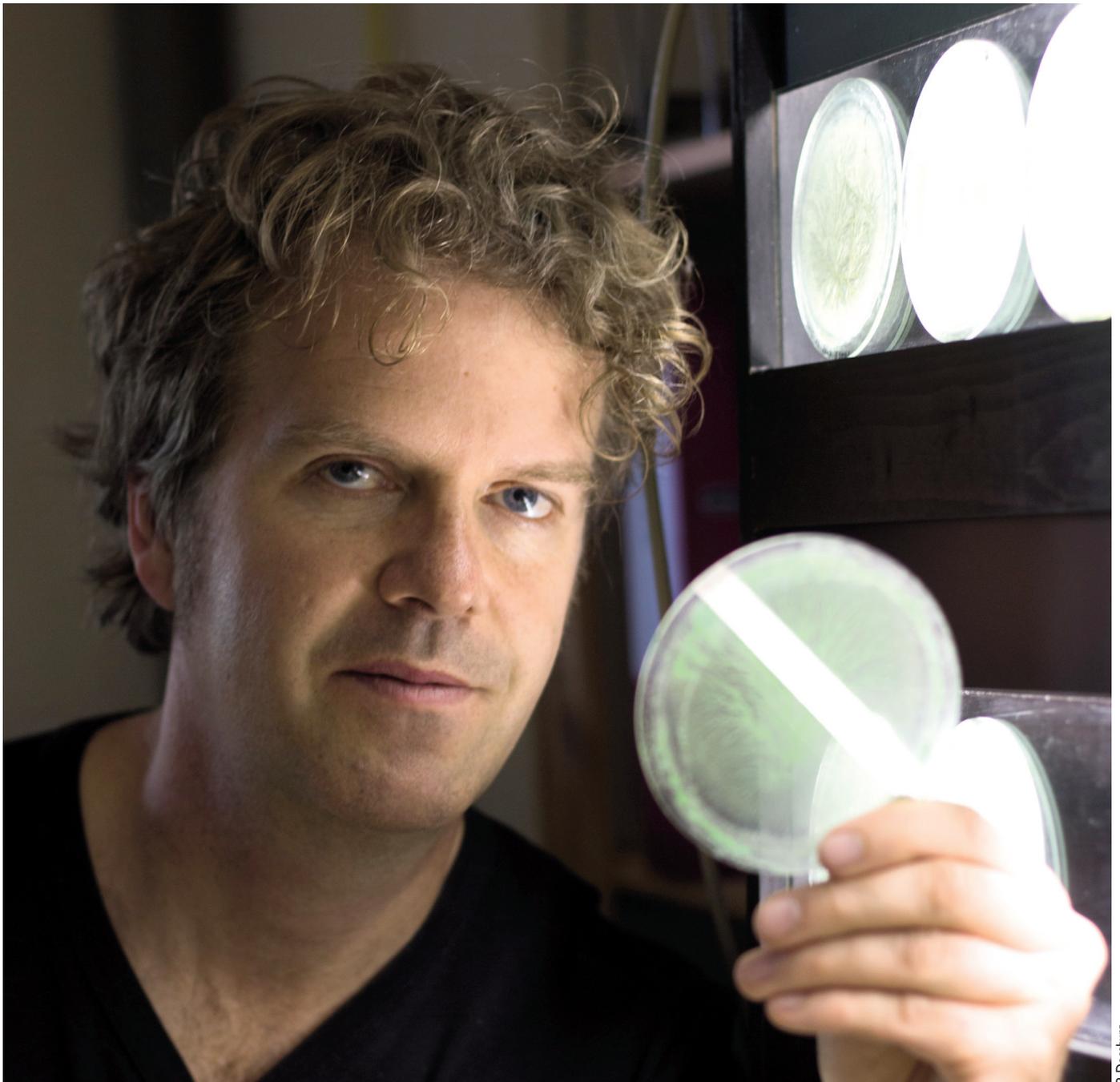


MIT KRISTALLISATIONSBILDERN QUALITÄT DIFFERENZIEREN

INTERNATIONAL STANDARDISIERT GEBEN SIE AUSKUNFT ÜBER GANZHEIT



AUTOR: PAUL DOESBURG

medizinischer Biotechnologe,
Doktorand an der Universität Witten-Herdecke,
Verein für Krebsforschung – Forschungsinstitut
Hiscia im Schweizerischen Arlesheim,
p.doesburg@vfk.ch



Heutzutage werden Lebensmittel zunehmend in gute und schlechte eingeteilt, mit Blick auf ihre Nährstoffe, aber nicht mit Blick auf das Erzeugnis, das wir wirklich essen. Diese nährstoffbezogene Kontextsetzung von Lebensmitteln betrachtet Lebensmittelqualität als gut, wenn diese viele gesundheitsfördernde Nährstoffe enthalten – der Nutzwert, die Guten – und wenig potenziell schädliche Inhaltsstoffe – die Schlechten. Obwohl das plausibel erscheint, wird dennoch immer mehr erkennbar, dass nicht die einzelnen Inhaltsstoffe, sondern der Kontext, in dem sie in unseren Lebensmitteln vorkommen, eine wesentliche Rolle beim Unterstützen unserer Gesundheit spielt. Dieser Zusammenhang der natürlich auftretenden Lebensmittelbestandteile und ihrer Interaktion wird üblicherweise „Lebensmittelmatrix“ genannt.¹

Das Übersehen dieses Zusammenhangs scheint plausibel zu erklären, warum die Ergebnisse von Ernährungsversuchen zu Effekten bioaktiver Ergänzungsmischungen nicht eindeutig sind und

teilweise auf erhöhte Gesundheitsrisiken hinweisen. Der tägliche Konsum von Möhren durch Raucher scheint beispielsweise die Inzidenz von Lungenkrebs zu senken. Aber, wenn man Rauchern Tabletten mit Beta-Carotin verabreicht – dem relevantesten Antioxidanz in Möhren – steigt tatsächlich die Lungenkrebsrate.²

Eindeutig hat uns dieser reduktionistische Ursache-Wirkungs-Ansatz mit einer Fülle an Information zu Strukturen und Funktionen der anorganischen Welt versorgt. Aber er ist nicht hinreichend, um charakteristische Eigenschaften der „ganzen Pflanze“ oder des „ganzen Tieres“ zu beschreiben, die schließlich unsere Lebensmittel ausmachen. Ebenso wenig erfasst er wichtige Lebensvorgänge wie Selbstregulation und Resilienz. Diesen Gedanken verfolgend, sollte ein Lebensmittelprodukt im ganzheitlichen Sinne nicht auf seinen Satz chemischer Substanzen reduziert, sondern als dynamische und hierarchisch organisierte Lebenseinheit betrachtet und bewertet werden.

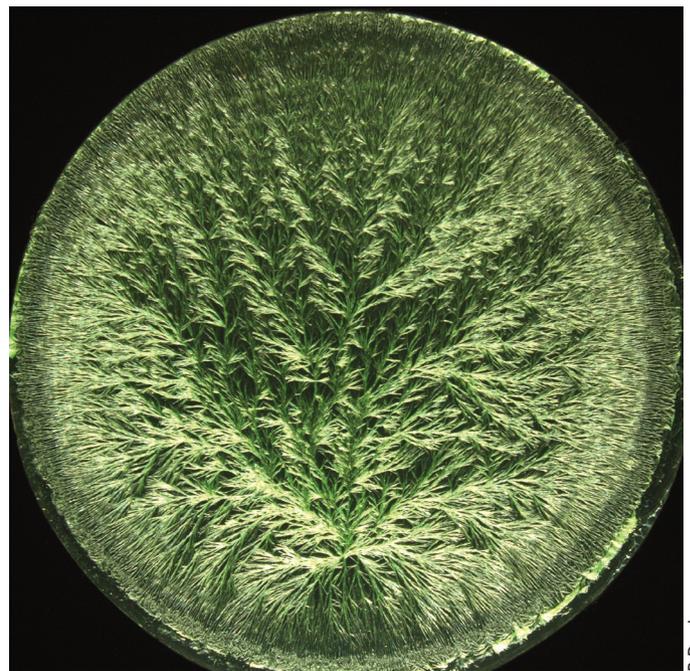


Abb. 1: Kristallisationsmuster von Möhren. Links: Frisch gepresster Karottensaft. Rechts: derselbe Saft nach 4 Tagen Lagerung im Kühlschrank. Hier sieht man besonders eindrucksvoll, wie die Nadelzweige ihre Integrität verlieren, die Entstehung der einzelnen Nadeln unregelmäßig wird und das ganze Bild seine Integrität verliert.

P. Doesburg

Wissenschaftliche Standardisierung der Methode

In den letzten zwanzig Jahren hat eine europäische Arbeitsgruppe von Laboren an der Standardisierung, Validierung und praktischen Anwendung der Kupferchloridkristallisationsmethode gearbeitet, einer so genannten Bildschaffenden Methode.^{3,4,5,6,7} Sie basiert auf dem Phänomen, dass baumartig verästelte Kristallisationsbilder entstehen, wenn Kupferchloridlösung in einer Petrischale mit einem Extrakt z. B. aus Pflanzen oder Blut gemeinsam auskristallisiert, wozu sie in einer vibrationsfreien Verdunstungskammer gebracht werden. Die Kristallisationsbilder sind typisch für das Untersuchungsobjekt, aber unterscheiden sich deutlich, abhängig vom Gesundheitsstatus des Organismus, ob nun Pflanze oder Tier oder Mensch. Auf diese Art können Qualitätsunterschiede buchstäblich sichtbar gemacht werden (Abb. 1). Diese Methode passt nahtlos zu den Prinzipien des Ökolandbaus, denn der Fokus ist auf das Entwickeln von robusten, resilienten Böden, Pflanzen und Tieren gerichtet.^{8,9,10,11,12}

Die generellen Ziele beim Start der Arbeitsgruppe waren:

- die Kristallisationsmethode in der Wissenschaft verankern als eine wissenschaftlich anerkannte Methode für die Beschreibung von Lebensmittelqualität, gründend auf Dokumentation und Überprüfung der methodischen Schlüsselprozeduren, beginnend bei der Kristallisationskammer bis hin zu visuellen und computerisierten Auswertungsverfahren;
- eine relevante Menge an Kompetenzen und Menschen, die mit den gleichen Kristallisationskammern und Laborabläufen arbeiten;

- Integrieren dieser Arbeit in einen geisteswissenschaftlich-anthroposophischen Kontext, um die Erfordernisse einer zeitgemäßen Forschung zur Lebensmittelqualität zu ermöglichen.

In Deutschland sind die offiziell zugelassenen Methoden zur Bestimmung der Lebensmittelqualität im Lebens- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB, §64) festgelegt. Dies sind analytische Methoden, die den Gehalt an einzelnen Komponenten bestimmen. Ein verbindendes Moment, wie oben beschrieben, fehlt aber in diesen Einzelmessungen und, nur als Beispiel, auch die Möhre als Ganze. Dieses fehlende Moment kann am besten beschrieben werden mit dem Begriff des Koordinierenden, des Organisierenden, das verschwindet, wenn das Nahrungsmittel auf seine einzelnen Bestandteile heruntergebrochen wird (chemisch im wahrsten Sinne des Wortes). Kristallisation basiert, anders als analytische Methoden, auf einem organisierenden Prinzip, erzeugt ein Bild, oder einen „Fingerabdruck“ dieses „kohärenten Ganzen“. Diese Fähigkeit, ein Bild zu erzeugen, wird als Fähigkeit verstanden, das vereinende Moment zu repräsentieren. Wenn wir einmal im wissenschaftlichen Diskurs Lebensmittelqualität diskutieren, indem wir dieses organisierende Prinzip nutzen, dann sind die Voraussetzungen für die Wahrnehmung durch die Wissenschaft gegeben.

Ehrenfried Pfeiffer (1899–1961) Forscher und Bodenwissenschaftler mit starker Verbindung zur biodynamischen Landwirtschaft, hat diese Methode in den 1930er Jahren entwickelt, mit dem Ziel die Formkräfte der Natur zu untersuchen. Er erhielt den Ehren-

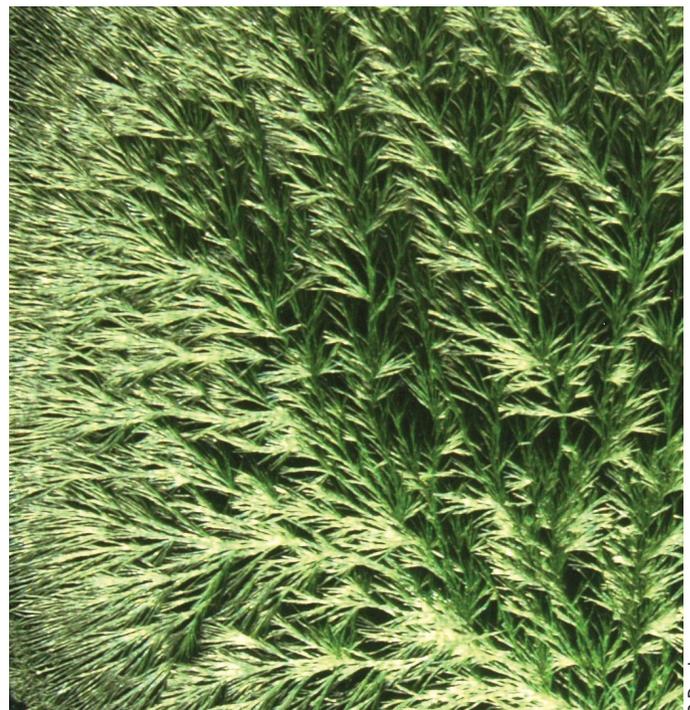
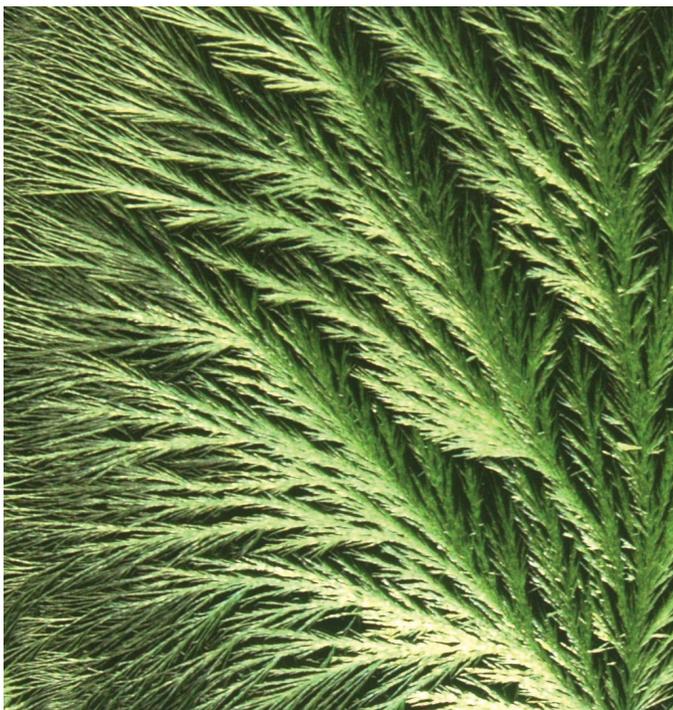


Abb. 2: Kristallisationsbild von Karottensaft frisch (l) und gepresst (r): der Unterschied bis in die Feinstruktur wird in der Vergrößerung deutlicher

P. Doeburg

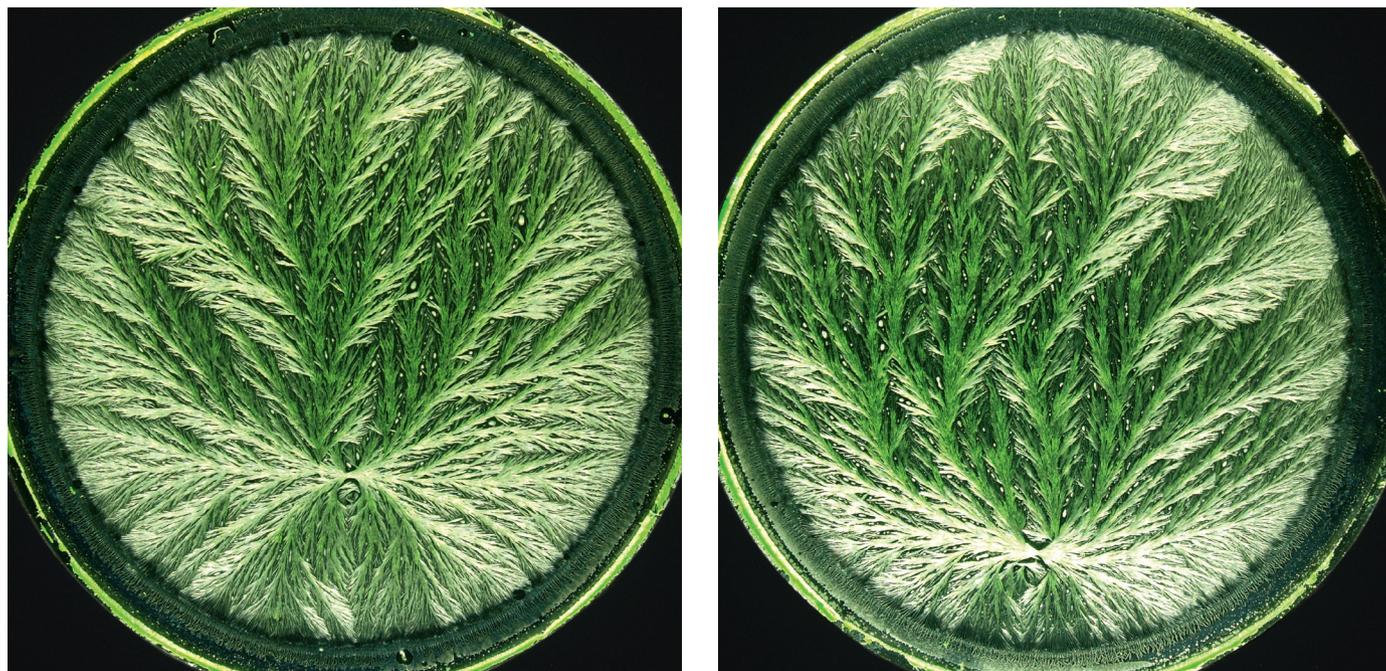


Abb. 3: Kristallisationsmuster von Croissants. Links: unbehandeltes Croissant. Rechts: Croissant mit niedriger Röntgenstrahlung behandelt. Hier sieht man eine erhebliche Abnahme des Koordinationspotenzials des Kristallisationszentrums.

P. Doeburg

doktor des Hahnemann Medical College in Philadelphia, USA, für die Früherkennung von Tumoren mittels der Kristallisationsmethode. Seit ihrer Erfindung wurde die Methode für eine breite Reihe an Untersuchungsgegenständen und Forschungsfragen verwendet, u. a. auch zur Wirkung biodynamischer Präparate, zu Effekten verschiedener Landwirtschaftsverfahren, beim Zusammenhang von Verarbeitungsverfahren und Lebensmittelqualität, im menschlichen Blut zur Diagnose klinischer Erkrankungen, sowie zur Grundlagenforschung zur Homöopathie.

Objektivierbare Auswertung von Kristallisationsbildern

Die Bilder können auf zwei verschiedenen Wegen bewertet werden: visuell und mittels computerisierter Bildanalyse. Je nach Untersuchungsfrage wählen wir eine der beiden Methoden oder eine Kombination. Die Computeranalyse ermöglicht es uns, signifikante Unterschiede zwischen Produkten oder Behandlungen zu finden, auch die Analyse von großen Datenmengen.^{13, 14, 15, 16} Zudem wird sie als „objektiv“ betrachtet, was die Kommunikation auf wissenschaftlichem Feld erleichtert. Allerdings fehlen diesem Ansatz die Nuancen, die mit der visuellen Auswertung erfasst werden können.

Die visuelle Auswertung war immer in der Kritik, da sie natürlich das Risiko subjektiver Einflüsse birgt. Um dies zu überwinden, formierten wir ein internationales Gremium zur visuellen Bewertung und glichen die Methode den ISO Normen (International Or-

ganisation for Standardisation) für Sensorik-Panel an, wandten diese auf die Auswertung der Kristallisationsbilder an.^{17, 18, 19, 20}

Der empirischen Basis der visuellen Auswertung liegt zugrunde, dass der Grad an Ganzheit einer Probe irgendwie in die mikro- und makroskopische Anordnung der Kristallnadeln übertragen wird. Ganzheit als solche beschreibt sich durch das Maß, in dem die Probe in der Lage ist, eine hierarchisch organisierte Einheit zu formen.

Neben analytischen, quantifizierbaren visuellen Bewertungskriterien haben wir auch weitere, eher qualitative Kriterien definiert, die ein gewisses Maß an Einfühlen oder empathischem Engagement erfordern. Diese Kriterien beruhen darauf, dass sich eine Art Simulation des Wachstums hier ausdrückt, auf der Krümmung und auf der Spannung der baumartigen Äste der Kristallisationsbilder. Es ist ein Versuch unserer Gruppe, die ersten Stufen der ‚Seelischen Beobachtungen‘ in der zeitgenössischen Wissenschaft durch konzeptionelle Verknüpfung mit Eigenwahrnehmung – Propriozeption – zu diskutieren.^{8, 17} Propriozeptive Erfahrung ist die Wahrnehmung der eigenen Position, Haltung, des Gleichgewichts oder des inneren Zustands, die nun auf den Wahrnehmungsinhalt anstatt auf die Körperselbstwahrnehmung angewendet wird. Sie ist vergleichbar mit dem körperlichen Gefühl, das wir alle kennen, wenn eine dramatische Geste in Kunstwerken auf uns wirkt. Propriozeptive Erfahrung, gepaart mit der emotionalen Resonanz, die sie auslöst, scheint ein entscheidender Bestandteil der ästhetischen Erfahrung von Objekten in Kunstwerken zu sein.

Empathische Auswertung ist objektivierbar

Um einen Eindruck davon zu vermitteln, wie diese beiden Arten der Bewertung funktionieren, analytisch versus propriozeptiv-empathisch, betrachten sie die beiden Karottenbilder in Abbildung 1: Aus analytischer Sicht hat das Kristallisationsbild des frischen Karottensaftes ausgeprägtere Nadelzweige, regelmäßig positionierte Seitennadeln und offensichtlich im mittleren Abschnitt kürzere und häufigere Seitennadeln. Aus einer propriozeptiven Beschäftigung heraus wird man sich eines Spannungsgefühls in den Nadelzweigen des frischen Safts bewusst, die vom Zentrum zur Peripherie austreten. Das Bild wirkt wie sich-ausbreitend. Darüber hinaus scheint das Zentrum das Bild hier mehr zu koordinieren als im Bild des gealterten Safts, was wahrgenommen werden kann, wenn man auf das Zentrum achtet und dem Fluss der Zweige mit peripherem Sehen folgt. Zusammen ergibt dies ein Gefühl von organisierter Spannung, die wir normalerweise bei frischen Produkten finden und die bei der Alterung oder Verarbeitung der Probe verloren geht.

Ein subtileres Beispiel ist die Wirkung niedrig dosierter Röntgendurchleuchtung, die in der Lebensmittelindustrie zunehmend durchgeführt wird. Röntgenstrahlen können Materialien durchdringen, die kein sichtbares Licht durchlassen, was die Erkennung von Fremdkörpern wie Glas, Knochen, Steinen oder Metall ermöglicht. Vergleicht man die beiden Kristallisationsmuster mit einer rein analytischen Wahrnehmung, gibt es relativ wenig Unterschied zwischen den beiden Mustern, vielleicht etwas mehr Kontrast in der behandelten Probe. Eine empathische Betrachtung wie oben beschrieben offenbart jedoch den Verlust einer fließend miteinander verbundenen Bewegung der Äste, als Reaktion auf die Röntgenbehandlung, die als Verhärtung oder Sklerotisierung der Nadeläste

wirkt. Wie bei den Bildern der Möhren deutet die behandelte Probe auf einen Verlust der Koordinationsfähigkeit aus dem Kristallisationszentrum hin. Die Spannung in den Nadelästen wirkt etwas unkontrolliert. Das Gegenteil ist bei der unbehandelten Probe zu erleben, die eher als stimmiges Ganzes wirkt.

Es ist ziemlich offensichtlich, dass diese Bilder eine wesentlich andere Wirkung auf einen selbst haben als die Interpretation sogenannter „harter Daten“. Ich erlebe, dass die Arbeit mit diesen Bildern, in denen die Wirkung von z. B. Verarbeitungsmethoden oder Anbausystemen zu sehen ist, auch mein Moralempfinden anspricht. Eine Bemerkung von Rudolf Steiner, dass „Geist nie ohne Materie und Materie nie ohne Geist ist“, hilft mir dabei, die Kristallisationsbilder als eine „Manifestation“ der geistigen – nichtphysischen – Dimension des Organismus zu betrachten, aus dem die Bilder stammen, und des Maßes, in dem sie in der Lage sind, ihre Integrität zu bewahren. In diesem Zusammenhang initiieren wir derzeit ein innovatives Projekt zur Arzneipflanzenqualität, in dem wir untersuchen werden, ob die Ausbringung biodynamischer Präparate in bestimmten Konstellationen verstärkend funktionieren kann.

Es besteht Bedarf an neuen Forschungsmethoden, die Aspekte wie Vitalität, Resilienz und Selbstregulation visualisieren können; diese Aspekte gehören derzeit nicht zum Aufgabenbereich der Wissenschaft.²¹ Ziel unserer Arbeit ist es, zur Erweiterung dieses Anwendungsbereichs beizutragen, basierend auf dem Verständnis, dass „Leben“ mehr ist als eine Ansammlung einzelner Substanzen, nicht nur ein Nebeneffekt chemischer und physikalischer Prozesse, sondern durch sie zum Ausdruck kommt. •

Literatur

1) Aguilera JM. The food matrix: implications in processing, nutrition and health. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2019; 59(22):3612–29. • 2) Whitworth A. Micronutrients: to supplement, or not to supplement? *J Natl Cancer Inst*. 2006; 98(4):230–2. • 3) Andersen JO, Laursen J, Koelster P. A Refined Biocrystallization Method applied in a Pictomorphological Investigation of a Polymer. *Elemente der Naturwissenschaft*. 1998; 68:1–20. • 4) Busscher N, Doesburg P, Mergardt G, Sokol A, Kahl J, Ploeger A. Crystallization patterns of an aqueous dihydrate cupric chloride solution in the presence of different amounts of Bovine Serum Albumin. *Journal of Crystal Growth*. 2020; 529:125272–. • 5) Busscher N, Kahl J, Andersen J-O, Huber M, Mergardt G, Doesburg P, et al. Standardization of the Biocrystallization Method for Carrot Samples. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2010; 27(1):1–23. • 6) Busscher N, Kahl J, Ploeger A. From needles to pattern in food quality determination. *J Sci Food Agric*. 2014; 94(13):2578–81. • 7) Kahl J, Busscher N, Mergardt G, Andersen J-O, Doesburg P, Arlai A, et al. Standardization and Performance Test of Crystallization with Additives Applied to Wheat Samples. *Food Analytical Methods*. 2015; 8(10):2533–40. • 8) Athmann M, Bornhütter R, Busscher N, Doesburg P, Geier U, Mergardt G, et al. An update on image forming methods: structure analysis and Gestalt evaluation of images from rocket lettuce with shading, N supply, organic or mineral fertilization, and biodynamic preparations. *Organic Agriculture*. 2021 • 9) Fritz J, Athmann M, Kautz T, Köpke U. Grouping and classification of wheat from organic and conventional production systems by combining three image forming methods. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2011; 27(3–4):320–36. • 10) Fritz J, Athmann M, Meissner G, Kauer R, Geier U, Bornhütter R, et al. Quality assessment of grape juice from integrated, organic and biodynamic viticulture using image forming methods. *OENO One*. 2020; 54(2):373–91. • 11) Fritz J, Athmann M, Meissner G, Kauer R, Köpke U. Quality characterisation via image forming methods differentiates grape juice produced from integrated, organic or biodynamic vineyards in the first year after conversion. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2017; 33(3):195–213. • 12) Kahl J, Busscher N, Mergardt G, Mader P, Torp T, Ploeger A. Differentiation of organic and non-organic winter wheat cultivars

from a controlled field trial by crystallization patterns. *J Sci Food Agric*. 2015; 95(1):53–8. • 13) Andersen JO, Henriksen CB, Laursen J, Nielsen AA. Computerised image analysis of biocrystallograms originating from agricultural products. *Computers and Electronics in Agriculture*. 1999; 22(1):51–69. • 14) Doesburg P, Nierop AFM. Development of a structure analysis algorithm on structures from CuCl₂·2H₂O crystallization with agricultural products. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2013; 90(0):63–7. • 15) Meelersarn A. Statistical evaluation of texture analysis from the biocrystallization method: Effect of image parameters to differentiate samples from different farming systems. PhD thesis, Witzenhausen: University of Kassel; 2007. • 16) Unluturk S, Pelvan M, Unluturk MS. The discrimination of raw and UHT milk samples contaminated with penicillin G and ampicillin using image processing neural network and biocrystallization methods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2013; 32(1):12–9. • 17) Doesburg P, Fritz J, Athmann M, Bornhütter R, Busscher N, Geier U, et al. Kinesthetic engagement in Gestalt evaluation outcores analytical 'atomic feature' evaluation in perceiving aging in crystallization images of agricultural products. *Plos one*. 2021; 16(3):e0248124. • 18) Doesburg P, Huber M, Andersen J-O, Athmann M, van der Bie G, Fritz J, et al. Standardization and performance of a visual Gestalt evaluation of biocrystallization patterns reflecting ripening and decomposition processes in food samples. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2014; 31(2):128–45. • 19) Fritz J, Athmann M, Andersen J-O, Doesburg P, Geier U, Mergardt G. Advanced panel training on visual Gestalt evaluation of biocrystallization images: ranking wheat samples from different extract decomposition stages and different production systems. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2018; 35(1):21–32. • 20) Huber M, Andersen J-O, Kahl J, Busscher N, Doesburg P, Mergardt G, et al. Standardization and Validation of the Visual Evaluation of Biocrystallizations. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2010; 27(1):25–40. • 21) Bautze L, Brock C, Code J, Derkzen P, Fritz J, Hach A, et al., editors. Growing beyond resilience. *Contributions 2nd International Conference on Biodynamic Research*. August 30th to September 2nd 2021: Section for Agriculture at the Goetheum.