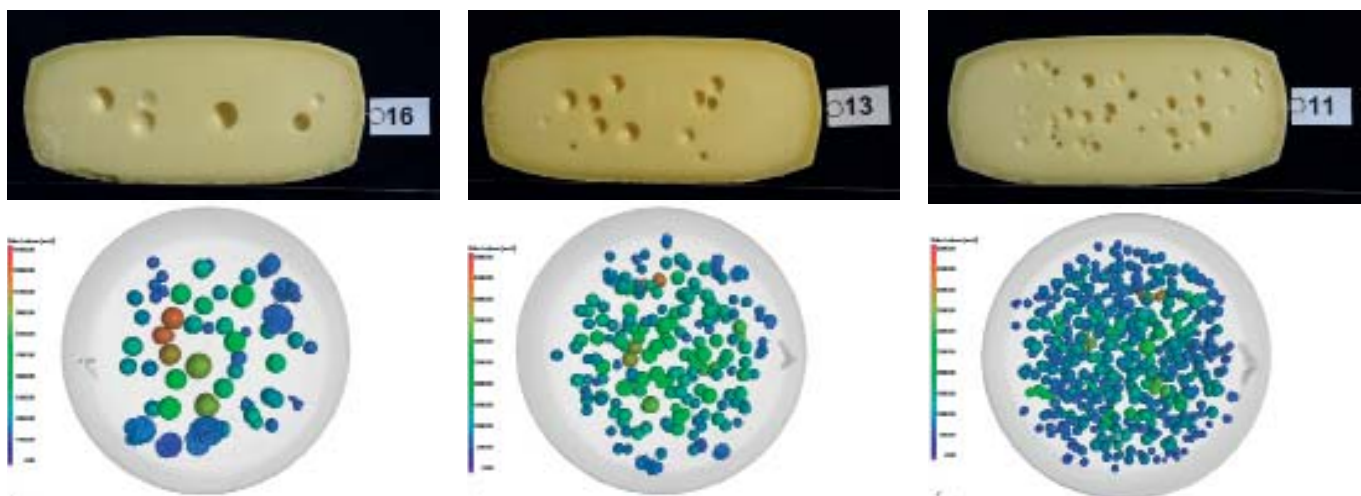


Wie die Löcher in den Käse kommen

Löcher im Käse sind ein Blickfang und geben dem Käse ein charakteristisches Gesicht. Eine Studie von Agroscope und EMPA zeigt, wie die Löcher in den Käse kommen.



Das Lochvolumen der einzelnen Löcher wird farblich dargestellt. Dabei bedeuten blaue Farben kleine und rote Farben grosse Lochvolumina. Le volume des trous est représenté en couleurs. Le bleu indique les petits volumes et le rouge les grands volumes.

Käse 16 mit Zusatz von 0,06 Milligramm Heupartikel in 90 Liter Milch. • Fromage n° 16 avec ajout de 0,06 mg de particules de foin dans 90 l de lait.

Käse 13 mit Zusatz von 0,5 Milligramm Heupartikel in 90 Liter Milch. • Fromage n° 13 avec ajout de 0,5 mg de particules de foin dans 90 l de lait.

Käse 11 mit Zusatz von 2,0 Milligramm Heupartikel in 90 Liter Milch. • Fromage n° 11 avec ajout de 2,0 mg de particules de foin dans 90 l de lait.

DOMINIK GUGGISBERG, PHILIPP SCHUETZ, DANIEL WECHSLER*. Im Englischen werden die Käselöcher gar als Augen («eyes») bezeichnet, entsprechend handelt es sich bei «blindem Käse» um Käse mit fehlender Lochbildung. Es erstaunt daher nicht, dass viele traditionelle Käsesorten-Organisationen wie Emmentaler Switzerland oder Appenzeller GmbH grossen Wert auf diese sortentypische Erscheinung legen und definiert haben, wie das ideale Lochbild auszusehen hat. Dabei werden Grösse, Anzahl, Ausschaffung und Verteilung der Löcher festgelegt. Doch wie und wo genau entstehen diese Löcher im Käse und wie schafft es der Käser Tag für Tag, den Prozess der Lochbildung so zu steuern, dass die Erscheinung seiner Käse dem Idealbild entspricht? Eine neue Studie aus der Forschung von Agroscope und EMPA zeigt, dass die Lochbildung in Käse kein Zufall ist und löst das Rätsel, wie die Löcher in den Käse kommen (Guggisberg et al., 2015).

Lochbildung war schon 1917 ein Thema
Die Faszination am Phänomen Lochbildung hat seit jeher die Aufmerksamkeit der Wissenschaft auf sich gezogen. Bereits im Jahr 1917 veröffentlichte der Amerikaner William Clark einen ausführlichen Übersichtsartikel über die Lochbildung in Emmentaler, in dem der Stand der damaligen Forschungsarbeiten zusammengefasst wurde. Dass die Lochbildung durch Kohlendioxid der Bakterien (Propionsäurebakterien, Milchsäurebakterien etc.) verursacht wird, war damals eher noch eine Hypothese als eine gesicherte Erkenntnis, zumal immer noch unbekannt war, welche Bakterien und Gärungsprozesse zur Gasbildung im Emmentaler beitragen. Umso mehr erstaunt es, dass bereits damals gerätselt wurde, ob der Entstehungsort der Löcher rein zufällig ist oder nicht. Clark vertrat die Hypothese, dass die Lochbildung nur an speziellen Stellen im Käse erfolgen könne. Er verglich das Phänomen der Lochbil-

dung mit der Bildung von Regentropfen in der Atmosphäre, die durch Staubpartikel ausgelöst wird. Als weiteres Phänomen nannte er die Kristallbildung in übersättigten Lösungen wie etwa Honig. Auch dabei handelt es sich um einen Prozess, der durch den Zusatz von Partikeln (z.B. Impfkristalle) ausgelöst werden kann. Obwohl Clark mit seinen Überlegungen bereits sehr nahe an der Lösung war, blieb für ihn die Lochbildung ein Rätsel.

Zu saubere Milch führte zu «Löcherschwund»

Auch in den letzten Jahrzehnten gab es immer wieder Bemühungen, das Rätsel wissenschaftlich aufzuklären. Ein saisonaler Einfluss der Winterfütterung mit Heu auf die Lochbildung wurde bereits vor 40 Jahren beschrieben (Kurmman, et al., 1975). Im Winter hergestellte Emmentaler wiesen oftmals zu viele und zu kleine Löcher auf. 2004 konnte gezeigt werden,

dass Verfahren wie die Mikrofiltration oder Zentrifugation (Bactofugation) der Milch die Anzahl der Löcher stark reduzieren (Fragnière & Schafroth, 2004). In den letzten 10 bis 15 Jahren zeigten Käse vermehrt eine zu sparsame Lochung, was als sogenannter «Löcherschwund» bezeichnet und auf die dank verbesserter Melktechnik immer sauberere Milch zurückgeführt wurde. Forschende vom Agroscope Institut für Lebensmittelwissenschaften hegten den Verdacht, dass Heupartikel die gesuchten Mikropartikel sind, welche die Entstehung der Löcher im Käse auslösen. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden in aufwändigen Versuchsreihen Käse aus mikrofiltrierter Rohmilch mit unterschiedlichen Zusatzmengen von Heupartikeln hergestellt. In der Versuchskäserei wurden den Käsekessel mit 90 Liter Milch neben den Käsekulturen auch Heupartikel in einer Dosierung von 0,06 bis 4,00 Milligramm zugesetzt. Um die Entwicklung der Löcher (Anzahl, Grösse und Verteilung) im Käse im Verlauf der Reifung von 130 Tagen studieren zu können, wurde in Zusammenarbeit mit der EMPA eine neue Methode zur Erfassung der Lochbildung mittels Computertomographie entwickelt. Die Ergebnisse waren selbst für die Forschenden von Agroscope und EMPA verblüffend (Abbildungen 1–3). Je nach Dosierung der Heupartikel konnte die Anzahl der Käselöcher fast nach Belieben gesteuert werden.

In den Versuchen wurde auch der Effekt verschiedenster pflanzlicher Mikropartikel wie gemahlene Cellulose, Weizenkleie, Stärke und verschiedener Kräuter- und Gewürzpulver studiert. Mikropartikel aus pflanzlichen Materialien wie Stängel und Blätter zeigten die grösste Wirkung auf die Lochbildung. In solchen Mikropartikeln sind Hohlräume (Kapillaren) enthalten, die den Einschluss kleinster Luftbläschen ermöglichen. Sie werden durch das von den Bakterien freigesetzte CO₂ aufgebläht und wachsen im Verlauf der Käsureifung zu grossen Löchern heran.

Kleinste Heupartikel bilden «Lochansatzstellen» im Käse

Dank dieser Entdeckung lässt sich nun auch das Rätsel vom «Löcherschwund» wissenschaftlich erklären. Das traditionelle Melken im Stall mit offenen Kesseln wurde in den letzten Jahrzehnten komplett durch moderne, geschlossene Melksysteme abgelöst. Diese technischen Verbesserungen bei der Melktechnik haben die Gefahr von mikrobiologischen Kontamination verringert, gleichzeitig aber

Ergänzung

Im Nachgang zur Agroscope-Medienmitteilung «Das Rätsel um die Entstehung der Löcher im Käse ist gelöst» wurde in einzelnen Presseartikeln irrtümlicherweise berichtet, dass Heupartikel alleine für die Lochbildung verantwortlich sind. Die Lochbildung im Käse wird hauptsächlich durch 2 Faktoren ausgelöst: 1. Pflanzliche Partikel, die als Lochansatzstellen wirken (z.B. Heupartikel) 2. Bakterien, die Kohlendioxid (CO₂) im Käse produzieren (z.B. Propionsäurebakterien oder Milchsäurebakterien).

Die mikroskopisch kleinen Heupartikel enthalten kleinste Luftbläschen. Diese Luftbläschen werden durch das von den Bakterien gebildete Kohlendioxid (CO₂) vergrössert, was zur Ausbildung von sichtbaren Käselöchern führt. Die Heupartikel bestimmen lediglich, wo und wie viele Löcher im Käse gebildet werden. Fehlen die Heupartikel, werden kaum Löcher gebildet und das von den Bakterien gebildete CO₂ entweicht grösstenteils aus dem Käse. Einige Milchsäurebakterien bilden nur wenig CO₂, so dass trotz Anwesenheit von Heupartikeln keine Löcher gebildet werden. Aus diesem Grund enthalten verschiedene Käsesorten wie etwa Gruyère AOP oder Sbrinz AOP keine Löcher.

In einzelnen Berichten wurden die Heupartikel irreführend als «Dreck» bezeichnet. Diese Vereinfachung ist falsch, da Premiumkäse nur aus hygienisch einwandfreier Milch hergestellt werden können. Heupartikel sind in geringsten Dosen wirksam. In 1000 Kilogramm Milch reichen bereits ca. 5–10 Milligramm Heupartikel, um eine typische Lochung zu erzielen. In dieser sehr geringen Dosierung haben Heupartikel keinen Einfluss auf die hygienische Qualität der Milch. *agroscope*

auch den Eintrag von mikroskopisch kleinen Heupartikeln in die Milch reduziert. Dadurch wurde auch die Anzahl der «Lochansatzstellen» im Käse reduziert. Dass es für die Herstellung von traditionellem Käse neben Milch, Lab und Bakterienkulturen auch eine Prise «Heustaub» braucht, ist ein schönes Beispiel, dass die Produktion und Verarbeitung von Rohmilch zu Käse auch heute noch eng miteinander verbunden sind und unterstreicht die Natürlichkeit der traditionellen Rohmilchkäse.

**Die Autoren arbeiten am Agroscope Institut für Lebensmittelwissenschaften in Liebefeld BE. Weiterführende Literatur bei der Kontaktperson erhältlich: dominik.guggisberg@agroscope.admin.ch. Link auf originalstudie: <http://tinyurl.com/locherimkaese>*

L'énigme résolue

Les fabricants d'un grand nombre de fromages traditionnels suisses, comme l'Emmental ou le fromage d'Appenzell, attachent beaucoup d'importance à ces manifestations typiques de certaines sortes de fromage. Mais comment et où apparaissent ces trous? Il ressort d'une récente étude d'Agroscope et de l'Empa que la formation des trous dans le fromage ne relève pas du pur hasard. C'est lors de cette étude que le mystère des trous dans le fromage a finalement été percé.

Au cours des décennies passées, des scientifiques ont tenté de percer l'énigme des trous. Alors qu'autrefois l'Emmental, par exemple, présentait trop de trous en hiver, les fromages fabriqués au cours des 10-15 dernières années ont quant à eux de moins en moins de trous. On attribue cette diminution à une technique de traite toujours plus performante et par conséquent à un lait toujours plus propre. Des chercheurs-euses d'Agroscope ont émis l'hypothèse que les microparticules de foin pouvaient servir de germes de trous et déclencher la formation des trous dans le fromage. Pour étudier le développement de l'ouverture (nombre, taille et répartition) au cours de l'affinage d'une durée de 130 jours, les chercheurs-euses d'Agroscope et de l'Empa ont mis au point une nouvelle méthode pour étudier la formation des trous au moyen de la tomographie assistée par ordinateur. Les résultats des séries d'essai se sont révélés étonnants. Même les chercheurs-euses en sont restés stupéfaits! En résumé, selon le dosage des particules de foin, il est possible de quasiment piloter l'ouverture du fromage à sa guise.

Or, la formation des trous dans le fromage est déclenchée par deux facteurs: d'une part, par les particules végétales, par exemple les particules de foin, qui agissent comme germes de trous et, d'autre part, par des bactéries propioniques ou lactiques, qui produisent du dioxyde de carbone (CO₂) dans le fromage. Les microscopiques particules de foin contiennent de toutes petites bulles d'air qui sont agrandies par le CO₂. Ce sont donc les particules de foin qui déterminent où et combien de trous seront formés dans le fromage. *Dominik Guggisberg, Philipp Schuetz, Daniel Wechsler, Agroscope*