantifiziert sind. Die wichtigsten Einflüsse sind:

1. Leistung: Der Holzkessel erbringt nicht die vorgesehene Nennleistung, weil zum Beispiel von der ursprünglichen Auslegung abweichender Brennstoff ein-

Bild 1: Schema einer bivalenten Heizzentrale mit Wärmenetz. Holz- und Heizkessel speisen die produzierte Wärme über einen Bypass hydraulisch entkoppelt in die Fernleitung ein. Die Vorlauftemperatur der Fernleitung wird über ein Dreiwegventil geregelt. Zur Bestimmung der produzierten Wärme ist im Holzesselkreis ein Wärmezähler und in der Heizölleitung ein Ölmengenzähler installiert.

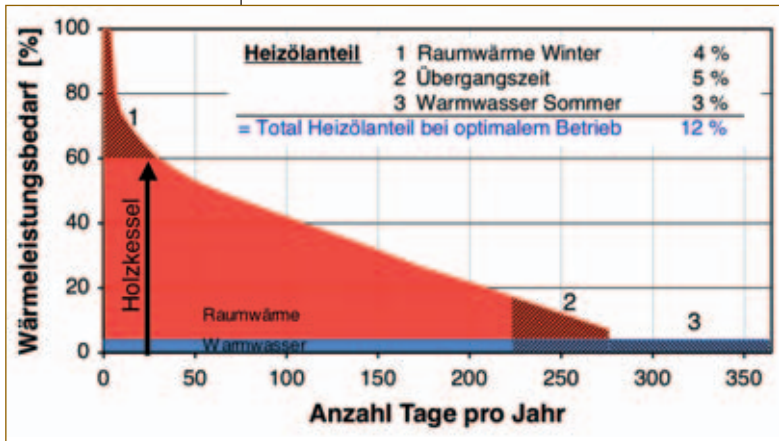


Bild 2: Jahresdauerlinie des Wärmeleistungsbedarfs des Wärmenetzes eines Holzheizwerkes bei optimaler Betriebsweise mit einem Heizölanteil von 12%. Die Verhältnisse entsprechen Wohngebäuden nach Altbau-Standard mit Bedarf an Raumwärme und Warmwasser am Standort Zürich und bei einer Heizgrenze von 15 °C. Die Jahresdauerlinie zeigt die klimatisch bedingte Häufigkeit des Wärmeleistungsbedarfs, die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahreswärmebedarf. Der Anteil des Warmwassers am Jahreswärmebedarf beträgt 12%. Der Holzessel ist auf 60%, der Heizölkessel auf 100% des maximalen Wärmeleistungsbedarfs ausgelegt. Der Holzessel kann bis auf 30% seiner Nennleistung zurückgeregelt werden, somit wird der Holzessel oberhalb von 18% des maximalen Wärmeleistungsbedarfs kontinuierlich, ohne Ein-/Aus-Betrieb, betrieben.

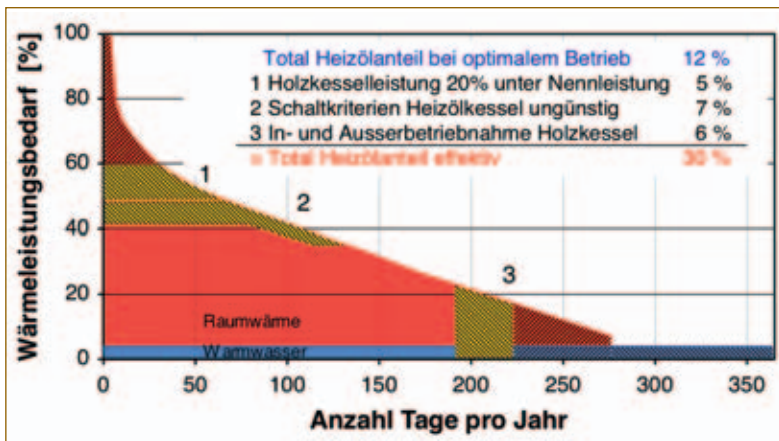


Bild 3: Jahresdauerlinie des Wärmeleistungsbedarfs des Wärmenetzes eines Holzheizwerkes wie in Bild 2, jedoch mit insgesamt drei Betriebsfaktoren, welche den Heizölanteil auf total 30 % erhöhen.

2. Steuerung: Die Zuschalt- und Ausschaltkriterien des Heizölkessels sowie die Steuerung des Holzessels sind so eingestellt, dass der Ölkessel bei Leistungsspitzen früher als notwendig ein- und später als notwendig ausschaltet und die Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden und Wärmenetz nicht ausgeschöpft wird.

3. Inbetriebnahme: Die Inbetriebnahme des Holzessels im Herbst erfolgt später und die Ausserbetriebnahme im Frühling früher als von der Leistungsregelung des Holzessels her vertretbar.

Alle drei Effekte erhöhen den Heizölanteil und als Folge davon den Heizölverbrauch. Die beschriebenen Effekte können auch kumulativ auftreten, wodurch der jährliche Heizölverbrauch erheblich über den Planungswert ansteigen kann.

Heizölanteil in der Praxis

Im Auftrag des Bundesamts für Energie wurden während der letzten drei Heizperioden eine Bestandsaufnahme von Holzheizwerken in der Schweiz durchgeführt und den Betreibern technische und betriebliche Massnahmen zur Anlagenoptimierung aufgezeigt [3,4]. Zielsetzung dieses Projekts Systemoptimierung ist, bestehende Anlagen möglichst wirtschaftlich und mit geringen Emissionen zu betreiben und Empfehlungen zur Auslegung von Neuanlagen zu erarbeiten. Bei den untersuchten Anlagen konnte ein erhebliches Verbesserungspotenzial aufgezeigt und teilweise direkt umgesetzt werden. Unter den 30 bisher untersuchten Anlagen verfügen 13 über eine bivalente Heizzentrale sowie ein Wärmenetz. Drei der bivalenten Anlagen werden nur während der Heizsaison betrieben und weisen einen Heizölanteil von 4% bis 13% auf. Die restlichen zehn bivalenten Anlagen werden ganzjährig eingesetzt und weisen einen Heizölanteil zwischen 1% und 32% auf (Bild 4). Da bei den meisten dieser Anlagen der Wärmeleistungsbedarf in der Planungsphase überschätzt wurde, decken die Holzessel effektiv über 90% des aktuellen Wärmeleistungsbedarfs ab. Unter dieser Voraussetzung sollte der Heizölanteil an der jährlichen Wärmeproduktion je nach klimatischen Bedingungen höchstens 5% bis 10% betragen. Somit besteht gemäss Bild 4 bei drei der zehn bivalenten Anlagen mit Ganzjahresbetrieb ein Potenzial zur Verminderung des Heizölverbrauchs um 25% bis 50%. Bei weiteren vier Anlagen müssten die Rahmenbedingungen und die Betriebsweise noch präziser abgeklärt werden, um das Sparpotenzial abschliessend zu beurteilen. Nur bei drei von zehn bivalenten Anlagen liegt der Heizölanteil im erwarteten Bereich.

Tabelle 1:
Preisvergleich von Heizöl und Holz, Stand September 2005. Der Preis für Waldholz kann regional abweichen. Restholz ist lokal zum Teil günstiger verfügbar. Sm³ = Schüttkubikmeter.

gesetzt wird oder die Regelparameter des Holzessels bei der Inbetriebnahme auf eine tiefere Maximalleistung eingestellt wurden, da der Wärmeverbund noch nicht voll ausgebaut war.

	Preis inkl. MwSt.	Energieinhalt	Preis pro Energieinhalt
Heizöl (ab 23 000 Liter)	Fr. 80.– pro 100 Liter	1008 kWh/100 Liter	7,9 Rp./kWh
Waldholz (Hackschnitzel aus Hartholz mit w = 30%)	Fr. 45.– pro Sm ³	1000 kWh/Sm ³	4,5 Rp./kWh

Massnahmen zur Reduktion des Heizölanteils

Zur Verminderung des Heizölanteils bieten sich unter anderem folgende Massnahmen an, welche allerdings in jedem Fall spezifisch zu beurteilen sind:

- Überprüfung der Nennleistung des Holzkessels und der Einstellung der entsprechenden Regelparameter.
- Überprüfung der Zuschalt- und Ausschaltkriterien des Heizölkessels. Die Grundlagen der Zuschalt- und Ausschaltkriterien eines Heizölkessels sind in [5] behandelt. Falls keine entsprechenden Verknüpfungen oder Fühler vorhanden sind, ist eine Aufrüstung der Anlagensteuerung zu prüfen.
- Zeitpunkt der Inbetrieb- und Ausserbetriebnahme des Holzkessels prüfen. Um den Holzkessel in der Übergangszeit länger einzusetzen, muss er emissionsarm bei niedriger Leistung betrieben werden können. Dazu ist die Minimalleistung und die Einstellung der entsprechenden Regelparameter zu prüfen. Ausserdem muss die Leistungsregelung des Holzkessels den Betrieb bei tiefer Leistung zulassen. Falls die Heizzentrale mit einem technischen Speicher ausgerüstet ist, ist die Funktionsweise der Speicherlade-regelung zu überprüfen und sicherzustellen, dass der Holzkessel möglichst lange auf möglichst niedriger Leistung betrieben wird.
- Glätten von Bedarfsspitzen, insbesondere am Morgen. Für die Anlagensteuerung ist zu prüfen, inwiefern die Speicherkapazität von Wärmenetz und Verbrauchern zur Brechung von Leistungsspitzen genutzt werden kann. Durch zeitlich gestaffelte Freigabe der Wärmeabnehmer kann die morgendliche Bedarfsspitze gesenkt und die Zuschaltung des Heizölkessels vermindert werden. Bei kalter Witterung ist zudem vorzusehen, dass die Wärmeabnehmer auf eine Nachtabenkung verzichten.
- Nachrüstung eines technischen Speichers mit geeigneter Speicherladeregulierung prüfen. Ein technischer Speicher wird in der Regel so dimensioniert, dass er die Wärme aufnehmen kann, die der Holzkessel während einer Stunde bei Nennleistung produziert. In Kombination mit einer intelligenten Speicherladeregulierung kann der Holzkessel in der Übergangszeit energetisch effizienter und zeitlich länger betrieben werden. Bei kalter Witterung deckt der Speicher kurzfristig einen Teil der Lastspitzen. Ein Ganzjahresbetrieb des Holzkessels wird in der Regel nur dann als sinnvoll erachtet, wenn der Holzkessel im Sommerbetrieb täglich 12 Betriebsstunden bei Minimalleistung erreicht.
- Bei Heizölkessel-Ersatz kleinere Heizölkessel mit geringeren Bereitschaftsverlusten verwenden. Falls der Ersatz eines bestehenden Heizölkessels bevorsteht, ist zu prüfen, ob die Anforderungen an die Versorgungssicherheit auch durch einen Anschlussstutzen für eine mobile Notheizung, wie für neue Holzheizwerke vorgeschrieben, erfüllt werden können. Der neue Heizölkessel kann dann deutlich kleiner di-

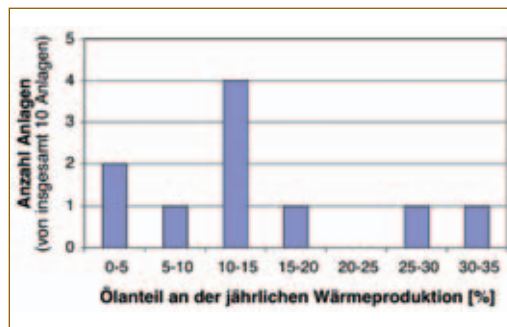


Bild 4: Heizölanteil an der jährlichen Wärmeproduktion in Prozent von 10 untersuchten Anlagen mit bivalenter Heizzentrale mit Holz und Heizöl und ganzjährigem Betrieb des Wärmenetzes für Raumwärme und Warmwasser.

mensioniert und mit geringeren Bereitschaftsverlusten betrieben werden.

Sparpotenzial

Ein Vergleich der zwei Betriebsarten zeigt, dass die Brennstoffkosten einer bivalenten Heizzentrale durch einen optimalen Betrieb im beschriebenen Beispiel um 11,2% reduziert werden können (Tabelle 2). Für eine Anlage mit 1 MW Wärmeleistungsbedarf entspricht dies einer Einsparung von rund Fr. 22 500.– pro Jahr. Selbst für eine kleinere Heizzentrale oder für eine Anlage mit nur einem Teil der ungünstigen Betriebsfaktoren kann durch Verminderung des Heizölanteils somit bereits eine erhebliche und jährlich wiederkehrende Kosteneinsparung erzielt werden. Basis zur Ausschöpfung dieses Sparpotenzials ist eine qualifizierte Betriebsanalyse und die Einleitung von auf den konkreten Fall abgestimmten technischen und betrieblichen Massnahmen im Rahmen einer Systemoptimierung. ■

Brennstoffkosten in Franken pro Jahr	Betrieb nach Bild 2	Betrieb nach Bild 3
Holz	143 906.–	114 471.–
Heizöl	34 603.–	86 507.–
Total	178 509.–	200 977.–
Sparpotenzial durch optimalen Betrieb	22 469.–	22 469.–
Differenz = Kostenzunahme bzw. -einsparung im Vergleich zur anderen Betriebsart	+ 12,6 %	– 11,2 %

Tabelle 2: Brennstoffkosten für eine bivalente Heizzentrale mit 1 MW Wärmeleistung für eine optimal nach Bild 2 betriebene Anlage mit 12% Heizölanteil und für eine nach Bild 3 betriebene Anlage mit 30% Heizölanteil.

Literatur:

- [1] Nussbaumer, T., Meier, D., Good, J.: *Wirtschaftliche Gleichwertigkeit von Fernwärme und Öl*, Planer & Installateur, 4 (2005), 26–28
- [2] Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke: *Planungshandbuch. Schriftenreihe QM Holzheizwerke Band 4*, Zürich 2004, Holzenergie Schweiz, www.holzenergie.ch
- [3] Good, J., Nussbaumer, T.: *Fernwärmenetze mit Holzheizungen: Wirtschaftliche und technische Optimierung*, Heizung Klima, 2 (2003), 38–40
- [4] Good, J., Nussbaumer, T., Jenni, A., Bühler, R.: *Potenzial ausschöpfen*, Gebäudetechnik, 6 (2002), 44–48
- [5] Gabathuler, H.R., Mayer H.: *Standard-Schaltungen, Teil I. Schriftenreihe QM Holzheizwerke, Band 2*, Zürich 2004, Holzenergie Schweiz, www.holzenergie.ch

*Dr. Jürgen Good, PD Dr. Thomas Nussbaumer
Verenum, 8006 Zürich. www.verenum.ch

**Andres Jenni, Ardens GmbH, 4410 Liestal