

MOLGASTRONOMIE



Honig: Zucker an der Phasengrenze

Honigliebhaber wissen, dass einige Sorten schneller kristallisieren als andere. Aus physikalischer Sicht ist der Bienenzucker eine mehr oder weniger stark „übersättigte Zuckerlösung“, vorwiegend bestehend aus Glucose und Fructose. Die Kristallisierungsfrage lässt sich deshalb klären, indem man Modellhonige betrachtet, die aus diesen beiden Monosacchariden und Wasser bestehen.

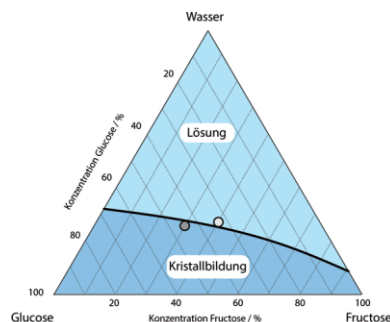


Abb. Dreiecksdiagramm für die Phasengleichgewichte von Modellhonig. Die beiden Beispiele (Kreise) liegen knapp ober- und unterhalb der Phasengrenze.

Bienen lassen nichts ungeschehen, um eine Kristallisation ihrer Nahrung bei der Brutnesttemperatur von etwa 37 °C zu verhindern. Die Insekten erzeugen aus dem Siebröhrensaft der Blüten mittels Enzymen eine komplizierte Lösung aus den Monosacchariden Glucose und Fructose, den Disacchariden Saccharose und Maltose und den Trisacchariden Erlöse und Melzitose: Moleküle mit stark unterschiedlicher Gestalt, die eine Kristallisation erschweren.

Dennoch kristallisieren manche Honige nach längerer Lagerung bei tieferer Temperatur. Warum ist das so?

Verschiedene Honigsorten haben unterschiedliche Glucose-Fructose-Verhältnisse, was die Kristallisationsneigung bestimmt. Akazienhonig weist einen höheren Anteil an Fructose auf, er bleibt flüssig, Rapshonig hingegen einen leichten Glucoseüberschuss, er kristallisiert relativ schnell.

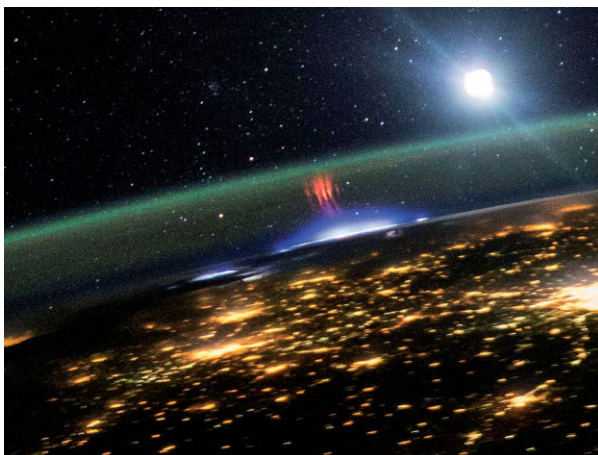
Die Physik dazu lässt sich mit übersättigten Lösungen aus Wasser, Glucose und Fructose verstehen. Aufgrund der Molekülgestalt bilden sich eher und rascher Glucosekristalle, sofern deren Keime ausreichend groß sind und wachsen können. Für eine flüssige, nicht kristallisierfähige Lösung werden 36 % Glucose und 40 % Fructose in 24 % Wasser unter Erwärmen gelöst. Diese Zuckerlösung wird auch nach langer Zeit nicht kristallisieren. Eine Lösung aus 46 % Glucose, 30 % Fructose und 24 % Wasser unter identischen Bedingungen hergestellt, bildet nach

kurzer Zeit Kristalle, die rasch wachsen.

Das thermodynamische Verhalten von ternären Systemen lässt sich in Dreiecksdiagrammen darstellen (Abbildung). Grundlagen hierfür sind der Satz von Viviani, wonach die Summe der Lote eines Punkts innerhalb eines gleichschenkligen Dreiecks dessen Höhe ergibt, sowie das thermodynamische Hebelgesetz für Phasengleichgewichte, das die Massenerhaltung bei Phasenübergängen zu Grunde legt. Die jeweilige Zusammensetzung wird in dem Innenraum eines Dreiecks dargestellt, an dessen drei Ecken jeweils 100 % der Komponenten vorliegen. Dabei trennt die Phasengrenze die Bereiche zwischen kristallisierfähigen und nicht kristallisierfähigen Konzentrationsverhältnissen. Unterhalb der Phasengrenze bilden sich Glucosekristalle, die mit der verbleibenden Lösung koexistieren, oberhalb davon ist keine Kristallisation möglich.

Mitunter bildet sich in angebrochenen Gläsern bei manchen kristallisierenden Honigen ein „Sirupsee“, der ein wenig an Invertzucker (Physik in unserer Zeit 2013, 44(3), 154) erinnert. Diese Phase hat einen höheren Fructose- und Wassergehalt, die Übersättigung sinkt. Die Phasengrenze wird durchstoßen, eine Kristallisation ist dort praktisch ausgeschlossen.

Thomas Vilgis,
MPI für Polymerforschung



PHYSIK IM BILD

Kobolde und Trolle

Blitze, die aus dicken Gewitterwolken zur Erde schießen und in Bäume oder Hochspannungsmasten einschlagen, kennen wir zur Genüge. Aber Wissenschaftler beobachten schon seit rund 25 Jahren Blitze, die von der Wolkenoberseite bis in rund 100 Kilometer Höhe hinaufschießen. Diese Kobolde, Elfen und Trolle genannten Entladungen entstehen nur über sehr heftigen Gewittern und werden überwiegend von Beobachtungsstationen am Boden aus gefilmt. Dieses Foto einer derartigen Entladung oberhalb eines Gewittersturms in Nord-Mexiko gelang am 10. August dieses Jahres Astronauten an Bord der Internationalen Raumstation. Ebenfalls erkennbar sind ein grüner Airglow der Atmosphäre sowie der Mond, der als überbelichteter weißer Fleck erscheint (go.nasa.gov/1LMnhyD und die Bildergalerie: spaceweathergallery.com/index.php?title=sprite).