



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

Verpackungen von Milchprodukten im Wandel der Zeit

Bachelorarbeit
im Studiengang Biotechnologie

vorgelegt von

Gesa Westphalen
1960217

Hamburg,
am 28. Februar 2013

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Bernd Sadlowsky (HAW Hamburg)

Gutachter: Prof. Dipl.-Ing. Ulrich Mack (HAW Hamburg)

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem im Ausgabeantrag formulierten Thema ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtliche oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Datum

Gesa Westphalen

Vorwort

Die Verpackungen für Milchprodukte ist ein sehr ungewöhnliches Thema für jemanden der Biotechnologie studiert hat. Doch das Wahlpflichtfach „Verpackungstechnik“ hat mein Interesse in diesem Bereich so geweckt, dass mein weiterführendes Studium und auch meine berufliche Zukunft in diese Richtung gehen wird. Deswegen möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Sadlowsky und Herrn Prof. Dipl.-Ing. Mack für die Vergabe dieses Themas und die Unterstützung während der Arbeit bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
2	Aufgabenstellung.....	12
3	Eigenschaften und Inhaltsstoffe der Milch	13
3.1	Physikalische Eigenschaften	13
3.2	Milchfett.....	15
3.3	Milcheiweiß	16
3.4	Kohlenhydrate	17
3.5	Mineralstoffe und minore Inhaltsstoffe	19
3.6	Enzyme	21
3.7	Mikrobieller Einfluss	22
4	Geschichte der Milch und Milchverpackung.....	24
4.1	Domestizierung des Rindes.....	24
4.2	Entdeckung der Milch als Nahrungsmittel.....	25
4.3	Entdeckung des Joghurts	26
4.4	Entdeckung der Kondensmilch.....	26
4.5	Vom Tonkrug bis zum Getränkekarton	26
4.5.1	Die frühe Zeit der „Milchverpackung“	27
4.5.2	Die Milchkanne.....	29
4.5.3	Glasflasche	30
4.6	Technologische Fortschritte	31
4.6.1	Der Kühlschrank.....	31
4.6.2	UHT-Milch	32
4.6.3	Aseptisches Verpacken.....	32
4.7	Geschichte der Kunststoffe	33
4.8	Die Entwicklung des Getränkekartons	34
4.9	Die Entwicklung der Joghurtverpackung.....	35
4.10	Entwicklung der Kondensmilchverpackung	37
5	Produktionsabläufe in modernen Molkereien.....	38

5.1	Herstellung von Konsummilch	38
5.2	Moderne Joghurtherstellung.....	40
5.3	Herstellung von Kondensmilch	42
6	Die Verpackung.....	44
6.1	Definition einer Verpackung	44
6.2	Anforderungen an eine Verpackung	44
6.3	Häufig genutzte Verpackungsmaterialien und ihre Eigenschaften	46
6.3.1	Licht	46
6.3.2	Luftsauerstoff	47
6.3.3	Wasserdampf.....	49
6.3.4	Schutz vor Mikroorganismen	50
6.3.5	Schutz vor mechanischen Belastungen.....	51
6.4	Das aseptische Verpacken.....	52
6.4.1	Kartonverpackungen	52
6.4.2	Kunststoffbecher	53
7	Durchführung der Verpackungsanalyse.....	55
7.1	Produktauswahl.....	55
7.1.1	Konsummilch.....	55
7.1.2	Joghurt.....	63
7.1.3	Kondensmilch.....	68
7.2	Erstellung des Steckbriefes	72
8	Ergebnisse und Diskussion	75
8.1	Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Konsummilchsorten.....	75
8.2	Auswertung der „Alpenfrischen Vollmilch“ von „Bärenmarke“	76
8.3	Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Joghurtsorten	83
8.4	Auswertung des „Landliebe“-Joghurts im 500 g Glas	83
8.5	Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Kondensmilchsorten.....	90
8.6	Auswertung der „Bärenmarke“ Portionsbecher.....	91
8.7	Beurteilung der historischen Verpackungen	96
9	Zusammenfassung.....	99

10	Fazit.....	101
11	Literaturverzeichnis.....	103
12	Anhang.....	106
12.1	Steckbriefe der Konsummilchprodukte	106
12.2	Steckbriefe der Joghurtprodukte.....	112
12.3	Steckbriefe der Kondensmilchprodukte	118

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Ein Triglycerid mit einem Glycerinmolekül (links) und den drei Fettsäurenketten (rechts); Quelle: ganzheits-medizin.de	15
Abbildung 3.2: Ein Lactosemolekül, das aus einem Galaktose- und Glukosemolekül besteht. Sie sind am ersten C-Atom der Galaktose und am vierten C-Atom der Glucose miteinander verbunden. Quelle: www.uni-duesseldorf.de	18
Abbildung 4.1: Eine Zeichnung des Auerochsen wie er früher aussah. Quelle: www.freebievectors.com	24
Abbildung 4.2: Ein Bild aus dem 18. Jahrhundert. Eine Frau trägt die Milch in Metalleimern in die Stadt, um dort die Milch zu verkaufen. Quelle: (Valenze, 2011)	28
Abbildung 4.3: Die stählerne Kuh, ein Automat der gegen Geld Milch gibt, die in eine mitgebrachte Flasche abgefüllt wird. Quelle: http://de.wikipedia.org	30
Abbildung 4.4: Eine Bürste und ein Handspiegel aus dem Material Celluloid. Quelle: www.britannica.com	33
4.5: Die verschiedenen TetraPak-Formen mit den unterschiedlichen Verschlüssen. Quelle:www.blogspot.com	35
Abbildung 4.6: Der erste Joghurtbecher wurde aus Porzellan gefertigt von der Firma Danone. Quelle: www.derstandard.at	36
Abbildung 5.1: Ein Fließschema, das die Herstellung von Konsummilch darstellt.	38
Abbildung 5.2: Fließschema von der Joghurtherstellung unterteilt in stichfester (links) und cremiger (rechts) Joghurt	41
Abbildung 5.3: Fließschema von der Herstellung von Kondensmilch mit den beiden unterschiedlichen Sterilisierverfahren	42
Abbildung 6.1: Die Lichttransmission verschiedener Packstoffe bei einer Wellenlänge von 0 bis 800 nm; Quelle: (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997)	47
Abbildung 6.2: Schematische Darstellung der Herstellung von einem zugeschnittenen Karton;	53
Abbildung 7.1: Die „Alpenfrische Vollmilch“ von „Bärenmarke“ hat eine Haltbarkeit von bis zu drei Wochen und wird in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.	56
Abbildung 7.2: Die „Weide Milch“ von „Hansano“ hat ebenfalls eine Haltbarkeit von bis zu drei Wochen und wird in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze	57
Abbildung 7.3: Die „frische Landmilch“ von „Landliebe“ wird in einer Weißglasflasche in 1 l-Portionen verkauft. Sie ist ca. fünf Tage haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze	58
Abbildung 7.4: Die „frische Vollmilch“ von „Söbbeke“ wird in 1 l-Portionen in einer Braunglasflasche verkauft. Sie ist ebenfalls ca. fünf Tage im Kühlschrank haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze	59

Abbildung 7.5: In diesem Kunststoffbeutel ist die „tagesfrische Vollmilch“ von „Hemme Milch“ verpackt. Sie hat eine Haltbarkeit von ca. fünf Tagen. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze. ..60	60
Abbildung 7.6: Die haltbare Vollmilch der REWE-Discounter-Marke „ja!“ ist ca. vier Monate haltbar und wird ebenfalls in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.61	61
Abbildung 7.7: Die „Alpenmilch“ ist ebenfalls eine haltbare Milch der Marke „Weihenstephan“. Sie wird in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.....62	62
Abbildung 7.8: Der Joghurt „Activia“ der Marke „Danone“ wird in 4 x 115 g-Portionen verkauft und ist ca. drei Wochen haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.....63	63
Abbildung 7.9: Der „Rahmjoghurt“ von „Weihenstephan“ hat mit 10% den höchsten Fettanteil der ausgewählten Joghurts. Er verfügt über eine Haltbarkeit von ca. fünf Tagen und wird in 150 g-Portionen angeboten. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.....63	63
Abbildung 7.10: Auch der „Joghurt mild“ von „Landliebe“ wird in 150 g-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.64	64
Abbildung 7.11: Dieser Joghurt von „Landliebe“ wird in einem wiederverschließbaren Weißglasbecher verkauft. In dem Glas befinden sich 500 g Joghurt, der bis zu drei Wochen haltbar ist. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.65	65
Abbildung 7.12: Der „Froop“ von „Müller“ wird in 150 g-Portionen verkauft und ist bis zu drei Wochen haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.....66	66
Abbildung 7.13: Dieser "Joghurt mit der Ecke" von „Müller“ wird in 150 g-Portionen verkauft. Der Joghurt wird getrennt von der Fruchtzubereitung (oder Müsli, Schokolade, etc.)in der kleinen Kammer (rechts) aufbewahrt; der Joghurt befindet sich in der großen Kammer (links) dieses Bechers. Durch Knicken des Bechers können die beiden Inhalte gemischt werden. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.66	66
Abbildung 7.14: Dieser stichfeste Joghurt von „Lünebest“ wird in 150 g-Portionen verkauft und hat eine Haltbarkeit von ca. zwei Wochen. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.....67	67
Abbildung 7.15: Diese Kondensmilch der REWE-Discountermarke „ja!“ wird in 340 g-Portionen in Verbundkartons verkauft. Die Kondensmilch hat eine Haltbarkeit von zwölf Monaten. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.....68	68
Abbildung 7.16: Diese Kondensmilch von „TURM“ wird in wiederverschließbaren Kunststoffkännchen verkauft. Sie ist bis zu einem halben Jahr haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.....69	69
Abbildung 7.17: „Die Leichte 4“ von „Bärenmarke“ ist eine Kondensmilch mit 4% Fett. Sie wird in einem Zehner-Pack zu je 7 g-Portionen verkauft und ist bis zu sechs Monate haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.69	69
Abbildung 7.18: Dies ist auch die Kondensmilch mit 4% Fettanteil von „Bärenmarke“. Die Kondensmilch wird in der Dose sterilisiert und ist ein Jahr haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.70	70

Abbildung 7.19: Die Kondensmilch "KaffeeWölkchen" von „Adelbyer“ wird in 250 g-Portionen in Weißglasflaschen verkauft. Sie ist ca. neun Monate haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.	71
Abbildung 8.1: Der Schichtaufbau von Getränkekartons, links für haltbare Produkte, rechts für frische Produkte. Quelle: Tetra Pak.....	79
Abbildung 8.2: Eine sogenannte Halsamphore aus dem 6. Jahrhundert v. Chr., die häufig zum Transport von Lebensmitteln verwendet wurde. Quelle: www.ruhr-uni-bochum.de	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Physikalische Eigenschaften der Milch; Quelle: (Töpel, 1981) & (Tetra.....	14
Tabelle 3.2: Die Salzbestandteile und Spurenelemente mit der Konzentration, die es in der Milch gibt. Quelle: (Schlimme & Buchheim, 1995)	20
Tabelle 3.3: Einige Enzyme, die die Milch schädigen mit deren Folgen und Maßnahmen. Quelle: (Töpel, 1981).....	22
Tabelle 6.1: Die häufigsten Störfaktoren und deren Auswirkungen bei Aufnahme bzw. Abgabe dieses Störfaktors; Quelle: (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).....	46
Tabelle 6.2: Sauerstoffdurchlässigkeit von Kunststofffolien mit einer Foliendicke von 100 µm bei 0% r.F. gemessen in $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1} \text{bar}^{-1}$ Quelle:(Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).....	48
Tabelle 6.3: Wasserdampfdurchlässigkeit in $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ von Packstoffen mit einer Foliendicke von 100 µm bei den Kunststoffen (der Verbund ausgenommen) bei einem Gefälle der relativen Feuchtigkeit von 85% bis 0%. Quelle: (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997)	49
Tabelle 8.1: Zusammenfassung der wichtigsten Kriterien aller untersuchten Konsummilchverpackungen. Als "Karton" ist hier der Verbundkarton gemeint. Die Farben bewerten die Eigenschaft: grün= sehr gut; gelb= gut; orange= befriedigend; rot= schlecht ..	81
Tabelle 8.2: Zusammenfassung der wichtigsten Kriterien aller untersuchten Joghurtverpackungen. Die Farben bewerten die Eigenschaft: grün= sehr gut; gelb= gut; orange= befriedigend; rot= schlecht	88
Tabelle 8.3: Zusammenfassung der wichtigsten Kriterien aller untersuchten Kondensmilchverpackungen. Die Farben bewerten die Eigenschaft: grün= sehr gut; gelb= gut; orange=befriedigend; rot= schlecht	94

Formelverzeichnis

$d_{T[^\circ\text{C}]}$	Dichte bei einer bestimmten Temperatur
F	Fettgehalt
ffTr	fettfreie Trockenmasse
Wasser	Wassergehalt
pH	pH-Wert
H ⁺	Hydroniumionen
Durchlässigkeit	Sauerstoff- bzw. Wasserdampfdurchlässigkeit
μm	Mikrometer
Dicke des Bauteils	die Dicke des untersuchten Bauteils

Abkürzungsverzeichnis

PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PE	Polyethylen
LDPE	Low density Polyethylen
HDPE	High density Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat

1 Einleitung

„Eine Verpackung sollte mehr sparen, als sie kostet“ (Rausing, 1950). Das war das Motto des Firmengründers von Tetra Pak Dr. Ruben Rausing und ist heute immer noch die Philosophie dieses Unternehmens. Der bekannte Getränkekarton wurde zunächst für Milchprodukte verwendet und wird es heute noch. Allerdings hat sich die Produktvielfalt vergrößert und die Form des Getränkekartons verändert.

Diese Geschichte ist aber nur ein ganz kleiner Ausschnitt aus der Entwicklung der Verpackungen für Milchprodukte. Die Menschen kamen auf die Idee Rinder zu halten und diese auch zu melken, um die Milch zu verzehren.

Die Milch gilt nach Verbrauchermeinung als ein natürliches und wichtiges Produkt. Es ist ein sehr gesundes, vitaminreiches, leicht verdauliches und nährstoffreiches Nahrungsmittel, weshalb es zu den Grundnahrungsmitteln gehört und überall auf der Welt gekauft und verzehrt wird (Sauerland, 1985).

Milch ist das einzige Nahrungsmittel, von dem sich neugeborene Säugetiere in den ersten Monaten nach der Geburt ernähren, egal ob es Menschen, Rinder, Wale oder Kamele sind. Die Menschen sind aber die einzigen Säugetiere, die über das Säuglingsalter hinaus noch Milch von Tieren als Grundnahrungsmittel zu sich nehmen. Am meisten verbreitet ist in unseren Kulturkreis die Milch von der Kuh.

Der Weg von der Kuh bis zum Verbraucher hat sich über die Jahrhunderte, sogar über die Jahrtausende, sehr stark verändert. Es sind während der Zeit neue Erkenntnisse aufgekommen, entweder durch Zufall oder durch die Forschung, wodurch neue Verfahren entwickelt wurden.

2 Aufgabenstellung

In dieser Bachelorarbeit soll die Entwicklung der Verpackungen von Milchprodukten betrachtet werden. Diese Entwicklung umfasst das erste Gefäß, in dem die Milch gelagert wurde, bis hin zum heutigen Getränkekarton. Dabei soll sowohl auf die Entdeckung neuer Materialien als auch auf technologische Entdeckungen und deren Auswirkungen auf die Verpackungen der Produkte erklärt werden.

Zusätzlich soll auf den Rohstoff Milch eingegangen und die Inhaltsstoffe vorgestellt werden. Dabei soll jeder Inhaltsstoff einzeln betrachtet, seine Eigenschaften beschrieben werden und welche Einflüsse den Inhaltsstoff schädigen können. Es sollen Umwelteinflüsse betrachtet werden, die das Milchprodukt in seiner Gesamtheit schädigen können. Zusätzlich soll auf die Ausmaße der Schädigungen eingegangen werden. Aus diesen Erkenntnissen soll herausgefiltert werden, welche Anforderungen die Milch bzw. Milchprodukte an eine Verpackung stellen, aber auch was beim Verpacken des Produktes beachtet werden muss.

Dafür sollen die am häufigsten genutzten Verpackungsmaterialien betrachtet werden. Ein besonderes Augenmerk soll dabei auf den Schutz vor Umwelteinflüssen gelegt werden und hierzu repräsentative Kennwerte aufgezeigt werden. Mit Hilfe dieser Werte sollen selbst ausgesuchten Verpackungen von drei verschiedenen Milchprodukten auf den Schutz vor Umwelteinflüssen untersucht und bewertet werden.

Nach der Wahl der drei zu untersuchenden Produkte soll mittels Fotodokumentation festgehalten werden, wie die Verpackung in ihrer ursprünglichen Form aussieht. Zusätzlich sollen die Verpackungen in ihre Einzelteile zerlegt und überprüft werden, aus welchen Materialien sie bestehen. Zu den Materialien sollen auch die Hersteller der Verpackungen befragt werden. Aus diesen Ergebnissen soll letztendlich die Verpackungen der Milchprodukte hinsichtlich des Schutzes vor Umwelteinflüssen beurteilt werden. Neben den modernen Verpackungen sollen die historischen Gefäße kurz bewertet werden.

3 Eigenschaften und Inhaltsstoffe der Milch

Milch ist ein sehr nahrhaftes Grundlebensmittel. Um welche Nährstoffe es sich dabei handelt, wird in diesem Kapitel beschrieben. Zusätzlich werden die Faktoren genannt, die die Milch sensorisch verändern um zu verdeutlichen, welchen großen Einfluss eine richtige Verpackung auf die Milch hat.

Das Wort „Milch“ ist Gemeingut der germanischen Sprache (Grimm & Grimm, 2011) und gemeint ist damit laut Gesetzgebung das Gemelk einer Kuh. Der Begriff „Milch“ bezeichnet die Kuhmilch. Milch von anderen Säugetieren werden mit Zusätzen gekennzeichnet, wie zum Beispiel Schafsmilch, Kamelmilch oder Muttermilch (Schlimme & Buchheim, 1995).

Die Milch ist ein weißes Drüsensekret mit einem pH-Wert von 6,5 bis 6,7 (Schlimme & Buchheim, 1995) und ein bekömmliches Nahrungsmittel, was gut vom Organismus aufgenommen werden kann. Sie enthält alle lebensnotwendigen Nährstoffe. Milch, egal von welchem Säugetier, dient zur Sicherstellung der Nahrung des Nachwuchses nach der Geburt (Töpel, 1981).

Der Hauptbestandteil der Milch ist Wasser mit 87,25%. Die restlichen 12,75% ist die Trockenmasse, die in Fett (3,70%), Gesamteiweiß (3,60%), Milchzucker (4,70%) und den Aschebestandteilen (0,75%) unterteilt wird. Als Aschebestandteile ist der Salzgehalt gemeint, der Mineralstoffe, Spurenelemente und den Citratgehalt umfasst (Töpel, 1981) (Schlimme & Buchheim, 1995). Alle Inhaltsstoffe zusammen bilden ein polydisperses System, das heißt, dass die Inhaltsstoffe der Milch unterschiedlich groß sind und teilweise gelöst sind. Bei unbehandelter und frisch gemolkener Milch ist das Fett in membrangehüllte Tröpfchen emulgiert und hat einen Durchmesser von 0,1 bis 10 μm . Es liegen ca. $5 \cdot 10^9$ bis $10 \cdot 10^9$ Fettkügelchen pro Milliliter Milch vor. Die Proteine muss man auf Grund ihrer Größe unterscheiden. Sie liegen einmal als Caseinmicellen mit einem Durchmesser von 0,02 bis 0,6 μm kolloid-dispers in der Milch vor. Davon sind etwa 10^{14} Micellen pro Milliliter Milch vorhanden. Die Molkenproteine sind molekular-dispers gelöst und befinden sich mit den anderen Bestandteilen der Milch in homogener Lösung. Dazu zählen auch die Kohlenhydrate, wobei die Lactose das Hauptkohlenhydrat der Milch ist (Schlimme & Buchheim, 1995).

3.1 Physikalische Eigenschaften

Die Dichte von Milch ist stark von der Zusammensetzung abhängig und schwankt daher sehr. Die entscheidenden Faktoren sind bei der Berechnung der Dichte die fettfreie

Trockenmasse (ffTr) und der Fettgehalt (F), die jeweils in % gerechnet werden. Daraus ergibt sich folgende Formel:

$$d_{T[^\circ C]} = \frac{100}{\frac{F}{0,93} + \frac{ffTr}{1,608} + \text{Wasser}} \frac{g}{cm^3} \quad (1)$$

Der Wassergehalt entsteht durch das Abziehen des Fettgehalts und der fettfreien Trockenmasse von 100% (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Der pH-Wert ist als negativer, dekadische Logarithmus von der Konzentration der Hydroniumionen (H⁺-Ionen) definiert, was als Formel ausgedrückt wie folgt aussieht:

$$pH = -\log_{10} [H^+] \quad (2)$$

Bei einer neutralen Lösung liegen gleichviele H⁺- und OH⁻-Ionen (Hydroxidionen) vor. Die Anzahl der H⁺-Ionen in einer neutralen Lösung betragen 10⁻⁷ pro Liter. Daraus ergibt sich ein pH-Wert von 7 (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Milch und Blut haben den gleichen osmotischen Wert, da die Milch aus dem Blut gebildet wird. Getrennt werden die beiden Flüssigkeiten durch eine permeable Membran. Mit anderen Worten gesagt, sind Milch und Blut isotonisch (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Die Dichte, der pH-Wert, osmotischer Druck und die Viskosität der Milch sind in der Tabelle 3.1 aufgelistet.

Tabelle 3.1: Physikalische Eigenschaften der Milch; Quelle: (Töpel, 1981) & (Tetra Pak Processing GmbH, 2012)

Physikalische Größe	Durchschnittlicher Wert
Dichte (20°C)	1,028 bis 1,038 g cm ⁻³
pH-Wert (20°C)	6,6 bis 6,8
Osmotischer Druck	6,78 bar
Viskosität (20°C)	1,80 bis 2,18 mPa s (Rohmilch) 23 mPa s (Kondensmilch 10% Fett)

3.2 Milchfett

Der wertvollste Bestandteil der Milch ist das Fett. Der Fettgehalt bestimmt den Milchpreis. Je mehr Fett in einer Milch oder einem Milchprodukt enthalten ist, umso teurer ist das Produkt (Töpel, 1981).

Fette, auch Lipide genannt, haben die Eigenschaft sowohl im nichtpolaren organischen Lösemittel, als auch untereinander löslich und in wässrigen Lösungen unlöslich zu sein. Zu dieser Gruppe der Lipide zählen die eigentlichen Fette wie die Mono-, Di- und Triglyceride (siehe Abbildung 3.1). Weitere Bestandteile sind die fettähnlichen Stoffe, wie zum Beispiel die Phospholipide, Wachse und die Isoprenoidlipide mit den Sterinen, Steroidhormonen und die Carotinoide. Zu den Lipiden zählen aber noch die Fettbegleitstoffe, zu denen die freien Fettsäuren, die fettlöslichen Vitamine A, D, E und K, fettlösliche Aromastoffe und die Lipoproteine gehören (Schlimme & Buchheim, 1995). Dabei machen die Triglyceride mit 97% bis 98% den Hauptbestandteil der Milchlipide aus.

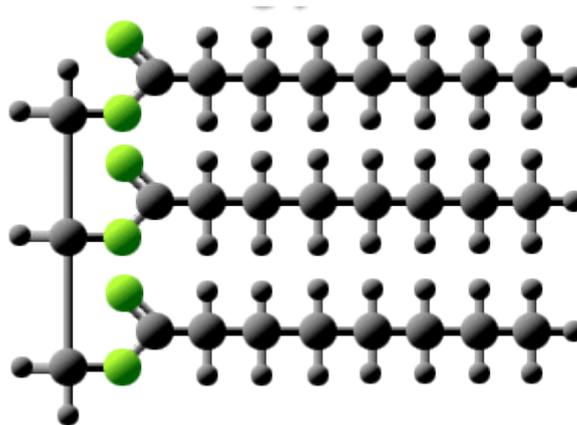


Abbildung 3.1: Ein Triglycerid mit einem Glycerinmolekül (links) und den drei Fettsäurenketten (rechts);
Quelle: ganzheits-medizin.de

Durch die unterschiedliche Größe der Lipidtröpfchen muss für die Herstellung von Konsummilch und Milchprodukte die Tröpfchengröße vereinheitlicht werden. Dies hat zur Folge, dass das Fett eine bessere und feinere Verteilung in der Milch hat. Für diesen Schritt wird ein Hochdruckhomogenisator verwendet, was in Kapitel 5.1 erläutert wird (Schlimme & Buchheim, 1995).

Eine gewisse Zeit nach dem Melken treten Veränderungen des Milchfettes ein. Dabei handelt es sich um eine Oxidation des Fettes, die durch den atmosphärischen Sauerstoff ausgelöst wird. Diese Reaktion ist ein radikalischer Mechanismus, die autokatalytisch abläuft und zwar so lange bis der Sauerstoff verbraucht ist. Die Autoxidation findet im Dunkeln statt,

bei der besonders die ungesättigten Fettsäuren oxidiert werden. Allerdings wird der Prozess durch Licht, höhere Temperaturen und katalytisch wirkende Metalle wie Eisen und Kupfer beschleunigt (Landsgesell, 2010). Durch die Autoxidation entstehen verschiedene Geschmacksfehler, die von talgig über „pappig“, metallisch, ölig bis zu fischig reichen können (Schlimme & Buchheim, 1995).

Der Zeitpunkt einer Autoxidation ist von der Wasseraktivität (a_w -Wert) des Produktes abhängig. Die Reaktion kann zum Beispiel bei Buttermilch oder normaler Milch schon innerhalb von einem Tag auftreten. Bei Butter oder Vollmilchpulver, die einen geringeren a_w -Wert haben, tritt die Autoxidation erst nach Monaten oder sogar Jahren ein. Zudem wird die Reaktion auch noch von der Temperatur, dem Sauerstoffgehalt des Fettes, dem pH-Wert und dem Kochsalzgehalt beeinflusst (Schlimme & Buchheim, 1995).

Die Fettsäuren können auch über die „Fotooxidation über Sensibilisatoren“ oxidiert werden. Das Riboflavin der Milch, auch Vitamin B₂ genannt, wirkt als ein Sensibilisator. Dieser wird schon durch geringe Menge einfallendes Licht angeregt und überträgt seine Energie auf ein Sauerstoffmolekül. Das Sauerstoffmolekül geht in den ersten angeregten Zustand und bei weiterer Energiezufuhr in den zweiten angeregten Zustand über. Nun hat es ein hohes Reaktionsbestreben und reagiert mit den Doppelbindungen der ungesättigten Fettsäuren in der Milch. Dadurch entstehen Hydroperoxide, die für das Ranzigwerden verantwortlich sind (Landsgesell, 2010).

3.3 Milcheiweiß

Wenn Kohlenhydrate oder Fette in der Nahrung fehlen, entstehen keine merklichen Schädigungen in der Lebensfunktion. Proteine hingegen sind unentbehrlich und nicht aus der Nahrung wegzudenken (Töpel, 1981). Sie sind für den Aminosäure- und Stickstoffhaushalt des Menschen zuständig (Schlimme & Buchheim, 1995).

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Löslichkeit bzw. Fällbarkeit werden die Proteine in vier Gruppen eingeteilt. In der Milch gibt es Caseine, Molkenproteine, Proteose-Peptide und Proteine der Fettkügelchenmembran, wobei die Caseine und die Molkenproteine den größten Anteil an Milcheiweiß ausmachen. Dabei beträgt das Mengenverhältnis von Casein zu Molkenprotein 82:18 (Töpel, 1981).

Die Caseine werden in den Milchdrüsen synthetisiert und bezeichnen eine Gruppe der vorherrschenden Eiweißart. Aufgrund der vielen ionisierbaren Gruppen, sowie der

hydrophoben und hydrophilen Stellen im Caseinmolekül, bilden Caseine sehr leicht Polymere. Diese Polymere, auch Caseinmicellen genannt, bestehen aus Hunderten oder Tausenden Einzelmolekülen und bilden eine kolloidale Lösung. Dadurch entsteht die weiß-bläuliche Färbung der Magermilch. Die Caseinpolymere können bis zu 0,4 µm groß sein und können unter einem Elektronenmikroskop sichtbar gemacht werden (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Bei der Erniedrigung des pH-Wertes, entweder durch Zugabe einer Säure oder durch säurebildende Mikroorganismen, wird die Umgebung der Caseinmicellen verändert. Dadurch löst sich das vorhandene kolloidale Kalziumphosphat und bildet ionisiertes Kalzium. Das Kalzium wandert in die Micellenstruktur und baut dort interne Kalziumbindungen auf. Wenn der pH-Wert weiter sinkt und den isoelektrischen Punkt erreicht, der bei einem pH-Wert von 4,6 liegt, fällt das Casein in Form von weißen Flocken aus. Bei diesem pH-Wert hat das Casein seine geringste Löslichkeit (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Die Molkenproteine bleiben bei diesem pH-Wert noch in Lösung (Töpel, 1981). Caseine sind auf Grund ihrer Struktur relativ hitzestabil. Sie besitzen kaum eine Sekundär- oder Tertiärstruktur. Im Gegensatz dazu sind die Molkenproteine hitzelabil und werden bei der Wärmebehandlung teilweise bzw. vollständig ausgefällt (Kielwein, 1985). Dabei bilden die ausgefallenen Molkenproteine einen Komplex mit dem Casein aus. Dadurch ist die Angreifbarkeit des Caseins verändert, was wichtig für die Käseherstellung ist (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Die ausgefallenen Proteine, egal ob es Caseine oder Molkenproteine sind, verändern nicht den Geschmack der Milch bzw. des Milchproduktes, sondern nur die Konsistenz. Bei der Fällung von Proteinen bilden sich Flocken, die sich am Boden absetzen (Töpel, 1981).

3.4 Kohlenhydrate

Als Kohlenhydrate sind in der Milch Glucose, Galactose, eine Reihe von Oligosacchariden und Zuckerderivaten und die Lactose vertreten. Dabei macht die Lactose mit 4,5 bis 5,2% den größten Teil an Zucker in der Milch aus. Die Schwankungen sind von der Rinderart, den Fütterungs- und Melkintervallen der Rinder abhängig. Die Lactose wird daher auch als Milchzucker bezeichnet (Schlimme & Buchheim, 1995).

Der Milchzucker ist ein Disaccharid und besteht aus den beiden Monosacchariden Glucose und Galactose (siehe Abb.3.2).

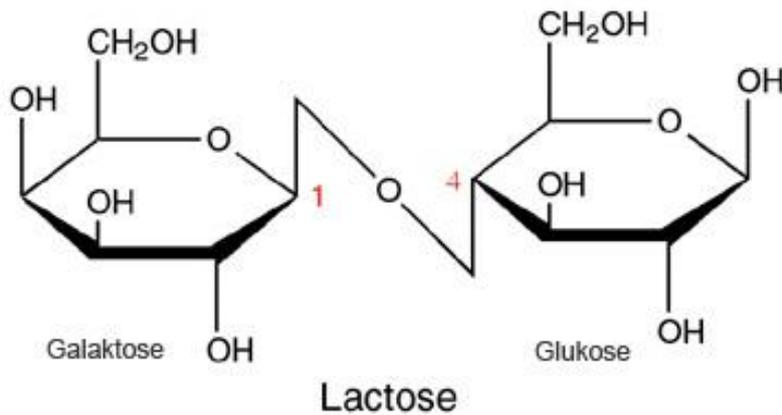


Abbildung 3.2: Ein Lactosemolekül, das aus einem Galaktose- und Glukosemolekül besteht. Sie sind am ersten C-Atom der Galaktose und am vierten C-Atom der Glucose miteinander verbunden. Quelle: www.uni-duesseldorf.de

Die Lactose ist sehr wichtig in den ersten Lebenswochen eines Säuglings, da sie den notwendigen Kohlenhydratanteil in der Nahrung darstellt. Sie ist auch Ausgangssubstanz für die Säuerung der Milch und somit für eine geringe Haltbarkeit verantwortlich (Töpel, 1981).

Der Lactosegehalt hängt mit dem Anteil der Molke in dem Produkt ab. Zusammen mit den Mineralstoffen und Salzen, die in der Milch vorhanden sind, ist die Lactose in der Molke gelöst. Somit ist Käse, der einen geringen Molkenanteil besitzt, länger haltbar als zum Beispiel Magermilch (Schlimme & Buchheim, 1995).

Die Lactose beeinflusst die Beschaffenheit lagernder Dauermilcherzeugnisse und vor allem die Löslichkeit von Magermilchpulver. Die verantwortliche Reaktion der Lactose ist die Hydrolyse. Es ist eine Spaltung von Molekülen unter der Anlagerung von Wasser. In diesem Fall erfolgt die Trennung an der Sauerstoffbrücke zwischen Glucose und Galactose, die zu den Molekülen Glucose und Galactose gespalten wird. Da die Sauerstoffbrücke der Lactose sehr stabil ist, geschieht die Hydrolyse nur unter Einwirkung von starken Mineralsäuren, wie zum Beispiel Schwefel- oder Salzsäure. Hohe Temperaturen beschleunigen diese Reaktion. Dabei können Verfärbungen der Milch, Bitter- und Geruchsstoffe sowie Lactosezerfallsprodukte entstehen (Töpel, 1981).

Eine Verfärbung der Milch kann auch noch andere Ursachen haben. In der Maillardreaktion reagieren die Aldehydgruppen der Lactose mit den Aminogruppen der Milchproteine bzw. freien Aminosäuren in der Milch. Diese Reaktion findet vor allem bei der Wärmebehandlung statt und die Ausmaße der Reaktion sind von der Intensität des Wärmeeintrags abhängig. Bei einem hohen Wärmeeintrag können Bräunungseffekte auftreten, die sich als

Gelbfärbung bei Steril- und Kondensmilch äußern und während der Lagerung erhalten bleiben (Schlimme & Buchheim, 1995) (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

3.5 Mineralstoffe und minore Inhaltsstoffe

Die Milch hat einen Salzgehalt von ca. 1% und ca. 0,1% minore Inhaltsstoffe, was sehr wenig ist. Aufgrund ihrer großen Bedeutung in unserer Nahrung werden sie erwähnt.

Der Salzgehalt umfasst alle Spurenelemente, Mineralstoffe und den Citratgehalt der Milch. Analytisch wird der Salzgehalt durch den Aschewert angegeben. Da die organischen und anorganischen Substanzen über das Futter aufgenommen werden, schwankt der Salzgehalt der Milch je nach Region (Schlimme & Buchheim, 1995).

In der Milch liegen die Salzbestandteile in unterschiedlichen Löslichkeits- und Bindungsverhältnissen vor und bilden ein dynamisches Gleichgewicht mit den emulgierten Fettkügelchen, den Caseinmicellen und den Molkenproteinen (Schlimme & Buchheim, 1995). In Tabelle 3.2 sind die in der Milch enthaltenen Mineralstoffe und Spurenelemente dargestellt.

Milch ist für seinen hohen Calciumgehalt bekannt, was wichtig für die Knochen ist. Aber auch die Spurenelemente sind bedeutend für den Körper. Ohne diese Stoffe, könnten chemische Reaktionen im Körper nicht stattfinden, was sich u.a. negativ auf die Verdauung auswirkt.

Tabelle 3.2: Die Salzbestandteile und Spurenelemente mit der Konzentration, die es in der Milch gibt.
 Quelle: (Schlimme & Buchheim, 1995)

Salzbestandteile	Konzentration in mg/l Milch		Spurenelemente	Konzentration in mg/l Milch
Bicarbonat	200		Aluminium	0,35
Calcium	1200		Chrom	0,01
Citrat	2000		Eisen	0,3
Chlorid	1000		Fluor	0,1
Kalium	1500		Jod	0,04
Magnesium	100		Kobalt	0,0003
Natrium	500		Kupfer	0,1
Phosphat	2100		Mangan	0,03
Sulfat	100		Molybdän	0,06
			Nickel	0,025
			Selen	0,01
			Silicium	0,8
			Zink	4

Zu den minoren Milchinhaltstoffen gehören die fettlöslichen Vitamine A, D, E und K, die in dem Rahm der Milch enthalten sind, die wasserlöslichen Vitamine B, B2, B6, B12, C, und H sowie Nicotinsäureamid, Nicotinsäure, Folsäure und Pantothenensäure, die in der Magermilch und der Molke vertreten sind. Alle minoren Inhaltsstoffe bis auf die Pantothenensäure sind essentiell für den Menschen und können bei zu geringer Aufnahme Mangelkrankungen hervorrufen (Schlimme & Buchheim, 1995).

Genauso wie die anderen Bestandteile der Milch sind die Vitamine sehr empfindlich gegenüber Wärme, Licht, pH-Wert-Veränderungen, Oxidationseinwirkungen und Schwermetallen. Schon bei der Pasteurisierung treten Vitaminverluste auf. Bei der Herstellung von haltbarer Milch sind Verluste zwischen 5 bis 20%, je nach Vitamin, nachweisbar. Bei steriler Milch liegt der Verlust bei 50%. Die thermischen Verfahren, die entscheiden für die Haltbarkeit sind, werden in Kapitel 5.1 weiter erläutert.

Die Vitamine A, B2, B6, C, E und K sind zum Beispiel gegenüber Lichteinflüssen empfindlich. Die fettlöslichen Vitamine werden durch oxidative Vorgänge, hervorgerufen durch den Luftsauerstoff, zerstört. Die Vitamine C und E wirken als Antioxidantien und können diesen Prozess etwas verzögern (Schlimme & Buchheim, 1995).

Zu den minoren Inhaltsstoffen gehören aber auch die minoren Fette, Proteine und Kohlenhydrate. Diese reagieren genauso empfindlich gegenüber Luft, Wärme, pH-Änderungen und Licht, wie es oben beschrieben ist. Nicht zu vernachlässigen sind die minoren organischen Säuren und weitere sauerstoffhaltige Verbindungen, wie zum Beispiel die Zitronensäure, Brenztraubensäure, Milchsäure, Ameisensäure, Essigsäure und die Buttersäure.

3.6 Enzyme

Die in der Milch vorkommenden Enzyme können verschiedener Art und unterschiedlicher Herkunft sein. Die milcheigenen Enzyme kommen aus dem Blut und dem Drüsengewebe. Sie werden bei der Sekretion der Milch mit ausgeschieden. Die Enzyme bakteriellen Ursprungs entstammen den Mikroorganismen, die entweder die Milchdrüsen besiedeln oder die nach dem Melken als Verunreinigung in die Milch gelangen (Töpel, 1981). In der Tabelle 3.3 sind die am häufigsten auftretenden Enzyme und ihre Folgen. Meistens wird der Geschmack beeinträchtigt, was durch Erhitzen der Milch verhindert werden kann.

Tabelle 3.3: Einige Enzyme, die die Milch schädigen mit deren Folgen und Maßnahmen. Quelle: (Töpel, 1981)

Enzym	Herkunft	Schaden	Folgen	Maßnahmen
Lipase	milcheigen bakteriell	Hydrolysiert Milchfett mit geschädigter Schutzhülle	Ranziger Geruch und Geschmack	Pasteurisierung, UV, H ₂ O ₂
Protease	milcheigen bakteriell	Zersetzt Milchproteine und freigesetzte Aminosäuren fördern das Wachstum von Mikroorganismen	Geschmacksfehler, an der Käsureifung beteiligt	Erhitzen
Karbohydrasen	milcheigen bakteriell	Spalten die Saccharide, Milchsäuregärung und alkoholische Gärung	Saurer Geschmack	Erwärmen, Jod
Katalase	milcheigen bakteriell	Spaltet H ₂ O ₂ , Indikator für erkrankte Rinder	Nicht für Emmen-talerherstellung geeignet	Pasteurisierung

3.7 Mikrobieller Einfluss

Aufgrund der vielfältigen stofflichen Zusammensetzung der Milch stellt es für viele Mikroorganismen ein ideales Nährmedium dar. Je nach Lagertemperatur der Milch und Art der Bakterien vermehren sie sich unterschiedlich schnell (Kielwein, 1985).

Unter natürlichen Verhältnissen gelangt die Milch direkt von der Milchdrüse der Kuh in den Mund des Kalbes. Eine Kontamination durch Mikroorganismen ist so gut wie ausgeschlossen. Die Milch ist aber nicht keimfrei, wenn sie aus der Drüse kommt. Denn im sogenannten Strichkanal und in der Milchdrüse sind wenige Keime zu finden. Somit enthält ein Milliliter Milch ca. 100 bis 1000 Bakterien. Bei Erkrankungen des Euters liegt die Anzahl der Bakterien wesentlich höher (10 bis 20.000 Keime pro Milliliter Milch) und es sind für den Menschen pathogene Keime in der Milch vorhanden. Die durch Melken gewonnene Milch ist der Umwelt ausgesetzt, was die Gefahr der bakteriellen Kontaminationen, welche man postsekretorische Kontamination nennt, erhöht (Kielwein, 1985). Die zulässige Obergrenze der Keimbelastung in Rohmilch liegt bei 100.000 Keimen pro Milliliter Milch. Die bakteriologische Belastung ist ein Maß für die Qualität der Milch (Heeschen, 2009).

Die auf natürliche Weise in der Milch vorkommenden Mikroorganismen wurden früher als Grundlage zur Herstellung von fermentierten Milcherzeugnissen und Käse benutzt. Heutzutage werden dafür Reinkulturen oder auch Starterkulturen verwendet (Kielwein, 1985).

Bei den Bakterien in der Milch unterscheidet man zwischen den Milchsäurebildner und den Nicht-Milchsäurebildner, wobei die meisten Vertreter der Milchsäurebildner im milchtechnologischen Sinne erwünscht sind. Die Nicht-Milchsäurebildner sind schädlich und für die Milchqualität nicht förderlich. Hefen und Schimmelpilze hingegen sind zum Teil spezifische Reifungskulturen bei bestimmten Produkten, können aber auch als Schadorganismen gelten (Kielwein, 1985).

4 Geschichte der Milch und Milchverpackung

Milchprodukte heute im Supermarkt erhältlich. Die Formen und Farben der Verpackungen sind dabei sehr vielfältig. Zwei Generationen zuvor sahen die „Verpackungen“ ganz anders aus, was viele Gründe hatte. Die Verpackung veränderten sich in den letzten beiden Jahrhunderten stark, was unterschiedlichen Entdeckungen bzw. Erfindungen zu verdanken war. Wie es dazu kam, dass der Mensch begann, Kuhmilch zu trinken und welche Entwicklung sie durchliefen, wird in diesem Kapitel erläutert.

4.1 Domestizierung des Rindes

Bis das Rind zum Hausrind wurde, dauerte es eine lange Zeit. Vor ca. 10.000 Jahren wurden die Nomaden der Steinzeit sesshaft. Die Jäger und Sammler der damaligen Zeit strichen nicht durch die Wälder Europas, sondern ließen sich nieder und fingen an Häuser zu bauen. Zu der Zeit griffen die Menschen nachhaltig in das Wirken der Natur ein (Stang, 2009).



Abbildung 4.1: Eine Zeichnung des Aurochsens wie er früher aussah. Quelle: www.freebievectors.com

Aurochs waren die Rinder der Steinzeit und mit drei Metern Länge, zwei Meter Schulterhöhe und einem Gewicht von einer Tonne um einiges größer und schwerer als die heutigen Hausrinder (siehe Abbildung 4.1). Dadurch waren sie gefährlicher für den Menschen, zumal sie in freier Wildbahn lebten und nicht an den Menschen gewöhnt waren. Das Einfangen der Aurochs war vermutlich sehr schwer und lebensbedrohlich für den Menschen. Irgendwann entschloss sich der Mensch dazu, den Aurochs nicht direkt zu

töten, sondern ihn zu domestizieren und zu zähmen. Die wilden Tiere wurden eher getötet als die zahmen, die mit anderen zahmen Auerochsen gepaart wurden (Stang, 2009).

Bei Untersuchungen der DNA von gefundenen Auerochsenknochen wurde festgestellt, dass die heutigen Rinder ihren Ursprung im Nahen Osten hatten. Die domestizierten Rinder wurden vor ca. 8000 Jahren nach Europa eingeführt, wo sie nach und nach die ansässigen Auerochsen verdrängten (Burger, 2011).

Nach der erfolgreichen Domestizierung des Rindes wollten auch andere Bauern einen zahmen Fleischlieferanten besitzen. Somit entstanden die erste Züchtungen von Rindern und der Handel mit ihnen. Vor ca. 7000 Jahren gab es eine schnelle Ausbreitung der ersten sesshaften Bauern in Europa. Innerhalb von zwei Jahrhunderten besetzten sie ganz Mitteleuropa und fast jeder zweite Bauer besaß sein eigenes Hausrind. Es war eine zuverlässige Fleischquelle und zugleich ein Arbeitstier (Stang, 2009).

Die Steinzeitmenschen waren damals nur an dem Fleisch der Rinder interessiert. Die Entdeckung der Milch als Nahrungsmittel für den Menschen geschah erst ca. 5000 Jahre nach dem sesshaft werden der Menschen.

4.2 Entdeckung der Milch als Nahrungsmittel

Die Rinder wurden von den Steinzeitmenschen nur als Fleischquelle genutzt. Zu der Zeit der Domestizierung des Rindes konnten die erwachsenen Menschen keine Milch vertragen, weil ihnen das Enzym, das den Milchzucker Lactose spaltet, fehlte. Die Milch sorgte eher für Magen- und Verdauungsbeschwerden (Stang, 2009).

Erst vor ca. 5000 Jahren ergab sich eine Reihe von Zufällen. Im Mittleren Osten oder Südosteuropa entwickelte sich die Milchzuckerträglichkeit. Das heißt, dass durch eine Mutation im menschlichen Genom der Milchzucker im Körper nach der Stillzeit abgebaut werden konnte. Die Menschen mit dieser Mutation waren im Vorteil. Sie konnten die Kuhmilch als Nahrung zu sich nehmen und die enthaltenen Nährstoffe wie Calcium, Vitamine, Proteine und Fett. Sie waren unabhängig von den Ernteerträgen und waren im Vorteil gegenüber anderer Menschen, die nicht den Milchzucker im Körper abbauen konnten. Durch diesen Selektionsdruck vermehrten sich mehr Menschen mit der Milchzuckerträglichkeit und diese Eigenschaft verbreitete sich (Stang, 2009).

4.3 Entdeckung des Joghurts

Zu der Entdeckung des Joghurts gibt es zwei unterschiedliche Geschichten, die auch zu unterschiedlichen Zeiten stattfanden, aber beide Male in der gleichen Region.

Die eine Geschichte erläutert, dass die Herstellung von Joghurt erst einige Jahrtausende nach der Nutzung der Milch entdeckt wurde. Auf der Balkanhalbinsel trug die Urbevölkerung, die sogenannten Thraker, einen länglichen Lammfellsack um einen Gürtel. In diesem Sack befand sich die Milch, die durch die warme Körpertemperatur und den Mikroorganismen in dem Leder des Lammfells zu Joghurt vergoren wurde. Der Joghurt wurde damals höchstwahrscheinlich eher aus Ziegenmilch als aus Rindermilch gewonnen. Dies geschah ca. 600 bis 400 Jahre v. Chr. (Molkerei Bauer, 2012).

In der anderen Geschichte steht, dass der Joghurt in den südlichen Ebenen des Berges Elbrus im Kaukasus entdeckt wurde. Dabei gelangten verschiedene Arten von Mikroorganismen gleichzeitig in einen Milchkrug, der wahrscheinlich einem türkischen Nomaden gehörte. Die Milch war zu diesem Zeitpunkt ca. 40°C warm, was eine ideale Temperatur für die Mikroorganismen war. Die Mikroorganismen konnten sich vermehren und legten dabei die Milch dick. Im 8. Jahrhundert wurde die dickgelegte Milch dann „Jogurut“ genannt, was im 11. Jahrhundert zu „Jogurt“ umgewandelt wurde (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

4.4 Entdeckung der Kondensmilch

Die Kondensmilch ist noch relativ junges Milchprodukt. Zunächst wurde die eingedampfte Milch mit Hilfe von Zucker konserviert. Dabei betrug die Zuckerkonzentration in der Milch ca. 45%, was eine zu hohe Konzentration war, dass Mikroorganismen sich dort vermehren könnten. Um 1850 wurde diese Methode der Milchkonservierung in den USA entwickelt und perfektioniert bis hin zur industriellen Herstellung. 1880 wurde dann das Verfahren entwickelt, ungezuckerte Kondensmilch lange haltbar zu machen. Die Milch wurde entweder in Dosen oder Flaschen abgefüllt und dann erhitzt. Dieses Verfahren wurde von der Technik des Obsteinmachens abgeleitet (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

4.5 Vom Tonkrug bis zum Getränkekarton

Im Laufe der Jahrtausende von der Entdeckung der Milch bis zur heutigen Zeit veränderte sich die Milch nicht, die Verpackung hingegen gravierend. Grund dafür waren Entdeckungen neuer Materialien oder mikrobiologische Erforschungen.

4.5.1 Die frühe Zeit der „Milchverpackung“

Die ersten Kühe wurden vom Menschen ca. 5000 Jahren gemolken. Zu dieser Zeit wurde schon Kupfer abgebaut, weshalb dieses Zeitalter auch Kupferzeit genannt wird. Vor der Kupferzeit fand die Steinzeit statt, die sich dadurch auszeichnete, dass die Menschen aus Naturprodukten (zum Beispiel Holz, Steine, Leder, Lehm) ihre Werkzeuge herstellten. In der Kupferzeit wurde das Kupfer als zusätzlicher Rohstoff entdeckt. Es wäre möglich, dass die damaligen Menschen Kupfereimer verwendeten, um die Milch aufzufangen und zu transportieren. Allerdings wurde Kupfer verwendet, um Werkzeuge für den Krieg oder den Ackerbau herzustellen oder es wurde Kunst daraus angefertigt (Raabe).

Auch Glas war zu dieser Zeit schon bekannt. Um 8000 v.Chr. entdeckten die Menschen den Obsidian-Stein, den sie zum Beispiel als Pfeilspitze verwendeten. Obsidian war die ursprüngliche Form von Glas und entstand unter bestimmten Bedingungen beim Abkühlen von Lava. Vor ca. 5000 Jahren konnten die Ägypter Glas selber herstellen. Es war äußerlich nicht mit dem heutigen Glas zu vergleichen, da es nicht klar sondern eher trüb war. Glas war zu der damaligen Zeit wertvoller als Gold und sehr beliebt als Grabbeilage für die Pharaonen (Kutschke, 2011). Aus diesem Grund war ein Behälter aus Glas für die Lagerung von Milch eher unwahrscheinlich.

Die Funde aus dieser Zeit bestätigten dies, denn die Milch wurde zunächst in Tonkrügen transportiert und „gelagert“. Ob sich dies während der Bronze- und Eisenzeit veränderte, war nicht bekannt. In der Literatur sind viele Hinweise zur Viehhaltung und zum Milchertrag zu finden, allerdings nicht in was für Gefäße die Milch gelagert wurde. Die Lagerung in einem metallischen Gefäß war eher unwahrscheinlich, da das Metall zu der Zeit sehr wertvoll war. Es wurde zu Waffen, Schmuck oder Münzen verarbeitet (Raabe).

Auch in der Antike (ab ca. 1500 v. Chr.) wurden weiterhin Tonkrüge benutzt, die sogenannten Amphoren. Die Amphoren waren zu dieser Zeit eine Maßeinheit und jede Amphore konnte das gleiche Volumen fassen. In gefundenen Scherbenresten aus dieser Zeit konnte man nachweisen, dass u.a. Wein, Olivenöl und Trauben in den Amphoren gelagert wurden. Es war somit möglich, dass Milch in den Amphoren gelagert und damit gehandelt wurde (Watson, 2011).

Das klare Glas, so wie man es heute kennt, wurde erst 1000 v.Chr. durch einen Zufall entdeckt. Die Phönizier machten am Strand ein Feuer und benutzten dabei Sodablöcke anstatt Steine für die Feuerstelle. Durch die Hitze des Feuers entstand durchsichtiges Glas,

was farblos war. Auch diese Art von Glas war sehr wertvoll und wurde zum Beispiel in Schmuck verarbeitet (Kutschke, 2011).

Es bestünde jedoch die Möglichkeit, dass während dieser Zeit Holzeimer als Gefäß benutzt worden waren. Holz wurde schon während der Steinzeit verwendet, um daraus zum Beispiel Speere für die Jagd zu schnitzen. Die Herstellung wäre aber aufwendiger als die eines Tonkruges. Erst gegen 1500 (n. Chr.) wurden Holzeimer mit großer Sicherheit als Behälter für Milch verwendet. Gereinigt wurden die Gefäße, wenn überhaupt, nur mit Wasser (Looft-Gaude, 2012).



Abbildung 4.2: Ein Bild aus dem 18. Jahrhundert. Eine Frau trägt die Milch in Metalleimern in die Stadt, um dort die Milch zu verkaufen. Quelle: (Valenze, 2011)

Um die Städte mit Milch zu versorgen, wurde die Milch in großen offenen Eimern in die Stadt getragen und dort verkauft. Die Milch wurde in von den Käufern mitgebrachte Gefäße abgefüllt. Im 18. Jahrhundert wurden neben dem Holzeimer Eimer aus einem metallischen Material verwendet. Um welches Metall es sich dabei genau handelte, ist nicht ganz klar (Valenze, 2011) (siehe auch Abb. 4.2).

Da diese Behälter allerdings sehr korrosionsanfällig waren, kam Becquerel 1867 auf die Idee Stahlbleche zu verzinken, so dass es bei Berührung mit Wasser vor Rost geschützt war. Auch das Aluminium wurde nun neben den schon benutzten Metallen wie Zinn, Kupfer und

Stahl in der Milchwirtschaft als Werkstoff verwendet. Bis Ende der 1880er Jahren standen die Behälter aus rostfreiem Stahl und Aluminium in starker Konkurrenz zu den Holzgefäßen, die immer noch zum Transport von Milch verwendet wurden. Beide Gefäßarten hatten ihren Vorteil. Die metallischen Gefäße waren gut und leicht zu reinigen, die Holzgefäße hielten die Milch länger kühl (Verband der Ingenieure für Milch- und Molkereiwirtschaft e.V., 1974).

1864 machte der Wissenschaftler Louise Pasteur eine Entdeckung, die einen großen Einfluss auf die Haltbarkeit der Milch und somit auch auf die Verpackung der Milch hatte. Er stellte fest, dass durch eine Wärmebehandlung pathogene Mikroorganismen abgetötet wurden. So konnten Lebensmittel konserviert werden. Ende des 19. Jahrhunderts war die Pasteurisierung in den Molkereien fest etabliert (Tetra Pak Processing GmbH, 2012). Durch diese Kenntnis war die Herstellung von Kondensmilch überhaupt erst möglich geworden.

4.5.2 Die Milchkanne

Nicht nur die Pasteurisierung etablierte sich fest, auch der Milchtransport in Milchkannen. Sie wurden erstmals im 19. Jahrhundert verwendet und wurden wahrscheinlich aus den Metalleimern entwickelt (Lange, 2010). Diese Kannen bestanden zu dieser Zeit aus verzinnem Eisen. Später gab es die Milchkannen auch aus Aluminium oder emailliertem Stahlblech. Da die Existenz und die Folgen der Mikroorganismen bekannt waren, wurden die Kannen oder auch die Eimer gründlich mit Wasser und Soda oder Sand gereinigt (Looft-Gaude, 2012). Sie fassten ein Volumen von fünf bis 50 Litern (Lange, 2010).

Die Kannen wurden hauptsächlich verwendet, um die Milch von dem Bauern zur Molkerei zu transportieren. Dazu stellten die Bauern die Milch in den Kannen auf einen sogenannten Milchbock oder auch Milibankerl. Die Kannen wurden von einem LKW der ansässigen Molkerei von dort abgeholt. Um die Großstädte mit Milch zu versorgen, wurden „Milchmädchen“ von den Molkereien beschäftigt, die die Milch verkauften. Die Milch wurde wieder in die Kannen abgefüllt und „lose“ verkauft. Die Käufer mussten ein Gefäß mitbringen, in der die gekaufte Milch transportiert und gelagert wurde (Lange, 2010). Diese Gefäße waren meist Behälter aus dem Haushalt.

Da die Milch heute nicht mehr lose verkauft wird, sind die Milchkannen aus dem Handel verschwunden. Allerdings werden sie zu einem kleinen Teil noch zum Transport der Milch vom Bauern zur Molkerei verwendet. In den Alpen wird die Milch in Milchkannen abgefüllt und per Seilbahn ins Tal gebracht. Dort holt die Molkerei die Milch ab (Lange, 2010).

4.5.3 Glasflasche

Während schon 1878 in den USA Milch in Flaschen verkauft wurde, kam 1890 erstmals in Deutschland eine Milchflasche auf den Markt. Dies geschah in Berlin. Die Molkereien in Dresden, Magdeburg und Halberstadt zogen nach. 1912 stieg der Absatz von Flaschenmilch stark an. Neben der Milch wurde auch Joghurt in Flaschen abgefüllt, wobei Joghurt erst in den 30er Jahren in Deutschland populär wurde. Durch den steigenden Absatz wurde eine Normung der Flaschen notwendig. Die Flaschen wurden zurückgegeben und dort in Flaschenreinigungsmaschinen gereinigt. In den USA wurden die Flaschen ca. 30 bis 40 Mal verwendet. In Deutschland lag die Wiederverwendung im Durchschnitt niedriger. Verschlössen wurden die Flaschen zunächst mit Pappscheiben. Um 1930 wurden auch Aluminiumverschlüssen oder Kronkorken hierfür verwendet. Im Laufe der Zeit wurden Maschinen entwickelt, die den Durchsatz an Flaschen pro Stunde steigerten (Verband der Ingenieure für Milch- und Molkereiwirtschaft e.V., 1974).



Abbildung 4.3: Die stählerne Kuh, ein Automat der gegen Geld Milch gibt, die in eine mitgebrachte Flasche abgefüllt wird. Quelle: <http://de.wikipedia.org>

Die Milch wurde die meiste Zeit bereits in Glasflaschen abgefüllt angeboten. Ende der 1970er Jahre wurde zusätzlich die „stählerne Kuh“ angepriesen. Dies ist ein Automat (siehe Abbildung 4.3), bei dem man die Milch in eine Glasflasche abzapfen konnte. Diese wurde vom Kunden selbst mitgebracht. Durch die mangelhafte Reinigung der Flaschen wurde die Milch schnell sauer und die stählerne Kuh kam in den 90er Jahren vom Markt (Der Spiegel, 1989). Die Glasflasche gibt es allerdings heute noch im Kühlregal. Obwohl die braun-

eingefärbten Flaschen die Milch besser vor Licht schützen, sind die farblosen Glasflaschen beliebter. Diese werden besser vom Kunden angenommen.

4.6 Technologische Fortschritte

Die gesamte Milchwirtschaft hatte sich im Laufe des 19. und 20. Jahrhunderts stark verändert. Der Grund dafür war der technologische Fortschritt in dieser Zeit. Es begann 1880 mit Einführung der Zentrifuge zur Rahmabscheidung und der Kupfer-Verzinnung der metallischen Gerätschaften. Durch die Entdeckung von Louise Pasteur wurde 1910 die Erhitzung der Milch in den Molkereibetrieben mit eingeführt. Eine zweite Wandlung erfolgte 1935 durch den Einsatz vom elektronischen Einzelantrieb und der nichtrostenden Stahl-Schweißungen. Um 1955 gab es wieder eine Veränderung in der Milchwirtschaft. Die Einführung des Getränkekartons und die Einstrom-Plattenapparate veranlassten den dritten technischen Wandel. Die Automatisierung und kontinuierliche Prozessführung wurden gegen 1975 eingeführt (Verband der Ingenieure für Milch- und Molkereiwirtschaft e.V., 1974). Diese und weitere Fortschritte trugen dazu bei, dass auch die Verpackung Fortschritte machte.

4.6.1 Der Kühlschrank

Einer der bedeutsamsten Entwicklung war die eines Kühlgerätes für den Konsumenten. Dadurch konnte er die schnell verderblichen Milchprodukte, wie zum Beispiel Milch oder Joghurt, kühlen, wodurch sie länger haltbar waren. Der Verbraucher musste daher nicht täglich frische Milch kaufen, sondern konnte sie im Kühlschrank für einige Tage lagern.

Es wurde schon früh versucht die Milch zu kühlen. Die Tonkrüge brachten einen natürlichen Kühleffekt mit sich. Der Ton nahm Wasser aus der Milch auf und verdunstete auf der Krugaußenseite. Die dazu benötigte Energie dissipierte in Form von Wärme aus der Milch. Dadurch wurde die Milch gekühlt. Auch die Lagerung der Milch in den kühleren Höhlen oder später in einem angelegten Keller senkte die Temperatur der Milch. Im Winter war die Kühlung einfacher, da die Außentemperatur durch die Jahreszeit bedingt kühl war. Bis zur Erfindung des Kühlschranks gab es keinen Ort, der konstant kalt war (Keller, Schiebold, & Wahl, 2006).

Die erste Kühlmaschine erfand Carl Paul Gottfried von Linde 1876 in München. Diese basiert auf einem Kühlkreislauf, der die Wärme aus dem Inneren eines Kühlraumes transportierte. Auf diese Erfindung meldet er das Patent an. In den USA wurde der Kühlschrank 1913 an die ersten Haushalte in Chicago verkauft. Bereits 1937 hatten 70% aller amerikanischen

Haushalte einen Kühlschrank. 23 Jahre später hatten die meisten Haushalte in Deutschland einen Kühlschrank (Keller, Schiebold, & Wahl, 2006).

Durch die längere Lagerung in einem Kühlschrank stiegen auch die Anforderungen an die Verpackung und an die Sauberkeit der Verpackung.

4.6.2 UHT-Milch

Trotz der Pasteurisierung und der Kühlung war die Milch nur wenige Tage haltbar. Dabei werden nur die vegetativen Bakterien abgetötet, nicht aber die Sporen. Diese geschieht bei höheren Temperaturen um die 135°C, des sogenannten Ultrahocherhitzung (UHT: ultra high temperature).

Eine Ultrahocherhitzung wurde bereits 1910 mit Hilfe eines Röhrenapparates von J. Nielsen durchgeführt. 1928 wurden die Rohre unter Druck gesetzt und hielten die Milch 50 Sekunden lang auf 135°C, die danach sofort wieder abgekühlt wurde. Diese Milch, die steril unter Luftabschluss verpackt wurde, hielt sich 40 Tage. Mit der Zeit wurden immer leistungsstärkere Plattenwärmetauscher gebaut, die eine höhere Durchsatzleistung hatten und die Haltbarkeit der Milch auf bis zu einem Jahr verlängern konnten (Verband der Ingenieure für Milch- und Molkereiwirtschaft e.V., 1974). Eine sterile Milch nützte jedoch nichts, wenn sie nicht auch aseptisch verpackt wurde.

4.6.3 Aseptisches Verpacken

1913 entwickelte J. Nielsen in Dänemark ein Verfahren zum sterilen Verpacken von Milch, was vermutlich mit Hilfe von Sattdampf geschah. Dieses Verfahren ließ er sich 1928 patentieren. Dunkley ließ sich im Jahre 1917 in den USA ein Verfahren zum Abfüllen in sterile Dose mit Deckel von einem vorsterilisiertem Produkt patentieren. Anfang der 1920er Jahre wurde noch ein anderes Verfahren entwickelt, um ein Produkt steril zu verpacken. In einem sterilen und abgeschlossenen Raum, der mit einem Dampf-Luft-Gemisch gefüllt war und in dem Überdruck herrschte, wurden sterile Dosen abgefüllt und mit einem sterilen Deckel verschlossen. Nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten heute die meisten aseptischen Verpackungsanlagen (Reuter, 1987).

Diese drei Erfindungen (Kühlschrank, UHT-Milch und das aseptische Verpacken) hatten einen großen Einfluss auf die Haltbarkeit und die Lagerungsbedingungen der Milchprodukte. Dies hatte auch einen starken Einfluss auf die Verpackung, denn damit war es möglich die Milch länger zu lagern. Es war nicht mehr nötig täglich frische Milch zu kaufen, die in einem

relativ beliebigen Gefäß aufbewahrt wurde. Die Ansprüche an die Verpackungen waren gewachsen. Dafür war die Wahl des richtigen Materials sehr entscheidend.

4.7 Geschichte der Kunststoffe

Mit der Entdeckung von Kunststoffen kamen neue Rohstoffe auf den Markt, die leicht und preiswert waren. Sie waren und sind aus der Verpackungsindustrie nicht mehr wegzudenken und hatten einen großen Einfluss auf Verpackungen für Milchprodukte.

In dem Jahr 1850 wurde der erste Kunststoff im engeren Sinne entdeckt: Es war das Gummi. Erst zwanzig Jahre später entdeckte John Wesley Hyatt das Celluloid, was aus nitrierter Cellulose und Kampfe bestand. Es sollte das teure Elfenbein ersetzen und fand daher keinen Platz in der Verpackungsindustrie (siehe Abb. 4.4). Auch das Galalith, was wörtlich Milchstein bedeutet, wurde nicht als Packstoff verwendet, sondern für die Herstellung von Schmuck. Das Galalith wurde 1897 entdeckt und aus dem Milcheiweiß Casein gewonnen. Es war ein sehr spröder und glänzender Kunststoff (Historischer Überblick, 2012).



Abbildung 4.4: Eine Bürste und ein Handspiegel aus dem Material Celluloid. Quelle: www.britannica.com

Das Polystyrol (PS) wurde schon 1839 von einem Berliner Apotheker entdeckt. Es wurde aus dem ätherischen Öl Styrol gewonnen. Allerdings gelang die technische Produktion von Polystyrol erst 1930. Heute ist Polystyrol ein häufig verwendeter Kunststoff in der

Verpackungsindustrie. Der am häufigsten verwendete Kunststoff ist Polyethylen (PE) und wurde 1933 zufällig entdeckt. Da er zunächst nur unter hohem Druck hergestellt werden konnte, wurde 1953 ein neues Verfahren zu Herstellung von Polyethylen entwickelt. Mit Einführung des Polyethylens hatten sich die Kunststofffolien fest etabliert und wurden u.a. für Plastiktüten verwendet. Der jüngste der kommerziellen Kunststoffe war das Polypropylen PP. Es wurde erst 1954 entdeckt (Historischer Überblick, 2012). Zu dieser Zeit wurden schon Kunststoffe zum Verpacken von Milchprodukten benutzt, wie zum Beispiel bei einem Getränkekarton.

4.8 Die Entwicklung des Getränkekartons

Die Idee eines wasserdichten Kartons kam dem Amerikaner G.W. Maxwell im Jahr 1860. Dafür tauchte er Papier in Paraffin-Wachs. Dieser Getränkekarton war ausschließlich für Molkereiprodukte gedacht. Es war aber noch sehr schwierig, die Verpackung gegen einen Flüssigkeitsaustritt abzudichten. Zehn Jahre später wurden vorgeformte Getränkekartons an die Molkereien geliefert, allerdings nur in den USA. Die vorgeformten Verpackungen benötigen viel Platz beim Transport, wodurch hohe Kosten entstanden. Deswegen wurden die Kartons ab 1928 erst in der Molkerei aufgefaltet (Historisches:Die Geschichte des Getränkekartons, 2012).

1932 kam das „Pure-Pak“ der amerikanischen Firma „American Paper Bottle Company“ auf den Markt. Dabei handelte es sich um einen Karton, der innen und außen mit Paraffin-Wachs beschichtet war. Die Idee des Getränkekartons hatte der Schwede Ruben Rausing nach Europa gebracht. Er lernte den Getränkekarton während seines Studiums in den USA 1934 kennen und verbesserte die Verpackung und das Abfüllverfahren (Historisches:Die Geschichte des Getränkekartons, 2012).

1946 entwickelte Ruben Rausing zusammen mit Erik Wallenberg das Tetra Pak, das aus Pappe bestand und Innen und Außen eine Polyethylenschicht besaß. Der Getränkekarton hatte die Form eines Tetraeders, was dem Getränkekarton den Namen verlieh. Im Jahr 1951 wurde die Firma „Tetra Pak“ gegründet. Ein Jahr später wurde die erste Abfüllmaschine für Tetraeder-Kartons an eine schwedische Molkerei geliefert, zwei Jahre später eine Maschine nach Deutschland (Tetra Pak, 2012).

Rund zehn Jahre später wurde aus der Tetraederpackung eine backsteinförmige Verpackung, dem sogenannten „Tetra Brik“. 1969 wurden die ersten aseptischen Abfüllanlagen auf den Markt gebracht, wieder von Tetra Pak. Damit begann das Zeitalter der

In Deutschland wurde der Joghurt sogar erst 1908 zum ersten Mal angeboten und zwar in Glasflaschen. Obwohl der Joghurt als gesundes Nahrungsmittel angepriesen wurde, wurde er aufgrund der geringen Haltbarkeit nicht erfolgreich angenommen. Trotz des 1914 entwickelten Verfahrens nach Kuntze, den Joghurt haltbarer zu machen, nämlich indem sterile Milch mit Reinkulturen in luftdicht verschlossenen Dosen zum Joghurt reifte. 1919 kam in Barcelona ein Joghurt auf den Markt, der ausschließlich in Apotheken erhältlich war. Er sollte Kindern bei Mangelernährung und Durchfallerkrankungen helfen. Damals entstand auch der erste Joghurtbecher. Dieser war aus Porzellan und wurde von der Firma Danone verkauft (siehe Abb. 4.6) (der Standard, 2009). Erst in den 1930er Jahren gab es den Joghurtboom in Deutschland. Der Joghurt wurde auch schon damals, entweder als cremiger oder stichfester Joghurt, hauptsächlich in Glasflaschen verkauft. Die Zugaben von Zucker und Früchten wurden auch vorgenommen (Verband der Ingenieure für Milch- und Molkereiwirtschaft e.V., 1974).



Abbildung 4.6: Der erste Joghurtbecher wurde aus Porzellan gefertigt von der Firma Danone. Quelle: www.derstandard.at

Durch die Entwicklung des aseptischen Verfahrens und die Etablierung von Kunststoff als Verpackungsmaterial wurden in den 1960er und 1970er zunehmend Kunststoffbecher als Joghurtverpackung verwendet. In Dosen ist der Joghurt heutzutage nicht mehr verpackt. Allerdings wird Joghurt heute in Glasbehälter, die eher einem Becher als einer Flasche gleichen, abgefüllt und verkauft.

4.10 Entwicklung der Kondensmilchverpackung

Die Kondensmilch ist im Gegensatz zur Konsummilch und zum Joghurt ein sehr junges Produkt. Diese entstand bei dem Versuch eine Dauermilch herzustellen, was die Kondensmilch entstanden wie es in Abschnitt 4.4 erklärt wird. Von 1880 bis in die späten 1960er Jahre wurde die Kondensmilch ausschließlich in Weißblechdosen und Glasflaschen verkauft. Die beiden Materialien waren geeignet, die hohen Drücke und Temperaturen im Autoklaven standzuhalten. Die Dosen wurden nicht wie noch in den 1850er Jahren mit Blei verlötet, sondern der Deckel und die Dose wurden so miteinander gefaltet, dass sie dicht waren, dem sogenannten Bördeln. Von Innen waren die Dosen verzinkt, um das Blech vor Rost zu schützen. Ende der 60er Jahre, mit der Etablierung des Kunststoffes als Packstoff, wurde die Vielfalt an Verpackungen größer. Wie auch die Konsummilch, wurde die Kondensmilch in kleine Getränkekartons abgefüllt und verkauft (Verband der Ingenieure für Milch- und Molkereiwirtschaft e.V., 1974).

Im Laufe der Zeit hatten sich Verpackungen aus Kunststoff, die es in unterschiedlichen Formen und Farben gab, für Kondensmilch durchgesetzt. Sie waren leicht und gehen bei einem Sturz nicht kaputt. Die Kondensmilch in Glasflaschen und Dosen sind allerdings immer noch im Supermarkt zu finden. Jedoch sind die heutigen Dosen an der Innenwand zusätzlich mit einer dünnen Kunststoffschicht überzogen.

5 Produktionsabläufe in modernen Molkereien

Im Laufe der Zeit hat sich viel in einer Molkerei verändert. Durch den technologischen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten ist die Milchverarbeitung schon zu einem kontinuierlichen Prozess geworden. In diesem Kapitel wird die Herstellung der zuvor beschriebenen Produkte (Konsummilch, Joghurt, Kondensmilch) erklärt.

5.1 Herstellung von Konsummilch

Wenn die Milch in der Molkerei ankommt, enthält sie durch die Erschütterungen beim Transport dispergierte Luft. Um die genaue Menge der Milch erfassen zu können und um eine Oxidation des Fettes zu verhindern, muss die Luft entfernt werden. Dies geschieht in einem Vakuumentgaser, in dem zunächst ein Vakuum erzeugt und schlagartig entspannt wird. Durch diese blitzschnelle Entspannung wird die Luft freigesetzt (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Beginnend mit dem nächsten Vorgang sind in Abbildung 5.1 die Prozessschritte schematisch dargestellt. In einem zweiten Schritt wird die Milch von Schmutzpartikeln befreit. Das geschieht in einem Separator, wo auch der Rahm von der Milch getrennt wird. Der Schmutz wird verworfen, der Rahm und die entstandene Magermilch werden im Standardisierungsprozess weiterverarbeitet. In diesem Schritt wird die Magermilch mit so viel Rahm angereichert, bis sie den gewünschten Fettgehalt erreicht hat (z.B. Vollmilch 3,5%, Sahnejoghurt 10%) (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

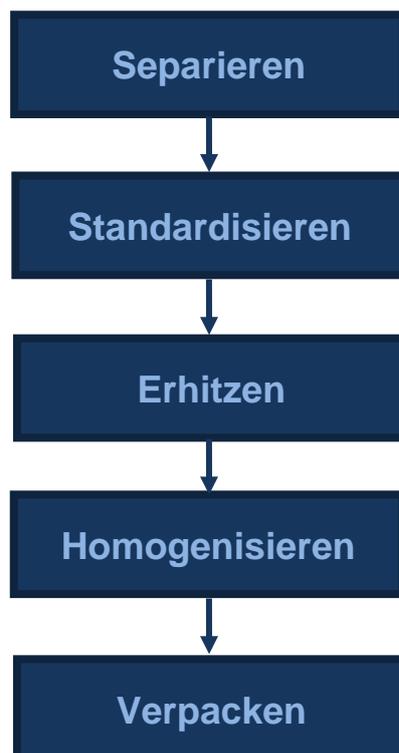


Abbildung 5.1: Ein Fließschema, das die Herstellung von Konsummilch darstellt.

Im nächsten Schritt kann für Produkte wie zum Beispiel die frische Milch mit längerer Haltbarkeit die Filtration folgen. Hierbei werden Mikroorganismen abfiltriert, die die Haltbarkeit der Milch verkürzen würden. Bei der Herstellung von UHT-Milch bzw. haltbarer Milch (H-Milch) wird dieses Verfahren nicht angewendet, da hier bereits genügend Mikroorganismen bei der späteren Erhitzung inaktiviert werden (Tetra Pak, 2012).

Um die Milch länger haltbar zu machen, wird die Milch trotz Filtration erwärmt. In diesem Schritt wird die Milch bis zu einer bestimmten Temperatur erhitzt. Die Temperatur wird für wenige Sekunden gehalten und die Milch wird wieder abgekühlt. Die Haltezeit und die Temperatur sind abhängig von der Milchsorte, die bei diesem Verfahren hergestellt wird.

Bei der Pasteurisierung wird die Milch auf 72°C bis 75°C erhitzt und für 15 bis 30 Sekunden bei dieser Temperatur gehalten. Danach wird die Milch auf Lagertemperatur abgekühlt. Bei der ESL-Methode (Extended Shelf Life) wird die Milch nach der Haltetemperatur von 90°C abgekühlt und nach kurzer Zeit auf eine Lagertemperatur von 9°C weiter gekühlt (Molkerei Bauer, 2012). Die pathogenen Keime werden mit diesem Verfahren abgetötet und die ernährungsphysiologischen Vitamine bleiben somit erhalten (Tetra Pak, 2012).

Bei der UHT-Behandlung wird die Milch ebenfalls erhitzt. UHT steht für „Ultra High Temperature“ oder auf Deutsch Ultrahoherhitzung. Bei diesem Verfahren wird die Milch für zwei bis zehn Sekunden auf 135°C bis 140°C erhitzt und dann schnell wieder abgekühlt. Die Milch kann bei Raumtemperatur gelagert werden und ist bis zu drei Monate haltbar (Tetra Pak, 2012). Allerdings werden bei der Erhitzung 5% der Vitamine B1, B2, B6 und der Folsäure und 20% der Vitamine B12 und C zerstört (Schlimme & Buchheim, 1995).

In der Sterilmilchherstellung wird die Milch auf 110°C bis 120°C erhitzt und die Temperatur wird für 20 bis 30 Minuten gehalten. Somit ist die Milch keimfrei und für etwa sechs Monate bei Zimmertemperatur haltbar (Molkerei Bauer, 2012). Allerdings werden bei diesem Verfahren 50% der Vitamine in der Milch zerstört (Schlimme & Buchheim, 1995).

Das Homogenisierungsverfahren wird angewendet, um ein Aufrahmen der Milch zu verhindern. Beim Aufrahmen steigt das Fett der Milch an die Milchoberfläche und es bildet sich ein sogenannter Milchrahm. Dies wird verhindert, indem die Milch homogenisiert wird. In einem Hochdruckhomogenisator werden die Fettkügelchen auf einen Durchmesser von < 1 µm gebracht. Mit einem Druck von über 200 bar wird die Milch mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 150 bis 300 m s⁻¹ durch eine kleine Öffnung gepresst, die

nicht größer als die Fettkügelchen ist. Durch die auftretenden Turbulenzen und Scherkräfte wird eine Zerkleinerung der Fettkügelchen herbeigeführt. Die Homogenisierung kann vor oder nach der Wärmebehandlung durchgeführt werden. Sie sollte allerdings bei 60°C bis 75°C stattfinden, weil bei dieser Temperatur die Viskosität verringert ist und weniger Druck benötigt wird (Renner, 1988) & (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Mit Abschluss dieses Schrittes ist die Milch somit fertig für den Handel und muss nur noch verpackt werden.

5.2 Moderne Joghurtherstellung

Joghurt ist ein Sauermilchprodukt und wird in einer Fermentation mit Hilfe von Milchsäurebakterien hergestellt. Dafür wird pasteurisierte Milch mit dem gewünschten Fettanteil verwendet, der zusätzlich noch Milcheiweiß in Form von Pulver und eventuell Zucker zugesetzt wird. Wie auch die Konsummilch wird diese Milch bei erhöhter Temperatur in einem Hochdruckhomogenisator homogenisiert (Molkerei Bauer, 2012) & (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Die Milch wird auf die Bebrütungstemperatur von 42°C bis 45°C runter gekühlt und mit 1 bis 3% Betriebskultur beimpft. Die Kultur besteht zu gleichen Teilen aus *Streptococcus thermophilus* und *Lactobacillus bulgaricus*. Beides sind Milchsäurebakterien, das heißt, dass sie aus dem in der Milch vorhandenen Zucker Milchsäure bilden, die den pH-Wert senkt. Da der *Streptococcus thermophilus* sein Wirkungsoptimum oberhalb von 40°C hat, dominiert er in der ersten Phase der Milchsäuregärung. Durch immer steigende Milchsäurekonzentration und den sinkenden pH-Wert wird die Aktivität von *Streptococcus thermophilus* gehemmt. Dieser Vorgang dauert ca. 2,5 bis 3 h. Dabei wird der pH-Wert von 6,8 auf 4,8 bis 4,6 gesenkt. Auf Grund der pH-Wert-Verschiebung in ein saures Milieu gerinnt das Milcheiweiß in dieser Zeit zu Joghurt (Molkerei Bauer, 2012). Bei diesem pH-Wert ist nur noch der *Lactobacillus bulgaricus* aktiv und das Gemisch wird auf 10°C bis 15°C abgekühlt, um ein Nachsäuern des Joghurts zu vermeiden. Dies kann zu einem unangenehmen Geschmack führen (Renner, 1988).

Danach wird der Joghurt cremig gerührt, eventuell noch mit Früchten, Aroma oder Schokolade versetzt und kann dann abgefüllt werden. Bei einem stichfesten Joghurt erfolgen die gleichen Prozessschritte nur in einer anderen Reihenfolge. Die Unterschiede werden in der Abbildung 5.2 deutlich. Dort wird als erstes die Milch mit Aromastoffen oder Kakao versetzt. Die Milch wird dann mit den gleichen Kulturen wie bei dem gerührten Joghurt angeimpft, in Bechern abgefüllt und wie beschrieben bebrütet. Nach Ablauf der

Bebrütungszeit wird der Joghurt auf 5-10°C gekühlt und kann verkauft werden (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

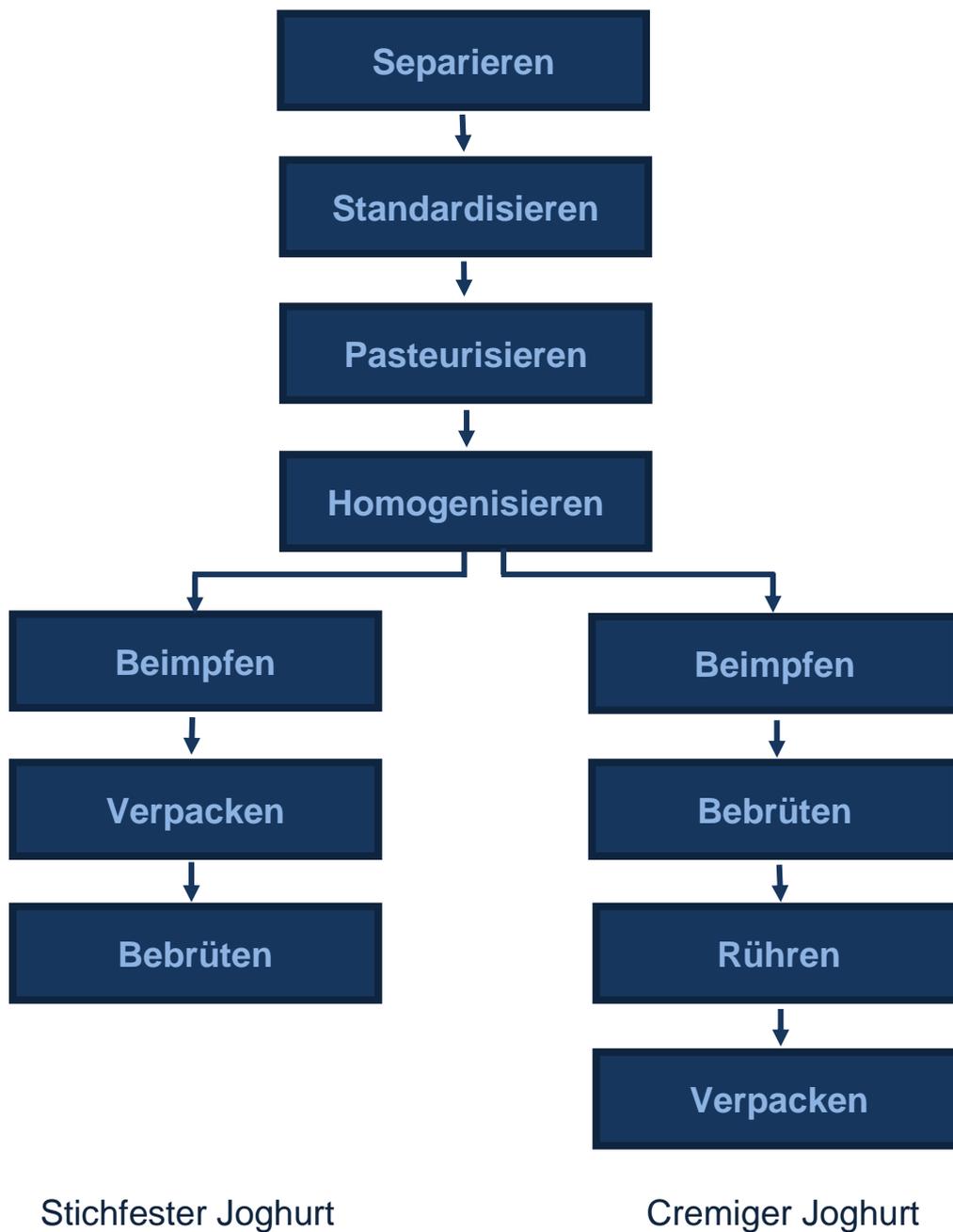


Abbildung 5.2: Fließschema von der Joghurtherstellung unterteilt in stichfester (links) und cremiger (rechts) Joghurt

5.3 Herstellung von Kondensmilch

Die Kondensmilch ist eine aufkonzentrierte Milch, die es in den Fettstufen 4%, 7,5% und 10% gibt. Der natürliche Fettgehalt von Milch beträgt 3,5% bis 3,8%. Die höhere Fettkonzentration wird durch Eindampfen der Milch erreicht. Dabei wird der Milch das Wasser entzogen und die Viskosität nimmt zu. Wie auch bei der Konsummilch wird der Fettgehalt der Kondensmilch in dem Standardisierungsprozess eingestellt. Mit dem Rahm, der den Fettgehalt bestimmt, wird auch noch fettfreie Trockenmasse hinzugegeben. Die Milch hat dann eine fettfreie Trockenmasse zwischen 17,5% und 33% (Tetra Pak Processing GmbH, 2012). In der Abbildung 5.3 werden die Unterschiede der Prozessschritte schnell deutlich.

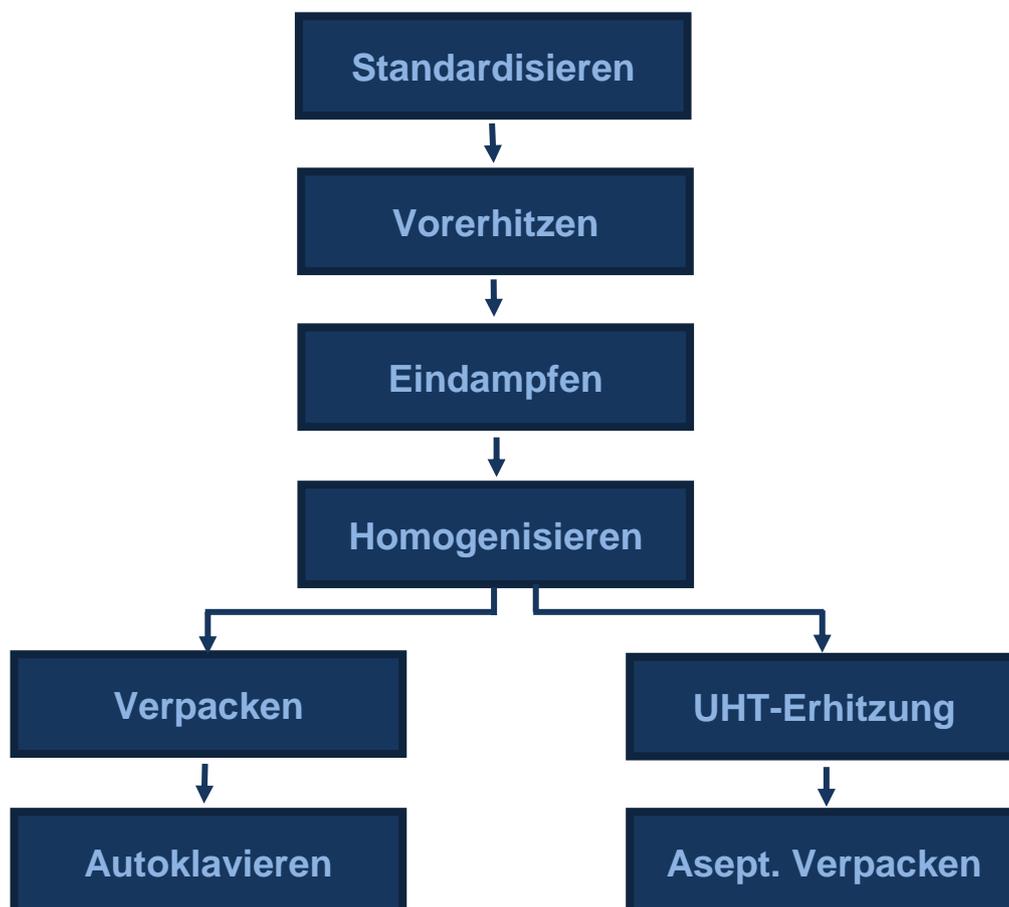


Abbildung 5.3: Fließschema von der Herstellung von Kondensmilch mit den beiden unterschiedlichen Sterilisierverfahren

Vor dem Eindampfen muss die Milch vorerhitzt werden. Dabei wird die standardisierte Milch auf 100°C – 120°C erhitzt und bis zu drei Minuten bei dieser Temperatur gehalten. Dabei werden Mikroorganismen abgetötet und ein großer Teil der Molkenproteine werden denaturiert, das heißt, dass sich die Eiweißmoleküle auffalten. Dadurch wird der Eiweißkomplex der Milch auch während der langen Lagerung stabilisiert. Nach den drei Minuten wird die Milch auf 70°C runtergekühlt und in einem Mehrstufen-Fallstromverdampfer eingedampft. Das Wasser verdampft bei einer Temperatur von 65°C bis 70°C und die Dichte des Produktes steigt (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Da das Eindampfen bei erhöhter Temperatur geschieht, erfolgt danach direkt das Homogenisieren der Kondensmilch. Beim Homogenisieren ist darauf zu achten, dass es nicht zu intensiv erfolgt. Dabei könnte die Stabilität des Eiweißes beeinträchtigt werden. Bei einem Druck zwischen 125 bis 250 bar werden die Fettkügelchen dispergiert und das Eiweiß wird nicht beschädigt. Wenn das Eiweiß beeinträchtigt wird, fällt es während des Sterilisiervorganges aus (Tetra Pak Processing GmbH, 2012). Teilweise werden danach noch Stabilisatoren zu gegeben, um ein Nachdicken der Milch zu verhindern.

Wenn die Milch in Dosen verkauft wird, wird sie erst abgefüllt und danach mit der Dose oder der Flasche in einem Autoklaven chargenweise sterilisiert. Bei der Kondensmilch in einer nicht autoklavierbaren Verpackung, wird die Milch erst sterilisiert durch das UHT-Verfahren und dann aseptisch verpackt. Dies ist kontinuierlicher Prozess (Tetra Pak Processing GmbH, 2012).

Zur Herstellung einer gezuckerten Kondensmilch wird die Milch mit 44% Saccharose angereichert. Die hohe Zuckerkonzentration stellt ein nicht angenehmes Milieu für die Mikroorganismen dar. Der Zucker konserviert somit die Kondensmilch und eine Hitzebehandlung ist damit überflüssig (Renner, 1988).

6 Die Verpackung

6.1 Definition einer Verpackung

Eine Verpackung wird aus einem Packstoff (zum Beispiel Pappe, Weißblech oder Kunststoff) hergestellt und dient vor allem dem Schutz des Packgutes vor Umwelteinflüssen. Sie hält das Packgut zusätzlich zusammen und macht es somit gut versand-, lager- und verkaufsfähig. Durch eine Verpackung kann das Produkt gut portioniert werden, was eine Voraussetzung für ein Selbstbedienungsgeschäft ist (Mack, 2010).

Ein verpacktes Packgut ist besser zu transportieren als ein unverpacktes Packgut, da das Packgut vor transportbedingten Einflüsse geschützt ist sowie eine gleichbleibende Qualität gewährleistet ist. Das Produkt kann nicht durch Schmutz oder Mikroorganismen unbekömmlich werden oder nicht durch Stöße verformt oder zerquetscht werden. Die Verpackung kann den Kunden durch Aufdrücke auf diese zusätzlich über das Produkt informieren, wie zum Beispiel die Inhaltsstoffe oder das Mindesthaltbarkeitsdatum (Mack, 2010).

Die Anforderungen an Verpackungen sind hoch. Sie muss dicht bezüglich Wasserdampf, Fetten, Gas und Aroma sein. Gleichzeitig muss die Verpackung beständig gegen aggressive Packgüter, mikrobiologischen Befall und Klimaeinflüssen sein. Trotzdem müssen die Verpackungen eine Festigkeit gegenüber mechanischen Kräften besitzen um zum Beispiel ein Durchstoßen zu verhindern. Sie dürfen aber nicht den Geschmack oder Geruch des Produktes verändern (Mack, 2010). Der Preis der Verpackung darf gleichzeitig nicht zu hoch sein, da eine Verpackung eher Kosten einsparen soll als sie verursacht (Tetra Pak, 2012).

6.2 Anforderungen an eine Verpackung

Die Aufgabe einer Verpackung ist ganz klar: sie soll das Lebensmittel schützen, sowohl mechanisch während der Lagerung und des Transportes als auch vor Umwelteinflüssen, die zum Verderb des Lebensmittels beitragen. In den sogenannten Entwicklungsländern werden Lebensmittel unzureichend oder teilweise gar nicht verpackt. Schon bei Transport und Lagerung entsteht ein Verlust der Lebensmittel von ca. 50%. In Westeuropa liegt der Verlust nur zwischen 1 und 2% (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Dabei sind die Anforderungen aus den Sichten des Verbrauchers, des Handels und der Hersteller sehr unterschiedlich. Kurz gesagt erwartet der Verbraucher von einer Verpackung, dass sie gut zu öffnen und eventuell wiederverschließbar ist, es sich nicht um eine

Mogelverpackung bzw. eine Überverpackung handelt. Außerdem sollen die Produktinformationen (zum Beispiel Mindesthaltbarkeit, Gewicht, Inhaltsstoffe) gut zu erkennen sein und die Verpackung einen hohen Wiedererkennungswert besitzen. Der Handel hingegen möchte eine Verpackung mit genormten Abmessungen, um das Produkt platzsparend und ladengerecht lagern und präsentieren zu können. Sie sollte lagerbedingte Temperatur- und Feuchtigkeits-schwankungen standhalten und die Umverpackung sollte werbewirksam zu verwenden sein (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Der Hersteller bzw. der Abpacker erwartet von einer Verpackung, dass sie physiologisch unbedenklich ist. Das heißt, dass der Packstoff für das Füllgut geeignet ist, chemisch-physikalisch inert und mikrobiologisch einwandfrei ist. Zudem sollte die Verpackung geeignet für Abpackautomaten sein, reiß- und berstfest und eine ausgewogene Kosten-Nutzen-Bilanz besitzen. Das bedeutet, dass die Verpackung nicht teurer als das Produkt sein darf (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Gerade bei Mehrwegverpackungen muss bei der Materialwahl darauf geachtet werden, dass das Milchfett nicht in die Verpackung eindringen kann. Das Fett kann nicht mit Hilfe von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln entfernt werden. Das durch das Licht veränderte Fett ist der Grund, dass bei der Wiederbefüllung von Mehrwegverpackungen der Geschmack der Milch durch das oxidierte Fett beeinträchtigt wird (Stehle, Lebensmittel verpacken, 1989).

Aber auch eine Veränderung des pH-Wertes beeinflusst die Qualität der Milch. Wie in Kapitel 3.1 erwähnt hat die Milch einen pH-Wert von 6,6 bis 6,8 und ist damit fast neutral. Bei Verringerung dieses pH-Wertes fällt bei einem pH-Wert kleiner gleich 4,6 das Milcheiweiß Casein aus. Dadurch entstehen kleine Eiweißflöckchen in dem Milchprodukt und machen es unansehnlich. Aber auch ein Teil der Vitamine geht verloren, wenn der pH-Wert verändert wird. Die Verpackungssinnenseite muss somit frei von Salzen oder Säureresten sein, damit diese nicht den pH-Wert verändern können.

So unterschiedlich die Anforderungen an die Verpackung auch klingen, so erwarten der Verbraucher, der Handel und der Hersteller eine Schutzfunktion von der Verpackung vor äußeren Einflüssen. In Hinblick auf das Produkt Milch verursachen Wasserdampf, Sauerstoff, Licht und Wärme den größten Schaden. Allerdings kann eine Verpackung auf Dauer nicht vor Wärme schützen. Dafür muss eine geeignete Lagertemperatur sorgen. Mögliche Füllgut-Reaktionen in Abhängigkeit von den Durchlässigkeitseigenschaften der Packmittel sind in der Tabelle 6.1 aufgelistet.

Tabelle 6.1: Die häufigsten Störfaktoren und deren Auswirkungen bei Aufnahme bzw. Abgabe dieses Störfaktors; Quelle: (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997)

Aufnahme	Störfaktor	Abgabe
-Chemische, -enzymatische und/oder -mikrobielle Reaktionen	Wasserdampf	-Austrocknen -Konzentrationsänderung bei Flüssigkeiten -Hartwerden
-Oxidation -Chemische Reaktionen des Fettes	Sauerstoff	
-Oxidationsauslöser -Eiweißveränderung -Geschmacksfehler	Licht	

6.3 Häufig genutzte Verpackungsmaterialien und ihre Eigenschaften

Neben dem mikrobiellen Einfluss soll die Verpackung das Produkt auch, wie oben in der Tabelle 6.1 erwähnt, vor Wasserdampf, Sauerstoff und Licht schützen. In folgenden Abschnitten wird auf diese drei Faktoren eingegangen. Dabei wird die Durchlässigkeit von häufig benutzten Verpackungsmaterialien beschrieben und verglichen.

6.3.1 Licht

Das Licht ist sehr energiereich und nach der Plank'schen Strahlungstheorie erfolgt eine Energieübertragung eines Lichtquants auf ein Elektron, wobei unter anderem Wärme entsteht. Die Energiezufuhr kann aber chemische Vorgänge wie zum Beispiel eine Oxidation von Fetten katalysieren (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Gerade bei Milch bzw. bei Milchprodukten kann sich ein sogenannter Lichtgeschmack entwickeln, der durch die Umsetzung der Aminosäure Methionin zu Methional entsteht. Es werden aber auch andere Aminosäuren durch Licht beeinflusst (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

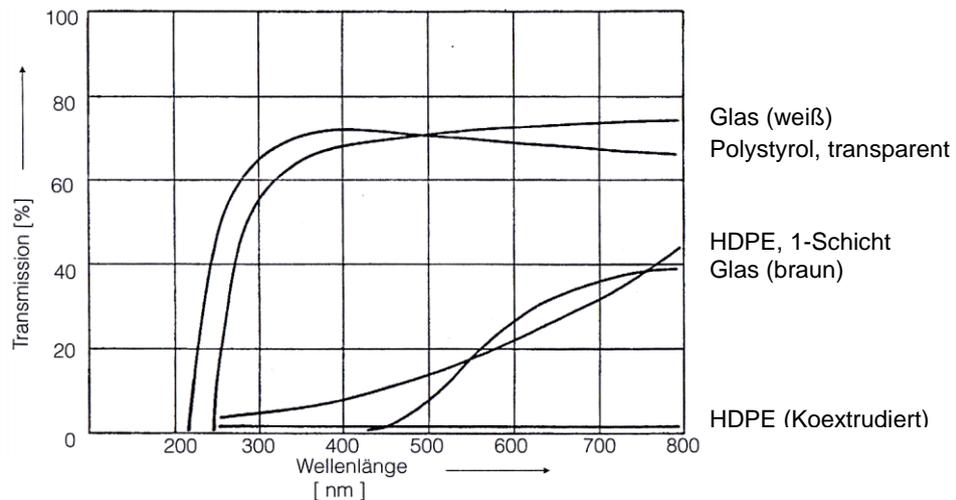


Abbildung 6.1: Die Lichttransmission verschiedener Packstoffe bei einer Wellenlänge von 0 bis 800 nm; Quelle: (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997)

In den Supermärkten werden Leuchtstoffröhren verwendet, die Lichtintensitäten zwischen 1.000 und 4.000 Lux haben. Bei diffusem Tageslicht beträgt die Lichtintensität je nach Jahreszeit zwischen 4.000 und 40.000 Lux. Eine Einfärbung des Packstoffes kann die Intensität des Lichtes verringern, was die Abbildung 6.1 verdeutlicht. Durch einen normal weiß pigmentierten Polystyrol-Becher mit einer Wandstärke von 0,15 bis 0,25 μm zum Beispiel gelangen noch 20% des Lichtes durch. Durch eine dickere Wandstärke oder einer stärkere Pigmentierung kann die Durchlässigkeit verringert werden (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

6.3.2 Luftsauerstoff

Der Sauerstoff verursacht chemische Reaktionen in einem Lebensmittel. Dabei lösen Lichtenergie und/oder katalysierende Schwermetalle eine Oxidation aus, wenn eine ausreichende Menge an Sauerstoff in dem Lebensmittel gelöst ist. Der Sauerstoff gelangt über verschiedene Wege in das Lebensmittel. Zum einen wird der Sauerstoff mit dem Lebensmittel verpackt zum anderen diffundiert der Sauerstoff durch den Packstoff in das Innere der Verpackung. So kann sich ein Sauerstoffgleichgewicht zwischen dem Lebensmittel bzw. dem Milchprodukt und dem Kopfraum der Verpackung einstellen. Der Sauerstoff kann aber auch über undichte Schweiß- oder Siegelnähte oder Bruchstellen durch die Verpackung gelangen (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997). Allerdings würden undichte Stellen bei flüssigen Lebensmitteln, wie zum Beispiel Milch oder Kondensmilch, sehr schnell auffallen, da das Produkt aus der Verpackung auslaufen würde.

Gerade Milch ist ein Lebensmittel, das schon bei geringen Konzentrationen mit dem Sauerstoff reagiert. In der Milch dürfen nur ca. 1 – 8 mg Sauerstoff pro Kilogramm Milch gelöst sein, ohne dass Geschmackseinbußen stattfinden. Zum Vergleich: Speiseöl kann bis zu 50 – 100 mg Sauerstoff pro Kilogramm Speiseöl aufnehmen, ohne dass geschmackliche Einbußen erkennbar sind. Diese Geschmackseinbußen werden durch die Fettoxydationsprodukte verursacht. Die Produkte der Lipidoxidation sind schon bei einer Konzentration von 0,1 mg pro Kilogramm Lebensmittel sensorisch bemerkbar (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Tabelle 6.2: Sauerstoffdurchlässigkeit von Kunststofffolien mit einer Foliendicke von 100 µm bei 0% r.F. gemessen in $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1} \text{bar}^{-1}$ Quelle: (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997)

Kunststoff	0°C	10°C	20°C	23°C
HDPE	176	304	505	586
LDPE	484	793	1350	1610
PS	734	840	1000	1070
PP	199	346	628	781
PET	3,7	6,6	8,6	10,0

In der Tabelle 6.2 sind die am häufigsten verwendeten Kunststoffe dargestellt und ihre Sauerstoffdurchlässigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Kunststoffe haben gemeinsam, dass deren Durchlässigkeit mit dem Anstieg der Temperatur auch steigt. Sehr auffällig ist der Kunststoff Polyethylenterephthalat (PET), der im Gegensatz zu den anderen Kunststoffen eine vernachlässigend kleine Sauerstoffdurchlässigkeit besitzt und somit fast als ein sauerstoffundurchlässiger Kunststoff gelten kann. Eine hohe Sauerstoffdurchlässigkeit hat PS bei Temperaturen zwischen 0 und 10°C, wobei auch bei diesem Kunststoff die Durchlässigkeit mit der Temperatur zunimmt. Allerdings ist die Durchlässigkeit von LDPE zwischen 20 und 23°C deutlich höher als bei PS. Die Durchlässigkeit der beiden Kunststoffe PP und „high density polyethylen“ (HDPE) sind im niedrigen Temperaturbereich fast gleich noch relativ niedrig im Vergleich zu PS und HDPE. Im höheren Temperaturbereich lässt der Kunststoff PP allerdings mehr Sauerstoff durch als HDPE.

Bei einem Verpacken unter Schutzgasatmosphäre wird der Sauerstoff mit CO₂ oder einem Gemisch aus CO₂ und N₂ verdrängt. Allerdings können bei einer längeren Lagerung Gase aus der Verpackung heraus diffundieren und Sauerstoff in die Verpackung und in das Lebensmittel gelangen.

6.3.3 Wasserdampf

Die Wasserdampfdurchlässigkeit ist ein sehr wichtiges Kriterium bei der Wahl des Packstoffes. Die Qualität vieler Lebensmittel wird durch die Zu- oder Abgabe von Wasserdampf beeinträchtigt, vor allem Lebensmittel mit einer längeren Haltbarkeit. Aber auch Lebensmittel mit einer kurzen Haltbarkeit können durch Veränderung der Feuchtigkeit geschädigt werden. Mikroorganismen reagieren auf Feuchtigkeitsänderungen und vermehren schneller, bzw. sie können durch diese Feuchtigkeitserhöhung überhaupt erst wachsen (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Die Wasserdampfdurchlässigkeit einer Packung kann mit Hilfe der Durchlässigkeits-eigenschaften der Packstoffe, des kritischen Wassergehalts des Füllgutes und der Gleichgewichtsfeuchte des Lebensmittels rechnerisch bestimmt werden. Die dazugehörige Maßeinheit wird in $\text{g m}^{-2} \text{NTP}^{-1} \text{d}^{-1}$ ausgedrückt (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Tabelle 6.3: Wasserdampfdurchlässigkeit in $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ von Packstoffen mit einer Foliendicke von 100 μm bei den Kunststoffen (der Verbund ausgenommen) bei einem Gefälle der relativen Feuchtigkeit von 85% bis 0%. Quelle: (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997)

Art des Packstoffes	0°C	10°C	20°C	23°C
HDPE	0,027	0,081	0,224	0,31
LDPE	0,085	0,270	0,768	1,03
PS	3,41	6,06	10,3	11,9
PP	0,025	0,075	0,200	0,263
PET	0,416	0,834	1,58	1,90
PE 15 g m^{-2} Karton 300 g m^{-2} PE 25 g m^{-2}	0,190	0,622	1,26	2,52

In der Tabelle 6.3 sind die Werte der Wasserdampfdurchlässigkeit von den am häufigst verwendeten Kunststoffen bzw. Verbunden aus Kunststoff und Karton aufgeführt. Wie auch bei der Luftsauerstoffdurchlässigkeit ist PS der Kunststoff mit der höchsten Wasserdampfdurchlässigkeit, die auch wieder mit steigender Temperatur zunimmt. Von allen anderen Kunststoffen bzw. Verbunden ist die Wasserdampfdurchlässigkeit um ein Zehntel bis ein Hundertstel geringer. Als fast wasserdampfundurchlässig kann man die Kunststoffe

PP und HDPE bezeichnen, die sogar bei 23°C eine Durchlässigkeit von unter $0,35 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ besitzen.

Der Verbund aus Karton und den zwei unterschiedlich dicken Schichten PE wurde nur vollständigshalber aufgeführt und ist schwer mit den anderen Werten zu vergleichen, da die Werte der anderen Kunststoffe bei einer Foliendicke von 100 µm ermittelt wurden. Aus den drei Schichten bestehen aber sehr viele Getränkekarton, die sehr häufig verwendet werden um darin Milch oder Kondensmilch abzapfen.

6.3.4 Schutz vor Mikroorganismen

Unerwünschte Mikroorganismen in Lebensmitteln können verschiedene Auswirkungen auf das Lebensmittel haben, wie zum Beispiel sensorische Einbußen oder die Haltbarkeit. Die Mikroorganismen können bei Verzehr Krankheiten auslösen. Die Kontamination des Lebensmittels mit den Mikroorganismen geschieht bei abgepackten Produkten entweder vor dem Abfüllen oder nach dem Öffnen des Lebensmittels (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Während des Abfüllprozesses kann die Kontamination durch verschiedene Umstände hervorgerufen werden. Die Mikroorganismen können zum Beispiel durch unsterile Produktionsgeräte oder Abpackmaschinen, Raumluft, unsterile Packstoffinnenseiten oder durch die Rohstoffe des Lebensmittels in das Produkt bzw. in die Verpackungen gelangen. Als besonders krankheitserregend gelten Viren, Bakterien, Bazillen und Schimmelpilze, da ihre Stoffwechselprodukte zum Teil toxisch bei einem Menschen wirken können. Hefen hingegen bilden seltener solche Stoffwechselprodukte (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Um einen Stoffwechsel zu betreiben, brauchen viele Mikroorganismen Kohlenstoff. Dieser wird durch die enzymatische Verdauung der Mikroorganismen abgebaut. Da Kunststoffe zu einem großen Teil aus Kohlenstoff bestehen, müssen sie so synthetisiert sein, dass die Mikroorganismen den Kunststoff nicht abbauen können. Dies trifft auf die meisten Kunststoffe, wie zum Beispiel PP, zu (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Bei sehr dünnen Folien kann es allerdings passieren, dass Schimmelpilz-Myzel durch die Folien wächst. Dadurch entstehen Mikroperforationen in der Folie, die die Gasdurchlässigkeit der Folie steigert. Bei dickeren Verpackungen kann dieses Durchwachsen nicht passieren. Jedoch kann die Bruchfestigkeit des Behälters durch den Befall von Mikroorganismen in Mitleidenschaft gezogen werden (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Während der thermoplastischen Verformung von Kunststoffen (zum Beispiel beim Tiefziehen) werden nur relativ niedrige Temperaturen erreicht. Diese Temperaturen reichen nicht aus, um alle vegetativen Formen der Mikroorganismen abzutöten. Deswegen müssen alle Packstoffe vor der Befüllung keimfrei gemacht werden. Dieses Thema werde ich noch in dem Kapitel 6.4 weiter erläutern.

6.3.5 Schutz vor mechanischen Belastungen

Neben den Umwelteinflüssen muss die Verpackung ebenso vor mechanischen Beschädigungen oder Verformungen schützen. Bei einer Verformung der Verpackung wird zwar das Produkt nicht beschädigt, allerdings wird die Verbrauchererwartung nicht erfüllt und das Produkt wird nicht gekauft. Bei beschädigten Verpackungen kann der Inhalt, wie zum Beispiel Milch, austreten und die benachbarten oder unterstehenden Verpackungen äußerlich verderben (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Im Allgemeinen unterscheidet man zwischen einer statischen und einer dynamischen Beanspruchung. Die statische Beanspruchung tritt überwiegend beim Stapeln von instabilen Sammelpackungen auf. Dabei kann eine einzige undichte Packung durch das Auslaufen des Lebensmittels anderen Verpackungen äußerlich beschädigen. Im schlimmsten Fall führt das zum Einsturz der gestapelten Ware. Bei dynamischen Beanspruchungen handelt es sich um Stoßeinwirkungen, die entweder durch den Transport (hauptsächlich LKW) oder beim Handling im Lagerraum auftreten. Diese Schäden können durch Hilfsmittel, wie zum Beispiel Polster oder durch geeignete Packungskonstruktionen, vermieden werden (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Die genannten Beanspruchungen können drei typische Schadensbilder verursachen. Zum einen kann es zu Verformungen der Verpackung kommen, was weitestgehend von der Art des Packstoffes abhängt. Gerade Kunststoffverpackungen (zum Beispiel ein Joghurtbecher) verhalten sich elastisch und das eingedrückte Unterteil der Verpackung kann den Deckel zum Platzen bringen. Wenn die Kräfte, die zur Verformung führen, die Festigkeit, Bruchlast und Bruchdehnung überschreiten, kommt es zum Bruch der Verpackung, das zweite, typische Schadensbild (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

Der Bruch kann aber auch durch eine Spannungsrisskorrosion entstehen oder bei Kunststoffbehältern durch eingefrorene Spannung, die sich bei Kontakt mit zum Beispiel Fett oder Fruchtbestandteilen lösen kann. Dies äußert sich durch Trübung des Kunststoffes, Haarrissen oder sogar spaltenförmigen Durchbrüchen. Zum Durchstoßen von Verpackungen, was das dritte Schadensbild darstellt, kann es in der Regel bei

Milchprodukten nicht vorkommen. Dieses tritt auf, wenn zum Beispiel scharfkantige Füllgüter die Verpackung durchstoßen (Stehle, Verpacken von Lebensmitteln, 1997).

6.4 Das aseptische Verpacken

Um ein steriles Produkt, wie zum Beispiel die UHT-Milch, nicht durch mikrobielle Verschmutzung auf den Kontaktflächen der Verpackung zu kontaminieren, muss auch die Verpackung und die Abfüllmaschine sterilisiert werden.

Das Maschinensystem muss in den Bereichen, in denen es mit dem sterilen Produkt in Berührung kommt, vor dem Abfüllprozess sterilisiert werden. Dieses Verfahren kann mit zwei unterschiedlichen Methoden geschehen. Bei dem Heißluftverfahren werden die betroffenen Bereiche durch auf 360°C erhitzte Heißluft sterilisiert. Eine andere Methode ist das Sprühverfahren. Hierbei werden die produktberührenden Teile mit 30-40%igem Wasserstoffperoxid besprüht und mit heißer Sterilluft entfernt. Während des gesamten Abfüllprozesses herrscht ein Überdruck in der Maschine, damit keine Keime in den sterilen Bereich eindringen können (Schulte, 1987).

6.4.1 Kartonverpackungen

Die flüssigen Milchprodukte, die in Kartonverpackungen abgepackt werden, können auf zwei verschiedene Arten verpackt werden. Bei einer Kartonverpackung von der Rolle wird das Verpackungsmaterial über mehrere Umlenkrollen zum Sterilbad geführt. Dort wird es mit 35%igem Wasserstoffperoxid benetzt und zum Teil wieder mit Hilfe von zwei Walzen entfernt. Die Walzen sind mit Gummi beschichtet und „quetschen“ das Wasserstoffperoxid ab. Deswegen werden die Walzen auch Mangelwalzen genannt. Danach wird aus der Kartonverpackung der Tubus geformt und die Naht versiegelt. Die Tubusheizung trocknet die Innenseite des Verpackungsmaterials und es ist somit steril. Gleichzeitig schafft dies oberhalb des Produktflüssigkeitspiegels eine sterile Atmosphäre. In einem Backensystem werden die Verpackungen querversiegelt und voneinander getrennt. In dem nächsten Schritt werden die Deckel- und Bodenecken eingefaltet und versiegelt (Schulte, 1987).



Abbildung 6.2: Schematische Darstellung der Herstellung von einem zugeschnittenen Karton;
 Quelle: www.getraenkekarton.de

Eine andere Möglichkeit ist das Verpacken mit Kartonverpackungen vom Zuschnitt. Wie der Name schon sagt, erfolgt das Verpacken in schon zugeschnittenen Kartonverpackungen, wie sie in Abbildung 6.2 dargestellt sind. Die zugeschnittenen und vorgestanzten Verpackungen werden in die Maschine eingelegt. Zunächst wird der Boden des Kartons gefaltet und versiegelt. Vor dem Sterilisiervorgang wird die Verpackung im Giebelbereich vorgefaltet. Das Sterilisieren unterteilt sich in zwei Schritte. Bei der Wasserstoffperoxid-Dampfkondensation wird der Wasserstoffperoxid zu einem Spray in einem aufgeheizten Rohr gesprüht, wo es verdampft und verwirbelt. Unter einem leichten Überdruck und mit Hilfe von erhitzter Luft wird das verdampfte Wasserstoffperoxid in die Packung geleitet. Dort kondensiert es an den kühlen Packungswänden. Der zweite Schritt ist die Wasserstoffperoxid-Austrocknung, was durch Einleitung von steriler Luft in die Verpackung geschieht. Die sterile Luft wird durch Heizelemente erhitzt. Wegen der hohen Hitze werden Mikroorganismen abgetötet und die Luft wird steril. Durch die heiße Luft zersetzt sich das Wasserstoffperoxid und die Verpackung ist steril. Danach wird das Produkt abgefüllt und die Giebelversiegelung bildet den letzten Arbeitsschritt (Deimel, 1987).

6.4.2 Kunststoffbecher

Genauso wie bei den Kartonverpackungen gibt es bei den Kunststoffbechern ebenfalls zwei unterschiedliche Methoden der Sterilisierung. Bei den Kunststoffbechern von der Rolle fährt die Folie durch ein 35%ige Wasserstoffperoxidbad. Durch kontrollierten Turbulenzen im Bad und anschließender Abrakelung werden Mikroorganismen und kleinste Partikel von der Folie entfernt. Nach dem Formen der Becher wird das Produkt, wie zum Beispiel Joghurt, abgefüllt und mit einem Deckel verschlossen und versiegelt. Dies geschieht alles in einer Maschine, in der eine Überdruck-Atmosphäre herrscht, genauso wie bei den Kartonverpackungen von der Rolle. Kommt es zu einer Störung, die zu einem Verlust des Überdruckes führt, wird die

Maschine automatisch abgestellt und erst wieder in Betrieb genommen, wenn der Fehler behoben ist (Lütkemeyer, 1987).

Die vorgefertigten Kunststoffbecher werden ebenfalls mit Wasserstoffperoxid sterilisiert. Nachdem die Becher und die Aluminiumdeckel in die Transportvorrichtung eingebracht sind, werden die Innenseiten des Deckels und des Bechers mit Wasserstoffperoxid-Dampf besprüht. Dabei bildet sich ein feiner Kondensatfilm auf dem Deckel bzw. der Becherinnenseite, der so fein ist, dass die Fläche gleichmäßig benetzt ist und keine Tröpfchenbildung entsteht. Danach wird das Wasserstoffperoxid mit steriler Heißluft entfernt und der Becher und der Deckel sind trocken und frei von Wasserstoffperoxid. Somit sind die Verpackungsteile steril und bereit für das Abfüllen (Turtschan, 1987).

7 Durchführung der Verpackungsanalyse

7.1 Produktauswahl

In dieser Bachelorarbeit werden Verpackungen von Milchprodukten aus der heutigen Zeit untersucht. Dabei werden die Verpackungen der Milchprodukte Konsummilch, Joghurt und Kondensmilch betrachtet. Die Auswahl der einzelnen Produkte wird direkt im Supermarkt getroffen. Dabei wird auf möglichst unterschiedliche Verpackungsarten geachtet.

7.1.1 Konsummilch

Bei der Herstellung von Konsummilch wird die Milch an ihren Inhaltsstoffen nicht großartig verändert. Nach der Einstellung des Fettgehalts, der Wärmebehandlung und der Homogenisierung ist die Konsummilch verpackungsbereit. Da die Milch ein flüssiges Produkt ist, muss die Verpackung flüssigkeitsdicht sein und ein schnelles Platzen des Behälters verhindern. Zudem muss die Milch vor Umwelteinflüssen geschützt werden.

Je nach Wärmebehandlung ist die Milch unterschiedlich lange haltbar. Deswegen wird die Milch in folgende drei Haltbarkeitsstufen eingeteilt: ESL-Milch, frische Milch und H-Milch.

Folgende Produkte gehören zu der Gruppe ESL-Milch:



Abbildung 7.1: Die „Alpenfrische Vollmilch“ von „Bärenmarke“ hat eine Haltbarkeit von bis zu drei Wochen und wird in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.2: Die „Weide Milch“ von „Hansano“ hat ebenfalls eine Haltbarkeit von bis zu drei Wochen und wird in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze

Die nächsten Verpackungen beinhalten frische Milch:



Abbildung 7.3: Die „frische Landmilch“ von „Landliebe“ wird einer Weißglasflasche in 1 l-Portionen verkauft. Sie ist ca. fünf Tage haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze



Abbildung 7.4: Die „frische Vollmilch“ von „Söbbeke“ wird in 1 l-Portionen in einer Braunglasflasche verkauft. Sie ist ebenfalls ca. fünf Tage im Kühlschrank haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze



Abbildung 7.5: In diesem Kunststoffbeutel ist die „tagesfrische Vollmilch“ von „Hemme Milch“ verpackt. Sie hat eine Haltbarkeit von ca. fünf Tagen. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.

Die dritte Gruppe der Konsummilchverpackungen beinhaltet die H-Milch:



Abbildung 7.6: Die haltbare Vollmilch der REWE-Discounter-Marke „ja!“ ist ca. vier Monate haltbar und wird ebenfalls in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.7: Die „Alpenmilch“ ist ebenfalls eine haltbare Milch der Marke „Weihenstephan“. Sie wird in 1 l-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.

7.1.2 Joghurt

Bei den Verpackungen für Joghurt wird zwischen cremigen Joghurt und stichfesten Joghurt unterschieden. Die Inhaltsstoffe wie zum Beispiel Früchte, Schokolade oder Aromen haben keinen Einfluss auf die Verpackung. Die folgenden Produkte sind cremige Joghurts und werden nach dem Bebrüten abgefüllt.



Abbildung 7.8: Der Joghurt „Activia“ der Marke „Danone“ wird in 4 x 115 g-Portionen verkauft und ist ca. drei Wochen haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.9: Der „Rahmjoghurt“ von „Weihenstephan“ hat mit 10% den höchsten Fettanteil der ausgewählten Joghurts. Er verfügt über eine Haltbarkeit von ca. fünf Tagen und wird in 150 g-Portionen angeboten. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.10: Auch der „Joghurt mild“ von „Landliebe“ wird in 150 g-Portionen verkauft. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.11: Dieser Joghurt von „Landliebe“ wird in einem wiederverschließbaren Weißglasbecher verkauft. In dem Glas befinden sich 500 g Joghurt, der bis zu drei Wochen haltbar ist. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.12: Der „Froop“ von „Müller“ wird in 150 g-Portionen verkauft und ist bis zu drei Wochen haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.13: Dieser "Joghurt mit der Ecke" von „Müller“ wird in 150 g-Portionen verkauft. Der Joghurt wird getrennt von der Fruchtzubereitung (oder Müsli, Schokolade, etc.) in der kleinen Kammer (rechts) aufbewahrt; der Joghurt befindet sich in der großen Kammer (links) dieses Bechers. Durch Knicken des Bechers können die beiden Inhalte gemischt werden. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.

Der nächste Joghurt ist ein stichfester Joghurt. Das heißt, dass die Milch mit den Joghurtkulturen in dem Becher bei ca. 40°C solange bebrütet werden bis die Milch dickgelegt ist.



Abbildung 7.14: Dieser stichfeste Joghurt von „Lünebest“ wird in 150 g-Portionen verkauft und hat eine Haltbarkeit von ca. zwei Wochen. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.

7.1.3 Kondensmilch

Die Kondensmilch gehört zu den Milchprodukten mit der längsten Haltbarkeit und hat eine flüssige Konsistenz. Das heißt, dass sie sich in dieser Zeit weder geschmacklich noch äußerlich verändern darf, wodurch ein hoher Anspruch an die Verpackung gestellt wird. Die Kondensmilch lässt sich in zwei Gruppen einteilen: die autoklavierte Kondensmilch und die aseptisch verpackte Kondensmilch. Die folgenden Produkte sind aseptisch verpackt worden.



Abbildung 7.15: Diese Kondensmilch der REWE-Discountermarke „ja!“ wird in 340 g-Portionen in Verbundkartons verkauft. Die Kondensmilch hat eine Haltbarkeit von zwölf Monaten. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.16: Diese Kondensmilch von „TURM“ wird in wiederverschließbaren Kunststoffkännchen verkauft. Sie ist bis zu einem halben Jahr haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.17: „Die Leichte 4“ von „Bärenmarke“ ist eine Kondensmilch mit 4% Fett. Sie wird in einem Zehner-Pack zu je 7 g-Portionen verkauft und ist bis zu sechs Monate haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.

Die folgenden Produkte werden erst abgepackt und dann chargenweise in einem Autoklaven sterilisiert:



Abbildung 7.18: Dies ist auch die Kondensmilch mit 4% Fettanteil von „Bärenmarke“. Die Kondensmilch wird in der Dose sterilisiert und ist ein Jahr haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.



Abbildung 7.19: Die Kondensmilch "KaffeeWölkchen" von „Adelbyer“ wird in 250 g-Portionen in Weißglasflaschen verkauft. Sie ist ca. neun Monate haltbar. Als Maßstab dient eine 2 €-Münze.

7.2 Erstellung des Steckbriefes

Nach dem Verzehr der Produkte werden die Verpackungen mit Wasser und etwas Spülmittel gewaschen sowie daraufhin getrocknet. Für die Auswertung der Verpackungen wird für jedes Produkt ein Steckbrief erstellt, der jeweils dieselben Kriterien beinhaltet. Der Steckbrief wird in den vier Kategorien „Produkt“, „Verpackung“, „Design“ und „Entsorgung“ unterteilt.

In der ersten Kategorie „Produkt“ wird kurz beschrieben, um welches Produkt es sich dabei handelt, welchen Fettanteil das Produkt hat, wie lange die Haltbarkeitsdauer ist und bei welcher Temperatur das Produkt gelagert werden muss.

In der zweiten Kategorie wird die Verpackung auf folgenden Kriterien untersucht:

- Art der Verpackung
- Anzahl der Bauteile
- Art der Bauteile
- Gewicht der Bauteile
- Gewicht des Plastiks
- Material der Bauteile
- Wasserdampfdurchlässigkeit
- Sauerstoffdurchlässigkeit
- Durchlässigkeit für Mikroorganismen
- Inertes Material zum Produkt
- Dicke der Bauteile

Die Anzahl der Bauteile wird durch das Zerlegen der Verpackung in ihre Einzelteile ermittelt. Dabei wird auch bestimmt, welche Funktion das Bauteil besitzt bzw. um welche Art es sich bei diesem Bauteil handelt. Die Bestimmung des Gewichtes wird auf einer Küchenwaage durchgeführt, da ein ungefährender Wert ausreichend ist. Die Gewichtsangaben dienen nur als Vergleich untereinander. Das Material der Verpackung wird hauptsächlich durch Anfragen an den Hersteller ermittelt. Zum Teil steht das verwendete Material auch auf der Verpackung oder es ist offensichtlich (wie zum Beispiel Glas). Trotzdem wird der Hersteller zum Material befragt. Mit diesen Angaben, der Dicke des Materials und mit Hilfe der Tabellen 6.3 und 6.2 kann die Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit der Bauteile berechnet werden. Die Berechnungen erfolgt nach folgender Formel:

$$\text{Durchlässigkeit}_{\text{Bauteil}} = \text{Durchlässigkeit}_{\text{Material}} \cdot \frac{100 \mu\text{m}}{\text{Dicke des Bauteils in } \mu\text{m}} \quad (3)$$

Die Durchlässigkeit des Bauteils, egal ob es sich um die Wasserdampf- oder um die Sauerstoffstoffdurchlässigkeit handelt, ist abhängig von dem Material des Bauteiles. Dieser Wert wird der Tabelle 6.3 für die Wasserdampfdurchlässigkeit bzw. 6.2 für die Sauerstoffdurchlässigkeit entnommen. Dabei wird auf die Lagertemperatur des Produktes geachtet. Bei den Produkten, die im Kühlschrank lagern, werden die Werte bei 10°C genommen. Für die bei Zimmertemperatur gelagerten Produkte werden die Werte bei 23°C verwendet. In dem Zähler des Quotienten ist die Dicke der Folie aus den beiden Tabellen 6.2 und 6.3 eingetragen. Diese 100 µm werden durch die Dicke des Bauteils dividiert. Dadurch erhält man den Faktor um wie viel das Bauteil dicker oder dünner ist als die 100 µm- Folie.

Die Dicke der Bauteile wird mit einem Messschieber ermittelt und ebenso in den Steckbrief mit aufgenommen. Zusätzlich wird überprüft, ob die Verpackungen undurchlässig für Mikroorganismen sind und ob das Material inert ist. Beide Faktoren beeinträchtigen den Geschmack des Produktes und sind deswegen erwähnenswert. Die Undurchlässigkeit der Mikroorganismen wird vor dem ersten Öffnen betrachtet.

Für den Behälter der „Hemme Milch“ werden laut Herstellerangaben zwei unterschiedliche Kunststoffe (Polyethylen und Polypropylen) verwendet. Um die Durchlässigkeiten zu bestimmen, wird aus den beiden Werten der Kunststoffe der Mittelwert gebildet. Daraus ergibt sich die Wasserdampf- bzw. Sauerstoffdurchlässigkeit. Auch die Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit für den Joghurtbecher „Activia“ von „Danone“ kann nur als ungefähren Wert angegeben werden, da die Firma „Danone“ dazu keine Auskunft gegeben hat. Das Material hat zwar fast dieselben Eigenschaften wie Polypropylen, die Durchlässigkeit für Gase ist allerdings höher als bei Polypropylen. Deswegen wird hierfür der Wert für Kunststoff „low density polyethylen“ (LDPE) verwendet.

Die dritte Kategorie beschreibt das Design der Verpackung. In dieser Kategorie sind folgende Punkte aufgelistet:

- wiederverschließbar
- Lichtdurchlässigkeit
- stabil beim Sturz
- gut lagerfähig/stapelbar

Der Punkt „wiederverschließbar“ bezieht sich auf das Eindringen von Mikroorganismen nach dem Öffnen. Das ist besonders wichtig bei Vorratsverpackungen (zum Beispiel Konsummilch). Die meisten Joghurtprodukte werden portionsweise abgefüllt und benötigen keine wiederverschließbare Verpackung.

Da Milch lichtempfindliche Vitamine besitzt, wird der Punkt „Lichtdurchlässigkeit“ mitberücksichtigt, da es sich um einen Faktor handelt, der die Qualität der Milchprodukte beeinträchtigt. Die letzten beiden Punkte beziehen sich auf die Lagerfähigkeit der Verpackungen. Produkte, die viel Platz während der Lagerung einnehmen, kosten den Verkäufer auch mehr Geld. Teuer wird es auch, wenn die Verpackungen schnell kaputt gehen, entweder im Lager oder auf dem Weg vom Supermarkt nach Hause. In diesem Fall muss das Produkt ersetzt werden. Die Stabilität beim Sturz wird durch einen Fall aus einem Meter Höhe in ein Waschbecken getestet. Dieser Test wird zweimal mit jeder Verpackung durchgeführt. Allerdings wird auf diese Prüfung bei den Verpackungen aus Glas verzichtet, da das Ergebnis offensichtlich ist. Das Glas würde zerbrechen.

Die letzte Kategorie ist die Entsorgung. Hier kommt es auf die Anzahl der unterschiedlichen Entsorgungssysteme an. Eine aufwendige Entsorgung wäre, wenn die Verpackung Teile enthält, die in den Papiermüll, Gelben Sack und in den Restmüll sortiert werden müssen. Einfacher wäre zum Beispiel nur Kunststoffmüll für den Gelben Sack.

8 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Teil der Bachelorarbeit soll geklärt werden, ob von den ausgesuchten Produkten die Verpackungen das Milchprodukt auch schützen können. Dabei wird vor allem die Haltbarkeit des Produktes berücksichtigt, aber auch die Umwelteinflüsse wie zum Beispiel Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit werden mit einbezogen. Anhand der Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede innerhalb einer Produktgruppe werden zudem die jeweiligen Anforderungen an die Verpackung überprüft.

8.1 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Konsummilchsorten

Bei der Betrachtung eines Glases mit Milch kann man kaum feststellen, ob es sich dabei um haltbare oder frische Milch beziehungsweise Vollmilch oder fettarme Milch handelt. Es ist immer eine weiße Flüssigkeit. Erst bei näherer Untersuchung der Milchverpackung wird zumindest ein Unterschied der Milchsorten erkennbar. Den größten Einfluss auf die Verpackung haben die Haltbarkeit und die Lagerungstemperatur der Milch.

Die Milch wird in drei Haltbarkeitsstufen eingeteilt. Es gibt die frische Milch, die fünf bis sieben Tage im Kühlschrank haltbar ist und die frische Milch mit längerer Haltbarkeit (ESL-Milch), die zwei bis drei Wochen im Kühlschrank haltbar ist. Des Weiteren gibt es noch die haltbare Milch (H-Milch), die bei Zimmertemperatur bis zu sechs Monaten haltbar ist. Die unterschiedlichen Haltbarkeitsstufen entstehen durch die verschiedenen Wärmebehandlungen der Milch, wie sie in Abschnitt 5.1 beschrieben sind.

Je länger die Haltbarkeit der Milch ist, umso höher ist auch der Anspruch an die Verpackung. Da die Haltbarkeit bei den beiden Frischmilchsorten so gering ist, kann kaum eine geschmackliche Veränderung der Milch durch Umwelteinflüsse wie zum Beispiel Wasserdampf oder Luft entstehen. Allerdings werden einige Vitamine bereits innerhalb dieser kurzen Zeit durch Licht zerstört (Tetra Pak, 2012). Deswegen sollte die Milch, egal ob es sich dabei um frische oder haltbare Milch handelt, vor Licht geschützt werden. Da aber die haltbare Milch länger dem Licht ausgesetzt ist, muss die Verpackung einen stärkeren Schutz vor Licht haben. Zum einen, um die Vitamine zu schützen und zum anderen um eine Autoxidation des Fettes zu verhindern.

Was die Milchverpackungen der drei Milchsorten gemeinsam haben müssen, sind der Schutz vor einem Flüssigkeitsverlust der Milch sowie der Schutz vor Mikroorganismen. Wenn die Verpackung nicht flüssigkeitsdicht ist, läuft die Milch aus der Verpackung heraus. Dies beschädigt weitere Verpackungen und können somit nicht mehr gekauft werden. Wie bereits erwähnt, sollte die Verpackung das Eindringen von Mikroorganismen verhindern. Diese

richten einen so großen Schaden in der Milch an, dass die Milch nach sehr kurzer Zeit ungenießbar ist.

8.2 Auswertung der „Alpenfrischen Vollmilch“ von „Bärenmarke“

Die beschriebenen Faktoren werden nun auf eines der Konsummilchprodukte bezogen. Dabei werden die Verpackungsmaterialien analysiert und auf ihre Fähigkeit, die Milch zu schützen, untersucht.

Steckbrief der „Alpenfrischen Vollmilch“ von „Bärenmarke“



Name: Alpenfrische Vollmilch

Produkt - Milch

Fettgehalt: 3,8%
 Haltbarkeit: 2 bis 3 Wochen
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Getränkekarton
 Anzahl der Bauteile: 4
 Art der Bauteile: Getränkekarton (1), Deckel (2), Schraubverschluss (3), Siegel (4)
 Gewicht der Bauteile: 32 g
 Gewicht des Plastiks: 7 g
 Material der Bauteile: Karton: PE, Pappe PE, Deckel, Schraubverschl. & Siegel: PP
 Wasserdampfdurchlässig: Karton: 0,190-0,622 g m⁻² d⁻¹,
 Deckel, Siegel & Schraubverschl.: 0,003-0,011 g m⁻² d⁻¹
 Sauerstoffdurchlässig: Deckel, Siegel & Schraubverschl.: 23,41-62,91 cm³ m⁻² d⁻¹ bar⁻¹
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z. Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Karton: 500 µm, Deckel: 850 µm , Schraubverschluss: 650 µm,
 Siegel: 550 µm

Design

Wiederverschließbar: Ja
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja

Gut lagerfähig/platzsparend: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt

In diesem Getränkekarton wird die frische Vollmilch mit längerer Haltbarkeit (ESL-Milch) verkauft. Die Milch muss während der Lagerung und nach Anbruch gekühlt werden, damit sie nicht schlecht wird. Verschlossen wird der Karton mit einem wiederverschließbaren Schraubverschluss, der vor dem ersten Öffnen mit einer Art Frischesiegel verschlossen ist. Ungeöffnet ist die Milch drei Wochen haltbar.

In dieser relativ kurzen Haltbarkeitszeit ist der Anspruch an die Verpackung nicht so hoch, wie bei einer Milch, die eine Haltbarkeit von sechs Monaten hat. Allerdings sollte die Verpackung flüssigkeitsdicht sein, damit keine Milch aus der Packung austreten kann. Bei dieser Verpackung wird anhand einer Folie aus PE Flüssigkeitsbarriere nach außen geschaffen.

Die Folie aus PE -egal ob es sich dabei um „high density polyethylen“ (HDPE) oder um LDPE handelt- ist eine gute Barriere gegen Wasserdampf. Wie schon in der Tabelle 6.3 erwähnt, liegt die Durchlässigkeit von Wasserdampf bei einer Folie mit einer Dicke von 100 μm zwischen 0,081 und 0,270 $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ bei einer Temperatur von 10°C. Die Folie an der Innenseite der Verpackung ist zwar dünner und somit auch durchlässiger für Wasserdampf, ist jedoch für diesen kurzen Zeitraum ausreichend, damit kein Wasserdampf aus der Milch in den Karton übergeht. Der Karton kann also nicht von der Milch aufgeweicht werden und behält seine Stabilität. Die Folie hat eine weitere, zusätzliche Schutzfunktion. Sie schützt die Milch vor Mikroorganismen, die in dem Karton enthalten sein könnten. Die Milch würde schnell verderben, wenn Mikroorganismen in die Milch gelangen.

Die Sauerstoffdurchlässigkeit der PE-Folie ist nicht sehr gut. Auch die Karton- und die äußere PE-Schicht tragen nicht viel zur Undurchlässigkeit bei. Da beiden Folien sehr dünn sind, verhindern sie im geringen Maße, dass Sauerstoff in die Packung und damit in die Milch eindringt. Allerdings verfügt die Milch nur eine Haltbarkeit von höchstens drei Wochen. In dieser kurzen Zeit kann die geringe Menge, die durch die Verpackung diffundiert, keine geschmackliche Veränderung erzeugen. Die Verpackung ist zudem lichtundurchlässig. Bei einer lichtdurchlässigen Verpackung würde die Lichtenergie das Sauerstoffmolekül in ein höheres Niveau heben und damit die Autoxidation katalysieren. Für eine sauerstoff- und

wasserdampfundurchlässige Milchverpackung müssten weitere Schichten zwischen der PE-Schicht und dem Karton verarbeitet werden. So wird zum Beispiel bei der Herstellung von Getränkekartons für H-Milch verfahren. Wie in Abbildung 8.1. (linke Seite) zu erkennen ist, werden zusätzlich eine Aluminiumschicht und eine weitere PE-Schicht verwendet.

Schichtaufbau eines Getränkekartons

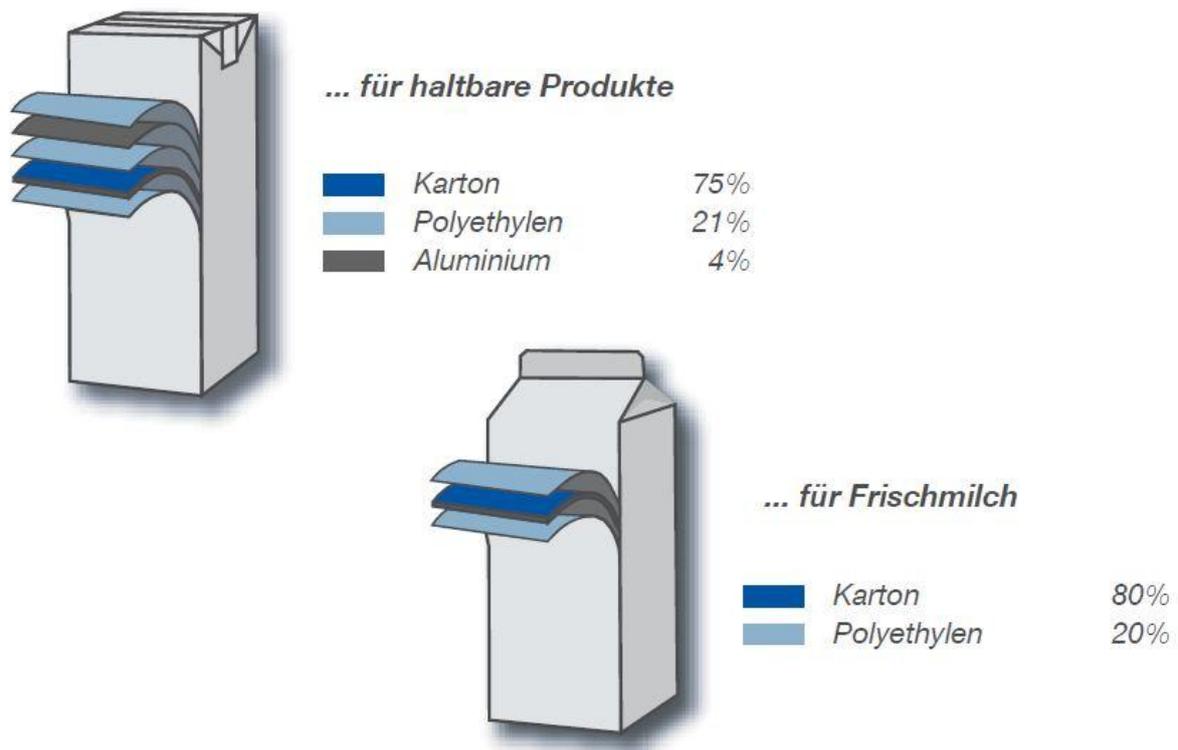


Abbildung 8.1: Der Schichtaufbau von Getränkekartons, links für haltbare Produkte, rechts für frische Produkte. Quelle: Tetra Pak

Wie in Abbildung 8.1 verdeutlicht, besteht dieser Getränkekarton insgesamt aus drei Schichten. Die zweite Schicht besteht aus Papier, das zu einem Karton verarbeitet ist. Dieser Karton verleiht der Verpackung ihre Stabilität. Dadurch kann der Getränkekarton hingestellt werden, ohne dass er umfällt. Ebenso zerplatzt der Karton bei einem Sturz nicht. Neben diesen Eigenschaften bildet der Karton einen ausreichenden Lichtschutz für die Zeit der Haltbarkeit. Dadurch wird vor allem sichergestellt, dass die meisten Vitamine in der Milch erhalten bleiben. Für Milch mit einer längeren Haltbarkeit (zum Beispiel H-Milch) wäre eine zusätzliche Schicht aus Aluminium als Sauerstoffbarriere nötig.

Ein weiterer Vorteil des Rohstoffs Papier ist, dass es aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz gewonnen wird. Ein Getränkekarton besteht bis zu 80% aus Papier und nur zu ca. 20%

aus Kunststoff, was in diesem Fall PE ist. Dadurch muss weniger Kunststoff hergestellt werden, als bei der Abfüllung in reine Kunststoffflaschen, wie es zum Beispiel in den USA üblich ist. Um hierbei die gleiche Stabilität wie bei einem Getränkekarton zu erhalten, muss eine wesentlich größere Menge an Kunststoff hergestellt werden, als bei einem Getränkekarton. Ökologisch betrachtet, ist dies keine sinnvolle Lösung, da sie nicht nachhaltig ist.

Die dritte und äußerste Schicht besteht ebenfalls aus PE. Sie schützt die Verpackung vor Feuchtigkeit aus der Umwelt und hält sie damit stabil. Zusammen mit dem Karton und der inneren PE-Schicht ist der Getränkekarton gut geeignet für eine Milch, die drei Wochen haltbar ist.

Verschlossen wird der Verbundkarton mit einer Kappe aus PP, in dem ein Drehverschluss integriert ist. Insgesamt besteht der obere Teil des Getränkekartons aus drei Teilen: dem Drehverschluss, dem Siegel und dem Deckel. Dieser Teil der Packung bietet einen idealen Schutz vor Wasserdampf- und Sauerstoffaustausch. Durch die Dicke der Bauteile und den dunkel eingefärbten Elementen Schraubverschluss und Siegel gelangt kein Licht in die Verpackungen. Somit sind das Material und die Verarbeitung bzw. das Design des gesamten Verschlusses sehr gut für die Milch geeignet und wären sogar für Milch mit einer längeren Haltbarkeit zweckmäßig. Ein weiterer Vorteil des Verschlusses ist seine Wiederverschließbarkeit. Dadurch können auch nach dem Öffnen keine Mikroorganismen in die Milch gelangen. Für die Mikroorganismen ist die Milch ein ideales Nährmedium, in dem sie sich schnell vermehren können, wodurch die Milch sauer und ist ungenießbar wird. Durch den wiederverschließbaren Deckel können während der Lagerung und nach dem Öffnen keine Mikroorganismen in die Milch gelangen.

Zusammengefasst, ist diese Verpackung sehr gut für eine ESL-Milch geeignet. Sie schützt die Milch vor allen Umwelteinflüssen, die in der kurzen Haltbarkeit eine sensorische Veränderung hervorrufen könnten.

Die weiteren Milchverpackungen sind auch mittels des Steckbriefes ausgewertet, die sich im Anhang befinden. Zur Übersicht dient folgende Tabelle.

Tabelle 8.1: Zusammenfassung der wichtigsten Kriterien aller untersuchten Konsummilchverpackungen. Als "Karton" ist hier der Verbundkarton gemeint. Die Farben bewerten die Eigenschaft: grün= sehr gut; gelb= gut; orange= befriedigend; rot= schlecht

Produkt	Haltbarkeit	Lagertemperatur in °C	Wasserdampf- durchlässigkeit in $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$	Sauerstoff- durchlässigkeit in $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1} \text{bar}^{-1}$	Lichtdurch- lässig	Stabil beim Sturz
Bärenmarke (ESL-Milch)	2 bis 3 Wochen	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Karton: 0,622 Deckel: 0,011	Deckel: 62,91	Nein	Ja
Hansano (ESL-Milch)	2 bis 3 Wochen	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Karton: 0,622 Deckel: 0,011	Deckel: 52,23	Nein	Ja
Landliebe (frische Milch)	5 Tage	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Flasche: 0 Deckel: 0	Flasche: 0 Deckel: 0	Ja	Nein
Söbbecke (frische Milch)	5 Tage	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Flasche: 0 Deckel: 0	Flasche: 0 Deckel: 0	Nur bis 450 nm	Nein
Hemme (frische Milch)	5 Tage	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Beutel: 0,052	Beutel: 216,7	Nein	Ja
Weihenstephan (H-Milch)	4 Monate	21 (Zimmertemperatur)	Karton: 0 Deckel: 0,035	Karton: 0 Deckel: 104,13	Nein	Ja
ja! (H-Milch)	4 Monate	21 (Zimmertemperatur)	Karton: 0 Deckel: 0,056	Karton: 0 Deckel: 106,5	Nein	Ja

Die Tabelle 8.1 gibt eine Übersicht der wichtigsten Parameter für eine geeignete Verpackung für Milch. Für die jeweilige Art der Milch (frische Milch, ESL-Milch oder H-Milch) sind die Verpackungen gut geeignet. Nur bei den drei Frischmilchsorten ist die Lagerung etwas schwieriger, da die Verpackungen nicht stapelbar sind. Allerdings verfügen diese Produkte auch nur über eine kurze Haltbarkeit und müssen immer frisch angeliefert werden. Dadurch haben die Produkte eine sehr kurze Lagerzeit und nehmen wenig Lagerfläche ein.

8.3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Joghurtsorten

Beim Blick in das Kühlregal eines Supermarktes stellt man schnell fest, dass es viele verschiedene Joghurtsorten gibt. Teilweise beinhaltet der Joghurt eine Fruchtzubereitung, Schokolade, Nüsse, Aromen (zum Beispiel Vanille), oder wird ohne Zusatzstoffe als Naturjoghurt angeboten. Diese Geschmacksrichtungen werden als cremiger oder als stichfester Joghurt angepriesen. Dies ist der größte Unterschied bei den Joghurtsorten, da hier die Anforderung an die Verpackung differiert.

Der stichfeste Joghurt unterscheidet sich von dem cremigen Joghurt nicht anhand seiner Inhaltsstoffe sondern in Folge seiner Herstellungsart. Wie in Abschnitt 5.2 beschrieben, reift der stichfeste Joghurt im Becher. Dabei muss der Becher eine Temperatur bis 40°C aushalten und darf sich dabei nicht verformen. Zusätzlich dürfen bei den hohen Temperaturen keine Stoffe aus dem Material in den Joghurt übergehen, da diese den Geschmack verändern könnten.

Bei dem cremigen Joghurt erfolgt die Vergärung der Milch zum Joghurt im Fermenter. Der Joghurt wird anschließend cremig gerührt und in die einzelnen Becher abgefüllt. In diesem Fall ist der Anspruch an den Becher niedriger, da er den hohen Temperaturen, die bei der Vergärung herrschen, nicht standhalten muss.

Joghurts haben im Allgemeinen eine kurze Haltbarkeit von ca. zwei bis drei Wochen. In diesem kurzen Zeitraum können die Umwelteinflüsse wie Luft oder Licht keine Veränderungen an dem Joghurt verursachen. Der einzige Faktor, der den Joghurt ungenießbar macht, sind Mikroorganismen (zum Beispiel Schimmelpilze). Wenn diese durch eine undichte Verpackung in den Joghurt gelangen, wachsen sie dort heran und der Joghurt kann nicht mehr gegessen werden.

Auch die Mikroorganismen, die in jedem Joghurt enthalten sind, dürfen nicht von dem Verpackungsmaterial beschädigt bzw. abgetötet werden. Das Material muss aber den von den Mikroorganismen gebildeten Säuren standhalten. Dabei dürfen sich keine Stoffe aus dem Material lösen und die Festigkeit des Joghurtbechers darf sich nicht verändern.

8.4 Auswertung des „Landleibe“-Joghurts im 500 g Glas

Wie bei den Verpackungen für Konsummilch, wird auch bei den Joghurtsorten nur eine Verpackung näher betrachtet. Dabei wird wieder speziell auf die Umwelteinflüsse eingegangen und beurteilt, ob die Verpackung geeignet ist.

Steckbrief des „Landleibe“ Joghurts im Glas



Name: Landleibe Joghurt, Glas

Produkt - Joghurt

Fettgehalt: 3,7%
Haltbarkeit: 3 Wochen
Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: 500 g Glas
Anzahl der Bauteile: 2
Art der Bauteile: 500 g Glas (1), Deckel (2)
Gewicht der Bauteile: 236 g
Gewicht des Plastiks: < 1 g
Material der Bauteile: Weißglas, Weißblech mit Plastisol
Wasserdampfdurchlässig: Glas und Deckel → 0
Sauerstoffdurchlässig: Glas und Deckel → 0
Undurchlässig für MO: Ja
Inertes Material z. Produkt: Ja
Dicke des Materials: Glas: 3000 µm, Deckel: 1400 µm

Design

Wiederverschließbar: Ja
Lichtdurchlässig: Ja
Stabil beim Sturz: Nein
Gut lagerfähig/stapelbar: Nein

Entsorgung

Pfandsystem

Dieser Joghurt wird in einem 500 g Glas verkauft. Dabei handelt es sich um ein Vorratsglas. Der Joghurt ist ein cremig gerührter Joghurt mit einer Fruchtzubereitung aus Zitrone und Limette. Während der gesamten Lagerung muss der Joghurt bei Kühlschranktemperatur gehalten werden und ist ungeöffnet bis zu drei Wochen haltbar. Durch den Deckel ist das Glas wiederverschließbar.

Bei diesem Joghurt handelt es sich um einen cremig gerührten Joghurt. Das heißt, dass die pasteurisierte Milch mit den Milchsäurebakterien angeimpft, in einem Fermenter bebrütet, zusammen mit der Fruchtzubereitung cremig gerührt und in das Glas abgefüllt wird. Das Glas muss nicht der Bebrütungstemperatur von 40°C standhalten, was bei einem stichfesten Joghurt der Fall wäre. Allerdings würde die Temperatur das Glas in seiner Form und Stabilität nicht beeinflussen. Das Glas ist sogar für höhere Temperaturen geeignet, zum Beispiel für eine Sterilisation im Autoklaven.

Allerdings muss das Glas vor dem Abfüllen hohen Temperaturen standhalten. Da es sich um ein Mehrweg-Glas handelt, wird das Glas nach dem Verzehr des Joghurts wieder im Supermarkt abgegeben. Die gesammelten Gläser werden zur Abfüllstation transportiert, wo sie gereinigt, sterilisiert und wiederbefüllt werden. Bei dem Sterilisierprozess wird sehr häufig Wasserdampf eingesetzt. Bei 121°C werden die an dem Glas befindlichen Mikroorganismen abgetötet. Für eine Mehrwegverpackung ist Glas als Material sehr gut geeignet, da es den hohen Temperaturen standhält und sich keine Fettpartikel an der Glaswand absetzen können. Bei LDPE-Flaschen, wie sie zum Beispiel in den USA verwendet werden, können sich Fettreste in Poren der Flaschenwand festsetzen, die auch bei der Reinigung nicht entfernt werden können. Dieses Fett wird schnell ranzig und verursacht einen schlechten Geschmack der Milch, obwohl diese noch einwandfrei ist. Die Glaswand ist so glatt, dass sich keine Fettreste darin absetzen können. Die Milch wird geschmacklich nicht negativ beeinflusst (Stehle, Lebensmittel verpacken, 1989).

Auch das Material Glas beeinflusst den Geschmack der Milch nicht, denn Glas verhält sich völlig inert. Das ist ein Grund dafür, weshalb Glas auch für Produkte mit einer Haltbarkeit von über einem Jahr, wie zum Beispiel eingemachtes Obst, geeignet ist. Zusätzlich verhindert Glas einen Gasaustausch mit der Umwelt. Das heißt, dass während der gesamten Lagerung sowohl kein Sauerstoff in das Glas gelangen kann, als auch kein Wasserdampf aus dem Joghurt austreten kann.

Bei einem Entweichen von Wasserdampf aus dem Joghurt würde der Joghurt eintrocknen und seine cremige Konsistenz verlieren. Bei einer höheren relativen Feuchte außerhalb des

Glases als in dem Joghurt, würde Wasserdampf in den Joghurt gelangen und ihn verdünnen. Dies hätte zur Folge, dass der Joghurtgeschmack nicht mehr so intensiv wäre. Glas verhindert auch das Eindringen von Sauerstoff in den Joghurt und somit auch die Autoxidation des Fettes, wenn im Glas kein Sauerstoff vorhanden ist.

Das Glas ist so gestaltet, dass keine Mikroorganismen in das Glas eindringen können, da das Glas mit einem Deckel verschlossen ist. Der Deckel besteht aus Weißblech, das innen mit Plastisol überzogen ist. Dadurch schließt der Deckel absolut dicht mit dem Glas ab. Somit können weder Mikroorganismen in das Glas eindringen, noch kann ein Wasserdampf- und Sauerstoffaustausch durch den Deckel stattfinden. Genau wie Glas ist Weißblech undurchlässig für diese Stoffe.

Durch den Deckel ist das Glas wiederverschließbar. Das bedeutet, dass nach dem Öffnen Mikroorganismen kaum eine Chance haben in das Glas einzudringen, wenn das Glas immer direkt wieder verschlossen wird. Allerdings könnte der Joghurt durch einen Löffel kontaminiert werden, mit dem der Joghurt umgefüllt bzw. gegessen wird. Die Mikroorganismen vermehren sich in dem Joghurt, der schnell ungenießbar oder sogar krankheitserregend ist. Deswegen ist dieser Joghurt nur geeignet, wenn er innerhalb von drei Tagen verzehrt wird. Bei einer längeren Lagerung nach dem Öffnen kann der Joghurt schnell verderben. Nicht nur wegen der Mikroorganismen, sondern auch wegen der Luft, die nach dem Öffnen in das Glas eindringt. Der Luftsauerstoff könnte eine Autoxidation des Fettes auslösen und den Joghurt ungenießbar machen.

Da das Glas aus Weißglas besteht, kann Licht durch die Verpackung dringen. Das Glas ist zwar mit einem Etikett beklebt, es verdeckt jedoch nur ca. ein Drittel der Fläche, die für Licht durchlässig ist. Schon nach kurzer Zeit kann das Licht eine große Menge der Vitamine zerstören haben. Das beeinträchtigt zwar nicht den Geschmack des Joghurts, es mindert allerdings die Qualität. Der Joghurt verliert dabei seine wichtigen Nährstoffe.

Ein weiterer Nachteil an dem Verpackungsmaterial Glas ist, dass es sehr schnell zu Bruch geht. Es genügt schon ein Fall aus einer geringen Höhe und das Glas zerbricht. Dabei entstehen scharfe Scherben, die zu Verletzungen führen können. Beim Bruch des Glases entfällt auch das Pfandgeld von 0,15 Euro. Um die eigene Verletzungsgefahr oder den Wertverlust zu verhindern, muss mit dieser Verpackung also vorsichtig umgegangen werden, egal ob im Lager oder auf Weg vom Supermarkt in den heimischen Kühlschrank.

Das Design des Glases ist durch seine runde Form und dem enger werdenden Hals nicht platzsparend. Das Glas nimmt während der Lagerung und des Transportes viel Platz ein. Weiterhin ist Glas ein sehr schweres Material. Im Gegensatz zu einem Kunststoffbecher wiegt das Glas das Zehnfache. Dadurch entstehen hohe Transportkosten. Je schwerer ein Gut ist, desto mehr Kraftstoff wird für den Transport benötigt und umso höher sind die Transportkosten. Da es sich bei diesem Glas um ein Pfandglas handelt, wird das Glas wieder leer zum Hersteller transportiert. Dort wird es gereinigt und wiederbefüllt. Durch den Rücktransport und der Reinigung entstehen Kosten, die es bei einer Verpackung aus Kunststoff nicht gibt.

Allerdings wird Glas im Gegensatz zu Kunststoff aus Rohstoffen (Sand, Kalkstein und Soda) hergestellt, die reichlich vorhanden sind. Kunststoffe hingegen werden aus Erdöl gewonnen, das immer begrenzter zur Verfügung steht und mit der Zeit kostenintensiv wird. Das Recyclingverhalten von Glas ist sehr gut, da es unendlich oft verwendbar ist und ein Mehrweg-Glas 20- bis 30-mal wiederverwendet werden kann (O-I, 2011).

Zusammenfassend gesagt, ist die Verpackung gut für den Joghurt geeignet. Sowohl das Glas als auch der Deckel sind absolut undurchlässig für Umwelteinflüsse, die den Joghurt sensorisch beeinträchtigen. Beim unachtsamen Transport kann das Glas allerdings zerbrechen und der Joghurt ist dann ungenießbar.

Tabelle 8.2: Zusammenfassung der wichtigsten Kriterien aller untersuchten Joghurtverpackungen. Die Farben bewerten die Eigenschaft: grün= sehr gut; gelb= gut; orange= befriedigend; rot= schlecht

Produkt	Haltbarkeit	Lagertemperatur in °C	Wasserdampf- durchlässigkeit in g m ⁻² d ⁻¹	Sauerstoff- durchlässigkeit in cm ³ m ⁻² d ⁻¹ bar ⁻¹	Lichtdurch- lässig	Stabil beim Sturz
Activia	3 Wochen	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Becher: 0,270 Deckel: 0	Becher: 793 Deckel: 0	Am Becher- boden	Ja
Weihenstephan	5 Tage	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Becher: 2,424 Deckel: 0	Becher: 336,0 Deckel: 0	Nein	Ja
Landliebe (150 g Portion)	1 Woche	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Becher: 0,0188 Deckel: 0	Becher: 86,50 Deckel: 0	Nein	Ja
Landliebe (500 g Glas)	3 Wochen	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Glas: 0 Deckel: 0	Glas: 0 Deckel: 0	Ja	Nein
Joghurt mit der Ecke	3 Wochen	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Becher: 1,731 Deckel: 0	Becher: 240,0 Deckel: 0	20% des Lichtes	Ja
Froop	3 Wochen	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Becher: 0,030 Deckel: 0	Becher: 138,4 Deckel: 0	Ja	Ja
Lünebest	3 Wochen	4 bis 8 (im Kühlschrank)	Becher: 0,0025 Deckel: 0	Becher: 115,33 Deckel: 0	Ja	Ja

In der Tabelle 8.2 sind alle Joghurtverpackungen aufgelistet und bewertet. Alle Produkte haben eine relativ kurze Haltbarkeit zwischen fünf Tagen und drei Wochen und müssen im Kühlschrank gelagert werden. Die Joghurtverpackung, die am schlechtesten abgeschnitten hat, hat auch die geringste Haltbarkeit von fünf Tagen. Das ist der Joghurt von „Weihenstephan“. Trotz der hohen Undurchlässigkeiten ist die Verpackung für den Joghurt geeignet, da die Haltbarkeit so gering ist.

Die Joghurtverpackung von „Landliebe“ (150 g Portion) hat die höchste Bewertung, trotz seiner geringen Haltbarkeit von einer Woche. In dieser Verpackung wäre ein Joghurt mit einer längeren Haltbarkeit optimal gegen Umwelteinflüsse geschützt.

Von den getesteten Joghurtverpackungen sind alle geeignet. Obwohl manche Verpackungen auch durchlässig gegenüber den Umwelteinflüssen sind, ist der gebotene Schutz ausreichend, da alle Produkte nur eine kurze Haltbarkeit haben.

8.5 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Kondensmilchsorten

Rein äußerlich gibt es keine Unterschiede bei den Kondensmilchsorten. Der Aufdruck auf der Verpackung verrät erst, um welche Sorte es sich handelt bzw. welchen Fettgehalt die Kondensmilch aufweist. Sie ist in den Fettstufen 4%, 7,5% und 10% zu erhalten. Die 10%ige Kondensmilch ist nicht zu verwechseln mit der Kaffeesahne mit 10%. Dabei handelt es sich nicht um evaporierte Milch, sondern um den Rahm von Milch, der auf 10% Fettgehalt eingestellt wird. Die Kondensmilch hat die typische leicht bräunliche Färbung, schmeckt ein wenig süßer und ist viskoser als die Konsummilch.

Häufig werden diese Unterschiede gar nicht festgestellt, da die Kondensmilch direkt von der Verpackung in den Kaffee gegossen wird. Der größte Unterschied bei der Kondensmilch ist auch äußerlich nicht erkennbar, sondern liegt in der Art, wie sie haltbar gemacht und abgepackt wird.

Das eine Verfahren ähnelt sehr dem Abfüllverfahren der Konsummilch wie es in Kapitel 5.3 beschrieben ist. Das heißt, dass die Kondensmilch vor dem Abfüllen sterilisiert wird. Da die Verpackung den hohen Temperaturen von bis zu 121°C nicht standhalten kann, wird zuerst die Milch sterilisiert und dann aseptisch in die Verpackung abgefüllt. Bei dem anderen Verfahren ist der Anspruch an die Verpackung viel höher. Die Kondensmilch wird in einer Verpackung abgefüllt, die verschlossen wird. Die verschlossene Verpackung wird chargenweise in einen Autoklaven gestellt. Dort findet der Sterilisierungsprozess bei 121°C für ca. 20 Minuten statt. Dabei werden alle Mikroorganismen abgetötet, die sich in der Milch und an der Verpackung befanden.

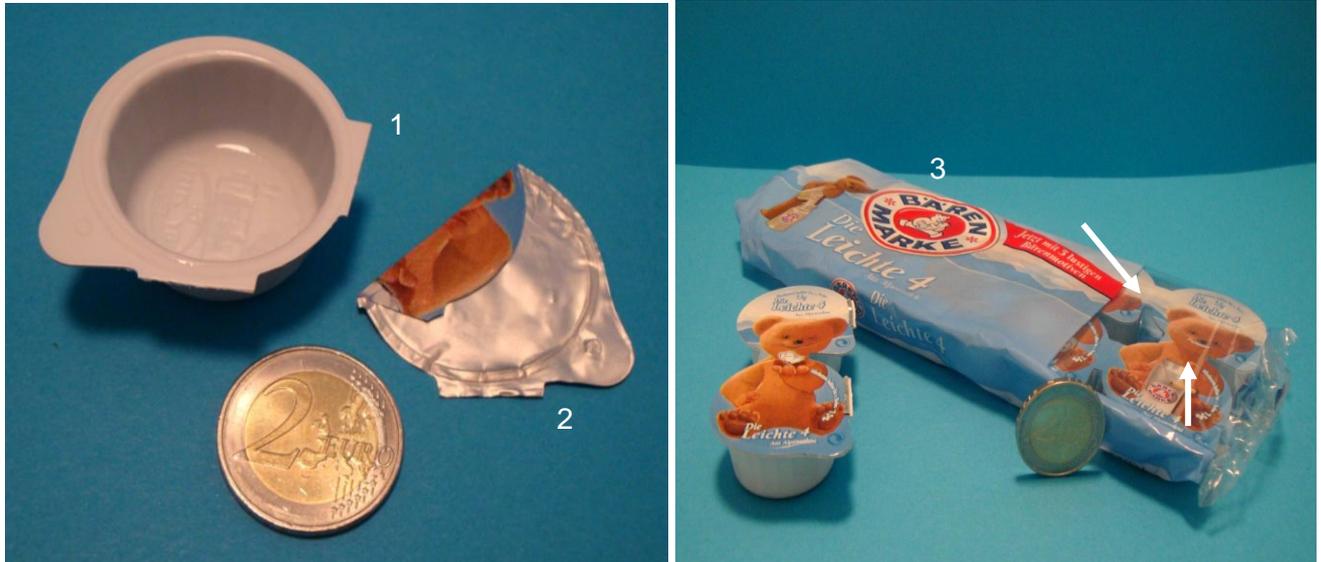
Dünne Kunststoffverpackungen können dieser hohen Temperatur kaum standhalten. Die Verpackung würde sich verformen, Stoffe in die Milch abgeben oder sogar schmelzen. Hochwertige Kunststoffe können diese Temperaturen unbeschadet überstehen, allerdings würden die Kosten der Verpackung damit auch steigen oder sogar teurer sein, als die Kondensmilch selbst. Besser geeignet sind dafür Glas oder metallische Materialien, wie zum Beispiel Weißblech. Diese Verpackungsmaterialien können die hohen Temperaturen unbeschadet überstehen.

Die hohe und lange Erhitzung ist notwendig, da Kondensmilch ein Produkt ist, das eine sehr lange Haltbarkeit hat. Sie ist bei Zimmertemperatur zwischen sechs und zwölf Monaten haltbar. Das erfordert einen sehr hohen Anspruch an die Verpackung.

8.6 Auswertung der „Bärenmarke“ Portionsbecher

Ob die Verpackung den Ansprüchen genügt, wird anhand eines Beispiels gezeigt.

Steckbrief „Bärenmarke“ Portionsbecher



Name: Die Leichte 4

Produkt - Kondensmilch

Fettgehalt: 4%
 Haltbarkeit: 6 Monate
 Lagertemperatur: 21°C (Zimmertemperatur)

Verpackung

Art der Verpackung: 7,5 g - Portionsbecher
 Anzahl der Bauteile: 3
 Art der Bauteile: Becher (1), Deckel (2), Folie (3)
 Gewicht der Bauteile: < 1 g pro Becher + 2 g Folie
 Gewicht des Plastiks: < 3 g
 Material der Bauteile: Becher: PS, Deckel: Alu beschichtetes Papier, Folie
 Wasserdampfdurchlässigkeit: Becher: 2,94-3,4 g m⁻² d⁻¹, Deckel: → 0
 Sauerstoffdurchlässigkeit: Becher: 284,7-305,7 cm³ m⁻² d⁻¹ bar⁻¹, Deckel; → 0
 Undurchlässigkeit für MO: Ja
 Inertes Material z. Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Becher: 350 µm, Deckel: 200 µm, Folie: < 50 µm

Design

Wiederverschließbar: -
 Lichtdurchlässigkeit: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt

Diese Kondensmilch ist in 7,5 g-Portionen abgefüllt und wird im Zehnerpack verkauft. Die zehn Becher sind miteinander verbunden und werden durch Knicken an den Verbindungsstellen (siehe Steckbrief „Bärenmarke“ Portionsbecher, rechte Abbildung Pfeile) voneinander getrennt. Als sekundäre Verpackung dient hier eine Folie, die die zehn Becher zusammenhält. Bei Zimmertemperatur ist die Kondensmilch bis zu sechs Monate haltbar.

Da die Portionsbecher aus dem Kunststoff Polystyrol (PS) bestehen, kann die Kondensmilch nicht in den Bechern sterilisiert werden. Die Kondensmilch wird vor dem Abfüllen sterilisiert und aseptisch in die Becher abgefüllt sowie verpackt. Durch dieses Verfahren werden die Becher keinen hohen Temperaturen ausgesetzt. PS ist ein steifes Material und sehr brüchig. Durch diese Eigenschaft lassen sich die Becher durch Knicken voneinander trennen. An den vorgeprägten Stellen bricht das PS beim Knicken. Auch die Deckel werden bei diesem Vorgang getrennt. Somit werden die benachbarten Becher durch das Knicken nicht beschädigt und bleiben unversehrt und verschlossen.

Aus der mikrobiologischen Sicht sind die Becher absolut dicht. Das heißt, dass keine Mikroorganismen in die Becher eindringen können. Somit ist die Kondensmilch während der gesamten Lagerung vor Mikroorganismen geschützt, die die Kondensmilch zum Beispiel dickgelegt hätten. Nach dem Öffnen ist eine Kontamination mit Mikroorganismen sehr unwahrscheinlich, da die Kondensmilch sofort verbraucht und nicht aufbewahrt wird. Die Verpackung schützt die Kondensmilch vor Lichteinstrahlungen. Das Licht zerstört die Vitamine in der Milch. Da Kondensmilch allerdings schon bei der Herstellung hohen Temperaturen ausgesetzt ist, sind bereits ein Großteil der Vitamine zerstört. Licht katalysiert zusätzlich die Autoxidation des Milchfettes, was bei Anwesenheit von Sauerstoff zu einem ranzigen Geschmack führen würde.

Sehr auffällig bei dieser Verpackung sind die Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit. Die Wasserdampfdurchlässigkeit ist mit $2,94\text{-}3,4\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ sehr hoch. Die Kondensmilch hat einen relativ hohen Anteil an Wasser. Bei einem Verlust an Wasser wird die Kondensmilch viskoser oder ist nicht mehr homogen, da sich die entstandene Trockenmasse absetzen kann. Dies beeinträchtigt die Konsistenz der Kondensmilch sehr und erfüllt somit nicht die Erwartungen des Verbrauchers. Deswegen hat diese Kondensmilch auch eine geringere Haltbarkeit als die anderen getesteten Kondensmilchverpackungen, die fast doppelt so lange haltbar sind.

Genauso verhält es sich mit der Sauerstoffdurchlässigkeit. Diese ist mit 284,7 bis 305,7 $\text{cm}^3\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}\text{bar}^{-1}$ auch sehr hoch. Somit kann während der Lagerung eine sehr große Menge an Sauerstoff durch den Becher in die Kondensmilch gelangen. Die Kondensmilch hat zwar einen geringen Fettanteil mit 4%, allerdings kann auch dieses Fett geschädigt werden. Der Sauerstoff löst sich in der Kondensmilch und löst dort eine Autoxidation des Fettes aus. Dies führt zu einer geschmacklichen Veränderung der Kondensmilch. Die Kondensmilch ist zwar nach Ablauf der Haltbarkeit mikrobiologisch einwandfrei, allerdings haben sich die Konsistenz und der Geschmack so verändert, dass die Milch nicht mehr den Erwartungen des Konsumenten entspricht.

Auch die Folie, die um die zehn Becher gewickelt ist, kann nicht viel zur Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit beitragen. Die Folie hat eine Dicke von weniger als 50 μm , was keine große Barriere für den Wasserdampf bzw. den Sauerstoff darstellt. Sie dient nur dem Zusammenhalt der zehn Becher. Bei einem Abfallen eines Bechers von dem Packet, bleibt der Becher trotzdem in der Folie und die Kondensmilch kann weiter im Zehnerpack verkauft werden.

Ein wiederverschließbarer Verschluss ist bei dieser Verpackung überflüssig, da die Kondensmilch bereits portionsfertig abgepackt wurde. Das bedeutet allerdings auch, dass bei jeder Portion Müll produziert. Manche Leute bevorzugen mehr Kondensmilch für ihren Kaffee, als ein Becher beinhaltet und benötigen daher zwei Becher Kondensmilch. Dabei fällt schon doppelt so viel Abfall an. Also ist für jemanden, der viel Kaffee trinkt, diese Verpackung nicht empfehlenswert, da dabei viel Müll entsteht. Eine Vorratspackung, beispielsweise eine Konservendose, ist in diesem Fall ratsamer.

Zusammenfassend ist auch diese Verpackung für eine Kondensmilch geeignet. Die hohen Werte für die Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit lassen allerdings nur eine Haltbarkeit von sechs Monaten zu. Mikrobiologisch gesehen ist die Kondensmilch noch völlig in Ordnung und genießbar.

Tabelle 8.3: Zusammenfassung der wichtigsten Kriterien aller untersuchten Kondensmilchverpackungen. Die Farben bewerten die Eigenschaft: grün= sehr gut; gelb= gut; orange=befriedigend; rot= schlecht

Produkt	Haltbarkeit	Lagertemperatur in °C	Wasserdampf- durchlässigkeit in $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$	Sauerstoff- durchlässigkeit in $\text{cm}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1} \text{bar}^{-1}$	Lichtdurch- lässig	Stabil beim Sturz
ja! Kondensmilch	12 Monate	21 (Zimmertemperatur)	Verbund- karton: 0	Verbund- karton: 0	Nein	Ja
Bärenmarke (Konservendose)	11 Monate	21 (Zimmertemperatur)	Dose: 0	Dose: 0	Nein	Ja
Turm Kondensmilch	6 Monate	21 (Zimmertemperatur)	Kännchen: 0,075 Boden: 0,066	Kännchen: 223,14 Boden: 195,25	Nein	Ja
Kaffee Wölkchen	9 Monate	21 (Zimmertemperatur)	Flasche: 0 Deckel: 0	Flasche: 0 Deckel: 0	Ja	Nein
Bärenmarke (Portionspackungen)	6 Monate	21 (Zimmertemperatur)	Becher: 3,4 Deckel: 0	Becher: 305,7 Deckel: 0	Nein	Ja

In der Tabelle 8.3 sind alle getesteten Kondensmilchsorten zusammenfassend dargestellt und beurteilt. Auffällig ist das eben beschriebene Beispiel mit der hohen Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit. Eine andere Auffälligkeit ist die lange Haltbarkeit der Kondensmilch bei einer relativ hohen Lagertemperatur von ca. 21°C bei allen getesteten Verpackungen.

Die Kondensmilch von „Kaffee Wölkchen“ und von „Bärenmarke“ (Konservendose) wird chargenweise in der Verpackung im Autoklaven sterilisiert. Diese beiden Verpackungen haben sehr gute Werte bei der Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit. Die Kondensmilch der übrigen Verpackungen wird vor dem Abfüllen sterilisiert, wodurch der Anspruch an die Verpackung nicht so hoch ist, da die Verpackung den hohen Temperaturen nicht standhalten muss. Von den übrigen drei Verpackungen hat nur die „ja!“ Kondensmilch sehr gute Werte bei der Wasserdampf- und der Sauerstoffdurchlässigkeit. Dabei handelt es sich um einen Verbundkarton, der eine Schicht aus Aluminium besitzt. Die anderen beiden Verpackungen haben sehr hohe Werte für die Durchlässigkeit von Wasserdampf und Sauerstoff. Deswegen ist die Haltbarkeit bei diesen beiden Produkten auch geringer als bei den übrigen.

8.7 Beurteilung der historischen Verpackungen

Die ersten Verpackungen für Milch bzw. Milchprodukte waren sehr einfach. Sie dienten dem Zweck die Milch vom Euter aufzufangen und zu transportieren. Die Ansprüche an eine solche Verpackung waren nicht hoch, da die Haltbarkeit der Milch ca. einen Tag betrug. Die Behälter, in denen die Milch aufbewahrt wurde, bestanden aus Naturmaterialien. Zunächst waren es Krüge aus Ton oder Beutel aus Leder. Später wurden Holzeimer zum Aufbewahren und Transportieren benutzt.

Der Tonkrug ist dabei das älteste und am längsten benutzte Gefäß. Es wurde mehrere Jahrtausende zum Transport und Aufbewahren von Milch verwendet. Neben der relativ aufwendigen Herstellung der Gefäße brachten sie einen Kühleffekt mit, wie er im Abschnitt 4.6.1 beschrieben ist. Ein Umstand, der gerade in wärmeren Regionen wichtig war. Diese Eigenschaft hatte auch der Holzeimer. Allerdings waren beide Gefäße aufgrund ihrer rauen Oberfläche schlecht zu reinigen und die Milch war trotzdem nur ca. einen Tag haltbar. Deswegen wurden u.a. die Amphoren nur einmal benutzt.

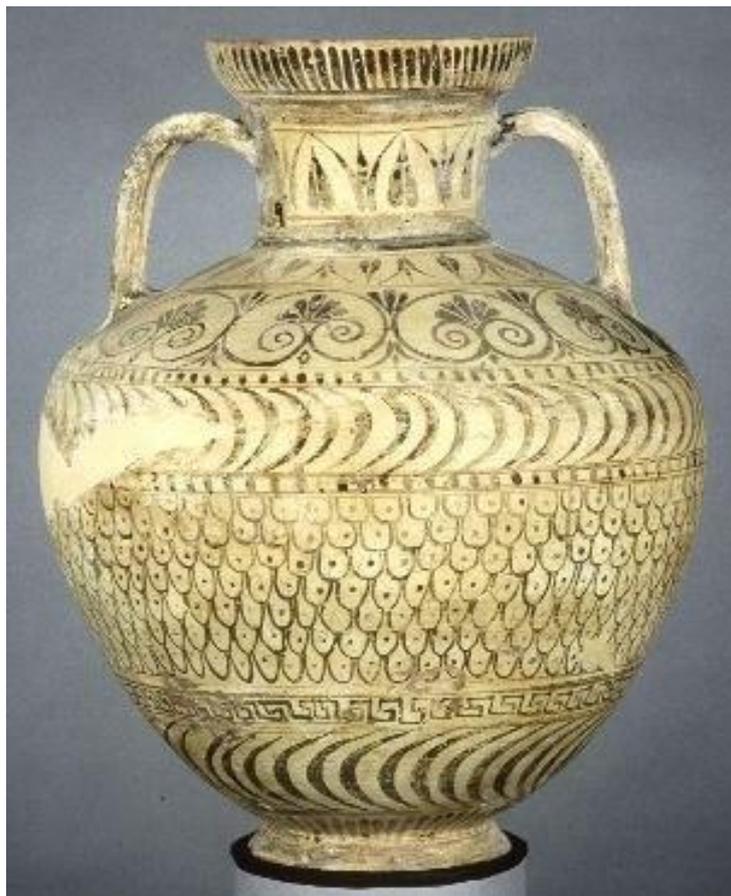


Abbildung 8.2: Eine sogenannte Halsamphore aus dem 6. Jahrhundert v. Chr., die häufig zum Transport von Lebensmitteln verwendet wurde. Quelle: www.ruhr-uni-bochum.de

Aufgrund der Unwissenheit des mikrobiologischen Zerfalls von Milch, war die Milch durchschnittlich einen Tag haltbar. Bei einer so kurzen Haltbarkeit spielten die Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit keine Rolle. Wenn die Vitamine in der Milch geschützt werden sollten, müsste das Gefäß für Licht undurchlässig sein. Die Gefäße an sich waren lichtundurchlässig, allerdings hatten die Behälter oben eine Öffnung, wodurch Licht einfiel. Durch den Lichteinfall wurde zwar der Nährstoffgehalt der Milch gesenkt, die sensorischen Eigenschaften wurden allerdings nicht beeinträchtigt.

Wegen der kurzen Haltbarkeit der Milch waren fast alle Gefäße für den Transport und die Lagerung von Milch geeignet. Es musste nur darauf geachtet werden, dass die Milch nicht zu warm wurde. Häufig waren Mikroorganismen in der Milch bzw. in dem Gefäß, die die Milch in wenigen Stunden dicklegten. Durch diesen Zufall entstand zwar der Joghurt, was jedoch nicht immer erwünscht war. Bei dem Transport von Milch in Ledersäcken hatte die Milch nur eine sehr geringe Haltbarkeit. Die Säcke wurden meistens dicht am Körper getragen und die Milch wurde so schnell auf Körpertemperatur aufgewärmt -die ideale Temperatur für die Milchsäurebakterien, um sich zu vermehren. Für weniger als drei bis vier Stunden war der Ledersack als Transportgefäß für Milch geeignet. Für die Joghurtherstellung war der Sack hingegen zusätzlich nützlich.

Im 19. Jahrhundert (n. Chr.) wurden viele wichtige Entdeckungen gemacht, die sehr entscheidend für die Entwicklung der Milchwirtschaft und auch die der Verpackungen waren. Erst mit der Erfindung der Kondensmilch stieg auch der Anspruch an die Verpackung. Die erste Kondensmilch war bis zu 40 Tage haltbar. Damit die Kondensmilch so lange haltbar blieb, mussten die Verpackung und die Milch frei von Mikroorganismen sein, die die Milch verderben. Ebenso musste die Verpackung dicht verschlossen sein, dass während der langen Lagerung die Mikroorganismen nicht in die Verpackung eindringen konnten. Andersherum durfte kein Wasser durch die Verpackung nach außen gelangen, wie es bei den Tonkrügen und dem Holzeimer der Fall war. Diese Milch musste nicht gekühlt werden und ein so großer Wasserverlust der Kondensmilch über 40 Tage hinweg würde eine große sensorische Veränderung bedeuten. In diesem Fall wurde jedoch eine Konservendose benutzt, die weder Durchlässig für Mikroorganismen als auch Wasser bzw. Wasserdampf ist. Diese Art der Verpackung hatte sich als so gut bewährt, dass die Konservendose auch heute noch für Kondensmilch verwendet wird.

Zu dieser Zeit wurde der Holzeimer vollkommen von der Milchkanne und den Metalleimer verdrängt. Die metallischen Behälter hatten eine glatte Oberfläche und waren deswegen

leichter und besser zu reinigen. Die Milchkanne verfügte zudem noch über einen Deckel, der das nachträgliche Eindringen von Mikroorganismen in die Milch verhindert.

Mit Einführung der Glasflasche konnte die Milch zum ersten Mal portionsweise verkauft werden. Dadurch wurde die Kontamination der Milch mit Mikroorganismen gesenkt. Wenn die Milch bei kühleren Temperaturen gelagert wurde, zum Beispiel im Winter oder in einem Keller, war die Milch länger haltbar, da sie vor Schmutz und Mikroorganismen geschützt war. Allerdings war die Glasflasche relativ schwer und zerbrach sehr schnell. Dafür war die Milch ideal gegen Umwelteinflüsse geschützt, weswegen die Glasflasche heute noch verwendet wird. Mit der Einführung des aseptischen Verpackens erlangte die Milch eine Haltbarkeit von ca. einer Woche, wenn sie pasteurisiert wurde.

Mit den Getränkekartons ist eine Einwegverpackung auf den Markt gekommen, die sehr leicht ist. Die Milch konnte, wie bei der Glasflasche portionsweise verpackt werden, wodurch eine Kontamination verhindert wurde. Allerdings kann die Verpackung nur mit einer Schere geöffnet werden und ist nicht wiederverschließbar. Das heißt, dass die Milch nach dem Öffnen von Mikroorganismen befallen werden kann. Dieses Problem wurde mit Einführung des wiederverschließbaren Getränkekartons behoben, der sich bis heute durchgesetzt hat.

9 Zusammenfassung

Milch ist ein Lebensmittel, das viele Nährstoffe enthält und zu den Grundnahrungsmitteln zählt. Die Menschen begannen schon vor über 5000 Jahren an, die Milch von Kühen zu trinken. Seit dieser Zeit hat sich in der Milchwirtschaft sehr viel verändert, die größten Veränderungen gab es jedoch erst in den letzten beiden Jahrhunderten.

Dabei hat sich der Weg von der Kuh zum Verbraucher immens gewandelt. Zunächst konnten nur die Menschen Milch trinken, die selber auch eine Kuh besaßen. Es waren Selbstversorger und somit wurde die Milch innerhalb eines Tages getrunken. Das heißt, dass die Milch nur sehr kurz den Umwelteinflüssen ausgesetzt war. Mit dem Gefäß bzw. der „Verpackung“ musste die Milch lediglich aufgefangen und eventuell transportiert werden und das nur über kurze Distanzen.

Durch die Entwicklung von „Städten“ war es nicht mehr möglich, dass sich jeder eine Kuh halten konnte. Die Milchversorgung, wenn es denn eine gab, wurde von den Landbewohnern durchgeführt. Da die Versorgung mit Milch täglich stattfand, waren die Ansprüche an die Verpackung relativ gering. Sie dienten wieder nur zum Transport von der Kuh bis in die Stadt. Mehrere Jahrtausende wurde diese Handhabe beibehalten.

Erst in dem 19. Jahrhundert, mit der Erfindung der Kondensmilch, stieg der Anspruch an die Verpackung. Im Gegensatz zu den Jahrtausenden zuvor musste die Milch vor Umwelteinflüssen geschützt werden, weil sonst die Haltbarkeit der extra haltbar gemachten Milch sich wieder verringern würde. Zu dieser Zeit entstanden immer mehr Molkereien, die die Milch bei dem Bauern abholten und in der Molkerei weiter verarbeiteten. In der Molkerei wurden Milchprodukte, wie zum Beispiel Käse oder Butter, hergestellt und daraufhin weiter verkauft. Es wurde auch weiterhin Milch verkauft, vor allem in den immer größer werdenden Städten. In der Molkerei werden mit der Milch verschiedene Behandlungen durchgeführt, wie die Separation, Homogenisation und später auch die Pasteurisierung. Wenn die Milch allerdings aus offenen Behältern verkauft wurde, war die Haltbarkeit noch sehr gering.

Erst in den 1960er Jahren, mit Einführung des aseptischen Verpackens und der Abfüllung in handelsüblichen Portionen, stieg die Haltbarkeit der Milch und somit auch der Anspruch an die Verpackung. Diese Anforderungen erfüllte der Getränkekarton, der sich bis heute durchgesetzt hat.

Auch die untersuchten Verpackungen wiesen unterschiedliche Getränkekartons auf, die alle die Anforderungen des Produktes erfüllen. Auch die anderen untersuchten Verpackungen

sind für das jeweilige Produkt geeignet. Einige Verpackungen schützen das Produkt zwar nicht vor allen Umwelteinflüssen, aber das spiegelt sich auch in ihrer jeweiligen Haltbarkeit wieder. Diese Produkte haben insgesamt eine geringere Haltbarkeit.

10 Fazit

Die Verpackung für Milchprodukte hat sich über die Jahrtausende sehr stark verändert. Die Gründe hierfür sind die Entdeckung neuer Werkstoffe sowie die Fortschritte in dem technischen und milchwirtschaftlichen Bereich. Dadurch wurde Milch zum Massenprodukt und es wurde ermöglicht, Milch auf Vorrat zu kaufen. Mit der Einstellung von Dr. Ruben Rausing: „Eine Verpackung sollte mehr sparen, als sie kostet“ (Rausing, 1950) wird der Gedanke an eine Verpackung revolutioniert.

Die ersten Verpackungen waren aufwendig in der Herstellung oder hatten einen hohen Wert. Die Verpackungen wurden deswegen immer wieder verwendet, bis auf die Amphore. Sie ist, wie der Getränkekarton, eine Einwegverpackung, nur dass die Amphore wesentlich aufwendiger in der Herstellung ist, als ein Getränkekarton. Diese beiden Verpackungen sind eigentlich kaum vergleichbar, da zwischen der Verwendung der Verpackungen Jahrtausende liegen. Es soll damit lediglich aufgezeigt werden, dass die Verpackung mit der Zeit immer günstiger in Material und Herstellung wurde. Ebenso hatten sich die Glasflaschen entwickelt. Die Glaswand der Flaschen wurde mit der Zeit immer dünner, wodurch Material eingespart und die Flasche leichter wurde. Auch die Flaschenreinigungsmaschinen arbeiten immer effektiver und benötigen weniger Wasser als am Anfang.

Dieser Trend setzt sich weiterhin fort. Der Kunststoff ist zwar nicht mehr wegzudenken aus der Verpackungsindustrie, allerdings wird häufiger versucht, Kunststoff einzusparen und durch nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen. Dies ist zum Beispiel der Fall bei dem „Rahmjoghurt“ von „Weihenstephan“, bei dem nur noch ein dünner Kunststoffbecher verwendet wird. Die nötige Stabilität bringt eine Manschette aus Pappe mit, die um den Becher liegt. Es wird auch immer mehr auf Aluminium als Verpackungsmaterial verzichtet. Es ist zwar ein idealer Schutz vor einem Gasaustausch, allerdings wird Aluminium auch immer teurer. Da „Tetra Pak“ seinem Motto treu bleiben möchte, wird es in Naher Zukunft keine Getränkekartons mehr geben, die eine Aluminiumschicht haben. Sie soll durch eine Kunststoffschicht ersetzt werden, die das Lebensmittel trotzdem noch ausreichend schützt, auch bei einer längeren Haltbarkeit.

Aber die besten Verpackungsmaterialien können das Produkt nicht schützen, wenn die Oberfläche der Verpackung oder das Produkt selbst mit Mikroorganismen kontaminiert ist. Deswegen zählen das Erhitzen der Milch und das aseptische Verpackungsverfahren zu den wichtigsten Entwicklungen der Milchwirtschaft. Ohne sie würde man fast täglich frische Milch kaufen müssen.

Doch die Entwicklungen in der Verpackungstechnologie sind mit der Zeit so weit vorangeschritten, dass heutzutage nicht mehr die Verpackung die Haltbarkeit bestimmt, sondern die Haltbarkeit des Produktes bestimmt die Verpackung. Eine frische Milch muss zum Beispiel nicht in einem Getränkekarton verpackt werden, der für haltbare Milch hergestellt wurde. Das wäre eine unnötige Ressourcenverschwendung und bei immer teurer werdenden Rohstoffpreisen unwirtschaftlich sowie ökologisch nicht vertretbar. Der Mensch hat heute die Wahl zwischen frischen und haltbaren Produkten, die es früher nicht gab.

11 Literaturverzeichnis

- Burger, J. (2011). *Biologie: Antropologie:Forschung: Rinderdomestikation*. Von Rinderdomestikation: www.uni-mainz.de abgerufen am 04.08.2012
- Deimel, G. (1987). Aseptisches Verpacken in Kartonverpackungen vom Zuschnitt. In H. Reuter, *Aseptisches Verpacken von Lebensmitteln* (S. 155-162). Leverkusen: Behr's Verlag.
- Der Spiegel. (1989). Ist doch Wahnsinn-Flüssigwaschmittel vom Faß, Milch aus der "stählernen Kuh" - die Null-Verpackung ist im Kommen. *Der Spiegel*, 92-95.
- der Standard. (11. August 2009). Für eine glückliche Verdauung. Wien.
- Dienel, H.-L. (2004). *Die Linde AG-Geschichte eines Technologie-Konzerns*. München: C.H. Beck.
- Grimm, J., & Grimm, W. (2011). *Deutsches Wörterbuch*. Trier: Trier Center for Digital Humanities.
- Heeschen, W. (2009). *Milchhygiene-Basiswissen zur hygienischen Wertigkeit von der Rohmilch bis zum Verbraucher*. Kiel: B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG.
- Historischer Überblick*. (2012). Von www.deutsches-kunststoff-museum.de abgerufen am 05.12.2012
- Historisches:Die Geschichte des Getränkekartons*. (2012). Von Die Geschichte des Getränkekartons: www.getraenkekarton.de abgerufen am 06.12.2012
- Keller, C., Schiebold, A., & Wahl, V. (2006). Der Kühlschrank-Ein Schrank wie jeder andere, aber nahezu unverzichtbar! *Oberösterreichische Nachrichten*,, 36-52.
- Kielwein, G. (1985). *Leitfaden der Milchkunde und Mlichhygiene*. Leihgestern: Verlag Paul Parey.
- Kutschke, D. (2011). *Glas in der Antike*. München: GRIN Verlag GmbH.
- Landsgesell, B. (2010). Dissertation. *Lebensmittelverpackungen als Thema des Chemieunterrichts*. Frankfurt, Hessen.
- Lange, D. P. (2010). *Die Geschichte des Milchtransports*. Brilon: Verlag Podszun-Motorbücher GmbH.
- Looft-Gaude, U. (8. August 2012). Informationen zu früheren Milchverpackungen. (G. Westphalen, Interviewer)

- Lütkemeyer, B. (1987). Aseptisches Verpacken in Kunststoffbechern, die von der Rolle gefertigt werden. In H. Reuter, *Aseptisches Verpacken von Lebensmitteln* (S. 163-172). Waiblingen: Behr's Verlag.
- Mack, P. U. (2010). Vorlesungsskript: Verpackungstechnik insbesondere für Konsumgüter. Hamburg.
- Molkerei Bauer. (2012). *Produkte: Der Weg der Milch*. Von Der Weg der Milch: www.bauer-milch.de abgerufen am 20.07.2012
- O-I. (2011). *Die CO2-Bilanz von Glasverpackungen*. Sachon-Fachzeitschriftenarchiv.
- Pucher, E. (2010). *Sechs Jahrtausende alpine Viehwirtschaft*. Wien.
- Raabe, D. (kein Datum). *Geschichte der Metalle*. Aachen.
- Rausing, R. (1950). *Über uns: unsere Grundwerte: Philosophie*. Von Philosophie: www.tetrapak.com/de abgerufen am 15.10.2012
- Renner, E. (1988). *Lexikon der Milch*. Geißen: VV-GmbH Volkswirtschaftlicher Verlag.
- Reuter, H. (1987). Aseptisches Verpacken von Lebensmitteln. In H. Reuter, *Aseptisches Verpacken von Lebensmitteln* (S. 19-20). Kiel: Behr's Verlag.
- Sauerland, I. (1985). Einstellung und Verhalten der Verbraucher. In D. A. Nienhaus, *Behr's Handbuch der Milch* (S. 13-38). Bonn: B. Behr's GmbH & Co KG.
- Schlimme, E., & Buchheim, W. (1995). *Milch und ihre Inhaltsstoffe-Chemische und physikalische Eigenschaften*. Kiel: Verlag Th. Mann.
- Schulte, D. (1987). Aseptische Verpackungssysteme. In H. Reuter, *Aseptisches Verpacken von Lebensmitteln* (S. 137-152). Hochheim: Behr's Verlag.
- Stang, M. (12. April 2009). Wie die Domestikation die Tierwelt nachhaltig verändert. Mainz.
- Stehle, G. (1989). *Lebensmittel verpacken*. Borwang: Milchwirtschaftlicher Verlag GmbH.
- Stehle, G. (1997). *Verpacken von Lebensmitteln*. Behr's Verlag.
- Tetra Pak. (2012). *Für Experten: Prozessanlagen: Molkereianlagen*. Von Molkereianlagen: www.tetrapak.com abgerufen am 29.10.2012
- Tetra Pak. (2012). *Produkte: Kartonverpackungen*. Von Kartonverpackungen: <http://www.tetrapak.com/de/Pages/Kartonverpackungen.aspx> abgerufen am 05.11.2012

- Tetra Pak. (2012). *Über uns: Unser Unternehmen: Historie*. Von Historie:
www.tetrapak.com/de abgerufen am 10.12.2012
- Tetra Pak Processing GmbH. (2012). *Handbuch der Milch- und Molkereitechnik*. Reinbeck:
Verlag Th. Mann GmbH.
- Töpel, A. (1981). *Chemie und Physik der Milch*. Leipzig: VEB Fachbuchverlag.
- Turtschan, A. (1987). Aseptisches Verpacken in vorgefertigten Kunststoffbechern -Vergleich
verschiedener Sterilisationsverfahren und der dabei entstehenden Kosten-. In H.
Reuter, *Aseptisches Verpacken von Lebensmitteln* (S. 175-193). Schwäbisch Hall:
Behr's Verlag.
- Valenze, D. (2011). *Milk-A Local and Global History*. New Haven & London: Yale University
Press.
- Verband der Ingenieure für Milch- und Molkereiwirtschaft e.V. (1974). *Die deutsche
Milchwirtschaft im Wandel der Zeit*. Hildesheim: Verlag Th. Mann .
- Watson, T. (2011). Will DNA Swabs Launch CSI: Cargo Scene Investigation? *Science*.

12 Anhang

12.1 Steckbriefe der Konsummilchprodukte



Name: Weide Milch

Produkt - Milch

Fettgehalt: 3,9%
Haltbarkeit: 2 bis 3 Wochen
Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Getränkekarton
Anzahl der Bauteile: 3
Art der Bauteile: Verbundkarton (1), Deckel (2) mit Schraubverschluss (3)
Gewicht der Bauteile : 34 g
Gewicht des Plastiks : 9 g
Material der Bauteile: Verbundkarton: PE, Pappe PE, Deckel, Schraubverschl.: PP
Wasserdampfdurchlässig: Verbundkarton: $0,190-0,622 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$,
Deckel & Schraubverschl.: $0,002-0,011 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
Sauerstoffdurchlässig: Deckel & Schraubverschl.: $18,95-52,23 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ bar}^{-1}$
Undurchlässig für MO: Ja
Inertes Material z. Produkt: Ja
Dicke des Materials: Karton: 500 μm , Drehverschluss: 650 μm , Deckel: 1050 μm

Design

Wiederverschließbar: Ja
Lichtdurchlässig: Nein
Stabil beim Sturz: Ja
Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: frische Landmilch

Produkt - Milch

Fettgehalt: 3,8%
 Haltbarkeit: 1 Woche
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Flasche
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Glasflasche (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 434 g
 Gewicht des Plastiks: < 1 g
 Material der Bauteile: Flasche: Glas, Deckel: Weißblech mit Plastisol beschichtet
 Wasserdampfdurchlässig: → 0
 Sauerstoffdurchlässig: → 0
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z. Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Flasche: 3200 µm, Deckel: 1400 µm

Design

Wiederverschließbar: Ja
 Lichtdurchlässig: Ja
 Stabil beim Sturz: Nein
 Gut lagerfähig/stapelbar: Nein

Entsorgung

Pfandsystem



Name: frische Vollmilch

Produkt - Milch

Fettgehalt: mind. 3,7%
 Haltbarkeit: 1 Woche
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Flasche
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Glasflasche (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 436 g
 Gewicht des Plastiks: < 1 g
 Material der Bauteile: Flasche: Braunglas, Deckel: Weißblech m. Plastisol geschichtet
 Wasserdampfdurchlässig: → 0
 Sauerstoffdurchlässig: → 0
 Undurchlässig für MO: Nein
 Inertes Material z. Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Flasche: 3100 µm, Deckel: 1400 µm

Design

Wiederverschließbar: Ja
 Lichtdurchlässig: nur bis zur Wellenlänge 450 nm
 Stabil beim Sturz: Nein
 Gut lagerfähig/stapelbar: Nein

Entsorgung

Pfandsystem



Name: tagesfrische Vollmilch

Produkt - Milch

Fettgehalt: mind. 3,7%
 Haltbarkeit: 5 Tage
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Getränkebeutel
 Anzahl der Bauteile: 1
 Art der Bauteile: Getränkebeutel
 Gewicht der Bauteile: 15 g
 Gewicht des Plastiks: 15 g
 Material der Bauteile: PP+PE+Kalk
 Wasserdampfdurchlässig: $0,017 - 0,052 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
 Sauerstoffdurchlässig: $125 - 216,7 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ bar}^{-1}$
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z. Produkt: Ja
 Dicke: Beutel: 150 μm

Design

Wiederverschließbar: Nein
 Lichtdurchlässig: Ja
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/ stapelbar: Nein

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: H-Vollmilch

Produkt - Milch

Fettgehalt: 3,5%
 Haltbarkeit: 4 Monate
 Lagertemperatur: 21°C (Zimmertemperatur)

Verpackung

Art der Verpackung: Getränkekarton
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Getränkekarton (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 33 g
 Gewicht des Plastiks: < 1 g
 Material der Bauteile: Karton: PE, Alu, PE, Pappe, PE, Deckel: HDPE
 Wasserdampfdurchlässig: Karton: $\rightarrow 0$, Deckel: $0,041-0,056 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
 Sauerstoffdurchlässig: Karton: $\rightarrow 0$, Deckel: $91,8-106,5 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ bar}^{-1}$
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z. Produkt: Ja
 Dicke: Karton: 400 μm , Deckel: 550 μm

Design

Wiederverschließbar: Ja
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: Alpenmilch, haltbar

Produkt - Milch

Fettgehalt: 1,5%
 Haltbarkeit: 4 Monate
 Lagertemperatur: 21°C (Zimmertemperatur)

Verpackung

Art der Verpackung: Getränkekarton
 Anzahl der Bauteile: 3
 Art der Bauteile: Getränkekarton (1), Deckel (2), Siegel (3)
 Gewicht der Bauteile: 32 g
 Gewicht des Plastiks: < 1 g
 Material der Bauteile: Karton: PE, Alu, PE, Pappe, PE; Deckel & Siegel: PP
 Wasserdampfdurchlässig: Karton: $\rightarrow 0$, Deckel & Siegel: $0,027-0,035 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
 Sauerstoffdurchlässig: Karton: $\rightarrow 0$, Deckel & Siegel: $83,73-104,13 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3} \text{ d}^{-1} \text{ bar}^{-1}$
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Ja
 Dicke: Karton: 400 μm , Deckel: 750 μm

Design

Wiederverschließbar: Ja
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt

12.2 Steckbriefe der Joghurtprodukte



Name: Activia

Produkt - Joghurt

Fettgehalt: 3,5%
 Haltbarkeit: 3 Wochen
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

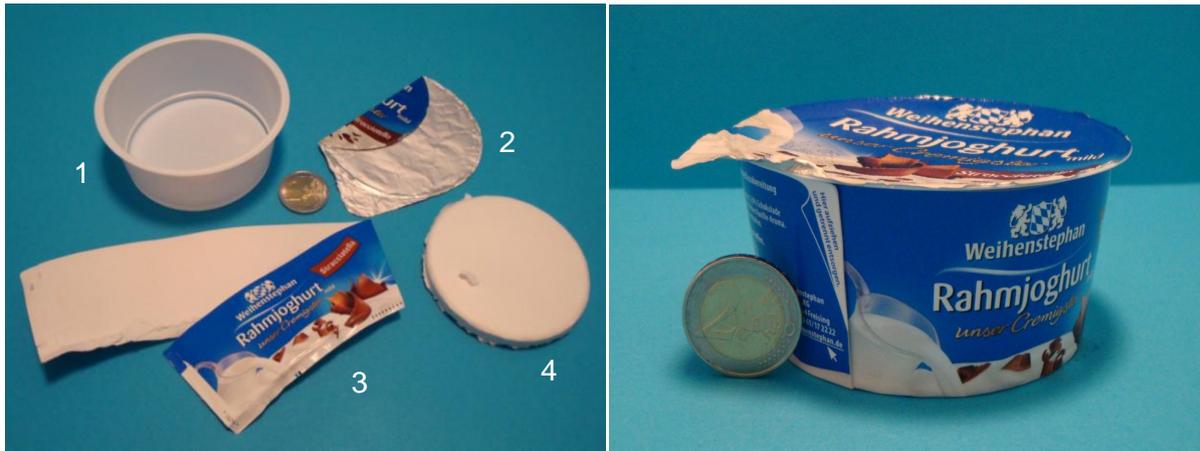
Art der Verpackung: Portionsbecher, Pappe(Umverpackung/sek. Verpackung)
 Anzahl der Bauteile: 4
 Art der Bauteile: Portionsbecher (1), Deckel (2), Etikett (3), Pappe (4)
 Gewicht der Bauteile: 7 g pro Becher + 16 g Pappe
 Gewicht des Plastiks: 4 g pro Becher
 Material der Bauteile: Becher: PLA, Deckel, Alu
 Wasserdampfdurchlässigkeit: Becher: 0,085-0,270 g m⁻² d⁻¹, Deckel → 0
 Sauerstoffdurchlässigkeit: Becher: 484-793 cm³ m⁻³ d⁻¹ bar⁻¹, Deckel → 0
 Undurchlässig für MO: bei tiefen Temp./im Kühlschrank → Ja
 Inertes Material z. Produkt: Nein
 Dicke des Materials: Karton: 450 µm, Becher: 100 µm, Etikett: 300 µm, Deckel: 100 µm

Design

Wiederverschließbar: -
 Lichtdurchlässig: am Becherboden
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung:

Papiermüll, Restmüll, Duales System-Grüner Punkt



Name: Rahmjoghurt von Weihenstephan

Produkt - Joghurt

Fettgehalt: 10%
 Haltbarkeit: 1 Woche
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Portionsbecher
 Anzahl der Bauteile: 4
 Art der Bauteile: Portionsbecher (1), Deckel (2), Pappetikett (3) und –boden (4)
 Gewicht der Bauteile: 9 g
 Gewicht des Plastiks: 4 g
 Material der Bauteile: Becher: PS, Deckel: Alu; Etikett und Boden: Pappe
 Wasserdampfdurchlässig: Becher: $1,364\text{--}2,424\text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$, Deckel: $\rightarrow 0$
 Sauerstoffdurchlässig: Becher: $293,6\text{--}336\text{ cm}^3\text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}\text{bar}^{-1}$, Deckel: $\rightarrow 0$
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Nein
 Dicke des Materials: PS-Becher: 250 μm , Deckel: 200 μm , Pappe: 300 μm

Design

Wiederverschließbar: -
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt, Papiermüll



Name: Landliebe Joghurt, Becher

Produkt - Joghurt

Fettgehalt: 3,7%
 Haltbarkeit: 1 Woche
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Portionsbecher
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Becher (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 9 g
 Gewicht des Plastiks: 9 g
 Material der Bauteile: Becher: PP, Deckel: Alu
 Wasserdampfdurchlässig: Becher: $0,006-0,0188 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, Deckel: $\rightarrow 0$
 Sauerstoffdurchlässig: Becher: $49,75-86,50 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ bar}^{-1}$, Deckel; $\rightarrow 0$
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Nein
 Dicke des Materials: Becher: 400 µm, Deckel: 100 µm

Design

Wiederverschließbar: -
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: Froop von Müller

Produkt - Joghurt

Fettgehalt: 3,5%
 Haltbarkeit: 3 Wochen
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Joghurtbecher
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Becher (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 5 g
 Gewicht des Plastiks: 5 g
 Material der Bauteile: Becher: PP, Deckel: Alu
 Wasserdampfdurchlässig: Becher: 0,010-0,030 g m⁻² d⁻¹, Deckel: → 0
 Sauerstoffdurchlässig: Becher: 79,6-138,4 cm³ m⁻² d⁻¹ bar⁻¹, Deckel; → 0
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Becher: 250 µm, Deckel: 100 µm

Design

Wiederverschließbar: -
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: Joghurt mit der Ecke von Müller

Produkt - Joghurt

Fettgehalt: 3,5%
 Haltbarkeit: 3 Wochen
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Joghurtbecher
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Becher (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 9 g
 Gewicht des Plastiks: 9 g
 Material der Bauteile: Becher: PS, Deckel: mit Alu beschichtetes Papier
 Wasserdampfdurchlässig: Becher: 0,974-1,731 g m⁻² d⁻¹, Deckel: → 0
 Sauerstoffdurchlässig: Becher: 209,7-240,0 cm³ m⁻² d⁻¹ bar⁻¹, Deckel; → 0
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Nein
 Dicke des Materials: Becher: 350 µm, Deckel: 100 µm

Design

Wiederverschließbar: -
 Lichtdurchlässig: 20% des Lichtes
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: Lünebest (stichfester Joghurt)

Produkt - Joghurt

Fettgehalt: 3,5%
 Haltbarkeit: 3 Wochen
 Lagertemperatur: 4°C bis 8°C (im Kühlschrank)

Verpackung

Art der Verpackung: Joghurtbecher
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Becher (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 7 g
 Gewicht des Plastiks: 7 g
 Material der Bauteile: Becher: PP, Deckel: Alu
 Wasserdampfdurchlässig: Becher: 0,008-0,0025 g m⁻² d⁻¹, Deckel: → 0
 Sauerstoffdurchlässig: Becher: 66,33-115,33 cm³ m⁻² d⁻¹ bar⁻¹, Deckel; → 0
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Becher: 300 µm, Deckel: 150 µm

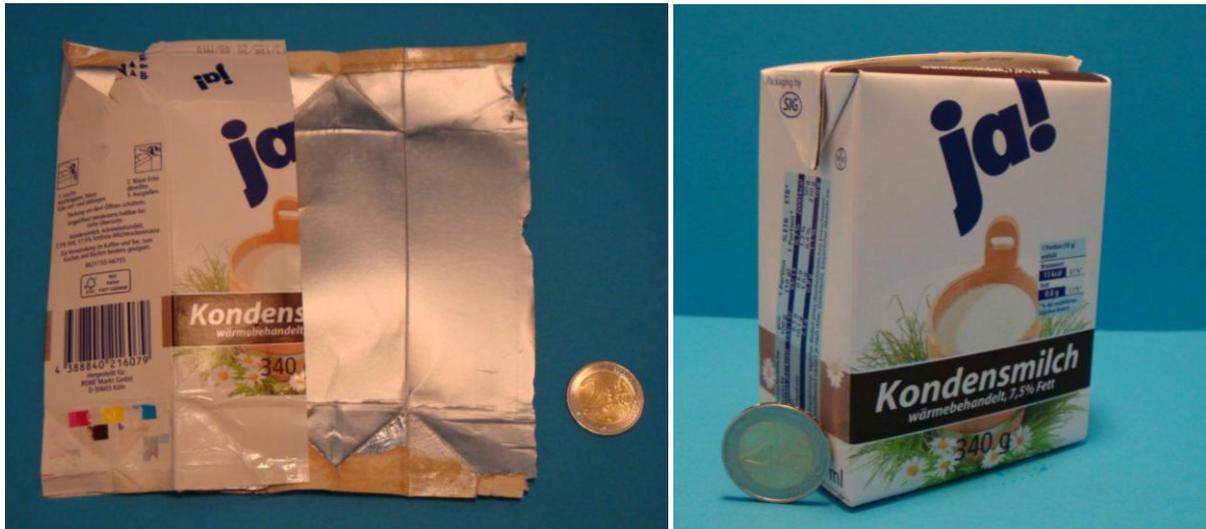
Design

Wiederverschließbar: -
 Lichtdurchlässig: Ja
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt

12.3 Steckbriefe der Kondensmilchprodukte



Name: ja! Kondensmilch

Produkt - Kondensmilch

Fettgehalt:	7,5%
Haltbarkeit:	12 Monate
Lagertemperatur:	21°C (Zimmertemperatur)

Verpackung

Art der Verpackung:	Getränkekarton
Anzahl der Bauteile:	1
Art der Bauteile:	Verbundkarton
Gewicht der Bauteile:	13 g
Gewicht des Plastiks:	< 1 g
Material der Bauteile:	Verbundkarton: PE, Alu, PE, Pappe, PE
Wasserdampfdurchlässig:	Verbundkarton: → 0
Sauerstoffdurchlässig:	Verbundkarton: → 0
Undurchlässig für MO:	Ja; Nein (nach dem Öffnen)
Inertes Material z Produkt:	Ja
Dicke:	Verbundkarton: 400 µm

Design

Wiederverschließbar:	Nein
Lichtdurchlässig:	Nein
Stabil beim Sturz:	Ja
Gut lagerfähig/stapelbar:	Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: Die Leichte 4

Produkt - Kondensmilch

Fettgehalt: 4%
 Haltbarkeit: 11 Monate
 Lagertemperatur: 21°C (Zimmertemperatur)

Verpackung

Art der Verpackung: Konservendose
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Konservendose (1), Etikett (2)
 Gewicht der Bauteile: 28 g
 Gewicht des Plastiks : -
 Material der Bauteile: Dose: verzinktes Weißblech (beschichtet mit Epoxidharz),
 Etikett: Papier
 Wasserdampfdurchlässig: Dose: → 0
 Sauerstoffdurchlässig: Dose: → 0
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Nein
 Dicke des Materials: Dose: 350 µm, Etikett: 100 µm

Design

Wiederverschließbar: Nein
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Ja

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt, Papiermüll



Name: Turm Kondensmilch

Produkt – Kondensmilch

Fettgehalt: 4%
 Haltbarkeit: 6 Monate
 Lagertemperatur: 21°C (Zimmertemperatur)

Verpackung

Art der Verpackung: Kondensmilchkännchen
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Kännchen (1); Boden (2)
 Gewicht der Bauteile: 11 g
 Gewicht des Plastiks: 11 g
 Material der Bauteile: Kännchen: PP, Boden: PP
 Wasserdampfdurchlässig: Kännchen $0,057-0,075 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, Boden: $0,05-0,066 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
 Sauerstoffdurchlässig: Kännchen: $179,4-223,14 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ bar}^{-1}$,
 Boden: $157-195,25 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ bar}^{-1}$
 Undurchlässig für MO: Ja
 Inertes Material z Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Kännchen: 350 μm , Boden: 400 μm

Design

Wiederverschließbar: Ja
 Lichtdurchlässig: Nein
 Stabil beim Sturz: Ja
 Gut lagerfähig/stapelbar: Nein

Entsorgung

Duales System-Grüner Punkt



Name: Kaffee Wölkchen von Adelbyer

Produkt - Kondensmilch

Fettgehalt: 4%
 Haltbarkeit: 9 Monate
 Lagertemperatur: 21°C (Zimmertemperatur)

Verpackung

Art der Verpackung: Flasche
 Anzahl der Bauteile: 2
 Art der Bauteile: Glasflasche (1), Deckel (2)
 Gewicht der Bauteile: 153 g
 Gewicht des Plastiks: < 1 g
 Material der Bauteile: Flasche: Weißglas, Deckel: Weißblech mit Plastisol
 Wasserdampfdurchlässig: Flasche: → 0, Deckel: → 0
 Sauerstoffdurchlässig: Flasche: → 0, Deckel: → 0
 Undurchlässig für MO: Nein
 Inertes Material z Produkt: Ja
 Dicke des Materials: Flasche 3300 µm, Deckel: 400 µm

Design

Wiederverschließbar: Ja
 Lichtdurchlässig: Ja
 Stabil beim Sturz: Nein
 Gut lagerfähig/stapelbar: Nein

Entsorgung

Weißglascontainer