



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,  
de la formation et de la recherche DEFR

**Agroscope**

# Käsefehler

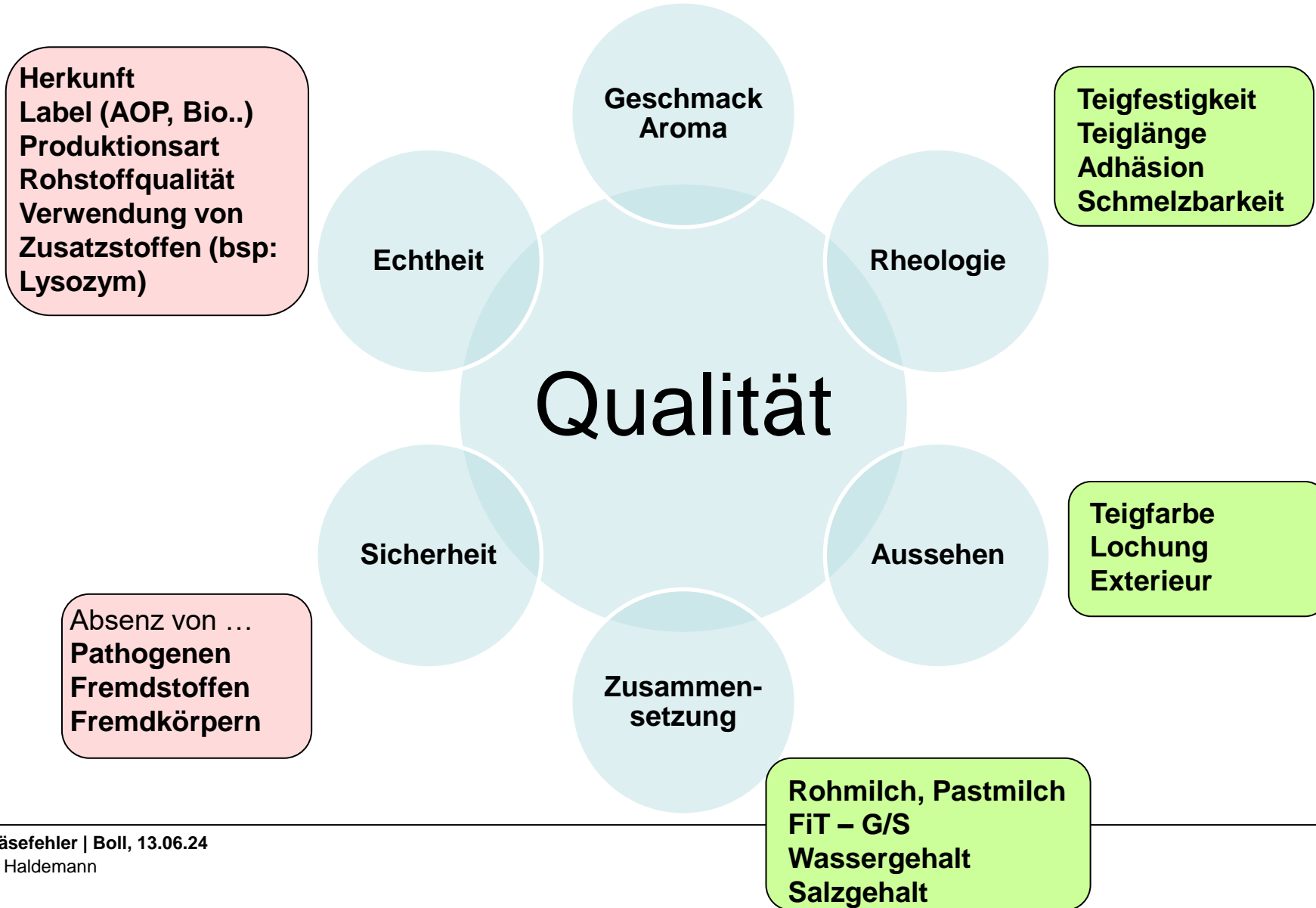


John Haldemann  
Boll, 13.6.24

[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch) | une bonne alimentation, un environnement sain



# Käsequalität – Wie definiert?





# Geruchs- und Aromarad für Hart- und Halbhartkäse





# Ursachen von Käsefehlern



Rohmilchflora,  
Kontamina-  
tionen bei der  
Verarbeitung

Technologie  
/ Anlagen

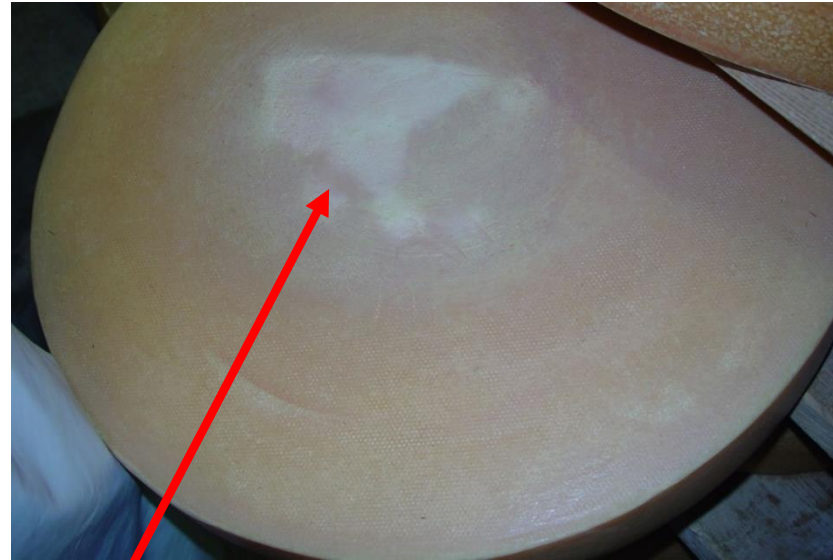


Milchsäure-  
gärung /  
Entmolkung





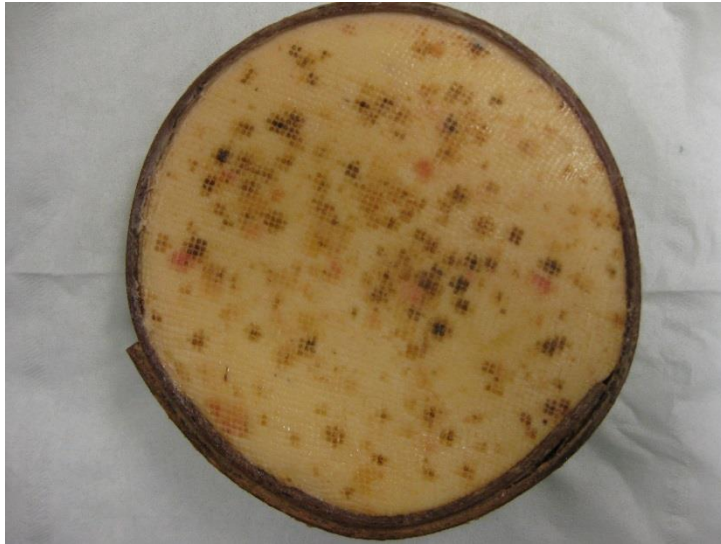
# Fehler bei Rotschmierekäse



Stellen mit schlechter  
Entmolkung → Mehr H<sub>2</sub>O  
Laktose → Übersäuerung  
→ Teigkohäsion ↓  
→ Exsudation von Wasser  
→ Schmiere löst sich



# Exterieurfehler verursacht durch Schimmelpilze



*Tyrolichus casei*



# Exterieurfehler verursacht bakterien



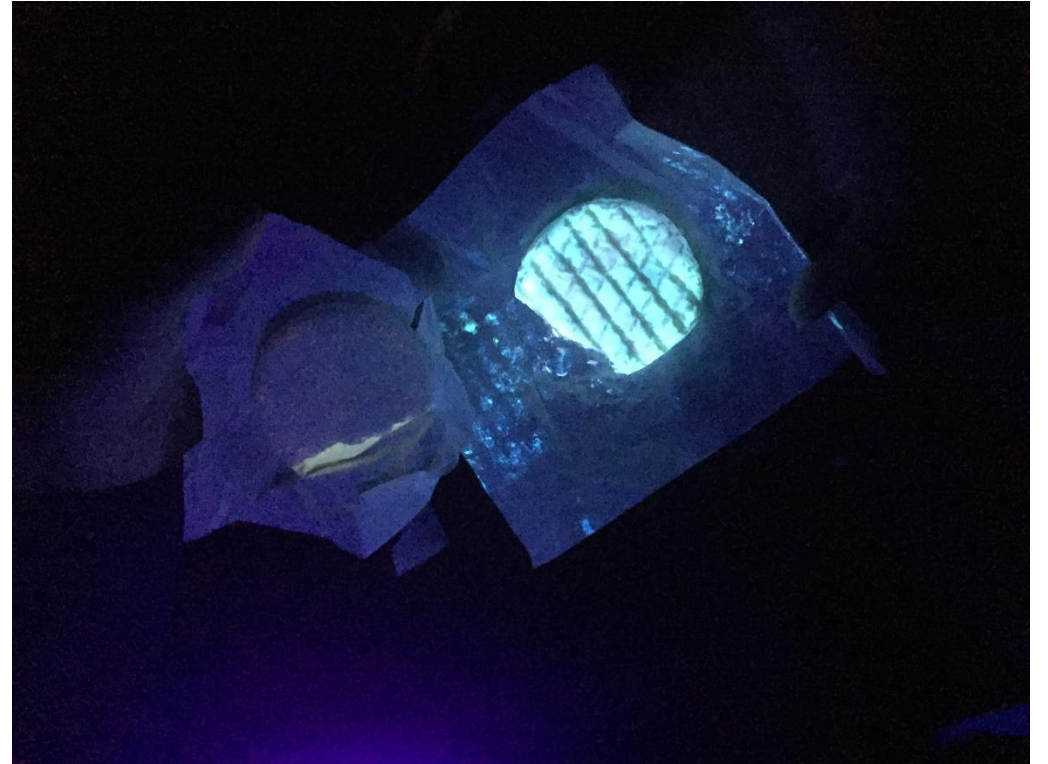
*Janibacter sp.*





# Exterieurfehler verursacht bakterien

*Pseudomonas fluorescens*







# Exterieurfehler bei Rotschmierekäse – Fettschwitzten



- Oberfläche wird stellenweise fettig-glänzend
- Rinde «verhornt»
- Schmiere entwickelt sich nicht mehr richtig (besonders an den Kanten)

## Ursache:

- Oberfläche der ganz jungen Käse wegen vernachlässigter Pflege zu stark ausgetrocknet
- zu warmer, zu trockener Käsekeller, ev. Zugluft
- oft während der Sommersaison

*Gruyère transpiré, bords nus*



# Lochungsfehler



Vielsatz (mille trous)

nestige Lochung (nids)

unsaubere Löcher (éraillures)



Pick (bec)



Gläs (lainures)



# Putrifikus / Weissfäule (*Clostridium sporogenes*)



Starke Proteolyse →  
Zersetzung/Fäulnis





# Technisch bedingte Lochungsfehler



Lufteinschlüsse beim  
Abfüllen des Bruchs  
in die Form



Lufteinschlüsse beim Abfüllen  
des Bruchs in die Form *oder*  
Lufteinschlüsse in der Milch

In jedem Käse wird genügend  $\text{CO}_2$ -Gas gebildet, um aus kleinen  
Lufteinschlüssen sichtbare Löcher zu machen!



# Teigfehler – zu kurzer Teig



- Übersäuerung oder zu schnelle Säuerung
- zu kurzer Teig
- Schon geringe Gasbildung für zu Rissen



- ungenügendes Verwachsen der Bruchkörner
- Schlechte Teigkohäsion

Möglich Ursachen:

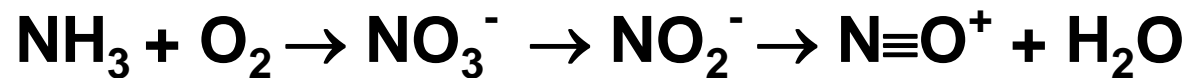
- zu trockener Bruch
- zu tiefer pH
- ungenügendes Pressen



# Teigverfärbungen durch Nitrat (bankrot)



1.  $\text{NH}_3$  löst sich in Tropfwasser oder in Feuchtigkeit der Käsebretter
2. Oxidation zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) durch nitrifizierende Bakterien
3. Nitrat migriert in Käse und Holzbretter
4. Reduktion des Nitrates zu Nitrit durch aerobe Bakterien im Käse  $\rightarrow$   $\text{CO}_2$ -Bildung
5. Reaktion des Nitrits mit aromatischen Aminosäuren  $\rightarrow$  rote bis bräunliche Pigment



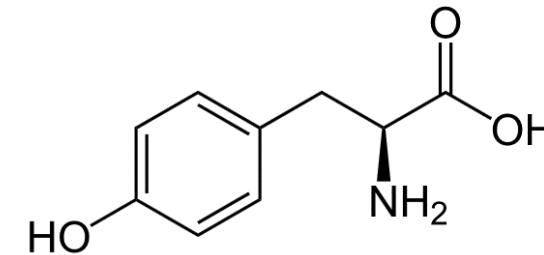
$\text{N}\equiv\text{O}^+$  reagiert mit aromatischen Aminosäuren  $\rightarrow$  Farbe



# Teigverfärbung - zu starke Proteolyse



1. zu hoher Wassergehalt und Übersäuerung in der Randzone
2. schnellere Proteolyse
3. starker pH-Anstieg
4. Tyrosin und ev. andere aromatische Aminosäure bilden bläuliche Pigmente



Fehler wird gefördert durch dicke Schmiere, viel  $\text{NH}_3$



# Teigverfärbung - zu starke Proteolyse weisser Teig in der Randzone



- Zu starke Proteolyse in der Randzone
- Akkumulation von freien Aminosäuren, die teilweise Auskristallisieren (z.B. Tyrosin)
- Kristalle führen zu stärkerer Lichtstreuung → Aufhellung des Käseteigs v.a. bei Hartkäse
- Häufiger Fehler bei Emmentaler (Ursachen: proteolytische Laktobazillen, zu schnelle Abkühlung auf der Presse)





# Teigverfärbung - starke Proteolyse braunroten Verfärbung



Polyphenoloxidase  
von Aminosäuren  
(z.B. Tyramin)  
→ Melanin (braune  
Farbe).



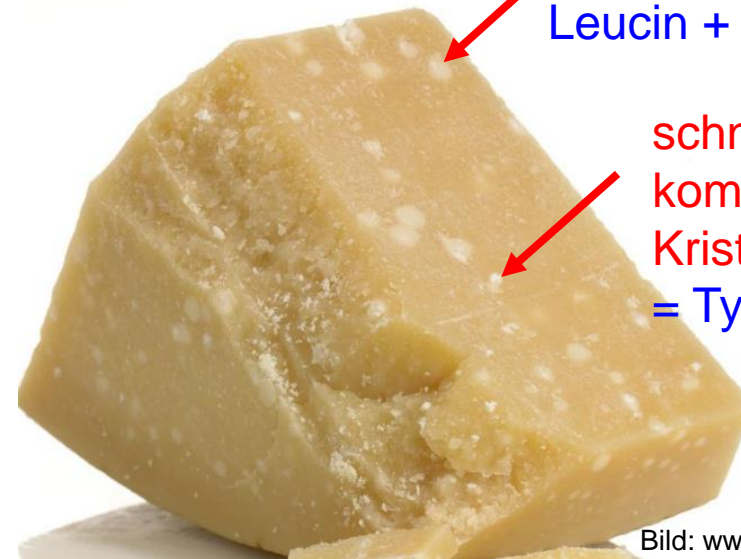
# Aminosäurekristalle



“Salzkristalle” in sehr reifem Emmentaler

Bild: [www.gaudis.ch](http://www.gaudis.ch)

Tupfen und Kristalle  
in Parmesan



weissliche Tupfen  
Leucin + iso-Leucin

schneeweisse,  
kompakte  
Kristalle  
= Tyrosin

Bild: [www.welt.de](http://www.welt.de)



# Schwarze, braune oder rötliche Punkte im Teig





# Die häufigsten Fehlgärungen bei Käse

	Verursacher	Schadenbild	Rohmilch- käse	Past. Käse
Buttersäuregärung	<i>Clostridium tyrobutyricum</i>	Starke Lochung, Blähung <b>Buttersäure</b> aroma	X	X
Putrifikus/ Weissfäule	<i>Clostridium sporogenes</i>	Weisse Faulstellen Fauliger Geschmack	Emmen- taler	«Emmen- taler»
Propionsäure- gärung	Propionsäure- bakterien	Süsslicher Geschmack Löcher / Risse, Nachgär. Braune Tupfen	X	
Bildung biogener Amine	Enterokokken OHLb (z.B. <i>Lb parabuchneri</i> ) E. coli	Brennender Geschmack Aromafehler Löcher, Risse / Nachgärung	X	(X)
<i>Ranzigkeit</i>	<i>Lipasen</i>	<i>Ranziges Aroma</i> ( <i>Buttersäure</i> )	X	(X)



# Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

## Abbau von (Rest)zucker

1	Heterofermentative Milchsäuregärung
Vorgang	Laktose → Laktat + <b>Essigsäure</b> (Ethanol v.a. anaerob) + <b>CO<sub>2</sub></b>
Keim	Obligat heterofermentative Laktobazillen ( <i>Lb. brevis</i> , <i>L. buchneri</i> , <i>L. parabuchneri</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. fermentum</i> ) <i>Leuconostoc</i> spp.
Wirkung	Frühe Lochung
Analytik	Bakteriolog. Nachweis der OHLb, GC (Acetat)

2	Hefegärung
Vorgang	Laktose → <b>Ethanol</b> + <b>CO<sub>2</sub></b>
Keim	Hefen
Wirkung	Frühblähung, Lochung, Mostgeruch
Analytik	Hefenachweis, GC (EtOH)



# Hefen

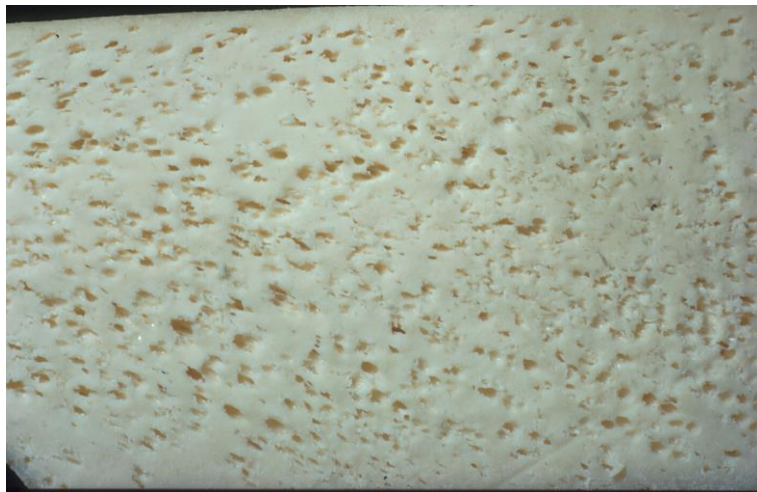




# Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

## Abbau von (Rest)zucker

3	Gemischtsäuregärung
Vorgang	Laktose → 2 Laktat + 1 <b>Acetat</b> + (1) Formiat + 1 Ethanol ↳ 1 <b>CO<sub>2</sub></b> + 1 <b>H<sub>2</sub></b>
Keim	<i>Escherichia coli</i> und andere coliforme Keime
Wirkung	Frühblähung, nisserige Lochung, säuerliches Aroma
Analytik	Coliformen-Nachweis, biogene Amine (Cadaverin)





# Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

## Abbau von Citrat

Citratabbau durch Laktobazillen	
Vorgang	1 Citrat → 2 <b>Essigsäure</b> + 1 <b>Ameisensäure</b> + 1 <b>CO<sub>2</sub></b>
Keim	Fakultativ heterofermentative Laktobazillen ( <i>L. casei</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. paracasei</i> )
Wirkung	Lochung, Gläs
Gasmenge	Max. 200 mL CO <sub>2</sub> pro kg Käse (je nach Citratgehalt des Käses)
Analytik	Fakhet-Nachweis, ev. GC (Acetat, Formiat)







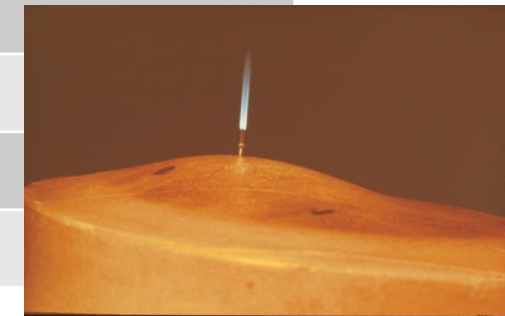
# Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

## Abbau von Laktat

1	durch Milchsäurebakterien
Vorgang	2 Laktat → 1 <b>1,2-Propandiol</b> + 1 <b>Essigsäure</b> + 1 <b>CO<sub>2</sub></b>
Keim	Fakultativ heterofermentative Laktobacillen (OHL) ( <i>Lactobacillus parabuchneri</i> ) und <i>Pediococcus</i> ssp.
Wirkung	Lochung, Gläs, «Essigstich»
Analytik	Nachweis von OHL ev. GC (Acetat), ev. Histamin

2	Buttersäuregärung
Vorgang	2 Laktat → 1 <b>Buttersäure</b> + 2 <b>CO<sub>2</sub></b> + 2 <b>H<sub>2</sub></b>
Keim	<i>Clostridium tyrobutyricum</i>
Wirkung	Spätblähung, ranziges Aroma
Analytik	GC (flüchtige Carbonsäuren)





# Buttersäuregärung



**Spätblähung / starke Nachgärung**

*Clostridium tyrobutyricum*





# Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

## Abbau von Laktat

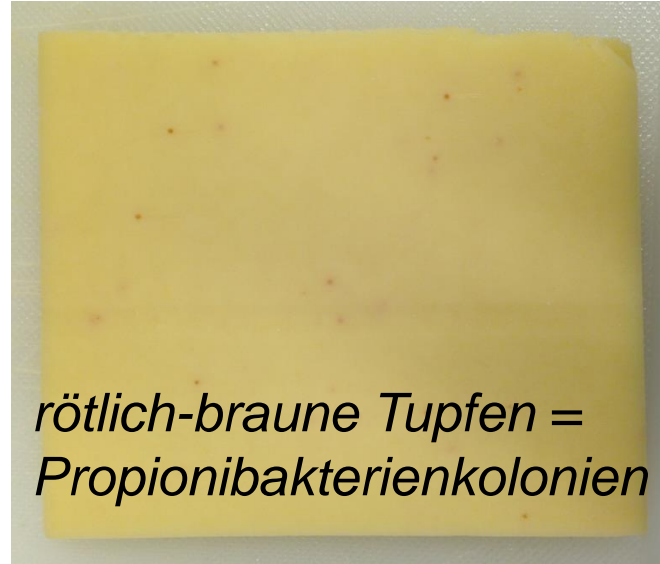
3	Propionsäuregärung (klassisch)
Vorgang	3 Laktat → 2 <b>Propionsäure</b> + 1 <b>Essigsäure</b> + 1 <b>CO<sub>2</sub></b>
Keim	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Wirkung	Lochung, Gläs, süsslicher Geschmack, braune Tupfen
Gasmenge	Max. 500 mL CO <sub>2</sub> pro kg Käse (theor. Maximalwert)
Analytik	GC (flüchtige Carbonsäuren)

4	Propionsäuregärung (Aspartatstoffwechsel)
Vorgang	1 Laktat + 2 <b>Aspartat</b> → 1 <b>Acetat</b> + 1 <b>CO<sub>2</sub></b> + 1 <b>Succinat</b> + 2 NH <sub>3</sub>
Keim	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Wirkung	Lochung, Gläs, Nachgärung, braune Tupfen
Analytik	GC (flüchtige Carbonsäuren), Succinat, freie Aminosäuren



# Propionsäuregärung

→ Süsslicher Geschmack, grosse Löcher, Gläs und ev. braune Tupfen



PG verursacht am meisten Schäden beim Sbrinz, betroffen sind aber auch andere Rohmilchkäse (Gruyère, Raclette du Valais etc.)





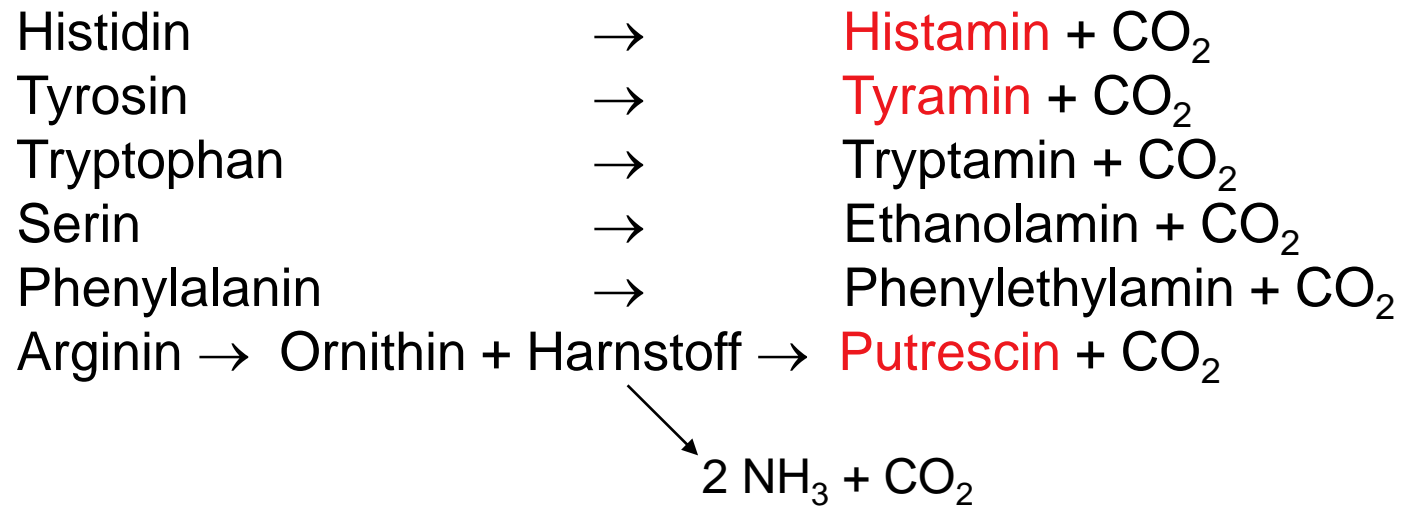
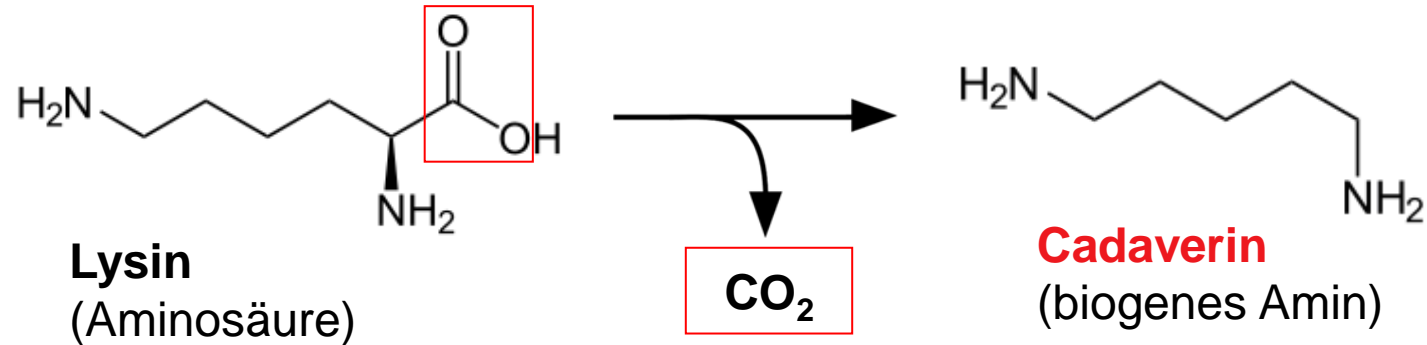
# Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

## Abbau von Aminosäuren

1	Decarboxylierung von Aminosäuren
Vorgang	1 Aminosäure → 1 CO <sub>2</sub> + biogenes Amin oder GABA
Keim	<i>Lb. parabuchneri</i> : His → Histamin <i>Enterokokken</i> : Tyr → Tyramin (+ ev. Phe → Phenylethylamin) <i>Enterobakterien</i> : Lys → Cadaverin (+ ev. Arg → Putrescin) <i>Lb. delbrueckii</i> : Glu → gamma-Amino-Buttersäure (GABA)
Wirkung	Lochung, Gläs, Off-Flavour
Analytik	HPLC (biogene Amine)



# Bildung biogener Amine aus freien Aminosäuren





# Bildung biogener Amine in Käse

## Raclette (8 mois)

→ brennend

Histamine 1123 mg/kg

Tyramine 1000 mg/kg

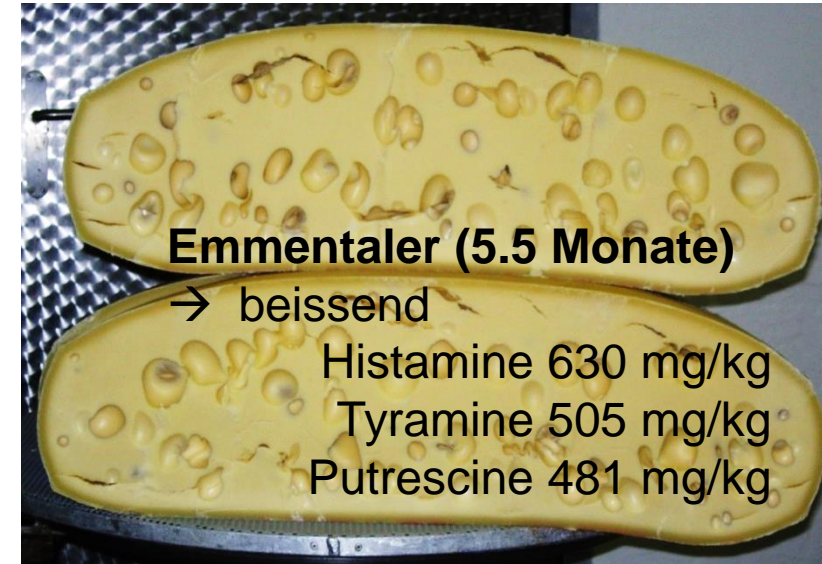
Putrescine 674 mg/kg



## Alpkäse (7 Monate):

→ brennend

histamine 917 mg/kg



## Emmentaler (5.5 Monate)

→ beissend

Histamine 630 mg/kg

Tyramine 505 mg/kg

Putrescine 481 mg/kg



## Cheddar: Tyramine 641 mg/kg



## Raclette au lait cru (10 mois)

→ brennend

Histamine 945 mg/kg

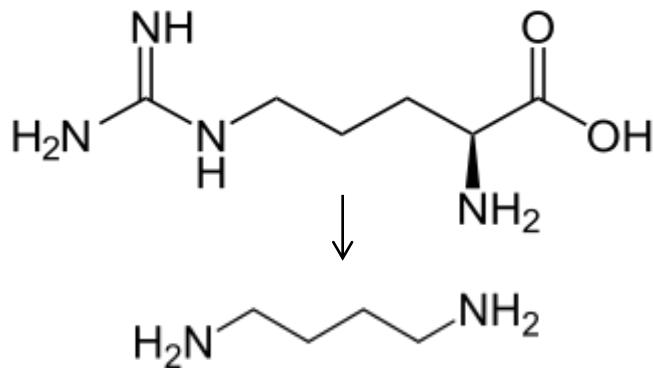
Tyramine 454 mg/kg



# Gasbildende Gärungsvorgänge in Käse

## Abbau von Aminosäuren

2	Arginindeiminase – Stoffwechsel
Vorgang	1 Arginin $\rightarrow$ $\text{NH}_3$ + Citrullin $\rightarrow$ Ornithin + $\text{CO}_2$ + $\text{NH}_3$ $\searrow$ 1 $\text{CO}_2$ + Putrescin*
Keim	<i>Lactobacillus delbrückii</i> , <i>Lb. parabuchneri</i> , <i>Pediokokken</i> * <i>Enterobacterien</i> (Abbau Ornithin zu Putrescin)
Wirkung	Gläs, Nachgärung, tend. Schneller Reifung (pH!)
Gasmenge	Max. 400 mL $\text{CO}_2$ pro kg Käse (bisher gemessener Höchstwert)
Analytik	Biogene Amine, freie Aminosäuren



Arginin

Putrescin







# Wichtigste laboranalytische Hilfsmittel zur Abklärung von Käsefehlern

Prüfparamter	Aussage	Anwendung
pH-Wert	Säuerung, Reifegrad	kurzer Teig
Freie Aminosäuren (OPA-Wert)	Reifegrad, Proteinabbau	kurzer Teig, beim Emmentaler auch bei Nachgärung
Flüchtige Carbonsäuren C1 bis C6	Propionsäuregärung, Buttersäuregärung, Lipolyse	bei Nachgärungen, Lochungsfehlern, Off-Flavour
Biogene Amine	Aminosäureabbau durch Enterobakterien, Enterokokken, <i>Lactobacillus parabuchneri</i>	bei Nachgärungen, Lochungsfehlern, brennendem Geschmack
anorganische Verbindung	<i>Fremdkörper</i>	Schwarze Flecken Teigeigenschaften



# Zusammenfassung Käsefehler

- Es gibt zahlreiche mögliche Gärungen als Ursache von Gasbildung, d.h. Lochungsfehlern und Nachgärung
- weitere Faktoren wichtig
  - pH-Wert (viel schlechtere  $\text{CO}_2$ -Löslichkeit bei tiefem pH)
  - Bruchkornkohäsion
  - Teigelastizität (pH, Ca, Proteolyse)
  - Reifungstemperatur, % rF,  $\text{NH}_3$
  - Dynamik der Gasbildung
  - ...
  - ...

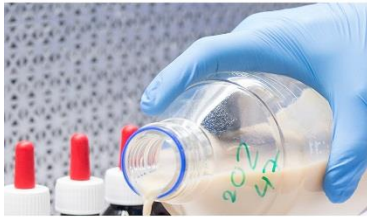




# Fragen?



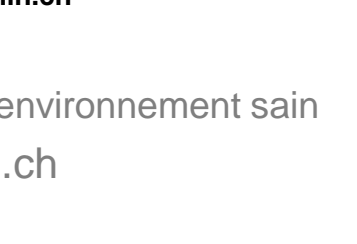
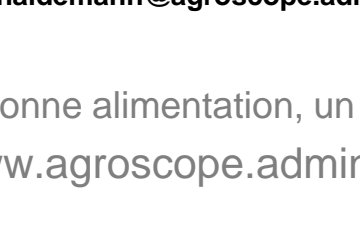
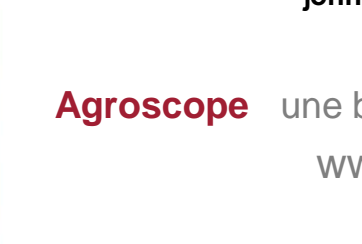
- per Skype auf: +41 58 463 43 34
  - auf Handy: +41 79 611 48 45
- oder stellen Sie Ihre Fragen per E-Mail.  
[john.haldemann@agroscope.admin.ch](mailto:john.haldemann@agroscope.admin.ch)



**Merci pour votre attention**

**John Haldemann**  
john.haldemann@agroscope.admin.ch

**Agroscope** une bonne alimentation, un environnement sain  
www.agroscope.admin.ch



Kä  
J. I