

Agroarwir

Holzheizungen im Vergleich

Helmut Ammann, Isabelle Brecht und Gregor Albisser Vögeli, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen, Auskünfte: Gregor Albisser Vögeli E-Mail: gregor.albisser@art.admin.ch, Tel. +41 52 368 34 71

Zusammenfassung

Die Nutzung von Energieholz zur Wärmeerzeugung nahm in den letzten Jahren kontinuierlich zu. Holzheizsysteme sind nicht nur für Waldbesitzer ökonomisch sinnvoll. Immer häufiger beziehen Nicht-Waldbesitzer ihre Wärme von Holzheizwerken. Verglichen wurden Holzheizsysteme in drei Leistungskategorien: 20, 60 und 100 Kilowatt. Die Wärmegestehungskosten bewegen sich von 16,4 bis 34,0 Rappen je Kilowattstunde. In der Gruppe 20-Kilowatt-Leistung ist die Pellets-Heizung am kostengünstigsten, bei 60- und 100-Kilowatt-Leistung die Schnitzelfeuerung mit Hochlager. Ein Vergleich der Wärmegestehungskosten bei Heizsystemen mit fossilen Energieträgern wie Heizöl und Erdgas zeigt, dass Holzheizsysteme mittlerer und grösserer Leistung nur geringfügig mehr kosten. Die Analyse von vier Fallstudien zeigt auf, dass bei Schnitzelheizsystemen mit vergleichbaren Anlagenleistungen die Investitionen stark variieren können. Die Art der Schnitzellagerung und individuelle betriebliche Begebenheiten geben den Ausschlag.

Die Verwendung von Holz als Energiequelle spielt in der Schweiz eine zunehmende Rolle, hauptsächlich für Wärmeenergie. 2006 deckte sie 3,6 Prozent des schweizerischen Endenergieverbrauchs beziehungsweise 7,0 Prozent des Wärmeenergieverbrauchs ab (Kaufmann 2007). Holz ist nach der Wasserkraft der zweitwichtigste einheimische erneuerbare Energieträger. Die energetische Nutzung von Holz bietet Potenzial, knapp und teurer werdende fossile

Energieträger wie Erdöl oder Erdgas zunehmend zu ergänzen.

In der Schweiz waren 2006 rund 689 500 Holzfeuerungsanlagen mit einem Brennstoffumsatz von zirka 3,6 Mio. Kubikmeter Holz pro Jahr zur Wärmeproduktion in Betrieb. Dabei kommen Holzfeuerungsanlagen sowohl in Einfamilienhäuser als auch als Grossanlagen in Wärmeverbänden vor. Bei den Grossanlagen produzieren einige wenige Wärmekraftkopplungs-Anlagen

neben der Wärme zusätzlich noch Strom (Primas *et al.* 2007).

Die Holzheizungen haben im Vergleich zu den Heizöl- und Gasheizungen höhere Anlage- und Betriebskosten, da die Installation und der Betrieb einer Holzfeuerung mit hohen Investitionen und je nach den öffentlichen Vorgaben auch mit zusätzlichen Auflagen verbunden sind. Durch die aktuell stark schwankenden Preise für fossile Energieträger (Abb. 3) wird die Nachfrage nach den unterschiedlichen Heizungssystemen beeinflusst.

Unterschiedliche Holzheizungssysteme

Bei Einfamilienhäusern stehen seit Jahren die Pellets-Feuerungen als automatisch bestückte Holzheizungen im Vordergrund. Sie sind technisch einfach bedienbar, haben einen geringen Wartungsaufwand und brauchen nicht viel Raum für die Lagerung der Pellets. Die Anzahl installierter Pellets-Feuerungen war in den letzten Jahren stark ansteigend mit jährlichen Zuwachsraten von über 50 Prozent (Primas *et al.* 2007).

Heizungssysteme, die Stückgut in Form von Holzscheitern oder -spalten als Energiequelle nutzen, finden in kleinen bis mittelgrossen Anlagen Anwendung. In der Regel ist bei diesen Systemen für die Beschickung Handarbeit notwendig. Als Vorteil zu Pellets- und Schnitzelanlagen lassen sich dabei auch unförmige Stückgüter verbrennen.



Abb. 1. Nicht nur private Waldbesitzer nutzen Energieholz zur Deckung ihres Wärmebedarfs. (Foto: I. Brecht, Agroscope ART)

tschaft

Holzschnitzel als Energiequelle werden im Gegensatz zu den Pellets und Stückholz sowohl bei kleinen Heizungen für Einfamilienhaushalte bis hin zu Grossanlagen verwendet. Die Herstellung der Schnitzel wie auch deren Umschlag lässt sich weitgehend mechanisch mit wenig Arbeitsaufwand erledigen (Moriz und Goldberg 2008). Landwirte und öffentliche Körperschaften betreiben grössere Holzsnitzelfeuerungsanlagen meistens im Rahmen eines Wärmeverbundes, der vertraglich organisiert ist, dessen Trägerschaft die Anlagen finanziert und der die produzierte Wärme den angeschlossenen Abnehmern verkauft.

Heizwerte und Marktpreise von Energieholz

Am gesamten erneuerbaren Brennstoffumsatz machte 2006 das Waldholz (Stückholz und Holzsnitzel) mit knapp 2,2 Mio. Festmeter (fm, 1 fm = 1 m³ Volumen ohne Hohlraum) den grössten Anteil aus. Holzpellets weisen mit einem Brennstoffumsatz von etwa 0,16 Mio. fm noch einen relativ geringen Anteil aus (Primas *et al.* 2007).

Der Heizwert von Brennholz unterscheidet sich je nach Holzart und Aufbereitungsform. Luftgetrocknetes Stückholz hat einen Heizwert von 4,17 kWh/kg. Bei Hackschnitzel beträgt der Heizwert bei Holz von Fichte und Tanne 600 bis 700 kWh pro Schnitzelkubik (Sm³), bei Laubholz liegt er entsprechend höher bei 950 bis 1'050 kWh/Sm³. Da ein Festmeter Holz insgesamt 2,8 Sm³ Hackschnitzel oder 1,4 Ster Stückholz ergibt (Rutschmann 2006), wird bei Holzsnitzel für die gleiche Wärmemenge doppelt so viel Lagerplatz wie bei Stück-

holz benötigt. Dabei ist für eine möglichst optimale Verbrennung trockenes Holz (Holzfeuchte 15–20%) zu bevorzugen. Nasses Holz verbrennt mit deutlich geringerer Energieausbeute und kann zu höheren Emissionen sowie aggressiven Ablagerungen in Kamin und Ofen führen.

Die aktuellen Marktpreise der Holzmarktkampagne der Jahre 2008/09 (Stand Oktober 2008) für Energieholz aus Laub- und Nadelbäumen sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Untersuchte Heizsysteme

Ein durchschnittliches Bauernhaus oder mittleres Einfamilienhaus hat einen Wärmebedarf von zirka 20 MWh pro Jahr. Ein Betrieb mit einem Bauernhaus, Stöckli und Betriebsgebäude oder ein Mehrfamilienhaus mit drei Wohneinheiten benötigt zirka 60 MWh. Grössere Gebäude, Mehrfamilienhäuser oder ein kleiner Wärmeverbund haben einen Bedarf von zirka 100 MWh.

In einer Wirtschaftlichkeitsrechnung werden die Kosten aktuel-



Abb. 2. Holzöfen unterstützen Heizungen und senken deren Energieverbrauch. Zudem schaffen sie eine wohnlichere Atmosphäre. (Foto: Holzenergie Schweiz)

ler Holzheizsysteme mit fossilen Heizsystemen verglichen. Als Energieträger werden einerseits Holzsnitzel, Stückholz und Pellets ausgewählt, andererseits Heizöl und Erdgas. Es werden drei Leistungsklassen betrachtet: Anlagen mit 20, 60 und 100 kW Leistung. In Tabelle 2 sind Wirkungsgrade, Investitionsbedarf und Jahreskosten dargestellt. Die Bedienungskosten für die Beschickung wurden hingegen nicht berücksichtigt. Zur Datensammlung wurden die Preislisten von Firmen ausgewertet, die diese Heizungssysteme installie-

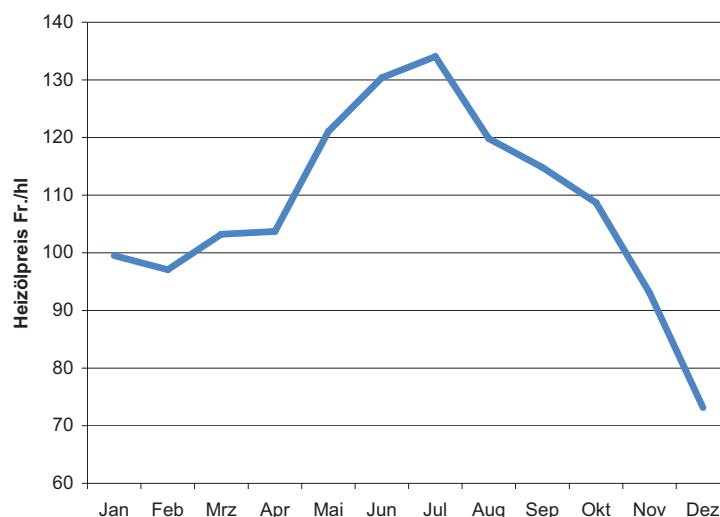


Abb. 3. Durchschnittliche Monatspreise 2008 für 6001 bis 9000 Liter Heizöl. (Quelle: Bfs 2009)

Tab. 1. Durchschnittlicher Marktpreis von trockenem Energieholz

| Energieholzart | | Laubholz | Nadelholz |
|----------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|
| 50-cm-Spälten | pro Ster | Fr. 185 | Fr. 172 |
| | pro Fm | Fr. 260 | Fr. 240 |
| | pro kWh Brennwert | Rp. 9,27 | Rp. 12,01 |
| 33-cm-Scheite | pro Ster | Fr. 258 | Fr. 245 |
| | pro Fm | Fr. 362 | Fr. 342 |
| | pro kWh Brennwert | Rp. 12,92 | Rp. 17,12 |
| Holzchnitzel | pro Sm3 | Fr. 56 | Fr. 43 |
| | pro Fm | Fr. 155 | Fr. 119 |
| | pro kWh Brennwert | Rp. 5,55 | Rp. 5,95 |
| | | Lose Mengen von 6 t | Abgefüllt 20-kg-Säcke |
| Holzpellets | pro t | Fr. 368 | Fr. 540 |
| | pro kWh Brennwert | Rp. 7,35 | Rp. 10,8 |

Quelle: Eigene Berechnungen nach WVS 2008

ren. Einige Unternehmen stellen zudem detaillierte Offerten zur Verfügung.

Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten sind die totalen Jahreskosten dividiert durch den Wärmebedarf. Bei allen betrachteten Systemen zeigt sich, dass die Wärmegestehungskosten je Kilowatt bei den grösseren Heizsystemen günstiger ausfallen, als bei den kleinen Feuerungen (Tab. 2). Bei allen drei dargestellten Leistungsgrössen weisen die Systeme mit Erdgas die geringsten Kosten aus. Sie beanspruchen auch die geringsten Investitionen, je nach Anlagengrösse zwischen 16'550 und 47'500 Franken. Die Wärmege-

stehungskosten bewegen sich pro Kilowattstunde (kWh) im Bereich von 16,4 bis 21,4 Rappen. Bei den Ölheizungen belaufen sich die Investitionen von 28'250 bis 58'500 Franken. Da je nach Ablademenge die Heizölpreise stark variieren, wurde für die einzelnen Ölheizungen von einem Heizölpreis von 82,51 bis 88,55 Franken pro 100 Liter ausgegangen (BfS 2009). Dabei betragen die Wärmegestehungskosten der Ölheizsysteme 15,0 bis 24,4 Rappen pro kWh. Die Feuerungen mit Pellets benötigen einen Investitionsbetrag von 40'750 bis 84'000 Fran-

ken. Bei einem Pellets-Preis von Fr. 368.– pro Tonne ergeben sich Wärmegestehungskosten zwischen 17,0 und 29,3 Rappen pro kWh. Die Stückholzfeuerungen weisen einen Investitionsbetrag von 39'250 bis 93'000 Franken aus. Mit 23,0 bis 33,9 Rappen pro kWh haben sie die höchsten Wärmegestehungskosten aller verglichenen Heizsysteme. Trotzdem ist dieses System in der Praxis weit verbreitet, da viele Betreiber solcher Stückholzheizungen tiefere Brennstoffkosten haben (z. B. Privatwaldbesitzer).

Bei den Schnitzelheizungen werden zwei Lagersysteme berücksichtigt, da diese einen deutlichen Einfluss auf die Kosten haben. Bei diesem System bewegen sich die Investitionen im Bereich von 49'950 bis 130'500 Franken, die Wärmegestehungskosten bewegen sich im Bereich von 16,4 bis 34,0 Rappen je kWh.

Heizöl- und Erdgaspreise treffen Holzpreise

Die Heizöl- und Erdgaspreise waren in den letzten Jahren stark schwankend. Allein im Jahr 2008 fielen die durchschnittlichen Preise pro Monat für 6001 bis 9000 Liter Heizöl von Fr. 134.– pro 100 Liter im Juli auf Fr. 73.– im Dezember (Abb. 3). Verlässliche Prognosen über eine zukünftige Preisentwicklung sind äusserst schwierig.

In Tabelle 3 sind die Heizöl-beziehungswise Erdgaspreise ausgerechnet, bei welchen die Öl-beziehungswise Erdgashei-



Abb. 4. Unterschiedliche Lagersysteme für Holzchnitzel. Links die Schnitzelgrube, in der Mitte das ebenerdige Schnitzzellager und rechts das Hochlager. (Fotos: I. Brecht und H. Ammann, Agroscope ART)

Tab. 2. Investitionsbedarf und Jahreskosten diverser Heizanlagen

| Wärmebedarf 1 Familie | | 20 000 kWh | | | | | |
|------------------------------------|----------------|---------------------|------------------|------------------|----------------|---------------|---------------|
| Benötigte Kesselleistung | | 20 kW | | | | | |
| Brennstoff | | Holzsplitzel | | Stückholz | Pellets | Heizöl | Erdgas |
| | | Hochlager | Tieflager | Spalten | | | |
| Wirkungsgrad des Kessels | % | 85 | 85 | 80 | 90 | 95 | 100 |
| Energiebedarf pro Jahr | kWh | 23 529 | 23 529 | 25 000 | 22 222 | 21 053 | 20 000 |
| Betriebsdauer Volllast | h | 1 176 h | 1 176 h | 1 250 h | 1 111 h | 1 053 h | 1 000 h |
| Energieinhalt Brennstoff | kWh | 2 200 /fm | 2 200 /fm | 2 200 /fm | 4,7 /kg | 10 /l | 10 /m3 |
| Brennstoffbedarf / Jahr | | 10,7 fm | 10,7 fm | 11,4 fm | 4,73 t | 2 105 l | 2 000 m3 |
| Kosten Brennstoff, geliefert1 | Fr. | 128 /fm | 128 fm | 245 /fm | 368 /t | 88,55 /hl | 1,12 /m3 |
| Investitionsbedarf | | | | | | | |
| Heizanlage ² | Fr. | 37 000 | 37 000 | 27 500 | 28 500 | 19 500 | 15 500 |
| Brennstofflager und Heizraum | Fr. | 12 950 | 21 000 | 11 750 | 12 250 | 8 750 | 1 050 |
| Total Investitionen | Fr. | 49 950 | 58 000 | 39 250 | 40 750 | 28 250 | 16 550 |
| Kosten pro Jahr | | | | | | | |
| Heizanlage und Gebäude | Fr. | 4 193 | 4 669 | 3 243 | 3 365 | 2 324 | 1 499 |
| Betrieb und Unterhalt ³ | Fr. | 756 | 756 | 756 | 756 | 682 | 542 |
| Brennstoff | Fr. | 1 369 | 1 369 | 2 784 | 1 740 | 1 864 | 2 240 |
| Total Kosten pro Jahr | Fr. | 6 318 | 6 794 | 6 783 | 5 861 | 4 870 | 4 281 |
| Wärmegestehungskosten | Rp./kWh | 31,6 | 34,0 | 33,9 | 29,3 | 24,4 | 21,4 |
| Wärmebedarf 3 Familien | | 60 000 kWh | | | | | |
| Benötigte Kesselleistung | | 60 kW | | | | | |
| Brennstoff | | Holzsplitzel | | Stückholz | Pellets | Heizöl | Erdgas |
| | | Hochlager | Tieflager | Spalten | | | |
| Wirkungsgrad des Kessels | % | 85 | 85 | 80 | 90 | 95 | 100 |
| Energiebedarf pro Jahr | kWh | 70 588 | 70 588 | 75 000 | 66 667 | 63 158 | 60 000 |
| Betriebsdauer Volllast | h | 1 176 h | 1 176 h | 1 250 h | 1 111 h | 1 053 h | 1 000 h |
| Energieinhalt Brennstoff | kWh | 2 200 /fm | 2 200 /fm | 2 200 /fm | 4,7 /kg | 10 /l | 10 /m3 |
| Brennstoffbedarf / Jahr | | 32,1 fm | 32,1 fm | 34,1 fm | 14,18 t | 6 316 l | 6 000 m3 |
| Kosten Brennstoff, geliefert1 | Fr. | 128 /fm | 128 /fm | 245 /fm | 368 /t | 83,53 /hl | 1,12 /m3 |
| Investitionsbedarf | | | | | | | |
| Heizanlage ² | Fr. | 47 000 | 47 000 | 46 500 | 42 500 | 30 000 | 24 500 |
| Brennstofflager und Heizraum | Fr. | 15 950 | 29 750 | 18 250 | 17 500 | 14 000 | 2 250 |
| Total Investitionen | Fr. | 62 950 | 76 750 | 64 750 | 60 000 | 44 000 | 26 750 |
| Kosten pro Jahr | | | | | | | |
| Heizanlage und Gebäude | Fr. | 5 298 | 6 112 | 5 387 | 4 972 | 3 607 | 2 403 |
| Betrieb und Unterhalt ³ | Fr. | 958 | 958 | 958 | 957 | 847 | 637 |
| Brennstoff | Fr. | 4 107 | 4 107 | 8 352 | 5 2206 | 5 276 | 6 720 |
| Total Kosten pro Jahr | Fr. | 10 363 | 11 177 | 14 697 | 11 1495 | 9 730 | 9 760 |
| Wärmegestehungskosten | Rp./kWh | 17,3 | 18,6 | 24,5 | 18,6 | 16,2 | 16,3 |
| Wärmebedarf 5 Familien | | 100000 kWh | | | | | |
| Benötigte Kesselleistung | | 100 kW | | | | | |
| Brennstoff | | Holzsplitzel | | Stückholz | Pellets | Heizöl | Erdgas |
| | | Hochlager | Tieflager | Spalten | | | |
| Wirkungsgrad des Kessels | % | 85 | 85 | 80 | 90 | 95 | 100 |
| Energiebedarf pro Jahr | kWh | 117 647 | 117 647 | 125 000 | 111 111 | 105 263 | 100 000 |
| Betriebsdauer Volllast | h | 1 176 | 1 176 | 1 250 | 1 111 | 1 053 | 1 000 |
| Energieinhalt Brennstoff | kWh | 2 200 /fm | 2 200 /fm | 2 200 /fm | 4,7 /kg | 10 /l | 10 /m3 |
| Brennstoffbedarf / Jahr | | 53,5 fm | 53,5 fm | 56,8 fm | 23,64 t | 10 526 l | 10 000 m3 |
| Kosten Brennstoff, geliefert1 | Fr. | 128 /fm | 128 /fm | 245 /fm | 368 /t | 82,51 /hl | 1,12 /m3 |
| Investitionsbedarf | | | | | | | |
| Heizanlage ² | Fr. | 71 000 | 71 000 | 72 000 | 66 500 | 51 500 | 44 000 |
| Brennstofflager und Heizraum | Fr. | 31 900 | 59 500 | 21 000 | 17 500 | 7 000 | 3 500 |
| Total Investitionen | Fr. | 102 900 | 130 500 | 93 000 | 84 000 | 58 500 | 47 500 |
| Kosten pro Jahr | | | | | | | |
| Heizanlage und Gebäude | Fr. | 8 463 | 10 092 | 7 917 | 7 200 | 5 188 | 4 286 |
| Betrieb und Unterhalt ³ | Fr. | 1 130 | 1 130 | 1 130 | 1 128 | 1 142 | 882 |
| Brennstoff | Fr. | 6 845 | 6 845 | 13 920 | 8 700 | 8 685 | 11 200 |
| Total Kosten pro Jahr | Fr. | 16 438 | 18 067 | 22 967 | 17 028 | 15 015 | 16 368 |
| Wärmegestehungskosten | Rp./kWh | 16,4 | 18,1 | 23,0 | 17,0 | 15,0 | 16,4 |

¹ Quellen: Holzsplitzel, Stückholz und Pellets: 75% Nadelholz und 25% Laubholz (siehe Tab. 1)
 Heizöl: Durchschnittlicher Heizölpreis 2005 bis 2008 (BfS 2009)
 Erdgas: Preisempfehlung für Heizkostenberechnung der VSG (2009)

² Brennofen, Austragung Brenngut, Speicher, Boiler, Expansion-Heizverteilung, Montage-Inbetriebnahme, Elektro, Sanitär

³ Kaminfeger, Tankreinigung, Abgaskontrolle, Zählergebühr, Service und Reparaturen, Strom für Antrieb Pumpen

Tab. 3. Bei diesen Heizöl- beziehungsweise Erdgaspreisen sind die Wärmegestehungskosten der Ölheizungen beziehungsweise Erdgasheizungen gleich hoch wie das entsprechende Holzheizsystem

| Holzheizsystem | Leistung | Heizölpreis pro 100 Liter | Erdgaspreis pro m ³ |
|----------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------|
| Schnitzel Hochlager | 20 kW | Fr. 157,32 | Fr. 2,14 |
| | 60 kW | Fr. 93,56 | Fr. 1,22 |
| | 100 kW | Fr. 96,03 | Fr. 1,13 |
| Schnitzel Tieflager | 20 kW | Fr. 179,93 | Fr. 2,38 |
| | 60 kW | Fr. 106,45 | Fr. 1,36 |
| | 100 kW | Fr. 111,50 | Fr. 1,29 |
| Stückholz 50 cm | 20 kW | Fr. 179,41 | Fr. 2,37 |
| | 60 kW | Fr. 162,19 | Fr. 1,94 |
| | 100 kW | Fr. 158,06 | Fr. 1,78 |
| Pellets | 20 kW | Fr. 135,61 | Fr. 1,91 |
| | 60 kW | Fr. 106,00 | Fr. 1,35 |
| | 100 kW | Fr. 101,63 | Fr. 1,19 |

Tab. 4. Investitionsbedarf bei vier Schnitzelheizungen mit ähnlicher Wärmeleistung

| | | Anlage 1 | Anlage 2 | Anlage 3 | Anlage 4 |
|--------------------------------|------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Kesselleistung | kW | 50 | 50 | 60 | 65 |
| Rahmenbedingungen | | | | | |
| Wohngebäude | | neu | bestehend | bestehend | bestehend |
| Kaminanlage | | neu | neu | bestehend | bestehend |
| Expansion, Heizverteilung | | neu | bestehend | angepasst | neu |
| Schnitzellager | Hochlager | ebenerdig | ebenerdig | Tieflager | |
| | | 80 Sm ³ | 80 Sm ³ | 100 Sm ³ | 120 Sm ³ |
| | | Tieflager | 18 Sm ³ | | |
| Getätigte Investitionen | | | | | |
| Heisanlage | Fr. | 70 000 | 58 800 | 37 000 | 82 000 |
| Schnitzellager und Heizraum | Fr. | 25 000 | 18 000 | 33 000 | 36 000 |
| Förderbeitrag | Fr. | | - 7 200 | - 4 000 | |
| Nettoinvestition | Fr. | 95 000 | 69 600 | 66 000 | 118 000 |

zungen die gleichen Wärmegestehungskosten haben wie die jeweiligen Holzheizungssysteme. Es wird ersichtlich, dass bei den Heizsystemen mit 20-kW-Leistung für Einfamilienhäuser die

Pellets-Heizung ab einem Heizölpreis von Fr. 136.– pro 100 Liter tiefere Wärmegestehungskosten denn die Ölheizung hat. Bei den Heizsystemen mit 100-kW-Leistung ist die Schnitzelhei-

zung mit Hochlager bei einem Erdgaspreis von 1,13 Franken pro Kubikmeter kostengleich wie die Erdgasheizung.

Vergleich von vier neuen Schnitzelheizungen

Eine Befragung sammelte die Erfahrungen von vier Landwirten mit Schnitzelheizungen. Dabei zeigte sich, dass sich technische Lösungen wie auch wirtschaftliche Gegebenheiten stark unterscheiden. Neben ökologischen Gesichtspunkten stand bei allen Befragten die Verwendung betriebseigener Energieträger im Vordergrund. Alle gaben zudem an, dass der Einsatz von betriebseigenen Arbeitskräften beim Bereitstellen des Brennholzes möglich ist, ohne dass zusätzliche Fremdkosten entstehen und die Wertschöpfung zumindest zum Teil betriebsintern möglich ist.

Der Leistungsbedarf der vier Betriebe weist kaum einen Unterschied aus (Tab. 4). Sehr unterschiedlich jedoch waren die baulichen Voraussetzungen der Betriebe. Während in einem Fall ein kompletter Neubau der Heizanlage mit Holzlager erfolgte, nutzten die restlichen Betriebe teilweise bestehende Gebäude- und Einrichtungsteile. Dies widerspiegelt sich deutlich in dem unterschiedlich hohen Investitionsbedarf. Von der günstigsten Schnitzelheizung mit 66'000 Franken bis zur kapitalintensivsten Schnitzelheizung mit 118'000 Franken besteht ein Unterschied von 78 Prozent. Ein sehr einflussreicher Faktor ist die Art der Lagerung der Holzsnitzel; sie erfolgt in einer Grube, ebenerdig oder in einem Hochlager (Abb. 4).

Schlussfolgerungen

31 Prozent der schweizerischen Landesfläche ist mit Holz bestockt. Energieholz ist nach der Wasserkraft der zweitwichtigste einheimische erneuerbare Energieträger.

Sechs Heizsysteme in drei Leistungsklassen von 20-, 60- und 100-kW-Kesselleistung wurden miteinander verglichen: Holz-schnitzel mit Hoch- und Gruben-lagerung, Feuerungen mit Stück-holz, Pellets, Heizöl und Erdgas. Dieser Vergleich zeigt, dass Holz-gegenüber Öl- und Gasheizungen konkurrenzfähig sein können, be-sonders bei grösserer Kesselleis-tung. Die Kosten pro kWh Wärme der Holzheizsysteme weisen eine starke Kostendegression zwi-schen 20- und 60-kW-Kessel-leistung auf. Zwischen 60- und 100-kW-Leistung ist diese De-gression gering. Bei den 20-kW-Anlagen hat die Pellets-Heizung die tiefsten Wärmegestehungs-kosten von den Holzheizsystemen, bei 60 und 100 kW Anlagen ist es die Holz-schnitzelheizung mit Hochlager.

Wie sich der Investitionsbedarf bei Anlagen mit ähnlichem Leis-

tungsvolumen verhält, zeigt der Vergleich von vier konkreten Lö-sungen. Bei Heizungen im Leis-tungsbereich von 50 bis 65 kW betragen die Investitionen 66'000 bis 118'000 Franken. Ob beste-hende Gebäudeteile umgenutzt oder neu gebaut werden müs-sen, ist der wichtigste Faktor für den Unterschied beim Investiti-onsbedarf.

Literatur

- BFS, 2009. Landesindex der Kon-sumentenpreise (LIK): Durchschnitts-preise für typische Bezugsmen-gen Heizöl, Monatswerte von 2000 bis 2008. Statistisches Jahrbuch, Bundes-amt für Statistik, Neuchâtel.
- Kaufmann U., 2007. Schweizeri-sche Statistik der erneuerbaren Ener-gien. Ausgabe 2006. Dr. Eicher + Pau-li AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE. Bundesamt für Energie BFE, Bern.
- Moriz C. & Goldberg D., 2007. Ar-beitszeitbedarf im bäuerlichen Forst-

ART-Berichte Nr. 703. Forschungs-anstalt Agroscope Reckenholz-Täni-ikon ART, Ettenhausen.

- Primas A., Kessler F. M. & Knecht-le N., 2007. Schweizerische Hol-zenergiestatistik. Erhebung für das Jahr 2006 mit modifizierter Erfas-sungsmethodik. Studie im Rahmen der Evaluationen des Bundesamts für Energie BFE. Bundesamt für Energie BFE, Bern.
- Rutschmann C., 2006. Holz, Ener-gie, die nachwächst. In: Schweizeri-scher Forstkalender 2007, Anhang. Verlag Huber Frauenfeld.
- VSG, 2009: Kostenvergleich ver-schiedener Heizsysteme. Verband der Schweizerischen Gasindustrie (VSG). Zugang: http://www.erdgas.ch/fileadmin/authors/anwendungen/kostenvergleich/kostenvergleich_d.pdf [12.01.2009]
- WVS, 2008. Holzmarkt: Zu Beginn der Holzmarktkampagne 2008/2009. Waldwirtschaft Schweiz (WVS). *Wald und Holz* 11(08), 28.

RÉSUMÉ

Comparaison de chauffages au bois

L'utilisation de bois énergétique pour produire de la chaleur n'a cessé d'augmenter ces dernières années. Les systèmes de chauffage au bois ne sont pas seulement rentables pour ceux qui possèdent des forêts. Il est de plus en plus fréquent que des particuliers qui ne possèdent pas de forêt produisent leur chaleur à partir d'installations de chauffage à bois.

La comparaison a porté sur des systèmes de chauffage au bois de trois puissances différentes: 20, 60 et 100 kilowatts (kW). Les coûts de production de la chaleur oscillaient entre 16,4 et 34,0 centimes par kilowattheure. Dans la catégorie de 20 kW, le chauffage aux pellets de bois s'avère le plus économique, dans les catégories 60 et 100 kW, ce sont les chaudières à plaquettes de bois avec stockage en silos-tours qui sont les plus avantageuses. Une comparaison des coûts de production de chaleur avec les systèmes de chauffage utilisant des sources d'énergie fossiles comme le mazout et le gaz naturel montre que les systèmes de chauffage au bois de puissance moyenne et élevée ne reviennent que légèrement plus cher.

L'analyse de quatre études de cas indique que les investissements peuvent varier considérablement pour les systèmes de chauffage à plaquettes de bois malgré des puissances d'installations comparables. Le mode de stockage des plaquettes de bois et d'autres caractéristiques de l'exploitation sont déterminants.

SUMMARY

Comparison of wood-fired heating systems

The use of wood fuel for heat generation has been increasing steadily in re-cent years. Wood-fired heating systems do not only make economic sense for woodland owners; more and more often non-woodland owners are having their heat supplied by wood-fired power stations.

Three output categories of wood-fired system were compared: 20, 60 and 100 kilowatt (kW). The cost price of the heat ranged from 16.4 to 34.0 Swiss centimes per kilowatt hour. Pellet heating was most cost-effective for the 20 kW output category, woodchip firing with tower-silo storage for outputs of 60 and 100 kW. A heat cost price comparison of heating systems with fossil energy carriers such as fuel oil and natural gas shows that medium and relatively high-output wood-burning systems cost only slightly more.

An analysis of four case studies shows that investment costs can vary greatly for woodchip heating systems with comparable plant ratings. The type of woodchip storage and other operational factors can make all the difference.

Key words: wood-fired heating, economic viability, investment needs, heat cost price