

Colux GmbH, Werner von Siemens-Str. 12, 78224 Singen

## **Ersatz von klimaschädlichen Treibmitteln**

Abschlußbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem Az:  
25544 – 21/2 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt  
Projektlaufzeit: 9.5.2007 bis 9.8.2008

Von

Dr.-Ing. Roland Lechner

August 2008

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



<b>Az</b>	<b>25544 21/2</b>	<b>Referat</b>	<b>Fördersumme</b>	<b>40.435</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Ersatz von klimaschädlichen Treibmitteln</b>		
<b>Stichworte</b>				
<b>Laufzeit</b>	<b>Projektbeginn</b>	<b>Projektende</b>	<b>Projektphase(n)</b>	
<b>1 Jahr 3 Monate</b>	<b>9.5.07</b>	<b>9.8.08</b>	<b>7</b>	
Zwischenberichte	Kurzbericht zum Projektfortschritt	Vom 7.1.08		
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Colux GmbH Werner von Siemens-Str. 12 78224 Singen		Tel	07731 63451
			Fax	07731 63452
			Projektleitung Dr. Lechner	
			Bearbeiter Dr. Lechner	
<b>Kooperationspartner</b>				
<p><b><i>Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens</i></b></p> <p>Colux stellt Brandschutzschaum und Innenbehälter für PU-Montageschaum mit dem Kältemittel R134a her. Wegen der Umweltschädlichkeit sollen andere Treibgase wie Propan-Butan oder DME eingesetzt werden.</p> <p><b><i>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</i></b></p> <p>Die Brandschutzschaum-Rezeptur musste so umgestellt werden, dass sich keine negativen Folgen auf den Feuerwiderstand ergaben. Es war nicht damit getan das R134a eins zu eins durch Propan-Butan oder DME zu ersetzen. Es spielen komplizierte Wechselwirkungen zwischen Füllgut, Treibgas und Verpackung eine große Rolle. Zunächst mussten sämtliche Einzelteile der Colux 2K-Aerosoldose, das neue Treibgase und das Füllgut aufeinander eingestellt werden. Insbesondere die Dichtungen sind kritisch. Das neue Treibgas (TG) darf die verwendeten Werkstoffe nicht angreifen. Es mussten also Verträglichkeitstests jedes einzelnen Bauelements der Colux 2K-Aerosoldose mit dem neuen TG durchgeführt werden. Die Diffusion des TG´s durch die Dichtelemente muss sehr gering (möglichst Null) sein. Das neue TG muss sich im Füllgut lösen. Das TG muss bei Raumtemperatur genügend Druck aufbauen, um eine akzeptable Aussprührate zu erzeugen. Das TG darf bei 50°C nicht zuviel Druck aufbauen. Ansonsten darf das Produkt nicht in den Verkehr gebracht werden. Das TG darf keine zu große verdünnende Wirkung auf das Füllgut haben. Die Viskosität des Füllgutes wurde auf das neue TG angepasst.</p> <p>Das neue TG ist brennbar. Darum ist eine Abfüllung im EX-Raum nötig. Im EX-Raum darf während der Abfüllung kein Mensch arbeiten. Darum wurde eine Probemaschine angeschafft, um die neue Abfüllung zu testen.</p> <p>Es wurden die Brandeigenschaften untersucht. Ein Außenlager für brennbares Gas wurde gebaut.</p>				
Deutsche Bundesstiftung Umwelt £ An der Bornau 2 £ 49090 Osnabrück £ Tel 0541/9633-0 £ Fax 0541/9633-190 £ <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>				

## ***Ergebnisse und Diskussion***

Es wurden die Treibgase Propan-Butan in verschiedenen Druckstufen (PB), Dimethylether (DME) und Difluorethan (R152a) in die Untersuchung einbezogen. DME verdünnt das Füllgut zu stark und kann deshalb nicht genommen werden. Außerdem ist seine Diffusion durch die Dichtelemente zu hoch.

Gute Ergebnisse brachten die Treibgase PB und R152a. Da R152a einen höheren GWP-Wert als PB hat, haben wir uns für PB in der Mischung 80 Gew.% Propan und 20 Gew.% Iso-Butan entschieden.

PB hat eine verdünnende Wirkung auf das Füllgut. Darum war es nötig die Viskosität anzupassen. Es wurden verschiedene Verdickungsmittel getestet. Als brauchbar erwies sich Kieselsäure, die im einstelligen Prozentbereich zugegeben wurde.

Eine Probeabfüllung mit obiger PB-Mischung mit der Probemaschine war erfolgreich.

Die großtechnische Umsetzung ist noch nicht erfolgt. Nicht aus technischen Gründen, sondern weil der Aufwand für die Behörden größer ist als veranschlagt. Der Kostenplan konnte eingehalten werden.

Die umweltrelevanten Ziele des Projektes konnten in vollem Umfang erreicht werden. Es können 4.680.000 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent eingespart werden.

## ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Sobald das Projekt endgültig abgeschlossen ist, werden wir die Ergebnisse auf unserer Homepage veröffentlichen.

## ***Fazit***

Ein Ersatz des klimaschädlichen Treibgases R134a für Colux Silikon-Brandschutzschaum 2K ist technisch möglich. Das Projekt beurteilen wir als vollen Erfolg.

## **Inhaltsverzeichnis**

1 Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen	S 5
2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	S 5
3 Zusammenfassung	S 5
4 Einleitung	S 6
5 Hauptteil	S 9
6 Fazit	S 14
7 Danksagung	S 14

## **1 Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen**

Bild 1: Aufbau der Colux 2K-Dose	S 7
Bild 2: Praktische Anwendung	S 8
Bild 3: Schaummuster DME	S 9
Bild 4: Schaummuster mit Propan-Butan 6.7	S 10
Bild 5: Schaummuster mit R152a	S 11
Bild 6: Gasverlust	S 12
Bild 7: Schaummuster mit PB	S 12
Bild 8: Probemaschine zur Abfüllung brennbarer Treibgase	S 13

## **2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen**

TG = Treibgas

PB = Propan-Butan

DME = Dimethylether

R152a = Difluorethan

R134a = Tetrafluorethan

EX-Raum = Explosionsgeschützter Raum

## **3 Zusammenfassung**

Colux stellt einen speziellen Silikon-Brandschutzschaum aus der Aerosoldose her. Das Produkt ist bauaufsichtlich zugelassen. Als Treibgas wird das klimaschädliche Tetrafluorethan (R134a) verwendet. Ein Ersatz durch umweltneutrales Treibgas ist technisch möglich. Es können dadurch 4.680.000 kg CO<sub>2</sub> - Äquivalent p.a. eingespart werden.

Als brauchbares Treibgas hat sich Propan-Butan 6.7 (PB) herausgestellt. Die Ziffer hinter „Propan-Butan“ steht für einen Überdruck von 6.7 Bar im Verhältnis zum Umgebungsdruck bei 20°C. Weil PB das Füllgut verdünnt, muss die A-Komponente mit einer kleinen Menge Verdickungsmittel versehen werden. Als geeignetes Mittel hat sich Kieselsäure herausgestellt.

Die Firma wurde auf die Abfüllung von brennbaren Gasen im EX-Raum erweitert. Eine Abfüllung des brennbaren Gases PB mit einer Probemaschine war erfolgreich. Ein Außenlager wurde errichtet.

Der Brandschutzschaum mit geringem GWP-Wert wurde zum Patent angemeldet.

## 4 Einleitung

### 4.1 Produktbeschreibung Silikon-Brandschutzschaum

Das wichtigste Produkt der Firma Colux ist ein zweikomponentiger Brandschutzschaum. Dabei handelt es sich um einen Silikonschaum aus der Aerosoldose.

Bei größeren Bauwerken ist es üblich das Gebäude in sogenannte Brandabschnitte zu unterteilen. Zwischen den einzelnen Räumen steht eine feuerfeste Wand oder Decke. Sinn ist es einen möglichen Brand auf einen möglichst kleinen Bereich zu beschränken. Durch die Brandwände und Decken muss man elektrische Kabel und Rohre legen. Diese sind mögliche Brandüberträger. Darum ist es üblich das sogenannte Abschottungsprinzip anzuwenden. Die Wand- und Deckendurchbrüche mit den eingebauten Installationen muss man so verschließen, dass für eine Zeit von z.B. 90 Minuten:

- das Austreten von Feuer und Rauch aus dem Brandraum verhindert wird und
- dass die Temperaturen der Installationen auf der feuerabgekehrten Seite nicht zu hoch werden.

Die Materialien für die Abschottungen, wie z.B. unser Brandschutzschaum, müssen beweisen, dass sie diese Anforderungen erfüllen. Dazu muss man Brandversuche bei einem Materialprüfungsamt durchführen und bei Erfolg eine Zulassung beim Deutschen Institut für Bautechnik beantragen. Das Zulassungsverfahren ist insgesamt teuer, langwierig und auch schwierig zu bestehen. Colux hat zwei Zulassungen, je eine für Kabel- und Rohrabschottungen. Die Nummern lauten Z.19.15-1256 für Kabelabschottungen und Z.19.17-1767 für Rohrabschottungen.

Unser System S90 und R90 besteht aus einem zweikomponentigen Silikonschaum aus der Aerosoldose und einem elastischen Formstück. Es können damit in bisher nicht gekannter Einfachheit Kabel- und Rohrdurchführungen durch Brandwände und -Decken bereits ab einer Dicke von 15 cm anforderungsgerecht abgeschottet werden.

Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau der Colux Aerosoldose für zweikomponentige Schäume. Sie besitzt zwei Kammern, die äußere enthält die Hauptkomponente (Silikonkautschuk), während die innere Kammer mit einer Härterflüssigkeit gefüllt ist. Beide Kammern sind mit Treibgas beaufschlagt. Die Treibgase erzeugen den nötigen Druck zum Ausschäumen. Gleichzeitig dienen sie als Porenbildner. Durch Druck auf den Sprühkopf öffnen die Auslösestifte die beiden Ventile, die flüssigen Komponenten werden im Sprühkopf dosiert und gemischt und treten am Ende des Sprührohrs als geschäumter Strang aus. Zum Ausschäumen muss die Dose über Kopf gehalten werden. Da die Komponenten nicht in der Dose mischen, ist mehrmalige Verwendung möglich. Man muss keine noch halb gefüllten Dosen entsorgen. Das Füllgut Silikon ist kein Gefahrstoff. Die leere Dose wird über den grünen Punkt entsorgt. Der Anwender muss keine Gesundheitsschädigung befürchten.

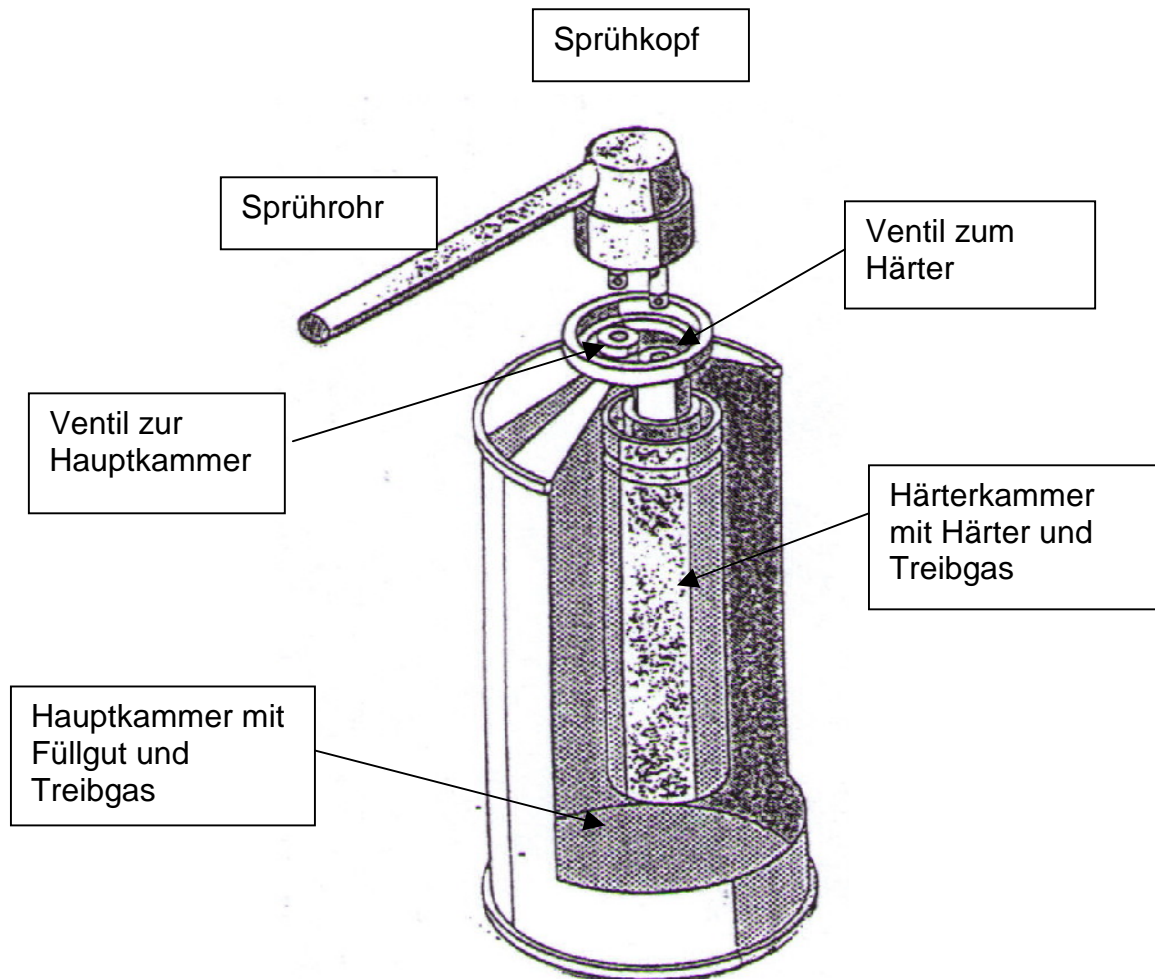


Bild 1: Aufbau der Colux 2K-Dose.

Durch das lange Sprührohr können besonders einfach schwierige Schotts hergestellt werden. Die Kabel oder Rohre werden lagenweise von unten nach oben abgeschottet. In die oberen, nichtbelegten Bereiche legt man ein oder mehrere Formstücke. Sie müssen nicht ganz genau in die verbliebenen Hohlräume passen, weil sie elastisch sind und man sie beliebig zuschneiden kann. Verbliebene Spalte kann man bequem mit dem Brandschutzschaum ausschäumen. Der Schaum dient dabei auch als „Mörtel“ zum Zusammenkleben der „Mauersteine“.

Mit dieser Arbeitsweise füllt man schnell und rationell ein Schott und hat damit auch eine einfache Möglichkeit zur Nachbelegung geschaffen. Mit einem langen Messer wird ein Loch in den Schaum geschnitten oder es wird ein Formstück entfernt. Nach dem Durchziehen der neuen Installation wird der verbliebenen Hohlraum wieder ausgeschäumt.

Zusammengefasst sind die Vorteile unseres Brandschutzschaums folgende:

- Einfache, schnelle und rationelle Verarbeitung durch automatisches Mischen der Komponenten mit dem Colux 2K-System. Bereits nach einer Stunde ist das Schott belastbar (Härtung bei 20°C).
- Die Komponenten härten nicht in der Dose durch - daher abstellbar und über einen längeren Zeitraum mehrmals verwendbar.
- Besonders einfaches Ausfüllen der Zwickel und Zwischenräume bei Kabelbündel und Kabelbrücken.

- Schnelles Ausfüllen von Bohrungen kleiner 50 mm Durchmesser (für die handelsübliche Stopfen erst zugeschnitten werden müssen).
- Sehr einfacher Einbau der Formstücke durch umschäumen der Zwischenräume.
- Besonders geeignet für Nachbelegungen.
- Zugelassen für Kabel- und Rohrschottungen.
- Staubt nicht, sofort verarbeitungsfähig.
- Geringe Dichte im Vergleich zu massivem Silikon - daher größere Ausbeute.
- Durch Schaumstruktur gute Schall- und Wärmedämmung.
- Keine Abgabe von gesundheitsschädlichen oder geruchsintensiven Substanzen bei der Vulkanisation.
- Gute Witterungs-, Ozon- und Strahlungsbeständigkeit - daher auch Außeneinsatz möglich.
- Geringe Feuchtigkeitsaufnahme, wasserdichter Isolator.



Bild 2: Praktische Anwendung.

Im Moment verwenden wir das umweltschädliche Treibgas R134a. Ziel des Projektes ist es ein umweltneutrales Treibgas zu finden und einzusetzen.



## 5 Hauptteil

### 5.1 Entwicklung des Treibgases

Es mussten sämtliche Einzelteile der Colux 2K-Dose, das oder die neuen Treibgase (TG) und das Füllgut aufeinander eingestellt werden. Insbesondere die Dichtungen sind kritisch. Das neue TG darf die verwendeten Werkstoffe nicht angreifen. Man musste also Verträglichkeitstests jedes einzelnen Bauelements mit dem neuen TG durchführen. Selbstverständlich muss das TG auch mit dem Füllgut verträglich sein.

Es wurden die Gase:

Propan-Butan (PB) in verschiedenen Druckstufen  
Dimethylether (DME)  
Difluorethan (R152a)

in die Versuche einbezogen. Als Füllgut wurde zunächst der standardmäßige Silikonkautschuk verwendet.

### 5.2 Ergebnisse mit dem Treibgas DME

Bild 3 zeigt ein Schaummuster hergestellt mit dem Treibgas DME. In die 600 ml Dose waren abgefüllt:

Hauptkammer: 450 g Silikonkautschuk  
75 g DME

Innenbehälter: 51 g Härter  
7,5 g DME



Bild 3: Schaummuster mit DME.

DME verdünnt das Füllgut viel zu stark. Die Folge ist, dass der ausgesprühte Schaum nicht standfest ist. Das ist ein K.O.-Kriterium. In der Praxis werden

Wandabschottungen hergestellt. Wenn der Schaum abfließt, müsste man Verschaltungen anbringen. Das ist zu umständlich.

### 5.3 Ergebnisse mit dem Treibgas Propan-Butan

Nach umfangreichen Versuchen stellte sich PB als bestes Gas heraus. Allerdings kann man nicht die Standardmischung 37 Gew.-% Propan und 63 Gew.-% Isobutan nehmen. Diese Mischung hat zu wenig Druck. Die Folge ist, dass das Füllgut zu zögerlich aus der Dose austritt, was vom Anwender als Fehler beurteilt wird und zu Reklamationen führt. Wir haben uns für eine Mischung aus 80 Gew.-% Propan und 20 Gew.-% Isobutan entschieden.

PB ist mit allen Dichtelementen und dem Füllgut verträglich. Der Gasverlust während einjähriger Lagerzeit beträgt ca. ein Gramm und ist unkritisch. Bild 2 zeigt ein Schaummuster. In die 600 ml Dose war abgefüllt:

Hauptkammer: 450 g Silikonkautschuk  
57 g PB 6.7

Innenbehälter: 51 g Härter  
6 g PB 6.7

Die Ziffer hinter „Propan-Butan“ steht für einen Überdruck von 6.7 Bar im Verhältnis zum Umgebungsdruck bei 20°C. So steht beispielsweise Propan-Butan 6.7 unter einem Überdruck von 6,7 Bar im Verhältnis zum Umgebungsdruck.



Bild 4: Schaummuster mit Propan-Butan 6.7.

### 5.3 Ergebnisse mit dem Treibgas R152a

Bild 5 zeigt ein Schaummuster mit dem Treibgas R152a. In die 600 ml Dose war abgefüllt:

Hauptkammer: 450 g Silikonkautschuk  
104 g 152a

Innenbehälter: 51 g Härter  
10 g 152a

Auch dieses Gas könnte man nehmen. Da es einen höheren GWP-Wert hat als PB, haben wir uns für PB entschieden.



Bild 5: Schaummuster mit R152a.

### 5.4 Gasverlust

Bild 6 zeigt den Gasverlust der geprüften Treibgase. In die Dose war nur das entsprechende Gas gefüllt. Es wurden verschiedene Werkstoffe für die Ventilkörper in die Untersuchung mit einbezogen. Gelagert wurden die Dosen mindestens 14 Tage bei 50°C. Der Verlust von DME ist zu hoch, allerdings verringert er sich sobald das Gas in dem Füllgut gelöst ist. Da wir uns für PB als neues Gas entschieden haben, wurde die Verlustmessung DME in Füllgut nicht gemacht.

Als Werkstoff für die Ventilkörper kann man alle geprüften Materialien nehmen. Es gibt keinen signifikanten Unterschied. Die Diffusion durch die Dichtwerkstoffe hindurch wird durch die Art des Gases bestimmt.

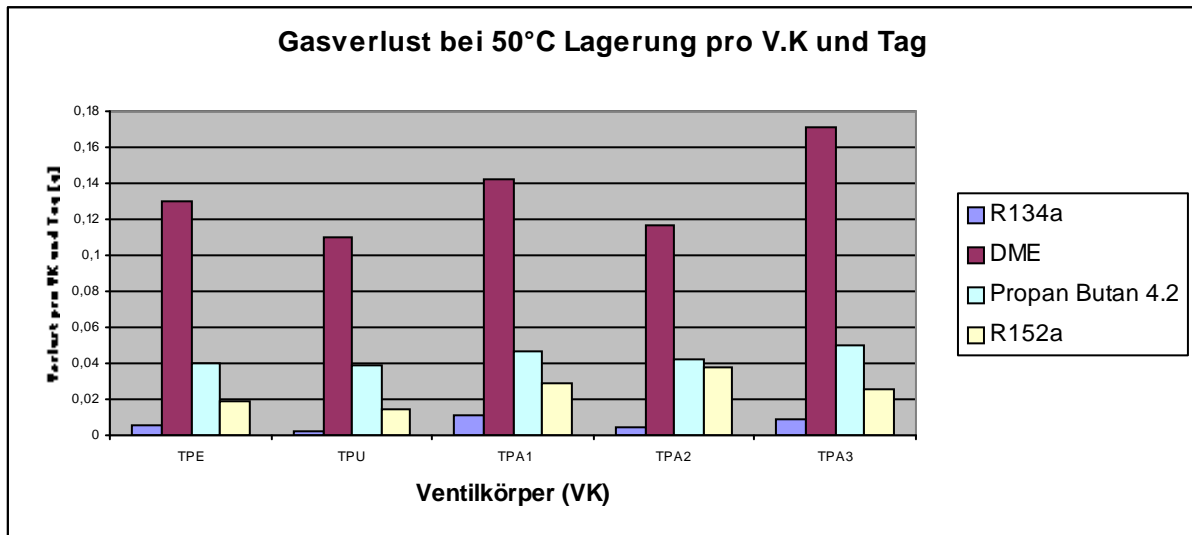


Bild 6: Gasverlust.

## 5.5 Entwicklung des Füllgutes

PB hat eine stark verdünnende Wirkung auf das Füllgut. Darum war es nötig die Viskosität anzupassen. Es wurden verschiedene Verdickungsmittel getestet. Als brauchbar erwies sich Kieselsäure, die im einstelligen Prozentbereich zugegeben wurde. Bild 7 zeigt ein Schaummuster hergestellt mit obigem Treibgas und der angepassten Füllgut-Rezeptur.

In die 600 ml Dose war abgefüllt:

Hauptkammer: 450 g Silikonkautschuk  
57 g PB 6.7

Innenbehälter: 51 g Härter  
6 g PB 6.7



Bild 7: Schaummuster hergestellt mit Propan-Butan als Treibgas.

## 5.6 Abfüllung des neuen Treibgases

Das neue TG ist brennbar. Darum ist eine Abfüllung im EX-Raum nötig. Es wurde eine Probemaschine angeschafft, um die Abfüllung in der Serie zu prüfen. Es wurde ein spezieller Begasungsadapter entwickelt mit dessen Hilfe eine Begasung möglich ist. Bild 8 zeigt die Probemaschine ohne Einhausung. Eine Probeabfüllung hat stattgefunden und war erfolgreich. Die Umstellung für die Serie hat sich verzögert. Den Aufwand und den Zeitbedarf für die behördlichen Zulassungen haben wir unterschätzt. Darum wird die Umstellung frühestens im 4. Quartal 2008 stattfinden.

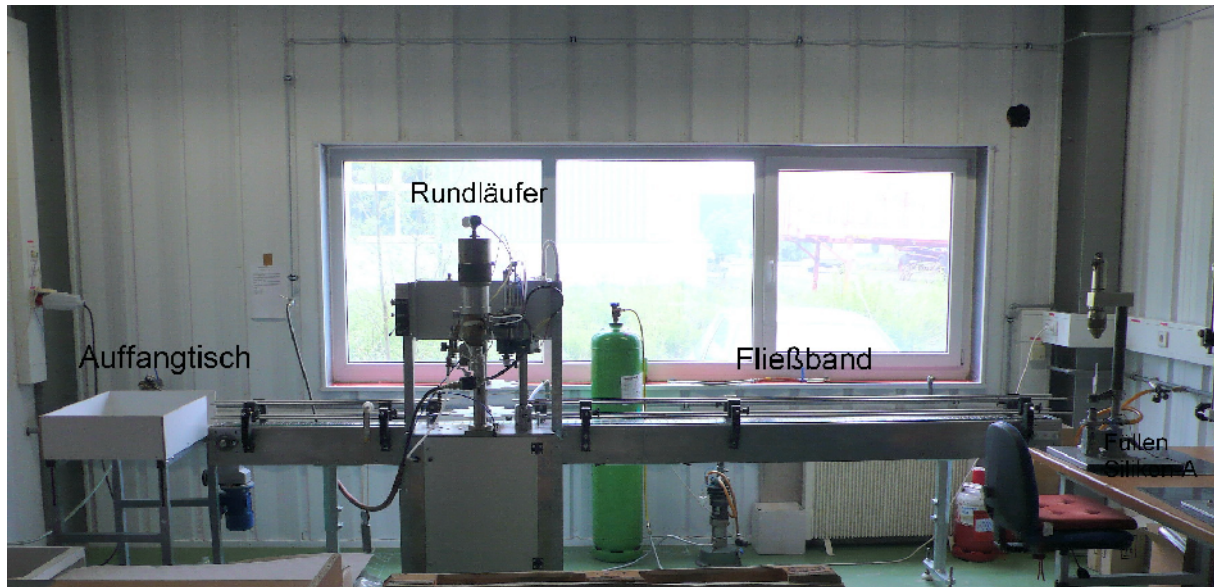


Bild 8: Probemaschine zur Abfüllung brennbarer Treibgase.

## 5.7 Brandversuch

Direkt nach dem Ausprühen des Schaums, befindet sich Treibgas in den Bläschen. Im Laufe von sieben Tagen wird es durch Luft ausgetauscht und kann dann keinen Einfluss auf das Brandverhalten mehr haben. Im eigenen Prüfstand fand ein Kleinbrandversuch in Anlehnung an DIN 4102 Teil 9 statt. Es wurden zwei identische Schaumstücke gebrannt, eines nach bestehender und eines nach neuer Rezeptur. Es konnte kein Unterschied festgestellt werden.

## 5.8 Vorbereitungen für die Serie

Der Hof der Firma wurde für die Aufnahme eines Außenlagers für brennbare Gase umgebaut. Er ist im wesentlichen abgeschlossen. Das Gasfass wird in einen speziellen Container für brennbare Gase nach TRG 280 gestellt werden. Den Container haben wir noch nicht angeschafft.

Die behördlichen Anträge bei TÜV, Gewerbeaufsicht und Deutschem Institut für Bautechnik sind gestellt. Eine abschließende Genehmigung liegt noch nicht vor. Darum verzögert sich die Serieneinführung.

Wir werden das Projekt auf eigene Kosten bis zur endgültigen Umsetzung weiter verfolgen.

## **5.9 Ökologische Beurteilung**

Ein Ersatz des klimaschädlichen Treibgases R134a für Colux Silikon-Brandschutzschaum 2K ist technisch möglich. Es können 3.600 kg R134a p.a. eingespart werden. Bei einem GWP-Wert von 1.300 entspricht das 4.680.000 kg CO<sub>2</sub> p.a.

## **5.10 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse**

Sobald das Projekt endgültig abgeschlossen ist, werden wir die Ergebnisse auf unserer Homepage veröffentlichen.

## **6 Fazit**

Ein Ersatz des klimaschädlichen Treibgases R134a für Colux Silikon-Brandschutzschaum 2K ist technisch möglich. Das Projekt beurteilen wir als vollen Erfolg. Lediglich die serienmäßige Umsetzung dauert länger als geplant, nicht aus technischen Gründen, sondern weil der Aufwand für die Behörden größer ist als gedacht.

## **7 Danksagung**

Unser Dank gilt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und insbesondere Herrn Dr. Schwake ohne deren Hilfe das Projekt nur schwer möglich gewesen wäre.