

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen
der Veterinärmedizinischen Universität Wien
Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches
Gesundheitswesen
Leiter: Univ.- Prof. Dr. Martin Wagner

**Lebensmittelbetrug auf globaler Ebene:
Bedeutung, Risiken und Nachweis von Verfälschungen
von Milchpulver und milchpulverbasierter
Säuglingsnahrung**

Diplomarbeit

Zur Erlangung der Würde einer
Magistra Medicinae Veterinariae
an der Veterinärmedizinischen Universität Wien



vorgelegt von

Selina Maria Kasper

Wien, im April 2020

Betreuerin und Begutachterin:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Dagmar Schoder

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin der
Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches
Gesundheitswesen

Zweitbegutachter :

Priv.-Doz. Dr. Peter Rossmanith

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin der
Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Lebensmittelsicherheit, Lebensmitteltechnologie und Öffentliches
Gesundheitswesen

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Milchpulver und Säuglingsnahrung	2
2.1.1	Herstellungsverfahren von Milchpulver	2
2.1.1.1	Sprühtrocknungsverfahren	2
2.1.1.2	Walzentrocknungsverfahren	11
2.1.2	Zusammensetzung – Arten von Milchpulver	15
2.1.2.1	Lösliches Vollmilch- und Magermilchpulver	15
2.1.2.2	Buttermilchpulver	17
2.1.2.3	Molkenpulver	17
2.1.2.4	Kaseinate	19
2.1.2.5	Milchaustauscher	20
2.1.3	Säuglingsanfangs- bzw. Säuglingsfolgenahrung	21
2.1.3.1	Humanisierte Milch	22
2.1.3.2	Vollmilchpulver	24
2.1.3.3	Vollmilchpulver mit zugesetzten Kohlenhydraten	24
2.1.3.4	Fermentiertes Milchpulver	24
2.1.3.5	Formulierungen mit zugesetzter Stärke	25
2.1.3.6	Formulierungen mit Soja	25
2.1.3.7	Laktosefreies Milchpulver	26
2.1.3.8	Hypoallergene Formulierungen	26
2.1.3.9	Anti-Reflux Formulierungen	27
2.2	Lebensmittelbetrug	28
2.2.1	Definition	28
2.2.2	SSAFE-Tool – Vermeidungsstrategie	31

3	Material und Methode	36
3.1	Analyse des globalen Milchpulver- und Säuglingsnahrungsmarktes	36
3.2	Erstellung eines Kompendiums von Milchpulververfälschungen	36
3.3	Durchführung Onlinebefragung Milchpulverhersteller	37
4	Ergebnisse	40
4.1	Analyse globaler Milchpulver- und Säuglingsanfangsnahrungsmarkt	40
4.1.1	Analyse der globalen Produktions-, Export- und Importdaten von Milchpulver	40
4.1.1.1	Kuhmilchproduktion	40
4.1.1.2	Produktion Vollmilch- und teilentrahmtes Milchpulver	42
4.1.1.3	Produktion Magermilchpulver	43
4.1.1.4	Produktion Molkenpulver	45
4.1.1.5	Exporte Vollmilch- und teilentrahmtes Milchpulver	47
4.1.1.6	Exporte Magermilchpulver	48
4.1.1.7	Importe Vollmilch- und teilentrahmtes Milchpulver	51
4.1.1.8	Importe Magermilchpulver	52
4.1.2	Internationales Ranking von Milchpulverproduzenten	53
4.1.3	Internationale Marktführer Säuglingsnahrungshersteller	57
4.1.3.1	Nestlé	58
4.1.3.2	Danone	58
4.1.3.3	Mead Johnson	59
4.1.3.4	Abbott	60
4.1.3.5	Kraft Heinz	60
4.1.3.6	Friesland Campina	62
4.1.4	Wichtigste Umschlagplätze von Milchpulver	63
4.2	Kompendium Milchpulververfälschungen	69
4.2.1	Verwässerung	69
4.2.2	Zugabe von Kochsalz	72

4.2.3	Zugabe von Stärke	73
4.2.4	Zugabe von Harnstoff	74
4.2.5	Zugabe von Melamin	75
4.2.6	Zugabe von Glukose.....	76
4.2.7	Zugabe von Saccharose (Haushaltszucker)	78
4.2.8	Zugabe von Formaldehyd/Formalin	78
4.2.9	Zugabe von Ammoniumsulfat	80
4.2.10	Zugabe von Natriumhydrogencarbonat/Natriumbicarbonat	82
4.2.11	Zugabe Pflanzlicher Proteine bzw. Fette.....	83
4.3	Ergebnisse der Onlinebefragung	85
5	Diskussion.....	92
6	Zusammenfassung	98
7	Summary.....	100
8	Abkürzungsverzeichnis.....	102
9	Literaturverzeichnis	104
10	Tabellenverzeichnis	112
11	Abbildungsverzeichnis.....	113

1 EINLEITUNG

Milchpulver ist besonders für Säuglinge ein essentielles Lebensmittel, vor allem dann, wenn keine Muttermilch zu Verfügung steht und diese substituiert werden muss (Guo 2014). Aber auch für Erwachsene stellt Milchpulver ein bedeutendes Nahrungsmittel dar, weil es vielseitig industriell verarbeitet wird und in vielen Lebensmitteln als Zutat enthalten ist.

Lebensmittelbetrug im Hinblick auf Milchpulver und milchpulverbasierter Säuglingsnahrung hat in erster Linie den finanziellen Gewinn für die Betrüger zum Ziel (Spink und Moyer 2011). Die Produkte können auf unterschiedlichste Arten verfälscht werden und diese Verfälschungen können darüber hinaus gesundheitsgefährdende Auswirkungen haben, wie der Melaminskandal 2008 in China alarmierend aufgezeigt hat.

Ziel dieser Arbeit war es, alle bis dato in der Literatur beschriebenen Verfälschungsmethoden in einem Kompendium zusammenzufassen. Dieses Kompendium sollte (i) das Prinzip der Verfälschung, (ii) etwaige gesundheitliche Risiken und (iii) entsprechende Nachweismethoden im Detail beschreiben.

Um die Verfälschungsproblematik besser zu verstehen, wurde in der vorliegenden Diplomarbeit sowohl ein detaillierter Überblick über die Herstellungsverfahren von Milchpulver gegeben als auch das Wesen des Lebensmittelbetrugs näher beleuchtet. Des Weiteren galt es den globalen Milchpulver- und Säuglingsanfangsnahrungsmarkt zu analysieren, die wichtigsten Umschlagplätze von Milchpulver zu identifizieren und die weltweit führenden Unternehmen in dieser Branche vorzustellen. Schlussendlich wurde die umfangreiche Literaturrecherche mit einer Onlinebefragung von 14 Unternehmen ergänzt.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 MILCHPULVER UND SÄUGLINGSNAHRUNG

2.1.1 HERSTELLUNGSVERFAHREN VON MILCHPULVER

2.1.1.1 Sprühtrocknungsverfahren

Das Prinzip der Sprühtrocknung wird im folgenden Abschnitt auf Grundlage von Kristensen und Westergaard 2010 beschrieben.

Allgemeines:

Sprühtrocknung hat in der Milchindustrie eine lange Geschichte und reicht zurück bis ins 19. Jahrhundert. Im Jahre 1850 war es erstmals möglich Milch im großen Stil zu trocknen.

Eines der ersten Patente für eine Sprühtrocknungsanlage erhielt der Deutsche Stauff 1901, der Milch unter der Verwendung von Zerstäuberdüsen in einer Kammer mit warmer Luft trocknete. Der erste Durchbruch gelang allerdings dem Amerikaner Grey und dem Dänen Jensen im Jahr 1913, nachdem sie einen Sprühtrockner mit Zerstäuberdüsen entwickelt hatten, und mit dem Verkauf von Trocknungsanlagen auf Handelsebene begonnen hatten. Den ersten rotatorischen Zerstäuber entwickelte der Deutsche Krauss im Jahr 1912, hingegen war es der dänische Ingenieur Nyrop, der das Patent 1933 einreichte und somit den Durchbruch schaffte.

Nachdem diese Pioniere die Basis gelegt hatten, folgte eine rasante Entwicklung in der Milchindustrie und die Sprühtrockner, die heute in Verwendung sind, haben ein anspruchsvolles Design und erfüllen hohe technische Standards.

Per Definition ist Sprühtrocknung die Umwandlung eines flüssigen Ausgangsmaterials in einen trockenen Zustand, indem die Flüssigkeit in ein heißes Trocknungsmedium, meistens Luft, gesprüht wird. Die Beschaffenheit des getrockneten Produktes ist abhängig von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Ausgangsmaterials, sowie von der Trocknungsweise.

Ein konventioneller Sprühtrockner funktioniert wie folgt:

Das Ausgangsmaterial wird von einem Tank in die Zerstäubungsvorrichtung gepumpt und die Trocknungsluft aus der Atmosphäre wird, nachdem sie einen Zuluftventilator passiert hat und erhitzt wurde, über einen Filter in den Luftdispenser überführt. Die zerstäubten Tröpfchen treffen somit auf heiße Luft und die Verdunstung kann bei gleichzeitiger Abkühlung der Trocknungsluft stattfinden.

Der Großteil vom getrockneten Pulver sammelt sich am Boden der Trocknungskammer, die feinen Pulverteilchen, die in der Trocknungsluft verbleiben, werden mithilfe von Zyklonen gefiltert. Zykclone werden auch Fliehkraftabscheider genannt, da aufgrund der Zentrifugalkraft, der sich bewegenden Pulverteilchen eine Stofftrennung erfolgt und somit das recycelte Milchpulver dem System wieder rückgeführt werden kann. Anschließend können beide Pulverfraktionen einem pneumatischen Förder- und Abkühlsystem zugeführt und schlussendlich verpackt werden.

Die einzelnen Bestandteile eines Sprühtrockners werden im folgenden Abschnitt genauer beschrieben.

Bestandteile eines Sprühtrockners:

Trockenkammer:

Am häufigsten kommen zylindrische Kammern mit einem Konus von 40° bis 60° zur Anwendung, da hier das produzierte Pulver der Schwerkraft folgend die Kammer verlässt und somit die Gefahr von Pulverrückständen minimiert werden kann. Es gibt auch noch andere Trockenkammern, wie z.B. eine Flachbettkammer oder eine horizontale Boxenkammer, diese Typen benötigen jedoch ein Pulverentnahmesystem, weil sich das Pulver an den Kammerwänden sammelt.

Trockenkammern sollten immer mit Sicherheitsinstrumenten ausgerüstet sein, wie z.B. Überdruckventile, Lichtschranken oder Feuerlöschanlagen in Form von Wasser- oder Dampfdüsen.

Heißluftsystem und Luftverteilung:

In Bezug auf die Luftfiltration gibt es heutzutage strenge Regelungen, die eingehalten werden müssen, um eine reine Betriebsweise zu gewährleisten und den Keimeintrag so niedrig wie möglich zu halten. Luft muss vorgefiltert und dem Heizraum über einen separaten Ventilator zugeführt werden, in dem Unterdruck besteht. Der Filtergrad und die Position des Filters können variieren und sind abhängig von der Trocknungsendtemperatur.

Die Trocknungsluft kann mittels Dampf, Öl, Gas oder elektrischer Heizung erhitzt werden. Die indirekte Erhitzung über Dampf arbeitet mit einer Effizienz von 98-99 % und die Temperatur ist abhängig vom vorherrschenden Dampfdruck. Bei indirekter Beheizung über Öl bzw. Gas werden die Trocknungsluft und die Verbrennungsgase separat geführt, dabei dienen die Verbrennungsgase in den galvanisierten Röhren als Wärmeübertragungsfläche. Diese Art von Erhitzung arbeitet mit einer Effizienz von 85 % bei einer Temperatur von 175-250 °C. Die direkte, elektrische Erhitzung ist zwar günstig in der Anschaffung aber teuer im Betrieb und wird daher nur selten verwendet.

Bei jeder Verbrennung entstehen Stickoxide. Der Stickoxidlevel von Milchpulver hängt zum einen ab von der Art und Weise, wie die Trocknungsluft erhitzt wurde, aber auch vom Futter der Kühe sowie vom Düngemittel, welches auf den Boden aufgebracht wurde. Zum Beispiel werden Spuren bis zu 2 ppm Stickoxid in Milchpulver gemessen, welches bei der Produktion eine indirekte Erhitzung der Trocknungsluft erfahren hat, im Gegensatz zu 1-3,5 ppm Stickoxid bei direkter Erhitzung.

Die Luftverteilung ist ein wesentlicher Punkt in jeder Sprühtrocknungsanlage und kann entweder im Gleichstrom, Gegenstrom oder in einer gemischten Variante stattfinden. Da die Milchindustrie zum Ziel hat, eine möglichst schnelle Verdunstung der flüssigen Milch zu erreichen, werden hier nur Gleichstromtrockner verwendet, in denen der Pulver- und Luftstrom in gleicher Richtung zum Boden der Trocknungskammer gerichtet sind. Um eine optimale Mischung von Luft und zerstäubten Tröpfchen gewährleisten zu können, befindet sich der Luftverteiler an oberster Stelle in der Trocknungskammer und das Zerstäubungsgerät in der Mitte des Verteilers.

Dosiersystem:

Das Dosiersystem verbindet den Verdampfer mit dem Sprühtrockner und besteht aus einem Dosier- sowie einem Wasserbehälter, einer Zuführpumpe, einer Vorwärmanlage, einem Filter sowie einer Zulaufleitung inkl. CIP-Reinigungssystem.

Es sollten immer zwei Dosierbehälter die abwechselnd in Betrieb sind, verwendet werden, um das Risiko von Bakterienwachstum zu minimieren. Der Wasserbehälter wird genutzt, um die Anlage in Betrieb zu nehmen und am Ende der Produktion wieder auszuschalten oder auch um Wasser in den Sprühtrockner zu leiten, falls es zu einem Mangel an Material kommt. Ein Homogenisator ist wichtig bei der Herstellung von Vollmilchpulver, um den Gehalt an freien Fetten im Endpulver zu reduzieren. Eine Vorwärmanlage ist von Nöten, wenn ein Sprühtrockner mit Zerstäuberdüsen verwendet wird, da hier das Ausgangsmaterial erhitzt werden muss, um die Viskosität zu verringern und somit eine bessere Zerstäubung zu ermöglichen. Damit keine Klumpen in den Zerstäuber gelangen und eine Blockade des Systems auslösen, ist es wichtig einen Filter einzusetzen. Zudem ist im Dosiersystem eine Rücklaufleitung installiert, um eine gründliche Reinigung vornehmen zu können.

Zerstäuber:

Wie bereits oben erwähnt, ist die Luftverteilung ein Schlüsselement im erfolgreichen Sprühtrocknen von Milchprodukten, dies trifft genauso auf den Zerstäuber zu.

Das Ziel der Zerstäubung von Milchkonzentrat ist es, eine möglichst große Oberfläche zu erreichen von der aus die Verdunstung stattfinden kann. Leider schafft es kein Zerstäuber das Konzentrat in gleichgroße Teilchen zu sprühen, obwohl das natürlich ideal wäre, weil es dann zu einer gleichmäßigen Abtrocknung und somit zu einem einheitlichen Feuchtigkeitsgehalt in den Milchpulveragglomeraten kommen würde. Moderne Sprühtrockner sind allerdings in der Lage das Milchkonzentrat mit einem hohen Grad an Homogenität zu zerstäuben, sodass eine hohe Schüttdichte erzielt werden kann.

Eine kurze Trockenzeit und Verweildauer der Tröpfchen in der heißen Luft mit begleitender niedriger Feuchttemperatur ist optimal, um eine ideale Sprühtrocknung zu garantieren.

Bei der Druckdüsenzerstäubung soll mechanische Energie (Druckenergie) in kinetische Energie umgewandelt werden. Die meisten Druckdüsen bestehen aus einem Hohlkegel und einer Wirbelkammer, worin die Flüssigkeit in Rotation versetzt und anschließend aus der Düsenöffnung gepresst wird. Der Grad der Zerstäubung ist abhängig vom Druck, der Viskosität, der Dichte, der Oberflächenspannung sowie von der Beschickungsrate. Zum Beispiel resultieren eine Erhöhung in der Viskosität, Dichte und Oberflächenspannung und eine Reduzierung vom Druck in größeren Pulverpartikeln.

Düsen mit hohem Druck und niedriger Kapazität stehen Düsen mit niedrigem Druck und hoher Kapazität gegenüber. Erstere sind häufig in Ein-Stufen-Sprüh Trocknern im Einsatz und arbeiten bei einem Druck von 300-400 bar und haben eine Kapazität von 50-150 kg/h. Milchpulver, welches mit dieser Art von Düsen zerstäubt wurde hat eine hohe Schüttdichte, tendiert allerdings dazu staubig zu sein, da es viele kleine Teilchen enthält. Außerdem ist dieses Verfahren relativ teuer, da nur Milch mit einem Feststoffgehalt von 40-42 % bearbeitet werden kann. Dem gegenüber stehen Düsen mit einem niedrigen Druck von 150-200 bar und einer relativ hohen Kapazität von 1000-1500 kg/h produziertem Pulver. Diese Druckdüsen finden in der Zwei-Stufen-Sprüh Trocknung Anwendung und können konzentrierte Milch bis zu einem Feststoffgehalt von 48 % bearbeiten und sind somit wirtschaftlicher. Wesentliche Vorteile von Druckdüsenzerstäubern sind folgende:

- es wird Pulver mit geringem Lufteinschluss, dafür hoher Schüttdichte produziert
- das Pulver verfügt über eine höhere Fließfähigkeit
- es entstehen weniger Pulverrückstände in der Trockenkammer
- es besteht die Möglichkeit unterschiedliche Partikelgrößen zu produzieren

Bei der Verwendung von rotatorischen Zerstäubern wird die konzentrierte Milch über einen Flüssigkeitsverteiler am Zentrum des Flügelrades der Trocknungskammer zugeführt und mit Hilfe von Zentrifugalkraft beschleunigt. Die dünne Flüssigkeitsschicht teilt sich dann zusehends in Tröpfchen auf und dabei gilt, je schneller sich das Flügelrad dreht, desto kleiner werden die Tröpfchen. Auch das Design des Flügelrades entscheidet über die physikalischen Eigenschaften der Tröpfchen, z.B. wird bei Flügelrädern mit geraden Klappen relativ viel Luft in die Partikelchen eingeschlossen, das wiederum ist schlecht für den Trocknungsprozess. Gekrümmte Flügelräder können diesem Phänomen entgegenwirken.

Vorteile von rotatorischen Zerstäuber im Gegensatz zu Druckdüsenzerstäubern sind hohe Flexibilität und Kapazität sowie die Möglichkeit der Bearbeitung von viskösen Konzentraten oder Konzentraten mit kristallinem Inhalt. Außerdem können unterschiedliche Pulver produziert werden indem man das Design und auch die Geschwindigkeit des Flügelrades beeinflussen kann. Daher werden rotatorische Zerstäuber in der Herstellung von Vollmilch-, Magermilch-, sowie kristallinem Molkenpulver im Zwei-Stufen-Sprühtrockner häufig verwendet.

Pulvertrennungsanlage:

Da bei der Sprühtrocknung von Milch immer ein Teil des Pulvers in der Trocknungsluft zurückbleibt, ist es notwendig diese Teilchen zu recyceln und das geschieht am einfachsten unter Zuhilfenahme von Zyklonen, Taschenfiltern oder Nassabscheidern. Die hohe Effektivität, geringe Instandhaltungskosten sowie die einfache Reinigung von Zyklonen machen sie zu den gebräuchlichsten Geräten für die Pulvertrennung in der Sprühtrocknung.

Der durchschnittliche Pulververlust von Sprühtrocknungsanlagen, die mit hoch effizienten Zyklonen ausgestattet sind, sollte 0,5 % (150 mg/Nm^3) vom gesamten produzierten Pulver nicht überschreiten. Seit dem Jahr 2007 fordert die EU den Pulververlust unter 10 mg/Nm^3 zu halten. Um diesen Vorgaben gerecht zu werden muss die Trocknungsluft nochmals final bereinigt werden und dies geschieht häufig unter der Verwendung von Taschenfiltern, die selbst Pulverpartikel von $1 \mu\text{m}$ Größe zurückhalten können.

Pulvernachbehandlung:

Pneumatisches Förder- und Kühlungssystem:

Dieses System kommt bei losen Pulvern, welche von der Trocknungskammer bzw. vom Zyklon zur Abgabestelle gefördert werden müssen, zur Anwendung. Hierbei ist Luft das am häufigsten verwendete Fördermedium, wobei die Menge an Luft produktabhängig ist (z.B. Magermilchpulver, Verhältnis 1:4). Insbesondere Umgebungsluft verfügt über den Vorteil, Pulver gleichzeitig fördern und kühlen zu können. Um den bestmöglichen Kühlungseffekt zu erhalten, wird empfohlen, eine drehende Klappe zwischen Trockenkammerauslauf und dem

pneumatischen Fördersystem zu installieren, damit verhindert wird, dass warme, feuchte Luft aus der Trockenkammer in das Fördersystem übertreten kann.

Falls der Feuchtigkeitsgehalt bzw. die Temperatur der Umgebungsluft zu hoch ist, um das Pulver ausreichend zu kühlen, besteht die Möglichkeit die Umgebungsluft auf ca. 8 °C abzukühlen und zu entfeuchten. Um Kondensation in den Röhren vorzubeugen, wird die Umgebungsluft anschließend wieder auf 15-20 °C erhitzt und somit die relative Luftfeuchtigkeit verringert.

Pulver mit einem Fettgehalt von > 30 % ist nicht geeignet, um mit diesem System befördert zu werden, da die Gefahr zu hoch ist, dass es zu Verstopfungen der Rohre bzw. der Zyklone kommt.

Diese Systeme sind günstig in der Anschaffung und bewältigen große Mengen an Pulver, können allerdings nicht für Pulver angewandt werden, die agglomerieren, wie z.B. lösliche Milchpulver.

Wirbelbett:

Das Wirbelbett bietet eine schonende und effiziente Art, agglomerierte und fetthaltige Pulver zu kühlen und den Pulverteilchen die Restfeuchte zu entziehen.

Im Prinzip wird die Trocknungsluft aufwärts auf eine perforierte Platte geblasen, wobei das agglomerierte Pulver in seine Einzelteile zerbricht und anschließend solange auf der Platte verweilt, bis die Restfeuchte im Zentrum der Teilchen an die Oberfläche gelangt ist und dort verdunsten kann.

Ein-Stufen-Trocknung:

Bei der Ein-Stufen-Trocknung handelt es sich um einen Sprühtrocknungsprozess in dem das Produkt nur in der Trockenkammer bis zum Endfeuchtigkeitsgehalt getrocknet wird.

Die Reibung in der Luft führt dazu, dass die Tröpfchen, die mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 150 m/s den Zerstäuber verlassen, abgebremst und somit getrocknet werden. Während dem Entwässern der Tröpfchen findet eine Reduktion im Gewicht um ca. 50 %, im Volumen um ca. 40 % und im Durchmesser der Tröpfchen um ca. 75 % statt.

Obwohl sich die Technik mittlerweile verbessert hat, ist es nicht möglich den Einschluss von Luft in das Konzentrat vollständig zu verhindern. Dies geschieht häufig während dem Pumpen vom Konzentrat zum Verdampfer bzw. in den Dosierbehälter oder während der Zerstäubung. Das Vermögen Luft einzugliedern hängt von der Zusammensetzung, der Temperatur und dem Feststoffgehalt des Konzentrats ab. Zum Beispiel ist in Magermilchpulver mehr Luft eingeschlossen als im Vollmilchpulver. Hieraus lässt sich schließen, dass die Trocknung stark von der Fähigkeit des Lufteinschlusses abhängt, denn umso mehr kleine Luftbläschen in den Tröpfchen vorhanden sind, umso schlechter fällt die Trocknung aus.

In jedem Tröpfchen gibt es einen Temperatur- sowie einen Konzentrationsgradienten, einerseits vom Zentrum zur Oberfläche und andererseits von verschiedenen Punkten der Oberfläche zueinander. Dies resultiert in einer einheitlicheren Abtrocknung kleinerer Tröpfchen. Während der Trocknung steigt der Feststoffgehalt natürlicherweise an, ebenso wie die Viskosität und die Oberflächenspannung. Das heißt der Diffusionskoeffizient wird kleiner und es kann aufgrund von einer verlangsamten Verdunstungsrate zu einer Überhitzung kommen.

Bei einem Restfeuchtigkeitsgehalt von 10-30 % in den Partikeln kann es in manchen Fällen zur Oberflächenhärtung kommen. Hierbei denaturieren die Proteine (v.a. Kaseine) sehr leicht, außerdem härtet die amorphe Laktose aus, dies führt dazu, dass der Wasserdampf nicht mehr penetrieren kann, die Temperatur der Partikel die Verdunstungsrate übersteigt und der Diffusionskoeffizient gegen Null sinkt.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, je mehr Luftblasen sich in den Partikeln befinden, desto eher kommt es zur Überhitzung bzw. zur Oberflächenhärtung, welche für die schlechtere Löslichkeit des Pulvers verantwortlich sind.

Aus dieser kurzen Beschreibung lässt sich schlussfolgern, dass Pulver, welches mit der Einstufen-Trocknung produziert wurde, charakterisiert ist durch kleine, einzelne Partikel mit hoher Dichte und einer Tendenz zur Staubentwicklung, außerdem sind diese Milchpulverarten aus oben beschriebenen Gründen schlechter löslich.

Zwei-Stufen-Trocknung:

Die Zwei-Stufen-Trocknung wurde dazu entwickelt, um dem produzierten Pulver die Restfeuchte von 2-10 % zu entziehen. Dies kann auch unter dem Einfluss von hohen

Austrittstemperaturen in der Ein-Stufen-Trocknung geschehen, allerdings kommt es dort zu den zuvor genannten Problemen. Aus diesem Grund wird in der Zwei-Stufen-Trocknung eine Nachrocknung angeschlossen, wobei der Entzug der Restfeuchte unter schonenden Bedingungen stattfindet.

Da die Verdunstung der letzten Feuchtigkeit in den Partikeln aufgrund des geringen Diffusionskoeffizienten nur sehr langsam vor sich geht, sollte das Pulver in der Nachrocknung eine lange Verweildauer erfahren. Dies kann z.B. in einem angeschlossenen pneumatischen Förder- und Kühlsystem geschehen. In einem anderen System passiert das produzierte Pulver eine zweigeteilte, horizontale Kammer, welche durch ein Lochblech unterteilt ist. Luft wird von oben in diese Kammer zugeführt, was darin resultiert, dass die Pulverpartikelchen, welche sich auf dem Lochblech befinden, stetig in Bewegung gehalten werden.

Durch diese hier beschriebenen Möglichkeiten der Nachrocknung hat das Zwei-Stufen-Verfahren folgende Vorteile gegenüber der Ein-Stufen-Trocknung. Dieses Verfahren fasst eine höhere Kapazität und ist somit wirtschaftlicher. Außerdem verfügt Milchpulver, welches mit dem Zwei-Stufen-Verfahren getrocknet wurde, über eine bessere Qualität im Sinne von besserer Löslichkeit, sowie über eine höhere Schüttdichte.

2.1.1.2 Walzentrocknungsverfahren

Hansen 1985 beschreibt die Technik der Walzentrocknung von Milch wie folgt:

Allgemeines:

Das Prinzip des Walzentrocknungsverfahrens liegt darin, dass Milch auf einer mit Dampf beheizten Walze getrocknet wird, und die entstandene dünne Trockenmilchsicht anschließend von der Oberfläche der Walze abgetragen wird.

Gegenüber Sprühtrocknern haben Walzentrockner folgende Vorteile:

- sie benötigen verhältnismäßig wenig Platz und können daher in den einfachsten Gebäuden eingerichtet werden
- aufgrund der simplen Bauweise sind sie einfach in Betrieb zu nehmen und lassen sich auch gut reinigen
- der effektivste Vorteil von Walzentrocknern ist, dass auch klebrige Produkte, wie z.B. Mischungen aus Getreide und Milch bearbeitet werden können

Ein Nachteil gegenüber den Sprühtrocknern besteht darin, dass die Löslichkeit der getrockneten Pulver aufgrund höherer Protein Denaturierung geringer ist und walzengetrocknete Pulver über ein verbranntes Aroma verfügen, welches durch Maillard-Reaktionen zustande kommt. Überdies ist das Walzentrocknungsverfahren nicht geeignet für Produktionen, die eine hohe Kapazität voraussetzen.

Nichts desto trotz finden Walzentrockner Anwendung in Nischenproduktionen. Da walzengetrocknetes Milchpulver eine hohe Wasserbindungskapazität aufweist, wird es häufig in der Fleischindustrie verwendet oder wegen dem hohen Gehalt an freiem Fett in der Schokoladenindustrie.

Arten von Walzentrocknern in der Milchindustrie:

Zwei-Walzen-Sumpf-Trockner:

Bei dieser Art von Walzentrockner handelt es sich um den ältesten Typ, der heute noch dort genutzt wird, wo neuere Systeme nicht zum Einsatz kommen, wie z.B. beim Trocknen von inhomogenen Mischungen.

Die konzentrierte Milch, welche sich in einem Sumpf zwischen den zwei Walzen befindet, wird langsam auf die sich in entgegengesetzte Richtung drehenden Walzen aufgetragen (Abb. 1) und in Form einer relativ dicken Filmformation getrocknet. Die dadurch entstehende lange Gesamttrocknungszeit kann zu thermischen Veränderungen im Endprodukt führen.

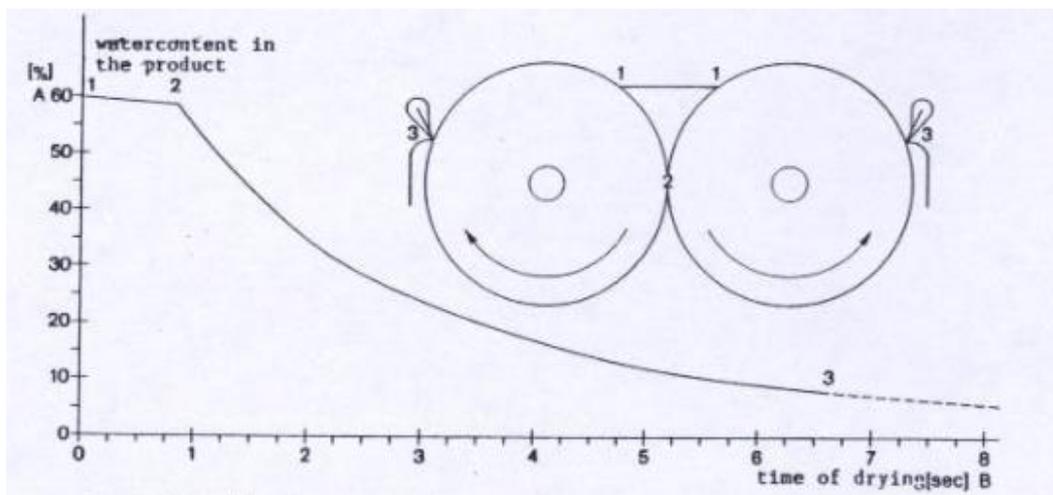


Abb. 1 Zwei-Walzen-Sumpftrockner (Hansen 1985)

Zwei-Walzen-Sprüh-Trockner:

Diese Art von Walzentrockner produziert eine dünne Milchpulverschicht und ist dadurch sehr nützlich in der Trocknung von niedrig viskösen Konzentraten (30-40 % Trockengehalt). Die konzentrierte Milch wird hierbei über Düsen auf die heißen Walzen aufgesprüht (Abb. 2). Durch die Kompression der zwei Walzen kommt es zu einem engen Kontakt zwischen Produkt und Heizoberfläche, das wiederum zu einer Beschleunigung des Trocknungsprozesses führt.

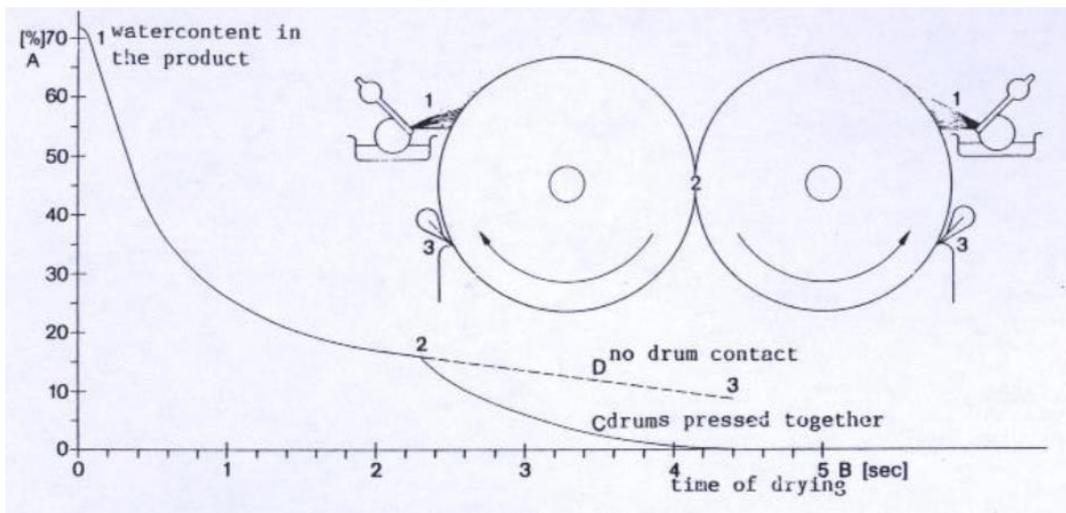


Abb. 2 Zwei-Walzen-Sprühtrockner (Hansen 1985)

Einzelwalze mit Bodenauftragswalze:

Bei dieser Art von Walzentrockner wird das Konzentrat über eine Bodenauftragswalze auf die Trocknungswalze aufgetragen, wobei die Bodenauftragswalze wiederum von einer anderen Walze gespeist wird, welche die konzentrierte Milch von einem Sumpf bezieht (Abb. 3). Mittels Niveauregulierung kann man die Schichtdicke so einstellen, dass ein dünner Milchpulverfilm produziert wird.

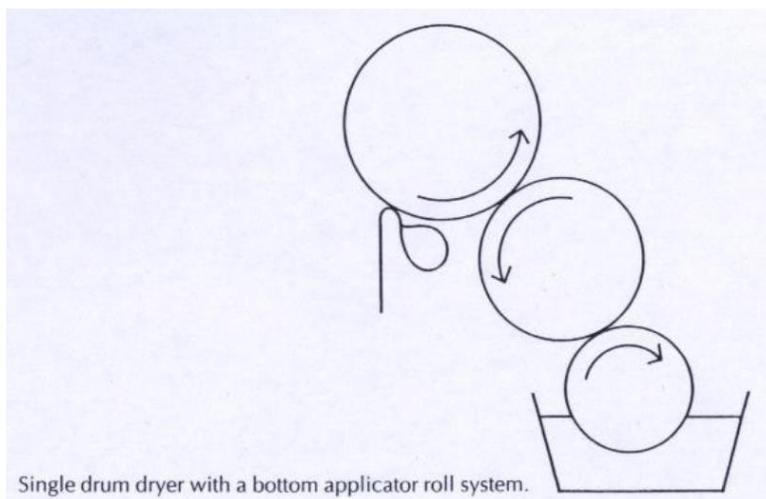


Abb. 3 Einzelwalze mit Bodenauftragswalze (Hansen 1985)

Einzelwalze mit Deckenauftragswalze:

Diese Art von Walzentrockner eignet sich besonders für konzentrierte Milch mit einem Trockengehalt von 13 % bis größer 45 %, wie z.B. Getreide basierte Milchprodukte.

Das Konzentrat wird hierbei über Auftragswalzen, die an unterschiedlichen Levels angebracht sind auf die Trocknungswalze aufgetragen (Abb. 4). Diese fortlaufende Zuspeisung ermöglicht die Produktion einer dünnen Milchpulverschicht, die durchgehend feucht gehalten wird. Das wiederum resultiert in einer Verzögerung des Trocknungsprozesses an der Walzenoberfläche und garantiert somit eine optimale Trocknungszeit.

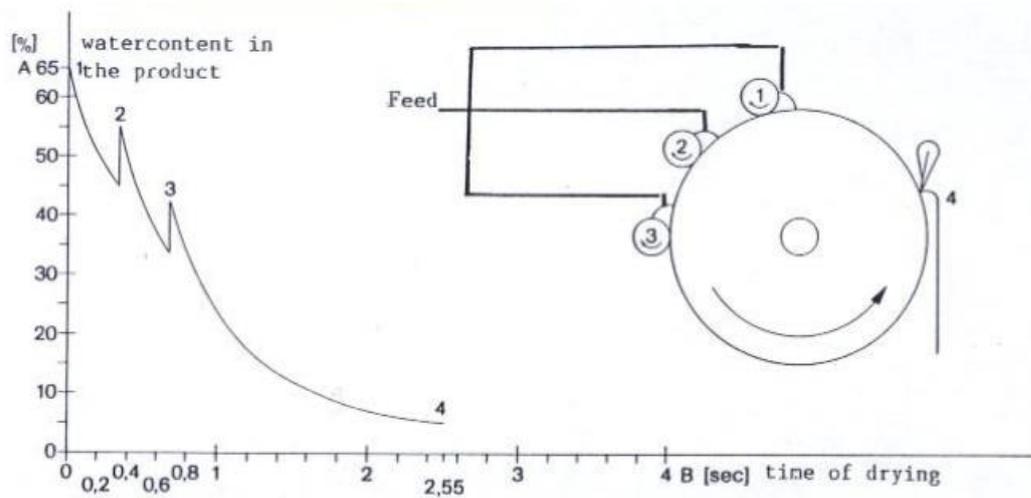


Abb. 4 Einzelwalze mit Deckenauftragswalze (Hansen 1985)

2.1.2 ZUSAMMENSETZUNG – ARTEN VON MILCHPULVER

Milchpulver ist in verschiedenen Arten am Markt erhältlich, das reicht von löslichen Vollmilch- bzw. Magermilchpulver über Buttermilch- und Molkenpulver, bis hin zu spezialisierten Milchpulvern wie Kaseinate und Milchaustauscher für die Tierernährung. Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Arten von Milchpulver beschrieben.

2.1.2.1 Lösliches Vollmilch- und Magermilchpulver

Im „Codex Alimentarius“ sind Grenzwerte angegeben, die genau definieren, wann es sich um ein Vollmilchpulver, teilentrahmtes Milchpulver bzw. ein Magermilchpulver handelt (FAO, WHO Standard for Milk Powders and Cream Powder 1999). Diese Grenzwerte sind in unten angeführter Tab. 1 ersichtlich.

Tab. 1 Vergleich Vollmilchpulver, teilentrahmtes Milchpulver und Magermilchpulver laut Codex Alimentarius; Angaben in Massenprozent

	Vollmilchpulver	teilentrahmtes Milchpulver	Magermilchpulver
Milchfett	min. 26 % und weniger als 42 % m/m	> 1,5 % und weniger als 26 % m/m	1,5 % m/m
Wasser (max.)	5 % m/m	5 % m/m	5 % m/m
Milcheiweiß (min.) – nicht fetthaltig	34 % m/m	34 % m/m	34 % m/m

Aus dieser Tab. 1 kann entnommen werden, dass das Milchfett der wertbestimmende Faktor ist und eine Aussage über den entsprechenden Nährwert des Milchpulvers zulässt.

Technologisch ist anzumerken, dass lösliches Milchpulver die Trockenkammer mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 2-4 % verlässt und aus stabilen Agglomeraten besteht. Dieses Pulver wird auf Wirbelbetten schonend nachgetrocknet und gekühlt, somit verfügt es über eine geringe Dichte, eine gute Rieselfähigkeit, ist nicht staubig und verfügt außerdem über eine

gute Löslichkeit in kaltem Wasser. Wenn nicht agglomeriertes Milchpulver mit Wasser in Kontakt kommt, löst sich zwar der erste Teil des Pulvers schnell in Wasser auf, allerdings verhindert der so entstandene Oberflächenfilm eine weitere Benetzung (Hansen 1985).

Bei der Produktion von Vollmilchpulver muss berücksichtigt werden, dass jeder einzelne Partikel von einer dünnen Fettschicht umgeben ist, daher sollte die Wassertemperatur größer 40 °C sein, um eine gute Löslichkeit zu erreichen. Neben dem hohen Agglomerationsgrad ist weiterhin zu beachten, dass bei der Herstellung von löslichem Vollmilchpulver auch ein oberflächenaktives Agens, nämlich Lecithin, zugegeben wird. Die Menge an zugegebenem Lecithin variiert zwischen 0,1 und 0,3 %, je nach dem Agglomerationsgrad. Ein hoher Gehalt an freiem Fett zusammen mit einem hohen Gehalt an Lecithin erhöht die Benetzungsfähigkeit, allerdings beeinflusst es auch die Rieselfähigkeit und die Dispergierbarkeit des Pulvers negativ (Hansen 1985).

Lösliche Milchpulver werden aufgrund der Tatsache, dass sie eine längere Haltbarkeit (bis zu 6 Monate bei Vollmilchpulver, bis zu 3 Jahre im Fall von Magermilchpulver) als Frischmilch aufweisen, neben der Verwendung in Säuglingsnahrung, hauptsächlich in der Bäckerei, für Konditorwaren, die Schokoladenherstellung und für die Süßwarenproduktion verwendet (Fitsa Group 2020).

In Tab. 2 werden die vorteiligen Eigenschaften von löslichen Milchpulvern für industrielle Zwecke kurz aufgelistet (Fitsa Group 2020).

Tab. 2 unterschiedliche Eigenschaften von industriell verwendetem Milchpulver (Fitsa Group 2020)

Industrielle Verwendung	Eigenschaft des Milchpulvers
Bäckerei, Konditorwaren, Schokoladenherstellung	Hydrophilierungsmittel aus Proteinen sind verantwortlich für stabile Textur Geschmacksgebende und farbgebende Eigenschaften aufgrund von Maillard-Reaktionen; leicht karamellisierendes Aroma und bräunliche Farbe begründet durch die Verbrennung von Laktose und Denaturierung von Proteinen bei der Walzentrocknung von Milch
Suppen, Saucen, Dressings, Fertiggerichte	Emulgator; Stabilisierung der Fettemulsion

Desserts, Eiscreme, Süßigkeiten	<p>Aufschäumen/Schlagen: Proteine bilden eine Schnittstelle zwischen Luft und Wasser und stabilisieren somit den Milchschaum</p> <p>Verdickung/Gelierung: hydrophile Eigenschaften von Laktose und Milchproteinen beeinflussen die Viskosität</p> <p>Magermilchpulver als wichtige Quelle fettfreier Feststoffe (Eisproduktion)</p>
Kaffeeweißer	Milchpulver wirkt als Aufhellungsmittel und besitzt eine hohe Dispergierbarkeit

2.1.2.2 Buttermilchpulver

Echte Buttermilch ist die als Nebenerzeugnis beim Verbuttern von saurem Rahm zurückbleibende, schwach gelbliche Flüssigkeit, die neben Resten des Milchfettes noch alle übrigen Milchbestandteile, allerdings in veränderten Gewichtsanteilen zum Ausgangsprodukt enthält. Ihr Fettgehalt liegt nicht über 1 %. Eine Trockenmasseanreicherung erfolgt - wenn überhaupt - nur durch Entzug von Wasser. Echte Buttermilch ist im Geschmack und Geruch säuerlich-aromatisch bis leicht herb und weist eine flüssig sämige Textur auf. Sie ist weiß bis schwach gelblich und setzt keine oder nur ganz leicht Molke ab. Echte Buttermilch, die aus Rohmilch hergestellt wird, kann einen leicht bräunlichen Farbton aufweisen (BMASGK Codexkapitel/B32/Milch und Milchprodukte).

Buttermilchpulver wird in der Industrie wegen den besonderen Emulgator Eigenschaften verwendet, welche auf den reichhaltigen Phospholipidgehalt zurückzuführen sind. Der Proteingehalt ist in Buttermilchpulver und Magermilchpulver derselbe, allerdings ist der Fettgehalt im Buttermilchpulver leicht höher als im Magermilchpulver. Aus diesem Grund wird das Buttermilchpulver häufig auch als Magermilchpulver Substitut angewendet, da es durch den höheren Fettgehalt natürlich auch ein besserer Geschmacksträger ist (Fitsa Group 2020).

2.1.2.3 Molkenpulver

Molke ist ein Nebenprodukt der Käseherstellung und wird durch vollständiges oder teilweises Abscheiden des Eiweißes aus Milch hergestellt. Süßmolke ist ein durch Labeinwirkung gewonnenes Milchserum, indem das Milcheiweiß (hpts. Kasein) von der Milch abgeschieden

wird. Dahingegen wird Sauermolke durch das Abscheiden von Milcheiweiß bei überwiegender Säureeinwirkung gewonnen (BMASGK Codexkapitel/B32/Milch und Milchprodukte).

Laut dem „Codex Alimentarius“ enthält Molkenpulver 61 % Laktose, 2 % Milchfett, min. 10 % Milchprotein, max. 5 % Wasser und höchstens 9,5 % Asche (FAO, WHO Standard for Whey Powders 1995).

Sprühgetrocknetes Molkenpulver tendiert dazu, staubig und hygroskopisch zu sein und neigt dadurch zu Verklumpung. Dies lässt sich durch das Vorkommen amorpher Laktose erklären. Um diese Klebrigkeit zu kompensieren, sollte Molke mit niedrigem Feststoffgehalt und einer niedrigen Austrittstemperatur produziert, sowie die Restfeuchte des Pulvers gering gehalten werden. Außerdem hat es positive Auswirkungen auf die Klebrigkeit des Produktes, wenn die konzentrierte Molke vor der Trocknung vorkristallisiert wird, denn vorkristallisierte Laktose kann nur wenig Wasser absorbieren. Das daraus resultierende Pulver verfügt über eine höhere Qualität, weil das Risiko der Verklumpung minimiert wird. Typische Trocknungsbedingungen für vorkristallisierte Molke sind Molke Konzentrationen mit einem Feststoffgehalt von bis zu 60 % und Trocknungstemperaturen von bis zu 200 °C (Hansen 1985).

Es besteht auch die Möglichkeit Molkenprotein-Konzentrate im Zwei-Stufen-Sprühtrockner bei 180-200 °C herzustellen. Der hohe Proteingehalt (13 % in der Trockensubstanz) verursacht eine hohe Viskosität des Ausgangsmaterials, deshalb muss der Feststoffgehalt niedrig sein, damit ein feines Pulver produziert werden kann. Da der Preis für diese Art von Milchpulver sehr hoch ist, wird versucht so viel Pulver wie möglich aus dem Sprühtrockner zu recyceln, deshalb kommen hier Taschenfilter zusätzlich zu den Zyklonen zur Anwendung (Hansen 1985).

Molkenpulver kann in vielerlei Hinsicht eingesetzt werden. Am häufigsten wird Molkenpulver in der Säuglingsnahrung verwendet, um den Proteingehalt zu erhöhen. In der Schokoladenherstellung wird Molkenpulver gerne als günstigere Alternative zu Milchpulver angewandt und in der Zubereitung von Fleisch bzw. Fertigprodukten, wie z.B. Suppen oder Saucen kommt es als Füllstoff zum Einsatz (Fitsa Group 2020).

Süßmolkenpulver stellt aufgrund des hohen Laktosegehaltes eine gute Kohlenhydratquelle dar und verfügt über eine gute Emulsionskapazität, wodurch es sich positiv auf die Textur von Back- und Süßwaren auswirkt. Wie man aus der kurzen Beschreibung der Eigenschaften von Süßmolkenpulver sieht, gibt es erhebliche Ähnlichkeiten zum löslichen Milchpulver. Da das

Molkenpulver aber eindeutig günstiger ist, stellt es häufig eine Alternative zum löslichen Milchpulver dar (Fitsa Group 2020).

Sauermolkenpulver hat aufgrund der Ansäuerung in der Käseherstellung einen niederen pH-Wert (~4,5) und enthält weniger Laktose als das Süßmolkenpulver. Von den Anwendungsgebieten in der Industrie unterscheiden sich die zwei Molkenpulverarten nicht (Fitsa Group 2020).

2.1.2.4 Kaseinate

Laut dem österreichischen Lebensmittelbuch ist Kasein der Hauptbestandteil des Milcheiweißes, welches aus Milch durch Fällung gewonnen werden kann. Die Fällung erfolgt in diesem Fall unter Zusatz von Säure, mikrobiologischer Säuerung oder durch Labfällung. Kaseinate sind durch die Trocknung von Kasein gewonnene und mit neutralisierenden Stoffen behandelte Erzeugnisse (BMASGK Codexkapitel/B32/Milch und Milchprodukte).

Kaseinate finden in der heutigen Zeit ein breites Anwendungsspektrum. Nicht nur in diversen Milchprodukten, wie z.B. Joghurt, Käse oder sogenannte Käseimitaten (Analogkäse), sondern auch in der medizinischen Ernährung sowie in der Leistungsernährung bzw. im Gewichtsmanagement haben sich Kaseinate aufgrund ihrer vielfältigen Eigenschaften bewährt. Kaseinate werden dem Joghurt zugesetzt, um die Festigkeit bzw. die Viskosität zu erhöhen, außerdem können dadurch natürliche Schwankungen im Proteingehalt auf ein stabiles Niveau eingestellt werden. Im Fall von Käse- und Schmelzkäseproduktion werden die emulsifizierenden und strukturgebenden Eigenschaften der Kaseinate ausgenutzt, um den Käse nach Kundenwünschen produzieren zu können (DMV Friesland Campina 2012).

Besonders in der medizinischen Ernährung, v.a. in der Sondenernährung von Patienten, konnte sich der Einsatz von Kaseinaten aufgrund der idealen Kombination aus kompositorischen und funktionalen Eigenschaften durchsetzen. Alle essenziellen Zutaten in der Sondenernährung müssen nahrhaft, hitzestabil, steril und homogen sein und außerdem eine niedrige Viskosität aufweisen, damit sie die Sonde passieren können. All diese Eigenschaften treffen auf Kaseinate zu. In der Leistungsernährung bzw. in der Regelung des Gewichtsmanagements haben Kaseinate die Aufgabe, den erhöhten Proteinbedarf zu decken. Ausdauersportler müssen den Proteinverlust ausgleichen wohingegen z.B. Bodybuilder Kaseinate zu sich nehmen, um das Muskelwachstum zu fördern. Menschen, die auf ihre

Ernährung achten und abnehmen wollen oder aus gesundheitlichen Aspekten ihr Gewicht reduzieren müssen, greifen auf Kaseinate als Proteinquelle zurück, um den Körper mit ausreichend Nährstoffen versorgen zu können, obwohl Fette und Kohlenhydrate in der Ernährung deutlich reduziert worden sind (DMV Friesland Campina 2012).

Diese Beispiele decken die Anwendungsgebiete von Kaseinaten lange nicht ab, geben aber einen Überblick über die Vielfältigkeit dieser Art von Milchpulver.

2.1.2.5 Milchaustauscher

Ein großer Teil des weltweit produzierten Magermilchpulvers bzw. Molkenpulvers geht in die Futtermittelschiene, nämlich in Form von Milchaustauschern in der Kälberaufzucht.

Milchaustauscher sind eine wichtige Alleinfuttermittelquelle für Kälber nach der Kolostrumphase, daher ist auf eine gute Verdaulichkeit und Qualität des Milchaustauschers zu achten. Das zur Spaltung pflanzlicher Proteine essenzielle Enzym Pepsin ist kurz nach der Geburt bei Kälbern nicht in ausreichender Menge vorhanden (Verhältnis Chymosin zu Pepsin beträgt 80:20). Aus diesem Grund empfiehlt sich ein Milchaustauscher auf Basis von Magermilchpulver (35 % Rohprotein) zu verwenden, da diese Art von Protein mit Hilfe des Enzyms Chymosin verdaut und somit vom Kalb aufgenommen werden kann. Andere gängige Proteinquellen sind Kaseinate, Molkeneiweißkonzentrate oder teilentzuckertes Molkenpulver (Kunz H.J. 2009).

Wird nur reines Molkenpulver verwendet, so ist der Rohproteingehalt zu niedrig (ca. 12 %) und muss mit Hilfe von pflanzlichen Proteinen z.B. Sojaproteinkonzentrat (ca. 67 % Rohprotein) oder Weizenproteinhydrolysat (ca. 82 % Rohprotein) angehoben werden. Hier ist allerdings anzumerken, dass die Verdaulichkeit aufgrund des Zusatzes pflanzlicher Proteine abnimmt und infolge dessen natürlich auch die Tageszunahmen der Kälber (Kunz H.J. 2009).

2.1.3 SÄUGLINGSANFANGS- BZW. SÄUGLINGSFOLGENAHRUNG

Laut der Verordnung der Bundesministerin für Gesundheit, Familie und Jugend über Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung (RIS) - BGBl. II Nr. 68/2008 wird Säuglingsanfangsnahrung wie folgt definiert: „Lebensmittel, die für die besondere Ernährung von Säuglingen während der ersten Lebensmonate bestimmt sind und für sich allein den Ernährungserfordernissen dieser Säuglinge bis zur Einführung angemessener Beikost entsprechen.“

Folgenahrung hingegen sind „Lebensmittel, die für die besondere Ernährung von Säuglingen ab Einführung einer angemessenen Beikost bestimmt sind und den größten flüssigen Anteil einer nach und nach abwechslungsreicheren Kost für diese Säuglinge darstellen.“

Es steht außer Frage, dass Muttermilch aufgrund der hochwertigen Zusammensetzung mit unterschiedlichen Vitaminen, essentiellen Aminosäuren und Immunglobulinen die bestgeeignetste Nahrungsquelle für Säuglinge von 0-6 Monaten darstellt (WHO 2003). Doch ist es aus verschiedensten Gründen nicht jeder Mutter möglich, ihr Kind ausreichend mit Muttermilch zu versorgen. Deshalb wurden unterschiedliche Muttermilch Substitute entwickelt, um auch diesen Babys eine adäquate Versorgung an Nährstoffen bieten zu können.

Im folgenden Teil wird genauer beschrieben, welche Anforderungen Kuhmilch erfüllen muss, um so nah wie möglich an die Zusammensetzung der Muttermilch heran zu kommen. Außerdem werden die gängigsten Säuglingsnahrungspulver kurz vorgestellt.

2.1.3.1 Humanisierte Milch

In folgender Tab. 3 ist ein Vergleich zwischen Kuhmilch und Muttermilch aufgezeigt.

Tab. 3 Vergleich Muttermilch und Kuhmilch (Kristensen und Westergaard 2010)

	Muttermilch (g/l)	Kuhmilch (g/l)
Kasein	6	27,8
Lactalbumin	9	4,7
Protein gesamt	15	32,5
Fett	41	37,5
Kohlenhydrate	69	48,5
Mineralsalze	2	8
Feststoffgehalt gesamt	127	126,5

Aus dieser Tab. 3 ist ersichtlich, dass Kuhmilch eine deutlich Kasein dominierte Milch mit einem hohen Anteil an Protein ist, im Gegensatz zur Muttermilch, die sichtlich mehr Albumine enthält. Muttermilch hat außerdem einen höheren Laktosegehalt, verfügt über einen höheren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, enthält allerdings weniger Proteine und Mineralstoffe als Kuhmilch. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Kuhmilch nicht einfach nur mit Wasser und Zucker versetzt werden kann, um ein akzeptables Substitut für die Muttermilch zu erhalten (Kristensen und Westergaard 2010).

Der erste Schritt, Kuhmilch der Muttermilch ähnlicher zu machen ist es, den Laktosegehalt zu erhöhen und Pflanzenöl hinzuzufügen, um den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren zu steigern (Kristensen und Westergaard 2010).

Eltern können in den Märkten zwischen zwei Hauptgruppen an Säuglingsnahrungspulver entscheiden, nämlich ist das zum einen Säuglingsanfangsnahrung von 0-6 Monaten und zum anderen Säuglingsfolgenahrung für ein Alter von 6-12 Monaten. Tab. 4 zeigt die Unterschiede zwischen diesen zwei Hauptgruppen.

Tab. 4 Unterschiede zwischen den Säuglingsanfangsnahrung und Säuglingsfolgenahrung; Angaben in Prozent - % (Kristensen und Westergaard 2010)

	Säuglingsanfangsnahrung 0-6 Monate	Säuglingsfolgenahrung 6-12 Monate
Protein - Kasein	6	17
Protein – Molke Proteine	10	4
Tierisches Fett	6	5
Pflanzliches Fett	20	16
Laktose	56	40
Maltodextrin	0	14
Asche	2	4

Da die Zusammensetzung der Proteine zwischen Kuhmilch und Muttermilch stark differiert, wird der Kuhmilch häufig Molkenpulverkonzentrat zugesetzt, um den Proteingehalt auf 15 g/l einzustellen. Das Protein der Süßmolke besteht eigentlich nur aus Lactalbumin und Betaglobulin, weshalb es oft für die Standardisierung verwendet wird. Wenn allerdings nur Süßmolke zur Standardisierung verwendet wird, würde der Mineralgehalt zu hoch werden, daher wird ein Teil der Salze über Membranfiltration und Demineralisierung, mittels Elektrolytdialyse oder Ionenaustausch entfernt (Kristensen und Westergaard 2010).

Muttermilch enthält mehr Fett als Kuhmilch, v.a. der Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, wie z.B. Linolsäure und Arachidonsäure ist höher. Das ist wesentlich für die bessere Verwertung der zur Verfügung gestellten Energie. Daher ist es besonders wichtig, der Kuhmilch nach der Proteinstandardisierung Fett hinzuzufügen. Hierfür wird Pflanzenfett, wie z.B. Korn-, Palm-, oder Sonnenblumenöl verwendet, da diese Fette, die so wichtigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren enthalten. Es wurde überlegt, das tierische Fett komplett durch Pflanzenöl zu substituieren, das würde aber zu einem zu geringen Gehalt an Ölsäuren führen, die hauptsächlich in den tierischen Fetten zu finden sind (Kristensen und Westergaard 2010).

Der Mineralstoffgehalt ist in der Kuhmilch viermal so hoch wie in der Muttermilch. Anhand der Standardisierung mit Molkeproteinen, Fett und Laktose wird der Mineralstoffgehalt auf ein akzeptables Maß reduziert. Das hat aber auch zur Folge, dass der Eisengehalt zu niedrig wird, daher muss der Kuhmilch nachträglich Eisenlaktat, Eisensaccharat oder Eisensulfat zugefügt

werden, um wieder ein ausreichendes Eisenlevel zu erlangen (Kristensen und Westergaard 2010).

Hieraus kann zusammenfassend gesagt werden, dass Milchpulver nach umfangreicher Modifizierung, basierend auf jahrelanger Forschung, der Zusammensetzung der Muttermilch sehr nahe kommt, gewiss aber bleibt Muttermilch die erste Wahl zur Ernährung der Säuglinge (WHO 2003).

2.1.3.2 Vollmilchpulver

Beim Vollmilchpulver werden zwei Formulierungen unterschieden, einerseits handelt es sich um ein Vollmilchpulver mit 25-28 % Fett in den Feststoffen und andererseits handelt es sich um ein Halbfett-Milchpulver mit ca. 14 % Fett. Vitamine (z.B. A, B1, D2), werden hinzugefügt, um saisonale Schwankungen der Kuhmilch auszugleichen und somit ein optimales Standardlevel für Babynahrung herzustellen. Hierbei werden die Vitamine entweder in die noch flüssige Milch untergemischt oder über das Dosiersystem bei der Sprühtrocknung direkt dem Konzentrat hinzugefügt. Bei der Sprühtrocknung von vitaminisiertem Milchpulver ist unbedingt darauf zu achten, dass ein Homogenisator verwendet wird, damit eine einheitliche Verteilung, v.a. der fettlöslichen Vitamine erreicht wird (Kristensen und Westergaard 2010).

2.1.3.3 Vollmilchpulver mit zugesetzten Kohlenhydraten

Dieses Milchpulver entsteht auf Basis von Vollmilch oder Halbfettmilch indem Saccharose und Maltodextrin zugegeben werden. Die Saccharose wird bereits vor der Verdampfung hinzugefügt, um eine ausreichende Wärmebehandlung zu gewährleisten. Das Maltodextrin wird hingegen erst zur konzentrierten Milch dazu gemischt. Auch diese Mischung muss vor der Trocknung homogenisiert werden (Kristensen und Westergaard 2010).

2.1.3.4 Fermentiertes Milchpulver

Spezielle Starterkulturen, wie zum Beispiel *Streptococcus lactis* oder *Lactobacillen* werden bei der Herstellung dieser Art von Milchpulver benötigt. Die vorkonzentrierte Milch auf Halbfett-Basis wird mit den Starterkulturen beimpft und anschließend bei milden Temperaturen

für 6-10 Stunden fermentiert. Nachdem die gewünschte Säure erreicht wurde, wird das fermentierte Konzentrat homogenisiert, gekühlt und anschließend sprühgetrocknet (Kristensen und Westergaard 2010).

2.1.3.5 Formulierungen mit zugesetzter Stärke

Dieses Milchpulver ist häufig zusammengesetzt aus 40-50 % Vollmilchkonzentrat, 35-45 % Stärke, 10-15 % Saccharose und 2,5 % Vitamine und Mineralstoffe (Kristensen und Westergaard 2010).

Vollmilch und Saccharose werden gemischt und pasteurisiert, anschließend wird diese Mischung auf ca. 45 % Feststoffgehalt verdunstet und mit einer Eintrittstemperatur von 180 °C sprühgetrocknet. Die pulverförmige Stärke wird dem Sprühtrockner bei diesem Herstellungsverfahren über das Feinstoff-Rückführ-System zugeführt, ehe es mit den dort befindlichen Milchpulver-Partikeln agglomerieren kann. Diese Agglomeration ist wichtig, damit sich die Stärke in den Vorratsbehältern, in denen das Milchpulver gelagert wird, nicht wieder separieren kann. Bei der Verwendung von pulverförmiger Stärke ist noch zu erwähnen, dass diese oft Bakterien enthalten kann, daher kann eine Gamma-Bestrahlung notwendig werden, um ein akzeptables Endprodukt gewährleisten zu können (Kristensen und Westergaard 2010).

Das Untermischen von Stärke im flüssigen Zustand erlaubt, dass die Stärke pasteurisiert werden kann. Wenn die Wärmebehandlung unter 60 °C abläuft, wird die Stärke nicht vorgegart und die Mischung kann mit einem Feststoffgehalt von 45 % bei einer Temperatur von 180 °C getrocknet werden. Übersteigt die Pasteurisierung allerdings eine Temperatur von 72 °C, so wird die Stärke vorgegart und die Viskosität steigt. Dies hat zur Folge, dass der Feststoffgehalt auf 20-25 % reduziert werden muss, um ein feines Pulver produzieren zu können (Kristensen und Westergaard 2010).

2.1.3.6 Formulierungen mit Soja

Bei diesem Säuglingsnahrungspulver stellt Getreide die Basis für die Kohlenhydratquelle und Soja die Basis für die Proteinquelle dar. Daher enthält dieses Pulver keine Laktose und auch kein Kuhmilchprotein und ist somit für Säuglinge geeignet, welche an einem angeborenen Lactase Mangel (Enzym, zur Spaltung des Zweifachzuckers Laktose in Glukose und

Galaktose) oder Galaktosämie leiden (O'Connor 2009). Die klassische Galaktosämie bei Säuglingen ist auf einen angeborenen Fehler im Galaktose Stoffwechsel zurückzuführen, der durch einen Mangel des Enzyms Galaktose-1-Phosphat-Uridyltransferase hervorgerufen wird (Bosch 2011). Durch Aufnahme von Galaktose mit Muttermilch oder Säuglingsnahrung können in Galaktosämie Patienten lebensbedrohliche Erkrankungen, wie z.B. hepatozelluläre Dysfunktion oder Sepsis hervorgerufen werden. Um diesen lebensbedrohlichen Umständen zu entkommen, wird eine Galaktose freie Ernährung der Säuglinge empfohlen und hierfür bieten sich Säuglingsnahrungspulver auf Sojabasis an (Bosch 2011).

Allerdings enthalten Sojaproteine Phytoöstrogene und Isoflavone und sollten daher niemals bei Frühchen zur Anwendung kommen, da diese Stoffe das Risiko für Osteopenie (Knochenmineralmangel) steigern (O'Connor 2009).

2.1.3.7 Laktosefreies Milchpulver

Laktoseintoleranz ist eine sehr häufig diagnostizierte Erkrankung bei Kleinkindern, welche älter als 12 Monate sind. Aus diesem Grund wurde eine Säuglingsnahrung entwickelt, welche keinen Milchzucker enthält und somit für laktoseintolerante Säuglinge geeignet ist (O'Connor 2009). Ein Beispiel hierfür wäre das laktosefreie Milchpulver von Abbott, „Similac sensitive“, ein Milchprotein basiertes Milchpulver, indem Saccharose als Kohlenhydratquelle dient (Abbott Similac 2020). Laktosefreie Milchpulver sind genauso wie Soja Formulierungen bei einem Mangel an Lactase als Muttermilchersatz geeignet. Bei Auftreten von Diarrhoe kann die Verwendung von laktosefreien Formulierungen dabei helfen, die Dauer der Erkrankung zu verkürzen (O'Connor 2009).

2.1.3.8 Hypoallergene Formulierungen

Diese Art von Säuglingsnahrung enthält umfassend hydrolysierte Proteine, die dazu führen, dass weniger Antikörper im Blut der Säuglinge gebildet werden. Aufgrund dieser Modifizierung sind diese Formulierungen für Säuglinge mit einer IgE medierten Kuhmilchprotein-Allergie, (d.h. der Säugling besitzt Antikörper gegen Kuhmilchproteine) geeignet (O'Connor 2009).

2.1.3.9 Anti-Reflux Formulierungen

Gastroösophagealer Reflux kommt häufig bei Säuglingen vor, die an einer verminderten Schließfunktion des unteren ösophagealen Sphincters leiden. Reflux kann auch physiologisch vorkommen und bedarf normalerweise keiner Behandlung, außer das Kind fühlt sich sichtlich unwohl oder zeigt Gewichtsverlust.

Diese Säuglingsnahrungspulver sind z.B. mit Reisstärke versetzt. Die dadurch höhere Viskosität der Säuglingsmilch führt dazu, dass Säuglinge die Milch langsamer aufnehmen und dadurch das Risiko von Regurgitieren und Erbrechen vermindert werden kann (O'Connor 2009).

2.2 LEBENSMITTELBETRUG

Lebensmittelbetrug hat eine Jahrtausende alte Geschichte, zu den ersten Lebensmitteln die bewusst verfälscht wurden, zählten Olivenöl, Wein, Gewürze und Tee (Johnson 2014).

Ein bekanntes Beispiel für Lebensmittelbetrug war der sogenannte Pferdefleischskandal im Jahr 2013. Am 15. Januar 2013 veranlasste die irische Lebensmittelsicherheitsbehörde die Beprobung von Rindfleischprodukten über den Zeitraum von 2 Monaten. Salami, Burger und Rindfleisch-Fertiggerichte wurden mittels PCR-Analyse auf das Vorkommen von Rinder-, Schweine- bzw. Pferde-DNA getestet. In 10 von 27 getesteten Burgerproben konnte Pferde-DNA nachgewiesen werden (O'Mahony 2013). Daraufhin wurden in allen 27 Mitgliedsländern der EU umfangreiche Tests durchgeführt. Im Einzelhandel und in Schnellrestaurants wurden 4144 Proben gezogen, die als Rindfleisch gekennzeichnet waren. Von diesen 4144 Proben wurden 4,66 % positiv auf das Vorkommen von Pferde-DNA getestet. Weiters wurden 7951 Proben von Lebensmittelunternehmern, darunter Hersteller und Verarbeiter getestet, mit dem Ergebnis, dass 1,38 % der Proben Pferde-DNA enthielten (Brooks et al. 2017). Beim Pferdefleischskandal handelte es sich um eine betrügerische Lebensmittelkennzeichnung, eine direkte Auswirkung auf die Lebensmittelsicherheit oder die öffentliche Gesundheit war jedoch nicht gegeben (Stanciu 2015).

Anders war das beim Melaminskandal in China im Jahr 2008, dem wohl prominentesten und schwerwiegendsten Fall von Lebensmittelbetrug. Knapp 300.000 Kinder erkrankten an Nierensteinen und 11 Kinder verstarben sogar an den Folgeerscheinungen des mit Melamin verfälschten Säuglingsnahrungspulvers (Schoder 2016).

Weitere Beispiele für das Auftreten von Lebensmittelbetrug sind u.a. der Glykol-Wein Skandal 1985 in Österreich, die Zugabe von Harnstoff zu Weizenmehl in einer Getreidefirma in Minnesota in den 1990er Jahren oder die falsche Kennzeichnung von Fisch in kanadischen Supermärkten und Restaurants im Jahr 2008 (Everstine et al. 2013).

2.2.1 DEFINITION

Spink und Moyer 2011 erwähnen explizit wie wichtig es ist, die unterschiedlichen Kategorien Lebensmittelqualität, Lebensmittelbetrug, Lebensmittelsicherheit und Produktschutz zu

unterscheiden, denn dadurch kann man einteilen ob die Handlung beabsichtigt oder unbeabsichtigt getätigt wurde bzw. welche Motivation hinter der Aktivität steckt. Diese Einteilung wird „Lebensmittel-Schutz-Risiko-Matrix“ genannt (Abb.5).

Lebensmittel- Qualität	Lebensmittel- Betrug	Motivation <i>wirtschaftlicher Gewinn</i>
Lebensmittel- Sicherheit	Produktschutz	Schaden <i>öffentliche Gesundheit, wirtschaftlich, Terror</i>
<i>unbeabsichtigt</i>	<i>beabsichtigt</i>	
Handlung		

Abb. 5 Lebensmittel-Schutz-Risiko-Matrix abgewandelt nach Spink und Moyer 2011

Wie aus dieser Matrix (Abb. 5) ersichtlich ist, handelt es sich bei Lebensmittelbetrug um eine beabsichtigte Handlung mit finanziellem Beweggrund.

Es existiert bis zum heutigen Tag noch keine einheitliche Definition von „Food Fraud“ bzw. Lebensmittelbetrug. Die Meinungen der Experten unterscheiden sich diesbezüglich etwas, wobei die Definition der „U.S. Food and Drug Administration (FDA)“ aus dem Jahr 2009 die gebräuchlichste ist. Deren Definition lautet wie folgt: „Food Fraud versteht sich als betrügerische, absichtliche Substitution oder Zugabe eines Stoffes zu einem Produkt, um den scheinbaren Wert des Produkts zu erhöhen oder die Produktionskosten zu senken, mit der Motivation einen wirtschaftlichen Gewinn zu erzielen (Johnson 2014).“ Laut FDA beinhaltet EMA („economically motivated adulteration“) auch die Verdünnung von Produkten mit einem möglicherweise gesundheitsgefährdenden Ausgang für die Menschen, oder auch das Hinzufügen von Stoffen, um die ursprüngliche Verdünnung zu maskieren. Ein europäisches Pendant zur amerikanischen Definition von Food Fraud verlautbarte die U.K. Food Standards Agency (FSA). Diese beschreibt Food Fraud als bewusste Platzierung eines Produktes auf dem Markt, mit der Absicht den Verbraucher zu täuschen und dadurch einen finanziellen Gewinn zu erzielen. Hierbei werden zwei Typen von Food Fraud unterschieden, nämlich zum

einen der Verkauf von potentiell gesundheitsgefährdenden verfälschten Lebensmitteln und andererseits die vorsätzliche falsche Aufmachung von Lebensmitteln, welche durch günstigere Alternativen ersetzt worden sind (Johnson 2014).

In einem Punkt sind sich die Experten weltweit allerdings einig, nämlich dass sich Lebensmittelbetrug grob in drei Typen unterteilen lässt, wobei jede Art von Food Fraud den finanziellen bzw. wirtschaftlichen Gewinn zum Ziel hat (Johnson 2014).

- 1) Vollständiger oder teilweiser Ersatz von Inhaltsstoffen
- 2) Zugabe von nicht authentischen Stoffen (dienen der Maskierung minderwertiger Zusatzstoffe)
- 3) Entfernung oder das vorsätzliche Weglassen von wertbestimmenden Inhaltsstoffen

2.2.2 SSAFE-TOOL – VERMEIDUNGSSTRATEGIE

Die Universität Wageningen sowie die Freie Universität Amsterdam haben ein Konzept entwickelt, wie man es Unternehmen ermöglichen kann, sich vor einem möglichen Lebensmittelbetrug zu schützen, bzw. anhand welcher Eckpfeiler das Unternehmen darauf aufmerksam werden kann, dass Lebensmittelbetrug auftreten könnte. Hierfür haben sie das sogenannte SSAFE-Tool entwickelt, welches zur Analyse von Schwachstellen entlang der Wertschöpfungskette dient und somit bei der Identifizierung unbekannter betrügerischer Aktivitäten helfen soll (Gaiardoni et al. 2017).

Als Basis zur Entwicklung des SSAFE-Tools wurde das „Kriminologie-Dreieck“ (Abb. 6) herangezogen, welches sich aus dem Betrüger, dem Betrogenem und dem fehlenden Vormund zusammensetzt. Vor allem dann, wenn sich Lücken in der Überwachung oder z.B. der Gesetzgebung auftun steigt die Gefahr eines möglichen Betruges (Spink und Moyer 2011).

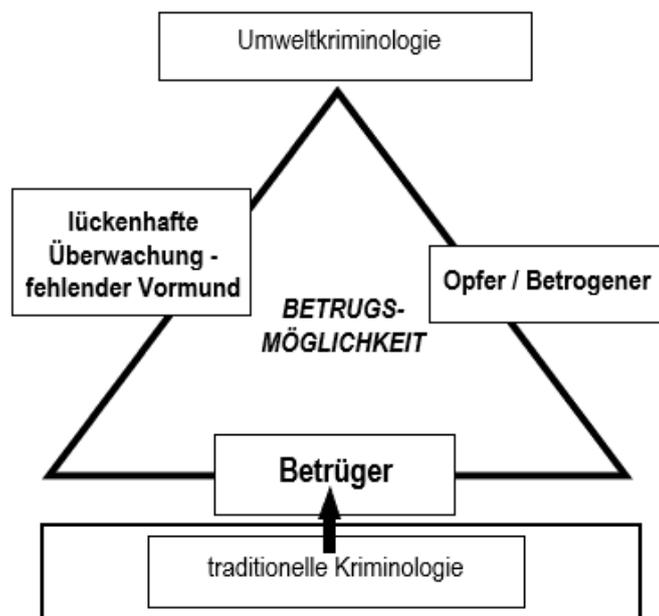


Abb. 6 Kriminologie-Dreieck abgewandelt nach Spink und Moyer 2011

Das SSAFE-Tool beinhaltet 50 Bewertungsfragen, die den Risikograd eines etwaigen Betrugsfalles abschätzen sollen. Maßgeblich für das Auftreten von Lebensmittelbetrug sind die drei Schlüsselemente Chancen, Motivationen und Betrugskontrollmaßnahmen (Gaiardoni et al. 2017).

Als Chancen werden Lücken im System verstanden, welche Betrug überhaupt erst ermöglichen. Betrüger müssen also die Produkt- und Prozessmerkmale ihres Zieles kennen und wissen wo mögliche Chancen für Betrug auftreten können. Die Motivation für Lebensmittelbetrug ist von wirtschaftlicher Natur, da die Betrüger auf finanziellen Zugewinn abzielen. Die wichtigsten Parameter hierfür sind Organisationsstrategie, Unternehmenskultur, Wettbewerbsniveau und Beziehungen zu Lieferanten.

Die Bewertung der fehlenden Kontrollmaßnahmen geschieht in aller Regel dadurch, dass Lebensmittelsicherheitsmanagementsysteme (HACCP – Hazard Analysis Critical Control Point System) der Unternehmen überprüft werden und die Lieferketten inklusive Rückverfolgbarkeit der Lieferanten genauer kontrolliert werden (Gaiardoni et al. 2017). Außerdem berücksichtigt das SSAFE-Tool unterschiedliche Ebenen im Unternehmensumfeld, wo Lebensmittelbetrug auftreten kann. Bei diesen Ebenen handelt es sich um (i) das Unternehmen selbst, (ii) die Lieferkette des Unternehmens, (iii) das Industriesegment in welchem das Unternehmen tätig ist, (iv) das Land bzw. die Region wo das Unternehmen ansässig ist, und (v) das globale Umfeld (Gaiardoni et al. 2017).

Allerdings sind auch einige Risikofaktoren zu berücksichtigen, welche die Betrugsanfälligkeit der Lieferkette beeinflussen können. Diese Risikofaktoren sind in Tab. 5 dargestellt und einige davon werden im Folgenden kurz erläutert (Gaiardoni et al. 2017).

Tab. 5 Risikofaktoren des SSAFE-Tools aufgegliedert nach Chancen, Motivationen und Betrugskontrollmaßnahmen (Gaiardoni et al. 2017)

	<p>Chancenbezogene Betrugsrisikofaktoren</p> <p>Komplexität der Verfälschung; Wissen um die Verfälschung und Verfügbarkeit der Technologien; Nachweisbarkeit der Verfälschung</p>	<p><i>wirtschaftlich angetrieben</i></p>	<p>Motivationsbezogene Betrugsrisikofaktoren</p> <p>Lieferung und Preisgestaltung der Materialien; Wertbestimmende Komponenten des Materials; Preisasymmetrien der Länder; Wettbewerbsfähigkeit</p>	<p><i>technische Maßnahmen</i></p>	<p>auf Kontrollmaßnahmen bezogene Betrugsrisikofaktoren</p> <p>Spezifität und Genauigkeit von Betrugsüberwachungs-Systemen; Systematik der Betrugsüberwachungs-Systeme; Genau Informationen für die Massenbilanzkontrolle; Umfang des Nachverfolgungssystems; Betrugsnotfallplan</p>
<p>in Raum und Zeit</p>	<p>Zugänglichkeit zu Material in Produktion und Verarbeitung; Transparenz der Lieferkette; Beziehungen in der Lieferkette</p>	<p><i>kulturelle und verhaltensbezogene Anliegen</i></p>	<p>Geschäftsstrategie; Ethische Unternehmenskultur; Frühere Straftaten; Nationales Korruptionslevel; Viktimisierung</p>	<p><i>Management-Maßnahmen</i></p>	<p>Genauigkeit des ethischen Verhaltenskodex; Überprüfung der Anwendungsintegrität; Unterstützung des Whistle-Blower-Systems; Vertragliche Anforderungen an Lieferanten; Soziale Kontrolle und Transparenz in der gesamten Lieferkette; Etablierte Leitlinien für Betrugsprävention und Strafverfolgung</p>

Technische Risikofaktoren, welche sich auf das Schlüsselement Chancen auswirken, sind das Wissen um die unterschiedlichen Verfälschungsmethoden und die Verfügbarkeit der Nachweisttechnologien, denn dieses Wissen ermöglicht Betrügern die Schwachstellen auszunützen und ihr Vorhaben zu vollziehen. Auch wenn bereits eine große Vielfalt an Nachweismethoden etabliert wurde, besteht immer noch die Gefahr des Lebensmittelbetrugs, weil nicht auszuschließen ist, dass Täter eine Lücke im Detektionsverfahren finden können. Genauso hat auch die Zusammensetzung des Lebensmittels Einfluss auf die Anfälligkeit für Betrug, denn umso komplexer und variabler ein Stoff ist, desto höher ist das Risiko für Betrug, da die Lebensmittelauthentizität mit dem Grad der Komplexität des Lebensmittels schwieriger zu analysieren ist. Darüber hinaus ist es wichtig die Lieferkette des Lebensmittels genau zu kennen und die Transparenz und Rückverfolgbarkeit aller Lieferanten zu gewährleisten (Gaiardoni et al. 2017).

Die Risikofaktoren des SSAFE-Tools bezüglich der Motivation hinter Lebensmittelbetrug fokussieren das wirtschaftliche Interesse der Betrüger. Der Milchpreis orientiert sich z.B. an der internationalen Nachfrage am Lebensmittel und dies führt zu großen Preisschwankungen am globalen Markt. Betrügern bietet sich somit eine lukrative Gelegenheit finanziellen Profit herauszuschlagen. Auch die Entwicklung von Qualitätssiegeln v.a. für Bio-Milchprodukte verleitet Betrüger dazu, konventionelle Produkte fälschlicherweise als Bio auszuweisen, da Konsumenten für Produkte mit Qualitätssiegel mehr Geld ausgeben. Ebenso weisen Unternehmen, die auf langjährige Kooperationen mit ihren Lieferanten und gegenseitiges Vertrauen zurückgreifen können, ein geringeres Betrugsrisiko auf (Gaiardoni et al. 2017).

Im Jahr 2014 wurde von der GFSI (Global Food Safety Initiative) der Bereich Food Fraud mit in die Lebensmittelsicherheitsmanagementsysteme aufgenommen indem das VACCP (Vulnerability Analysis Critical Control Point) Konzept etabliert wurde (Spink 2014). Hierbei wurde das Grundprinzip von HACCP angewendet, wobei lediglich der Fokus von Gefahrenanalyse auf Vulnerabilitäten verschoben wurde. Es gilt ein einfacher Leitsatz: Je ausgeprägter die Überwachungssysteme in einem Unternehmen sind, desto geringer fällt das Risiko für Lebensmittelbetrug aus (Gaiardoni et al. 2017). Ebenso sind Tracking and Tracing Systeme unverzichtbar, denn nur wenn das Produkt während der Herstellung, dem Vertrieb und später auch im Handel rückverfolgbar bleibt, kann das Risiko minimiert werden (Moe 1998). Die meisten dieser Systeme konzentrieren sich jedoch auf firmeninterne Abläufe und nicht auf die gesamte Lieferkette (Gaiardoni et al. 2017).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wenn nun ein Unternehmen mit Hilfe des SSAFE-Tools die Anfälligkeit für Betrug herausfinden möchte, mithilfe der 50 Bewertungsfragen, die potenziellen Risikofaktoren aus den Bereichen Chancen und Motivationen ermittelt werden können. Es handelt sich diesbezüglich um geschlossene Fragen. Es kann jeweils nur eine Antwort ausgewählt werden, indem die Risikostufen klassifiziert werden (1-niedriges Risiko, 2-mittleres Risiko, 3-hohes Risiko). Mit den im Unternehmen geltenden Kontrollmaßnahmen kann dem entstandenen Risiko entgegengewirkt werden, wobei hier die Bewertung auch wieder nach einem 3 Punkte Schema (1-niedriger Angemessenheitsgrad, 2-mittlerer Angemessenheitsgrad, 3-hoher Angemessenheitsgrad) erfolgt (Gaiardoni et al. 2017).

Die Auswertung erfolgt mithilfe von drei Netzdiagrammen aufgeteilt nach den Risikoindikatoren Chancen, Motivationen und Betrugskontrollmaßnahmen. Aufgegliedert in die Risikograde 1, 2 und 3 kann somit von den Netzdiagrammen abgelesen werden, ob das Unternehmen in den Bereichen Chancen und Motivationen ein hohes Risiko für Lebensmittelbetrug aufweist bzw. ob das Unternehmen Kontrollmaßnahmen etabliert hat, welche vor einem potenziellen Betrugsfall schützen können.

3 MATERIAL UND METHODE

3.1 ANALYSE DES GLOBALEN MILCHPULVER- UND SÄUGLINGSNAHRUNGSMARKTES

Die Recherche über die Struktur des globalen Milchpulver- und Säuglingsanfangsnahrungsmarktes erfolgte in englischer Sprache hauptsächlich über die Suchmaschine „Google“. Die verwendeten Schlagwörter waren „global infant formula market“, „global dairy market situation“, „global milkpowder market“, „top players milk powder market“, „milkpowder world production“. Nachdem über diese Schlagwörter die weltweit führenden Säuglingsnahrungshersteller identifiziert werden konnten, dienten die Homepages der unterschiedlichen Unternehmen als Quelle für weiterführende Informationen. Für die Identifikation der weltweit größten Molkereiunternehmen wurde der Suchbegriff „world dairy companies“ in der Suchmaschine „Google“ verwendet.

Als Grundlage für eine globale Marktanalyse wurden die Produktionsdaten von Kuhmilch, Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver sowie die Daten der Import- und Exportverhältnisse von Milchpulver basierend auf dem Bericht „The World Dairy Situation 2018“ von der International Dairy Federation herangezogen.

Weiters wurden die größten Containerhäfen der Welt mit den Schlagwörtern „main shipping ports worldwide“, „shipping ports africa“, „main shipping lanes“ identifiziert.

3.2 ERSTELLUNG EINES KOMPENDIUMS VON MILCHPULVERVERFÄLSCHUNGEN

Für die Zusammenstellung eines Kompendiums über Milchpulververfälschungen wurde in allen relevanten wissenschaftlichen Datenbanken, wie „PubMed“, „Scopus“, „ScienceDirect“ oder „ResearchGate“ aber auch in der Suchmaschine „Google“ bzw. „Google Scholar“ nach spezifischer Fachliteratur in englischer Sprache gesucht. Stichwörter für diese Recherche

waren u.a. „milkpowder adulteration“, „common milkpowder adulteration“, „detection of milkpowder adulterations“, „infant formula adulteration“, „chemical adulterants in milk“, „food fraud in milk“. Des Weiteren wurden die Quellenangaben in sämtlichen bereits recherchierten Unterlagen studiert, um so an weitere einschlägige Literatur zu kommen.

3.3 DURCHFÜHRUNG ONLINEBEFRAGUNG MILCHPULVERHERSTELLER

Die Auswahl der Unternehmen, die für die Onlinebefragung in Betracht kamen orientierte sich an den weltweit führenden Säuglingsnahrungsherstellern. Außerdem erschien es sinnvoll nationale Milchpulverhersteller in die Befragung mit aufzunehmen und nach diesen wurde mit Hilfe des dem Schlagwortes „Milchpulverhersteller Österreich“ in der Suchmaschine „Google“ gesucht. Diese Eingabe führte zur Homepage von „Europages“ - einer europäischen Unternehmer-Plattform zur Knüpfung von Geschäftsbeziehungen, durch welche noch weitere Milchpulverhersteller im deutschsprachigen Raum auffindig gemacht werden konnten. Anschließend wurde eine Liste (siehe Tab. 11 im Ergebnisteil) mit der vollständigen Firmenbezeichnung, der Adresse, der Telefonnummer und der E-Mail-Adresse von 14 Unternehmen erstellt, die für die Onlinebefragung ausgewählt wurden.

Zur Erstellung des Fragebogens wurde die gratis Onlineplattform „SurveyMonkey“ genutzt, mit dessen Hilfe es gelang, einen einfach strukturierten und übersichtlichen Fragebogen in deutscher und englischer Sprache zu erstellen (Tab. 6 und Tab. 7).

Tab. 6 Onlinefragebogen Milchpulververfälschungen und Struktur des globalen Milchpulver- und Säuglingsnahrungsmarktes

1. Wie viele Tonnen Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver verarbeitet Ihr Unternehmen (weltweit) zu Säuglingsnahrung?				
2. Wie viel Prozent Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver werden „in house“ produziert, wieviel Prozent werden zugekauft?				
3. Wie viele Milchpulverwerke gehören Ihrem Unternehmen bzw. Ihrem Firmenkonsortium an?				
4. Wie viele Milchpulverwerke gibt es Ihrer Schätzung nach weltweit?				
5. Wie häufig sind Ihrer Meinung nach die unten aufgelisteten Verfälschungen global gesehen?				
	sehr häufig	regelmäßig bis häufig	selten bis gar nicht	noch nie davon gehört
Verwässerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kochsalz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stärke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Harnstoff/Melamin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Glukose	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Saccharose	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formalin/Formaldehyd	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ammoniumsulfat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Natriumhydrogencarbonat/Natriumbicarbonat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pflanzliche Proteine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pflanzliche/tierische Fette	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Kennen Sie noch andere Arten von Milchpulververfälschungen als die zuvor genannten?				
<input type="checkbox"/> Ja				
<input type="checkbox"/> Nein				
Wenn ja, welche?				
<input type="text"/>				
7. Wie können sich Säuglingsnahrungshersteller vor Milchpulververfälschungen schützen?				

Tab. 7 Online Questionnaire Milkpowder adulteration and Structur of global Milkpowder and Babyfood Market

1. How many tonnes of whole milk powder, skimmed milk powder and whey powder does your company process into baby food (worldwide)?				
2. How much percent of whole milk powder, skimmed milk powder and whey powder are produced "in house" and how much percent are bought?				
3. How many milk powder plants belong to your company?				
4. How many milk powder plants do you think there are worldwide?				
5. In your opinion, how often are the adulterations listed below globally?				
	very often	regularly to frequently	rarely or not at all	never heard about it
Dilution with Water	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Common salt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Urea/Melamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Starch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Glucose	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sucrose	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formaline/Formaldehyde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ammonium sulfate	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sodium bicarbonate	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
vegetable proteins	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
vegetable fats / animal fats	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Do you know any other types of milk powder adulterations than those mentioned above?				
<input type="checkbox"/> Yes				
<input type="checkbox"/> No				
If yes, which?				
<input type="text"/>				
7. How can baby food and milkpowder producers protect themselves from food fraud?				

4 ERGEBNISSE

4.1 ANALYSE GLOBALER MILCHPULVER- UND SÄUGLINGSANFANGSNAHRUNGSMARKT

4.1.1 ANALYSE DER GLOBALEN PRODUKTIONS-, EXPORT- UND IMPORTDATEN VON MILCHPULVER

Die Entwicklung des globalen Milchpulvermarktes in den Jahren 2005 bis 2017 wurde auf Grundlage des Berichtes der International Dairy Federation aus dem Jahr 2018 graphisch dargestellt und näher analysiert. Im Wesentlichen wurden die Produktion von Milch bzw. unterschiedlichen Milchpulverarten (Vollmilchpulver, Magermilchpulver und Molkenpulver) sowie die globalen Import- und Exportverhältnisse ausgewertet.

4.1.1.1 Kuhmilchproduktion

Über viele Jahre war die EU 28 der größte Milchproduzent weltweit. Seit dem Jahr 2010 nimmt diesen Platz mit 150 Mio. Tonnen Milch allerdings Asien ein (Abb. 7). Die aktuellen Daten vom IDF Bericht 2018 zeigen, dass Asien mit einer jährlichen Wachstumsrate von 4,1 % (2005-2017) im Jahr 2017 212 Mio. Tonnen Milch produziert hat. Aktuell ist die EU 28 der zweitgrößte Milchproduzent mit 165 Mio. Tonnen und Amerika nimmt mit 125 Mio. Tonnen den dritten Platz ein (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 - Tabelle 2/Tabelle 6).

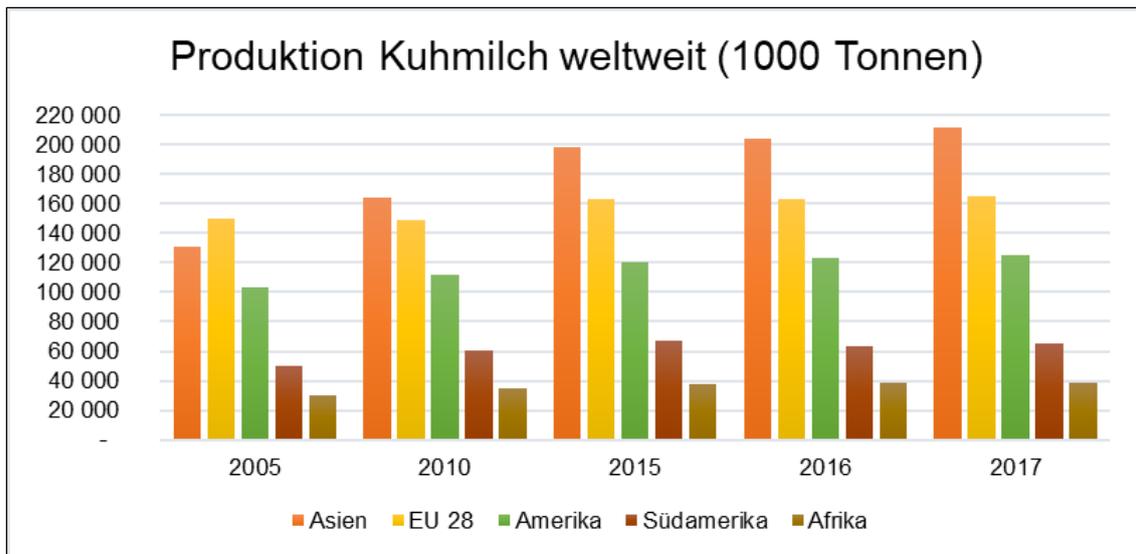


Abb. 7 Produktion Kuhmilch weltweit

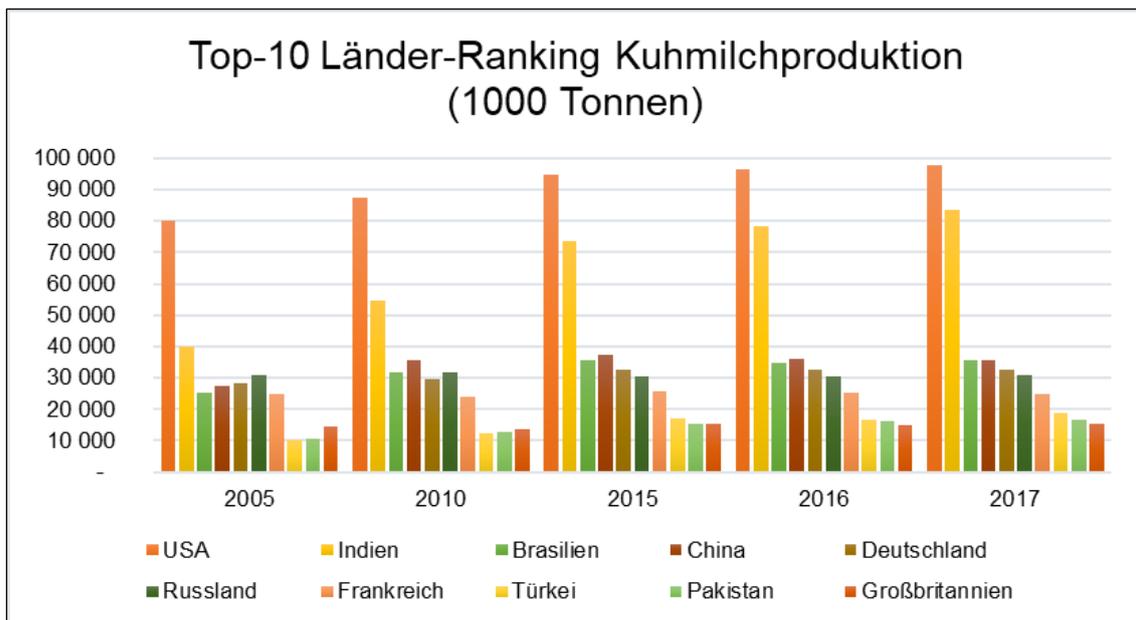


Abb. 8 Top-10 Länder-Ranking Kuhmilchproduktion

Auf Länderebene ist die USA nach wie vor der Top-Milchproduzent weltweit, mit aktuell 97 Mio. Tonnen produzierter Milch im Jahr 2017. Die jährliche Wachstumsrate betrug im Zeitraum 2005-2017 durchschnittlich 1,7 % (Abb. 8). Indien belegt mit einer jährlichen Wachstumsrate von 6,4 % den zweiten Platz hinter den USA mit einer Produktion von 83 Mio. Tonnen Milch. Brasilien folgt mit 35 Mio. Tonnen Milch und ist daher der aktuell drittgrößte Kuhmilchproduzent

weltweit (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 - Tabelle2/Tabelle 6). Die Entwicklung anderer namhafter Produktionsländer von Kuhmilch ist ebenfalls aus Abb. 8 zu entnehmen.

4.1.1.2 Produktion Vollmilch- und teilentrahmtes Milchpulver

Aus Abb. 9 ist ersichtlich, dass sich im Zeitraum von 2005-2017 Neuseeland zum größten Produktionsland für Vollmilchpulver und teilentrahmtes Milchpulver entwickelt hat, gefolgt von China und Brasilien. Neuseeland produzierte im Jahr 2017 1,38 Mio. Tonnen (jährliche Wachstumsrate von 6,1 %), China 1 Mio. Tonnen (jährliche Wachstumsrate von 0,7 %) und Brasilien 598 Tsd. Tonnen (jährliche Wachstumsrate von 2,6 %) Vollmilch- bzw. teilentrahmtes Milchpulver. Auch zwei europäische Länder, nämlich Deutschland mit 257 Tsd. Tonnen und die Niederlande mit 184 Tsd. Tonnen tragen einen erheblichen Teil zum weltweit produzierten Vollmilch- bzw. teilentrahmten Milchpulver bei (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 – Tabelle 13).

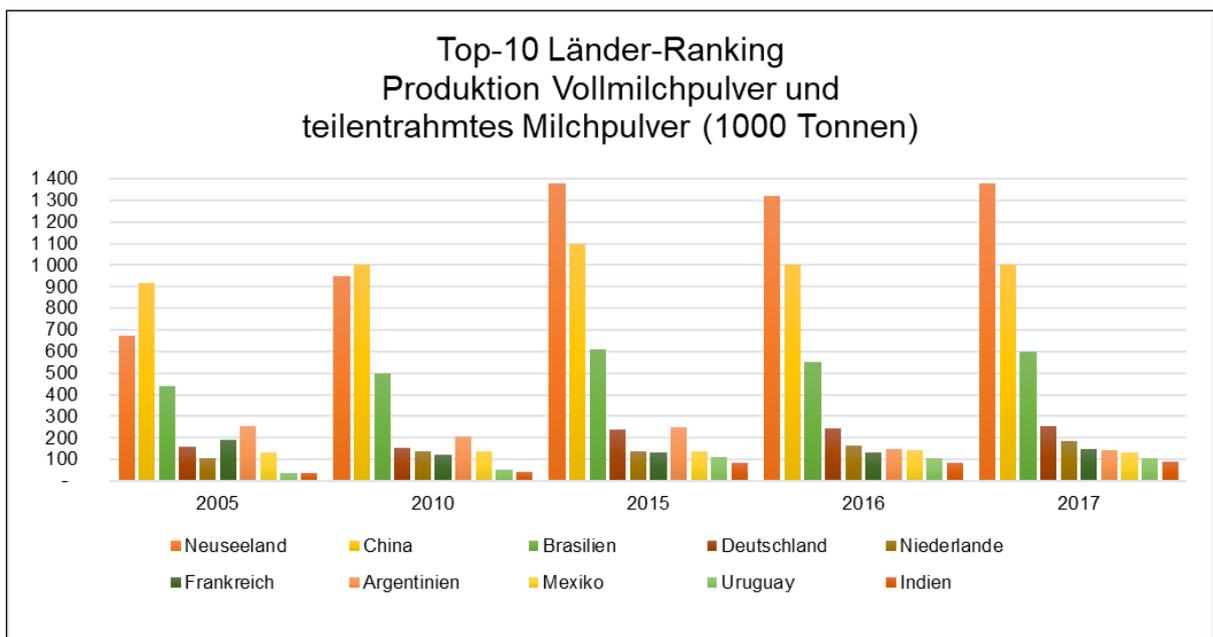


Abb. 9 Top-10 Länder-Ranking Produktion Vollmilchpulver und teilentrahmtes Milchpulver

Auch bei der Verteilung der Produktion von Vollmilch- und teilentrahmten Milchpulver nach Kontinenten (Abb. 10) zeichnet sich derselbe Trend ab, wie bereits beim Länderranking beschrieben. Ozeanien führt das internationale Ranking mit 1,4 Mio. Tonnen an, gefolgt von

Asien mit 1,1 Mio. Tonnen und Europa liegt an dritter Stelle mit 1 Mio. Tonnen produziertem Vollmilch- und teilentrahmten Milchpulver (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 – Tabelle 13).

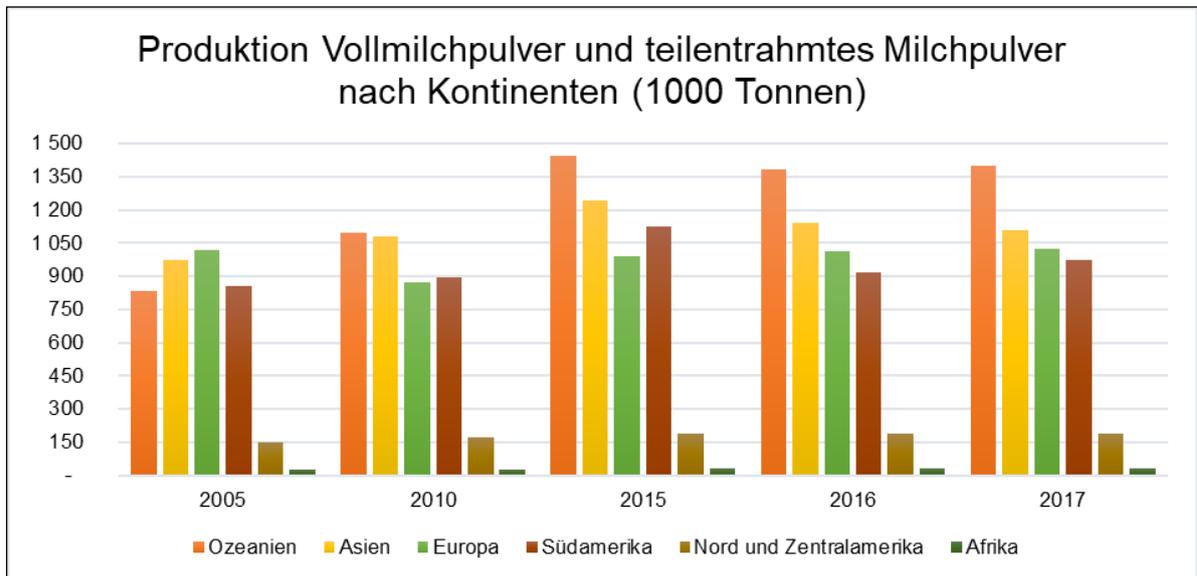


Abb. 10 Produktion Vollmilchpulver und teilentrahmtes Milchpulver nach Kontinenten

4.1.1.3 Produktion Magermilchpulver

In Abb. 11 des Top-10 Länder-Rankings in der Produktion von Magermilchpulver kann man sehen, dass die USA mit großem Abstand der Top-Produzent auf Länderebene weltweit ist, mit einer jährlichen Produktion im Jahr 2017 von 1 Mio. Tonnen (jährliche Wachstumsrate von 3,4 %). Indien konnte im Zeitraum von 2005-2017 mit einer jährlichen Wachstumsrate von 7,4 % die Produktion deutlich steigern und liegt damit hinter den USA auf Platz zwei mit 570 Tsd. Tonnen produziertem Magermilchpulver. Auch Deutschland konnte eine Zunahme (jährliche Wachstumsrate 4,4 %) in der Magermilchpulverproduktion verzeichnen und liegt aktuell an dritter Stelle mit einer Produktion von 430 Tsd. Tonnen (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 – Tabelle 14).

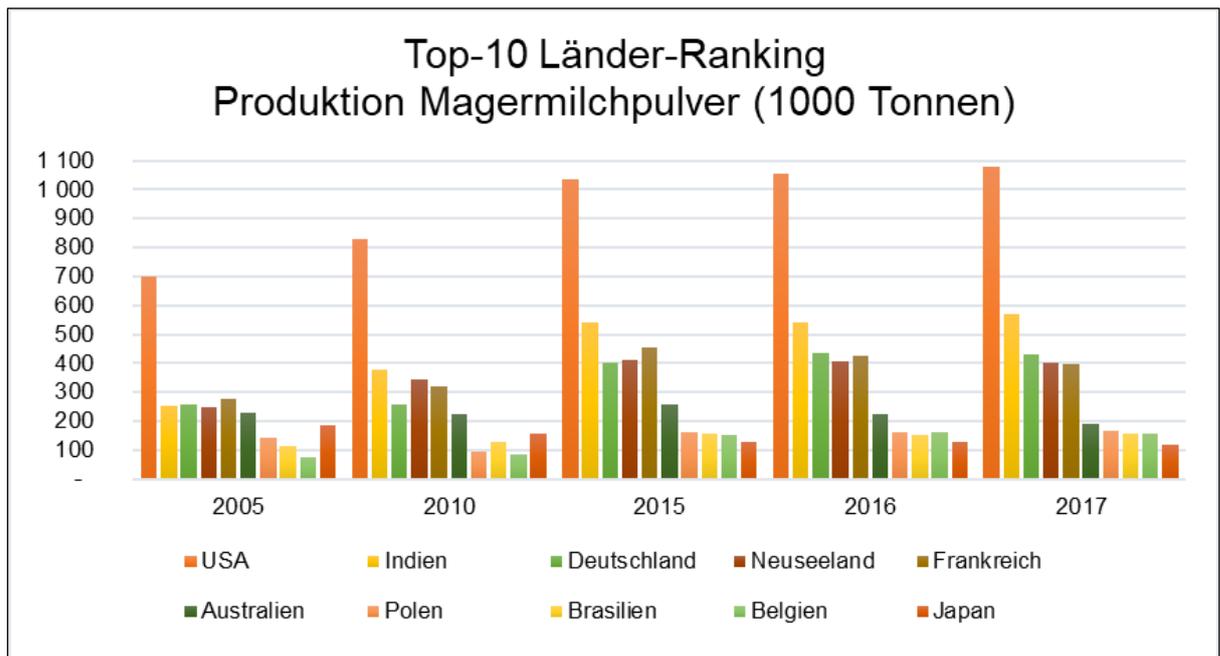


Abb. 11 Top-10 Länder-Ranking Produktion Magermilchpulver

Betrachten wir allerdings die Magermilchpulverproduktion nach Kontinenten (Abb. 12) liegt nicht Nord- und Zentralamerika an erster Stelle, sondern Europa mit einer Produktion von 1,9 Mio. Tonnen im Jahr 2017. Nord- und Zentralamerika belegen Platz 2 mit 1,2 Mio. Tonnen gefolgt von Asien und Ozeanien. Insgesamt produzierte die EU 28 im Jahr 2017 1,6 Mio. Tonnen Magermilchpulver und zusammen mit weiteren europäischen Ländern, die nicht der EU angehörig sind, kommt die Führung nach Kontinenten zustande (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 – Tabelle 14).

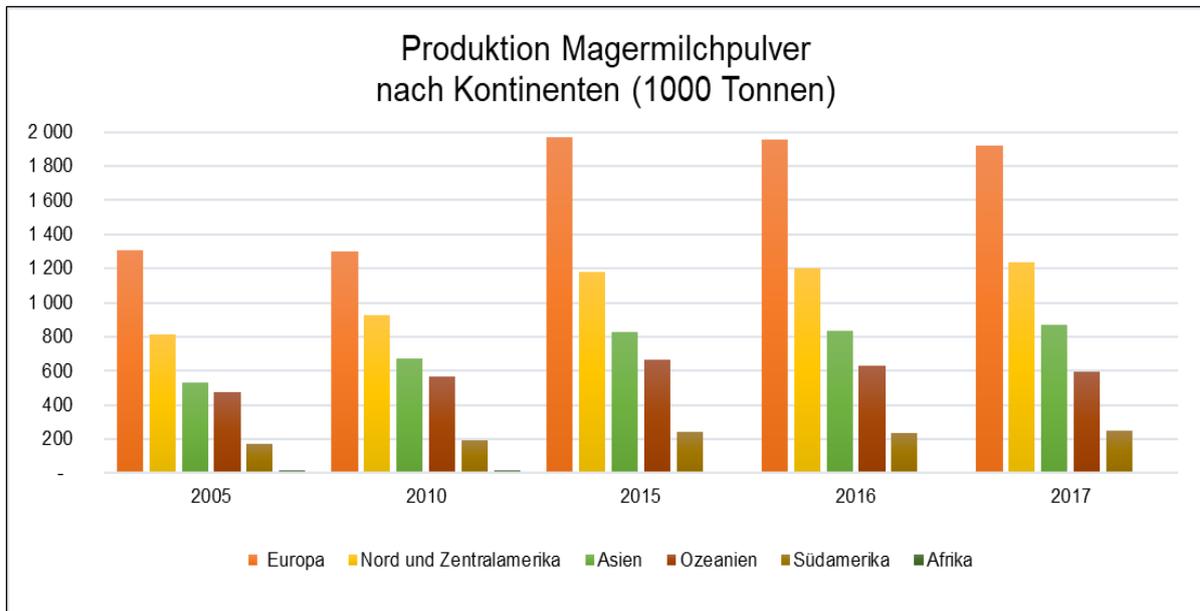


Abb. 12 Produktion Magermilchpulver nach Kontinenten

4.1.1.4 Produktion Molkenpulver

Die Molkenpulverproduktion liegt fest in europäischer Hand (Abb. 13), bis auf die USA, welche mit einer jährlichen Produktion von 470 Tsd. Tonnen im Jahr 2017 hinter Frankreich (566 Tsd. Tonnen) den zweiten Platz weltweit einnimmt. Polen entwickelte sich im Zeitraum von 2005-2017 mit einer hohen jährlichen Wachstumsrate von 12,3 % und einer Produktion von 300 Tsd. Tonnen Molkenpulver zum viertgrößten Produzenten hinter Deutschland mit einer Jahresproduktion von 345 Tsd. Tonnen (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 – Tabelle 16).

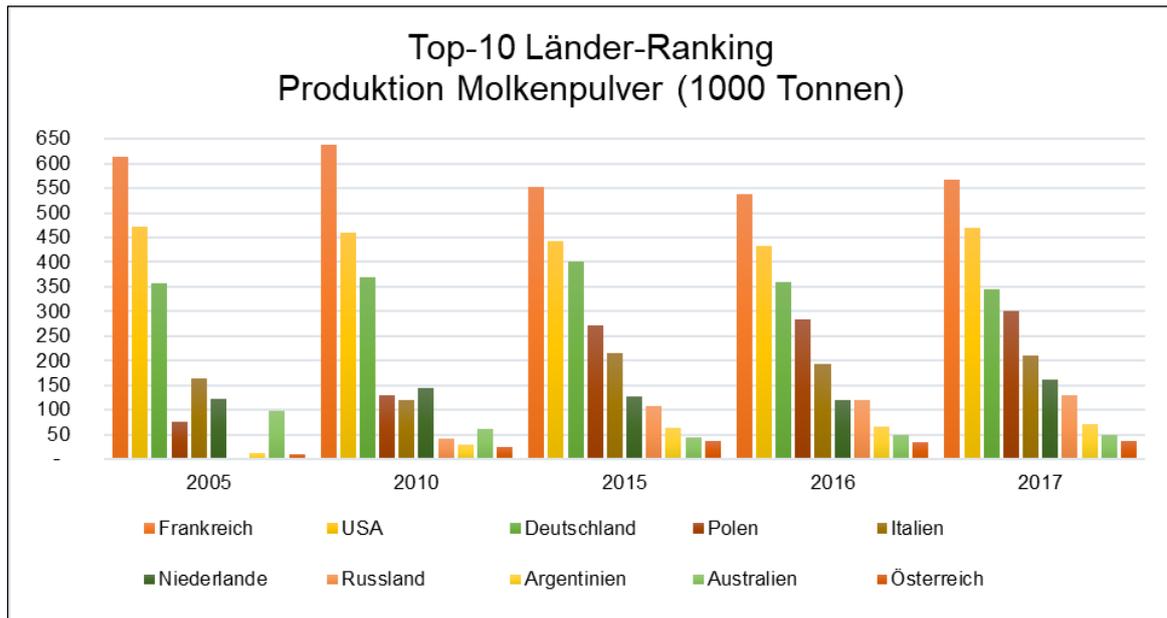


Abb. 13 Top-10 Länder-Ranking Produktion Molkenpulver

In der Darstellung der Molkenpulverproduktion nach Kontinenten (Abb. 14) wird nochmal verdeutlicht, dass Europa mit 2,2 Mio. Tonnen mit Abstand der größte Produzent ist. Nord- und Zentralamerika folgen mit 508 Tsd. Tonnen auf Platz zwei (Bulletin of the IDF No. 494/2018 – Tabelle 16).

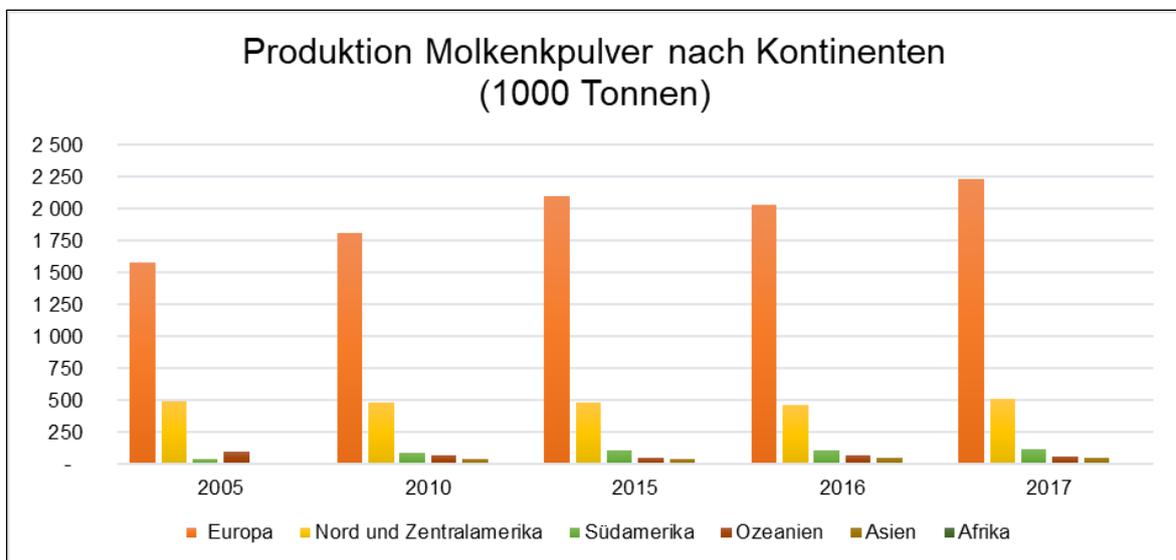


Abb. 14 Produktion Molkenpulver nach Kontinenten

4.1.1.5 Exporte Vollmilch- und teilentrahmtes Milchpulver

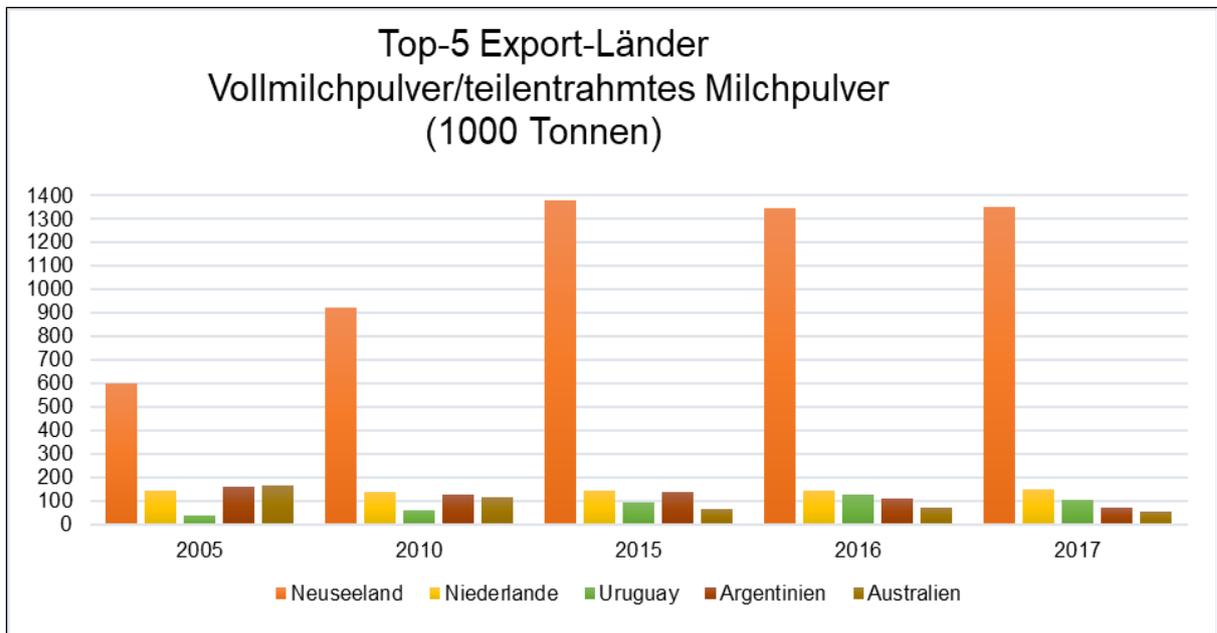


Abb. 15 Top-5 Export-Länder Vollmilchpulver/teilentrahmtes Milchpulver

Neuseeland führt nicht nur als weltgrößter Produzent, sondern auch als Top Exporteur von Vollmilch- bzw. teilentrahmten Milchpulver (Abb. 15) das Ranking an. Mit 1,3 Mio. Tonnen exportiertem Milchpulver im Jahr 2017 liegt Neuseeland klar vor den Niederlanden mit 150 Tsd. Tonnen und Uruguay mit 108 Tsd. Tonnen (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 – Tabelle 19).

Weltweit beläuft sich die Menge an exportiertem Vollmilch- bzw. teilentrahmten Milchpulver auf 2,4 Mio. Tonnen. Im globalen Vergleich (Abb. 16) kann man sehen, dass Neuseeland mit 1,3 Mio. Tonnen ca. 56 % des weltweit exportierten Vollmilchpulvers stellt, gefolgt von der EU 28 mit 16 % des Gesamtexportvolumens. (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 – Tabelle 19).

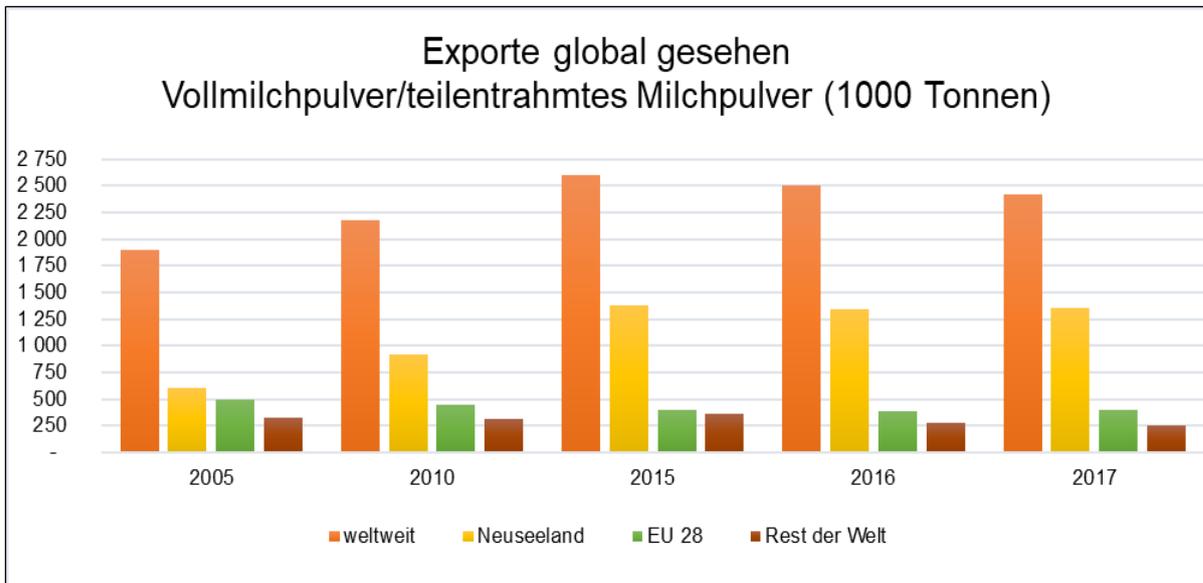


Abb. 16 Exporte global gesehen von Vollmilchpulver bzw. teilentrahmten Milchpulver

4.1.1.6 Exporte Magermilchpulver

Im Länderranking der Top-Exportländer von Magermilchpulver (Abb. 17) führt die USA mit 606 Tsd. Tonnen vor Neuseeland mit 404 Tsd. Tonnen und Deutschland mit 167 Tsd. Tonnen (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018– Tabelle 20). Diese Auflistung spiegelt auch die Produktion von Magermilchpulver wider, da dieselben Länder die größten Exporteure darstellen, mit Ausnahme von Indien. Der Eigenbedarf von Magermilchpulver in Indien scheint so groß zu sein, dass jegliches produzierte Magermilchpulver direkt im eigenen Land verbraucht wird.

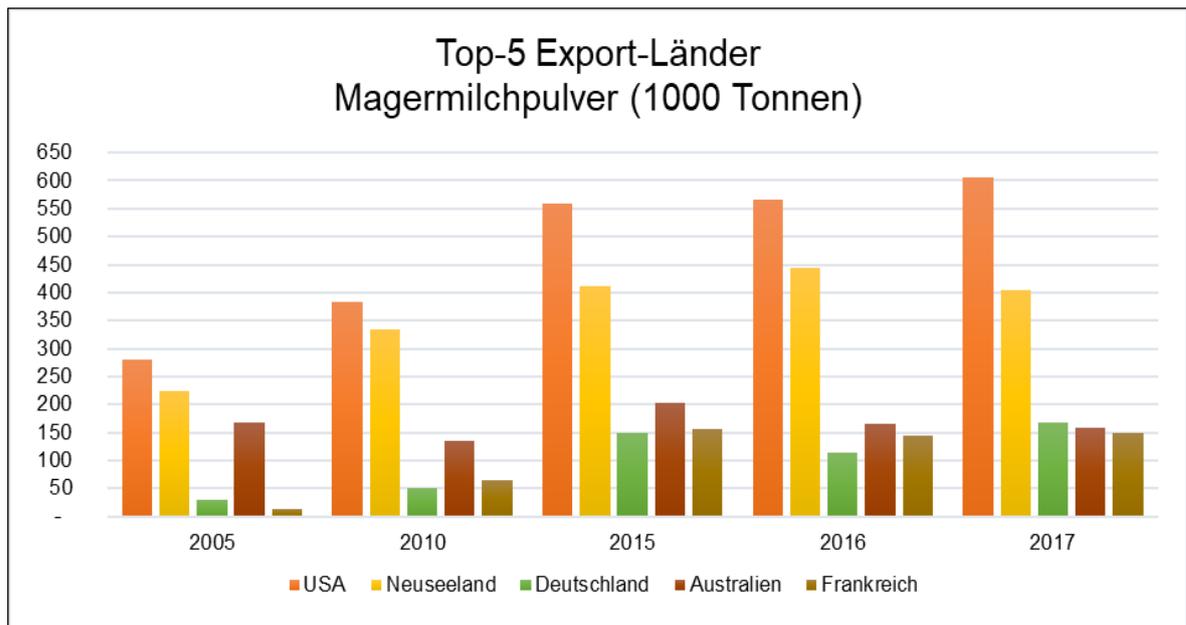


Abb. 17 Top-5 Export-Länder Magermilchpulver

Das weltweite Exportvolumen von Magermilchpulver liegt im Jahr 2017 bei 2,3 Mio. Tonnen (siehe Abb. 18). Im globalen Vergleich liegt die EU 28 mit 781 Tsd. Tonnen hierbei knapp vor den USA mit 606 Tsd. Tonnen. Den dritten Platz belegt Neuseeland mit 404 Tsd. Tonnen exportiertem Magermilchpulver im Jahr 2017 (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 - Tabelle 20).

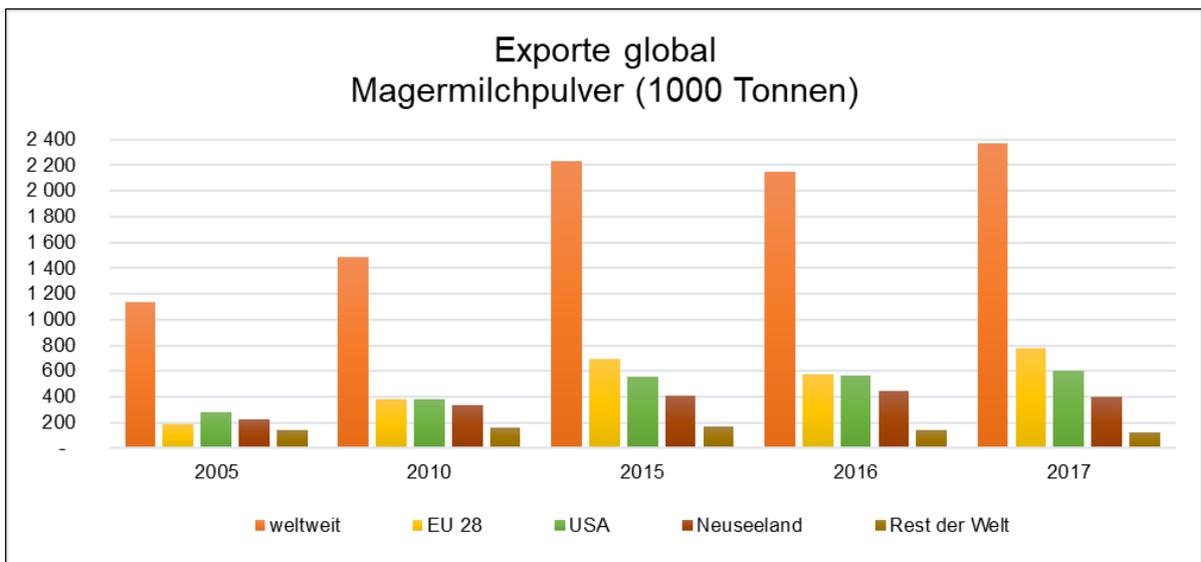


Abb. 18 Exporte global Magermilchpulver

Auf europäischer Ebene (Abb. 19) belaufen sich die Magermilchpulver Exporte auf insgesamt 781 Tsd. Tonnen, wobei Deutschland, Frankreich und Belgien zusammen 58,77 % des in Europa produzierten Magermilchpulvers exportieren (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 - Tabelle 20).

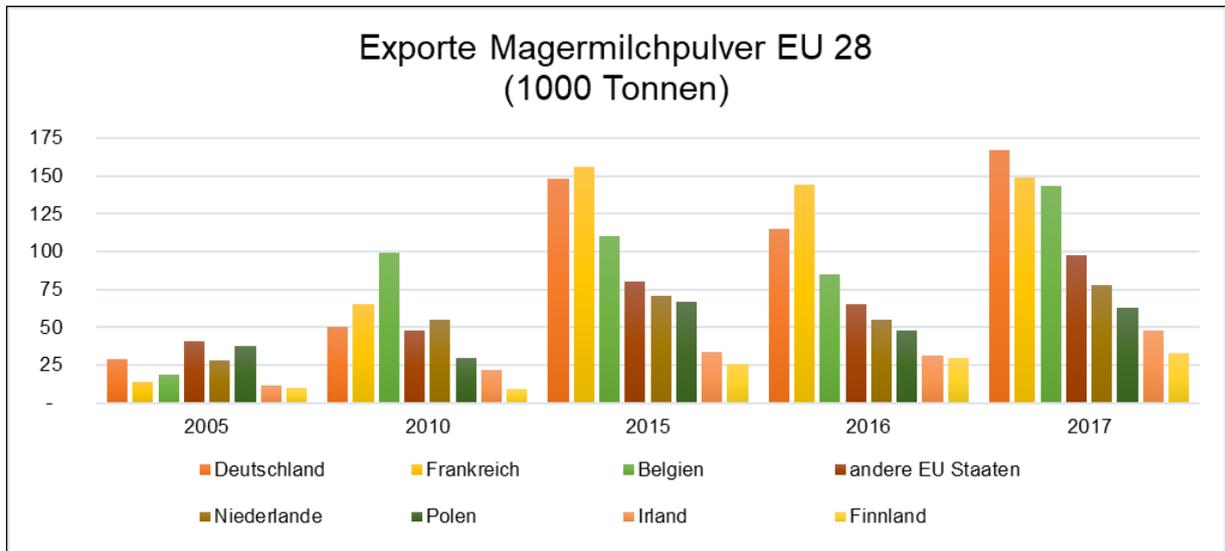


Abb. 19 Exporte Magermilchpulver EU 28

4.1.1.7 Importe Vollmilch- und teilentrahmtes Milchpulver

Die Importsituation von Vollmilch- und teilentrahmten Milchpulver hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert. Wie aus Abb. 20 zu entnehmen ist, war Algerien im Jahr 2005 mit 170 Tsd. Tonnen noch der größte Importeur, doch seit dem Jahr 2010 ist China mit Abstand der größte Milchpulverimporteur. Dieser Umschwung lässt sich durch den chinesischen Melaminskandal im Jahr 2008 erklären, welcher dazu führte, dass die chinesische Bevölkerung das Vertrauen in die heimische Milchpulverproduktion verloren hat und vermehrt auf importierte Ware zurückgegriffen hat.

Im Zeitraum von 2010 bis 2017 verzeichnete China eine Zunahme von 18 % im Volumen von importiertem Vollmilch- und teilentrahmten Milchpulver und liegt aktuell bei 470 Tsd. Tonnen. Der zweitgrößte Importeur bleibt hinter China weiterhin Algerien mit 262 Tsd. Tonnen und Rang 3 belegt Saudi-Arabien mit 142 Tsd. Tonnen importiertem Milchpulver (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 - Tabelle 23).

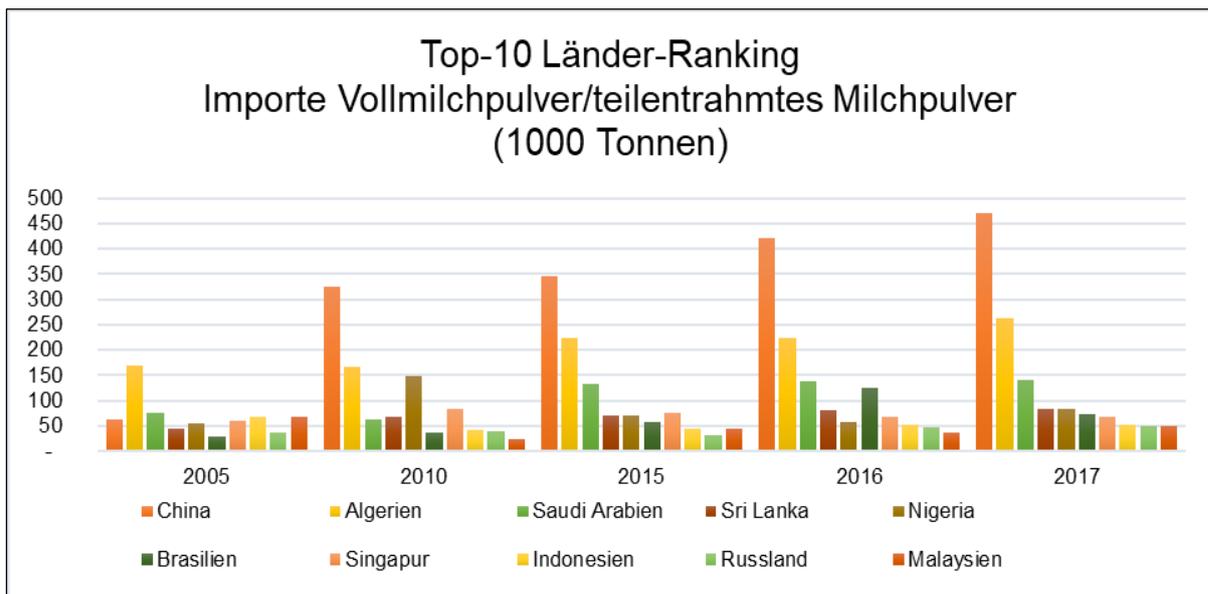


Abb. 20 Top-10 Länder-Ranking Importe Vollmilchpulver/teilentrahmtes Milchpulver

4.1.1.8 Importe Magermilchpulver

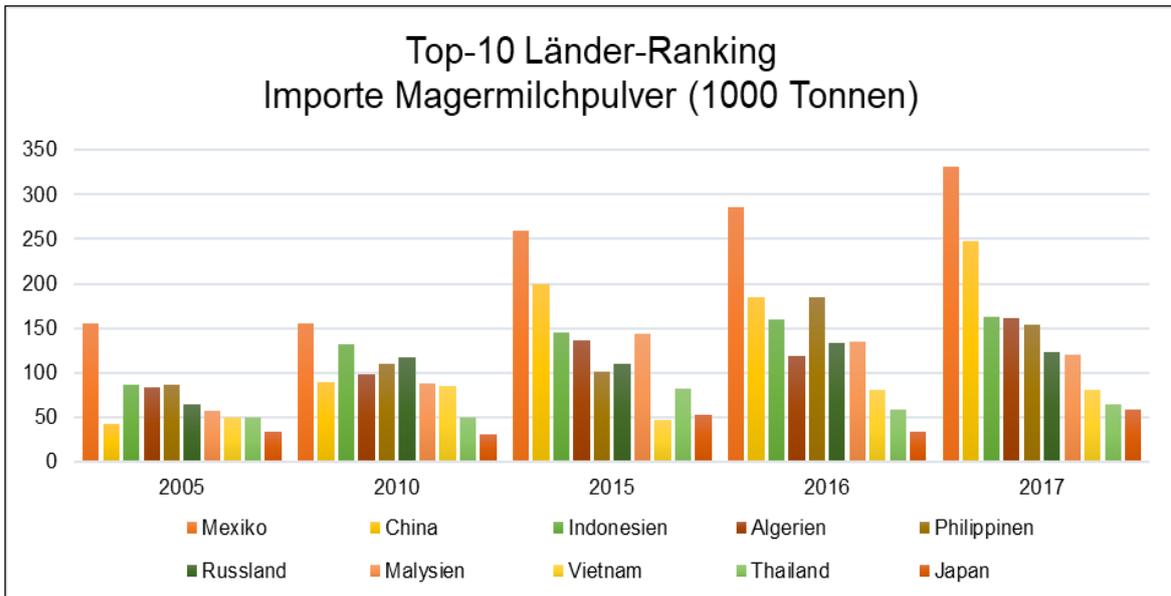


Abb. 21 Top-10 Länder-Ranking Importe Magermilchpulver

In Bezug auf den Import von Magermilchpulver (Abb. 21) ist Mexiko der größte Importeur weltweit, gefolgt von China und Indonesien. In Mexiko hat sich im Zeitraum von 2005-2017 die Importmenge von 155 Tsd. auf 331 Tsd. Tonnen erhöht (Zunahme von 6,5 %). Im Jahr 2015 hat China erstmals Indonesien als zweitgrößten Magermilchpulver-Importeur abgelöst und hält aktuell bei 247 Tsd. Tonnen eingeführtem Magermilchpulver im Jahr 2017. Indonesien liegt an dritter Stelle mit 162 Tsd. Tonnen Importware (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018 - Tabelle 24).

4.1.2 INTERNATIONALES RANKING VON MILCHPULVERPRODUZENTEN

Die Recherche über die weltweit größten Milchpulverhersteller gestaltete sich schwierig, da keine öffentlich zugänglichen Daten zu den produzierten Mengen gefunden werden konnten. Daher lag der Fokus der Recherche auf den weltweit größten milchverarbeitenden Unternehmen.

Tab. 8 weltweit führende milchverarbeitende Unternehmen im Jahr 2016

Rang	Unternehmen	Land	Milchumsatz (Mrd. \$US-Dollar)	Milchmenge (Mio. Tonnen)
1	Nestlé	Schweiz	25,0	14,0
2	Lactalis (inkl. Parmalat)	Frankreich/ Italien	18,3	15,1
3	Danone	Frankreich	16,7	7,5
4	Dairy Farmers of America	USA	13,8	28,1
5	Fonterra	Neuseeland	13,1	22,1
6	Friesland Campina	Niederlande	12,3	12,6
7	Arla Foods	Dänemark/ Schweden	10,5	14,2
8	Yili	China	9,3	6,8
9	Saputo	Kanada	8,6	7,7
10	Dean Foods	USA	8,0	10,3
11	Mengniu	China	7,9	5,8
12	Unilever	Niederlande/ England	7,0	-
13	Kraft Heinz	USA	6,5	-
14	Sodiaal	Frankreich	5,7	5,2
15	Müller	Deutschland	5,6	6,3
16	DMK	Deutschland	5,5	7,8

17	Meiji	Japan	5,2	-
18	Schreiber Foods	USA	5,0	4,5
19	Savencia	Frankreich	4,9	-
20	Agropur	Kanada	4,6	5,8

Die Auflistung der Top milchverarbeitenden Unternehmen im Jahr 2016 (Tab. 8) zeigt, dass Nestlé, gemessen am Jahresumsatz mit \$ 25 Milliarden, das Top Unternehmen weltweit im Molkereisektor ist. Lactalis – damals noch in Kooperation mit der Firma Parmalat - erzielte einen Jahresumsatz von \$ 18,3 Milliarden und liegt vor Danone und „Dairy Farmers of America“ auf Platz 2. Auch die neuseeländische Großmolkerei Fonterra findet sich unter den Top 5 wieder, wobei zu beachten ist, dass Fonterra mit 22,1 Millionen Tonnen verarbeiteter Milch im Jahr 2016 produktionsmäßig auf Platz zwei hinter „Dairy Farmer of America“ angesiedelt ist. Die zwei nordeuropäischen Firmen Friesland Campina und Arla Foods können sich mit einem Jahresumsatz von mehr als \$ 10 Milliarden auch zu den 10 größten Molkereiunternehmen der Welt zählen. Auf Platz 8 findet sich erstmals eine chinesische Molkerei, nämlich die Firma Yili mit einem Jahresumsatz von \$ 9,3 Milliarden. Die genauen Zahlen und Platzierungen sind der Tab. 8 zu entnehmen (Canadian Dairy Information Centre 2016).

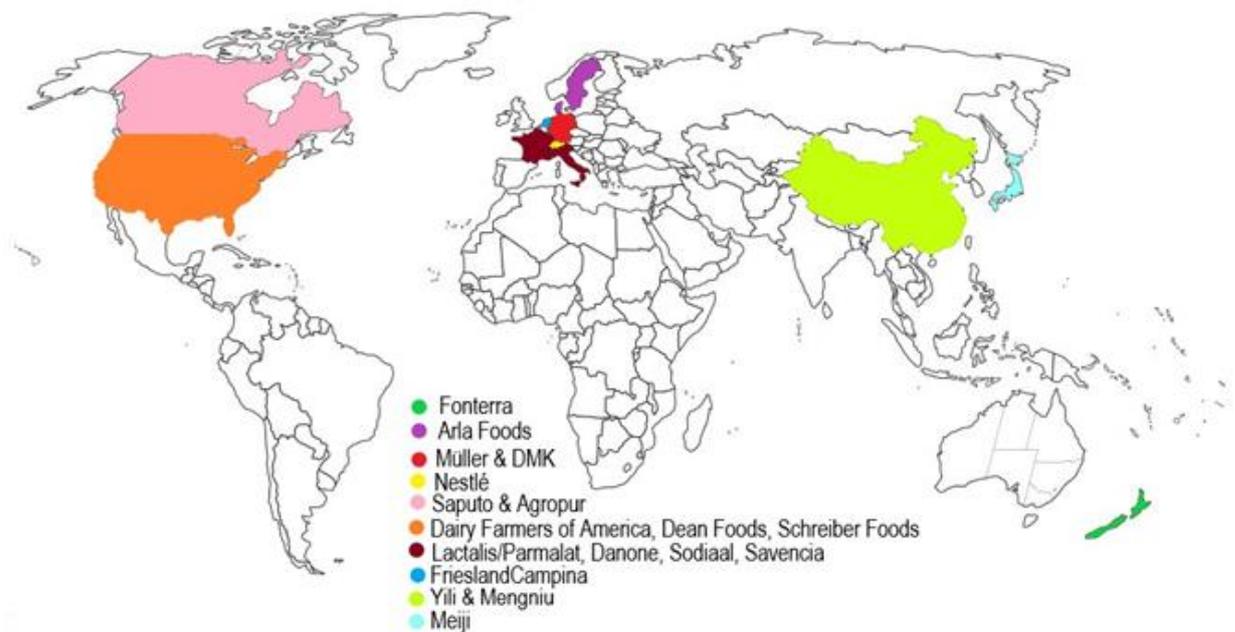


Abb. 22 weltweit 20 größten milchverarbeitenden Unternehmen im Jahr 2016

Anhand dieser Auflistung kann man sehen, dass die weltgrößten milchverarbeitenden Unternehmen vor allem im zentraleuropäischen sowie nord- und zentralamerikanischen Raum verteilt sind (Abb. 22). Von einer stabilen Versorgung mit Milchprodukten über den ganzen Globus kann nicht ausgegangen werden, denn v.a. afrikanische und südamerikanische Staaten sind auf den Import von Milchpulver angewiesen (Abb. 22).

Zur besseren Vorstellung, wie die Produktionsstätten von weltweit führenden Unternehmen im Milchpulver- und Säuglingsnahrungssektor verteilt sind, wurden in Abb. 23 die Niederlassungen der Firma Nestlé im Bereich Ernährung und Gesundheitswissenschaften, wozu auch die Säuglingsnahrung gezählt wird, beispielhaft dargestellt (Nestlé S.A., Cham and Vevey 2019).

In Gelb gekennzeichnet sind die insgesamt 145 Fabriken in Argentinien (n= 6), Brasilien (n= 17), Kanada (n=8), Chile (n=9), Kolumbien (n=5), Ecuador (n=4), Mexiko (n=13), Peru (n=1), USA (n=77) und Venezuela (n=5). In Europa bzw. im Nahen Osten und Nordafrika (Farbe Orange) ist die Firma Nestlé mit insgesamt 84 Fabriken in Ägypten (n=2), Finnland (n=2), Frankreich (n=19), Deutschland (n=14), Iran (n=2), Irland (n=1), Israel (n=9), Niederlande (n=1), Polen (n=5), Portugal (n=2), Russland (n=6), Spanien (n=10) und der Schweiz (n=11) vertreten. Die in rot markierten Länder Australien (n=7), Bangladesch (n=1), Ghana (n=1), China (n=32), Indien (n=7), Indonesien (n=3), Japan (n=3), Kenia (n=1), Malaysien (n=7), Nigeria (n=3), Pakistan (n=4), Philippinen (n=5), Singapur (n=2), Südafrika (n=5), Thailand (n=8), Vietnam (n=6) und Simbabwe (n=1) stellen insgesamt 96 Produktionsstätten im asiatischen Raum bzw. in Ozeanien und Subsahara-Afrika dar. (Nestlé S.A., Cham and Vevey 2019).

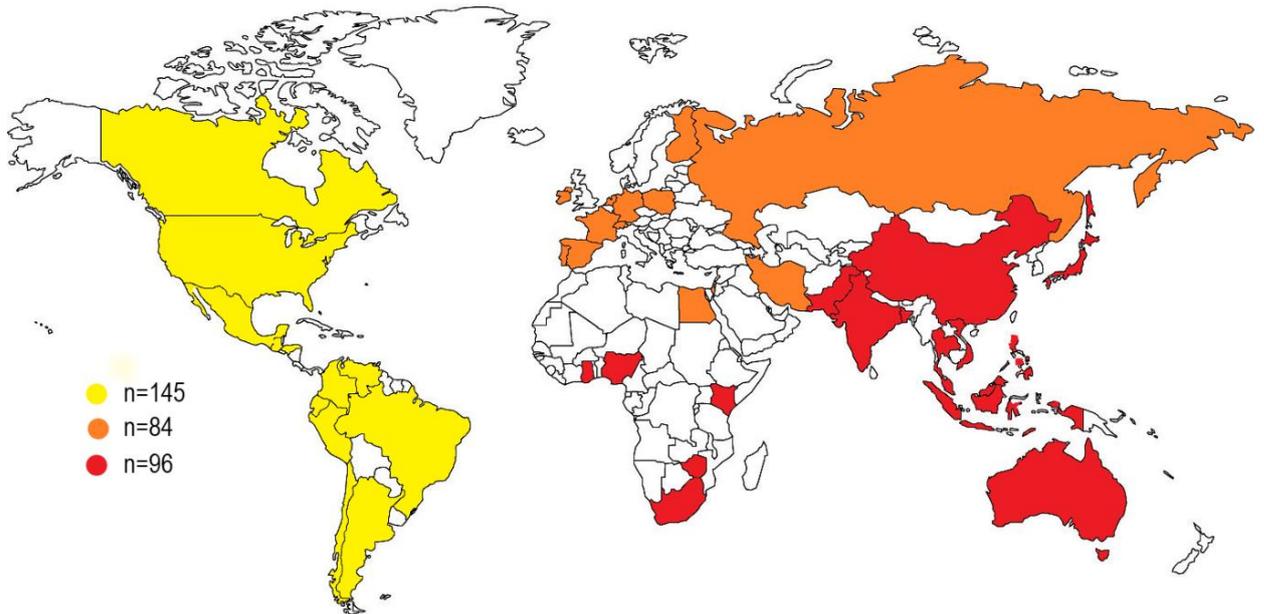


Abb. 23 Niederlassungen von Nestlé im Bereich Ernährung und Gesundheitswissenschaften (inkl. Säuglingsnahrungsprodukte) – in Gelb der Wirtschaftsraum Nord- und Südamerika, in Orange der Wirtschaftsraum Europa, Naher Osten und Nordafrika, in Rot der Wirtschaftsraum Asien, Ozeanien und Sub-Sahara-Afrika

4.1.3 INTERNATIONALE MARKTFÜHRER SÄUGLINGSNAHRUNGSHERSTELLER

Nach eingehender Internetrecherche konnten die sechs weltweit führende Säuglingsnahrungshersteller (Abb. 24) identifiziert werden und zwar handelt es sich dabei um Nestlé (23 %), Danone (13 %), Mead Johnson (10 %), Abbott (6 %), Kraft Heinz (4 %) und Friesland Campina (2 %), die gemeinsam 58 % am globalen Säuglingsnahrungsmarkt halten (Coriolis Australia and New Zealand 2014).

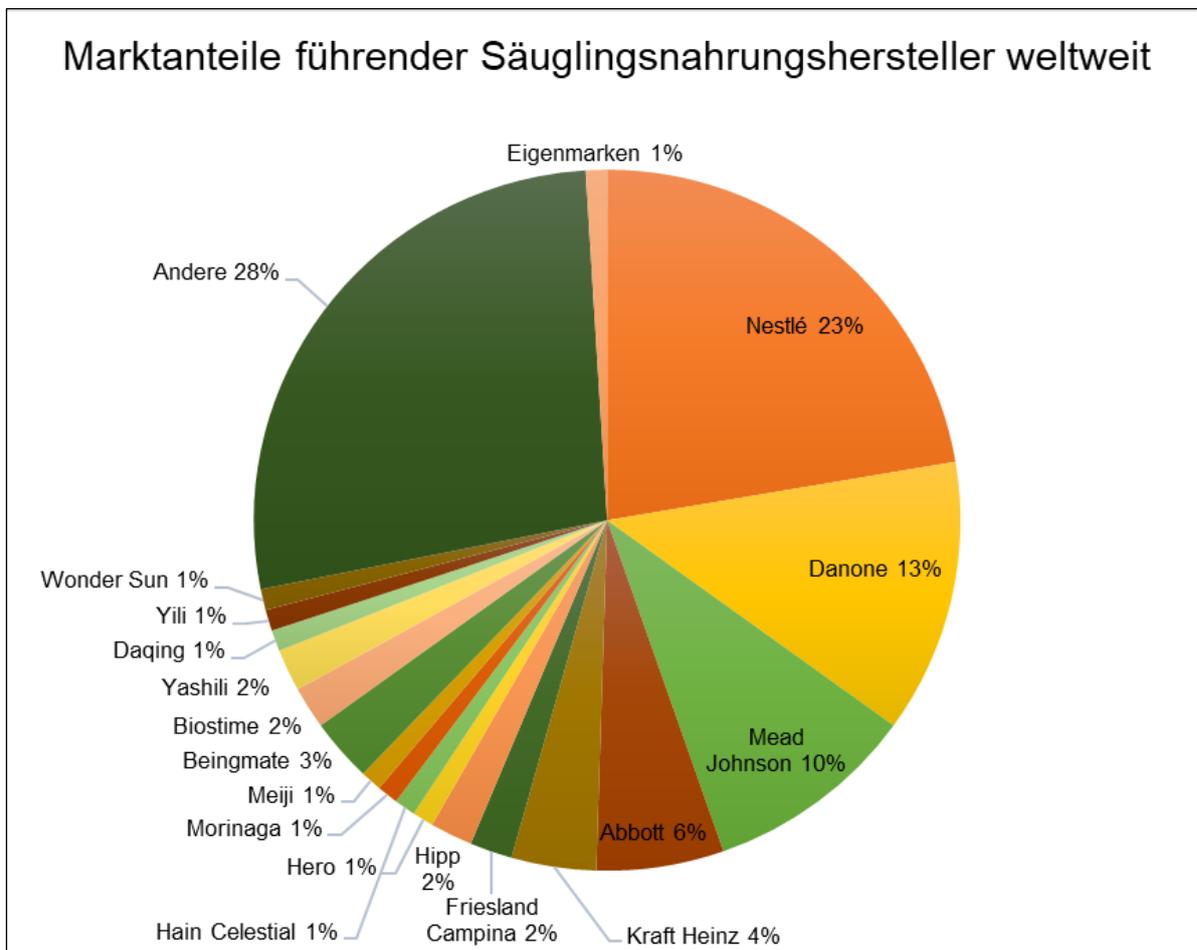


Abb. 24 Marktanteile führender Säuglingsnahrungshersteller weltweit

Im folgenden Abschnitt werden diese Unternehmen kurz vorgestellt.

4.1.3.1 Nestlé

Das Unternehmen mit Firmensitz in Vevey in der Schweiz wurde im Jahr 1866 vom Deutschen Heinrich Nestle gegründet und ist mittlerweile der größte Nahrungsmittelkonzern weltweit. Das im Jahr 1867 von Henri Nestlé entwickelte „Kindermehl“ war ein Meilenstein in der Entwicklung von Säuglingsnahrung und stellte ein adäquates Substitut für Muttermilch dar (Nestlé 2020). Auf den Sektor Säuglingsnahrung und medizinische Ernährung belaufen sich 17,7 % aller Nestlé Verkäufe im Jahr 2018, wobei der Gesamtumsatz bei CHF 91,4 Milliarden lag (Nestlé S.A., Cham and Vevey 2019). Alle Markenprodukte von Nestlé im Bereich Säuglingsnahrung sind in Abb. 25 abgebildet.



Abb. 25 Alle Markenprodukte von Nestlé im Bereich Säuglingsnahrung

4.1.3.2 Danone

Das Molkereiunternehmen Danone wurde von Isaac Carasso und Charles Gervais 1919 in Barcelona gegründet und beschränkte sich zu Beginn auf die Herstellung von Joghurt, welches gegen Durchfallerkrankungen bei Kindern helfen sollte. Im Jahr 1929 wurde der Geschäftszweig mit einem Importgeschäft für Frischkäse in Deutschland erweitert und schließlich kam 1967 der Zusammenschluss der Firmen Gervais und Danone zustande. Erst im Jahr 2007 baute Danone sein Tätigkeitsfeld aus und übernahm das damals führende niederländische Unternehmen in der Herstellung von Babynahrung sowie medizinischer Nahrung „Royal Numico“ (Danone 2020b). Danone ist heute mit 13 % Marktanteil der zweitgrößte Säuglingsnahrungshersteller weltweit hinter Nestlé (Coriolis Australia and New Zealand 2014).

Im Geschäftszweig „Säuglingsnahrung“ konnte Danone im Jahr 2017 mit den Marken Aptamil, Nutrilon (Nutricia) und SGM (Abb. 26) € 7,1 Milliarden Umsatz erzielen, das sind 28,7 % des Gesamtumsatzes (Danone 2020a).



Abb. 26 Die drei führenden Markenprodukte von Danone im Bereich Säuglingsanfangsnahrung (Aptamil, Nutrilon (Nutricia), SGM)

4.1.3.3 Mead Johnson

Das amerikanische Unternehmen wurde von Sir Edward Mead Johnson 1905 in Jersey City, New Jersey, USA gegründet, nachdem er die ursprüngliche Firma Johnson & Johnson, die er gemeinsam mit seinem Bruder aufgebaut hatte, verlassen hat. (Mead Johnson 2020).

Mit der Erfindung der „Dextri Maltose“ in den Jahren 1910 bis 1919 konnte sich Mead Johnson am amerikanischen Säuglingsnahrungsmarkt etablieren. In den frühen 1920er Jahren entwickelte das Unternehmen ein aus Milch gewonnenes Proteinsupplement, nämlich das „Casec“ Calcium Kaseinpulver für Säuglinge. (Mead Johnson 2020).

Laut der Studie von Coriolis 2014 hält Mead Johnson am globalen Säuglingsnahrungsmarkt einen Anteil von 10 % und ist somit hinter Nestlé und Danone der drittgrößte Hersteller von Babynahrung (siehe Abb. 24). Im Jahr 2016 konnte das Unternehmen mit dem Verkauf von Säuglingsanfangs- und Folgenahrung einen Umsatz von \$ 2,2 Milliarden erzielen (Mead Johnson Annual Report 2016). Alle Säuglingsnahrungsvertreter von Mead Johnson, nämlich Enfamil, Enfagrow, Enfapro und Enfakid sind in Abb. 27 abgebildet.



Abb. 27 Säuglingsnahrungsmarken von Mead Johnson

4.1.3.4 Abbott

Das Unternehmen Abbott Laboratories ist ein international operierender Pharmakonzern, welcher im Jahr 1888 von Dr. Wallace C. Abbott in Chicago, Illinois, USA gegründet wurde. Erst durch die Übernahme von „M&R Dietetics“ mit der Säuglingsnahrung „Similac“ im Jahr 1964 wurde Abbott zu einem führenden Unternehmen im Bereich Ernährung (Abbott 2019).

Die M&R Milk Company wurde von Harry C. Moores und Stanley M. Ross 1903 in Columbus, Ohio gegründet und zu Beginn lag der Fokus des Unternehmens im Abfüllen von Milch für den häuslichen Gebrauch. Erst im Jahr 1925 entwickelte der Wissenschaftler Alfred Bosworth eine Säuglingsanfangsnahrung auf Milchbasis. Moores und Ross verkauften dieses neuartige Produkt, woraufhin sich das Unternehmen fortan unter dem Namen M&R Dietetics auf die Entwicklung von Säuglingsnahrung spezialisierte. Nach der Übernahme von M&R Dietetics durch Abbott Nutrition im Jahr 1964, wurden weitere Formulierungen entwickelt, wie z.B. Isomil, ein Säuglingsnahrungspulver auf Sojabasis, das für Säuglinge mit Kuhmilchallergie geeignet ist (Ohio History Central).

Heute darf sich Abbott mit ihrer Säuglingsnahrung Similac (Abb. 28) und 6 % Marktanteil am globalen Säuglingsnahrungsmarkt zu den führenden Unternehmen weltweit zählen (Coriolis Australia and New Zealand 2014).



Abb. 28 Similac und Isomil Säuglingsnahrung von Abbott Nutrition

4.1.3.5 Kraft Heinz

Der Lebensmittelkonzern „The Kraft Heinz Company“ mit Sitz in Pittsburgh und Chicago, USA, entstand im Jahr 2015 aus der Fusion von „Kraft Foods“ und „H. J. Heinz Company“ (Wikipedia 2020d).

Der Ursprung des Unternehmens „H. J. Heinz Company“ geht auf die Gründung durch Henry John Heinz im Jahr 1869 zurück, wobei das bekannteste Produkt, nämlich „Heinz Tomato Ketchup“ erst im Jahr 1876 auf den Markt kam (Wikipedia 2020b). Im Jahr 1903 gründete James Lewis Kraft in Chicago das Unternehmen „Kraft Foods“ mit dem Fokus auf Käsehandel. Im Jahr 2012 wurde der Konzern „Kraft Foods“ in „Mondelez International“ umbenannt (Wikipedia 2020c).

Die „H. J. Heinz Company“ übernahm im Jahr 1992 das neuseeländische Unternehmen „Wattie’s“ (Heinz Wattie's 2020) und im Jahr 1994 das britische Unternehmen „Farley’s“ (Wikipedia 2020a) und nahm fortan die Produktion von Säuglingsnahrung auf. Das Unternehmen „Farley’s“ war bekannt für seine sogenannten „Farley’s rusks“, hierbei handelte es sich um eine Art Zwieback für Babys, um ihnen den Umstieg von Muttermilch bzw. Säuglingsmilch zu fester Nahrung zu erleichtern (Wikipedia 2020a). „Wattie’s“ begann 1958 mit der Produktion eigener Babynahrung und stellt heute mit der Säuglingsnahrung „Heinz Nurture“ (Abb. 29) einen der wichtigsten Vertreter am globalen Säuglingsnahrungsmarkt dar (Heinz Wattie's 2020).

Kraft Heinz hält mittlerweile 4 % Marktanteil am globalen Säuglingsnahrungsmarkt (Coriolis Australia and New Zealand 2014) und gehört somit mit Nestlé, Danone, Abbott und Mead Johnson zu den Top Unternehmen in der Säuglingsnahrungsbranche.



Abbildung 29 Säuglingsanfangs- und Folgenahrung von Heinz Nurture-Kraft Heinz (Heinz Wattie's 2020)

4.1.3.6 Friesland Campina

Der niederländische Lebensmittelkonzern Friesland Campina wurde 2009 durch Fusion der beiden Firmen „Friesland Foods“ und „Campina“ gegründet und zählt mittlerweile mit 2 % Marktanteil am globalen Säuglingsnahrungsmarkt zu den zehn größten Milchpulver- bzw. Säuglingsnahrungsherstellern weltweit (siehe Abb. 7). Das Unternehmen liegt in den Händen der deutschen, niederländischen und belgischen Genossenschaft und zählt über 18.000 Landwirte zu ihren Mitgliedern (Coriolis Australia and New Zealand 2014, Friesland Campina 2020).

Die bekannten Säuglingsnahrungsprodukte von Friesland Campina, nämlich Friso, Dutch Lady und Domo sind in Abb. 30 abgebildet.



Abb. 30 Säuglingsnahrungsmarken von Friesland Campina (Friso, Dutch Lady, Domo)

4.1.4 WICHTIGSTE UMSCHLAGPLÄTZE VON MILCHPULVER

Anhand der Statistiken vom Jahresbericht 2018 der International Dairy Federation konnten die wichtigsten Export- und Importländer von Milchpulver identifiziert werden. Um sich ein besseres Bild über die weltweit wichtigsten Umschlagplätze von Milchpulver zu machen, wurden mithilfe einer Internetrecherche die 50 größten Containerhäfen der Welt (World of Shipping Council 2020) identifiziert (Tab. 9). Ausschlaggebend für das Ranking war das Volumen (angegeben in TEU - Twenty Foot Equivalent Units, vgl. Tonnagen) der beförderten Waren im Zeitraum 2014 bis 2018.

Tab. 9 Top 50 Containerhäfen der Welt im Jahr 2018

Rang	Hafen	Land	Volumen 2018 (Million TEU)	Volumen 2017 (Million TEU)	Volumen 2016 (Million TEU)	Volumen 2015 (Million TEU)	Volumen 2014 (Million TEU)
1	Shanghai	China	42,01	40,23	37,13	36,54	35,29
2	Singapur	Südostasien	36,60	33,67	30,90	30,92	33,87
3	Shenzhen	China	27,74	25,21	23,97	24,20	24,03
4	Ningbo-Zhoushan	China	26,35	24,61	21,60	20,63	19,45
5	Guangzhou Harbor	China	21,87	20,37	18,85	17,22	16,16
6	Busan	Südkorea	21,66	20,49	19,85	19,45	18,65
7	Hong Kong, S.A.R	China	19,60	20,76	19,81	20,07	22,23
8	Qingdao	China	18,26	18,30	18,01	17,47	16,62
9	Tianjin	China	16,00	15,07	14,49	14,11	14,05
10	Jebel Ali	Dubai (UAE)	14,95	15,37	15,73	15,60	15,25
11	Rotterdam	Niederlande	14,51	13,73	12,38	12,23	12,30
12	Port Klang	Malaysien	12,32	13,73	13,20	11,89	10,95
13	Antwerpen	Belgien	11,10	10,45	10,04	9,65	8,98

14	Kaohsiung	Taiwan/China	10,45	10,27	10,46	10,26	10,59
15	Xiamen	China	10,00	10,38	9,61	9,18	10,13
16	Dalian	China	9,77	9,70	9,61	9,45	10,13
17	Los Angeles	USA	9,46	9,43	8,86	8,16	8,33
18	Tanjung Pelepas	Malaysien	8,96	8,38	8,28	9,10	8,50
19	Hamburg	Deutschland	8,73	8,86	8,91	8,82	9,73
20	Long Beach	USA	8,09	7,54	6,80	7,19	6,82
21	Laem Chabang	Thailand	8,07	7,78	7,22	6,82	6,58
22	Tanjung Priok, Jakarta	Indonesien	7,64	6,09	5,51	5,20	5,77
23	New York-New Jersey	USA	7,20	6,71	6,25	6,37	5,77
24	Colombo	Sri Lanka	7,05	6,21	5,73	5,19	4,91
25	Yingkou	China	6,50	6,28	6,08	5,92	5,77
26	Ho Chi Minh City	Vietnam	6,33	6,16	5,99	5,31	6,39
27	Bremen/Bremerhaven	Deutschland	5,42	5,51	5,49	5,48	5,78
28	Manila	Philippinen	5,05	4,82	4,52	4,23	3,65
29	Jawarharlal Nehru Port (Nhava Sheva)	Indien	5,05	4,83	4,51	4,49	4,45
30	Piraeus	Griechenland	4,91	4,15	3,73	3,37	3,59
31	Algeciras	Spanien	4,77	4,39	4,76	4,52	4,56
32	Lianyungang	China	4,75	4,72	4,70	5,01	5,01
33	Tokyo	Japan	4,57	4,50	4,25	--	--
34	Mundra	Indien	4,44	4,24	4,80	2,99	2,70
35	Savannah	USA	4,35	4,05	3,64	3,74	3,35
36	Jeddah	Saudi- Arabien	4,12	4,15	3,96	4,19	4,20
37	Santosl	Brasilien	4,12	3,85	3,60	3,78	3,68
38	Rizhao	China	4,00	3,24	3,01	--	--
39	Colon	Panama	3,89	3,89	3,26	3,58	3,29
40	Felixstowe	England	3,85	4,30	4,10	4,00	3,74

41	Seattle-Tacoma NW Seaport Alliance	USA	3,80	3,70	3,62	3,53	3,43
42	Dongguan	China	3,50	3,91	3,64	--	--
43	Tanger Med	Marokko	3,47	3,31	2,96	--	--
44	Barcelona	Spanien	3,42	2,97	2,23	--	--
45	Vancouver	Kanada	3,40	3,25	2,92	--	--
46	Salalah	Oman	3,39	3,94	3,32	2,57	2,96
47	Fuzhou	China	3,34	3,01	2,66	--	--
48	Marsaxlokk	Malta	3,31	3,15	3,08	3,06	2,90
49	Nanjing	China	3,23	3,17	3,08	2,94	--
50	Cai Mep	Vietnam	3,20	3,07	2,56	--	--

Die 10 wichtigsten Exportländer von Milchpulver sind Neuseeland, Australien, Argentinien, Deutschland, Frankreich, Niederlande, Belgien, Polen, Uruguay und die USA. In Abb. 31 sind die wichtigsten Containerhäfen der obengenannten Exportländer dargestellt (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018, Waters 2020).

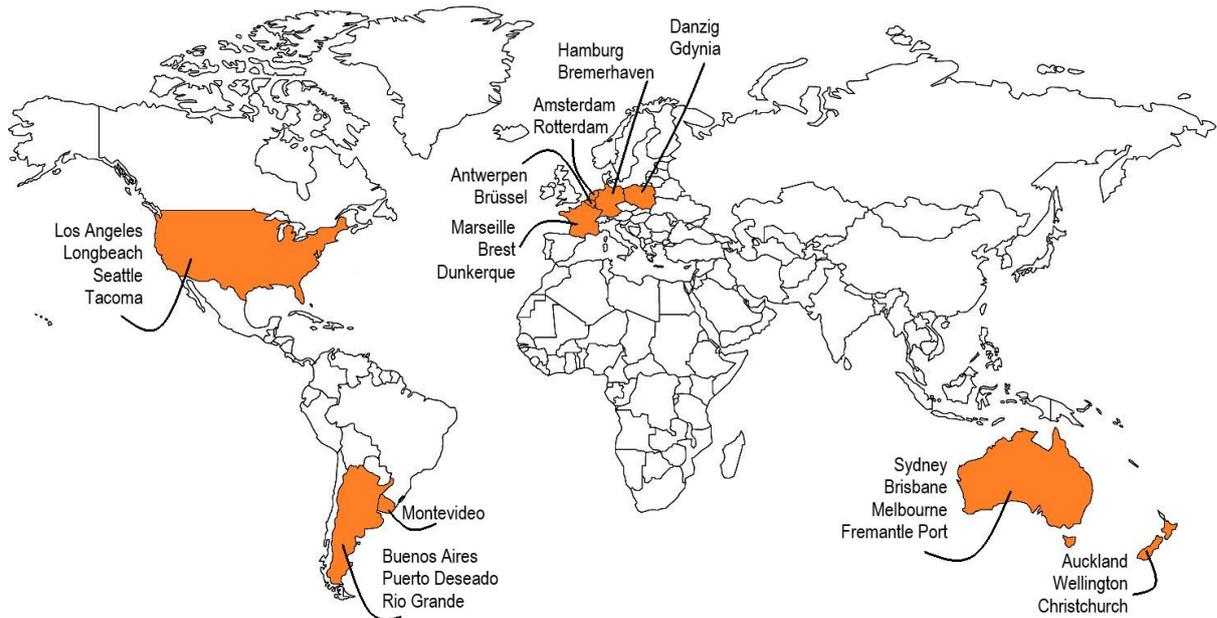


Abb. 31 Wichtigste Exportländer von Milchpulver und deren größte Containerhäfen

Die 15 wichtigsten Importländer von Milchpulver weltweit, nämlich Mexiko, China, Indonesien, Algerien, die Philippinen, Saudi-Arabien, Sri Lanka, Nigeria, Brasilien, Singapur, Russland, Malaysia, Vietnam, Thailand und Japan sind in Abb. 32 inkl. deren größten Containerhäfen dargestellt (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018, Waters 2020).

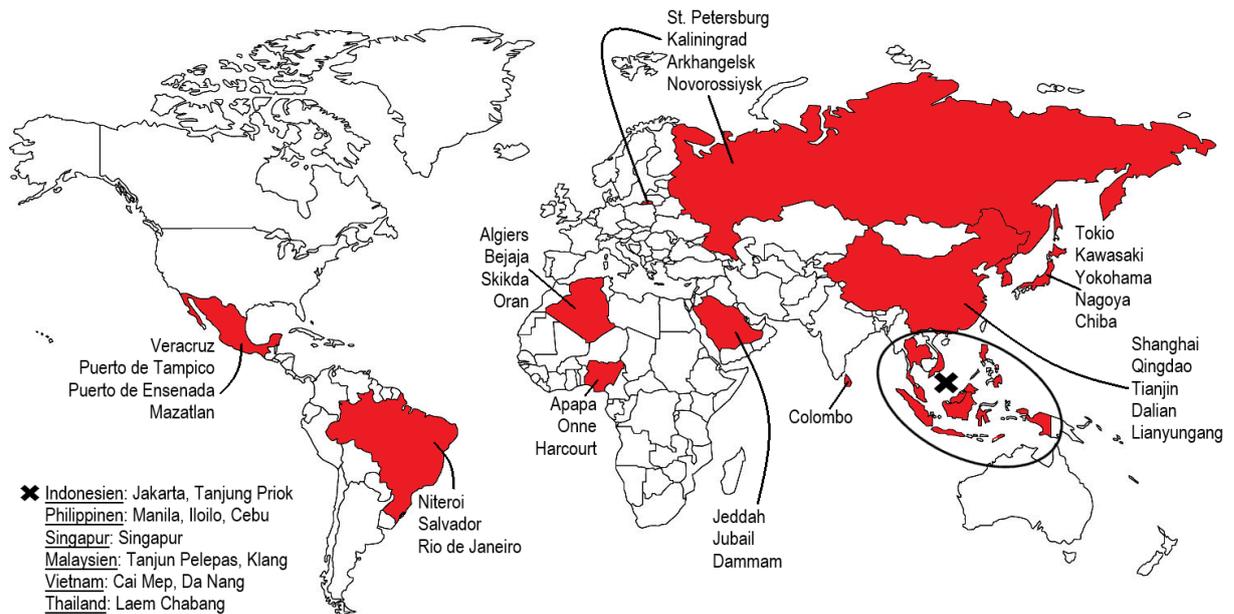


Abb. 32 Wichtigste Importländer von Milchpulver und deren größte Containerhäfen

Von der Gesamtmenge an afrikanischen Importwaren fielen im Jahr 2007 10 % auf Milchprodukte, damit zählte Afrika mit einem netto Import von knapp \$ 4 Mrd. im Jahr 2007 zu einem der größten Importeure von Milchprodukten weltweit (Rakotoarisoa et al. 2012). Somit gehören auch Afrikas größte Containerhäfen zu den wichtigen Handelsumschlagplätzen von Milchpulver.

Die größten und meist frequentierten afrikanischen Containerhäfen, welche auf 14 Länder verteilt sind, werden in Abb. 33 dargestellt. Große Mengen des Milchpulvers werden vor allem via Schiffsweg über den indischen Ozean von Asien nach Afrika befördert (CFC Cargo from China 2020).



Abb. 33 Wichtigste Containerhäfen in Afrika

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die größten Containerhäfen der wichtigsten Export- und Importländer von Milchpulver (Abb. 31 und Abb. 32) sowie die wichtigsten Containerhäfen Afrikas (Abb. 33) auch als die bedeutsamsten Handelsumschlagplätze für Milchpulver angesehen werden können.

4.2 KOMPENDIUM MILCHPULVERVERFÄLSCHUNGEN

Milch und Milchprodukte stellen für die menschliche Bevölkerung, vor allem aber für Kinder und Säuglinge aufgrund der wesentlichen Nährstoffe wie Fette, Kohlenhydrate, Proteine, Vitamine und Mineralstoffe ein essentielles Nahrungsmittel dar (Tanzina und Shoeb 2016). Milchpulver ist insbesondere für Säuglinge ein wichtiges Lebensmittel, vor allem dann, wenn keine Muttermilch zu Verfügung steht und diese substituiert werden muss (Guo 2014). Milch und Milchprodukte zählen jedoch auch zu den Lebensmitteln, die leicht verfälscht und Betrügern zum Opfer fallen können (Tanzina und Shoeb 2016).

Im folgenden Kapitel werden alle bis dato in der Literatur beschriebenen Verfälschungsmethoden nach (i) dem Prinzip der Verfälschung, (ii) etwaigen gesundheitlichen Risiken und (iii) entsprechenden Nachweismethoden im Detail vorgestellt.

4.2.1 VERWÄSSERUNG

Prinzip der Verfälschung:

Die Verwässerung ist die wohl zugleich älteste als auch häufigste Verfälschungsmethode von Milch. Die Zugabe von Wasser in die noch unverarbeitete Milch bewirkt zum einen eine Ausverdünnung und führt somit zum indirekten Verlust von wichtigen Nährstoffen, zum anderen wird das Volumen der Milch erhöht, d.h. es kann mehr Milch verkauft werden (Handford et al. 2016). Ein weitere Motivation, diese Verfälschungsmethode anzuwenden, liegt darin, dass durch die Zugabe von Eis die Haltbarkeit von Milch deutlich verlängert werden kann (Shaikh et al. 2013).

Gesundheitsrisiken:

Die Verwässerung von Milch kann aber auch gesundheitliche Folgen nach sich ziehen, wenn z.B. mit pathogenen Keimen kontaminiertes Wasser oder Abwasser für das Strecken der Milch verwendet wird (Handford et al. 2016). Milch, die mit kontaminiertem Wasser gestreckt wurde, kann zu infektiösen Durchfällen bei Kleinkindern führen und aufgrund des Verdünnungseffektes und des daraus resultierenden Nährstoffmangels können Wachstums-

und Entwicklungsstörungen auftreten. Neben der mikrobiellen Belastung besteht auch die Gefahr, dass Wasser mit chemischen Rückständen, wie Pestiziden oder Schwermetallen kontaminiert ist, welches ein ebenso ernsthaftes Risiko für die Gesundheit der Konsumenten darstellen kann (Kandpal et al. 2012).

Nachweismethoden:

Um eine potentielle Verwässerung der Milch nachzuweisen, ist die kryoskopische Bestimmung des Gefrierpunktes die Methode der Wahl (Poonia et al. 2017). Dazu hat die „International Dairy Federation (IDF)“ eine ISO zertifizierte Methode ISO 5764:2002 ausformuliert. Für die Kalibrierung des Thermistor-Kryoskops müssen zwei Natriumchlorid-Standardlösungen verwendet werden, welche den zu erwartenden Gefrierpunkt der zu untersuchenden Milch möglichst eng einschließen (Tab. 10). Die Gefrierpunktdifferenz dieser zwei Standardlösungen muss mindestens 100 m°C betragen und die Temperatur der Standardlösungen und der zu untersuchenden Milchprobe sollten annähernd gleich sein (z.B. Raumtemperatur).

Tab. 10 Gefrierpunkte der Natriumchlorid-Standardlösungen (nach ISO 5764:2002)

NaCl-Lösung bei 20 °C g/l Lösung	NaCl-Lösung g/kg Wasser	Gefrierpunkt m°C
6,731	6,763	-400,0
6,868	6,901	-408,0
7,587	7,625	-450,0
8,444	8,489	-500,0
8,615	8,662	-510,0
8,650	8,697	-512,0
8,787	8,835	-520,0
8,959	9,008	-530,0
9,130	9,181	-540,0
9,302	9,354	-550,0
9,422	9,475	-557,0
10,161	10,220	-600,0

Es werden 2,5 ml (+/- 0,1 ml) der zwei Natriumchlorid-Standardlösungen in saubere und trockene Probengläschen gefüllt und das Gerät anschließend nach Angaben des Herstellers kalibriert. Zur Durchführung der Gefrierpunktmessung der zu untersuchenden Milch werden 2,5 ml (+/- 0,1 ml) der Probe in ein sauberes und trockenes Probengläschen gefüllt, in das kalibrierte Kryoskop eingesetzt und der Gefriervorgang wird bei -3 °C eingeleitet. Die in der Milch gelösten Substanzen geben Wärme ab und sobald der Temperaturanstieg innerhalb der letzten 20 s $0,5\text{ m°C}$ nicht übersteigt ist das Temperaturplateau der Milch und somit der Gefrierpunkt erreicht. Laut dieser Methode sollte der Gefrierpunkt für wärmebehandelte Kuhmilch nicht höher als $-0,520\text{ °C}$ sein (ISO and IDF 2002). Obwohl die kryoskopische Gefrierpunktbestimmung einfach durchzuführen ist, gibt es Situationen, wo diese Methode an ihre Grenzen stößt. So können bestimmte Substanzen wie Konservierungsmittel, Zucker oder auch Kochsalz den Gefrierpunkt erniedrigen und somit eine Verwässerung der Milch maskieren (Poonia et al. 2017).

Eine weitere, sehr einfache Methode, um verwässerte Milch nachzuweisen beschreibt Talkhan et al. 2015. Wenn man einen Tropfen Milch auf einen Objektträger auftropft und sich dieser bei Schräghalten des Objektträgers relativ schnell bewegt und sich keine bzw. nur eine schwache weiße Spur abzeichnet, so gilt das Ergebnis als positiv, wenn hingegen eine weiße Spur sichtbar bleibt, deutet das auf reine Milch hin. Die Testbeurteilung ist allerdings sehr subjektiv und sollte auf jeden Fall mit einer anderen Methode verifiziert werden.

Andere Methoden, um die Verwässerung von Milch nachzuweisen sind die Infrarotspektroskopie und die dynamische Differenzkalorimetrie (Poonia et al. 2017). Das Prinzip der Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie macht sich der MilkoScreen™ bzw. MilkoScan™ zu Nutze, indem die Absorption bei verschiedenen Wellenlängen (2500 bis 25000 nm) im Infrarotspektrum bestimmt werden, um das Vorhandensein bestimmter Parameter in der Milch wie Fett, den Gehalt an fettfreien Feststoffen (SNF) und Protein feststellen zu können. Mithilfe des spektroskopischen Verfahrens kann bereits ein Fremdwassergehalt von nur 3 % in der Milch nachgewiesen werden (Poonia et al. 2017).

Bei der dynamischen Differenzkalorimetrie werden Temperaturen und Wärmeströme, welche bei Übergängen in ein definiertes Material entstehen, in Funktion von Zeit und Temperatur gemessen (Poonia et al. 2017). Diese Technik erlaubt es, Verfälschungen, welche sich auf chemische und strukturelle Eigenschaften von Lebensmitteln auswirken, zu detektieren (Goswami und Gupta 2008). Mithilfe der dynamischen Differenzkalorimetrie kann bereits eine

Verwässerung im Ausmaß von nur 0,5 % nachgewiesen werden, allerdings findet diese Methode in der Praxis noch sehr selten Anwendung (Poonia et al. 2017).

4.2.2 ZUGABE VON KOCHSALZ

Prinzip der Verfälschung:

Kochsalz besitzt die Eigenschaft, den Gehalt an fettfreien Feststoffen in der Milch zu erhöhen. Es hat somit einen dichteerhöhenden Effekt (Handford et al., 2016). Fettfreie Feststoffe sind alle gelösten Stoffe in der Milch. Im Wesentlichen handelt es sich um Kaseine, Laktose, Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente. Wird Milch verwässert, kann die Zugabe von Kochsalz die Ausverdünnung kaschieren (Tanzina und Shoeb 2016).

Gesundheitsrisiken:

Ein bedingt gesundheitliches Risiko besteht für Personen, welche unter einer Herzerkrankung, chronischen Nieren- oder Lebererkrankungen leiden bzw. hohen Blutdruck aufweisen (Handford et al. 2016). Wird zu viel Salz über die Nahrung aufgenommen, verlieren z.B. blutdrucksenkende Medikamente ihre Wirksamkeit und dies kann für die Patienten schwerwiegende, klinische Folgen haben (Khanna und Pandey 2013).

Nachweismethoden:

Der qualitative Nachweis von Kochsalz in der Milch gelingt mittels Silbernitrat und Kaliumchromat (Sharma et al. 2012). Hierzu werden 5 ml der Milchprobe in ein Teströhrchen gegeben und 1 ml Silbernitrat Lösung (Konzentration 0,1 mol/l) hinzugegeben und gut gemischt. Nach Zugabe von 0,5 ml 10%iger Kaliumchromatlösung färbt sich die Probe bei einem positiven Ergebnis gelb. Ist die Probe jedoch frei von Kochsalz, bildet sich ein ziegelroter Niederschlag. Die Nachweisgrenze liegt bei 0,02 % (w/v).

Für den quantitativen Nachweis für Natriumchlorid kommt ein spektroskopisches Verfahren zur Anwendung, nämlich die FTIR-Spektroskopie (Fourier-Transformation-Infrarotspektroskopie) kombiniert mit einer 2D Korrelationsspektroskopie (Poonia et al 2017).

Diese Methode mit hohem Probendurchsatz ermöglicht es, gleichzeitig alle einzelnen Komponenten in der Milch zu analysieren (He et al. 2010). Im Prinzip werden die Absorptionsspektren von Milch (Peaks im Bereich zwischen 4000 und 400 cm^{-1}) und jene der verdächtigen Milchprobe gemessen und anschließend miteinander verglichen. Die Unterschiede in der Intensität, der Position und der Form der erhaltenen Peaks zeigen, dass sich ein Verfälschungsmittel in der Milchprobe befinden muss. Durch die Messung der verdächtigen Milchproben kann eine Spektraldatenbank erstellt werden, welche es einem dann erlaubt, die Art der Verfälschung anhand des entsprechenden Peaks zu identifizieren. Das genaue Verfahren wird in der Publikation von (He et al. 2010) beschrieben.

Die Nachweisgrenze für den quantitativen Nachweis von Kochsalz mit der FTIR-Spektroskopie liegt bei $\geq 1\%$ (Hansen und Holroyd 2019).

4.2.3 ZUGABE VON STÄRKE

Prinzip der Verfälschung:

Die Zugabe von Stärke zur flüssigen Milch hat dieselbe Wirkung wie Kochsalz. Sie führt zu einer Erhöhung der fettfreien Feststoffe der Milch und kann somit verwässerte Milch verschleiern. Zusätzlich wird durch Stärkezugabe auch die Viskosität der verwässerten Milch erhöht (Handford et al. 2016).

Gesundheitsrisiken:

Wird dem Körper Stärke in hohen Konzentrationen zugeführt, kann es aufgrund der erhöhten osmotischen Wirkung zu Diarrhoe kommen (Tanzina und Shoeb 2016). Bei Diabetes mellitus Patienten kann die Anreicherung von unverdauter Stärke im Dickdarm schwerwiegende klinische Folgen haben (Singuluri und Sukumaran 2014).

Nachweismethoden:

Der qualitative Nachweis von Stärke in der Milch kann laut Sharma et al. 2012 folgendermaßen durchgeführt werden: Es werden 3 ml der Milchprobe für 5 min im Wasserbad oder auf dem

Thermoblock auf 99°C erhitzt und anschließend wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Wenn sich nach Zugabe von einem Tropfen 1%iger Jodlösung die Probe blau verfärbt, ist das Ergebnis positiv, d.h. Stärke befindet sich in der Probe. Verfärbt sich die Probe nicht, so ist das Ergebnis als negativ zu bewerten. Die Nachweisgrenze liegt bei 0,02 %.

Mithilfe des Milkoscreens™ basierend auf der FTIR-Spektroskopie kann die Menge an Stärke in der Milchprobe quantitativ bestimmt werden (Poonia et al. 2017). Dieses Gerät arbeitet im mittleren Infrarotbereich (Wellenlänge 2,5 bis 25 µm) und erfasst durch Messung der Absorption bei unterschiedlichen Wellenlängen die Milchbestandteile (Homepage Milkoscreen 2019). Die Nachweisgrenze dieser Methode liegt bei 0,4-0,6 % (Hansen und Holroyd 2019).

4.2.4 ZUGABE VON HARNSTOFF

Prinzip der Verfälschung:

Harnstoff wird als Endprodukt des Proteinstoffwechsels über den Urin ausgeschieden bzw. reichert sich in der Milch an und ist somit ein natürlicher Milchbestandteil. (Tanzina und Shoeb 2016) beschreiben, dass der Harnstoffgehalt in der Milch zwischen 20mg/100ml und 70mg/100ml variiert, allerdings deutet ein Gehalt >70mg/100ml auf die absichtliche Zugabe von Harnstoff zur Milch hin (Food Safety and Standards Act 2006 und PFA Rules 1955). Da Harnstoff ein stickstoffhaltiges Molekül darstellt, kann es zur verwässerten Milch hinzugegeben werden, um den Gesamtstickstoffgehalt der Probe zu erhöhen (Shakir et al. 2017; Poonia et al. 2017). Außerdem besitzt Harnstoff die Eigenschaften, die Haltbarkeit von Milch zu verlängern, den Gehalt an fettfreien Feststoffen zu erhöhen und der verwässerten gräulichen Milch wieder ein weißes Erscheinungsbild zu verleihen (Shakir et al. 2017; Poonia et al. 2017).

Gesundheitsrisiken:

Das Strecken von Milch mit Harnstoff kann ernsthafte Folgen für die menschliche Gesundheit haben. Da vor allem die Nieren für die Ausscheidung von Harnstoff verantwortlich sind, kann es durch erhöhte Harnstoffaufnahme zu einer Überbelastung der Nieren und somit zu chronischen Nierenschädigungen kommen (Kandpal et al. 2012). Häufige Symptome von chronischen Nierenerkrankungen sind Energiemangel, Juckreiz, Schläfrigkeit, Ödeme, Muskelkrämpfe und trockene Haut (Murtagh et al. 2007). (Afzal et al. 2011) beschreiben, dass

erhöhte Harnstoffaufnahmen Symptome wie starke Schmerzen im Unterbauch, Sehstörungen, Muskelkrämpfe, geschwollene Gliedmaßen und nervale Ausfallserscheinungen an den Extremitäten, Schüttelfrost und Diarrhoe hervorrufen können.

Nachweismethoden:

Der Goldstandard für den Nachweis des Gesamtstickstoffgehaltes in Lebensmitteln ist die Kjeldahlmethode (ISO 8968-1:2014). Jedoch haben sich im Laufe der Zeit weitere Nachweismethoden etabliert. Der qualitative Nachweis basiert zumeist auf dem Prinzip, dass Harnstoff mit DMAB (Di-Methyl-Amino-Benzaldehyd) im leicht sauren Milieu einen gelben Komplex bildet. Für die Durchführung des Nachweises muss zuerst eine 1,6%ige DMAB-Lösung hergestellt werden. Dafür werden 1,6g DMAB und 10ml einer 37%iger Salzsäure auf 100 ml mit deionisiertem Wasser aufgefüllt. Anschließend werden 0,5ml der Probe mit 0,5ml der zuvor hergestellten DMAB-Lösung in einem Reaktionsgefäß homogenisiert. Eine deutliche Gelbfärbung der Probe deutet auf das Vorkommen von zugesetztem Harnstoff hin, wohingegen eine schwache Gelbfärbung aufgrund des natürlichen Harnstoffgehaltes in der Milch vorkommen kann. Bei einem negativen Ergebnis verfärbt sich die Probe rosa. Die Nachweisgrenze liegt bei dieser Methode bei 0,2 % (Sharma et al. 2012).

Der quantitative Nachweis von Harnstoff in der Milch gelingt mittels Nah-Infrarot-Raman-Spektroskopie (Khan et al. 2015). Das Raman-Spektrometer enthält einen 785 nm Diodenlaser zur Raman-Anregung und mithilfe eines auf PLS-Regression basierenden Algorithmus kann die Harnstoffkonzentration der jeweiligen Milchprobe quantitativ erfasst werden. Mit dieser Methode können Harnstoffkonzentrationen ≥ 50 mg/dl erfasst werden (Khan et al. 2015).

4.2.5 ZUGABE VON MELAMIN

Prinzip der Verfälschung:

Melamin ist ein Harnstoffderivat, welches reich an Stickstoff ist und üblicherweise in der Industrie zur Herstellung von Leimen, Plastik aber auch Küchenutensilien verwendet wird. Der überdurchschnittlich hohe Gehalt an Stickstoff (66 % Massenanteil) führt zu einer Erhöhung des Proteingehalts in der Milch (Gossner et al. 2009).

Gesundheitsrisiken:

Die Wirkung von Melamin beruht auf physikochemischen Eigenschaften. Der menschliche Organismus verstoffwechselt Melamin zu der toxischen Substanz Cyanursäure. In Kombination mit Harnsäure werden Kristalle ausgebildet, die zu einer Schädigung der proximalen Tubuli der Niere führen. Die Bildung dieser Kristalle ist stark pH-Wert abhängig und findet vermehrt bei einem pH-Wert von 5,5 statt. Die durch Kristallbildung verursachten Nierenschädigungen sind bei Säuglingen von größerem Ausmaß, weil Säuglinge einen höheren Harnsäurespiegel im Urin aufweisen und dadurch mehr Kristalle ausbilden als Erwachsene. In Folge der vermehrten Kristallbildung kann es auch zur Formation von Harnsteinen kommen (Scientific Opinion on Melamine in Food and Feed, 2010). In Säuglingsanfangsnahrung darf der Melamingehalt den Wert von 1 mg/kg nicht überschreiten, bei allen anderen Lebensmitteln liegt dieser Grenzwert bei 2,5 mg/kg (WHO 2008).

Nachweismethoden:

Da in vielen Fällen der Proteingehalt indirekt über den Nachweis des Gesamtstickstoffgehaltes nach Kjeldahl (ISO 8968-1:2014) bestimmt wird, wurde Melamin lange Zeit nicht als Verfälschungsmittel detektiert. Der heutige Goldstandard zum Nachweis von Melamin in Milch ist die LC-MS/MS (Flüssigchromatographie gekoppelt an eine Massenspektrometrie) mit der ein Gehalt von 50 µg/kg detektiert werden kann (Scientific Opinion on Melamine in Food and Feed, 2010). Der Nachweis gelingt weiters mit einer HPLC MS/MS, wobei die Nachweisgrenze hier bei 1-10 µg/kg liegt (Tittlemier 2010). Auch kommerziell erhältliche ELISA Test Kits eignen sich, um Verfälschungen mit Melamin $\geq 0,15$ mg/kg nachzuweisen (Romer Labs 2008).

4.2.6 ZUGABE VON GLUKOSE

Prinzip der Verfälschung:

Glukose besitzt genauso wie Stärke und Kochsalz die Eigenschaften, verwässerte Milch zu maskieren und den Gehalt an fettfreien Feststoffen in der Milch zu erhöhen. Ebenso erhöht Glukose die Viskosität der Milch und dient als Geschmacksverstärker (Handford et al. 2016).

Gesundheitsrisiken:

Für Diabetes Patienten kann die Aufnahme von mit Glukose verfälschtem Milchpulver gesundheitliche Folgen haben (Handford et al. 2016, Malik et al. 2006).

Nachweismethoden:

Der qualitative Glukosenachweis gelingt mit modifizierter Barfoed's Reagenz (Sharma et al. 2012). Dieses Reagenz wird hergestellt, indem 24g Kupfer-(II)-Acetat in 450ml kochendem destillierten Wasser gelöst und 25ml einer 8,5%igen Milchsäure hinzugefügt werden. Anschließend wird die Lösung abgekühlt und auf 500ml aufgefüllt. Weiters wird für diesen Nachweis eine Phosphomolybdänsäure-Reagenz benötigt. Hierfür werden 35g Ammoniummolybdat und 5g Natriumwolframat in ein großes Becherglas gegeben und 200ml 10%ige NaOH-Lösung und 200ml Wasser zugegeben. Diese Lösung wird kräftig aufgekocht, um fast das gesamte Ammoniak zu entfernen. Mithilfe von rotem Lackmuspapier kann die Entfernung von Ammoniak überprüft werden. Anschließend wird die Lösung abgekühlt und mit Wasser auf ca. 350ml verdünnt. Im nächsten Schritt werden 125ml konzentrierte H_3PO_4 hinzugegeben und weiter auf 500ml verdünnt.

Für den Glukosenachweis wird 1ml der zu untersuchenden Milchprobe mit 1ml der modifizierten Barfoed Reagenz in einem Reaktionsgefäß gemischt und für 3 min in einem Wasserbad erhitzt. Nach der Erhitzung wird das Reaktionsgefäß unverzüglich abgekühlt, um die Reaktion zu unterbrechen. Zu der trüben Flüssigkeit wird nun 1ml der Phosphomolybdänsäure-Reagenz hinzugegeben. Färbt sich die Probe tief blau, deutet dies auf die Anwesenheit von Glukose hin. Eine schwache blaue Verfärbung kann aufgrund der Eigenfärbung der Barfoed Reagenz auftreten, in diesem Fall ist das Ergebnis negativ zu werten. Die Nachweisgrenze liegt bei dieser Methode bei 0,1 % (Sharma et al. 2012).

Der quantitative Nachweis von Glukose kann, ebenso wieder bei Kochsalz und Stärke, mithilfe einer FTIR-Spektroskopie in Kombination mit einer 2D-Korrelation erfolgen (He et al. 2010). Die Nachweisgrenze für dieses spektroskopische Verfahren zum Glukosenachweis liegt bei 0,1-0,2 % (Hansen und Holroyd 2019).

4.2.7 ZUGABE VON SACCHAROSE (HAUSHALTSZUCKER)

Prinzip der Verfälschung:

Saccharose ist ein preiswertes Süßungsmittel und wirkt dichteerhöhend und geschmacksverstärkend und maskiert somit eine Verwässerung der Milch (Faraz et al. 2013).

Gesundheitsrisiken:

Die Zugabe von Saccharose stellt bei Diabetes mellitus Patienten ein Gesundheitsrisiko dar (Malik et al. 2006).

Nachweismethoden:

Der qualitative Nachweis von Haushaltszucker in der Milch gelingt mit der Seliwanoff Probe (Sharma et al. 2012). Für diese Methode muss eine Resorcin Lösung hergestellt werden, indem 0,5 g Resorcin in 40 ml destilliertem Wasser gelöst, 35 ml konzentrierte Salzsäure hinzugefügt und dann auf 100 ml aufgefüllt werden. Zur Durchführung des Nachweises werden 1ml der Milchprobe mit 1ml der Resorcin Lösung gemischt und für 5 min ins Wasserbad gestellt. Im Falle einer positiven Reaktion verfärbt sich die Probe rot. Bei einem negativen Ergebnis bleibt die Milchprobe weiß, aber mit sichtbarem Koagulum am Boden des Reaktionsgefäßes. Die Rotfärbung der Probe verhält sich proportional zum Gehalt an Haushaltszucker in der Probe. Die Nachweisgrenze für diese Methode liegt bei 0,1 % (Sharma et al. 2012).

Der quantitative Nachweis von Haushaltszucker kann mithilfe des MilkoScreen™ bzw. MilkoScan™ auf Basis einer FTIR-Spektroskopie durchgeführt werden (Poonia et al. 2017). Die Nachweisgrenze dieser Nachweismethode liegt bei 0,2-0,3% (Hansen und Holroyd 2019).

4.2.8 ZUGABE VON FORMALDEHYD/FORMALIN

Prinzip der Verfälschung:

Formalin ist ein gesundheitsschädliches Konservierungsmittel, welches der flüssigen Milch zugegeben wird, um die Haltbarkeit zu verlängern bzw. um die hohe mikrobielle Ausgangsbelastung der Milch zu reduzieren (Ola und Talkhan 2015).

Gesundheitsrisiken:

Formalin ist bereits in geringen Mengen hoch toxisch und von der internationalen Agentur für Krebsforschung als krebserregend klassifiziert (IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 2006). Das Bundesinstitut für Risikobewertung legte einen Wert von 0,6 mg/kg/Tag für die duldbare tägliche orale Aufnahme von Formaldehyd fest (Bundesinstitut Für Risikobewertung 2019).

Die Aufnahme von mit Formalin verfälschter Milch führt zu Erbrechen, Diarrhoe und Schmerzen im Bauchraum (Afzal et al. 2011).

Nachweismethoden:

Für den qualitativen Nachweis von Formalin wird zunächst aus 1ml einer 10%igen Eisenchlorid-Lösung und konzentrierter Salzsäure 500ml der Reagenzlösung hergestellt. 5ml dieser Nachweisreagenz werden mit 5ml der zu untersuchenden Milchprobe gemischt und 3-4 min im Wasserbad erwärmt. Entwickelt sich eine bräunlich-pinke Farbe so ist das Ergebnis positiv und Formalin befindet sich in der Probe. Bei einem negativen Ergebnis verfärbt sich die Probe nicht. Die Nachweisgrenze liegt bei dieser Methode bei 0,1 % (Sharma et al. 2012). Eine zweite Möglichkeit Formalin qualitativ nachzuweisen gelingt mit Hilfe von chromotroper Säure. Hierfür wird eine Chromotropsäure-Lösung aus Chromotropsäure und 72%iger Schwefelsäure hergestellt. Anschließend wird 1ml Milchprobe mit 1ml der hergestellten Lösung vermischt. Bei einem positiven Testergebnis verfärbt sich die Probe gelb. Die Intensität der Gelbfärbung verhält sich proportional zur Menge an Formalin die sich in der Probe befindet. Die Nachweisgrenze für diese qualitative Nachweismethode liegt bei 0,05 % (Sharma et al. 2012).

Zum quantitativen Nachweis von Formalin kommt eine dispersive flüssig-flüssig Mikroextraktionsmethode zum Einsatz, welche in einer Publikation von (Nascimento et al. 2015) genau beschrieben ist. Es handelt sich hierbei um eine spektralphotometrische Methode mit einer Nachweisgrenze für Formalin von 100µg/l wobei die Ergebnisse von 95%iger Genauigkeit sind.

4.2.9 ZUGABE VON AMMONIUMSULFAT

Prinzip der Verfälschung:

Ammoniumsulfat besitzt die Eigenschaft, die Dichte von verwässerter Milch zu erhöhen (Tanzina und Shoeb 2016) und außerdem kann durch die Zugabe dieser wasserlöslichen, stickstoffhaltigen Substanz der Proteingehalt in der Milch scheinbar erhöht werden (Handford et al. 2016).

Gesundheitsrisiken:

Durch den Konsum von verfälschter Milch mit Ammoniumsulfat kann es zu Übelkeit, Erbrechen und Diarrhoe kommen (Handford et al. 2016), außerdem können Nebenwirkungen im Gastrointestinaltrakt, Respirationstrakt oder Hautveränderungen auftreten (Handford et al. 2016).

Nachweismethoden:

Der qualitative Ammoniumsulfat Nachweis kann auf zwei unterschiedliche Weisen durchgeführt werden. Bei der ersten Methode handelt es sich um eine modifizierte Berthelot-Reaktion und bei der zweiten Methode gelingt der Ammoniumsulfat Nachweis mithilfe von Bariumchlorid.

Zur Durchführung der modifizierten Berthelot-Reaktion benötigt man Nitropussid (Konzentration 200 g/l), Phenol (Konzentration 5%ig), NaOCl (Konzentration 2%ig), NaOH Tabletten und Universal pH-Papier. Das Prinzip der modifizierten Berthelot-Reaktion funktioniert wie folgt: aufgrund der alkalischen Bedingungen liegt sämtliches Ammoniak als NH_3 vor. Ammoniak reagiert mit Hypochlorit zu Monochloramin. Das nun entstandene Monochloramin reagiert mit Phenol unter Zugabe von Nitropussid als Katalysator zum entsprechenden Indophenol, welches im alkalischen Medium in seiner blauen Basenform vorliegt (Pohling 2015). Da der Versuch unter alkalischen Bedingungen stattfinden muss, wird der pH-Wert der Milchprobe (10 ml) durch Zugabe einer NaOH Tablette auf größer 10 angehoben. Aus 1 ml Nitropussid und 100 ml Phenol wird eine Gebrauchslösung hergestellt. Anschließend werden 4ml dieser Gebrauchslösung gleichzeitig mit 2 ml NaOCl der Milchprobe hinzugegeben. Bei einem positiven Ammoniumsulfat Nachweis bildet sich im alkalischen

Milieu der intensiv blaue Farbstoff (Indophenolblau). Im Falle eines negativen Ergebnisses bleibt die Milchprobe weiß. Die Nachweisgrenze für diese qualitative Methode liegt bei 0,05 % (w/v).

Eine weitere Möglichkeit die Verfälschung mit Ammoniumsulfat nachzuweisen gelingt mithilfe von Bariumchlorid (Sharma et al. 2012). Hierzu wird eine 5%ige Bariumchlorid-Lösung und eine 24%ige Trichloressigsäure-Lösung benötigt. Es werden 10ml der zu untersuchenden Milchprobe mit 10ml der Trichloressigsäure-Lösung in einem 50ml Testgefäß gemischt. Die koagulierte Milch wird anschließend durch einen Whatman Filter Grad 42 gefiltert. Im nächsten Schritt werden 5ml des klaren Milchfiltrats mit ein paar Tropfen der Bariumchlorid-Lösung versetzt. Die Entstehung milchig-weißer Präzipitate deutet auf die Anwesenheit von zugegebenen Sulfaten in der Milchprobe hin, hierbei kann es sich um Ammoniumsulfat, Zinksulfat, Magnesiumsulfat etc. handeln, dieser Test ist also nicht spezifisch für Ammoniumsulfat. Die Nachweisgrenze für diese Methode liegt bei 0,05 % (w/v).

Für den quantitativen Ammoniumnachweis bietet sich die photometrische Bestimmung nach Berthelot an. Hierfür wird zuerst eine Standardreihe mit unterschiedlichen Konzentrationen an Ammoniumsulfat (5 mg/l, 4 mg/l, 3 mg/l, 2 mg/l, 1 mg/l, 0,5 mg/l, 0,25 mg/l) erstellt und im Photometer bei 655 nm gemessen. Aus diesen Werten wird anschließend die Regressionsgerade erstellt, welche den linearen Zusammenhang der gemessenen Werte angibt. Aus einer Nitropussid-Natriumsalicylat-Lösung (1,2g/l Nitropussid, 170g/l Natriumsalicylat und deionisiertes Wasser) und Natronlauge wird eine Farblösung mit dem Mischungsverhältnis 1:1 hergestellt. Zur Durchführung des Nachweises werden 4ml der zu untersuchenden Milchprobe mit 2ml der Farblösung und 0,8ml Dichlorcyanursäure in einer Einweg-Eprouvette gemischt und für 40 min bei Raumtemperatur stehen gelassen, damit die Farbreaktion stattfinden kann. Um einen Bezugswert zum Ergebnis zu haben, muss noch eine Leerkontrolle (Blank) erstellt werden, dafür werden statt der Milchprobe 4ml deionisiertes Wasser verwendet. Von allen Proben wird anschließend die optische Dichte bei 655 nm im Photometer gemessen und mit dem Blank abgeglichen. Es ist anzumerken, dass der Extinktionswert der Proben mit der Konzentration von Ammoniumionen in der Probe steigt.

Die Berechnung Ammoniumkonzentration in den gemessenen Proben erfolgt entweder über das Lambert-Beersche-Gesetz $E = \epsilon \cdot c \cdot d$ (E = Extinktion der gemessenen Probe/Standardlösung, ϵ = Extinktionskoeffizient, c = Konzentration der gemessenen Probe/Standardlösung, d = Schichtdicke der Küvette) oder die Regressionsgerade $y = k \cdot x +$

d (y= Extinktion der gemessenen Probe/Standardlösung, k= Steigung der Gerade, x= Konzentration der gemessenen Probe/Standardlösung, d= Schnittpunkt mit der y-Achse).

4.2.10 ZUGABE VON NATRIUMHYDROGENCARBONAT/NATRIUMBICARBONAT

Prinzip der Verfälschung:

Natriumhydrogencarbonat bzw. Natriumbicarbonat wird flüssiger, bereits verdorbener Milch hinzugegeben, da es als Konservierungsmittel die Eigenschaft besitzt den pH-Wert zu regulieren und somit die bereits saure Milch abzupuffern (Barham et al. 2014, Swetha et al. 2014). Zudem vermag durch die Zugabe dieser Substanz die Haltbarkeit der Milch verlängert zu werden (Afzal et al. 2011).

Gesundheitsrisiken:

Carbonate bzw. Bicarbonate stellen kein direktes Gesundheitsrisiko für die öffentliche Gesundheit dar.

Nachweismethoden:

Eine qualitative Nachweismethode für Natriumhydrogencarbonat bzw. Natriumbicarbonat besteht darin, mithilfe von Rosolsäure einen Farbumschlag zu erzeugen, falls die zu untersuchende Milchprobe alkalisch ist. Fehlt das alkalische Milieu, d.h. wenn die Milch nur soweit mit Carbonaten angereichert wurde, dass die Ansäuerung verschleiert wird und sich der pH-Wert der Milchprobe im leicht sauren oder neutralen Bereich befindet, dann ist diese Methode für den Nachweis nicht geeignet (Sharma et al. 2012). Dennoch stellt dieser Test eine günstige und einfach durchzuführende Methode dar, die Verfälschung von Milch mit Carbonaten nachzuweisen. Zur Durchführung dieser Methode benötigt man 96%igen Ethanol sowie eine 0,1%ige Rosolsäure-Lösung, diese wird aus 100mg Rosolsäure-Pulver und 30ml Ethanol hergestellt und mit deionisiertem Wasser auf 100ml aufgefüllt. Im nächsten Schritt werden 5ml der Milchprobe mit 5ml 96%igem Ethanol gemischt und 2-3 Tropfen der Rosolsäure-Lösung hinzugegeben. Im Falle eines positiven Ergebnisses färbt sich die Probe

rosa-gelblich, negative Proben weisen eine gelblich bis leicht bräunliche Färbung auf. Die Nachweisgrenze für diese Methode liegt bei 0,2 % (Sharma et al. 2012).

Zum quantitativen Nachweis eignet sich die FTIR-Spektroskopie, wobei die Nachweisgrenze bei 300-500 ppm liegt (Hansen und Holroyd 2019). Eine neue und günstige Alternative zu klassischen spektroskopischen und chromatographischen Verfahren beschreibt (Mohan an et al. 2002). Die thermoakustischen Analyse bedient sich neben den direkten Parametern Ultraschallgeschwindigkeit- und Dichte auch abgeleiteter Parameter, wie z.B. der spezifischen akustischen Impedanz, der adiabatischen Kompressibilität oder der spezifischen Schallgeschwindigkeit, um chemische Zusatzstoffe in der Milch zu detektieren. Im Fall von verfälschter Milch mit Bicarbonaten kommt es zu einer verminderten adiabatischen Kompressibilität und spezifischen Schallgeschwindigkeit, wohingegen die akustische Impedanz steigt. Ein Nachteil liegt darin, dass nur erfahrene Techniker diese Methode durchführen können und diese Methode erst noch validiert werden muss (Mohan an et al. 2002).

4.2.11 ZUGABE PFLANZLICHER PROTEINE BZW. FETTE

Prinzip der Verfälschung:

Milchfett gilt als der teuerste Inhaltsstoff in der Milch und wird daher von Betrügern häufig durch billigere Substanzen wie z.B. pflanzliche Öle ersetzt, um mehr finanziellen Profit herauszuschlagen (Tanzina und Shoeb 2016). Beispiele für pflanzliche Öle welche zu Verfälschungszwecken genutzt werden sind Palmöl, Erdnussöl, Rapsöl oder Sonnenblumenöl, aber auch tierische Fette wie Schweineschmalz oder Rindertalg werden verwendet (Poonia et al. 2017).

Pflanzliche Proteine wie Soja-, Reis-, oder Mandelproteine werden der Milch hauptsächlich zur Erhöhung des Proteingehaltes zugeführt. Für Menschen mit Laktoseintoleranz dient der Zusatz von solchen Pflanzenproteinen als Alternative zu herkömmlichen Milchprodukten die Laktose enthalten (Tanzina und Shoeb 2016).

Gesundheitsrisiken:

Pflanzenproteine stellen kein direktes Gesundheitsrisiko für die öffentliche Gesundheit dar, jedoch sind Soja- Weizen- und Mandelproteine laut FALCPA (Food Allergen Labeling and

Consumer Protection of 2004) potentielle Allergene und müssen daher als solche ausgewiesen werden (Tanzina und Shoeb 2016).

Nachweismethoden:

Fremdfette in der Milch lassen sich am besten durch die Bestimmung des Triglycerid Musters und der Fettsäuren Zusammensetzung nachweisen (Menz 2012, Poonia et al. 2017). Vor allem eine hohe Konzentration von Phytosterinen, insbesondere β -Sitosterol deutet auf das Vorhandensein von pflanzlichen Fetten in der Milch hin. Das Nachweisverfahren der Wahl ist in diesem Fall die LC-GC (Kamm et al. 2002). (Garcia et al. 2012) beschreiben eine Methode wo mithilfe von MALDIQTOF-MS (Matrix-assisted laser desorption/ionisation-quadrupole time of flight mass spectrometry) pflanzliche Öle in der Milch nachgewiesen werden können. Weitere Methoden wie man pflanzliche Proteine in Milch nachweisen kann, sind z.B. ELISA, HPLC oder Immundiffusionstests (Tanzina und Shoeb 2016).

4.3 ERGEBNISSE DER ONLINEBEFRAGUNG

Ziel der Onlinebefragung war es, mithilfe spezifischer Fragen die Warenströme in der Produktion von Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver der jeweiligen Unternehmen zu analysieren bzw. das Wissen über Milchpulverfälschungen zu bewerten. Außerdem wurden die Unternehmen befragt, wie sie das Risiko für Lebensmittelbetrug minimieren können.

Von 14 kontaktierten Unternehmen (Tab. 11) erklärten sich sechs Firmen explizit nicht bereit an der Onlinebefragung teilzunehmen. Bereits beim ersten Telefonat lehnten die Molkerei Alois Müller GmbH & Co KG und Vorarlberg Milch eGen die Teilnahme an der Onlinebefragung ab. Laut Gesprächsnotizen aus den Telefonaten gab das Unternehmen Molkerei Alois Müller GmbH & Co KG an, dass die Beantwortung von Fragebögen überhandgenommen habe, und deshalb grundsätzlich nicht mehr an solchen Befragungen teilgenommen wird. Das Unternehmen Vorarlbergmilch eGen begründete seine Absage damit, dass kleine österreichische Molkereiunternehmen den globalen Milchpulvermarkt nicht richtig einschätzen können und diese Befragung daher wenig Aussagekraft hätte. Vier Unternehmen erteilten schriftlich, per E-Mail eine Absage. Die Argumente lauteten wie folgt (Originalzitate):

Hipp Austria GmbH: „Es tut mir leid, aber es geht hier um Informationen, die ich Ihnen nicht beantworten darf.“

Danone GmbH: „Es tut uns wirklich sehr leid, aber es ist uns augenblicklich aus Kapazitätsgründen leider nicht möglich Ihrem Anliegen zu entsprechen.“

Friesland Campina GmbH: „Leider ist es uns zeitlich nicht möglich, auf alle diese Anfragen ausführlich zu antworten. Es tut uns leid, dass wir Ihrem Wunsch Ihren Fragebogen zu beantworten derzeit nicht nachkommen können. Wir hoffen auch auf Ihr Verständnis, dass wir keine Detailinformationen zu Betriebsinterna herausgeben können.“

Alpi Milchverarbeitungs- & Handels GmbH & Co KG: „Nach Rücksprache mit unserem Geschäftsführer muss ich Ihnen leider mitteilen, dass wir so ausgelastet sind und unser Terminkalender so voll ist, dass wir Ihnen leider diese Möglichkeit in absehbarer Zeit nicht geben können.“

Von weiteren sechs Unternehmen (6 von 14) konnte auch nach mehrmaligem (3x) Urgieren keine Rückmeldung notiert werden. Somit waren lediglich 2 von 14 Unternehmen kooperativ

und nahmen an der Onlinebefragung teil. Die Beantwortung der Onlinefragebögen beider Unternehmen sind in Tab. 12 und Tab. 13 einzusehen.

Tab. 11 Kontaktdaten und Korrespondenz der Unternehmen für die Onlinebefragung

Nr.	Unternehmen	Adresse	Telefonnr. E-Mail-Adresse	Telefonate	Versand Online- Fragebogen 1. Mal	Versand Online- Fragebogen 2. Mal
1.	Nestlé Österreich GmbH	Wiedner Gürtel 9 1100 Wien	+43 1 54671 0 nim@recaption@at.nestle.com	30.04.2019 23.10.2019 24.10.2019 30.10.2019	04.10.2019	11.10.2019
2.	Danone GmbH	Technologiestr. 10 A-1120 Wien	+43 (1) 21157-0 birgit.krampfl@danone.com	30.04.2019	04.10.2019	11.10.2019
3.	Abbott Gesellschaft m.b.H.	Perfektastr. 84A 1230 Wien	+43 1 891 220 office.at@abbott.com		30.08.2019	23.10.2019
4.	FrieslandCampina Austria GmbH	Bahnhofstraße 134 8950 Stainach	+43 3682285-515 office@frieslandcampina.at	30.04.2019 30.08.2019 09.09.2019	10.09.2019	
5.	Mead Johnson Nutritionals GmbH	Waldstraße 23 63128 Dietzenbach	+49 180-1000385 media&pr@rb.com		30.08.2019	23.10.2019
6.	Hipp Austria GmbH	Theresienthalstr. 68 4810 Gmunden	+43 7612 76577 0 thorsten.blazjewicz@hipp.at	30.04.2019	04.10.2019	11.10.2019
7.	Alpi Milchverarbeitungs- & Handels GmbH & Co KG	Molkereistraße 1 4910 Ried im Innkreis	+43 7752 85914-0 elisabeth.tate@alpi.at	30.04.2019	04.10.2019	11.10.2019

Tab. 11 Fortsetzung Kontaktdaten und Korrespondenz der Unternehmen für die Onlinebefragung

Nr.	Unternehmen	Adresse	Telefonnr. E-Mail-Adresse	Telefonate	Versand Online- Fragebogen 1. Mal	Versand Online- Fragebogen 2. Mal
8.	Bioservice Zach GmbH	Zweiländerstr. 8 3950 Gmünd	+43 2852 54343 58 zach@bioservice.at	30.04.2019	04.10.2019	11.10.2019
9.	Berglandmilch eGen	Schärdinger Platz 1 3361 Aschbach-Markt	+43 7242 46996-0 office@berglandmilch.at	30.04.2019 09.09.2019	11.09.2019	
10.	Uelzena eG	Im Neuen Felde 87 29525 Uelzen	+49 581 806-0 kontakt@uelzena.de	12.09.2019	12.09.2019	
11.	Dirk Rossmann GmbH	Isernhägener Str. 16 30938 Burgwedel	+49 51 39 89 80 einkauf@rossmann.de	12.09.2019	12.09.2019	
12.	Molkerei Alois Müller GmbH & Co KG	Zollerstraße 7 86850 Fischach	+49 8236 - 999-0 info@muellermilch.de	12.09.2019		
13.	Vorarberg Milch eGen	Nofler Str. 62 6800 Feldkirch	+43 5522 72 13 00 office@vmilch.at	12.09.2019		
14.	Lactoland Trockenmilchwerk GmbH	Wierlings Esch 50 48249 Dülmen	+49 2594 7906-0 info@lactoland.de	12.09.2019	13.09.2019	

Tab. 12 Beantwortung Onlinefragebogen Unternehmen A

<p>1. Wieviel Tonnen Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver verarbeitet Ihr Unternehmen (weltweit) zu Säuglingsnahrung? <i>Keines</i></p>
<p>2. Wie viel Prozent Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver werden „in house“ produziert, wieviel Prozent werden zugekauft? <i>28.000 Tonnen „in house“</i></p>
<p>3. Wie viele Milchpulverwerke gehören Ihrem Unternehmen bzw. Ihrem Firmenkonsortium an? <i>1</i></p>
<p>4. Wie viele Milchpulverwerke gibt es Ihrer Schätzung nach weltweit? <i>keine Ahnung</i></p>
<p>5. Wie häufig sind Ihrer Meinung nach die unten aufgelisteten Verfälschungen global gesehen?</p> <p><i>Verwässerung → selten bis gar nicht</i></p> <p><i>Kochsalz → noch nie davon gehört</i></p> <p><i>Stärke → noch nie davon gehört</i></p> <p><i>Harnstoff/Melamin → selten bis gar nicht</i></p> <p><i>Glukose → noch nie davon gehört</i></p> <p><i>Saccharose → noch nie davon gehört</i></p> <p><i>Formalin/Formaldehyd → noch nie davon gehört</i></p> <p><i>Ammoniumsulfat → noch nie davon gehört</i></p> <p><i>Natriumhydrogencarbonat/Natriumbicarbonat → noch nie davon gehört</i></p> <p><i>pflanzliche Proteine → selten bis gar nicht</i></p> <p><i>pflanzliche / tierische Fette → noch nie davon gehört</i></p>
<p>6. Kennen Sie noch andere Arten von Milchpulverfälschungen als die zuvor genannten? <i>Nein</i></p>
<p>7. Wie können sich Säuglingsnahrungshersteller vor Milchpulverfälschungen schützen? <i>nicht in China kaufen</i></p>

Tab. 13 Beantwortung Onlinefragebogen Unternehmen B

<p>1. Wieviel Tonnen Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver verarbeitet Ihr Unternehmen (weltweit) zu Säuglingsnahrung? <i>4-5 Milliarden Liter frische Milch/Jahr</i></p>
<p>2. Wie viel Prozent Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver werden „in house“ produziert, wieviel Prozent werden zugekauft? <i>30 % zugekauft</i></p>
<p>3. Wie viele Milchpulverwerke gehören Ihrem Unternehmen bzw. Ihrem Firmenkonsortium an? <i>57 insgesamt; davon 34 Säuglingsnahrungswerke</i></p>
<p>4. Wie viele Milchpulverwerke gibt es Ihrer Schätzung nach weltweit? <i>10.000</i></p>
<p>5. Wie häufig sind Ihrer Meinung nach die unten aufgelisteten Verfälschungen global gesehen?</p> <p><i>Verwässerung → regelmäßig bis häufig</i></p> <p><i>Kochsalz → regelmäßig bis häufig</i></p> <p><i>Stärke → sehr häufig</i></p> <p><i>Harnstoff/Melamin → regelmäßig bis häufig</i></p> <p><i>Glukose → sehr häufig</i></p> <p><i>Saccharose → sehr häufig</i></p> <p><i>Formalin/Formaldehyd → selten bis gar nicht</i></p> <p><i>Ammoniumsulfat → regelmäßig bis häufig</i></p> <p><i>Natriumhydrogencarbonat/Natriumbicarbonat → selten bis gar nicht</i></p> <p><i>pflanzliche Proteine → sehr häufig</i></p> <p><i>pflanzliche / tierische Fette → regelmäßig bis häufig</i></p>
<p>6. Kennen Sie noch andere Arten von Milchpulververfälschungen als die zuvor genannten? <i>Ja</i> <i>Milch anderer Spezies (z.B Kamel, Ziege), Bohnenmilch; Erhöhung fettfreier Feststoffe mit Mehl, Maltodextrin, Papierzellstoff; Antibiotika</i></p>
<p>7. Wie können sich Säuglingsnahrungshersteller vor Milchpulververfälschungen schützen? <i>Lieferantengenehmigung; Lieferantenaudit</i></p>

Auf die Frage nach der Häufigkeit von Milchpulververfälschungen kamen von beiden Unternehmen sehr unterschiedliche Angaben. Zur besseren Verdeutlichung wurden die Angaben in einem Säulendiagramm zusammengefasst (Abb. 34).

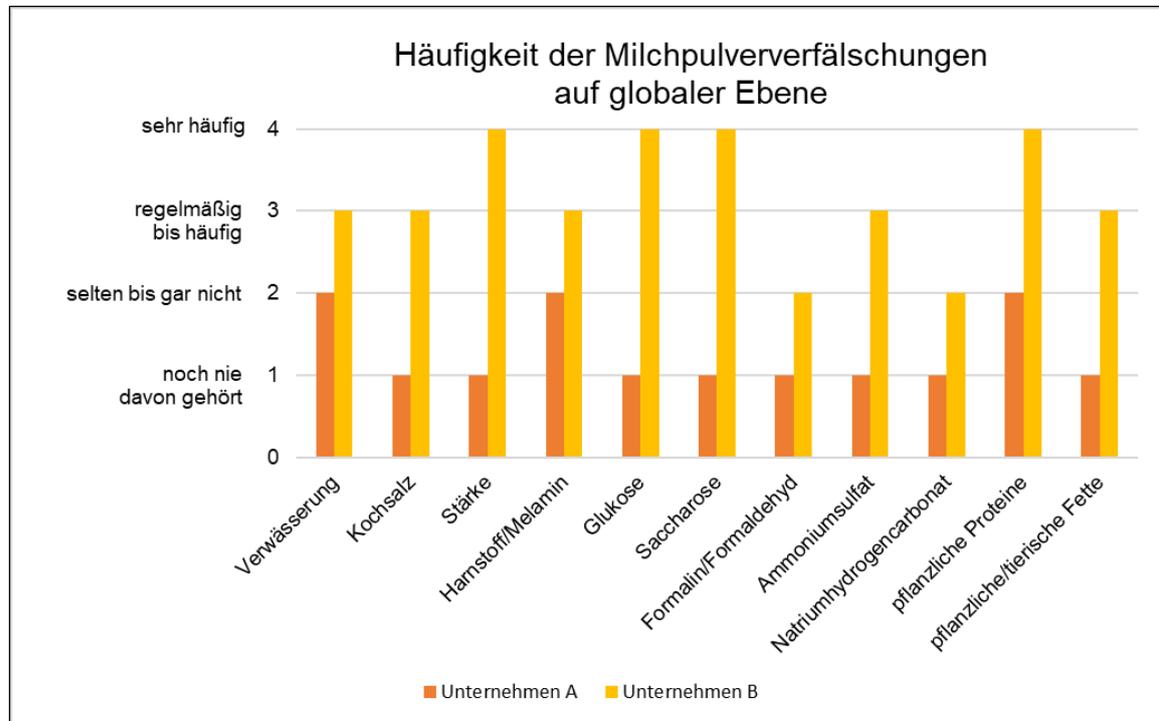


Abb. 34 Häufigkeit der Milchpulververfälschungen auf globaler Ebene (Auswertung der Frage 5 des Onlinefragebogens)

5 DISKUSSION

Milch und Milchprodukte stellen für die menschliche Bevölkerung, vor allem aber für Kinder und Säuglinge aufgrund der essentiellen Nährstoffe wie Fette, Kohlenhydrate, Proteine, Vitamine und Mineralstoffe ein wichtiges Grundnahrungsmittel dar (Tanzina und Shoeb 2016). Milchpulver hat eine lange Geschichte, denn bereits im 19. Jahrhundert war es erstmals möglich Milch im großen Stil zu trocknen (Kristensen und Westergaard 2010). Die erste Säuglingsnahrung, das sogenannte „Kindermehl“ wurde bereits im Jahr 1867 von Henri Nestlé auf den Markt gebracht (Nestlé 2020). Obwohl Muttermilch die erste Wahl für die Ernährung von Säuglingen sein sollte (WHO 2003), geht der Trend immer häufiger in Richtung Ernährung mittels Säuglingsanfangsnahrung. In Industrieländern ist der Wunsch nach einem schnellen Berufseinstieg nach der Geburt ausschlaggebend für die Verwendung von Säuglingsanfangsnahrung (Borrmann 2005). Speziell in Ländern mit einer hohen HIV/Aids Rate hat Milchpulver eine zusätzliche große Bedeutung: HIV-positiven Müttern wird vom Stillen abgeraten, da der Virus neben der plazentaren Übertragung hauptsächlich über Muttermilch und blutende Brustwarzen an die Säuglinge weitergegeben wird (Downs und Cooper 2007). Generell wird die Verwendung von milchpulverbasierter Säuglingsnahrung v.a. in Entwicklungsländern aufgrund der hohen Kosten für die Säuglingsmilch, die unzuverlässige Stromversorgung und die mangelnde Trinkwasserqualität in Entwicklungsländern kontrovers diskutiert (Downs und Cooper 2007). Die Ernährung von Säuglingen mit Säuglingsnahrung kann jedoch eine sichere Alternative zum Stillen darstellen, wenn der Zugang zu sauberem Trinkwasser gewährleistet wird (Mbori-Ngacha et al. 2001).

Der globale Milchpulvermarkt ist wie folgt strukturiert: Derzeit finden 63 % der globalen Vollmilchpulverproduktion in drei Ländern, nämlich Neuseeland (1,38 Mio. Tonnen), China (1 Mio. Tonnen) und Brasilien (598 Tsd. Tonnen) statt. Die globale Magermilchpulverproduktion erfolgt zu 42,6 % in den USA (1,08 Mio. Tonnen), Indien (570 Tsd. Tonnen) und Deutschland (430 Tsd. Tonnen). Auch der Export von Milchpulver wird von Industrieländern angeführt. Neuseeland ist derzeit mit 55,9 % der weltweit führende Exporteur von Vollmilchpulver (1,3 Mio. Tonnen). Die USA ist mit 25,6 % der Top-Exporteur von Magermilchpulver auf Länderebene (606 Tsd. Tonnen) und die EU 28 steuert 33 % zum globalen Exportvolumen von Magermilchpulver bei (Bulletin of the IDF No. 494/ 2018). Die sogenannten dritten und vierten Welt Länder sind wiederum wegen des Ungleichgewichts zwischen hoher Nachfrage

und dem geringen Angebot im Inland auf Importe von Milchpulver angewiesen. Große Mengen des Milchpulvers werden vor allem via Schiffsweg in diese Länder transportiert. Es konnten 18 der weltgrößten Containerhäfen (Tab. 9) als wesentliche Umschlagplätze für Milchpulver identifiziert werden. Dazu zählen u.a. die fünf großen Containerhäfen der wichtigsten Exportländer von Milchpulver, wie Hamburg, Rotterdam, Los Angeles, Longbeach und Antwerpen (World of Shipping Council 2020). Weitere bedeutende Containerhäfen sind jene von den wichtigsten Importländern von Milchpulver, nämlich Jakarta, Manila, Colombo, Singapur, Tanjung Pelepas, Port Klang, Cai Mep, Laem Chabang und Tokio. Da der Großteil der asiatischen Güter über den indischen Ozean nach Afrika transportiert werden, spielen auch große chinesische Häfen wie Shanghai, Qingdao, Tianjin und Lianyungang (World of Shipping Council 2020), sowie insbesondere die Häfen der afrikanischen Ostküste, wie z.B. Djibouti, Mombasa und Dar es salaam (CFC Cargo from China 2020) eine große Rolle im Handel mit Milchpulver.

Lebensmittelbetrug in sogenannten dritten und vierten Welt Ländern wird durch die generelle Nahrungsmittelknappheit, die geringe Kaufkraft der Kunden, den florierenden Schwarzmarkt sowie durch das Fehlen entsprechender Kontrollen und kommerzieller einfacher Schnelltestmethoden begünstigt (Tanzina und Shoeb 2016).

In Subsahara-Afrika gibt es darüber hinaus auch das Problem der Milchunterversorgung während der Trockenzeit. Um diese Versorgungslücke zu schließen, wird Milch oftmals verwässert und in weiterer Folge mit chemischen Substanzen versetzt. (Afzal et al. 2011). In einer Studie von Singuluri und Sukumaran 2014 wurden 50 Milchproben u.a. auf die Anwesenheit von Stärke, Harnstoff und Formalin getestet. Stärke war in keiner der Proben zu detektieren, jedoch konnten in 60 % der untersuchten Proben Harnstoff und in 32 % Formalin nachgewiesen werden. Faraz et al. 2013 untersuchen 60 Milchproben von Bildungseinrichtungen und öffentlichen Institutionen in Pakistan auf die Anwesenheit unterschiedlicher Verfälschungsmittel. Harnstoff konnte in jeweils 63 % bzw. 87 %, Formalin in 23 % bzw. 27 % und Rohrzucker in 87 % bzw. 97 % der Proben nachgewiesen werden, außerdem waren 97 % bzw. 93 % der Proben verwässert. In einer weiteren Studie von Barham et al. 2014 wurden je 20 Milchproben von Milcherzeugern, Milchsammlern, Zwischenhändlern, Verarbeitern und Einzelhändlern (insgesamt n=100) in Pakistan auf Verfälschungsmittel untersucht. In 73 % der Fälle waren die Milchproben verwässert, außerdem konnten Rohrzucker (22 %), Kochsalz (15 %), Stärke (12 %), Formalin (11 %) sowie in jeweils 10 % der untersuchten Proben Harnstoff und Pflanzenöl detektiert werden. In Dar-es-Salaam,

Tanzania ,wurden insgesamt 49 Milchpulverproben gesammelt. Bei 6% (3 von 49) aller untersuchten Proben und bei 11% (3 von 27) von internationalen Markenprodukten konnten Melaminkonzentrationen von 0,5 bis 5,5 mg/kg Milchpulver nachgewiesen werden (Schoder 2010). Die Ergebnisse dieser Studien zeigen auf, dass die Verfälschung von Milch mit unterschiedlichen Verfälschungsmitteln weit verbreitet ist.

Alle Verfälschungsmethoden verfolgen ein wirtschaftliches Interesse (Spink und Moyer 2011), jedoch können manche Verfälschungen gesundheitsgefährdende Folgen für Konsumenten nach sich ziehen. Die Verfälschung mit Stärke führt in etwa dazu, dass die fettfreien Bestandteile der Milch erhöht und verwässerte Milch maskiert wird. Allerdings hat diese Verfälschung zur Folge, dass es bedingt durch die erhöhte osmotische Wirkung zu Diarrhoe kommen kann (Tanzina und Shoeb 2016). Formalin ist ein gesundheitsschädliches Konservierungsmittel, das der Milch zugegeben wird, um die hohe mikrobielle Keimbelastung zu reduzieren und dadurch die Haltbarkeit der Milch zu verlängern (Ola und Talkhan 2015). Durch den Konsum von Formalin haltiger Milch kann es zu Erbrechen, Diarrhoe und Schmerzen im Bauchraum kommen (Afzal et al. 2011). Außerdem wurde Formalin von der internationalen Agentur für Krebsforschung als krebserregend klassifiziert (IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 2006). Die Aufnahme hoher Harnstoffmengen überlastet die Niere und es kommt häufig zu chronischen Nierenerkrankungen (Kandpal et al. 2012). Die Bildung von Harnkristallen durch die Reaktion von Melamin mit Harnsäure führt zur Schädigung der proximalen Nierentubuli, außerdem kann es zur Formation von Nierensteinen kommen (Scientific Opinion on Melamine in Food and Feed, 2010).

Die Sonderstellung von Babys als Konsument ist besonders erwähnenswert, da milchpulverbasierte Säuglingsnahrung neben Muttermilch ein essentielles Lebensmittel für Babys darstellt (Guo 2014). Jedoch verfügen die für die Ausscheidung von Giftstoffen wichtigen Organe wie Leber und Nieren zum Zeitpunkt der Geburt noch nicht über ihre volle Funktionalität. Die anatomische Entwicklung der Niere mit Ausbildung der Glomeruli ist beim Menschen bereits in der 34.-35. Schwangerschaftswoche abgeschlossen, jedoch vergehen 2-3 Jahre, bis die Niere ihre vollständige funktionale Reife ausgebildet hat (Seely 2017). Genauso ist auch die Leber zum Zeitpunkt der Geburt nicht voll entwickelt. Ein Neugeborenes besitzt $\leq 20\%$ der Hepatozyten eines Erwachsenen. Die Leber wächst nach der Geburt noch bis zur vollen Reife aus, wobei das für die Biotransformation von Arzneimitteln und Chemikalien wichtige Enzym N-Acetyltransferase 2 erst im Alter von 3 Jahren vollständig

exprimiert wird (Piñeiro-Carrero und Piñeiro 2004). Daraus lässt sich schließen, dass das Risiko für gesundheitliche Folgen nach dem Konsum von verfälschter milchpulverbasierter Säuglingsanfangsnahrung für Babys höher ist als für Erwachsene.

Die Onlinebefragung ausgewählter Milchpulverhersteller über Milchpulver und milchpulverbasierte Säuglingsanfangsnahrung hatte das Ziel, mithilfe spezifischer Fragen die Warenströme in der Produktion von Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver der jeweiligen Unternehmen zu analysieren bzw. das Wissen über Milchpulverfälschungen zu bewerten. Außerdem wurden die Unternehmen befragt, wie sie das Risiko für Lebensmittelbetrug minimieren können. Von den 14 Unternehmen, die für die Onlinebefragung in Betracht kamen, waren zwölf nicht bereit an der Umfrage teilzunehmen und Informationen bekannt zu geben. Generell gestaltete es sich schwierig konkrete Ansprechpersonen im Netz ausfindig zu machen. Die erste Kontaktaufnahme verlief in allen Fällen über die Hotlines der Kundenservice Center. Nur in 5 von 14 Fällen wurde eine konkrete E-Mail-Adresse einer Kontaktperson genannt. Die Kontaktaufnahme über die Hotlines der Kundenservice-Center endete in 9 von 14 Fällen darin, dass eine E-Mail an die allgemeinen Service-E-Mail-Adressen der Unternehmen ausgeschickt werden sollte. Es wurde nicht das Gefühl vermittelt, dass das Anliegen ernst genommen wurde.

Zwei Unternehmen erteilten bereits beim ersten Telefonat eine Absage bzgl. der Teilnahme an der Onlinebefragung. Nur 2 von 14 Unternehmen waren bereit, an der Online-Umfrage teilzunehmen. Diese geringe Rücklaufquote von 15 % lässt den Schluss zu, dass die Unternehmen ihrer Auskunftspflicht nur bedingt nachgekommen sind.

Die Analyse der Warenströme in der Produktion von Vollmilch-, Magermilch- und Molkenpulver der befragten Unternehmen ergab folgendes Ergebnis:

Unternehmen A: Das Unternehmen A unterhält ein einziges Milchpulverwerk und stellt selbst kein Säuglingsnahrungspulver her.

Unternehmen B: Dieses Unternehmen verarbeitet in insgesamt 57 Milchpulverwerken (davon 34 Säuglingsnahrungswerke) jährlich 4-5 Milliarden Liter frische Milch zu Säuglingsnahrung, 30 % vom Milchpulver werden zugekauft. Das Unternehmen schätzt, dass es weltweit ca. 10.000 Milchpulverwerke gibt.

Aus der Frage, wie häufig die einzelnen Milchpulverfälschungen weltweit vorkommen kann man ableiten, dass Unternehmen A mit der Problematik von Milchpulverfälschungen nicht

wirklich vertraut zu sein scheint. Von den elf verschiedenen Milchpulververfälschungen, die zur Auswahl standen, sind nur die Verwässerung, die Zugabe von pflanzlichen Proteinen sowie die Zugabe von Harnstoff/Melamin bekannt. Unternehmen A ist der Meinung, dass diese drei Verfälschungsarten selten bis gar nicht vorkommen. Die restlichen aufgelisteten Verfälschungen sind diesem Unternehmen nicht bekannt. Völlig anders bewertet Unternehmen B die Häufigkeit der Milchpulververfälschungen (Abb. 34). Die Zugabe von Stärke, Glukose, Saccharose und pflanzlichen Proteinen sind nach deren Meinung die am häufigsten vorkommenden Verfälschungen weltweit. Verwässerung sowie die Zugabe von Kochsalz, Harnstoff/Melamin, Ammoniumsulfat und pflanzlichen/tierischen Fetten sieht Unternehmen B als regelmäßige Verfälschung am globalen Milchpulver- und Säuglingsanfangsnahrungsmarkt. Nach Einschätzung des Unternehmen B kommen Verfälschungen mit Formalin/Formaldehyd bzw. Natriumbicarbonat/Natriumhydrogencarbonat selten bis gar nicht vor. Die Zugabe von Milch anderer Spezies (z.B. Kamel, Ziege) oder Bohnenmilch, die Zugabe von Mehl, Maltodextrin oder Papierzellstoff zur Erhöhung der fettfreien Feststoffe sowie die Zugabe von Antibiotika sind weitere Verfälschungsmethoden die Unternehmen B bekannt sind.

Die Frage wie man das Risiko von Lebensmittelbetrug minimieren kann, beantwortete das Unternehmen A mit der Aussage, dass man Milchpulver nicht in China kaufen solle. Diese Antwort bezieht sich wohl auf den chinesischen Melaminskandal im Jahr 2008, nachdem viele Hersteller und auch Konsumenten das Vertrauen in Milchpulver chinesischer Herkunft verloren hatten. Unternehmen B gab an, mit Hilfe von Lieferantengenehmigungen und Audits das Auftreten von Lebensmittelbetrug minimieren zu können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Gegensatz zu Unternehmen A, das Unternehmen B ein großes Problembewusstsein zum Thema Lebensmittelbetrug und Milchpulververfälschungen aufweist.

Die Verfälschung von Lebensmitteln, insbesondere von Milchpulver ist von großer Relevanz und ein globales Problem (Spink und Moyer 2011). Lückenhafte Überwachungssysteme v.a. in Entwicklungsländern, aber auch die fehlende Verfügbarkeit von geeigneten kommerziell erhältlichen Schnelltestmethoden machen es zu einer großen Herausforderung Betrugsfälle zu detektieren. Instrumente zur Überwachung der Wertschöpfungskette, wie z.B. das SSAFE-Tool ermöglichen es Unternehmen, das Risiko für das Auftreten von Lebensmittelbetrug besser abzuschätzen. Auch Lebensmittelsicherheitsüberwachungsprogramme wie HACCP

oder VACCP sind wichtige Maßnahmen, um die Qualität von Lebensmitteln sicherzustellen. Die Etablierung des globalen Kontrollsystems „Operation Opson“ von Europol/Interpol im Jahr 2011, wo bereits über 70 Länder weltweit teilnehmen, macht es sich zur Aufgabe, gefälschte und minderwertige Lebensmittel und Getränke zu identifizieren (Europol 2020). Dieser Ansatz ist ein erster Schritt in die richtige Richtung, um das globale Problem des Lebensmittelbetruges einzudämmen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Milchpulver ist insbesondere für Säuglinge ein wichtiges Lebensmittel, vor allem dann, wenn keine Muttermilch zu Verfügung steht und diese substituiert werden muss. Milchpulver und milchpulverbasierte Säuglingsnahrung zählen zu jenen Lebensmitteln, die häufig verfälscht werden. Vor allem in Entwicklungsländern begünstigen die Nahrungsmittelknappheit, die geringe Kaufkraft der Kunden, der florierende Schwarzmarkt und das Fehlen kommerzieller einfacher Schnelltestmethoden das Auftreten von Lebensmittelbetrug.

Ziel dieser Diplomarbeit war es, alle bis dato in der Literatur beschriebenen Verfälschungsmethoden von Milchpulver in einem Kompendium zusammenzufassen. Zu diesem Zweck wurde in allen relevanten wissenschaftlichen Datenbanken, wie „PubMed“, „Scopus“, „ScienceDirect“ oder „ResearchGate“ aber auch in der Suchmaschine „Google“ bzw. „Google Scholar“ nach spezifischer Fachliteratur gesucht.

Zum besseren Verständnis der Verfälschungsproblematik wurde ein detaillierter Überblick über die Herstellungsverfahren von Milchpulver gegeben und das Wesen des Lebensmittelbetrugs näher erläutert. Des Weiteren wurde der globale Milchpulvermarkt näher analysiert und die wichtigsten Handelsumschlagplätze identifiziert. Schlussendlich wurde die umfangreiche Literaturrecherche mit einer Onlinebefragung von 14 Unternehmen abgerundet.

Insgesamt konnten elf Verfälschungsmethoden beschrieben werden. Das Kompendium umfasst eine detaillierte Beschreibung (i) des Prinzips der Verfälschung, (ii) etwaiger gesundheitlicher Risiken und (iii) entsprechender qualitativer und quantitativer Nachweismethoden.

Sieben von den elf beschriebenen Milchpulververfälschungen weisen grundsätzlich ein gesundheitsgefährdendes Potential auf, v.a. aufgrund der mikrobiellen Belastung sowie der chemischen Rückstände in der Milch.

Die Onlinebefragung gestaltete sich generell schwierig. Die Kontaktaufnahme verlief in allen Fällen zuerst über die Hotlines der Kundenservice-Center. Von 14 kontaktierten Unternehmen erklärten sich sechs Firmen explizit nicht bereit an der Onlinebefragung teilzunehmen. Von weiteren sechs Unternehmen konnte auch nach mehrmaligem Urgieren keine Rückmeldung notiert werden. Zwei Unternehmen erteilten bereits beim ersten Telefonat eine Absage. Insgesamt waren nur 2 von 14 Unternehmen bereit, an der Online-Umfrage teilzunehmen.

Diese geringe Rücklaufquote von 15 % lässt den Schluss zu, dass die Unternehmen ihrer Auskunftspflicht nur bedingt nachgekommen sind.

Die Zugabe von Stärke, Glukose, Saccharose und pflanzlichen Proteinen sind laut den Ergebnissen der Online-Umfrage eines weltweit führenden Säuglingsnahrungsherstellers die am häufigsten vorkommenden Verfälschungen weltweit. Verwässerung sowie die Zugabe von Kochsalz, Harnstoff/Melamin, Ammoniumsulfat und pflanzlichen/tierischen Fetten werden als regelmäßige Verfälschung am globalen Milchpulvermarkt wahrgenommen. Verfälschungen mit Formalin/Formaldehyd und Carbonaten treten laut Einschätzung des Unternehmens selten bis gar nicht auf.

Die globale Marktanalyse aus dem Jahr 2017 hat ergeben, dass 63 % des globalen Vollmilchpulvers in drei Ländern, nämlich Neuseeland, China und Brasilien produziert werden. Die USA, Indien und Deutschland stellen 42,6 % des globalen Magermilchpulvers her. Neuseeland führt mit 55,9 % des globalen Exportvolumens das Ranking der Top Exporteure von Vollmilchpulver an. Die EU 28 und die USA exportieren gemeinsam 58,6 % Magermilchpulver weltweit. Das Importvolumen von Vollmilchpulver beträgt insgesamt 2,4 Mio. Tonnen weltweit, wobei 36,2 % von China, Algerien und Saudi-Arabien importiert werden. Bei den Importen von Magermilchpulver sind Mexiko, China und Indonesien für 31,3 % der gesamten Importmenge (2,3 Mio. Tonnen) verantwortlich.

Der globale Säuglingsnahrungsmarkt wird von folgenden sechs Unternehmen dominiert, die gemeinsam 58 % Marktanteil besitzen: Nestlé (23 %), Danone (13 %), Mead Johnson (10 %), Abbott (6 %), Kraft Heinz (4 %) und Friesland Campina (2 %).

Dramatische Auswirkungen haben sich schon einmal anhand des chinesischen Melaminskandals im Jahr 2008 gezeigt. Lebensmittelbetrug ist nach wie vor relevant, daher gilt es, einfache Schnelltests für die Detektion von Verfälschungen zur Verfügung zu stellen, die auch in Entwicklungsländern die Kontrolle der Lebensmittelsicherheit erleichtern. Weiters können globale Kontrollsysteme, wie z.B. „Operation Opson“ von Europol/Interpol dabei helfen das globale Problem einzudämmen.

7 SUMMARY

Milk powder is especially for infants an important food, in particular when there is no breast milk available and this needs to be substituted. Milk powder and milk powder-based baby food are among the foods that are often adulterated. Especially in developing countries, food shortages, low purchasing power of customers, the flourishing black market and the lack of the ability of simple commercial quick tests encourage the occurrence of food fraud.

The aim of this diploma thesis was to summarize all adulteration methods of milk powder described in the literature in a compendium. For this purpose, all relevant scientific databases such as "PubMed", "Scopus", "ScienceDirect" or "ResearchGate" were searched in but also in the search engine "Google" or "Google Scholar" was searched for specific literature.

In order to better understand the problem of adulteration, a detailed overview of the production processes of milk powder was given and the nature of food fraud was explained in more detail. Furthermore, the global milk powder market was analysed and the most important trading centers were identified. Finally, the extensive literature search was rounded off with an online survey of 14 companies.

A total of eleven methods of adulteration could be described. The compendium includes a detailed description of (i) the principle of adulteration, (ii) any possible health risks and (iii) corresponding qualitative and quantitative methods of detection.

Seven of the eleven milk powder adulterations described generally have a health-endangering potential, especially due to the microbial load and the chemical residues in the milk.

It was generally difficult to perform the online survey. In all cases, the first step was to contact the customer service center's hotlines, without giving the feeling that the matter was being taken seriously. Of 14 companies contacted, six companies explicitly stated that they were unwilling to take part in the online survey. No feedback was recorded from another six companies, even after repeated initial greed. Two companies already called of the participation on the first call. In total, only 2 out of 14 companies were willing to take part at the online survey. This low response rate of 15% leads to the conclusion that the companies have only partially fulfilled their obligation to provide information.

According to the results of the online survey by a leading global baby food manufacturer, the addition of starch, glucose, sucrose and vegetable proteins are the most common adulterations worldwide. Dilution and the addition of table salt, urea/melamine, ammonium sulfate and vegetable/animal fats are perceived as regular adulteration on the global milk powder market. Whereas addition of formalin/formaldehyde and carbonates are rarely used adulteration techniques, in accordance to the company.

The global market analysis from 2017 showed that 63 % of the global whole milk powder is produced in three countries, namely New Zealand, China and Brazil. The United States, India and Germany produce 42.6 % of the world's skimmed milk powder. New Zealand is the top exporter of whole milk powder with 55.9 % of global export volume. The EU 28 and the USA together export 58.6 % skimmed milk powder worldwide. The total import volume of whole milk powder is 2.4 million tons worldwide, with 36.2 % being imported from China, Algeria and Saudi-Arabia. Mexico, China and Indonesia are responsible for 31.3 % of the total import volume (2.3 million tons) for imports of skimmed milk powder.

The global baby food market is dominated by the following six companies, which together have a 58 % market share: Nestlé (23 %), Danone (13 %), Mead Johnson (10 %), Abbott (6 %), Kraft Heinz (4 %) and Friesland Campina (2 %).

Considering the global economic growth of emerging and developing countries, as measured by the GDP growth rate of 4.6% in 2019 and the simultaneous lack of control food safety monitoring systems, the incentive for Food Fraud is very high.

The Chinese melamine scandal in 2008 has already shown dramatic effects. Food fraud is still relevant, so it is important to provide simple rapid tests for the detection of adulteration, which also makes it easier to control food safety in developing countries. Global control systems such as Operation Opson from Europol/Interpol are helping to contain the global problem of Food Fraud.

8 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BMASGK	Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz
DMAB	Di-Methyl-Amino-Benzaldehyde
EMA	economically motivated adulteration
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
FSA	Food Standards Agency
FTIR	Fourier-Transform-Infrarotspektrometrie
g/l	Gramm pro Liter
GFSI	Global Food Standard Initiative
H ₃ PO ₄	Phosphorsäure
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point
IDF	International Dairy Federation
IgE	Immunglobulin E
kg/h	Kilogramm pro Stunde
LC-GC	Flüssig-Chromatographie – Gas-Chromatographie
LC-MS/MS	Flüssigchromatographie gekoppelt an eine Massenspektrometrie
m/m	Massenprozent
m/s	Meter pro Sekunde

m°C	Milli Grad Celsius
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
Nm ³	Newtonkubikmeter
PLS-Regression	Partial least squares regression
PFA	Prevention of Food Adulteration
ppm	parts per million
RIS	Rechtsinformationssystem des Bundes
SNF	Solid Non Fat – fettfreie Feststoffe
Tab.	Tabelle
TEU	Twenty Foot Equivalent Unit
Tsd.	Tausend
VACCP	Vulnerability Analysis and Critical Control Point
WHO	World Health Organization

9 LITERATURVERZEICHNIS

Abbott. 2019. <https://www.abbott.com/about-abbott/our-heritage.html> (Zugriff 27.06.2019).

Abbott Similac. 2020. <https://similac.ca/en/products/similac-sensitive> (Zugriff 28.02.2020).

Afzal A, M.S. Mahmood, Iftikhar Hussain, Masood Akhtar. 2011. Adulteration and Microbiological Quality of Milk (A Review). *Pakistan Journal of Nutrition*: 1195–1202.

Barham GS, Khaskheli M, Soomro AH, Nizamani ZA. 2014. Extent of extraneous water and detection of various adulterants in market milk at Mirpurkhas, Pakistan. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7 (3): 83–89. DOI 10.9790/2380-07318389.

BMASGK Codexkapitel/B32/Milch und Milchprodukte. Österreichisches Lebensmittelbuch. IV. Auflage,

Borrmann B. 2005. Kurz- und mittelfristige Auswirkungen des Stillens auf die maternale Gesundheit post partum: 28–29.

Bosch AM. 2011. Classic galactosemia: dietary dilemmas. *Journal of inherited metabolic disease*, 34 (2): 257–260. DOI 10.1007/s10545-010-9157-8.

Brooks S, Elliott CT, Spence M, Walsh C, Dean M. 2017. Four years post-horsegate: an update of measures and actions put in place following the horsemeat incident of 2013. *npj Science of Food*, 1 (1): 5. DOI 10.1038/s41538-017-0007-z.

Bulletin of the IDF No. 494/ 2018. The World Dairy Situation 2018. <https://store.fil-idf.org/product/bulletin-idf-n-494-2018-world-dairy-situation-2018/> (Zugriff 10.12.2019).

Bundesinstitut Für Risikobewertung. 2019. Gefäße aus Melamin-Formaldehyd-Harz wie „Coffee to go“ Becher aus „Bambusware“ können gesundheitlich bedenkliche Stoffe in heiße Lebensmittel abgeben: Stellungnahme Nr. 046/2019 des BfR vom 25. November 2019.

MyCoRe Community.

Canadian Dairy Information Centre. 2016. http://www.dairyinfo.gc.ca/index_e.php?s1=dff-fcil&s2=proc-trans&s3=glo20 (Zugriff 17.03.2019).

CFC Cargo from China. 2020. <https://cargofromchina.com/shipping-routes/> (Zugriff 27.02.2020).

- Coriolis Australia and New Zealand. 2014. Infant formula value chain overview.
- Danone. 2020a. <https://www.danone.com/brands/specialized-nutrition/early-life-nutrition/strategy-and-key-figures.html> (Zugriff 26.06.2019).
- Danone. 2020b. <https://www.danone.de/ueber-uns/die-danone-story/> (Zugriff 26.06.2019).
- DMV Friesland Campina. 2012. <https://www.foodingredientsfirst.com/technical-papers/Caseinates-The-Incredible-Milk-Protein.html> (Zugriff 16.03.2019).
- Downs JH, Cooper PA. 2007. HIV und Laktation. *Annales Nestlé (Deutsche Ausg.)*, 65 (1): 29–38. DOI 10.1159/000128918.
- Europol. 2020. <https://www.europol.europa.eu/activities-services/europol-in-action/operations/operation-opson> (Zugriff 26.03.2020).
- Everstine K, Spink J, Kennedy S. 2013. Economically motivated adulteration (EMA) of food: common characteristics of EMA incidents. *Journal of food protection*, 76 (4): 723–735. DOI 10.4315/0362-028X.JFP-12-399.
- FAO, WHO Standard for Milk Powders and Cream Powder. 1999. Codex Standard for Milk Powders and Cream Powder. CODEX STAN 207-1999. International Food Standards.
- FAO, WHO Standard for Whey Powders. 1995. Codex Standard for Whey Powders. CODEX STAN A-15-1995. International Food Standards.
- Faraz A, Lateef M, Mustafa MI, Akhtar P, Yaqoob M, ur-rehman S. 2013. Detection of Adulteration, Chemical Composition and hygienic status of milk supplied to various Canteens of educational Institutes and public places in Faisalabad. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23: 119–124.
- Fitsa Group. 2020. <https://www.fitsa-group.com> (Zugriff 11.03.2019).
- Friesland Campina. 2020. <https://www.frieslandcampina.com/en/organisation/our-heritage/> (Zugriff 02.07.2019).
- Gaiardoni L, van Ruth S, Yang Y. 2017. Milk Authenticity and Fraud Mitigation in dairy supply chains. MSc Thesis Wageningen University and Research Centre A Casestudy among Dairy Processors and Food Retailers.

- Garcia JS, Sanvido GB, Saraiva SA, Zacca JJ, Cosso RG, Eberlin MN. 2012. Bovine milk powder adulteration with vegetable oils or fats revealed by MALDI-QTOF MS. *Food chemistry*, 131 (2): 722–726. DOI 10.1016/j.foodchem.2011.09.062.
- Gossner CM-E, Schlundt J, Ben Embarek P, Hird S, Lo-Fo-Wong D, Beltran JJO, Teoh KN, Tritscher A. 2009. The melamine incident: implications for international food and feed safety. *Environmental health perspectives*, 117 (12): 1803–1808. DOI 10.1289/ehp.0900949.
- Goswami TK, Gupta SK. 2008. Detection of dilution of milk with the help of glass transition temperature by differential scanning calorimetry (DSC). *African Journal of Food Science* (Zugriff 16.03.2019).
- Guo M. 2014. Human milk biochemistry and infant formula manufacturing technology. Cambridge, Amsterdam: Woodhead Publishing, 1 online resource (xxi, 397).
- Handford CE, Campbell K, Elliott CT. 2016. Impacts of Milk Fraud on Food Safety and Nutrition with Special Emphasis on Developing Countries. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15 (1): 130–142. DOI 10.1111/1541-4337.12181.
- Hansen PW, Holroyd SE. 2019. Development and application of Fourier transform infrared spectroscopy for detection of milk adulteration in practice. *International Journal of Dairy Technology*. DOI 10.1111/1471-0307.12592.
- Hansen R. 1985. Evaporation, membrane filtration and spray drying. In milk powder and cheese production. Vanløse: North Europ. Dairy Journal, XVIII, 420 S.
- He B, Liu R, Yang R, Xu K. 2010. Adulteration detection in milk using infrared spectroscopy combined with two-dimensional correlation analysis. *Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE*, 7572. DOI 10.1117/12.841580.
- Heinz Wattie's. 2020. <https://www.forbaby.co.nz/Infant-Formula-Toddler-Milks/All-Heinz-Nurture-Products> (Zugriff 01.04.2020).
- Homepage Milkoscreen. 2019. www.milkoscreen.com (Zugriff 05.07.2019).
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2006. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. Lyon: IARC Press, 478.

ISO 8968-1:2014. Milk and milk products — Determination of nitrogen content. Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation, 2014.
<https://www.iso.org/standard/61020.html> (Zugriff 07.04.2020).

ISO and IDF. 2002. Milk — Determination of freezing point — Thermistor cryoscope method (Reference method). ISO 5764:2002, IDF 108:2002.

Johnson R. 2014. Food Fraud and "Economically Motivated Adulteration" of Food and Food Ingredients.

Kamm W, Dionisi F, Hischenhuber C, Schmarr H-G, Engel K-H. 2002. Rapid detection of vegetable oils in milk fat by on - line LC - GC analysis of β - sitosterol as marker. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104: 756 - 761. DOI 10.1002/1438-9312(200211)104:11<756::AID-EJLT756>3.0.CO;2-F.

Kandpal SD, Srivastava AK, Negi KS. 2012. Estimation of quality of raw milk (open & branded) by milk adulteration testing kit. *Indian Journal of Community Health*, (24): 188–192.

Khanna R, Pandey JM. 2013. <https://timesofindia.indiatimes.com/city/kolkata/Adulterated-milk-deadly-for-patients-of-diabetes-hypertension/articleshow/24504006.cms> (Zugriff 16.03.2020).

Kristensen TJ, Westergaard V. 2010. *Milk Powder Technology Evaporation and Spray Drying*, (5).

Kunz H.J. 2009. Milchaustauscher: Was ist wichtig für die Praxis? Übers. *Tierernährg.* 37: 201–209.

Malik VS, Schulze MB, Hu FB. 2006. Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review. *The American journal of clinical nutrition*, 84 (2): 274–288.
DOI 10.1093/ajcn/84.1.274.

Mbori-Ngacha D, Nduati R, John G, Reilly M, Richardson B, Mwatha A, Ndinya-Achola J, Bwayo J, Kreiss J. 2001. Morbidity and mortality in breastfed and formula-fed infants of HIV-1-infected women: A randomized clinical trial. *JAMA*, 286 (19): 2413–2420.
DOI 10.1001/jama.286.19.2413.

Mead Johnson. 2020. <https://www.meadjohnson.com/company/our-history> (Zugriff 26.06.2019).

Mead Johnson Annual Report. 2016.

http://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/NYSE_MJN_2016.pdf

(Zugriff 26.06.2019), 99.

Menz N. 2012. International Collaborative Study on the Gas-Liquid Chromatographic Method for the Determination of Milk Fat Purity in Milk and Milk Products by Analysis of Triglycerides - Draft International ISO 17678 | IDF 202 (2009). *International Journal of Dairy Technology*, 65 (1): 159. DOI 10.1111/j.1471-0307.2011.00727.x.

Moe T. 1998. Perspectives on traceability in food manufacture. *Trends in Food Science & Technology*, (9): 211–214.

Mohan S, Panicker T, Iype L, Laila M, Domini I, Bindu RG. 2002. A new ultrasonic method to detect chemical additives in branded milk. *PRAMANA-Journal of Physics*, (Vol. 59, No.3): 525–529.

Murtagh FEM, Addington-Hall JM, Edmonds PM, Donohoe P, Carey I, Jenkins K, Higginson IJ. 2007. Symptoms in advanced renal disease: a cross-sectional survey of symptom prevalence in stage 5 chronic kidney disease managed without dialysis. *Journal of palliative medicine*, 10 (6): 1266–1276. DOI 10.1089/jpm.2007.0017.

Nascimento CF, Brasil MAS, Costa SPF, Pinto PCAG, Saraiva MLMFS, Rocha FRP. 2015. Exploitation of pulsed flows for on-line dispersive liquid-liquid microextraction: Spectrophotometric determination of formaldehyde in milk. *Talanta*, 144: 1189–1194. DOI 10.1016/j.talanta.2015.07.076.

Nestlé. 2020. <https://www.nestle.de/unternehmen/geschichte/portrait-heinrich-nestle> (Zugriff 26.06.2019).

Nestlé S.A., Cham and Vevey. 2019. *Nestlé Annual Review 2018*: 1–69.

O'Connor NR. 2009. Infant Formula. *American Family Physician*, (Volume 79, Number 7).

Ohio History Central. http://www.ohiohistorycentral.org/w/Ross_Laboratories (Zugriff 27.06.2019).

Ola F, Talkhan A. 2015. Milk adulteration: Some Chemical Adulterants of Milk. *Egypt. J. Chem. Environ. Health* (Zugriff 12.03.2019).

- O'Mahony PJ. 2013. Finding horse meat in beef products--a global problem. *QJM : monthly journal of the Association of Physicians*, 106 (6): 595–597. DOI 10.1093/qjmed/hct087.
- Piñeiro-Carrero VM, Piñeiro EO. 2004. Liver. *American Academy of Pediatrics*, 113 (4 Suppl): 1097–1106. https://pediatrics.aappublications.org/content/113/Supplement_3/1097 (Zugriff 08.04.2020).
- Pohling R. 2015. Ammonium. In: Pohling R, Hrsg. *Chemische Reaktionen in der Wasseranalyse*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 7–14.
- Poonia A, Jha A, Sharma R, Singh HB, Rai AK, Sharma N. 2017. Detection of adulteration in milk: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 70 (1): 23–42. DOI 10.1111/1471-0307.12274.
- Rakotoarisoa MA, Iafrate M, Paschali M. 2012. Why has Africa become a net food importer? Explaining Africa agricultural and food trade deficits. Rome: Trade and Markets Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, 85.
- RIS. www.ris.bka.gv.at (Zugriff 10.03.2019).
- Romer Labs. 2008. AgraQuant® melamine sensitive ELISA test kit. <https://www.romerlabs.com/en/products/test-kits/melamine/> (Zugriff 07.04.2020).
- Schoder D. 2010. Melamine milk powder and infant formula sold in East Africa. *Journal of food protection*, 73 (9): 1709–1714. DOI 10.4315/0362-028X-73.9.1709.
- Schoder D. 2016. Food Fraud with Melamine and Global Implications: Was Africa Left Defenseless to the Chinese Melamine Scandal? In: Soon J, Manning L, Wallace C, Hrsg. *Foodborne Diseases*. : CRC Press, 341–364.
2010. Scientific Opinion on Melamine in Food and Feed. *EFSA Journal*, 8 (4): 1573. DOI 10.2903/j.efsa.2010.1573.
- Seely JC. 2017. A brief review of kidney development, maturation, developmental abnormalities, and drug toxicity: juvenile animal relevancy. *Journal of toxicologic pathology*, 30 (2): 125–133. DOI 10.1293/tox.2017-0006.
- Shaikh N, Soomro AH, Sheikh SA, Khaskheli M. 2013. Extent of Water Adulteration and its Influence on Physical Characteristics of Market Milk. *Pakistan Journal of Nutrition*: 178–181 (Zugriff 16.03.2019).

- Sharma R, Rajput YS, Barui AK, Naik N. L. 2012. Detection of Atulterants in Milk. A Laboratory Manual. National Dairy Research Institute.
- Singuluri H, Sukumaran MK. 2014. Milk Adulteration in Hyderabad, India – A Comparative Study on the Levels of Different Adulterants Present in Milk. *Journal of Chromatography & Separation Techniques*, 05 (01). DOI 10.4172/2157-7064.1000212.
- Spink J. 2014. <http://foodfraud.msu.edu/2014/05/08/gfsi-direction-on-food-fraud-and-vulnerability-assessment-vaccp/> (Zugriff 27.09.2019).
- Spink J, Moyer DC. 2011. Defining the public health threat of food fraud. *Journal of food science*, 76 (9): R157-63. DOI 10.1111/j.1750-3841.2011.02417.x.
- Stanciu S. 2015. Horse Meat Consumption – Between Scandal and Reality. *Procedia Economics and Finance*, 23: 697–703. DOI 10.1016/S2212-5671(15)00392-5.
- Swetha CS, Sukumar B, Sudhanthirakodi S. 2014. The Study on Detection of Adulteration in Milk Samples Supplied by Local Vendors in Tirupathi Region, India. *SHANLAX INTERNATIONAL JOURNAL OF VETERINARY SCIENCE*: 4–11.
- Tanzina A, Shoeb A. 2016. Common milk adulteration and their detection techniques. *International Journal of Food Contamination*, 3 (1): 1. DOI 10.1186/s40550-016-0045-3.
- Tittlemier SA. 2010. Methods for the analysis of melamine and related compounds in foods: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27 (2): 129–145. DOI 10.1080/19440040903289720.
- Waters ME. 2020. www.worldportsource.com (Zugriff 30.03.2019).
- WHO. 2003. Guiding Principles for Complementary Feeding of the Breastfed Child. Food and Nutrition Program. https://www.who.int/nutrition/publications/guiding_principles_compfeeding_breastfed.pdf (Zugriff 25.02.2020).
- WHO. 2008. Expert meeting to review toxicological aspects of melamine and cyanuric acid. https://www.who.int/foodsafety/fs_management/conclusions_recommendations.pdf (Zugriff 05.04.2020).
- Wikipedia. 2020a. <https://en.wikipedia.org/wiki/Farley%27s> (Zugriff 01.04.2020).
- Wikipedia. 2020b. https://de.wikipedia.org/wiki/H._J._Heinz_Company (Zugriff 01.04.2020).

Wikipedia. 2020c. https://de.wikipedia.org/wiki/Mondelēz_International (Zugriff 01.04.2020).

Wikipedia. 2020d. https://de.wikipedia.org/wiki/The_Kraft_Heinz_Company (Zugriff 01.04.2020).

World of Shipping Council. 2020. <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/top-50-world-container-ports> (Zugriff 15.03.2019).

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Vergleich Vollmilchpulver, teilentrahmtes Milchpulver und Magermilchpulver laut Codex Alimentarius; Angaben in Massenprozent.....	15
Tab. 2 unterschiedliche Eigenschaften von industriell verwendetem Milchpulver (Fitsa Group 2020)	16
Tab. 3 Vergleich Muttermilch und Kuhmilch (Kristensen und Westergaard 2010)	22
Tab. 4 Unterschiede zwischen den Säuglingsanfangsnahrung und Säuglingsfolgenahrung; Angaben in Prozent - % (Kristensen und Westergaard 2010)	23
Tab. 5 Risikofaktoren des SSAFE-Tools aufgegliedert nach Chancen, Motivationen und Betrugskontrollmaßnahmen (Gaiardoni et al. 2017).....	33
Tab. 6 Onlinefragebogen Milchpulververfälschungen und Struktur des globalen Milchpulver- und Säuglingsnahrungsmarktes.....	38
Tab. 7 Online Questionnaire Milkpowder adulteration and Structur of global Milkpowder and Babyfood Market.....	39
Tab. 8 weltweit führende milchverarbeitende Unternehmen im Jahr 2016	53
Tab. 9 Top 50 Containerhäfen der Welt im Jahr 2018.....	63
Tab. 10 Gefrierpunkte der Natriumchlorid-Standardlösungen (nach ISO 5764:2002).....	70
Tab. 11 Kontaktdaten und Korrespondenz der Unternehmen für die Onlinebefragung.....	87
Tab. 12 Beantwortung Onlinefragebogen Unternehmen A.....	89
Tab. 13 Beantwortung Onlinefragebogen Unternehmen B.....	90

11 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Zwei-Walzen-Sumpftrockner (Hansen 1985)	12
Abb. 2 Zwei-Walzen-Sprühtrockner (Hansen 1985)	13
Abb. 3 Einzelwalze mit Bodenauftragswalze (Hansen 1985).....	13
Abb. 4 Einzelwalze mit Deckenauftragswalze (Hansen 1985).....	14
Abb. 5 Lebensmittel-Schutz-Risiko-Matrix abgewandelt nach Spink und Moyer 2011	29
Abb. 6 Kriminologie-Dreieck abgewandelt nach Spink und Moyer 2011	31
Abb. 7 Produktion Kuhmilch weltweit	41
Abb. 8 Top-10 Länder-Ranking Kuhmilchproduktion	41
Abb. 9 Top-10 Länder-Ranking Produktion Vollmilchpulver und teilentrahmtes Milchpulver	42
Abb. 10 Produktion Vollmilchpulver und teilentrahmtes Milchpulver nach Kontinenten	43
Abb. 11 Top-10 Länder-Ranking Produktion Magermilchpulver	44
Abb. 12 Produktion Magermilchpulver nach Kontinenten	45
Abb. 13 Top-10 Länder-Ranking Produktion Molkenpulver	46
Abb. 14 Produktion Molkenpulver nach Kontinenten	46
Abb. 15 Top-5 Export-Länder Vollmilchpulver/teilentrahmtes Milchpulver	47
Abb. 16 Exporte global gesehen von Vollmilchpulver bzw. teilentrahmten Milchpulver	48
Abb. 17 Top-5 Export-Länder Magermilchpulver.....	49
Abb. 18 Exporte global Magermilchpulver.....	49
Abb. 19 Exporte Magermilchpulver EU 28	50
Abb. 20 Top-10 Länder-Ranking Importe Vollmilchpulver/teilentrahmtes Milchpulver	51
Abb. 21 Top-10 Länder-Ranking Importe Magermilchpulver	52
Abb. 22 weltweit 20 größten milchverarbeitenden Unternehmen im Jahr 2016	54
Abb. 23 Niederlassungen von Nestlé im Bereich Ernährung und Gesundheitswissenschaften (inkl. Säuglingsnahrungsprodukte) – in Gelb der Wirtschaftsraum Nord- und Südamerika, in Orange der Wirtschaftsraum Europa, Naher Osten und Nordafrika, in Rot der Wirtschaftsraum Asien, Ozeanien und Sub-Sahara-Afrika.....	56
Abb. 24 Marktanteile führender Säuglingsnahrungshersteller weltweit.....	57
Abb. 25 Alle Markenprodukte von Nestlé im Bereich Säuglingsnahrung	58
Abb. 26 Die drei führenden Markenprodukte von Danone im Bereich Säuglingsanfangsnahrung (Aptamil, Nutrilon (Nutrica), SGM).....	59
Abb. 27 Säuglingsnahrungsmarken von Mead Johnson	59

Abb. 28 Similac und Isomil Säuglingsnahrung von Abbott Nutrition	60
Abbildung 29 Säuglingsanfangs- und Folgenahrung von Heinz Nuture-Kraft Heinz (Heinz Wattie's 2020).....	61
Abb. 30 Säuglingsnahrungsmarken von Friesland Campina (Friso, Dutch Lady, Domo).....	62
Abb. 31 Wichtigste Exportländer von Milchpulver und deren größte Containerhäfen	66
Abb. 32 Wichtigste Importländer von Milchpulver und deren größte Containerhäfen	67
Abb. 33 Wichtigste Containerhäfen in Afrika	68
Abb. 34 Häufigkeit der Milchpulververfälschungen auf globaler Ebene (Auswertung der Frage 5 des Onlinefragebogens).....	91