

Rohmilch und Rohmilchprodukte beeinflussen die menschliche Gesundheit – eine Literaturbesprechung

Hans-Peter Bachmann, Marie-Therese Fröhlich und Walter Bisig

Agroscope, Liebefeld, 3003 Bern

Auskünfte: Hans-Peter Bachmann, E-Mail: hans-peter.bachmann@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs11-124> Publikationsdatum: 19. Juni 2020



Abb. 1 | Rund 400 sogenannte «Milchautomaten» stehen in der ganzen Schweiz. Hier können die Konsumentinnen und Konsumenten während 24 Stunden auf Knopfdruck Rohmilch beziehen.

Zusammenfassung

Rohmilch und Rohmilchprodukte können unsere Gesundheit in positiver und negativer Hinsicht beeinflussen. Es ist wichtig, die negativen Auswirkungen nicht zu überschätzen und die positiven Effekte nicht zu unterschätzen. Das Wissen über die sichere Rohmilchproduktion hat sich in den letzten Jahren stark verbessert, und die für den Rohmilch-Verkauf zertifizierten Bauern produzieren heute eine Rohmilch mit einer hygienischen Qualität, die der pasteurisierten Milch nahekommt. Auch bestehen heute genügend Erkenntnisse um Rohmilchkäse herzustellen, die eine mit Käse aus pasteurisierter Milch vergleichbare Lebensmittelsicherheit aufweisen. Der Verzehr von Rohmilch und Rohmilchprodukten in der Kindheit reduziert das Risiko für Asthma, Heuschnupfen und Allergien und schützt vor Nasen-, Ohren- und Atemwegsinfektionen,

wie eine Vielzahl von epidemiologischen Studien gezeigt haben. Wegen der grossen mikrobiellen Diversität wirken sich Rohmilch und Rohmilchprodukte positiv auf die Vielfalt des Darmmikrobioms aus. Die Mikroben im Darm haben viele Wirkungen auf den Menschen: zusätzlich zu den immunologischen Funktionen, der Produktion von Vitaminen und dem Abbau von Nahrungsfasern besitzen sie metabolische Eigenschaften, die an der Prävention von Fettleibigkeit und Herz-Kreislauf-Erkrankungen beteiligt sind und sie können sogar unsere psychische Gesundheit positiv beeinflussen. Für all diese Funktionen ist eine möglichst hohe Vielfalt des im Darm vorhandenen Mikrobioms unerlässlich.

Key words: raw milk, raw milk cheese, protective effects, nutritional quality, risks and benefits.

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist ein starker Wunsch nach Natürlichkeit entstanden, und viele Konsumentinnen und Konsumenten zeigen eine zunehmende Vorliebe für natürliche Lebensmittel. Die Natürlichkeit von Lebensmitteln ist ein abstraktes Konstrukt, das schwer zu definieren und zu messen ist. Für viele Konsumentinnen und Konsumenten ist es gleichbedeutend mit dem Einkaufen auf Bauernmärkten, dem Kauf von Bio-Lebensmitteln sowie dem Verzehr von saisonalen und minimal verarbeiteten Lebensmitteln. Die Nachfrage nach Rohmilch und Rohmilchprodukten folgt diesem Trend (Román, Sánchez-Siles *et al.* 2017). Aus wissenschaftlicher Sicht impliziert die Natürlichkeit von Lebensmitteln nicht ohne weiteres deren hygienische Sicherheit, eine positive Wirkung auf die Gesundheit und einen angenehmen Geschmack (Melini, Melini *et al.* 2017).

Bei der Abwägung von negativen und positiven Auswirkungen des Konsums von Rohmilch und Rohmilchprodukten auf die menschliche Gesundheit besteht die Schwierigkeit darin, dass es bei den Risiken häufig um eher kurzfristige Wirkungen mit einer klaren Ursache geht, wie z.B. mikrobielle Lebensmittelvergiftungen. Die positiven Wirkungen sind zumeist langfristiger und multifaktorieller Natur, was wesentlich schwieriger zu dokumentieren und zu quantifizieren ist (Bachmann, Lüscher Bertocco *et al.* 2019).

Zunahme von Allergien

Asthma und Allergien haben in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen, insbesondere in den westlichen Ländern (Brooks, Pearce *et al.* 2013). Der beobachtete Anstieg der Inzidenz (Neuerkrankungsrate in einem definierten Zeitraum) und Prävalenz (Häufigkeit einer Krankheit in einer Bevölkerung zu einem gegebenen Zeitpunkt) atopischer Störungen (Überempfindlichkeitsreaktionen) ist innerhalb einer zu kurzen Zeitspanne eingetreten, um mit einer genetischen Veränderung in der Bevölkerung erklärt werden zu können. Daher ist davon auszugehen, dass Umwelt- und/oder Lebensstiländerungen wesentlich zu diesem Trend beigetragen haben. Die «Hygiene-Hypothese» postuliert, dass eine geringere Inzidenz von Infektionen als Folge von mangelndem Kontakt mit infektiösem Material in der Kindheit den Anstieg allergischer Erkrankungen fördern könnte (Strachan 1989).

Einer der konsistentesten epidemiologischen Befunde ist, dass in ländlichen oder landwirtschaftlichen Gebieten lebende Probanden eine geringere Prävalenz von Allergien aufweisen als solche aus städtischen Gebie-

ten. Speziell das Leben auf Bauernhöfen mit Tierhaltung kann ein hochwirksamer Schutz vor Allergien sein, welcher mit der hohen mikrobiellen Diversität und dem Lebensstil erklärt wird (Schröder, Li *et al.* 2015). Eine Gruppe am Universitätsspital Genf zeigte in einer Studie, dass eine Bauernhofumgebung im Vergleich zum Labor den Mäusen einen viel besseren Schutz vor Allergien verlieh. Die durch die Tierhaltung geschaffene mikrobiologische Vielfalt war ausschlaggebend für die Entwicklung dieses Schutzes (Frossard, Lazarevic *et al.* 2017). Mehrere Studien, welche die Auswirkungen eines diversen Mikrobioms auf die Modulation des Immunsystems untersuchten, unterstützen die Hypothese, dass die mikrobielle Vielfalt wichtig für eine angemessene Reaktion des Immunsystems ist (Schröder, Li *et al.* 2015).

Regulation des Immunsystems

Neben dem regelmässigen Kontakt mit einem diversen Mikrobiom kann auch der Verzehr von Rohmilch in der frühen Kindheit das Risiko für Asthma, Heuschnupfen und Allergien reduzieren und zudem vor Nasen-, Ohren- und Atemwegsinfektionen schützen, wie eine Vielzahl von epidemiologischen Studien gezeigt haben (Waser, Michels *et al.* 2007, Braun-Fahrlander und von Mutius 2011, Stallmach 2017). Schröder *et al.* (2015) haben die wichtigsten Ergebnisse vor 2015 zusammengefasst (Tab. 1). Eine aktuellere Studie mit mehr als 8000 schulpflichtigen Kindern in Deutschland, Österreich und der Schweiz zeigte, dass der Konsum von Rohmilch das Risiko von Asthma, Heuschnupfen und Atopien um 30 bis 50 % reduziert (Loss, Depner *et al.* 2015). Der Verzehr von Rohmilch wird als eigenständiger einzelner Schutzfaktor gegen immunbedingte Erkrankungen bei Kleinkindern angesehen (Sozanska 2019). Epidemiologische Ergebnisse, welche eine Schutzwirkung der Rohmilch vor Allergien und Asthma bei Kindern zeigten, konnten auch in Tierversuchen bestätigt werden (Abbring, Verheijden *et al.* 2017, Abbring, Kusche *et al.* 2019). ω -3-Fettsäuren verstärken die protektive Wirkung von Rohmilch. Sie kommen in Milch von Kühen, die mit Wiesenfutter gefüttert werden, in höheren Mengen vor als in der Milch von Kühen, die vor allem mit Kraftfutter und Silomais versorgt werden (Brick, Schober *et al.* 2016).

Rohmilch hat eine präventive Wirkung bei Überempfindlichkeit der Atemwege und reduziert die Gesamtzahl der Entzündungszellen wie Eosinophile, Lymphozyten, Neutrophile und Makrophagen in der bronchoalveolären Flüssigkeit (Abbring, Verheijden *et al.* 2017). Die schützende Wirkung von Rohmilch wird teilweise durch regulatorische T-Zellen vermittelt. Diese Zellen haben die Funktion, die Aktivierung des Immunsystems

Tab. 1 | Vergleichende Studien über Kinder aus landwirtschaftlicher und nicht-landwirtschaftlicher Umgebung (nach Schröder et al. 2015)

Studienregion	Anzahl Kinder	Wichtigste Ergebnisse
Schweiz	1620	Die atopische Sensibilisierung war bei Kindern von hauptberuflichen Landwirten geringer.
Deutschland	10163	Kinder von Bauern haben geringere Prävalenzraten von Heuschnupfen, Asthma und Keuchen. Die Exposition in der Tierhaltung war ein signifikanter Schutzfaktor.
China	7077	Kinder aus ländlichen Regionen haben eine deutlich geringere Prävalenz von Asthma und Keuchen.
Äthiopien	12876	Keuchen war bei Kindern auf dem Land viel weniger verbreitet.
Neuseeland	293	Der Konsum von unpasteurisierter Milch war mit einem geringeren Risiko für atopische Dermatitis verbunden.
Österreich, Deutschland, Schweiz	2618	Exposition in Ställen und der Konsum von Rohmilch wurden mit einer geringeren Prävalenz von Asthma, Heuschnupfen und atopischer Sensibilisierung in Verbindung gebracht.
Österreich, Deutschland, Schweiz	16511	Kinder, die auf Bauernhöfen lebten, waren einer grösseren Diversität von Bakterien und Pilzen ausgesetzt. Diese Exposition war mit dem Schutz vor Asthma und damit verbundenen Allergien verbunden.
Österreich, Finnland, Frankreich, Deutschland, Schweiz	922	Die pränatale Exposition in einer landwirtschaftlichen Umgebung war mit einer Reduktion des Nabelschnurblut-IgE gegen saisonale Allergene verbunden.

zu unterdrücken und dadurch die Selbsttoleranz des Immunsystems zu regulieren (Schröder, Illi et al. 2017). Dem Rohmilchkonsum wird auch eine Schutzwirkung bei Laktoseintoleranten Personen zugeschrieben. Es braucht jedoch noch mehr und grössere Studien, um diesen Effekt zu erhärten und den Wirkungsmechanismus zu verstehen (Melini, Melini et al. 2017).

In einer aktuellen Kohorten-Studie hatte der Konsum von Käse bei Kleinkindern eine schützende Wirkung vor Neurodermitis und Nahrungsmittelallergien. Die Autoren schlugen zwei mögliche Erklärungen vor: (1) ein positiver Effekt der mikrobiellen Vielfalt von Käse auf das Darmmikrobiom oder (2) ein potenzieller entzündungshemmender Effekt durch die Hemmung der Produktion von Zytokinen und intestinalen Metaboliten (Nicklaus, Divaret-Chauveau et al. 2019). Die entzündungshemmende Wirkung kann über die zugesetzten Kulturen gesteigert werden, z. B. mit ausgewählten Stämmen von *Propionibacterium freudenreichii* und *Lactobacillus delbrueckii* ssp. (Ple, Breton et al. 2016).

Gesteigertes Wohlbefinden

In einer retrospektiven Online-Umfrage in den USA bewerteten 327 Erwachsene die gesundheitlichen Auswirkungen, nachdem sie ihre Ernährung von pasteurisierter Milch und Milchprodukten auf Rohmilch und Rohmilchprodukte (Rohmilchkäse, Rohmilch-Joghurt) umgestellt hatten. Der Genuss von Rohmilch und Rohmilchprodukten führte zu statistisch hochsignifikant weniger Durchfall, weniger Verstopfung, gesünderer Haut, höherer Abwehrkraft und besserer Stimmung. Am stärksten waren die Effekte bei Menschen mit einem selbst diagnostizierten fragilen Gesundheitszustand und bei Frauen (Baars, Berge et al. 2019). Die Autoren vermuteten den Grund, warum Rohmilch und Rohmilchprodukte das ge-

sundheitliche Befinden bei Erwachsenen verbesserte, in Veränderungen der Zusammensetzung und Funktionsweise des Darmmikrobioms sowie in der Integrität der Darmwand. Eine weitere Studie mit 390 Erwachsenen in Holland zeigte nach deren Umstellung auf Rohmilchprodukte nahezu identische positive Auswirkungen auf die Gesundheit und die Stimmung (Baars, Berge et al. 2019). Der Einfluss der Darmgesundheit auf das psychische Wohlbefinden konnte in vielen Studien gezeigt werden (Gonzalez, Stombaugh et al. 2011, Mayer 2011).

Bedenken bei der Lebensmittelsicherheit

Trotz wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Wirkung von Rohmilch auf unsere Gesundheit raten Behörden und manche Experten wegen Bedenken hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit noch immer vom Konsum von Rohmilch ab (Claeys, Cardoen et al. 2013, Melini, Melini et al. 2017). Gemäss der schweizerischen Lebensmittelgesetzgebung darf Rohmilch nicht zum unmittelbaren Konsum angepriesen oder angeboten werden. Die Abgabestelle ist verpflichtet, über Haltbarkeit, Aufbewahrungsbedingungen und Behandlung von Rohmilch zu informieren (Abb. 2):

- Bei 5 °C oder weniger aufbewahren
- Vor dem Konsum auf mindestens 70 °C erhitzen
- Innerhalb von drei Tagen konsumieren

Ein Verzicht auf die Hitzebehandlung liegt in der Schweiz demnach in der Eigenverantwortung der Konsumierenden.

Das Wissen über die sichere Rohmilchproduktion hat sich in den letzten zehn Jahren jedoch stark verbessert, und die für den Rohmilch-Verkauf zertifizierten Bauern produzieren heute eine Rohmilch mit einer hygienischen



Abb. 2 | Die Vereinigung der Schweizer Milchproduzenten (SMP) bietet interessierten Milchproduzenten Kleber für die Abgabestelle der Rohmilch und ein Merkblatt an.

Qualität, die der pasteurisierten Milch nahekommt (Whitehead und Lake 2018). Eine neue Untersuchung über die deutsche Vorzugsmilch kommt zum Schluss, dass Rohmilch von diesen zertifizierten Betrieben die gleiche Lebensmittelsicherheit aufweist wie pasteurisierte Milch. Dies wird durch die Anwendung einer guten Hygienepaxis und des in der Lebensmittelherstellung üblichen HACCP-Konzeptes erreicht. Das beinhaltet eine Risikoanalyse bezüglich der Konsumenten-Gesundheit und daraus abgeleiteten Kontrollpunkten und Beherrschungsmassnahmen (Berge und Baars 2020). In den USA wurden ab 2005 die Trends bei lebensmittelbedingten Krankheiten analysiert. Seit 2010 ist ein stetiger Rückgang der Rohmilch-bedingten Ausbrüche zu verzeichnen, obwohl der Verbrauch von Rohmilch gestiegen ist. In der EU gab es von 2007 bis 2012 insgesamt 27 dokumentierte Ausbrüche von durch Milch übertragenen Krankheiten, bei welchen ein Zusammenhang mit dem Konsum von roher Konsummilch aufgezeigt werden konnte. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) veröffentlichte deshalb für die öffentliche Gesundheit ein wissenschaftliches Gutachten über die Risiken zum Konsum von roher Milch (EFSA 2015). Das Hauptrisiko sei, dass Rohmilch die pathogenen Bakterien *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., Shigatoxinbildende *Escherichia coli* (STEC), *Brucella melitensis*, *Mycobacterium bovis* und den Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus enthalten, und auch die entsprechenden Erkrankungen auslösen könne. Eine Risikoabschätzung sei aber wegen ungenügender Datenlage nicht möglich. Kontaminationen könnten durch Infektionen im Tierbestand oder im Euter erfolgen, sowie durch Fäkalkontaminationen und Kontaminationen aus der Umgebung.

In jüngerer Zeit wurden auch vereinzelte Fälle der parasitären Cryptosporidiose mit dem Konsum von Rohmilch in Zusammenhang gebracht (Ursini, Moro *et al.* 2020). Berge und Baars (2020) zeigen auf, dass diese Risiken bei der deutschen Vorzugsmilch und ähnlichen Systemen in den USA (*The Raw Milk Institute*) und Kanada (*British Columbia Herdshare Association*) durch gut geschulte Produzenten, gesunde infektionsfreie Herden, das HACCP-Konzept und strikte behördliche oder privatrechtliche Kontrollen beherrscht werden.

Es ist möglich, Rohmilchkäse herzustellen, die eine vergleichbare Lebensmittelsicherheit wie Käse aus pasteurisierter Milch aufweisen (Bachmann, Fröhlich *et al.* 2011). Dazu müssen Hygiene und Prozess bei der Milchproduktion und der Käseherstellung ständig überwacht werden. Die Rohmilchflora kann die Vermehrung von potenziell pathogenen Bakterien durch Konkurrenz um Nährstoffe hemmen, durch Veränderung der Bedingungen (z. B. pH oder Redoxpotenzial) oder mittels der Produktion von Substanzen mit einer Hemmwirkung (z.B. Bacteriocine, organische Säuren oder Wasserstoffperoxid) (Yoon, Lee *et al.* 2016).

Die hohe Qualität der Rohmilch und der Rohmilchkäse und die dadurch bedingte hohe Lebensmittelsicherheit stehen der tieferen Biodiversität im Produkt gegenüber. Dennoch kann von einer positiven Wirkung auf unser Immunsystem ausgegangen werden (Slack, Hapfelmeier *et al.* 2009).

Vielfältige Effekte der Pasteurisation

Die Pasteurisation von Milch bei 72 °C für 15 s oder 63 °C während 30 min wurde in den 1880-er Jahren eingeführt, um die Haltbarkeit von gekühlter Milch von ca. drei auf ca. zehn Tage zu verlängern. Später wurde erkannt, dass mit der Pasteurisation auch pathogene Keime inaktiviert werden und so der Schutz vor Infektionskrankheiten wie z. B. Tuberkulose verbessert werden konnte (Jordan, Smithers *et al.* 2019). Sie ist ausgelegt auf eine Reduktion der pathogenen Keime auf ein akzeptables Niveau in unter schlechten hygienischen Bedingungen gewonnener Milch von infizierten Tieren. Die hitzeresistentesten pathogenen Keime *Mycobacterium tuberculosis* und *Coxiella burnetti* müssen um mindestens fünf 10-er Potenzen reduziert werden (Jordan, Smithers *et al.* 2019).

Epidemiologische Studien bestätigen, dass die schützende Wirkung vor immunbedingten Erkrankungen durch die Erhitzung vermindert wird oder sogar vollständig verloren geht (Loss, Apprich *et al.* 2011). Wie eine optimierte schonende Pasteurisation bei 72 °C und genau 15 s mit rascher Aufwärm- und Abkühlphase die schüt-

zende Wirkung beeinträchtigt, müsste noch genauer untersucht werden. Sehr schonend pasteurisierte Milch enthält noch Mikroorganismen, zudem sind die Proteine und Enzyme weniger stark denaturiert. Die Schweiz ist eines der wenigen Länder, in welchem die Erhitzungsintensität bei der Pasteurisation rechtlich begrenzt ist: das milchoriginäre Enzym Lactoperoxidase muss noch eine Restaktivität aufweisen. Doch auch bei diesen Vorschriften kann 1/3 des hitzeempfindlichen Molkenproteins β -Laktoglobulin denaturiert sein (Bisig 2019).

Molkenproteine sind sehr hitzeempfindlich. Sie verlieren beim Erhitzen ihre biologische Funktion durch Denaturierung, Aggregation und Glykosylierung (Brick, Ege *et al.* 2017). Die Denaturierung beginnt bei ca. 54 °C (Walstra, Wouters *et al.* 2006). Die Pasteurisierung denaturiert einen Teil der bovinen Immunglobuline. Beim Laktoferrin wird die Struktur verändert und der Gehalt an aktivem Laktoferrin gesenkt. In pasteurisierter Milch ist im Vergleich zu Rohmilch der Gehalt an aktivem Wachstumsfaktor TGF- β 1 (TGF = Transforming Growth Factor) reduziert (Peroni, Piacentini *et al.* 2009).

Die alkalische Phosphatase hat eine wichtige entzündungshemmende Wirkung im Darm. Die milchoriginäre alkalische Phosphatase wird bei der Pasteurisation inaktiviert, weshalb sie auch als Indikator für die Pasteurisation genutzt wird (Lallès 2016).

Rohmilch enthält verschiedene Systeme mit antimikrobiellen Eigenschaften, die das Wachstum von Mikroorganismen hemmen und/oder zur Immunität bei Kleinkindern und beim Nachwuchs von Säugetieren beitragen, darunter Enzyme (Lactoperoxidase, Lysozym, Xanthinoxidase) und Proteine (Laktoferrin, Immunglobuline, Bakteriocine). Die Pasteurisierung führt zu einer deutlichen Abnahme der antimikrobiellen Eigenschaften (Claeys, Cardoen *et al.* 2013). Keime, die die Pasteurisation überleben oder nach der Pasteurisation in die Milch gelangen, können sich entsprechend schneller vermehren. Dieser Effekt wird durch die fehlende Konkurrenzflora zusätzlich verstärkt.

Pasteurisation führt zu Abnahmen bei den Vitaminen B₁, B₂, B₁₂, C, E und Folsäure. Unbeeinflusst bleibt der Ge-

halt von Vitamin B₆ und bei Vitamin A wurde sogar eine Zunahme festgestellt. Für die Vitaminversorgung von Bedeutung ist nur die Abnahme des Vitamin B₂ (Macdonald, Brett *et al.* 2011).

Trinkmilch, mit Ausnahme der Demeter-Bio-Produkte, wird bei der Pasteurisation praktisch immer homogenisiert. Bei der Homogenisierung werden die Fettkügelchen unter Druck stark verkleinert, um das Aufräumen zu verhindern. Dieser Prozess verändert die physikalische Struktur des Milchlippes, aber auch der Kasein- und Molkenproteine. Die Aufteilung grosser Fettkügelchen in viele kleine erhöht die Gesamtoberfläche, auf welcher v.a. Kaseinproteine adsorbiert werden. Sie stabilisieren so das homogenisierte Milchlipp und bilden die sekundäre Fettkügelchenmembran. In einer experimentellen Studie mit sensibilisierten Mäusen führte nur homogenisierte Milch zu einer allergischen Reaktion in der Darmwand, was darauf hindeutet, dass eine solche Milchverarbeitung zu einer allergischen Reaktion führen kann (Poulsen, Nielsen *et al.* 1990). Beide Prozess-Schritte, Erhitzung und Homogenisation, verändern die Struktur von Milch derart, dass sie weniger lange im Magen verbleibt und damit weniger Sättigung bewirkt (Mulet-Cabero, Mackie *et al.* 2019).

Schlussfolgerungen

Heute wissen wir, dass die Mikroben im Darm viele Wirkungen auf den Menschen haben: Zusätzlich zu den immunologischen Funktionen, der Produktion von Vitaminen und dem Abbau von Nahrungsfasern besitzen sie metabolische Eigenschaften, die an der Prävention von Fettleibigkeit und Herz-Kreislauf-Erkrankungen beteiligt sind; sie vermögen sogar unsere psychische Gesundheit positiv zu beeinflussen. Für all diese Funktionen ist eine möglichst hohe Vielfalt des im Darm vorhandenen Mikrobioms unerlässlich. Jede Ernährung, die diese Vielfalt begünstigt, fördert damit auch einen ausgewogenen Gesundheitszustand. Wegen der grossen mikrobiellen Diversität wirken sich Rohmilch und Rohmilchprodukte positiv auf die Vielfalt des Darmmikrobioms aus.

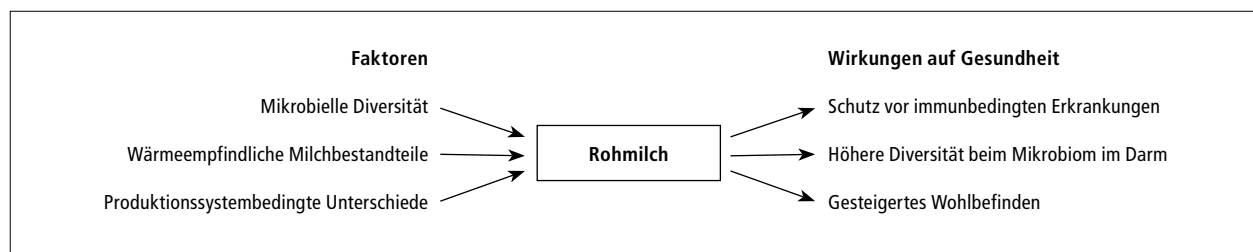


Abb. 3 | Faktoren und gesundheitliche Wirkungen von Rohmilch.

Das Hauptziel der Milcherhitzung besteht darin, den Bakteriengehalt zu reduzieren und die mikrobiologische Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten. Zusätzlich werden auch wärmeempfindliche Milchbestandteile mannigfaltig verändert. Wegen der Reduktion der mikrobiellen Diversität und den Veränderungen von wärmeempfindlichen Milchbestandteilen werden verschiedene positive Wirkungen der Rohmilch auf unsere Gesundheit abgeschwächt oder gehen gar vollständig verloren. Bedeutsam sind auch produktionsbedingte Unterschiede, wie z. B. der höhere Gehalt an ω -3-Fettsäuren. Die Wirkungen auf unsere Gesundheit sind langfristiger und multifaktorieller Natur, was sehr schwierig zu dokumentieren und zu quantifizieren ist (Abb. 3).

Rohmilchkäse ist eine ausgezeichnete Möglichkeit, um viele wertvolle Eigenschaften der Rohmilch zu erhalten und dennoch den aktuellen hohen Anforderungen an

die Lebensmittelsicherheit gerecht zu werden. Wichtig ist dabei zu verstehen, dass es bei der Herstellung von Rohmilchkäse um viel mehr geht als um den Verzicht auf die Pasteurisation. Die Herstellung von Rohmilchkäse ist ein komplexes Produktionssystem und bedingt unter anderem gut geschulte Fachleute, gesunde infektionsfreie Herden, ein glaubwürdiges HACCP-Konzept, eine validierte Hürdenttechnologie und strikte behördliche oder privatrechtliche Kontrollen.

Louis Pasteur selbst – der Namensgeber für die Pasteurisation – verbrachte die meiste Zeit seines Lebens mit der Untersuchung, wie die Qualität von Weinen und Bieren durch komplexe mikrobielle Stoffwechsel beeinflusst wird. Es ist ein grosser Fortschritt, dass neue Methoden für die genomische Charakterisierung des Mikrobioms nun ermöglichen, die Komplexität von rohen Lebensmitteln zu erkennen und zu verstehen. ■

Literatur

- Abbring S., Kusche D., Roos T. C., Diks M. A. P., Hols G., Garssen J., Baars T. & van Esch B.C.A.M., 2019. ‚Milk processing increases the allergenicity of cow’s milk-Preclinical evidence supported by a human proof-of-concept provocation pilot‘, *Clin Exp Allergy*, **49**, 1013-25.
- Abbring S., Verheijden K. A. T., Diks M. A. P., Leusink-Muis A., Hols G., Baars T., Garssen J. & van Esch B.C.A.M., 2017. ‚Raw Cow’s Milk Prevents the Development of Airway Inflammation in a Murine House Dust Mite-Induced Asthma Model‘, *Front Immunol*, **8**, 1045.
- Baars T., Berge A. C., Garssen J. & Verster J. C., 2019a. ‚Effect of raw milk consumption on perceived health, mood and immune functioning among US adults with a poor and normal health: A retrospective questionnaire based study‘, *Complement Ther Med*, **47**, 102196.
- Baars T., Berge A. C., Garssen J. & Verster J. C., 2019b. ‚The impact of raw fermented milk products on perceived health and mood among Dutch adults‘, *Nutrition & Food Science*, **49**: 1195-206.
- Bachmann H.P., Lüscher Bertocco M., & Rime T., 2019. ‚Rohmilchkäse – ein verkantter Super Food‘, *Alimenta*, **24**: 22-23.
- Bachmann H.P., Fröhlich M.T., Jakob E., Roth E., Wechsler D., Beuiver E., & Buchin. S., 2011. ‚Raw Milk Cheeses.‘ in Fuquay J.W., Fox P.F. and McSweeney P.L.H. (eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Academic Press: San Diego).
- Berge A. C., & Baars T., 2020. ‚Raw milk producers with high levels of hygiene and safety‘, *Epidemiology and Infection*, **148**, E14.
- Bisig W. 2019. ‚Trinkmilcharten: Unterschiede in Milchfettgehalt, Haltbarmachung und Nachhaltigkeit‘, *Schweizerische Zeitschrift für Ernährungsmedizin*, **17**: 20-22.
- Braun-Fahrlander C., & von Mutius E., 2011. ‚Can farm milk consumption prevent allergic diseases?‘, *Clin Exp Allergy*, **41**: 29-35.
- Brick T., Ege M., Boeren S., Bock A., von Mutius E., Vervoort J., & Hettlinga K., 2017. ‚Effect of Processing Intensity on Immunologically Active Bovine Milk Serum Proteins‘, *Nutrients*, **9**, 963.
- Brick T., Schober Y., Böcking C., Pekkanen J., Genuneit J., Loss G., Dalphin J. C., Riedler J., Lauener R., Nockher W. A., Renz H., Vaarala O., Braun-Fahrlander C., von Mutius E., Ege M.J., Pfefferle P. I., Karvonen A., Tiittanen P., Dalphin M. L., Schaub B., Depner M., Illi S., & Kabesch M., 2016. ‚ ω -3 fatty acids contribute to the asthma-protective effect of unprocessed cow’s milk‘, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **137**: 1699-706.e13.
- Brooks C., Pearce N., & Douwes J., 2013. ‚The hygiene hypothesis in allergy and asthma: an update‘, *Curr Opin Allergy Clin Immunol*, **13**: 70-7.
- Claeys L., Cardoen S., Daube G., De Block J., Dewettinck K., Dierick K., De Zutter L., Huyghebaert A., Imberechts H., Thiange P., Vandenplas Y., & Herman L., 2013. ‚Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits‘, *Food Control*, **31**: 251-62.
- EFSA, Panel on Biological Hazards (BIOHAZ Panel). 2015. ‚Scientific Opinion on the public health risks related to the consumption of raw drinking milk‘, *EFSA Journal*, **13**: 3940.
- Frossard C.P., Lazarevic V., Gaia N., Leo S., Doras C., Habre W., Schrenzel J., Burger D., & Eigenmann P.A., 2017. ‚The farming environment protects mice from allergen-induced skin contact hypersensitivity. Wie Stalldreck vor Allergien schützt‘, *Clin Exp Allergy*, **47**: 805-814.
- Gonzalez A., Stombaugh J., Lozupone C., Turnbaugh P. J., Gordon J. I., & Knight R., 2011. ‚The mind-body-microbial continuum‘, *Dialogues in clinical neuroscience*, **13**: 55-62.
- Jordan K., Smithers G., Narvhus J., Farhang B., Robertson R., Bourdichon F., Dornom H., Tong P., Everett D.W., Saylor A., Heggum C., Farrokh C., & Bisig W., 2019. ‚The technology of pasteurisation and its effect on the microbiological and nutritional aspects of milk‘, *IDF Bulletin*, **496**: 36.
- Lallès J.P., 2016. ‚Dairy products and the French paradox: Could alkaline phosphatases play a role?‘, *Medical Hypotheses*, **92**: 7-11.
- Loss G., Apprich S., Waser M., Kneifel W., Genuneit J., Büchele G., Weber J., Sozanska B., Danielewicz H., Horak E., van Neerven R. J. J., Heederik D., Lorenzen P. C., von Mutius E., & Braun-Fahrlander C., 2011. ‚The protective effect of farm milk consumption on childhood asthma and atopy: The GABRIELA study‘, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **128**: 766-73.e4.
- Loss G., Depner M., Ulfman L. H., van Neerven R. J. J., Hose A. J., Genuneit J., Karvonen A. M., Hyvärinen A., Kaulek V., Roduit C., Weber J., Lauener R., Pfefferle P. I., Pekkanen J., Vaarala O., Dalphin J. C., Riedler J., Braun-Fahrlander C., von Mutius E., & Ege M. J., 2015. ‚Consumption of unprocessed cow’s milk protects infants from common respiratory infections‘, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **135**: 56-62.e2.
- Macdonald L. E., Brett J., Kelton D., Majowicz S. E., Snedeker K., & Sargeant J. M., 2011. ‚A systematic review and meta-analysis of the effects of pasteurization on milk vitamins, and evidence for raw milk consumption and other health-related outcomes‘, *J Food Prot*, **74**: 1814-32.

- Mayer E. A., 2011. 'Gut feelings: the emerging biology of gut-brain communication', *Nat Rev Neurosci*, **12**: 453-66.
- Melini F., Melini V., Luziatelli F., & Ruzzi M., 2017. 'Raw and Heat-Treated Milk: From Public Health Risks to Nutritional Quality', *Beverages*, **3**: 54.
- Mulet-Cabero A. I., Mackie A. R., Wilde P. J., Fenelon M. A., & Brodtkorb A., 2019. 'Structural mechanism and kinetics of in vitro gastric digestion are affected by process-induced changes in bovine milk', *Food Hydrocolloids*, **86**: 172-83.
- Nicklaus S., Divaret-Chauveau A., Chardon M. L., Roduit C., Kaulek V., Ksiazek E., Dalphin M. L., Karvonen A. M., Kirjavainen P., Pekkanen J., Lauener R., Schmausser-Hechfellner E., Renz H., Braun-Fahrlander C., Riedler J., Vuitton D. A., von Mutius E., Dalphin J. C., & Group Pasture Study, 2019. 'The protective effect of cheese consumption at 18 months on allergic diseases in the first 6 years', *Allergy*, **74**: 788-98.
- Peroni D. G., Piacentini G. L., Bodini A., Pigozzi R., & Boner A. L., 2009. 'Transforming growth factor-beta is elevated in unpasteurized cow's milk', *Pediatr Allergy Immunol*, **20**: 42-4.
- Ple C., Breton J., Richoux R., Nurdin M., Deutsch S. M., Falentin H., Herve C., Chuat V., Leme R., Maguin E., Jan G., Van de Guchte M., & Foligne B., 2016. 'Combining selected immunomodulatory *Propionibacterium freudenreichii* and *Lactobacillus delbrueckii* strains: Reverse engineering development of an anti-inflammatory cheese', *Mol Nutr Food Res*, **60**: 935-48.
- Poulsen O. M., Nielsen B. R., Basse A., & Hau J., 1990. 'Comparison of intestinal anaphylactic reactions in sensitized mice challenged with untreated bovine milk and homogenized bovine milk', *Allergy*, **45**: 321-26.
- Román S., Sánchez-Siles L. M., & Siegrist M., 2017. 'The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review', *Trends in Food Science & Technology*, **67**: 44-57.
- Schröder P. C., Illi S., Casaca V. I., Lluís A., Bock A., Roduit C., Depner M., Frei R., Genuneit J., Pfefferle P. I., Roponen M., Weber J., Braun-Fahrlander C., Riedler J., Dalphin J. C., Pekkanen J., Lauener R., von Mutius E., Schaub B., & Pasture study group, 2017. 'A switch in regulatory T cells through farm exposure during immune maturation in childhood', *Allergy*, **72**: 604-15.
- Schröder P. C., Li J., Wong G. W., & Schaub B., 2015. 'The rural-urban enigma of allergy: what can we learn from studies around the world?', *Pediatr Allergy Immunol*, **26**: 95-102.
- Slack E., Hapfelmeier S., Stecher B., Velykoredko Y., Stoel M., Lawson M. A. E., Geuking M. B., Beutler B., Tedder T. F., Hardt W. D., Bercik P., Verdu E. F., McCoy K. D., & Macpherson A. J., 2009. 'Innate and Adaptive Immunity Cooperate Flexibly to Maintain Host-Microbiota Mutualism', *Science*, **325**: 617.
- Sozanska B., 2019. 'Raw Cow's Milk and Its Protective Effect on Allergies and Asthma', *Nutrients*, **11**: 469.
- Stallmach L., 2017. 'Der enge Kontakt mit Tieren ist entscheidend – Warum Bauernhofkinder weniger Allergien haben', *NZZ*, 5.5.2017: **3**.
- Strachan D. P., 1989. 'Hay fever, hygiene, and household size', *British Medical Journal*, **299**: 1259.
- Ursini T., Moro L., Requena-Méndez A., Bertoli G., & Buonfrate D., 2020. 'A review of outbreaks of cryptosporidiosis due to unpasteurized milk', *Infection*.
- Walstra P., Wouters J. T. M., & Geurts T. J., 2006. *Dairy Science and Technology. Second Edition* (CRC Press: Boca Raton, Florida, USA).
- Waser M., Michels K. B., Bieli C., Floistrup H., Pershagen G., von Mutius E., Ege M., Riedler J., Schram-Bijkerk D., Brunekreef B., van Hage M., Lauener R., Braun-Fahrlander C., & Parsifal Study team, 2007. 'Inverse association of farm milk consumption with asthma and allergy in rural and suburban populations across Europe', *Clin Exp Allergy*, **37**: 661-70.
- Whitehead J., & Lake B., 2018. 'Recent Trends in Unpasteurized Fluid Milk Outbreaks, Legalization, and Consumption in the United States', *PLoS currents*, **10**: Sep;13:10.
- Yoon, Y., Lee S., & Choi K. H., 2016. 'Microbial benefits and risks of raw milk cheese', *Food Control*, **63**: 201-15.