



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 26. November 2010

Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte - Kaffeemaschinen

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Helbling Technik AG
Hubstrasse 24
CH-9500 Wil
www.helbling.ch

Autoren:

Hans Tischhauser, Helbling Technik AG, hans.tischhauser@helbling.ch
Gerhard Staufert, freier Mitarbeiter Helbling Technik AG, gs@galileo-ag.ch

BFE-Bereichsleiter: Dr. Michael Moser

BFE-Programmleiter: Roland Brüniger

BFE-Vertrags- und Projektnummer: SI/500552, SI/500552-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Das laufende Projekt "Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte - Kaffeemaschine" hat folgende wesentlichen Zielsetzungen:

Erstellung und Untersuchung von Prototypen einer Heisswasser-Aufbereitung mit hocheffizienter Isolation für Kaffeemaschinen, wobei Alternativen zur Heisswasser-Aufbereitung und zur Isolation mit Vakuum-Spalt geprüft werden.

Weiter sollen mögliche Verfahren für eine Serien-Herstellung von Kaffeemaschinen mit isolierter Heisswasser-Aufbereitung aufgezeigt und die Kosten für eine entsprechende Serien-Herstellung abgeschätzt werden.

In den ca. 6 Wochen seit dem verzögerten Projektbeginn konnte mittels Patentanalysen und mit der Diskussion des Standes der Technik gezeigt werden, welche Alternativen zur Heisswasser-Aufbereitung heute industriell zur Verfügung stehen, und dass mehrere Möglichkeiten zur effizienten Isolation vorhanden sind und bei allen Alternativen auch Sinn machen.

Das zu erwartende thermische Verhalten mehrerer Isolationsvarianten wurde analytisch abgeschätzt und eine Bewertung der Isolationsvarianten vorgenommen.

Projektziele

Im Rahmen der vom Bundesamt für Energie mitfinanzierten, vom September 2009 bis Mai 2010 durchgeführten Machbarkeitsstudie "Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte" (BFE-Projekt Nr. 103290), konnte bezüglich der Isolation von Kaffeemaschinen folgende Zusammenfassung gemacht werden:

Bei Kaffeemaschinen kann auf kostengünstige Art eine Isolation mittels eines Stahlbauteils mit Vakuum-Spalt ausgeführt werden. Das Funktionsmuster einer derart isolierten Kaffeemaschine zeigt ein wesentlich langsames Abkühlen. Während dem ein nicht isoliertes Vergleichsgerät nach ca. 1.5 h wieder Raumtemperatur erreicht, ist das Funktionsmuster dann immer noch bei 70°C und nach 2 h noch bei 65°C. Berechnungen mit mathematischen Modellen zeigen, dass das Abkühlverhalten noch deutlich verbessert werden kann (nach 2 h ca. 75°C). Zusammen mit einer "Null Standby-Energie"-Strategie resultieren daraus erheblich reduzierte Wartezeiten bis zur Betriebsbereitschaft und im Mittel eine Einsparung von 25 bis 30% Energie zur Herstellung einer Tasse mit 120 g Kaffee.

Damit ist die prinzipielle Machbarkeit der folgenden Zielsetzungen nachgewiesen:

- Komfortgewinn durch kurze Wartezeit bis zur Bereitschaft, d.h. durch eine kurze Aufheizzeit nach einer längeren Abkühlperiode
- drastische Reduktion der benötigten Standby-Energie bzw. "Null Standby-Energie"
- namhafte Reduktion der mittleren Energie pro Tasse Kaffee

Bei der in der Machbarkeitsstudie untersuchten Methode zur Heisswasseraufbereitung handelt es sich um die Erhitzung des Wassers mittels eines Thermoblocks, d.h. mittels eines Erhitzers mit relativ grosser thermischer Masse. Da seit einiger Zeit die deutlich kleinere thermische Masse aufweisenden Durchlauferhitzer vermehrt zum Einsatz kommen, muss untersucht werden ob bei derartigen Geräten mittels thermischer Isolation ebenfalls substantielle Verbesserungen möglich sind.

Zusätzlich zeigen die Resultate der genannten Machbarkeitsstudie, dass beispielsweise mit einer wesentlich einfacher herstellbaren, 10 mm dicken Isolationsschicht aus PU-Schaum deutlich reduzierte Wartezeiten sowie Energieeinsparungen in der Grössenordnung von 20% realisiert werden können. Dies bedeutet, dass vertieft untersucht werden muss, ob nicht eine Isolation mittels stehender Luft im ökologisch-wirtschaftlichen Sinne gegenüber der eher aufwendigen Isolation mit Vakuum zu bevorzugen wäre.

1. Zielsetzungen

- Erstellung und Untersuchung von Prototypen einer Heisswasser-Aufbereitung mit hocheffizienter Isolation für Kaffeemaschinen
- Alternativen zum Thermoblock wurden dabei geprüft und allenfalls eingesetzt
- Alternativen zur Isolation mittels Stahlbauteil mit Vakuum-Spalt wurden dabei ausgearbeitet, geprüft und allenfalls eingesetzt
- Aufzeigen der Vorteile zu bestehenden Technologien
- Aufzeigen möglicher Verfahren für eine Serien-Herstellung von Kaffeemaschinen mit isolierter Heisswasser-Aufbereitung
- Abschätzung der Kosten für eine Serien-Herstellung von Kaffeemaschinen mit isolierter Heisswasser-Aufbereitung
- Erarbeitung der Energiekostenrechnung (effektive und graue Energie) für Kaffeemaschinen mit isolierter Heisswasser-Aufbereitung

2. Erwartete Ergebnisse

- Entscheidungsgrundlagen bezüglich des prinzipiellen Einsatzes hocheffizienter Isolation für Kaffeemaschinen
- Entscheidungsgrundlagen bezüglich des Typs von hocheffizienter Isolation in Abhängigkeit von der Art der Heisswasser-Aufbereitung
- Übertragbarkeit der erarbeiteten Technik auf andere Haushaltsgeräte wie beispielsweise Boiler, Durchlauferhitzer für Brauchwasser oder alle Arten von Waschmaschinen

3. Zeitplan

Milestone 1 (wegen verzögertem Projektbeginn verschoben auf 20.01.2011):

- Der Stand der Technik und die Patensituation und ein auf diesen basierendes Lastenheft sind erarbeitet
- Alternative Verfahren zur Heisswasser-Aufbereitung und die allfälligen Auswirkungen auf eine hocheffiziente Isolation von Kaffeemaschinen sind untersucht
- Alternativen zur Isolation mit Stahlbauteil mit Vakuum-Spalt sind untersucht, entsprechende Funktionsmuster sind gebaut und getestet und mit der Vakuum-Isolation verglichen
- Bezüglich der zu bauenden Prototypen sind die Konstruktion der Mechanik, Elektrik und der Schnittstellen weitgehend abgeschlossen und die in Frage kommenden Verfahren zur Serienproduktion sind untersucht

Bis Projektende geplant auf 05.05.2011:

- Bau von höchstens 2 Prototypen
- Test der Prototypen
- Festlegung möglicher Fertigungstechnologien

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Folgende Arbeiten wurden bisher durchgeführt:

1. Vorbereitende Tätigkeiten
 - 1.1 *Patentrecherche durchführen*
 - 1.2 *Patentanalyse durchführen*
 - 1.3 *Stand der Technik festhalten*
 - 1.4 *Lastenheft für die hocheffiziente Isolation von Kaffeemaschinen neu erarbeiten*

2. Technologieverifikation
 - 2.1 *Alternativen zur Heisswasseraufbereitung mit einem Thermoblock prüfen*
 - 2.1.1 *Bekannte Alternativen zu Thermoblock, beispielsweise:
Durchlauferhitzer
Heisswasser-Reservoir
Gibt es Weitere?*
 - 2.1.2 *Nachteile / Vorteile dieser Alternativen*
 - 2.1.3 *Alternativen bewerten, allenfalls mit einer solchen weiterarbeiten*

 - 2.2 *Alternative Isolationsarten zu Stahlbauteil mit Vakuum-Spalt suchen*
 - 2.2.1 *"Ideensuche" wie beispielsweise
Isolation mit PU-Schaum
Isolation mit Luftspalt mittels Gehäuseformgebung:
offener Spalt
Spalt mit Folie gegen Strahlung*
 - 2.2.2 *Approbationsfähigkeit der Varianten prüfen*
 - 2.2.3 *Alternativen im Sinne von Kosten-/Nutzen-Analyse bewerten*
 - 2.2.4 *Interessante Alternativen vertiefen*
 - 2.2.5 *Thermische Berechnungen (analytisch)
Wegen verzögertem Projektbeginn noch nicht gemacht:*
 - 2.2.6 *Testmuster entwickeln, bauen, testen*
 - 2.2.7 *Alternative Isolationsarten verifizieren,
Gegenüberstellung zu Vakuumisolation*

- 1.1/1.2 *Patentrecherche und Analyse bezüglich Isolation von Kaffeemaschinen*

Mit der Klassifikation "A47J31 (apparatus for making beverages)" und dem Begriff *insul** wurden 303 Patente gefunden und analysiert.

Es ergab sich folgendes Bild:

1927 wurde in GB289689A ein thermisch gut isolierter "water heater" beschrieben, der als Vorläufer heutiger Durchlauferhitzer und Thermoblöcke gelten kann.

Ein weiteres Patent von 1977 GB1466866A beschreibt bezüglich Isolation prinzipiell dasselbe, wobei der "water heater" den heute verwendeten Komponenten wesentlich ähnlicher ist.

Damit ist die thermische Isolation von Durchlauferhitzern und von Thermoblöcken als solches nicht mehr patentierbar, aber auch frei verwendbar.

Patentierbar sind allenfalls spezifische Ausführungsformen der thermischen Isolation von Wasser-Erhitzern für Maschinen zur Erzeugung von Getränken.

Bezüglich Vakuum-isolierten Komponenten von Maschinen zur Erzeugung von Getränken finden sich total knapp 20 Patente, die sich allesamt auf die Isolation von unterschiedlichen Wasser- oder Getränkebehältern beziehen, die entweder beheizt oder unbeheizt sind und die entweder als Kannen für sich alleine stehen oder Teil von Kaffeemaschinen sind.

1.3 Stand der Technik Haushalts-Kaffeemaschinen

Eine thermische Isolation von Kaffeemaschinen ist sinnvoll zur Erhöhung der Energieeffizienz. Wir begrenzen uns deshalb zur generellen Betrachtung des Standes der Technik auf eben diesen Parameter.

Eine zuverlässige Quelle hierfür ist die Webpage "TopTen.ch", weil die dort ausgewiesenen Energiewerte nach einem klar geregelten und leicht nachvollziehbaren Vorgehen gemessen werden müssen (siehe " Measuring Method and Calculation Formula for the Electricity Consumption of Coffee Machines for Household Use", topten.info).

In der am 21.10.2010 aktualisierten TopTen-Liste von Portionen-Kaffeemaschinen für den Haushalt finden sich 17 unterschiedliche Modelle. Die für uns interessantesten Extremwerte sowie die Werte der von uns im vorgängigen Projekt HIH1 "Hocheffiziente Isolation von Haushaltsgeräten" verwendeten Referenzmaschine finden sich in der folgenden Tabelle 1.

Bezüglich Energie-Verbrauchs ist unser Referenzmodell an 9. Stelle, also exakt in der Mitte des Feldes platziert.

	Beste (nicht espresso- fähig)	Beste (espresso- fähig)	Referenzmo- del HIH1 (espresso- fähig)	Schlechteste (espresso- fähig)
Pumpendruck bar	3.3	22	15	20
Kaufpreis CHF	249	299	229	129
Stromkosten CHF/10a	60	67	84	134
Energie kWh/a	30	34	42	67
Standby Watt	0.7	0.05	0.4	0
Verzöger'zeit vor Auto-Off min	0	1	20	15

Tabelle 1: Auszug aus TopTen.ch vom 21.10.10 für Portionen-Kaffeemaschinen

Für Vollautomaten-Kaffeemaschinen ist der entsprechende Auszug aus der insgesamt ebenfalls 17 Maschinen umfassenden TopTen-Liste aus Tabelle 2 ersichtlich.

	Beste (espresso- fähig)	Mitte (espresso-fähig)	Schlechteste (espresso-fähig)
Kaufpreis CHF	1500	892	1390
Stromkosten CHF/10a	82	102	131
Energie kWh/a	41	51	66
Standby Watt	0	0.7	0
Verzöger'zeit vor Auto-Off min	0.5	2	2

Tabelle 2: Auszug aus TopTen.ch vom 21.10.10 für Vollautomaten-Kaffeemaschinen

Insgesamt kann festgehalten werden, dass heute Kaffeemaschinen gebaut werden können, welche mit einem Energieverbrauch von mindestens 30 kWh pro Jahr auskommen. Allerdings ist dabei einschränkend zu sagen, dass eine sehr kleine Verzögerungszeit vor der automatischen Abschaltung oftmals eine Einbusse an Benützungskomfort im Sinne von längeren Wartezeiten bis zur Betriebsbereitschaft mit sich bringt.

Dieser Nachteil lässt sich, wie in unserer vorgängigen Arbeit bewiesen, durch thermische Isolation der entsprechenden Komponenten der Kaffeemaschine vermeiden.

1.4 Lastenheft

Da die Zielsetzung ist, bezüglich Energieverbrauch und Kostengünstigkeit die beste espresso-fähige Maschine anbieten zu können, lässt sich aus dem zitierten Stand der Technik für das laufende Projekt "Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte – Kaffeemaschine" folgendes, in Tabelle 3 dargestelltes Lastenheft ableiten:

Zielsetzung	Minimal	Mittel	Gross	Maximal
dank Isolation erreichte Reduktion des Jahresverbrauchs auf kWh/a	≤ 32	≤ 30	≤ 28	≤ 26
bezüglich Referenzmodell HIH1 (Dolce Gusto KP2106) einzusparen kWh/a	≥ 10 (= 24%)	≥ 12 (= 29%)	≥ 14 (= 33%)	≥ 16 (= 38%)
Zulässige Durchmesserzunahme der Heizelemente durch Isolation mm	20	20	20	20
Zulässige Höhenzunahme der Heizelemente durch Isolation mm	20	20	20	20
Zulässige zusätzliche Herstellkosten für die Isolation CHF	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 3.0

Tabelle 3: Lastenheft für die Isolation einer Kaffeemaschine

2.1 Alternativen zu Thermoblock

Eine Patentrecherche bezüglich Komponenten zur Erhitzung von Wasser in Haushaltsgeräten ergab, dass in den letzten 5 Jahren (2005 bis 2010) ca. 2'700 Patente zu diesem Thema im weiten Sinne publiziert wurden. Aus ca. 1'000 derselben wurde nach dem Titel eine Auswahl von 300 Patenten getroffen, von denen je mindestens die Zusammenfassung und die Abbildungen analysiert wurden.

Es ergab sich folgendes, in Tabelle 4 dargestelltes Bild:

relevante Patente bezüglich Wassererhitzung in Getränke- erzeugenden Geräten	48 % (=100 % für Werte unten)
davon Boiler-artige Erhitzer	46 %
davon als Durchlauferhitzer bezeichnete	42 %
davon als Thermoblock bezeichnete	8 %
Andere	4 %

Tabelle 4: Patente bezüglich Wassererhitzung

Unter den als "Andere" bezeichneten Erhitzern finden sich elektrochemische Heizelemente, eine Heizung auf Basis von Elektrolyse, eine Heizung mittels elektromagnetischem Rotor, Flüssig-Widerstands-Heizungen und Mikrowellen-Heizungen, wovon eine Nanotubes erhitzt.

Unter den Durchlauferhitzern findet sich einer der mittels Induktion beheizt wird, die anderen erhalten die Energie aus elektrischen Widerstandselementen, wobei mehrfach Dünnfilm- oder Dickfilm-Anordnungen genannt werden.

Festzuhalten ist, dass der Übergang von Durchlauferhitzer zu Thermoblock fließend ist.

Es werden Durchlauferhitzer geschildert, deren thermische Masse mindestens gleich gross sind wie diejenigen des von uns verwendeten Thermoblockes, womit sie eigentlich auch als solcher bezeichnet werden müssten. Eine Grosszahl der geschilderten Durchlauferhitzer scheint thermische Masse aufzuweisen, die deutlich höher liegen als 50% derjenigen des von uns verwendeten Thermoblockes und dürften deshalb in ihrem thermischen Verhalten demjenigen eines Thermoblockes sehr nahe kommen. Nur einige wenige der geschilderten Durchlauferhitzer, darunter auch derjenige mit Induktionsheizung, weisen sehr kleine thermische Massen auf.

2.1.1 Bekannte Alternativen

Da aus heutiger Sicht einerseits Boiler-artige Erhitzer für die von uns konstruierten Kaffeemaschinen nicht von Interesse sind und andererseits die als "Andere" bezeichneten Elemente eher noch serienfern erscheinen, beschränken wir uns hier auf die einzige ernst zu nehmende, bisher schon hinlänglich bekannte Alternative zum Thermoblock, den Durchlauferhitzer mit geringer thermischer Masse.

2.1.2 Vor- und Nachteile

Die Vor-, bzw. Nachteile der bekannten Erhitzer Thermoblock und Durchlauferhitzer sind bekannt und schnell aufgezählt.

Thermoblöcke und natürlich auch als Durchlauferhitzer bezeichnete Bauelemente mit grosser thermischer Masse weisen den Nachteil auf, dass sie schon nach relativ kurzen Abkühlzeiten (z.B. 30 Minuten) relativ lange Aufheizzeiten (20 bis 60 Sekunden) benötigen, bis das Wasser die zum Brühen benötigte Temperatur von $\geq 90^{\circ}\text{C}$ erreicht. Damit sind auch entsprechend höhere Aufheizenergien verbunden. Sie weisen aber den Vorteil auf, dass sie wegen ihrer grossen thermischen Masse und dem daraus resultierenden trägen thermischen Verhalten in regelungstechnischem Sinne äusserst einfach und zuverlässig beherrschbar sind. Es genügt ein einziger, an beliebiger Stelle des Thermoblocks angeordneter Temperatursensor um sicherzustellen, dass die Brühwassertemperatur von der ersten bis zur x-ten in Folge bezogenen Tasse Kaffee den zulässigen Bereich nicht verlässt.

Durchlauferhitzer, aber nur solche mit sehr geringer thermischer Masse, weisen den Vorteil auf, dass sie quasi unmittelbar, d.h. mit für den Benutzer vernachlässigbarer Aufheizzeit das für den Brühvorgang aufgeheizte Wasser zur Verfügung stellen können. Aus diesem Grunde werden sie auch als "instant heater" bezeichnet.

Ein wichtiger Nachteil von Durchlauferhitzern ist die Tatsache, dass zum Erreichen einer zum Thermoblock vergleichbaren thermischen Stabilität (konstante Brüh-Wassertemperatur von der ersten bis zur xten Tasse) erheblich grössere regeltechnische Aufwendungen, verbunden mit mehr Sensorik, notwendig sind. Notwendig ist es in der Regel, neben mehreren Temperatursensoren noch Durchflussmessungen vorzunehmen.

Zusätzlich wird bei einigen der in den Patententwürfen geschilderten Durchlauferhitzer das kalte Wasser zwischen Durchlauferhitzer und Brühkopf mit aufwendigen Ventilsteuerungen und Rückführschläuchen so lange vor den Durchlauferhitzer zurückgeführt, bis die gewünschte Brühwassertemperatur erreicht ist.

2.1.3 Auswirkungen einer hocheffizienten Isolation

Der genannte Nachteil eines Thermoblockes, die lange Aufheizzeit schon nach kurzen Abkühlzeiten, lässt sich durch thermische Isolation des Blockes stark reduzieren oder gar in einen energetischen Vorteil umwandeln. Wie in folgendem Abschnitt 2.2 deutlich wird, sind beispielsweise bei dem von TopTen zu Grunde gelegten Szenario von 2 mal pro Tag 3 Tassen Kaffee in je 30 Minuten Abstand schon mit einem auf einfachste Art isoliertem Ther-

moblock jeweils für die zweite und dritte Tasse nur noch vernachlässigbare Aufheizzeiten von weniger als 5 Sekunden notwendig.

Bei besserer Isolation trifft diese Aussage auch auf die erste Tasse des zweiten Brühintervalls zu.

Selbstverständlich gelten diese Aussagen auch für sogenannte Durchlauferhitzer mit grosser thermischer Masse.

Eine thermische Isolation macht aber auch Sinn bei der Verwendung von Durchlauferhitzern mit kleiner thermischer Masse. Während des immerhin mindestens 1 Minute dauernden Brühvorganges wird nicht nur das Wasser, sondern auch die Aussenhülle des Durchlauferhitzers auf hohe Temperatur gebracht und gibt einen erheblichen Teil der eingebrachten Energie über Konvektion und Strahlung an das umgebende Gehäuse der Kaffeemaschine ab. Mit thermischer Isolation des Durchlauferhitzers können diese Verluste minimiert werden, was auch von verschiedenen Anmeldern von Patenten bezüglich Durchlauferhitzern durch Messungen nachgewiesen wurde.

2.2 Alternativen zu Vakuum-Isolation

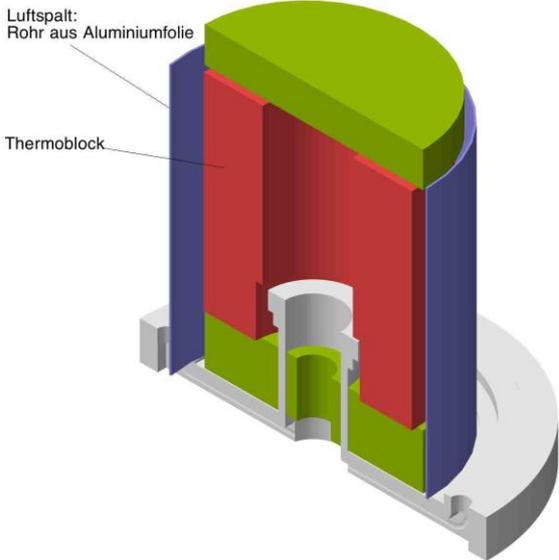
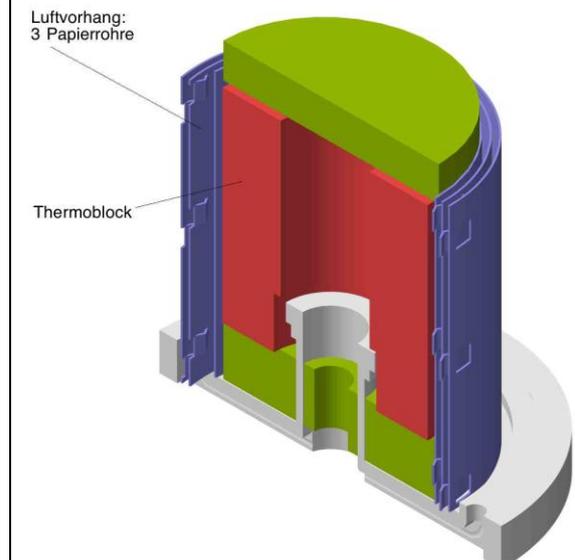
Tabelle 5 zeigt die untersuchten Alternativen zur Vakuum-Isolation des Thermoblocks.

Es wurde jeweils der zur Herstellung der Isolationsvariante notwendige Aufwand diskutiert und die daraus resultierenden zusätzlichen Fertigungskosten grob abgeschätzt.

Zweitens wurde die Approbationsfähigkeit der Isolationsvarianten im Sinne der Erfüllung bestehender Sicherheitsvorschriften und Normen beurteilt.

Drittens wurde eine analytische Berechnung des thermischen Verhaltens der Varianten durchgeführt (siehe Bilder 1, 2 und Tabelle 6) und die Resultate mit dem in Abschnitt 1.4 formulierten Lastenheft verglichen.

2.2.1 / 2.2.2 / 2.2.3 Ideensuche, Approbationsfähigkeit, Bewertung

Einfach- Luftspalt	Mehrfach-Luftspalt
	
Aufwand: sehr klein, < 0.2 CHF Approbationsfähig: ja Energie-Einsparung: " Minimal"	Aufwand: klein, < 0.5 CHF Approbationsfähig: ja Energie-Einsparung: " Minimal" ev. "Mittel"
PU-Isolation	Vakuum-Isolation (3 Varianten)

<p>Aufwand: klein, < 0.5CHF Approbationsfähig: ja Energie-Einsparung: "Minimal" ev. "Mittel"</p>	<p>Aufwand: mittel - gross, 1.5 – 3.0 CHF Approbationsfähig: ja Energie-Einsparung: "Gross" bis "Maximal"</p>

Tabelle 5 Untersuchte Alternativen zu Vakuüm-Isolation und Bewertung

2.2.5 Thermische Berechnungen

Mit den im vorläufigen Projekt HIH1 "Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte" entwickelten und mittels FEM und Messungen verifizierten analytischen Berechnungsmodellen wurde das zu erwartende thermische Verhalten der untersuchten Varianten abgeschätzt.

Ein Teil der entsprechenden Resultate ist in den Bildern 1 und 2 sowie in Tabelle 6 dargestellt.

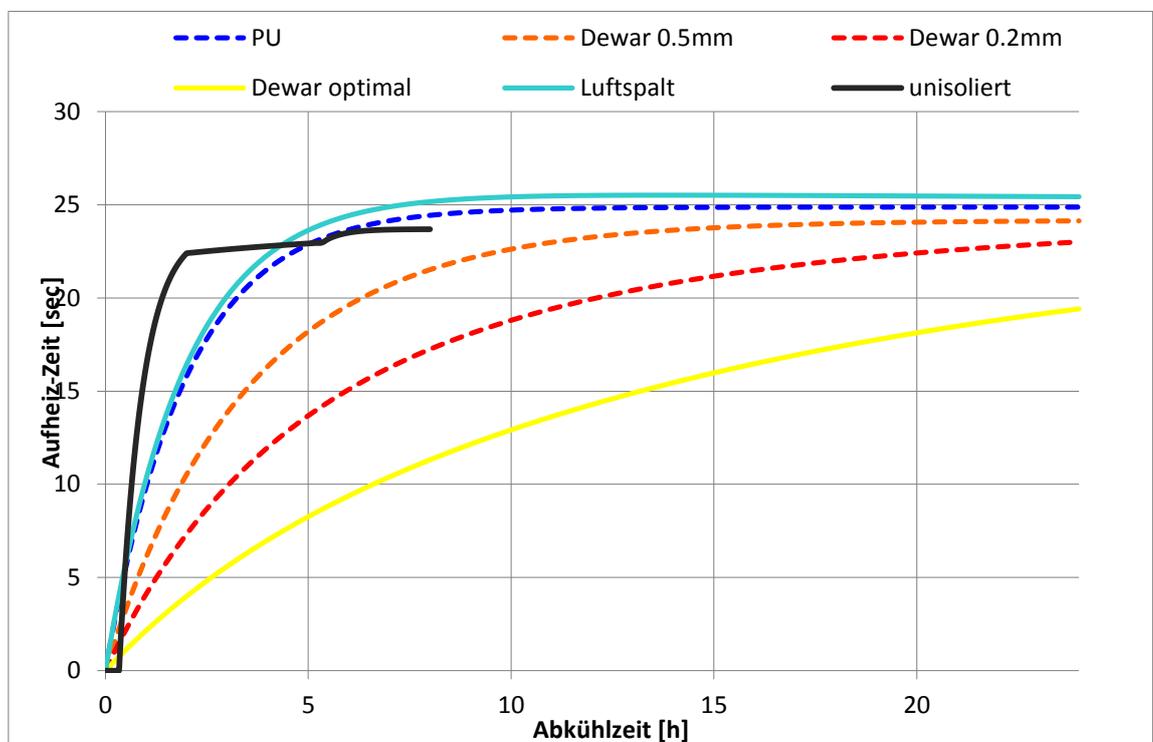


Bild 1: Aufheizzeit in Funktion der Abkühlzeit

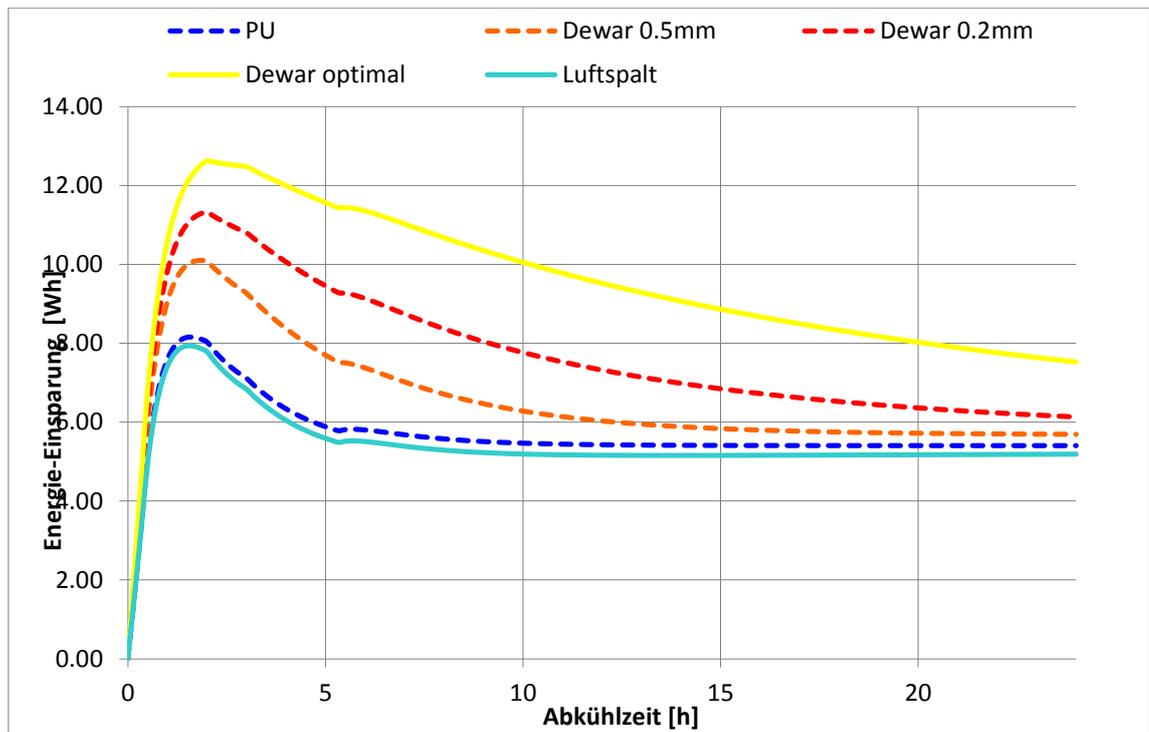


Bild 2: Energie-Einsparung gegenüber einem unisolierten Referenzmodell

Festzuhalten ist, dass sich unterschiedliche Luftspalt-Varianten und die Variante PU-Isolation in ihrem Temperaturverhalten nicht signifikant voneinander unterscheiden, so dass nur eine der drei untersuchten Luftspalt-Varianten in den Bildern 1, 2 und in der folgenden Tabelle 5 dargestellt wurde.

Aufgrund der berechneten Energie-Einsparungen gegenüber einem unisolierten Referenzmodell (DolceGusto KP2106) wurde in Tabelle 5 mit den Randbedingungen von TopTen.ch der zu erwartende Energie-Jahresverbrauch abgeschätzt.

Referenz DolceGusto KP2106				
Jahresverbrauch		42	kWh/a	
TopTen Energieverbrauch:				
2* pro Tag 3 Tassen in 1 Stunde				
Minuten 0, 30, 60 jeweils ein Tasse				
Annahme Zeiträume:				
Betriebszeit: von 7:00 bis 19:00, d.h. 12 Stunden				
Kaffee-Stunde 1 von 9:00 bis 10:00				
Intervall bis Kaffee-Stunde 2: 5 h				
Kaffee-Stunde 2 von 15:00 bis 16:00				
Intervall bis Abschaltung: 3 h				
Intervall bis Kaffee-Stunde 1: 17 h				
Energieeinsparung ES durch Isolation:				
pro Tag $ES_d = ES(17h) + 2 * ES(0.5h) + ES(5h) + 2 * ES(0.5h)$				
pro Jahr $ES_a = 350 * ES_d$				
Isolationsart	ES_d [Wh]	ES_a [kWh]	Jahresverbrauch resultierend [kWh/a]	Schätzung Mehrkosten für Isolation CHF
Luftspalt	30.57	10.70	31.00	< 0.2
PU	31.51	11.03	31.00	< 0.5
Dewar Stahl 0.5mm	37.22	13.03	29.00	≤ 1.5
Dewar Stahl 0.2mm	41.53	14.53	27.00	≤ 2.0
Dewar Stahl optimal	47.16	16.51	25.00	≥ 3.0

Tabelle 5: Abschätzung des zu erwartenden Energie-Jahresverbrauchs

Es zeigt sich, dass mit den Varianten Luftspalt-Isolation und PU-Isolation die im Lastenheft genannte Minimalzielsetzung erfüllbar sein sollte.

Mit den vakuum-isolierten Varianten scheinen die Zielsetzungen "Gross" bis hin zu "Maximal" realisierbar zu sein.

Bewertung 2010 und Ausblick 2011

Unter Berücksichtigung des um mehr als einen Monat verzögerten Projektbeginns konnten die für den Zeitraum bis Ende November 2010 vorgesehenen Projektschritte erfolgreich abgeschlossen werden.

In den nächsten Schritten sollen zunächst diese Resultate mit einfachen Testmustern verifiziert werden.

Da die im Vorläufer-Projekt HIH1 "Hocheffiziente Isolation für Haushaltsgeräte" für die Vakuum- und die PU-Variante bereits geschehen ist, werden wir uns auf den Bau von Testmustern für die Luftspalt-Isolation beschränken.

Sollte sich das berechnete thermische Verhalten der Luftspalt-Varianten bestätigen, werden wir in der anschliessenden Prototypen-Phase nur noch eine der Vakuum-Varianten und die Luftspalt-Variante weiterverfolgen.

Die zu Ungunsten der PU-Variante favorisierte Wahl der Luftspalt-Variante erfolgt einerseits aufgrund des Potentials bei gleichen bis deutlich tieferen Herstellkosten vergleichbare Resultate zu erhalten und andererseits auf der besseren Langzeitbeständigkeit dieser Isolationsart. Es ist nämlich hinreichend bekannt, dass Pu-Isolation im Laufe der Zeit durch Einlagerung von Wasserdampf deutlich schlechter wird, was bei einem Luftspalt nicht geschehen kann.