

EINFLUSS DER SALZLAKE AUF DIE KÄSEQUALITÄT

Diskussionsgruppen



Einfluss der Salzlake auf die Käsequalität

1 Einleitung

Der Handel verlangt Käse, die bezüglich aller Kriterien von einwandfreier Qualität sind. Die Ursache verschiedener Fehler, namentlich von Fehlern im Äusseren kann in der Beschaffenheit der Salzlake liegen. Im vorliegenden Stoff werden die wichtigsten, die Käsequalität beeinflussenden Parameter der Salzlake und deren Bedeutung erläutert. Zudem werden Käsefehler beschrieben, die durch fehlerhafte Salzbadener verursacht sein können.

Auf die Salzaufnahme des Käses und die käseseitigen Einflussfaktoren wie Wasserhalt, Fettgehalt, Laktatgehalt usw. wird dagegen nur am Rande eingegangen.

2 Die Salzlake, ein sich stetig veränderndes Milieu

Die Zusammensetzung der Salzlake ist steten Veränderungen unterworfen. Durch die Salzaufnahme der Käse einerseits und den Übergang von Molke aus dem Käse in die Lake andererseits, wird der Lake Salz entzogen. Gleichzeitig gehen Milchsäure, Proteine und Mineralstoffe aus der Käsemasse in die Salzlake über. Dadurch verändern sich der pH-Wert und die Pufferungsverhältnisse in der Lake. Die organischen Stoffe bilden zudem den Nährboden für die Mikroorganismen der Salzbadflora, welche trotz der hohen Salzkonzentration hohe Keimzahlen erreichen können und so mit ihrer Stoffwechsellätigkeit ebenfalls auf die Beschaffenheit der Salzlake Einfluss nehmen.

3 Vorgänge während des Salzens von Käse

3.1 Diffusion von Wasser und Kochsalz

Durch den hohen Salzgehalt weist die Salzlake gegenüber der wässrigen Phase der Käse einen sehr hohen osmotischen Druck auf. Dieses Druck- bzw. Konzentrationsgefälle löst eine Diffusion von Wasser aus dem Käse in die Lake und von Kochsalz aus der Lake in die wässrige Phase des Käses aus (siehe Abb. 1), wobei die kleinen Wassermoleküle rascher diffundieren als die Ionen des Kochsalzes. Die Folgen dieser Prozesse sind:

- Anreicherung von Kochsalz in der Rindenzone des Käses
- Entwässerung und Verdichtung der Käsematrix (Schrumpfen der Poren) in der Rindenzone
- Zunahme der Festigkeit der Rinde
- Abnahme der Durchlässigkeit der Rinde für Wasser und die darin gelösten Stoffe und Gase.

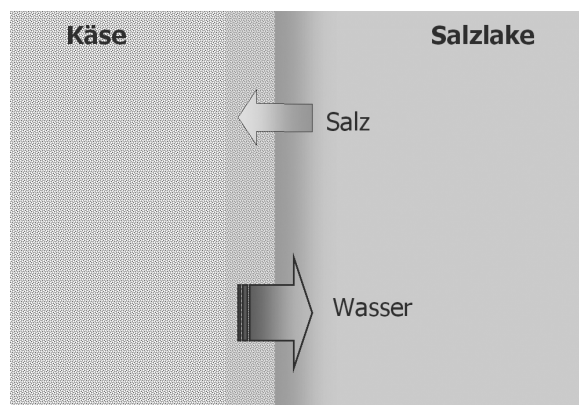


Abb 1
Diffusionsvorgänge
während des Salzbadenaufenthalts von Käse.

Zu beachten ist, dass sich an der Käseoberfläche eine Grenzschicht bildet (siehe Abb. 1), in welcher die Salzkonzentration markant tiefer ist als in der umgebenden Salzlake. Dies ist eine Folge des Molkenaustritts aus der Käsemasse. Durch die Erzeugung einer Strömung in der Salzlake lässt sich diese Grenzschicht minimieren und so die Salzaufnahme deutlich beschleunigen.

3.2 Ionenaustauschvorgänge

Während der Salzaufnahme durch den Käse findet zusätzlich zum Stofftransport durch Diffusion ein Ionen-Austausch zwischen dem Casein und der wässrigen Phase statt. Dabei sind die folgenden Kationen von Bedeutung: Ca^{++} , H^+ und Na^+ .

Das Caseingerüst im jungen Käse präsentiert sich als ausgedehntes Netzwerk. Es besteht aus den labgeronnenen Caseinmicellen, welche durch die zweiwertigen Calciumionen (Ca^{2+}), welche an die negativ geladenen Phosphatgruppen des Caseins gebunden sind, miteinander verknüpft sind. Diese Verknüpfung der Caseinmicellen ist verantwortlich für die hohe Elastizität der jungen Käsemasse.

Einwertige Ionen wie H^+ - und Na^+ -Ionen können die Ca^{++} -Ionen aus ihrer Bindung mit den Phosphatgruppen des Caseins verdrängen und an deren Stelle treten (Ionenaustausch), ohne aber deren Funktion (die Vernetzung) zu übernehmen. Je höher die H^+ - und Na^+ -Konzentration, d.h. je tiefer der pH-Wert bzw. je höher der Kochsalzgehalt der Salzlake, desto mehr Calcium wird durch Ionenaustausch aus der Caseinmatrix herausgelöst und geht in die Salzlake über. Als Folge davon wird das Caseingerüst gelockert, die Löslichkeit und die Quellbereitschaft des Caseins nimmt zu. Allerdings mindern sowohl hohe Salzkonzentrationen von über 20% als auch tiefe pH-Werte unter 5.0 die Wasserbindung und Löslichkeit des Caseins wieder.

Ionenaustauschvorgänge sind grundsätzlich reversible Prozesse. Mit zunehmender Anreicherung von Calciumionen in der Salzlake drängen diese sozusagen wieder ins Caseingerüst zurück und lagern sich dort ein – im Austausch gegen Natrium und Wasserstoffionen.

Diese Ionenaustauschvorgänge haben Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Narbens und des darunter liegenden Käseteigs: Je nach Kochsalzgehalt, pH-Wert und Calciumgehalt des Salzbadens können diese Effekte ganz unterschiedlich sein. Dies soll nun im Einzelnen diskutiert werden.

4 Wichtige Merkmale der Salzlake

4.1 Salzgehalt

Die Salzkonzentration im Bad wirkt sich auf die folgenden Größen aus:

- die Entwässerung des Käses,
- die Salzaufnahme der Käse,
- die Quellung des Caseins in der Rindenzone,
- die Beschaffenheit des Narbens,
- die Mikroflora des Salzbadens (siehe Abschnitt 4.7).

Entwässerung des Käseteigs

Mit steigender Konzentration des Salzbadens wird der Narben zunehmend stärker entwässert, was eine Verdichtung des Narbens zur Folge hat. Bei sehr hohen Konzentrationen nahe dem Sättigungspunkt (>22% NaCl) führt diese Verdichtung zu einer Verlangsamung des Stoff-

austausches zwischen Käse und Salzlake. In Salzbadern mit einer Salzkonzentration von weniger als 12% nimmt der Käse dagegen Wasser auf und das Kasein beginnt zu quellen.

Salzaufnahme der Käse

Grundsätzlich verläuft der Übergang von Kochsalz aus der Lake in die wässrige Phase des Käses umso schneller, je konzentrierter die Salzlake ist. Bei sehr hohen Salzkonzentrationen (>23% NaCl, >22°Bé) wird der Käse in den Randschichten so stark entwässert, dass der Käse bezogen auf seine Masse weniger Kochsalz aufnimmt.

Quellung des Caseins in der Rindenzone / Beschaffenheit des Narbens

Infolge des oben beschriebenen Ionenaustausches im Salzbad wird Calcium aus dem Caseingerüst herausgelöst, im Austausch gegen Natriumionen. Der Effekt ist ähnlich jenem von Schmelzsalzen: Die Quellung und die Wasserbindung des para-Caseins in der Rinde nimmt zu. Dieses Phänomen kann man gut bei schwach konzentrierten Salzlaken (<10% NaCl) beobachten: Die Käserinde wird weich und glitschig und kann zuweilen Auflösungserscheinungen zeigen.

4.2 Temperatur des Salzbad

Die Einflüsse der Salzbadtemperatur auf den Käse:

- Die Salzaufnahme der Käse verläuft mit höheren Temperaturen schneller. Unter 10°C ist sie deutlich verlangsamt.
- Die Quellung des Caseins nimmt mit höheren Temperaturen zu.
- Tiefere Temperaturen fördern die Fettkristallisation und damit die Verfestigung der Käse-laibe.
- Höhere Temperaturen begünstigen das Wachstum von Mikroorganismen in der Lake.

In der Hart- und Halbhartkäsefabrikation werden meist Salzbad-Temperaturen zwischen 10 und 15°C empfohlen. Höhere Temperaturen sind in der Herstellung von Weich- und Pasta-Filata-Käse anzutreffen. Als Faustregel gilt: je höher die Trockenmasse des Käses, desto tiefer die Salzbadtemperatur. Grosse Temperaturschwankungen sollten möglichst vermieden werden, können aber bei zu klein dimensionierten oder ungenügend gekühlten Salzbadern auftreten, wenn die Käse nicht genügend vorgekühlt werden.

4.3 pH-Wert der Salzlake

Auch der pH-Wert ist ein wichtiger Parameter des Salzbad. Die Ansäuerung der Lake hat einen konservierenden Effekt und reduziert die Entwicklung unerwünschter Keime. Er beeinflusst die Calciumverluste des Narbens und damit die Oberflächenbeschaffenheit sowie die Salzaufnahme der Käse. Als Faustregel gilt, dass der pH-Wert der Salzlake etwa dem pH-Wert der ungesalzene Käse entsprechen sollte. Als optimaler pH-Wert für Salzbadern in Emmentalerkäseereien gilt daher ein Wert im Bereich von pH 5.15 - 5.25.

- Ein zu hoher pH-Wert (über 5.40) ergibt einen trockenen, hornigen und zum Fettschwitzen neigenden Narben.
- Eine zu starke Absenkung des pHs (z.B. pH 4.6) führt zur Fällung von Proteinen und zu einem stärkeren Wasserverlust der Käsoberfläche, was wiederum die Salzaufnahme reduziert. Die Rinde verliert aber auch deutlich mehr Calcium, was letztlich zu einem schlechter trocknenden Narben führt. Bei geschmierten Käsen kann dies durchaus erwünscht sein.
- Anmerkung: **Käse mit tiefem pH-Wert** nehmen mehr Salz auf und verlieren weniger Wasser, weil die Milchsäure Wasser „zieht“.

4.4 Säuregrad der Salzlake

Obwohl für die Rindenentwicklung in erster Linie der pH-Wert und nicht der Säuregrad massgebend ist, werden die Säureverhältnisse im Salzbad zum Teil bevorzugt anhand des Säuregrades überwacht. Doch nur bei fixem Proteingehalt der Salzlake besteht ein enger Zusammenhang zwischen Säuregrad, Laktatgehalt und pH-Wert. Abb. 2. zeigt die Beziehung zwischen pH-Wert und Säuregrad in der Salzlake verschiedener Emmentalerkäsereien. Sie zeigt, bei einem bestimmten pH-Wert sehr unterschiedliche Säuregrade vorliegen können und umgekehrt. Diese Unterschiede widerspiegeln die unterschiedliche Pufferung bzw. Verunreinigung der verschiedenen Salzlaken.

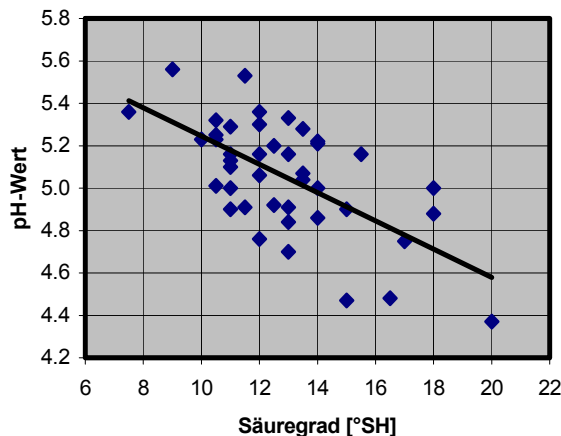


Abb. 2.
Zusammenhang zwischen Säuregrad und pH-Wert von Salzbadern verschiedener Emmentalerkäsereien.

Trotzdem ist der Säuregrad neben dem pH-Wert ein aussagekräftiger Salzbadparameter:

- Er erlaubt eine Aussage über die Pufferung des Salzades, welche für einen konstanten pH-Wert sorgt.
- Hohe Säuregrade weisen zudem auf eine starke Verunreinigung des Salzades mit Proteinen hin. Wegen der Pufferwirkung der Proteine, bedeutet ein hoher Säuregrad (bei einem gegebenen pH-Wert) meist auch eine relativ hohe Laktatkonzentration, was den Wasserentzug aus dem Käse verstärken kann.

In einem gut eingestellten, sauberem Hartkäsesalzbad von pH 5.2 sollte der Säuregrad zwischen 10° und 16°SH liegen. Bei Salzbadern für Halbhart- und besonders bei Weichkäse sind wegen der tieferen pH-Werte im Käse und des stärkeren Übergangs von Proteinen in die Salzlake teilweise wesentlich höhere Säuregrad (bis 40°SH) anzutreffen.

4.5 Calciumgehalt

Eine nicht unwesentliche Bedeutung kommt auch dem Calciumgehalt des Salzwassers zu. Er beeinflusst ...

- die Entwässerung der Rindenzone
- die Festigkeit des Narbens
- die Salzaufnahme der Rinde

Versuche haben gezeigt, dass die Erhöhung des Calciumgehaltes von frischer Salzlake (19% NaCl, 15°C) von 0 auf 18 g Ca/kg den Wassergehalt um 3 g/100g und den Salzgehalt der Rindenzone um 1.5 g/100g sinken lässt.

Liegt der Calciumgehalt der Salzlake unterhalb jenem der wässrigen Phase im Käse, verliert das Caseingerüst Calcium (Austausch gegen Natriumionen). Als Folge davon nimmt die Vernetzung des para-Caseins ab und dessen Wasserbindung zu, so dass ein weicher

Narben entsteht. Bei niedriger Salzkonzentration (z.B. <15% NaCl) kann dies sogar dazu führen, dass die Rinde zusätzlich Wasser aufnimmt.

Bei einem erhöhten Calciumgehalt (grösser als in der Sirte der Käse) diffundiert Calcium in den Käse hinein, was (ähnlich wie überhöhte pH-Werte) einen trockenen und hornigen Narben bewirken kann (Abb. 3).

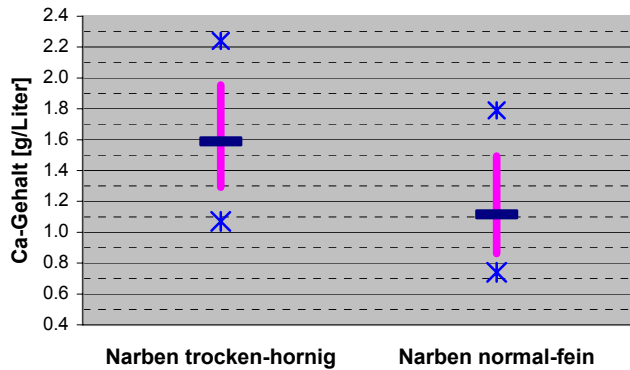


Abb 3.
Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt der Salzlake und der Beschaffenheit der Rinde beim Emmentalerkäse (Resultate aus 29 Käsereien).

Die Ausprägung dieser Phänomene hängt neben dem Salz- und Calciumgehalt auch vom pH-Wert und von der Temperatur der Lake ab.

Aus vorerwähnten Gründen erfordert die Herstellung einer frischen Salzlake die Zugabe von Calcium (in der Regel als CaCl_2), speziell bei schwächer konzentrierten Salzbädern. Wir empfehlen die Zugabe von 150 g Calciumchlorid pro 100 kg Lake (entspricht 50 g Ca pro 100 kg), sofern Trinkwasser als Lösemittel eingesetzt wird. Bei Salzbädern mit 19-21% NaCl und einer Temperatur von 12°C genügt diese Konzentration bei den meisten Hart- und Halbhartkäsen, um die oben beschriebenen Fehler zu verhindern. Bei Salzbädern für eher saure Käse (höherer Anteil an löslichem Calcium) können etwas höhere Calciumdosierungen angezeigt sein.

4.6 Gehalt an Schwermetallen

Enthält die Salzlake erhöhte Mengen an gelösten Schwermetallen wie Eisen, Kupfer, Mangan und Zink so reichern sich diese in der äussersten Zone der Käserinde an, da sie leicht an das Casein binden. Dabei bilden sie teilweise intensiv gefärbte Komplexe, was zu starken Verfärbungen der Rinde führen kann, wobei das Farbspektrum von rötlich-braun bis hin zu grünen und blauen Tönen reicht. Besonders anfällig sind Käse mit trockener Rinde. Bei geschmierten Käsen treten durch Schwermetalle verursachte Verfärbungen unter Umständen erst im Verlaufe Reifung zu Tage, da sich bei hohen pH-Werten in Verbindung mit freigesetztem Ammoniak besonders intensiv gefärbte Schwermetallkomplexe bilden können.

Erhöhte Schwermetallgehalte in der Salzlake können verursacht sein durch ...

- natürliche Verunreinigungen des Trinkwassers (meist Eisen oder Mangan)
- Korrosionsschäden im Wasserleitungsnetz (meist Eisen und/oder Zink und ev. Cu)
- Korrosionsschäden im Salzbad z.B. infolge
 - o ungeeigneter Werkstoffe für Wanne, Kühlschlangen, Salzbadgestelle, ...
 - o Verschraubungen oder Nieten aus nicht korrosionsfesten Werkstoffen
 - o Behandlung des Salzbad mit Desinfektionsmitteln (Chlorlauge, Peroxid)

Salzwasser wirkt auf Metalle äusserst korrosiv, besonders bei saurem pH-Wert. Nur hochwertiger Stahl wie Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl u.ä. sind als Werkstoffe geeignet (Chromnickelstahl korrodiert!). Beim Einsatz von oxidierenden Desinfektionsmittel im Salzbad ist aber keine Stahlsorte wirklich beständig.

Die Ursachen für Korrosionen im Wasserleitungsnetz können vielfältig sein:

- Rohrteile & Verschraubungen kombinieren unkompatible Metalle. Dadurch bilden sich so genannte Lokalelemente (ähnlich einer Kohle-Zink-Batterie), d.h. der unedlere Werkstoff wird angegriffen und oxidiert. Schlechte Kombinationen sind z.B.: verzinkter Stahl+Chromstahl, verzinkter Stahl+Messing; Kupfer+Stahl.
- Einbau einer Wasserenthärtung ohne Anpassung der Leitungen
- Hoher Kohlensäuregehalt des Wassers („kalkaggressive“ Kohlensäure)
- Fehlerhafte Strominstallationen (z.B. bei Erdung über Wasserleitungen)

Richtwerte für maximale Schwermetallkonzentrationen finden sich in Abschnitt 5. In der Praxis treten vor allem beim Eisen überhöhte Werte auf.

4.7 Mikrobiologischer Status des Salzbad

4.7.1 Keimvermehrung in der Salzlake

Da die Natrium- und Chloridionen des Kochsalzes Wassermoleküle an sich binden, liegt mit zunehmendem Salzgehalt der Lake ein immer kleinerer Teil des Wassers als so genannt freies Wasser vor. Mikroorganismen steht nur dieses freie Wasser zur Verfügung. Daher sind hohe Salzkonzentrationen für Mikroorganismen gleichbedeutend mit „Trockenheit“ und hemmen deren Wachstum.

Als Mass für die Menge freien Wassers, dient der a_w -Wert (Wasseraktivität). Er entspricht der relativen Luftfeuchtigkeit, die sich im Kopfraum eines Gefässes einstellt, wenn eine Materialprobe (also z.B. etwas Kochsalzlösung) in das Gefäss überführt wird. Reines Wasser erzeugt eine relative Luftfeuchtigkeit von 100%, sein a_w -Wert ist demzufolge 1.0.

Bakterien können in der Regel nur bei a_w -Werten über 0.92 wachsen, was einer maximalen Salzkonzentration von etwa 12 % entspricht (Tabelle 1). Höhere Konzentrationen tolerieren gewisse grampositive Bakterien wie *Brevibacterium linens*, Mikrokokken und v.a. *Staphylococcus aureus*, dessen Wachstumsgrenze bei immerhin 17-18 % Kochsalz liegt. Noch toleranter sind gewisse Schimmelpilze und Hefen. Oberhalb von 21 % NaCl wachsen aber nur noch wenige „Spezialisten“, die keine unmittelbare Gefahr für den Käse darstellen. Gramnegative Keime (z.B. *E. coli*) sind in Salzbadproben selten nachweisbar.

Aus mikrobiologischer Sicht sind die in der Praxis verbreiteten hochkonzentrierten Salzläden (> 20% NaCl) also recht stabil und unproblematisch, zumal der Säuregehalt ein zusätzliches konservierendes Element darstellt.

In Salzläden von weniger als 18 % NaCl, wie sie in Salzläden mit Lakezirkulation Anwendung finden, ist dagegen eine erhebliche mikrobielle Stoffwechselaktivität möglich, vor allem von Hefen, wie z.B. die typischen Salzbadhefen *Kluyveromyces marxianus* und *Candida valida* („Chamhefe“). Ohne regelmässige Entkeimung (z.B. durch Pasteurisation, Mikrofiltration, UV) können sich dadurch folgende Probleme einstellen:

- sensorische Veränderungen in der Salzlake mit Auswirkungen auf den Käse (z.B. Bittergeschmack)
- Entsäuerung der Salzlake durch milchsäurevergärende Hefen.
- Kontamination der Käse mit unerwünschten Mikroorganismen

Tabelle 1 **Wachstumsgrenzen einiger käseereitechnologisch bedeutender Mikroorganismen in Abhängigkeit vom a_w -Wert** (div. Literaturquellen)

Wasser-Aktivität a_w (25°C)	NaCl-Gehalt* g/100g	Mikroorganismen		
		Bakterien	Hefen	Schimmelpilze
0.99	2.0	Propionibakterien		
0.95	8.0	<i>E. coli</i> , Pseudomonaden		
0.94	10.0	Salmonellen	<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Mucor</i> spp.
0.92	12.0	<i>Listeria monocytogenes</i>		
0.90	14.0			<i>Fusarium</i> spp
0.89	15.0	<i>Brevibacterium linens</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i>	
0.88	16.0			
0.87	17.0	Mikrokokken		
0.86	18.0	<i>Staphylococcus aureus</i>		
0.85	19.0			<i>P. camemberti/candidum</i>
0.84	20.0			
0.83	21.0			<i>P. roqueforti</i>
0.75	26.3			
0.65				xerophile Schimmelpilze
0.61			osmophile Hefen	
< 0.61		Kein mikrobielles Wachstum mehr möglich		

* NaCl-Gehalt: Der jeweiligen Wasseraktivität entsprechende Salzkonzentration in wässriger Lösung. (Hinweis: die Wachstumsgrenzen wurden nur teilweise in Kochsalzlösungen ausgetestet. Teilweise liegt der minimale a_w -Wert in Gegenwart von Kochsalz etwas höher. D.h. Kochsalz kann noch einen zusätzlichen Hemmeffekt zeigen.)

4.7.2 Die Salzlake als mikrobielle Kontaminationsquelle

Frühere Erhebungen von ALP in Emmentalerkäseereien haben gezeigt, dass auch in konzentrierten Salzbadern (>21% NaCl) Keimzahlen von mehreren Millionen KBE/ml auftreten können. Festgestellt wurden vor allem Staphylokokken (10^5 bis 10^6 KBE/ml) gefolgt von Schimmelpilzsporen (10^3 bis 10^5 KBE/ml) und Hefen (10^2 bis 10^4 KBE/ml). Es ist davon auszugehen, dass solche Keime mit den Käsen und aus der Umgebung ins Salzbad eingetragen werden, dort überleben und somit angereichert werden. Damit kann auch das stark konzentrierte Salzbad zur Kontaminationsquelle für unerwünschte Keime werden.

4.7.3 Die Salzlake als Kontaminationsquelle für Listerien

Wie Asperger und Heisting [1] zeigen konnten, können Listerien in Salzlake über mehrere Tage überleben. Im Konzentrationsbereich von 15 bis 25% NaCl sind die Überlebensraten umso höher, je höher die Salzkonzentration und je geringer die Milchsäurekonzentration ist. Die Autoren empfehlen darum, bei der Suche nach Infektionsquellen auch das Salzbad einzubeziehen. Hiefür sollte die Probe binnen 24 h untersucht oder mittels Ca-Carbonat neutralisiert werden.

4.8 Verunreinigung

Die mit dem Sirtenaustritt aus dem Käse in die Salzlösung übergehenden Molkenproteine fallen mit der Zeit aus (Aussalzen) und setzen sich als Schlamm an den Boden. Ein starke Verschlämmung des Salzbadens geht in der Regel auch mit höheren Keimbelastungen

(Schutzwirkung) und sensorischen Mängeln der Salzlake einher. Wie bereits erwähnt, hat eine starke Verschlämmung auch Auswirkungen auf den Säuregrad und die Messung der Salzkonzentration mittels des Baumé-Meters.

5 Richtwerte

In den nachfolgenden Tabellen (Tab. 2 und 3) sind die gebräuchlichen Richtwerte für die wichtigsten Salzbadparameter verschiedener Käsesorten zusammengefasst.

Tabelle 2.: Salzbadparameter und Behandlungsdauer für einige Käsesorten

Käsesorte	Salzgehalt im Käse* g/100g	Temperatur der Lake °C	NaCl g/100g	pH-Wert	Säuregrad °SH	Ca [g/kg]	Behandlungsdauer
Camembert	2.5 %	16 - 20°C	15 - 20	4.6 - 5.0	20-40	2.5-5.5	0.5 bis 2 h
Emmentaler	0.2 - 0.4 %	13 -15°C	22 - 24	5.1 - 5.3	10-16	1.5-2.0	1 - 2 Tage
Gruyère	1.6 -1.8 %	10 -15°C	22 - 24	5.15-5.25	10-20	1.5-2.0	24h (+8d trocken)
Raclette	1.9 - 2.2 %	10 -15°C	21 - 24	5.1 - 5.2	15-20	1.5-2.0	1 - 1.5 Tage
Tilsiter	1.5 - 1.9 %	10 -15°C	21 - 24	5.1 - 5.2	15-20	1.5-2.0	1 - 1.5 Tage
Sbrinz	1.6 - 2.0 %	13 -15°C	22 - 24	5.10-5.20	10-16	0.8-1.5	18 - 20 Tage

* Salzgehalte im handelsreifen Käse

Tabelle 3.: Sonstige, allgemein gültige Richtwerte für die Salzbadzusammensetzung

Parameter	Einheit	Sollwerte nach Käsetyp		
		trocken gereifte	schmieregereifte	schimmelgereifte
Kupfer	mg/kg	< 1.2	< 1.2	< 1.2
Zink	mg/kg	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Eisen	mg/kg	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Mangan	mg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Salztolerante Keime	KBE/ml	< 10'000	< 10'000	< 10'000 (ohne Hefen und Pilze)
Enterokokken	KBE/ml	< 100	< 100	< 100
Hefen	KBE/ml	< 1'000	< 1'000	-
Schimmelpilze	KBE/ml	< 500	< 1'000	-
Listerien	/25 ml	n.n.	n.n.	n.n.
Aspekt		leicht gelb-grün, leicht trübe (bei Weichkäse stärker) keine Chamhaut auf der Oberfläche keine Fettablagerungen am Rande, wenig Käsestaub		
Sensorik		rein, säuerlich		

6 Salzbadkontrollen

Tabelle 4. Zu überwachende Parameter im Salzbad, Kontrollhäufigkeit und Massnahmen bei Abweichungen

Parameter	Wie	Häufigkeit	Massnahmen
Temperatur	Thermometer	2 x wöchentlich	Kühlung, Temp. der Käse überprüfen
Salzgehalt	Baumé-Meter	wöchentlich 1x	Salz nachdosieren
pH-Wert	pH-Meter	monatlich	pH-Korrektur
Säuregrad	Titration	monatlich	zu tief: pH-Korrektur zu hoch: Reinigung oder Teilerneuerung der Lake
Calciumgehalt	Externes Labor	jährlich oder bei Bedarf	zu tief: Zugabe von CaCl ₂ zu hoch: Teilerneuerung der Lake
Kupfer	Externes Labor	bei Bedarf	zu hoch: Teilerneuerung der Lake und Ursache abklären
Zink			
Eisen			
Mangan			
Salztolerante Keime	mikrobiologisch	1 x pro Jahr	Zu hoch: Reinigung ev. Entkeimung der Lake
Enterokokken	mikrobiologisch	1 x pro Jahr	dito
Hefen	mikrobiologisch	1 x pro Jahr	dito
Schimmelpilze	mikrobiologisch	1 x pro Jahr	dito
Listerien		bei positivem Befund in Käse	1. Bassin entleeren, reinigen und desinfizieren 2. Neuansatz
Aspekt	Sensorisch	vor jedem Gebrauch	nicht i.O.: Reinigung
Geruch, Geschmack	Sensorisch	vor jedem Gebrauch	nicht i.O.: Erneuerung der Lake

7 Neuansatz des Salzbad

Rezeptur für 1'000 kg (=870 Liter) Salzlake 22%

- 780 kg Leitungswasser (Trinkwasserqualität; Härte ca. 25°fH*) ggf. erwärmt zwecks Beschleunigung des Auflösung des Kochsalzes.
- + 220 kg Speisesalze laut QS-Ordner Fromarte, Kapitel „Empfohlene Salze“
- + 1.7 kg Calciumchlorid wasserfrei (oder die entsprechende Menge CaCl₂-Lösung)
- Unter Rühren (z.B. Einblasen von ölfreier Druckluft) lösen.
- Dichtekontrolle, sobald das Salz restlos gelöst ist (Einhaltung der Messtemperatur gemäss Aufschrift Messgerät) Soll bei 15°C 1.18 g/ml oder 20.5 Bé
- pH-Wert (nicht den Säuregrad!) mit Milchsäure oder Milchsäure einstellen (siehe Hinweis ** sowie 8.2 unten)

Hinweise:

- * Bedeutung der Wasserhärte des Trinkwassers: 25°fH entsprechen einem Calciumgehalt von 0.10 g Ca/l oder etwa 15% des angestrebten minimalen Calciumgehaltes des Salzbad von 0.7g/Liter. Sirte enthält je nach Käsetyp 0.5-0.8 g Calcium pro Liter.
- ** Wegen der fehlenden Pufferung des neuen Salzbad liegt der Säuregrad womöglich ausserhalb des Sollbereichs, dies trotz korrektem pH-Wert. Deshalb ist es grundsätzlich

von Vorteil, die neue Lake mit etwas alter Lake zu vermischen oder - falls dies nicht möglich ist - 10% des Wasservolumens durch pasteurisierte Magersirte zu ersetzen.

Es empfiehlt sich, die frische Salzlake während der ersten Wochen nach jeder Salzbadbenutzung zu kontrollieren und den pH-Wert bei Bedarf nachzukorrigieren.

8 Pflege des Salzbad

8.1 Erhaltung der Salzkonzentration

Es ist wichtig, die gewünschte Salzkonzentration in der Lake durch regelmässige Kontrolle mittels der Salzwaage (Baumé-Meter) sicherzustellen und ggf. durch Salzzugabe zu korrigieren. In ruhenden Salzbadern ist dies nicht immer ganz so einfach. Bei tiefen Temperaturen ($< 10^{\circ}\text{C}$) und höheren Salzkonzentrationen lösen sich die Salzkristalle so langsam, dass der Salzlake durch die Käse unter Umständen mehr Salz entzogen wird, als neu in Lösung geht.

Bei stark verschlammten Salzbadern kann die Ablesung der Salzwaage verfälscht sein.



Im Anhang findet sich eine Tabelle, welche die Beziehung zwischen Salzkonzentration, Dichte und Baumé-Graden zeigt.

8.2 Einstellen von pH-Wert und Säuregrad des Salzbad

Säurekorrekturen immer nach erfolgter Salzbadreinigung durchführen!

Der pH-Wert lässt sich mit Hilfe von lebensmitteltauglicher Salzsäure, Essigsäure, Milchsäure oder von „Sauer“ senken. Für die pH-Erhöhung/Säuregradsenkung verwende man konzentrierte lebensmitteltaugliche Natronlauge 30%. Wichtig ist, die Salzlake hierbei möglichst gut zu rühren und die Entwicklung des pH-Wertes laufend zu verfolgen.

Wird mit dem Säuregrad gearbeitet, kann man sich an folgende Dosierungen orientieren:

- Zur Erhöhung des Titrationswertes um 1°SH werden pro 100 Liter Salzbad ca. 22 g Milchsäure oder 15 ml konz. Essigsäure (98 - 100%) benötigt.
- Zur Absenkung der Titrationsäure um 1°SH bedarf es pro 100 Liter Salzbad ca. 25 ml konz. Natronlauge (30%).

Diese Angaben gelten nur für gebrauchte Salzbadern mit einer normalen Pufferkapazität. Bei frischen Salzbadern sind wesentlich geringere Mengen nochwendig!

8.3 Reinigung des Salzbad

a) Herkömmliche Methode (mit Teilerneuerung)

Schlamm im Becken absetzen lassen und die Lake vorsichtig in ein anderes Gefäss abpumpen (z.B. in Presswanne. Nicht ins Kupferkessi!). Schlamm in Jauchegrube entsorgen, anschliessend Salzbadtrog reinigen, die Salzlake zurück pumpen und den Lakeverlust ersetzen.

b) Filtration

Steht ein Druckfilter (z.B. Getränkefilter mit Kieselgur) zur Verfügung, so kann eine sehr gute Klärung samt guter Keimreduktion bei minimalen Salzlakeverlusten erzielt werden.

c) Membranfiltration

In grossen Betrieben wird heute v.a. die Mikrofiltration eingesetzt. Sie erlaubt neben der Reinigung eine weitgehende Entkeimung der Salzlake. Teilweise erfolgt die Filtration kontinuierlich im Bypass-Betrieb, besonders in der Weichkäseherstellung, wo eine vollständige Entkeimung der Lake nicht unbedingt erwünscht ist (langsamere Reifung).

Nicht empfohlen ist die Zentrifugation der Lake (mögliche Schäden an der Zentrifuge)

8.4 Entkeimung der Lake

Bei zu starker Keimbelastung der Lake trotz erfolgter Reinigung (siehe 8.3) bestehen folgende Möglichkeiten der Entkeimung:

- Erhitzung
- UV-Desinfektion
- Chemische Desinfektion

Erhitzung

Die Entkeimung der Lake mittels Erhitzung in einem Durchlauferhitzer wurde v.a. in industriellen Betrieben praktiziert. Es ist aber davon abzuraten, den Milchpasteur im gewerblichen Betrieb für diesen Zweck zu „missbrauchen“. Es besteht die Gefahr von Korrosionsschäden und Schwermetallkontaminationen. Dies gilt erst Recht für thermische Behandlungen der Salzlake im Kupferkessel!

UV-Desinfektion

Die aus der Trinkwasseraufbereitung bekannte UV-Desinfektion kann grundsätzlich auch zur Entkeimung der Salzlake eingesetzt werden. Der Wirkungsradius von UV-Licht ist allerdings sehr beschränkt und Trübstoffe reduzieren den Wirkungsgrad massiv. Von einer ins Salzbadbecken eingetauchten UV-Lampe ist nur dann ein Effekt zu erwarten, wenn das Bad während der Bestrahlung umgewälzt wird und nur schwach getrübt ist. Optimal ist ein kontinuierliches Durchlaufsystem, in welchem die möglichst trübstoffarme Lake in dünner Schicht über die Strahlungsquelle geführt wird.

Chemische Desinfektion mit Wasserstoffperoxyd

Wir raten davon ab, die Salzlake mit Hilfe von Desinfektionsmitteln zu entkeimen, da diese Massnahme negative Folgen wie z.B. Korrosion (siehe Kästchen) zeitigen kann und einer Symptombekämpfung mit wenig nachhaltiger Wirkung gleichkommt. Grundsätzlich kommt nur eine Behandlung mit Wasserstoffperoxid in Frage. Andere Mittel (insbesondere chlorhaltige) hinterlassen toxische Rückstände!

Vorgehen bei der Salzbaddesinfektion:

1. Den am Grunde lagernden Schlamm so gut wie möglich entfernen (siehe 8.3 a).
2. Pro 1000 Liter Salzbadwasser 3 Liter Perhydrol 30% (Wasserstoffperoxid) zugeben und gründlich aufrühren.
3. Es setzt nun ein leichtes Schäumen ein, wobei sich eine schwimmende Schmutzschicht bildet. Diese ist im Verlauf von 8 Stunden 2-4 mal abzuschöpfen.
4. Überprüfung des Wasserstoffperoxidgehaltes mit Peridtest-Stäbchen (Roche Diagnostics - Schweiz - AG, Rotkreuz)
5. Nach 24 Stunden, nach einem letzten Abschöpfen des Schmutzes kann das Salzbad wiederum benutzt werden.

Geschmack, Geruch, pH-Wert und Säuregrad der Salzlösung werden durch die Desinfektion mit Wasserstoffperoxid nicht wesentlich verändert.

Achtung Korrosionsgefahr!

Das Gemisch von Wasserstoffperoxid und Salzlake wirkt selbst gegenüber hochwertigen Stahllegierungen korrosiv, solange noch aktives Peroxid in der Lösung ist. In den ersten 24 h nach der Behandlung ist daher jeglicher Metallkontakt der Lake zu vermeiden.

9 Salzlakebedingte Käsefehler

In nachfolgender Tabelle sind Käsefehler zusammengefasst, welche durch eine fehlerhafte Salzlake verursacht sein können. Teilweise können die genannten Fehler aber auch durch andere, hier nicht erwähnte Ursachen bedingt sein, z.B. durch käseseitige Mängel oder Fehler während der Reifung und Pflege der Käse.

Tabelle 5. **Salzlakebedingte Käsefehler** (Quelle: [2] ergänzt)

Fehler	WK	HHK	HK	Mögliche Ursachen
Farbe				
Verfärbung der Rinde grossflächig (rot – blau, grün)		X	X	Schwermetalle (Fe, Cu, Zn, Mn) in der Lake
Schmiere				
Rindenfäule		X	X	°SH zu tief / Ca tief / NaCl tief → nässende Rinde
Weisse Schmiere		X		NaCl tief
Grauschmierig	X	(X)		pH tief → Hemmung von B. linens → fehlerhafte Schmiere durch wilde Hefen.
Schimmelrasen löst sich	X			NaCl tief / °SH tief → nässende Rinde
Narben				
Glitschig, seifig	X	X	X	°SH tief → nässende Rinde
Weicher Narben	X	X	X	NaCl tief / Ca tief / pH tief / Temperatur hoch
brüchiger Narben		(X)	X	pH zu tief / Ca zu niedrig
horniger Narben Fettschwitzen		(X)	X	pH zu hoch / Ca zu hoch → trockene, kompakte Rinde
Muldige Rinde		X	X	Grosslockkäse: NaCl tief / Ca tief / PH hoch / schlecht gesalzene Flächen
Schrumpfige Rinde	X	X		NaCl tief, °SH tief
Teig				
Randweich	X			NaCl zu tief
Geschmack				
Bitter	X			pH zu tief, °SH hoch
Hefiger Geruch & Geschmack	X	X	X	Kontamination mit Hefen aus schlecht gepflegtem Salzbad
Form				
Verformung		X	X	Zu hohe Salzbadtemperatur, Ca zu tief (zu weicher Narben)

10 Zusammenfassung

Salzen ist einer der einfachsten Schritte in der Käseherstellung. Die dabei ablaufenden Prozesse sind dennoch sehr komplex und nehmen in erheblichem Masse Einfluss auf die Käsequalität. Darum lohnt sich die sorgfältige Optimierung und Kontrolle der Salzbadparameter.

11 Literaturquellen

1. Asperger H., Heistingner H. Zur Bedeutung des Salzbades für das Vorkommen von Listerien. Deutsche Milchwirtschaft 49 108-111 (1998)
2. Kammerlehner J: Käsetechnologie. Verlag Freisinger Künstlerpresse, Freising (D). (2003)
3. Flüeler O.: Das Salzen beim Käse. FAM Liebefeld. unveröffentlicht (1979)
4. Fox P.F, McSweeney P.L.H., Cogan T.M., Guinee T.P.: Cheese – Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 1.
5. Oehen V., Schilling P., Kessler W. Die Pflege des Salzbades verdient auch in der Hartkäseerei vermehrte Beachtung. Schweiz. Milchzeitung 97 (20) S. 164. (1971)
6. Anon. Hilfstabellen für das chemische Laboratorium. E. Merck AG, Darmstadt (D)
7. Weast R.C. [Editor]: Handbook of Chemistry and Physics. 58th Edition. CRC Press Inc. Cleveland. (1977)

Tabelle A. **Physikalische Daten von Salzwasser in Abhängigkeit vom Kochsalzgehalt**
 Quellen: [6, 7]

NaCl-Gehalt g/100g	Dichte D_{15}^{15} g/ml	spez. Gewicht °Bé	Wasseraktivität a_w (25°C)
12.0	1.086	11.4	0.919
12.5	1.089	11.9	0.915
13.0	1.093	12.4	0.911
13.5	1.097	12.8	0.906
14.0	1.101	13.3	0.902
14.5	1.105	13.7	0.897
15.0	1.109	14.2	0.893
15.5	1.112	14.6	0.888
16.0	1.116	15.1	0.883
16.5	1.120	15.5	0.878
17.0	1.124	16.0	0.873
17.5	1.128	16.4	0.868
18.0	1.132	16.9	0.862
18.5	1.136	17.3	0.857
19.0	1.140	17.8	0.851
19.5	1.144	18.2	0.846
20.0	1.148	18.7	0.840
20.5	1.152	19.1	0.834
21.0	1.156	19.5	0.828
21.5	1.160	20.0	0.822
22.0	1.164	20.4	0.815
22.5	1.168	20.9	0.809
23.0	1.172	21.3	0.802
23.5	1.176	21.7	0.796
24.0	1.180	22.2	0.789
24.5	1.185	22.6	0.782
25.0	1.189	23.0	0.774
25.5	1.193	23.5	0.767
26.0	1.197	23.9	0.760
26.3	1.204	24.6	0.752

Herausgeber Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP), CH-3003 Bern, Tel. +41 (0)31 323 84 18, Fax +41 (0)31 323 82 27, www.alp.admin.ch, e-mail: info@alp.admin.ch

Autoren Ernst Jakob, Ruedi Amrein, Hans Winkler **Fotos/Redaktion** Agroscope Liebefeld-Posieux

Layout Ernst Jakob, Helena Hemmi (Titelseite) **Copyright** Nachdruck bei Quellenangabe und Zustellung eines Belegexemplars an die Herausgeberin gestattet. ISSN 1661-0660 / 25.10.2005