Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS

METinfo

1/2022

Zeitschrift für Metrologie / Journal de métrologie / Rivista di metrologia / Journal of Metrology

PMU – digitale Wächter der schlauen Netze

Quand le danger est invisible: mesurer le radon pour la santé

Qualitätskontrollen für sichere Lebensmittel dank nationalen Referenzlaboren

Première réalisation de la masse avec la balance de Kibble de METAS BWMII

Metrologische Forschung im europäischen Umfeld:
European Partnership on Metrology

A PDF/A-3 solution for digital calibration certificates at METAS

Definierte Nanopartikel aus Salz

Impressum

METinfo
Zeitschrift für Metrologie, Vol. 29, 1/2022
Journal de métrologie, Vol. 29, 1/2022
Rivista di metrologia, Vol. 29, 1/2022
Journal of Metrology, Vol. 29, 1/2022
31.03.2022

Herausgeber/Éditeur/Editore/Publisher
Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS
Institut fédéral de métrologie METAS
Istituto federale di metrologia METAS
Federal Institute of Metrology METAS
Lindenweg 50, 3003 Bern-Wabern, Schweiz
Tel. +41 58 387 01 11, Fax +41 58 387 02 10
www.metas.ch

Redaktionsleitung/Rédacteur responsable/ Redattore-capo/Editor-in-Chief
David Lehmann
Tel. +41 58 387 01 11
kommunikation@metas.ch

Redaktion/Rédaction/Redazione/Editorial Board
Gregor Dudle
Hugo Lehmann
Jürg Niederhauser
Céline Pascale
Ulrich Schneider

Bildnachweis/Photos/Fonte delle immagini/Pictures
Claudio Ratti, Markus Thönen, David Lehmann, Rubi Bill, Ali Eichenberger
METAS, 3003 Bern-Wabern, Inselspital Bern

Hinweis/Remarque/Nota/Note
Die enthaltenen Beiträge müssen nicht notwendigerweise mit der Auffassung des Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartements (EJPD) oder des Eidgenössischen Instituts für Metrologie (METAS) übereinstimmen.

Les contributions publiées ne correspondent pas nécessairement à l'avis du Département fédéral de justice et police (DFJP) ou de l'Institut fédéral de métrologie (METAS).

I contributi pubblicati non corrispondono necessariamente all'opinione del Dipartimento federale di giustizia e polizia (DFGP) o a quella dell'Istituto federale di metrologia (METAS).

The published contributions do not necessarily need to agree in opinion with either the Federal Department of Justice and Police (FDJP) or the Federal Institute of Metrology (METAS).

Copyright
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet, Belegexemplar erwünscht.

Reproduction autorisée avec indication de la source, justificatif souhaité.

Riproduzione con indicazione delle fonti ammessa, auspicato un esemplare.

Reproduction allowed under indication of source, copy of reprint desired.

Administration
ISSN 1660-4733
ISSN 1660-6094 *(Online-Edition)*
24/04 3800 860376853/2

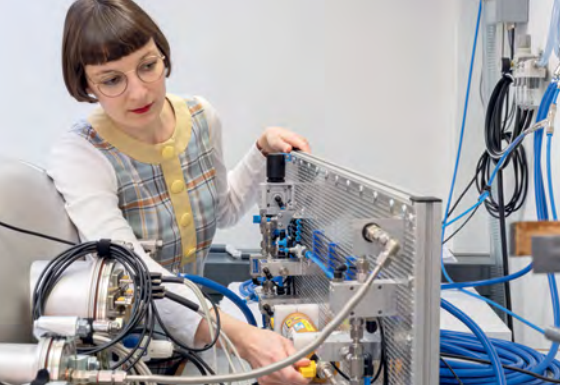
PMU – digitale Wächter der schlauen Netze.
PMU – les gardiens numériques des réseaux intelligents.
PMU – i guardiani digitali delle reti intelligenti.
PMU – digital guardians of the smart grids.

DRUCKEREI: Logos einsetzten

FSC www.fsc.org MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C017879

PERFORMANCE myclimate neutral Drucksache
No. 01-19-544470 – www.myclimate.org
© myclimate – The Climate Protection Partnership

Inhalt / Contenu



Radon messen für die Gesundheit.
Mesurer le radon pour la santé.
Misurare il radon per la salute.
Measuring radon for health.

4 Elektrizität
PMUs – digitale Wächter der schlauen Netze

8/9 Infografik | Infographie

10 Rayon ionisant
Quand le danger est invisible: mesurer le radon pour la santé

14 Lebensmittelsicherheit
Qualitätskontrollen für sichere Lebensmittel dank nationalen Referenzlaboren

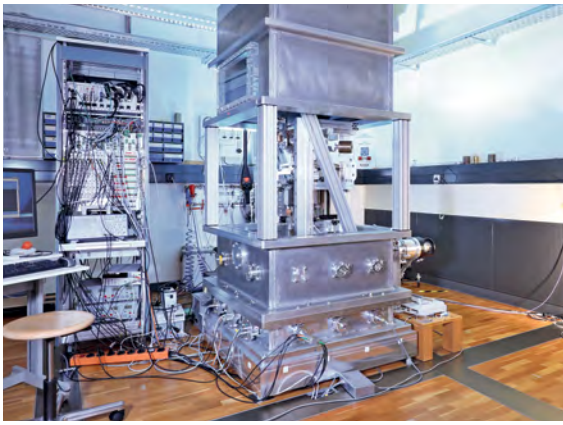
17 Réalisation de la masse
Première réalisation de la masse avec la balance de Kibble de METAS BWMII

22 EPM
Metrologische Forschung im europäischen Umfeld: European Partnership on Metrology

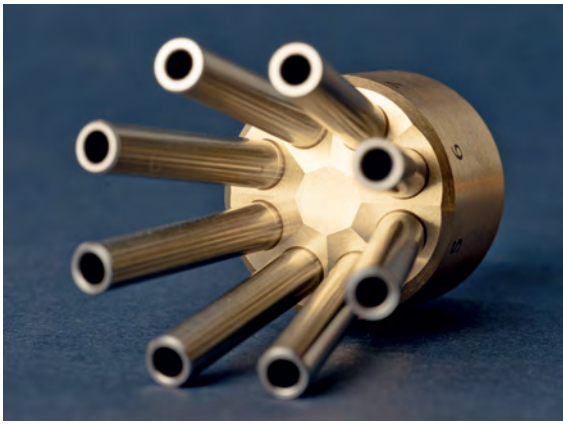
25 Digitalization
A PDF/A-3 solution for digital calibration certificates at METAS

29 Aerosole
Definierte Nanopartikel aus Salz

33 Veranstaltungen | Manifestations
Weiterbildungskurse 2022 | Cours 2022



Erste Realisierung der Masse mit der Kibble-Waage.
Première réalisation de la masse avec la balance de Kibble.
Prima realizzazione della massa con la bilancia di Kibble.
First realization of the mass with the Kibble balance.



Definierte Nanopartikel aus Salz.
Nanoparticules définies provenant du sel.
Nanoparticelle definite dal sale.
Defined nanoparticles from salt.

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser

Die Vision METAS 2025 legt die Richtung fest, in die sich das METAS infolge des sich wandelnden Umfeldes entwickeln soll. Drei Hauptpunkte beschreiben die anvisierte Weiterentwicklung unseres Dienstleistungsportfolios und finden sich in den Beiträgen des aktuellen METInfo wieder.

Erstens wollen wir unsere Identität als nationales Metrologieinstitut bewahren. Dort, wo wir tätig sind, wollen wir zur Weltspitze gehören. Lesen Sie hierzu die aktuellen Informationen über die Wattwaage (oder «Kibble-Balance») des METAS von Ali Eichenberger und Henri Baumann. Die neuesten Resultate der Wattwaage zeigen: Wir gehören zum kleinen Kreis der Metrologieinstitute, die das Kilogramm über die Planck'sche Wirkungskonstante realisieren können. Weltspitze erreicht man nur im regen Austausch und in Zusammenarbeit mit internationalen Partnern, seit 2021 unter anderem im Rahmen der Europäischen Partnerschaft für Metrologie.

Zweitens bauen wir unser Engagement für Metrologie in der Chemie und der Biologie weiter aus. Unser Ziel ist es, dass wir einen massgebenden Beitrag zur Anerkennung und Etablierung metrologischer Prinzipien in diesen Wissenschaftsdisziplinen leisten. Der Artikel über die erneute Designierung als nationales Referenzlabor für Elemente und Stickstoffverbindungen sowie Prozesskontaminanten in Lebensmitteln zeugt von diesem Engagement. Weiter berichtet Kevin Auderset über eine innovative Methode zur Generierung von definierten Modellaerosolen aus Salz.

Drittens investieren wir vermehrt in digitale metrologische Dienstleistungen. Guglielmo Frigo und Marco Agustoni zeigen auf, wie wir unsere Infrastruktur für die Kalibrierung digitaler Wächter intelligenter Stromnetze erweitert haben. Wie das Kalibrierzertifikat der Zukunft aussehen könnte, erklärt Ihnen Federico Grasso Toro. Es ist nicht einfach eine digital signierte Form des klassischen Papierzertifikates, sondern eine digitale Version nach FAIR-Prinzipien mit integrierten (Meta-)Daten.

Ein kurzer Rundgang am METAS mit spontanen Gesprächen hat mir eindrücklich aufgezeigt, dass die Mitarbeitenden die Vision und die beschriebenen Weiterentwicklungen kennen und aktiv mittragen. Ich bin überzeugt, dass auch Sie bei der Lektüre der Fachartikel ihr Engagement für die Metrologie und die Vision METAS 2025 spüren.

Chère lectrice, cher lecteur,

La vision METAS 2025 trace les lignes directrices que l'institut suivra pour s'adapter à un contexte en évolution. Trois points clés décrivent le développement de notre portefeuille de services. On les retrouve dans les articles du numéro actuel de METInfo.

Premièrement, nous souhaitons préserver notre identité d'institut national de métrologie. Nous voulons figurer parmi les leaders mondiaux dans nos domaines d'activité. À ce sujet, lisez les avancées récentes du projet de balance du watt mené par Ali Eichenberger et Henri Baumann. Leurs derniers résultats le prouvent: nous appartenons au cercle restreint des instituts de métrologie capables de définir le kilogramme par le biais de la constante de Planck. Pour nous hisser parmi l'élite mondiale, nous devons intensifier les échanges et les collaborations à l'international. Depuis 2021, nous y parvenons notamment grâce au Partenariat européen pour la métrologie.

Deuxièmement, nous consolidons notre engagement en faveur de la métrologie dans la chimie et la biologie. Notre objectif est de contribuer significativement à la reconnaissance et à l'établissement des principes métrologiques dans ces disciplines scientifiques. L'article sur le renouvellement de notre statut de laboratoire national de référence pour les éléments chimiques ainsi que pour les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) dans les denrées alimentaires reflète cet engagement. Par ailleurs, Kevin Auderset nous fait part d'une méthode innovante pour générer certains aérosols modèles à partir de sel.

Troisièmement, nous investissons davantage dans les services numériques de métrologie. Guglielmo Frigo et Marco Agustoni expliquent comment nous avons élargi notre infrastructure afin de permettre l'étalonnage de moniteurs numériques pour réseaux électriques intelligents. Ensuite, Frederico Grasso Toro imagine à quoi pourrait ressembler le certificat d'étalonnage de demain. Il ne s'agit pas simplement d'une version à signature numérique du certificat papier habituel, mais d'un document numérique conçu dans le respect des principes FAIR qui intègre des (méta)données.

Un bref tour dans les locaux de METAS et quelques échanges spontanés m'ont démontré que les collaboratrices et collaborateurs connaissent notre vision et les lignes directrices et travaillent activement en ce sens. En lisant les articles suivants, je suis convaincu que vous constaterez vous aussi leur engagement en faveur de la métrologie et de la vision METAS 2025.

Cara lettrice, caro lettore

La visione METAS 2025 definisce la direzione in cui il METAS deve svilupparsi in seguito all'evoluzione dell'ambiente. Tre punti principali descrivono l'ulteriore sviluppo mirato del nostro portafoglio di servizi e si ritrovano negli articoli dell'attuale METInfo.

In primo luogo, vogliamo preservare la nostra identità di istituto nazionale di metrologia. Ovunque operiamo, vogliamo essere tra i migliori al mondo. A questo proposito legga le news sulla bilancia di watt di Ali Eichenberger e Henri Baumann. Gli ultimi risultati della bilancia di watt mostrano che apparteniamo alla piccola cerchia di istituti di metrologia che possono realizzare il chilogrammo utilizzando la costante di Planck. La classe mondiale può essere raggiunta solo attraverso lo scambio attivo e la cooperazione con partner internazionali, dal 2021 tra l'altro nel quadro del Partenariato europeo per la metrologia.

In secondo luogo, stiamo espandendo ulteriormente il nostro impegno per la metrologia in chimica e biologia. Il nostro obiettivo è quello di dare un contributo significativo al riconoscimento e all'affermazione dei principi metrologici in queste discipline scientifiche. L'articolo sulla rinnovata designazione come laboratorio nazionale di riferimento per elementi, composti azotati e contaminanti di processo testimonia il nostro impegno. Kevin Auderset riferisce anche di un metodo innovativo per generare aerosol modello definiti di sale

In terzo luogo, stiamo investendo sempre più nei servizi metrologici digitali. Guglielmo Frigo e Marco Agustoni mostrano come abbiamo ampliato la nostra infrastruttura per la taratura delle sentinelle digitali delle reti elettriche intelligenti. Federico Grasso Toro descrive come potrebbe essere il certificato di taratura del futuro. Non si tratta semplicemente di una forma del classico certificato cartaceo con firma digitale, ma di una versione digitale basata sui principi FAIR con (meta)dati integrati.

Una breve visita al METAS con conversazioni spontanee mi ha mostrato in modo impressionante che i collaboratori sono consapevoli della visione e degli ulteriori sviluppi descritti e li sostengono attivamente. Sono convinto che leggendo gli articoli tecnici anche Lei percepirà il loro impegno per la metrologia e la visione METAS 2025.

Dear Reader,

Vision METAS 2025 defines the direction in which METAS should develop as a result of the changing environment. Three main points describe the planned further development of our service portfolio and can be found in the articles of the current edition of METinfo.

Firstly, we want to preserve our identity as the national metrology institute. We want to be among the world's best in all areas in which we operate. In this context, read the watt balance news by Ali Eichenberger and Henri Baumann. The latest results of the watt balance show that we belong to a small circle of metrology institutes which can realise the kilogram from Planck's constant. You can only become a world leader if you have a regular dialogue and cooperate with international partners, since 2021 as part of the European Partnership on Metrology, amongst other things.

Secondly, we are further expanding our commitment to metrology in chemistry and biology. Our goal is to make a significant contribution to the recognition and establishment of metrological principles in these scientific disciplines. The article on redesignation as a national reference laboratory for elements and nitrogen compounds as well as process contaminants in food testifies to this commitment. Furthermore, Kevin Auderset reports on an innovative method for generating defined model aerosols from salt.

Thirdly, we are investing more and more in digital metrological services. Guglielmo Frigo and Marco Agustoni show how we have expanded our infrastructure for the calibration of digital guards of smart electricity grids. Frederico Grasso Toro describes what the calibration certificate of the future might look like. It is not simply a digitally signed form of the traditional paper certificate, but a digital version according to FAIR principles with integrated (meta)data.

A brief tour of METAS including spontaneous discussions helped to demonstrate in an impressive manner that the employees are familiar with the vision and the described developments and actively support them. I am convinced that you too will feel their commitment to metrology and to Vision METAS 2025 when reading the specialist articles.

Dr. Hanspeter Andres
Vizedirektor / Sous-directeur / Vice direttore / Vice-director

Spezielle Messgeräte (PMU) überwachen Konsum und Produktion der Stromversorgung. Diese müssen in den elektrischen Netzen im Einklang stehen, sonst besteht Instabilität.

PMUs – digitale Wächter der schlauen Netze

Im Stromnetz können sich Energieflüsse durch volatile Energie innert kurzer Zeit massiv ändern und Netze überlasten. Um das Risiko eines Stromausfalls zu verringern, wird das Stromnetz oft mit Phasor Measurement Units (PMUs) überwacht. Das METAS kalibriert PMUs schon länger und hat seine Kalibriermöglichkeiten mit einem digitalen PMU-Prototyp erweitert.

Marco Agustoni und Guglielmo Frigo

Ohne Strom meistern wir weder den technologischen Fortschritt, noch finden wir ökologische Alternativen zu fossilen Energien. Ja, ohne Strom würde in unserem Alltag nichts mehr funktionieren. Auch die Schweiz will mit ihrer Energiestrategie 2050 die CO2-Emissionen in den nächsten 30 Jahren auf null reduzieren. Solche Ziele erfordern nicht nur einen grundlegenden Wandel bei der Energieerzeugung, sondern auch bei Verteilung, Speicherung und Überwachung des erzeugten Stroms.

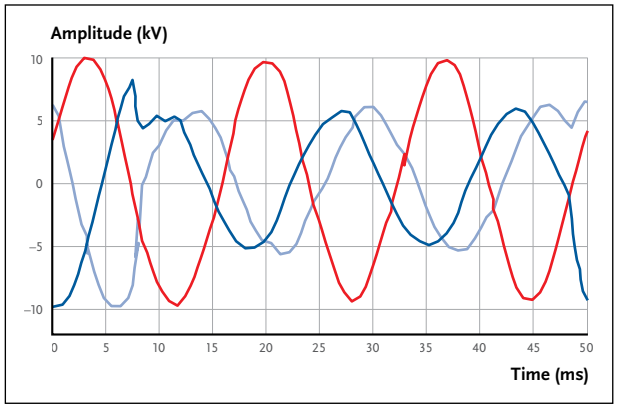
Ein Stromnetz kann nur funktionieren, wenn Produktion und Verbrauch im Gleichgewicht sind. Wird dieser empfindliche Grundsatz verletzt, ändert sich die Frequenz des Wechselstroms. Die 50 Hertz sind dann nicht mehr das Mass aller Dinge. Klaffen Konsum und Produktion weiter auseinander, können Netze dermassen überlastet werden, dass im schlimmsten Fall ein Stromausfall droht. Um dieses Risiko zu verringern, muss das Stromnetz überwacht werden. Das geschieht zunehmend mit Phasor Measurement Units (PMUs).

Steuerung eines komplexeren Stromnetzes

Aus historischen und geografischen Gründen ist das europäische Stromnetz durch eine komplexe Architektur gekennzeichnet. Darin eingebettet befindet sich das Schweizer Netz mit über 40 Verbindungen zu den europäischen Nachbarn. Über dieses Netz wird Strom gehandelt und transportiert. Die traditionellen Stromproduzenten, wie Wasserkraftwerke, Kernkraftwerke und (im Ausland) Kohlekraftwerke, liefern Strom und verteilen ihn an die Kunden. Diese herkömmliche Herstellungsform erlaubt durch die Trägheit ihrer Turbinen eine gewisse Sicherheit.

1: Das Schweizer Elektrizitätsnetz, dargestellt von Swissgrid: komplexe Architektur mit über 40 Verbindungen zu den europäischen Nachbarn.

Erneuerbare Stromversorgungssysteme zeichnen sich hingegen dadurch aus, dass oft kleinere Anlagen (Fotovoltaik, Windräder) dezentral Strom produzieren und ins Netz einspeisen. Damit nimmt die Volatilität zu und verursacht Schwankungen im Netz. Zurückzuführen sind diese auf meteorologische Einflüsse (Windstille, bewölkter Himmel) oder auf technische Faktoren (Oberschwingungen etc.). Diese Dynamik kann zu hohen Verzerrungswerten führen, die auch Überwachungs- und Kontrollsysteme beeinträchtigen können.
Um ein höheres Mass an Kontrolle, Reaktionsfähigkeit und Sicherheit sowie ein besseres Kostenmanagement zu gewährleisten, investieren Elektrizitätswerke in die digitale Infrastruktur. Die Modernisierung schreitet voran, insbesondere bei den Knotenpunkten des Netzes, den Umspannwerken. Dort wo Transformatoren den Wechsel der Netzebenen sicherstel-



2: Beispiel für die Störung eines dreiphasigen Signals aufgrund der Volatilität erneuerbarer Energien.

len, sind die Betreiber schon länger auf funktionierende Verbindungen zwischen den einzelnen Komponenten angewiesen. Damit die Kommunikation zwischen Systemen verschiedener Hersteller reibungslos funktioniert, definiert die IEC-Norm 61850 die Kommunikationsprotokolle und garantiert die Interoperabilität. In diesem Rahmen wird festgelegt, wie die Signale abgetastet und übertragen werden. Dieser Standard wurde so konzipiert, dass sie von technologischen Veränderungen weitgehend unabhängig ist.

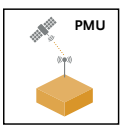
Dieses Beispiel zeigt, wie durch eine gemeinsame Grundlage der Wandel zu den intelligenten Netzen, den Smart Grids, gelingen kann. Generell bedarf es der kommunikativen Vernetzung und Steuerung der gesamten Elektrizitätsversorgung. Dazu werden alle Beteiligten miteinbezogen: Stromerzeuger, Speicher, Verbraucher sowie Betreiber der Energieübertragungs- und -verteilnetze. Um die Koordination sicherzustellen, braucht es somit zunächst mehr und modernere Messgeräte, die in kürzeren Intervallen an mehr Orten mehr Kenngrössen ermitteln. Eines davon sind PMUs.

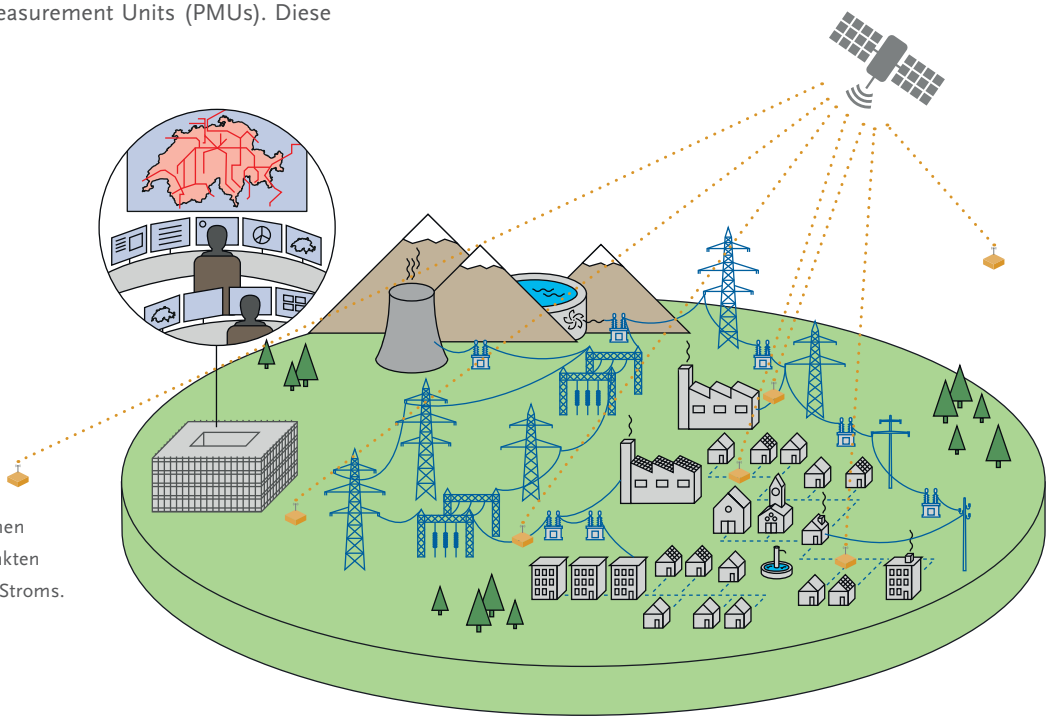
Der METAS-Digital-PMU-Prototyp

Ein bewährtes Werkzeug für die Analyse des Netzzustandes sind sogenannte Phasor Measurement Units (PMUs). Diese Geräte messen typischerweise mit 50 Messwerten pro Sekunde die Phasen und Amplituden von Strom und Spannung. Übermittelt werden Datagramme, in sich geschlossene, unabhängige Dateneinheiten, die zwischen zwei Endpunkten (Peer to Peer) verschickt werden. Nebst der gemeinsamen Kommunikation ist der Zeitstempel, rückführbar auf die internationale Zeitskala UTC, zentral. Durch die hochgenaue Zeitsynchronisierung über GPS lassen sich Messwerte aus verschiedenen, weit voneinander entfernten Unterstationen miteinander vergleichen und Abweichungen, wie Oszillationen, erkennen. An das zuverlässige Funktionieren von digitalen PMUs werden zu Recht hohe Erwartungen gestellt. Das METAS kalibriert seit längerem Messgeräte, die elektrische Energie quantitativ und qualitativ messen. Nun wurde die Infrastruktur erweitert und ein digitaler PMU-Prototyp entwickelt, um die digitalen Wächter der schlauen Netze zu kalibrieren, damit sie weiterhin rechtzeitig und korrekt warnen können.

Kontakt:
Dr. Marco Agustoni
Labor Gleichstrom
und Niederfrequenz
marco.agustoni@metas.ch
+41 58 387 03 29

Dr. Guglielmo Frigo
Labor Elektrische Energie
und Leistung
guglielmo.frigo@metas.ch
+41 58 387 03 07





3: In einem modernen Netz wachen digitale PMUs an den Knotenpunkten über Qualität und Quantität des Stroms.

Ein PMU (Phasor Measurement Unit) ist ein Gerät des Überwachungssystems, das Phasen und Amplituden von Strom und Spannung zu einem bestimmten Zeitpunkt (dem sogenannten Synchrophasor) misst – gemäss der Norm IEC 60255-118-1. In einem traditionellen Umspannwerk arbeiten die PMUs mit analogen Signaleingängen. Digitale PMUs haben mehrere Vorteile, wie ein **standardisiertes Datenformat, das unabhängig vom Messwandler-Typ** eine leichtere Übertragbarkeit in verschiedene Umspannwerke und in verschiedenen Konfigurationen erlaubt.

Andererseits ist die Verarbeitung des digitalen Datenflusses vom Standpunkt der Kommunikation aus herausfordernd. Im IEC-61850-Standardprotokoll werden die Abtastwerte über die Datenverbindungsschicht übertragen: Ohne eine Wiederholungsrichtlinie kann es zu Paketverlusten kommen. Ausserdem sollten die digitalen PMUs mit einem Netzwerkadapter und ausreichenden Rechenkapazitäten ausgestattet sein, um mit einem Datenfluss mit fester Rate umgehen zu können.

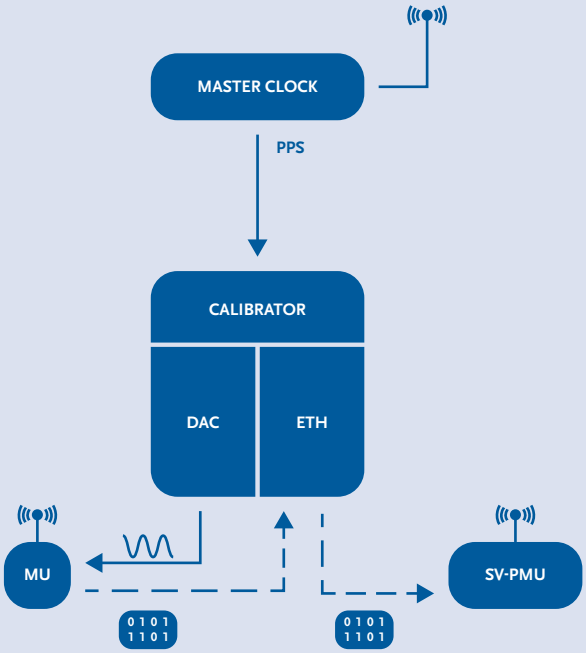
Im Hinblick auf eine vollständige Interoperabilität zwischen digitalen Eingängen und Synchrophasormessungen besteht die grösste Herausforderung jedoch in der Notwendigkeit, **zwei unabhängige Uhren zu synchronisieren.** Einerseits die Uhr der Merging Unit (MU), welche die Stromnetzparameter digitalisiert. Andererseits die Uhr, welche für die Zeitstempelung der PMU-Messungen den Takt angibt.

Die beiden Uhren unterliegen unabhängigen und nicht unbedingt korrelierten Anforderungen, z.B. ist die Rückführbarkeit auf die koordinierte Weltzeit (UTC) für den PMU eine Bedingung. Folglich führt das Auftreten eines Synchronisationsproblems auf der Seite der MU zu einer Unterbrechung des Dienstes und kann auf der PMU-Seite nicht kompensiert oder umgangen werden. Die Synchronisierungsinformationen der MU können durch die Analyse von Ethernet-Paketen, die nach dem in IEEE 1588 beschriebenen Precision Time Protocol (PTP) gesendet werden, ermittelt werden.

Mit dem Ziel, in Zukunft einen **Kalibrierungsdienst für PMUs** mit digitalem Eingang anzubieten, wurde am METAS der erste Prototyp eines Referenzsystems für diese Zwecke entwickelt. Zwei Ethernet-Adapter ermöglichen einen unabhängigen Datenfluss gemäss den Protokollen IEC 61850 und IEEE 1588 sowie die Kommunikation mit dem Host-Computer zur Programmierung.

Ethernet-Pakete werden mit einer eigens vom METAS ad hoc erstellten Library erfasst und analysiert. Die darin enthaltenen Informationen durchlaufen einige typische Amplituden-Frequenz-Phasen-Schätzalgorithmen. Die Ankunftszeit jedes Pakets wird mit dem entsprechenden Zeitstempel verglichen und als Mass für die Übertragungslatenz zwischen MU und Referenz-PMU berücksichtigt.

Die aktuelle Genauigkeit des digitalen PMU-Prototyps wurde anhand von drei Hauptindikatoren geschätzt: Total Vector Error (TVE), Frequency Error (FE) und Rate of Frequency change Error (RFE), die in einem Frequenzbereich von 45 Hz bis 55 Hz gemessen wurden. Die Software benötigt für diese Berechnungen 1,230 ms.



4: Kalibriersystem

Moniteurs numériques pour réseaux intelligents

Sans électricité, pas de progrès technologique ni d'alternatives écologiques aux énergies fossiles. Conformément à sa Stratégie énergétique 2050, la Suisse vise un bilan carbone neutre. Pour atteindre cet objectif, il faut non seulement révolutionner la production d'énergie, mais aussi repenser sa distribution, son stockage et la surveillance du réseau. L'une des caractéristiques de l'électricité renouvelable est qu'elle est souvent produite par de petites installations décentralisées (photovoltaïques, éoliennes), qui l'injectent dans le réseau. Cette volatilité peut entraîner d'importantes variations et surcharger le réseau jusqu'à provoquer une coupure.

Pour contrôler son état, des appareils qui ont fait leurs preuves sont utilisés: des synchrophaseurs ou PMU pour Phasor Measurement Units. Ces dispositifs réalisent en général cinquante mesures par seconde pour analyser les phases et les amplitudes du courant et de la tension. Les PMU transmettent des unités de données indépendantes entre deux terminaux (peer-to-peer). Outre la communication bidirectionnelle, l'horodatage, basé sur l'échelle internationale de temps UTC, joue un rôle clé. La synchronisation temporelle par GPS est extrêmement précise. Elle permet de comparer les mesures entre diverses sous-stations éloignées les unes des autres et de détecter toute variation, par exemple des oscillations.

La fiabilité des PMU numériques suscite, à raison, de grandes attentes. METAS étalonne depuis longtemps des appareils qui mesurent la quantité et la qualité du courant électrique. Nous avons désormais adapté notre infrastructure afin d'étalonner des PMU numériques. Ainsi, ces moniteurs de pointe alertent précisément et rapidement en cas de problème sur les réseaux intelligents.

PMU – sentinelle digitali delle reti intelligenti

Senza elettricità non possiamo né dominare il progresso tecnologico né trovare alternative ecologiche ai combustibili fossili. Con la sua Strategia energetica 2050 anche la Svizzera intende ridurre a zero le emissioni di CO_2. Tali obiettivi richiedono un cambiamento fondamentale non solo nella produzione di energia, ma anche nella distribuzione, nello stoccaggio e nel monitoraggio dell'elettricità generata. I sistemi di approvvigionamento elettrico sempre più rinnovabili sono caratterizzati dal fatto che spesso impianti di piccole dimensioni (fotovoltaici, eolici) producono elettricità in modo decentralizzato e la immettono nella rete. Questa volatilità può causare enormi fluttuazioni e sovraccaricare le reti fino al punto di un blackout.

Le cosiddette Phasor Measurement Units (PMU, unità di misura dei fasori) sono uno strumento collaudato per analizzare lo stato della rete. Di norma questi dispositivi misurano le fasi e le ampiezze della corrente e della tensione a 50 letture al secondo. Le PMU trasmettono unità di dati indipendenti tra due punti finali (peer to peer). Oltre alla comunicazione congiunta, è centrale la validazione temporale, riconducibile alla scala temporale internazionale UTC. La sincronizzazione del tempo ad alta precisione tramite GPS consente di confrontare i valori misurati da diverse sottostazioni molto lontane l'una dall'altra e di rilevare le deviazioni quali le oscillazioni.

Grandi aspettative sono giustamente riposte nel funzionamento affidabile delle PMU digitali. Da molto tempo, il METAS tara strumenti di misurazione che misurano l'energia elettrica in modo quantitativo e qualitativo. Ora è stata ampliata l'infrastruttura per tarare le PMU digitali. Affinché le sentinelle digitali delle reti intelligenti allertino correttamente e in tempo.

PMUs – digital guards of smart networks

Without electricity, we neither master technological progress nor find ecological alternatives to fossil energy sources. With its Energy Strategy 2050, Switzerland also wants to reduce CO_2 emissions to zero. Such targets require not only a fundamental change in energy production, but also in the distribution, storage and monitoring of the electricity generated. The increasingly renewable power supply systems are characterised by the fact that often smaller plants (photovoltaics and wind turbines) produce decentralised electricity and feed it into the grid. This volatility can cause massive fluctuations and overload the grids to the extent that a blackout might occur.

A tried and tested tool for the analysis of the grid condition are phasor measurement units (PMUs). These devices typically measure the phases and amplitudes of current and voltage at 50 readings per second. PMUs transfer independent data units between two end points (peer to peer). In addition to joint communication, the time stamp, traceable to the international UTC timescale, is of key importance. The highly accurate time synchronisation via GPS allows measurements from different, far apart substations to be compared and deviations, such as oscillations, to be detected.

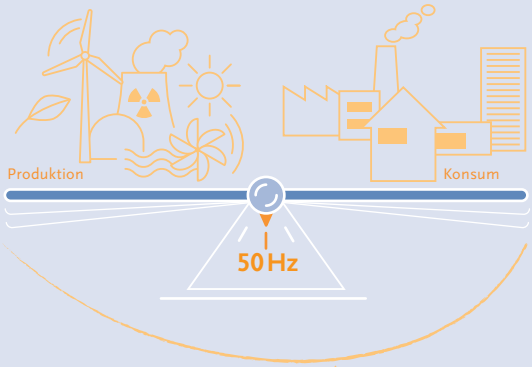
High expectations are rightly placed on the reliable functioning of digital PMUs. For a long time, METAS has been calibrating measuring devices that measure electrical energy quantitatively and qualitatively. Now the infrastructure has been expanded to calibrate digital PMUs. This is to ensure that the digital guards of the smart networks raise the alarm correctly and in good time.

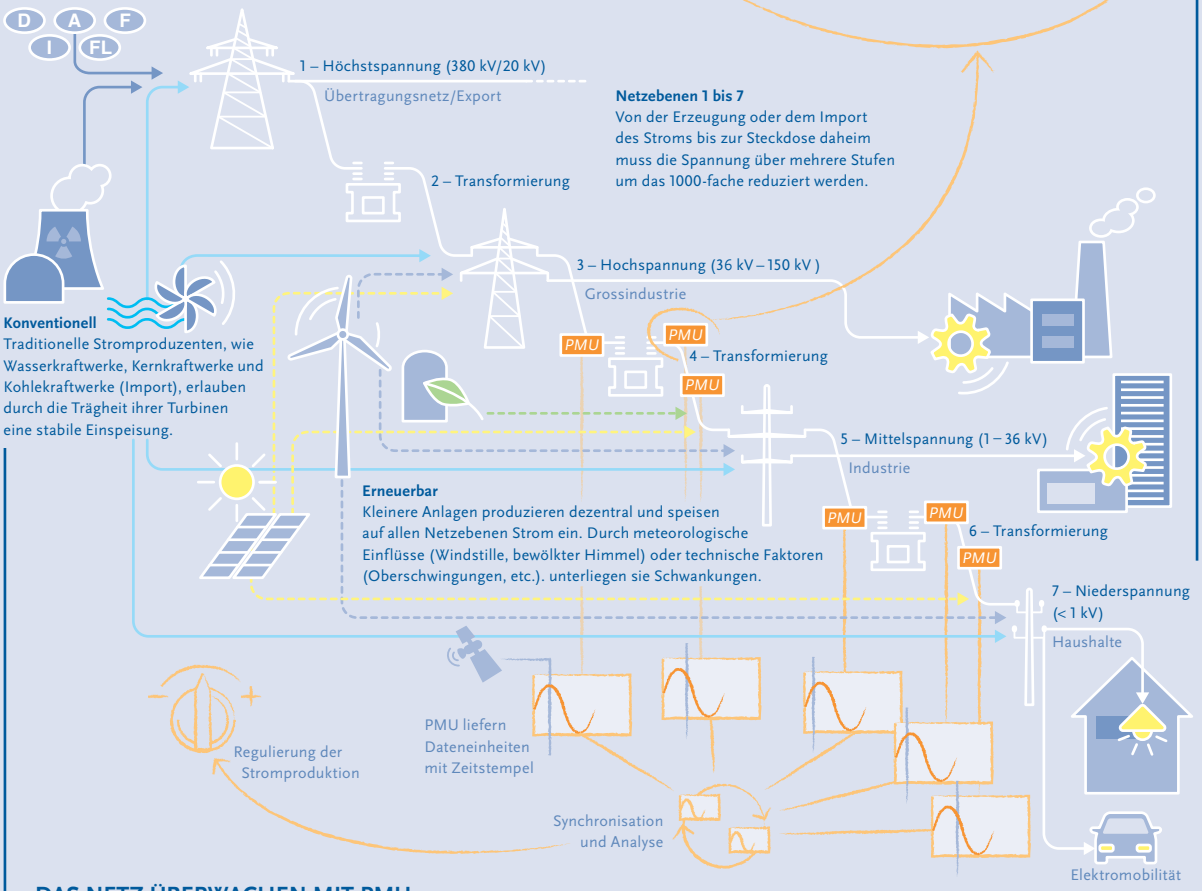
PMU – Pulsmesser der Stromnetze

GLEICHGEWICHT BEI 50 HERTZ

Das Elektrizitätsnetz (EN) ist historisch gewachsen. Zuerst wurden Fabriken und Dörfer miteinander verbunden, später Regionen und Länder. Heute ist das CH-EN mit 41 Berührungspunkten zu den Nachbarn Teil des Europäischen EN, das sich über den ganzen Kontinent spannt. Dabei spielt es keine Rolle, wo der Strom produziert oder verbraucht wird. Hauptsache, Produktion und Konsum liegen im Gleichgewicht.

Angebot und Nachfrage müssen genau ausbalanciert sein. Um technologisch bedingte Schwankungen zu erkennen, die Stabilität zu gewährleisten oder gar einen Blackout zu verhindern, setzt man heute auf eine Messtechnologie, die das EN engmaschig überwacht.





Netzebenen 1 bis 7
Von der Erzeugung oder dem Import des Stroms bis zur Steckdose daheim muss die Spannung über mehrere Stufen um das 1000-fache reduziert werden.

Konventionell
Traditionelle Stromproduzenten, wie Wasserkraftwerke, Kernkraftwerke und Kohlekraftwerke (Import), erlauben durch die Trägheit ihrer Turbinen eine stabile Einspeisung.

Erneuerbar
Kleinere Anlagen produzieren dezentral und speisen auf allen Netzebenen Strom ein. Durch meteorologische Einflüsse (Windstille, bewölkter Himmel) oder technische Faktoren (Oberschwingungen, etc.). unterliegen sie Schwankungen.

DAS NETZ ÜBERWACHEN MIT PMU

Für die Analyse des EN bzw. zur Überwachung der Netzdynamik werden vermehrt sogenannte Phasor Measurment Units (PMUs) eingesetzt. Diese Geräte messen typischerweise 50 Mal pro Sekunde die Phasen und Amplituden von Strom und Spannung.

Übermittelt werden in sich geschlossene, unabhängige Dateneinheiten, die zwischen zwei Endpunkten (Peer to Peer) verschickt werden. Durch die hochgenaue Zeitsynchronisierung über GPS lassen sich Messwerte aus verschiedenen, weit voneinander entfernten Unterstationen miteinander verglichen und Abweichungen erkennen.

An das zuverlässige Funktionieren von digitalen PMU werden hohe Erwartungen gestellt. Das METAS kalibriert seit längerem Messgeräte, die elektrische Energie quantitativ und qualitativ messen. Nun wurde die Infrastruktur erweitert und ein digitaler PMU-Prototyp entwickelt, um die digitalen Wächter der schlauen Netze zu kalibrieren, damit sie weiterhin rechtzeitig und korrekt warnen können.

Elektrizitätszähler
5,2 Mio. Elektrizitätszähler in Haushalt, Gewerbe und Leichtindustrie werden in der Schweiz durch ein statistisches Prüfverfahren geprüft. Im Jahr 2020 haben die 19 vom METAS ermächtigten Eichstellen für Elektrizitätszähler 1 162 162 Zähler statistisch überprüft.

Ladesäulen
Die Nachfrage nach Elektroautos hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Aus metrologischer Sicht müssen auch die Zähler, an denen Elektrofahrzeuge geladen werden, stimmen und fairen Handel ermöglichen.

Bahnstromzähler
Die Trennung der Eisenbahnsysteme in Netze und Betreiber führte zur Einführung von Stromzählern an Bord der Züge. Aufbauend auf seiner langjährigen Erfahrung mit der Zertizierung von Stromzähler kann das METAS die Konformitätsprüfung von Zählern im Eisenbahnbereich durchführen.

www.metas.ch

Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS

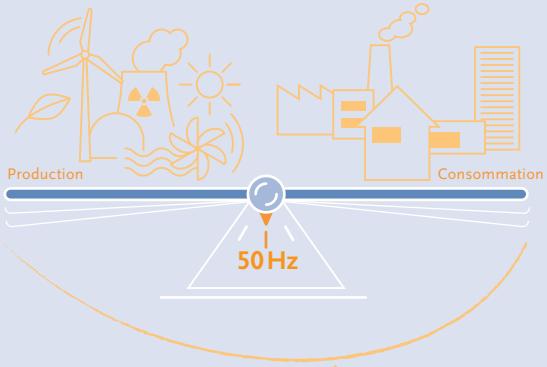
Illustration: Nadja Stadelmann

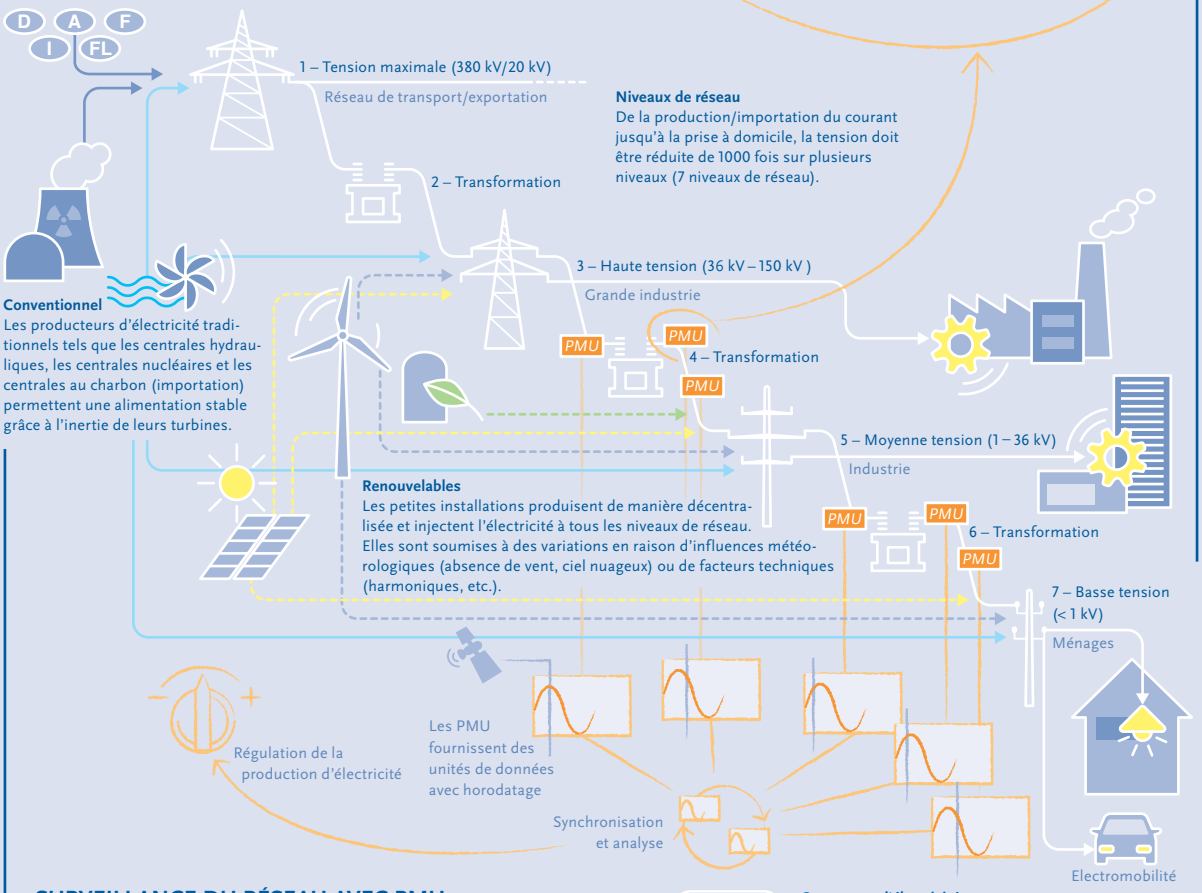
PMU – Pulsomètre des réseaux électriques

L'ÉQUILIBRE À 50 HERTZ

Le réseau électrique (RE) a connu une croissance historique. Les usines et les villages ont d'abord été reliés, puis les régions et les pays. Aujourd'hui, le RE-CH, avec ses points de contact avec ses voisins, fait partie du RE européen, qui s'étend sur tout le continent. L'endroit où l'électricité est produite ou consommée n'a pas d'importance. L'essentiel est que la production et la consommation soient équilibrées.

L'offre et la demande doivent être parfaitement en adéquation. Pour détecter les variations d'origine technologique (énergies renouvelables), garantir la stabilité ou même empêcher un blackout, on mise aujourd'hui sur une technologie de mesure qui surveille étroitement le RE.





SURVEILLANCE DU RÉSEAU AVEC PMU

Les Phasor Measurement Units (PMU) ou synchrophaseurs sont de plus en plus souvent utilisées pour l'analyse du RE et la surveillance de la dynamique du réseau. Ces appareils mesurent généralement les phases et les amplitudes du courant et de la tension 50 fois par seconde.

Ils transmettent des unités de données indépendantes et fermées qui sont envoyées entre deux extrémités (peer to peer). La synchronisation temporelle très précise par GPS permet de comparer les valeurs mesurées par différentes sous-stations éloignées les unes des autres et de détecter les écarts.

Le fonctionnement fiable des PMU numériques est soumis à des attentes élevées. METAS étalonne depuis longtemps des appareils qui mesurent la quantité et la qualité de l'énergie électrique. L'infrastructure a maintenant été étendue et un prototype de PMU numérique a été développé pour étalonner les gardes numériques des réseaux intelligents afin qu'ils puissent continuer à avertir correctement et à temps.

Compteurs d'électricité
5,2 millions de compteurs d'électricité dans les ménages, l'artisanat et l'industrie légère font l'objet d'un contrôle statistique. En 2020, les 19 laboratoires de vérification des compteurs d'électricité habilités par METAS ont contrôlé statistiquement 1 162 162 compteurs.

Colonnes de recharge
La demande de voitures électriques a fortement augmenté ces dernières années. Du point de vue métrologique, les compteurs sur lesquels les véhicules électriques sont chargés doivent aussi être corrects et permettre un commerce équitable.

Compteurs de courant de traction
La séparation des systèmes ferroviaires en réseaux et opérateurs a conduit à l'introduction de compteurs d'électricité à bord des trains. Fort de sa longue expérience dans la certification des compteurs d'électricité, METAS est en mesure de procéder à l'examen de conformité des compteurs dans le domaine ferroviaire.

www.metas.ch

Institut fédéral de métrologie METAS

Illustration: Nadja Stadelmann

Quand le danger est invisible: mesurer le radon pour la santé

Lorsque l'on parle des dangers de la radioactivité, on pense généralement aux bombes atomiques ou aux centrales nucléaires. Mais il existe un autre danger pour notre santé, bien qu'il ne soit pas explosif et ne présente pas une menace directe à court terme: le radon. Ce gas radioactif présent naturellement dans l'air est la deuxième cause de cancer du poumon en Suisse.

Lucie Maret

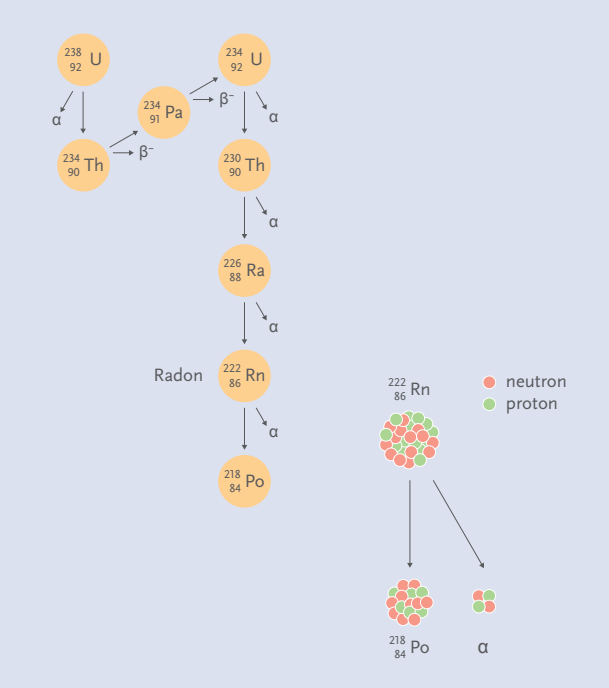
Le radon est un gaz noble radioactif, produit par la chaîne de désintégration de l'uranium (fig. 1) qui se trouve dans les roches. Il est donc naturellement produit dans les sols. Suite à des effets géologiques, il remonte à la surface, jusque dans l'air que nous respirons. Sa présence naturelle n'est pas nocive pour la santé, notre corps étant capable de supporter une certaine dose de radioactivité. Néanmoins, il peut s'infiltrer et s'accumuler dans certains locaux fermés. C'est le cas notamment des caves, qui sont en contact direct avec le sous-sol et souvent difficiles à aérer. Alors, si on y est exposé régulièrement, le risque pour notre santé devient plus grand.
Si le radon est trop abondant dans une pièce dans laquelle des personnes passent du temps, il est possible, et même important, de réaliser des travaux d'assainissement. Il est essentiel de pouvoir mesurer le radon dans l'air, afin de déterminer si des mesures sont nécessaires. Différentes techniques sont possibles: mettre en place un système d'aération des pièces, drainer le radon directement du sous-sol vers l'extérieur, ou alors rendre les pièces étanches au sous-sol. La méthode adéquate est choisie en fonction du terrain et de la construction du bâtiment.

Le radon en Suisse

La quantité de radon naturelle varie beaucoup d'un endroit géographique à un autre, en fonction de la concentration d'uranium dans le sol et des caractéristiques géologiques. En Suisse, les régions montagneuses sont propices à de plus fortes concentrations de radon. Dans le massif des Alpes, la concentration de radon élevée est due à la présence d'uranium dans le granit. Dans l'Arc jurassien, c'est la structure des roches calcaires qui favorise l'émission du radon vers la surface. Le calcaire est pauvre en uranium, néanmoins, la porosité karstique permet au radon accumulé sous terre de circuler facilement vers l'extérieur. Il y a donc dans ces régions une forte probabilité de dépassement du seuil de radon dans les bâtiments, comme on peut le voir sur la carte de la figure 5.

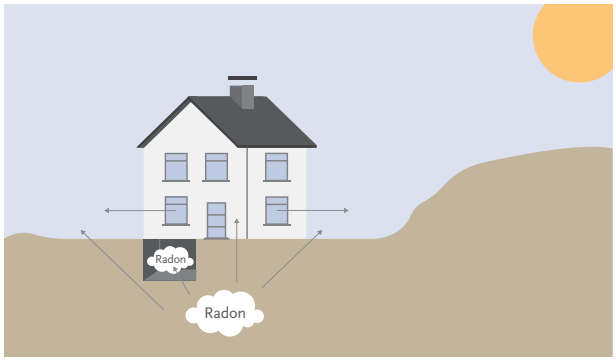
Comment mesurer le radon

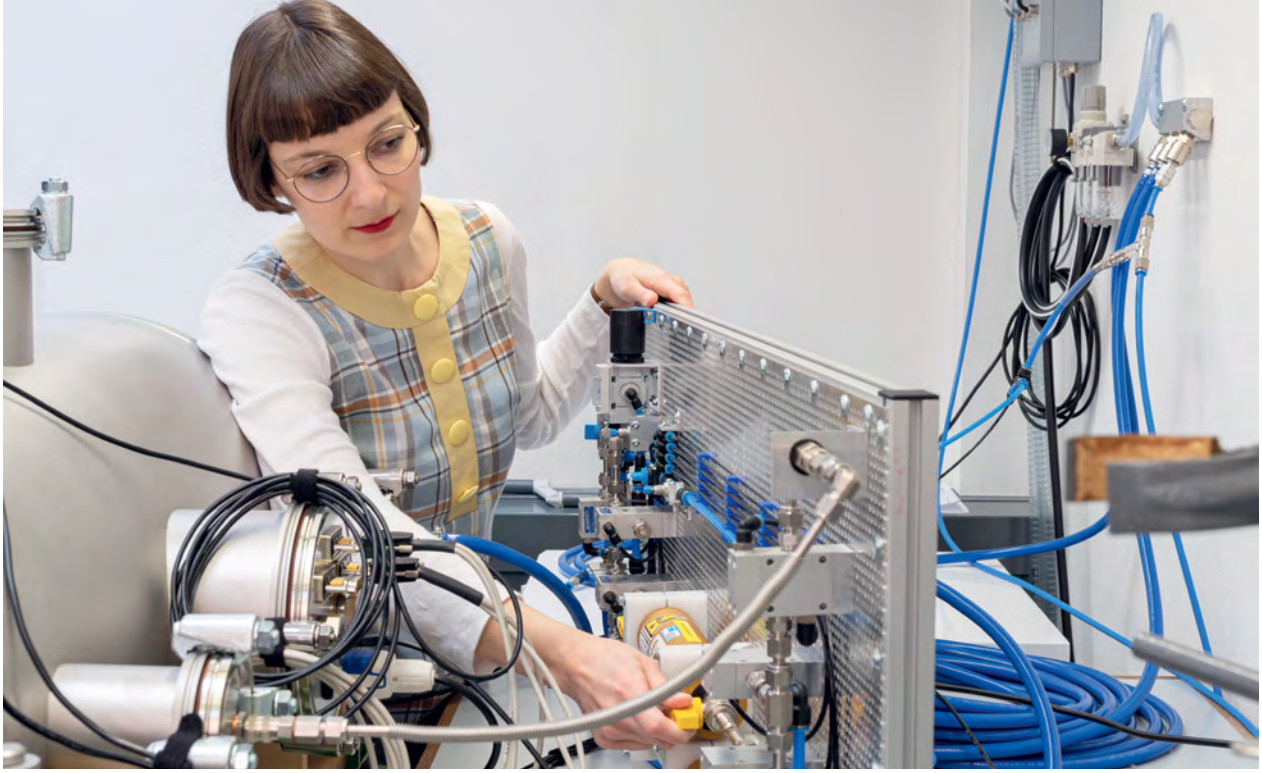
Lorsqu'une particule de radon se désintègre, elle émet une particule α (fig. 1) que l'on peut détecter. Un instrument de mesure de radon compte le nombre de désintégrations radioactives. Le résultat est donné en Bécquerel (Bq), une unité qui correspond au nombre de désintégrations par seconde. Pour le radon, on mesure la concentration de son activité dans l'air, autrement dit le nombre de désintégrations par unité de



1 (à gauche): Représentation schématique de la chaîne de désintégration de l'uranium. La période de demi-vie du radium Ra-226 est d'environ 1600 années; le radon Rn-222, quant à lui, a une demi-vie de 3,8 jours.

2 (au-dessous): Le radon, gas radioactif produit dans les roches, remonte à la surface et s'infiltre dans les bâtiments. Une bonne aération permet de l'évacuer, afin qu'il ne s'accumule pas dans les pièces où séjournent des personnes. Le risque d'avoir une forte concentration de radon dans les caves est plus élevé.





3: Radon: ce gaz noble est radioactif et la deuxième cause de cancer du poumon en Suisse.

volume [Bq/m^3], à l'aide de détecteurs soit actifs, soit passifs. Dans le premier cas, un appareil indique de manière quasi instantanée la concentration de radon dans l'air environnant. On mesure le rayonnement ionisant grâce à une chambre à ionisation ou une cellule de Lucas. Dans le second cas, un dosimètre passif est placé plusieurs semaines dans une pièce ou porté par une personne exposée professionnellement à des radiations. Ensuite, le film sensible au rayonnement α contenu dans le boîtier en plastique est analysé en laboratoire afin d'en extraire le nombre de radiations auxquelles il a été exposé. En Suisse, le seuil de concentration de radon est fixé à 300 Bq/m^3 en moyenne par année pour des pièces dans lesquelles séjournent régulièrement des personnes plusieurs heures par jour. Au-delà de cette valeur, un assainissement doit être prévu.

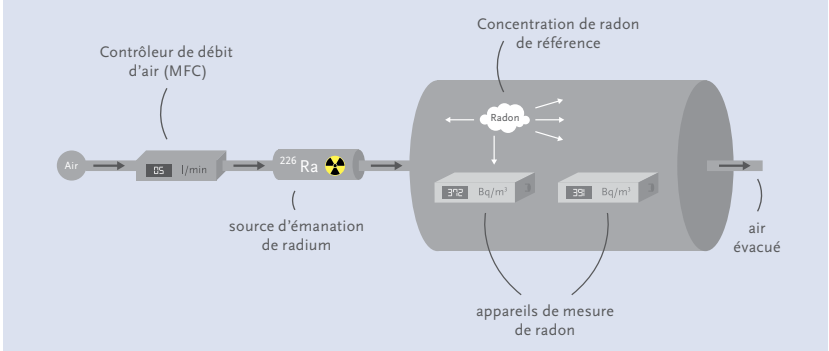
Mesurer le radon à METAS

Afin d'assurer la fiabilité des mesures de radon, les appareils utilisés pour des mesures légales sont soumis à des vérifications régulières. Ainsi, le bon fonctionnement de ces instruments est régulièrement testé à METAS.

La place de mesure de radon comprend un système dans lequel il est possible de générer une atmosphère de radon d'une concentration de valeur choisie entre 0,25 kBq/m^3 et 200 kBq/m^3. Le radon provient d'une source d'émanation au radium. Le radium, sous forme solide, émet du radon en se désintégrant. Un circuit d'air permet de faire passer de l'air dans le cylindre contenant du radium (fig. 4). L'air, chargé en radon, circule ensuite dans le volume de mesure, puis est évacué. L'air circule à un débit constant et, en fonction de ce débit, la concentration en radon dans ce volume sera plus ou moins élevée. Après un temps de stabilisation, la concentration de l'activité de radon dans la chambre est extrêmement stable dans le temps, ce qui permet de prendre des mesures précises sur des durées de plusieurs heures ou jours.

Des mesures traçables

Une valeur théorique de la concentration d'activité du radon peut ainsi être calculée en fonction du débit d'air, de l'activité des sources d'émanation et du volume de mesure. Des *Mass Flow Controllers* régulent le flux d'air de manière très précise et stable. Ces instruments sont étalonnés au Laboratoire de Débit et Hydrométrie de METAS. Ce laboratoire a de plus effectué une mesure précise et traçable du volume de la chambre à radon. Les sources de radium proviennent de l'Institut de Métrologie de République Tchèque (CMI [2]) et leur activité est traçable aux étalons primaires de mesure de l'activité Ra-226 du CMI. C'est pourquoi la concentration calculée est une valeur de référence traçable métrologiquement.



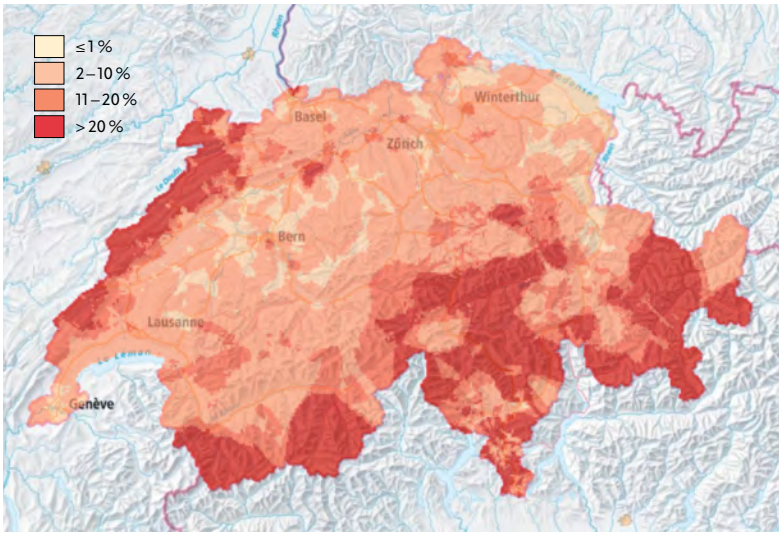
4: Représentation schématique de la place de mesure, avec son circuit d'air et la chambre de mesure dans laquelle est générée l'atmosphère de référence de radon.

Lors d'une mesure, les instruments de mesure sont placés dans la chambre à radon pendant que des concentrations de radon sont générées successivement. Après avoir extrait les valeurs mesurées par les détecteurs, ces dernières peuvent être comparées aux concentrations de références calculées. Cette méthode permet d'effectuer des vérifications et des étalonnages d'appareils de mesure de radon actifs, mais aussi des mesures d'intercomparaison de dosimètres passifs.

De 2017 à 2020, METAS a participé à 16ENV10 MetroRADON, un projet du recherche dans le cadre du Programme européen de recherche et développement en métrologie EMPIR (European Metrology Programme for Inovation and Research). Actuellement, un projet de recherche en collaboration avec la SUVA est en cours.

Conclusion et perspectives

L'impact du radon sur la santé publique est un sujet récent et encore relativement méconnu de la population. À ce jour, les méthodes et les instruments de mesure du radon sont variés et fournissent des résultats plus ou moins pertinents selon les protocoles utilisés. Il est donc essentiel de continuer à progresser dans ce domaine, afin d'augmenter la fiabilité des mesures et notre connaissance du sujet. En 2020, le Conseil Fédéral a approuvé le Plan d'action sur le radon 2021-2030 [3]. Ce plan permet de poursuivre la stratégie de protection de la population suisse contre le radon. Et depuis 2019, la place de mesure du radon de METAS offre à ses clients un service de qualité de vérification et d'étalonnage des détecteurs de radon.



5: Carte montrant la probabilité de dépassement de la valeur de référence en %. Source: Office fédéral de la santé publique, 2018 [1].

References

[1] https://www.bag.admin.ch
[2] Czech Metrology Institute: www.cmi.cz
[3] https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/strategie-und-politik/politische-auftraege-und-aktionsplaene/radonaktionsplan.html

Contact:
Dr. Lucie Maret
Collaboratrice scientifique
Laboratoire de rayonnement ionisant
lucie.maret@metas.ch
+41 58 387 05 66

Wenn die Gefahr unsichtbar ist: Radon für die Gesundheit messen

Wenn man von den Gefahren der Radioaktivität spricht, denkt man meist an Atombomben oder Atomkraftwerke. Doch es gibt noch eine weitere radioaktive Gefahr für unsere Gesundheit: Radon. Dieses natürlich vorkommende radioaktive Edelgas ist die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs in der Schweiz. Die Menge an natürlichem Radon variiert von einem geografischen Ort zum anderen und hängt von der Urankonzentration im Boden und den geologischen Gegebenheiten ab.

Die natürlich vorkommende Radonkonzentration ist nicht per se gesundheitsschädlich. Dennoch kann Radon über den Boden in Keller eindringen und sich ansammeln. Es ist deshalb von entscheidender Bedeutung, Radon in der Luft messen zu können, um festzustellen, ob Massnahmen erforderlich sind. Um die Zuverlässigkeit der Radonmessungen zu gewährleisten, werden die Geräte, die für gesetzlich vorgeschriebene Messungen verwendet werden, regelmässig überprüft. Bei einer Messung werden die Messgeräte in der Radonkammer platziert, während nacheinander verschiedene Radonkonzentrationen erzeugt werden.

Mit dieser Methode können Eichungen und Kalibrierungen von aktiven Radonmessgeräten, aber auch Vergleichsmessungen von passiven Dosimetern durchgeführt werden. Seit dem Jahre 2019 bietet das METAS mit dem Radonmessplatz seinen Kunden einen hochwertigen Service zur Überprüfung und Kalibrierung von Radondetektoren und beteiligt sich am EMPIR-Forschungsprojekt MetroRADON. Aktuell läuft ein Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der SUVA.

Quando il pericolo è invisibile: misurare il radon per la salute

Quando si parla dei pericoli della radioattività, si pensa solitamente alle bombe atomiche o alle centrali nucleari. Ma c'è un altro pericolo radioattivo per la nostra salute: il radon. Questo gas nobile radioattivo presente in natura è la seconda causa più comune di cancro ai polmoni in Svizzera. La quantità di radon naturale varia da una posizione geografica all'altra e dipende dalla concentrazione di uranio nel suolo e dalle condizioni geologiche.

La concentrazione di radon presente in natura non è di per sé dannosa per la salute. Tuttavia, il radon può entrare negli scantinati attraverso il suolo e accumularsi lì. È quindi di fondamentale importanza poter misurare il radon nell'aria per determinare se è necessario adottare misure. Per garantire l'affidabilità delle misurazioni del radon, i dispositivi utilizzati per le misurazioni prescritte dalla legge vengono controllati regolarmente. Durante una misurazione, gli strumenti di misurazione sono collocati nella camera del radon mentre vengono generate diverse concentrazioni di radon una dopo l'altra.

Questo metodo può essere utilizzato per eseguire verificazioni e tarature di strumenti attivi di misurazione del radon, ma anche per misurazioni comparative di dosimetri passivi. Dal 2019 il METAS offre ai propri clienti un servizio di alta qualità per il controllo e la taratura di rivelatori di radon con la stazione di misurazione del radon e partecipa al progetto di ricerca MetroRADON dell'EMPIR. Attualmente è in corso un progetto di ricerca in collaborazione con la SUVA.

When an invisible danger exists: measure radon levels for good health

When you talk about the dangers of radioactivity, you usually think of atomic bombs or nuclear power stations. However, there is another radioactive threat to our health: radon. This naturally occurring radioactive noble gas is the second most common cause of lung cancer in Switzerland. The amount of natural radon varies from one geographical location to another and depends on the concentration of uranium in the soil and geological conditions.

The naturally occurring concentrations of radon are not inherently harmful to health. However, radon can enter basements and accumulate there via the ground. It is therefore essential to be able to measure radon concentrations in the air, in order to determine whether measures are necessary. In order to ensure the reliability of radon measurements, the devices used for legally prescribed measurements are regularly checked. During a measurement, the measuring instruments are placed in the radon chamber, while different radon concentrations are generated in succession.

This method can be used to perform verifications and calibrations of active radon measuring devices, as well as reference measurements for passive dosimeters. Since 2019, METAS has been offering its customers a high-quality service for the testing and calibration of radon detectors with the radon measuring site and has been participating in the EMPIR research project MetroRADON. A research project is currently underway in cooperation with the Swiss National Accident Insurance Fund (SUVA).

Qualitätskontrollen für sichere Lebensmittel dank nationalen Referenzlaboren

Lebensmittel werden auf verschiedenen Stufen mit verlässlichen Analysen überwacht. Auf nationaler Ebene ist das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) zuständig. Es hat das METAS bereits 2018 für zwei nationale Referenzlabore (NRL) designiert und nun diesen Auftrag ausgeweitet auf chemische Elemente und Stickstoffverbindungen sowie für Prozesskontaminanten in Lebensmitteln.

David Lehmann

Was bei uns auf dem Teller landet, kann bedenkenlos verzehrt werden. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass Lebensmittel weltweit eine der häufigsten Quellen für schwere Erkrankungen sind – von Durchfall bis hin zu Krebs. Geschätzte 600 Millionen Menschen erkranken jährlich an kontaminierter Nahrung. Eine ganze Armada von unterschiedlichsten Stoffen und Organismen kann unseren Appetit verderben und Nahrung ungeniessbar machen. Dass wir bedenkenlos in ein Brötchen beissen können, ist deshalb nicht selbstverständlich. Vom Bauernhof zur Mühle zur Bäckerei: Unternehmen produzieren, verarbeiten und transportieren täglich riesige Mengen an Lebensmitteln. Die Zulieferketten der Nahrungsmittelindustrie überqueren dabei oft viele Landesgrenzen. Der Konsument erwartet gleichwohl, dass die Sicherheit der Lebensmittel jederzeit gewährleistet bleibt. Dazu braucht es spezialisiertes Wissen, entsprechende Infrastruktur und vergleichbare Analysenresultate.

Aufgaben vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen

In der Schweiz ist das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) für die Lebensmittelsicherheit zuständig. Das BLV betreibt selber biologische und chemische Labore am Campus Liebefeld in Bern. 16 wissenschaftlich-technische Mitarbeitende erarbeiten für die Schweiz repräsentative, unparteiische, unabhängige und zuverlässige wissenschaftliche Daten zur Lebensmittelsicherheit (Lebensmittel- und Bio-Monitoring) sowie zur Ernährung. Weiter arbeiten sie vorausschauend an Projekten zu aufkommenden Lebensmittelrisiken und betreiben zwei nationale Referenzlaboratorien auf dem Gebiet der Biotechnologie.

Seit 2018 arbeitet das METAS mit den Laboren des BLV aktiv in Projekten und der Ausbildung von Chemielaboranten/-innen zusammen und tauscht sich regelmässig auf strategischer Ebene aus. Das METAS betreibt für das BLV die nationalen Referenzlabore für chemische Elemente sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Lebensmitteln (siehe Kasten). Diese beiden nationalen Referenzlabore werden nun mit ausgebautem Umfang weitergeführt. Das BLV hat das METAS für die Jahre 2022 bis 2026 als nationales Referenzlabor für chemische Elemente und Stickstoffverbindungen in Lebensmitteln sowie für Prozesskontaminanten in Lebensmitteln designiert.

Schwerpunkt Biologie und Chemie

Nationale Referenzlabore (NRL) funktionieren als Schaltstellen zwischen den mit den amtlichen Kontrollen beauftragten kantonalen Laboratorien und den europäischen Referenzlaboratorien. Sie stellen sicher, dass die Tätigkeiten abgestimmt werden. Sie koordinieren Entwicklung und Implementierung von Methoden, leiten Informationen weiter, berücksichtigen die Forschung und leisten der zuständigen Behörde wissenschaftliche und technische Unterstützung.

Gisela Umbricht, Leiterin des Labors chemische und biologische Referenzen, ergänzt: «Das METAS forscht und entwickelt für Kontrollorgane schon seit jeher Normen und Referenzen. Schliesslich ist das METAS das Kompetenzzentrum des Bundes für alle Fragen des Messens. Konkret beinhalten seine Aufgaben die Einheitenrealisierung und deren Weitergabe, die internationale Zusammenarbeit, Forschung und Entwicklung, Beratung im Bereich des Messwesens sowie die Ausübung der vom Bund übertragenen Aufgaben. Mit der Vision METAS 2025 setzt es einen Schwerpunkt in der Biologie und der Chemie und erweitert entsprechend seine Tätigkeiten. Aus diesem Grund ergänzen sich das METAS und das BLV und es ergeben sich aus dieser Zusammenarbeit offensichtliche Synergien.»

Für die Schweizer Nahrungsmittelindustrie und die (Fach-) Hochschulen will das METAS Ansprechpartner sein und seine Kernkompetenzen, auch mit Kursen, weitergeben. Dazu zählen insbesondre die Bewertung der Messunsicherheit (MU), die Erstellung von MU-Bilanzen und die Validierung von Methoden und Kalibrierverfahren. Damit wir auch morgen sorgenfrei beim Essen zugreifen können.

Kontakt:
Dr. Gisela Umbricht
Laborleiterin chemische
und biologische Referenzen
gisela.umbricht@metas.ch
+41 58 387 05 81

Woher die Kontaminationen stammen können

Kontaminanten

Kontaminanten (lateinisch contaminare: «besudeln») sind Stoffe, die unabsichtlich in Lebens- oder Futtermittel gelangen. Sie sind ein Risiko für die Gesundheit von Mensch und Tier. Solche Stoffe können während des Herstellungsprozesses bei der Gewinnung, Verarbeitung, Lagerung oder Verpackung in die Lebensmittel gelangen oder entstehen. Stoffe, die einem Zulassungsprozess unterstellt sind (beispielsweise Pflanzenschutzmittel und Tierarzneimittel) sind in der Regel von dieser Kategorie ausgenommen [BLV]. Die biologische Kontamination (Pilze, Bakterien, Viren) steht hier nicht im Fokus, ist jedoch ebenso vielfältig wie problematisch.

PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Es handelt sich um Kohlenwasserstoffe mit mindestens zwei verbundenen aromatischen Ringsystemen. Sie können bei der Verarbeitung von Lebensmitteln, etwa beim Räuchern, entstehen oder auch unabsichtlich in die Lebensmittel gelangen, z.B. aus Mineralölen. Als besonders gefährlich gilt Benzo(a)pyren, das beim Menschen Krebs verursacht und als erbgutverändernd und fortpflanzungsschädigend angesehen wird.

Toxische Elemente

Dabei handelt es sich vorwiegend um Metalle. Einige sind als Spurenelemente lebensnotwendig, andere sind bereits in kleinen Mengen giftig. Als gefährlich und giftig werden vor allem Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber angesehen. Sie können von Pflanzen und Tieren aus der Umwelt (durch Boden-, Wasser- und Luftverschmutzung aufgrund industrieller Aktivitäten oder durch Anwendung von Düngemitteln) akkumuliert werden und in Lebensmittel gelangen.

Stickstoffverbindungen

Beispielsweise Nitrat gelangt im Rahmen des Stickstoffkreislaufs durch mikrobiellen Abbau von organischen, stickstoffhaltigen Verbindungen sowie durch Mineraldünger in die Nahrungskette (Grund-, Trinkwasser, Boden, Pflanzen).

Prozesskontaminanten

Als Prozesskontaminanten werden Substanzen bezeichnet, die sich in Lebensmitteln bilden, wenn diese während der Verarbeitung chemischen Veränderungen unterliegen. Prozesse in der Lebensmittelindustrie und die daraus entstehenden Verbindungen sind extrem vielfältig. Drei typische Beispiele von Prozesskontaminaten:

Glycidyl-Fettsäureester: Raffination von Pflanzenölen, z.B. Margarine bei hohen Temperaturen.

Furane: Wärmebehandlung von Lebensmitteln wie Kaffee.

Acrylamid: Erhitzen von kohlehydratreichen Lebensmitteln wie Kartoffelchips.

Contrôles de la qualité: sécurité alimentaire grâce aux laboratoires nationaux de référence

En Suisse, nous pouvons manger sans crainte le contenu de nos assiettes. À l'échelle mondiale, la nourriture figure cependant parmi les sources de maladies graves les plus fréquentes, qu'il s'agisse d'une diarrhée ou d'un cancer. On estime que 600 millions de personnes tombent malades chaque année à cause d'aliments contaminés.

Les denrées alimentaires font donc l'objet d'analyses fiables à diverses étapes. En Suisse, cette responsabilité incombe à l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV). Il a nommé METAS laboratoire national de référence (LNR) en 2018 déjà et a désormais élargi son mandat aux éléments chimiques et aux HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) dans les denrées alimentaires.

Les laboratoires nationaux de référence fonctionnent comme des interfaces entre les laboratoires cantonaux chargés des contrôles officiels et les laboratoires européens de référence. Ils s'assurent que les activités sont harmonisées, coordonnent le développement et l'implémentation de méthodes, transmettent les informations, prennent en compte la recherche et fournissent un soutien scientifique et technique aux autorités compétentes.

METAS souhaite devenir l'interlocuteur de l'industrie alimentaire suisse et des hautes écoles (spécialisées) ainsi que transmettre ses compétences au travers de cours notamment. Cela comprend l'évaluation de l'incertitude de mesure (IM), la création de budgets d'IM et de la validation des méthodes et des processus d'étalonnage. Pour que nous puissions continuer de nous régaler sans crainte grâce aux analyses.

Controlli di qualità per alimenti sicuri grazie ai laboratori nazionali di riferimento

Ciò che finisce nei nostri piatti può essere consumato senza esitazione. Nonostante ciò, il cibo è una delle fonti più comuni di malattie gravi in tutto il mondo, dalla diarrea al cancro. Si stima che 600 milioni di persone si ammalino ogni anno a causa di cibo contaminato.

Il cibo viene quindi monitorato a vari livelli con analisi affidabili. A livello nazionale è responsabile l'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USAV). Già nel 2018 ha designato il METAS come laboratorio nazionale di riferimento (LNR) e ora ha esteso il suo mandato agli elementi chimici e ai composti azotati, nonché ai contaminanti di processo negli alimenti.

I laboratori nazionali di riferimento (LNR) fungono da interfaccia tra i laboratori cantonali responsabili dei controlli ufficiali e i laboratori di riferimento europei. Essi assicurano il coordinamento delle attività. Coordinano lo sviluppo e l'implementazione di metodi, trasmettono informazioni, tengono conto della ricerca e forniscono supporto scientifico e tecnico all'autorità competente.

Il METAS vuole essere l'interlocutore per l'industria alimentare svizzera, le università e le scuole universitarie professionali e trasmettere le sue competenze chiave, anche con corsi. Ciò include in particolare la valutazione dell'incertezza di misura (IM), l'allestimento del bilancio IM e la validazione di metodi e di procedure di taratura. In modo che possiamo continuare ad alimentarci senza preoccupazioni grazie alle analisi.

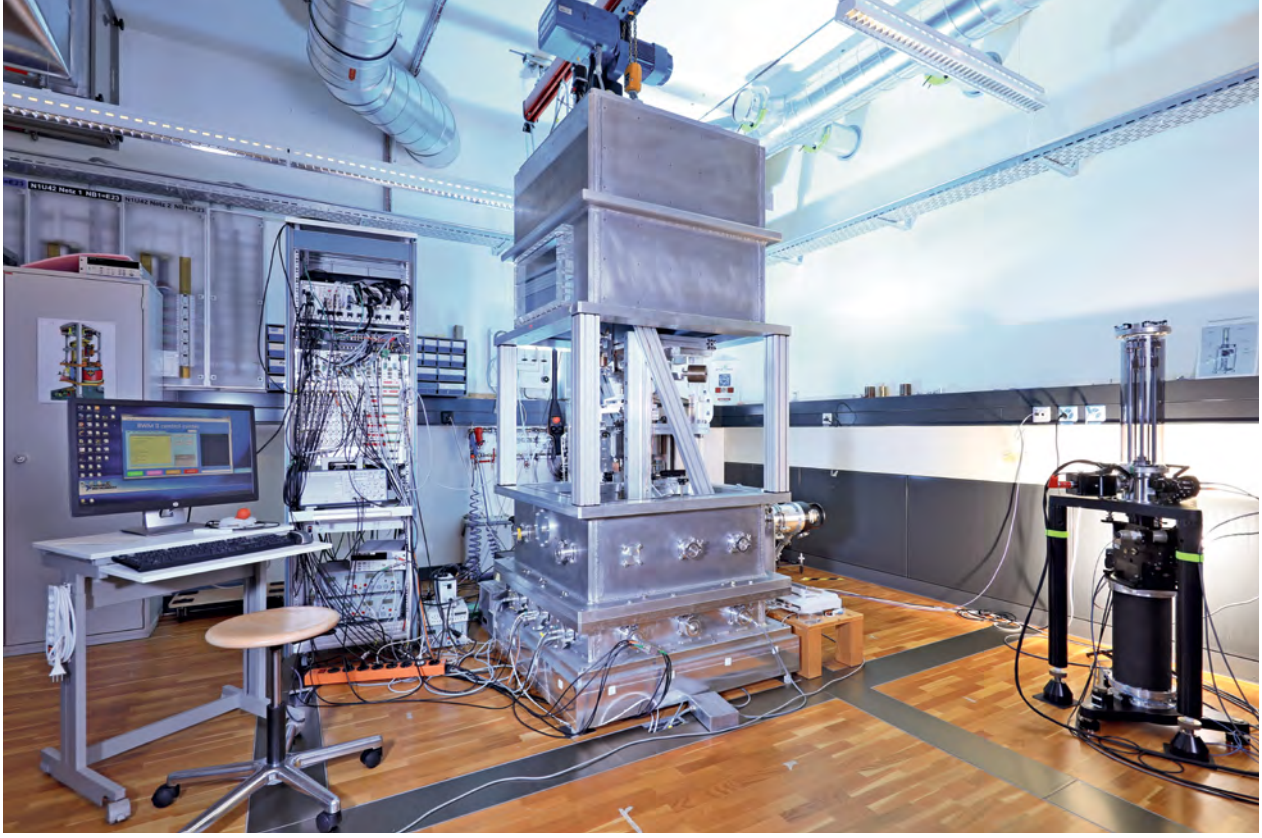
Quality controls for safe food thanks to national reference laboratories

What lands on our plate can be eaten without any worries. Nevertheless, food is one of the most common sources of serious diseases worldwide – from diarrhoea to cancer. An estimated 600 million people become ill after consuming contaminated food every year.

Food is therefore monitored at various stages with reliable analyses. At the national level, the Federal Food Safety and Veterinary Office (FSVO) is responsible. It designated METAS as a national reference laboratory (NRL) in as early as 2018 and has now expanded its remit to include chemical elements and nitrogen compounds as well as process contaminants in food.

National reference laboratories (NRL) function as an interface between the cantonal laboratories responsible for official controls and the European reference laboratories. They ensure that the activities are harmonised. They coordinate the development and implementation of methods, pass on information, take into account research and provide scientific and technical support to the competent authority.

METAS wants to be a contact partner for the Swiss food industry and universities (of applied sciences) and to pass on its core competencies, including with courses. These include, in particular, the assessment of measurement uncertainty (MU), the drawing up of MU budgets and the validation of methods and calibration procedures. This is to ensure that we can continue to eat without any worries thanks to analyses.



Première réalisation de la masse avec la balance de Kibble de METAS BWMII

Depuis la fin des année 80, un effort international considérable a été entrepris par les métrologues pour relier l'unité de la masse à une constante physique. C'est finalement en 2017 que le lien de l'unité de masse à la constante de Planck a pu être établi avec une cohérence suffisante, ce qui a finalement conduit à la nouvelle définition de l'unité de masse en 2019. Durant toutes ces années, METAS a participé à cette aventure en développant une balance de Kibble (du watt) avec laquelle une première réalisation de la masse a pu être faite.

Ali Eichenberger et Henri Baumann

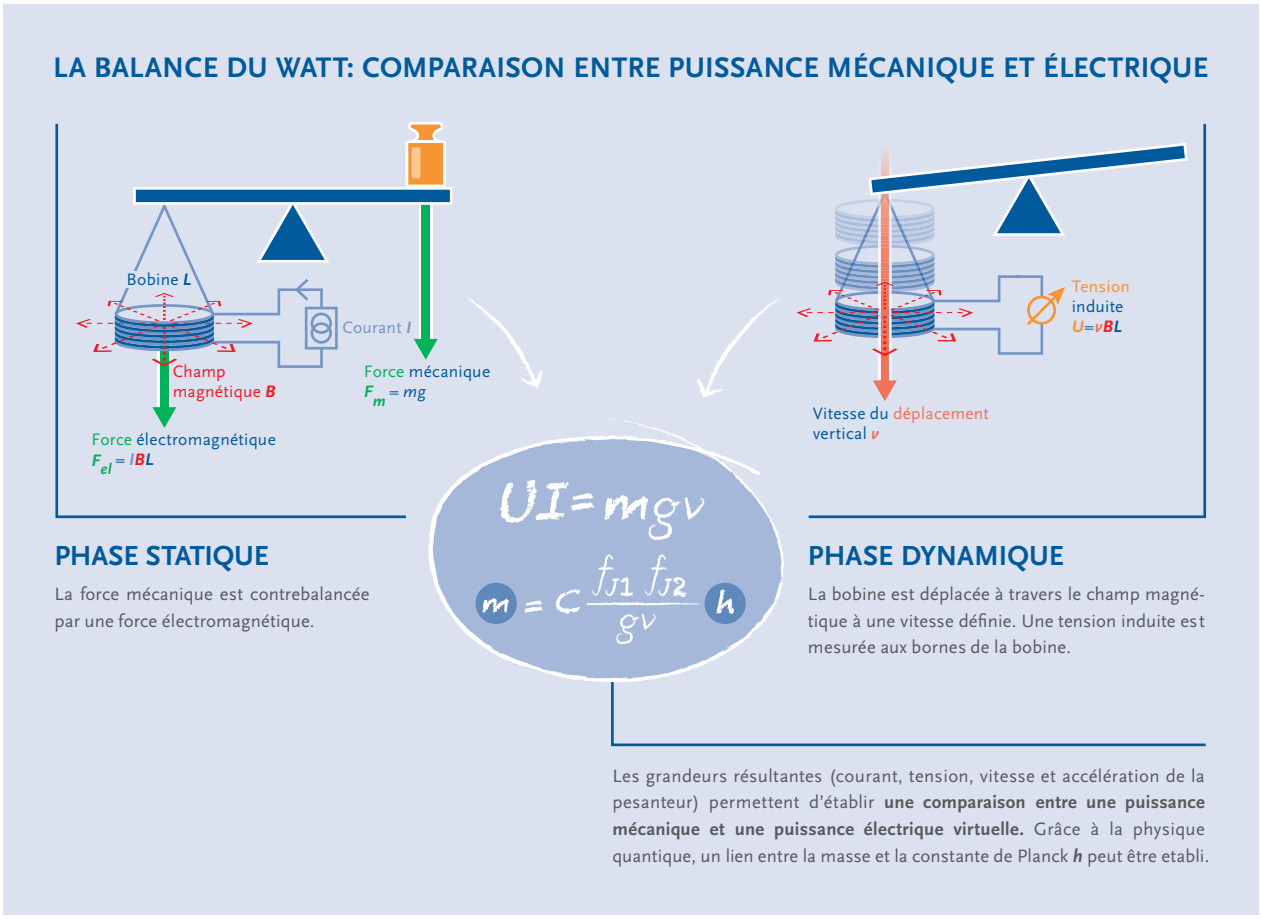
Jusqu'à récemment, l'unité kilogramme était définie par IPK, le prototype international du kilogramme. Il s'agissait d'un cylindre en alliage de platine et d'iridium d'environ 39 mm de diamètre et de 39 mm de haut. Cet artefact était soigneusement conservé dans un coffre-fort du Bureau international des poids et mesures à Paris. Après plus de 30 ans de recherches et de développement, un lien entre le masse et une constante physique a pu être établi – comme ce fut le cas pour la définition du mètre liée à la vitesse de la lumière c par exemple.

Lors de la 26e Conférence générale des poids et mesures (CGPM), la décision a été prise de redéfinir le système international d'unités en fonction d'un ensemble de sept constantes fondamentales. Dans ce nouveau système, l'unité de masse, le kilogramme, est liée à la constante de Planck fixée le 20 mai 2019. De nos jours, deux expériences sont en mesure de réaliser ce lien: d'une part, la méthode de la densité cristalline par rayons X, et d'autre part, la balance du watt aussi appelée balance de Kibble. Les différentes réalisations permettent de déterminer une valeur de l'unité de masse, la valeur de consensus, par le biais de comparaisons clés, qui ont lieu environ tous les deux ans.

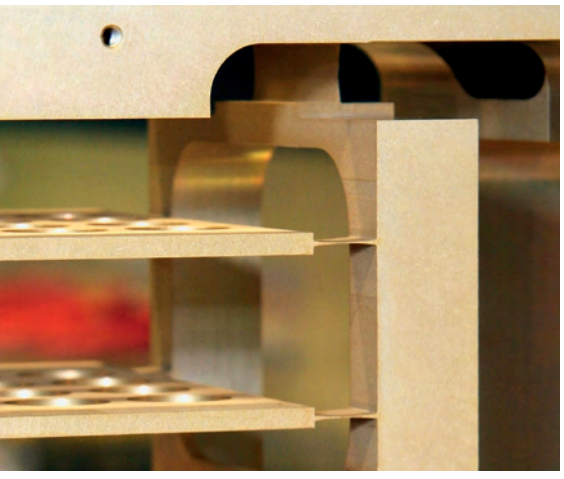
La balance de Kibble METAS a été développée en étroite collaboration avec des universités (Laboratoire de Systèmes Robotiques, LSRO, de l'École Polytechnique de Lausanne, EPFL), des instituts de recherche (Centre Européen de Recherche Nucléaire, CERN) et des partenaires industriels (Mettler-Toledo). Après plus de 10 ans d'effort continu, une première réalisation de la définition de l'unité de masse a pu être effectuée.

Principe de fonctionnement

Une représentation simplifiée du principe de fonctionnement d'une balance de Kibble est fournie sur la figure 2. Dans une première phase, le mode statique, le poids de la masse m soumise au champ de pesanteur local g, est maintenu en équilibre par la composante verticale de la force électromagnétique produite par un courant I circulant dans une bobine de longueur L immergée dans un champ magnétique B. Dans la seconde phase de l'expérience, le mode dynamique, la bobine est déplacée avec une vitesse verticale v à travers le même champ magnétique B. Ce mouvement induit une tension U aux bornes de la bobine. En faisant l'hypothèse que dans les deux phases de l'expérience les caractéristiques du champ magnétique et de la bobine n'ont pas changé, une comparaison entre puissance mécanique et électrique peut être établie.



2: Représentation simplifiée du principe de fonctionnement de la balance de Kibble.



Le guidage parfait d'une table à 13 cols (épaisseur de col 125 µm) permet le déplacement de la bobine le long de la verticale avec une déviation inférieure à 200 nm.

La suspension de la bobine est liée à la cellule de pesée par l'intermédiaire d'un cardan et un système de doubles cônes. Cette construction permet de séparer les forces latérales des couples.

Les grandeurs électriques étant reliées à la constante de Planck *h*, un lien entre cette constante et la masse est finalement établi.

La balance de Kibble METAS

L'étage d'actionnement, placé au sommet de l'expérience, basé sur le principe de guidage Sarrus, déplace la bobine à travers le champ magnétique pendant la phase dynamique de l'expérience. La rectitude du mouvement le long de la trajectoire verticale est assurée par l'étage de guidage. L'ensemble de la suspension, qui maintient la bobine, est attaché au comparateur de masse qui est lui-même inséré dans l'étage de guidage. La masse de test est placée sur le plateau de masse situé à l'extrémité de la suspension.

Bien que chaque détail et chaque composant ait son importance dans une telle expérience, on distingue quelques éléments clés.

Résultats

Après une phase de développement et d'évaluation systématique des sources d'erreur potentielles, deux campagnes de mesure ont été menées en 2021. Lors de chaque campagne, une masse de test de 1 kg en acier inoxydable a été mesurée. La différence de masse entre la valeur de consensus et la masse évaluée avec la balance de Kibble a été déterminée. Chacune des campagnes a duré environ 14 jours, soit plus de 300 heures de mesure continue.

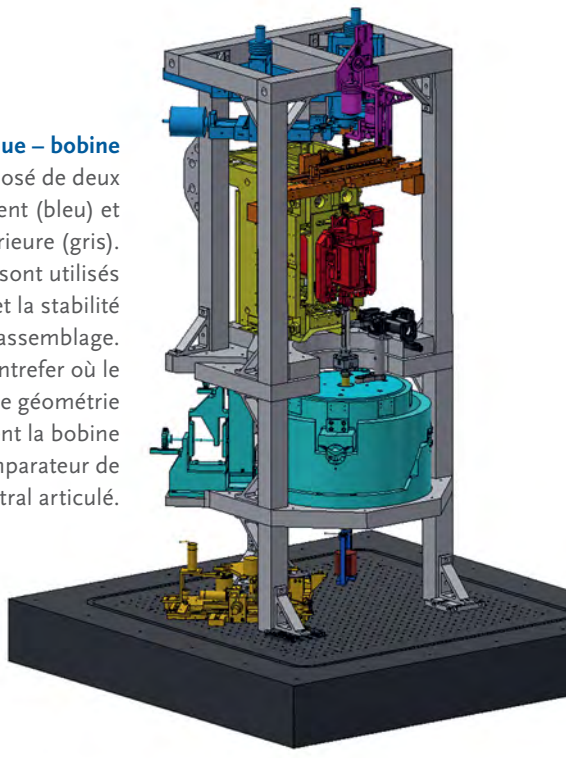
La première série montre une différence de masse de 19,5 µg alors que la seconde présente une différence de –7,5 µg (voir figure 3). La valeur moyenne et l'incertitude combinée de ces deux déterminations reflètent la performance du dispositif expérimental qui peut être résumé par $d_m = (6 \pm 43)$ µg.

Le système de guidage

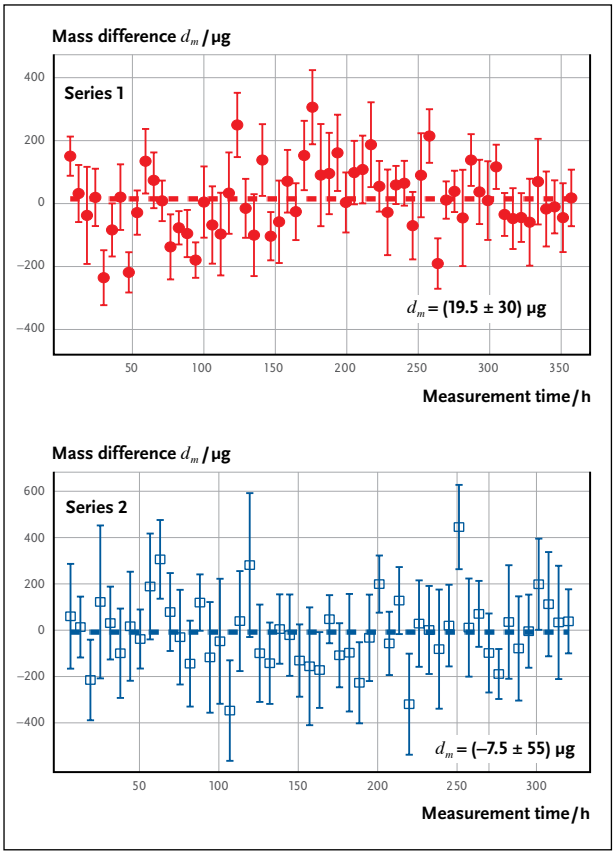
Le guidage, parfait d'une table à 13 cols (épaisseur de col 125 µm) permet le déplacement de la bobine le long de la verticale avec une déviation inférieure à 200 nm. **La cellule de pesée** intégrée joue un rôle central dans la phase statique de l'expérience. Elle doit être légère, peu encombrante et compatible au vide. À cet effet, une nouvelle cellule de pesée a été développée par Mettler-Toledo avec une résolution de l'ordre du microgramme.

L'ensemble circuit magnétique – bobine

Le circuit magnétique est composé de deux disques d'aimant permanent (bleu) et d'une culasse intérieure et extérieure (gris). Deux anneaux en laiton (jaune) sont utilisés pour assurer l'alignement fin et la stabilité des différentes pièces de l'assemblage. **La bobine** est située dans l'entrefer où le champ magnétique de 0,6 T a une géométrie radiale. La suspension qui maintient la bobine est directement reliée au comparateur de masse par un tube central articulé.



Réalisation de la masse



3: Résultats de deux campagnes de mesure de deux semaines. Chaque point est une moyenne de 10 points de données (~ 6 heures de mesure) affichée avec son écart-type. La série 1 montre un écart de masse de (19,5 ± 30) µg par rapport à la valeur d'étalonnage basée sur la valeur de consensus et la série 2 présente une différence de (–7,5 ± 55) µg. Les lignes pointillées représentent la valeur moyenne pour chaque série.

Conclusion

Cet article présente le résultat de la première réalisation du kilogramme à l'aide de la balance de Kibble de METAS. Deux campagnes de mesure, d'environ 14 jours de mesure continue, ont été réalisées sous vide, en utilisant des masses de test de 1 kg en acier inoxydable.

Avec une incertitude globale de 43 µg, ce résultat diffère de 6 µg de la valeur de consensus. Basé sur ce résultat, l'expérience de la balance de Kibble de METAS est prête à participer à la comparaison clé en cours pour la réalisation du kilogramme. D'autres améliorations seront apportées au système expérimental existant afin de réduire continuellement les contributions les plus importantes au budget d'incertitude.

Contact:
Dr Ali Eichenberger
Courant continu et basse fréquence
ali.eichenberger@metas.ch
+41 58 387 05 51

Dr Henri Baumann
Chef de domaine Grandeurs mécaniques
et rayonnements ionisants
henri.baumann@metas.ch
+41 58 387 05 51

Erste Realisierung der Masse mit der Kibble-Waage des METAS BWMII

Bis vor kurzem wurde die Einheit Kilogramm durch den internationalen Kilogrammprototyp, «Urkilogramm» (IPK), definiert. Der Zylinder aus einer Platin-Iridium-Legierung liegt im Tresor des Internationalen Büros für Masse und Gewichte in Paris. Auf der 26. Generalkonferenz für Mass und Gewicht (CGPM) wurde beschlossen, das internationale Einheitensystem auf der Grundlage von sieben Grundkonstanten neu zu definieren.

In diesem neuen System ist die Einheit der Masse, das Kilogramm, an die Planck-Konstante gebunden. Heutzutage sind zwei Experimente in der Lage, diese Verbindung herzustellen: zum einen die Röntgenmethode zur Bestimmung der Kristalldichte und zum anderen die Watt-Waage, die auch Kibble-Waage genannt wird. Die verschiedenen Ausführungen ermöglichen es, durch Schlüsselvergleiche, die etwa alle zwei Jahre stattfinden, einen Wert für die Einheit der Masse, den Konsenswert, zu bestimmen.

Die Kibble-Waage METAS wurde in enger Zusammenarbeit mit Universitäten (EPFL), Forschungsinstituten (CERN) und Industriepartnern (Mettler-Toledo, ...) entwickelt. Nach einer Entwicklungsphase wurden 2021 zwei Messkampagnen durchgeführt. Bei beiden Kampagnen mit 1 kg schwerer Testmasse aus rostfreiem Stahl wurde mehr als 300 Stunden gemessen. Mit einer Gesamtunsicherheit von 43 µg wich das Ergebnis um 6 µg vom Konsenswert ab. Basierend auf diesem Ergebnis ist das Kibble-Waagen-Experiment des METAS bereit, sich am laufenden Schlüsselvergleich zur Realisierung des Kilogramms zu beteiligen. Weitere Verbesserungen am bestehenden Experimentalsystem werden vorgenommen, um die grössten Beiträge zum Unsicherheitsbudget kontinuierlich zu reduzieren.

Prima realizzazione della massa con la bilancia di Kibble del METAS BWMII

Fino a poco tempo fa, l'unità del chilogrammo era definita dal prototipo internazionale del chilogrammo, il «chilogrammo campione originale» (IPK). Il cilindro in lega di platino-iridio si trova nella cassaforte dell'Ufficio internazionale dei pesi e delle misure di Parigi. Alla 26ª Conferenza generale dei pesi e delle misure (CGPM) si è deciso di ridefinire il sistema internazionale di unità basandosi su sette costanti di base.

In questo nuovo sistema, l'unità di massa, il chilogrammo, è legata alla costante di Planck. Oggi, due esperimenti sono in grado di stabilire questa connessione: da un lato il metodo a raggi X per determinare la densità dei cristalli, e dall'altro la bilancia di watt, chiamata anche bilancia di Kibble. Le varie versioni consentono di determinare un valore per l'unità di massa, il valore di consenso, attraverso confronti chiave che hanno luogo circa ogni due anni.

La bilancia di Kibble del METAS è stata sviluppata in stretta collaborazione con università (EPFL), istituti di ricerca (CERN) e partner industriali (Mettler-Toledo, ...). Dopo una fase di sviluppo, nel 2021 sono state realizzate due campagne di misurazione. In entrambe le campagne con una massa di prova di 1 kg di acciaio inossidabile si è misurato per più di 300 ore. Con un'incertezza totale di 43 µg, questo risultato si è discostato di 6 µg dal valore di consenso. Sulla base di questo risultato, l'esperimento di pesatura mediante la bilancia di Kibble del METAS è pronto per partecipare al confronto chiave in corso per la realizzazione del chilogrammo. Sono stati apportati ulteriori miglioramenti al sistema sperimentale esistente per ridurre continuamente i maggiori contributi al bilancio dell'incertezza di misura.

First realisation of the mass with the Kibble balance of METAS BWMII

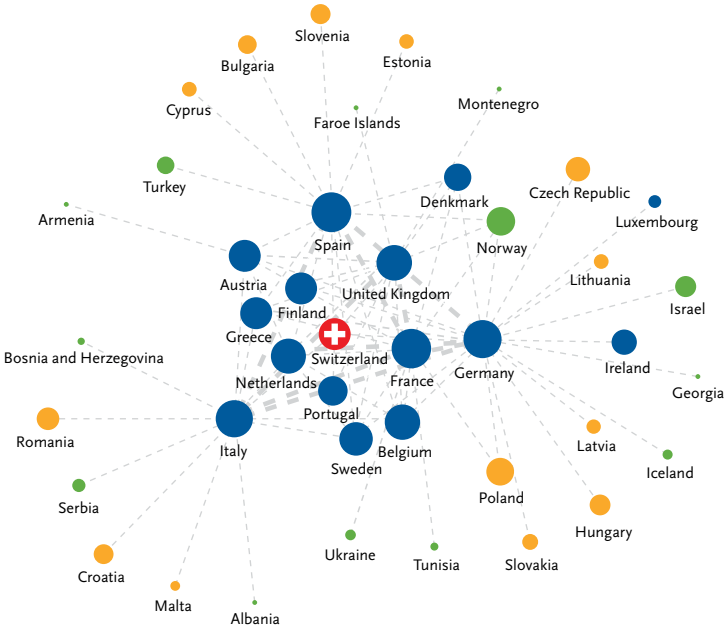
Until recently, the unit kilogram was defined by the international prototype of the kilogram (IPK). The cylinder made of a platinum iridium alloy is located in the vault of the International Bureau of Weights and Measures in Paris. At the 26th General Conference on Weights and Measures (CGPM), it was decided to redefine the international system of units based on seven basic constants.

In this new system, the unit of mass, the kilogram, was redefined in terms of Planck's constant. Today, two experiments are able to establish this connection: firstly, the X-ray method for determining crystal density and, secondly, the watt balance, which is also called the Kibble balance. The various explanations allow a value to be determined for the unit of mass, the consensus value, by means of key comparisons, which take place approximately every two years.

The METAS Kibble balance was developed in close cooperation with universities (EPFL), research institutes (CERN) and industrial partners (Mettler-Toledo, ...). After a development phase, two measurement campaigns were conducted in 2021. In both campaigns with a stainless-steel test mass of 1 kg, more than 300 hours were measured. With an overall uncertainty of 43 µg, this result was 6 µg off the consensus value. Based on this result, the METAS Kibble balance experiment is ready to participate in the ongoing key comparison for the realisation of the kilogram. Further improvements to the existing experimental system are being made to continuously reduce the largest contributions to the uncertainty budget.

Metrologische Forschung im europäischen Umfeld: European Partnership on Metrology

Forschung lebt vom regen Austausch und stimulierender Zusammenarbeit in internationalen Projekten sowie von einem gesunden Wettbewerb der Ideen. Das trifft auch für die Metrologie zu. Die 2021 ins Leben gerufene europäische Partnerschaft zur Metrologie will die finanziellen und institutionellen Rahmenbedingungen schaffen, damit die Metrologie den neuen Herausforderungen von Gesellschaft und Industrie erfolgreich begegnen kann.



From Horizon 2020 to Horizon Europe (European Commission): Diese Illustration der Beziehungsnetzwerke in der europäischen Forschung zeigt exemplarisch auf, wie stark die Schweiz in der europäischen Forschungslandschaft verankert ist.

Hugo Lehmann

Internationale Zusammenarbeit ist in der Metrologie tief verankert. Die Vereinheitlichung der Längen- und Massendefinition im 19. Jahrhundert [1] und später der anderen relevanten Grössen im internationalen System der Einheiten hat den Grundstein zur weltweiten Standardisierung gelegt und die fulminante technologische Entwicklung überhaupt erst ermöglicht. Doch die Technologie steht nicht still. Durch technologische Fortschritte und neue gesellschaftliche Herausforderungen ist auch heute die stetige Weiterentwicklung der metrologischen Grundlagen notwendig.

Basierend auf dieser Erkenntnis sind im 21. Jahrhundert in der Metrologie mehrere europäische Forschungsprogramme [2] konzipiert und aufgegleist worden. Diese wurden von der Europäischen Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute (Euramet) [3] durchgeführt und von der Europäischen Union (EU) gefördert. Auch das METAS war in diesen Programmen aktiv und ist so stark in die internationale Metrologie-Community eingebunden worden.

Im 2021 gestarteten, ehrgeizigen Rahmenprogramm für die Forschungsförderung in Europa – Horizon Europe [4] – wurde der Metrologie ebenfalls ein dediziertes Forschungsprogramm zugesprochen. Die European Partnership on Metrology (EPM) [5] wurde am 1. Dezember 2021 offiziell ins Leben gerufen. Sie wird über die Dauer von sieben Jahren ein Budget von insgesamt über 700 Millionen Euro zur Verfügung stellen.

Mithilfe dieser Gelder sollen die metrologischen Grundlagen für die aktuellen Herausforderungen von Gesellschaft und Industrie adressiert werden können. So ist es etwa in den Bereichen Klima und Umwelt wichtig, über messtechnisch korrekt erfasste und daher verlässliche Daten über Verschmutzungen oder Verunreinigungen zu verfügen. Des Weiteren bestehen metrologische Herausforderungen in den Bereichen Medizin und Lifescience. Nicht zuletzt stellen auch Digitalisierung, Internet of Things (IoT) und künstliche Intelligenz (KI) sowie Anwendungen der Quantentechnologien mannigfaltige Chancen dar, die es zu nutzen – und potenzielle Risiken, die es zu mindern gilt.

Neben diesen technischen Fragestellungen soll die EPM aber auch zur Weiterentwicklung des Know-hows und einer koordinierten Metrologie in Europa führen, welche im globalen Wettbewerb bestehen kann.

Forschungsschwerpunkte des EPM

Um diese Ziele zu erreichen, wurde das EPM in die sechs folgenden Themenbereiche gegliedert:

- **Green Deal:** Die Projekte in diesem Bereich sollen zur Erreichung der Klimaziele, zur Bewahrung einer lebenswerten Umwelt, zur dazu notwendigen Energiewende und zu einer nachhaltigen Mobilität beitragen.
- **Gesundheit:** Durch messtechnische Verbesserungen und Vergleichbarkeit der Analysen soll die medizinische Diagnostik robuster und effizienter werden. Zudem sollen metrologische Grundlagen für neu entwickelte medizinische Methoden erarbeitet werden.
- **Digitalisierung:** Anwendungen von Data Science und KI auf die Metrologie sowie Fragen zur Robustheit und Vertrauenswürdigkeit dieser Methoden werden hier untersucht.
- **Integrierte Europäische Metrologie:** In diesem Teil des Programmes können metrologische Fragen und Entwicklungen in allen Fachbereichen bearbeitet werden, wenn sie dazu beitragen, dass länderübergreifende metrologische Infrastrukturen und Kompetenzen aufgebaut werden.

– **Normativ:** Dieser Programmteil dient zur Sicherstellung der notwendigen Weiterentwicklung von Regulation und Standardisierung.
– **Forschungspotenzial:** In diesem kleineren Call werden explorative Projekte zur Abklärung des Forschungsbedarfs durchgeführt.

Diese Themen werden abwechslungsweise in sieben jährlichen Calls von 2021 bis 2027 ausgeschrieben. Die Projekte dauern in der Regel drei Jahre, sodass 2030 die letzten Forschungsarbeiten im Rahmen des EPM fertiggestellt sein werden.

Der Beitrag des METAS

Die Forschung im internationalen Kontext ist für METAS äusserst wichtig. Einerseits stellt die internationale Einbindung den Austausch von Know-how und Ideen sicher und führt so zur einheitlichen metrologischen Praxis. Andererseits stammten 2020 rund 80 % der Drittmittel für die Forschung im METAS aus europäischen Forschungsprogrammen. Durch die starke Einbindung in die vergangenen Programme konnte das METAS sich ein gutes Netzwerk und das Vertrauen der internationalen Forschungspartner erarbeiten. Zudem stellen die oben aufgeführten Forschungsschwerpunkte des EPM die Möglichkeit dar, die Kompetenzen und Messmöglichkeiten des METAS in Feldern weiterzuentwickeln, welche mit den strategischen Zielen des METAS im Einklang stehen. Aus diesem Grunde hat das METAS entschieden, sich im EPM stark einzubringen und aktiv mitzuarbeiten.

Aufgrund des Abbruchs der Verhandlungen zum Rahmenabkommen zwischen der Schweiz und der EU ist dieser gute Zugang zur europäischen Forschung aber nun erschwert, da die Schweiz bis auf Weiteres als nicht assoziierter Drittstaat gilt [6]. Zwar können Institutionen aus der Schweiz noch an den meisten Forschungsprogrammen von Horizon Europe teilnehmen, sie werden aber nicht mehr durch EU-Gelder finanziert und es ist auch nicht möglich, Projekte zu koordinieren. Eine Zusammenstellung der Auswirkungen dieser Situation auf die Teilnahmebedingungen für Forschende in der Schweiz und der stützenden, nationalen Massnahmen wird durch das Schweizerische Staatsekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) stetig aktualisiert [7]. So garantiert das SBFI für Projekte, welche in einer Ausschreibung von Horizon Europe erfolgreich waren, die Finanzierung für die beteiligten Schweizer Institutionen.

Dadurch wird einerseits die finanzielle Seite der METAS-Beiträge zum EPM abgefedert und das METAS kann trotz der politischen Diskussionen am EPM teilnehmen. Andererseits wird aber das METAS als Partner aus einem nicht assoziierten Staat im EPM mittelfristig an Einfluss bezüglich Themensetzung und Steuerung der Forschung verlieren und die Einbindung des METAS in das europäische Forschungsumfeld wird reduziert werden. Solche nicht pekuniären Effekte sind exemplarisch für die Behinderungen der Schweizer Institute im weltweit grössten Forschungsförderungsprogramm Horizon Europe und können einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den Forschungsplatz Schweiz haben.

Das erklärte Ziel des Bundesrates, eine erneute Assoziierung zu Horizon Europe möglichst rasch zu erreichen, ist vor diesem Hintergrund sehr zu begrüssen. So kann erreicht werden, dass Schweizer Institutionen wieder möglichst zeitnah als vollwertige Partner in europäischen Forschungsprojekten mitarbeiten können.

Referenzen

[1] Convention du Mètre, 20 Mai 1875, https://www.bipm.org/documents/20126/44107685/metre-convention.pdf/cd-9c9e57-0cc6-4cda-2930-ec1d7c853743?version=1.8&download=true
[2] European Metrology Research Programme (EMRP), 2009–2013, https://www.euramet.org/research-innovation/emrp/; European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR), 2014–2020: https://www.euramet.org/research-innovation/research-empir/
[3] European Association of National Metrology Institutes, www.euramet.org
[4] Horizon Europe, Research and innovation funding programme until 2027, https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en
[5] European Partnership on Metrology, Participant Portal: http://www.metpart.eu/
[6] «Horizon Europe»: Schweiz derzeit Drittstaat, https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-84440.html
[7] Horizon Europe und Euratom, https://www.sbfi.admin.ch/sbfi/de/home/forschung-und-innovation/internationale-f-und-i-zusammenarbeit/forschungsrahmenprogramme-der-eu/horizon-europe.html

Kontakt
Dr. Hugo Lehmann, Chief Science Officer
hugo.lehmann@metas.ch
+41 58 387 02 93

Recherche métrologique en Europe: European Partnership on Metrology

Le but de ce partenariat européen pour la métrologie (EPM) fondé en 2021 est de créer des conditions-cadres financières et institutionnelles adéquates pour que la métrologie puisse surmonter les nouveaux défis sociétaux et industriels. Pour y parvenir, l'EPM se décline en six thématiques:

- ***Green deal:*** *atteindre des objectifs climatiques, préserver un environnement viable, assurer la transition énergétique et une mobilité durable*
- ***Santé:*** *la comparabilité des analyses doit permettre des diagnostics médicaux plus robustes et efficaces, bases pour de nouvelles méthodes*
- ***Numérisation:*** *appliquer la «data science» et l'IA à la métrologie, questions quant à la robustesse et la fiabilité de ces méthodes*
- ***Métrologie européenne intégrée:*** *créer des infrastructures et des compétences métrologiques transnationales*
- ***Normativité:*** *assurer le développement des régulations et de la normalisation*
- ***Potentiel de recherche:*** *développer des projets exploratoires pour identifier les besoins de la recherche*

La recherche internationale joue un rôle clé pour METAS. Elle assure l'échange de savoir-faire et d'idées. Au vu des conditions politiques actuelles, notamment l'abandon des négociations sur l'accord-cadre, la Suisse est, jusqu'à nouvel ordre, considérée comme un pays tiers non associé. Ce statut entrave la participation des instituts suisses à Horizon Europe, le plus grand programme de promotion de la recherche au monde, et pourrait nuire de manière non négligeable au pôle de recherche suisse.

La ricerca metrologica nell'ambiente europeo: European Partnership on Metrology (partenariato europeo sulla metrologia)

L'European Partnership on Metrology (EPM), lanciato nel 2021, mira a creare le condizioni quadro finanziarie e istituzionali affinché la metrologia possa affrontare con successo le nuove sfide della società e dell'industria. Per raggiungere questi obiettivi, l'EPM è stato suddiviso nelle seguenti sei aree tematiche:

- ***Green Deal (accordo verde):*** *raggiungimento degli obiettivi climatici, conservazione di un ambiente degno di essere vissuto, transizione energetica e mobilità sostenibile*
- ***Salute:*** *la comparabilità delle analisi dovrebbe rendere la diagnostica medica più robusta ed efficiente. Fondamenti per i nuovi metodi in via di sviluppo*
- ***Digitalizzazione:*** *applicazioni della scienza dei dati e dell'intelligenza artificiale (IA) alla metrologia, nonché domande sulla robustezza e l'affidabilità di questi metodi*
- ***Metrologia europea integrata:*** *costruire infrastrutture e competenze metrologiche transnazionali*
- ***A livello normativo:*** *garantire il necessario ulteriore sviluppo della regolamentazione e della standardizzazione.*
- ***Potenziale di ricerca:*** *progetti esplorativi per chiarire le esigenze della ricerca*

La ricerca internazionale è estremamente importante per il METAS; essa assicura lo scambio di know-how e di idee. A causa dell'attuale clima politico, che ha portato alla rottura dei negoziati sull'accordo quadro, la Svizzera è per il momento considerata un Paese terzo non associato. Questa mancanza di associazione ostacola gli istituti svizzeri nel più grande programma di finanziamento della ricerca al mondo Horizon Europe e potrebbe avere un impatto sulla Svizzera come luogo di ricerca che non dovrebbe essere sottovalutato.

Metrological research in the European environment: European Partnership on Metrology

The European Partnership on Metrology (EPM), launched in 2021, aims to create the financial and institutional framework conditions to enable metrology to successfully meet the new challenges facing society and industry. In order to achieve these objectives, the EPM has been divided into the following six subject areas:

- ***Green Deal:*** *achieving climate goals, preserving a liveable environment, the energy transition and sustainable mobility*
- ***Health:*** *by comparing the analyses, medical diagnostics should become more robust and efficient. Foundations for newly developed methods*
- ***Digitalisation:*** *applications of data science and AI to metrology as well as questions about the robustness and trustworthiness of these methods*
- ***Integrated European Metrology:*** *building cross-border metrological infrastructures and competences*
- ***Normative:*** *ensuring the necessary further development of regulation and standardisation.*
- ***Research potential:*** *exploratory projects to clarify research needs*

International research is extremely important for METAS, as it ensures the exchange of know-how and ideas. Due to the current political climate, which led to the breakdown of the negotiations on the Framework Agreement, Switzerland is considered to be a non-associated third country until further notice. This lack of association hinders the Swiss institutes in the world's largest research funding programme, Horizon Europe, and could have a not-to-be-underestimated impact on Switzerland as a centre of research.

A PDF/A-3 solution for digital calibration certificates at METAS

The digitalisation of metrology poses a challenge to all members of the community. METAS proposes an approach for digital calibration certificates (DCCs) based on a PDF/A-3 solution that could be a stepping-stone towards the digitalisation of metrological services.

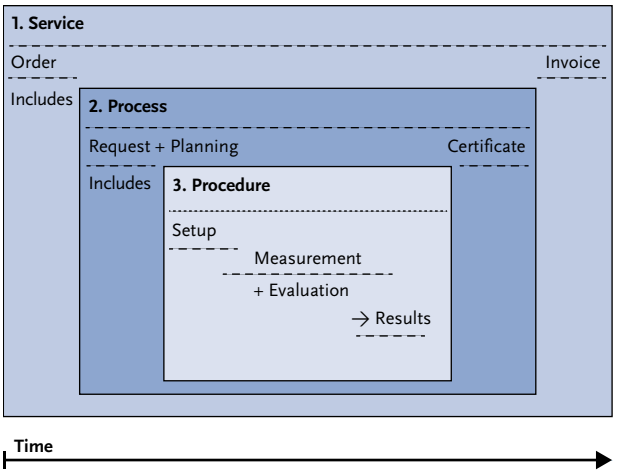
Federico Grasso Toro

The transformation to digital metrology services starts with the digital calibration certificate (DCC). This natural digitalisation of the current paperless calibration certificate will address the new requirements and needs of NMIs, calibration laboratories and industry in general.

The METAS DCC approach converges on the common requirements agreed at European level, aimed to cover new needs from calibration laboratories and customers, while following ISO/IEC 17025:2017 [1]. At METAS we are proposing a solution for DCCs based on a PDF/A-3 [2]; a specific file format used for long-term archiving of digital documents, in which any additional information (i.e., data and metadata) can be embedded before the file is digitally signed. With this bottom-up approach, METAS will provide an easy-to-understand transitional solution that can be tested and expanded, while focusing on the customers' current and future needs.

Introduction to digital metrological service

Digitalisation, according to Gartner's glossary, is «the use of digital technologies to change a business model and provide new revenue and value-producing opportunities; it is the process of moving to a digital business» [3]. This implies that digitalisation does not only mean to streamline existing services, but ultimately it implies the creation of new markets by means of digital technologies.



1: Visual representation of current metrological services [4].

This article focuses on the digitalisation of metrological services. Here it is important to distinguish between digitalisation and digitisation. Digitisation means the conversion from an analog to a digital form. Therefore, the digitisation is often a first step towards digitalisation. However, the digitalisation of a metrological service does not only include the update of the service by means of digitisation and the integration of existing competences.

To digitalise a metrological service implies to find new additional value in METAS services by extending features in ways that were not possible beforehand. Figure 1 presents how current metrological services in METAS can be deconstructed. Within the described schema, the certificate is the perfect place to start our digitalisation efforts [4].

Digital calibration certificates and common requirements

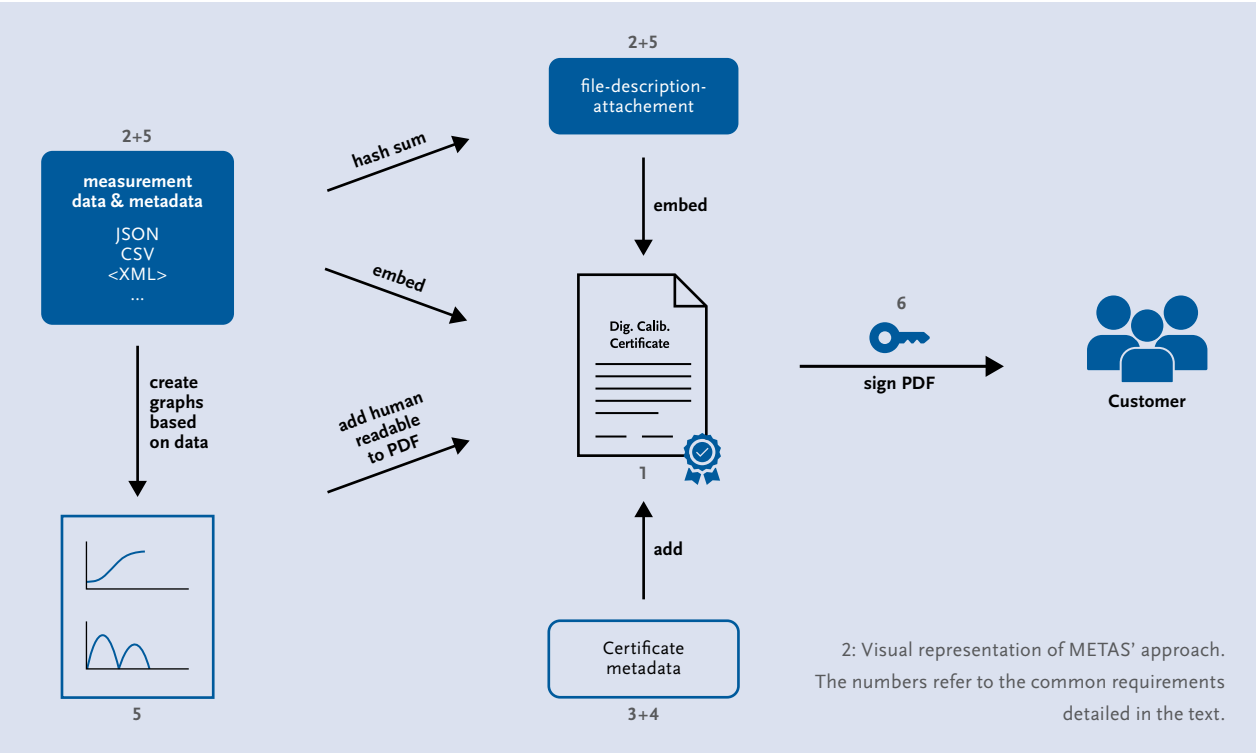
Our proposal for a digital calibration certificate (DCC) at METAS poses a natural evolution of the existing calibration certificate. At METAS we believe that the development of a DCC must start in a shared agreement, i.e., in common requirements and needs from NMIs, calibration laboratories and industry. Therefore, our approach focuses on converging the agreed common requirements for DCCs with clearly defined needs from laboratories and customers, while following ISO/IEC 17025:2017 [1].

In order to find consensus at European level, current work of EURAMET TC IM project 1448 «Development of digital calibration certificates» [5] focuses on the definition of common requirements for DCCs, regarding both their content and their potential interfaces.

Common requirements for digital calibration certificates

During the TC IM 1448 project meeting organized at METAS in January 2020, the following common requirements for DCCs were agreed on:

- Requirement 1: a DCC must be useful for long-term archiving (i.e., it shall be as useful as current paper and/or paperless PDF certificates).
- Requirement 2: a DCC must be machine-readable (i.e., it shall allow machine-to-machine [M2M] communication).
- Requirement 3: a DCC must be traceable directly or indirectly to the national standards (i.e., it shall provide the same results information from a current calibration certificate).
- Requirement 4: a DCC must constitute proof of metrological traceability (i.e., it shall provide the same metrological information from a current calibration certificate).



2: Visual representation of METAS' approach. The numbers refer to the common requirements detailed in the text.

- Requirement 5: a DCC may include additional information (data and metadata) (i.e., it may include results data points, numerical calibration curves or any other additional calibration evaluation information required by the customer).
- Requirement 6: a DCC must use cryptographic signatures as security procedures to guarantee a. integrity, b. authenticity (and, if needed, c. confidentiality) of the calibration certificate.

Figure 2 presents how METAS' approach follows the agreed common requirements for a DCC. While the metrological aspects (R3 and R4) are covered by the composition of certificate following ISO/IEC 17025:2017 [1], the PDF/A-3 format allows METAS' solution to covers R1, R2 and R5. Finally, IT security aspects (R6) are covered by the digital signature function of the resulting PDF/A-3 file.

Customer- and laboratory-oriented transitions

Our approach takes into consideration the transition period from current calibration certificates to digital calibration certificates (DCCs) and the impact for both customers and laboratories.

Hence, following the common requirement for DCCs from the previous section, at METAS we aim to meet the current and future needs of our customers, as well as the needs learned from our laboratories and other calibration laboratories. The DCC examples presented at IMEKO Conference 2021 [6] have their limitations and only represent demonstrators of the METAS approach towards a fully integrated PDF/A-3 DCC solution as part of the digitalization of metrological services. The following section focuses only on the VNA example. For the rest of examples, refer to [7].

Digital calibration certificates for VNA

In the radio frequency and microwave domain, VNA Tools is one of the standard software tools in the evaluation, visualisation and assessment of uncertainty of Vector Network Analyser (VNA) measurements.

A VNA measures the frequency response of a single component or a network consisting of many components. These components can be both passive and active. It measures amplitude and phase of reflection and transmission of a high frequency signal that is sent into the component or the network. The measurands are referred to as scattering parameters (or S-parameters).

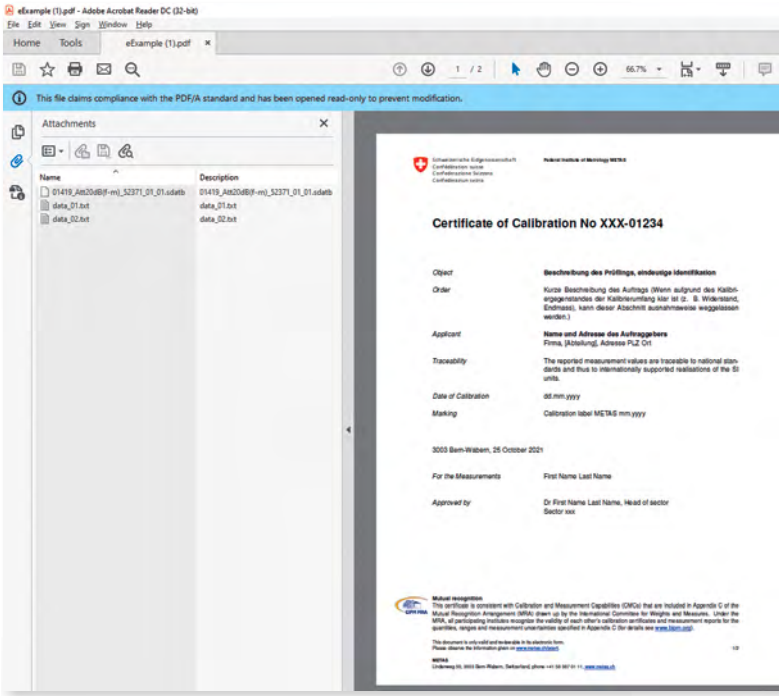
For a calibration service, VNA Tools is used to perform S-parameter measurements with a VNA and assess associated uncertainties. The data is collected in a VNA Tools file format, specifically designed to store S-parameter estimates and uncertainties.

In the next step, a LaTeX template (available on METAS GitHub [8]) to automatically generate the digitalized certificate with the attached VNA Tools files. This is a great example of METAS PDF/A-3 solution for DCCs, since our customer can load the generated digital calibration certificate directly into VNA Tools and access the additional information (calibration data) from within the tool. From there, the results data can be visualised in various ways, transformed, further processed and/or even exported into different file formats.

This mechanism is available to any customer, because VNA Tools is a free software [9].

Conclusion and further reading suggestions

The transformation towards digital metrological services starts with DCCs. In this article, we described the DCC approach at METAS. This solution creates PDF/A-3 documents, flexible enough to cover the current and future needs from both customers and laboratories. The presented solution entails one type of solution for DCCs, following both ISO/IEC 17025:2017 and the agreed common requirements. Further work is necessary towards harmonised DCCs, such as the integration of the System of Units into the digital framework [10] [11], and its adoption by BIPM key comparison database API [12]. Additional harmonisation discussions, regarding the data formatting and the representation of measurement data and metadata are required towards greater DCCs (e.g., with machine-readable and machine-executable content [13]). Potential future implementations of DCCs might follow similar objectives as ZUGFeRD/Factur-X [14] a hybrid electronic invoice format embedding a standardised XML invoice file inside a PDF/A-3 invoice document for automated billing processes.



3: Screen capture of DCC from VNA: The PDF-A/3 solution includes additional information (data and metadata) relevant to the customer [7].

References

[1] ISO/IEC 17025:2017: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories [https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-3:v1:en]

[2] PDF/A – the standard for long-term archiving: White Paper [https://www.pdf-tools.com/public/downloads/whitepapers/whitepaper-pdfa.pdf]

[3] Information Technology – Gartner Glossary: Digitalization [https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization]

[4] Brief overview of the future of metrology [https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100306]

[5] EURAMET TC IM project 1448 «Development of digital calibration certificates» [https://www.euramet.org/technical-committees/tc-projects/details/project/development-of-digital-calibration-certificates/]

[6] IMEKO Conference 2021: The proceedings of IMEKO 2021 [https://www.sciencedirect.com/journal/measurement-sensors/special-issue/10CTR9ZPK1R]

[7] PDF/A-3 solution for digital calibration certificates [https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100282]

[8] METAS GitHub: eCertificate LaTeX template [https://github.com/metas-ch/metas-ecertificate]

[9] VNA Tools for reliable RF & Microwave measurements [https://www.metas.ch/metas/en/home/fabe/hochfrequenz/vna-tools.html]

[10] Digital System of Units (D-SI) [https://zenodo.org/record/3522631#.YUwcnrgzY2w]

[11] The International System of Units (SI) in FAIR digital data [https://www.bipm.org/en/bipm-workshops/digital-si]

[12] API KCDB [https://www.bipm.org/en/cipm-mra/kcdb-api]

[13] DIN DKE Whitepaper: Scenarios for Digitizing Standardization and standards [https://www.dke.de/resource/blob/2076816/facc9bde1806e2194a3d26a60c79bf77/idis-whitepaper-en---download-data.pdf]

[14] The ZUGFeRD and Factur-X Formats for electronic Invoices [https://www.pdflib.com/pdf-knowledge-base/zugferd-and-factur-x/]

Contact:
Dr.-Ing. Federico Grasso Toro
Scientist research and development
federico.grasso@metas.ch
+41 58 387 02 94

Eine PDF/A-3-Lösung für digitale Kalibrierzertifikate

Die Transformation zu digitalen metrologischen Dienstleistungen beginnt mit einem digitalen Kalibrierzertifikat (DCC). Ein DCC stellt eine Weiterentwicklung des bestehenden Kalibrierzertifikats dar und sollte Anforderungen und Bedürfnisse von NMIs, Kalibrierlaboratorien und Industrie berücksichtigen. Daher konvergiert unser Ansatz auf Mindestanforderungen für DCCs mit klar definierten Anforderungen von Laboratorien und Kunden, in Anlehnung an ISO/IEC 17025:2017. Unser Vorschlag für ein digitales Kalibrierzertifikat basiert auf einer PDF/A-3-Lösung. PDF/A-3 ist ein Dateiformat, das zur Langzeitarchivierung digitaler Dokumente dient und in dem sich beliebige Dateitypen einbetten lassen. Ein Beispiel aus dem Bereich Hochfrequenz verdeutlicht diesen Bottom-up-Ansatz:

Die Messunsicherheiten von Vektornetzwerkanalysatoren (VNA) zu kennen, ist entscheidend, um Aussagen über die Konformität von Geräten und Komponenten zu machen. Bei Kalibrierungsdienstleistungen ist VNA Tools eine Standard-Software für die Auswertung, Visualisierung und Bewertung der Unsicherheit von VNA-Messungen. Um das digitalisierte Zertifikat mit den angehängten VNA-Tools-Dateien automatisch zu generieren, wird eine LaTeX-Vorlage erstellt.

Unser Kunde kann das generierte digitale Kalibrierungszertifikat direkt in VNA Tools laden und auf die Kalibrierungsdaten innerhalb des Tools zugreifen. Von dort aus können die Daten auf verschiedene Weise visualisiert, transformiert, weiterverarbeitet oder in verschiedene Formate exportiert werden. Dieser Mechanismus steht jedem Kunden zur Verfügung, denn VNA Tools ist eine kostenlose Software. Dies ist ein erstes Beispiel für die PDF/A-3-Lösung für DCC des METAS. In der Metrologie braucht es zusätzliche Standardisierungsdiskussionen über die Formatierung und Darstellung von Messdaten und Metadaten, um mehr maschinenverwertbare DCCs auszustellen.

Une solution PDF/A-3 pour les certificats d'étalonnage numériques

La transition vers des prestations de métrologie numériques commence avec un certificat d'étalonnage numérique (DCC). Le DCC est un prolongement du certificat d'étalonnage existant et devrait tenir compte des exigences et besoins des instituts nationaux de métrologie, des laboratoires d'étalonnage et de l'industrie. Notre approche converge donc vers des exigences minimales pour des DCC avec des exigences clairement définies par des laboratoires et clients, sur le modèle de la norme ISO/IEC 17025:2017. Notre proposition pour le certificat d'étalonnage numérique repose sur une solution PDF/A-3. PDF/A-3 est un format de fichier qui sert à l'archivage à long terme de documents numériques et dans lequel tout type de fichier peut être intégré. Un exemple tiré du domaine de la haute fréquence illustre cette approche «bottom-up»:

Connaître les incertitudes de mesure d'analyseurs de réseau vectoriel (VNA) est un facteur décisif pour pouvoir se prononcer sur la conformité d'appareils et de composants. En ce qui concerne les prestations d'étalonnage, VNA Tools est un logiciel standard pour l'interprétation, la visualisation et l'évaluation de l'incertitude des mesures réalisées par un VNA. Pour générer automatiquement le certificat numérique avec les fichiers VNA Tools joints, un modèle LaTeX est créé.

Notre client peut charger le certificat d'étalonnage numérique généré directement dans VNA Tools et accéder aux données d'étalonnage figurant dans l'outil. De là, les données peuvent être visualisées, modifiées et traitées de diverses manières et être exportées dans divers formats. Ce dispositif est à disposition de chaque client, car VNA Tools est un logiciel gratuit. Il s'agit d'un premier exemple de l'application de la solution PDF/A-3 pour le DCC de METAS. Des discussions supplémentaires sur la standardisation du formatage et de la représentation des données de mesure et métadonnées doivent être menées dans le domaine de la métrologie, afin d'établir davantage de DCC pouvant être traités automatiquement.

Una soluzione PDF/A-3 per i certificati di taratura digitali

La trasformazione verso le prestazioni metrologiche digitali inizia con un certificato di taratura digitale (DCC). Il DCC costituisce uno sviluppo del certificato di taratura esistente e deve tener conto dei requisiti e delle esigenze di istituti nazionali di metrologia, laboratori di taratura e industria. Il nostro approccio converge con i requisiti minimi per DCC grazie a una definizione chiara delle esigenze di laboratori e clienti in conformità con ISO/IEC 17025:2017. La nostra proposta per un certificato di taratura digitale si basa su una soluzione PDF/A-3, ovvero un formato di file concepito per l'archiviazione digitale a lungo termine di documenti e nel quale può essere integrato qualsiasi tipo di file. Un esempio dal mondo delle alte frequenze illustra questo approccio bottom-up:

Conoscere l'incertezza di misura degli analizzatori di reti vettoriali (VNA) è decisivo per potersi pronunciare sulla conformità di dispositivi e componenti. Per il servizio di taratura, VNA Tools è un software standard per la valutazione, la visualizzazione e la classificazione dell'incertezza di misurazioni effettuate tramite VNA. Al fine di generare automaticamente un certificato digitale con i file di VNA Tools allegati, viene creato un modello LaTeX.

Il nostro cliente è in grado di caricare in VNA Tools il certificato di taratura digitale generato e accedere ai dati di calibrazione direttamente dal software. Da qui, i dati possono essere visualizzati, trasformati o elaborati in diversi modi oppure esportati in diversi formati. Questo dispositivo è a disposizione di qualsiasi cliente, perché VNA Tools è gratuito. Questo è che un primo esempio per la soluzione PDF/A-3 per DCC del METAS. Nel mondo della metrologia sono richieste ulteriori discussioni sulla standardizzazione riguardo alla formattazione e alla rappresentazione dei dati delle misurazioni e dei metadati, al fine di mettere a disposizione ulteriori DCC elaborabili elettronicamente.

Definierte Nanopartikel aus Salz

Nanopartikel, wie sie beispielsweis bei der Verbrennung von Diesel entstehen, sind krebserregend. Abgasvorschriften dienen dazu, gesundheitliche Belastungen zu reduzieren. Da bei modernen Verbrennungsmotoren vorwiegend Nanopartikel generiert werden und diese von den bestehenden zugelassenen Messmitteln nicht gemessen werden können, müssen andere Methoden zum Einsatz kommen. Um die Anforderungen an diese neuen Messmittel zu überprüfen, hat das METAS einen Generator entwickelt, der Modellaerosole aus Salz mit definierten Eigenschaften herstellt.

Kevin Auderset

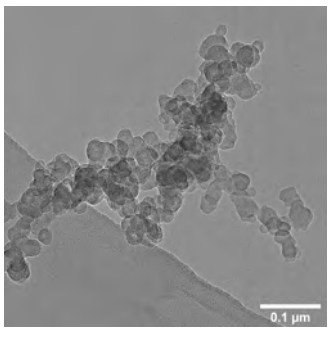
1: Funktioniert im Meer wie im Generator: Luft aerolisiert Salz aus einer Lösung. Im Salzgenerator wird mit Druckluft und Salzwasser ein feiner Nebel gebildet, dabei verdunstet das Wasser, das Salz bleibt als Aerosol zurück.

Wird in einem Motor Diesel verbrannt, verwandeln sich Kohlenstoffketten in Sekundenbruchteilen zu Kohlendioxid und Wasser. Da die Verbrennung nicht vollständig ist, gelangen Milliarden winziger Russteilchen in die Luft. Dieser Dieselruss – von blossem Auge höchstens als Russwolke erkennbar – schadet der Gesundheit. Um diese gesundheitliche Belastung zu reduzieren, werden hinter den Verbrennungsmotoren von Fahrzeugen und Baumaschinen neuster Generation Partikelfilter eingebaut.

Empfindlichkeit verbessern

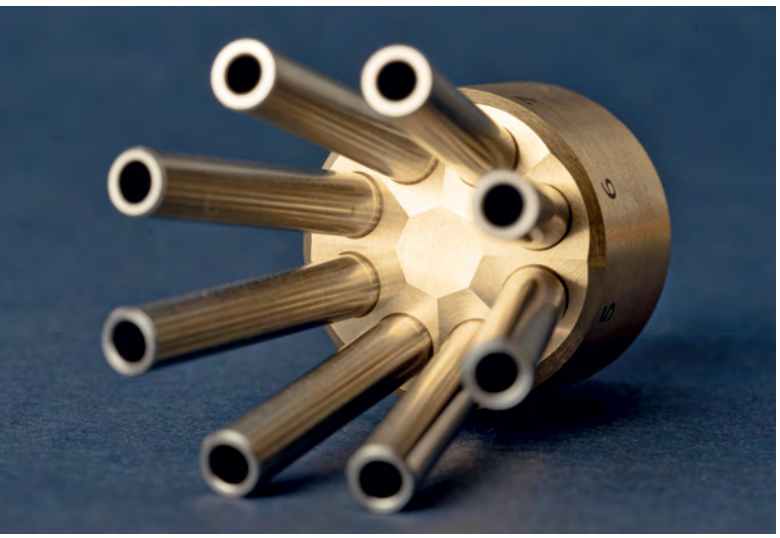
Mit der Entwicklung moderner Verbrennungsmotoren hat sich das Grössenspektrum der ausgestossenen Partikel zu kleineren Grössen hin verschoben. Weil heutige Motoren mit Hochdruckeinspritzung arbeiten, und dadurch einen Grossteil der Partikel in einem Grössenbereich unterhalb 100 nm emittieren, wurde die Anzahl der Partikel im Abgas als neue, zusätzliche Messgrösse für die Typenprüfung von Fahrzeugen eingeführt. Die herkömmlichen Messmethoden für Dieselabgase basieren auf dem Prinzip der Trübungsmessung und sind daher unempfindlich für Partikel, die kleiner als 100 nm sind.

Eine Neuerung stellten die Abgasnormen Euro 5B und Euro 6 für dieselbetriebene Autos sowie Euro VI für Lastwagen dar. Seit 2013 gilt nicht mehr die Masse, sondern die Anzahl Partikel pro Kilometer als Grenzwert: Neue Fahrzeuge dürfen pro Kilometer eine maximale Partikelanzahlkonzentration ausstossen. Der neue, anzahlbasierte Grenzwert ist nur mit einem funktionierenden Dieselpartikelfilter (DPF) zu erfüllen, und stellt somit eine deutliche Verschärfung der betreffenden Regulierungen dar. Untersuchungen haben nun gezeigt, dass die bisher angewandten Messverfahren nicht empfindlich genug sind, um alle (defekten) Dieselpartikelfilter zu erfassen. Einige europäische Länder wie die Niederlande oder Belgien überprüfen Dieselpartikelfilter in der periodischen technischen Inspektion (PTI) schon heute mit Partikelzählern. In der Schweiz wird dieses präzisere Messverfahren, bei der Abgasnachkontrolle durch die Polizei und die Strassenverkehrsämter ab dem 1. Januar 2023 eingesetzt.



2: In modernen Motoren mit Hochdruckeinspritzung entstehen krebserregende Nanopartikel in einem Grössenbereich unterhalb 100 nm.

Da es sich dabei um eine amtliche Messung handelt, müssen die eingesetzten Messgerätetypen eine Zulassung zur Eichung vorweisen können. Basis einer solchen Zulassung ist eine Bauartprüfung. Dabei wird geprüft, ob der jeweilige Messgerätetyp den in der VAMV (Verordnung des EJPD über Abgasmessmittel für Verbrennungsmotoren) definierten Anforderungen entspricht. Zudem werden in einigen Ländern die Prüfungen des METAS als Grundlage für nationale Zulassungen verwendet. Das Labor «Partikel und Aerosole» gewährleistet mit seinen hochgenauen Messgeräten und Messverfahren die Rückführung auf international abgestimmte Referenzwerte. Um seinen Auftrag erfüllen zu können, ent-

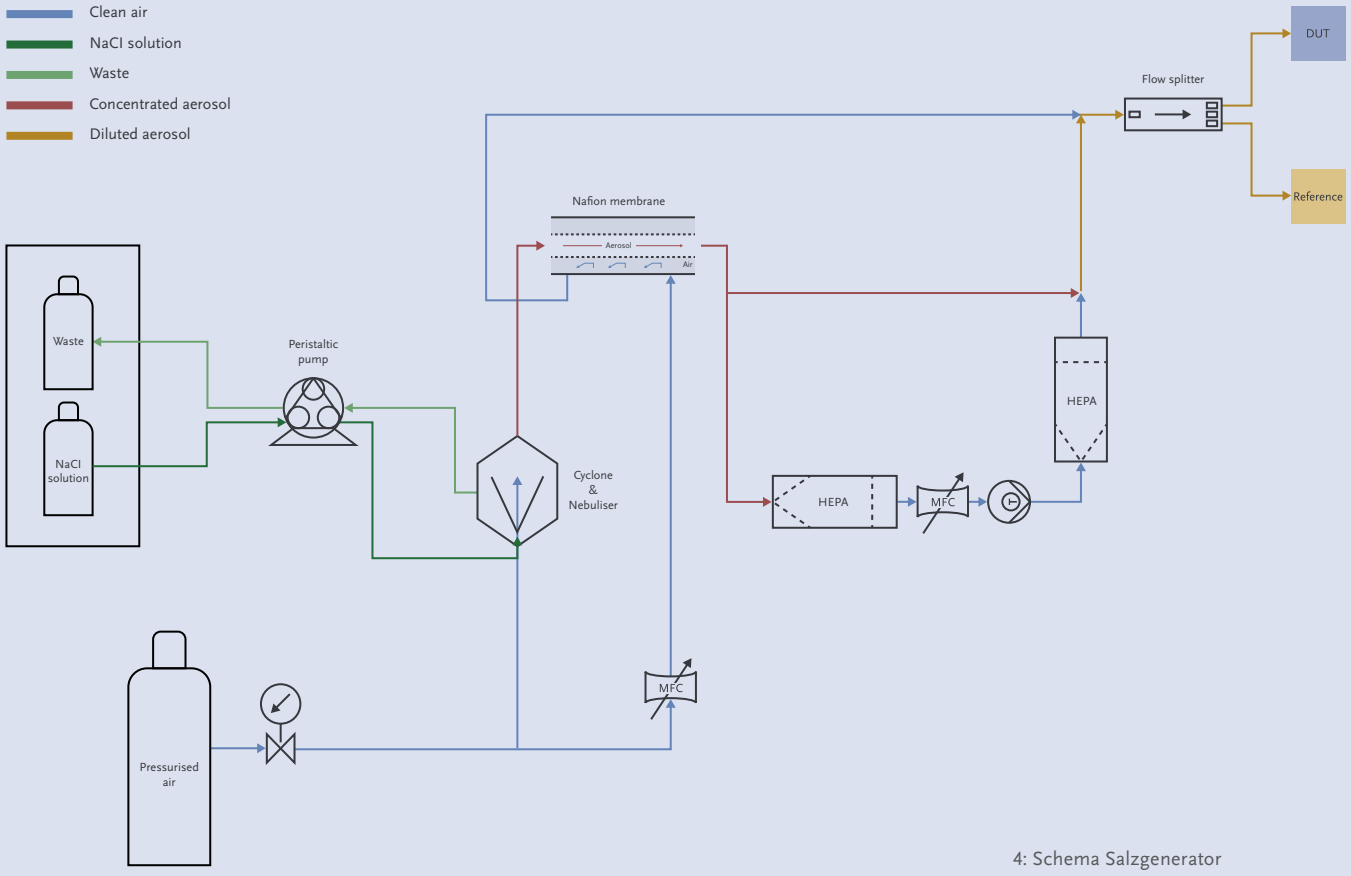


3: Mit dem inhouse entwickelten Splitter DV8 lassen sich sieben Messgeräte gleichzeitig kalibrieren und mit einem Referenzgerät vergleichen.

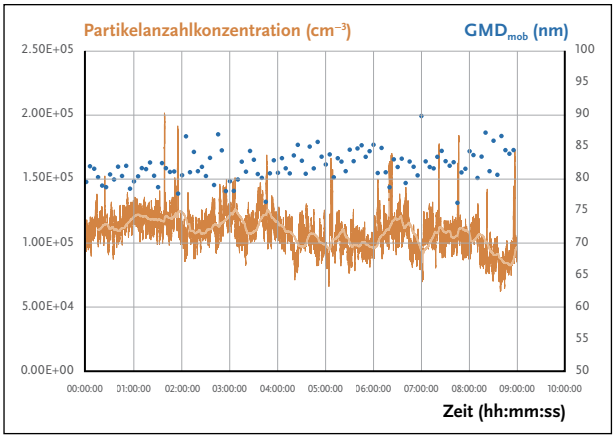
wickelt es immer wieder Prüfverfahren für neue Messtechnologien und für die Durchführung von Bauartprüfungen. Diese werden nach internationalen Richtlinien (z.B. ISO-Normen) durchgeführt, sofern diese anwendbar sind. Fehlen Messverfahren, müssen Prüfmethoden entwickelt werden, um sicherzugehen, dass die grundlegenden Anforderungen erfüllt werden. Das heisst, das Gerät muss richtig messen, auch bei mechanischem Schock und Vibrationen, unter elektromagnetischer Strahlung und in einem vorgegebenen Druck- und Temperaturbereich. Da bei diesen Prüfungen grundsätzlich nur der Einfluss der jeweiligen Störung (z.B. kalte Umgebungstemperatur) geprüft wird, spielt das Aerosolmaterial eine untergeordnete Rolle. Bei der Bauartprüfung kann aus diesem Grund auch auf ungiftiges Kochsalzaerosol zurückgegriffen werden.

Luft, Wasser, Salz mit Technik und Know-how

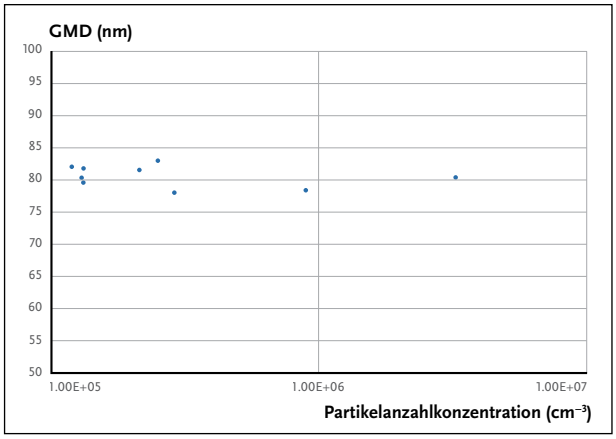
Im Salzaerosolgenerator des METAS zerstäubt Druckluft eine definierte Salzlösung und bildet dadurch einen feinen Nebel. Das Wasser verdunstet, das Salz bleibt in einem Aerosol zurück. Die technische Umsetzung (Abb. 4) ist dennoch anspruchsvoll: Eine definierte Kochsalzlösung wird mit einem Meinhard-Zerstäuber in einen Fliehkraftabscheider (Cyclone) zerstäubt. Dabei werden die Salzkristalle aerosolisiert und grössere Wassertropfen abgeschieden. Anschliessend wird das Aerosol über eine Nafion-Membran geleitet. Das teflonähnliche Material trocknet das Aerosol auf eine relative Feuchtigkeit von <15 % rF, bevor es verdünnt wird. Bei dieser Verdünnungsstufe leitet man einen Teil des Aerosols über einen Schwebstofffilter (HEPA), um anschliessend dem Aerosolstrom wieder zugeführt zu werden. Bei der zweiten Verdünnungsstufe wird partikelfreie Luft zugemischt und über einen Aerosol-Splitter (Abb. 3) den Messgeräten zugeführt.



4: Schema Salzgenerator



5: Gute Stabilität über Zeit bezüglich der Anzahlkonzentration (Standardabweichung 14 %) und des mittleren geometrischen Mobilitätsdurchmessers GMD_{mob} (Standardabweichung 3 %).



6: Die Kombination der zwei Verdünnungsstufen lässt einen grossen Partikelanzahlkonzentrationsbereich zu. So können Partikelanzahlkonzentrationen zwischen 10 000 cm^{-3} und 4 000 000 cm^{-3} generiert werden, ohne dabei die Grössenverteilung signifikant zu ändern.

Kontrolliert werden kann die Partikelgrösse einerseits über die Konzentration der Salzlösung, andererseits über das sogenannte Agglomerationsvolumen. Das Agglomerationsvolumen entspricht dem Volumen zwischen Zerstäuber und Verdünnungsstufe. Während das hochkonzentrierte Aerosol diesen Raum mit definiertem Volumen durchläuft, prallen die einzelnen Partikel aneinander und wachsen. Sobald das Aerosol verdünnt ist, wird dieses Wachstum gestoppt, da zu wenige Partikel ineinanderprallen können.

Die Kombination der zwei Verdünnungsstufen lässt einen grossen Partikelanzahlkonzentrationsbereich zu. So können Partikelanzahlkonzentrationen zwischen 10 000 cm^{-3} und 4 000 000 cm^{-3} generiert werden (Abb. 6), ohne dabei die Grössenverteilung signifikant zu ändern. Während eines Arbeitstages wird eine gute Stabilität bezüglich der Anzahlkonzentration erreicht (Standardabweichung 14 %). Die Änderung der Konzentration erfolgt sehr dynamisch und kann zum einen über die Menge des über den HEPA-Filter abgesogenen Aerosols, und zum anderen über die Menge der beigemischten partikelfreien Luft geregelt werden.

So können mit dieser Methode in den verschiedenen Labors des METAS Messungen gemacht werden, um die Tauglichkeit des Messgerätetyps zu prüfen.

Kontakt:
Kevin Auderset
Technischer Experte Labor Partikel und Aerosole
kevin.auderset@metas.ch
+41 58 387 06 48

Nanoparticules précises à partir de sel

Dans un moteur à combustion diesel, il suffit d'une fraction de seconde pour transformer une chaîne carbonée en dioxyde de carbone et eau. Par ailleurs, les moteurs modernes à injection haute pression libèrent des nanoparticules cancérigènes d'une taille inférieure à 100 nm. Par conséquent, on a ajouté le nombre de particules dans les gaz d'échappement comme mesure à l'homologation des véhicules. Auparavant, les réglementations fixaient une valeur limite pour la masse totale des particules de combustion émises par kilomètre. Dès le 1er janvier 2023, le législateur réformera ce système. METAS utilise depuis quelques années déjà une technologie de mesure du nombre de particules pour l'examen de type des appareils de mesure de particules. D'après la loi suisse, un examen de type sert de base à une autorisation de commercialisation.

Le nouveau générateur de sel facilite la vérification de ces appareils de mesure. Il permet de réaliser des mesures de particules non toxiques dans les laboratoires d'examen de type (chambre climatisée, EMC, vibration, etc.) sans produire des aérosols de suie cancérigènes.

Le générateur de sel produit une fine brume à base d'air comprimé et d'eau salée. L'eau s'évapore et le sel reste sous forme d'aérosols. On peut contrôler la taille des particules par la concentration de la solution saline et par ce qu'on appelle les volumes d'agglomération. Ainsi, le générateur produit une concentration de particules stable allant de 10 000 cm^{-3} à 3 000 000 cm^{-3}. Il est prêt pour la mesure.

Nanoparticelle definite fatte di sale

Quando il diesel viene bruciato in un motore, le catene di carbonio si trasformano in anidride carbonica e acqua in una frazione di secondo. Inoltre, i moderni motori con iniezione ad alta pressione producono nanoparticelle cancerogene, rilasciate in una gamma di dimensioni inferiori a 100 nm. Per questo motivo, il numero di particelle nel gas di scarico è stato introdotto come nuovo, ulteriore misurando per le prove del tipo dei veicoli. Le normative precedenti fissavano un valore limite per la massa totale di particelle di combustione emesse per chilometro. Tale sistema sarà modificato dal legislatore a partire dal 1° gennaio 2023. Per l'esame del tipo degli strumenti di misurazione delle particelle il METAS utilizza da diversi anni la tecnologia della misurazione delle particelle basata sul numero. Un esame del tipo costituisce la base per l'ammissione al mercato secondo il diritto svizzero.

Per testare tali strumenti di misurazione con nanoparticelle, il generatore di sale di nuova concezione offre la possibilità di effettuare misurazioni semplici e non tossiche di particelle nei laboratori di prova del tipo (camera climatica, CEM, vibrazioni, ecc.) – senza generare aerosol di fuliggine cancerogena.

Nel generatore di sale, l'aria compressa e l'acqua salata sono utilizzate per formare una nebbia fine; nel processo, l'acqua evapora e il sale rimane come aerosol. La dimensione delle particelle può essere controllata da un lato tramite la concentrazione della soluzione salina e dall'altro tramite il cosiddetto volume di agglomerazione. In questo modo, il generatore consente una concentrazione del numero di particelle stabile tra 10 000 cm^{-3} e 3 000 000 cm^{-3} ed è pronto per il passaggio alle concentrazioni del numero di particelle.

Defined salt nanoparticles

When diesel is burned in an engine, carbon chains turn into carbon dioxide and water in fractions of a second. In addition, carcinogenic nanoparticles are produced in modern engines with high-pressure injection systems and discharged in a size range below 100 nm. Therefore, the number of particles in exhaust fumes was introduced as a new, additional measure for the type testing of vehicles. Previous regulations set a limit for the total mass of combustion particles emitted per kilometre. This system will be amended by the legislator from January 1, 2023. METAS has been using the number-based particle measurement technology for several years for the type examination of the particle measuring devices. A type examination forms the basis for market authorisation according to Swiss law.

In order to test such measuring instruments with nanoparticles, the newly developed salt generator offers the possibility to perform simple and non-toxic particle measurements in the laboratories of the type examination (climatic chamber, EMC, vibration, etc.) – without generating carcinogenic soot aerosol particles.

In the salt generator, a fine mist is formed with compressed air and salt water, the water evaporates and the salt remains as an aerosol. The particle size can be controlled on the one hand by the concentration of the saline solution, and on the other hand by the agglomeration volume. This enables the generator to achieve a stable particle number concentration of between 10 000 cm^{-3} and 3 000 000 cm^{-3} and makes it ready for conversion to the particle number concentrations.

Weiterbildungskurse Metrologie 2022

Grundlagen der Messunsicherheit

Der Kurs ermöglicht den Teilnehmerinnen und Teilnehmern, ihren Messprozess selbstständig zu analysieren und eine fundierte und normenkonforme Messunsicherheitsbilanz zu erstellen. Die Theorie wird anhand eines physikalischen Experiments in die Praxis umgesetzt.

Datum: 5./6. September 2022

Messunsicherheit in der analytischen Chemie und Biologie

Der Kurs ermöglicht den Teilnehmerinnen und Teilnehmern, Messungen nach metrologischen Grundsätzen zu beurteilen, und hilft dabei, den eigenen Messprozess zu modellieren sowie eine fundierte und normenkonforme Messunsicherheitsbilanz aufzustellen.

Datum: 30./31. August 2022

Principes de base en incertitude de mesure

Les participants sont capables d'analyser de manière indépendante leur processus de mesure et de réaliser un bilan d'incertitude de mesure correct et conforme aux normes. La théorie est mise en pratique au travers d'une expérience physique.

Date: 7 et 8 septembre 2022

Calcolare la velocità media percorsa sulle registrazioni video

Il corso utilizza esempi pratici per trattare l'analisi dei tempi di percorrenza per determinare la velocità di marcia di veicoli visibili nelle registrazioni video. Vengono discusse varie possibili fonti di errore e viene trattata la considerazione dell'incertezza di misura. I partecipanti ricevono gli strumenti software utilizzati dall'istruttore del corso e hanno l'opportunità di applicarli ad esempi pratici in auto-apprendimento tra le sessioni.

Date: 9 settembre 2022 (online)
16 settembre 2022 (online)
23 settembre 2022 (presso il METAS)

VNA Tools training course

VNA Tools is a free software developed by METAS for measurements with the Vector Network Analyzer (VNA). The software facilitates the tasks of evaluating measurement uncertainty in compliance with the ISO-GUM and vindicating metrological traceability. The software is available for download at www.metas.ch/vnatools. The three day course provides a practical and hands-on lesson with this superior and versatile software.

Dates: November 1 to November 3, 2022
(VNA expert day on November 4, 2022)
March 15 to March 17, 2022
(Location: Beaverton OR, USA)

Weitere Informationen und Hinweise zur Anmeldung finden Sie auf unserer Internetseite (www.metas.ch/kurs). Für zusätzliche Informationen zum Kursangebot wenden Sie sich an: sekretariat@metas.ch oder Telefon 058 387 01 11

Vous trouverez d'autres renseignements et remarques sur l'inscription sur notre site Internet (www.metas.ch). Pour tout complément d'information sur l'offre de cours, veuillez vous adresser à: sekretariat@metas.ch ou au 058 387 01 11

METAS-Seminare

Im METAS finden in regelmässigen Abständen Seminare mit Vorträgen zu Themen aus dem Umfeld der Metrologie statt. Diese Seminare finden in der Regel um 10.00 Uhr an einem Mittwoch im Konferenzraum des METAS (HB 30, 1. Stock) statt. Die Vorträge werden auf Deutsch, Französisch oder Englisch gehalten (jeweils in der Sprache des Vortragstitels). Interessenten sind herzlich zu diesen Seminaren eingeladen. Für den Besuch ist eine Anmeldung nicht nötig. Informationen zu den METAS-Seminaren finden sich ebenfalls auf unserer Internetseite (www.metas.ch/seminar).

Séminaires METAS

Des séminaires consistant en exposés sur des thèmes relatifs à la métrologie se déroulent régulièrement à METAS, généralement un mercredi, à 10 h 00 dans la salle de conférence (HB 30, 1er étage). Les exposés sont présentés en allemand, français ou anglais (respectivement dans la langue du titre de l'exposé). Toute personne intéressée est bienvenue à ces séminaires, et il n'est pas nécessaire de s'inscrire. Pour toute information utile, veuillez consulter notre site internet (www.metas.ch/seminar).

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