Climate Change

Climate Change
09/05
ISSN 1611-8855

EINRICHTUNG EINER ÖKO-BÄCKEREI MIT GANZHEITLICHEM KONZEPT

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

Climate Change
09/05
ISSN 1611-8855

Einrichtung einer Öko-Bäckerei mit ganzheitlichem Konzept

von

Andreas Kötter

Creative umwelt konzepte kötter, Peißenberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: http://www.umweltbundesamt.de

Redaktion: Fachgebiet I 4.4
Dr. Helmut Kaschenz

Dessau, Dezember 2005

Gliederung

1 BERICHTS – KENNBLÄTTER 7

1.1 BERICHTSKENNBLATT – DEUTSCH 7
1.2 BERICHTSKENNBLATT - ENGLISCH 8

2 ZUSAMMENFASSUNG UND ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG 9

2.1 ABSTRACT AND CONCLUSIONS 11

3 ENERGIEEINSATZ IM BÄCKERHANDWERK 12

3.1 INNERBETRIEBLICHE VERBRAUCHSSTRUKTUR 12
3.2 WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG 12
3.3 EINSPARPOTENZIALE 14

4 DIE VOLLWERT-BÄCKEREI SCHWARZMAIER 19

4.1 FIRMENPHILOSOPHIE 19

5 BESCHREIBUNG UND TECHNISCHE DATEN DER FÜR DIE ENERGIEBILANZ RELEVANTEN ANLAGEN 21

5.1 ETAGENOFEN 21
5.2 STIKKENOFEN 23
5.3 HOLZPELLET-BRENNER FÜR DIE BACKÖFEN 24
5.4 PELLET-KESSEL 26
5.5 KÄLTETECHNIK 27

6 TECHNISCHE KONZEPTE DER HOLZPELLETBRENNER UND DER ENERGIERÜCKGEWINNUNG 31

6.1 EINSATZ VON HOLZPELLETS ALS ENERGIETRÄGER 31
6.2 WÄRMERÜCKGEWINNUNG 32
6.2.1 Abgaswärmetauscher 32
6.2.2 Schwadenkondensator 35
6.2.3 Kompaktwärmetauscher – Kältetechnik 37
6.2.4 Pufferspeicher 38

7 ENERGIE- UND EMISSIONSBILANZ 39

7.1 ENERGIEBEDARF 39
7.1.1 Stromverbrauch 39
7.1.2 Holzpellets 41
7.2 PRIMÄR-ENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGERN 43
7.3 ENERGIERÜCKGEWINNUNG 43
7.4 SEKUNDÄR - ENERGIEVERBRAUCH 44
7.5 ENERGIEBEREITSTELLUNG UND VERBRAUCH IM JAHRESVERLAUF 45
7.6 WIRKUNGSGRAD DER ENERGIENUTZUNG BEI DER ENERGIERÜCKGEWINNUNG 46
7.7 ENERGIEEINSPARUNG UND NETTO-ENERGIEBEDARF DER BACKSTUBE 47
7.7.1 Energieeinsparung 48
7.7.2 Netto-Energieverbrauch der Backstube 49

7.7.3 Energiebedarf im Kennzahlenvergleich 50
7.8 CO_2-AUSSTOSS UND CO_2-REDUZIERUNG 54
7.9 OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN 56

8 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG 58

8.1 GRUNDSÄTZLICHES ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT 58
8.2 WIRTSCHAFTLICHKEIT DER ENERGIERÜCKGEWINNUNG 59
8.2.1 Szenarien zur Effizienz der Energierückgewinnung 59
8.2.2 Aufwand- und Nutzenrechnung 61
8.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG FÜR HOLZPELLETS-BEFEUERTE BACKÖFEN 64

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 *Bäckereibetriebe - Energiekostenanteil am Umsatz* 12
Abb. 2 *Spezifische Kosten der Energieträger* 13
Abb. 3 *Homepage des Internetportals www.buda.de* 15
Abb. 4 Etagenofen der Firma „mondial forni" - *Prospektbild* 21
Abb. 5 *Etagenbackofen im Betrieb der Bäckerei Schwarzmaier mit Angaben zur Position des Brenners, des Rauch- und Schwadenabzuges* 22
Abb. 6 Stikkenofen der Firma „mondial forni" – *Prospektbild* 23
Abb. 7 *Pelletbrenner nach der Jet-Verbrennungstechnik mit Anlagenbeschriftung* 24
Abb. 8 *Ausgebauter Pelletbrenner, wie er in den Backöfen installiert wurde* 24
Abb. 9 *Pelletbrenner in Funktion* 25
Abb. 10 *Ascheausbringung des Etagenofens* 25
Abb. 11 Pelletkessel der Fa. „Ökofen" mit der Option, den Brenner links- *oder rechtsseitig anzuschließen.* 26
Abb. 12 *Gärautomat (links) und Gärunterbrecher (rechts) mit Stikkenwagen und vorgefertigten Teiglingen* 28
Abb. 13 *Großer Gärunterbrecher mit integrierter Kühlzelle* 30
Abb. 14 *Antrieb für Förderschnecke und Fallrohr* 31
Abb. 15 *Abgaswärmetauscher des Etagenofens mit geöffneter Abdeckung* 33
Abb. 16 *Ausgebauter Abgaswärmetauscher mit sichtbarem Glattrohrregister* 34
Abb. 17 *Schwadenabzüge mit Schwadenkondensator (Kasten)* 36
Abb. 18 *Funktionsschema eines Plattenwärmetauschers* 37
Abb. 19 *Stromverbrauch nach elektrischen Verbrauchern* 40
Abb. 20 *Energieverbrauch nach elektrischen Verbrauchern im Jahresverlauf* 41
Abb. 21 *Betriebsstunden der Holzpellet-Verbraucher* 42
Abb. 22 *Energieverbrauch nach Energieträgern in kWh/a* 43
Abb. 23 *Energierückgewinnung und Energiebedarf* 46
Abb. 24 *Wirkungsgrad der Energienutzung durch Gegenüberstellung von Input und Abnahme* 47
Abb. 25 Analysebericht „Analyse der Energiekosten 2004" 51
Abb. 26 *Analyse des Energieverbrauchs 2004* 53
Abb. 27 *Spezifischer CO_2 Ausstoß verschiedener Energieträger* 55
Abb. 28 *Grafische Darstellung des CO_2-Vergleichs* 56
Abb. 29 *Grafische Darstellung der jährlichen Kosteneinsparung* 63
Abb. 30 *Grafische Darstellung der Amortisationszeiten für Wärmerückgewinnungsanlagen* 63
Abb. 31 *Vergleich der Gesamtjahreskosten der Energieträger Holzpellets und Heizöl* 67
Abb. 32 *Jährliche Kosteneinsparungen (Absolut und %-ual) durch Holzpellets* 67
Abb. 33 *Heizölpreise von Juli 2004 bis Juli 2005 (Quelle: www.fastenergy.de)* 68

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Organisatorische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz mit Kosteneinsparpotenzial 16
Tab. 2 Technische Maßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsindikatoren 17
Tab. 3 Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ohne finanzielle Bewertung 18
Tab. 4 Technische Daten Etagenofen 22
Tab. 5 Technische Daten Stikkenofen 23
Tab. 6 Technische Daten der Backofenbrenner 26
Tab. 7 Technische Daten des Pelletkessel 27
Tab. 8 Technische Daten - Gärautomat 28
Tab. 9 Technische Daten – Gärunterbrecher 29
Tab. 10 Technische Daten – Gärunterbrecher (groß) 30
Tab. 11 Technische Daten der Abgaswärmetauscher 35
Tab. 12 Technische Daten des Schwadenkondensators 37
Tab. 13 Energierückgewinnung Wärmetauscher, Schwadenkondensator und Plattenwärmetauscher 44
Tab. 14 Energiebedarf für Warmwasser und Heizung 45
Tab. 15 Im Jahresverlauf gelieferte Wärmemengen des Pelletkessels 49
Tab. 16 Jährlicher Nettoenergieverbrauch der Backstube 50
Tab. 17 CO_2-Ausstoß – Vergleich der Ökobäckerei Schwarzmaier mit einer Referenzbäckerei 55
Tab. 18 Investitionskosten für die Energierückgewinnung 59
Tab. 19 Szenarien zur Substitution von Heizölmengen 61
Tab. 20 Investitionsaufwand für die Einrichtung eines Sytems zur Wärmerückgewinnung 61
Tab. 21 Nutzenrechnung für die Wärmerückgewinnung 62
Tab. 22 Wirtschaftlichkeit von Holzpellets als Energieträger gegenüber Heizöl 65

Anlagenverzeichnis

Technische Zeichnung der Anlage zur Wärmerückgewinnung
Technische Daten der Plattenwärmetauscher
Infobroschüre „Westerwälder Holzpellets“
Flyer zum buda-Service

1 Berichts – Kennblätter

1.1 Berichtskennblatt – Deutsch

1. Berichtsnummer UBA-	2.	3.
4. Titel des Berichts Einrichtung einer Ökobäckerei mit ganzheitlichem Konzept		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Kötter, Andreas; creative umwelt konzepte kötter Ludwigstraße 63 82380 Peißenberg		8. Abschlussdatum August 2005
		9. Veröffentlichungsdatum 70441-2/8
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Ökobäckerei Schwarzmaier Mühlweg 11 82398 Etting		10. Vorhaben-Nr.
		11. Seitenzahl 69 (ohne Anlagen)
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, 14191 Berlin		12. Literaturangaben
		13. Tabellen 22
		14. Abbildungen + Diagramme 33
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung Das ganzheitliche ökologische Konzept der Ökobäckerei Schwarzmaier in Oberbayern basiert auf drei Säulen: 1. Verwendung ökologischer Ausgangsprodukte (z.B. Biogetreide); 2. umweltfreundliche Produktionsmethoden und 3. Weitergabe des Wissens und der Erfahrungen an interessierte Dritte. Schwerpunkt des Vorhabens ist das umweltfreundliche und innovative Energiekonzept, das durch den Einsatz des CO_2-neutralen und somit klimafreundlichen Energieträgers „Holzpellets" und der effizienten Nutzung der Energie durch Maßnahmen der Wärmerückgewinnung gekennzeichnet ist. Die Backwaren weisen daher eine hohe Umweltfreundlichkeit auf (positive Produktökobilanz). Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zeigen darüber hinaus, dass Maßnahmen zur Steigerung der Energie-Effizienz und der Einsatz von Holzpellets als Energieträger auch Kostenvorteile für die Bäckereien mit sich bringen kann.		
17. Schlagwörter Biomasse, Holzpellets, Energie-Effizienz, Bäcker, Energiebilanz, CO2-Bilanz, ökologisches Gesamtkonzept, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Amortisation, Wärmerückgewinnung		
18. Preis	19.	20.

1.2 Berichtskennblatt - Englisch

1. Report No. UBA -	2.	3.
4. Report Title Setting up of an eco-bakery on the base of an integral conception		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Kötter, Andreas; creative umwelt konzepte kötter Ludwigstrasse 63 82380 Peissenberg, Germany		8. Report Date August 2005 9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) Ökobäckerei Schwarzmaier Mühlweg 11 82398 Etting, Germany		10. Report-No. 70441-2/8 11. No. of Pages 69
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Postfach 33 00 22, 14191 Berlin		12. No. of References 13. No. of Tables, Diagrams 22 14. No. of Figures 33
15. Supplementary Notes		
16. Abstract The integral and ecological conception of the eco-bakery Schwarzmaier bases on three moduls: Firstly, the processing of ecological products (e.g. biologically grown cereals), secondly, the environmentally beneficial methods of production and thirdly, the transformation of knowledge and experience in these fields to interested third persons, e.g. fellow bakers. Main emphasis was laid on an ecologically beneficial energy consumption, featuring the usage of CO_2 – neutral an therefore climatically favourably fuel (owl-pellets) an the increase of energy -efficiency in bakeries by recovering the waste energy of both the ovens and the cold storage. Therefore the products of the bakery Schwarzmaier are characterized by and ecologically very positive life – cycle - balance. Calculations in the respect of the economical effects on investments concerning the usage of owl-pellets and methods recovering waste energy have shown, that they are able to contribute to an improvement of the overall economical performance of bakeries.		
17. Keywords Biomass, owl-pellets, energy-efficiency, bakery, energy-balance, CO_2 _ balance, ecological integral conception, economical calculations, recovering waste heat, amortization		
18. Price	19.	20.

2 Zusammenfassung und abschließende Bewertung

Die Erhöhung der Energie-Effizienz in Bäckereibetrieben wird vor dem Hintergrund steigender Preise für die fossilen Energieträger und eines höheren Energieverbrauchs – Stichpunkt „Tiefkühltechnik" – in Zukunft ein wichtiger Faktor für den wirtschaftlichen Erfolg von Bäckereibetrieben sein.

Optimierungen in diesem Bereich können durch eine Vielzahl organisatorischer Maßnahmen (Seite 14) und einigen technischen Maßnahmen, wie zum Beispiel die Installation eines Systems zur Wärmerückgewinnung oder dem Wechsel des Energieträgers, wie in diesem Bericht detailliert dargestellt, erzielt werden.

Um das Optimierungs- und Kosteneinsparpotenzial zu verdeutlichen und die Wirkung von Maßnahmen im Betrieb dauerhaft zu überprüfen, bietet ein Benchmarking betrieblicher Energie-Kennzahlen – wie im Internetportal www.buda.de bereit gestellt – ein hilfreiches Controlling-Instrument.

Bei Systemen zur Energierückgewinnung kommt es auf eine ausgeglichene Balance zwischen den zurückgewonnenen Energiemengen und dem Energieverbrauch an. Lediglich wenn über das ganze Jahr kontinuierlich Energieabnehmer zur Verfügung stehen, kann ein System zur Wärmerückgewinnung optimal wirken und eine Rückgewinnungs – Quote von bis zu 30 % der Input-Energiemenge erzielen. Darüber hinaus sollten Speicher- und Transportverluste der zurückgewonnenen Energie durch gute Isolierungen der Transportleitungen und Pufferspeicher sowie ein intelligentes Energiemanagement minimiert werden. Auch für kleine Bäckereien kann die nachträgliche Installation eines Systems zur Wärmerückgewinnung wirtschaftlich interessant sein.

Der Wechsel von fossilen Energieträgern für die Backöfen hin zu Holzpellets ist für Bäckereibetriebe ein „großer Schritt" und oft erst dann interessant, wenn Ersatzinvestitionen in die Backofentechnik anstehen, bzw. – wie im Falle der Ökobäckerei Schwarzmaier - eine neue Backstube errichtet wird. Dieser mutige Schritt von Frau und Herrn Schwarzmaier hat sich aller Voraussicht nach gelohnt. Dies wird durch die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eindrucksvoll belegt.

Dass sich die Umstellung auf Holzpellets ebenfalls für die Umwelt „lohnt", zeigt die CO_2-Bilanz der Ökobäckerei Schwarzmaier (Seite 54). Demnach ist der spezifische CO2-Ausstoss in kg CO2 je kg verarbeitetes Mehl 14 mal (!) so niedrig wie der einer Bäckerei mit einem konventionellen Energiekonzept. Der Aspekt des Klimaschutzes durch CO_2 Minimierung sollte vom Bäckereibetrieb in der Kommunikation mit den Kunden herausgestellt werden, um hierdurch einen weiteren Wettbewerbsvorteil zu erlangen.

Ob sich Holzpellets als Energieträger für Bäckereien durchsetzen werden, hängt neben den Energiepreisen für Heizöl und Gas auch davon ab, ob die Backofen-Hersteller „mitziehen", indem sie ihre Backöfen auch für den Betrieb mit Holzpellet-Brennern vorsehen.

Weiterhin ist eine intensive Informationskampagne notwendig, die den Bäckern die Scheu vor dieser neuen Technologie nimmt. Am besten eignen sich hierzu Praxisbeispiele wie das der Bäckerei Schwarzmaier. Es kann interessierten Bäckern vor-Ort gezeigt werden, dass diese Technik störungsfrei arbeitet und komfortabel in der Bedienung ist.

Insofern kann das Demonstrationsvorhaben einen wichtigen Beitrag zur raschen Verbreitung dieser umweltfreundlichen und wirtschaftlich interessanten Technologie im Bäckerhandwerk leisten.

2.1 Abstract and conclusions

Against the background of increasing energy consumption the more efficient usage of energy in bakeries is deciding for its economical success.

As in this report in detail laid out, optimizations in this field are possible by organisational and technical measures, e.g. the implementation of systems recovering waste heat or the change of energy resource.

The internet − platform www.buda.de offers benchmarking analysises showing the specific costs and energy consumption especially for the baking trade. This tool allows bakeries to estimate their potential of cost reduction and to control the impact of measures improving the energy- efficiency.

The efficiency of energy- recovering systems is determined by a leveled out balance between the amount of recovered energy and the amount of demanded energy. Only if a continuous energy demand over the whole year is ensured, energy recovering systems are able to gain a recovery quote up 30% of the input energy. In order to minimize energy losses through storage and transportation both a good insulation of the storage/transportation systems and an intelligent management of the energy flows are important. Even for small bakeries the later installation of heat-recovering-systems can be interesting in economical respects.

To shift from fossil fuel to biomass, e.g. owl-pellets means to be a huge step for bakeries. Most likely this step will be done at a stage where old oven − technology has to be substituted anyway or − like in the case of the eco-bakery Schwarzmaier − a new production site is planned. According to the economical calculations documented in this report, this courageous step done by Miss and Mister Schwarzmaier seems to be worth while.

The choice of owl-pellets is worth while for the environment, too. The CO_2-balance of the eco-bakery Schwarzmaier shows a specific CO_2-output (amount of CO_2 per unit processed meal) which is 14 times as small as the CO_2-output of a bakery with a conventional energy-strategy. The aspect of CO_2-minimization owed to be emphasized by bakeries with a low CO_2-output towards the customers, because it might help to improve its competitiveness.

Whether owl-pellets or biomass in general can be successfully established in the market as an alternative energy resource in baking trade, is depending on both the prices of energy for fossil fuel and the willingness of manufacturers to provide the appropriate technology, e.g. burner.

Moreover an intensive information campaign seems to be necessary in order to overcome the doubts of bakers towards this new technology. Pilot projects like the one of the eco-bakery Schwarzmaier are most helpful to demonstrate practically the trouble free working and the comfortable operating of the technology.

For this reasons this project contributes substantially to a rapid spreading of this environmentally beneficial and economically interesting technology within the baking trade.

3 Energieeinsatz im Bäckerhandwerk

Bäckereien gehören zu den handwerklichen Betrieben mit dem höchsten Energieeinsatz. Aufgrund der energieintensiven Produktionsabläufe entstehen Kosten in Höhe von bis zu 4,5 % des Gesamtumsatzes. Das birgt hohe Einsparpotentiale.

3.1 Innerbetriebliche Verbrauchsstruktur

Der größte Teil des Energieverbrauchs wird von den Backöfen verursacht. Häufig ist eine exakte Zuordnung der Backofenenergie nicht möglich, da über den gleichen Energiespeicher auch die Heizung und das Warmwasser betrieben werden.

Für die Ökobäckerei Schwarzmaier konnte eine exakte Zuordnung der Energieträger und Energieverbraucher vorgenommen werden. Der Anteil des Energieträgers Holzpellets am Gesamtverbrauch beträgt 82% (183.543 kWh/a), 18% entfallen auf den Energieträger Strom. Von den elektrischen Verbrauchern wiederum ist die Kältetechnik mit 43,6% (17.059 kWh/a) der größte Verbraucher (Kap. 7.1).

3.2 Wirtschaftliche Bedeutung

Der Energiekostenanteil am Umsatz einer Bäckerei wird unter anderem durch die Höhe ihres Umsatzes bestimmt.

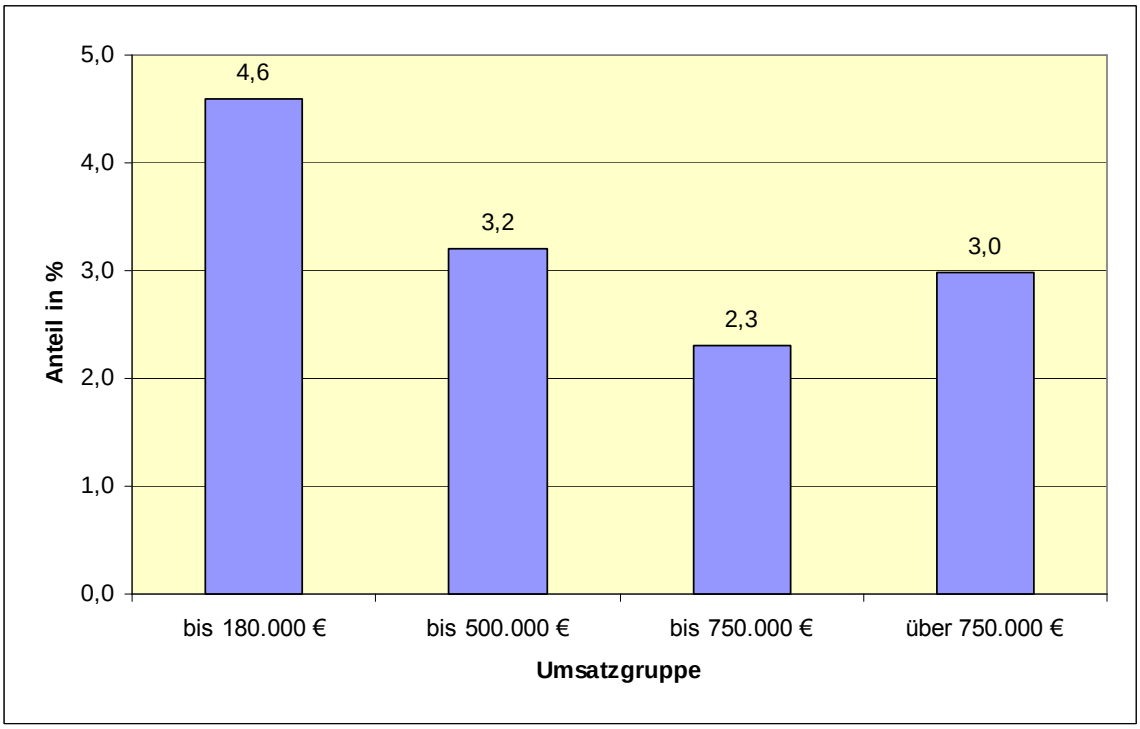


Abb. 1 Bäckereibetriebe - Energiekostenanteil am Umsatz

Die Energiekosten liegen demnach zwischen 2,3 und 4,6 % des Umsatzes (Quelle: "Die Ökobäckerei: Vorstellung eines Gesamtkonzepts", Sven Siebert, 2005, unveröffentlicht). Das erscheint zunächst einmal niedrig und wird auch von den Bäckern - und auch vom Verband – so gesehen. Hier werden die Kostenblöcke „Mitarbeiter" (ca. 50% vom Umsatz) und „Rohwareneinsatz" (ca. 30% vom Umsatz) als wesentlich wichtiger angesehen (Quelle: mündliche Aussage des Bayerischen Bäckerverbandes, Herr Weigand). Im Rahmen von Betriebsoptimierungen wird dem Energieverbrauch bisher keine Priorität eingeräumt.

Dabei wird häufig übersehen, dass insbesondere organisatorische Maßnahmen mit einem geringen Aufwand zu wesentlichen Kosteneinsparungen führen können. Diese Einsparungen kommen direkt dem Betriebsgewinn zugute und können wesentlich zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Bäckereien beitragen („So schnell kann man mit Brötchen backen kein Geld verdienen!").

Im vorliegenden Fall sieht die Kostenverteilung auf die Energieträger wie folgt aus:

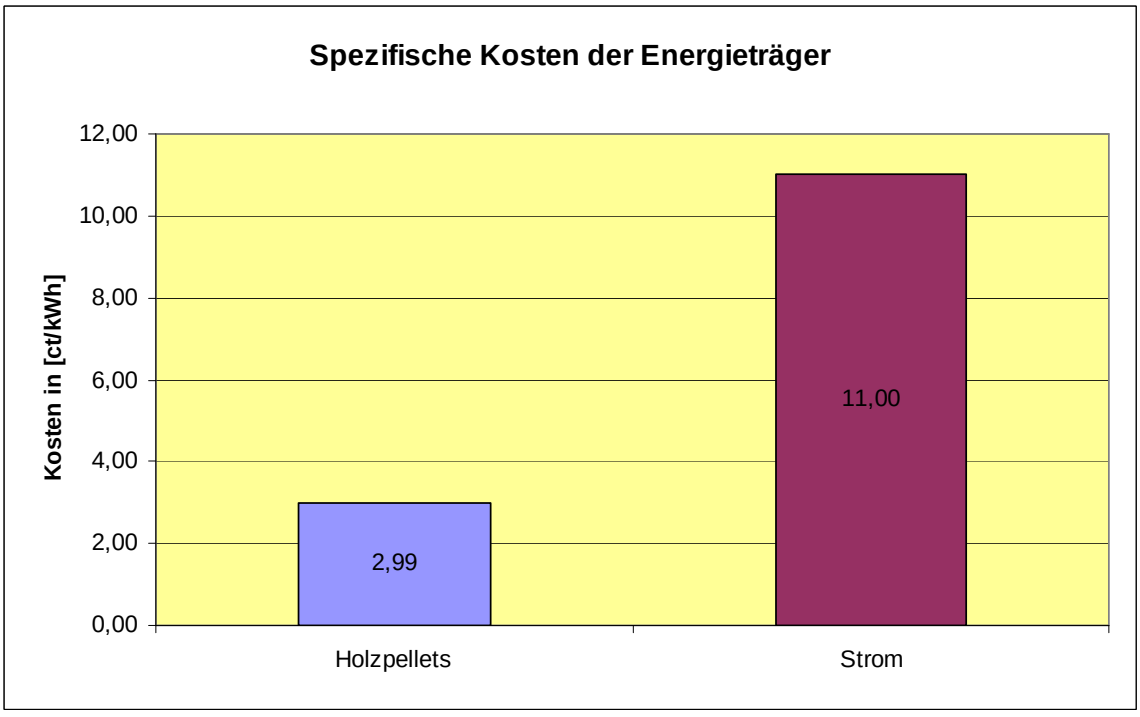


Abb. 2 Spezifische Kosten der Energieträger

Die spezifischen Kosten für den Energieträger Strom sind mit 11 Cent/kWh um den Faktor 3,7 höher als die des Energieträgers Holzpellets mit 2,99 Cent/kWh. Das bedeutet, dass die Gesamtkosten der Ökobäckerei Schwarzmaier für Strom mit jährlich 4.304 € fast genauso hoch sind wie die Gesamtkosten für den Energieträger Holzpellets mit 5.809 €. Somit können Energiesparmaßnahmen auf dem Gebiet der elektrischen Energie, z.B. bei der Kältetechnik, zu erheblichen Kosteneinsparungen führen.

Es ist anzunehmen, dass die wirtschaftliche Bedeutung eines effizienten Einsatzes von Energie aufgrund steigender Energiepreise – insbesondere bei den fossi-

len Energieträgern Heizöl und Gas – zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Hier hat die Bäckerei Schwarzmaier mit der Wahl des Energieträgers Holzpellets eine gute Wahl getroffen.

Neben steigenden Energiepreisen wird auch ein erhöhter Energieeinsatz in den Bäckereien, der durch Änderungen im Produktionsverfahren (Teiglinge und Halbfertig-Produkte) verursacht wird, zu weiteren Effizienzsteigerungen beim Energieeinsatz im Bäckerhandwerk führen.

Wie die nachfolgenden Ausführungen (Kapitel 7) zeigen werden, könnte auch der Einsatz nachwachsender Rohstoffe (Holzpellets und Hackschnitzel) aufgrund der steigenden Energiepreise für Heizöl und Gas zunehmend an Bedeutung gewinnen. Z.Z. ist der Einsatz dieser Energieträger im Bäckerhandwerk noch verhalten.

Fazit: Obgleich die wirtschaftliche Bedeutung eines effizienten Einsatzes von Energie im Bäckerhandwerk z.Z. oft noch seitens der Betriebe und der überbetrieblichen Institution nicht deutlich erkannt wird, lassen steigende Energiepreise und ein höherer spezifischer Energieverbrauch in den Bäckereien auf ein Umdenken in naher Zukunft schließen.

Dass die Bäckereien hier eine Fülle organisatorischer und technischer Möglichkeiten haben, zeigen die folgenden Ausführungen.

3.3 Einsparpotenziale

Für den Bäckereibetrieb ist es in der Regel nicht einfach herauszufinden, welche Größenordnung das Kosteneinsparpotential beim Energieverbrauch aufweist. Ein erster Schritt hierzu ist die Bildung von Verbrauchs- und Energiekennzahlen, die es ihm erlauben, seine betriebliche Situation zu beschreiben und ggf. sogar mit anderen Betrieben zu vergleichen. Als Energiekennzahl im Bäckerhandwerk hat sich die Größe „verbrauchte Energie je kg verarbeitetes Mehl" herauskristallisiert. Verschiedene Untersuchungen (Quelle: „Branchenkonzept Energie sparen im Bäckerhandwerk", Welter in Zusammenarbeit mit der HWK Schwaben, 2003) zeigen, dass dieser Wert zwischen 2 bis 6 kWh/kg Mehl schwankt.

Seit dem Sommer 2004 steht den Bäckern (und anderen Gewerken bzw. Branchen, wie beispielsweise Kfz-Werkstätten, Fleischern, Friseuren, Drucker, Schulen) das Internetportal www.buda.de zur Verfügung, dass ihnen eine einfache Energie-Buchhaltung ermöglicht. Jeder Bäcker kann sich im Internet unter www.buda.de ein anonymes und geschütztes Benutzerkonto anlegen und dort seine Energieverbräuche und −kosten eingeben.

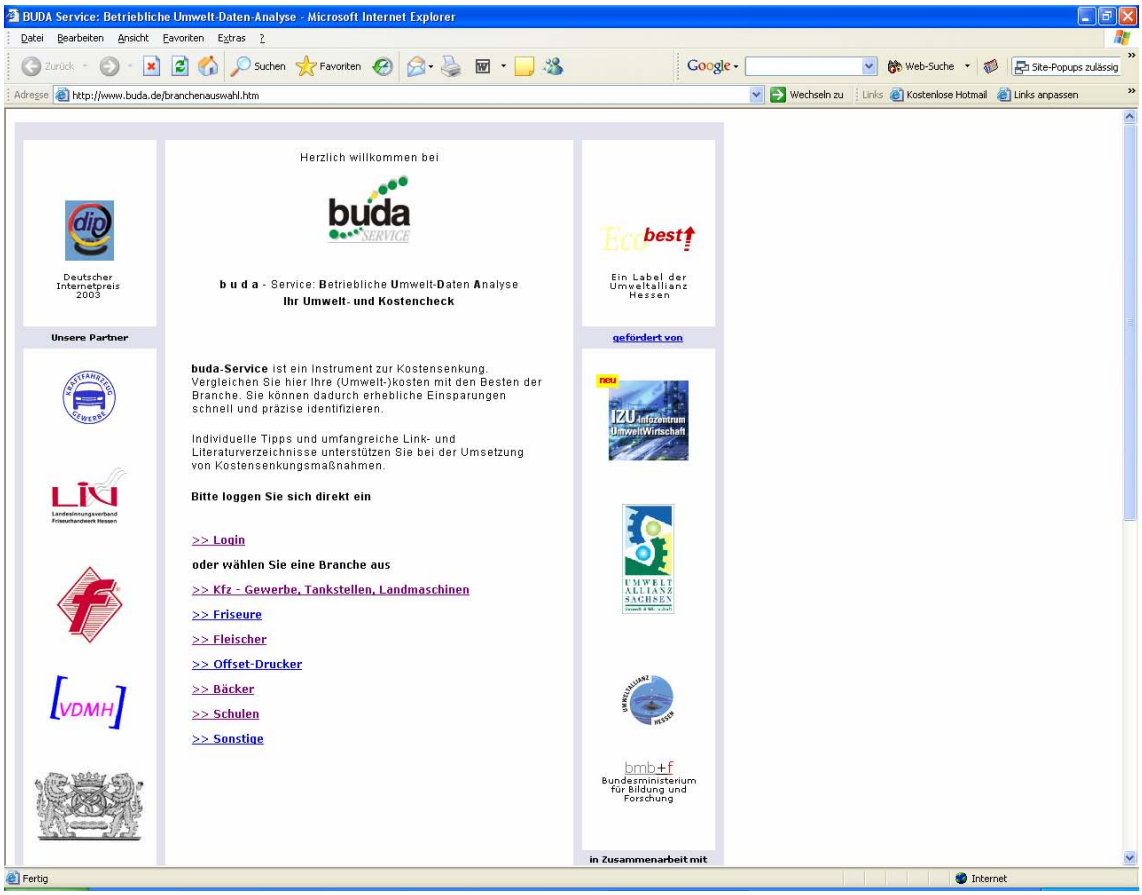


Abb. 3 Homepage des Internetportals www.buda.de

Am Ende des Jahres kann er betriebsindividuelle Benchmark-Analysen abrufen, die folgende Inhalte haben:

- Kennzahlenvergleich: Die betrieblichen Kennzahlenwerte werden mit sog. Benchmark-Werten verglichen und dieser Vergleich graphisch dargestellt.
- Berechnung des Kosteneinsparpotentials: Aufgrund der betrieblichen Kennzahlen und des betrieblichen Verbrauchs wird das potentielle oder das rechnerische Kosteneinsparpotential des Betriebes ermittelt.
- Tipps zur Optimierung: Entsprechend des Analyseergebnisses werden dem Betrieb ausgewählte Tipps zur Optimierung zur Verfügung gestellt.

Konzeption und Implementierung des Internetportals www.buda.de wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (bmb+f)und vom Land Hessen im Rahmen der Umweltallianz Hessen gefördert. Die Anwendung wird zurzeit von den Ländern Bayern und Sachsen gefördert. Somit steht den Bäckern ein kos-

tengünstiges und auf ihre Verhältnisse zugeschnittenes Benchmarking-Instrument zur Verfügung.

Durch die Berechnung und Auswertung des potentiellen rechnerischen Einsparpotentials kann der Betrieb schnell erkennen in welchen Bereichen der größte Handlungsbedarf besteht. Die Tipps liefern wichtige Hinweise zur Initialisierung von Umweltschutzmaßnahmen und Kostensenkungsmaßnahmen.

Folgende organisatorische und technische Maßnahmen führen in den Bäckereien zu einer effizienteren Energienutzung.

Organisatorische Maßnahmen	Einsparpotenzial im Jahr
Heizungspumpen: Abschaltung außerhalb der Heizperiode	100 €
Lüftungsanlagen rechtzeitig ausschalten	110 €
Beleuchtung in Kühlgeräten verringern	130 €
Kühltemperaturen regelmäßig kontrollieren	
Kühlgeräteauslastung verbessern	150 €
Außen-/Schaufensterbeleuchtung: Reduzierung der Brenndauer	210 €
Warmhalte- und Leerlaufzeiten der Backöfen reduzieren	220 €
Backflächenauslastung erhöhen	550 €
Beschwadung auf notwendiges Maß verringern	700 €

Tab. 1 ORGANISATORISCHE MAßNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ MIT KOSTENEINSPARPOTENZIAL

Technische Maßnahmen	Einsparpotenzial pro Jahr	Investitionskosten	Amortisationszeit
Energiesparlampen anstatt von Glühlampen	200 €	-	<1
Umgebungsbedingungen von Kälteanlagen verbessern	530 €	800 €	2
Heizungsrohre dämmen	250 €	500 €	2
Kälteschutzvorhang nachrüsten	180 €	400 €	2
Türdichtungen von Kälteanlagen erneuern	200 €	500 €	3
Warmwasseranschluss für den Geschirrspüler	350 €	1200 €	3
Leistungsspitzen begrenzen (Lastmanagement)	1125 €	4500 €	4
Abgasklappen nachrüsten	130 €	600€	3-6
Strom- und Wärmeerzeugung durch BHKW	2100 €	15000	7
Herdtürendämmung	110 €	900 €	8
Abwärmenutzung von Kälteanlagen	900 €	7000	8
Stufenbrenner mit Luftabschlussklappe am Ofen	-	-	6-9
Abgaswärmenutzung an Backöfen	1500 €	14000 €	9
Herdgruppensteuerung	-	-	>15

Tab. 2 TECHNISCHE MAßNAHMEN MIT WIRTSCHAFTLICHKEITSINDIKATOREN

Maßnahmen ohne finanzielle Bewertung
Abschalten nicht mehr benötigter Öfen und Herdgruppen
Regelmäßige Brennerwartung und -reinigung
Regelmäßige Entkalkung der Schwadenapparate
Bewusster Umgang bei der Nutzung von Kühlräumen
Reinigung von Kälteanlagen (Verflüssiger)
Nächtliches Abschalten von Kühltresen
Abdecken von offenen Kühlmöbeln in verkaufsfreier Zeit
Abschalten nicht mehr benötigter Elektroverbraucher
Vermeiden von Halogenglühlampen
Umstellung von elektrischer Warmwasserbereitung auf Gas und Öl
Regelmäßige Heizungswartung
Begrenzen der Warmwassertemperatur auf 60°C
Entkalken des Warmwassererzeugers
Abschalten von Zirkulationspumpen
Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
Sonnenkollektoren und Photovoltaik

Tab. 3 MAßNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ OHNE FINANZIELLE BEWERTUNG

Quelle der Tab. 1 bis Tab. 3: „Bäckerhandwerk – Energie sparen – Kosten senken", Welter in Zusammenarbeit mit der HWK Schwaben, Augsburg, 2003.

4 Die Vollwert-Bäckerei Schwarzmaier

Seit der Gründung der Bäckerei Schwarzmaier 1992 experimentiert Herr Schwarzmaier mit der Herstellung ökologischer Backwaren. Die Produktpalette wurde so im Laufe der Jahre sukzessive von konventionelle auf ökologische Backwaren umgestellt. Heute beträgt der Anteil ökologischer Backwaren am Sortiment 95%. Das Sortiment umfasst 30% Brot, 50 % Kleingebäck/ Brötchen und 20% Feingebäck. Die besondere Spezialität der Ökobäckerei Schwarzmaier sind Krapfen. Noch heute experimentiert und forscht Herr Schwarzmaier zusammen mit seinen fünf Auszubildenden in der Backstube nach neuen Rezepturen, die ohne handelsübliche Fertigbackmittel auskommen. So wird seit neuestem einmal in der Woche glutenfreies Brot für Allergiker gebacken.

Mit einem Umsatz- und Gewinnzuwachs von ca. 10% im Jahr gibt auch der wirtschaftliche Erfolg der Firma Schwarzmaier recht. Bedeutete vor 15 Jahren die Herstellung ökologischer Backwaren noch ein Risiko, so zeigt sich heute, dass genau dieses Marktsegment die größten Zuwächse verzeichnet. Der Biobranche boomt.

Für viele handwerklich arbeitende konventionelle Bäckereien ist die Umstellung auf die Herstellung von ökologischen Backwaren mittlerweile sogar die einzige Überlebenschance, um im Wettbewerb mit Supermärkten und Discountern bestehen zu können.

Da sie mit den Preisen der Discounter nicht konkurrieren können, ist die Herstellung hochwertiger (ökologischer) Produkte zu höheren Preisen eine mittlerweile auch durch viele Beispiele belegte ökonomisch sinnvolle Strategie.

Das Dilemma ist aber, dass viele Bäcker durch die Jahre lange Verwendung von Fertigbackmischungen und zahlreichen Backhilfsmitteln das Backhandwerk (im Wortsinn) verlernt haben. Sie sind zu sog. „Tütenbäckern" geworden und müssen oft das traditionelle Bäckerhandwerk - wo Erfahrung und Fingerspitzengefühl die zahlreichen Backhilfsmittel ersetzen - wieder neu erlernen. (Quelle: „Was wir essen – Der große Ernährungsreport" Teil 1: „Unser täglich Brot", Stern 2/2005)

4.1 Firmenphilosophie

Die Ökobäckerei Schwarzmaier vertritt eine ganzheitliche Firmenphilosophie. Diese basiert auf drei Säulen:

- ökologische Produktpalette
- ökologische Produktionsbedingungen
- Weitergabe des Wissens an interessierte Dritte

Während die ökologischen Leistungen der Produkte weniger bei den Verarbeitern (Mühlen und Bäckern), sondern in erster Linie in der Landwirtschaft erbracht werden (Verzicht auf Stickstoff und synthetische Pflanzenschutzmittel ➔ 1 kg Brot hält 2 m² Ackerboden frei von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldüngern) kann der Bäcker durch die Wahl der Energieträger, der Backtechnik und durch

den bewussten Umgang mit den natürlichen Ressourcen einen unmittelbaren Beitrag zur Entlastung der Umwelt leisten.

Konsequent ist ebenfalls der 3. Schritt, der die Weitergabe dieses Wissens an interessierte Dritte und somit eine möglichst große Breitenwirkung vorsieht. Zu diesem Zweck wurde im Neubau der Firma Schwarzmaier neben Backstube und Wohnhaus ein Seminarbereich (Schulungsraum und Übernachtungsmöglichkeiten) eingerichtet. Im Rahmen von Schulungen von Bäckern soll das ökologische Gesamtkonzept der Vollwertbäckerei Schwarzmaier vermittelt werden: Bäcker können hier praktisch das traditionelle Backhandwerk erlernen und darüber hinaus wird theoretisches und praktisches Basiswissen zum Einsatz umweltentlastender Produktionsmethoden vermittelt.

Dies ist eine mutige und visionäre Vorgehensweise der Ökobäckerei Schwarzmaier, wodurch der Fördermitteleinsatz durch das BMU gerechtfertigt ist. Aber schon jetzt ist absehbar, dass sich die besondere Vorgehensweise auch wirtschaftlich lohnen wird.

5 Beschreibung und technische Daten der für die Energiebilanz relevanten Anlagen

Es werden lediglich die technischen Anlagen detailliert beschrieben, die einen maßgeblichen Einfluss auf die Energiebilanz des Betriebes der Fa. Schwarzmaier haben und Bestandteil des Systems zur Energierückgewinnung sind (Kap. 5). Im Einzelnen sind dies:

- Etagenofen
- Stikkenofen
- Holzpellet-Brenner
- Pelletkessel
- Kühl- und Gefriereinheiten (Kältetechnik)

5.1 Etagenofen

Abb. 4 Etagenofen der Firma „mondial forni“ - Prospektbild

Technische Daten

Hersteller	Mondial forni
Modellbezeichnung	33 CS (Dampf-Steinbackofen)
Nennleistung in kW	97
Backfläche in m²	9,2
Schwadenabzug getrennt	Ja
Baujahr	2001
Abmessungen in cm	252 x 297 x 230 (Breite x Tiefe x Höhe)
Raumhöhe in cm	270 cm

Tab. 4 TECHNISCHE DATEN ETAGENOFEN

Abb. 5 Etagenbackofen im Betrieb der Bäckerei Schwarzmaier mit Angaben zur Position des Brenners, des Rauch- und Schwadenabzuges

5.2 Stikkenofen

Abb. 6 Stikkenofen der Firma „mondial forni" – Prospektbild

Technische Daten

Hersteller	Mondial forni
Modellbezeichnung	Rotor Plus6585/G (Konvektions-Drehwagenbackofen)
Nennleistung in kW	75
Backfläche in m²	9,95 (18 Bleche; Blechmaße: 60 cm x 85 cm)
Schwadenabzug getrennt	Ja
Baujahr	2001
Abmessungen in cm	142 x 205 x 230 (Breite x Tiefe x Höhe)
Raumhöhe in cm	270 cm

Tab. 5 TECHNISCHE DATEN STIKKENOFEN

5.3 Holzpellet-Brenner für die Backöfen

Beide Backöfen sind mit den gleichen Holzpellet-Brennern der österreichischen Firma „Gilles“ ausgestattet.

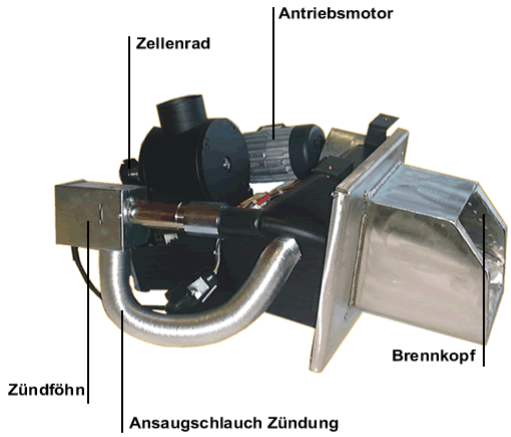


Abb. 7 Pelletbrenner nach der Jet-Verbrennungstechnik mit Anlagenbeschriftung

Abb. 8 Ausgebauter Pelletbrenner, wie er in den Backöfen installiert wurde

Abb. 9 Pelletbrenner in Funktion

Die Pelletbrenner wurden so an den Brennraum der Backöfen angeflanscht, dass – wie in der Abb. 9 gezeigt– die Brennerflamme horizontal in den Brennraum ragt. Da die Backöfen standardmäßig mit einem Öl- oder Gasbrenner ausgestattet werden, mussten sie für den Betrieb mit Holzpellets angepasst werden (Sonderanfertigungen). Unter anderem musste eine Ascheausbringung installiert werden (Abb. 10)

Abb. 10 Ascheausbringung des Etagenofens

Die Brenner werden vollautomatisch über Schnecken und Fallrohre (Stikkenofen) beschickt. Sie sind mit einer vollautomatischen Zündung ausgestattet. Lambda Sonden gewährleisten einen effizienten Abbrand des Brenngutes.

Technische Daten

Hersteller	GILLES
Modellbezeichnung	Gilles Compact PSK 60 kW
Baujahr	2001
Kleinste/ Nennwärmeleistung	13 / 62 kW

Wirkungsgrad Voll- / Teillast [%]	90,8 / 91,5
Abgastemperatur Voll-/ Teillast [°C]	158,8 / 81,2
CO_2-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	87 / 280
CO_2-Emissionen Voll-/ Teillast [%-Vol.]	14,1 / 10,6
Staub-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	22 / n.g.
NOx-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	96 / n.g.
Organ. Gebundene C-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	1 / 3
Lambda-Sonde	Ja
Automatische Zündung	Ja (Heißluftgebläse)

Tab. 6 TECHNISCHE DATEN DER BACKOFENBRENNER

(Quelle: BIZ, Marktübersicht Pellet-Zentralheizungen, S. 48)

5.4 Pellet-Kessel

Zur Wärmeversorgung in den betriebsfreien Zeiten bzw. zur Abdeckung von Spitzenlasten wurde ein Pellet-Kessel der Firma „Ökofen" installiert. Ebenso wie die Pelletbrenner der Backöfen ist er an das zentrale Pelletsilo angeschlossen und wird automatisch aus diesem über Förderschnecken mit Holzpellets beschickt. Die hier erzeugte Wärme gelangt direkt in die Pufferspeicher, die sich in unmittelbarer Nähe befinden. So werden Transportverluste vermieden.

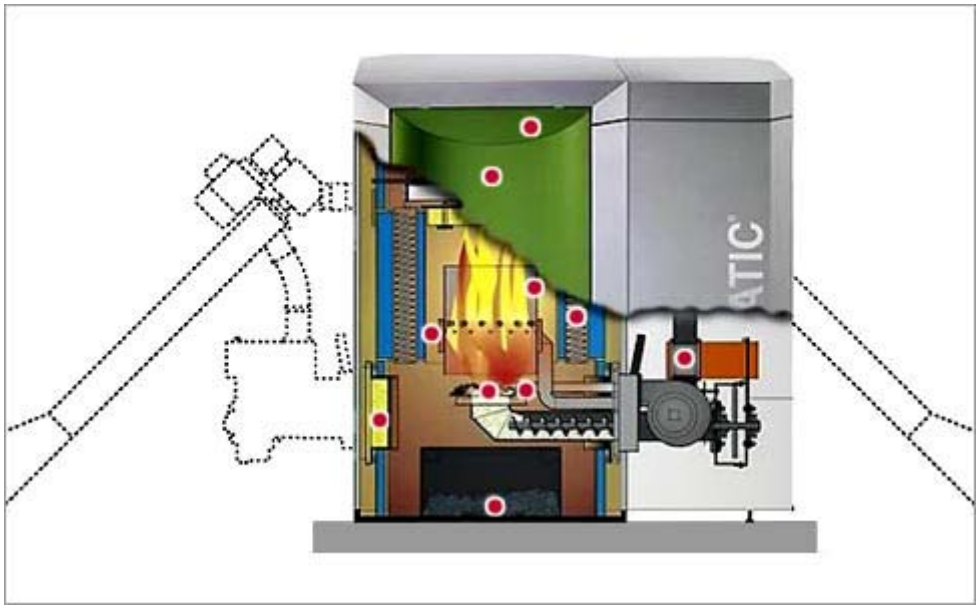


Abb. 11 Pelletkessel der Fa. „Ökofen" mit der Option, den Brenner links- oder rechtsseitig anzuschließen.

Technische Daten

Hersteller	Ökofen
Modellbezeichnung	Pellematic Klassik PE 15
Baujahr	2003
Kleinste/ Nennwärmeleistung	5 / 15 kW
Wirkungsgrad Voll- / Teillast [%]	92,6 / 90,0
Abgastemperatur Voll-/ Teillast [°C]	160 / 120
CO_2-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	81 / 437
CO_2-Emissionen Voll-/ Teillast [%-Vol.]	7,7 / 12,4
Staub-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	8 / n.g.
NOx-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	74 / n.g.
Organ. Gebundene C-Emissionen Voll-/ Teillast [mg/Nm³]	2 / 2,5
Lambda-Sonde	Nein
Automatische Zündung	Ja (Heißluftgebläse)

Tab. 7 TECHNISCHE DATEN DES PELLETKESSEL

(Quelle: Ökofen Handbuch, Seite 20/21)

5.5 Kältetechnik

Die Kältetechnik ist im Bäckerhandwerk mittlerweile unverzichtbar, weil mit ihrer Hilfe Backwaren als Teiglinge vorgefertigt und zu einem optimalen Zeitpunkt für das Backen bereitgestellt werden können. Auf der anderen Seite erhöht sich dadurch der Energieeinsatz für die Backwarenherstellung deutlich.

Neben der Kompressionskältetechnik, die in der Bäckerei Schwarzmaier zum Einsatz kommt, gibt es die so genannte Absorptionskältetechnik, deren Vorteil u.a. darin besteht, dass Abwärme aus dem Betrieb für Kühlzwecke genutzt wird. Für die Bäckerei Schwarzmaier ist die Nutzung der zurück gewonnen Wärme mittels Absorptionskältetechnik auf der Grundlage des bestehenden Energiekonzeptes zu unwirtschaftlich.

Die Bäckerei Schwarzmaier verfügt über zwei Anlagen zum Kühlen und Gefrieren und eine Anlage zum Kühlen/Gären. Alle Anlagen sind mit Plattenwärmetauschern (Kap. 5) ausgestattet.

Abb. 12 Gärautomat (links) und Gärunterbrecher (rechts) mit Stikkenwagen und vorgefertigten Teiglingen

Technische Daten

Hersteller	Reinhard Bäckereikälte
Typ	Gärautomat
Bezeichnung	Dolby-Gär 01
Nennleistung Kompressor	0,75 KW
Kälteleistung	2740 W / -15°C Vt
Kältemittel	R404a
Verdampferoberfläche	19,00 m²
Luftleistung	1400 m³/h
Heizleistung	2,45 KW
Dampfbefeuchter	1,50 KW / Leistung 2 kg/h
Stromart	230/400 V / 50 Hz
Absicherung	16 A träge (Schmelzsicherung)
Temperaturbereich	-25°C bis + 40°C
Luftfeuchte	40 % bis 95 rel.
Anschlusswert	3,95 KW

Tab. 8 TECHNISCHE DATEN - GÄRAUTOMAT

Technische Daten

Hersteller	Reinhard Bäckereikälte
Typ	Gärunterbrecher
Bezeichnung	GU-GV 01
Nennleistung Kompressor	2,20 KW
Kälteleistung	5400 W / -25°C Vt
Kältemittel	R404a
Verdampferoberfläche	42,40 m²
Luftleistung	3540 m³/h
Heizleistung	4,50 KW
Stromart	230/400 V / 50 Hz
Absicherung	16 A träge (Schmelzsicherung)
Temperaturbereich	- 8°C bis - 18°C
Luftfeuchte	95 % rel.
Anschlusswert	4,60 KW

Tab. 9 TECHNISCHE DATEN – GÄRUNTERBRECHER

Abb. 13 Großer Gärunterbrecher mit integrierter Kühlzelle

Der Große Gärunterbrecher bietet Platz für 4 Stikkenwagen. Die vorgelagerte Kühlzelle dient dazu, den Energieverlust beim Öffnen des Gärunterbrechers zu verringern (Schleusenfunktion)

Technische Daten

Hersteller	Reinhard Bäckereikälte
Typ	Gärunterbrecher
Bezeichnung	GU-GV 06
Nennleistung Kompressor	2,20 KW
Kälteleistung	4400 W / -25°C Vt
Kältemittel	R404a
Verdampferoberfläche	59,40 m²
Luftleistung	4140 m³/h
Heizleistung	5,35 KW
Stromart	230/400 V / 50 Hz
Absicherung	16 A träge (Schmelzsicherung)
Temperaturbereich	- 8°C bis - 18°C
Luftfeuchte	95 % rel.
Anschlusswert	5,70 KW

Tab. 10 TECHNISCHE DATEN – GÄRUNTERBRECHER (GROß)

Die Isolierung aller Einheiten besteht aus 100 mm PUR (Polyurethan) und ist FCKW-frei. Der K-Wert beträgt 0,19 W / m²K.

6 Technische Konzepte der Holzpelletbrenner und der Energierückgewinnung

Interessant unter dem Aspekt der Energieeffizienz und des betrieblichen Umweltschutzes im Bäckerhandwerk sind die beiden technischen Konzepte „Einsatz von Holzpellets als Energieträger" und „Energierückgewinnung". Sie werden im Folgenden getrennt dargestellt, ebenso wie ihre Wirtschaftlichkeit in Kapitel 7, weil sie im Betrieb getrennt voneinander umgesetzt werden können.

6.1 Einsatz von Holzpellets als Energieträger

Holzpellets werden nach normierten Qualitätsstandards produziert (s. Kap. 7.1.2). Die Entscheidung zugunsten von Holzpellets gegenüber Hackschnitzeln wurde aufgrund der definierten Qualitätsstandards und der genaueren Kalibrierung getroffen. Das gewährleistet eine störungsfreie automatische Beschickung der Ofenbrenner und des Pelletkessels.

Das Holzpelletsilo hat ein Fassungsvermögen von 20 t. Es grenzt direkt an die Wand der Backstube an, an der die beiden Backöfen nebeneinander platziert sind. Damit sind die Förderwege kurz und weniger störanfällig. Über eine Förderschnecke werden die Holzpellets aus dem Silo bis zu den Brennern der beiden Backöfen transportiert. Nach Aussagen von Herrn Schwarzmaier gibt es dabei keinerlei technische Störungen.

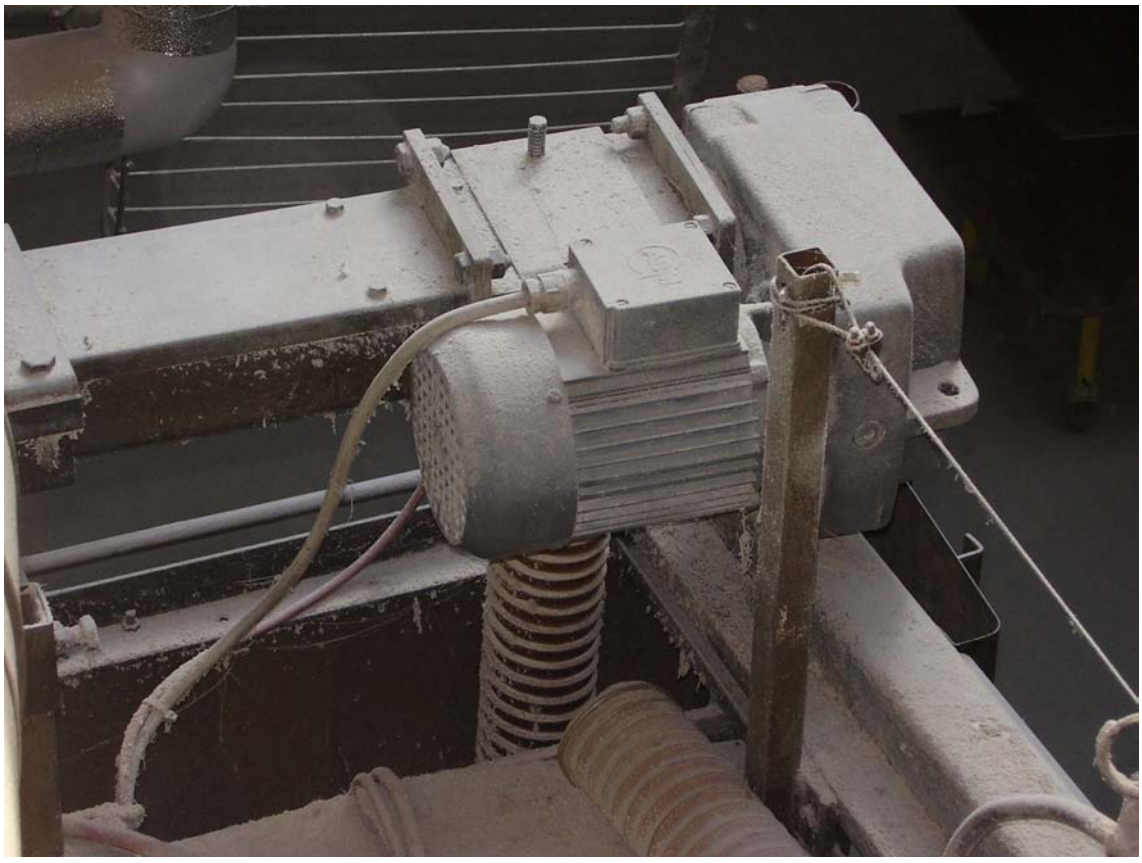


Abb. 14 Antrieb für Förderschnecke und Fallrohr

Die Backöfen der Firma „mondial forni", Verona, mussten für den Betrieb mit den Pelletbrennern der Firma Gilles angepasst werden. Unter anderem waren Vorrichtungen zur Ascheausbringung zu installieren. Neben dem ohnehin hohen Preis für die Pelletbrenner und der aufwendigen Fördertechnik, verursachen diese Anpassungsarbeiten weitere Investitionskosten (Kap. 8).

6.2 Wärmerückgewinnung

Die Anlage [genaue Bezeichnung folgt noch] zeigt ein detailliertes Schaltschema für die Heizung, aus dem der Aufbau und die technischen Anlagenteile hervorgehen.

Die zurückgewonnene Energie ist für das Heizen des Verkaufsraumes, der Backstube und des Wohnhauses, sowie zur Warmwasserbereitung für Backstube, Sozialräume und das Wohnhaus vorgesehen. Aufgrund der großen Abwärmemengen der Backöfen wird in der Praxis keine zusätzliche Heizenergie für die Backstube und den daran angrenzenden Verkaufsraum benötigt.

Der Brauchwasserverbrauch für die Backstube wird nicht separat erfasst und ist laut Angaben von Herrn Schwarzmaier sehr gering.

Neben dem Privatbereich der Familie Schwarzmaier sind im Wohnhaus Seminarräume und Übernachtungsmöglichkeiten für Seminarteilnehmer untergebracht. Die Gesamtfläche beläuft sich auf 380 m², die über das System der Wärmerückgewinnung beheizt werden. Es handelt sich um ein Niedrigenergiehaus. Das Wohnhaus wird ständig von der Familie Schwarzmaier mit Eltern und drei Kindern bewohnt.

Für die Betriebsferien, arbeitsfreie Tage und bei einem sehr hohen Heizenergiebedarf an kalten Tagen steht ein Pelletkessel der Firma „ÖkoFen" für den Notfall zur Verfügung (technische Daten siehe Kapitel 5.4). Wie die Energiebilanz zeigen wird (Kapitel 7.1) kommt er nur selten zum Einsatz und erzeugt über dem Messzeitraum eine jährliche Wärmemenge von 6.183 kWh, entsprechend einer Pelletsmenge von 1.250 kg (oder 600 Liter Heizöl). Der Pelletkessel wird ebenfalls automatisch über Förderschnecken aus dem Pelletsilo beschickt.

6.2.1 Abgaswärmetauscher

Zusammen mit dem Schwadenkondensator gehören die beiden Abgaswärmetauscher zum Herzstück der Wärmerückgewinnungs-Anlage. Sowohl der Etagen-, als auch der Stikkenofen wurden ursprünglich mit je einem Abgaswärmetauscher der Firma „NET GmbH" und des Typs „GB5.8-1.1" ausgestattet.

Funktionsweise: Das heiße Abgas verlässt den Ofen mit einer Temperatur von ca. 250°C bis 380 °C und durchströmt den Abgaswärmetauscher, der direkt am Ofenausgang installiert ist.

Abb. 15 Abgaswärmetauscher des Etagenofens mit geöffneter Abdeckung

Im Abgaswärmetauscher befindet sich ein Rohrregister, durch das kaltes Wasser geleitet wird (Rücklauf). Beim Durchfließen des Rohrregisters wird das Wasser durch die heißen Abgase erwärmt. Das erwärmte Wasser (Vorlauf) wird in einen Pufferspeicher geleitet und steht somit als Energiespeicher für Warmwasserbereitung und Heizung zur Verfügung.

Dimensionierung-Leistung

Die genannten Wärmetauscher sind mit einem Glattrohrregister ausgestattet, das sich für Feuerungen mit Holz, Pellets und Hackschnitzeln eignet, weil es sich problemlos mit Bürste oder Staubsauger reinigen lässt. Als Baumaterial kommt Edelstahl zum Einsatz.

Um eine Überhitzung des Kühlwassers zu vermeiden, sind die Wärmetauscher mit einem Abgas-Bypass ausgestattet. Ein Stellmotor am Wärmetauscher, der durch einen Thermostat am Wärmespeicher gesteuert wird, schaltet mit Hilfe von Klappen die Wärmerückgewinnung bei Wärmeüberschuss aus und bei erneutem Wärmebedarf wieder ein.

Die Abgaswärmetauscher wurden für einen Abgasmassestrom von 143 kg/h dimensioniert. Bei einer Abgastemperatur von 280°C und einer Abkühlung des Kühlwassers auf ca. 120°C, ergibt sich eine maximale Wärmeleistung von 7,2 kW

je Wärmetauscher. Bei einer durchschnittlichen Wärmeleistung von 5 kW und einer täglichen Betriebszeit von 8 h, ergeben sich für die beiden Abgaswärmetauscher Wärmemengen in Höhe von 80 kWh/Tag. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass die ursprüngliche Dimensionierung der Abgaswärmetauscher zu klein ausgefallen war und eine Erhöhung der Leistung durch eine Verdopplung der Rohrregister (von 48 auf 96 Rohre) zu befriedigenden Ergebnissen bei der Wärmerückgewinnung führen (siehe Kapitel 7).

Abb. 16 Ausgebauter Abgaswärmetauscher mit sichtbarem Glattrohrregister

Aufgrund des geringen Strömungswiderstandes der Abgase im Wärmetauscher reicht in der Regel der natürliche Zug des Kamins. Die Backeigenschaften eines Backofens werden nicht beeinträchtigt. Aufgrund der kompakten Größe der Abgaswärmetauscher lassen sie sich auf kleinsten Raum und auch nachträglich problemlos einbauen.

Technische Daten

Abgasmassenstrom ca.	180	Kg/h
Abgastemperatur Eintritt	280	°C
Abgastemperatur Austritt ca.	119	°C
Abgas-Druckverlust ca.	6	Pa
Kühlwassermassenstrom ca.	770	Kg/h
Kühlwassertemperatur Eintritt	60	°C

Kühlwassertemperatur Austritt	70	°C
Kühlwassertemperatur-Druckverlust ca.	7	mbar
Betriebsdruck maximal	6	bar
Betriebstemperatur maximal	100	°C
Heizfläche	1,4	m²
Wärmeleistung ca.	8,9	kW
Gehäuseabmessungen:		
Länge	680	mm
Breite	520	mm
Höhe	250	mm
Kühlwasseranschlüsse	¾"	IG
Abgasanschlüsse Ø	250	mm
Gehäuse-Ausführung	Links oder rechts	

Tab. 11 TECHNISCHE DATEN DER ABGASWÄRMETAUSCHER

(Quelle: Informationen der Firma NET GmbH)

6.2.2 Schwadenkondensator

Der Schwaden aus den beiden Backöfen wird vom Rauchgas separat über einen Abzug abgeführt. Die Schwadenabzüge werden zusammengeführt, um den Schwaden über einen Schwadenkondensator zu führen und anschließend über einen Edelstahlabzug nach draußen zu leiten. Mit dem Schwadenkondensator wird die beträchtliche Kondensationswärme des Wasserdampfes im Schwaden zurückgewonnen.

Funktionsweise: Ähnlich wie beim Abgaswärmetauscher werden die warmen Schwaden durch den Schwadenkondensator geleitet, der im inneren mit Rippenrohren ausgestattet ist, die vom Wasser durchströmt werden und die Energie aus dem Kondensieren des Wasserdampfes aufnehmen.

Abb. 17 Schwadenabzüge mit Schwadenkondensator (Kasten)

Dimensionierung-Leistung

Der Schwadenkondensator des Typs SKG30 ist aus hochlegiertem Stahl gefertigt. Eine Überhitzung ist beim Schwadenkondensator – anders als bei den Abgaswärmetauschern – nicht möglich, da bei hohen Temperaturen im Heizungskreislauf lediglich die Wärmeleistung zurück geht (passiver Bypass-Effekt). Deshalb sind keine mechanischen Regelungen notwendig.

Der Schwadenkondensator des Typus SK30 ist für eine Backfläche von 17 m² ausgelegt. Die Wärmeleistung ist wesentlich durch die Temperatur des Schwadens und die Rücklauftemperatur des Kühlwassers determiniert. In der ursprünglichen Planung der Firma NET GmbH wurde nach Aussagen von Herrn Schwarzmaier die berechnete Wärmerückgewinnung mit 140 kWh/Tag deutlich zu hoch angesetzt, weil der energiereiche Schwaden beim Backprozess nicht so kontinuierlich anfällt wie das Rauchgas.

Technische Daten

Eignung für Backfläche von ca.	17	m²
Schwaden-Druckverlust ca.	4	Pa
Kühlwassermassenstrom ca.	2600	Kg/h
Kühlwassertemperatur Eintritt	50	°C
Kühlwassertemperatur Austritt	60	°C

Kühlwasser-Druckverlust ca.	40	mbar
Kondensationsfläche	4,6	m²
Wärmeleistung maximal	30	kW *)
Gehäuseabmessung:		
Breite	231	mm
Tiefe	610	mm
Höhe	550	mm
Anzahl der Register	1	
Anzahl der Eingänge	2	
Anschlüsse Schwadeneingang Ø	250	mm
Anschluss Schwadenausgang Ø	250	mm

*) bei Massenstrom von 51 kg/h und 0,9 bar Dampf-Partialdruck

Tab. 12 TECHNISCHE DATEN DES SCHWADENKONDENSATORS

6.2.3 Kompaktwärmetauscher – Kältetechnik

Die für die Energierückgewinnung aus den Kälteanlagen installierten Kompaktwärmetauscher basieren auf dem Funktionsprinzip so genannter Plattenwärmetauscher.

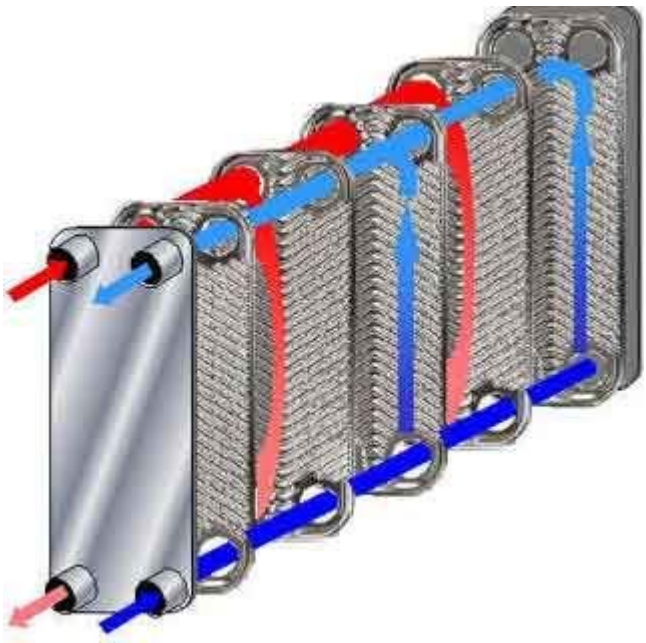


Abb. 18 Funktionsschema eines Plattenwärmetauschers

Funktionsweise: Das Prinzip der Plattenwärmetauscher beruht darauf, dass zwei Wasserkreisläufe das aus mehreren Platten bestehende Aggregat im Gegenstromprinzip durchfließen und dadurch eine effiziente Wärmeübertragung vom

warmen Wasser des einen Kreislaufes auf das kalte Wasser des zweiten Kreislaufes gewährleistet wird. (Quelle: www.wj-dietrich.de)

Dimensionierung

Die Kältetechnik wird von der Firma Reinhardt bereits mit entsprechend dimensionierten Kompaktwärmetauschern der Firma SWEP International AB aus Schweden ausgestatten. Zum Einsatz kommen die Kompaktwärmetauscher vom Typ B15-10, 2 × B8-10, B10-10.

Die technischen Daten befinden sich in der Anlage.

6.2.4 Pufferspeicher

Zum Einsatz kommen drei Pufferspeicher à 1.000 Liter Fassungsvermögen und einer mit einem Fassungsvermögen von 800 Litern. Der kleine Pufferspeicher ist oberhalb der beiden großen Speicher positioniert und verfügt über die höchsten Speichertemperaturen. Unmittelbar neben diesem Speicher sind zwei Plattenwärmetauscher für die Warmwasserbereitung angeschlossen

Alle Speicher sind mit einer Wärmeisolierung versehen, um Speicherverluste so gering wie möglich zu halten.

7 Energie- und Emissionsbilanz

Die nachfolgende Energie- und Emissionsbilanz bezieht sich ausschließlich auf den Produktionsstandort in Etting (Bilanzgrenzen). Der Energiebedarf für den Fuhrpark und die Verkaufsfiliale in der Weilheimer Innenstadt blieben unberücksichtigt. Der Bilanzzeitraum erstreckt sich über ein Jahr vom 1.Mai 2004 bis zum 30. April 2005. In diesem Zeitraum wurden jeweils am Letzten eines Monats die Wärmemengen, die durch Abgastauscher, Schwadenkondensator und Plattentauscher zurückgewonnen wurden in kWh ermittelt. Auf der Verbrauchsseite wurden die Wärmemengen für den Pelletkessel (Notaggregat), die Heizung für das Wohnhaus und den Warmwasserbedarf für Wohnhaus und Backstube abgelesen.

Der Verbrauch an elektrischer Energie wurde ebenfalls am Letzten jeden Monats differenziert nach Kühlzellen, Mühlen, Rühren/Kneten/Wiegen, Backöfen (Umluft), Pellettechnik und Licht festgehalten.

7.1 Energiebedarf

Der gesamte Energiebedarf wird über die beiden Energieträger Holzpellets und Strom gedeckt.

7.1.1 Stromverbrauch

Zum Konzept und zur Firmenphilosophie der Bäckerei Schwarzmaier gehört es, möglichst wenig CO_2 zu emittieren (CO_2-neutrale Bäckerei). Beim Strom greift sie deshalb auf den Anbieter „Greenpeace energy AG" zurück, der einen großen Anteil seines Energieangebotes, nämlich 72%, aus CO_2-neutralen erneuerbaren Energiequellen speist. Lediglich 28% des Energiemixes kommen aus Erdgas (Quelle: Informationen von Greenpeace energy).

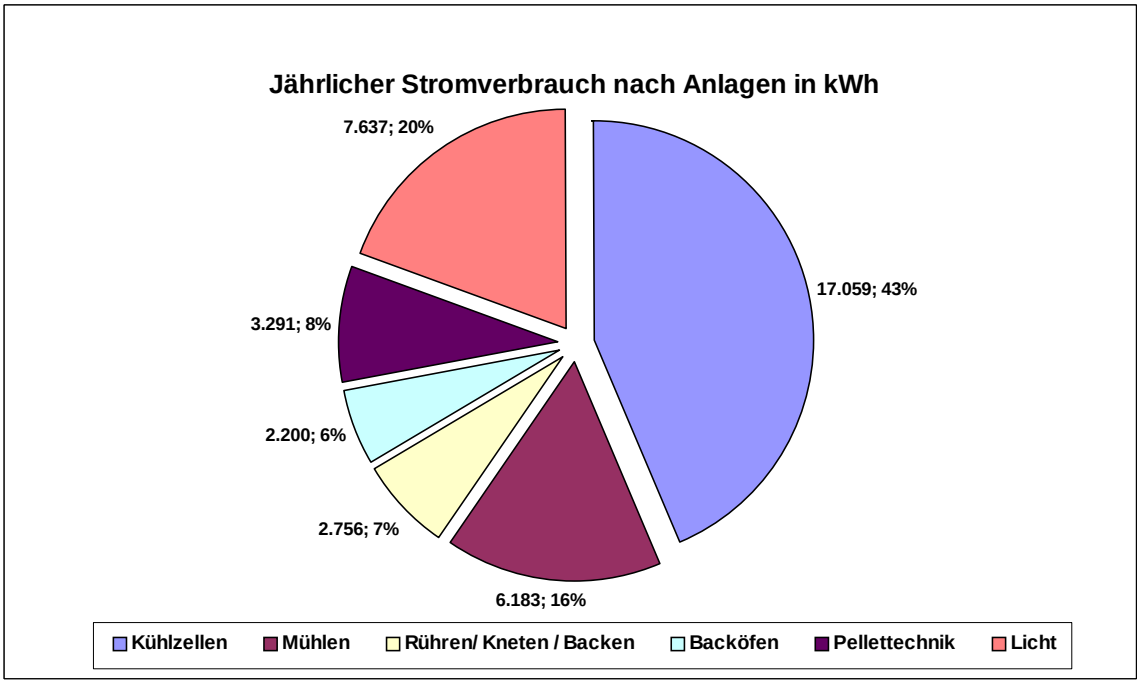


Abb. 19 Stromverbrauch nach elektrischen Verbrauchern

Der größte Verbraucher an elektrischer Energie sind erwartungsgemäß die Kühlzellen mit 17.059 kWh/a oder 43,6% des Gesamtbedarfs an Strom. Davon werden aber 5.607 kWh/a oder 33% über Plattentauscher wieder zurückgewonnen.

Mit 20% am Gesamtstromverbrauch und 7.637 kWh/a ist das Licht der zweitgrößte Stromverbraucher. Ein Grund hierfür ist der hohe Verbrauch der Friteuse im Dezember und Januar, denn bei der Beleuchtung handelt es sich um eine Energie sparende Beleuchtungsanlage. Große Dachfenster sorgen für einen natürlichen Lichteinfall.

Die drei Zentrofanmühlen verbrauchen eine jährliche Energiemenge von 6.183 kWh oder 16% am Gesamtverbrauch.

Die drei verbleibenden Energieverbraucher benötigen jeweils 6-8% am Gesamtstromverbrauch, wobei die Pellettechnik durch das Fördern des Brenngutes aus dem Vorratssilo zum Etagen- und Stikkenofen mit 3.291 kWh/a einen erheblichen Verbraucher darstellt. Die Backöfen benötigen elektrische Energie für die Gebläse der Brenner, Beleuchtung und Steuerung.

7.1.1.1 Stromverbrauch im Jahresverlauf

Die folgende Graphik zeigt den Stromverbrauch nach Verbrauchern im Jahresverlauf. Er ist bei allen Verbrauchern relativ konstant. Die niedrigen Verbrauchzahlen der Kältetechnik im August und Januar sind auf Betriebsferien zurückzuführen.

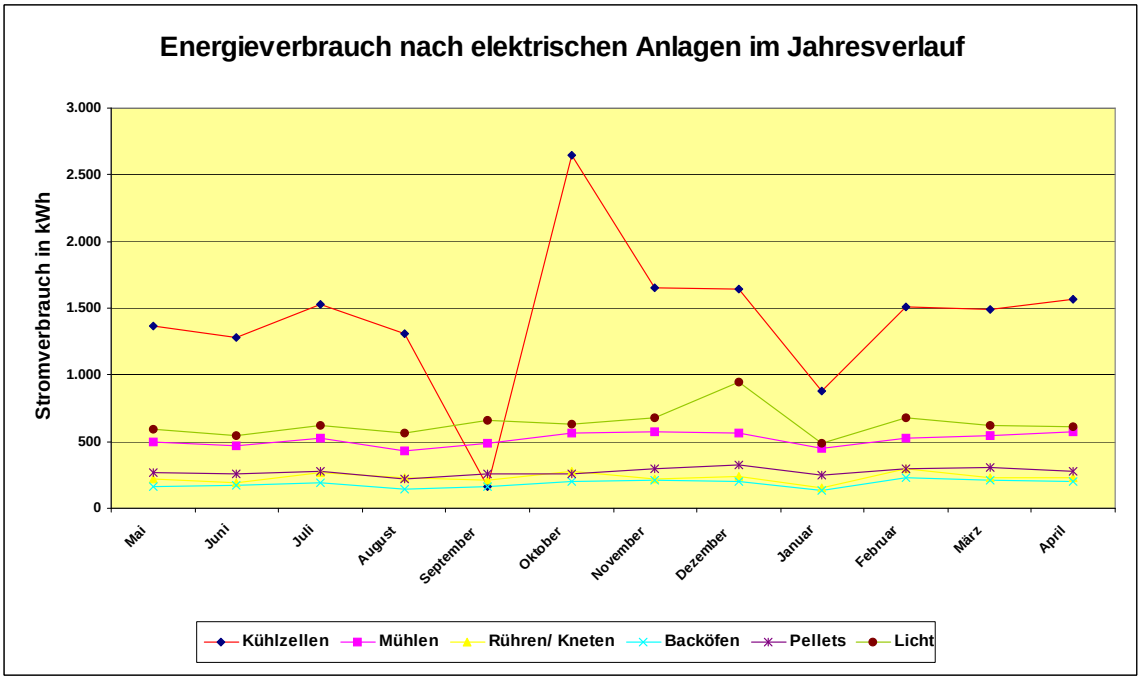


Abb. 20 Energieverbrauch nach elektrischen Verbrauchern im Jahresverlauf

7.1.2 Holzpellets

Ein Novum im Bäckerhandwerk ist der Einsatz von Holzpellets als Energieträger für den Etagen- und Stikkenofen. Zurzeit werden sie von einer Firma aus dem Westerwald bezogen. Unter ökologischen Gesichtspunkten ist dies wegen der langen Transportwege ein Nachteil. Die Firma Schwarzmaier bemüht sich um einen Lieferanten aus der Region, konnte bisher aber noch keinen ausfindig machen, der die Holzpellets in der erforderlichen Qualität liefern konnte.

Laut den Angaben der Firma „Westerwälder Holzpellets“ weisen die Holzpellets folgende Qualitätseigenschaften auf:

- Durchmesser: 6mm
- Länge: 30mm
- Dichte: 1,1t/m³
- Schüttgewicht: 650-700 kg/m³
- Brennwert: 4,9-5,0 kWh/kg
- Wassergehalt: max. 10%
- Ascheanteil: max. 0,1%
- Rindenanteil: max. 1%
- Staubanteil: < 10%

Wichtig ist der Energiegehalt, der bei den folgenden Umrechnungen mit 4,95 kWh/kg veranschlagt wurde.

7.1.2.1 Holzpellet-Verbrauch

Am 22.07.2004 wurde das Holzpellets-Silo vollständig gefüllt. Am 24.01.2005 wurden 20 t nachgekauft. Hochgerechnet auf ein Jahr ergibt sich eine Verbrauchsmenge von 39,25 t (Berechnung: 108kg/Tag x 365 Tage = 39,25 t/a). Das entspricht einer jährlichen Gesamtenergiemenge von 194.274 kWh.

7.1.2.2 Pelletkessel

Der Pelletkessel dient als Notaggregat zur Wärmeerzeugung für den Fall, dass der Verbrauch an Wärmeenergie für das Wohnhaus nicht durch die zurückgewonnenen Energiemengen gedeckt werden kann. Wie die untenstehende Graphik zeigt, ist - wie nicht anders anzunehmen – der Pelletkessel vorwiegend in den Wintermonaten (November-März) bzw. in Zeiten der Betriebsruhe (Ferien/Juli) in Betrieb.

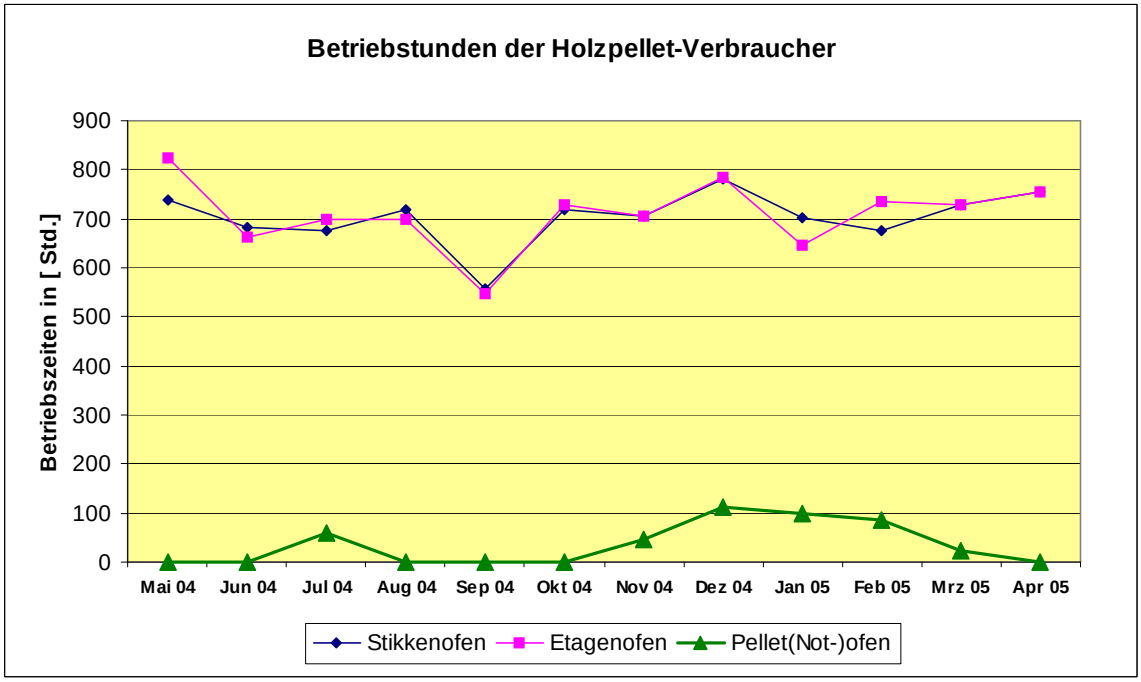


Abb. 21 Betriebsstunden der Holzpellet-Verbraucher

Da die durch den Pelletkessel erzeugte Energie fast ausschließlich dem Wohnhaus zugute kommt, muss die durch den Pelletkessel verbrauchte Pelletmenge vom Energieverbrauch für die Backstube abgezogen werden (1. Schritt zur Berechnung des Netto-Energiebedarfs der Backstube).

Insgesamt wurde mit dem Pelletkessel eine Energiemenge von 6.439 kWh/a erzeugt. Geht man von einem Wirkungsgrad (zugeführte Nutzenergie abzüg. Abgas- und Bereitschaftsverluste) des Pelletkessels von 60 % aus, so ergibt sich ein Pelletverbrauch von 10.732 kWh oder 2.168 kg/a. Diese Energiemenge ist vom Gesamtpellets-Verbrauch abzuziehen (siehe Netto-Verbrauchsrechnung für die Backstube, Kap. 7.7.2).

7.2 Primär-Energieverbrauch nach Energieträgern

Der Anteil des Energieträgers Holzpellets liegt bei 82% des Gesamt-Energieverbrauchs oder 183.543 kWh/a (ohne Verbrauch des Pelletkessels). Der Stromverbrauch beläuft sich auf 18% bzw. 39.126 kWh/a.

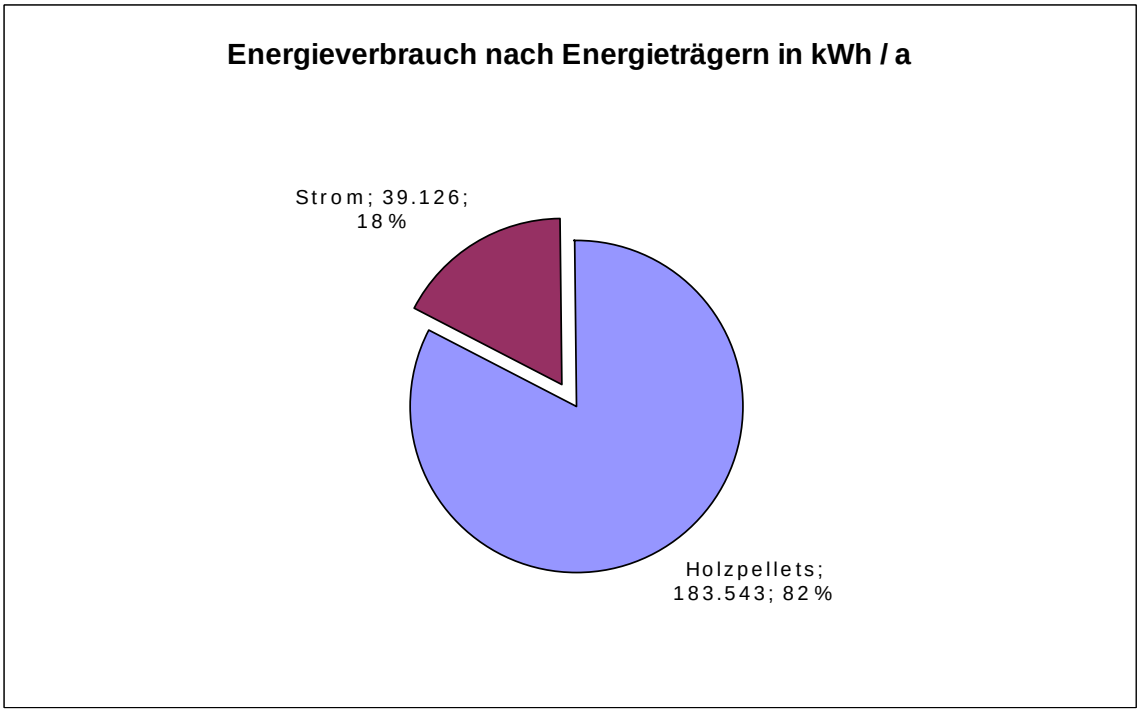


Abb. 22 Energieverbrauch nach Energieträgern in kWh/a

7.3 Energierückgewinnung

Die Energierückgewinnung findet mit Hilfe von Wärmetauschern an den folgenden Orten im System statt:

- Zwei Abgaswärmetauscher an den Rauchgaszügen vom Etagen- und vom Stikkenofen
- Ein Schwadenkondensator für beide Schwadenabzüge
- 4 Plattenwärmetauscher zur Nutzung der Abwärme der Kühlzellen

Die monatlichen Messdaten wurden mit Hilfe von Wärmemengenzählern erfasst. Dabei wurden die zurückgewonnenen Wärmemengen für die beiden Wärmetauscher und den Schwadenkondensator zusammen erfasst.

		Energie - Rückgewinnung				
		WT + Schwadenkondensator		Plattentauscher Kältetechnik		**Gesamt**
Zeit		Energiemenge in kWh		Energiemenge in kWh		**in kWh**
Stichtag	Monat	Zählerstand	im Monat	Zählerstand	im Monat	
31.05.2004	Mai	3.320	1.840	1.613	439	**2.279**
30.06.2004	Juni	4.767	1.447	1.986	373	**1.820**
31.07.2004	Juli	6.229	1.462	2.388	402	**1.864**
31.08.2004	August	7.461	1.232	2.736	348	**1.580**
30.09.2004	September	8.620	1.159	3.126	390	**1.549**
31.10.2004	Oktober	10.679	2.059	3.613	487	**2.546**
30.11.2004	November	13.397	2.718	4.097	484	**3.202**
31.12.2004	Dezember	16.117	2.720	4.612	515	**3.235**
31.01.2005	Januar	18.180	2.063	5.070	458	**2.521**
28.02.2005	Februar	20.680	2.500	5.600	530	**3.030**
31.03.2005	März	23.424	2.744	6.232	632	**3.376**
30.04.2005	April	26.700	3.276	6.781	549	**3.825**
Summe			**25.220**		**5.607**	**30.827**

Tab. 13 ENERGIERÜCKGEWINNUNG WÄRMETAUSCHER, SCHWADENKONDENSATOR UND PLATTENWÄRMETAUSCHER

Am 07.04.2005 wurde der Wärmetauscher für den Etagenbackofen ausgetauscht. Um eine höhere Effizienz bei der Energierückgewinnung zu erreichen, wurde ein größer dimensionierter Wärmetauscher (von 72 auf 96 Röhren) eingebaut. Dies wird an den Messdaten vom 30.04.2005 sichtbar. Obgleich die Betriebszeiten im März und April fast nahezu identisch waren, konnte im April die zurückgewonnene Energiemenge um 532 kWh von 2.744 kWh im März auf 3.276 kWh im April gesteigert werden. Unter Berücksichtigung der kürzeren Betriebszeit des größer dimensionierten Wärmetauschers (vom 07.04 bis zum 30.04 entsprechend 23 Tagen) hätte sogar die zurückgewonnene Energiemenge bei ca. 3.400 kWh für den Monat April liegen können. Gegenüber März bedeutet dies eine Steigerung um 665 kWh oder ca. 20%.

7.4 Sekundär - Energieverbrauch

Die zurückgewonnene Energie steht dem Heizsystem und der Warmwasserbereitung für Betrieb, Laden und Wohnhaus zur Verfügung. Sowohl der unmittelbar an die Backstube angrenzende Laden, als auch die Backstube selber benötigen auf Grund der Ofenabwärme keine Heizenergie. Ebenso werden im Betrieb nur geringe Mengen an Warmwasser verbraucht. Aus diesen Gründen kann der unten aufgeführte Energiebedarf für Heizung und Warmwasser komplett dem Wohnhaus zugeschlagen werden.

Sekundär-Energieverbrauch					
Monat	Heizung		Warmwasser		**Gesamt**
2004 / 2005	Energiemenge in kWh		Energiemenge in kWh		**in kWh**
	Zählerstand	im Monat	Zählerstand	im Monat	**Heizung + BWW**
Mai	18.707	1.043	371	145	**1.188**
Juni	19.263	556	524	153	**709**
Juli	19.562	299	741	217	**516**
August	19.718	156	1.068	327	**483**
September	20.853	1.135	1.111	43	**1.178**
Oktober	22.307	1.454	1.294	183	**1.637**
November	24.933	2.626	1.494	200	**2.826**
Dezember	28.537	3.604	1.727	233	**3.837**
Januar	30.802	2.265	1.926	199	**2.464**
Februar	34.393	3.591	2.174	248	**3.839**
März	36.451	2.058	2.443	269	**2.327**
April	37.539	1.088	2.785	342	**1.430**
		19.875		**2.559**	**22.434**

Tab. 14 ENERGIEBEDARF FÜR WARMWASSER UND HEIZUNG

Bei einer Größe des Wohnhauses inkl Seminarraum von 480 m² entspricht der jährliche Energiebedarf für das Heizen 46,73 kWh/m² pro Jahr. Dies entspricht den Werten für Niedrig-Energie-Häuser (40-60 kWh/m² im Jahr, Quelle: http://www.oekotec-online.de/download/pdf/ne_haus.pdf). Für den Warmwasserbedarf werden pro Person und Jahr 650 kWh gerechnet. Bei einem 4-Personenhaushalt entspricht dies einer jährlichen Energiemenge von 2.600 kWh (Quelle: http://www.enec.de).

7.5 Energiebereitstellung und Verbrauch im Jahresverlauf

Durch das Backen und Kühlen steht kontinuierlich Energie zur Energierückgewinnung zur Verfügung, wenn einmal von den Betriebsferien abgesehen wird. Dem gegenüber wird aber jahreszeitlich bedingt nur im Winter (Heizperiode) durch das Heizen ein erheblicher Anteil dieses Energiepotenzials abgerufen. D.h., im Sommer geht ein sehr großer Anteil potenziell zurückgewinnbarer Energie verloren, was durch die folgende Abbildung belegt wird.

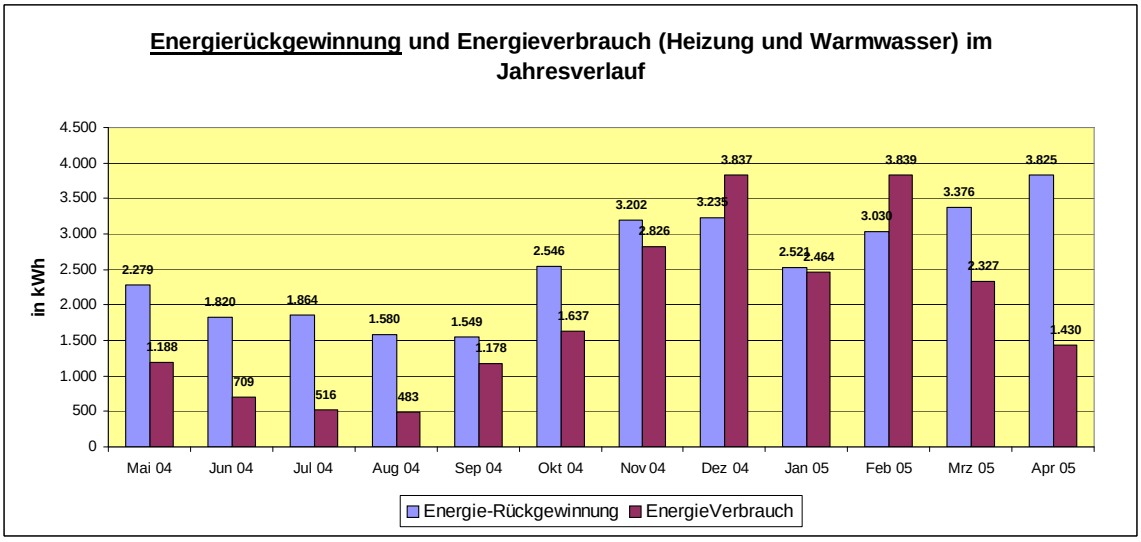


Abb. 23 Energierückgewinnung und Energiebedarf

In der Graphik wird der monatlich zurückgewonnenen Energiemenge der monatliche Verbrauch gegenüber gestellt. Energieverluste durch Speicherung und Transport der Energie sind in dieser Graphik nicht dargestellt (siehe unten). Die Graphik macht zwei Sachverhalte deutlich:

- Die zurückgewonnene Energiemenge ist in den Sommermonaten geringer, weil es keine Abnehmer gibt. Denn sobald das Speichermedium (Wasser) seine max. Temperatur erreicht hat, werden die Rauchgase durch die Regeltechnik an den Wärmetauschern vorbei in den Kamin und somit in die Abluft geleitet.
- Während in den Sommermonaten (teilweise auch Herbst und Frühjahr) ein Energieüberhang existiert, kann der Energiebedarf während der strengen Wintermonate nicht vollständig durch die zurückgewonnene Energie gedeckt werden. Hier muss dann der Pelletkessel die zusätzliche Energie zur Verfügung stellen (siehe Abb. 21). Durch den Einbau des größer dimensionierten Abgastauschers kann der Einsatz des Pelletkessels im kommenden Winter weiter reduziert werden.

7.6 Wirkungsgrad der Energienutzung bei der Energierückgewinnung

Der Wirkungsgrad der Energienutzung ist umso besser

- je ausgewogener die Balance zwischen Energieangebot und Energieabnahme und
- je verlustärmer die Speicherung und der Transport der zwischengespeicherten Energie ist.

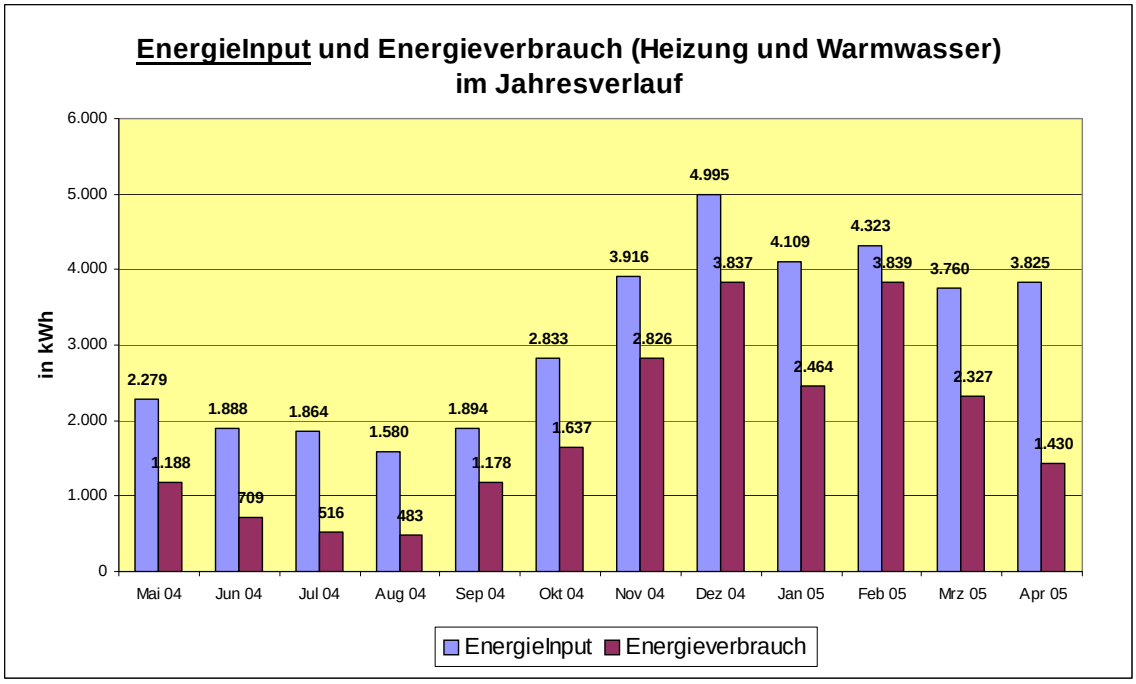


Abb. 24 Wirkungsgrad der Energienutzung durch Gegenüberstellung von Input und Abnahme

Bei der Darstellung des Wirkungsgrades der Energienutzung wurden die in das Speichersystem gegebenen Energiemengen, also neben der zurückgewonnen Energiemenge auch die durch den Pelletkessel bereitgestellte Energiemenge, dem Energieverbrauch gegenüber gestellt. Die Energieverluste errechnen sich wie folgt:

Energieverlust = EnergieInput (Wäremtauscher + Pelletkessel) - Abnahme durch die Verbraucher

Energieverlust in kW = 37.266 kW - 22.434 kW

= 14.832 kW

Der Energieverlust in Höhe von **14.832** kW pro Jahr oder 39,80% der bereitgestellten Energie ist allein auf Speicher- und Transportverluste zurückzuführen. Hinzu kommen weitere Verluste, die durch den Bypass-Effekt an den Wärmetauschern entstehen. Das bedeutet, dass die potenziell zurückgewinnbare Energiemenge deutlich höher ist. Die monatlichen Energieverluste sind mit 1000 – 1500 kWh/Monat relativ konstant.

7.7 Energieeinsparung und Netto-Energiebedarf der Backstube

Für die nachfolgenden Betrachtungen zur CO_2-Bilanz, der Wirtschaftlichkeit und dem Kennzahlenvergleich ist es wichtig, die Energieeinsparung und den Netto-Energieverbrauch zu kennen.

7.7.1 Energieeinsparung

Der Energiebedarf während des Betrachtungszeitraumes durch Heizung und Warmwasser beläuft sich auf 22.434 kWh/a. Der Energieinput beträgt durch Maßnahmen zur Energierückgewinnung (Abgastauscher, Schwadenkondensator und Plattenwärmetauscher) 30.827 kWh und durch den Pelletkessel 6.439 kWh, insgesamt also 37.266 kWh. Die Energieverluste durch die Energierückgewinnung (ohne Bypass-Effekt) betragen **14.832** kWh oder 39,80%. Für die wirtschaftliche Bewertung (Kapitel 8) ist die durch Maßnahmen der Energierückgewinnung substituierte Energiemenge relevant. Dabei sind die folgenden Aspekte zu beachten:

- Berücksichtigung der zusätzlichen Leistung des optimierten Abgaswärmetauschers
- Jahresnutzungsgrad einer separat für Heizung und Warmwasser installierten Heizungsanlage, weil die für Heizung und Warmwasser bereitgestellten Energiemengen unmittelbar bei der Abnahme gemessen wurden. Das heißt, Abgas-, Bereitstellungs- und Speicherverluste sind im System Schwarzmaier bereits berücksichtigt.

Optimierter Wärmetauscher

Der optimierte Abgaswärmetauscher vermag eine zusätzliche Energiemenge je Monat in Höhe von 665 kWh (vergl. Seite 44) zur Verfügung zu stellen. Betrachtet man die vom Pelletkessel gelieferten Energiemengen im Jahresverlauf, so kann festgestellt werden, dass der optimierte Wärmetauscher bis auf drei Wintermonate den kompletten Energiebedarf decken kann. Für die verbleibenden drei Wintermonate (Dezember bis Februar) kann überschlägig betrachtet die monatliche, vom Pelletkessel zur Verfügung gestellte Energiemenge auf ca. 1.000 kWh/Monat reduziert werden, sodass sich summa-sumarum die Leistung des Pelletkessels auf ca. 3.000 kWh/a belaufen wird.

Monat	Pelletkessel*	
2004 / 2005	Energiemenge in kWh	
	Zählerstand	im Monat
Mai	8.618	0
Juni	8.686	68
Juli	8.686	0
August	8.686	0
September	9.031	345
Oktober	9.318	287
November	10.032	714
Dezember	11.792	1.760
Januar	13.380	1.588
Februar	14.673	1.293
März	15.057	384
April	15.057	0
		6.439
*: zusätzliche Energiequelle für Wohngebäude!		

Tab. 15 IM JAHRESVERLAUF GELIEFERTE WÄRMEMENGEN DES PELLETKESSELS

Das entspricht 8% der insgesamt für Warmwasser und Heizen zur Verfügung gestellten Energiemenge in Höhe von **37.266** kWh. Als Rechnungsgrundlage werden 10% angenommen.

Entsprechend beläuft sich der Anteil der zurückgewonnenen Energiemenge am Gesamt-Energieverbrauch für Heizen und Warmwasser auf 20.191 kWh/a oder 90%.

Bei der Berechnung der substituierten Energiemenge ist der Jahresnutzungsgrad einer separat betriebenen Heizungsanlage zu berücksichtigen. Er wird durch die Abgas-, Bereitschafts- und Verteilungsverluste bestimmt und beläuft sich auf 50 – 70%. Das bedeutet, dass lediglich 50 - 70% der eingesetzten Energie direkt für die Heizung oder das Warmwasser zur Verfügung stehen, 40% bis 50% sind somit Abgas-, Bereitschafts- und Speicherverluste. (Quelle: www.heizenergie.de)

Ausgehend von einem Jahresnutzungsgrad von 60% und einer bereitgestellten Energiemenge von 20.191 kWh/a ergibt sich ein Gesamt-Energiebedarf für Heizung und Warmwasser in Höhe von 33.651 kWh/a. Durch die Maßnahmen zur Energierückgewinnung wird somit eine Energiemenge von 33.651 kWh/a eingespart. Das entspricht einer Heizölmenge von 3.365 Litern oder einer Holzpelletmenge von 6.798 kg.

7.7.2 Netto-Energieverbrauch der Backstube

Da die zurückgewonnene Energie ausschließlich dem Wohnbereich zugute kommt, dieser aber außerhalb der Bilanzgrenzen liegt, werden diese der Backstube gutgeschrieben, um so den Netto-Energieverbrauch der Backstube ermit-

teln zu können. Dieser ist wichtig für einen branchenspezifischen Kennzahlenvergleich.

Die Berechnung der Gutschrift berücksichtigt den Jahresnutzungsgrad in Höhe von 60 % einer separat betriebenen Heizungsanlage, die notwendig wäre, wenn es das System der Energierückgewinnung nicht gäbe.

Die folgende Tabelle verdeutlicht den Berechnungsvorgang

Nettoenergieverbrauch der Backstube pro Jahr		
Holzpellets		
Einkauf	194.274	kWh
- Verbrauch Pelletkessel	10.732	kWh
- nutzbare zurückgewonnene Energiemenge - Holzpellets*	27.530	kWh
Nettoenergieverbrauch Holzpelltes	**156.012**	**kWh**
Strom		
Einkauf / Bezug	39.126	kWh
- nutzbare zurückgewonne Energiemenge - Plattenwärmetauscher*	6.121	kWh
Nettoenergieverbrauch Strom	**33.005**	**kWh**
Gesamter Nettoenergieverbrauch	**189.018**	**kWh**
*: unter Berücksichtigung des Jahresnutzungsgrades (60%) einer separat betriebenen Heizungsanlage		

Tab. 16 JÄHRLICHER NETTOENERGIEVERBRAUCH DER BACKSTUBE

7.7.3 Energiebedarf im Kennzahlenvergleich

Die Ökobäckerei Schwarzmaier beteiligt sich an einem ökologisch-ökonomischen Benchmarking (Buda-Service).

Das unter www.buda.de erreichbare Internetportal bietet Betrieben verschiedener Branchen – unter anderem Bäckern – die Möglichkeit durch die Einrichtung eines geschützten Benutzerkontos und die Eingabe der Umweltdaten (Mengen und Kosten für Abfall, Wasser und Energie) Benchmark-Analysen durchzuführen. Damit steht kleinen und mittleren Betrieben – vor allem aus dem Handwerk – ein kostengünstiges und einfaches Instrument zur Verfügung, das ihnen schnell zeigt, in welchen Bereichen Kosteneinsparpotenziale schlummern. Die Analyseberichte werden durch ein betriebsspezifisches, den Ergebnissen des Analyseberichtes entsprechende Tipp-Liste komplettiert. Im Internet unter www.buda.de ist ein Gastkonto eingerichtet, wo der Login-Bereich getestet werden kann.

Zurzeit wird die Anwendung durch die Betriebe von den Freistaaten Bayern und Sachsen gefördert (siehe Anlage, Flyer aus Bayern, Hessen und Sachsen).

Energie-Kostenanalyse Seite 1 von 2

Öko-Vollwertbäckerei Schwarzmaier
Mühlweg 11
82398 Etting

buda SERVICE

Analyse der Energiekosten 2004

Die Analyse Ihrer spezifischen Energiekosten umfasst die Grafik "Ihre spezifischen Energiekosten im Vergleich" und die Tabelle "Einsparpotenzial durch Optimierung der spezifischen Kosten". Zusätzlich geben wir Ihnen auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittene Tipps zur Optimierung der spezifischen Kosten.

Die Berechnungen basieren auf dem Vergleich Ihrer eigenen Werte mit sogenannten Benchmarks. Benchmarks sind ehrgeizige aber durchaus realistische Zielgrößen für jedes Unternehmen. Sie werden von uns laufend aus einer Vielzahl realer Daten individuell für Ihr Dienstleistungsspektrum und Ihre Betriebsgröße so berechnet, dass rund 25% der Betriebe unter den Benchmarks liegen.

Das Einsparpotenzial errechnet sich allein aufgrund der Optimierung der spezifischen Kosten. Es ist möglich, dass sich durch Energiespar-Maßnahmen weitere Kosten-Einsparpotenziale ergeben. Hierzu liefert die "Mengenanalyse" weitere Informationen.

1 Ihre spezifischen Energiekosten im Vergleich

Im untenstehenden Diagramm sehen Sie Ihre spezifischen Energiekosten im Vergleich mit Benchmarks. Die Benchmarks sind als blaue Balken dargestellt, Ihre eigenen Werte je nach Höhe in grün, orange oder rot.

Hinweis: Weitere potenzielle Kennzahlen stehen für Sie bereit, Sie haben bisher aber keine entsprechenden Buchungen eingegeben. Alle nicht angezeigten Kennzahlen finden Sie in der Datendiagnose.

2 Einsparpotenzial durch Optimierung der spez. Kosten

Die untenstehende Tabelle zeigt für jeden Energieträger die betrieblichen Werte (Spalte "Eigene Kosten"), die auf der Grundlage der Benchmarks berechneten Werte (Spalte "Benchmarking") und das daraus resultierende Einsparpotential.

Energieträger	Eigene Kosten	Benchmarking	Einsparpotenzial
Strom	4.794 €	3.621 €	1.173 €
Gesamt	**4.794** €	**3.621** €	**1.173** €
Anteil am Umsatz	0,87 %	0,66 %	0,21 %

Diese Berechnung basiert auf folgenden betrieblichen Daten:
Umsatz: 548.000,00 €

Abb. 25 Analysebericht „Analyse der Energiekosten 2004“

Der Analysebericht zeigt erhöhte Kosten für den Energieträger Strom mit 14,43 ct/kWh gegenüber dem Benchmark-Wert von 10,94 ct/kWh. Die spezifischen Stromkosten werden nicht allein durch das Angebot der Stromlieferanten, son-

dern auch vom Lastmanagement (Leistungspreis) bestimmt. Neben dem Preisvergleich ist gerade bei den Bäckern auch auf ein optimales Lastmanagement durch vermeiden von Lastspitzen zu achten. Die spezifischen Stromkosten der Firma Schwarzmaier werden deshalb auch zukünftig über dem Benchmark-Wert liegen, weil sogenannter „Öko"-Strom – in diesem Fall von „Greenpeace energy AG" – immer etwas über den Strompreisen aus konventionellen Energiequellen liegt.

Es stehen zurzeit keine Kostenkennzahlen für den Energieträger Holzpellets zur Verfügung, weil dieser Energieträger kaum genutzt wird. Vergleicht man jedoch die Marktkosten von beispielsweise Heizöl (zurzeit ca. 47 ct/Liter) mit Holzpellets, so zeigt sich, dass Holzpellets (Marktpreis 148 €/t) mit 2,99 Cent/kWh deutlich günstiger als Heizöl mit 4,5 Cent/kWh sind.

Energie-Mengenanalyse Seite 1 von 2

Öko-Vollwertbäckerei Schwarzmaier
Mühlweg 11
82398 Etting

buda SERVICE

Analyse des Energieverbrauchs 2004

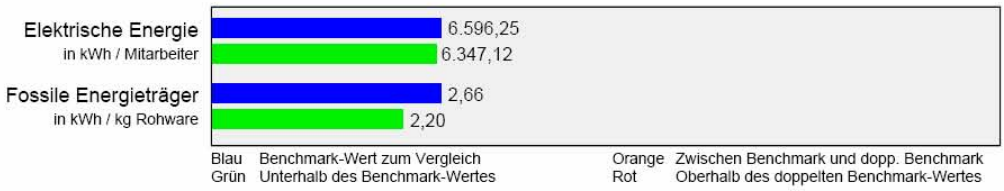
Die Analyse Ihrer Energiemengen umfasst die Grafik "Ihr Energieverbrauch im Vergleich" und die Tabelle "Einsparpotenzial durch Verbrauchsoptimierung". Zusätzlich geben wir Ihnen auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittene Tipps zur Verbrauchsoptimierung.

Die Berechnungen basieren auf dem Vergleich Ihrer eigenen Werte mit sogenannten Benchmarks. Benchmarks sind ehrgeizige aber durchaus realistische Zielgrößen für jedes Unternehmen. Sie werden von uns laufend aus einer Vielzahl realer Daten individuell für Ihr Dienstleistungsspektrum und Ihre Betriebsgröße so berechnet, dass rund 25% der Betriebe unter den Benchmarks liegen.

Das Einsparpotenzial errechnet sich allein aufgrund der Mengenoptimierung. Es ist möglich, dass sich durch Optimierung der Kostenstrukturen weitere Kosten-Einsparpotenziale ergeben. Hierzu liefert die "Kostenanalyse" weitere Informationen.

1 Ihr Energieverbrauch im Vergleich

Im untenstehenden Diagramm sehen Sie Ihren Energieverbrauch im Vergleich mit Benchmarks. Die Benchmarks sind als blaue Balken dargestellt, Ihre eigenen Werte je nach Höhe in grün, orange oder rot.



2 Einsparpotenzial durch Verbrauchsoptimierung

Die untenstehende Tabelle zeigt für jede Energieart die betrieblichen Werte (Spalte "Eigene Werte"), die auf der Grundlage der Benchmarks berechneten Werte (Spalte "Benchmarking") und das daraus resultierende Einsparpotential.

Energieart	Eigene Werte		Benchmarking		Einspar-Potenzial	
	kWh	Kosten	kWh	Kosten	kWh	Kosten
Elektrische Energie	33.005	4.794 €	34.300	4.982 €	0	0 €
Fossile Energieträger	156.012	4.665 €	188.565	5.638 €	0	0 €
Gesamt		**9.459** €		**10.620** €		**0** €
Anteil am Umsatz		1,73 %		1,94 %		0,00 %

Fossile Energieträger = Zusammenfassung des Verbrauchs aller Energieträger außer Strom (Heizöl, Gas etc.)
Diese Tabelle und das Diagramm basieren auf folgenden betrieblichen Daten:
Umsatz: 548.000 €, Mitarbeiter: 5,2, Verarbeitete Rohware: 71 t, Backfläche: 18 m²

Abb. 26 Analyse des Energieverbrauchs 2004

Bei den Energieverbrauchskennzahlen für elektrische Energie (kWh/Mitarbeiter) und fossile Energieträger (kWh/kg verarbeitete Rohware) liegt die Firma Schwarzmaier im „grünen“ Bereich. Der Ausdruck „fossile

Energieträger" ist in diesem Fall nicht zutreffend, da Holzpellets nicht darunter fallen. Gemeint ist der Verbrauch an üblicherweise fossilien Energieträgern wie Heizöl, Gas und Kohle.

Mit einem Stromverbrauch von 6.347,12 kWh/Mitarbeiter und Jahr liegen die betrieblichen Werte knapp unter den Benchmark-Werten. Ursache hierfür sind neben den zurück geführten Energiemengen, technisch neuwertige Kühlzellen mit Vorraum und eine energiesparende Beleuchtung, die den Einsatz von Lichtenergie ebenfalls reduzieren.

Bei den sonstigen Energieträgern (Holzpellets) liegen die betrieblichen Werte mit einem spezifischen Energiebedarf von 2,20 kWh/kg verarbeitete Rohware gegenüber dem Benchmark-Wert in Höhe von 2,66 kWh/kg pro Ware um knapp 20% günstiger. Hier machen sich in erster Linie die zurückgewonnenen Energiemengen bemerkbar. Es ist davon auszugehen, dass der spezifische Energieverbrauch aufgrund der neuen Abgastauscher im folgenden Bilanzjahr 2005 noch weiter abnehmen wird.

7.8 CO_2-Ausstoss und CO_2-Reduzierung

Ein wichtiges Unternehmensziel der Ökobäckerei Schwarzmaier ist die Schonung der Umwelt. Gegenstand des hier dokumentierten Förderprojektes ist eine weitgehende CO_2-Minimierung bei der Produktion durch die Nutzung regenerativer und CO_2-neutraler Energieträger. Mit dem Einsatz von Holzpellets ist dies bei einem Großteil des Energieverbrauchs gelungen. Der Bezug von Strom durch „Greenpeace energy AG" ist aufgrund des gelieferten Energiemixes mit einem Erdgasanteil von 28% nicht vollständig CO_2-frei. Nach eigenen Angaben von Greenpeace beträgt der CO2-Ausstoß/kWh 0,2 kg gegenüber 0,69 kg/kWh bei einem konventionellen Strommix.

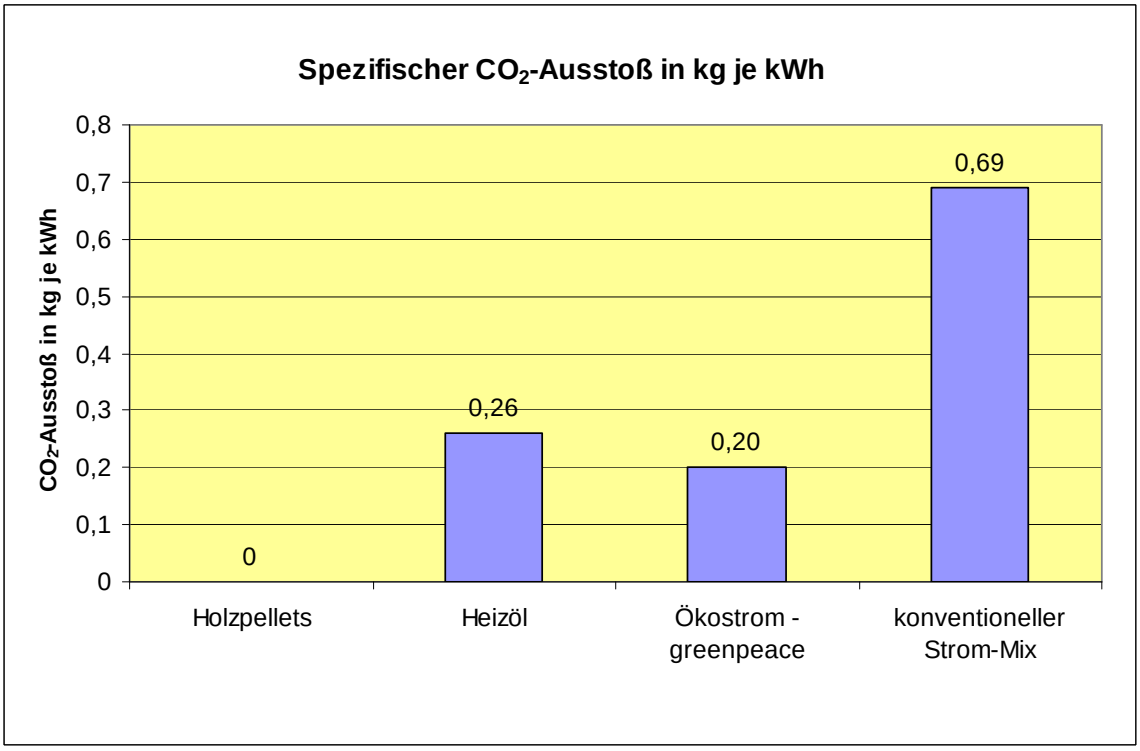


Abb. 27 Spezifischer CO_2 Ausstoß verschiedener Energieträger

Da der Energieträger Holzpellets als CO_2-neutral gilt, ist bei der CO_2-Bilanz lediglich der Strom zu berücksichtigen. Der gesamte CO_2-Ausstoß der Bäckerei Schwarzmaier beträgt somit bei einem Nettostromverbrauch von **33.005** kWh 6.601 kg CO_2 pro Jahr.

Zur Einschätzung dieser Verbrauchswerte (viel oder wenig?) ist es hilfreich, sie mit einer nach einem konventionellen Energiekonzept arbeitenden Bäckerei zu vergleichen. Bei der Berechnung des CO_2-Ausstoßes einer solchen Referenzbäckerei wird von den folgenden Eckdaten ausgegangen:

- Der Energieträger für die Backöfen ist Heizöl;
- Es wird keine Energie zurückgewonnen, wodurch es zu einem höheren spezifischen Energieverbrauch kommt. Es wird von Durchschnittswerten beim Energieverbrauch nach buda-Service ausgegangen.
- Es wird ein konventioneller Strommix genutzt.

Da eine solche Referenzbäckerei die Regel ist, kann man von einer deutschen Durchschnitts-Bäckerei sprechen. Bei einer vergleichbaren Größe (71 t Rohwaren-Verarbeitung/a), hat sie folgenden CO2-Ausstoß:

Vergleich CO_2-Ausstoss Ökobäckerei Schwarzmaier versus konventionelle Bäckerei								
	Energie Verbrauch						CO_2-Emissionen	
	Backöfen				Strom	Gesamt	Gesamt	je kg Mehl
	Energieträger	Menge	in	in kWh	in kWh	in kWh	in kg	in kg
Ökobäckerei Schwarzmaier	Holzpellets	31.518	kg	156.012	33.005	189.018	6.601	0,09
Referenzbäckerei - konventionell	Heizöl	22.223	ltr.	222.230	46.773	269.003	90.053	1,27

Tab. 17 CO_2-Ausstoß – Vergleich der Ökobäckerei Schwarzmaier mit einer Referenzbäckerei

Der CO_2-Ausstoß der Bäckerei Schwarzmaier mit 6.601 kg/a beträgt nur 7,3% des CO_2-Ausstoßes einer konventionell arbeitenden Bäckerei mit 90.053 kg/a.

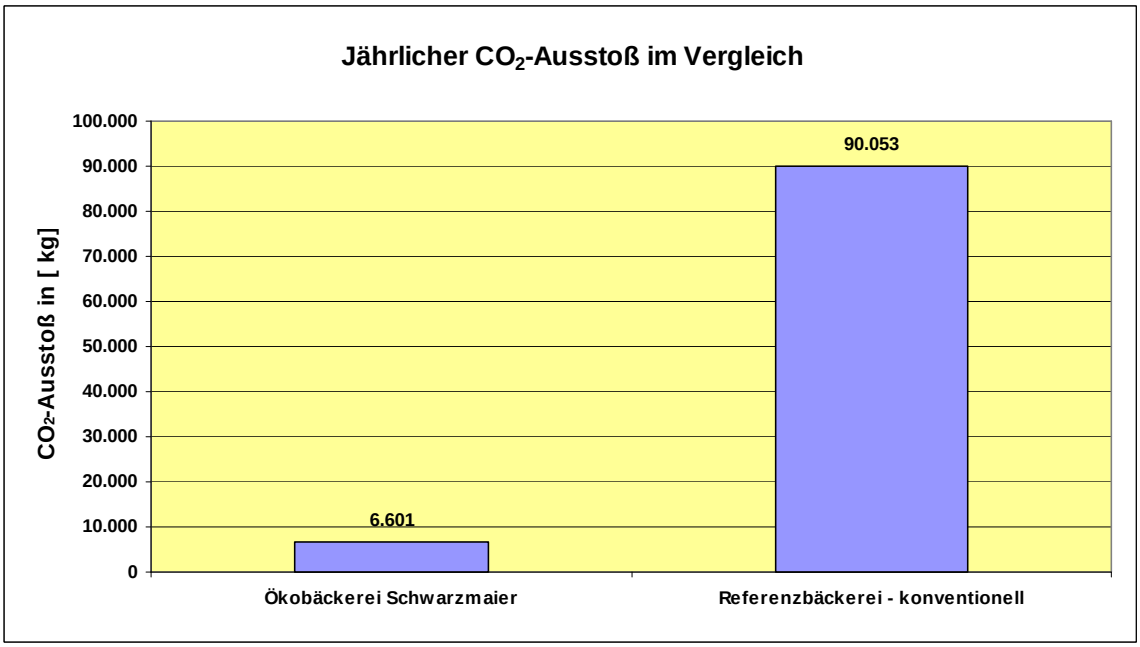


Abb. 28 Grafische Darstellung des CO_2-Vergleichs

Die CO_2 −Reduktion der Bäckerei Schwarzmaier beläuft sich demnach auf 83.452 kg/a. Das entspricht einem eingesparten Heizölverbrauch von 32.097 ltr./a und einer CO_2 -Einsparung, die dem CO_2 −Ausstoß von 20-25 Einfamilienhäusern mit Heizölheizung entspricht.

Fazit: Der bedeutende Beitrag der Ökobäckerei Schwarzmaier zur CO_2 − Reduktion ist auf zwei Faktoren zurück zuführen:

- Einsatz eines regenerativen und somit CO_2−neutralen Energieträgers (Holzpellets) als Backenergie (ca. 80% des Energiebedarfs) und
- Bezug von Strom der gegenüber einem konventionellen Strommix, die Umwelt mit einem geringeren spezifischen CO_2 −Ausstoß belastet.

Anmerkung: Die Energierückgewinnung spielt in diesem Fall bei der CO_2 − Bilanzierung keine Rolle, da die zurückgewonnene Energie ggf. durch den erhöhten Verbrauch an Holzpellets substituiert werden könnte. Auf die CO_2 −Bilanz hätte ein höherer Holzpellettverbrauch keine Auswirkungen.

7.9 Optimierungsmöglichkeiten

Obgleich − wie gezeigt − die Firma Schwarzmaier bereits hohe ökologische Standards erfüllt, gibt es einige Vorschläge, die die ökologisch/ökonomische Situation des Betriebes weiter optimieren könnten. Im Einzelnen sind dies:

- Bedarfsgerechte Dimensionierung der Abgastauscher. Diese Maßnahme wurde bereits umgesetzt. Messungen über die folgenden zwölf Monate sollen zeigen, ob diese Neu-Dimensionierung ausreichend ist, oder

noch einmal nachgebessert werden muss. Ziel sollte es sein, den Einsatz des Pelletkessels soweit wie möglich zu reduzieren.

- Reduzierung der Speicher- und Transportverluste. Durch eine Optimierung der Energieverteilung sollten die relativ hohen Speicher- und Transportverluste gesenkt werden. Zum Einsatz könnte hier eine sogenannte Energiezentrale kommen, die den Anfall und Verbrauch von Energie optimal regelt. Diese Maßnahme ist mit Investitionen verbunden.
- Der Bezug der Holzpellets sollte regional erfolgen, um negative Umweltauswirkungen durch lange Transportwege zu reduzieren. Dieser Aspekt wird aufgrund des definierten Bilanzrahmens nicht berücksichtigt.
- Ebenfalls nicht berücksichtigt wird der Fuhrpark. Der Einsatz von Bio-Diesel oder besser noch Pflanzenölen könnte auch wirtschaftlich eine interessante Maßnahme sein, zumal sich in unmittelbarer Nachbarschaft (O-derding) eine Pflanzenöl-Tankstelle befindet. Diese Maßnahme ist in Planung.

Das größte Optimierungspotential ergibt sich aus der sinnvollen Nutzung des Energieüberhangs im Sommer. Grundsätzlich stünden hier drei Lösungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- Nutzung der überschüssigen Energie durch Warmwassererzeugung z.B. für die Nachbarn;
- längerfristige Speicherung bis zum Winter;
- Nutzung des Energieüberhangs im Sommer für Kühlzwecke (Absorptionskälte-Technik). Aufgrund des vermehrten Einsatzes der Kühltechnik im Bäckerhandwerk, scheint diese technische Lösung zukunftsweisend.

8 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Investition der Ökobäckerei Schwarzmaier für die mit Holzpellets befeuerten Backöfen und für die Anlagen zur Energierückgewinnung wurden im Rahmen des BMU-Programms „Förderung von Demonstrationsvorhaben" mit 30% bezuschusst. Darüber hinaus wurden auch bauliche Maßnahmen (z.B. Wärmedämmung an den Dächern) und ein Messprogramm gefördert. Das heißt, ein Teil der Kosten sind auf Grund des Pilotcharakters des Projektes entstanden.

Das Ziel der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es, zu zeigen, ob die Maßnahmen „Betrieb von Holzpelletsöfen für Bäckereien" und „ Wärmerückgewinnung" unter „normalen" Praxisbedingungen wirtschaftlich interessant sind. Dass sich der Einsatz von Holzpellets als Energieträger unter Klimaschutzgesichtspunkten „lohnt", wurde bereits in Kapitel 6 gezeigt.

Aus diesen Gründen wurden die Kostendaten der Firma Schwarzmaier lediglich als Anhaltspunkt für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zugrunde gelegt. Aufwändige messtechnische Einrichtungen, beispielsweise zur Datenerfassung, blieben unberücksichtigt. Hinzu kommt, dass durch den Brand im Jahre 2003 einige Kosten, insbesondere den Arbeitsaufwand betreffend, nicht mehr eindeutig zugeordnet werden konnten.

Im Hinblick auf die Übertragbarkeit wurden zwei Komponenten der Gesamtanlage getrennt von einander betrachtet:

- Anlagen und Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung
- Anlagen zum Einsatz von Holzpellet-Brennern

Begründung: Maßnahmen zur Energierückgewinnung können auf Ofensysteme mit anderen Energieträgern übertragen werden. Es sollten somit einer breiten Bäckerschaft die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme – unabhängig vom Energieträger – aufgezeigt werden.

8.1 Grundsätzliches zur Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung/Einsatz von Holzpellets hängt von einer Vielzahl betriebsindividueller Faktoren ab:

- Höhe des Energieverbrauchs
- Bisheriger Energieträger
- Verwertbarkeit der Energie (Abnahme im Sommer)
- Räumliche Möglichkeiten (Pufferspeicher, Lagerung der Energieträger)
- Vorhandene Anlagen, z.B. Pufferspeicher usw.

Betriebliche Investitionsentscheidungen können daher nur auf der Grundlage einer individuellen Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgen, die die betrieblichen Vorraussetzungen berücksichtigt.

Dennoch kann mit den folgenden Ausführungen ein grober Rahmen aufgezeigt werden, der Bäckern zu einer eingehenden Beschäftigung mit diesem Thema veranlassen kann.

8.2 Wirtschaftlichkeit der Energierückgewinnung

Die bei der Firma Schwarzmaier installierten Aggregate zur Energierückgewinnung können auch für jedes andere Brennersystem (Heizöl, Erdgas) eingesetzt werden. Bei nachträglichen Einbauten von Wärmetauschern ist die Beschaffenheit des Schornsteins von entscheidender Bedeutung (Versottung durch Kondensatbildung). Die Kosten für eine möglicherweise nachträgliche Sanierung des Schornsteins wurden nicht betrachtet.

Die folgende Tabelle listet die für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung relevanten Investitionskosten auf.

Investitionskosten (ohne Extras oder Zusatzkosten durch Pilotprojekt)				
- Kosten der Fa. Schwarzmaier aus 2001 und 2003 -				
Anlagen		**Anzahl**	**Kosten (netto)**	
	Typ		**je Stück**	**Gesamt**
Abgaswärmetauscher				
	GB5.8-1.1	1	2.372 €	2.372 €
	GB6.5-1,4	1	2.802 €	2.802 €
Schwadenkondesator				
	SK 30	1	2.889 €	2.889 €
Rauchgasthermostat		3	119 €	358 €
Plattenwärmetauscher (Kältetechnik)				
	SWEB B15-10	1	240 €	240 €
	SWEB B8-10	2	175 €	350 €
	SWEB B10-10	1	208 €	208 €
Pufferspeicher		2	2.599 €	5.198 €
Montage*				2.000 €
Gesamt				16.417 €
*: Schätzung; kann betriebsindividuell stark schwanken				

Tab. 18 INVESTITIONSKOSTEN FÜR DIE ENERGIERÜCKGEWINNUNG

Die Abgaswärmetauscher, der Schwadenkondensator und die Rauchgasthermostate dienen zur Wärmerückgewinnung aus der Abwärme der Öfen. Die Plattenwärmetauscher entziehen der Kältetechnik Energie und somit Wärme. Die Pufferspeicher dienen zur (kurzfristigen) Speicherung der Energie.

8.2.1 Szenarien zur Effizienz der Energierückgewinnung

Heizöl und Erdgas sind die häufigsten Energieträger zur Befeuerung der Backöfen in Bäckereien. Die Kosten für diese Energieträger sind – von kurzzeitigen Schwankungen beim Heizöl einmal abgesehen – ungefähr gleich hoch. Bei den

nachfolgenden Betrachtungen wurde von Heizölbefeuerten Backöfen ausgegangen. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden neben dem Status quo von zwei optimierten Varianten für den Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen ausgegangen. Im Einzelnen:

Szenario 1: Status quo

- Energieinput = 222.669 kWh/a
- Ersetzte Energiemenge = 33.651 kWh/a - 15,1% vom Energieinput

Diese Situation entspricht dem Status quo der Ökobäckerei Schwarzmaier. Wie bereits weiter oben dargelegt, ist der geringe prozentuale Anteil der zurückgewonnenen Energie nicht auf die geringe Effizienz der Wärmetauscher/des Schwadenkondensators zurückzuführen, sondern lediglich auf fehlende Abnehmer in den Zeiten geringen Heiz-Energiebedarfs (Sommermonate und zum Teil auch Herbst und Frühjahr).

Szenario 2: optimierte Energienutzung

- Energieinput = 222.669 kWh/a (wie bei Szenario 1)
- Ersetzte Energiemenge = 67.302 kWh/a – 30,2% vom Energieinput

Dieses Szenario beschreibt die Energieausbeute bei gleicher Anlagenkonfiguration und gleichem Energieinput, aber einer ganzjährigen vollständigen Abnahme der zurückgewonnenen Energie. Vorstellbar ist dies bei Bäckerei-Standorten, die die Wärme – ergänzend zu einer separaten Heizungsanlage – an mehrere Wohneinheiten abgeben können, sodass auch im Sommer über den Warmwasserbedarf eine kontinuierlich hohe Abnahme gewährleistet ist. Alternativ oder ergänzend dazu ist die Verwendung der Energie im Sommer für Kühlzwecke denkbar. Die ersetzte Energiemenge in Höhe von ca. 30 % des Energieinputs ist unter idealen Bedingungen (Optimale Dimensionierung der Wärmetauscher/ Schwadenkondensator, optimales Energiemanagement ➔ Verringerung der Transport- und Speicherverluste, optimale Energieabnahme) durchaus möglich. Andere Quellen gehen von Energieeinsparung von 25% (Bäckerei Brade ermittelt eine Energieeinsparung in Höhe von 25%) bis 40% (Moeller Solutions) aus.

Szenario 3 optimale Energieabnahme und höherer Energieinput

- Energieinput = 445.337 kWh/a
- Ersetzte Energiemenge = 134.604 kWh/a = 30,2%

Diese Variante soll die bessere Ausnutzung der Investitionen bei hohem Energieinput (und gleichzeitig optimaler Energienutzung) verdeutlichen. Damit soll dem Größeneffekt Rechnung getragen werden. Das heißt, bei größeren bzw. mehr Öfen verringern sich die spezifischen Kosten für die Wärmerückgewinnung. Als Referenz wurde hier die Bäckerei Brade in Riesa herangezogen, die bei einem jähr-

lichen Energieverbrauch von 425.400 kWh für 2004 in eine ausreichend dimensionierte Anlage zur Wärmerückgewinnung zu einem Anschaffungspreis in Höhe von 14.900,- € (Wärmetauscher + Montage + Heizungsumbau) investiert haben. Das entspricht ungefähr den Investitionen der Firma Schwarzmaier.

Die drei Szenarien im Überblick:

Szenarien zur Substitution von Heizöl			
(Abgastauscher, Schwadenkondensator + Plattenwäremtauscher)			
Szenario	Status Quo	Optimierte Energienutzung	Optimierte Energienutzung + optimierte Anlagenauslastung
Parameter			
EnergieInput	222.669	222.669	**445.337**
ersetzte Energiemenge in kWh/a	33.651	67.302	134.604
% - ualer Anteil an EnergieInput	15,1%	**30,2%**	**30,2%**
ersetzte Heizölmenge in ltr./a	**3.365**	**6.730**	**13.460**

Tab. 19 SZENARIEN ZUR SUBSTITUTION VON HEIZÖLMENGEN

8.2.2 Aufwand- und Nutzenrechnung

Für die Investitionen wird von einer Nutzungsdauer von 10 Jahren ausgegangen. Legt man einen kalkulatorischen Zinssatz in Höhe von 5% zugrunde und addiert die laufenden Kosten in Höhe von 100 € €/a hinzu, entstehen jährliche Kosten in Höhe von **2.152** €/a.

Aufwand für Investitionen zur Wärmerückgewinnung			
	Kostenart	**Kosten**	**Einheit**
	Investitionen	16.417 €	EUR
	Nutzungsdauer	10	Jahre
	Kalkulatorischer Zinssatz	5%	%
	kalkulatorische Abschreibung	1.642 €	Eur/a
	Kapitalzinsen	410 €	Eur/a
	laufende Kosten (z.B. Wartung)	100 €	Eur/a
	jährliche Kosten	2.152 €	**Eur/a**

Tab. 20 INVESTITIONSAUFWAND FÜR DIE EINRICHTUNG EINES SYTEMS ZUR WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Für Investitionen zur Wärmerückgewinnung gibt es in der Regel Bundes- oder Landesförderprogramme. In Bayern beispielsweise können diese Investitionen über das so genannte Umweltkreditprogramm der Landesbank Bayern finanziert werden (mündliche Aussage von Herrn Neumann, LfA). Da es sich um eine Kreditförderung handelt, besteht die Förderung in der Übernahme einer Ausfallbürgschaft (40 – 50 %) und vergünstigte Zinsen. Diese Förderkredite sind über die Hausbank zu beantragen. Aus diesen Gründen wurde in der Aufwandsrechnung von einem Zinssatz in Höhe von 5% ausgegangen.

Nutzen: Der Nutzen wurde für die Szenarien 1 – 3 berechnet, wobei die Aufwandskosten identisch sind.

Nutzen einer Anlage zur Wärmerückgewinnung							
		Einsparung pro Jahr					
		Szenarien zur Mengen- [in ltr.] und Kosteneinsparung [in €]					Heizöl-
		Status Quo		Optimierte Nutzung		Opt. Nutzung und opt. Auslastung		kosten
								in EUR/ltr.
		Menge	Kosten	Menge	Kosten	Menge	Kosten	
	Energieeinsparung Heizöl	3.365	1.582	6.730	3.163	13.460	6.326	0,47
	kleinerer Brenner*							
	keine separate Vorratshaltung*							
	Jährliche Einsparung		1.582 €		3.163 €		6.326 €	
Ergebnis								
	Nettoeinsparung		-570 €		1.011 €		4.174 €	
	Amortisationszeit in Jahre		**10,4**		**5,2**		**2,6**	
*: nur betriebsindividuell zu bewerten								

Tab. 21 NUTZENRECHNUNG FÜR DIE WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Der Nutzen wird mit den beiden Parametern

- Jährliche Netto-Einsparung und
- Amortisationszeit (statisch)

beschrieben.

Bei einem aktuellen Heizölpreis in Höhe von brutto 55 Cent/Liter entsprechend 47 Cent/Liter netto von Mitte Juni 2005 (www.energienetz.de) ergeben sich lediglich für die Variante 2 und 3 Einsparungen in Höhe von 1.011 € bzw. 4.174 € €/a. Für Variante 1 entstehen sogar Mehrkosten in Höhe von 570 €/a (-570 €/a).

Entsprechend unterschiedlich sind die Amortisationszeiten, die sich bei Variante 1 auf 10,4 Jahre, bei Variante 2 auf 5,2 Jahre und bei Variante 3 auf lediglich 2,6 Jahre belaufen. Berücksichtigt wurden hierbei nicht weitere Nutzenfaktoren, wie kleinere Heizkessel oder Einsparungen bei der Vorratshaltung, weil diese sehr betriebsindividuell sind.

Fazit: Die Wirtschaftlichkeit einer Wärmerückgewinnungsanlage für Bäckereien wird wesentlich durch eine optimale Anlagenkonfiguration und die ganzjährige Verwertung der Energie determiniert. Es ist davon auszugehen, dass sich bei optimaler Energienutzung bereits für kleine Bäckereibetriebe mit einem Energieinput von 200.000 kWh/a Systeme zur Wärmerückgewinnung lohnen.

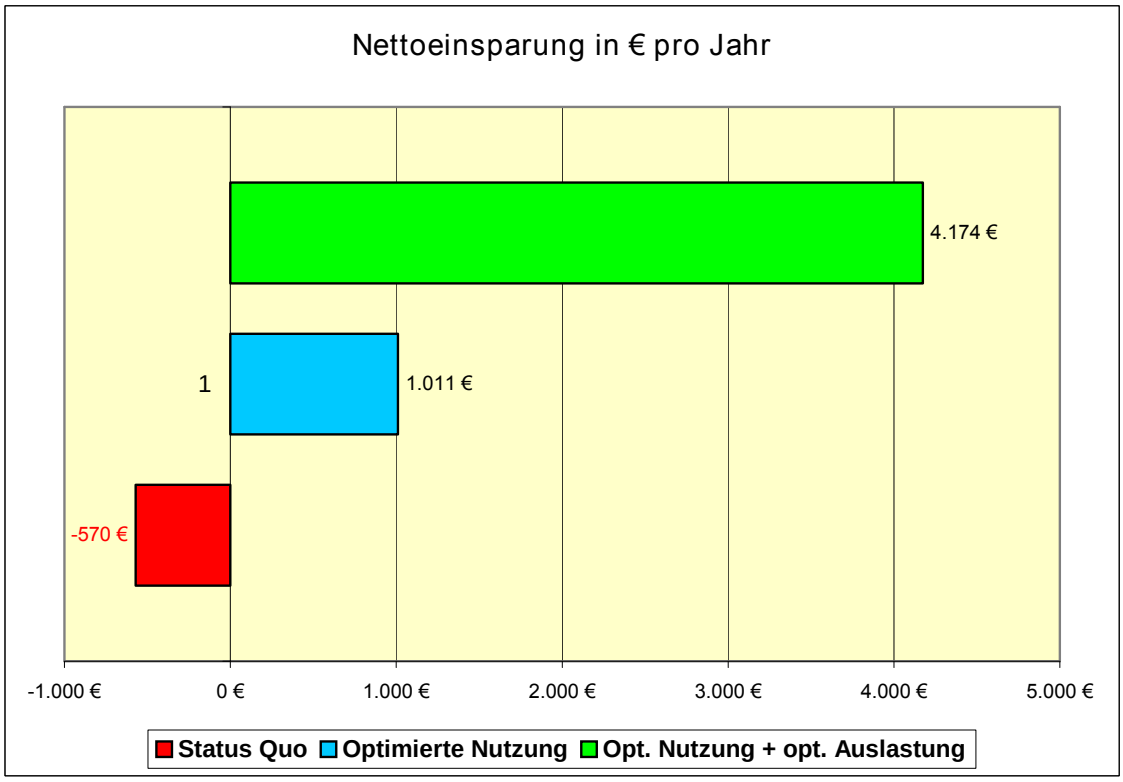


Abb. 29 Grafische Darstellung der jährlichen Kosteneinsparung

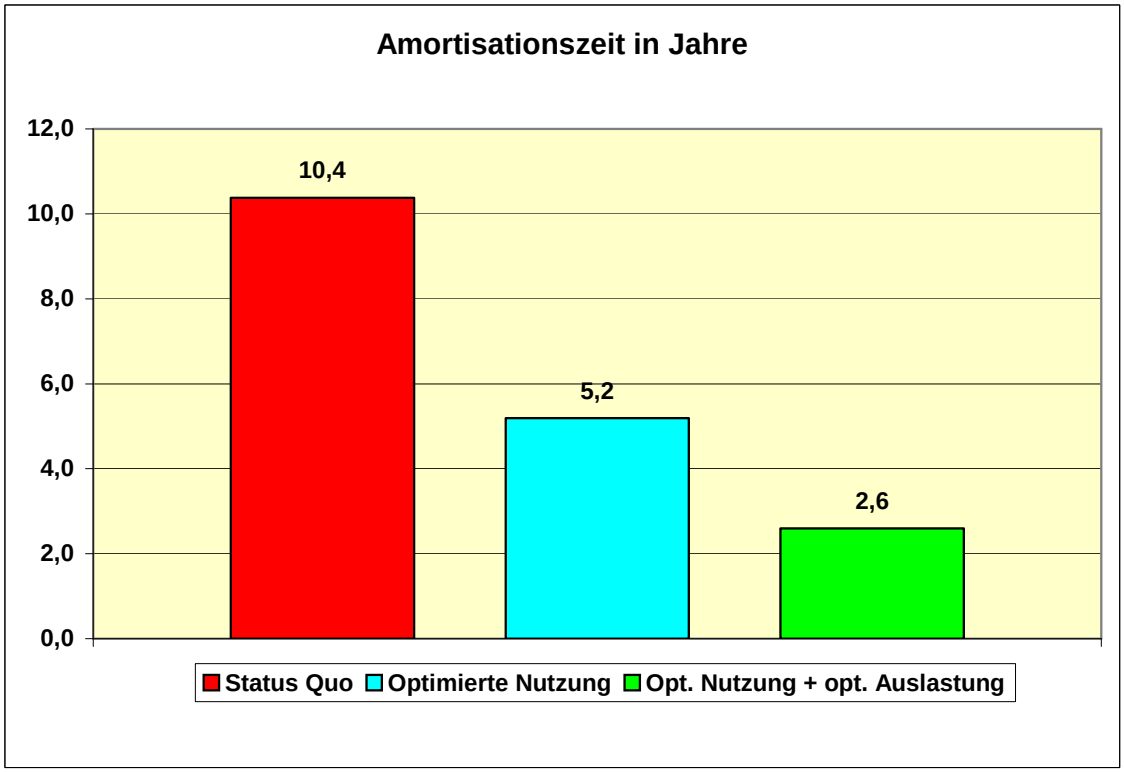


Abb. 30 Grafische Darstellung der Amortisationszeiten für Wärmerückgewinnungsanlagen

8.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Holzpellets-befeuerte Backöfen

Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeit von Holzpellets-Öfen in Bäckereien untersucht (Holzpellets-Feuerung). Als Referenz wurde ein System mit herkömmlichen Heizölbrennern gewählt. Die Investitionskosten für die Pelletstechnik entsprechen den Kosten der Firma Schwarzmaier.

Auf dieser Grundlage wurden – ähnlich wie bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Wärmerückgewinnung - 3 Szenarien entwickelt. Damit sollten Größeneffekte bei den Bäckereien und die Energiekostenentwicklung bei Heizöl und Gas in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Holzpellets-Feuerung mit einfließen.

Szenario 1 – Status Quo

- Ausstattung der Backstube: 2 Backöfen
- Backenergieverbrauch: 200.000 kWh/a
- Heizölpreis: 47,0 ct/ltr. (netto)
- Preis für Holzpellets: 14,8 ct/kg (netto)

Szenario 2 – Größere Backstube

- Ausstattung der Backstube: 4 Backöfen
- Backenergieverbrauch: 400.000 kWh/a
- Heizölpreis: 47,0 ct/ltr. (netto)
- Preis für Holzpellets: 14,8 ct/kg (netto)

Szenario 3 – Größere Backstube + höherer Heizölpreis

- Ausstattung der Backstube: 4 Backöfen
- Backenergieverbrauch: 400.000 kWh/a
- Heizölpreis: 55,0 ct/ltr. (netto)
- Preis für Holzpellets: 14,8 ct/kg (netto)

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Holzpellets - Feuerung								
Kostenvergleich Backofen - Brenner für Bäckereien								
			Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
			Energieträger		Energieträger		Energieträger	
		Einheit	Holzpellets	Heizöl	Holzpellets	Heizöl	Holzpellets	Heizöl
Investitionen								
	Wärmeerzeuger, Ofen	€	12.700 €	3.000 €	25.400 €	6.000 €	25.400 €	6.000 €
	Spezialanpassungen für Pelletsbrenner	€	2.556 €	0 €	5.113 €	0 €	5.113 €	0 €
	Fördertechnik	€	5.176 €	950 €	7.764 €	1.425 €	7.764 €	1.425 €
	Brenngut-Lagerung	€	13.062 €	8.408 €	13.062 €	8.408 €	13.062 €	8.408 €
	Förderung*	€	-7.200 €	0 €	-14.400 €	0 €	-14.400 €	0 €
Summe - Investitionen		€	26.294 €	12.358 €	36.939 €	15.833 €	36.939 €	15.833 €
Kapitalgebundene Kosten								
	Nutzungsdauer	Jahre	15	15	15	15	15	15
	Kalkulatorischer Zinzsatz	%	3,85%	7,00%	3,85%	7,00%	3,85%	7,00%
	Abschreibung	€ / a	1.753 €	824 €	2.463 €	1.056 €	2.463 €	1.056 €
	Kapitalzinsen	€ / a	506 €	433 €	711 €	554 €	711 €	554 €
Summe - kapitalgebundene Kosten		€/ a	2.259 €	1.256 €	3.174 €	1.610 €	3.174 €	1.610 €
Betriebsgebundene Kosten								
	Wartung / Reinigung	€/a	225	175	450	350	450	350
	Schornsteinfeger	€/a	100	50	200	100	200	100
	Hilfsenergie	€/a	48	30	96	60	96	60
Summe - betriebsgebundene Kosten			**373**	**255**	**746**	**510**	**746**	**510**
Verbrauch								
	Energieeinsatz pro Jahr	kWh/a	200.000	200.000	*400.000*	*400.000*	*400.000*	*400.000*
	Heizwert je ltr. (Heizöl), kg (Pellets)	kWh/ME	4,95	10	4,95	10	4,95	10
	Jahresbrennstoffbedarf	ltr./ kg	40.404	20.000	80.808	40.000	80.808	40.000
	Brennstoffpreis	ct/ ME	14,8	47	14,8	47	14,8	*55*
	spezifischer Brennstoffpreis	ct/ kWh	2,99	4,70	2,99	4,70	2,99	5,5
Summe verbrauchsgebundene Kosten		€	5.980 €	9.400 €	11.960 €	18.800 €	11.960 €	22.000 €
Gesamtkosten								
	Jahresgesamtkosten	€/a	8.612 €	10.911 €	15.879 €	20.920 €	15.879 €	24.120 €
	Energiegestehungskosten	€/ MWh	**43,06**	**54,56**	**39,70**	**52,30**	**39,70**	**60,30**
	Amortisationszeit	**in Jahre**	**6,06**		**4,19**		**2,56**	
	Einsparungen bei der Nutzung von Holzpellets gegenüber dem Energieträger Heizöl							
	- Gesamtsumme	€/a	2.299 €		5.040 €		8.240 €	
	- prozentual	**%**	**21,07%**		**24,09%**		**34,16%**	

Tab. 22 WIRTSCHAFTLICHKEIT VON HOLZPELLETS ALS ENERGIETRÄGER GEGENÜBER HEIZÖL

Die Investitionskosten für die Holzpellets-Feuerung sind – auch unter Berücksichtigung der Zuschuss-Förderungen - um den Faktor 2,5 bis 3 höher als die für eine herkömmliche Heizöl-Brenner-Variante. Die Mehrkosten bei der Pelletstechnik sind auf hohe Kosten für die Brenner selber, deren Anpassung an die Backöfen und die aufwändige Fördertechnik zurückzuführen. Die Kosten für die Brenngut-Lagerung sind mit 13.062 € relativ hoch angesetzt. Hier gibt es mittlerweile auch kostengünstigere Varianten (Quelle: pellets – Fachmagazin der Pelletsbranche, Ausgabe 1/2005). So haben Recherchen von Herrn Schwarzmaier ergeben, dass die Kosten für ein einfaches Pelletssilo mit einem Fassungsvermögen von 10 – 12 t und (Abmessungen: Höhe: 3,90 m; Breite und Tiefe jeweils 2,87 m) lediglich ca. 3.000,- € kostet. Die Lagerkosten werden außerdem stark von den betrieblichen Gegebenheiten (gibt es bereits Räumlichkeiten für eine Lagerstätte und ist diese kostengünstig für Holzpellets herzurichten?) abhängen.

Für die Szenarien 2 und 3 wurden die Kosten für die Holzpelletbrenner und die Spezialanpassungen linear auf der Grundlage von Szenario 1 hochgerechnet. Die Kosten für die Fördertechnik wurden bei beiden Energieträgervarianten lediglich um 50% höher angesetzt, weil es verhältnismäßig weniger Aufwand ist 4 Brenner gegenüber 2 Brennern zu versorgen. Bei der Brenngut Lagerung wurden keine erhöhten Kosten unterstellt, weil mit 20 t Holzpellets- und 10.000 ltr. Heizöllager von ohnehin schon groß dimensionierte Lagerstätten ausgegangen wurde. Somit

sind die spezifischen Investitionskosten bei Szenario 2 und 3 niedriger als bei Szenario 1.

Den hohen Investitionskosten bei der Pelletstechnik stehen hohe Zuschussförderungen im Rahmen des Marktanreizprogrammes zur „Förderung erneuerbarer Energien" gegenüber. Die Höhe der Förderung beträgt 60,- € je kW installierter Leistung. Nach Rücksprache mit dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa), Herrn Bunin, kann ein Bäckereibetrieb, der für jeden Backofen einen Brenner installiert, wie es – außer bei Thermoölöfen – in der Regel der Fall ist, die jeweils volle Förderung in Anspruch nehmen, wenn die Brenner jeweils eine max. Leistung von 100 kW nicht überschreiten. Die Förderquote beträgt bei 2 Brennern ca. 20 % der gesamten Investitionskosten und sogar ca. 28 % bei 4 Brennern. Die höhere Förderquote bei 4 Brennern kommt durch die geringeren Investitionskosten bei gleich bleibendem Zuschuss je Brenner zustande.

Weiterhin kann für die Pelletbrenner eine zinsvergünstigte Kreditförderung der Kfw – Mittelstandsbank aus dem Programm "zur Förderung erneuerbarer Energien für gewerbliche Antragsteller" in Anspruch genommen werden. Mit 3,85% wurde eine mittlere Bonität des Antragstellers (Preisklasse C) mit Stand von Ende Juni angenommen.

Aufgrund der Kreditförderung sind die kapitalgebundenen Kosten im Vergleich zu den Investitionskosten lediglich um den Faktor 1,8 bis 2,0 für die Pelletstechnik höher.

Bei den betriebgebundenen Kosten ist die Variante Holzpellets ebenfalls teurer als die Variante Heizöl. Mit insgesamt **373** €/a (Szenario 1) ist dieser Kostenblock verglichen mit den kapitelgebundenen Kosten aber verhältnismäßig klein.

Erst bei den verbrauchsgebundenen Kosten zeigt sich für die Variante Holzpellets ein deutlicher Vorteil gegenüber Heizöl, wenn man von den derzeitigen Preisen für diese Energieträger ausgeht. Aufgrund der hohen Heizölpreise ist der Kostenvorteil von Holzpellets bei einem Gesamtenergiebedarf in Höhe von 200.000 kWh/a mit ca. 3.500 €/a zu beziffern.

Betrachtet man die jährlichen Gesamtkosten, die die Summe der kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten darstellt, ergibt sich für die Holzpelletstechnik in allen Szenarien ein deutlicher Kostenvorteil in Höhe **2.299** € bis **8.240** € oder **21,07%** bis **34,16%**.

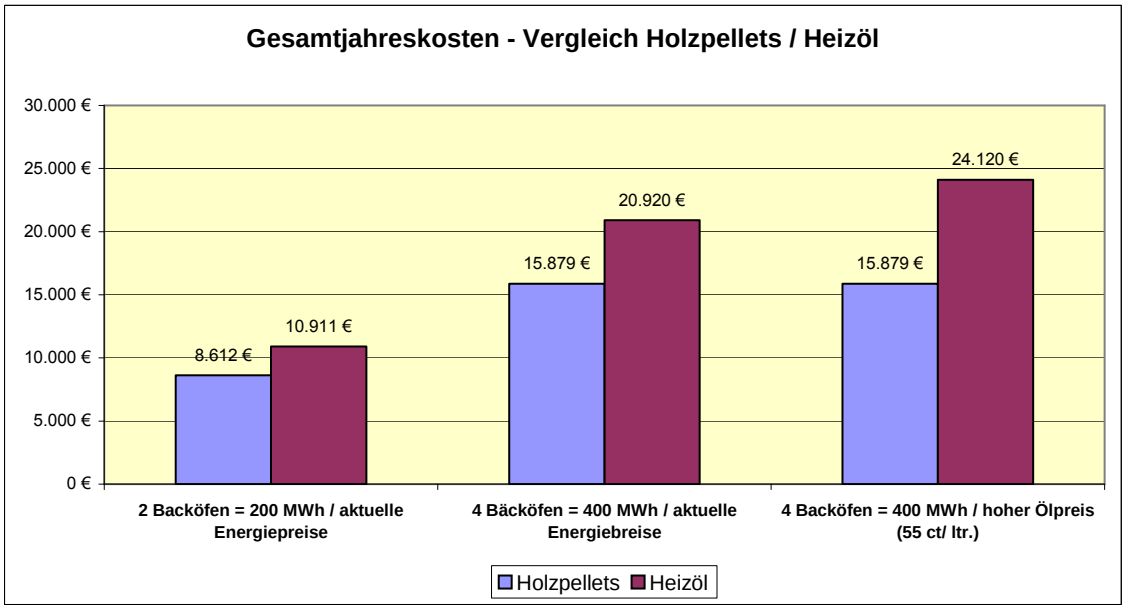


Abb. 31 Vergleich der Gesamtjahreskosten der Energieträger Holzpellets und Heizöl

Die Amortisationszeiten sind selbst bei der kleinen Variante mit **6,06** Jahren vertretbar. Bei höheren, aber realistischen Heizölkosten von 55 ct/ltr. und einem Energieverbrauch von 400.000 kWh/a beträgt die berechnete Amortisationszeit lediglich **2,56** Jahre.

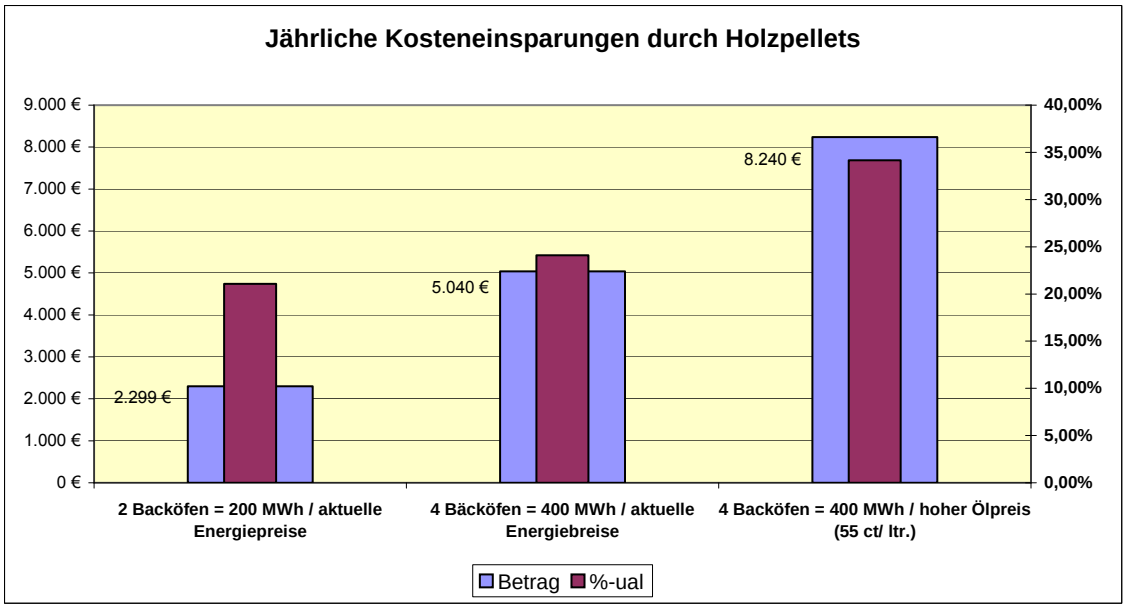


Abb. 32 Jährliche Kosteneinsparungen (Absolut und %-ual) durch Holzpellets

Diese positive wirtschaftliche Einschätzung der Holzpelletstechnik ist in erster Linie durch die Verbrauchskosten, d.h durch eine große Differenz der Energiekosten zwischen Holzpellets und fossilen Energieträgern bestimmt. Wie schnell sich das Bild hier ändern kann, zeigt eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die vor 12 Monaten angestellt wurde.

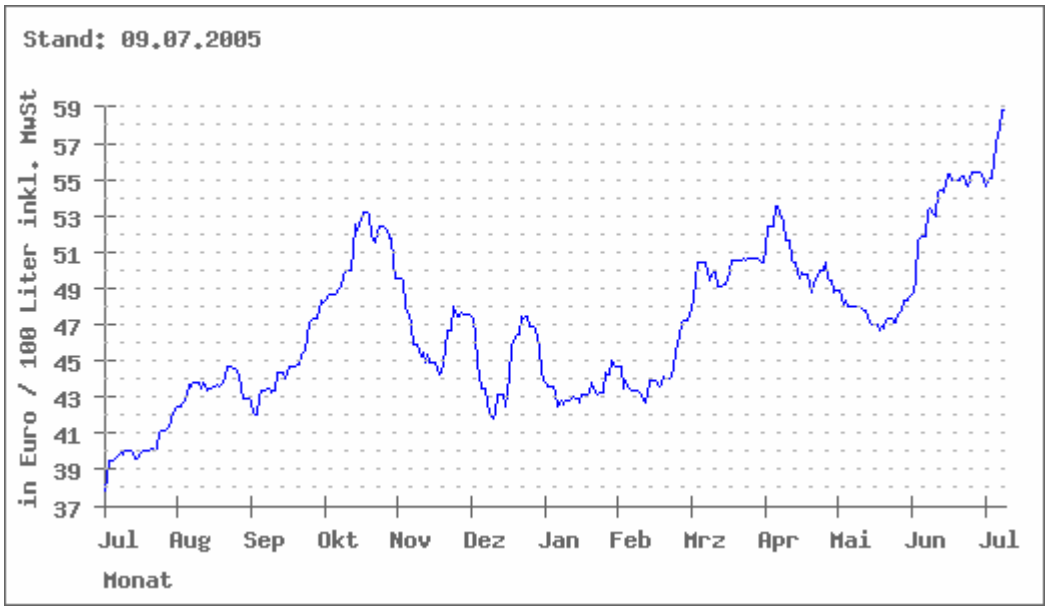


Abb. 33 Heizölpreise von Juli 2004 bis Juli 2005 (Quelle: www.fastenergy.de)

Bei einem Heizölpreis von 35 ct/ ltr. (netto) und einem unveränderten Preis von Holzpellets in Höhe von 14,8 ct/kg ergibt sich ein Kostenvorteil der Holzpellets-Variante von jährlich gerade einmal 240,- € und eine Amortisationszeit von knapp 90 Jahren (!) bei Szenario 2. Mit diesen Zahlen ist es schwer, Bäckereibetriebe für Holzpellets als Energieträger zu gewinnen. Da die Heizölpreise aber innerhalb eines Jahres von ca. 35 ct/ltr. auf aktuell über 50 ct/ltr., also um ca. 45% gestiegen sind, ergibt sich schnell ein sehr verändertes Bild.

Obgleich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Holzpellets als Energieträger z.Z. sehr positiv sind, werden nach Aussage von Herrn Dr. Adams von der Firma Mondial forni, Verona, die seinerzeit die Backöfen mit Holzpelletbrenner ausgestattet hat, in Deutschland im Bäckereihandwerk diese Technik kaum nachgefragt. Als Gründe hierfür nannte er zum einen einen unzureichenden Vertrieb und zum anderen zu wenig Anbieter dieser speziellen Pelletbrenner am Markt. Die wenigen Anbieter, die es gibt, seien außerdem oft sehr unprofessionell in der Zusammenarbeit.

Fazit: Unter den aktuellen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die durch hohe Energiepreise bei den fossilen Energieträgern einerseits und günstige Förderkonditionen für Holzpellets andererseits gekennzeichnet ist, ist der Einsatz von Holzpellets als Energieträger in Bäckereien eine unter wirtschaftlichen Aspekten attraktive Option. Darüber hinaus ist der Einsatz von Holzpellets aus Gründen des Klimaschutzes (CO_2-neutral) sehr zu begrüßen. Insofern bieten Holzpellets den

Bäckereien einen zweifachen Nutzen, denn mit dem umweltfreundlichen Energieträger Holzpellets, kann er beim Kunden durchaus punkten.

Als Hemmnisse dem gegenüber stehen m.E.

- ein Informations-Defizit in den Betrieben bezüglich der Technik (ist die Technik zuverlässig? Macht sie mehr Arbeit? Stimmt die Produktqualität?) sowie der Wirtschaftlichkeit (was kostet die Investition?, Wie groß ist der Nutzen?),
- wenig Anbieter dieser Technik am Markt (neben den Herstellern der Brenner müssen auch die Backofenhersteller „mitspielen", weil sie die Backöfen für den Betrieb mit Pelletbrennern anpassen müssen)
- eine unzureichende Vermarktung.