

Research Review

Sicherheit von Muttermilch und Infektionskontrolle

Auf der neonatologischen Intensivstation muss sichergestellt werden, dass die anti-infektiösen Eigenschaften und die Nährstoffe der Muttermilch dem Kind möglichst risikolos zugänglich gemacht werden. Dieser Review zeigt die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum sicheren Auffangen und Aufbewahren von Muttermilch sowie zu den Praktiken im Umgang mit dieser, um Verunreinigungen und Fehler zu vermeiden.

Medela: Umfassende Lösungen für Muttermilch und das Stillen

Seit mehr als 50 Jahren verfolgt Medela ein Ziel: die Gesundheit von Mutter und Kind durch die lebensspendenden Vorteile der Muttermilch zu fördern. In dieser Zeit hat sich das Unternehmen darauf konzentriert, die Bedürfnisse der Mütter und das Verhalten von Säuglingen zu verstehen. Die Gesundheit der Mütter und ihrer Säuglinge während der wertvollen Stillzeit steht im Mittelpunkt aller Aktivitäten von Medela. Auch in Zukunft wird Medela die explorative Forschung im Bereich Muttermilch und Stillen unterstützen und die gewonnenen Erkenntnisse in innovativen Stilllösungen umsetzen.

Durch neue Entdeckungen im Zusammenhang mit den Inhaltsstoffen der Muttermilch, der Anatomie der laktierenden Brust und dem Saugverhalten des Kindes an der Brust hat Medela eine Reihe von Lösungen entwickelt, die neonatologische Intensivstationen dabei unterstützen, die Versorgung mit Muttermilch sicherzustellen und das Stillen zu fördern.

Medela ist sich der Herausforderungen bewusst, die die Versorgung mit Muttermilch auf neonatologischen Intensivstationen mit sich bringt. Die Mutter muss ausreichend Milch produzieren, während das Kind diese Milch auch aufnehmen muss. Außerdem gilt es, hygienische und logistische Herausforderungen zu meistern. Mit dem von Medela angebotenen Produktportfolio sollen die Produktion von Muttermilch und die Ernährung mit dieser gefördert werden. Alle Säuglinge sollen zudem die nötige Unterstützung erhalten, um so früh wie möglich von der Mutter gestillt werden zu können.

Medela ist bestrebt, die neuesten evidenzbasierten Forschungserkenntnisse bereitzustellen, um das Stillen und den Einsatz von Muttermilch auf neonatologischen Intensivstationen zu unterstützen. Ziel der innovativen, forschungsbasierten Produkte sowie des Lehrmaterials ist die Lösung der Probleme, die sich bei der Versorgung mit Muttermilch auf neonatologischen Intensivstationen ergeben.



Wissenschaftliche Forschung

Mit Medelas Anspruch einer überragenden wissenschaftlichen Forschung gelang es dem Unternehmen, modernste Milchpumpen und Produkte für die Ernährung mit Muttermilch zu entwickeln. Medela arbeitet mit erfahrenem medizinischen Fachpersonal zusammen und bemüht sich um die Zusammenarbeit mit Universitäten, Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen auf der ganzen Welt.



Produkte

Müttern beim Abpumpen von Muttermilch zu helfen, ist Medelas Kernkompetenz. Dazu gehört das sichere und hygienische Auffangen der Muttermilch in BPA-freien Behältern. Einfache Lösungen für das Beschriften, Aufbewahren, Transportieren, Wärmen und Auftauen – all das trägt zu einem sicheren Umgang mit der kostbaren Muttermilch bei. Damit die Muttermilch beim Kind ankommt, hat Medela eine Reihe innovativer Produkte für verschiedene Stillsituationen entwickelt.



Wissenstransfer

Bei Medela greifen Forschung und Wissenstransfer eng ineinander. Medela bringt Ärzte und Trainer in einer Weise zusammen, die die berufliche Weiterentwicklung, den Wissensaustausch und die Interaktion in der wissenschaftlichen Gemeinschaft fördert.

Sicherheit von Muttermilch und Infektionskontrolle

Abstract

Muttermilch senkt das Risiko und den Schweregrad schwächender Krankheiten bei Frühgeborenen. Allerdings ist es für die neonatologische Intensivstation eine große Herausforderung, die Unversehrtheit und Sicherheit abgepumpter Milch zu bewahren. Aufgrund der einzigartigen Zusammensetzung von Muttermilch kommt es zu einer Reihe komplexer Probleme, wenn Muttermilch aufgefangen, aufbewahrt und für die Verabreichung vorbereitet wird. Da Muttermilch eine Vielzahl symbiotischer und potenziell pathogener Bakterien und Viren enthalten kann, wovon einige für Säuglinge der höchsten Risikogruppe gefährlich sind, muss der Prozess der Muttermilchversorgung unbedingt hinsichtlich Sicherheit und Infektionskontrolle optimiert werden. Es ist entscheidend, dass evidenzbasierte Praktiken beim Umgang mit Muttermilch einbezogen werden, damit die Milch für Frühgeborene sicher ist, genauso nährstoffreich bleibt und dieselben Schutzvorteile bietet wie frische Muttermilch aus der Brust.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
• Vorteile der Muttermilch für Frühgeborene	6
• Die schützenden Inhaltsstoffe der Muttermilch	6
• Wirtschaftliche Vorteile der Muttermilch	8
Sicherheits- und Hygieneprobleme beim Umgang und bei der Versorgung mit Muttermilch	9
• Bakterien und pathogene Keime	9
• Virusinfektionen und Wirkstoffe	11
• Spendermilch	13
Vermeidung einer Verunreinigung der Muttermilch	14
Handhygiene	14
Reinigung von Pumpen und Pumpsets	15
• Pumpsets	15
• Pumpen	17
Rückverfolgung und Transport der Milch	17
Aufbewahrung der Milch auf der neonatologischen Intensivstation	18
• Aufbewahrungsbehälter	19
• Aufbewahrung bei Raumtemperatur	19
• Kühl lagern	20
• Einfrieren	20
Umgang mit Milch auf der neonatologischen Intensivstation	21
• Auftauen	21
• Anreichern	22
• Erwärmen	23
Zusammenfassung	25
Literaturhinweise	26

Einleitung

Es wird international ausnahmslos empfohlen, dass Kinder während der ersten sechs Lebensmonate lediglich durch Stillen ernährt werden.¹⁻³ Stillen sorgt für eine optimale Nährstoffversorgung sowie einen Immunschutz⁴ und für eine bessere Bindung zwischen Mutter und Kind direkt nach der termingerechten Geburt.⁵ Allerdings kann das Stillen nach einer Frühgeburt für Mutter und Kind anfangs problematisch sein. Die Mütter müssen zu einem früheren Entwicklungszeitpunkt eine ausreichende Milchproduktion initiieren, aufbauen und aufrechterhalten, während Frühgeborene oftmals Schwierigkeiten mit der oralen Nahrungsaufnahme haben und erst später während des Aufenthalts auf der neonatologischen Intensivstation an der Brust der Mutter trinken können. Deshalb sind Frühgeborene anfangs auf die Versorgung mit der abgepumpten Milch von ihren Müttern angewiesen.

Die Versorgung der Frühgeborenen mit abgepumpter Muttermilch ist in den ersten Lebensmonaten besonders wichtig.⁶ Muttermilch senkt das Risiko und den Schweregrad schwächender Krankheiten bei Frühgeborenen in einer Dosis-Wirkungs-Beziehung, wobei höhere Muttermilch-Mengen zum höchsten Schutz führen.^{6,7} Bis die Milch dem Frühgeborenen verabreicht werden kann, wurde sie jedoch bereits einer Reihe von Verfahren und Prozessen unterworfen, die möglicherweise die Qualität der Milch beeinträchtigen. Jeder Schritt, vom anfänglichen Abpumpen und Auffangen über die Aufbewahrung und Anreicherung sowie das Auftauen und Aufwärmen der Muttermilch, kann deren Unversehrtheit beeinflussen, sie Bakterien und pathogenen Keimen aussetzen und für Frühgeborene potenziell zu einem Infektionsrisiko führen. Deshalb sind evidenzbasierte Verfahren, die das Infektionsrisiko minimieren und die Qualität der Muttermilch maximieren – sowohl in ausreichender Menge als auch in der gewünschten Unversehrtheit – unverzichtbar.

Dieser Review zielt darauf ab, den Ärzten und Fachpersonen auf neonatologischen Intensivstationen ein tiefgreifendes Verständnis der neuesten Erkenntnisse zu den gesundheitlichen und wirtschaftlichen Vorteilen von Muttermilch zu vermitteln; darüber, wie Mütter ihre Kinder hygienisch mit Muttermilch versorgen können; und über die Probleme, die sich für neonatologische Intensivstationen beim sicheren Umgang mit Muttermilch ergeben. Evidenzbasierte Verfahren, die auf optimale Unversehrtheit der Milch und minimales Risiko für das Kind abzielen, werden vor dem Hintergrund des gesamtheitlichen Ziels diskutiert, die Versorgung mit Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation zu maximieren.

Vorteile der Muttermilch für Frühgeborene

Frühgeborene, die während ihres Aufenthalts auf der neonatologischen Intensivstation mit Muttermilch versorgt werden, haben ein geringeres Risiko einer nekrotisierenden Enterokolitis (NEC), einer chronischen Lungenerkrankung, einer Frühgeborenen-Retinopathie, einer Sepsis, von nosokomialen Infektionen sowie von Entwicklungsstörungen kognitiver Art bzw. des Nervensystems, des plötzlichen Kindstods und erneuter Hospitalisierungen nach der Entlassung aus der neonatologischen Intensivstation.^{8–17} Die Vorteile sind so überzeugend, dass alle Kinder auf der neonatologischen Intensivstation Muttermilch erhalten sollten.²

Die positive Wirkung von Muttermilch ist vermutlich auf die Versorgung mit der Milch direkt in der ersten Zeit nach der Geburt zurückzuführen, in der es am wichtigsten ist, Muttermilch einzusetzen und künstliche Säuglingsnahrung zu vermeiden.⁶ Dies gilt besonders für Säuglinge im Krankenhaus und Frühgeborene.² Frühgeborene kommen mit noch nicht vollständig ausgereiften anatomischen und physiologischen Systemen zur Welt, die eine optimale Ernährung erfordern, um normal zu wachsen und sich zu entwickeln. Unterentwickelte Magen-Darm-, Atem-, Nerven- und Immunsysteme machen Kinder anfällig für die gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Infektionen und Entzündungsprozessen, die auf der neonatologischen Intensivstation auftreten können. Muttermilch kann diese Anfälligkeit bei Frühgeborenen einschränken oder signifikant senken und trägt somit zur Infektionskontrolle bei.^{9, 14, 16–23}

Die schützenden Inhaltsstoffe der Muttermilch

Durch das Stillen wird der gesunde, termingeborene Säugling mit den notwendigen Nährstoffen für ein optimales Wachstum und für eine ideale Entwicklung versorgt. Dazu zählen die essenziellen Makronährstoffe (Fette, Kohlenhydrate und Proteine); Mikronährstoffe (Vitamine und Mineralien); und Entwicklungsfaktoren (langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren, Wachstumsfaktoren und Zytokine). Muttermilch schützt durch ihre antiinfektiösen und immunologischen Inhaltsstoffe auch vor Infektionen (Tabelle 1).^{24, 25}

Multifunktionale Makrophagen und freie Fettsäuren in der Muttermilch sowie Proteine, einschließlich sIgA, Laktoferrin und Lysozym, fungieren als schützende Inhaltsstoffe, die für Frühgeborene besonders wichtig sind.²⁴ Diese Wirkstoffe agieren gemeinsam, um bestimmte Mikroben zu deaktivieren, zu zerstören oder eine Bindung an diese einzugehen, wodurch sich diese nicht mehr an den mukosalen Oberflächen festsetzen.²⁵ Andere Inhaltsstoffe wie mütterliche Zellen, zu denen u. a. lebende Leukozyten aus dem Blut, lebende Zellen des Brustepithels, Stammzellen und Zellfragmente zählen, bieten dem Säugling Immunschutz.^{26, 27} Oligosaccharide aus der Muttermilch haben ebenfalls eine wichtige immunologische Funktion, da sie wie Probiotika wirken und das Wachstum symbiotischer Bakterien im Darm fördern.²⁸ Sie agieren zudem als Köder der Rezeptorenanaloga, um die Bindung von Pathogenen, einschließlich Rotaviren, an die Darmoberfläche zu hemmen.^{29–32} Zudem enthält Muttermilch auch schützende symbiotische Bakterien, die Teil der Darmflora werden und sich auf entzündliche Prozesse und die Immunomodulation auswirken. Symbiotische Bakterien verhindern nicht nur das übermäßig starke Wachstum pathogener Bakterien; sie säuern auch den Darm an, vergären Laktose und zersetzen Lipide und Proteine.^{33–35}

Die Milch der Mutter eines Frühgeborenen unterscheidet sich von derjenigen der Mutter eines termingeborenen Kindes. Im Vergleich zu Milch für termingeborene Kinder hat die Milch für Frühgeborene einen höheren Gehalt an Energie, Lipiden, Proteinen, Stickstoff, einigen Vitaminen und Mineralstoffen. Darüber hinaus ist Milch für Frühgeborene reicher an Immunfaktoren wie Zellen, Immunglobulinen und entzündungshemmenden Bestandteilen.^{36, 37} Die Zusammensetzung der Muttermilch für Frühgeborene ist von großer Bedeutung für die Entwicklung des Verdauungstraktes, die neurologische Entwicklung und die Ausbildung des Immunschutzes bei Frühgeborenen.⁴ Obwohl Muttermilch für alle Frühgeborenen empfohlen wird,³⁸ kann

die Nährstoffzusammensetzung der Muttermilch von Müttern von Frühgeborenen den aufgrund ihres Wachstumsrückstands bedingten hohen Nährstoffbedarf nicht vollständig abdecken. Dies gilt insbesondere für Frühgeborene mit einem sehr niedrigen Geburtsgewicht (< 1500 g).^{15, 37} Bei manchen Frühgeborenen muss Muttermilch deshalb mit Proteinen, Nährstoffen, Vitaminen und Mineralstoffen ergänzt werden, um ein optimales Wachstum und die bestmögliche Entwicklung sicherzustellen.³⁹ Dies führt zu einem weiteren Schritt im Umgang mit der Milch, dessen Verunreinigungsrisiko eingedämmt werden muss. Obwohl die antiinfektiösen Eigenschaften der Milch diese vor Verunreinigungen schützen, besteht dennoch die Möglichkeit, dass sie zu einer Infektionsquelle wird, wenn mit ihr nicht richtig umgegangen wird.

Immunologische Inhaltsstoffe der Muttermilch	Funktion
Antikörper (insbesondere IgA)	Die IgA-Antikörper haben vor allem die Funktion, eine Bindung an Mikroben einzugehen, wodurch sich diese nicht mehr an den Schleimhäuten, z. B. in den Atemwegen oder dem Magen-Darm-Trakt, festsetzen können. ⁴⁰
Laktoferrin	Die antibakterielle Wirkung von Laktoferrin begründet sich in der Eigenschaft, Eisen binden zu können. Dadurch entzieht es den Bakterien ein für ihr Wachstum notwendiges Element. ⁴¹
α-Lactalbumin	α-Lactalbumin ist ein wichtiges Milchprotein, aber über seine Funktionen ist nur wenig bekannt. Es verfügt über eine antitumoröse Wirkung. ⁴²
Oligosaccharide	Einige dieser Glykane können als Präbiotika fungieren und selektiv das Wachstum vorteilhafter Bakterien im Darm fördern. Wichtiger ist jedoch, dass sie pathogene Keime davon abhalten, mit ihren Zielrezeptoren eine Bindung an den Schleimhautoberflächen des Magen-Darm-Trakts des Wirts einzugehen. ²⁸
Antisekretorischer Faktor	Eventuell senkt eine Induzierung dieses Inhaltsstoffes der Milch das Risiko einer Mastitis bei der Mutter und das von Durchfällen beim Kind. ^{43, 44}
Zykotine, Wachstumsfaktoren und andere „Signale“ von der Mutter an das Kind	Diese Inhaltsstoffe agieren möglicherweise als „Signale“ von der Mutter zum Kind und helfen eventuell verschiedenen Organen und Funktionen bei der Entwicklung ⁴⁵ und verbessern die antiinfektiöse Funktion der Leukozyten. ⁴⁶
Fett	Nach dem enzymatischen Abbau liefern die Lipide in der Muttermilch freie Fettsäuren, die bestimmte Bakterien und Viren angreifen können. ⁴⁷
Defensine und Cathelicidine	Mehrere antimikrobielle Defensine und antimikrobielle Cathelicidinpeptide (antimikrobielle Peptide) wurden in Muttermilch nachgewiesen. ^{48, 49}
Lysozym	Lysozym ist ein Enzym, das die Zellwand und die äußere Zellmembran einer Reihe von Mikroorganismen spaltet, was zur Lyse führt. ⁵⁰
Lactadherin	Das Muttermilch-Fettkügelchenprotein Lactadherin hemmt das Rotavirus, das ein bedeutendes Pathogen bei der Verursachung schwerer dehydrierender Durchfälle bei Kindern ist. ⁵¹
Leukozyten	Einschließlich Lymphozyten, Makrophagen und Neutrophile. Die wichtigste Rolle von Neutrophilen und Makrophagen in Milch könnte der Schutz der Brustdrüse vor Infektionen sein. ^{26, 27}

Tabelle 1 – Immunologische Inhaltsstoffe der Muttermilch. Überarbeitet nach Hanson 2007.25

Wirtschaftliche Vorteile der Muttermilch

Muttermilch trägt zur Infektionskontrolle bei, indem sie die Inzidenz, den Schweregrad und/oder das Risiko von Krankheiten im Zusammenhang mit Frühgeburten in einer Dosis-Wirkungs-Beziehung senkt, insbesondere während der ersten Lebensmonate. Die jüngste Forschungsarbeit von Patel et al.⁷ hat aufgezeigt, dass die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Erkrankungen im Zusammenhang mit Frühgeburten und der täglichen Dosis an Muttermilch (average daily dose of human milk; ADDHM) auf der neonatologischen Intensivstation so ausgeprägt ist, dass mit jedem Anstieg der verabreichten Muttermilch um 10 ml/kg/Tag ein 19-prozentiger Rückgang des Sepsis-Risikos einhergeht. Säuglinge, die die niedrigste tägliche Dosis an Muttermilch erhielten (< 25 ml/kg/Tag ADDHM), hatten nicht nur das größte Risiko einer Sepsis, sondern verursachten auch die höchsten Kosten auf der neonatologischen Intensivstation (Abbildung 1). Die Verfasser errechneten, dass das Krankenhaus mit einer Erhöhung der ADDHM in den ersten 28 Lebenstagen auf 25–49 ml/kg/Tag 20.384 US-Dollar pro Kind bzw. insgesamt 1,2 Millionen US-Dollar einsparen könnte. Bei einer Erhöhung der ADDHM auf ≥ 50 ml/kg/Tag über die ersten 28 Tage hinaus bis zum Ende des Krankenhausaufenthalts würden die Einsparungen 31.514 US-Dollar pro Kind und 1,8 Millionen US-Dollar insgesamt betragen.

Diese Kosteneinsparungen bei der Versorgung mit Muttermilch konnten auch bei anderen Krankheiten im Zusammenhang mit Frühgeburten nachgewiesen werden. Die Versorgung mit Muttermilch senkt erwiesenermaßen den Schweregrad und die direkten Kosten von erworbener Sepsis, bronchopulmonaler Dysplasie, NEC und Frühgeborenen-Retinopathie auf der neonatologischen Intensivstation. Es wurde außerdem offensichtlich, dass die Versorgung mit Muttermilch – unabhängig von ihrem Einfluss auf die Krankheiten im Zusammenhang mit Frühgeburten – die indirekten Kosten eines Krankenhausaufenthalts auf der neonatologischen Intensivstation verringert. Obwohl die Versorgung mit Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation Kosten verursachte⁵², einschließlich der potenziellen Kosten für Sicherheit und Infektionskontrolle, überstiegen die wirtschaftlichen Vorteile der Versorgung mit Muttermilch eindeutig den relativ geringen finanziellen Aufwand für Mutter und Einrichtung.⁵²

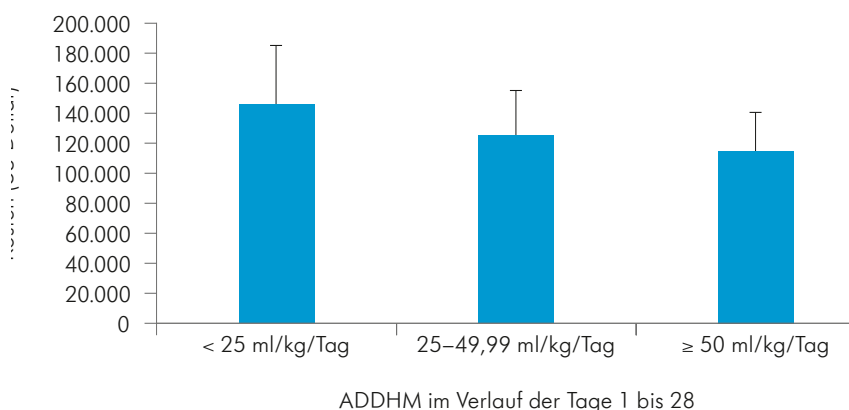


Abbildung 1 – Sinkende Kosten auf der neonatologischen Intensivstation bei zunehmender Dosierung der Muttermilch. Überarbeitet nach Patel et al.⁷

Sicherheits- und Hygieneprobleme im Umgang und bei der Versorgung mit Muttermilch

Muttermilch ist eine komplexe, lebende und dynamische Flüssigkeit. Sie ist nicht steril; vielmehr gilt sie als Quelle für die Übertragung symbiotischer und pathogener Bakterien und von Viren. Es wird weitestgehend anerkannt, dass die Vorteile der Versorgung mit Spendermilch, insbesondere mit der eigenen Muttermilch, die Herausforderungen, welche die sichere und hygienische Vorbereitung von Milch mit sich bringen, mehr als wett machen. Deshalb ist im Umgang und bei der Versorgung mit Muttermilch größte Vorsicht hinsichtlich Sicherheit und Hygiene geboten, um sicherzustellen, dass die für das Kind optimalen immunologischen Eigenschaften und die Nährstoffzusammensetzung der Milch bewahrt werden.⁵³

Bakterien und pathogene Keime

Die Inhaltsstoffe der Muttermilch, insbesondere die lebenden Zellen der Mutter des Kindes, können nicht durch künstliche Ernährung ersetzt werden. Frische Muttermilch, d. h. Milch, die vom Kind direkt an der Brust getrunken oder frisch abgepumpt wird, enthält lebende Zellen²⁷ und die meisten Nährstoffe, Wachstumsfaktoren sowie viele weitere schützende Inhaltsstoffe.^{25, 28} Frische Muttermilch enthält eine Vielzahl lebender Organismen, die nicht-pathogenen (natürlichen) Bakterienstämme, einschließlich pathogener Bakterien, Viren, Mykobakterien und Pilze.^{54–58} Mehr als 700 Bakterienarten wurden aus Muttermilch isoliert.⁵⁹ Die Anzahl und Arten dieser Bakterien schwanken von Mutter zu Mutter.⁶⁰ Viele von ihnen, einschließlich Darmbakterien, tragen vermutlich zur lebenswichtigen Einstellung des Immunsystems des Kindes bei, damit dieses richtig auf symbiotische und pathogene Bakterien reagiert.⁶⁰ Während die Anzahl an Bakterien in der Muttermilch stark schwankt, sind die Mehrheit der identifizierten Organismen Teil der nicht-pathogenen normalen Hautflora der Brust(warze) der Mutter, einschließlich koagulase-negativer Staphylokokkus epidermidis, Corynebakterien und Viridans-Streptokokken. Organismen, die den enteromammären Weg zur Brust entlanggewandert sind, z. B. Bifidobakterien oder Laktobazillen, die das gastrointestinale System des Neugeborenen schützen, lassen sich ebenfalls in der Muttermilch finden.⁶¹

Über Muttermilch werden unter Umständen auch pathogene Mikroorganismen aus der Mutter bzw. der Umgebung weitergegeben. Pathogene Bakterien, einschließlich Staphylokokkus aureus (MRSA), β -hämolisierende Streptokokken, Pseudomonaden, Klebsiella, Proteusbakterien und Enterobakterien, sind häufig in Muttermilch festgestellt worden.^{55, 57, 61, 62} Mehrere Ausbrüche und Fälle von Infektionen bei Neugeborenen sind bereits mit verunreinigter Milch in Verbindung gebracht worden, welche die Pathogene Staphylokokkus aureus, Escherichia coli, Serratia spp., Pseudomonas spp., Zytomegalievirus und Acinetobacter baumannii enthielt.^{55, 63–65} Deshalb sind Sicherheit und Infektionskontrolle auf der neonatologischen Intensivstation ein wichtiges Thema.

Milch kann während des gesamten Weges des Muttermilch verunreinigt werden; beim Abpumpen, Auffangen, Transport, Aufbewahren und beim Umgang mit dieser.⁶⁶ Wenn die Milch mit Oberflächen in Kontakt kommt, können die normale Bakterienflora der Haut sowie Mikroben über das Pumpset in die Milch gelangen.^{57, 67} Insbesondere verunreinigte Pumpen haben sich als Quellen bakterieller Kontamination erwiesen, vor allem, wenn sie von mehreren Müttern benutzt und jeweils nach der Verwendung nicht ordnungsgemäß gereinigt wurden.⁶⁵ Eine Reihe von Fallstudien hat gezeigt, dass Milch, die von Müttern mit Kindern auf der neonatologischen Intensivstation abgepumpt wurde, fast immer von Mikroben kolonisiert ist.^{54, 68, 69} Gegenwärtig sind keine Unterschiede beim Auftreten von Verunreinigungen zwischen dem Ausstreichen mit der Hand, dem Einsatz von manuellen Pumpen oder elektrischen Pumpen bekannt.^{42, 54, 70, 71}

Obwohl mehrere Fallstudien aufgezeigt haben, dass verunreinigte Milch eine Infektionsquelle sein kann,^{64, 72-76} wurden bei Frühgeborenen, die die Milch ihrer eigenen Mutter erhielten, nur wenige Infektionen und infektionsbedingte Zwischenfälle nachgewiesen. Auch wenn nicht bekannt ist, wie sich verschiedene Mengen an normalen Bakterien auf Frühgeborene auswirken,⁵⁴ wird vermutet, dass die antimikrobiellen Eigenschaften der Milch das Kind unter diesen Umständen zumeist schützen.⁷⁷

Dennoch fordern manche Ärzte im Krankenhaus routinemäßig Bakterienkulturen der eigenen Muttermilch an, bevor diese verabreicht werden darf.⁷⁸ Dies ist in den USA häufiger der Fall als in anderen Ländern, auch wenn Studien nachgewiesen haben, dass die Ergebnisse später entnommener Kulturen oder das Infektionsrisiko Frühgeborener über die routinemäßige anfängliche Entnahme von Bakterienkulturen aus der eigenen Muttermilch nicht vorherbestimmt werden können.^{68, 79} In bestimmten Situationen ist es dennoch möglich, dass Bakterienkulturen der eigenen Muttermilch erforderlich sind. Beispielsweise empfehlen sich Bakterienkulturen unter Umständen bei Kindern auf der neonatologischen Intensivstation mit einer erworbenen Sepsis und/oder wieder auftretenden Streptokokken der Gruppe B (GBS) oder wenn die Mutter wegen GBS behandelt wird, insbesondere falls die Mutter an einer Mastitis leidet, obwohl das Vorkommen einer GBS-Übertragung über die Muttermilch relativ gering ist.⁸⁰⁻⁸²

Die mikrobiologische Untersuchung frischer Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation ist ein kontroverses Thema, wobei sich die Vorgehensweisen zwischen den Ländern und Regionen unterscheiden.^{68, 83} Es gibt keine allgemeingültigen Obergrenzen für die Gesamtzahl der Bakterienkolonien in abgepumpter Muttermilch, die dem eigenen frühgeborenen oder kranken Kind der Mutter verabreicht wird. Die Kriterien, die von verschiedenen Muttermilchbanken bei pasteurisierter Spendermilch angewendet werden, die biologisch nicht verwandten Kindern gegeben wird, gelten als nicht relevant für Frühgeborene, welche die eigene Muttermilch erhalten.^{68, 83} In einer Studie mit 19 neonatologischen Intensivstationen in Belgien und Luxemburg gaben 47 % an, Frischmilch routinemäßig Bakterienkulturen zu entnehmen; allerdings variierten unter diesen Einrichtungen die Definitionen für eine akzeptierbare Gesamtzahl der Bakterienkolonien stark.^{68, 83} Einige Stationen akzeptierten bei symbiotischen Hautbakterien eine Anzahl an koloniebildenden Einheiten (cfu) in Höhe von $< 10^5$ je Milliliter (ml) und bei Pathogenen 10^4 cfu/ml; andere wiederum setzten die Grenze in beiden Fällen auf $< 10^4$ cfu/ml. Milch, deren Anzahl an symbiotischen Bakterien und pathogenen Keimen über diesen Vorgaben lag, wurde pasteurisiert oder auf manchen neonatologischen Intensivstationen auch entsorgt, wenn die Anzahl an Bakterien zu hoch war oder pathogene Keime in der Milch enthalten waren. Frische eigene Muttermilch wurde insbesondere dann entsorgt, wenn *S. aureus* oder verschiedene andere Pathogene festgestellt wurden.⁸³ Allerdings hatten nur sechs der 19 neonatologischen Intensivstationen Zugang zu einem Pasteurisierer, was sich möglicherweise auf die Entscheidung, Milch zu entsorgen, auswirkte. Im Gegenzug gab keine der 36 neonatologischen Intensivstationen in Schweden an, der eigenen Muttermilch vor der Verabreichung Bakterienkulturen zu entnehmen oder diese zu pasteurisieren.⁸⁴

Zudem ergab sich, dass auf den untersuchten neonatologischen Intensivstationen in Belgien und Luxemburg nicht nur bei den Obergrenzen für die Anzahl an Bakterien Unterschiede bestehen, sondern auch bei den Aufbewahrungszeiten von Frischmilch im Kühlschrank, die zwischen 24 Stunden und 7 Tagen schwanken.⁸³ Diese Unterschiede sind in anderen Ländern mit strengeren Richtlinien zur Aufbewahrung von Muttermilch eventuell weniger auffällig.^{66, 85} Dennoch ist es wahrscheinlich, dass unterschiedliche Aufbewahrungszeiten die Anzahl an Bakterien in der Milch und das Verunreinigungsrisiko beeinflussen.

Da es keine sicheren Obergrenzen für die Anzahl von Bakterien und pathogenen Keimen gibt, ist unklar, ob mikrobiologische Tests und eine Pasteurisierung der eigenen Muttermilch erforderlich sind. Während auf einigen neonatologischen Intensivstationen die eigene Muttermilch pasteurisiert wird, um die mit der Versorgung Frühgeborener einhergehenden Risiken zu senken, wird befürchtet, dass für die Kinder nach wie vor Gefahren bestehen, da der bioaktive Inhalt der Milch nach der Pasteurisierung geringer ist. Bei der Pasteurisierung werden Flaschen mit Muttermilch normalerweise in einem Wasserbad 30 Minuten lang auf 62,5 °C erhitzt.⁸⁶ Mit diesem Verfahren kann die Bakterienlast in der Muttermilch um 10^5 cfu/ml¹⁰ gesenkt werden; allerdings wirkt sich

die Pasteurisierung auch auf die immunologischen Bestandteile und die Nährstoffe der Milch aus.^{87, 88} Die wichtigen immunologischen Proteine IgA, Laktoferrin und Lysozym werden stark beeinträchtigt und verbleiben nach der Wärmebehandlung jeweils lediglich zu einem Anteil von ~72 %, ~22 % und ~39 %.⁸⁷ Pasteurisierung führt auch zu einem signifikanten Rückgang der weißen Blutkörperchen^{89, 90} und beeinflusst erwiesenermaßen die Widerstandsfähigkeit der Milch vor bakteriellem Wachstum. Wurde Holder-pasteurisierte Milch mit Bakterien versetzt, war das Bakterienwachstum zweimal größer als bei roher Muttermilch (Abbildung 2).⁹¹ Entsprechend gibt es verschiedene Verfahren und Empfehlungen beim Umgang mit pasteurisierter und nicht pasteurisierter Milch.

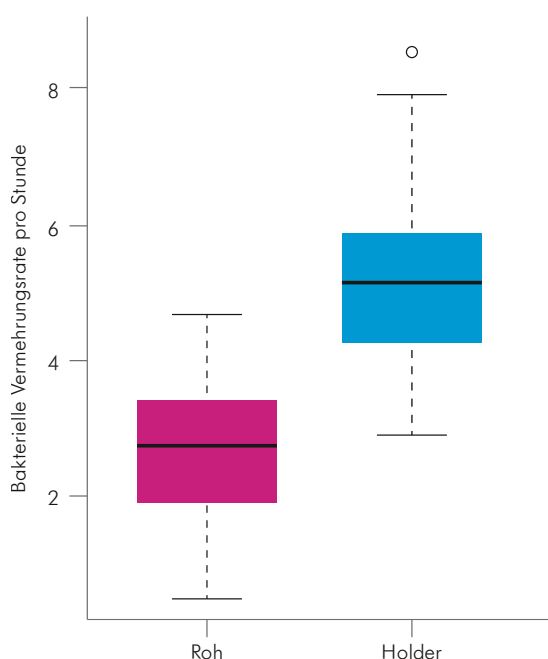


Abbildung 2 – Bakteriell Wachstum in Holder-pasteurisierte Milch verglichen mit roher Muttermilch nach der Anreicherung mit Bakterien. Überarbeitet nach Christen et al.⁹¹

Virusinfektionen und Wirkstoffe

Über Muttermilch können unter Umständen auch ernsthafte Virusinfektionen an Kinder übertragen werden (Tabelle 2). Das Zytomegalievirus (CMV) ist ein gängiges Pathogen, das in der Milch von Frauen, die seropositiv für CMV sind, festgestellt werden kann. CMV ist bei termingeborenen Kindern, die vor der Geburt über die Plazenta CMV-Antikörper aufgenommen haben, normalerweise kein Gesundheitsproblem. Allerdings können sich Frühgeborene ohne diese Antikörper über die Muttermilch mit dem Zytomegalievirus infizieren.⁹² Die Übertragungsrate des Zytomegalievirus bei Frühgeborenen, die infizierte Milch erhalten, schwankt ebenfalls stark. Sie beträgt zwischen 6 und 55 %⁹²⁻⁹⁴, abhängig von der Anzahl der infektiösen Viren in der Milch, dem Virenstamm, den Immunfaktoren des Wirtes und der Verwendung von frischer oder eingefrorener Milch.^{95, 96} Wenn Mütter seropositiv für CMV sind, dann gibt es zwischen den neonatologischen Intensivstationen große Unterschiede bei der Entscheidung, ob Frühgeborenen frische eigene Muttermilch verabreicht wird. Obwohl das Risiko einer klinischen, schweren Sepsis aufgrund von über die Muttermilch aufgenommenen Zytomegalieviren, die eine weitere Behandlung auf der neonatologischen Intensivstation erforderlich macht, relativ gering ist, verzichten einige Krankenhäuser auf die Verabreichung von frischer eigener Muttermilch an Frühgeborene und pasteurisieren stattdessen die Milch oder frieren diese ein, um entsprechend das Risiko einer Zytomegalievirus-Übertragung zu vermeiden bzw. zu verringern.^{68, 83} Andere Viren, vor

allem HIV und das humane T-lymphotrope Virus (HTLV) Typ I oder II, befinden sich in der Muttermilch und gelten in den meisten Industrienationen als Kontraindikationen für das Stillen oder die Versorgung mit Muttermilch.²

Wenn sich Arzneimittel und andere Wirkstoffe wie Alkohol und Nikotin im Körper der Mutter befinden, sind diese auch in verschiedenen Konzentrationen in der Muttermilch enthalten. Diese hängen von einer Reihe von Faktoren ab, z. B. von der Dosis im Körper der Mutter, der Serumkonzentration, dem Molekulargewicht, der Fettlöslichkeit, dem pH-Wert und der Halbwertszeit.⁹⁷ Die meisten Berichte zu den Auswirkungen von Arzneimitteln basieren auf Falldokumentationen und binden üblicherweise nicht die Wechselwirkungen zwischen Arzneimitteln mit ein. Obwohl die Liste an Arzneimitteln, die während der Laktation kontraindiziert sind, recht kurz ist, muss deshalb jede einzelne Mutter-Kind-Konstellation individuell beurteilt werden, wenn es um die potenziellen Auswirkungen von Arzneimitteln und sonstigen Wirkstoffen auf den Säugling geht.⁹⁷

Über Muttermilch übertragbare potenzielle Infektionserreger	Erkrankungsrisiko des Kindes
Bakterien	Lösen wahrscheinlich keine Infektion bei gesunden Kindern aus, insbesondere wenn die Mutter keine klinischen Anzeichen einer Infektion aufweist. ⁶⁶
HIV	HIV kann über Muttermilch übertragen werden und eine Erkrankung auslösen. In Industrieländern gilt die Übertragungsrate als niedrig, da der Mutter empfohlen wird, nicht zu stillen. In Entwicklungsländern liegen die HIV-Übertragungsraten bei ~15 %, wenn die Kinder sechs Monate lang ausschließlich gestillt werden. ^{66, 98}
Humanes T-lymphotropes Virus Typ 1 (HTLV-I) und 2 (HTLV-II)	HTLV-I kann zu einer ernsthaften Erkrankung führen. Das Übertragungsrisiko bei HTLV-II ist noch immer unklar. ^{66, 99}
Hepatitis B und C	Hepatitis-B- und -C-Viruspartikel wurden in Muttermilch festgestellt; jedoch ist es unwahrscheinlich, dass beim Kind eine Erkrankung ausgelöst wird. ¹⁰⁰
Zytomegalievirus	Die Übertragung des Zytomegalievirus ist häufig, allerdings ist die Erkrankung hauptsächlich bei Frühgeborenen und Kindern mit sehr niedrigem Geburtsgewicht ein Problem. ^{68, 101, 102}
Röteln (Wildtyp- und Impfstämme)	In Muttermilch festgestellt, aber kein Nachweis für das Auslösen einer Infektion. ⁶⁶
Herpes-simplex-Virus Typ 1 und 2	In Muttermilch festgestellt, aber eine Übertragung ist unwahrscheinlich und wird hauptsächlich mit Verletzungen und Virausscheidung in Verbindung gebracht. ¹⁰³
Varicella-Zoster-Virus (VZV)	Die DNA von VZV wurde in Muttermilch festgestellt. Das Risiko einer Erkrankung des Kindes ist unklar. ⁶⁶

Tabelle 2 – Über Muttermilch übertragbare Infektionserreger⁶⁶

Spendermilch

Spendermilch ist die beste Option, wenn auf der neonatologischen Intensivstation eigene Muttermilch nicht akzeptierbar ist – z. B. bei Kindern von Müttern mit HIV, HTLV-I und II; von Müttern, die illegale Substanzen oder kontraindizierte Arzneimittel nehmen; oder wenn Milch aufgrund einer nicht ausreichenden Milchproduktion nicht verfügbar ist.¹ In den USA ist Spendermilch normalerweise eine Mischung aus der Milch von verschiedenen Spenderinnen, die in einer Muttermilchbank Holder-pasteurisiert wurde.¹⁰⁴ In Europa wiederum wird in Richtlinien aus Großbritannien explizit erwähnt, dass Milch von verschiedenen Spenderinnen nicht gemischt werden darf. Internationale Standards umfassen besondere Punkte bei der Spenderinnenauswahl und der Anreicherung der verarbeiteten Milch, um Sterilität sicherzustellen und die Risiken für Frühgeborene zu minimieren.^{66, 85} Während strikte Richtlinien für die Untersuchung und die Pasteurisierung von Spendermilch vorhanden sind, gibt es ebenso Bedenken, dass einige der immunologischen Bestandteile und die Nährstoffe der Milch für Frühgeborene bei der Pasteurisierung verloren gehen könnten. Muttermilchbanken in Norwegen verfahren noch immer nach dem traditionellen Prinzip, Frühgeborenen rohe, nicht pasteurisierte Milch zu verabreichen. Nur eine Muttermilchbank in Norwegen pasteurisiert sämtliche Spendermilch und verwendet diese für Frühgeborene mit einem Gewicht von unter 1500 g.¹⁰⁵ Es ist offensichtlich, dass eigene Muttermilch der Spendermilch vorgezogen wird; dasselbe gilt für frische Milch im Vergleich zu eingefrorener Milch (Abbildung 3). Außerdem ist klar, dass besondere Vorsicht geboten ist, um das Infektionsrisiko und die Übertragung von Viren über verunreinigte Milch zu minimieren.

Am besten

- ▲ Eigene Muttermilch
- ▲ Milch von Spenderinnen für Frühgeborene
- ▲ Milch von Spenderinnen für termingeborene Kinder
- ▲ Formulanahrung für Frühgeborene
- ▲ Formulanahrung

Am schlechtesten

Abbildung 3 – WHO-Empfehlungen für die Versorgung mit Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation. Überarbeitet nach Arnold 2002.¹⁰⁶

Vermeidung einer Verunreinigung der Muttermilch



Abbildung 4 – Beispiel für Händewaschen, bei dem Seife auf die gesamte Hautoberfläche der Hände und Finger aufgetragen wird

Muttermilch muss den Bedürfnissen eines Frühgeborenen angepasst sein, damit dieses richtig wachsen und sich gut entwickeln kann. Sie muss in der optimalen Form bereitgestellt werden, mit dem Ziel, dass ihre Zusammensetzung genauso nährstoffreich ist und dieselbe Schutzfunktion bietet wie die frische Milch aus der Brust – und all dies bei geringem Verunreinigungsrisiko. Hierzu muss auf der neonatologischen Intensivstation der komplette, sichere Prozess der Muttermilchversorgung vom hygienischen Abpumpen bis zur Verabreichung an den Säugling optimiert werden. Die Verfahren beim Umgang mit Muttermilch, insbesondere das Aufbewahren, müssen hinsichtlich Zeit, Temperatur und Beschriftung optimiert werden, damit das Risiko von Verunreinigungen und Fehlern beim Umgang mit der Milch verschiedener Mütter minimiert wird (Tabelle 3). Das vorrangige Ziel bei Kindern, die nicht gestillt werden, ist es, ihnen die Vorzüge von mikrobiologisch sicherer sowie nährstoffreicher und immunologisch vollwertiger Muttermilch zugänglich zu machen.⁶⁶

Handhygiene

Die richtige Handhygiene sowie die sichere Vorgehensweisen beim Abpumpen von Muttermilch und das Reinigen und Trocknen der Pumpsets samt Zubehör nach jedem Einsatz sind entscheidend, um eine ungewollte Verbreitung von Mikroorganismen auf neonatologischen Intensivstationen zu vermeiden. Händewaschen ist die erste Abwehrbarriere gegen pathogene Keime und Bakterien.⁶⁶ Vor dem Abpumpen sollten Mütter ihre Hände gründlich waschen und abtrocknen.⁶⁶ Es gibt keine Nachweise dafür, ob hier eine Seife mit oder ohne antibakterieller Wirkung besser ist. Antimikrobielle Seifen können zu Bakterienresistenz führen^{107, 108}, indem sie die normale Hautflora entfernen, die dazu dient, die Hautoberfläche zu schützen¹⁰⁹. Sie können sich auch auf die T-Zellreifung auswirken.¹⁰⁹ Allerdings hat sich ergeben, dass es eher ein Problem ist, dass nicht genügend Seife verwendet wird.¹¹⁰ Neben dem Händewaschen hat sich das zusätzliche Waschen der Brust, das über die normale tägliche Hygiene hinausgeht, nicht als vorteilhaft erwiesen. Das Waschen der Brust mit Hautreinigungsmitteln hat sich hinsichtlich der Reduzierung von Bakterien nicht als wirksamer erwiesen als das Waschen mit klarem Wasser. Deshalb wird empfohlen, nur die übliche Brusthygiene zu betreiben.^{58, 111}

Desinfektionsmittel werden in Krankenhäusern und sonstigen Einrichtungen verwendet, da sie praktisch sind, insbesondere da kein Waschbecken benötigt wird.¹¹² Während der Einsatz von Desinfektionsmitteln im Krankenhaus empfohlen wird¹¹³, gibt es keine Nachweise dafür, ob das Risiko eines chemischen Kontakts mit der Brust oder Milch besteht. Deshalb gibt es keinerlei Empfehlungen, ob Desinfektionsmittel oder -tücher vor dem Abpumpen oder dem Umgang mit Muttermilch oder Pumpzubehör benutzt werden sollten oder nicht.⁶⁶

Für medizinisches Fachpersonal empfiehlt es sich, die Hände mit Seife mit oder ohne antimikrobieller Wirkung und Wasser zu waschen. Die Hände sollten nicht mit heißem Wasser gewaschen werden, da es sonst zu Hautschädigungen kommen kann. Zudem wird empfohlen, dass das medizinische Fachpersonal zur Reinigung der Hände zwischen den Patienten und vor bestimmten Pflegetätigkeiten ein Desinfektionsmittel oder eine Seife mit antimikrobieller Wirkung verwendet.¹¹³ Die verschiedenen Handwaschtechniken mit Seife und Wasser unterscheiden sich sowohl im Hinblick auf die Waschkdauer als auch die Seifenmenge. Medizinisches Fachpersonal sollte die vom Hersteller empfohlene Seifenmenge verwenden. Die Seife muss auf die gesamte Hautoberfläche der Hände und Finger aufgetragen werden, bevor diese gewaschen und abgetrocknet werden; der gesamte Wasch- und Trockenvorgang sollte 40–60 Sekunden dauern (Abbildung 4).¹¹³ Diese Studien beziehen sich zwar auf medizinisches Fachpersonal, aber sie enthalten auch wertvolle Informationen für Mütter, die vor dem Abpumpen von Muttermilch Handhygiene betreiben.

Für das Abtrocknen der Hände bietet sich eine Vielzahl von Möglichkeiten, z. B. Papiertücher, Handtücher und Warmluft-Händetrockner. Von all diesen Methoden gilt das Abtrocknen der Hände mit einem Einweg-Tuch als beste und hygienischste Variante^{114, 115}, wobei Wasserhähne so zugedreht werden müssen, dass die Hände nicht noch einmal verunreinigt werden.¹¹³ In der Literatur, in der Papier- und Stofftücher aus Handtuchspendern verglichen werden, gelten Stofftücher als die Variante, die weniger Schutz vor Verunreinigungen bietet.^{116, 117} Warmluft-Händetrockner sind offensichtlich in fast jedem Umfeld sicher; im Krankenhaus jedoch können Warmluft-Händetrockner für die Verbrei-

tung von Bakterien sorgen und zur Verunreinigung der Luft beitragen,¹¹⁷ weswegen sie Papiertüchern nicht vorzuziehen sind.¹¹³

Schließlich hat sich gezeigt, dass sich an Fingernägeln und Schmuck nach dem Händewaschen leicht Bakterien ansiedeln.¹¹³ Den evidenzbasierten Empfehlungen zur Handhygiene für medizinisches Fachpersonal zufolge sollten diese auf künstliche Fingernägel oder Verlängerungen verzichten, abgesplitterten Nagellack vermeiden und die Fingernägel kürzer als 6,5 mm lang tragen sowie die Stellen unter den Fingernägeln sauber halten.¹¹³ Verschiedene Studien haben weiterhin aufgezeigt, dass Ringe sich negativ auf das Händewaschen auswirken können. Das Tragen von Ringen wird mit einer im Schnitt zehnmal größeren Besiedelung der Haut mit Organismen sowie einer Verunreinigung der Hände mit *Staphylokokkus aureus*, gramnegativen Bazillen und *Candida*-Spezies in Verbindung gebracht.^{118–120} Weiterhin gilt, dass die Verunreinigung selbst nach dem Händewaschen umso größer ist, je mehr Ringe jemand trägt.¹¹⁹

Reinigung von Pumpen und Pumpsets

Milchpumpen und Pumpsets sind – wie jede Krankenhausstattung – potenzielle Träger von pathogenen Mikroorganismen.^{121, 122} Deshalb sind detaillierte Reinigungsprotokolle erforderlich, um das Verunreinigungsrisiko der Pumpe, die von Müttern geteilt wird, sowie der Pumpsets, die wiederholt von der jeweiligen Mutter eingesetzt werden, zu minimieren.

Pumpsets

Pumpsets bestehen normalerweise aus Brusthauben und Schläuchen, die mit einer elektrischen Pumpe verwendet werden. Abhängig von Einrichtung und Land müssen Pumpsets vor jedem Einsatz sterilisiert werden. Die Verwendung von sterilen Produkten ist besonders wichtig, wenn sie von mehreren Müttern geteilt werden.¹²³ Für viele Einrichtungen ist es jedoch schwierig, die Pumpsets vor jedem Einsatz zu sterilisieren, insbesondere auf neonatologischen Intensivstationen, auf denen Mütter mehr als sechsmal täglich abpumpen. Autoklavieren oder eine Entsorgung nach jedem Einsatz kann teuer und unpraktisch sein. Deshalb wird in einigen Einrichtungen lieber desinfiziert als sterilisiert. Während ihres Aufenthalts auf der neonatologischen Intensivstation erhalten Mütter oft ihr eigenes Pumpset, das entweder wiederverwendbar sein kann oder nach einem Einsatztag (ungefähr 8 Pumpsitzungen) entsorgt werden kann. In beiden Fällen kann das Pumpset zwischen den Sitzungen desinfiziert statt sterilisiert werden. Eine Entsorgung der Pumpsets nach einem Tag ist möglicherweise einer Autoklavierung vorzuziehen, da diese Sterilisationsmethode allgemein teuer ist und Teile des Sets dabei verloren gehen können.^{63, 124}

Alle Teile des Pumpsets, die mit Milch in Berührung kommen, müssen nach jedem Einsatz komplett zerlegt und gründlich gereinigt werden. Selbst wenn bei einer Pumpsitzung keine Milch abgepumpt wird, muss das Pumpset gereinigt werden. Zu den üblichen Verfahren der Dekontamination, die auf der neonatologischen Intensivstation zur Reinigung von Pumpsets eingesetzt werden, zählen die chemische Desinfektion und die Desinfektion durch Dampf oder allgemeines Reinigen. Eine Studie mit 25 neonatologischen Intensivstationen in Großbritannien ergab, dass die chemische Desinfektion die gängigste Methode war (56 %), gefolgt von Autoklavieren oder Dampfsterilisation (16 %), Einweg-Ausrüstung (8 %) und allgemeinem Reinigen (4 %).⁶³ Jede dieser Methoden hat ihre Vor- und Nachteile; bei einer Dekontamination auf Chlorbasis muss das Pumpset vor Verwendung gereinigt, die Lösung alle 24 Stunden gewechselt und das Set zwischen jedem Einsatz allgemein gereinigt werden.¹²⁵ Allgemeines Reinigen macht es erforderlich, dass die einzelnen Teile in Wasser mit Spülmittel gereinigt, abgespült und an der Luft getrocknet werden. Bei beiden Methoden besteht das Risiko einer Kreuzinfektion, falls das Pumpset verwechselt oder von der falschen Mutter verwendet wird; und beide Verfahren gefährden potenziell das Kind, falls eine Lösung oder das Reinigungsmittel nicht gründlich vom Pumpset abgewaschen wird.¹²⁴ Dampf-basierte Verfahren beinhalten frei stehende elektrische Sterilisatoren, in die Wasser eingefüllt wird und die Dampf erzeugen, sowie Beutel oder Körbe mit Wasser für die Mikrowelle. Beutel oder Körbe für die Dampfsterilisation

bieten dahin gehend Vorteile, da sie für einzelne Mütter eingesetzt werden können, da die Dekontamination schnell erfolgt und da es sich um Einweg-Beutel handelt. Nichtsdestoweniger ist bei beiden Dampfmethoden Vorsicht geboten, damit man sich nicht verbrüht,¹²⁴ und beide befeuchten die Pumpsets, was möglicherweise das Wachstum von Bakterien ermöglicht.^{63, 124} Wenn Pumpsets wiederholt eingesetzt werden, ist allgemeines Reinigen die einfachste Reinigungsmethode für Mütter. Auf neonatologischen Intensivstationen, wo am häufigsten ohne die Einbindung der Mutter dekontaminiert wird, ist die optimale Dekontaminationsmethode immer noch unklar.⁸³ Es ist noch weitere Forschungsarbeit nötig, um die praktischste, sicherste und kosteneffektivste Dekontaminationsmethode zu ermitteln.¹²⁴

Für Mütter, die zu Hause abpumpen, ist das Abwaschen die gängigste Reinigungsmethode; jedoch wird sie auch häufig auf neonatologischen Intensivstationen eingesetzt. Nachdem die Pumpsets zerlegt wurden, müssen sie in kaltem Wasser gereinigt werden, um Milchreste, insbesondere Milchproteine, zu entfernen.⁶⁶ Die Teile müssen unter fließendem Wasser oder in einer sauberen Schüssel oder einem sauberen Becken, das nur zu diesem Zweck dient, mit Spülmittel und Wasser gereinigt werden. Patientenspezifische Flaschenbürsten können dazu verwendet werden, um Teile zu reinigen, insbesondere die schlecht erreichbaren Ritzen.¹²⁴ Aufgrund der vielen Bakterien in Abflüssen, Spülbecken und an Wasserhähnen, dürfen die Teile zum Reinigen nicht ins Spülbecken gelegt werden, und Wasserhähne müssen mit einem sauberen Papiertuch zuge dreht werden.^{66, 113}

Nach dem Reinigen müssen die Teile gründlich abgespült und anschließend auf einer desinfizierten Oberfläche zum Trocknen abgestellt werden. Das Abtrocknen mit einem sauberen Stofftuch ist möglich, wenn das Tuch, nachdem es gewaschen wurde, nicht mehr verwendet wurde. Das Trocknen an der Luft ist eine weitere Option.⁶⁶ Sobald die Teile sauber und trocken sind, müssen sie aus dem Spülbereich entfernt werden, damit sie nicht durch Spritzer aus dem Spülbecken verunreinigt werden.⁶⁶ Das Reinigen der Pumpsets in der Spülmaschine nach dem Abwaschen ist eine Alternative zur Reinigung von Hand und wird ebenfalls empfohlen.⁶⁶ Es ist nicht erforderlich, Teile wie die Schläuche und Verbindungsstücke zu den Pumpen zu reinigen, es sei denn, sie sind durch Milch, Feuchtigkeit oder andere Substanzen verunreinigt. Schläuche, die den Aerosolen von Milch oder Wasser ausgesetzt werden, sind ein Problem, wenn sie durch Bakterien oder Schimmel verunreinigt werden.⁶⁶ In diesem Fall müssen die Reinigungsanweisungen des Herstellers befolgt werden. Die Schläuche der Pumpe und die Verbindungsstücke zu dieser dürfen nicht von verschiedenen Müttern verwendet werden.⁶⁶

Wie die Pumpsets müssen auch Flaschen, die zum Abpumpen, Aufbewahren und zur Verabreichung von Muttermilch an Frühgeborene verwendet werden, hygienisch sein, um eine bakterielle Verunreinigung der Milch zu vermeiden. Flaschen können auch durch Autoklavieren steril und wiederverwendbar bzw. sauber und entsorgbar gemacht werden.¹²⁶ Interessanterweise hat sich bei der Anzahl an koloniebildenden Einheiten kein Unterschied gezeigt, wenn Milch in sterilen oder sauberen Flaschen/Behältern gesammelt wird.⁷¹ Da Autoklavieren zu zusätzlichen Kosten führt und die Gefahr besteht, dass Teile von Flaschen verloren gehen, gelten Einwegbehälter als attraktivere Option auf der neonatologischen Intensivstation.⁸³

Ernährung mit Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation		Potenzielles Risiko	Reaktion
Abpumpen:	Abpumpen zu Hause oder auf der neonatologischen Intensivstation	<ul style="list-style-type: none"> • Milchpumpe • Brusthauben • Aufbewahrungsbehälter • Volumenverlust 	<ul style="list-style-type: none"> • richtiges Händewaschen und Reinigen der Pumpe/des Pumpsets vor und nach dem Abpumpen • Einweg-Pumpsets und -Behälter und wiederverwendbare Ausführungen gegeneinander abwägen
Transport:	Transport von zu Hause oder Aufbewahrung im Krankenhaus	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturveränderungen • Verwechslungen • Volumenverlust 	<ul style="list-style-type: none"> • sofortiges Beschriften sämtlicher abgepumpter Milch • Kühlkette während des Transports aufrechterhalten
Aufbewahrung:	Aufbewahrung bei Raumtemperatur, Kühlschranktemperatur oder Tiefkühltemperatur. Mit Zusätzen anreichern.	<ul style="list-style-type: none"> • Bakterienwachstum • Verlust der Bioaktivität der Inhaltsstoffe • Veränderung der Zusätze 	<ul style="list-style-type: none"> • optimale Aufbewahrungszeiten müssen eingehalten werden • Aufbewahrungszeiten anpassen, abhängig vom Zustand der Milch (frisch, aufgetaut oder angereichert)
Vorbereitung der Nahrung:	Auftauen und Erwärmen	<ul style="list-style-type: none"> • Bakterienwachstum • Verlust der Bioaktivität der Inhaltsstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • optimale Temperatur • wasser- und nicht wasserbasierte Vorrichtungen gegeneinander abwägen

Tabelle 3 – Der Prozess der Muttermilchversorgung und potenzielle Risiken auf der neonatologischen Intensivstation

Pumpen

Im Allgemeinen müssen die Außenoberflächen von Milchpumpen und dem Zubehör im Krankenhaus zwischen zwei Sitzungen desinfiziert werden, insbesondere wenn sie beim Abpumpen von Müttern oder Mitarbeitern berührt werden. Sowohl die Mütter als auch die Mitarbeiter der neonatologischen Intensivstation können in das Reinigen der Pumpen im Krankenhaus eingebunden werden.¹²⁷ Zusätzlich zu den Pumpen müssen im Krankenhaus und zu Hause die Oberflächen, auf denen die gereinigten Teile der Pumpe vor dem Trocknen abgestellt werden, mit Desinfektionslösung oder -tüchern desinfiziert werden. Die Oberfläche muss nach der Desinfektion mit klarem Wasser abgespült werden, um eine Verunreinigung der gereinigten Teile durch die Lösung zu vermeiden, falls dies vom Hersteller empfohlen wird. Die Hände müssen nach dem Desinfizieren der Pumpen und Oberflächen gewaschen werden, um zu vermeiden, dass die Brust oder Milch mit Desinfektionsmitteln in Kontakt kommt.⁶⁶

Rückverfolgung und Transport der Milch

Sobald die Milch abgepumpt wurde, muss entschieden werden, wie die Milch anschließend aufbewahrt und an das Kind verabreicht wird. Nach dem Abpumpen muss sie gemäß Krankenhausrichtlinien mit dem Datum und dem Zeitpunkt des Abpumpens beschriftet werden; danach muss sie so schnell wie möglich kühl gestellt oder eingefroren werden, falls sie nicht zeitnah verbraucht wird. Jedes Krankenhaus sollte über Empfehlungen für Mütter zu den Aufbewahrungsbehältern, -bedingungen und -zeiten verfügen. Obwohl die Mütter von gesunden, termingeborenen Säuglingen Milch kühlen und zu vorher eingefrorener Milch hinzufügen können,¹²⁸ gibt es zurzeit keine Empfehlungen für Frühgeborene.



Abbildung 5 – Beispiel für ein Tablett für die individuelle Aufbewahrung von Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation

Üblicherweise bewahren Krankenhäuser die Muttermilch unmittelbar nach jeder Pumpsitzung in einzelnen Behältern auf.⁶⁶ Allerdings ist umstritten, ob Mütter ihre Milch einzeln nach jeder Pumpsitzung aufbewahren oder sie im Verlaufe von 24 Stunden zusammenführen sollten. Die Zusammenführung von Milch wird häufiger empfohlen, da sie potenziell sicherstellt, dass der Nährstoffgehalt der Milch zwischen den Mahlzeiten weniger schwankt. Eine Studie¹²⁹ hat definitiv aufgezeigt, dass eine Zusammenführung der Milch im Verlauf von 24 Stunden zu keinerlei Unterschieden bei der bakteriellen Besiedelung sowie zu geringeren Schwankungen beim Kalorien-, Protein-, Fett- und Kohlenhydratgehalt führt, wobei der Kaloriengehalt bei individuell aufbewahrter Milch im Gegenzug um bis zu 29 % schwankt. Da der Nährstoffgehalt bei individuellen Pumpsitzungen im Vergleich zu dem aus 24-stündigen Zusammenführungen signifikant schwankte, liegt die Vermutung nahe, dass eine ungenaue Versorgung mit Nährstoffen und Kalorien stattfinden kann. Interessanterweise führte eine Zusammenführung der Milch auch zu einer größeren Zufriedenheit bei Müttern als eine individuelle Aufbewahrung. Die Zusammenführung der Milch bietet deshalb möglicherweise die Gelegenheit, die Anreicherung der Milch anzupassen und die Nährstoffversorgung des Säuglings zu verbessern.¹²⁹ Pasteurisierte Spendermilch schafft eine andere Situation und deshalb kann ein Behälter für mehrere Kinder verwendet werden.⁶⁶ Die Verwendung von nicht pasteurisierter Spendermilch ist etwas anderes, und hierbei gibt es möglicherweise Einschränkungen, abhängig von den Umständen der Spende und den Krankenhausrichtlinien.

Die Zusammenführung der eigenen Muttermilch hat auch Vorzüge hinsichtlich der Beschriftung, da nur eine Flasche beschriftet werden muss im Vergleich zu mehreren Flaschen oder Behältern nach jedem Abpumpen. Der Umgang mit und die Rückverfolgung von Muttermilch, die auf der neonatologischen Intensivstation nötig sind, bieten Fehlerpotenzial, falls die Behälter nicht richtig beschriftet werden.¹³⁰ Das Beschriften mit dem Namen des Patienten, der Milchart sowie dem Abpumpdatum und -volumen kann die Verwechslungsgefahr bei der Milch minimieren. Methoden wie die Aufbewahrung in eigenen Boxen für jede Mutter in einem Kühl- oder Gefrierschrank (Abbildung 5) sowie der Einsatz von Barcodes, die in Muttermilchbanken häufiger angewendet werden, können ebenfalls vorteilhaft sein.^{66, 131, 132}

Mütter, die ihre Milch von zu Hause ins Krankenhaus transportieren, benötigen vermutlich Anweisungen zur Kühlung der Milch mit Kühlakkus und der Isolation der Tasche mit z. B. zerknülltem Zeitungspapier, um die Zwischenräume um die Milchbehälter und die Kühlakkus auszufüllen.⁶⁶ Sobald sich die abgepumpte Milch im Krankenhaus befindet, müssen dessen Richtlinien die Vorgehensweisen zum sicheren Umgang und zur Verabreichung vorgeben. Erhält ein Kind versehentlich die Milch einer anderen Mutter, müssen die Krankenhausrichtlinien den Mitarbeitern Informationen zur Krankheitsübertragung über Muttermilch, zur Krankheitsuntersuchung der Mütter und des Kindes, das die Milch bekommen hat, und Aktionspläne auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse bieten.⁶⁶

Aufbewahrung der Milch auf der neonatologischen Intensivstation

Die Milch muss auf der neonatologischen Intensivstation unbedingt sicher aufbewahrt werden, um zu gewährleisten, dass der Säugling optimal ernährt wird. Die Richtlinien zur Aufbewahrung von Muttermilch sind je nach Kind (hohes Risiko/Frühgeborenes, termingeborenes oder älteres Kind) und dem Zustand der Milch (frisch, eingefroren, aufgetaut oder angereichert) unterschiedlich. Die lebenden Zellen in frischer Milch sowie die Nährstoffe, Wachstumsfaktoren und viele andere schützende Inhaltsstoffe, z. B. Laktoferrin, sIgA und Lysozym,²⁵ verlieren im Laufe der Zeit aufgrund von Temperaturschwankungen an Wirkung. Zugleich erhöht sich das Risiko einer bakteriellen Verunreinigung und des Wachstums von Pathogenen in der Milch. Wie sich die Aufbewahrung auf den mikrobiologischen Inhalt, die Fettzusammensetzung, die Zellbestandteile, die antibakteriellen Eigenschaften und die antioxidative Wirkung der Muttermilch auswirken, wurde eingehend untersucht. Dennoch ist noch vieles ungeklärt, wenn es um das Auftauen und Anreichern von Milch geht, und es gibt viele Expertenempfehlungen. Es ist jedoch klar, dass die Aufbewahrung bei unterschiedlichen Temperaturen, in verschiedenen Umgebungen und im Laufe der Zeit viele Probleme verursacht.

Aufbewahrungsbehälter

Muttermilch auf der neonatologischen Intensivstation muss so aufgefangen und aufbewahrt werden, dass sich dies nur minimal auf die Nährstoffzusammensetzung und die immunologischen Inhaltsstoffe der Milch auswirkt. Milch erhält die meisten ihrer immunologischen Eigenschaften in Glas- oder Hartplastikbehältern, die kein Polyethylen enthalten;¹³³ deshalb sind Hartplastik oder Glas zur Aufbewahrung von Muttermilch zu bevorzugen.^{66, 134, 135} Die Verwendung von Polyethylenbehältern wird mit einem 60 %igen Verlust an Immunglobulin A in Verbindung gebracht¹³³ und Edelstahlbehälter führen im Vergleich zu Polyethylen und Glas zu einem Rückgang der Zellzahlen und -viabilität.^{66, 134, 135} Außerdem werden Behälter aus Bisphenol A (BPA) nicht mehr als Babyfläschchen verwendet, da diese chemische Verbindung gesundheitsschädlich ist.¹³⁶ Die idealen Behälter zur Aufbewahrung von Milch für das Kind im Krankenhaus sind deshalb aus Glas oder lebensmittelkonformem Hartplastik ohne BPA mit auslaufsicheren Deckeln. Saubere, aseptische oder sterile Behälter sind auch akzeptierbar; allerdings kann es sein, dass die Richtlinien der Einrichtung eine Möglichkeit der anderen vorziehen.⁶⁶

Aufbewahrung bei Raumtemperatur

Da Muttermilch sowohl symbiotische als auch pathogene Bakterien enthält, ist das Bakterienwachstum ein Hauptproblem bei der Aufbewahrung von Milch. Gleichwohl hat sich gezeigt, dass Muttermilch für einen kurzen Zeitraum kein bakterielles Wachstum aufweist, wenn sie gekühlt wird. Studien zum bakteriellen Wachstum bei Raumtemperatur haben zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt, teilweise, weil die Definition von Raumtemperatur zwischen 16 und 29 °C oder gar mehr schwankt.^{137–139} Auf neonatologischen Intensivstationen, auf denen immungeschwächte Kinder liegen, sind die Aufbewahrungszeiten für Milch bei Raumtemperatur gemeinhin kürzer als die für termingeborene Kinder, wobei den Empfehlungen zufolge frische Milch nach Möglichkeit immer sofort gekühlt werden sollte und die Aufbewahrung bei Raumtemperatur auf maximal vier Stunden beschränkt ist.⁶⁶

Eine bedeutende Studie,¹⁴⁰ welche die Verschlechterung der Milchqualität bei 15, 25 und 38 °C nach 24 Stunden untersuchte, zeigte auf, dass trotz minimaler Veränderungen der Proteolyse und der Verdauungsenzyme bei 15 und 25 °C die Lipolyse schnell, d. h. innerhalb weniger Stunden der Aufbewahrung, bei 38 °C auftrat, was zu einem Anstieg der Konzentration an freien Fettsäuren um 440 bis 710 % führte. Gleichermäßen war in den ersten 4 bis 8 Stunden das bakterielle Wachstum, das sich hauptsächlich auf nicht-pathogene Bakterien beschränkte, bei 15 °C minimal und auch bei 25 °C noch niedrig; jedoch stieg es bei 38 °C nach 4 Stunden rapide an.¹⁴⁰ Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass Milch bei 15 °C über 24 Stunden und bei 25 °C über 4 Stunden sicher aufbewahrt werden kann.¹⁴⁰ Strengere Methoden, die auf die Proteinaktivität in der Milch bei 25 °C abzielen, haben noch weitere Rückgänge des β -Casein im Verlauf von 24 Stunden^{141, 142} und Rückgänge der Lipase nach 2 Stunden Aufbewahrung gezeigt.¹⁴¹ Auf der neonatologischen Intensivstation gelten < 4 Stunden als die Aufbewahrungszeit bei Raumtemperatur (Tabelle 4).⁶⁶ Durchgehende Mahlzeiten können deshalb sicher über einen Zeitraum von vier Stunden verabreicht werden.

Kühlen

Bei Kühlschranktemperatur, also bei ca. 4 °C, bleibt die Integrität von Muttermilch länger gewährleistet als bei Raumtemperatur.¹⁴³ Die umfassendste Studie, welche die Aufbewahrung bei 4 °C untersucht, kommt zum Schluss, dass frische Milch im Kühlschrank maximal 96 Stunden (4 Tage) lang aufbewahrt werden sollte (Tabelle 4).¹³⁸ Nach 96 Stunden zeigte im Kühlschrank aufbewahrte frische Milch keine signifikanten Veränderungen bei der Osmolalität, der Gesamtzahl der Bakterienkolonien bzw. Anzahl der gramnegativen Bakterienkolonien, den Makronährstoffen und Immunfaktoren, einschließlich Fett, sIgA und Laktoferrin. Allerdings wurden die Auswirkungen über 96 Stunden hinaus nicht untersucht. Außerdem hat sich gezeigt, dass die Aufbewahrung im Kühlschrank das Wachstum grampositiver Bakterien hemmt.¹⁴⁴ Eine Erhöhung der Konzentration an freien Fettsäuren und der nachfolgende Anstieg des Säuregehalts aufgrund der Lipolyse wurden in Studien zur Aufbewahrung im Kühlschrank ebenfalls durchgehend nachgewiesen.^{138, 145} Die Produkte der Lipolyse gelten nicht als problematisch, da sie mit einer antimikrobiellen Wirkung gegen Bakterien, Viren und Protozoen in Verbindung gebracht werden.^{137, 138, 145–147} Ein Rückgang der Leukozytenzahlen, einschließlich Makrophagen und Lymphozyten, sowie der Proteine insgesamt wurde nach 48 Stunden festgestellt.¹³⁸ Auf Grundlage dieser Studien wurde die optimale Aufbewahrungszeit bei 4 °C auf < 4 Tage festgelegt, insbesondere bei Kindern auf der neonatologischen Intensivstation, wenn die Milch frisch abgepumpt, nicht angereichert und nicht eingefroren war.⁶⁶ Allerdings ist es wahrscheinlich, dass sich die Vorgehensweisen zwischen den Einrichtungen und Ländern unterscheiden; in Belgien und Luxemburg beispielsweise wird frische Milch bis zu sieben Tage lang im Kühlschrank aufbewahrt.⁸³

Einfrieren

Ein bis zu 3 Monate langes Einfrieren bei –20 °C wird auf der neonatologischen Intensivstation als optimal erachtet.⁶⁶ Nach 3 Monaten sind die Vitamine A, E und B, Gesamtproteine, Fette, Enzyme, Laktose, Zink, Immunoglobuline, Lysozym und Laktoferrin nach wie vor erhalten; allerdings kann es nach einem Monat zu einem Verlust von Vitamin C kommen.⁶⁶ In einem Zeitraum von bis zu 6 Wochen ist das bakterielle Wachstum kein großes Problem.^{148, 149} Die antibakteriellen Eigenschaften sind jedoch im Allgemeinen aufgrund des Verlusts an lebenden Zellen wie Phagozyten geringer als bei frischer Milch.^{150, 151} Ein Tiefkühlen von bis zu 12 Monaten bei < –20 °C gilt auf der neonatologischen Intensivstation als akzeptabel.⁶⁶ Tiefkühlen bei –80 °C ist unter Umständen besser dazu geeignet, um die bakterizide Kapazität von Muttermilch zu erhalten, insbesondere auf der neonatologischen Intensivstation.⁶⁶ Geschmacks- und Geruchsveränderungen können bei –80 °C auftreten, da durch die Lipase weiter Fett in Fettsäuren umgewandelt wird.¹²⁸ Zudem haben Studien ergeben, dass die Viruslast, z. B. an Zytomegalieviren, in der Milch nach dem Einfrieren signifikant gesenkt, aber nicht zerstört wird.^{68, 83}

Ein erneutes Einfrieren der Milch nach dem Auftauen im Kühlschrank hat nicht zu einer unsicheren Keimbelastung geführt.¹⁵² Allerdings gilt Milch, die komplett bei Raumtemperatur aufgetaut wurde, als unsicher und sie sollte nicht wieder eingefroren werden.⁶⁶ Es gibt nur begrenzt verfügbare Daten zu angemessenen Aufbewahrungszeiten nach dem Auftauen auf Raumtemperatur sowie zu den Auswirkungen des Umfüllens von Muttermilch zwischen Behältern und von Temperaturschwankungen auf die Milchqualität. Selbst über mehrere Monate eingefrorene Muttermilch ist jedoch immer noch besser als Formulanahrung. Jedoch sind die Bioverfügbarkeit und die Konzentration an einigen schützenden Inhaltsstoffen nach dem Einfrieren geringer, was wiederum dafür spricht, frische Milch eingefrorener Milch vorzuziehen.⁶⁶ Milch aus dem Kühlschrank gilt als frisch; deshalb sollte sie vor eingefrorener Milch verwendet werden.⁶⁶

Muttermilch	Optimale Aufbewahrungsdauer
Frisch abgepumpte Milch Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	≤ 4 Stunden ¹⁵⁰ ≤ 4 Tage ¹³⁸ ≤ 3 Monate. Akzeptabel ≤ 12 Monate ^{153–156}
Vorher eingefroren Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Auftauen auf Raumtemperatur, innerhalb von ≤ 4 Stunden verwenden ¹⁵⁰ Auftauen auf Kühlschranktemperatur, innerhalb von ≤ 24 Stunden verwenden Nicht wieder einfrieren
Frisch abgepumpt, angereichert Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Nicht bei Raumtemperatur lagern ≤ 24 Stunden ^{157–161} Nicht einfrieren
Vorher eingefroren, angereichert oder pasteurisiert Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Nicht bei Raumtemperatur lagern ≤ 24 Stunden Nicht wieder einfrieren
Annähernd auf Körpertemperatur erwärmt Raumtemperatur: Kühlschrank: Gefrierschrank:	Zur Vervollständigung der aktuellen Mahlzeit Entsorgen Entsorgen

Tabelle 4 – Richtlinien zur Aufbewahrung von Muttermilch für Säuglinge auf der neonatologischen Intensivstation. Überarbeitet nach HMBANA.⁴²

Umgang mit Milch auf der neonatologischen Intensivstation

Die Zubereitung der Milch für Mahlzeiten erfordert eine Reihe von Verfahren, einschließlich Auftauen der aufbewahrten Milch, Anreichern und Erwärmen. Jedes Verfahren kann sich auf die Zusammensetzung der Milch auswirken und zu Verunreinigungen führen.

Auftauen

Das Auftauen und das Aufwärmen von Muttermilch sind zwei separate Vorgänge, die im Krankenhaus und zu Hause oftmals in einem Schritt vollzogen werden. In der Vergangenheit wurde Milch aufgetaut, indem man sie bei Raumtemperatur stehen ließ, sie direkt in den Kühlschrank stellte oder eine Milchflasche in einen Behälter mit warmem Wasser setzte. Der Auftauvorgang ist abgeschlossen, wenn die eingefrorene Milch flüssig geworden, aber noch kalt ist und es noch einige Eiskristalle gibt. Gibt es Eiskristalle, so ist dies ein eindeutiges Anzeichen dafür, dass die Milch erst bis zu einem gewissen Grad aufgetaut ist.⁶⁶ Aufgetaute Milch muss dann bis kurz vor Verabreichung gekühlt werden und darf nicht länger als für ein paar Stunden bei Raumtemperatur aufbewahrt werden, um bakteriellem Wachstum vorzubeugen.⁶⁶ Die genaue Bestimmung der Auftauzeit kann aufwendig sein, da man die Milch hierzu durchgehend beobachten muss. Der Einsatz von Wasserbädern, entweder in Milchwärmern oder in Tassen mit warmem Wasser, erhöht in gemeinschaftlich genutzten Wasserbädern ebenfalls das Verunreinigungsrisiko über Leitungswasser sowie durch den Behälter oder die Hände der jeweiligen Person.⁶⁶

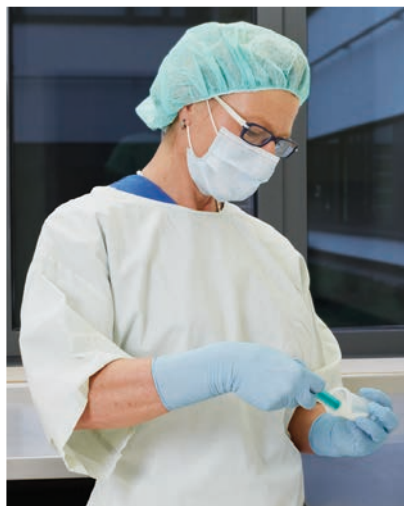


Abbildung 6 – Beispiel für den Umgang mit Muttermilch mittels einer aseptischen Technik

Obwohl es nur wenige Studien gibt, die auf die optimale Methode zum Auftauen von Milch eingehen, ist bekannt, dass die Erhitzung der Milch bei der Pasteurisierung zu signifikanten Verlusten bei den immunologischen und entzündungshemmenden Inhaltsstoffen der Milch, einschließlich sIgA, Laktoferrin und Lysozym sowie probiotischer Bakterien und Leukozyten führt. Diese Verluste werden durch Pasteurisierung bei niedrigeren Temperaturen reduziert.⁶⁶ Die Richtlinien von Muttermilchbanken⁶⁶ empfehlen, dass die Temperaturen beim Auftauen von Milch in einem mit Wasser gefüllten Behälter 37 °C nicht überschreiten sollten. Ein Erhitzen in der Mikrowelle sowie heißes oder kochendes Wasser werden nicht empfohlen, da so die antiinfektiösen Eigenschaften der Milch zerstört werden.^{89, 90} Es besteht bei allen wasserbasierten Methoden das Risiko der Verunreinigung, da Wasser unter oder in den Flaschendeckel und in die Milch geraten kann.¹²¹ Deshalb gibt es Empfehlungen, denen zufolge Wasser nicht mit dem Flaschendeckel in Kontakt geraten darf.^{66, 121}

Anreicherung

Während Muttermilch sehr für die enterale Ernährung und jede orale Ernährung auf der neonatologischen Intensivstation empfohlen wird, muss sie eventuell angereichert werden, um den hohen Nährstoffbedarf zu decken, den Frühgeborene aufgrund ihrer Wachstumsanforderungen haben. Der Vorrat an Mikro- und Makronährstoffen, der sich normalerweise im letzten Drittel der Schwangerschaft in utero einlagert,³⁹ ist bei einem Frühgeborenen deutlich verringert und muss schnell ersetzt werden. Zusätze empfehlen sich deshalb bei allen Kindern mit einem Geburtsgewicht von < 1 500 g, möglicherweise aber auch bei anderen Kindern.¹⁶²

Wenn keine oder nicht genügend eigene Muttermilch verfügbar ist, wird die enterale Ernährung häufig durch Spendermilch ergänzt.^{15, 37} Spendermilch enthält üblicherweise weniger Proteine als die eigene Muttermilch und muss deshalb stärker angereichert werden.^{15, 37} Wenn Frühgeborene Milchmengen in der Größenordnung von ca. 100 ml/kg/Tag zu sich nehmen, reichern viele Krankenhäuser die Muttermilch an, um den Protein-, Kalorien-, Calcium-, Phosphor- und sonstigen Nährstoffgehalt zu erhöhen; allerdings wird dies nicht überall so gehandhabt.^{15, 37} In den USA ist ein Fortifier auf Muttermilchbasis erhältlich für Krankenhäuser, die nicht auf Fortifier auf Basis von Kuhmilch zurückgreifen wollen. Bisherige Forschungsergebnisse legen nahe, dass eine Ernährung zu 100 % auf Basis von Muttermilch das Risiko einer medizinisch bzw. chirurgisch zu behandelnden NEC senkt.^{22, 163} Ist keine Muttermilch verfügbar, werden Frühgeborene mit speziell auf ihre Bedürfnisse abgestimmter Formulanahrung ernährt. Die Bioverfügbarkeit von Nährstoffen ist jedoch geringer als bei Muttermilch.^{22, 164} Eine ausschließliche Versorgung mit Mutter-/Spendermilch und Fortifier auf Basis von Muttermilch senkt erwiesenermaßen das Risiko einer nekrotisierenden Enterokolitis (NEC) im Vergleich zur Formulanahrung für Frühgeborene.²²

Trotz der Vorzüge einer Anreicherung der Muttermilch wird diese mit einigen Veränderungen des funktionalen Wertes von Muttermilch in Verbindung gebracht. Eine Anreicherung mit Fortifier auf Kuhmilchbasis ändert und beeinträchtigt erwiesenermaßen die antibakterielle Wirkung von Muttermilch.^{160, 161} Einige Fortifier können die Zusammensetzung von Milch verändern; deshalb ist hinsichtlich Verunreinigungen und Risiken bei der Aufbewahrung besondere Vorsicht geboten. Da Verunreinigungen und die osmotische Konzentration in angereicherter Milch stärker ansteigen können,^{165, 166} müssen Richtlinien und die Herstelleranweisungen beachtet werden.¹⁶⁷ Um einen Anstieg der osmotischen Konzentration zu vermeiden, wird die Anreicherung mit Fortifier mittels aseptischer Verfahren bei Raum- oder niedrigerer Temperatur empfohlen (Abbildung 6).¹⁶⁷ Kürzere Aufbewahrungszeiten werden auch für angereicherte Milch empfohlen und diese ändern sich in Abhängigkeit davon, ob die Milch frisch oder eingefroren ist, ob sie zuvor aufgetaut wurde oder wie lange sie bei Raumtemperatur aufbewahrt wurde.¹⁶⁸ Hierin einbezogen sind Empfehlungen, dass angereicherte Milch nicht bei Raumtemperatur aufbewahrt werden darf; sie sollte sofort verabreicht oder gekühlt und nur bis zu 24 Stunden lang im Kühlschrank aufbewahrt werden, bevor sie entsorgt wird (Tabelle 4).⁶⁶

Erwärmen

Die Milchttemperatur spielt nicht nur bei der Erhaltung der Integrität der Milch eine Rolle, sondern auch bei der Toleranz des Säuglings gegenüber der Ernährung über eine Sonde. Es wird vermutet, dass die Milchttemperatur die Körpertemperatur des Kindes beeinflussen kann. Die Körpertemperatur eines Säuglings sinkt erwiesenermaßen, wenn ihm intravenös Flüssigkeiten mit Raumtemperatur verabreicht werden. Deshalb wird empfohlen, intravenös zu verabreichende Flüssigkeiten wie Blut und Kochsalzlösung vor der Infusion annähernd auf Körpertemperatur zu erwärmen.^{169, 170} Auf vielen neonatologischen Intensivstationen wird das Erwärmen der Milch als wichtiger Schritt bei der Versorgung gesehen. Eine Reihe von Studien, die die Auswirkungen des Erwärmens von Milch auf die Stabilität von Frühgeborenen und gastrische Rückstände beurteilt, hat zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt. Die Rektal- und Magentemperatur sind erwiesenermaßen niedriger nach der Verabreichung von Nahrung mit Raumtemperatur über eine Sonde im Vergleich zur Verabreichung von Nahrung mit Körpertemperatur über eine Sonde;^{169–171} bei den Stoffwechselraten zeigten sich jedoch keine Unterschiede. Während eine Studie ergab, dass die Achseltemperatur von Frühgeborenen bei der Versorgung mit aufgewärmter Nahrung um bis zu 0,44 °C anstieg, konnten die Autoren keine Veränderungen bei der Herz- und Atemfrequenz oder bei der Sauerstoffsättigung durch die wärmeren Temperaturen feststellen.¹⁷² Bei Frühgeborenen, denen Milch bei kühler Temperatur, Raumtemperatur und Körpertemperatur über eine Sonde verabreicht wurde, zeigten sich weniger gastrische Rückstände und eine verbesserte Toleranz bei der Nahrungsaufnahme, wenn sie die Milch bei Körpertemperatur (37 °C) anstatt bei kühler Temperatur (10 °C) verabreicht bekamen; jedoch wurde die Art der Mahlzeit nicht kontrolliert.¹⁷³ Andere Studien mit Frühgeborenen ergaben keine Unterschiede bei der Körpertemperatur, der Magenentleerung und der Herzfrequenz zwischen über eine Sonde verabreichten Mahlzeiten bei kühler Temperatur, Raumtemperatur und Körpertemperatur.^{174, 175} Während termingeborenen Kindern Milch bei kühler Temperatur, Raumtemperatur oder warmen Temperaturen verabreicht werden kann¹²⁸, ist dies bei Frühgeborenen nicht so eindeutig.

Milch kann so erwärmt werden, wie sie auch aufgetaut wird: indem man sie in einen Behälter mit warmem Wasser stellt oder unter fließendes warmes Wasser hält, wobei der Flaschendeckel trocken bleiben muss, um Verunreinigungen zu vermeiden.⁶⁶ Die optimale Temperatur mit wasserbasierten Methoden zu regulieren und zu erreichen ist jedoch nicht einfach. Das Erreichen einer optimalen Temperatur umfasst die Berücksichtigung mehrerer Faktoren, einschließlich der Milchmenge und -temperatur am Anfang des Aufwärmens, der Größe des Milchbehälters und der Wassertemperatur nach dem Erwärmen und beim Füttern. Die Milchttemperaturen schwankten bei der Verabreichung entsprechend stark zwischen 21,8 und 36,2 °C; dasselbe gilt für die Aufwärmzeiten (133 und 2061 Sekunden). Dies zeigt auf, dass die Milch oftmals nicht über den richtigen Zeitraum aufgewärmt wurde und dass falsch bestimmt wurde, wann die Milch die gewünschte Verabreichungstemperatur hatte.¹⁷² Eine andere Studie untersuchte die Wahrnehmung von Fachpersonen hinsichtlich der Temperatur bei der Verabreichung verglichen mit der tatsächlichen Temperatur. Ähnlich wie bei vorherigen Studien ergaben sich bei 419 Mahlzeiten große Unterschiede bei den Temperaturen, mit denen die Milch verabreicht wurde; sie schwankten zwischen 22 °C und 46,4 °C, wobei die durchschnittliche Temperatur bei ~31 °C lag.¹⁷⁶ Daraus wurde gefolgert, dass dem Kind Milch mit unterschiedlichen Temperaturen verabreicht wurde und dass die Temperatureinschätzungen der Fachpersonen verglichen mit der gemessenen Temperatur ungenau waren.

Die Gefahr, dass bei wasserbasierten Methoden verunreinigtes Wasser benutzt wird, kann auf der neonatologischen Intensivstation eine Herausforderung sein. Traditionell gilt Leitungswasser in Krankenhäusern als Quelle von Krankenhausinfektionen durch Bakterien und andere Erreger. In Krankenhäusern wurden insbesondere Staphylokokken und *Klebsiella pneumoniae* im Leitungswasser festgestellt, das zur Erwärmung von Milch für Kinder verwendet wird.¹⁷⁷ Diese Bakterien wurden als direkte Ursache für den Ausbruch von Sepsis auf der neonatologischen Intensivstation des Krankenhauses erkannt. In einer aktuelleren Studie aus dem Jahr 2013 berichteten Molina-Cabrillana und seine Mitarbeiter¹⁷⁸ von einem Ausbruch von *Pseudomonas aeruginosa*-Infektionen durch verunreinigtes Leitungswasser in Flaschenwärmern.

Alternativ wurden in den USA Trockentemperiergeräte vorgeschlagen, um Flüssigkeiten zu erwärmen, die für die Patienten gedacht sind.¹⁷⁹ Die US-Behörde CDC (Centers for Disease Control and Prevention; Zentren für Krankheitskontrolle und Prävention) empfiehlt in ihrer Richtlinie „Guideline for Infection Control in Health-Care Facilities“ aus dem Jahr 2003,¹⁸⁰ dass Einrichtungen Quellen von verunreinigtem Wasser stets entfernen, wenn dies möglich ist. Diesen Richtlinien zufolge können feuchte Umgebungen und Erwärmung im Wasserbad als Reservoirs für im Wasser übertragbare Mikroorganismen im Krankenhaus dienen. Nach einem *Pseudomonas*-Ausbruch mit Todesfolge für drei Säuglinge auf einer neonatologischen Intensivstation in Nordirland gab die Regulierungsbehörde RQIA (Regulation and Quality Improvement Authority) die Empfehlung heraus, Milch nicht durch Eintauchen in warmes Leitungswasser zu erwärmen oder aufzutauen.¹⁸¹ Auf manchen neonatologischen Intensivstationen werden jetzt Aufwärmmethoden eingesetzt, die nicht wasserbasiert sind, um der potenziellen Verunreinigung der Milch vorzubeugen. Es gibt jedoch kaum Untersuchungen zu den Auswirkungen dieser Auftau- und Aufwärmmethoden auf die Milch.

Eine Studie untersuchte die Veränderungen der Milchezusammensetzung bei einem nicht wasserbasierten Aufwärm- und Auftaucherät im Vergleich zu wasserbasierten Methoden.¹⁸² Bezüglich der Integrität der Milch ergaben sich bei nicht wasserbasierten Aufwärm- und Auftaumethoden im Vergleich zu wasserbasierten keinerlei Unterschiede. Bei der Anwendung wasserbasierter und nicht wasserbasierter Methoden zeigten sich ähnliche Veränderungen hinsichtlich des pH-Wertes der Milch, der Gesamtzahl der Bakterienkolonien und der Konzentration an freien Fettsäuren während des Auftauens und Aufwärmens der Milch. Allerdings wurde bei Milch, die mit einem Trockentemperiergerät aufgetaut und aufgewärmt wurde, nach vier Stunden bei Raumtemperatur der größte Anstieg der Gesamtzahl der Bakterienkolonien und der Konzentration an freien Fettsäuren festgestellt. Obwohl die Anzahl an Bakterien nach vier Stunden des Aufwärmens höher war, unterschied sie sich nicht von der von frischer Milch, bevor diese weiterverarbeitet wurde. Leider wurde in der Studie nicht untersucht, wie sich das Aufwärmen der Milch über vier Stunden mit der wasserbasierten Methode auswirkte; jedoch ist es wahrscheinlich, dass eine Aufrechterhaltung der Temperatur mit der wasserbasierten Methode auf der neonatologischen Intensivstation schwierig und unrealistisch ist. Dennoch ist es erforderlich, dass weitere Studien über die Auswirkungen des Aufwärmens von Milch über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Evidenzbasierte Methoden, welche die Qualität von Muttermilch maximieren und zugleich das Verunreinigungsrisiko auf der neonatologischen Intensivstationen minimieren, sind erforderlich. Hierzu muss der gesamte Prozess der Muttermilchversorgung auf der neonatologischen Intensivstation betrachtet werden. Das fängt mit sicheren und hygienischen Vorgehensweisen zum Abpumpen an, bei denen sichergestellt wird, dass die Hände der Mütter sowie sämtliche Pumpen und Pumpsets vor dem Abpumpen sauber sind. Es müssen Bedingungen für das Kühlen und Einfrieren von Muttermilch geschaffen werden, die sicherstellen, dass nur wenige Nährstoffe, Wachstumsfaktoren und andere schützende Inhaltsstoffe der Milch verloren gehen. Außerdem muss die Milch rückverfolgbar sein, um Infektionen und Verwechslungen zu minimieren.

Bei den Auftau- und Aufwärmverfahren darf die Milch keinen hohen Temperaturen oder potenziell verunreinigtem Wasser ausgesetzt werden. Außerdem muss mit angereicherter Milch anders umgegangen werden als mit Milch, die nicht mit Fortifier versehen ist, um das Bakterienwachstum so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig die Inhaltsstoffe der Muttermilch zu erhalten.

Es gibt keine einheitlichen Kriterien für die Obergrenze der Gesamtzahl der Bakterienkolonien bei der Verwendung eigener Muttermilch; dadurch ist die Praxis, sich auf mikrobiologische Untersuchungen und die nachfolgende Pasteurisierung zu verlassen, kontrovers. Weitere Forschungsarbeit ist dringend erforderlich, um die Auswirkungen verschiedener Mikroorganismen und Verunreinigungsgrade auf Frühgeborene zu verstehen, um sicherzustellen, dass Kinder die maximale Menge an Muttermilch in der bestmöglichen Qualität bekommen.

Literaturhinweise

- 1 WHO & UNICEF. Global strategy for infant and young child feeding (World Health Organization, Geneva, 2003).
- 2 American Academy of Pediatrics - Section on Breastfeeding. Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics* 129, e827-e841 (2012).
- 3 UNICEF Facts for life (United Nations Children's Fund, New York, 2010).
- 4 Callen, J. & Pinelli, J. A review of the literature examining the benefits and challenges, incidence and duration, and barriers to breastfeeding in preterm infants. *Adv Neonatal Care* 5, 72-88 (2005).
- 5 Winberg, J. Mother and newborn baby: Mutual regulation of physiology and behavior - a selective review. *Dev Psychobiol* 47, 217-229 (2005).
- 6 Meier, P.P., Engstrom, J.L., Patel, J.L., Jegier, B.J., & Bruns, N.E. Improving the use of human milk during and after the NICU stay. *Clin Perinatol* 37, 217-245 (2010).
- 7 Patel, A.L. et al. Impact of early human milk on sepsis and health-care costs in very low birth weight infants. *J Perinatol* 33, 514-519 (2013).
- 8 Arslanoglu, S., Ziegler, E.E., Moro, G.E., & WAPM working group on nutrition. Donor human milk in preterm infant feeding: evidence and recommendations. *J Perinat Med* 38, 347-351 (2010).
- 9 Bisquera, J.A., Cooper, T.R., & Berseth, C.L. Impact of necrotizing enterocolitis on length of stay and hospital charges in very low birth weight infants. *Pediatrics* 109, 423-428 (2002).
- 10 Furman, L., Taylor, G., Minich, N., & Hack, M. The effect of maternal milk on neonatal morbidity of very low-birth-weight infants. *Arch Pediatr Adolesc Med* 157, 66-71 (2003).
- 11 Hylander, M.A., Strobino, D.M., & Dhanireddy, R. Human milk feedings and infection among very low birth weight infants. *Pediatrics* 102, E38 (1998).
- 12 Hylander, M.A., Strobino, D.M., Pezzullo, J.C., & Dhanireddy, R. Association of human milk feedings with a reduction in retinopathy of prematurity among very low birthweight infants. *J Perinatol* 21, 356-362 (2001).
- 13 Quigley, M.A., Henderson, G., Anthony, M.Y., & McGuire, W. Formula milk versus donor breast milk for feeding preterm or low birth weight infants. *Cochrane Database Syst Rev* 1-41 (2007).
- 14 Schanler, R., Shulman, R.J., & Lau, C. Feeding strategies for premature infants: beneficial outcomes of feeding fortified human milk versus preterm formula. *Pediatrics* 103, 1150-1157 (1999).
- 15 Schanler, R.J., Lau, C., Hurst, N.M., & Smith, E.O. Randomized trial of donor human milk versus preterm formula as substitutes for mothers' own milk in the feeding of extremely premature infants. *Pediatrics* 116, 400-406 (2005).
- 16 Vohr, B.R. et al. Beneficial effects of breast milk in the neonatal intensive care unit on the developmental outcome of extremely low birth weight infants at 18 months of age. *Pediatrics* 118, e115-e123 (2006).
- 17 Vohr, B.R. et al. Persistent beneficial effects of breast milk ingested in the neonatal intensive care unit on outcomes of extremely low birth weight infants at 30 months of age. *Pediatrics* 120, e953-e959 (2007).
- 18 Meier, P.P. Breastfeeding in the special care nursery. Prematures and infants with medical problems. *Pediatr Clin North Am* 48, 425-442 (2001).
- 19 Sisk, P.M., Lovelady, C.A., Gruber, K.J., Dillard, R.G., & O'Shea, T.M. Human milk consumption and full enteral feeding among infants who weigh <1250 grams. *Pediatrics* 121, e1528-e1533 (2008).
- 20 Corpeleijn, W.E. et al. Intake of own mother's milk during the first days of life is associated with decreased morbidity and mortality in very low birth weight infants during the first 60 days of life. *Neonatology* 102, 276-281 (2012).
- 21 Meinzen-Derr, J. et al. Role of human milk in extremely low birth weight infants' risk of necrotizing enterocolitis or death. *J Perinatol* 29, 57-62 (2009).
- 22 Sullivan, S. et al. An exclusively human milk-based diet is associated with a lower rate of necrotizing enterocolitis than a diet of human milk and bovine milk-based products. *J Pediatr* 156, 562-567 (2010).
- 23 Taylor, S.N., Basile, L.A., Ebeling, M., & Wagner, C.L. Intestinal permeability in preterm infants by feeding type: Mother's milk versus formula. *Breastfeed Med* 4, 11-15 (2009).
- 24 Newburg, D.S. & Walker, W.A. Protection of the neonate by the innate immune system of developing gut and of human milk. *Pediatr Res* 61, 2-8 (2007).
- 25 Hanson, L.A. The role of breastfeeding in the defense of the infant in *Textbook of human lactation* (eds. Hale, T.W. & Hartmann, P.E.) 159-192 (Hale Publishing LLP, Amarillo TX, 2007).
- 26 Hassiotou, F. & Geddes, D. Anatomy of the human mammary gland: Current status of knowledge. *Clin Anat* 26, 29-48 (2013).
- 27 Hassiotou, F. et al. Breastmilk is a novel source of stem cells with multilineage differentiation potential. *Stem Cells* 30, 2164-2174 (2012).
- 28 Bode, L. Human milk oligosaccharides: Every baby needs a sugar mama. *Glycobiology* 22, 1147-1162 (2012).
- 29 Garrido, D., Kim, J.H., German, J.B., Raybould, H.E., & Mills, D.A. Oligosaccharide binding proteins from *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis* reveal a preference for host glycans. *PLoS One* 6, e17315 (2011).
- 30 Sela, D.A. et al. An infant-associated bacterial commensal utilizes breast milk sialyloligosaccharides. *J Biol Chem* 286, 11909-11918 (2011).
- 31 Wu, S., Grimm, R., German, J.B., & Lebrilla, C.B. Annotation and structural analysis of sialylated human milk oligosaccharides. *J Proteome Res* 10, 856-868 (2011).
- 32 Etzold, S. & Bode, L. Glycan-dependent viral infection in infants and the role of human milk oligosaccharides. *Curr Opin Virol* 7, 101-107 (2014).
- 33 Caicedo, R.A., Schanler, R.J., Li, N., & Neu, J. The developing intestinal ecosystem: Implications for the neonate. *Pediatr Res* 58, 625-628 (2005).
- 34 Claud, E.C. Probiotics and neonatal necrotizing enterocolitis. *Anaerobe* 17, 180-185 (2011).
- 35 Claud, E.C. & Walker, W.A. Hypothesis: Inappropriate colonization of the premature intestine can cause neonatal necrotizing enterocolitis. *FASEB J* 15, 1398-1403 (2001).
- 36 Schanler, R.J. Evaluation of the evidence to support current recommendations to meet the needs of premature infants: The role of human milk. *Am J Clin Nutr* 85, 625S-628S (2007).
- 37 Schanler, R.J. The use of human milk for premature infants. *Pediatr Clin North Am* 48, 207-219 (2001).
- 38 Gartner, L.M. et al. Breastfeeding and the use of human milk. *Pediatrics* 115, 496-506 (2005).
- 39 Kuschel, C.A. & Harding, J.E. Multicomponent fortified human milk for promoting growth in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev* CD000343, 1-45 (2004).

- 40 Hanson, L.A. Immunobiology of human milk: How breastfeeding protects babies (Pharmasoftware Publishing, Amarillo Texas, 2004).
- 41 Arnold, R.R., Brewer, M., & Gauthier, J.J. Bactericidal activity of human lactoferrin: sensitivity of a variety of microorganisms. *Infect Immun* 28, 893-898 (1980).
- 42 Lönnerdal, B. & Lien, E.L. Nutritional and physiologic significance of alpha-lactalbumin in infants. *Nutr Rev* 61, 295-305 (2003).
- 43 Svensson, K., Lange, S., Lonnroth, I., Widstrom, A.M., & Hanson, L.A. Induction of anti-secretory factor in human milk may prevent mastitis. *Acta Paediatr* 93, 1228-1231 (2004).
- 44 Zaman, S., Mannan, J., Lange, S., Lonnroth, I., & Hanson, L.A. B 221, a medical food containing antiseecretory factor reduces child diarrhoea: a placebo controlled trial. *Acta Paediatr* 96, 1655-1659 (2007).
- 45 Field, C.J. The immunological components of human milk and their effect on immune development in infants. *J Nutr* 135, 1-4 (2005).
- 46 King, C. & Jones, E. The Benefits of Human Milk for the Preterm Baby in Feeding and Nutrition in the Preterm Infant (eds. Jones, E. & King, C.) 1-13 (Elsevier Churchill Livingstone, Oxford, 2005).
- 47 Hernell, O., Ward, H., Blackberg, L., & Pereira, M.E. Killing of *Giardia lamblia* by human milk lipases: An effect mediated by lipolysis of milk lipids. *J Infect Dis* 153, 715-720 (1986).
- 48 Armogida, S.A., Yannaras, N.M., Melton, A.L., & Srivastava, M.D. Identification and quantification of innate immune system mediators in human breast milk. *Allergy Asthma Proc* 25, 297-304 (2004).
- 49 Murakami, M., Dorschner, R.A., Stern, L.J., Lin, K.H., & Gallo, R.L. Expression and secretion of cathelicidin antimicrobial peptides in murine mammary glands and human milk. *Pediatr Res* 57, 10-15 (2005).
- 50 Kleinman, R.E. & Walker, W.A. The enteromammary immune system: an important new concept in breast milk host defense. *Dig Dis Sci* 24, 876-882 (1979).
- 51 Newburg, D.S. et al. Role of human-milk lactadherin in protection against symptomatic rotavirus infection. *Lancet* 351, 1160-1164 (1998).
- 52 Johnson, T.J., Patel, A.L., Bigger, H.R., Engstrom, J.L., & Meier, P.P. Economic benefits and costs of human milk feedings: A strategy to reduce the risk of prematurity-related morbidities in very-low-birth-weight infants. *Adv Nutr* 5, 207-212 (2014).
- 53 Tudehope, D.I. Human milk and the nutritional needs of preterm infants. *J Pediatr* 162, S17-S25 (2013).
- 54 Boo, N.Y., Nordiah, A.J., Alfizah, H., Nor-Rohaini, A.H., & Lim, V.K. Contamination of breast milk obtained by manual expression and breast pumps in mothers of very low birthweight infants. *J Hosp Infect* 49, 274-281 (2001).
- 55 Novak, F.R., Da Silva, A.V., Hagler, A.N., & Figueiredo, A.M. Contamination of expressed human breast milk with an epidemic multiresistant *Staphylococcus aureus* clone. *J Med Microbiol* 49, 1109-1117 (2000).
- 56 Carroll, L., Osman, M., Davies, D.P., & McNeish, A.S. Bacteriology of raw breast milk. *Lancet* 2, 1186 (1979).
- 57 Eidelman, A.I. & Szilagyi, G. Patterns of bacterial colonization of human milk. *Obstet Gynecol* 53, 550-552 (1979).
- 58 Thompson, N., Pickler, R.H., Munro, C., & Shotwell, J. Contamination in expressed breast milk following breast cleansing. *J Hum Lact* 13, 127-130 (1997).
- 59 Cabrera-Rubio, R. et al. The human milk microbiome changes over lactation and is shaped by maternal weight and mode of delivery. *Am J Clin Nutr* 96, 544-551 (2012).
- 60 Jeurink, P.V. et al. Human milk: A source of more life than we imagine. *Benef Microbes* 4, 17-30 (2013).
- 61 Perez, P.F. et al. Bacterial imprinting of the neonatal immune system: Lessons from maternal cells? *Pediatrics* 119, e724-e732 (2007).
- 62 Carroll, L., Osman, M., Davies, D.P., & McNeish, A.S. Bacteriological criteria for feeding raw breast-milk to babies on neonatal units. *Lancet* 2, 732-733 (1979).
- 63 Shetty, A., Barnes, R., Adappa, R., & Doherty, C. Quality control of expressed breast milk. *J Hosp Infect* 62, 253-254 (2006).
- 64 Godambe, S., Shah, P.S., & Shah, V. Breast milk as a source of late onset neonatal sepsis. *Pediatr Infect Dis J* 24, 381-382 (2005).
- 65 Engür, D. et al. A milk pump as a source for spreading *Acinetobacter baumannii* in a neonatal intensive care unit. *Breastfeed Med* 9, 551-554 (2014).
- 66 Human Milk Banking Association of North America 2011 Best practice for expressing, storing and handling human milk in hospitals, homes, and child care settings (HMBANA, Fort Worth, 2011).
- 67 el-Mohandes, A.E., Keiser, J.F., Johnson, L.A., Refat, M., & Jackson, B.J. Aerobes isolated in fecal microflora of infants in the intensive care nursery: Relationship to human milk use and systemic sepsis. *Am J Infect Control* 21, 231-234 (1993).
- 68 Schanler, R.J. et al. Breastmilk cultures and infection in extremely premature infants. *J Perinatol* 31, 335-338 (2011).
- 69 el-Mohandes, A.E., Schatz, V., Keiser, J.F., & Jackson, B.J. Bacterial contaminants of collected and frozen human milk used in an intensive care nursery. *Am J Infect Control* 21, 226-230 (1993).
- 70 Becker, G.E., McCormick, F.M., & Renfrew, M.J. Methods of milk expression for lactating women (Review). *Cochrane Database Syst Rev* 1-46 (2008).
- 71 Pittard, W.B., Geddes, K.M., Brown, S., Mintz, S., & Hulsey, T.C. Bacterial contamination of human milk: container type and method of expression. *Am J Perinatol* 8, 25-27 (1991).
- 72 Olver, W.J., Bond, D.W., Boswell, T.C., & Watkin, S.L. Neonatal group B streptococcal disease associated with infected breast milk. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 83, F48-F49 (2000).
- 73 Byrne, P.A., Miller, C., & Justus, K. Neonatal group B streptococcal infection related to breast milk. *Breastfeed Med* 1, 263-270 (2006).
- 74 Botsford, K.B. et al. Gram-negative bacilli in human milk feedings: Quantitation and clinical consequences for premature infants. *J Pediatr* 109, 707-710 (1986).
- 75 Cooke, R.P., Devlin, J., & Robinson, M.J. Breast milk and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J Hosp Infect* 10, 312 (1987).
- 76 Widger, J., O'Connell, N.H., & Stack, T. Breast milk causing neonatal sepsis and death. *Clin Microbiol Infect* 16, 1796-1798 (2010).
- 77 Goldman, A.S. Immunologic system in human milk. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 5, 343-345 (1986).
- 78 Ng, D.K., Lee, S.Y., Leung, L.C., Wong, S.F., & Ho, J.C. Bacteriological screening of expressed breast milk revealed a high rate of bacterial contamination in Chinese women. *J Hosp Infect* 58, 146-150 (2004).

- 79 Boer,H.R., Anido,G., & Macdonald,N. Bacterial colonization of human milk. *South Med J* 74, 716-718 (1981).
- 80 Berardi,A. et al. Group B streptococcus late-onset disease: 2003-2010. *Pediatrics* 131, e361-e368 (2013).
- 81 Davanzo,R. et al. To feed or not to feed? Case presentation and best practice guidance for human milk feeding and group B streptococcus in developed countries. *J Hum Lact* 29, 452-457 (2013).
- 82 Jawa,G., Hussain,Z., & da,S.O. Recurrent late-onset group B Streptococcus sepsis in a preterm infant acquired by expressed breastmilk transmission: a case report. *Breastfeed Med* 8, 134-136 (2013).
- 83 Cossey,V., Johansson,A.B., de,H., V, & Vanhole,C. The use of human milk in the neonatal intensive care unit: Practices in Belgium and Luxembourg. *Breastfeed Med* 7, 302-306 (2012).
- 84 Omarsdottir,S., Casper,C., Akerman,A., Polberger,S., & Vanpee,M. Breastmilk handling routines for preterm infants in Sweden: A national cross-sectional study. *Breastfeed Med* 3, 165-170 (2008).
- 85 National Institute for Health and Care Excellence. Donor milk banks: The operation of donor milk bank services. 2010. <http://www.nice.org.uk/guidance/CG93/chapter/1-Guidance> (2014).
- 86 Balmer S.E. & Williams A.F. Guidelines for the establishment and operation of human milk banks in the UK. *Arch Dis Child* 73, 481-482 (1995).
- 87 Czank,C., Prime,D.K., Hartmann,B., Simmer,K., & Hartmann,P.E. Retention of the immunological proteins of pasteurized human milk in relation to pasteurizer design and practice. *Pediatr Res* 66, 374-379 (2009).
- 88 Czank,C., Simmer,K., & Hartmann,P.E. Simultaneous pasteurization and homogenization of human milk by combining heat and ultrasound: effect on milk quality. *J Dairy Res* 77, 183-189 (2010).
- 89 Quan,R. et al. Effects of microwave radiation on anti-infective factors in human milk. *Pediatrics* 89, 667-669 (1992).
- 90 Sigman,M., Burke,K.I., Swarner,O.W., & Shavlik,G.W. Effects of microwaving human milk: Changes in IgA content and bacterial count. *J Am Diet Assoc* 89, 690-692 (1989).
- 91 Christen,L., Lai,C.T., Hartmann,B., Hartmann,P.E., & Geddes,D.T. The effect of UV-C pasteurization on bacteriostatic properties and immunological proteins of donor human milk. *PLoS One* 8, e85867 (2013).
- 92 Capretti,M.G. et al. Very low birth weight infants born to Cytomegalovirus-seropositive mothers fed with their mother's milk: A prospective study. *J Pediatr* 154, 842-848 (2009).
- 93 Sharland,M., Khare,M., & Bedford-Russell,A. Prevention of postnatal Cytomegalovirus infection in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 86, F140 (2002).
- 94 Meier,J. et al. Human Cytomegalovirus reactivation during lactation and mother-to-child transmission in preterm infants. *J Clin Microbiol* 43, 1318-1324 (2005).
- 95 Sabbaj,S. et al. Breast milk-derived antigen-specific CD8+ T cells: An extralymphoid effector memory cell population in humans. *J Immunol* 174, 2951-2956 (2005).
- 96 Pignatelli,S., Dal,M.P., Rossini,G., & Landini,M.P. Genetic polymorphisms among human Cytomegalovirus (HCMV) wild-type strains. *Rev Med Virol* 14, 383-410 (2004).
- 97 Hale,T.W. & Rowe,H.E. Medications and mothers' milk (Hale Publishing, Plano TX, 2014).
- 98 Read,J.S. Prevention of mother-to-child transmission of HIV through breast milk. *Pediatr Infect Dis J* 27, 649-650 (2008).
- 99 Biggar,R.J. et al. Human leukocyte antigen concordance and the transmission risk via breast-feeding of human T cell lymphotropic virus type I. *J infect Dis* 193, 277-282 (2006).
- 100 Shi,Z. et al. Breastfeeding of newborns by mothers carrying hepatitis B virus: a meta-analysis and systematic review. *Arch Pediatr Adolesc Med* 165, 837-846 (2011).
- 101 Jim,W.T. et al. Transmission of Cytomegalovirus from mothers to preterm infants by breast milk. *Pediatr Infect Dis J* 23, 848-851 (2004).
- 102 Miron,D. et al. Incidence and clinical manifestations of breast milk-acquired Cytomegalovirus infection in low birth weight infants. *J Perinatol* 25, 299-303 (2005).
- 103 Read,J.S., Cannon,M.J., Stanberry,L.R., & Schuval,S. Prevention of mother-to-child transmission of viral infections. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care* 38, 274-297 (2008).
- 104 Human Milk Banking Association of North America 2011 Guidelines for establishment and operation of a donor human milk bank (HMBANA, Fort Worth, 2011).
- 105 Grøvslien,A.H. & Grønn,M. Donor milk banking and breastfeeding in Norway. *J Hum Lact* 25, 206-210 (2009).
- 106 Arnold,L.D. The cost-effectiveness of using banked donor milk in the neonatal intensive care unit: prevention of necrotizing enterocolitis. *J Hum Lact* 18, 172-177 (2002).
- 107 Tan,L., Nielsen,N.H., Young,D.C., & Trizna,Z. Use of antimicrobial agents in consumer products. *Arch Dermatol* 138, 1082-1086 (2002).
- 108 Aiello,A.E., Larson,E.L., & Levy,S.B. Consumer antibacterial soaps: Effective or just risky? *Clin Infect Dis* 45 Suppl 2, S137-S147 (2007).
- 109 Levy,S.B. Antibacterial household products: Cause for concern. *Emerg Infect Dis* 7, 512-515 (2001).
- 110 Larson,E.L., Eke,P.I., Wilder,M.P., & Laughon,B.E. Quantity of soap as a variable in handwashing. *Infect Control* 8, 371-375 (1987).
- 111 Costa,K.M. A comparison of colony counts of breast milk using two methods of breast cleansing. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 18, 231-236 (1989).
- 112 Kac,G. et al. Microbiological evaluation of two hand hygiene procedures achieved by healthcare workers during routine patient care: A randomized study. *J Hosp Infect* 60, 32-39 (2005).
- 113 Pittet,D., Allegranzi,B., & Boyce,J. The World Health Organization guidelines on hand hygiene in health care and their consensus recommendations. *Infect Control Hosp Epidemiol* 30, 611-622 (2009).
- 114 Harrison,W.A., Griffith,C.J., Ayers,T., & Michaels,B. Bacterial transfer and cross-contamination potential associated with paper-towel dispensing. *Am J Infect Control* 31, 387-391 (2003).
- 115 Harrison,W.A., Griffith,C.J., Michaels,B., & Ayers,T. Technique to determine contamination exposure routes and the economic efficiency of folded paper-towel dispensing. *Am J Infect Control* 31, 104-108 (2003).

- 116 Gustafson, D.R. et al. Effects of 4 hand-drying methods for removing bacteria from washed hands: A randomized trial. *Mayo Clin Proc* 75, 705-708 (2000).
- 117 Huang, C., Ma, W., & Stack, S. The hygienic efficacy of different hand-drying methods: A review of the evidence. *Mayo Clin Proc* 87, 791-798 (2012).
- 118 Salisbury, D.M., Hutfilz, P., Treen, L.M., Bollin, G.E., & Gautam, S. The effect of rings on microbial load of health care workers' hands. *Am J Infect Control* 25, 24-27 (1997).
- 119 Trick, W.E. et al. Impact of ring wearing on hand contamination and comparison of hand hygiene agents in a hospital. *Clin Infect Dis* 36, 1383-1390 (2003).
- 120 Hoffman, P.N., Cooke, E.M., McCarville, M.R., & Emmerson, A.M. Micro-organisms isolated from skin under wedding rings worn by hospital staff. *Br Med J (Clin Res Ed)* 290, 206-207 (1985).
- 121 Brown, S.L., Bright, R.A., Dwyer, D.E., & Foxman, B. Breast pump adverse events: Reports to the food and drug administration. *J Hum Lact* 21, 169-174 (2005).
- 122 Jones, B. et al. An outbreak of *Serratia marcescens* in two neonatal intensive care units. *J Hosp Infect* 46, 314-319 (2000).
- 123 D'Amico, C.J., DiNardo, C.A., & Krystofiak, S. Preventing contamination of breast pump kit attachments in the NICU. *J Perinat Neonatal Nurs* 17, 150-157 (2003).
- 124 Gilks, J., Price, E., Hateley, P., Gould, D., & Weaver, G. Pros, cons and potential risks of on-site decontamination methods used on neonatal units for articles indirectly associated with infant feeding, including breast pump collection kits and neonatal dummies. *J Infect Prev* 13, 16-23 (2012).
- 125 Atkinson, A. Decontamination of breast milk collection kits - a change in practice. *Midwives Information Resource Services. Midwifery Digest* 11, 381-383 (2001).
- 126 Cossey, V., Jeurissen, A., Thelissen, M.J., Vanhole, C., & Schuermans, A. Expressed breast milk on a neonatal unit: A hazard analysis and critical control points approach. *Am J Infect Control* 39, 832-838 (2011).
- 127 Meier, P.P., Engstrom, J.L., Mingolelli, S.S., Miracle, D.J., & Kiesling, S. The Rush Mothers' Milk Club: Breastfeeding interventions for mothers with very-low-birth-weight infants. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 33, 164-174 (2004).
- 128 Eglash, A. ABM clinical protocol #8: Human milk storage information for home use for full-term infants (original protocol March 2004; revision #1 March 2010). *Breastfeed Med* 5, 127-130 (2010).
- 129 Stellwagen, L.M., Vaucher, Y.E., Chan, C.S., Montminy, T.D., & Kim, J.H. Pooling expressed breastmilk to provide a consistent feeding composition for premature infants. *Breastfeed Med* 8, 205-209 (2013).
- 130 Zeilhofer, U.B., Frey, B., Zandee, J., & Bernet, V. The role of critical incident monitoring in detection and prevention of human breast milk confusions. *Eur J Pediatr* 168, 1277-1279 (2009).
- 131 Dougherty, D. & Nash, A. Bar coding from breast to baby: A comprehensive breast milk management system for the NICU. *Neonatal Netw* 28, 321-328 (2009).
- 132 Drenckpohl, D., Bowers, L., & Cooper, H. Use of the six sigma methodology to reduce incidence of breast milk administration errors in the NICU. *Neonatal Netw* 26, 161-166 (2007).
- 133 Goldblum, R. et al. Human milk Banking: I. Effects of container upon immunologic factors in mature milk. *Nutr Res* 1, 449-459 (1981).
- 134 Williamson, M.T. & Murti, P.K. Effects of storage, time, temperature, and composition of containers on biologic components of human milk. *J Hum Lact* 12, 31-35 (1996).
- 135 Hopkinson, J., Garza, C., & Asquith, M.T. Human milk storage in glass containers. *J Hum Lact* 6, 104-105 (1990).
- 136 vom Saal, F.S. & Hughes, C. An extensive new literature concerning low-dose effects of bisphenol A shows the need for a new risk assessment. *Environ Health Perspect* 113, 926-933 (2005).
- 137 Igumbor, E.O., Mukura, R.D., Makandiramba, B., & Chihota, V. Storage of breast milk: Effect of temperature and storage duration on microbial growth. *Cent Afr J Med* 46, 247-251 (2000).
- 138 Slutzah, M., Codipilly, C.N., Potak, D., Clark, R.M., & Schanler, R.J. Refrigerator storage of expressed human milk in the neonatal intensive care unit. *J Pediatr* 156, 26-28 (2010).
- 139 Nwankwo, M.U., Ofor, E., Okolo, A.A., & Omene, J.A. Bacterial growth in expressed breast-milk. *Ann Trop Paediatr* 8, 92-95 (1988).
- 140 Hamosh, M., Ellis, L., Pollock, D., Henderson, T., & Hamosh, P. Breastfeeding and the working mother: Effect of time and temperature of short-term storage on proteolysis, lipolysis, and bacterial growth in milk. *Pediatrics* 97, 492-498 (1996).
- 141 Molinari, C., Casadio, Y.S., Arthur, P.G., & Hartmann, P.E. The effect of storage at 25° C on proteins in human milk. *Internat Diary J* 21, 286-293 (2011).
- 142 Ferranti, P. et al. Casein proteolysis in human milk: Tracing the pattern of casein breakdown and the formation of potential bioactive peptides. *J Dairy Res* 71, 74-87 (2004).
- 143 Lawrence, R. Storage of human milk and the influence of procedures on immunological components of human milk. *Acta Paediatr Suppl* 88, 14-18 (1999).
- 144 Sosa, R. & Barnes, L. Bacterial growth in refrigerated human milk. *Am J Dis Child* 141, 111-112 (1987).
- 145 Ogundele, M.O. Effects of storage on the physicochemical and antibacterial properties of human milk. *Brit J Biomed Sci* 59, 205 (2002).
- 146 Martinez-Costa, C. et al. Effects of refrigeration on the bactericidal activity of human milk: A preliminary study. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 45, 275-277 (2007).
- 147 Silvestre, D., Lopez, M.C., March, L., Plaza, A., & Martinez-Costa, C. Bactericidal activity of human milk: Stability during storage. *Br J Biomed Sci* 63, 59-62 (2006).
- 148 Marin, M.L. et al. Cold storage of human milk: Effect on its bacterial composition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 49, 343-348 (2009).
- 149 Takki, S. et al. Effects of freezing on the bactericidal activity of human milk. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 55, 146-149 (2012).
- 150 Pardou, A., Serruys, E., Mascart-Lemone, F., Dramaix, M., & Vis, H.L. Human milk banking: influence of storage processes and of bacterial contamination on some milk constituents. *Biol Neonate* 65, 302-309 (1994).
- 151 Hernandez, J., Lemons, P., Lemons, J., & Todd, J. Effect of storage processes on the bacterial growth-inhibiting activity of human breast milk. *Pediatrics* 63, 597-601 (1979).

- 152 Rechtman,D.J., Lee,M.L., & Berg,H. Effect of environmental conditions on unpasteurized donor human milk. *Breastfeed Med* 1, 24-26 (2006).
- 153 Friend,B.A., Shahani,K.M., Long,C.A., & Vaughn,L.A. The effect of processing and storage on key enzymes, B vitamins, and lipids of mature human milk. I. Evaluation of fresh samples and effects of freezing and frozen storage. *Pediatr Res* 17, 61-64 (1983).
- 154 Evans,T.J., Ryley,H.C., Neale,L.M., Dodge,J.A., & Lewarne,V.M. Effect of storage and heat on antimicrobial proteins in human milk. *Arch Dis Child* 53, 239-241 (1978).
- 155 Buss,I.H., McGill,F., Darlow,B.A., & Winterbourn,C.C. Vitamin C is reduced in human milk after storage. *Acta Paediatr* 90, 813-815 (2001).
- 156 Bank,M.R., Kirksey,A., West,K., & Giacoia,G. Effect of storage time and temperature on folacin and vitamin C levels in term and preterm human milk. *Am J Clin Nutr* 41, 235-242 (1985).
- 157 Barash,J.R., Hsia,J.K., & Arnon,S.S. Presence of soil-dwelling clostridia in commercial powdered infant formulas. *J Pediatr* 156, 402-408 (2010).
- 158 WHO. Safe preparation, storage and handling of powdered infant formula guidelines (WHO Press, Geneva, 2007).
- 159 Chan,G.M. Effects of powdered human milk fortifiers on the antibacterial actions of human milk. *J Perinatol* 23, 620-623 (2003).
- 160 Chan,G.M., Lee,M.L., & Rechtman,D.J. Effects of a human milk-derived human milk fortifier on the antibacterial actions of human milk. *Breastfeed Med* 2, 205-208 (2007).
- 161 Santiago,M.S., Codipilly,C.N., Potak,D.C., & Schanler,R.J. Effect of human milk fortifiers on bacterial growth in human milk. *J Perinatol* 25, 647-649 (2005).
- 162 American Academy of Pediatrics - Committee on Nutrition. Nutritional needs of low-birth-weight infants. *Pediatrics* 75, 976-986 (1985).
- 163 Cristofalo,E.A. et al. Randomized trial of exclusive human milk versus preterm formula diets in extremely premature infants. *J Pediatr* 163, 1592-1595 (2013).
- 164 Lapillonne,A., O'Connor,D.L., Wang,D., & Rigo,J. Nutritional recommendations for the late-preterm infant and the preterm infant after hospital discharge. *J Pediatr* 162, S90-100 (2013).
- 165 Jocson,M.A., Mason,E.O., & Schanler,R.J. The effects of nutrient fortification and varying storage conditions on host defense properties of human milk. *Pediatrics* 100, 240-243 (1997).
- 166 Janjindamai,W. & Chotsampancharoen,T. Effect of fortification on the osmolality of human milk. *J Med Assoc Thai* 89, 1400-1403 (2006).
- 167 Fenton,T.R. & Belik,J. Routine handling of milk fed to preterm infants can significantly increase osmolality. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 35, 298-302 (2002).
- 168 Diehl-Jones,W., Askin,D.F., & Friel,J.K. Microlipid-induced oxidative stress in human breastmilk: In vitro effects on intestinal epithelial cells. *Breastfeed Med* 2, 209-218 (2007).
- 169 Nilsson,K. Maintenance and monitoring of body temperature in infants and children. *Paediatr Anaesth* 1, 13-20 (1991).
- 170 Knobel,R. & Holditch-Davis,D. Thermoregulation and heat loss prevention after birth and during neonatal intensive-care unit stabilisation of extremely low-birthweight infants. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 36, 280-287 (2007).
- 171 Eckburg,J.J., Bell,E.F., Rios,G.R., & Wilmoth,P.K. Effects of formula temperature on postprandial thermogenesis and body temperature of premature infants. *J Pediatr* 111, 588-592 (1987).
- 172 Dumm,M., Hamms,M., Sutton,J., & Ryan-Wenger,N. NICU breast milk warming practices and the physiological effects of breast milk feeding temperatures on preterm infants. *Adv Neonatal Care* 13, 279-287 (2013).
- 173 Gonzales,I., Durvea,E.J., Vasquez,E., & Geraghty,N. Effect of enteral feeding temperature on feeding tolerance in preterm infants. *Neonatal Netw* 14, 39-43 (1995).
- 174 Costalos,C., Ross,I., Campbell,A.G., & Sofi,M. Is it necessary to warm infants' feeds? *Arch Dis Child* 54, 899-901 (1979).
- 175 Anderson,C.A. & Berseth,C.L. Neither motor responses nor gastric emptying vary in response to formula temperature in preterm infants. *Biol Neonate* 70, 265-270 (1996).
- 176 Lawlor-Klean,P., Lefaiver,C.A., & Wiesbrock,J. Nurses' perception of milk temperature at delivery compared to actual practice in the neonatal intensive care unit. *Adv Neonatal Care* 13, E1-E10 (2013).
- 177 Büyükyavuz,B.I., Adiloglu,A.K., Onal,S., Cubukcu,S.E., & Cetin,H. Finding the sources of septicemia at a neonatal intensive care unit: Newborns and infants can be contaminated while being fed. *Jap J Infect Dis* 59, 213-215 (2006).
- 178 Molina-Cabrillana,J. et al. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections in a neonatal care unit associated with feeding bottles heaters. *Am J Infect Control* 41, e7-e9 (2013).
- 179 Squier,C., Yu,V.L., & Stout,J.E. Waterborne nosocomial infections. *Curr Infect Dis Rep* 2, 490-496 (2000).
- 180 Sehulster,L. & Chinn,R.Y. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Recomm Rep* 52, 1-42 (2003).
- 181 The Regulation and Quality Improvement Authority. Independent review of incidents of *Pseudomonas aeruginosa* infection in neonatal units in Northern Ireland - Final report (2012).
- 182 Handa,D. et al. Do thawing and warming affect the integrity of human milk?. *J Perinatol* 34, 863-866 (2014).

**Medela AG**

Lättichstrasse 4b
6341 Baar, Switzerland
www.medela.com

Germany & Austria

Medela Medizintechnik
GmbH & Co. Handels KG
Postfach 1148
85378 Eching
Germany
Phone +49 89 31 97 59-0
Fax +49 89 31 97 59 99
info@medela.de
www.medela.de

Im März 2015 aktualisiert

Hinweis: Dieses Dokument ist nicht für den US-Markt vorgesehen.