

Transportverfahren und Transporteinrichtung für hochwertige Frischmilch unter transport- und umgebungskritischen Bedingungen

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung betrifft ein Transportverfahren für hochwertige Frischmilch unter transport- und umgebungskritischen Bedingungen sowie eine Transporteinrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Das Verfahren umfasst eine Bevorratung der hochwertigen Frischmilch durch Befüllung eines Behältnisses, das ein ungeteiltes Volumen mit mehreren Kubikmetern aufweist, vorzugsweise 20 Kubikmeter und mehr, eine Frischmilch-Temperatur, die gegenüber einer Umgebungs-Temperatur abgesenkt ist, vorzugsweise auf 3,5 bis 4 °C, sowie einen Kopfraum im Behältnis, der mit einem gasförmigen Fluid beaufschlagt ist, vorzugsweise hygienisch aufbereitete Luft. Weiterhin umfasst das Verfahren einen Transport der hochwertigen Frischmilch mit einem Transportmittel, das erdgebunden ist und auf Schiene und Straße transportiert wird und/oder als ein Schiff ausgebildet ist. Im Anschluss an den Transport sieht das Verfahren eine Entleerung der hochwertigen Frischmilch aus dem Behältnis vor.

Der Begriff der hochwertigen Frischmilch soll nachfolgend eine sogenannte länger haltbare standardisierte Frisch- oder ESL-Milch (ESL: *extended shelf life*) mit einem pH-Wert $\geq 6,65$ und einem Fettgehalt 1,5/3 oder 3,5 % umfassen. Diese Milch ist so beschaffen, dass sie eine Bevorratung über mindestens 30 Tage und mehr bei einer Bevorratungstemperatur von höchstens 4 °C unbeschadet übersteht, soweit es den mikrobiologischen Aspekt und die chemischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften bzw. Funktionalitäten von Ingredienzen dieser Milch, wie Milchfett, Milcheiweiß, Milchzucker, betrifft.

25

STAND DER TECHNIK

Verarbeitete Lebensmittel oder Rohprodukte mit jeweils Frischecharakteristik werden heute vom Herstellungs- oder Ursprungsland über weite Entfernungen auf die Absatzmärkte bzw. in die Verbraucherländer transportiert. So werden Produkte mit

einem pH-Wert $\leq 4,5$, beispielsweise Früchte, Konzentrate, Säfte mit Frischecharakteristik, von beispielsweise arabischen, südeuropäischen oder südamerikanischen Regionen in die Verbraucherregionen Süd-Ost-Asien (SEA: unter anderem Indonesien, Philippinen, Singapur, Thailand, Vietnam) einschließlich China geliefert. Der Transport erfolgt in sog. hygienischen Tanks mit ungeteiltem Volumen von 20 Kubikmetern und mehr, wobei die Tanks vorzugsweise langgestreckt ausgebildet und liegend transportfähig sind. Die Transportfähigkeit, die den eigentlichen Transport sowie die Ver- und Umlandevorgänge umfasst, wird vorzugsweise durch die Ausgestaltung des Transportmittels in Form eines Tankcontainers erreicht. Ein solcher Tankcontainer besitzt eine Rahmenkonstruktion, in der ein Behälter, nachfolgend als Behältnis bezeichnet, befestigt ist.

Unter einem hygienischen Tank, der bei sehr hohen Qualitätsansprüchen dann als ein sogenannter Steriltank ausgeführt sein muss, versteht man ein Behältnis, das alle erforderlichen Funktionen und Überwachungen aufweist, die üblicherweise erforderlich sind, damit bei seiner Handhabung jegliche Reinfektion des transportierten Produktes durch Verschleppung von Keimen aus dem Behältnis und/oder seinem Umfeld auf das Produkt mit der Folge eines mikrobiologischen Verderbs des Produkts ausgeschlossen ist. Neben einer hinreichenden Reinigung des Innenraumes des Behältnisses zählen zu den kritischen Bereichen ein Mannloch, Ventilvorrichtungen für die Befüllung und Entleerung, Probennahmeverrichtungen, Sicherheits- und Reinigungseinrichtungen sowie Mess- und Überwachungseinrichtungen, die vor der Befüllung des Behältnisses mit Produkt gleichfalls einer hinreichenden sterilisierenden Reinigung unterzogen werden müssen.

Aufgrund der sich verändernden Verbraucherwünsche und –ansprüche (Kaufverhalten) wurde es notwendig, sogenannte hochwertige Frischmilch (siehe vorstehende Spezifizierung) von beispielsweise Neuseeland, Australien oder Europa in die SEA-Regionen einschließlich China zu liefern. Diese Lieferung erfolgte und erfolgt in abgepackten 1-Liter-Gebinden per Flugzeug bei entsprechenden Transportkosten und unter entsprechenden Umweltbelastungen.

Es besteht daher der dringende Wunsch, die in Rede stehende hochwertige Frischmilch in Behältnissen mit 20 m³ und mehr unter sterilen und kostengünstigen Bedingungen über weite Entfernungen, vorzugsweise mittels des Transportmittels Schiff, d.h. aber auch über entsprechend lange Transport- und Bevorratungszeiten
5 (3 bis 4 Wochen), zu transportieren. In der Zielregion kann dann die in großen Volumina zur Verfügung stehende hochwertige Frischmilch auf verbrauchergerechte Gebinde abgefüllt und in den Handel gebracht werden. Wenn dies gelingt, dann eröffnen sich weitere vorteilhafte Möglichkeiten in der Zielregion, nämlich die Weiterverarbeitung der hochwertigen Frischmilch zu Frischjoghurt oder frischen Milch-
10 mischgetränken.

Es hat sich allerdings bislang gezeigt, dass der Transport von sensitiven Rohstoffen wie beispielsweise hochwertiger Frischmilch mit einem pH-Wert $\geq 6,65$ in einem hygienischen Tank mit den vorhandenen Techniken, Verfahren und Vorrichtungen
15 über eine Transportzeit von 30 Tagen und mehr nicht erfolgreich gelingt. Der Reinfektionsgrad kann in einem hygienischen Tank mit der bisherigen Handhabung durch sogfältige Bedienung und Behandlung mit sterilisierenden Fluiden, bei seiner Befüllung, seinem Transport und seiner Entleerung nicht auf das unbedingt notwendige Maß reduziert werden, damit nach einer Transportzeit von 30 und mehr Tagen
20 (≥ 30 Tage) bei einer Temperatur von 4 °C keine Produktfehler hinsichtlich der mikrobiologischen und physikalischen Eigenschaften der hochwertigen Frischmilch (Fett-Eiweiß-Struktur) vorliegen.

Bislang gelingt keine Bevorratung selbst unter befriedigenden, umfassenden hygienischen Bedingungen, wobei der Kopfraum des Behältnisses mit Luft beaufschlagt ist. Als bisheriger einziger Steuerungseingriff wird zur mikrobiologischen Stabilität der hochwertigen Frischmilch die Temperatur abgesenkt und konstant gehalten. Gegen eine mehrphasige Entmischung der hochwertigen Frischmilch, nämlich, von oben nach unten gesehen, eine Aufräumung (Fett) in der obersten Schicht, eine
25 fetthaltige Milch darunter und eine fettarme Schicht im unteren Bereich, werden
30 während des Transportes bzw. über die gesamte Bevorratungszeit im Behältnis keine weiteren Steuerungseingriffe vorgenommen. Eine weitere Temperaturabsenkung unter die vorstehenden ca. 4 °C zur Hemmung der Bildung psychrophiler

Keine muss bislang unterbleiben, da im Zusammenhang mit der auftretenden signifikanten Aufräumung bzw. Sedimentation des Fettes eine Fettkristallisierung auftreten würde. Eine spätere Einrührung, Vermischung und Stabilisierung der Fettphase in der Milch wäre dann ohne signifikante und nicht hinnehmbare sensorische Veränderung der hochwertigen Frischmilch unmöglich.

Die diesbezügliche Herausforderung besteht darin, dass die sogenannte standardisierte Frisch- oder ESL-Milch einen Transport über mindestens 30 Tage und mehr bei einer Bevorratungstemperatur von höchstens 4 °C unbeschadet überstehen muss, soweit es den mikrobiologischen Aspekt und die chemischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften bzw. Funktionalitäten von Ingredienzen dieser Milch, wie MilCHFett, Milcheiweiß, MilChzucker, betrifft. Darüber hinaus kommt verschärfend hinzu, dass vor der Weiterverarbeitung der hochwertigen Frischmilch im ungünstigsten Falle eine lange Lagerung bei hohen Temperaturen und/oder eine Unterbrechung der Kühlkette mit der Folge mikrobiologischer Veränderungen in Kauf zu nehmen ist. Bei einem Transport mit dem Schiff ist weiterhin zu berücksichtigen, dass Transportzeiten und Transportbeanspruchungen mit erdgebundenen Transportmitteln über Land oder Schiene zum Schiff und vom Schiff zu den verarbeitenden Produktionsstätten notwendig sein können.

20

In der **WO 2014/040 700 A1** wird in der einleitenden Beschreibung der Transport einiger Lebensmittelgrundstoffe wie beispielsweise der Grundstoff für frischen und weitgehend unbehandelten Orangensaft und die diesbezügliche Keimbelastung in großvolumigen Tankcontainern thematisiert. Als Schwachstellen dieser Tankcontainer werden das Mannloch, Einrichtungen zur Probennahme und eine Ventilvorrichtung für den Behälter identifiziert. Der bekannte Gegenstand beschränkt sich auf die Ausgestaltung der Ventilvorrichtung. Weitergehende Hinweise auf verfahrenstechnische Merkmale zur Minimierung von Auswirkungen auf das transportierte Produkt, die aus transport- und umgebungskritischen Transport- und Bevorratungsbedingungen resultieren, sind in dem Dokument nicht enthalten.

30

Zu den Transportbedingungen zählen die Transportbeanspruchungen der im Verhältnis bevorrateten hochwertigen Frischmilch durch die erdgebundenen Transport-

mittel sowie insbesondere durch das Transportmittel Schiff, das durch seine ausgeprägten Freiheitsgrade der Bewegung das umfassendste Beanspruchungsspektrum für das Behältnis und damit für die bevorratete und transportierte hochwertige Frischmilch aufweist. Es zeigen die

5

Figuren 1, 2, 2a,

3 und 3a

in schematischer Darstellung die an sich bekannten möglichen Bewegungsformen der hauptsächlich zur Anwendung kommenden Transportmittel.

10

In **Figur 1** der Zeichnung sind an einem schematisch dargestellten, langgestreckten, liegenden Behältnis 10, das ein ungeteiltes Volumen V mit mehreren Kubikmetern aufweist und das nach seiner Befüllung mit einer hochwertigen Frischmilch P einen Kopfraum 10.1 ausbildet, der mit einem gasförmigen Fluid F^* , vorzugsweise Luft, beaufschlagt ist, die möglichen Bewegungsformen eines Transportmittels TM in Gestalt eines Schiffes $TM2$ (**Figur 3**) in Bezug auf ein geometrisches Bezugssystem BS mit seinen Raumachsen x , y und z dargestellt. Die Raumachsen x , y und z sollen mit Hauptachsen des Behältnisses 10, einer ersten Hauptachse Lx , einer zweiten Ly und einer dritten Lz , zusammenfallen. Zum Kopfraum 10.1 bildet die hochwertige Frischmilch P eine freie Oberfläche N aus.

20

Abhängig von der Lagerung des liegenden Behältnisses 10 im Schiff $TM2$ kann die erste Hauptachse Lx in Richtung einer Fahrtrichtung FR oder quer zu dieser Fahrtrichtung FR angeordnet sein. In Bezug auf die in der ersten Hauptachse Lx orientierte Fahrtrichtung FR ergeben sich die dargestellten Formen möglicher Schiffsbewegungen:

25

- rotative, hin- und hergehende Bewegungen RO
(Rollen um die erste Hauptachse Lx);
- rotative, hin- und hergehende Bewegungen ST
(Stampfen um die zweite Hauptachse Ly);
- rotative, hin- und hergehende Bewegungen GI
(Gieren um die dritte Hauptachse Lz);
- translatorische, hin- und hergehende Bewegung WO
(Wogen in Richtung der ersten Hauptachse Lx);

30

- translatorische, hin- und hergehende Bewegung SW
(Schwoien in Richtung der zweiten Hauptachse Ly);
- translatorische, hin- und hergehende Bewegung TA
(Tauchen in Richtung der dritten Hauptachse Lz);
- 5 • translatorische Bewegung SL
(Slamming in Richtung der positiven ersten Hauptachse Lx).

Die vorstehenden Bewegungsformen sind fast alle in mehr oder weniger ausgeprägter Form auch auf ein erdgebundenes Transportmittel TM1 in Gestalt eines
10 Lastkraftwagens (Tankfahrzeug) übertragbar, bei dem das vorzugsweise liegende Behältnis 10 mit seiner ersten Hauptachse Lx in der Fahrtrichtung FR orientiert ist (**Figur 2**). Das Behältnis 10, angeordnet in einer Transporteinrichtung 1* (**Figuren 2, 2a, 3, 3a**), kann, unabhängig von dem Transportmittel TM1, TM2, eine kreisförmige Behälterform 10a, eine elliptische 10b oder eine kofferrörmige 10c aufweisen
15 (**Figur 2a**). Eine Frischmilch-Temperatur T wird über eine Kühleinrichtung 40* auf eine in der Regel vor der Befüllung des Behältnisses 10 mit der hochwertigen Frischmilch P gegenüber der Umgebungs-Temperatur abgesenkte Temperatur konstant gehalten. Diese Konstanthaltung wird über eine Isolierung 10d des Behältnisses 10 unterstützt. Zur Befüllung und Entleerung des Behältnisses 10 ist eine Befüllungs-
20 und Entleerungseinrichtung 30* mit an sich bekannten Ventilvorrichtungen und zugeordneten Verrohrungen vorgesehen. Weiterhin weist das Behältnis 10 eine Temperatur-Messeinrichtung 14 zur Erfassung der Frischmilch-Temperatur T sowie eine Füllstands-Messeinrichtung 12 mit einer ersten Messsonde L1 zur Erfassung des Füllstandes der hochwertigen Frischmilch P im Behältnis 10 auf.

25

In Bezug auf die im Behältnis 10 bevorratete und transportierte hochwertige Frischmilch P sind deren hin- und hergehende Bewegungsmassen in Richtung der Längsachse des Behältnisses 10, der ersten Hauptachse Lx (**Figuren 2, 2a, 3, 3a**), besonders kritisch, wenn die Transportzeit insbesondere mit dem Schiff TM2 drei bis
30 vier Wochen oder länger dauert und dabei heftiger Seegang herrscht. Diese auch als Schwappbewegungen bezeichneten Verlagerungen der Bewegungsmassen bedingen eine Umlagerung und Veränderung der freien Oberfläche N. Mit dieser Umlagerung und Veränderung geht auch eine entsprechende Umlagerung und Verän-

derung der an die freie Oberfläche N angrenzenden Fettschicht, eine Aufrahmungs-
schicht RA, einher. Die Kontaktfläche der Fettschicht an der Innenwandung des Be-
hältnisses 10 verändert sich dabei ständig und massiv quantitativ.

- 5 Besonders ausgeprägt und folgenreich sind Schwappbewegungen der freien Ober-
fläche N, wenn diese sich gegenüber dem gewählten Bezugssystem BS um einen
in den **Figuren 2 und 3** mit einem als Neigungswinkel +/-w bezeichneten Winkel
verlagert. Diese Schwappbewegungen entstehen insbesondere dann, wenn bei der
in Richtung der ersten Hauptachse Lx orientierten Fahrtrichtung FR das Stampfen
10 ST oder bei einer in Richtung der zweiten Hauptachse Ly orientierten Fahrtrichtung
FR das Rollen RO vorliegt.

- Ausgehend von dem vorgenannten Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegen-
den Erfindung, ein Transportverfahren der gattungsgemäßen Art und eine Trans-
15 porteinrichtung der gattungsgemäßen Art zur Durchführung des Transportverfah-
rens zu schaffen, die eine Minimierung der Aufrahmung in Verbindung mit einer
Reduzierung der Anhaftung der Aufrahmung an den in Frage kommenden Innen-
wandungen des Behältnisses und eine weitestgehende Verhinderung der Entmi-
schung der hochwertigen Frischmilch sicherstellen bei gleichzeitiger Stabilisierung
20 der Mikrobiologie während des Transportes.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

- Diese Aufgabe wird durch ein Transportverfahren mit den Merkmalen der nebenge-
25 ordneten Anspruchs 1 und 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungs-
gemäßen Transportverfahrens sind Gegenstand der zugeordneten Unteransprü-
che. Eine Transporteinrichtung zur Durchführung des Transportverfahrens ist Ge-
genstand des nebengeordneten Anspruchs 12. Vorteilhafte Ausführungsformen der
erfindungsgemäßen Transporteinrichtung sind in den zugeordneten Unteransprü-
30 chen beschrieben. Ein System mit einer Transporteinrichtung ist Gegenstand des
Anspruchs 21.

Die Erfindung geht verfahrenstechnisch aus von einem an sich bekannten Transportverfahren, das unter den üblichen Transport- und Umweltbedingungen (Zeitdauer, Umwelttemperaturen, kräftemäßige Beanspruchungen der transportierten hochwertigen Frischmilch P) folgende Merkmale umfasst:

- 5 • eine Bevorratung der hochwertigen Frischmilch
 - durch Befüllung eines Behältnisses, das ein ungeteiltes Volumen mit mehreren Kubikmetern aufweist und die Spezifikation eines hygienischen Behältnisses besitzt,
 - mit einer Frischmilch-Temperatur, die gegenüber einer Umgebungstemperatur abgesenkt ist,
 - 10 ○ mit einem Kopfraum im Behältnis, der mit einem gasförmigen Fluid beaufschlagt ist, vorzugsweise mit hygienisch aufbereiteter Luft;
- einen Transport der hochwertigen Frischmilch mit einem Transportmittel, das als ein erdgebundenes Transportmittel und/oder als ein Schiff ausgebildet ist;
- 15 • eine Entleerung der hochwertigen Frischmilch aus dem Behältnis.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird gelöst, wenn bei dem Verfahren der gattungsgemäßen Art folgende Schritte vorgesehen sind:

- (A) eine Befüllung des Behältnisses mit der hochwertigen Frischmilch unter sterilen Bedingungen und
- 20 in einer Bevorratungszeit, die einen Zeitraum nach der Befüllung bis zu der Entleerung des Behältnisses umfasst,
- (B) eine Erfassung eines Neigungswinkels, der zwischen einer zum Kopfraum hin ausgebildeten freien Oberfläche der hochwertigen Frischmilch und einem auf
- 25 das Behältnis bezogenen Bezugssystem gebildet ist;
- (C) eine Erfassung eines Druckes im Kopfraum;
- (D) eine Erhöhung des Druckes in Abhängigkeit vom und proportional zum Betrag des Neigungswinkels durch Zufuhr eines gasförmigen, sterilen Fluids in den Kopfraum unter sterilen Bedingungen und
- 30 (E) die Entleerung der hochwertigen Frischmilch aus dem Behältnis unter sterilen Bedingungen.

Der erfinderische Grundgedanke geht zunächst von einem Sachverhalt aus, wie er sich bei dem Transport einer Flüssigkeit, im vorliegenden Falle der hochwertigen

Frischmilch, in einem über einen längeren Zeitraum bewegten Behältnis der vorbeschriebenen Art in den **Figuren 5, 5a bis 5g** der Zeichnung in an sich bekannter Weise darstellt. Aus diesem Grunde werden in der nachfolgenden, auf diese Figuren bezogenen Beschreibung die vorstehend zum Stand der Technik bereits eingeführten Bezugszeichen und Abkürzungen sowie bereits einige zum besseren Verständnis hilfreiche Bezeichnungen der Erfindung verwendet.

Es zeigen die

Figuren 5a bis 5g in schematischer Darstellung die Ausprägung der freien Oberfläche der hochwertigen Frischmilch bei Neigung des Behältnisses oder bei Schwappbewegungen der hochwertigen Frischmilch in einem waagrecht orientierten Behältnis.

Bei dem stationären, waagrecht orientierten Behältnis 10 (**Figuren 5, 5a**; kreisförmiger oder elliptischer oder kofferrörmiger Querschnitt) mit dem Kopfraum 10.1, der mit einem gasförmigen, sterilen Fluid F beaufschlagt ist, oder bei ruhiger Fortbewegung dieses Behältnisses 10 bildet sich eine maximal mögliche freie Oberfläche N der hochwertigen Frischmilch P aus, oberhalb derer das gasförmige, sterile Fluid F den sich entsprechend geometrisch ausbildenden Kopfraum 10.1 ausfüllt. Die Dicke der unvermeidlichen Aufräumungsschicht RA ist damit minimiert. Die Anhaftungsfläche des Rahmes (Fettes) auf der Innenwandung des Behältnisses 10 ist im Wesentlichen als dünne, langgestreckte Rechteckfläche ausgeformt, die sich umfänglich über die Mantelfläche und die Stirnflächen des Behältnisses 10 erstreckt. Die Möglichkeit der Anlagerung des Fettes auf der sich anbietenden Innenwandung des Behältnisses 10 ist dadurch begrenzt.

Bei dem bewegten, flüssigkeitsgefüllten Behältnis 10 mit dem mit dem gasförmigen, sterilen Fluid beaufschlagten Kopfraum 10.1, verursacht durch Stampfen ST oder Rollen des Schiffes TM2 oder durch positive und negative Beschleunigungen und/oder Kurvenfahrten des erdgebundenen Transportmittels TM1, neigt sich das Behältnis 10 in Richtung seiner ersten Hauptachse Lx um den Neigungswinkel $\pm w$ und führt damit das auf das Behältnis 10 bezogene Bezugssystem BS mit (**Figuren 5b bis 5d**). Unter dem Einfluss der Schwerkraft orientiert sich weiterhin die

freie Oberfläche N waagerecht und bildet somit den Neigungswinkel $\pm w$ gegenüber dem Bezugssystem BS. Die darunter befindliche hochwertige Frischmilch P verlagert sich, abhängig von dem Betrag des Neigungswinkels $\pm w$, wechselseitig entweder in den einen oder den anderen Eckenbereich des Innenraumes des Behältnisses 10, wobei dieser jeweilige Eckenbereich entweder teilweise oder vollständig geflutet wird. Die entsprechend geneigte freie Oberfläche N besitzt bei dem üblich bemessenen Kopfraum 10.1 eine geringere flächenmäßige Ausdehnung als bei waagerechter Ausrichtung des Behältnisses 10.

10 Dieser Sachverhalt ist näherungsweise quantitativ in den **Figuren 5f, 5g** in Verbindung mit den **Figuren 5, 5a** einerseits und den **Figuren 5c, 5d** andererseits dargestellt. Bei dem waagerecht orientierten Behältnis 10 (**Figuren 5, 5a**) ergibt sich als freie Oberfläche N eine Rechteckfläche, gebildet aus einer zweifachen Äquivalenzfläche A1 und einer zweifachen Differenzfläche ΔA . Die Summe beider Flächen A1 und ΔA resultiert aus einer im Kreisquerschnitt infolge des Füllstandes gebildeten
15 Abmessung einer ersten Sehne s1 und näherungsweise einer Längenabmessung des Behältnisses 10 (**Figuren 5a, 5g**). Unter dem Neigungswinkel $\pm w$ (**Figur 5c**) nimmt die freie Oberfläche N die Gestalt eines Dreiecks an, von dem in **Figur 5f** nur die Hälfte dargestellt ist. Diese halbe Dreiecksfläche besitzt die Größe der Äquivalenzfläche A1. Sie resultiert wiederum aus einer im Kreisquerschnitt infolge des Füllstandes gebildeten Abmessung einer zweiten Sehne s2 und näherungsweise der Längenabmessung des Behältnisses 10 (**Figuren 5d, 5g**). Der Unterschied zwischen der freien Oberfläche N bei waagerechter Orientierung des Behältnisses 10 und jener bei einem Neigungswinkel $\pm w$ beträgt somit die zweifache Differenzfläche
20
25 che ΔA .

Die Aufräumungsschicht RA muss sich entsprechend umordnen und bildet zwangsläufig bei Schräglage eine dickere Schicht aus. Darüber hinaus schwallt die hochwertige Frischmilch mit dieser dickeren Aufräumungsschicht RA in den zugeordneten Eckenbereich des Behältnisses 10 und findet dort eine entsprechende, massierte, ausgedehnte Innenwandungsfläche zur Anhaftung vor. Es kommt zu Zusammenballungen in diesen Eckenbereichen und massierten Anlagerungen bzw. Sedimentationen ähnlich Feststoffablagerungen in engen Flaschenhälsen bei Flüssigkeits-Feststoff-Gemischen.

Vergleichbare Sachverhalte ergeben sich bei sogenannten Schwappbewegungen der hochwertigen Frischmilch P in Richtung der ersten Hauptachse Lx um einen Neigungswinkel +/-w gegenüber einem waagrecht orientierten Behältnis 10 mit
5 entsprechender Lage des Bezugssystems BS (**Figur 5e**).

Mechanismus und Begründung für die erfinderischen Merkmale

Der erfinderische Grundgedanke und die diesbezüglichen erfinderischen Merkmale
10 finden ihre Begründung weiterhin in dem nachfolgend dargestellten physikalischen Mechanismus. Es wird nachfolgend diesbezüglich eine näherungsweise rechnerische Abschätzung vorgenommen.

Die hochwertige Frischmilch P enthält Luft, wenn das gasförmige, sterile Fluid F
15 entsprechend aufbereitete und bereitgestellte Luft ist. Diese Luft liegt in mehr oder weniger feinblasiger Ausprägung vor, verteilt über die gesamte Menge der hochwertigen Frischmilch P und bedingt insbesondere auch durch den üblichen Homogenisierungsprozess mit dem Ziel einer feinteiligen Fettverteilung in der hochwertigen Frischmilch P.

20

Diese Luftblasen, deren Dichte gegenüber einer Dichte ρ der hochwertigen Frischmilch P in erster Näherung vernachlässigbar ist, können näherungsweise als Kugeln mit einem Kugeldurchmesser d , einem daraus resultierenden Kugelquerschnitt $A_k = d^2\pi/4$ und einem Kugelvolumen $V_k = d^3\pi/6$ angesehen werden. Die Luftblasen
25 unterliegen in der von der Frischmilch-Temperatur T abhängigen, mehr oder weniger zähen hochwertigen Frischmilch P (dynamische Zähigkeit $\eta = f(T)$) Auftriebskräften F_A im Schwerfeld der Erde (Erdbeschleunigung g), denen bei der zwangsläufigen Auftriebsbewegung Reibungskräfte F_R aus der hochwertigen Frischmilch P entgegenwirken.

30

Die Luftblasen wirken als sogenannte Kristallisationskeime für Fettteilchen, sodass durch die Luftblasen ein der Flotation ähnlicher Transport dieser Fettteilchen gegen die Schwerkraft stattfindet. Dieser Transport wird durch die Dichteunterschiede zwischen den Fettteilchen und der diese aufnehmenden Milchphase noch unterstützt.

Durch die erfindungsgemäße Erhöhung eines Druckes p im Kopfraum 10.1, wodurch sich auch der Druck in der darunter befindlichen hochwertigen Frischmilch P entsprechend erhöht, werden die Luftblasen gemäß dem thermodynamischen

5 Gesetz $pV_K = \text{konstant}$ in ihrem Volumen V_K reduziert. Dadurch reduziert sich die an der reduzierten Luftblase angreifende Auftriebskraft F_A ($F_A \sim V_K \sim 1/p$). Aber auch die Reibungskraft F_R wird kleiner, jedoch nicht im gleichen Verhältnis wie die Auftriebskraft F_A , da die Reibungskraft F_R unter anderem vom Kugelquerschnitt A_K , der proportional zu d^2 ist, und die Auftriebskraft F_A unter anderem vom Kugelvolumen

10 V_K , das proportional zu d^3 ist, abhängig sind.

Die an der Blase angreifende Reibungskraft F_R ist auch wesentlich von der dynamischen Zähigkeit η der hochwertigen Frischmilch P abhängig. Die dynamische Zähigkeit η ist umgekehrt proportional zur Frischmilch-Temperatur T ($\eta \sim 1/T$).

15

Wird die Bewegung der Luftblase im Wesentlichen durch Auftriebskräfte F_A ausgelöst, dann entspricht die Geschwindigkeit der Luftblase der stationären Auftriebsgeschwindigkeit v . Im Bereich der schleichenden Strömung gilt das STOKESsche Gesetz nach Gleichung (1) mit

20
$$\zeta = 24/Re = 24 \eta/vdp \quad (1)$$

wobei ζ der Widerstandsbeiwert für die umströmte Kugel und nach Gleichung (2) Re die sog. Reynoldszahl mit

$$Re = vd/\nu = vdp/\eta \quad (2)$$

sind. Aus einer Kräftebetrachtung an der Luftblase ergibt sich nach Gleichung (3)

25 eine resultierende Kraft

$$\Delta F = F_A - F_R \quad (3)$$

Aus dem Gleichgewicht für $\Delta F = 0$ resultiert aus den vorstehenden Berechnungsgleichungen (1) bis (3) und den nachfolgenden (4) bis (8) mit

$$F_A = V_K \Delta \rho g \quad (4)$$

30
$$F_R = \zeta A_K \frac{\rho}{2} v^2 \quad (5)$$

$$p V_K = \text{konst} \quad (6)$$

$$V_K = \frac{\pi}{6} d^3 \quad (7)$$

$$A_K = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (8)$$

die stationäre Auftriebsgeschwindigkeit v nach Gleichung (9) mit

$$v = KONST \frac{1}{p^{2/3}} \frac{1}{\eta(T)} \quad (9)$$

Die stationäre Auftriebsgeschwindigkeit v der Luftblasen und der an diese gebundenen Fettteilchen ist damit umgekehrt proportional zur dynamischen Zähigkeit η ($\eta \sim 1/T$), die im Rahmen der nach Anspruch 2 vorgesehenen erfindungsgemäßen Temperaturabsenkung von 3,5 bis 4 °C auf 2 bis 2,5 °C von ca. $\eta = 1,2$ cp auf ca. $\eta = 1,6$ cp (cp: Centipoise) ansteigt. Weiterhin ist die stationäre Auftriebsgeschwindigkeit v umgekehrt proportional zum Druck p im Kopfraum des Behältnisses, der in der erfindungsgemäßen Auslegung bis auf 1,4 bar Überdruck ansteigen kann. Die beiden physikalischen Größen Druck p und dynamische Zähigkeit η bzw. Frischmilch-Temperatur T haben in ihrer erfindungsgemäßen Bemessung etwa das gleiche reduzierende Ausmaß auf die Auftriebsgeschwindigkeit v der Luftblasen und damit der Fettteilchen.

15 Zu den Ansprüchen der Erfindung

Ein wesentliches Merkmal ist die Handhabung der hochwertigen Frischmilch bei der Befüllung und Entleerung des Behältnisses unter sterilen Bedingungen. Diese Maßnahmen schließen alle kritischen Bereiche des Behältnisses, wie vorstehend bereits thematisiert, ein. Weitere signifikante Merkmale sind die Erfassung des Neigungswinkels der freien Oberfläche in Bezug auf das Bezugssystem und die Erfassung des Druckes im Kopfraum. Sie finden ihre Begründung in den vorstehend dargelegten Sachverhalten hinsichtlich Ausbildung der freien Oberfläche, der davon abhängigen Dicke der Aufraumungsschicht und hinsichtlich des Einflusses des Druckes auf die Auftriebsgeschwindigkeit der Luftblasen bzw. Fettteilchen. Der Druck wird alsdann in Abhängigkeit vom und proportional zum Betrag des Neigungswinkels durch Zufuhr des gasförmigen, sterilen Fluids erhöht, wobei auch diese Maßnahme unter sterilen Bedingungen erfolgt.

Die Auftriebsgeschwindigkeit der Fettteilchen und damit das Maß der Aufraumung werden signifikant reduziert, wenn das Transportverfahren nach Schritt (G) die Frischmilch-Temperatur in einem letzten zeitlichen Abschnitt der Bevorratungszeit von 3,5°C bis 4°C auf 2°C bis 2,5°C absenkt. Es hat sich als besonders zielführend erwiesen, wenn der letzte Abschnitt einem Drittel der Bevorratungszeit entspricht.

- Das Transportverfahren wird vorteilhaft hinsichtlich der erfindungsgemäßen Abhängigkeit zwischen dem Neigungswinkel und dem Druck derart ausgestaltet, dass ein Neigungswinkelbereich sowie ein zulässiger Druckbereich vorgegeben werden. Der
- 5 Neigungswinkelbereichs ist jeweils durch einen maximalen negativen Neigungswinkel oder einen maximalen positiven Neigungswinkel für den Neigungswinkel gebildet. Der Neigungswinkelbereich kann abhängig vom Seegang und den relevanten Abmessungen des Schiffes bis zu +/- 5 Grad, in Extremsituationen auch mehr, betragen.
- 10 Der zulässige Druckbereich bewegt sich zwischen einem minimalen Druck, der mindestens dem Atmosphärendruck entsprechen kann, und einem zulässigen maximalen Druck, der durch die festigkeitsmäßige Auslegung des Behältnisses nach oben begrenzt und entsprechend einem Vorschlag mit bis zu 1,4 bar Überdruck bemessen ist. Zwischen dem Neigungswinkelbereich und dem Druckbereich ist im einfachsten Falle eine Korrelation vorgesehen, d.h. dem maximalen Druck wird der Betrag des maximalen positiven bzw. maximalen negativen Neigungswinkels zugeordnet.
- 20 Um die durch die erfindungsgemäß Druckerhöhung reduzierten Luftblasen nach Abklingen der Neigungsbewegungen durch Druckabsenkung nicht wieder in ihrem Volumen zu vergrößern und damit ihre Auftriebsgeschwindigkeit und die daraus resultierende Aufräumungsgeschwindigkeit nicht zu erhöhen, sieht das Transportverfahren vor, dass der Druck dem zeitlichen Verlauf des Betrages des erfassten Neigungswinkels immer nur dann folgt, wenn ein nachfolgender Betrag des erfassten
- 25 Neigungswinkels gleich oder größer als ein vorhergehender Betrag ist. Bei dem vorhergehenden Betrag handelt es sich nicht um den unmittelbar vorhergehenden, sondern um jedweden in Frage kommenden Betrag in der bis dahin abgelaufenen Transportzeit.
- 30 Das Bezugssystem für die Bestimmung des Neigungswinkels ist vorzugsweise ein orthogonales dreiachsiges Bezugssystem, bestehend aus einer x-, y- und z-Achse. Die Neigung der freien Oberfläche wird jeweils in einer durch die x- und z-Achse

sowie in einer durch die y- und z-Achse aufgespannten Ebene gemessen. Aus diesen beiden orthogonalen Messwerten wird der maßgebliche Neigungswinkel ermittelt. Es hat sich dabei als zweckmäßig erwiesen, wenn das orthogonale dreiachsige Bezugssystem durch eine in x-Richtung orientierte erste Hauptachsen, eine in y-
5 Richtung orientierte zweite Hauptachse und eine in z-Richtung orientierte dritte Hauptachse des Behältnisses gebildet ist. Die Bestimmung der kritischen Neigungsbewegungen wird nach einem weiteren Vorschlag erleichtert, wenn entweder die erste Hauptachse oder die zweite Hauptachse in einer Fahrtrichtung des Transportmittels orientiert ist.

10

Eine vereinfachte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Transportverfahrens wird erreicht, wenn bei dem vorstehend beschriebenen Transportverfahren auf den Schritt (B) verzichtet und Schritt (D) gemäß einem Schritt (D1) abgewandelt wird. Diese Abwandlung besteht darin, dass nach

15 (D1) eine Erhöhung des Druckes durch Zufuhr eines gasförmigen, sterilen Fluids in den Kopfraum unter sterilen Bedingungen vorgesehen ist.

Der Druck kann dabei dem maximalen Druck entsprechen, der durch die festigkeitsmäßige Auslegung des Behältnisses bestimmt ist.

20

Eine Schwappbewegung der hochwertigen Frischmilch im ruhenden, waagrecht orientierten Behältnis wird identifiziert, wenn nach einem weiteren Vorschlag eine Füllstands-Messeinrichtung zur Erfassung des Füllstandes der hochwertigen Frischmilch im Behältnis derart eingerichtet ist, dass zwei Messsonden, die im Abstand voneinander in die freie Oberfläche eintauchen, vorgesehen sind, die in Verbindung mit einer entsprechend eingerichteten Steuerung durch den unterschiedlichen Grad ihrer Benetzung eine entsprechende Lageveränderung der freien Oberfläche quantitativ ermitteln.

30 Eine erfindungsgemäße Transportvorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Transportverfahrens umfasst folgende an sich bekannte Merkmale:

- Ein Behältnis, das ein ungeteiltes Volumen mit mehreren Kubikmetern zur Bevorratung der hochwertigen Frischmilch aufweist. Das ungeteilte Volumen ist dabei auch einer hinreichenden Reinigung unter sterilen Anforderungen geschuldet.
- 5 • Eine Befüllungs- und eine Entleerungseinrichtung zur Befüllung des Behältnisses mit und zur Entleerung der hochwertigen Frischmilch aus dem Behältnis.
- Einen Kopfraum im Behältnis, der mit einem gasförmigen Fluid beaufschlagt ist.
- Eine Temperatur-Messeinrichtung zur Erfassung einer Frischmilch-Temperatur im Behältnis.
- 10 • Eine Füllstands-Messeinrichtung mit einer ersten Messsonde.
- Eine Kühleinrichtung, die zumindest die gegenüber einer Umgebungs-Temperatur absenkte Frischmilch-Temperatur konstant hält. Eine Absenkung auf die Frischmilch-Temperatur wird zweckmäßig vor der Befüllung des Behältnisses vorgenommen.
- 15 • Ein Transportmittel zum Transport des Behältnisses in Gestalt eines erdgebundenen Transportmittels und/oder eines Schiffes.

Ausgehend von der gattungsgemäßen Transporteinrichtung wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe vorrichtungstechnisch gelöst durch

- 20 • das Behältnis, das in Verbindung mit der Befüllungs- und der Entleerungseinrichtung so eingerichtet ist, dass eine umfassende sterile Behandlung der hochwertigen Frischmilch erfolgt;
- eine erste Einrichtung mit wenigstens einem ersten Neigungsmesser zur Erfassung eines Neigungswinkels, der zwischen einer zum Kopfraum hin ausgebildeten freien Oberfläche der hochwertigen Frischmilch und einem auf das Behältnis bezogenen Bezugssystem gebildet ist;
- 25 • eine zweite Einrichtung zur Erfassung eines Druckes im Kopfraum;
- eine dritte Einrichtung zur Zufuhr eines gasförmigen, sterilen Fluids in den Kopfraum unter sterilen Bedingungen;
- 30 • eine Steuereinrichtung, die eine Erhöhung des Druckes in Abhängigkeit vom und proportional zum Betrag des Neigungswinkels durch Zufuhr des gasförmigen, sterilen Fluids in den Kopfraum steuert.

Die Steuereinrichtung weist einen Datenspeicher auf, in dem ein Neigungswinkelbereich, der einen maximalen negativen Neigungswinkel und einen maximalen positiven Neigungswinkel umfasst, hinterlegt ist. Ebenso ist dort ein zulässiger Druckbereich hinterlegt, der einen minimalen Druck und einem maximalen Druck umfasst.

5 Der zulässige Druckbereich korreliert im Zuge der vorgesehenen Steuerung des Druckes in Abhängigkeit vom jeweils gemessenen Neigungswinkel mit dem Betrag des Neigungswinkelbereichs. Der minimale Druck kann dabei von dem Atmosphärendruck ausgehen; er kann aber auch auf einen höheren Druck festgelegt werden. Der maximale Druck bemisst sich aus der festigkeitsmäßigen Auslegung des Behältnisses, die auch wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt.

10

Eine sichere Erfassung des im allgemeinsten Falle räumlich orientierten und maßgeblichen Neigungswinkels wird erreicht, wenn zwei Neigungsmesser im Bezugssystem vorgesehen sind, das vorzugsweise ein orthogonales dreiachsiges Bezugssystem mit einer x-, y- und z-Achse ist. Der erste Neigungsmesser misst die Neigung der freien Oberfläche in einer durch die x- und z-Achse aufgespannten ersten Ebene und ein zweiter Neigungsmesser misst die Neigung der freien Oberfläche in einer durch die y- und z-Achse aufgespannten zweiten Ebene. Aus den beiden orthogonalen Messwerten wird der in Frage kommende Neigungswinkel ermittelt.

15

20

Das orthogonale Bezugssystem ist zweckmäßig derart orientiert, dass es durch eine in x-Richtung orientierte erste Hauptachsen, eine in y-Richtung orientierte zweite Hauptachse und eine in z-Richtung orientierte dritte Hauptachse des Behältnisses gebildet ist. Dabei vereinfacht sich die Ermittlung kritischer Neigungsbewegungen des Behältnisses, wenn entweder die erste Hauptachse oder die zweite Hauptachse in einer Fahrtrichtung des Transportmittels orientiert ist.

25

Die Anordnung des Behältnisses vorzugsweise innerhalb eines Tankcontainers bedingt eine langgestreckte, liegende Ausbildung des Behältnisses, wobei die x-Achse des Bezugssystems in Längsrichtung des Behältnisses, demnach in der ersten Hauptachse orientiert ist.

30

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Kostenoptimierung besitzt das Behältnis ein ungeteiltes Volumen von 20 m³ und mehr, wobei generell das Volumen nach

oben im Rahmen einer Ausbildung in einem Tankcontainer durch dessen standardisierte Baugröße begrenzt ist.

Zur Identifizierung und Ermittlung von Schwappbewegungen der hochwertigen
5 Frischmilch innerhalb eines waagerecht angeordneten und/oder unbewegten Behältnisses weist die am Behältnis vorgesehene Füllstands-Messeinrichtung eine zweite Messsonde auf. Die erste und die zweite Messsonde sind dabei im Abstand voneinander angeordnet und greifen über den Kopfraum in die freie Oberfläche der hochwertigen Frischmilch ein, wobei an beiden Messsonden ermittelte, sich unter-
10 scheidende Messergebnisse zielführend auswertbar sind.

Die Versorgung des Kopfraumes des Behältnisses mit dem gasförmigen, sterilen Fluid während des Transportes wird dadurch wesentlich apparativ vereinfacht, wenn
15 ein Pufferbehälter mit einem auf die Größe des Kopfraumes abgestimmten Puffer- volumen vorgesehen ist, der wahlweise mit dem Kopfraum verbunden und in dem das gasförmige, sterile Fluid mit einem Überdruck gespeichert ist. Dieser Überdruck ist so bemessen, dass er die Bereitstellung des maximalen Druckes im Kopfraum des Behältnisses über die gesamte Bevorratungszeit sicherstellt.

20 Um im Zuge der Befüllung und der Entleerung des Behältnisses eine hinreichend sterile Anbindung an Versorgungs- und Entsorgungssysteme und sterile Handhabung der Transporteinrichtung sicherzustellen, sieht die Erfindung eine Füll- und Entleerungsplattform vor, die in Verbindung mit der Transporteinrichtung ein System dergestalt bildet,

- 25 • dass die Füll- und Entleerungsplattform die folgenden Funktionseinrichtungen umfasst:
- eine vierte Einrichtung zur Bereitstellung von Reinigungsmittel,
 - Füll- und Entleerungsleitungen,
 - eine fünfte Einrichtung zur Bereitstellung von Kühlmittel und
 - 30 • eine sechste Einrichtung zur Bereitstellung von gasförmigem, sterilem Fluid, und dass über eine Schnitt- und Kupplungsstelle die
- die vierte Einrichtung mit den Reinigungsmittel-Anschlüssen der Transporteinrichtung,

- die Füll- und Entleerungsleitungen mit der Befüll- und Entleerungseinrichtung der Transporteinrichtung,
 - die fünfte Einrichtung mit der Kühleinrichtung der Transporteinrichtung und
 - die sechste Einrichtung mit der dritten Einrichtung der Transporteinrichtung
- 5 verbunden ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Eine eingehendere Darstellung der Erfindung ergibt sich aus der folgenden Beschreibung und den beigefügten weiteren Figuren der Zeichnung sowie aus den Ansprüchen. Während die Erfindung in den verschiedensten Ausgestaltungen eines Transportverfahrens der gattungsgemäßen Art und den verschiedensten Ausführungsformen einer Transporteinrichtung der gattungsgemäßen Art zur Durchführung des Transportverfahrens realisiert ist, wird nachfolgend anhand der Zeichnung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Transportverfahrens und der erfindungsgemäßen Transporteinrichtung beschrieben. Es zeigen

10

15

- Figur 4** in schematischer Darstellung eine erfindungsgemäße Transporteinrichtung in ihrer möglichen Anordnung auf dem Transportmittel Schiff;
- 20 **Figur 6** ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Transportverfahrens;
- Figur 6a** ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Transportverfahrens gemäß **Figur 6**, ergänzt durch einen weiteren Verfahrensschritt (G);
- Figur 7** in schematischer Darstellung eine erfindungsgemäße Transporteinrichtung zur Durchführung der Transportverfahren gemäß **Figur 6** oder **Figur 6a** in Verbindung mit einer erfindungsgemäßen Füll- und Entleerungsplattform;
- 25
- Figur 8** einen beispielhaft angenommenen zeitlichen Verlauf eines Neigungswinkels über eine gesamte Bevorratungszeit, die eine Transportzeit einschließt, sowie einen beispielhaft angenommenen, sich über die gesamte Bevorratungszeit erstreckenden zeitlichen Verlauf einer erfindungsgemäßen Frischmilch-Temperatur und
- 30
- Figur 9** einen beispielhaft angenommenen zeitlichen Verlauf eines Druckes im Kopfraum des Behältnisses über eine gesamte Bevorratungszeit in

Korrelation zu dem zeitlichen Verlauf des Neigungswinkels gemäß **Figur 8**.

Um Wiederholungen zu vermeiden, stützt sich die nachfolgende Beschreibung zu
5 den **Figuren 4, 6a, 6b** und **7 bis 9** hinsichtlich der verwendeten Bezugszeichen und
Abkürzungen auf jene, die in den vorstehend beschriebenen **Figuren 1 bis 3, 5, 5a**
bis **5g** Verwendung finden. Gleiches gilt hinsichtlich der vorstehend bereits be-
schriebenen Sachverhalte.

10 Am Kopfraum 10.1 des Behältnisses 10 mit dem ungeteilten Volumen V einer erfin-
dungsgemäßen Transporteinrichtung 1 (**Figur 4**) ist eine zweite Einrichtung 16 zur
Erfassung eines Drucks p eines gasförmigen, sterilen Fluids F angeordnet, das den
Kopfraum 10.1 beaufschlagt. Die Füllstands-Messeinrichtung 12 weist neben der
ersten Messsonde $L1$ eine zweite Messsonde $L2$ auf, wobei die erste und die zweite
15 Messsonde $L1, L2$ im Abstand voneinander angeordnet sind und über den Kopf-
raum 10.1 in die freie Oberfläche N der hochwertigen Frischmilch P eingreifen.

Das Bezugssystem BS ist als ein orthogonales dreiachsiges Bezugssystem BS_{x-y-z} ,
bestehend aus der x -, y - und z -Achse, ausgebildet. In einer durch die x - und z -Achse
20 aufgespannten Ebene E_{x-z} und in einer durch die y - und z -Achse aufgespannten
Ebene E_{y-z} wird jeweils eine zugeordnete Neigung der freien Oberfläche N gemes-
sen. Aus diesen der jeweiligen Ebene zugeordneten Neigungswinkeln $\pm w$, zwei
orthogonal gewonnene Messwerte, wird der maßgebliche räumliche Neigungswin-
kel $\pm w$ ermittelt.

25

Das orthogonale dreiachsige Bezugssystem BS_{x-y-z} ist durch die in x -Richtung ori-
entiertere erste Hauptachsen L_x , die in y -Richtung orientierte zweite Hauptachse L_y
und die in z -Richtung orientierte dritte Hauptachse L_z des Behältnisses 10 gebildet.
Dabei ist vorzugsweise entweder die erste Hauptachse L_x oder die zweite Haupt-
30 achse L_y in der Fahrtrichtung FR des Transportmittels TM bzw. $TM1, TM2$ orientiert.
Weiterhin ist das Behältnis 10 in x -Richtung langgestreckt ausgebildet und in dieser
Richtung liegend angeordnet.

- Das erfindungsgemäße Transportverfahren nach Anspruch 1 (**Figur 6**) umfasst die Schritte (A) bis (D), wobei Schritt (E), die Entleerung der hochwertigen Frischmilch P aus dem Behältnis 10, ohne weitere zeitlineare oder zeitgleich folgende Maßnahme dem Schritt (D) folgt. Im Anschluss an die Befüllung des Behältnisses 10 mit der hochwertigen Frischmilch P gemäß Schritt (A) und vor dem Schritt (E) ist in Richtung einer Zeit t die Bevorratungszeit Δt eingetragen. Gemäß Schritt (B) werden in der ersten Einrichtung 60 der Neigungswinkel $\pm w$ und gegebenenfalls parallel in der Füllstands-Messeinrichtung 12 mit der ersten und der zweiten Messsonde L1, L2 Schwappbewegungen der freien Oberfläche N ermittelt. Gemäß Schritt (C) wird in der zweiten Einrichtung 16 der Druck p im Kopfraum 10.1 erfasst, der dann gemäß Schritt (D) in Abhängigkeit vom und proportional zum Betrag $|w|$ des Neigungswinkels $\pm w$ ($p = f(|w|)$) durch Zufuhr des gasförmigen, sterilen Fluids F in den Kopfraum 10.1 erhöht wird.
- Das erfindungsgemäße Transportverfahren nach Anspruch 2 (**Figur 6a**) unterscheidet sich von jenem nach Anspruch 1 (**Figur 6**) dadurch, dass gemäß Schritt (G) die nach der Befüllung vorliegende Frischmilch-Temperatur T in einem letzten zeitlichen Abschnitt Δt_x der Bevorratungszeit Δt zur Verhinderung eventuellen psychrophilen Keimwachstums um eine zielführende Temperaturdifferenz mittels einer Kühleinrichtung 40 abgesenkt und auf diesem Niveau dann gehalten wird. Im Hinblick auf die Erhaltung der Fett-Eiweiß-Struktur hat sich eine Temperaturabsenkung von 3,5°C bis 4°C auf 2°C bis 2,5°C als zielführend herausgestellt. Schritt (G) flankiert zeitlich parallel die Schritte (B) bis (D).
- In **Figur 7** findet sich das Behältnis 10 uneingeschränkt wieder, wie es in der Beschreibung zu **Figur 4** dargestellt ist. Es weist das ungeteilte Volumen V mit mehreren Kubikmetern zur Bevorratung der hochwertigen Frischmilch P auf. Es ist die Temperatur-Messeinrichtung 14 zur Erfassung der Frischmilch-Temperatur T im Behältnis 10 vorgesehen. Weiterhin verfügt das Behältnis 10 über die Kühleinrichtung 40, die zumindest die gegenüber einer Umgebungs-Temperatur absenkte Frischmilch-Temperatur T konstant hält. Zu diesem Zweck befindet sich vorzugsweise im Fußbereich des Behältnisses 10 ein Wärmetauscher 42, der über eine dritte und eine vierte Ventileinrichtung 44, 46 und ein zweites Leitungssystem 48 mit einem Kühlmittel K versorgt werden kann. Die Abkühlung der hochwertigen

Frischmilch P kann vor ihrer Befüllung vorzugsweise außerhalb der Transporteinrichtung 1 vorgenommen werden, beispielsweise über eine in einer Füll- und Entleerungsplattform 200 vorgesehene fünfte Einrichtung 240, die einen Kühlmittelbehälter 242 mit dem Kühlmittel K, eine Kühlmittelpumpe 244 und Kühlmittelleitungen 246 aufweist. Über lösbare Verbindungsstellen k7, k8 an einer Schnitt- und Kupplungsstelle S zwischen der Füll- und Entleerungsplattform 200 und der Transporteinrichtung 1 ist die Kühleinrichtung 40 über ihre Kühlmittelleitungen 246 mit dem zugeordneten zweiten Leitungssystem 48 verbunden. Während des Transportes kann die Frischmilch-Temperatur T über eine nicht dargestellte, autark innerhalb der Transporteinrichtung 1 betriebene Kühleinrichtung mit der vorbeschriebenen Kühleinrichtung 40 verbunden werden.

Das Behältnis 10 ist in Verbindung mit einer Befüllungs- und der Entleerungseinrichtung 30 so eingerichtet, dass eine umfassende sterile Behandlung der hochwertigen Frischmilch P erfolgt. Die Befüllungs- und Entleerungseinrichtung 30 weist eine erste und eine zweite Ventileinrichtung 32, 34 auf, die über ein erstes Leitungssystem 36 und zugeordnete lösbare Verbindungsstellen k5, k6 an der Schnitt- und Kupplungsstelle S mit einer zugeordneten Füll- und Entleerungsleitung 230 in der Füll- und Entleerungsplattform 200 verbunden sind. Über die Füll- und Entleerungsleitung 230 wird die hochwertige Frischmilch P zunächst der Füll- und Entleerungsplattform 230 und von da aus der Transporteinrichtung 1 zugeführt.

Die Transporteinrichtung 1 umfasst weiterhin eine erste Einrichtung 60 mit wenigstens einem ersten Neigungsmesser 62 zur Erfassung eines Neigungswinkel +/-w, der zwischen der zum Kopfraum 10.1 hin ausgebildeten freien Oberfläche N der hochwertigen Frischmilch P und einem auf das Behältnis 10 bezogenen Bezugssystem BS gebildet ist. in einer bevorzugten Ausbildung ist ein zweiter Neigungsmesser 64 im Bezugssystem BS vorgesehen sind, das vorzugsweise ein orthogonales dreiachsiges Bezugssystem BS_{x-y-z} ist, bestehend aus einer x-, y- und z-Achse. Der erste Neigungsmesser 62 misst die Neigung der freien Oberfläche N in der durch die x- und z-Achse aufgespannten ersten Ebene E_{x-z} . Der zweite Neigungsmesser 64 misst die Neigung der freien Oberfläche N in der durch die y- und z-Achse aufgespannten zweiten Ebene E_{y-z} . Eine Steuereinrichtung 70 ermittelt den

maßgeblichen Neigungswinkel +/-w aus den beiden orthogonalen Messwerten des ersten und des zweiten Neigungsmessers 62, 64.

5 In der Transporteinrichtung 1 ist weiterhin eine dritte Einrichtung 50 zur Zufuhr des gasförmigen, sterilen Fluids F in den Kopfraum 10.1 unter sterilen Bedingungen vorgesehen, wobei die dritte Einrichtung 50 einen Pufferbehälter 52, eine fünfte und sechste Ventileinrichtung 54, 56 sowie ein zugeordnetes drittes Leitungssystem 58 aufweist. Das dritte Leitungssystem 58 ist über lösbare Verbindungsstellen k1, k2 an der Schnitt- und Kupplungsstelle S mit einer sechsten Einrichtung 250 zur Be-
10 reitstellung des gasförmigen, sterilen Fluids F mittels der Füll- und Entleerungsplattform 200 verbunden. Der Pufferbehälter 52, der zweckmäßig mit einem auf die Größe des Kopfraumes 10.1 abgestimmten Puffervolumen bemessen ist, ist wahlweise mit dem Kopfraum 10.1 verbunden, wobei in dem Pufferbehälter 52 das gasförmige, sterile Fluid F vorzugsweise mit einem Überdruck von 4 bar gespeichert
15 ist.

Zur Herstellung steriler Innenbereiche des Behältnisses 10 und steriler Bedingungen in allen mit diesen Innenbereichen verbundenen Einrichtungen der Transporteinrichtung 1 ist in der Füll- und Entleerungsplattform 200 eine vierte Einrichtung
20 210 zur Bereitstellung notwendiger Reinigungsmittel RM (Wasser, Säure, Lauge, Dampf und gasförmige, sterile Fluide) vorgesehen. Die vierte Einrichtung 210 ist über lösbare Verbindungsstellen k3, k4 an der Schnitt- und Kupplungsstelle S der Füll- und Entleerungsplattform 200 mit einem ersten, einem zweiten und einem dritten Reinigungsmittel-Anschluss a, b, c der Transporteinrichtung 1 verbunden. Über
25 den ersten Reinigungsmittel-Anschluss a im Bereich der Ventileinrichtungen 54, 56 wird eine Reinigung der dritten Einrichtung 50 bis in den Kopfraum 10.1 hinein vorgenommen. Über den zweiten Reinigungsmittel-Anschluss b im Bereich der Ventileinrichtungen 32, 34 erfolgt eine Reinigung der Befüllungs- und Entleerungseinrichtung 30, ebenfalls bis in das Behältnis 10 hinein. Der gesamte Innenraum des Behältnisses 10 wird über ein nicht bezeichnetes Reinigungsmittel-Verteilungssystem,
30 beispielsweise mehrere sogenannte Sprühkugeln, von denen eine schematisch angedeutet ist, über den dritten Reinigungsmittel-Anschluss c mit Reinigungsmittel RM versorgt.

Die Steuereinrichtung 70 steuert unter anderem eine Erhöhung des Druckes p in Abhängigkeit vom und proportional zum Betrag des Neigungswinkels $\pm w$ durch Zufuhr des gasförmigen, sterilen Fluids F in den Kopfraum 10.1. Die Steuereinrichtung 70 weist einen Datenspeicher 72 auf, in dem ein Neigungswinkelbereich $\pm \Delta w_{\max}$ zwischen einem maximalen negativen Neigungswinkel $-w_{\max}$ und einem maximalen positiven Neigungswinkel $+w_{\max}$ für den Neigungswinkel $\pm w$ hinterlegt ist. Weiterhin ist dort ein zulässiger Druckbereich Δp zwischen einem minimalen Druck $p_{\min}$ und einem maximalen Druck $p_{\max}$ für den Druck p hinterlegt. Die Steuereinrichtung 70 ist dabei derart eingerichtet, dass der zulässige Druckbereich Δp mit dem Betrag des Neigungswinkelbereichs $\pm \Delta w_{\max}$ korreliert.

Die Steuerungseinrichtung 70 ist in Verbindung mit ihrem Datenspeicher 72 darüber hinaus so eingerichtet, dass sie Messwerte der Frischmilch-Temperatur T und der detektierten Füllstände im Behältnis 10 verarbeiten und Stelleinrichtungen für die Zufuhr des gasförmigen, sterilen Fluids F und die Kühleinrichtung 40 ansteuern kann.

Die Füllstands-Messeinrichtung 12 verfügt vorteilhaft über die zweite Messsonde L_2 , wobei die erste und die zweite Messsonde L_1 , L_2 im Abstand voneinander angeordnet sind und über den Kopfraum 10.1 in die freie Oberfläche N der hochwertigen Frischmilch P eingreifen. Aus einer unterschiedlichen Benetzung bei Schwappbewegungen der hochwertigen Frischmilch P lässt sich bei entsprechend eingerichteter Steuerung diese Schwappbewegung detektieren und ermitteln.

Die Füll- und Entleerungsplattform 200 bildet zusammen mit der Transporteinrichtung 1 ein System 100, das insgesamt die Befüllung und die Entleerung des Behältnisses 10, seine Kühlung, die Zufuhr des gasförmigen, sterilen Fluids F zum Pufferbehälter 52 und von dort zum Behälter 10 und die Reinigung und Sterilisierung der gesamten Transporteinrichtung 1, jeweils stets und umfänglich unter sterilen Bedingungen, sicherstellt.

In **Figur 8** ist beispielhaft ein zeitlicher Verlauf ($|w| = f(t)$) eines Betrags $|w|$ des Neigungswinkels $\pm w$ postuliert. Markante Änderungen des Verlaufs sind auf der Abszisse, der Zeit t , innerhalb der Bevorratungszeit Δt mit Zeiten t_1 bis t_9 markiert. Auf

- der linken Ordinate umfasst ein angenommener Wertevorrat des Betrages $|w|$ des Neigungswinkels die Werte 0 bis $\pm w_{\max} = 5$ Grad, wodurch der Betrag des Neigungswinkelbereichs $|\pm \Delta w_{\max}| = 5$ Grad beträgt. Dies ist ein durchaus realistischer Bereich, der in Extremsituationen auch größer sein kann. Auf der rechten Ordinate ist die Frischmilch-Temperatur T mit einem Wertevorrat von 0 bis 5°C aufgetragen.
- 5 In dem letzten zeitlichen Abschnitt Δt_x der Bevorratungszeit Δt , beispielhaft zu einem vor der Zeit t_5 liegenden Zeitpunkt, wird die Frischmilch-Temperatur T von $3,5^\circ\text{C}$ bis 4°C (Bandbreite) auf 2°C bis $2,5^\circ\text{C}$ (Bandbreite) abgesenkt.
- 10 **Figur 9** zeigt beispielhaft einen zeitlichen Verlauf ($p = f(t)$) des absoluten Druckes p (Atmosphärendruck p_b zuzüglich des Überdruckes) im Kopfraum 10.1 des Behältnisses 10, wobei die Zeiten t_1 bis t_9 auf der Abszisse, der Zeitachse t , deckungsgleich mit jenen im Diagramm der **Figur 8** sind. In einem am rechten Rand der **Figur 9** aufgetragenen Hilfsdiagramm $p = f(|w|)$ ist die erfindungsgemäße Zuordnung
- 15 zwischen dem Druck p und dem Betrag des Neigungswinkels $|w|$ ersichtlich, der vorzugsweise darin besteht, dass der zulässige Druckbereich Δp mit dem Betrag des Neigungswinkelbereichs $\pm \Delta w_{\max}$ korreliert. Aus den **Figuren 8** und **9** ergibt sich die Zuordnung zwischen dem unabhängigen Neigungswinkel $\pm w$ und dem abhängigen Druck p . Es ist weiterhin aus den **Figuren 8** und **9** die erfindungsgemäße Festlegung erkennbar, dass der Druck p dem zeitlichen Verlauf des Betrages
- 20 des erfassten Neigungswinkels $\pm w$ immer nur dann folgt, wenn ein nachfolgender Betrag des erfassten Neigungswinkels $\pm w$ gleich oder größer als ein vorhergehender Betrag ist ($|w| = f(t)$). Im dargestellten Ausführungsbeispiel entspricht der minimale Druck $p_{\min}$ dem Atmosphärendruck p_b und der maximale Druck $p_{\max}$ beträgt
- 25 beispielweise 1,4 bar Überdruck. Der zulässige Druckbereich $\Delta p = p_{\max} - p_{\min}$ bemisst sich dann zu 1,4 bar. Der minimale Druck $p_{\min}$ kann mit Beginn der Bevorratungszeit Δt auch höher angesetzt werden, beispielsweise mit 0,4 bis 0,6 bar Überdruck.

BEZUGSZEICHENLISTE DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN**Figuren 1, 2, 2a, 3, 3a** (zum Stand der Technik)

	1*	Transporteinrichtung
5	10	Behältnis
	10.1	Kopfraum
	10a	kreisförmige Behälterform
	10b	elliptische Behälterform
	10c	kofferförmige Behälterform
10	10d	Isolierung
	12	Füllstands-Messeinrichtung
	14	Temperatur-Messeinrichtung
	30*	Befüllungs- und Entleerungseinrichtung
15	40*	Kühleinrichtung
	BS	Bezugssystem (geometrisches)
	F*	gasförmiges Fluid
	FR	Fahrtrichtung
20	L1	erste Messsonde
	Lx	erste Hauptachse
	Ly	zweite Hauptachse
	Lz	dritte Hauptachse
25	N	freie Oberfläche
	P	hochwertige Frischmilch
	RA	Aufrahmungsschicht
	T	Frischmilch-Temperatur
30	TM	Transportmittel (allgemein)
	TM1	erdgebundenes Transportmittel
	TM2	Schiff

V ungeteiltes Volumen

Schiffsbewegungen

5	GI	Gieren
	RO	Rollen
	SL	Slamming
	ST	Stampfen
	SW	Schwoien
10	TA	Tauchen
	WO	Wogen

	+/-w	Neigungswinkel (gemessen gegen eine Bezugsachse)
15	x, y, z	Raumachsen

Physikalische Größen für die rechnerischen Abschätzungen

	A _K	Kugelquerschnitt
20	F _A	Auftriebskraft
	F _R	Reibungskraft
	ΔF	resultierende Kraft zwischen Auftriebs- und Reibungskraft
	Re	Reynolds-Zahl
	V _K	Kugelvolumen
25	d	Kugeldurchmesser
	g	Erdbeschleunigung
	v	Auftriebsgeschwindigkeit
	ζ	Widerstandsbeiwert
	η	dynamische Zähigkeit
30	π	Verhältnis zwischen Umfang und Durchmesser der Blase
	ρ	Dichte der Flüssigkeit

Figuren 4 bis 9 (Erfindung)

	1	Transporteinrichtung
	100	System
5	16	zweite Einrichtung (Erfassung des Druckes p)
	30	Befüllungs- und Entleerungseinrichtung
	32	erste Ventileinrichtung
	34	zweite Ventileinrichtung
10	36	erstes Leitungssystem
	40	Kühleinrichtung
	42	Wärmetauscher
	44	dritte Ventileinrichtung
15	46	vierte Ventileinrichtung
	48	zweites Leitungssystem
	50	dritte Einrichtung (Zufuhr und Abfuhr des Fluids F)
	52	Pufferbehälter
20	54	fünfte Ventileinrichtung
	56	sechste Ventileinrichtung
	58	drittes Leitungssystem
	60	erste Einrichtung (Erfassung des Neigungswinkels +/-w)
25	62	erster Neigungsmesser
	64	zweiter Neigungsmesser
	70	Steuereinrichtung
	72	Datenspeicher
30		
	200	Füll- und Entleerungsplattform
	210	vierte Einrichtung (Bereitstellung von Reinigungsmittel RM)
	230	Füll- und Entleerungsleitung

	240	fünfte Einrichtung (Bereitstellung von Kühlmittel)
	242	Kühlmittelbehälter
	244	Kühlmittelpumpe
5	246	Kühlmittleitungen
	250	sechste Einrichtung (Bereitstellung von gasförmigem, sterilem Fluid F)
	A1	Äquivalenzfläche
10	ΔA	Differenzfläche
	BS_{x-y-z}	orthogonales Bezugssystem
	E_{x-z}	x-z-Ebene
15	E_{y-z}	y-z-Ebene
	F	gasförmiges, steriles Fluid
	K	Kühlmittel
	L2	zweite Messsonde (der Füllstands-Messeinrichtung 12)
20	RM	Reinigungsmittel
	S	Schnitt- und Kupplungsstelle
	a	erster Reinigungsmittel-Anschluss
25	b	zweiter Reinigungsmittel-Anschluss
	c	dritter Reinigungsmittel-Anschluss
	k1 bis k8	lösbare Verbindungsstellen
30	p	Druck (im Kopfraum 10.1)
	$p_{\max}$	maximaler Druck
	$p_{\min}$	minimaler Druck
	Δp	zulässiger Druckbereich ($\Delta p = p_{\max} - p_{\min}$)
	p_b	Atmosphärendruck

	s1	erste Sehne
	s2	zweite Sehne
5	t	Zeit, allgemein
	t1 bis t9	Zeiten (Abfolge von Zeiten in der Bevorratungszeit Δt)
	Δt	Bevorratungszeit
	Δt_x	letzter, zeitlicher Abschnitt
10	$\pm \Delta w_{\max}$	Neigungswinkelbereich ($+\Delta w_{\max} = +w_{\max}$; $-\Delta w_{\max} = -w_{\max}$)
	$+w_{\max}$	maximaler positiver Neigungswinkel
	$-w_{\max}$	maximaler negativer Neigungswinkel
	$ w $	Betrag des Neigungswinkels $\pm w$