

**TU München**  
**Wissenschaftszentrum Weihenstephan**  
**Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde**

Am Forum 2, 85354 Freising

**Unabhängiges Beurteilungsgutachten**

zur

**Verwendungsfähigkeit des Einweggebindes „KeyKeg“ für Bier**

**Testphase II**

erstellt im Auftrag der Firma

**Lightweight Containers BV**

**Takelaarsweg 10**

**NL – 1780 Den Helder**

Der Bericht umfasst inkl. Deckblatt 20 Seiten

Freising-Weihenstephan, 08. Juli 2008

  
Dipl.-Ing. Johannes Tippmann

  
Dr.-Ing. Jens Voigt

  
Prof. Dr.-Ing. Karl Sommer



Technische Universität München



Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan für Ernährung,  
Landnutzung und Umwelt  
**Lehrstuhl für Maschinen- und  
Apparatekunde**

Prof. Dr.-Ing.  
**Karl Sommer**

Dr.-Ing.  
**Jens Voigt**

Dipl.-Ing.  
**Johannes Tippmann**

Am Forum 2  
85354 Freising  
Germany

Tel +49.8161.71.3680  
Fax +49.8161.71.4242

j.tippmann@lrz.tum.de  
www.wzw.tum.de/blm/mak/mak

Eine auszugsweise Wiedergabe bzw. Verwendung des Gutachtens ist nur mit Genehmigung des Lehrstuhls für Maschinen- und Apparatekunde zulässig.



## Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung .....	3
2	Beschreibung des KeyKeg .....	4
2.1	Aufbau der Behälter .....	4
2.2	Anspruch an die Behälter.....	6
3	Untersuchungsaufbau .....	7
3.1	Lagerung der Fässer für den Langzeitversuch .....	7
3.2	Lagerung der Fässer für den Extremtest .....	7
4	Durchführung der Analysen .....	9
4.1	Mikrobiologische Untersuchungen (Testphase I) .....	9
4.2	Farbmessungen (Testphase I).....	9
4.3	Verkostungen .....	9
4.4	Sauerstoffmessungen .....	9
4.5	CO <sub>2</sub> -Messungen.....	9
5	Untersuchungsergebnisse – Zusammenfassung und Überblick über Testphase I und Testphase II .....	10
5.1	Erfüllte Testkriterien aus der ersten Versuchsserie.....	10
5.1.1	Mikrobiologische Untersuchungen.....	10
5.1.2	Farbmessungen .....	10
5.1.3	Belastungstest zur Simulation der Stapelung im Container.....	11
5.2	Ergebnisse der Untersuchungen aus Testphase II.....	12
5.2.1	Sauerstoffmessungen.....	12
5.2.2	CO <sub>2</sub> -Messungen .....	12
5.2.3	Verkostungsergebnisse .....	14
5.2.3.1	Dreieckstest zwischen Weißbier in Edelstahl und KeyKeg am 25.02.2008 .....	14
5.2.3.2	Dreieckstest zwischen Weißbier in Edelstahl und KeyKeg am 10.04.2008 .....	14
5.2.3.3	Dreieckstest zwischen Weißbier in Edelstahl und KeyKeg am 12.06.2008 .....	14
5.2.3.4	Dreieckstest zwischen Hellem in Edelstahl und KeyKeg am 12.06.2008.....	15
5.2.4	Sonstige Beobachtungen .....	15
5.2.4.1	Stabilität des Inliners.....	15
5.2.4.2	Verlust der Stabilität bei Feuchtigkeitseinwirkung.....	15
5.2.4.3	Stabilität der PET-Kugel bei Einwirkung spitzer Gegenstände .....	15
5.2.4.4	Zapfdruck.....	16
5.2.4.5	Schimmelbildung .....	16
6	Ausblick .....	18
7	Zusammenfassung .....	19
8	Abbildungsverzeichnis.....	20



## 1 Aufgabenstellung

Die Firma Lightweight Containers BV, NL-Den Helder, hat ein Einweggebinde für Getränke entwickelt. Die derzeit regulären Gebindegrößen betragen 20 Liter und 30 Liter.

Der Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München, wurde damit beauftragt, diese Gebinde auf die allgemeine Gebrauchsfähigkeit für Bier im Vergleich zu Edelstahlfässern zu testen.

Nach Abschluss einer ersten Testphase im Dezember 2007 wurden eine Reihe von Verbesserungen an den Gebinden durchgeführt. In die Konstruktion der neuen Serie der zu überprüfenden Fässer flossen die Erkenntnisse aus der ersten Testreihe mit ein. Die Wirksamkeit dieser wurden in einer zweiten Testphase von Dezember 2007 bis Juni 2008 begutachtet. Der Testbericht der ersten Serie liegt der Firma Lightweight Containers BV, NL-Den Helder, vor.

Die neu gestalteten Fässer wurden mit folgenden Kriterien untersucht:

- Geschmack (Verkostung)
- Sauerstoff
- CO<sub>2</sub>
- Lagerung: bei 28°C, 6 Monate, Testzeitraum nach 4 und 6 Monaten
- Extremtest: 3 Wochen wechselnde Temperaturen von 45°C für 8 Std und 28°C für 16 Std
- Technische Optimierungsmöglichkeiten

Das zu untersuchende Bier wurde erneut in Edelstahlkegs und KeyKegs abgefüllt, um einen direkten Qualitätsvergleich möglich zu machen. Auch wurde wiederum Bier der Sorte „Helles“ und „Weißbier“ der Staatsbrauerei Weihenstephan als Testmedium verwendet.



## 2 Beschreibung des KeyKeg

### 2.1 Aufbau der Behälter

Bei den untersuchten Einwegcontainern handelt es sich um 20 Liter und 30 Liter Gebinde wie in Abbildung 1 bis Abbildung 3 zu sehen.



Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan für Ernährung,  
Landnutzung und Umwelt  
**Lehrstuhl für Maschinen- und  
Apparatekunde**



Abbildung 1: KeyKeg leer<sup>1</sup>



Abbildung 2: KeyKeg gefüllt<sup>2</sup>



Abbildung 3: KeyKeg mit Umverpackung<sup>3</sup>

Der Aufbau ist in Abbildung 4 dargestellt.

<sup>1</sup> Quelle: <http://www.keykegbeer.keykeg.com>

<sup>2</sup> Quelle: ebenda

<sup>3</sup> Quelle: ebenda



**Abbildung 4: Aufbau des KeyKegs<sup>4</sup>**

Das Fass ist in eine Kartonhülle eingepackt, welche von einer Plastikfolie umschlossen wird und den Behälter vor Verschmutzungen schützt.

Das „Innenleben“ des Fasses besteht aus einer PET-Kugel, in der sich ein Inliner befindet. Der Inliner ist mit einer Aluminiumschicht versehen, um die Diffusion von O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> zu minimieren.



**Abbildung 5: Inliner mit Entlüftungshilfe (geriffelte Folie, weiß)**

<sup>4</sup> Quelle: <http://www.keykegbeer.keykeg.com>



In Abbildung 5 ist ein gefalteter Inliner mit Entlüftungshilfe dargestellt, wie er in den zuletzt untersuchten Behältern verbaut war.

Angeschlossen wird das KeyKeg mit einem speziellen Zapfkopf der Firmen Dispense Systems International (DSI) oder Micromatic.

Da das Zapfen des Bieres durch Zusammendrücken des Inliners erfolgt, wird der Zwischenraum dafür mit Druckluft beaufschlagt.

Die für die Untersuchungen am Institut verwendeten Behälter waren serienreife Prototypen, welche aus den zu verwendenden Bauteilen bestanden, jedoch von Hand zusammengesetzt wurden.



## **2.2 Anspruch an die Behälter**

Die Behälter sind v.a. als Ersatzlösung für den teuren Export von Edelstahlfässern ins Ausland vorgesehen. Daher müssen die Fässer auch Extrembelastungen in Containern, auf hoher See und in Häfen qualitativ hochwertig überstehen.

Die neu entwickelten Fässer sollen dem Anspruch genügen, die annähernd gleiche Bierqualität zu liefern wie Bier, welches in Edelstahlfässer gefüllt wurde.

### 3 Untersuchungsaufbau

Wie unter Punkt 1 bereits kurz beschrieben, wurden die Fässer auf verschiedene Testparameter hin untersucht. Parallel dazu wurden Edelstahlfässer untersucht, um einen direkten Vergleich der verschiedenen Gebinde zu erhalten. Des Weiteren wurden zwei Biersorten getestet (Weihenstephaner Original, Weihenstephaner Hefeweißbier).

Die Edelstahlfässer wurden in der Staatsbrauerei Weihenstephan über den regulären Fassfüller befüllt. Die KeyKegs wurden per Hand direkt aus dem Drucktank befüllt. Dabei wurde der Bereich des Fittings mit alkoholischer Lösung desinfiziert und mit sterilen Verschlusskappen versehen.

Anschließend erfolgte die Einlagerung der Behälter in eine Klimakammer am Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde.

Nach festgelegten Intervallen (4 und 6 Monate) wurden jeweils 3 Fässer pro Sorte und Gebinde auf die oben genannten Testparameter hin untersucht. Im Zuge einer zweiten Abfüllung, welche weitere technische Verbesserungen aufwies, wurden parallel dazu auch diese Fässer bei 28°C in die Klimakammer eingelagert. Diese wurden nach 4 Monaten Testzeitraum beprobt.

Ein Teil der Fässer wurde wieder extremen Bedingungen, allerdings ohne Beladung (Test war bereits erfolgreich bestanden), bei 28°C und 45°C ausgesetzt und anschließend beprobt.

#### 3.1 Lagerung der Fässer für den Langzeitversuch

Die Temperatur wurde auf 28°C eingestellt, um so einen Überseetransport zu simulieren. Die Versuchstemperatur richtete sich dabei an Ergebnisse, welche durch Vortests mit Dataloggern ermittelt wurden.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über 6 Monate.

#### 3.2 Lagerung der Fässer für den Extremtest

Für den Extremtest wurde die Temperatur etwas über den Erfahrungswerten aus den Aufzeichnungen mit Dataloggern eingestellt. Es sollte dabei die Verträglichkeit der Gebinde von sehr hohen Temperaturen überprüft werden. Dabei betrug die Temperatur für jeweils 8 Std. 45°C und für 16 Std. 28°C. Die eingestellte Luftfeuchtigkeit betrug 50%.





Technische Universität München

Der Extremtest wurde über einen Zeitraum von 21 Tagen durchgeführt. Eine Zwischenbeprobung fand nach 14 Tagen statt. Die durchschnittliche Standzeit liegt nach Angaben verschiedener Quellen bei 14 Tagen.



Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan für Ernährung,  
Landnutzung und Umwelt  
**Lehrstuhl für Maschinen- und  
Apparatekunde**





## **4 Durchführung der Analysen**

### **4.1 Mikrobiologische Untersuchungen (Testphase I)**

Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden sowohl aus den Edelstahlfässern als auch aus den KeyKegs mit einem sterilisierten Zapfkopf Proben entnommen, membranfiltriert und anschließend aerob und anaerob auf NBB-A 5 Tage bei 28°C bebrütet.

### **4.2 Farbmessungen (Testphase I)**

Die Farbmessungen wurden nach der EBC-Methode photometrisch gemessen.

### **4.3 Verkostungen**

Für die Verkostungen wurde der Dreieckstest nach MEBAK angewandt.

### **4.4 Sauerstoffmessungen**

Die Sauerstoffmessungen wurden mit einem Orbisphere Gas Analyzer durchgeführt.

### **4.5 CO<sub>2</sub>-Messungen**

Für die CO<sub>2</sub>-Messungen stand ein CO<sub>2</sub>-Gehaltmeter der Firma Hafmanns zur Verfügung.

## 5 Untersuchungsergebnisse – Zusammenfassung und Überblick über Testphase I und Testphase II

### 5.1 Erfüllte Testkriterien aus der ersten Versuchsserie

#### 5.1.1 Mikrobiologische Untersuchungen

Während der ersten Testreihe wurden für alle Fässer mikrobiologische Beprobungen durchgeführt. Bei diesen konnten keine Verkeimungen festgestellt werden. Alle Proben waren ohne Befund.

#### 5.1.2 Farbmessungen

Des weiteren wurde bei den ersten Versuchen die mögliche Veränderung der Bierfarbe untersucht. Es wurden dabei die unten stehenden Ergebnisse ermittelt.

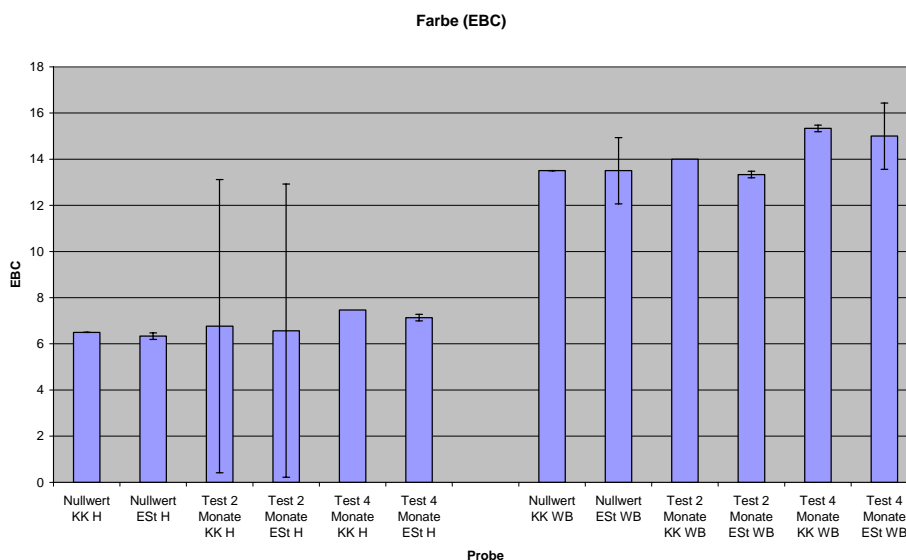


Abbildung 6: Veränderung der Bierfarbe über den Testzeitraum

Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, kann eine leichte Farbzunahme sowohl bei den Bieren in den Edelstahlfassern als auch in den KeyKegs festgestellt werden. Bei den Weißbieren ist eine Zunahme der Mittelwerte zwar feststellbar, aufgrund der hohen Konfidenzbereiche jedoch nicht signifikant.

Bei den hellen Bieren ist eine leichte, signifikante Farbzunahme bei beiden Gebindetypen feststellbar.



### 5.1.3 Belastungstest zur Simulation der Stapelung im Container

Im Rahmen des Belastungstests sollte untersucht werden, ob die Konstruktion der Fässer auch bei hohen Temperaturen ausreichend stabil ist. Die Fässer wurden dafür extremen Bedingungen ausgesetzt. Damit wurde eine Lagerung im Container simuliert, bei der die unterste Lage Fässer als „worst-case“ im Bezug auf die Stabilität der Fässer untersucht wurde.

Hierfür wurde die Temperatur den Erfahrungswerten aus den Aufzeichnungen mit Dataloggern angeglichen. Die Temperatur betrug für jeweils 8 Std. 42°C und für 16 Std. 28°C. Die eingestellte Luftfeuchtigkeit lag bei 50%. Die 20-l-Fässer wurden mit 620 kg beschwert (entspricht der Belastung der untersten Lage einer Palette). Der Test wurde über einen Zeitraum von 14 Tagen durchgeführt, was einer realistischen Standzeit eines Containers in einem Hafen entspricht.

Die Fässer überstanden rein äußerlich den Test ohne Schäden. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt lag nach dem Belastungstest 3,5% unter dem Wert, welcher unmittelbar davor gemessen wurde.



Abbildung 7: Eine Lage KeyKegs mit einer Beladung von 620 kg

## 5.2 Ergebnisse der Untersuchungen aus Testphase II

### 5.2.1 Sauerstoffmessungen

Es konnte über den Testzeitraum keine Aufnahme von Sauerstoff in den Behältern gemessen werden.

### 5.2.2 CO<sub>2</sub>-Messungen

Die Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messungen werden der Übersichtlichkeit wegen in den folgenden Diagrammen getrennt dargestellt. Es erfolgt dabei jeweils der Vergleich zwischen Gebindetypen in Abhängigkeit von Biertyp, Lagerungsbedingungen und Abfüllzeitpunkten.

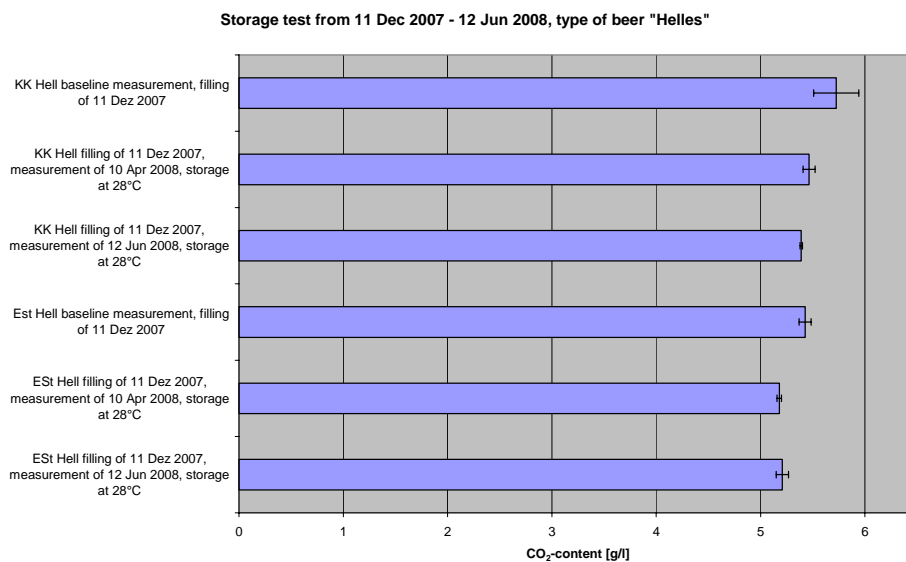


Abbildung 8: Verlauf der CO<sub>2</sub>-Messwerte „Langzeittest“, Biertyp „Helles“, Abfüllung am 11. Dezember 2007

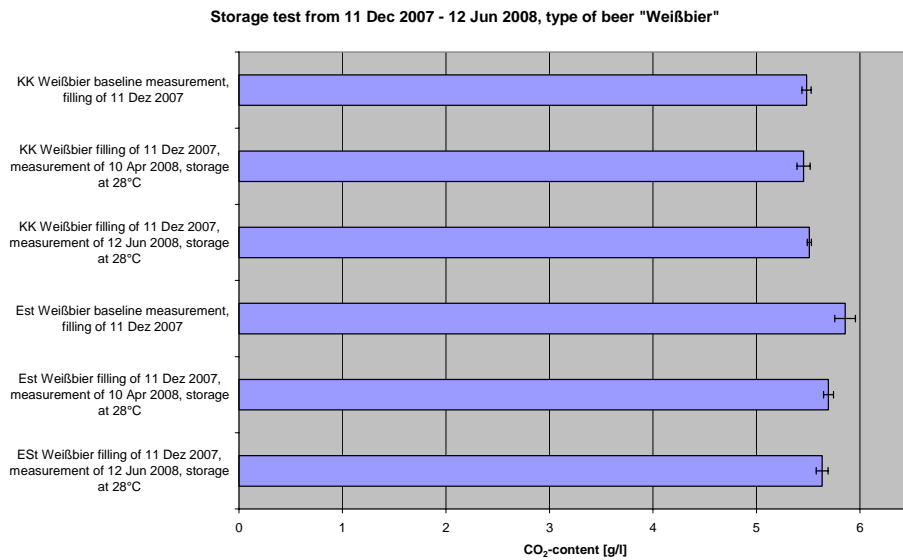


Abbildung 9: Verlauf der CO<sub>2</sub>-Messwerte „Langzeittest“, Biertyp „Weißbier“, Abfüllung am 11. Dezember 2007

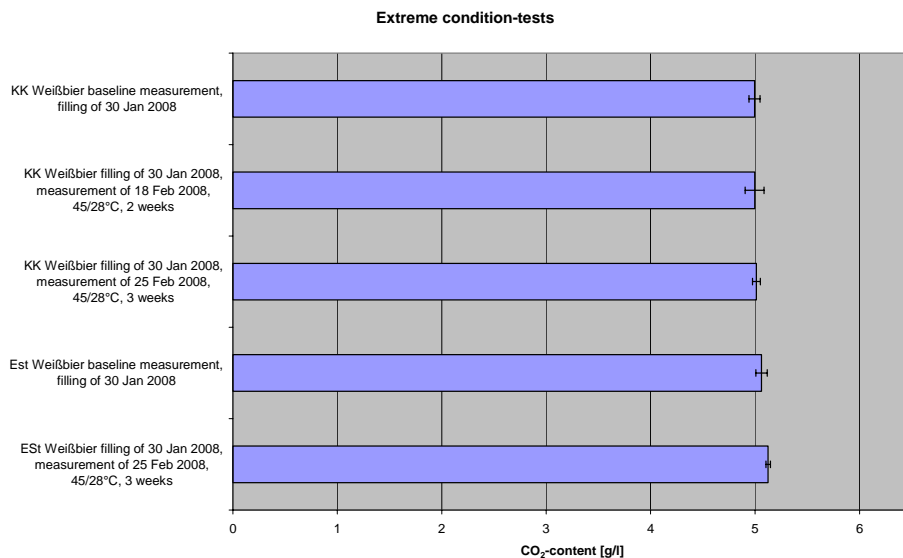


Abbildung 10: Verlauf der CO<sub>2</sub>-Messwerte „Extremtest“, Biertyp „Weißbier“, Abfüllung am 11. Dezember 2008

Wie in Abbildung 8 - Abbildung 10 zu sehen ist, konnte keine bis eine geringe Abnahme der CO<sub>2</sub>-Gehalte festgestellt werden. Dies lässt darauf schließen, dass die nun vorliegenden Konstruktionen der Fässer für die Erhaltung der Bierqualität in Bezug auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt geeignet sind.



### 5.2.3 Verkostungsergebnisse

Die Langzeittests wurden in den Intervallen ständig mit Verkostungen (Dreieckstest nach MEBAK zwischen Edelstahlfass und KeyKeg) begleitet. Die Ergebnisse sind den nachfolgenden Protokollauszügen zu entnehmen. Es konnte in keiner der durchgeführten Verkostung ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gebindearten festgestellt werden.

Die Verkostergruppe setzte sich aus Mitarbeitern des Lehrstuhls für Maschinen- und Apparatekunde zusammen.

#### 5.2.3.1 Dreieckstest zwischen Weißbier in Edelstahl und KeyKeg am 25.02.2008

- Ort: O 18, MAK Weihenstephan
- Testmedium: Weißbier, abgefüllt am 11. Dezember 2007
- Teilnehmer: 18
- Richtiges Ergebnis: 7
- Falsches Ergebnis: 11
- Für eine Signifikanz mit einer Sicherheit von 95% wären 10 richtige Antworten notwendig gewesen.

#### 5.2.3.2 Dreieckstest zwischen Weißbier in Edelstahl und KeyKeg am 10.04.2008

- Ort: O 18, MAK Weihenstephan
- Testmedium: Weißbier, abgefüllt am 11. Dezember 2007
- Teilnehmer: 15
- Richtiges Ergebnis: 3
- Falsches Ergebnis: 12
- Für eine Signifikanz mit einer Sicherheit von 95% wären 9 richtige Antworten notwendig gewesen.

#### 5.2.3.3 Dreieckstest zwischen Weißbier in Edelstahl und KeyKeg am 12.06.2008

- Ort: O 18, MAK Weihenstephan
- Teilnehmer: 19
- Richtiges Ergebnis: 8
- Falsches Ergebnis: 11



- Für eine Signifikanz mit einer Sicherheit von 95% wären 11 richtige Antworten notwendig gewesen.

#### **5.2.3.4 Dreieckstest zwischen Hellem in Edelstahl und KeyKeg am 12.06.2008**

- Ort: O 18, MAK Weihenstephan
- Teilnehmer: 14
- Richtiges Ergebnis: 5
- Falsches Ergebnis: 9
- Für eine Signifikanz mit einer Sicherheit von 95% wären 9 richtige Antworten notwendig gewesen.



### **5.2.4 Sonstige Beobachtungen**

#### **5.2.4.1 Stabilität des Inliners**

Die erste Testreihe zeigte Schwachpunkte in der Konstruktion des Inliners. Diese Problemstellen bekam die Firma Lightweight Containers BV sehr gut in den Griff. Es wurde bei der neuen Abfüllung nur ein Fass der Dezemberabfüllung festgestellt, bei dem der Inliner eine Beschädigung am Fittinganschluss aufwies. Im Vergleich zur Menge der abgefüllten Fässer und zum Verhalten der alten Inliner stellt dies keinen nennenswerten Mangel dar. Weiterhin ist dieses Fehlschlagen durch die Verwendung eines neuen Materials beseitigt worden.

#### **5.2.4.2 Verlust der Stabilität bei Feuchtigkeitseinwirkung**

Nach dem Vermessen der Fässer wiesen die Fässer Spritzspuren von Bier auf. Diese wurden mit Wasser abgespritzt. In Folge dessen weichte der Schutzkarton um die Fässer auf. Es war zu beobachten, dass die Stabilität und die Handlingfähigkeit, bezogen auf den Umkarton, dadurch verloren gingen.

#### **5.2.4.3 Stabilität der PET-Kugel bei Einwirkung spitzer Gegenstände**

Zum Recyceln der Fässer müssen diese aus logistischen Gründen zerlegt und zerkleinert werden. Dabei besteht die Gefahr des Zerplatzens wenn der anliegende Druck vorher nicht entlastet wird. Als Lösung bietet die Firma Lightweight Containers BV einen Entlüftungsadapter an, mit dem die Fässer entlastet werden können. Anschließend ist ein problemloses Zerschneiden der Fässer möglich.



Des Weiteren wurde überprüft, wie die gefüllten Fässer auf Einwirkung spitzer Gegenstände reagieren. Hierzu wurden zwei Tests durchgeführt. Im ersten Test wurde ein voll gefülltes Fass mit einem Tapetenmesser angeschnitten. Als Folge dessen zerplatzte das Fass und das Bier ergoss sich in einem Schwall. Beim zweiten Test wurde nach Entfernen der Schutzhülle die PET-Kugel mit einem spitzen Gegenstand bearbeitet. Dies führte ebenfalls zum Zerbersten.

Es wurde generell festgestellt, dass die PET-Hülle keine spitzen Bruchstücke verteilt. Die Bruchkanten können als nahezu gefahrlos angesehen werden, scharfkanntige Abbrüche wurden nicht festgestellt. Die Kugel zerplatzt in zwei Hälften, bleibt jedoch materiell gesehen eine Einheit. Als Schaden ist der Schreckensmoment sowie die drohende Verteilung von Bier zu sehen. Körperliche Schädigungen sind zwar nicht auszuschließen, werden von den Untersuchenden als gering bis fast nicht vorhanden eingeschätzt.

Als Konsequenz dazu wurden die Schutzhüllen der Fässer mit einem Hinweis versehen, welcher vor einem Einsatz spitzer Gegenstände auf das Fass warnt.

#### **5.2.4.4 Zapfdruck**

Es wurde festgestellt, dass sich nach dem Abschlagen der Fässer das Ventil nicht immer vollständig schloss. Dies äußerte sich darin, dass das im Fitting stehende Bier schäumte und das Bier nach einigen Tagen Standzeit durch den CO<sub>2</sub>-Verlust lack schmeckte.

Im Normalfall spielt dies keine Rolle, da die Fässer dafür gedacht sind, angeschlagen und leer gezapft zu werden. Wird das Fass jedoch abgeschlagen, zwischengelagert und neu angezapft, sollte ein Betriebsdruck von mindestens 2,5 bar<sub>Ü</sub> verwendet werden da sich anderweitig das Ventil nicht mehr verschließt.

#### **5.2.4.5 Schimmelbildung**

Beim Abzapfvorgang, vor allem von halb geleerten Fässern, wurde ein starkes Spritzen des Bieres festgestellt. Das Bier lief vom Fitting ab in den Raum zwischen PET-Kugel und Kartonage. Bei Fässern, welche am Lehrstuhl noch als Rückstellprobe vorgehalten wurden, konnte einige Zeit später Schimmelbildung beobachtet werden, was auf das ausgelaufene Bier zurückzuführen ist.





Technische Universität München

Ähnliche Beobachtungen wurden im Fitting gemacht. Hier sammelt sich nach dem Abzapfen Bier an. Werden die Bierreste nicht durch ein Tuch o.ä. entfernt, tritt auch hier Schimmelbildung auf.

Auch diese Tatsachen stellen jedoch im Normalgebrauch keine weiteren Schwierigkeiten dar (Leerzapfen des Fasses in einem Zug).

Nach Abschluss der gesamten Tests kann als Fazit gezogen werden, dass die untersuchten Gebinde eine geeignete Alternative zu den herkömmlichen Edelstahlfassern darstellen.



Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan für Ernährung,  
Landnutzung und Umwelt  
**Lehrstuhl für Maschinen- und  
Apparatekunde**



Technische Universität München

## 6 Ausblick

Der Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde wies die Firma Lightweight Containers BV während der Tests laufend auf die Beobachtungen hin. Bei mehreren Besuchen wurden die Zwischenergebnisse (z.B. defekte Fässer in der ersten Testphase) zusammen begutachtet. Dabei wurden die Schwachpunkte detektiert und diskutiert.

Die Firma Lightweight Containers BV hat die kritischen Punkte überarbeitet und empfindliche Stellen neu konstruiert. Diese wurden den Begutachtern vorgestellt und in einer neuen Testreihe ab Dezember 2007 ausgiebig getestet.



Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan für Ernährung,  
Landnutzung und Umwelt  
**Lehrstuhl für Maschinen- und  
Apparatekunde**



## 7 Zusammenfassung

Der Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde hat im Auftrag der Firma Lightweight Containers BV das neue Einweggebinde „KeyKeg“ in zwei unabhängigen Testphasen unter Extrembedingungen getestet. Dabei sollte die Verwendungsfähigkeit der neuen Gebinde für Bier im Vergleich zu herkömmlichen Edelstahlfässern überprüft sowie die Transportfähigkeit auf Überseeetouren simuliert werden.



Es wurde dabei festgestellt, dass es sich bei den neuen Gebinden um einen innovativen Fortschritt für den Export-Biermarkt handelt.

Die Fässer erwiesen sich in Punkto mikrobiologische Stabilität, Transportstabilität, Bierfarbe und Sauerstoffaufnahme als gut geeignet für das Getränk Bier. Auch wurde, im Vergleich zu herkömmlichen Edelstahlfässern, kein nennenswerter CO<sub>2</sub>-Verlust festgestellt. Die in Testphase I festgestellten Möglichkeiten zur Verbesserung wurden von der Firma Lightweight Containers BV erfolgreich umgesetzt. Der Bereich des Fittinganschlusses sowie eine Neukonstruktion des Inliners trugen zur merklichen Verbesserung der Qualität bei.

Die Verkostungen ergaben in allen Durchführungen kein signifikantes Ergebnis.

Nach Abschluss der gesamten Tests kann als Fazit gezogen werden, dass die untersuchten Gebinde eine geeignete Alternative zu den herkömmlichen Edelstahlfässern darstellen.



## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: KeyKeg leer.....	4
Abbildung 2: KeyKeg gefüllt.....	4
Abbildung 3: KeyKeg mit Umverpackung.....	4
Abbildung 4: Aufbau des KeyKegs.....	5
Abbildung 5: Inliner mit Entlüftungshilfe (geriffelte Folie, weiß).....	5
Abbildung 6: Veränderung der Bierfarbe über den Testzeitraum.....	10
Abbildung 7: Eine Lage KeyKegs mit einer Beladung von 620 kg.....	11
Abbildung 8: Verlauf der CO <sub>2</sub> -Messwerte „Langzeittest“, Biertyp „Helles“, Abfüllung am 11. Dezember 2007.....	12
Abbildung 9: Verlauf der CO <sub>2</sub> -Messwerte „Langzeittest“, Biertyp „Weißbier“, Abfüllung am 11. Dezember 2007.....	13
Abbildung 10: Verlauf der CO <sub>2</sub> -Messwerte „Extremtest“, Biertyp „Weißbier“, Abfüllung am 11. Dezember 2008.....	13

