

PROSA

Brotbackautomaten

Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen

Studie im Rahmen des Projekts
„Top 100 – Umweltzeichen für klima-
relevante Produkte“

Freiburg, März 2013

Autorinnen:
Britta Stratmann
Dr. Dietlinde Quack

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg, Deutschland
Hausadresse
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg, Deutschland
Tel. +49 (0) 761 – 4 52 95-0
Fax +49 (0) 761 – 4 52 95-288

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt, Deutschland
Tel. +49 (0) 6151 – 81 91-0
Fax +49 (0) 6151 – 81 91-133

Büro Berlin
Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin, Deutschland
Tel. +49 (0) 30 – 40 50 85-0
Fax +49 (0) 30 – 40 50 85-388

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



**DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE**

Zur Entlastung der Umwelt ist dieses Dokument für den
beidseitigen Druck ausgelegt.

Inhaltsverzeichnis

Teil I		5
1	Einleitung	5
1.1	Methodisches Vorgehen	5
1.2	Definition	6
1.3	Markt- und Umfeldanalyse	7
1.3.1	Hersteller	7
1.3.2	Preise	7
1.3.3	Technologie- und Konsumtrends	7
1.4	Energieeffizienz	8
1.4.1	Stromverbrauch durchschnittlicher Geräte	8
1.5	Schadstoffe und Rezyklierbarkeit	11
1.6	Qualitäts- und Sicherheitsaspekte	12
2	Nutzenanalyse	13
Teil II		17
3	Lebenszyklusanalyse	17
3.1	Untersuchungsrahmen und Datengrundlage	17
3.2	Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz	21
3.3	Analyse der Lebenszykluskosten	23
3.3.1	Investitionskosten	24
3.3.2	Stromkosten	24
3.3.3	Kosten für die Zutaten	25
3.3.4	Reparaturkosten	26
3.3.5	Entsorgungskosten	26
3.3.6	Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse	26
4	Gesamtbewertung und Ableitung der Vergabekriterien	27
5	Literatur	31
6	Anhang	33
6.1	Berücksichtigte Wirkungskategorien der vereinfachten Ökobilanz	33
6.1.1	Kumulierter Primärenergieaufwand	33

6.1.2	Treibhauspotenzial	33
6.1.3	Versauerungspotenzial	33
6.1.4	Eutrophierungspotenzial	33
6.1.5	Photochemische Oxidantienbildung	34
6.2	Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel	34

Teil I

1 Einleitung

Die vorliegende Untersuchung zu Brotbackautomaten ist Teil eines mehrjährigen Forschungsvorhabens, bei der die aus Klimasicht wichtigsten hundert Haushaltsprodukte im Hinblick auf ökologische Optimierungen und Kosteneinsparungen bei Verbrauchern analysiert werden.

Auf Basis dieser Analysen können Empfehlungen für verschiedene Umsetzungsbereiche erteilt werden:

- für Verbraucherinformationen zum Kauf und Gebrauch klimarelevanter Produkte (einsetzbar bei der Verbraucher- und Umweltberatung von Verbraucherzentralen, Umweltorganisationen und Umweltportalen wie www.utopia.de etc.),
- für die freiwillige Umweltkennzeichnung von Produkten (z.B. das Umweltzeichen Blauer Engel, für das europäische Umweltzeichen, für Marktübersichten wie www.topten.info und www.ecotopten.de oder für Umwelt-Rankings wie etwa die Auto-Umweltliste des VCD),
- für Anforderungen an neue Produktgruppen bei der Ökodesign-Richtlinie und für Best-Produkte bei Förderprogrammen für Produkte,
- für produktbezogene Innovationen bei den Unternehmen.

1.1 Methodisches Vorgehen

Für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen wird gemäß ISO 14024 geprüft, welche Umweltauswirkungen bei der Herstellung, Anwendung und Entsorgung des Produktes relevant sind – neben Energie-/Treibhauseffekt kommen Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch, Eutrophierungspotenzial, Lärm, Toxizität, etc. in Betracht.

Methodisch wird die Analyse mit der Methode PROSA – Product Sustainability Assessment durchgeführt (Abbildung 1). PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeld-Analyse, der Ökobilanz, der Lebenszykluskostenrechnung und der Benefit-Analyse die zur Ableitung der Vergabekriterien erforderlichen Teil-Methoden und ermöglicht eine integrative Bearbeitung und Bewertung.

Eine Sozialbilanz wird nicht durchgeführt, weil soziale Aspekte, z.B. bei der Herstellung der Produkte beim Umweltzeichen, bisher nicht oder nicht gleichrangig einbezogen werden.

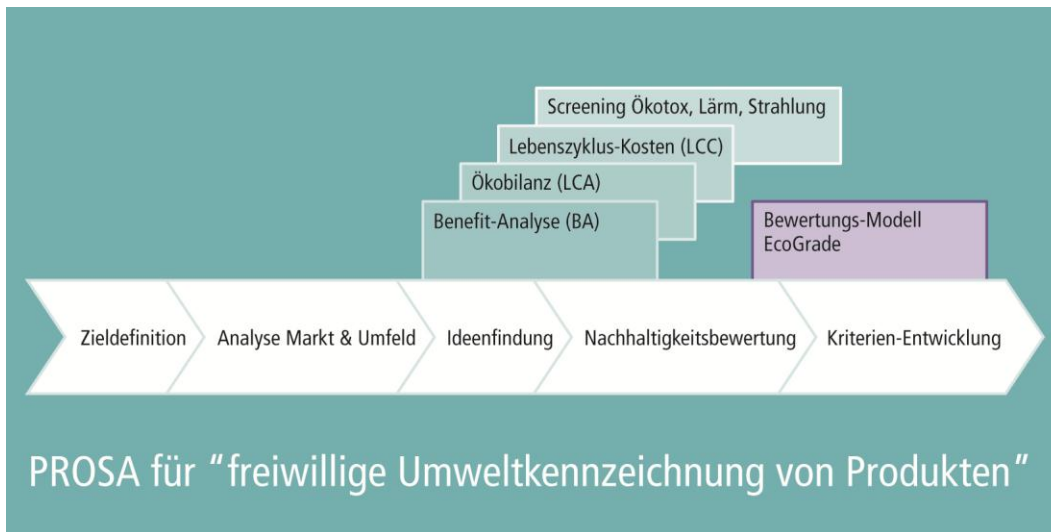


Abbildung 1 Die Grundstruktur von PROSA

1.2 Definition

Brotbackautomaten sind strombetriebene Haushaltsgeräte zum Backen von Brot, mit einem Fassungsvermögen von 750 Gramm bis zu über 1,5 Kilogramm. Sie verfügen über eine Backform in die die Zutaten (Mehl, Salz, Wasser, Backmischungen etc.) eingefüllt werden. Das Kneten des Teiges sowie der eigentliche Backvorgang (inklusive gehen lassen des Teiges) sind automatisiert. Je nach Zutaten und gewünschtem Ergebnis können verschiedene Backprogramme aus einem Menü ausgewählt oder programmiert werden. Knet- und Backvorgang dauern je nach Gerät und Programm zwischen 1 und 4 Stunden. Die nötige Hitze liefert ein Ringheizkörper im unteren Bereich des Backraums. Die Leistungsaufnahme der Geräte liegt zwischen 450 und 850 Watt.

Die meisten Backautomaten verfügen auch über ein Marmeladen-Programm, mit dem man Fruchtaufstriche automatisch zubereiten kann. Mit einigen Geräten lassen sich auch Gemüse, Reis oder Fleisch zubereiten¹.

Brotbackautomaten weisen insbesondere für Menschen mit Lebensmittelunverträglichkeiten (z.B. Gluten) Vorteile aus, da – im Gegensatz zum Brot vom Bäcker – alle Zutaten selbst gewählt werden können. Einige Geräte verfügen daher auch über ein Extraprogramm für glutenfreies Backen. Brotbackautomaten werden fast ausschließlich in privaten Haushalten eingesetzt.

¹ z.B. mit dem „Backmeister Multi“ von Unold oder dem „Pangourmet“ von DeLonghi.

1.3 Markt- und Umfeldanalyse

Über aktuelle Absatzzahlen und die Marktdurchdringung von Brotbackautomaten sind keine Informationen verfügbar. Ältere Daten geben an, dass bis Ende 2001 über 1 Mio. Brotbackautomaten in Deutschland verkauft wurden. Allerdings kam ein Bericht des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) zu dem Ergebnis, dass bei weitem nicht alle Geräte, die in Haushalten vorhanden sind, im (täglichen) Gebrauch sind. So seien es meist Hobby- oder Gesundheitsüberlegungen, die die Triebfeder des Selberbackens sind. Die häusliche Herstellung von Brot und Backwaren hat besondere Bedeutung für besonders strikt einzuhaltende Ernährungsaufgaben, z.B. aufgrund von Krankheiten wie Diabetes oder Unverträglichkeiten gegenüber speziellen Backwaren oder vielmehr Lebensmittelinhaltsstoffen (Meyer 2003).

Ein weiterer Grund für die Brotherstellung im privaten Haushalt können auch die ansteigenden Brotpreise sein. So ist der Preis pro kg Brot² von 2,12 Euro im Jahr 2000 auf 2,38 im Jahr 2008 angestiegen (Statistisches Bundesamt).

1.3.1 Hersteller

Der erste vollautomatische Brotbackautomat für den privaten Haushalt wurde 1986 von der Firma Matsushita Electric Industrial Co (heute Panasonic) in Japan hergestellt (Nonaka und Takeuchi 1995). Mittlerweile werden Brotbackautomaten von vielen verschiedenen Herstellern produziert und verkauft. Darunter befinden sich Alaska, Bomann, Clatronic, Kenwood, Panasonic, Philips, Privileg, Severin und Unold. Beinahe das ganze Spektrum der Küchengerätehersteller bietet Brotbackautomaten an, aber auch zahlreiche mittelständische Unternehmen oder Hersteller aus Fernost sind am Markt vertreten.

1.3.2 Preise

Die Preise für Brotbackautomaten variieren zwischen ca. 35 und 200 Euro. In ihrer Ausstattung und Technik unterscheiden sich die Geräte kaum. Von der Stiftung Warentest wurde beispielsweise sowohl ein günstiges Gerät für 37,50 Euro als auch ein teures Gerät für 179 Euro mit der Note „gut“ bewertet.

1.3.3 Technologie- und Konsumtrends

Da Brotbackautomaten vor allem auch für Menschen mit Lebensmittelunverträglichkeiten (wie z.B. für Zöliakie³ erkrankte Verbraucher/innen) von Interesse sind, bieten verschiedene Hersteller spezielle Back-Programme an, mit denen glutenfreie Backwaren zubereitet

² hier: dunkles Mischbrot

³ Zöliakie ist eine chronische Erkrankung des Dünndarms, die auf einer lebenslangen Unverträglichkeit gegenüber dem Klebereiweiß Gluten beruht. Gluten kommt vor allem in den Getreidearten Weizen, Dinkel, Roggen, Gerste und Hafer vor.

werden können. Eine weitere Möglichkeit glutenfreies Brot oder Brote mit individueller Rezeptur zubereiten zu können, bieten Geräte, bei denen die Parameter „Kneten“, „gehen lassen“ und „Backen“ frei zu programmieren sind. Diese Individualprogramme sind für glutenfreie Backwaren von Bedeutung, da glutenfreie Teige sich anders verhalten als solche mit dem Klebereiweiß Gluten und mit den Standard-Programmen selten genießbare Ergebnisse erzeugt werden können.

Auf Grund des zunehmenden Trends hin zu Convenience-Produkten, sind die meisten Geräte mit einer Timer-Funktion ausgestattet. Hierüber kann der Zeitpunkt bestimmt werden, zu dem das Brot fertig sein soll. Auf diese Weise kann das Gerät abends vor dem Schlafen gehen befüllt werden, und das Brot ist pünktlich zum Frühstück fertig. Ein weiterer Technologietrend ist die sogenannte Warmhaltefunktion, die das Brot (bei den meisten Geräten bis zu einer Stunde) nach beenden des Backvorgangs warm hält. Viele Geräte verfügen auch über eine sogenannte Schnellbackfunktion, in der das Brot wesentlich schneller zubereitet wird, als in den Standard-Programmen, die je nach Brotsorte zwischen drei und fünf Stunden in Anspruch nehmen können.

Darüber hinaus verfügen einige Geräte über eine automatische Zutatenzugabe. Hierbei kommen in ein Fach im Deckel Nüsse oder Körner. Diese gibt die Maschine zu einem vom Programm bestimmten Zeitpunkt oder auf Knopfdruck in den Teig⁴. Mittlerweile gibt es auch Geräte auf dem Markt, die über eine eingebaute Waage verfügen. Das heißt: Zunächst muss am Display das gewünschte Brotgewicht eingestellt werden.

Eine weitere Funktion ist die Speicherung der Einstellungen während eines Stromausfalls. Einige Geräte können so über einen Stromausfall hinaus ihr Back-Programm weiterführen.

Neben den oben genannten Funktionen bieten viele Geräte auch Funktionen an, die über das reine Brotbacken hinausgehen, wie z.B. Marmeladenprogramme, Reisprogramme oder aber auch Programme zur Zubereitung frischer Pasta.

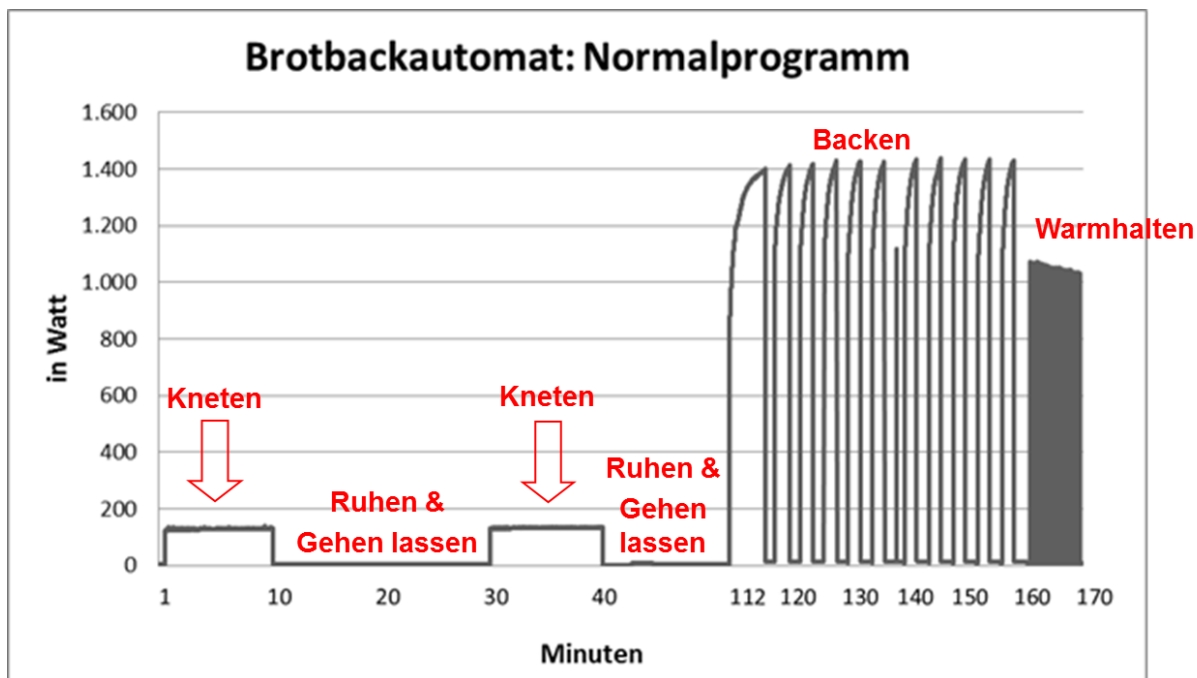
1.4 Energieeffizienz

1.4.1 Stromverbrauch durchschnittlicher Geräte

Brotbackautomaten haben eine Leistungsaufnahme in der Bandbreite von 450 bis 850 Watt. Ein durchschnittlicher Backvorgang (einschließlich Teigzubereitung) benötigt für ein 750 g Brot etwa 0,34 kWh Strom. Im Vergleich zum Brotbacken im Elektrobackofen, der hierfür 0,89 kWh benötigt, ermöglicht die Nutzung eines Brotbackautomaten eine Reduktion des Stromverbrauchs um 60%.

⁴ Geräte ohne diese Funktion halten dagegen zu einem bestimmten Zeitpunkt kurz inne und machen mit einem Signalton darauf aufmerksam, dass nun die Zutaten beigegeben werden können. Diese müssen dann manuell eingestreut werden.

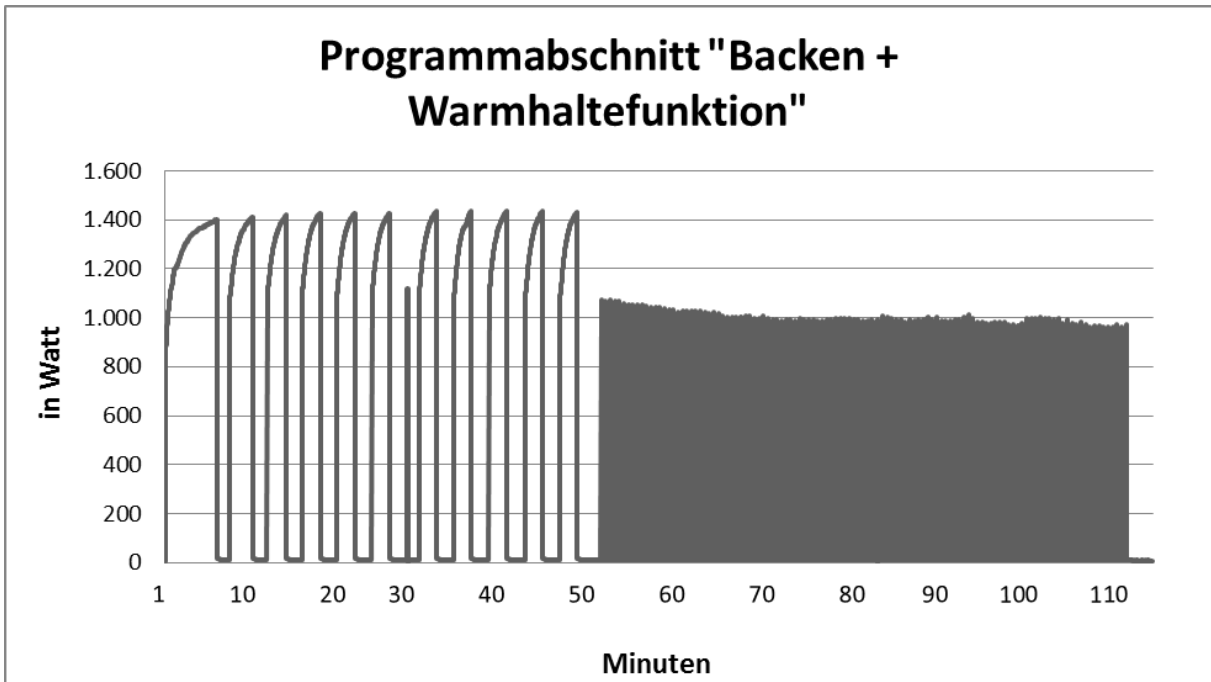
Betrachtet man die einzelnen Arbeitsschritte der Geräte genauer, so ergaben eigene Messungen, dass die Leistungsaufnahme während des Vorgangs „Kneten“ ca. 130 W beträgt, während die Arbeitsschritte „Ruhen“ und „Gehen lassen“ lediglich ca. 3 Watt benötigen. Am energieintensivsten sind die beiden Schritte „Backen“ und „Warmhalten“. Ersterer weist häufige Leistungsaufnahmespitzen auf, die bei dem untersuchten Gerät auf bis zu 1300 Watt anstiegen, während die Warmhaltefunktion immer wieder auf bis zu 1000 Watt hochpulste⁵ (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3). Da es sich bei dem gemessenen Gerät um ein etwas älteres Modell handelt, muss hier berücksichtigt werden, dass sich die Spitzen der Leistungsaufnahme während des Backens und Warmhaltens bei aktuell auf dem Markt vorhandenen Modellen auf eine geringere maximale Leistungsaufnahme beschränken. Diese liegt – wie oben bereits erwähnt – zwischen 450 und 850 Watt.



(Quelle: Eigene Messung eines älteren Modells. Die Leistungsspitzen während des Backens und Warmhaltens liegen bei momentan auf dem Markt befindlichen Geräten bei etwa 850 W.)

Abbildung 2 Schematische Übersicht über die Leistungsaufnahme eines Brotbackautomaten im Normalprogramm (750 g Brot)

⁵ Die Messergebnisse beziehen sich auf ein 750-g-Brot.



(Quelle: Eigene Messung eines älteren Modells. Die Leistungsspitzen während des Backens und Warmhaltens liegen bei momentan auf dem Markt befindlichen Geräten bei etwa 850 W.)

Abbildung 3 Schematische Übersicht über die Leistungsaufnahme eines Brotbackautomaten im während des Backprozesses und der Warmhaltefunktion (750 g Brot)

Messungen der Stiftung Warentest ergaben, dass der Energieverbrauch für den Backprozess je nach Gerät sehr variieren kann: für ein Brot⁶ variierten die Verbrauchswerte hier zwischen 323 und 472 Wh⁷. Ähnliche Messergebnisse lieferte auch das Backen in den sogenannten „Schnellbackprogrammen“, hier lagen die Werte zwischen 263 und 450 Wh. Der Vergleich der Geräte untereinander zeigte, dass das Einsparpotenzial mit Hilfe des Schnellbackprogramms minimal ist. So wies lediglich ein Gerät eine Einsparung von 70 Wh auf. Bei den weiteren Geräten lag diese zwischen 26 und 0,2 Wh. Ein aktueller Test der Zeitschrift „Haus & Garten Test“⁸ mit 10 verschiedenen Brotbackautomaten ergab, dass das ineffizienteste Gerät für ein 750 g-Brot im Normalprogramm 0,5 kWh Strom benötigt.

Ausgehend von der Tatsache, dass einige Brotbackautomaten nur schlecht isoliert sind und zum Teil Temperaturen von über 100°C am Außendeckel (Sichtfenster) aufweisen, ist davon auszugehen, dass sich mit einer verbesserten Isolierung weitere Einsparpotenziale erschließen lassen (test 04/2005). So ergaben Messungen der Stiftung Warentest am Gehäuse eines Brotbackautomaten Werte von über 120 Grad Celsius (test 04/2005). Diese

⁶ auf Basis von 500 g Mehl, ergibt ein 750 g Brot.

⁷ Verglichen wurden hier 5 verschiedene Geräte unterschiedlicher Hersteller.

⁸ „Haus & Garten Test“, Ausgabe 01.2011

Messungen zeigten auch, dass vor allem an den Sichtfenstern der Geräte hohe Außentemperaturen auftreten: alle elf getesteten Geräte wiesen am Sichtfenster Temperaturen von über 85°C auf. Bei Automaten ohne Sichtfenster hingegen trat die geringste Wärme nach außen (Emporio 11/2007).

Darüber hinaus gibt es noch immer Geräte auf dem Markt, die über keinen Netzschalter verfügen, der das Gerät komplett vom Stromnetz trennt und so Standby-Verluste vermeidet. Im test 4/2005 der Stiftung Warentest wiesen vier von 11 Geräten keinen Netzschalter auf. Geräte mit Netzschalter verbrauchten ausgeschaltet keinen Strom. Geräte ohne Netzschalter hatten im Aus-Zustand eine Leistungsaufnahme von 1 bis 2,6 Watt. Da davon auszugehen ist, dass ein Brotbackautomat mindestens ein- bis zweimal in der Woche benutzt wird und daher in der Küche fest platziert ist, d.h. auch über seinen Netzstecker mit dem Stromnetz verbunden ist, ist hier ein zusätzlicher Stromverbrauch anzunehmen. Im Test von „Haus & Garten“ (Haus & Garten 2011) wiesen beispielsweise nur vier von zehn Geräten einen Netzschalter auf.

Viele Geräte verfügen über eine Warmhaltefunktion, die das Brot automatisch bis zu einer Stunde warmhält. Eigene Messungen haben gezeigt, dass für das einstündige Warmhalten ca. 37 Wh benötigt werden, was ca. 9 Prozent des Gesamtverbrauchs entspricht. Eine optional einstellbare Warmhaltefunktion könnte hier Einsparpotenziale bieten.

1.5 Schadstoffe und Rezyklierbarkeit

Hinsichtlich Schadstoffen sind vor allem relevant:

- Produktion: Einsatz von zahlreichen häufig toxischen Chemikalien. Wichtig für Arbeits- und Umweltschutz.
- Schadstoffe im Produkt, die problematisch für Recycling bzw. Entsorgung sind oder während des Gebrauchs ausgasen können.

Am 23. März 2005 wurde das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, ElektroG) verabschiedet. Dieses Gesetz setzt zwei zugrundeliegende EU-Richtlinien um: die EU-Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (sogenannte „WEEE-Richtlinie“) und die EU-Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (sogenannte „RoHS-Richtlinie“). Demnach dürfen besonders schädliche Substanzen wie Blei, Quecksilber, Cadmium oder bestimmte Bromverbindungen ab Juli 2006 in den meisten Geräten nicht mehr verwendet werden (Ausnahmen müssen bei der EU-Kommission beantragt werden). Alte, nicht mehr genutzte Geräte, die entsorgt werden sollen, können Verbraucher seit März 2006 kostenlos bei kommunalen Sammelstellen abgeben. Dies gilt sowohl für „historische Altgeräte“ (die vor dem 13.08.2005 in Verkehr gebracht wurden) als auch für „neue Alt-

geräte“ (die nach dem 13.08.2005 in Verkehr gebracht wurden). Die Hersteller sind verpflichtet, die gesammelten Geräte zurückzunehmen und nach dem Stand der Technik sicher zu entsorgen. Die im ElektroG genannten Entsorgungs- und Recyclingquoten müssen seit dem 31.12.2006 eingehalten werden.

Zur Vorbeugung von Bränden sind die Kunststoffkomponenten von Brotbackautomaten in der Regel mit beträchtlichen Mengen von Flammschutzmitteln durchsetzt. Je nach Art und Konzentration ergeben sich hier Umweltprobleme in der Entsorgung.

1.6 Qualitäts- und Sicherheitsaspekte

Brotbackautomaten entwickeln zum Teil sehr hohe Temperaturen, sodass – bei unzureichender Isolierung – Verbrennungs- und eventuell auch Brandgefahr besteht. Wie bereits oben erwähnt, ergaben Messungen der Stiftung Warentest am Gehäuse eines Brotbackautomaten Werte von über 120 Grad Celsius (test 04/2005). Andere Messungen ergaben, dass vor allem an den Sichtfenstern der Geräte hohe Außentemperaturen auftreten. Bei Automaten ohne Sichtfenster trat die geringste Wärme nach außen (Emporio 11/2007).

Ein Qualitätsaspekt bei Brotbackautomaten, der unter anderem auch ihre Langlebigkeit beeinflusst, sind die Beschichtungen der Knetrollen und Backformen. Die Stiftung Warentest führte hierzu eine sogenannte Gitterschnittprüfung durch, um die Qualität der Haftfestigkeit der Beschichtungen zu prüfen.

Ein weiterer Aspekt bei der Beschichtung ist die in der Öffentlichkeit häufig diskutierte Gesundheitsgefährdung durch Polytetrafluorethylen (PTFE), auch bekannt unter dem Markennamen *Teflon*. PTFE dient als Antihafbeschichtung und kann bei Überhitzung zu einem Gesundheitsrisiko werden. Dies geschieht aber nur bei Temperaturen über 360°C, wodurch für den Menschen giftige Dämpfe freigesetzt werden, die aus fluorierten Verbindungen und Partikeln bestehen. Atmet man diese ein, können sie grippeähnliche Symptome, das sogenannte Teflonfieber (Polymerfieber), verursachen. Krankheitsfälle sind jedoch nur aus der industriellen Fertigung von PTFE bekannt, wo die Schadstoffkonzentrationen höher liegen können als im Privathaushalt. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch von beschichteten Backformen besteht keine Gesundheitsgefahr. Gesundheitlich unbedenklich ist auch, wenn sich von einer zerkratzten Beschichtung kleinste Teilchen lösen und verschluckt werden. Da derartige Teilchen nicht verdaut sondern vom Körper wieder ausgeschieden werden, kann es nicht zu giftigen Reaktionen im Körper kommen. (BfR 2005)

2 Nutzenanalyse

Die Analyse des Nutzens wird nach der Benefit-Analyse von PROSA durchgeführt. Dabei werden die drei Nutzenarten Gebrauchsnutzen, Symbolischer Nutzen und Gesellschaftlicher Nutzen qualitativ analysiert. Für die Analyse gibt PROSA jeweils Checklisten vor. Aufgrund der Besonderheiten einzelner Produktgruppen können einzelne Checkpunkte aus Relevanzgründen entfallen oder neu hinzugefügt werden. Die drei Checklisten sind nachstehend wiedergegeben.

Checkliste Gebrauchsnutzen

- Leistung (Kernanforderungen)
- Zusatzleistungen
- bedarfsgerecht
- Haltbarkeit
- Zuverlässigkeit in der Funktion
- Sicherheit/Versorgungssicherheit
- Service/Reparierbarkeit/Ersatzteile
- Convenience/Zeit
- gute Verbraucherinformation
- Verfügbarkeit

Abbildung 4 Checkliste Gebrauchsnutzen

Checkliste Symbolischer Nutzen

- Äußere Erscheinung /Design/ Geschmack/ Haptik/Akkustik o.ä.
- Prestige/Status
- Identität/Autonomie/Entfaltung
- Kompetenz
- Sicherheit/Vorsorge/Sorge für Andere
- Privatheit
- Sozialer Kontakt/Gemeinschaftspflege
- Genuss/Vergnügen/Freude/Erlebnis
- Kompensation/Belohnung
- Konsonanz mit gesellschaftlichen, religiösen oder ethischen Meta-Präferenzen

Abbildung 5 Checkliste Symbolischer Nutzen

Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

- Armutsbekämpfung
- Grundbedürfnis Ernährung
- Grundbedürfnis Wohnen
- Grundbedürfnis Gesundheit
- Information und Bildung
- Friedenssicherung
- Klimaschutz
- Biodiversität
- Qualifizierte Arbeitsplätze
- Gesellschaftliche Stabilität

Abbildung 6 Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

Im Folgenden wird der Nutzen von Brotbackautomaten für Privatverbraucher analysiert.

2.1.1 Gebrauchsnutzen

Nachstehend werden Nutzenelemente beim Gebrauchsnutzen identifiziert.

Leistungen: Der wichtigste funktionelle Nutzen von Brotbackautomaten besteht in der Grundfunktion des automatischen Brotbackens. Lediglich die Zugabe der Zutaten (Mehl, Salz, Wasser, Backmischungen etc.) in eine Backform innerhalb des Geräts erfolgt manuell, das Kneten des Teiges sowie der eigentliche Backvorgang (inklusive gehen lassen des Teiges) sind automatisiert. Gute Brotbackautomaten verfügen über viele verschiedene Backprogramme und können auch individuell programmiert werden. Hierdurch wird dem Konsumenten eine bedarfsgerechte Zutatenwahl gewährt (s. unten).

Zusätzlich verfügen die meisten Backautomaten auch über ein Marmeladen-Programm, mit dem man Fruchtaufstriche automatisch zubereiten kann. Mit einigen Geräten lassen sich auch Gemüse, Reis oder Fleisch zubereiten.

Bedarfsgerecht: Der Einsatz eines Brotbackautomaten ermöglicht es dem Konsumenten preisgünstig und unabhängig von den Ladenöffnungszeiten sein individuelles Brot – automatisch per Timerfunktion – frisch zuzubereiten. Dies hat eine besondere Bedeutung für Menschen, die strikt einzuhaltende Ernährungsaufgaben, z.B. aufgrund von Krankheiten wie Diabetes oder Unverträglichkeiten gegenüber speziellen Lebensmittelinhaltsstoffen haben.

Convenience / Zeit: Die Zubereitung eines Brotes mit einem Brotbackautomaten ist fast vollständig automatisiert, lediglich die Zugabe der Zutaten erfolgt manuell. Einige Geräte verfügen auch über eine automatische Zutatenzugabe: Nüsse oder Körner aus einem Fach im Deckel werden zu einem vom Programm bestimmten Zeitpunkt oder auf Knopfdruck in den Teig gegeben. Auch gibt es Geräte, die über eine eingebaute Waage verfügen.

Die meisten Geräte sind mit einer Timer-Funktion ausgestattet. Hierüber kann der Zeitpunkt bestimmt werden, zu dem das Brot fertig sein soll. Über eine Warmhaltefunktion wird das Brot nach Beenden des Backvorgangs warmgehalten. Viele Geräte verfügen auch über eine sogenannte Schnellbackfunktion, in der das Brot wesentlich schneller zubereitet wird, als in den Standard-Programmen.

Im Gegensatz zur Zubereitung im Backofen, spart ein Brotbackautomat vor allem Zeit und Energie und im Gegensatz zum Brot vom Bäcker ist die Zubereitung im Backautomaten wesentlich kostengünstiger, aber auch aufwendiger.

Ersatzteile / Haltbarkeit: Während der Nutzung eines Brotbackautomaten werden vor allem die Knethaken und die Backform strapaziert. Da diese für die jeweiligen Geräte spezifisch sind, sind sie bei qualitativ hochwertigen Geräten als Ersatzteile für mindestens fünf Jahre ab Produktionseinstellung erwerbbar.

Zuverlässigkeit in der Funktion: Einige Geräte speichern während eines Stromausfalls die Einstellungen und können so über einen Stromausfall hinaus ihr Back-Programm weiterführen.

Gute Verbraucherinformation:

Da Brotbackautomaten vor allem auch für Menschen mit Lebensmittelunverträglichkeiten (wie z.B. für Zöliakie erkrankte Verbraucher/innen) von Interesse sind, sollten die Geräte frei programmierbare Individualprogramme ermöglichen und besondere Hinweise für das Backen von glutenfreiem Brot inklusive Rezepte aufweisen. Glutenfreie Teige verhalten sich anders als solche mit dem Klebereiweiß Gluten. Mit den Standard-Programmen können hier selten genießbare Ergebnisse erzeugt werden.

2.1.2 Symbolischer Nutzen

Genuss / Kompetenz / Autonomie: Brotbackautomaten bieten den Konsument/innen den Genuss von frisch gebackenem, noch ofenwarmem Brot – per Timerfunktion zu jeder gewünschten Uhrzeit, unabhängig von den Ladenöffnungszeiten. Zusätzlich können die Konsument/innen die Zutaten individuell auf ihr Ernährungsverhalten (z.B. spezielle Diäten) abstimmen, z.B. ohne Zusatzstoffe, glutenfrei, ohne Nüsse, ohne Hefe etc.

2.1.3 Gesellschaftlicher Nutzen

Klimaschutz: Im Vergleich zum Brotbacken im Elektrobackofen ermöglicht die Nutzung eines Brotbackautomaten eine Reduktion des Stromverbrauchs um 60%. Vergleicht man dann noch das Einsparpotenzial zwischen einem effizienten und einem ineffizienten Brotbackautomat, so verbraucht ein effizienter Brotbackautomat im Vergleich 36% weniger Strom.

Grundbedürfnis Ernährung / Gesundheit: Ein weiterer Vorteil bei der Nutzung eines Brotbackautomaten kann auch darin gesehen werden, dass Konsument/innen durch die eigene Brotherstellung ihre „Ernährungskompetenz“ steigern. Im Hinblick auf das immer größer

werdende Angebot industriell hergestellter Nahrungsmittel eine Kompetenz, deren Erhalt durchaus sinnvoll ist. Insbesondere für Menschen mit Lebensmittelunverträglichkeiten kann die Nutzung eines Brotbackautomaten eine Hilfestellung bei der täglichen Versorgung mit Grundnahrungsmitteln wie Brot darstellen.

Qualifizierte Arbeitsplätze: Brotbackautomaten können sich bei zunehmender Nutzung negativ auf den Erhalt qualifizierter Arbeitsplätze im Bäckereigewerbe auswirken. Bisher stellt ihre geringe Marktdurchdringung jedoch noch keine Gefahr da.

2.1.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Nutzen	Produktspezifische Aspekte
Gebrauchsnutzen	
Leistung (Kernanforderungen)	Einfache, automatische und gleichzeitig kostengünstige Methode Brot zu backen
Zusatzleistungen	Marmeladen-Programm, z.T. Zubereitung von Gemüse, Reis oder Fleisch möglich
Bedarfsgerecht	Bedarfsgerechte Zutatenwahl möglich (z.B. wichtig bei Allergien). Frisches Brot – auch unabhängig von den Ladenöffnungszeiten
Convenience/Zeit	Automatische Zubereitung per Timer, aber dennoch aufwendiger, als Brot zu kaufen
Ersatzteile / Haltbarkeit	Knetbacken und Backformen ersetzbar
Zuverlässigkeit in der Funktion	Bei Stromausfall: Speicherung der Daten und anschließender Fortlauf des Programms
Verbraucherinformation	Informationen über glutenfreies Backen
Symbolischer Nutzen	
Identität/Autonomie / Entfaltung	Frisches Brot unabhängig von den geschäftlichen Öffnungszeiten, individuell auf Ernährungsverhalten abstimmbare.
Kompetenz	Förderung der „Ernährungskompetenz“
Genuss/Vergnügen/Freude/Erlebnis	Gesundes, individuelles backen möglich, ohne Zusatzstoffe Hoher Genuss, da frisch zubereitet
Gesellschaftlicher Nutzen	
Grundbedürfnis Ernährung	Förderung der „Ernährungskompetenz“
Grundbedürfnis Gesundheit	
Klimaschutz	Niedrigerer Energieverbrauch als im Backofen

Teil II

Anhand der orientierenden Ökobilanz sowie der Analyse der Lebenszykluskosten soll ein Eindruck über Umweltauswirkungen und Lebenszykluskosten von Brotbackautomaten ermittelt werden. Die Ergebnisse bieten eine Orientierungshilfe zur Frage, wo die Verbesserungspotenziale bei dieser Produktgruppe liegen.

3 Lebenszyklusanalyse

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer orientierenden Ökobilanz eines Brotbackautomaten dargestellt.

3.1 Untersuchungsrahmen und Datengrundlage

Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit ist die jährliche Nutzung eines Brotbackautomaten in einem privaten Zwei-Personen-Haushalt.

Tabelle 2 Spezifikation des betrachteten Gerätetyps

Gerätetyp	Leistung	Lebensdauer	Gewicht	Preis
Brotbackautomat	600 Watt	6 Jahre	7,6 kg	85 Euro

Systemgrenzen

Folgende Teilprozesse werden bei der orientierenden Ökobilanz berücksichtigt:

- Herstellung des Brotbackautomaten,
- Nutzung des Geräts in einem Zwei-Personen-Haushalt über ein Jahr,
- Entsorgung.

Herstellung

Grundlage für die Bilanzierung der Herstellung des Brotbackautomaten bilden Annahmen zu der Materialzusammensetzung eines typischen Geräts. Hierzu wurden verschiedene Geräte betrachtet und ein Gerät exemplarisch in seine Einzelteile zerlegt. Tabelle 3 zeigt die Materialzusammensetzung des Geräts. Dabei ist davon auszugehen, dass diese Daten

typisch sind für marktdurchschnittliche Brotbackautomaten und die derzeit eingesetzten Gerätetechnologien widerspiegeln.

Tabelle 3 Materialzusammensetzung des betrachteten Brotbackautomaten

Material	Gewicht (g)	Prozentualer Anteil
<i>Kunststoffkomponenten</i>		
ABS	621	8,2%
Synthesekautschuk	12	0,2%
PA 66 GF	50	0,7%
<i>Metallkomponenten</i>		
Aluminium	630	8,3%
Stahl	3167	41,7%
Weißblech	932	12,3%
Zinkdruckguss	794	10,5%
Kupfer	368	4,8%
<i>Elektronik</i>		
Leiterplatten	382	5,0%
Widerstand	40	0,5%
<i>Sonstiges</i>		
Glas	293	3,9%
Kabel	165	2,2%
Heizwendel	129	1,7%
Schrauben	12	0,2%
Summe	7595	100,0%

Zur Bilanzierung der Materialvorketten wurde ausschließlich auf Daten aus EcoInvent 2.2 zurückgegriffen.

In der orientierenden Ökobilanz werden ein ineffizientes Gerät (Basisgerät) und ein effizientes Gerät miteinander verglichen. Hinsichtlich des Herstellungsaufwandes werden keine Unterschiede zwischen den Modellen angenommen.

Nutzung

Laut der Nationalen Verzehr Studie isst jeder Mann 178 g Brot pro Tag, jede Frau 133 g. In der Tabelle 4 wurde mit Hilfe dieser Angaben ein Durchschnittswert von 57 kg Brot pro Jahr und Person, also 114 kg für einen 2-Personen-Haushalt berechnet. Der Inner-Haus-Verzehr von Brot belief sich dabei im Jahr 2009 auf ca. 43 kg pro Haushalt (vgl. Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e.V.⁹). Ausgehend von diesen Angaben wurde für die Nutzung

⁹ Das deutsche Bäckerhandwerk – Zahlen, Fakten, Hintergründe 2010:
http://www.baeckerhandwerk.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Zahlen_Fakten_2010_DE.pdf

eines Brotbackautomaten in einem 2-Personen-Haushalt ein Szenario angenommen, in dem pro Woche 3 Brote à 750 g gebacken werden (Szenario „Viel-Backer“) und ein Szenario, in dem pro Woche nur 1 Brot gebacken wird (Szenario „Wenig-Backer“) (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4 Durchschnittlicher Verzehr von Brot (Quelle: Nationale Verzehr Studie 2008), inklusive der angenommenen Nutzungsszenarien

	Männer	Frauen
Brot (g/Tag)	178	133
Brot (kg/Jahr)	65	48,5
Durchschnitt (kg/Person/Jahr)	57	
2-Personen-Haushalt (kg/Jahr)	114	
Szenario „Viel-Backer“	3 Brote/Woche (117 kg/Jahr)	
Szenario „Wenig-Backer“	1 Brot/Woche (39 kg/Jahr)	

Für den Energieverbrauch eines gängigen Brotbackautomaten im Normalprogramm für ein 750-g-Brot (auf Basis von 500 g Mehl) wurde auf eigene Messungen und Messungen der Stiftung Warentest zurückgegriffen. In der Bilanz werden ein effizientes und ein ineffizientes Gerät (Basisgerät) betrachtet, die sich hinsichtlich ihres Energieverbrauchs unterscheiden (s. Tabelle 5):

- effizientes Gerät: 300 Wh / Backvorgang im Normalprogramm;
- ineffizientes Gerät: 470 Wh / Backvorgang im Normalprogramm.

Wie bereits erwähnt, werden sowohl für das effiziente als auch für das ineffiziente Gerät zwei unterschiedliche Nutzerverhalten angenommen. Dabei wird in Wenig-Backer (1 Brot/Woche) und Viel-Backer (3 Brote/Woche) unterschieden. Daraus ergeben sich die in Tabelle 5 dargestellten jährlichen Energieverbrauchswerte.

Tabelle 5 Jährlicher Energieverbrauch der Brotbackautomaten

Szenario	Brotbackautomat	Nutzerverhalten	Energieverbrauch pro Backvorgang	Jährlicher Energieverbrauch
Szenario 1	Ineffizientes Gerät	Wenig-Backer	470 Wh	24,44 kWh
Szenario 2	Effizientes Gerät	Wenig-Backer	300 Wh	15,60 kWh
Szenario 1a	Ineffizientes Gerät	Viel-Backer	470 Wh	73,32 kWh
Szenario 2a	Effizientes Gerät	Viel-Backer	300 Wh	46,80 kWh

Da angenommen wird, dass bei allen vier Szenarien dasselbe Brot gebacken wird, bleiben die Zutaten für das Brot unberücksichtigt.

Entsorgung

Laut ElektroG §2 fallen alle Haushaltskleingeräte unter das Elektroggesetz. Die im Handel erhältlichen Brotbackautomaten erhalten auch die entsprechende Kennzeichnung.

Für die Entsorgung wird davon ausgegangen, dass die Brotbackautomaten gemeinsam mit anderen Elektroaltgeräten geschreddert werden und dass die Kunststofffraktion in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt wird, während die Metalle stofflich recycelt werden. Hierfür werden entsprechende Gutschriften vergeben. Dabei wird von einem 100% sachgerechtem Recycling ausgegangen. Die dafür angesetzten Recyclingquoten sind in Tabelle 6 dokumentiert.

Die Umweltauswirkungen durch die Entsorgung werden analog zur Bilanzierung der Herstellung auf die funktionelle Einheit, d.h. die jährliche Nutzung im Zweipersonenhaushalt, umgerechnet.

Tabelle 6 Angenommene Quoten für das Metallrecycling (Buchert et al. 2009)

Material	Recyclingquote
Edelstahlrecycling	80%
Kupferstahlrecycling	80%
Stahlrecycling	95%
Aluminiumrecycling	80%
Zinkrecycling*	80%

*Aufgrund fehlender Datenlage: Zink wie Kupfer entsorgt.

Betrachtete Wirkungskategorien

Folgende Wirkungskategorien werden in der orientierenden Ökobilanz betrachtet (Erläuterungen zu den Wirkungskategorien siehe Kapitel 6.1 im Anhang):

- Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA)
- Treibhauspotenzial (GWP)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Eutrophierungspotenzial (EP)
- Photochemische Oxidantienbildung (POCP)

Die Wirkungskategorien Flüchtige Organische Verbindungen (VOC) und Langlebige Organische Schadstoffe (POP) werden in der Ökobilanzbewertung nicht berücksichtigt, da die Datenlage bei Brotbackautomaten noch mit großer Unsicherheit behaftet ist.

3.2 Ergebnisse der orientierenden Ökobilanz

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der betrachteten Wirkungskategorien dieser PROSA-Studie dargestellt. Die Daten beziehen sich jeweils auf eine Nutzungsdauer von einem Jahr. Die negativen Zahlenwerte bei der Entsorgung stehen für Gutschriften beim Recycling. Im Folgenden wird auf Grund der geringen Umweltauswirkungen innerhalb der Wirkungskategorien Versauerungspotenzial (AP), Eutrophierungspotenzial (EP) und photochemisches Oxidantienpotenzial (POCP) nur auf den kumulierten Energieaufwand (KEA) und das Treibhauspotenzial (GWP) im Detail eingegangen.

Anders als bei den meisten Haushaltsgeräten bei denen die Nutzungsphase die Ergebnisse innerhalb der Wirkungskategorien mit über 90 Prozent dominiert (z.B. bei Waschmaschinen), beträgt der Anteil der Nutzungsphase ineffizienter Brotbackautomaten hingegen maximal 70 Prozent. Für das Szenario „Wenig-Backer“ innerhalb der Wirkungskategorie kumulierter Energieaufwand beträgt der Anteil der Nutzungsphase nur 67,4 und in der Kategorie Treibhauspotenzial nur 68,7 Prozent. Die Herstellung der Geräte hat mit etwa 40 Prozent einen sehr hohen Anteil. Die Entsorgung hat den geringsten Anteil mit max. 4,4 Prozent (vgl. Tabelle 7 und Tabelle 8). Bei den effizienten Geräten liegen die Anteile innerhalb der Nutzung bei nur noch 56,9 bzw. 58,3 Prozent. Der Anteil der Herstellung steigt dadurch hingegen auf über die Hälfte (vgl. Tabelle 9 und Tabelle 10). Insgesamt werden bei der jährlichen Nutzung eines Brotbackautomaten (pro Woche ein Brot) zwischen 21 kg (ineffizientes Gerät) und 16 kg (effizientes Gerät) CO₂e pro Jahr frei.

Tabelle 7 Absolute Anteile der Umweltauswirkungen - bezogen auf eine Nutzungsdauer von einem Jahr. Szenario 1 (Ineffizientes Gerät - Wenig-Backer)

	KEA [MJ/a]	GWP [kg CO ₂ e/a]	AP [kg SO ₂ e/a]	EP [kg PO ₄ e/a]	POCP [kg Eth.e/a]
Herstellung	150,47	8,37	0,08	0,004	0,01
Nutzung	246,76	14,65	0,02	0,002	0,001
Entsorgung	11,44	0,93	0,005	0,0004	0,0003
Gutschrift	-42,75	-2,62	-0,02	-0,001	-0,002
Summe	365,92	21,33	0,08	0,01	0,01

Tabelle 8 Prozentuale Anteile der Umweltauswirkungen , Szenario 1 (Ineffizientes Gerät - Wenig-Backer)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
Herstellung	41,1%	39,2%	94,8%	77,6%	104,6%
Nutzung	67,4%	68,7%	24,5%	42,3%	22,8%
Entsorgung	3,1%	4,4%	6,1%	6,8%	6,1%
Gutschrift	-11,7%	-12,3%	-25,4%	-26,7%	-33,5%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 9 Absolute Anteile der Umweltauswirkungen- bezogen auf eine Nutzungsdauer von einem Jahr. Szenario 2 (Effizientes Gerät - Wenig-Backer)

	KEA [MJ/a]	GWP [kg CO ₂ e/a]	AP [kg SO ₂ e/a]	EP [kg PO ₄ e/a]	POCP [kg Eth.e/a]
Herstellung	150,47	8,37	0,08	0,004	0,01
Nutzung	157,51	9,35	0,01	0,001	0,001
Entsorgung	11,44	0,93	0,005	0,0004	0,0003
Gutschrift	-42,75	-2,62	-0,02	-0,001	-0,002
Summe	276,67	16,04	0,07	0,004	0,01

Tabelle 10 Prozentuale Anteile der Umweltauswirkungen, Szenario 2 (Effizientes Gerät - Wenig-Backer)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
Herstellung	54,4%	52,2%	104,0%	91,6%	114,0%
Nutzung	56,9%	58,3%	17,1%	31,9%	15,8%
Entsorgung	4,1%	5,8%	6,7%	8,0%	6,6%
Gutschrift	-15,5%	-16,3%	-27,9%	-31,5%	-36,5%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Beim Szenario „Viel-Backer“ beträgt der Anteil der Nutzungsphase innerhalb der ineffizienten Geräte über 86 Prozent und nähert sich damit den typischen Anteilen der Umweltauswirkungen innerhalb der Nutzungsphase von Haushaltsgeräten entlang ihres gesamten Lebensweges. Der Anteil der Herstellung liegt nun nur noch bei 17,5 bzw. 16,5 Prozent (vgl. Tabelle 11 und Tabelle 12). Bei den effizienten Geräten liegt der Anteil der Nutzung bei etwa 80 Prozent, die Herstellung bei etwa 25 Prozent (vgl. Tabelle 13 und Tabelle 14). Insgesamt werden bei der intensiven jährlichen Nutzung eines Brotbackautomaten – pro Woche 3 Brote – zwischen 51 (ineffizientes Gerät) und 35 kg (effizientes Gerät) CO₂e pro Jahr frei.

Tabelle 11 Absolute Anteile der Umweltauswirkungen - bezogen auf eine Nutzungsdauer von einem Jahr. Szenario 1a (Ineffizientes Gerät - Viel-Backer)

	KEA [MJ/a]	GWP [kg CO ₂ e/a]	AP [kg SO ₂ e/a]	EP [kg PO ₄ e/a]	POCP [kg Eth.e/a]
Herstellung	150,47	8,37	0,08	0,004	0,01
Nutzung	740,28	43,95	0,06	0,01	0,004
Entsorgung	11,44	0,93	0,005	0,0004	0,0003
Gutschrift	-42,75	-2,62	-0,02	-0,001	-0,002
Summe	859,44	50,63	0,12	0,01	0,01

Tabelle 12 Prozentuale Anteile der Umweltauswirkungen, Szenario 1a (Ineffizientes Gerät - Viel-Backer)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
Herstellung	17,5%	16,5%	63,6%	42,0%	71,9%
Nutzung	86,1%	86,8%	49,3%	68,8%	46,9%
Entsorgung	1,3%	1,8%	4,1%	3,7%	4,2%
Gutschrift	-5,0%	-5,2%	-17,1%	-14,5%	-23,0%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 13 Absolute Anteile der Umweltauswirkungen- bezogen auf eine Nutzungsdauer von einem Jahr. Szenario 2a (Effizientes Gerät - Viel-Backer)

	KEA [MJ/a]	GWP [kg CO ₂ e/a]	AP [kg SO ₂ e/a]	EP [kg PO ₄ e/a]	POCP [kg Eth.e/a]
Herstellung	150,47	8,37	0,08	0,004	0,01
Nutzung	472,52	28,05	0,04	0,004	0,002
Entsorgung	11,44	0,93	0,005	0,0004	0,0003
Gutschrift	-42,75	-2,62	-0,02	-0,001	-0,002
Summe	591,68	34,74	0,10	0,01	0,01

Tabelle 14 Prozentuale Anteile der Umweltauswirkungen, Szenario 2a (Effizientes Gerät - Viel-Backer)

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
Herstellung	25,4%	24,1%	77,5%	55,9%	86,6%
Nutzung	79,9%	80,8%	38,3%	58,4%	36,1%
Entsorgung	1,9%	2,7%	5,0%	4,9%	5,0%
Gutschrift	-7,2%	-7,5%	-20,8%	-19,2%	-27,7%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Das Einsparpotenzial des Treibhauspotenzials liegt zwischen den ineffizienten und effizienten Geräten – analog zum Energieverbrauch – bei 36 Prozent. Das bedeutet, es könnten 36 Prozent der Klimaauswirkungen vermieden werden, wenn man den Energieverbrauch von Brotbackautomaten von 470 Wh pro Brot auf 300 Wh reduzieren würde.

3.3 Analyse der Lebenszykluskosten

In der vorliegenden Studie werden die Kosten aus Sicht der privaten Haushalte berechnet.

Berücksichtigt wurden folgende Kostenarten:

- Investitionskosten (Kosten für die Anschaffung eines Brotbackautomaten),
- Betriebs- und Unterhaltskosten
 - Stromkosten

- Kosten für die Zutaten
- Reparaturkosten
- Entsorgungskosten.

3.3.1 Investitionskosten

Die Preise für Brotbackautomaten variieren zwischen ca. 35 und 200 Euro (vgl. Kapitel 1.3.2). Als durchschnittlicher Anschaffungspreis werden für die nachfolgenden Berechnungen 85 Euro angesetzt. Zur Berechnung der jährlichen Anschaffungskosten wird der Anschaffungspreis linear über die Lebensdauer abgeschrieben. Bei einer zugrunde gelegten Lebensdauer 6 Jahren ergeben sich somit Anschaffungskosten in Höhe von rund 14 Euro pro Jahr.

3.3.2 Stromkosten

Der Strompreis setzt sich in der Regel aus einem monatlichen Grundpreis und einem Preis pro verbrauchte Kilowattstunde zusammen. Mit Hilfe des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauchs verschiedener Haushaltsgrößen kann ein durchschnittlicher Kilowattstundenpreis bei einem entsprechenden Jahresstromverbrauch errechnet werden. Der Grundpreis wurde mit eingerechnet.

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Strompreise für unterschiedliche Haushaltsgrößen. In den vorliegenden Berechnungen wird mit dem Strompreis für einen durchschnittlichen Haushalt (0,264 €) gerechnet.¹⁰

Tabelle 15 Strompreise für unterschiedliche Haushaltsgrößen¹¹

Haushaltsgröße	kWh-Preis (inkl. Grundgebühr)
<i>Durchschnitt</i>	0,264 €
1-Pers-HH	0,280 €
2-Pers-HH	0,264 €
3-Pers-HH	0,260 €
4-Pers-HH	0,256 €

Zur Berechnung der Stromkosten wurden die in Kapitel 3.1 unter „Nutzung“ beschriebenen Annahmen zur Nutzung und die daraus resultierenden Stromverbräuche herangezogen. Dies führt zu jährlichen Stromkosten, wie sie in Tabelle 16 dargestellt sind.

¹⁰ Die Berechnung für einen deutschen Durchschnittshaushalt von 2,04 Personen basiert auf der Überlegung, dass dieses Vorgehen kohärent ist mit dem in anderen PROSA-Studien und es somit Quervergleiche von Daten und Ergebnissen unterstützt.

¹¹ Eigene Recherche, Stand: März 2011. Die Größe eines durchschnittlichen Haushalts liegt bei 2,04 Personen (Statistisches Bundesamt 2011, www.destatis.de)

Tabelle 16 Energieverbrauch und -kosten der betrachteten Gerätetypen

Szenario	Gerätetyp	Nutzung	Stromverbrauch [kWh/a]	Stromkosten [€/a]
Szenario 1	ineffizient	Wenig-Backer	24,44	6,45
Szenario 2	effizient		15,60	4,12
Szenario 1a	ineffizient	Viel-Backer	73,32	19,36
Szenario 2a	effizient		46,80	12,36

Wie aus der Tabelle hervorgeht fallen, je nach Gerät und Nutzungsintensität, Stromkosten zwischen 4 und 20 Euro an.

3.3.3 Kosten für die Zutaten

Um Brot mit einem Brotbackautomaten zu backen, kann man entweder die Zutaten selber mischen oder man greift auf Brotbackmischungen zurück, bei denen man nur noch Wasser hinzufügen muss. Da die eigene Zubereitung von Brot sehr individuell ist und keine durchschnittliche Wahl der Zutaten zugrunde gelegt werden kann, bleibt diese im Folgenden unberücksichtigt.

Tabelle 17 gibt einen Überblick über die Preise derzeit am Markt erhältlichen Brotbackmischungen. Für die Berechnung der Lebenszykluskosten wird ein gemittelter Preis von 0,91 Euro pro Brotbackmischung angenommen.

Tabelle 17 Durchschnittliche Preise für Brotbackmischungen (eigene Recherche 2011)

Brotbackmischung	Brotsorte	Inhalt (g)	Preis (€)	Preis pro 500 g (€)
Geha Sächsisches Bauernbrot	Roggenmischbrot	500	1,2	1,20
Küchenmeister Backmischung	Roggenmischbrot	1000	1,59	0,80
Seitenbacher Landbrot	Roggenmischbrot	1000	2,79	1,40
Durchschnitt Roggenbrot				1,13
Küchenmeister Backmischung	Weißbrot	1000	1,95	0,98
Dresdner Ährenwort	Weißbrot	1000	0,99	0,50
Durchschnitt Weißbrot				0,74
Dresdner Ährenwort	Vollkornbrot	1000	0,99	0,50
Geha Sächsisches Vollkornbrot	Vollkornbrot	500	1,2	1,20
Küchenmeister Backmischung	Vollkornbrot	1000	1,59	0,80
Aurora Vollwertkruste	Vollkornbrot	1000	1,98	0,99
Durchschnitt Vollkornbrot				0,87
Durchschnitt Gesamt				0,91

3.3.4 Reparaturkosten

Da keine repräsentativen Daten zu Reparaturkosten von Brotbackautomaten vorliegen und ferner davon ausgegangen werden kann, dass nicht mehr funktionsfähige Brotbackautomaten gegen neue Geräte ausgetauscht werden, da die Reparaturkosten im Verhältnis zum Anschaffungspreis zu hoch sind, bleiben die Reparaturkosten in dieser Studie unberücksichtigt.

3.3.5 Entsorgungskosten

Seit dem 24. März 2006 sind die Hersteller für die Rücknahme und Entsorgung der Altgeräte (finanz-)verantwortlich. In der vorliegenden Untersuchung werden daher keine zusätzlichen Entsorgungskosten angenommen.

3.3.6 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Betrachtung der Lebenszykluskosten dargestellt.

Tabelle 18 Lebenszykluskosten der betrachteten Brotbackautomaten pro Jahr in Euro.

		Jährliche Anschaffungskosten	Jährliche Nutzungskosten		Lebenszykluskosten pro Jahr
			Stromkosten	Brotkosten	
Wenig-Backer	Szenario 1	14,17	6,45	47,41	68
	Szenario 2	14,17	4,12	47,41	66
Viel-Backer	Szenario 1a	14,17	19,36	142,22	176
	Szenario 2a	14,17	12,36	142,22	169

Wie aus der Tabelle hervorgeht, liegen die Lebenszykluskosten zwischen 66 und 176 Euro. Die geringsten Kosten entstehen in Szenario 2 (effizientes Gerät, Wenig-Backer). Die Kosten von Szenario 1 (ineffizientes Gerät, Wenig-Backer) liegen in einer ähnlichen Größenordnung bei rund 68 Euro. Für Szenario 2a (effizientes Gerät, Viel-Backer) belaufen sich die Lebenszykluskosten auf rund 169 Euro, Szenario 1a (ineffizientes Gerät, Viel-Backer) ist mit 176 Euro Spitzenreiter.

Die Kosten für die Brotbackmischungen dominieren dabei die Lebenszykluskosten mit 70 bis 84 Prozent (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19 Prozentuale Anteile der Lebenszykluskosten

		Jährliche Anschaffungskosten	Jährliche Nutzungskosten		Lebenszykluskosten
			Stromkosten	Brotkosten	
Wenig-Backer	Szenario 1	20,8%	9,5%	69,7%	100,0%
	Szenario 2	21,6%	6,3%	72,2%	100,0%
Viel-Backer	Szenario 1a	8,1%	11,0%	80,9%	100,0%
	Szenario 2a	8,4%	7,3%	84,3%	100,0%

Vergleicht man diese Kosten nun mit dem Einkauf einer äquivalenten Menge Brot beim Bäcker, so entstehen für die Szenarien Viel- und Wenig-Backer die in Tabelle 20 aufgeführten jährlichen Kosten. Die Berechnung wurde mit der Annahme durchgeführt, dass ein 750 g Brot beim Bäcker durchschnittlich zwischen 2,50 und 3 Euro kostet.

Tabelle 20 Jährliche Kosten für den Einkauf beim Bäcker für die Szenarien „Viel“- und „Wenig-Backer mit zwei verschiedenen Brotpreisen.

Brotpreis (€)	Szenarien	Brote à 750 g / Woche	Kosten / Woche (€)	Jährliche Kosten (€)
2,50	Viel-Backer	3	7,50	390
	Wenig-Backer	1	2,50	130
3,00	Viel-Backer	3	9	468
	Wenig-Backer	1	3	156

Für das Szenario „Viel-Backer“ und einem angenommenen Brotpreis von 2,50 Euro zeigt sich im Vergleich zu Tabelle 18, dass die Nutzung eines Brotbackautomaten zwischen 214 bis 225 Euro pro Jahr einspart würde. Beim Szenario „Wenig-Backer“ hingegen liegt die Einsparung bei nur 62 bis 64 Euro. Bei einem angenommenen Brotpreis von 3 Euro sind die Einsparungen entsprechend höher (vgl. Tabelle 20).

Die Nutzung eines Brotbackautomaten ist also – auch wenn dieser nur einmal wöchentlich genutzt wird – kostengünstiger, als der Brotkauf beim Bäcker.

4 Gesamtbewertung und Ableitung der Vergabekriterien

Dieses Kapitel gibt Auskunft über die Ableitung der Kriterien für die Vergabegrundlage „Brotbackautomaten“ im Rahmen des Umweltzeichens. Die Bedingungen zur Nutzung eines Umweltzeichens für Brotbackautomaten sind in dieser Vergabegrundlage dokumentiert, die auf Grundlage der durchgeführten Untersuchung und der abgeleiteten Vergabekriterien erarbeitet wurde. Diese Vergabegrundlage enthält die Produktdefinition (Geltungsbereich), die verschiedenen Anforderungen an das Produkt mit den zu erbringenden Nachweisen, die formalen Bedingungen zur Zeichennutzung und einen Mustervertrag, den interessierte

Zeichennehmer mit der Zeichenvergabestelle abschließen müssen, bevor sie das Umweltzeichen benutzen dürfen.

Die Vergabegrundlage „Brotbackautomaten für den Hausgebrauch, RAL-ZU 169“ befindet sich im Anhang dieser Studie (Kapitel 6.2). Die abgeleiteten Vergabekriterien zielen darauf ab, dass sehr hochwertige und effiziente Geräte ausgezeichnet werden.

Energieverbrauch

Insgesamt führen die Untersuchungen zu der Schlussfolgerung, dass sich ein wesentlicher Ansatz für Umweltentlastungspotenziale bei Brotbackautomaten durch die Minderung des Energieverbrauchs in der Nutzungsphase ergibt. So hat die orientierende Ökobilanz gezeigt, dass das Einsparpotenzial zwischen ineffizienten und effizienten Geräten – analog zum Energieverbrauch – 36 Prozent beträgt. Das bedeutet, es können 36 Prozent der Umweltauswirkungen vermieden werden, wenn man den Energieverbrauch der Brotbackautomaten von 470 Wh pro Brot auf 300 Wh reduziert. Ein Vergabekriterium für Umweltzeichen sollte deshalb wie folgt formuliert werden:

- Begrenzung des Energieverbrauchs im Normalbackprogramm des jeweiligen Gerätes auf Basis von 500 g Mehl (ergibt ein Brot von 750 g):
 - Für ein Gerät, mit dem man maximal Brote von 750 g backen kann: maximal 0,3 kWh/Brot,
 - für ein Gerät, mit dem man Brote von mehr als 750 g backen kann: maximal 0,33 kWh/Brot.

Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand und bei Nutzung der Timer-Funktion (Zeitvorwahl)

Darüber hinaus sollte eine Minderung der Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand und innerhalb der Nutzung der Timer-Funktion (Zeitvorwahl) ebenfalls zu einem geringeren Energieverbrauch beitragen. Ein Vergabekriterium für Umweltzeichen sollte deshalb wie folgt formuliert werden:

- Begrenzung der Leistungsaufnahme des Brotbackautomaten im Bereitschaftszustand und bei aktivierter Timer-Funktion (Zeitvorwahl) auf 0,50 W bei Geräten ohne Display und auf 1 Watt bei Geräten mit Display.

Netzschalter und Leistungsaufnahme im Aus-Zustand

Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass es noch immer Geräte auf dem Markt gibt, die über keinen Netzschalter verfügen, der das Gerät komplett vom Stromnetz trennt und so Standby-Verluste vermeidet. Marktrecherchen haben ergeben, dass diese Geräte im Aus-Zustand eine Leistungsaufnahme von 1 bis 2,6 Watt aufweisen können. Da davon auszugehen ist, dass ein Brotbackautomat mindestens ein- bis zweimal in der Woche benutzt wird und daher in der Küche fest platziert ist, d.h. auch über seinen Netzstecker mit dem

Stromnetz verbunden ist, ist hier ein zusätzlicher Stromverbrauch anzunehmen. Ein Vergabekriterium für Umweltzeichen sollte deshalb wie folgt formuliert werden:

- Das Gerät muss über einen für den Verbraucher zugänglichen Netzschalter verfügen.

Warmhaltefunktion

Viele Geräte verfügen auch über eine Warmhaltefunktion, die das Brot automatisch bis zu einer Stunde nach dem Backen noch warmhält. Eigene Messungen haben gezeigt, dass für das einstündige Warmhalten etwa 37 Wh benötigt werden, was etwa 9 Prozent des Gesamtverbrauchs für einen Backvorgang entspricht. Eine nur optional wählbare Warmhaltefunktion könnte hier Einsparpotenziale bieten. Ein Vergabekriterium für Umweltzeichen sollte deshalb wie folgt formuliert werden:

- Verfügt das Gerät über eine Warmhaltefunktion, so sollte diese manuell ein- und ausschaltbar sein. In der Werkseinstellung des Geräts sollte die Warmhaltefunktion ausgeschaltet sein.

Lebensmittelberührende Bauteile

Um gesundheitlichen Risiken vorzubeugen, die von den Bauteilen eines Brotbackautomaten ausgehen könnten, die mit den Zutaten in Berührung kommen, sollte folgendes Kriterium aufgenommen werden:

- Bauteile, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen, müssen die Bestimmungen des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch – LFGB) einhalten.

Beschichtung

Unter Qualitätsgesichtspunkten, die unter anderem auch die Lebensdauer beeinflussen, sollten auch die Beschichtungen der Knethaken und Backformen berücksichtigt werden. Um die Qualität der Haftfestigkeit der Beschichtungen zu prüfen, sollte daher eine Gitterschnittprüfung durchgeführt werden. Ein Vergabekriterium für Umweltzeichen sollte deshalb wie folgt formuliert werden:

- Die Beschichtung von Backform(en) und Knethaken wird durch eine Gitterschnittprüfung nach DIN EN ISO 2409 geprüft. Der Gitterschnittkennwert sollte 0 betragen.

Dämmstoffe

Um die Gesundheit von Verbraucher/innen zu schützen, sollten keine gesundheitsgefährdenden Dämmstoffe in einem Brotbackautomaten enthalten sein. Insbesondere sind krebs-erzeugende Fasern zu vermeiden (Faserdämmstoffe). Ein Vergabekriterium für Umweltzeichen sollte deshalb wie folgt formuliert werden:

- Werden in dem Brotbackautomaten die Dämmstoffe Mineralwolle, Glaswolle und/oder Steinwolle nach DIN 51001 verwendet, so muss der Kanzerogenitäts-Index der betreffenden Produkte $KI \geq 40$ sein. Damit darf nach dem gültigen Einstufungskonzept der TRGS 905 weder eine Einstufung als krebserzeugender Stoff noch als krebserdächtiger Stoff erforderlich sein. Keramische Mineralfasern, d. h. glasige (Silikat-) Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetalloxiden ($Na_2O + K_2O + CaO + MgO + BaO$) von weniger oder gleich 18 Gewichtsprozent dürfen nicht eingesetzt werden.

Sicherheit

Um die Sicherheit im Gebrauch zu gewährleisten, sollten Brotbackautomaten eine maximal zulässige Oberflächentemperatur bzw. Verbrennungsschwelle, unterhalb derer eine Verbrennung nicht zu erwarten ist, erfüllen. Ein Vergabekriterium für Umweltzeichen sollte deshalb wie folgt formuliert werden:

- Temperatur der Außenflächen und Sichtfenster: Zum Schutz vor Verbrennungen sind berührbare Außenflächen und falls vorhanden, Sichtfenster so zu gestalten, dass die maximale Oberflächentemperatur gemäß dem CENELEC-Guide 29:2007 oder DIN EN ISO 13732-1 bei folgenden Kontaktzeiten nicht überschritten werden:
 - Für nicht-funktionsmäßiges Berühren ist eine Kontaktzeit von 5 Sekunden (unabsichtliches Berühren und verlängerte Reaktionszeit) und
 - für funktionsmäßiges Berühren 1 Minute anzusetzen.Ist der Automat mit einem Sichtfenster ausgestattet, so muss das Sichtglas die Anforderungen der DIN EN 60335 einhalten.

Materialanforderungen an die Kunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile

Zur Vermeidung umweltbelastender Materialien sollte das Umweltzeichen auch strenge Anforderungen an die Materialien der Gehäuse und Gehäuseteile stellen.

Reparaturfähigkeit

Für die Reparatur der Geräte sollte eine Ersatzteilversorgung für mindestens 5 Jahre ab Produktionseinstellung sichergestellt sein. Die Produktunterlagen sollten Informationen über die genannten Anforderungen enthalten.

Garantie

Es sollte mindestens eine Garantie von 2 Jahren gewährt werden. Backform(en) und Knet-haken können von der Garantie ausgeschlossen werden. Die Produktunterlagen sollten Informationen zur Garantie enthalten.

Verbraucherinformation

Es hat sich gezeigt, dass Brotbackautomaten besonders für Menschen, die unter Zöliakie leiden hilfreich sein können. Allerdings erfordert das Backen von glutenfreiem Brot ein anderes Vorgehen das Backen von Brot, das mit glutenhaltigen Zutaten zubereitet wird. Daher sollten in der Bedienungsanleitung besondere Hinweise für das Backen von glutenfreiem Brot inklusive Rezepte enthalten sein.

5 Literatur

- BfR 2005 Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR); Ausgewählte Fragen und Antworten zu Koch- und Bratgeschirr mit Antihftbeschichtung, FAQ vom 1. November 2005, http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_koch__und_brat_geschirr_mit_antihftbeschichtung-7012.html
- Buchert et al. 2009 Buchert, M.; Schüler, D.; Jenseit, W.; Life cycle assessment of nickel metal hydride batteries for HEV application – Final Report, Öko-Institut 2009
- Bunke et al. 2002 Bunke, D.; Griefßhammer, R.; Gensch, C.-O.; EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung; UmweltWirtschaftsForum 10. Jg.; H. 4; Dezember 2002
- CML 2010 Institute of Environmental Sciences, Leiden University (CML); CML-IA, Version 3.9, Sept. 2010, <http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html>
- Emporio 11/2007 EMPORIO Heft 11/2007, Nr. 27, Im Test "Brotbackautomaten"
- Griefßhammer et al. 2007 Griefßhammer, R.; Buchert, M.; Gensch, C.-O.; Hochfeld, C.; Manhart, A.; Rüdener, I.; in Zusammenarbeit mit Ebinger, F.; Produkt-Nachhaltigkeits-Analyse (PROSA) - Methodenentwicklung und Diffusion; Öko-Institut 2007
- Haus & Garten 2011 Haus & Garten Test „Brot und Spiele – Zehn elektrischen Bäckermeistern auf die Knethaken geschaut“, Ausgabe 01.2011
- Heijungs et al. 1992 Heijungs, R. (final ed.); Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide (Part 1) and Backgrounds (Part 2); prepared by CML, TNO and B&G; Leiden 1992
- IPCC 2007 Intergovernmental panel on climate change (IPCC), Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. 2007, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>

- Meyer 2003 Meyer, R.; Potenziale zur Erhöhung der Nahrungsmittelqualität; Endbericht zum TAB-Projekt „Entwicklungstendenzen bei Nahrungsmittelangebot und -nachfrage und ihre Folgen. TAB Arbeitsbericht Nr. 87, April 2003,
<http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab087.pdf>
- Nationale Verzehr Studie 2008 Nationale Verzehr Studie, Ergebnisbericht, Teil 2; Max Rubner-Institut Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, 2008, S. 29
- Nonaka und Takeuchi 1995 Nonaka, I.; Takeuchi, H.; The Knowledge-Creating Company – How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation; Oxford University Press 1995
- test 04/2005 Stiftung Warentest; Gut Brot will Weile haben; Ausgabe 04/2005

6 Anhang

6.1 Berücksichtigte Wirkungskategorien der vereinfachten Ökobilanz

- Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA)
- Treibhauspotenzial (GWP)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Eutrophierungspotenzial (EP)
- Photochemische Oxidantienbildung (POCP)

6.1.1 Kumulierter Primärenergieaufwand

Die energetischen Rohstoffe werden anhand des Primärenergieverbrauchs bewertet. Als Wirkungsindikatorwert wird der nicht-regenerative (d.h. fossile und nukleare) Primärenergieverbrauch als kumulierter Energieaufwand (KEA) angegeben.

6.1.2 Treibhauspotenzial

Schadstoffe, die zur zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, werden unter Berücksichtigung ihres Treibhauspotenzials bilanziert, welches das Treibhauspotenzial des Einzelstoffs relativ zu Kohlenstoffdioxid kennzeichnet. Als Indikator wird das Gesamttreibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach IPCC 2007 berücksichtigt.

6.1.3 Versauerungspotenzial

Schadstoffe, die als Säuren oder aufgrund ihrer Fähigkeit zur Säurefreisetzung zur Versauerung von Ökosystemen beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Versauerungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Versauerungspotenzial kennzeichnet die Schadwirkung eines Stoffes als Säurebildner relativ zu Schwefeldioxid. Als Indikatoren für die Gesamtbelastung wird das Gesamtversauerungspotenzial in SO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2010 berücksichtigt.

6.1.4 Eutrophierungspotenzial

Nährstoffe, die zur Überdüngung (Eutrophierung) aquatischer und terrestrischer Ökosysteme beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Eutrophierungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Eutrophierungspotenzial kennzeichnet die Nährstoffwirkung eines Stoffs

relativ zu Phosphat. Als Indikator für die Gesamtbelastung werden das aquatische und das terrestrische Eutrophierungspotenzial in Phosphat-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2010 berücksichtigt.

6.1.5 Photochemische Oxidantienbildung

Zu den Photooxidantien gehören Luftschadstoffe, die zum einen zu gesundheitlichen Schädigungen beim Menschen, zum anderen zu Schädigungen von Pflanzen und Ökosystemen führen können. Den leichtflüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) kommt eine zentrale Rolle zu, da sie Vorläufersubstanzen sind, aus denen Photooxidantien entstehen können. Als Indikator für die Gesamtbelastung wird das Photooxidantienbildungspotenzial in Ethylen-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2010 berücksichtigt.

6.2 Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel