

Die Referenz.

Das Schweizer Metrologiemagazin

Nr. 02 | 2025



[Seite 4 →](#)

150 Jahre Metervertrag
«À tous les temps, à tous les peuples»

[Seite 12 →](#)

**Mikro- und Makro-
elemente in Milch- und
Fleischersatzprodukten**

[Seite 24 →](#)

**Zuverlässige
Messungen in der
Nuklearmedizin**



Impressum

Herausgeber

Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS
Lindenweg 50, 3003 Bern-Wabern, Schweiz
Tel. +41 58 387 01 11
metas.ch

Redaktionsleitung

Xavier Rappo
kommunikation@metas.ch

Redaktionsteam

Sören Fricke
Hugo Lehmann
Lena Märki
Jürg Niederhauser

Sprachversionen

DE, FR, EN (online)

Bildnachweis

METAS, Getty Images (S. 5), Wikipedia (S. 5),
Alcosuisse AG (S. 22), Shutterstock (S. 26),
Schweizer Jugend forscht (S. 32)

Gestaltung

Casalini Werbeagentur AG
casalini.ch

Copyright

© 2025
Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS, Bern
Der Nachdruck von Artikeln ist mit Quellenangabe
gestattet. Bitte schicken Sie ein Belegexemplar an
die Redaktionsadresse.

Auflage

2500 Exemplare deutsch
900 Exemplare französisch
Englisch online

Druck

Galledia AG, Flawil
galledia.ch

Administration

ISSN 2813-8961 (Print deutsch)
ISSN 2813-897X (online deutsch)

Titelseite

Gedenkmedaille, die anlässlich des 150-jährigen
Jubiläums des Metervertrags und der Gründung des
Bureau international des poids et mesures (BIPM)
(1875–2025) ausgegeben wurde.



Inhalt



4 150 Jahre Metervertrag

«À tous les temps,
à tous les peuples»

8 100 Jahre Quantenmechanik: vom Udenkbaren zum Unentbehrlichen



12 Mikro- und Makro- elemente in Milch- und Fleisch- ersatzprodukten



Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser

Vor 150 Jahren unterzeichneten die Vertreter von siebzehn Nationen, darunter auch die Schweiz, den Metervertrag in Paris. Dieser Vertrag führte nicht nur zur Gründung des Internationalen Büros für Mass und Gewicht (BIPM), es handelte sich dabei auch um die Schaffung einer der allerersten zwischenstaatlichen Organisationen.

Der Vertrag ermöglichte es den Unterzeichnerstaaten, sich durch den Übergang zu naturbasierten Einheiten von der grossen Heterogenität der anthropometrischen Bezugsgrössen zu befreien. Der letzte Meilenstein in dieser Entwicklung war die Neudefinition des Internationalen Einheitensystems (SI) im Jahr 2019. Seitdem sind die Masseneinheiten vollständig entmaterialisiert. Heute ist es theoretisch möglich, einen Meter oder ein Kilogramm an jedem beliebigen Ort im Universum zu reproduzieren.

Durch ihr Ziel der Einheitlichkeit und Universalität trägt die internationale Metrologie zur Völkerverständigung und zum Frieden bei. Schliesslich bilden das SI und die Werte der Metrologie durch ihre verbindende Wirkung ein hervorragendes Gegenmittel angesichts geopolitischer Spannungen.

In dieser Ausgabe erfahren Sie unter anderem, wie der Metervertrag die Metrologie bis heute beeinflusst. Viel Spass!

Dr. Philippe Richard
Direktor
Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS

17 Objekt



20 Ethanolanalysen am METAS



24 Für zuverlässige Messungen in der Nuklear- medizin

28 Interview

Neuer Bereichs- leiter und neuer Laborleiter in der Abteilung Physik

32 In Kürze



34 Zwei-Faktor- Authentisierung auf der METAS- Webplattform

18 Geschichte des Meters in der Schweiz



Metrologie allgemein

150 Jahre Metervertrag «À tous les temps, à tous les peuples»

Der internationale Metervertrag ist ein Meilenstein in der Entwicklung der Metrologie. Er ist einer der ersten internationalen Staatsverträge und bildet die Grundlage für die Schaffung des Internationalen Einheitensystems (SI), die heute weltweit verbindliche Basis für das Messen. Vor allem konnte dank dem Metervertrag auch eine international abgestimmte messtechnische Infrastruktur geschaffen werden.

Dr. Jürg Niederhauser

Ein Kilogramm ist überall ein Kilogramm – für uns ist dies heute eine nachgerade banale Feststellung. Genauso wie es selbstverständlich ist, dass eine Firma Bestandteile von unterschiedlichsten Zulieferfirmen aus verschiedensten Ländern bestellt und diese in den Dimensionen und mit der Genauigkeit erhält, wie sie bestellt wurden. Möglich ist das, weil alle sich auf eine weltweit verbindliche Basis für das Messen beziehen: das Internationale Einheitensystem (SI).

Der menschliche Körper als Referenz

Gemessen haben die Menschen seit jeher. Um Mass zu nehmen, benutzte man unter anderem Vergleichsgrössen, die sich von Gefässen (Fass, Sack, usw.) ableiteten. Vor allem haben die Menschen gerne auch sich als Mass genommen. Entsprechend gab es viele vom menschlichen Körper abgeleitete Massseinheiten, wie zum Beispiel Spanne (eine Handbreite bei gespreizten Fingern), Inch, Yard, Elle, Fuss.

Messen war zunächst eine lokale Angelegenheit. Das gilt auch für das Festlegen von Masseinheiten. Für die vom menschlichen Körper abgeleiteten Referenzmasse wurde meistens an einem Herrscher eines Ortes oder einer Region Mass genommen. Menschen können sich vom Körperbau her beträchtlich voneinander unterscheiden. So gab es mit der Zeit eine Vielfalt von Masseinheiten, die nebeneinander existierten. Sie variierten von Fürstentum zu Fürstentum und oft gar von Stadt zu Stadt. Trotz gleichlautender Bezeichnung konnte eine Masseinheit je nach Region ein unterschiedlich grosses Mass der betreffenden Messgrösse bezeichnen. Die Längeneinheit «Fuss» war zum Beispiel vielerorts verbreitet, aber sie war längst nicht überall gleich lang. Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts existierte auf dem Gebiet des heutigen Deutschlands die Einheit «Fuss» in unzähligen orts- oder landesspezifischen Abmessungen.



Mit dem Komiteemeter und dem Komiteekilogramm (Kopien aus Gusseisen des «mètre des archives» und des «kilogramme des archives») wurde ab 1800 das metrische System verbreitet. Auf der linken Seite sieht man den Komiteemeter und das Komiteekilogramm der Schweiz, oben einen Teil der Schachtel des Komiteemeters.



Präambel des Metervertrags (links). Alte Referenzmasse für Längensmasse im Durchgang des Zytglogge-Turms in der Stadt Bern (rechts).

Die Erde als Mass

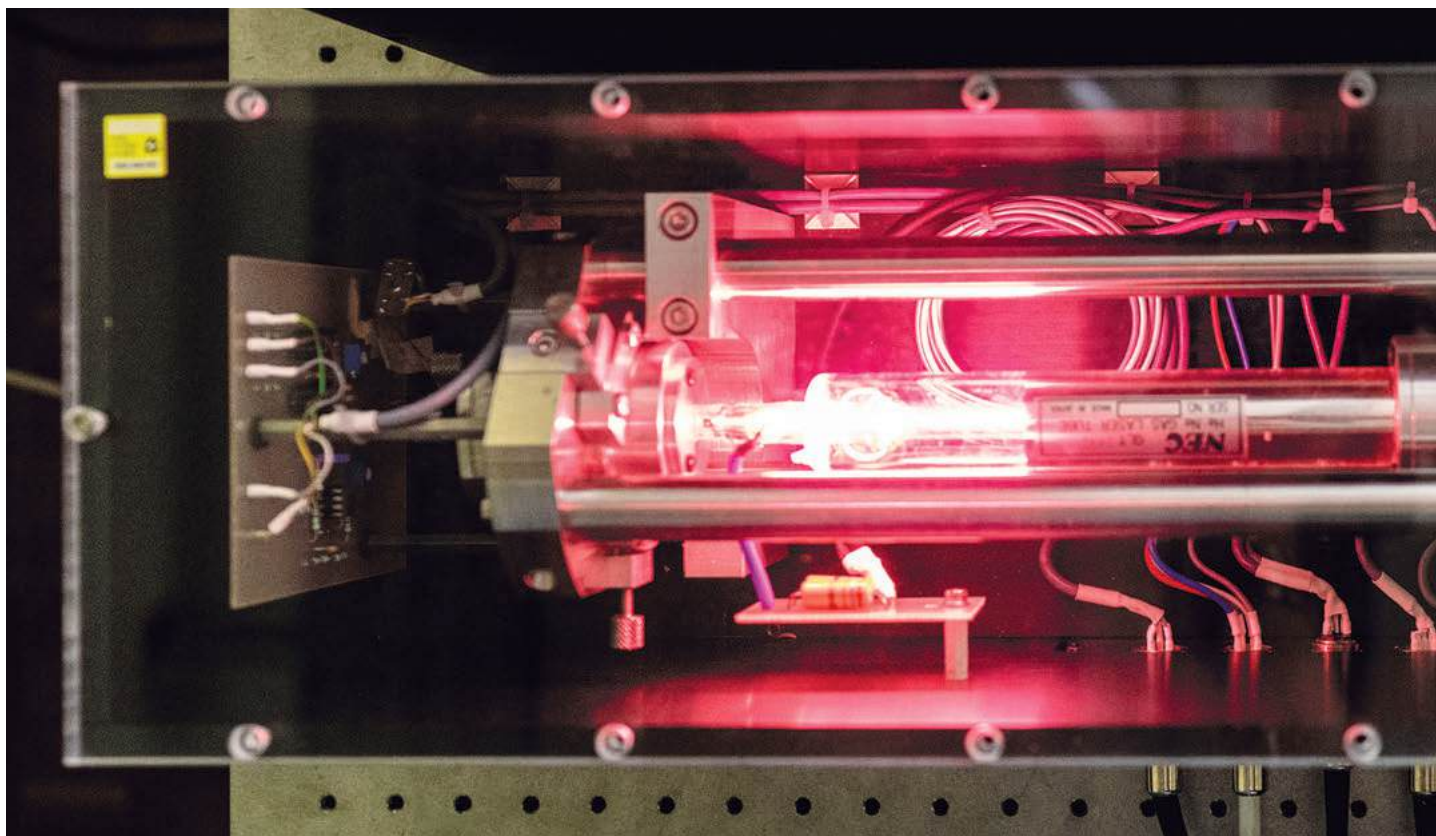
Mit den Fortschritten in Wissenschaft und Technik und auch der Ausdehnung der Handelsbeziehungen sah man im 18. Jahrhundert die Vielfalt der Masseinheiten zunehmend als Hindernis an, das es zu überwinden gelte. Statt mit Tausenden von unterschiedlichen Massen und Gewichten sollte man mit einem System einheitlicher Masse und Gewichte messen können.

1790 beschloss die französische Nationalversammlung, ein neues, einheitliches Längenmass zu entwickeln. Geplant wurde ein auf dem Dezimalsystem basierendes System einheitlicher Masse und Gewichte: das metrische System. Als Referenz für die Einheit der Länge sollte nicht mehr der Körper eines Menschen dienen und auch nicht etwas, das sich auf eine bestimmte Nation bezog, sondern die Erde selbst. Eine wissenschaftliche Kommission, an der unter anderem der Physiker Pierre-Simon Laplace und die Mathematiker Joseph-Louis Lagrange und

Antoine de Condorcet beteiligt waren, schlug im März 1791 vor, die neue Längeneinheit Meter zu definieren als den zehnmillionsten Teil eines Viertels des Umfangs der Erde auf einem Längengrad, das heisst, der Strecke vom Nordpol bis zum Äquator. 1792 begannen die zwei Astronomen Pierre François André Méchain und Jean Baptiste Joseph Delambre damit, einen Teil dieses Viertelkreises, nämlich die



Die beiden Astronomen Jean Baptiste Joseph Delambre und Pierre François André Méchain (von links) anno 1792.



Strecke Dünkirchen–Paris–Barcelona, so genau wie möglich zu vermessen, um aufgrund der Resultate dieser Messungen die neue Einheit Meter bestimmen zu können. Unter schwierigsten Umständen mitten in den chaotischen Zeiten der Französischen Revolution mit ihren kriegerischen Wirren führten sie während sieben Jahren ihre Messungen durch. Gestützt auf die Auswertung ihrer Messungen, die durch eine internationale Kommission validiert wurden, konnte 1799 ein Referenzmass für die neue Einheit Meter erstellt werden: der «mètre des archives» aus Platin, ein Mass für alle Zeiten («À tous les temps, à tous les peuples»).

Bedürfnisse der industriellen Revolution

Von diesem «mètre des archives» und dem «kilogramme des archives» wurden Kopien aus Gusseisen hergestellt, die als Komiteemeter und Komiteekilogramm bezeichnet wurden. Ab 1800 verbreitete sich das metrische System allmählich in den Nachbarstaaten Frankreichs und weiteren Staaten. Teilweise blieben neben den metrischen Massen auch noch alte Masse zugelassen. Dies nicht zuletzt, weil vielfach die Festlegung der Masse in dieser Zeit ein Thema politischer Auseinandersetzungen war.

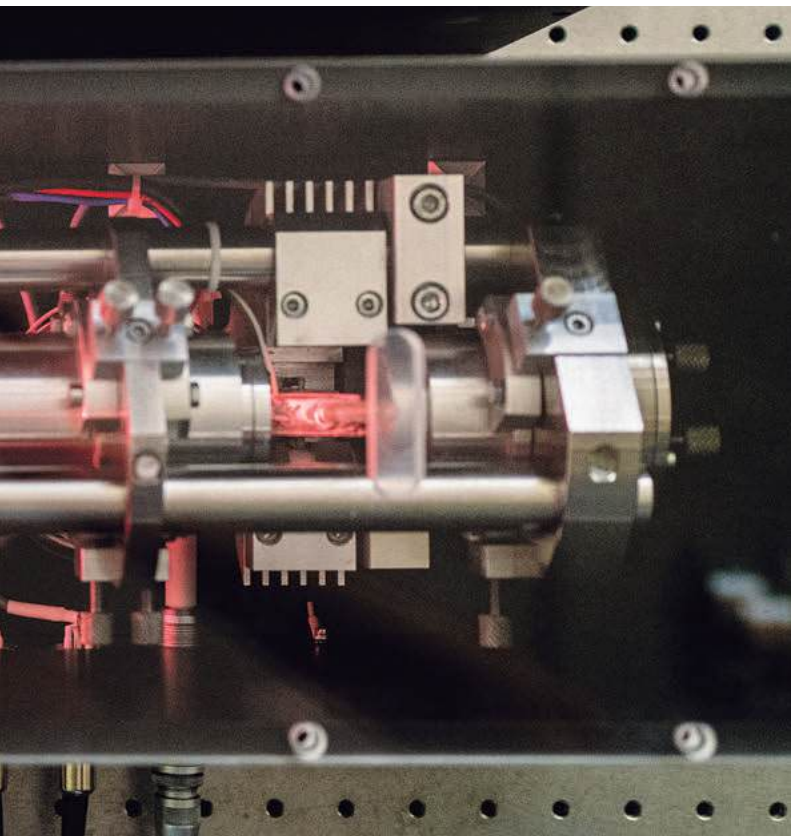
Mit der zunehmenden Industrialisierung und der damit verbundenen Ausweitung des internationalen Handels wurden die nebeneinander existierenden, historisch gewachsenen, unterschiedlichen

Masseinheiten immer stärker als handels- und entwicklungshemmende Vielfalt wahrgenommen. Entsprechend wurde die Vereinheitlichung von Masssystemen zu einem wesentlichen wirtschaftspolitischen Anliegen. Es zeigte sich auch die Notwendigkeit, bessere Referenzmasse für die neuen Einheiten zur Verfügung haben zu können. Das führte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts dazu, dass bei allen, zum Teil heftigen, politischen Auseinandersetzungen zwischen den miteinander rivalisierenden Nationalstaaten diese sich gleichzeitig darum bemühten, auf internationaler Ebene eine Vereinheitlichung der Masseinheiten und die Erstellung neuer Referenzmasse anzustreben.

Der internationale Metervertrag

Ein entscheidender Schritt dazu erfolgte mit der internationalen Meterkommission, die im Herbst 1872 in Paris tagte. Sie legte die Grundlage für die diplomatische Meterkonferenz von 1875, die am 20. Mai 1875 in der Unterzeichnung des Metervertrags gipfelte. Siebzehn Gründerstaaten, darunter die Schweiz und die USA, unterzeichneten den Metervertrag; heute sind 64 Staaten Vertragspartner, weitere 37 sind assoziierte Mitgliedstaaten.

Der Metervertrag ist einer der ersten internationalen völkerrechtlichen Staatsverträge, was ebenfalls auf die Bedeutung einheitlicher und geregelter Masseinheiten hinweist.



Die heutige Meterbasis: Mithilfe eines Helium-Neon-Lasers wird der Meter in einem Labor realisiert.

Mit dem Metervertrag wurde das *Bureau international des poids et mesures* (BIPM) eingerichtet, ein gemeinsames und gemeinschaftlich finanziertes Büro der vertragsschliessenden Staaten.

1889 waren die neuen Referenzmasse für die Einheit der Länge und die Einheit der Masse fertig erstellt und validiert. Das Referenzmass Nr. 1 wurde als massgebender Prototyp der betreffenden Einheit im BIPM aufbewahrt (prototype international du mètre / Urmeter und prototype international du kilogramme / Urkilogramm). Die weiteren Kopien der Referenzmasse wurden als nationale Kopien der internationalen Prototypen per Los an die Vertragsstaaten verteilt. Die Schweiz erhielt die Kopie Nr. 2 des Urmeters und die Kopie Nr. 38 des Urkilogramms.

Der Metervertrag ermöglichte es vor allem auch, eine international abgestimmte messtechnische Infrastruktur zu schaffen: auf internationaler Ebene die Organe des Metervertrags, insbesondere das BIPM. Ihm entsprechen auf Ebene der Staaten die nationalen Metrologieinstitute, die an der Spitze der Messgenauigkeit ihres Landes stehen – in der Schweiz das METAS. Mit der Zusammenarbeit zwischen den nationalen Metrologieinstituten und den Organen des internationalen Metervertrags kann sichergestellt werden, dass die Referenzmasse in einem Staat international anerkannt sind und in der erforderlichen Genauigkeit zur Verfügung stehen.

Stetige Weiterentwicklung

Der Zweck des Metervertrags wird in der Präambel kurz umrissen: «*Désirant assurer l'unification internationale et le perfectionnement du système métrique...*» Schon aus dieser Einleitung wird ersichtlich, dass es nicht nur darum gehen kann, ein international einheitliches Einheitensystem einmal festzulegen. Vielmehr muss dieses Einheitensystem entsprechend dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt immer wieder den neuesten Anforderungen angepasst werden. Das gilt für die Definition einzelner Einheiten wie auch für das Einheitensystem. So konnte beispielsweise 1960 die Einheit Meter statt durch ein Referenzmass wie den Urmeter nun mit Bezug auf ein physikalisches Phänomen, eine Wellenlänge, definiert werden. Das erlaubte es, die Einheit Meter mit höherer Genauigkeit realisieren zu können. Noch höhere Genauigkeit ermöglichte die Definition der Einheit Meter mit Bezug auf eine Naturkonstante, die Lichtgeschwindigkeit, die 1983 in Kraft trat.

1960 wurde auf der 11. Conférence générale des poids et mesures ein erweitertes metrisches System, das *Système international d'unités* (SI) eingeführt. Das SI ist die heute weltweit verbindliche Basis für das Messen. Mit der Revision des SI, die am 20. Mai 2019 in Kraft getreten ist, konnte auch die Einheit Kilogramm durch eine Naturkonstante definiert werden.

Die Bedeutung einer international abgestimmten metrologischen Infrastruktur, die mit dem Metervertrag geschaffen wurde, kann man nicht hoch genug schätzen. Dies besonders, weil sie auch darauf angelegt war, eine stete Weiterentwicklung des Einheitensystems zu ermöglichen. ●



Metrologie allgemein

100 Jahre Quantenmechanik: vom Undenkbaren zum Unentbehrlichen

2025 ist ein besonderes Jahr für die Wissenschaft: das Internationale Jahr der Quantenwissenschaften und 150 Jahre Metervertrag. Ein Rückblick auf die Anfänge der Quantenmechanik – einer Theorie, die unser Leben bis heute prägt.

Dr. Hugo Lehmann

Während die globale Metrologie-Gemeinschaft 2025 das 150-jährige Jubiläum der Meterkonvention begeht und der Geburtsstunde des Internationalen Einheitensystems feierlich gedenkt,¹ steht in diesem Jahr auch ein anderes Jubiläum an: Die UNESCO hat das Jahr 2025 zum Internationalen Jahr der Quantenwissenschaft und -technologie ausgerufen.²

Um 1900 konnten nicht alle physikalischen Phänomene auf atomarer und subatomarer Ebene befriedigend mit der klassischen Physik beschrieben werden. Neue Erklärungsansätze waren gesucht. Daher entstand vor 100 Jahren die Quantenmechanik, welche heute eine nicht mehr wegzudenkende Grundlage der Naturwissenschaft darstellt.

Im ausgehenden 19. Jahrhundert: die Physik an der Zeitenwende

Schon seit Urzeiten waren die Menschen fasziniert von den Farben des Regenbogens, dem kontinuierlichen Farbspektrum des sichtbaren Lichtes.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts war jedoch bekannt, dass einzelne Atome nicht ein kontinuierliches Spektrum aussenden, sondern nur diskrete Spektrallinien aufweisen. Das konnte man sich mit der damals bekannten Physik nicht erklären. Der Schweizer Physiker Johann J. Balmer hatte zwar eine Formel in Abhängigkeit von ganzen Zahlen gefunden, um die diskreten Linien im Spektrum des Wasserstoffs zu berechnen.³ Warum dies sich so verhielt, lag jedoch buchstäblich im Dunkeln.

Aber nicht nur das war eine Lücke im Gebilde der Physik des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Auch die Erklärung des kontinuierlichen, elektromagnetischen Spektrums eines idealen Strahlungskörpers – Schwarzer Körper genannt – war theoretisch nicht verstanden. Max Planck machte sich daran, dieses Problem zu lösen. Für die Erklärung dieser kontinuierlichen Lichtspektren musste er annehmen, dass die Energie nicht kontinuierlich, sondern in diskreten Schritten abgestrahlt wird. Er schreibt dazu:⁴
...so erkennen wir, dass das Energieelement ϵ proportional der Schwingungszahl n sein muss, also:

$$\epsilon = h\nu$$

Für die Naturkonstante h , die heute als Planck'sches Wirkungsquantum bezeichnet wird, berechnet er auch gleich einen Wert, der nur etwas mehr als 1% vom heute anerkannten Wert abweicht.

Was hat das zu bedeuten? Ist das Licht in diskrete Portionen eingeteilt? Das erschien erstaunlich, denn seit James C. Maxwell 1873 seine Theorie des Elektromagnetismus publiziert⁵ hatte, verstand man Licht als elektromagnetische Welle. Wie war das vereinbar mit den Planck'schen Energieelementen?

1905 nahm Albert Einstein – der damals im beschaulichen Bern beim Eidgenössischen Patentamt arbeitete – Plancks Gedanken zur Erklärung des photoelektrischen Effektes⁶ auf. Trifft Licht auf eine Metallplatte, werden Elektronen freigesetzt, aber nicht bei jeder Wellenlänge des Lichtes. Einstein nahm nun zur Erklärung dieser Beobachtung an, dass Licht nur in Quanten «als Ganzes absorbiert werden kann».⁷ Elektronen können nur aus der Metalloberfläche austreten, falls die Energie eines Lichtquants grösser ist als die Bindungsenergie

der Elektronen im Metall. Für diese Arbeit, in der Einstein den Planck'schen Energieelementen eine physikalische Deutung zuordnete, erhielt er 1921 den Nobelpreis.

Das Ringen um das Verständnis der atomaren Spektren

Einsteins Idee der Lichtquanten konnte zwar den Photoeffekt erklären, aber er führte auch zu einem Dilemma: Handelte es sich nun bei Licht um eine Welle oder ein Teilchen? War Licht gar eine schizoide Erscheinung und beides in einem? Dieses Dilemma wurde 1924 von Louis de Broglie in seiner Doktorarbeit⁸ in die sogenannte Teilchen-Welle-Dualität überführt. Was so viel bedeutet, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter hat. Interessant an de Broglies Ansatz war, dass dies nicht nur für Licht zutrifft, sondern auch für Elementarteilchen (z.B. ein Elektron). Diese These wurde erst skeptisch aufgenommen, aber schon bald durch Experimente von Davisson und Thomson⁹ bestätigt. Sie konnten zeigen, dass Elektronen analog zu Wellen Interferenzmuster erzeugen. Elementarteilchen können also auch als Wellenpakete verstanden werden.

Das macht das Ganze nicht einfacher und doch sind nun alle Elemente beisammen, um auch das Rätsel der diskreten Spektrallinien von Atomen aufzulösen. Dieser Aufgabe hat sich Ende 1925 der österreichische Physiker Erwin Schrödinger angenommen. Schrödinger war damals Professor an der Universität Zürich und über die Weihnachtszeit mit einer geheimnisvollen Geliebten¹⁰ nach Arosa gefahren. Ob es an der schönen Bergwelt oder der stimulierenden Begleitung lag, sei einmal dahingestellt, jedenfalls fand er die notwendige Inspiration, das Problem der atomaren Spektren neu zu beleuchten.

Niels Bohr hatte schon 1913 postuliert,¹¹ dass Elektronen in Kreisbahnen um den Atomkern kreisen. Es sollten nur Bahnen mit einer Energie erlaubt sein, die einem ganzzahligen Vielfachen des Planck'schen Wirkungsquantums entsprechen. Warum dem so sein soll, war nicht begründet.

Hier setzte Schrödinger an. Schliesslich gab es auch in der klassischen Mechanik Systeme, welche nur gewisse Zustände erlauben. Man denke etwa an ein Alphorn. In der konischen Röhre können nur Wellen entstehen, welche einem ganzzahligen Vielfachen

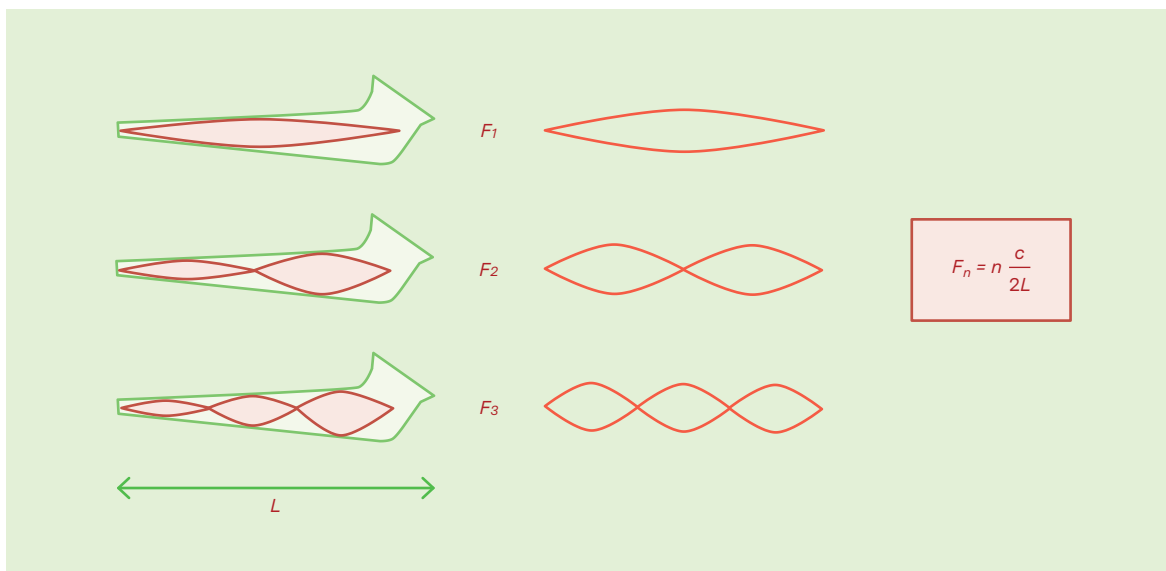


Abbildung 1. Links: Schwingungszustände in einem Alphorn der Länge L und die entsprechenden stehenden Wellen; rechts: Frequenzen der Naturtonreihe, wobei n eine natürliche Zahl und c die Schallgeschwindigkeit ist.

der Grundfrequenz entsprechen. So entsteht die Naturtonreihe. Diese Eigenschaft ist durch die Randbedingungen des Systems bedingt, zumal der Druck an beiden Seiten des Horns vorgegeben ist. Die Welle im Innern des Alphorns kann also nur gewisse Schwingungszustände, sogenannte stehende Wellen, ausbilden (siehe Abbildung 1).

Dieses Verhalten von akustischen Systemen war Schrödinger aufgefallen. Er schreibt in der Einleitung zu seiner Originalarbeit:¹²

Vielmehr ergibt sich die Ganzzahligkeit auf dieselbe natürliche Art wie etwa die Ganzzahligkeit der Knotenzahl einer schwingenden Saite.

Er verstand das Elektron, welches durch die Materie-Welle-Dualität auch Wellencharakter hat, als stehende Welle um den Atomkern herum. Die Energie dieser Zustände kann Schrödinger mit der berühmten nach ihm benannten Wellengleichung beschreiben. Ohne die aus heiterem Himmel gefallenen Quantifizierungsvorschriften von Bohr erhält Schrödinger die Quantifizierung als Lösung der Wellengleichung. Die Lösungen müssen – analog den stehenden Wellen im Alphorn – Randbedingungen erfüllen, woraus sich die Ganzzahligkeit der Quantenzahlen ergibt. Aufgrund der Wellengleichung wird Schrödingers Theorie als Wellenmechanik bezeichnet. Die Lösungen der Schrödingergleichung ergeben räumliche Funktionen, welche die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen in den Orbitalen im Atom beschreiben.

Die Analogie von Schrödingers Wellenmechanik mit Methoden der klassischen Physik mag ein Grund gewesen sein, dass die Wellenmechanik besser aufgenommen und verstanden worden ist, als die 1925 von Werner Heisenberg in Göttingen entwickelte Matrizenmechanik.¹³ Wie der Name andeutet, nutzt die Theorie von Heisenberg Matrizen zur Berechnung der Energieniveaus der Elektronen. Nach anfänglichen Disputen bezüglich der Richtigkeit der einen oder anderen Theorie konnte die Äquivalenz der Matrizen- und Wellenmechanik einige Jahre später aufgezeigt werden.

Somit waren 1925 die Grundsteine für die Quantenmechanik gelegt. Das Verständnis und die Implikationen dieser bahnbrechenden Theorie brauchten allerdings seine Zeit. Die gute Übereinstimmung mit den experimentellen Resultaten und die Anwendungen wie Laser oder die Halbleitertechnologie haben schliesslich zu einer breiten Akzeptanz der Quantenmechanik geführt.

Erst der Beginn

Im Vorhergehenden haben wir die 1. Quantenrevolution vor 100 Jahren beleuchtet, welche den Anlass zum Internationalen Jahr der Quantenwissenschaften gegeben hat. Zudem wollen die Initianten des Quantenjahres 2025 aber auch die öffentliche Wahrnehmung der Wichtigkeit der Quantenmechanik in Wissenschaft und Technologie steigern.

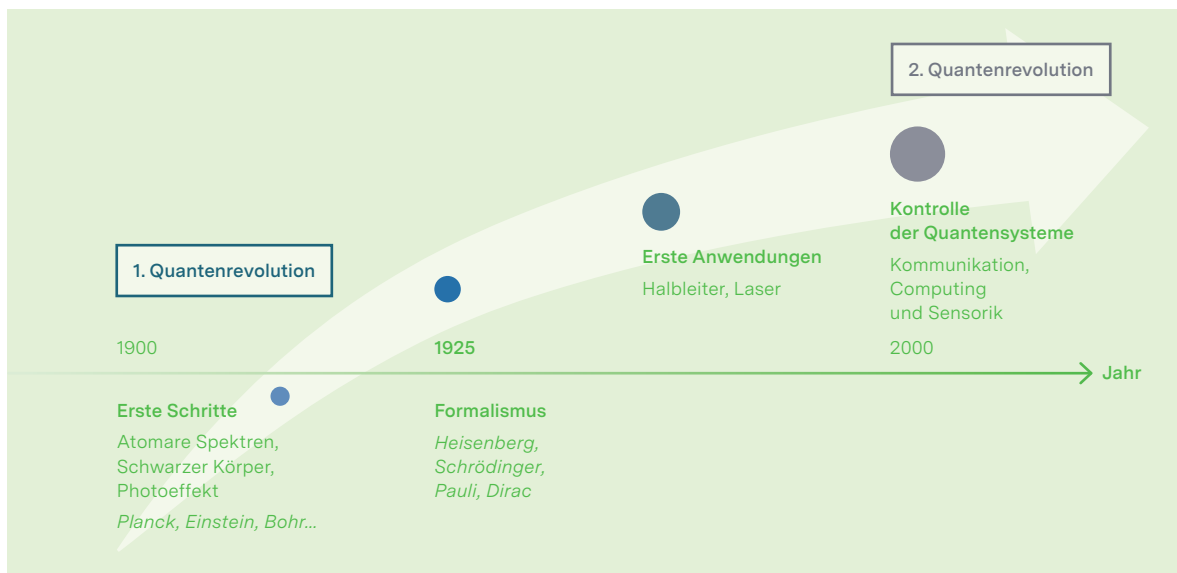


Abbildung 2. Entwicklung der Quantenwissenschaften und -technologien auf dem Zeitstrahl

Da die Quantifizierung einen invariablen, fest in der Natur verankerten Massstab darstellt, ist die Nutzung von Quanteneffekten in der Metrologie naheliegend. So wurden in der Metrologie im Verlaufe des 20. Jahrhunderts immer mehr SI-Einheiten unter Zuhilfenahme von Quanteneffekten definiert. Heute basieren die Sekunde, das Kilogramm und das Ampere direkt auf Konstanten aus der Quantenmechanik.

Schliesslich stehen aufgrund der neuen technischen Möglichkeiten der Kontrolle von Quantensystemen in den drei charakteristischen Bereichen Quantenkommunikation, Quantenrechner und Quantensensorik neue Anwendungen vor der Tür. Die sogenannte 2. Quantenrevolution wird technologische Entwicklungen ermöglichen, die auch in den nächsten 100 Jahren einen wesentlichen Einfluss auf das Leben der Menschheit haben werden. ●

2025: Internationales Jahr der Quantenwissenschaft und -technologie

Das Internationale Jahr der Quantenwissenschaft und -technologie ist unter der Leitung der UNESCO. Dessen Mission ist es, das 100-jährige Jubiläum der Quantenmechanik im Jahr 2025 zu nutzen, um das Bewusstsein für die Bedeutung und den Einfluss der Quantenwissenschaft und der Quantenanwendungen auf alle Aspekte des Lebens zu schärfen. Zu diesem Anlass wurden und werden weltweit eine ganze Reihe von Aktivitäten organisiert.

Informationen über die Aktivitäten:
<https://quantum2025.org/events/>

- 1 Vor 150 Jahren ist in Paris der Metervertrag unterzeichnet und das Bureau international des poids et mesures (BIPM) eingerichtet worden: <https://www.bipm.org/en/bipm-anniversary>
- 2 International Year of Quantum Science and Technology: <https://quantum2025.org/>
- 3 Johann J. Balmer, Notiz über die Spektrallinien des Wasserstoffs, Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, Band 7, S. 552
- 4 Max Planck, Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspektrum, Annalen der Physik, 309(3), 553 (1900)
- 5 James Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism (1873)
- 6 Heinrich Hertz, Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung, Annalen der Physik und Chemie. Band 267, Nr. 8, 983 (1887)
- 7 Albert Einstein, Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt, Annalen der Physik, 132 (1905)
- 8 Louis de Broglie, Recherches sur la théorie des quanta, Paris (1924)
- 9 Clinton J. Davisson and George P. Thomson, Nobel Prize (1937): <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1937/summary/>
- 10 Über diese Schicksalstage in Arosa gibt ein Kurzfilm einige Hintergründe: <https://www.news.uzh.ch/de/articles/2017/Schroedinger.html>
- 11 Niels Bohr, On the constitution of atoms and molecules, The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science 26, 151 (1913)
- 12 Erwin Schrödinger, Quantisierung als Eigenwertproblem, Annalen der Physik, 384, 361 (1926)
- 13 Werner Heisenberg, Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen, Zeitschrift für Physik, 33 (1), 879 (1925)



Dienstleistung

Messungen der Mikro- und Makroelemente in Milch- und Fleischersatzprodukten

Die Schweizer Nährwertdatenbank liefert Informationen zu Kalorien, Nährstoffen und Vitaminen in Lebensmitteln. Das Labor «Anorganische Analytik und Referenzen» des METAS analysiert dafür Mineralstoffe in neuen Produkten in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen sowie der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung.

Dr. Silvia Mallia, Rafael Aubert und Dominik Rolli

In einer Welt, die zunehmend auf Nachhaltigkeit, Gesundheit und ethischen Konsum achtet, gewinnen pflanzliche Alternativen im Vergleich zu Lebensmitteln tierischer Herkunft rasant an Bedeutung. Besonders im Fokus stehen dabei Milch- und Fleischersatzprodukte, zwei stark wachsende Marktsegmente, die in der Schweiz und weltweit unsere Ernährungskultur und unsere Konsumgewohnheiten verändern.

Milchersatzprodukte (Abbildung 1) wie Hafer-, Mandel-, Kokos- oder Haselnussdrink und Fleischersatzprodukte (Abbildung 2) wie Tofu und Seitan weisen vielfältige Vorteile auf: Sie sind umweltfreundlich, da für ihre Produktion geringerer CO₂-Ausstoss, Wasser- und Flächenverbrauch benötigt wird. Zudem ist keine Tierhaltung oder Schlachtung

erforderlich. Im Vergleich zu Milch- und Fleischprodukten enthalten diese Produkte zudem weniger gesättigte Fettsäuren und kein Cholesterin.

Andererseits sind Milch- und Fleischersatzprodukte stark verarbeitet und enthalten Zusatzstoffe und Aromen. Die Bioverfügbarkeit von Proteinen und Mineralstoffen, also die Fähigkeit des Körpers, sie aufzunehmen und zu verwerten, ist in diesen Produkten oft geringer als in Milch- und Fleischprodukten.¹ Zusätzlich weisen diese pflanzlichen Alternativen einen Mangel an Vitamin B₁₂ auf. Aus diesem Grund reichern die Hersteller ihre Produkte teilweise mit synthetischem Vitamin B₁₂ an.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, Verbraucherinnen und Verbrauchern verlässliche Informa-



Abbildung 1. Beispiele für Milchersatzprodukte, wie Hafer-, Mandel-, Kokos- oder Haselnussdrink



Abbildung 2. Verschiedene im Handel erhältliche Fleischersatzprodukte

tionen über diese neuen Lebensmittel zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund hat das METAS im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) und der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung (SGE) Mineralstoffe in Milch- und Fleischersatzprodukten gemessen, um diese Daten in der Schweizer Nährwertdatenbank zu veröffentlichen.

Die Schweizer Nährwertdatenbank

Die Schweizer Nährwertdatenbank ist eine umfassende Datensammlung über die Zusammensetzung von Lebensmitteln (Abbildung 3), die in der Schweiz erhältlich sind. Sie wird vom BLV strategisch gesteuert und finanziert, während die SGE im Auftrag des BLV für den Unterhalt zuständig ist. Die Datenbank ist unter naehrwertdaten.ch öffentlich zugänglich. Sie dient als Basis für Forschung, Ernährungsempfehlungen und politische Entscheidungen im Bereich der öffentlichen Gesundheit.

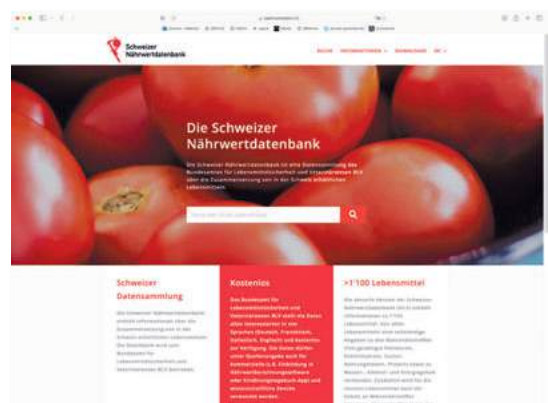


Abbildung 3. Die Schweizer Nährwertdatenbank ist eine umfassende Datensammlung über die Zusammensetzung von in der Schweiz erhältlichen Lebensmitteln

Die aktuelle Version (V 7.0) enthält Daten zu über 1100 Lebensmitteln. Für jedes Produkt sind Angaben zu Makronährstoffen (z.B. Protein, Fett, Kohlenhydrate), Mikronährstoffen (Vitamine und Mineralstoffe) sowie Wasser-, Alkohol- und Energiegehalt verfügbar. Die Datenbank ist in vier Sprachen (Deutsch, Französisch, Italienisch, Englisch) verfügbar und kann kostenlos verwendet werden. Die Schweizer Nährwertdatenbank wird regelmässig erweitert und aktualisiert, um neuartige Produkte und wissenschaftliche Erkenntnisse zu integrieren.

Mikro- und Makroelemente sind unverzichtbar

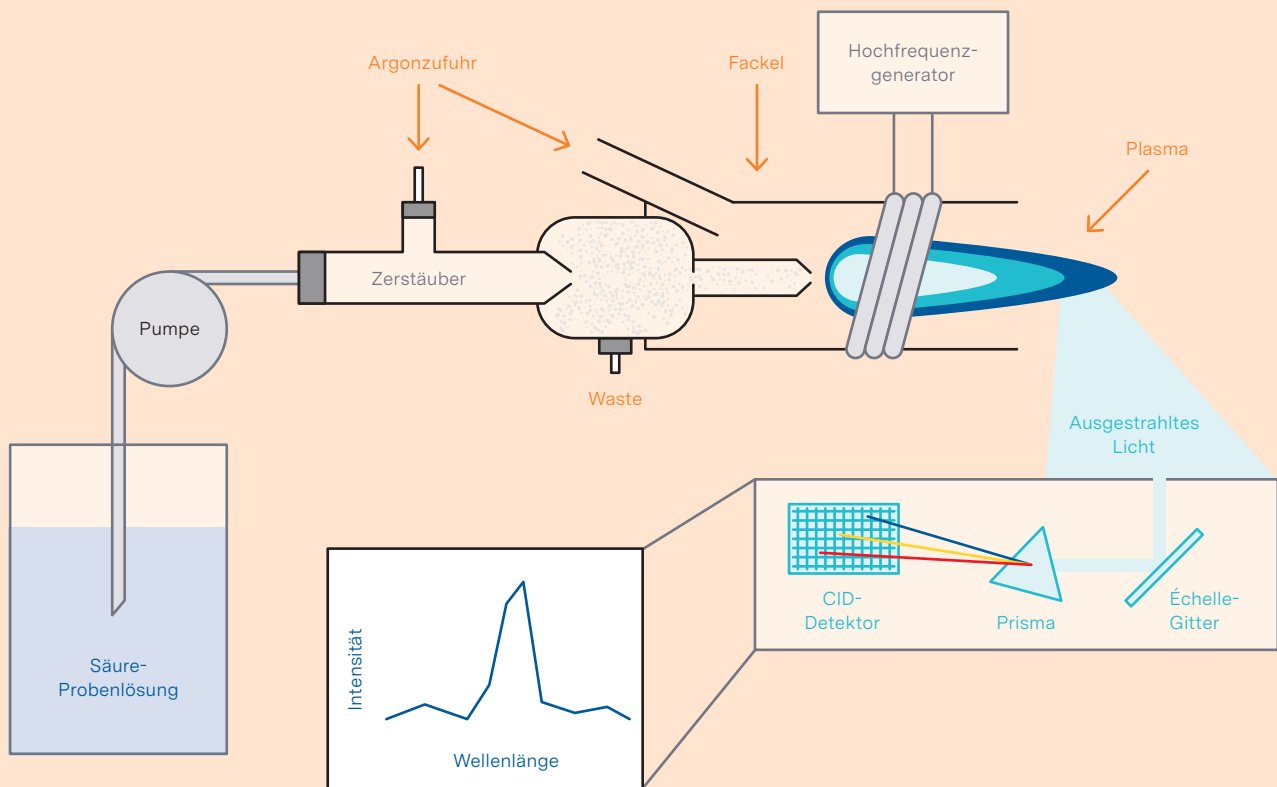
Das Labor «Anorganische Analytik und Referenzen» (AAR) des METAS führt Analysen von Mikro- und Makroelementen in neuen Lebensmittelprodukten durch, die in der Schweizer Nährwertdatenbank integriert werden.

Makroelemente sind Mineralstoffe, die vom menschlichen Körper in vergleichsweise grösseren Mengen (mehr als 100 mg pro Tag) wie beispielsweise Calcium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg), Natrium (Na) und Phosphor (P) benötigt werden. Mikroelemente, auch Spurenelemente genannt, sind lebenswichtige Mineralstoffe wie z.B. Eisen (Fe), Jod (I), Selen (Se) und Zink (Zn), die der Körper nur in sehr geringen Mengen benötigt (unter 100 Milligramm pro Tag), die jedoch für zahlreiche biologische Funktionen unverzichtbar sind.

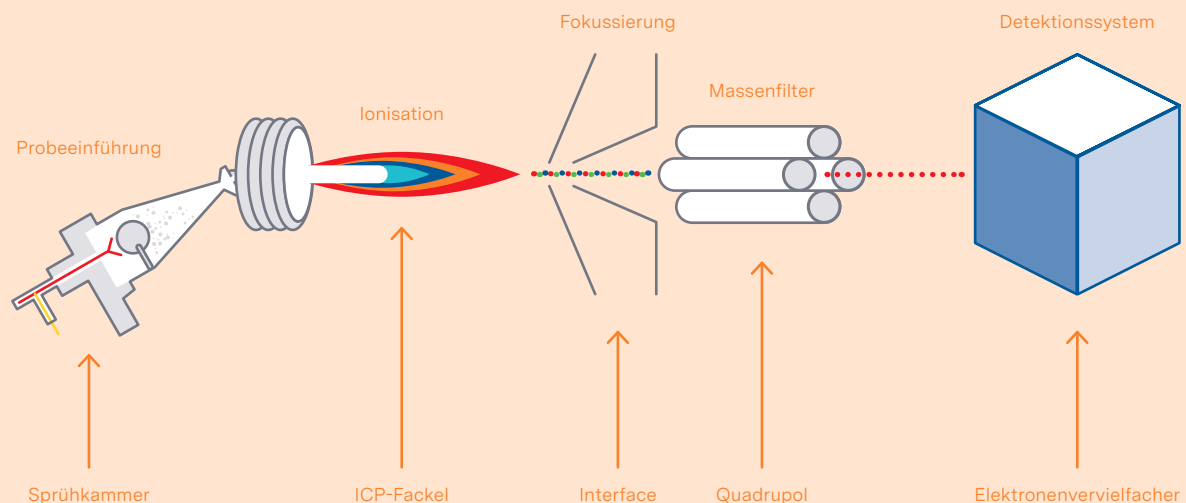
Messungen von rund sechzig Produkten

Im AAR-Labor wurden spezifische Methoden für die Analyse von Mikro- und Makroelementen in Milch- und Fleischersatzprodukten entwickelt. Insbesondere zwischen 2023 und 2024 hat das AAR-Labor Mikro- und Makroelemente in Milch- und Fleischersatzprodukten untersucht, die auf dem Schweizer

Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)



Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)



Markt erhältlich sind, um die Schweizer Nährwertdatenbank mit diesen neuen Produktkategorien zu erweitern.

Es wurden achtzehn Milchersatzprodukte (z.B. Joghurtsersatz auf Soja-, Mandel- und Kokosbasis, Ersatz für Quark und Cottage Cheese und Käseersatz aus Cashewnüssen) und 44 Fleischersatzprodukte (z.B. Burger, Nuggets und Geschnetzeltes aus pflanzlichen Proteinen sowie Seitan, Quorn und Tempeh) analysiert.

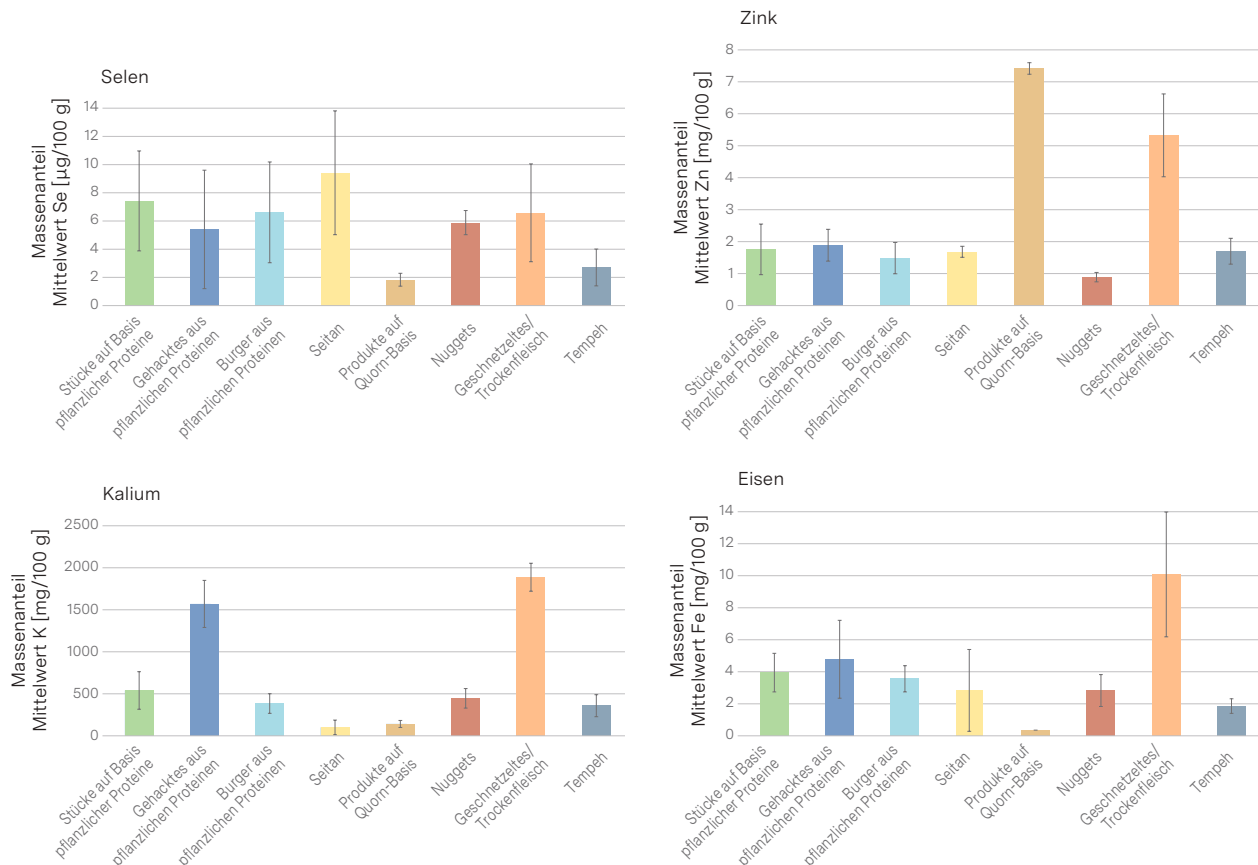
In einem ersten Schritt wurde eine geringe repräsentative Portion der Probe (200 mg) mit Salpetersäure versehen und dann unter hohem Druck sowie hoher Temperatur in einem Mikrowellenaufschlussgerät vollständig aufgeschlossen.

In den resultierenden Lösungen wurden anschliessend Calcium, Eisen, Kalium, Magnesium, Natrium, Phosphor und Zink mittels optischer Emissions-

spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) sowie Iod und Selen mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) ermittelt. Die beiden Messprinzipien sind auf der linken Seite dargestellt.

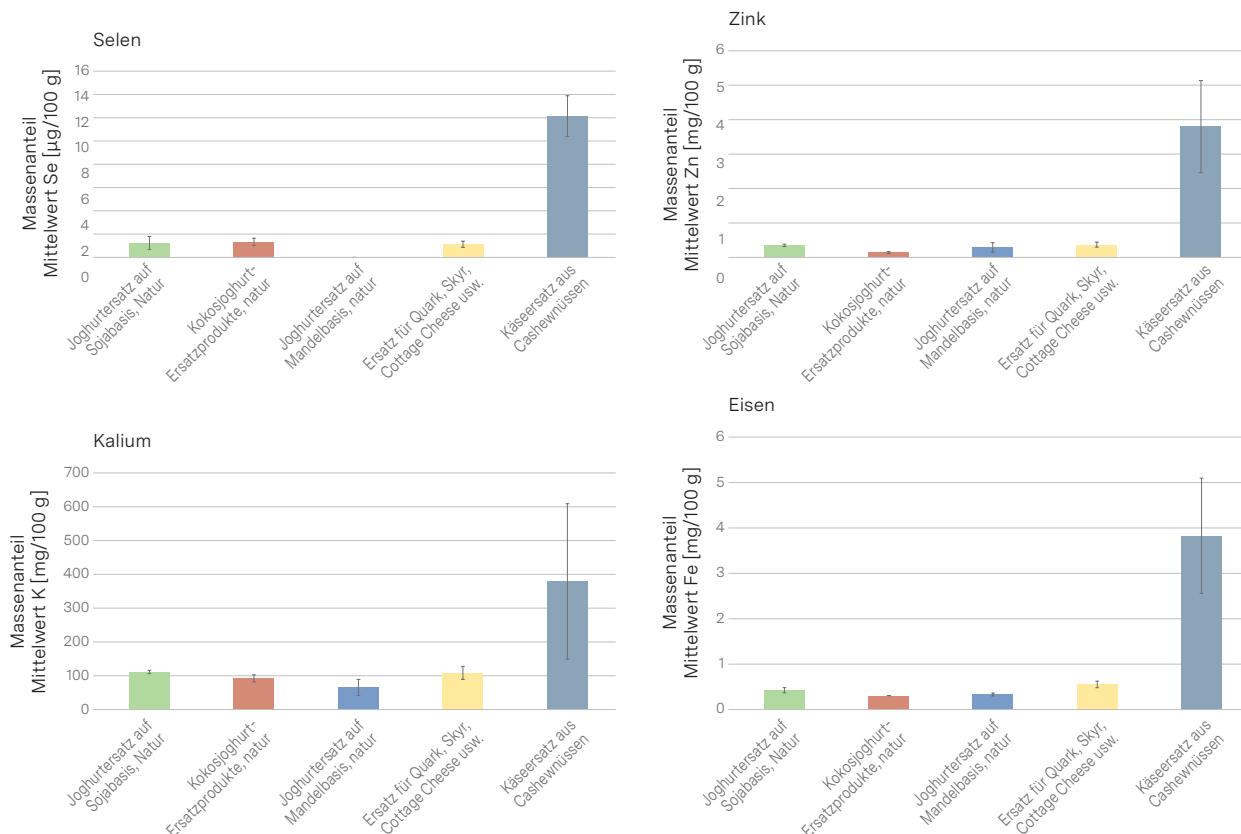
Übersicht der Resultate

Unter den analysierten Fleischalternativen enthielt Geschnetzeltes sehr hohe Gehalte an Kalium, Selen, Zink und Eisen, wie die Grafiken in Abbildung 4 zeigen. Cashewbasierte Käsealternativen enthalten eine Vielzahl an Makro- und Mikronährstoffen, die grösstenteils aus den Cashewkernen selbst stammen. Unter den Milchersatzprodukten fallen sie durch hohe Gehalte an Kalium, Eisen, Selen und Zink auf, wie die Abbildung 5 zeigt. Die auffällig hohen Gehalte an Mineralstoffen bei cashewbasierten Käsealternativen könnten zum Teil auch auf den deutlich tieferen Wassergehalt dieser Produkte zurückzuführen sein.



Die dargestellten Standardabweichungen zeigen die Streuung innerhalb einer Produktkategorie, die oft sehr stark ist.

Abbildung 4. Ausgewählte Mikro- und Makroelemente in Fleischersatzprodukten



Die dargestellten Standardabweichungen zeigen die Streuung innerhalb einer Produktkategorie, die oft sehr stark ist.

Abbildung 5. Ausgewählte Mikro- und Makroelemente in Milchersatzprodukten

Die pflanzliche Variante aus Soja- oder Erbsenprotein enthält deutlich mehr Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Phosphor und Eisen als Fleischgeschnetzeltes. Das Mykoprotein-Geschnetzelte zeigt einen besonders hohen Calcium- und Zinkgehalt. Es enthält jedoch insgesamt weniger Mineralstoffe als die Soja-/Erbsenvariante. Das Fleischgeschnetzelte liefert im Vergleich am meisten Selen, ein wichtiges Antioxidans, das in pflanzlichen Produkten oft nur in geringen Mengen vorkommt.

Milch- und Fleischersatzprodukte sind eine gute Alternative

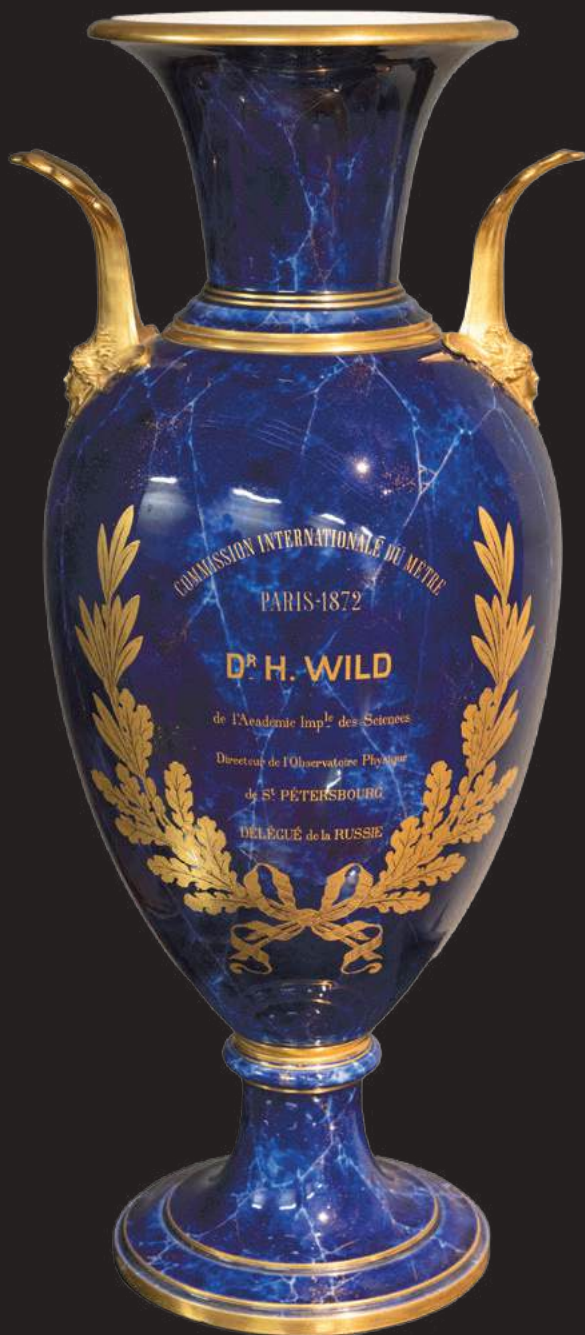
Obwohl pflanzliche Fleischalternativen von Natur aus reich an Mineralstoffen sind, ist ihre Freisetzung aus der Lebensmittelmatrix während der Verdauung möglicherweise begrenzt und daher ihre Absorption vermindert.¹ Pflanzliche Lebensmittel enthalten Nahrungsfasern, Phytinsäure und Polyphenole, die die Mineralstoffe binden können und möglicherweise deren Freisetzung zur Aufnahme behindern können.²

Milch- und Fleischersatzprodukte stellen dennoch eine gute Alternative zu tierischen Lebensmitteln dar und tragen zu einer abwechslungsreichen und nachhaltigen Ernährung bei.

Diese vom METAS durchgeführten Makro- und Mikroelemente-Analysen in pflanzlichen Alternativen sind ein wichtiger wissenschaftlicher Beitrag zum Ausbau der Schweizer Nährwertdatenbank, die ein zentrales Instrument für die Förderung einer gesunden und informierten Ernährung in der Schweiz ist. ●

- 1 K. Patel and K. Srinivasan, 2016, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 8398, 1608–1619
- 2 S. Rousseau, C. Kyomugasho, M. Celus. M. Hendrickx, T. Grauwet, 2020, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60:5, 826–843

Vase für Metrologen



Jedem Mitglied der internationalen Meterkommission von 1872 überreichte die französische Regierung eine persönlich gewidmete Vase aus der staatlichen Porzellanmanufaktur von Sèvres. Eine dieser blauen, mit Goldstaub verzierten Vasen erhielt Heinrich Wild, Direktor der Eidgenössischen Eichstätte (Vorläufer des METAS) von 1867 bis 1869. Er nahm als Vertreter Russlands teil, weil er seit 1868 Direktor des Observatoriums in St. Petersburg und Mitglied der Akademie der Wissenschaften war.

Metrologie



1799

Mètre des archives
und kilogramme
des archives
«À tous les temps,
à tous les peuples».

1872

**Internationale
Meterkommission**
in Paris (Vase,
geschenkt von
der französischen
Regierung).

1889

**Urmeter und
Urkilogramm;**
Verteilung
der nationalen
Prototypen.

1875



**Internationaler
Metervertrag**
Internationales
Büro für Mass und
Gewicht (**BIPM**).

Schweiz



1835

Konkordat der Kantone
über eine gemeinsame
schweizerische Mass-
und Gewichtsordnung.

Schweizer Fuss

«Die Basis der
schweizerischen
Massordnung ist der
schweizerische Fuss,
welcher genau
drei Zehnthellen
des französischen
Meters gleich ist.»

1867

Adolphe Hirsch
Konferenz der interna-
tionalen europäischen
Gradmessung (Direk-
tor des Observatoire
cantonal de Neuchâtel;
Sekretär des Comité
international des poids
et mesures CIPM von
1875 bis 1901).

1872

Heinrich Wild
(Direktor der
Eidgenössischen
Eichstätte von
1867 bis 1869,
Delegierter für
Russland an der
Internationalen
Meterkommission,
Mitglied des Comité
international des
poids et mesures
CIPM von 1875
bis 1902.)

1920

Nobelpreis
für Physik für
**Charles Édouard
Guillaume**
(am BIPM tätig
von 1883 bis
1936, Direktor
von 1915
bis 1936).



1862

Der Bundesrat beschliesst
**die Errichtung einer
Eidgenössischen Eichstätte**
(Gründung des METAS).

1909

Eidgenössisches
Amt für Mass
und Gewicht.

1914

Gebäude an der
Wildstrasse im
Bernern Kirchen-
feldquartier.

150 Jahre Metervertrag

Geschichte des Meters in der Schweiz

1948

Neudefinition der Einheit der elektrischen Stromstärke «**Ampere**».



1955

Gründung der **OIML** (Organisation internationale de métrologie légale).

Erste funktions-tüchtige **Atomuhr** mit Cäsium.

1960

Internationales Einheitensystem (**SI**).

1967

Neudefinition der Einheit «**Sekunde**» mithilfe der Frequenz eines Übergangs im Cäsium-Atom.

1971

Das «**Mol**» wird eine Basiseinheit des SI.

1983

Neudefinition der Einheit «**Meter**» mithilfe der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum.



2019

Revision des Internationalen Einheitensystems (**SI**). Neudefinition der Einheit Kilogramm durch Naturkonstante.

2025

150 Jahre Metervertrag.



1978

Einführung des Internationalen Einheitensystems (SI) in der Schweiz.

2019

Revision der Einheitenverordnung.

1967

Einweihung des Baus in Wabern.

m | e | t

2000

Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung (METAS).

a | s
metrology and accreditation switzerland

2013

Vom Bundesamt zum Institut: **Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS**.



2022

Erste Realisierung des Kilogramms mit der **Wattwaage (Kibble-Balance)** des METAS.

1977

Eidgenössisches Amt für Messwesen (EAM).



2001

Eröffnung des Erweiterungsbaus.

2018

Mit seiner **Atomuhr FoCS** (Fontaine Continue Suisse) realisiert das METAS die Einheit Sekunde und trägt zur Genauigkeit der Weltzeit (UTC) bei.



Dienstleistung

Ethanolanalysen am METAS

Ethanol (chemische Formel C_2H_5OH) ist ein viel verwendeter, streng regulierter Rohstoff, eingesetzt von der Spirituosenproduktion über die Kosmetik und die Pharmazie zur Chemie und weiter. Damit Import und Inverkehrbringung reibungslos funktionieren, braucht es täglich präzise Analysen und zertifizierte Qualitäten. Eine Kernaufgabe des METAS.

Peter Rohrer

Im Hintergrund, aber von zentraler Bedeutung: Die Ethanolanalysen am Eidgenössischen Institut für Metrologie METAS laufen täglich und unter höchstem Zeitdruck ab. Noch bevor die erste Lieferung destillierten Alkohols in die Zwischenlager entleert werden kann, muss klar sein, was genau drin ist – und zwar mit amtlich zertifiziertem Nachweis. Ob für Alcosuisse AG¹, Schweizer Zucker AG² oder andere Importeure: Das METAS liefert nicht nur Analysewerte, sondern entscheidet indirekt mit über Lieferketten, Zolltarife und industrielle Produktionsprozesse. Dieser Artikel zeigt, wie Präzision, Zeitmanagement und metrologisches Know-how hier zusammenspielen, um einen erheblichen Mehrwert und eine grösstmögliche Sicherheit des Produkts Ethanol zu erzielen.

Ethanolanalysen im Team «Analytik»

Im Team «Analytik» des technischen Bereichs «Chemische Prüfungen und Beratungen» der Abteilung «Chemie und Biologie» des METAS sind der Teamleiter, drei Laborantinnen und Laboranten für die chemischen Analysen sowie zwei Laborantinnen für die sensorischen Prüfungen der Alkoholproben zuständig. Die letzteren beiden bilden zusätzlich

auch die dann mit der Geruchsqualifizierung der zu prüfenden Ethanole betrauten Fachkräfte aus (s. Abschnitt «Degustation»). Zusätzlich unterstützen zwei wissenschaftliche Mitarbeitende des Fachbereichs das Analysenteam bei der Erstellung und Freigabe der Zertifikate.

Ablauf der Ethanolanalysen

Die Ethanolanalysen für die Alcosuisse AG und die Schweizer Zucker AG stellen eine äusserst zeitkritische und gleichzeitig in ihrem Umfang kommerziell wichtige Dienstleistung des METAS dar, laufen sie doch ganzjährig an jedem Werktag, wie auch zwischen Weihnachten und Neujahr, in Form eines eng getakteten Prozesses ab.

Am Vortag bis 15 Uhr meldet Alcosuisse AG oder Schweizer Zucker AG (Aarberg) die anderntags zu analysierenden Proben beim METAS an. Unser Analytiklabor kann sich so auf den zu erwartenden Arbeitsaufwand und die Komplexität der geordneten Analysen einstellen, welche von Art und Menge der durch die Importeure (mehrheitlich Alcosuisse) in die Schweiz importierten Rohstoffe abhängen.

An einem durchschnittlichen Tag erreichen uns frühmorgens ca. sieben bis acht Analyseaufträge per Post, welche in der Regel aus mehreren Flaschen à 500 mL Ethanol (jeweils aus derselben Charge) bestehen.

Nach Arbeitsbeginn erfasst der diensthabende Laborant bzw. die diensthabende Laborantin die Proben im System. Entsprechend des Flaschenaufdrucks wird dabei gleichzeitig festgehalten, nach welcher der ca. 250 unterschiedlichen Spezifikationen (Auflistung von zu erledigenden Analysentypen und -abfolgen) die jeweilige Probe untersucht werden soll. Dies können bspw. chemische Analysen nach Ethanolgehalt in der Lösung sein, die Bestimmung von Denaturierstoffen oder von Verunreinigungen im Ethanol; aber der Kunde kann auch eine sogenannte Degustation (s. Abschnitt «Degustation») wünschen.

Im Laufe des Vormittags werden dann alle geordneten Analysen (inkl. der Degustationen) abgearbeitet, was je nach Komplexität und Umfang der Spezifikation(en) mehrere Stunden pro Probe in Anspruch nehmen kann. Entscheidend, zur zentral wichtigen Einhaltung des engen Zeitrahmens, ist hier die optimal parallele Organisation der Laborabläufe durch die METAS-Fachkräfte.

Alle Analysenresultate werden schliesslich ins Auftragsabwicklungssystem eingegeben, um von einem freigebenden Wissenschaftler auf ihre Plausibilität und Korrektheit geprüft zu werden. Sind alle Werte verifiziert, können die Zertifikate freigegeben und schliesslich generiert werden.



Der diensthabende Laborant bereitet ein Ethanolmuster für die gaschromatographische Analyse vor.

Bis mittags um 12 Uhr müssen dieser Analyse- und Freigabeprozess abgeschlossen und die elektronisch signierten PDF-Zertifikate den Auftraggebern zugesandt worden sein.

Wieso dieser Zeitdruck? – Wir erinnern uns: Die in den Zwischenlagern angelieferten Ethanolbehälter befinden sich immer noch plombiert auf den Transportfahrzeugen und harren ihrer Entleerung in die grossen Lagertanks. Solange nicht unzweifelhaft festgestellt und zertifiziert worden ist, welcher Qualitätsklasse der angelieferte Tankinhalt entspricht, kann das Produkt nicht angenommen und in den korrekten Tank überführt werden. Die Lieferkette steht also still, bis das METAS seine Analysentätigkeit abgeschlossen hat.

Degustation

Am METAS kann man bezahlt und wissenschaftlich untermauert Schnaps trinken?!

Nein, natürlich nicht! – Bei der sogenannten «Degustation» (eigentlich müsste man sie «sensorische Prüfung» nennen) handelt es sich im Falle von reinen Ethanolproben von Alcosuisse AG bzw. von Schweizer Zucker AG nicht um eine «klassische» orale Verkostung, sondern es wird rein olfaktorisch, also mittels des Geruchssinns, bestimmt, wie neutral und damit qualitativ hochwertig die jeweilige Alkoholprobe von den Testerinnen und Testern eingestuft wird. Dazu kann das Analytikteam auf die fein kalibrierten Sinne von rund fünfzehn speziell geschulten METAS-Fachkräften zurückgreifen, welche nach Bedarf zu den Degustationen aufgeboden werden.

Damit ein Höchstmass an Objektivität und wissenschaftlicher Korrektheit garantiert werden kann, bereiten die Laborantinnen des Analytiklabors die zu degustierenden Proben anonymisiert vor, damit die Degustatoren und Degustatorinnen sie dann selbstständig blindbewerten können. Jede Probe muss zwingend von mindestens drei «Nasen» ge-

- 1 Die Alcosuisse AG entstand 1998 als Profitcenter der ehemaligen Eidgenössischen Alkoholverwaltung und wurde 2018 privatisiert und von der Firma Thommen-Furler AG übernommen. Ihr Hauptsitz ist in Rüti b. Büren BE. Die Alcosuisse AG ist die führende Anbieterin von Ethanol in der Schweiz. Sie beliefert die Industrie, die Pharma- und die Lebensmittelbranche mit jährlich rund 500 000 Hektolitern hochwertiger Ethanolprodukte in über fünfzig verschiedenen Qualitäten.
- 2 Die Schweizer Zucker AG, gegründet 1997, verarbeitet in ihren Werken in Aarberg BE und Frauenfeld TG Schweizer Zuckerrüben zu Zucker und Nebenprodukten für Industrie und Konsumenten. Das Unternehmen entstand aus der Fusion der Zuckerfabriken Aarberg (gegründet 1899) und Frauenfeld (gegründet 1903).

schnüffelt werden – meist sind es aber einige mehr –, sodass ein repräsentativer Mittelwert der wahrgenommenen Geruchslevels gebildet werden kann.

Eingeteilt werden die Proben dann entsprechend der Stärke eines allenfalls wahrgenommenen unerwünschten Geruchs in eine der fünf Hauptqualitätsstufen «neutral», «sehr schwach», «schwach», «schwach bis deutlich» und «deutlich». Zum Vergleich und zur «Kalibrierung» ihres Geruchssinns, stehen den Testerinnen und Testern entsprechend kalibrierte Geruchsreferenzen zur Verfügung.



Das Degustieren erfolgt rein über den Geruchssinn, indem die zu prüfenden Proben mit standardisierten Referenzen verglichen und dann den entsprechenden Hauptqualitätsstufen zugewiesen werden.

Eine Einteilung «neutral» bedeutet keinen Fremdgeruch und stellt die höchste/beste Qualitätsstufe von Ethanol dar, während «deutlich» für die tiefste/schlechteste Qualitätsstufe steht, also die deutlichste Stufe unerwünschten Geruchs.

Produktion von Schweizer Ethanol durch Alcosuisse AG

Seit Mitte 2022 wird in der Zuckerfabrik in Aarberg BE der Schweizer Ethanol von allerhöchster Güteklasse für die Spirituosenindustrie produziert. Alcosuisse AG hat, in Zusammenarbeit mit Schweizer Zucker AG, in Aarberg eine umfangreiche Destillationsanlage zur Produktion von Ethanol aus Melasse, dem Überbleibsel aus der Zuckerproduktion, errichtet.

Mittels einer Destillationskolonne aus fünf Säulen, was über der Norm für vergleichbare Anlagen liegt, wird die sehr hohe Qualität des erzeugten Alkohols erreicht.

Entsprechend der schematischen Darstellung des Produktionsprozesses wird aus der Melasse unter Hinzufügung von Wasser, Schwefelsäure und Hefe

in grossen Tanks eine Maische fermentiert, welche je nach eingesetzter Hefesorte ungefähr fünfzehn Volumenprozent Alkoholgehalt enthält. Durch Destillation wird, neben technischem Alkohol (u.a. Methanol) und Fuselölen, das gewünschte Ethanol höchster Qualitätsklasse mit 96% vol gewonnen. Als Abfallprodukte bleiben Kondensat, Abwasser und sogenanntes Schwarzwasser zurück, die entsorgt werden müssen.



Die fünf Destillationskolonnen des Schweizer Ethanols in der Produktionshalle der Zuckerfabrik in Aarberg BE.

Die Produktion von Schweizer Ethanol mit Eigenamen «CH1» ist eine rein saisonale Angelegenheit, da sie erst nach Abschluss der jährlichen Zuckerproduktion aus den Zuckerrüben im Werk von Schweizer Zucker AG in Aarberg gestartet werden kann; vorher steht ja noch gar keine Melasse zur Verfügung. Diese wird deshalb während der laufenden Zuckerproduktion stetig gesammelt und bis zur Vermischung im Frühling gelagert.

Die folgende Grafik zeigt schematisch die Produktion von Schweizer Ethanol aus Melasse bei Schweizer Zucker AG am Standort Aarberg auf.

Vor der Nutzung zur Produktion von hochwertigem Ethanol wurde Melasse, ein «Abfall-»Stoff der Zuckerherstellung, einfach entsorgt. Alcosuisse AG und Schweizer Zucker AG haben sich hier also ein intelligentes neues Geschäftsfeld erschlossen, das zusätzlich noch einen nachhaltigen Mehrwert durch die Weiterverarbeitung eines potenten Rohstoffes generiert. ●

Links

METAS, Fachbereich «Chemische Prüfungen und Beratungen»:
www.metas.ch/chem-pruefungen-beratungen

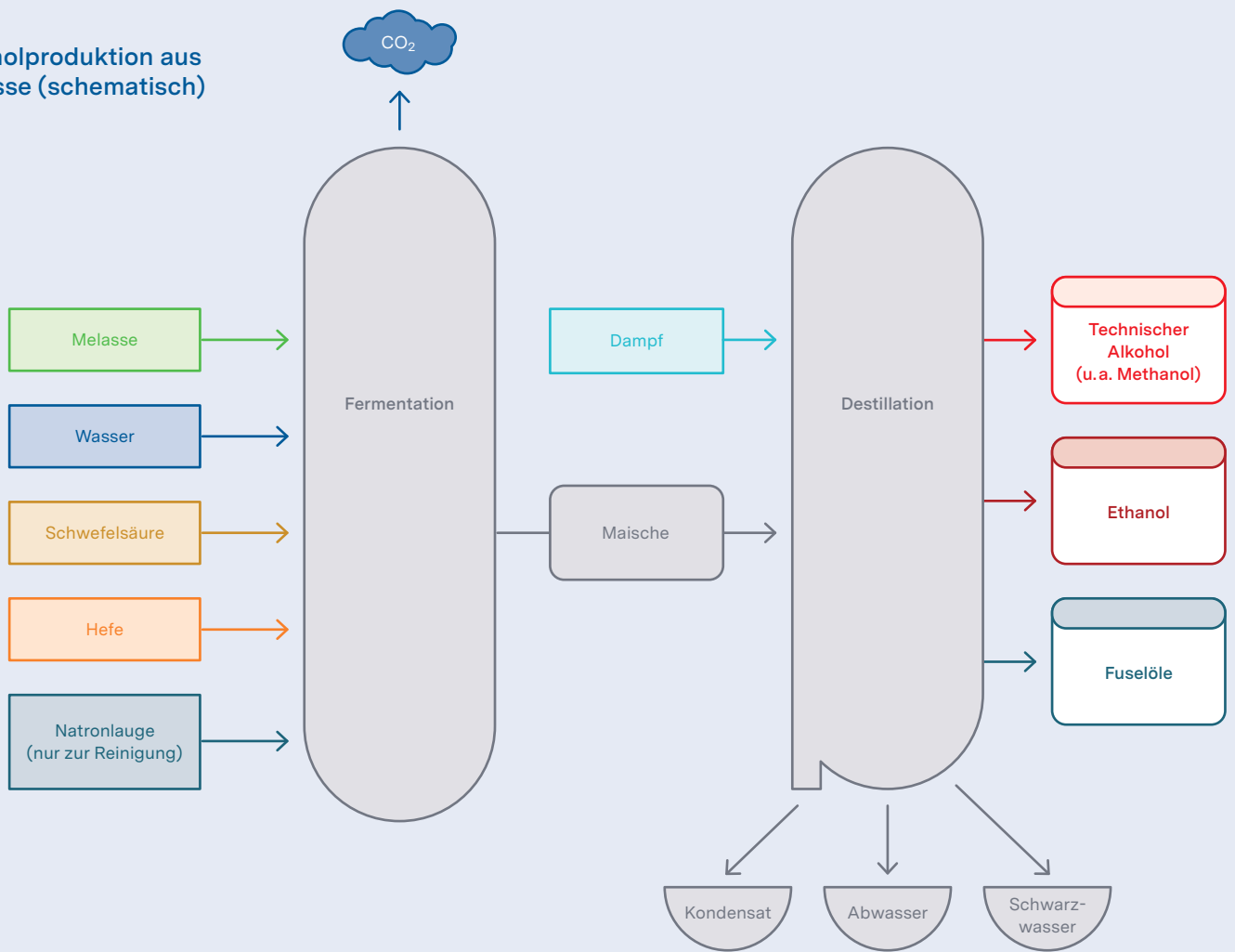
Alcosuisse AG: www.alcosuisse.ch

Schweizer Ethanol: www.schweizer-ethanol.ch

Schweizer Zucker AG: www.zucker.ch

Thommen-Furler AG: www.thommen-furler.ch/de

Ethanolproduktion aus Melasse (schematisch)



Alkoholimport in die Schweiz

Alkohol stellt fast seit jeher ein Politikum dar, hängt daran doch eine beträchtliche Geldsumme in Form von Zollabgaben und Steuern, auf welche der Staat nicht verzichten will. Aus diesem Grund ist die Klassifizierung von importiertem Ethanol durch eine offiziell zertifizierte Stelle wie dem METAS von zentraler Bedeutung.

Alcosuisse AG führt Ethanol in unterschiedlichen Qualitätsklassen aus dem Ausland in die Schweiz ein. Der Alkohol wird in durch die Hersteller plombierten Behältern an einen der beiden Betriebsstandorte/Zwischenlager im jurassischen Delémont bzw. im luzernischen Schachen angeliefert. Seit dem massiv gestiegenen Bedarf an Alkohol zu Desinfektionszwecken anlässlich der Covid-19-Pandemie ab dem Jahr 2020 hat die benötigte Menge Reinalkohols in unserem Land übrigens signifikant zugenommen.

Die angelieferten Ethanolbehälter dürfen nach ihrer Ankunft im Zwischenlager nicht direkt in die Lagertanks entleert werden, da dabei unterschiedliche Qualitätsklassen vermischt werden könnten; das Ethanol muss deshalb zuerst vom METAS analysiert und offiziell zertifiziert werden. Dies ist nicht nur im Hinblick auf die geplante Verwendung (als Trinkethanol, als Lebensmittelalkohol, als Ethanol für die chemische Industrie, für die Pharmaindustrie, für die Parfümerieindustrie usw.) des Rohstoffes zentral, sondern es hängen davon auch der anzuwendende Zolltarif bzw. die zu veranschlagende Steuer ab. Es geht also auch um sehr viel Geld, da je nach Qualitätsstufe und damit vorgesehenem Verwendungszweck des Ausgangsprodukts ganz unterschiedliche staatliche Abgaben anfallen können. Und genau hierzu liefern die Analyse- und Zertifizierungstätigkeit des METAS die massgebenden Parameter.



Gesundheitswesen

Für zuverlässige Messungen in der Nuklearmedizin

In der Nuklearmedizin werden den Patientinnen und Patienten radioaktive Substanzen injiziert. Um eine übermässige, gesundheitsschädigende Bestrahlung oder ein Therapieversagen zu vermeiden, muss die Menge der verwendeten Substanz präzise bemessen werden. Das Labor für ionisierende Strahlung des METAS trägt zur Gewährleistung der Behandlungsqualität bei, indem es Aktivitätsmessmittel eicht und sich in Projekten zur Verbesserung der Rückführbarkeit von Messungen engagiert.

Dr. Sándor Vörös

In der Nuklearmedizin werden Patientinnen und Patienten zur Diagnose oder zur Behandlung von Erkrankungen verschiedene Arten von Radionukliden (radioaktiven Atomen) injiziert (siehe Box 1). Zur genauen Bestimmung der Menge der zu verwendenden Substanz wird vor jeder Anwendung mit einem *Aktivimeter* die Aktivität der radioaktiven Quelle gemessen (siehe Box 2 und 3). Eine zu hohe Aktivität würde zu einer übermässigen und unnötigen Strahlenbelastung der Patientin bzw. des Patienten führen und damit möglicherweise ihre bzw. seine Gesundheit gefährden, während eine zu geringe Aktivität die Wirksamkeit der medizinischen Behandlung oder Untersuchung beeinträchtigen würde.

Qualitätssicherung von Aktivimetern

Die schweizerische Gesetzgebung sieht vor, dass in der Nuklearmedizin eingesetzte Aktivimeter verschiedene Bedingungen erfüllen müssen¹ und stren-

gen Qualitätssicherungsverfahren unterliegen². Zu den Anforderungen zählt die gesetzliche Eichung des Geräts alle drei Jahre, die das METAS vor Ort mit radioaktiven Referenzquellen mit langer Halbwertszeit durchführt: Kobalt (Co-57 und Co-60), Cäsium (Cs-137) und Strontium/Yttrium (Sr-90/Y-90).

Die Eichung gewährleistet in Verbindung mit anderen Arten von Kontrollen, wie den halbjährlichen Linearitätsmessungen und den periodischen Wartungen, die einwandfreie Funktion des Aktivimeters. Sie ermöglicht jedoch keine Beurteilung der Genauigkeit der Kalibrierkoeffizienten, die das Gerät zur Bestimmung der Aktivität der verschiedenen Radionuklide verwendet (siehe Box 3). Diese Kalibrierkoeffizienten werden entweder vom Hersteller des Aktivimeters bereitgestellt oder nach seiner Inbetriebnahme mit einer Radionuklid-Referenzquelle bestimmt oder vor Ort durch Vergleich mit einem mobilen Referenzaktivimeter ermittelt. Letztge-

nannte Methode bietet die beste Rückführbarkeit auf das Becquerel (Bq), ihre Umsetzung ist jedoch mit grossem Aufwand verbunden.

Problematische Radionuklide

Einige Radionuklide haben Eigenschaften, die die Bestimmung ihrer Aktivität sehr schwierig machen, da die vom Aktivimeter angezeigten Werte durch verschiedene Messparameter beeinflusst werden können. Dies sind insbesondere reine Beta-Strahler wie z.B. Lutetium (Lu-177) oder Yttrium (Y-90) oder solche, die nur energiearme Gammastrahlung emittieren wie z.B. Jod (I-123). Kleine geometrische Abweichungen der Flasche oder der Spritze, in der sich die Quelle befindet, oder ihrer Position im Schacht des Aktivimeters können das Ergebnis erheblich verfälschen. Nur mithilfe von Kalibrierkoeffizienten, die für jede der verwendeten Geometrien gesondert bestimmt wurden, kann die geforderte Genauigkeit gewährleistet werden.

Messungen müssen verbessert werden

Eine vom Eidgenössischen Institut für Metrologie METAS, dem Institut de radiophysique de Lausanne (IRA) und dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) gemeinsam durchgeführte Studie^{3,4} hat diese Einflussgrößen untersucht und die Abweichungen quantifiziert, die sich auf die Aktivitätsmessungen dieser «problematischen» Radionuklide auswirken

Was ist Nuklearmedizin?

Die Nuklearmedizin ist das medizinische Fachgebiet, das sich mit der Anwendung von radioaktiven Elementen (radioaktiven Isotopen) zur Untersuchung, Diagnose und Behandlung von Erkrankungen von Organen oder Geweben befasst.

Im Bereich der Diagnostik liefert die Nuklearmedizin zwei- oder dreidimensionale Bilder, die die Informationen der Radiologie, des Ultraschalls und der Magnetresonanztomographie (MRT) ergänzen. Die beiden wichtigsten Detektionssysteme sind die Gamma-Szintigraphie und die Positronen-Emissions-Tomographie (PET), die in der Regel durch computergestützte Röntgenbildgebung (CT) ergänzt werden. Mit ihnen lassen sich hochpräzise Aufnahmen des Herzmuskels, der Lunge, der Schilddrüse, des Gehirns usw. erstellen. Diese Aufnahmen ermöglichen es, tiefe Läsionen oder Erkrankungen in frühen Stadien ihrer Entwicklung zu erkennen.

Im therapeutischen Bereich (metabolische oder vektorisierte Strahlentherapie) wird ein radioaktives Isotop oral oder injiziert verabreicht, das sich bevorzugt an die erkrankten Zielzellen anheftet. Diese Technik ermöglicht die Behandlung gutartiger (z.B. Schilddrüsenüberfunktion) oder bösartiger Erkrankungen (Schilddrüsenkrebs, Metastasen von Prostatakrebs usw.).



PET/CT-Scanner
(siehe Box 1).

Was ist Radioaktivität?

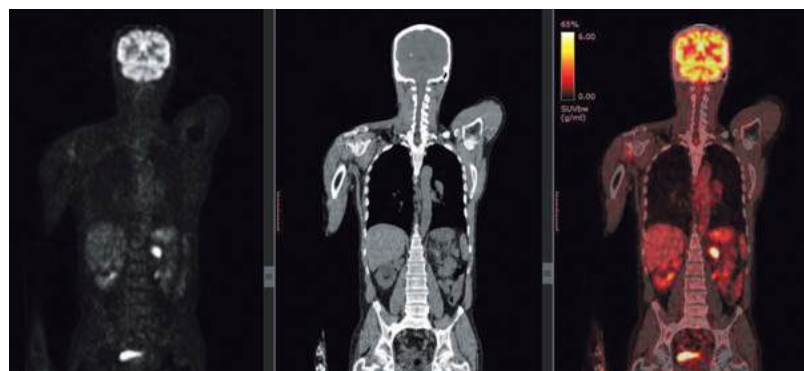
Radioaktivität ist das physikalische Phänomen, bei dem sich instabile Atomkerne (sogenannte Radionuklide oder Radioisotope) spontan in andere Atome umwandeln (Zerfall), wobei gleichzeitig Materieteilchen (Elektronen, Heliumkerne, Neutronen usw.) und Energie (Photonen und kinetische Energie) abgegeben werden. Die Emission von materiellen und immateriellen Teilchen wird als *Strahlung* bezeichnet. Die Energie der Teilchen reicht aus, um die durchströmte Materie zu ionisieren, d. h. Elektronen herauszureissen, die an die Atome dieser Materie gebunden sind. Daher die Bezeichnung *ionisierende Strahlung*. Klassischerweise unterscheidet man α -Strahlen, die aus Heliumkernen bestehen (auch α -Teilchen genannt), β -Strahlen, die aus Elektronen oder Positronen bestehen (β -Teilchen) und γ -Strahlen, die aus Photonen bestehen, zu denen noch Neutronen aus Spontanspaltungen hinzukommen.⁷

können. Die Studie umfasste eine breit angelegte Konsultation der schweizerischen nuklearmedizinischen Zentren, um einen Überblick über ihre diesbezügliche Praxis zu erhalten, Messungen vor Ort in einigen Spitälern und eine systematische Untersuchung der zu erwartenden Messabweichungen im C-Labor des METAS⁵. In den verschiedenen Projektphasen kam das Referenzaktivimeter TCIR (mobile Referenz-Ionisationskammer) von IRA/METAS zum Einsatz.

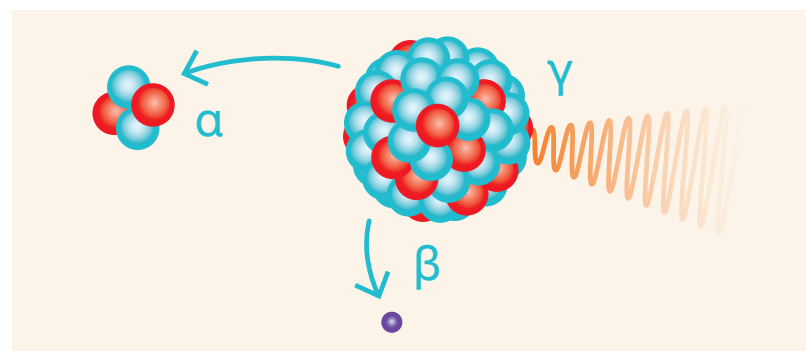
Die Ergebnisse zeigen teilweise sehr grosse Abweichungen zwischen den gemessenen Aktivitäten und den Referenzaktivitäten von bis zu mehreren zehn Prozent. In die laufende Revision der Verordnung über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV)¹ und der Richtlinie über die Qualitätssicherung von Aktivimetern² werden einige Erkenntnisse aus dieser Studie einfließen, um die Genauigkeit der Aktivitätsmessungen in nuklearmedizinischen Zentren zu verbessern. Zudem wird ein zweites Referenzaktivimeter, TCIR-II, gebaut, um die Kalibrierkapazitäten vor Ort zu erhöhen und damit zuverlässigere Messungen in den Zentren für Nuklearmedizin in der Schweiz zu ermöglichen.

Ausbau der internationalen Koordination

Die in der Schweiz festgestellten metrologischen Lücken sind auch im restlichen Europa ein Problem, wo jährlich mehreren Millionen Patientinnen und Patienten Radiopharmaka injiziert werden. Diese Situation ist zum Teil in den Ursprüngen der Nuklearmedizin als qualitativer Bildungs- oder palliativer Behandlungstechnik begründet. Dies kann zu unbefriedigender Behandlung von Erkrankungen und erfolglosen klinischen Studien führen. Darüber hinaus stellt auch die mangelnde Bewertung der Unsicherheit bezüglich der verabreichten Dosis



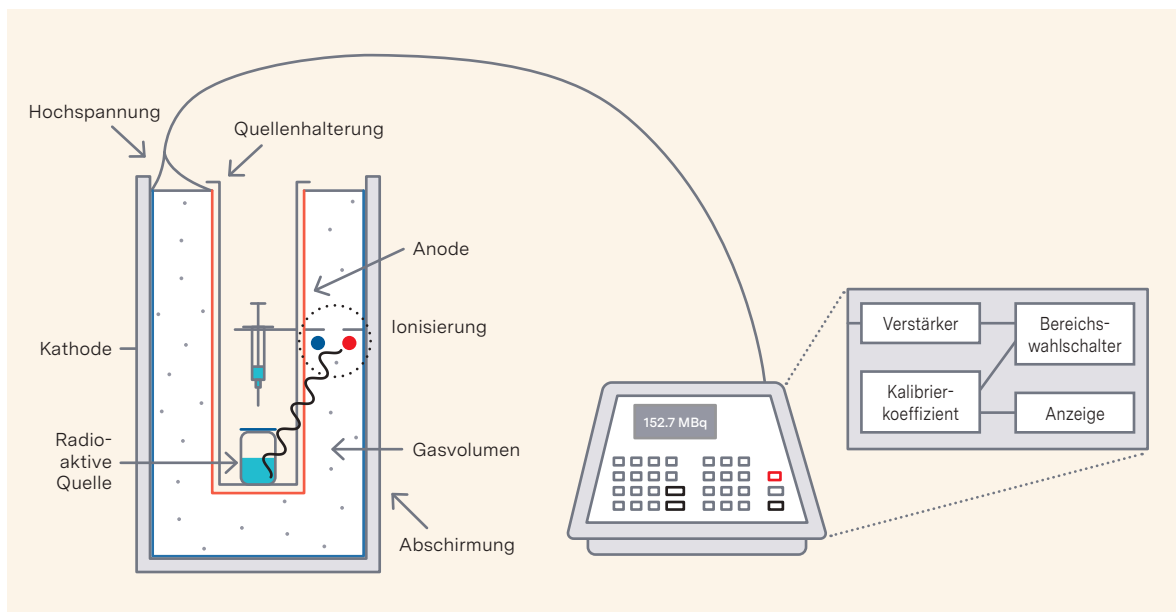
Von links: PET-Bild, das mit einem Radiotracer aufgenommen wurde (zur Erkennung der Stoffwechselaktivität), CT-Bild, das mit Röntgenstrahlen aufgenommen wurde (zur Erkennung der Anatomie), und eine Kombination aus beidem, die enorme Detailgenauigkeit für eine sehr effiziente Erkennung von Pathologien bietet (siehe Box 1).



Ein radioaktiver Atomkern kann unter Abgabe von α -, β - oder γ -Strahlung zerfallen (siehe Box 2).

Messung der Aktivität einer Quelle

Eine radioaktive Quelle wird durch ihre Zusammensetzung (die Art der Atome, aus denen sie besteht) und ihre Aktivität (die Anzahl der Atome, die pro Zeiteinheit zerfallen) charakterisiert. Die Aktivität hängt von der Gesamtzahl der Atome und von der Halbwertszeit ab. Diese Zeit verstreicht, bis die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Kerne zerfallen ist. Im Internationalen Einheitensystem (SI) wird die Aktivität einer Quelle, d.h. die Anzahl der Zerfälle pro Sekunde (s^{-1}), in Becquerel (Bq) angegeben. Das üblicherweise für ihre Messung verwendete Instrument wird als Aktivimeter bezeichnet. Meistens handelt es sich um eine Schachtionisationskammer, die aus zwei konzentrischen leitenden Zylindern besteht. Dazwischen befindet sich ein unter hohem Druck stehendes Gas, das durch die Strahlung der in der Mitte platzierten, radioaktiven Quelle ionisiert wird. Die dabei im Gas freigesetzten Ionisationsladungen wandern unter dem Einfluss einer Hochspannung zu Elektroden, wo ihr Strom (im Nanoamperebereich) mit einem Elektrometer gemessen wird. Die Aktivität der Strahlenquelle wird berechnet, indem der gemessene Stromwert mit einem für jedes Radionuklid spezifischen Kalibrierkoeffizient multipliziert wird.



Prinzipschema eines Aktivimeters (siehe Box 3).

eine kritische Hürde für rückführbare Messungen dar (Bilder und Behandlungsergebnis können nicht miteinander verglichen werden).

Um hier Abhilfe zu schaffen, wurde 2025 das europäische Projekt ETrain⁶ gestartet. Dessen Ziel ist die Entwicklung eines Netzes von Kalibrierdiensten für Aktivimeter in allen Mitgliedsländern der Europäischen Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute (EURAMET), um die metrologische Rückführbarkeit der Aktivitätsmessungen in der Nuklearmedizin sicherzustellen. Das METAS und das IRA sind an dem Projekt beteiligt, damit auch die Patientinnen und Patienten der schweizerischen nuklearmedizinischen Zentren vom gesamten Wissen und den gemachten Erfahrungen profitieren können. ●

- 1 Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV), SR 941.210.5: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2012/878/de> (zurzeit in Revision)
- 2 Bundesamt für Gesundheit (BAG), Qualitätssicherung von Aktivimetern, Wegleitung L-09-01: <https://backend.bag.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-bagadminch-files/files/2025/03/18/c08b80f8-a8a8-4654-a64d-2e53e35b4a33.pdf> (aktuell in Überarbeitung)
- 3 Untersuchung der Kalibrierkoeffizienten von Aktivimetern und deren Einfluss auf verschiedene Geometrien für Beta- und Gamma-Strahler: <https://backend.bag.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-bagadminch-files/files/2025/03/18/d4397607-9ddb-425b-9daa-28b8b32d38f4.pdf>
- 4 S. Vörös et al., Investigation on calibration coefficients of dose calibrators and influence of different geometries for beta- and gamma-emitters, *Physica Medica* 125S1 (2024) S443: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1120179724009578>
- 5 Die Strahlenschutzverordnung sieht bauliche Anforderungen vor, durch die die Gefährdung eingedämmt werden soll, indem der Einschluss nicht geschlossener radioaktiver Stoffe erfolgt. Je nach Gefährlichkeit und Menge der Radionuklide, mit denen umgegangen wird, ist die Nutzung eines Labors mit unterschiedlicher Ausrüstung erforderlich (z.B. Abschirmhauben mit Luftfiltration). Ein solches Labor wird je nach Sicherheitsniveau mit seinem Typ (A, B oder C) bezeichnet.
- 6 *Establishing traceability routes in nuclear medicine* (ETrain), 24RPT01
- 7 <https://de.wikipedia.org/wiki/Radioaktivität>



Interview

Neuer Bereichsleiter und neuer Laborleiter in der Abteilung Physik

Im Bereich Metrologie in der Physik II gibt es seit diesem Frühling zwei neue Gesichter. Ulrich Schlapbach hat die Leitung des Bereichs am 1. Januar 2025 übernommen. Philippe Chavanne begann seine Tätigkeit als Leiter des Labors Länge, Nano- und Mikrotechnik zwei Monate später, im März. Im Interview blicken sie auf die ersten Monate zurück und geben einen Ausblick auf die kommenden Pläne und Herausforderungen.

Interview mit Ulrich Schlapbach und Philippe Chavanne,
geführt von Xavier Rappo

Ulrich Schlapbach und Philippe Chavanne, ihr habt erst vor wenigen Monaten am METAS angefangen. Was hat euch besonders beeindruckt?

Ulrich Schlapbach (links): Ich habe extrem viel Expertenwissen aus den unterschiedlichsten Bereichen angetroffen. Das hat mich am meisten beeindruckt. Zudem sind die Leute wirklich mit Herzblut bei der Sache. Das spürt man und das ist auch schön!

Philippe Chavanne (rechts): Dem kann ich nur zustimmen. Das Niveau ist wirklich sehr hoch. Der Berufsstolz ist spürbar, und die Kultur ist äusserst positiv: offen, kollaborativ, aber auch fordernd.

Ihr habt beide im gleichen Bereich angefangen, mit zwei Monaten Unterschied. Wie ist die Zusammenarbeit zwischen euch? War es eine Herausforderung, so viel «frisches Blut» auf einmal in den Bereich zu bringen?

U.S.: Für mich war hier eigentlich alles neu. Von daher musste ich mir beim Antritt von Philippe vor allem die Fragen stellen: Was kann er noch gar nicht wissen? Wo muss ich ihn zusätzlich unterstützen und wo kann ich mich mit ihm als gemeinsamem Neuling ein bisschen austauschen und erfahren, wie er es erlebt?

P.C.: Es ist eine gemeinsame Reise, die wir hier angetreten sind, um die Welt der Metrologie kennenzulernen und zu verstehen. Dabei werden wir sicher auch die eine oder andere unschuldige Frage stellen und den Status quo hinterfragen – denn wir bringen eine andere Prägung und neue Perspektiven mit.

Was wusstet ihr vor eurem Eintritt am METAS über die Metrologie?

U.S.: Die industrielle Messtechnik war mir relativ nah, in diesem Bereich habe ich viel Erfahrung. Ich durfte bereits viel in der gesetzlichen Metrologie lernen. Ich war in diesem Bereich nicht bewandert und ich bin mir sicher, dass ich in der fundamentalen Metrologie noch viel lernen kann.

P.C.: Ich kenne die Metrologie vor allem aus der Industrie. An einem nationalen Institut wie dem METAS zu arbeiten, bedeutet für mich ein ganzheitlicher Ansatz. Hier decken wir das gesamte Spektrum ab – von gewerblichen Kalibrierungen und nationalen Zulassungen über internationale Forschung bis hin zur Primärrealisierung. Die Möglichkeit, daran mitzuwirken, empfinde ich als spannende Herausforderung.



Philippe Chavanne hat die Leitung
des Labors Länge, Nano- und Mikrotechnik
im März 2025 übernommen.

Kommt ihr beide aus dem wissenschaftlichen Bereich?

U.S.: Spannenderweise war meine erste Anstellung nach meinem Elektrotechnik-Studium an der ETH eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter an dieser Schule. Ich habe knapp zwei Jahre in dieser Funktion gearbeitet und bin dann in die Industrie zu ABB gewechselt. Ich hatte dort verschiedene sehr physiknahe Positionen inne, davon vierzehn Jahre in der Halbleiterindustrie. In den letzten acht Jahren vor dem METAS habe ich im Service gearbeitet und dort neue begleitende Dienstleistungen für Kunden entwickelt.

P.C.: Meine berufliche Karriere nach dem Studium in Life Sciences an der Fachhochschule Nordwestschweiz hat ebenfalls im wissenschaftlichen Umfeld begonnen. Damals durfte ich an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) eine Forschungsgruppe für additive Fertigung von Biomaterialien aufbauen. Aus den Aktivitäten an der FHNW wurde die Mimedix AG ausgegründet. So durfte ich die Startup-Welt kennenlernen. Danach bin ich in der Medizinaltechnik geblieben und habe bei dem Institut Straumann AG, einem Schweizer Unternehmen, das auf die Herstellung von Instrumenten und Komponenten



Ulrich Schlapbach ist seit dem 1. Januar 2025 der Leiter des Bereichs Metrologie in der Physik II.

für die Zahnchirurgie spezialisiert ist, während acht Jahren verschiedene Positionen im Bereich Forschung und Entwicklung innegehabt.

Aus eurer Sicht: Was kann das METAS von der Industrie und von euren Erfahrungen lernen?

P.C.: In meinem Fall ist es sicherlich die gesammelte Erfahrung in einem stark regulierten und gleichzeitig innovationsfreundlichen Arbeitsumfeld. Auch wenn die Metrologie auf eine andere Weise reguliert ist als die Medizintechnik, bin ich überzeugt, dass wir viel von der Medizintechnik lernen können – insbesondere, wie sich effektive Qualitätsmanagementsysteme (QMS) umsetzen lassen, die höchste Anforderungen an Qualität und Sicherheit erfüllen und dabei dennoch Spielraum für Innovation lassen.

U.S.: Ich denke, dass das METAS vor allem für ein sehr statisches Optimieren steht, das sich auf Messgenauigkeit und Präzision konzentriert. In der Industrie musst du hingegen immer wieder neue dynamische Entscheidungen treffen. Ich denke, das sind die beiden Welten, die sich berühren müssen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der Ausrichtung als Institut, das nicht nur gesetzliche Vorgaben erfüllen, sondern auch einen gewissen Anteil des

Umsatzes selbst erwirtschaften muss. Diese beiden Welten zu verbinden, ohne dadurch unlösbare Konflikte zu generieren, ist meiner Meinung nach eigentlich die spannendste Herausforderung.

P.C.: Im Spannungsfeld seiner gesetzlichen Aufgaben, die zum Teil verpflichtend sind, musste man sich früher weniger intensiv um die Kunden kümmern – der Kunde musste, durfte oder sollte zu einem kommen. Heutzutage ist es für ein nationales Institut aber umso wichtiger, die Kunden wirklich in den Mittelpunkt zu stellen, ihre Bedürfnisse zu verstehen und sich optimal darauf auszurichten.

Und wieso habt ihr euch entschieden, am METAS zu arbeiten? Was war eure Hauptmotivation?

U.S.: Es war ein guter Zeitpunkt in meiner gesamten Lebensarbeitskarriere, um meine persönliche Entwicklung im neuen Umfeld einen Schritt weiterzubringen. Ich hatte den Eindruck, dass ich meine Erfahrung und mein Wissen hier auch produktiv einbringen kann. Ich bin 56 und ich habe mir überlegt, was ich in den kommenden Jahren meines Arbeitslebens noch machen möchte.

P.C.: Bei mir war es der Drang, wieder in einer Organisation zu arbeiten, die langfristig denkt. Das konnte ich hier finden. Ausserdem hat mich die gelebte Kultur sehr angesprochen. Das METAS zeichnet sich durch eine offene Kultur aus, die von Fachexperten mit Berufsstolz geprägt ist. Und nicht zuletzt ist es ein «Coming Home» nach Bern. Ich bin in der Nähe aufgewachsen und es ist einfach schön, wieder in der Nähe von Bern arbeiten zu können.

Welchen Führungsstil habt ihr? Welche Werte möchtet ihr vermitteln?

U.S.: Für mich sind «zielorientiert» und «authentisch» ganz klar Hauptschlagworte. Ich möchte sie wirklich vorleben und zu ihnen stehen. Ich sehe mich als Leader und nicht als Manager. Das ist mir auch wichtig. Ein zentraler Punkt für mich ist, dass Entscheidungen solide vorbereitet und dann konsequent umgesetzt werden.

Ich versuche nicht «Hochfrequenzführung» zu betreiben. Ich schaue, dass wir gemeinsam arbeiten und den richtigen Zeitpunkt finden, um zu sagen: «So machen wir es». Und dann wird es aber auch gemacht. Das muss für die Mitarbeitenden nachvollziehbar sein. Nicht alle müssen einverstanden sein, aber nachvollziehbar, das finde ich am wichtigsten.

P.C.: Ich tendiere zu einem demokratischen Führungsstil und möchte Menschen ermutigen, Verantwortung zu übernehmen. Dabei ist mir eine offene, aber kontrollierte Fehlerkultur wichtig. Beim METAS sehe ich besonders bei den technischen Mitarbeitenden und Experten viel Potenzial, das wir stärken sollten. Zudem fördere ich eine Entscheidungskultur, in der sachliche Entscheider fundierte Beschlüsse treffen und konsequent umsetzen.

Blicken wir nun zurück. Was habt ihr in den ersten Monaten unternommen? Habt ihr persönliche Herausforderungen erlebt?

U.S.: Ich habe mich eigentlich darauf fokussiert, zuerst einmal aktiv Personen kennenzulernen. Ich wollte die Rollen und Aufgaben verstehen. Wie funktionieren die Abläufe, die «Maschinerie» METAS und die Spannungsfelder? Wo gibt es Dinge, die nicht so funktionieren, wie man es sich wünscht oder denkt?

P.C.: Für mich war es sehr ähnlich. Zunächst musste ich mich in die Materie einlesen, ein Netzwerk aufbauen, die Leute kennenlernen und dann mit den Analysen beginnen. Ich musste die Lage, das Labor und den Bereich verstehen. Und schliesslich erste Prinzipien von *Lean Management* empfehlen.

Wo seht ihr derzeit die grössten Herausforderungen in eurer neuen Funktion?

U.S.: Die Hauptaufgabe neben allem ist für mich die Ausarbeitung der Strategie für den Bereich im Hinblick auf die Ausrichtung für 2030, also für die kommenden Jahre. Welche Ausrichtung wählen wir für die Zukunft und wo stellen wir uns solide auf?

P.C.: Ich sehe eine grosse Herausforderung darin, im Labor die Balance zwischen Kalibrierdienstleistungen und Forschung zu finden. Mein Ziel ist es, dass das Labor durch gezielte Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auch künftig metrologisch an der Spitze bleibt und wirtschaftlich erfolgreich ist. Dabei ist es besonders wichtig, die Mitarbeitenden mitzunehmen und sie auf dieser Reise einzubeziehen.

Welche Prioritäten oder Ziele habt ihr für die nächsten sechs Monate?

P.C.: Ich hatte ein klares Ziel: die Auditierung unseres Labors durch das Nationale Metrologieinstitut Österreichs im Juni. Die Laboranalyse – also das bessere Kennenlernen von Personal, Finanzen, Messplätzen und deren Lebenszyklen – soll abgeschlossen werden, um den aktuellen Zustand zu

erfassen und Optimierungspotenziale zu identifizieren. Darauf aufbauend wird eine neue Mission entwickelt, die in die Bereichsstrategie einfließt.

U.S.: Für mich ist es die Ausarbeitung der Strategie in Interaktion mit den verschiedenen Laboren, Bereichen, dem Abteilungsleiter und der Geschäftsleitung.

Habt ihr ein Wort oder ein Bild, das die ersten Monate zusammenfasst?

U.S.: Besonders in Erinnerung geblieben sind mir das Erstaunen und die Bewunderung in den Augen der Besucher, die hierherkommen und bei einer Führung mal durch die Labore gehen. Das ist eigentlich so der schöne Eindruck, den auch ich habe. Die Besucher haben zu Beginn keine wirkliche Vorstellung, was sie erwartet, und tauchen in die Welt der Metrologie und der Labore ein. Langeweile kommt garantiert nicht auf, denn es geht immer weiter zur nächsten Überraschung.

P.C.: Aus verschiedenen Gründen passt für mich eine Bergkulisse sehr gut. Man steht vor einer Wand und durchläuft eine persönliche Lernkurve. Genau das ist für mich aktuell die Metrologie. An einem Nationalen Metrologieinstitut (NMI) wie das METAS steht man sozusagen auf den Spitzen der Rückführbarkeitsketten und hat die nötige Weitsicht. Gleichzeitig verfügt das METAS über absolute Fachexperten, die in die tiefsten Täler der metrologischen Grundlagenforschung eintauchen können. Diese vertikale Bewegung durchläuft man ständig.



In Kürze

Jahresbericht 2024 über den Vollzug des Messgesetzes

Bei den Kontrollen für den Vollzug des Messgesetzes wurden im Jahr 2024 über 175 000 Messmittel geprüft und geeicht. Mehr als 740 000 Elektrizitätszähler wurden statistisch überwacht. Am Vollzug beteiligt sind neben dem METAS die kantonalen Aufsichtsbehörden, die kantonalen Eichämter sowie die vom METAS ermächtigten Eichstellen. Genauere Angaben finden sich im Jahresbericht 2024 über den Vollzug des Messgesetzes.



Link zum Bericht:

https://www.metas.ch/dam/metas/de/data/dokumentation/metas-publikationen/berichte/jahresbericht_vollzug_messgesetz/jahresbericht-2024-d.pdf.download.pdf/jahresbericht-2024-d.pdf

Neue Leiterin für den Bereich Chemische Prüfungen und Beratungen



Dr. Gisela Umbricht hat zum 1. August 2025 die Leitung des technischen Bereichs Chemische Prüfungen und Beratungen (CPB) von Dr. Markus Stadler übernommen, der in den vorzeitigen Ruhestand tritt.

Frau Dr. Umbricht ist promovierte Chemikerin und sammelte nach einem Postdoc an der Colorado State University erste Führungserfahrungen in der Industrie. Nach mehreren Jahren als Leiterin einer Organisationseinheit der Oberzolldirektion wechselte sie ans METAS. Dort baute sie als Laborleiterin zwei Labore erfolgreich auf, bevor sie ihre neue Funktion übernahm.

Neues Protokoll zur Vorbereitung von Lebensmittelproben für die Titandioxid-Analyse

Titandioxid (TiO_2) wurde 2021 von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit als nicht mehr sicher für den Einsatz in Lebensmitteln eingestuft. Auch die Schweiz folgte diesem Entscheid. Die Substanz liegt teilweise in Form von Nanopartikeln vor und wurde bis dahin unter anderem als Farbstoff (sog. E171) in Süßwaren eingesetzt. Ein neu entwickeltes Protokoll zur Probenvorbereitung ermöglicht eine sichere und effiziente Analyse von TiO_2 . Der Einsatz gefährlicher Chemikalien entfällt, gleichzeitig wird der analytische Ablauf vereinfacht. Diese Arbeit wurde in einem Anwendungsbericht in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Anton Paar veröffentlicht.



Link zum Bericht:

<https://www.anton-paar.com/corp-en/services-support/document-finder/application-reports/towards-a-safe-and-efficient-digestion-of-tio2-nanoparticles-in-confectioneries-using-hbf4/>

Schweizer Jugend forscht: Sonderpreis Metrologie 2025

Das METAS stiftet im Rahmen des Nationalen Wettbewerbs «Schweizer Jugend forscht» den Sonderpreis Metrologie. Dieses Jahr wurden gleich eine Preisträgerin und zwei Preisträger ausgezeichnet.

Franziska Fehr hat in ihrer Arbeit das psychische Wohlbefinden von Jugendlichen untersucht. Basierend auf einer Skala der WHO stellte sie ein eher mittelmässiges Befinden fest.



Aurélien Jacot hat untersucht, wie mittels Drohnen die Windgeschwindigkeit gemessen werden kann. Hierzu musste er alle relevanten Einflussfaktoren berücksichtigen und sein Modell mit Messungen überprüfen.



Auch Laurin Seeholzer hat ein Simulationsmodell entwickelt. Sein Oberflächen-temperaturmodell hängt wesentlich von der Güte der Eingangsparameter ab.



Diese ausgezeichneten Arbeiten aus unterschiedlichen Sparten zeigen auf, wie wichtig Messen in der Forschung ist.

Memorandum of Understanding mit der School of Biomedical and Precision Engineering (SBPE) der Universität Bern unterzeichnet



Im Januar 2025 haben das METAS und die School of Biomedical and Precision Engineering (SBPE) der Universität Bern ein Memorandum of Understanding (MoU) in Bern unterzeichnet. Im Rahmen des MoU soll die Zusammenarbeit in Bezug auf Forschung und Ausbildung in den Bereichen des Präzisionsengineerings und der Metrologie vertieft werden. Jede Institution kann von den technischen und wissenschaftlichen Infrastrukturen und vom spezifischen Wissen der anderen profitieren. Regelmässiger Austausch wird durch gemeinsame Seminare, Kolloquien und Workshops gepflegt.



Vollständige Mitteilung:

https://www.metas.ch/metas/de/home/dok/publikationen/meldungen/mou_metas_sbpe.html



Das METAS an der Weltausstellung 2025 in Osaka

An der World Expo 2025 in Osaka (Japan) präsentierten das Eidgenössische Institut für Metrologie METAS und das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz in Zusammenarbeit mit der Swisens AG die neuesten Errungenschaften in der Polleninformation. Der Ausstellungsstand im Swiss Pavillon präsentierte die jüngsten Entwicklungen und die in Echtzeit gemessene Pollenbelastung beim Nationalen Metrologieinstitut von Japan (NMIJ) in Tsukuba. Aus über siebzig inländischen Bewerbungen wurde das Team METAS und MeteoSchweiz schliesslich als einer von lediglich sieben Schweizer Ausstellern innerhalb des Expo-Abschnitts «Life» (Life Sciences, Education, Health and Nutrition) ausgewählt. Gemeinsam konnten wir die Schweiz und unsere Swissness vom 11. Juni bis am 12. August 2025 in Japan repräsentieren.

Erfolg für das Labor Durchfluss an der IMEKO-Konferenz

Nach der Teilnahme des Labors Durchfluss an der IMEKO-Konferenz in Hamburg wurden die drei Präsentationen «Vergleich von Primärnormalen für den Flüssigkeitsdurchfluss im Bereich von 0.1 $\mu\text{L}/\text{min}$ bis 10 $\mu\text{L}/\text{min}$ », «Dimensionale Kalibrierung von kritischen Strömungs-Venturi-Düsen bei kleinen Durchflüssen» und «Vergleich von gravimetrischen Standards für Wasserstofftankstellen» des Labors im Mai in der Zeitschrift «Measurement: Sensors» veröffentlicht. Diese Peer-reviewed Zeitschrift begleitet die Internationale Metrologiekonferenz (IMEKO). Sie ist eine Referenz für Veröffentlichungen im Bereich der Messtechnik.

Links zu den Publikationen:



Dimensional calibration of small critical flow Venturi nozzles



Comparison of primary standards for liquid flow in the range from 0.1 $\mu\text{L}/\text{min}$ to 10 $\mu\text{L}/\text{min}$



Comparison of gravimetric standards for hydrogen refuelling stations



Über das METAS

Sicherer ist sicherer: Zwei-Faktor-Authentisierung auf der METAS-Webplattform

Mehr Sicherheit für Ihre Zertifikate: Mit der neuen METAS-Webplattform und der Einführung der Zwei-Faktor-Authentisierung (2FA) schützt das METAS sensible Kundendaten – und schafft die Grundlage für eine moderne, digitale Benutzererfahrung.

Peter Rohrer

Um den steigenden Anforderungen an Datensicherheit und Benutzerfreundlichkeit gerecht zu werden, hat das Eidgenössische Institut für Metrologie METAS am 8. April 2025 die neue METAS-Webplattform (<https://portal.metas.ch>) eingeführt. Diese ermöglicht es Kundinnen und Kunden, ihre Kalibrier- und Prü fzertifikate sicher, schnell und online abzurufen und herunterzuladen.

Das bisher gängige Login mittels Benutzername und Passwort allein genügt den heutigen Sicherheitsstandards nicht mehr. Gerät diese Kombination in falsche Hände – etwa durch unbeabsichtigte Weitergabe, Ausspähen oder Hacking – lässt sich ein Missbrauch kaum verhindern (vgl. Box «Zwei-Faktor-Authentisierung: der sicherere Zugriff»).

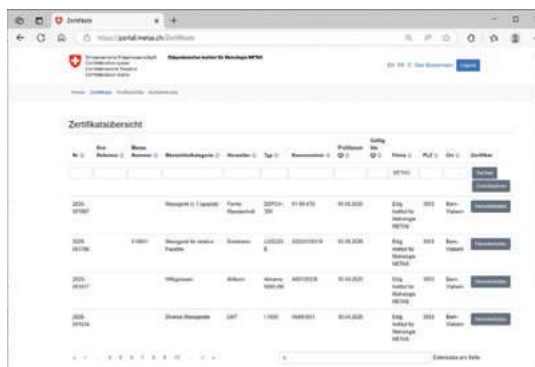
Nächster Schritt Richtung Kundenportal: neues Auftragsabwicklungssystem eingeführt

Ebenfalls Anfang April wurde ein neues Auftragsabwicklungssystem eingeführt. Mit dieser modernen, sicheren und flexibel anpassbaren Lösung konnten interne Prozesse optimiert und automatisiert werden. Gleichzeitig wurde damit ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zu einem vollwertigen digitalen Kundenportal gelegt – mit dem Ziel, den Zugang zu

Dienstleistungen und Informationen künftig noch effizienter und benutzerfreundlicher zu gestalten.

Sicheres Login mittels 2FA

Früher erhielten unsere Kunden ihre Zertifikate per E-Mail-Link zugestellt; jeder mit Zugriff auf den Link konnte das Dokument herunterladen, und die Zertifikatsempfänger mussten ihre Dokumente selbst-



Auf der Zertifikatsübersicht findet der Kunde alle seine Zertifikate. Die angezeigten Dokumente können flexibel gefiltert und nach Bedarf heruntergeladen werden.

ständig verwalten. Heute erlaubt die METAS-Webplattform nur noch authentifizierten Kunden den Zugang.

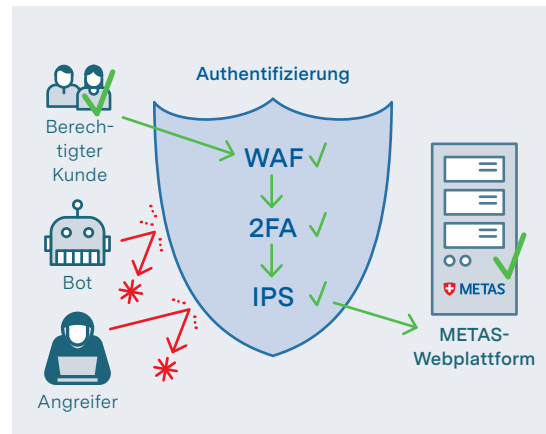
Nach Eingabe von Benutzername und Passwort wird auf die beim Kundenkonto hinterlegte Adresse ein Einmal-Code gemailt. Diese Zwei-Faktor-Authentisierung (2FA) erhöht die Sicherheit erheblich.

Was auf den ersten Blick als eine Verkomplizierung des zuvor simpleren Zustellverfahrens der Zertifikate erscheint, erhöht aber mittels der 2FA die Sicherheit des Zugriffs auf die Kundenkonten stark (s. Interview «Der CISO bringt's auf den Punkt»).

Das METAS bietet seinen Zertifikatsbezüglern mittels der neuen METAS-Webplattform einen übersichtlichen, zuverlässig gesicherten, nachverfolgbaren und ausbaufähigen Zugang zu ihren digital signierten Dokumenten. ●

Zwei-Faktor-Authentisierung: der sicherere Zugriff

Die Zwei-Faktor-Authentisierung (2FA) erhöht die Sicherheit beim Login in Web-Applikationen, indem sie Benutzername und Passwort mit einem zweiten Faktor (bspw. Einmal-Code per E-Mail, SMS oder Authentisierungs-App) kombiniert. So bleibt der Zugang selbst bei gestohlenem Passwort geschützt.



Nur berechnigte Benutzer schaffen es durch die Authentifizierung bis auf die Webplattform. Bots und andere Angreifer scheitern an der Web Application Firewall (WAF), der 2FA und/oder dem Intrusion Prevention System (IPS).

Der CISO bringt's auf den Punkt

Der Chief Security Officer (CISO) des METAS, Daniel Lussi, gibt Einblicke ins Thema Cybersicherheit der neuen METAS-Webplattform.

Warum wurde der Mechanismus des Zertifikats-Downloads geändert?

Daniel Lussi: Mit dem früheren Download-Link allein war keine Identitätsprüfung des Zertifikatsbezüglers möglich, wie es das neue Login mit 2FA nun gewährleistet. Das METAS ist aber verantwortlich dafür, dass die Zertifikate beim richtigen Kunden ankommen.

Und das neue System bietet nun diese verbesserte Sicherheit?

Ja. Eine Login-Architektur, bestehend aus Benutzername und Passwort plus dem Einmal-Code per E-Mail – dieser Mechanismus heisst Zwei-Faktor-Authentisierung (2FA) – sowie ergänzt durch eine Web Application Firewall (WAF) und ein Eindring-schutzsystem (Intrusion Prevention System [IPS]), schützt das System wirksam vor Cyberangriffen.

Ist damit die Spitze der möglichen Cybersicherheit erreicht?

Sicherheit ist kein Endzustand, sondern ein Prozess, denn Cyberangriffe und -bedrohungen entwickeln sich ständig weiter. Das METAS verstärkt daher kontinuierlich alle seine von aussen erreichbaren Services.

Haben Sie gewusst?

Die Stele weist einen Grundriss von 60 cm × 60 cm und eine Höhe von 24 Metern auf. Sie verkörpert damit die Einteilung der Zeit, genauer gesagt, den Tag, der aus 24 Stunden zu 60 Minuten zu 60 Sekunden besteht.

Sie besteht aus Chromstahl und ist blattvergoldet. Sie ist ein Werk des Aargauer Künstlers Max Matter (1941).



Weitere Informationen:
www.metas.ch/stele



Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS
Lindenweg 50, 3003 Bern-Wabern, Schweiz
www.metas.ch