The background is a dark blue gradient. On the left side, there are several semi-transparent, light blue hexagons of varying sizes scattered across the space. On the right side, there are several fiber optic cables extending upwards from the bottom. The cables are bundled together at the bottom and then fan out. Each individual fiber within the cables is illuminated from the bottom, creating a rainbow-like spectrum of colors (red, orange, yellow, green, blue, purple) that fades into the dark blue background as they rise. The tips of the fibers are slightly blurred, suggesting motion or light refraction.

Das METAS im Jahr
2022



Titelbild: Glasfaserkabel stark vergrössert
(vgl. Beitrag S. 16/17)

Impressum

Der Bericht gibt einen Überblick über die Tätigkeiten des METAS im Jahr 2022.



Informationen
zu weiteren
Jahresberichten

Finanzen:

Die Seiten 26 und 27 dieses Berichts enthalten Angaben zum Jahresabschluss des METAS per 31. Dezember 2022. Die Jahresrechnung 2022 ist zusammen mit dem Bericht der Revisionsstelle auf www.metas.ch publiziert.

Herausgeber/Redaktion:

Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS
Kundenbetreuung und Kommunikation
Lindenweg 50
3003 Bern-Wabern
kommunikation@metas.ch
www.metas.ch

Textredaktion:

Sabine Graf, Bern
www.sabinegraf.ch

Konzept und Realisation:

Casalini Werbeagentur AG, Bern
www.casalini.ch

Sprachen:

Deutsch, Französisch, Italienisch
Englisch nur online

Bildnachweis:

METAS, wenn nicht anders vermerkt

Copyright:

Das Copyright liegt beim METAS.
Der Abdruck von Artikeln ist mit Quellenangabe gestattet. Bitte schicken Sie ein Belegexemplar an die Redaktionsadresse.

Ausgabe:

Mai 2023

Editorial

Gut aufgestellt für die Herausforderungen von morgen

Das Eidgenössische Institut für Metrologie METAS engagiert sich in internationalen Organisationen der Metrologie, um auch morgen seine Aufgaben als Kompetenzzentrum des Bundes für alle Fragen rund um das Messen in hoher Qualität erfüllen zu können. Indem wir uns in technischen Fachkomitees mit Kolleginnen und Kollegen anderer nationaler Metrologieinstitute vernetzen und mit ihnen zusammenarbeiten, können wir den Herausforderungen des technologischen Wandels begegnen – denn dieser macht auch vor der Metrologie nicht halt.

Im vergangenen Jahr konnten wir unsere Vision METAS 2025 weiter konsequent umsetzen: Neu geschaffene Strukturen ermöglichen es uns, den Anforderungen unserer Auftraggeberinnen und Auftraggeber sowie unserer Kundinnen und Kunden künftig noch besser gerecht zu werden. Mit dem neu konzipierten Forschungs- und Entwicklungsprogramm sind wir in der Lage, auch in Zukunft zur Weltspitze der Metrologieinstitute zu gehören. Der neu geschaffene Bereich Kundenbetreuung und Kommunikation arbeitet daran, die Tätigkeiten des METAS bei Kundinnen und Kunden sowie in der breiten Öffentlichkeit fassbarer und bekannter zu machen. Denn wir alle kommen tagtäglich mit dem Thema «Messen» in Berührung: sei es, weil wir uns darauf verlassen müssen, dass das Gewicht der gewogenen Ware dem entspricht, was auf der Packung steht, oder dass der Elektrozähler zu Hause auch die tatsächlich bezogene Energie anzeigt.

Ich freue mich, Ihnen im Rahmen dieses Jahresberichts einen Einblick in einige der vielfältigen Aufgaben, Dienstleistungen und Forschungsprojekte des METAS zu geben.

Dr. Philippe Richard
Direktor Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS



3	Editorial
4	Vorwort
6	Highlights
8	Das METAS in Zahlen
10	Forschung und Entwicklung
12	Energie und Mobilität
14	Gesundheit und Life Sciences
16	Grundlagen und neue Technologien
18	Industrie
20	Umwelt, Klima und natürliche Ressourcen
22	Internationale Zusammenarbeit
24	Soziale und ökologische Verantwortung
26	Bilanz und Erfolgsrechnung
28	Publikationen und Vorträge

Vorwort

Forschung und Entwicklung sind das A und O

Forschung und Entwicklung sind für ein nationales Metrologieinstitut strategisch zentral. Damit das METAS auch in Zukunft mit seiner metrologischen Infrastruktur und seinen Dienstleistungen an der Spitze mit dabei sein kann, müssen bei der Ausrichtung von Forschung und Entwicklung die richtigen Schwerpunkte gesetzt werden.



Der Institutsrat (von links): Prof. Dr. Sonia Isabelle Seneviratne; Dr. Ursula Widmer, Vizepräsidentin; Dr. René Lenggenhager; Dr. Matthias Kaiserswerth, Präsident; Roger Siegenthaler; Prof. Dr. med. Alessandra Curioni-Fontecedro.

Mit der Lancierung des Forschungs- und Entwicklungsprogramms 2023+ (FP23+) werden die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, damit das METAS auch in Zukunft eine moderne metrologische Infrastruktur bereitstellen und sich seine Position als «bestes kleines Metrologieinstitut» im internationalen Wettbewerb erhalten kann.

Das Programm teilt sich auf in fünf Themenfelder: 1) Energie und Mobilität; 2) Gesundheit und Life Sciences; 3) Grundlagen und neue Technologien; 4) Industrie; 5) Umwelt, Klima und natürliche Ressourcen. Konkretisiert werden diese Themenbereiche in 18 Handlungsfeldern. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des METAS können in den jeweiligen Handlungsfeldern Projekte vorschlagen und sich damit um Forschungsgelder bewerben. Bemerkenswert ist an diesen Handlungsfeldern, dass die Herausforderungen in der Regel nur durch interdisziplinäre Teams angegangen werden können, die sich aus den verschiedenen Bereichen des METAS zusammensetzen. Mehr über FP23+ erfahren Sie auf den Seiten 10 und 11 des vorliegenden Berichtes.

Im November 2022 hat der Bundesrat Roger Siegenthaler für den Rest der Amtsperiode bis Ende 2023 als neues Mitglied des Institutsrats gewählt. Mit Roger Siegenthaler konnte eine ausgewiesene Fachperson für den Institutsrat gewonnen werden. Er kennt das METAS bereits aus eigener Erfahrung, war er doch vor vielen Jahren selbst als technischer Experte im METAS tätig. Heute leitet er ein Unternehmen im Bereich der Mikrotechnik. Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit mit Roger Siegenthaler.

Im Dezember hat der Institutsrat zudem Dr. Fabiano Assi als neuen Leiter der Abteilung Physik und Mitglied der Geschäftsleitung auf den 1. Januar 2023 gewählt. Es freut mich, dass wir eine interne Fachperson für diese Stelle gewinnen konnten. Meine Kolleginnen, Kollegen und ich freuen uns darauf, zusammen mit der Geschäftsleitung in der neuen Zusammensetzung die strategische Leitung des METAS weiter wahrnehmen zu können.

Der Institutsrat
Dr. Matthias Kaiserswerth, Präsident

Highlights

Das Eidgenössische Institut für Metrologie METAS hat im Jahr 2022 einige Highlights erlebt, die nicht nur aus wissenschaftlicher und messtechnischer Sicht für Aufsehen sorgten.

26. Januar 2022



Nach der erfolgreichen Entwicklung der Kibble-Waage nahm das METAS am internationalen Vergleich zur Massenrealisierung teil. Damit sicherte sich das METAS den Zugang zum exklusiven Club der Metrologieinstitute, die in der Lage sind, das Kilogramm zu realisieren. Erfahren Sie mehr dazu auf den Seiten 16 und 17.

13. Juni 2022



Als Zeichen der Wertschätzung und des Dankes für die unter schwierigen Umständen geleistete Arbeit während der COVID-19-Pandemie wurden am 13. Juni 2022 alle Mitarbeitenden zu einem Ausflug ins Berner Oberland eingeladen.

15. September 2022

Unter dem Motto «Dynamik in der Metrologie für den Strassenverkehr» hat das METAS gemeinsam mit der Universität Freiburg am 15. September 2022 zu einer Fachtagung nach Wabern eingeladen. Rund 100 Fachexpertinnen und -experten setzten sich mit Fragen rund um den sich verändernden Individualverkehr auseinander. Im Zentrum standen dabei insbesondere das automatisierte Fahren und die Nutzung von künstlicher Intelligenz, aber auch Themen wie Data Recording und digitale Spurensuche bei einem Unfall.



19. September 2022



© Eidgenössische Münzstätte Swissmint

Ursprünglich eine alte Münzstätte mit Münztor am Gerbergraben in Bern – heute das Eidgenössische Institut für Metrologie METAS mit insgesamt 15 metrologischen Labors und 3 technischen Bereichen in Wabern. Am 19. September 1862 beschloss der Bundesrat die Errichtung einer Eidgenössischen Eichstätte und legte damit den Grundstein für das heutige Institut. 160 Jahre später ist kaum vorstellbar, dass bis dahin das Messwesen vollständig in der Kompetenz der Kantone lag. Zum Umdenken bewog den Bundesrat damals ein Bericht des Physikers und Astronomen Heinrich Wild von der Universität Bern, der 1861 dem eidgenössischen Departement des Innern empfahl, eine eidgenössische Normaleichstätte zu errichten und die Urmasse gründlich zu reformieren.

1. Januar 2023



Die zwei nationalen Referenzlabore für durch Lebensmittel übertragbare Viren und gentechnisch veränderte Organismen in Lebensmittel wechselten per 1. Januar 2023 vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) ins Eidgenössische Institut für Metrologie METAS. Mit dem Wechsel kamen sieben Mitarbeitende neu zum METAS. Am 16. November 2022 informierte der Bundesrat über den Transfer und die entsprechende Änderung der Verordnung über das Eidgenössische Institut für Metrologie (EIMV). Der Zusammenschluss der Labore dient dem Aufbau eines nationalen Zentrums für analytische Kompetenz und Referenzen im Bereich Lebensmittelsicherheit und Ernährung. Weiterführende Informationen finden Sie auf den Seiten 14 und 15.

Das METAS in Zahlen

Vollzug des Messgesetzes

Das METAS sorgt für die Einhaltung des Metrologierechts in der Schweiz.

Ein Auszug aus den geprüften Messmitteln und Messverfahren.

Prüfungen durch die Kantone

- 48 500** Eichungen von Waagen
- 21 700** Eichungen von Messmitteln für Flüssigkeiten ausser Wasser
- 14 000** Kontrollen von Fertigpackungen / geprüfte Lose

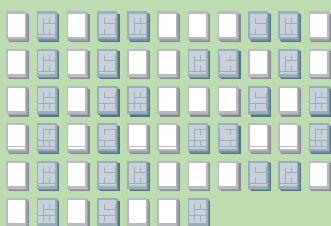
Prüfungen durch die Eichstellen

- 1 100 000** Elektrizitätszähler / Messwandler

Prüfungen und Audits durch das METAS

- 3 500** Atemalkoholmessmittel
- 180** durchgeführte Audits und Inspektionen
- 4 000** Strassenverkehrsmessmittel (Rotlicht- und Geschwindigkeitsmessmittel)

Forschung und Entwicklung



62 wissenschaftliche Publikationen

3 angemeldete Patente



Sprachen

17,3%
Französisch

3,0%
Italienisch

79,7%
Deutsch

2
Mitarbeiter

Finanzen

53,1 Mio
Ertrag

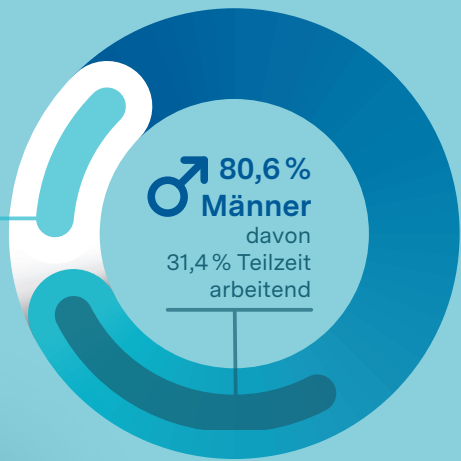


Mitarbeitende

20
Lernende

6
Hochschul-
praktikantinnen
und -praktikanten

♀
19,4 %
Frauen
davon
67,4 % Teilzeit
arbeitend



Auszubildende



Informatikerin
und Informatiker
Plattformentwicklung



Elektronikerin
und Elektroniker



Mediamatikerin
und Mediamatiker



BM-Praktika
zur KV-Ausbildung



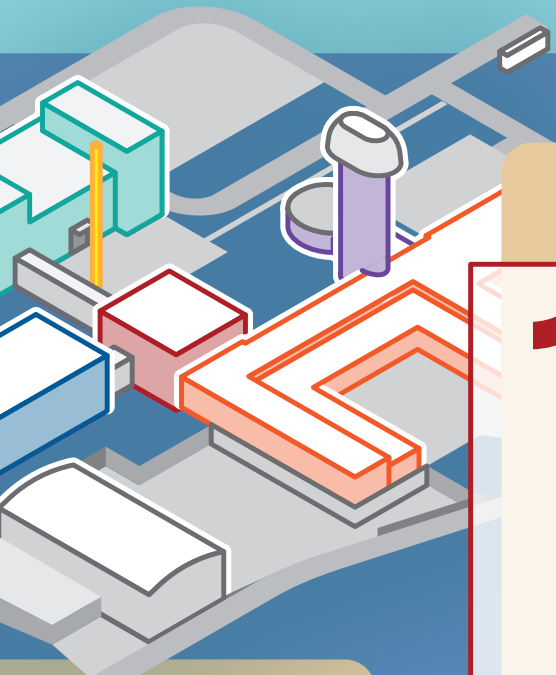
ICT-Fachfrau
und Fachmann



Physiklaborantin
und Physiklaborant



Chemielaborantin
und Chemielaborant



Dienstleistungen

15
metrologische
Labore

- 4 Labore im Bereich Elektrizität:
Gleichstrom und Niederfrequenz |
Elektrische Energie und Leistung |
Hochfrequenz | Elektromagnetische
Verträglichkeit
- 3 Labore im Bereich Länge, Optik und Zeit:
Länge, Nano- und Mikrotechnik | Optik |
Photonik, Zeit und Frequenz
- 3 Labore im Bereich mechanische Grössen
und ionisierende Strahlung:
Masse, Kraft, Druck und Vibration |
Durchfluss und Hydrometrie | Ionisierende
Strahlung
- 5 Labore im Bereich chemische und
biologische Metrologie:
Gasanalytik | Partikel und Aerosole |
Anorganische Analytik und Referenzen |
Organische Analytik und Referenzen |
Biologische Analytik und Referenzen

6400
Messinstrumente

- 1 Bereich Eichungen
und Prüfungen
mit drei Teams:
Strassenverkehr | Akustik |
Audiometrie
- 1 Bereich chemische Prüfungen
und Beratungen mit zwei Teams:
Analyse / Prüfung | Beratung
- 1 Bereich Messnetze
mit drei Teams:
Qualität
und Unterhalt |
Software |
Interventionen
und Installation

3

technische Bereiche

55,0 %
Gewinn
Selbstfinanzungsgrad

1,2 Mio.

Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm 2023+

Technologische Fortschritte und neue gesellschaftliche Herausforderungen machen es notwendig, auch die metrologischen Grundlagen stetig weiterzuentwickeln. Forschung und Entwicklung sind für das METAS daher unabdingbar – sie bilden die Basis für eine nachhaltige Weiterentwicklung.

Vertrauenswürdige und vergleichbare Messungen bilden die Grundlage für unsere moderne Gesellschaft, denn heutige Technologien sind ohne zuverlässige Metrologie undenkbar. Im Takt der technologischen Entwicklung muss sich daher auch die Metrologie laufend weiterentwickeln.

Die Leitlinien für die Forschung am METAS in den kommenden Jahren liefert das Forschungs- und Entwicklungsprogramm 2023+ (FP23+). Es verfolgt das Ziel, dafür zu sorgen, dass das METAS weiterhin eine moderne metrologische Infrastruktur in der Schweiz bereitstellen kann. Das FP23+ ordnet die Forschungstätigkeit nach den folgenden fünf Themenfeldern:

- 1) *Energie und Mobilität,*
- 2) *Gesundheit und Life Sciences,*
- 3) *Grundlagen und neue Technologien,*
- 4) *Industrie* sowie
- 5) *Umwelt, Klima und natürliche Ressourcen.*

Die METAS-Expertinnen und -Experten aus dem jeweiligen Fachgebiet führten in jedem dieser fünf Themenbereiche Umfeldanalysen durch. Sie berücksichtigen dabei den Stand der Wissenschaft und der Technologie, die strategischen Richtlinien des Bundes sowie die Trends und Erwartungen der Stakeholder. Daraus werden im Anschluss die metrologischen Handlungsfelder identifiziert.

Die fünf Themen und ihre Handlungsfelder

Der Themenbereich *Energie und Mobilität* erarbeitet messtechnische Lösungsansätze für die Fragen der Energiewende und befasst sich mit den metrologischen Fragestellungen beim automatisierten Fahren.

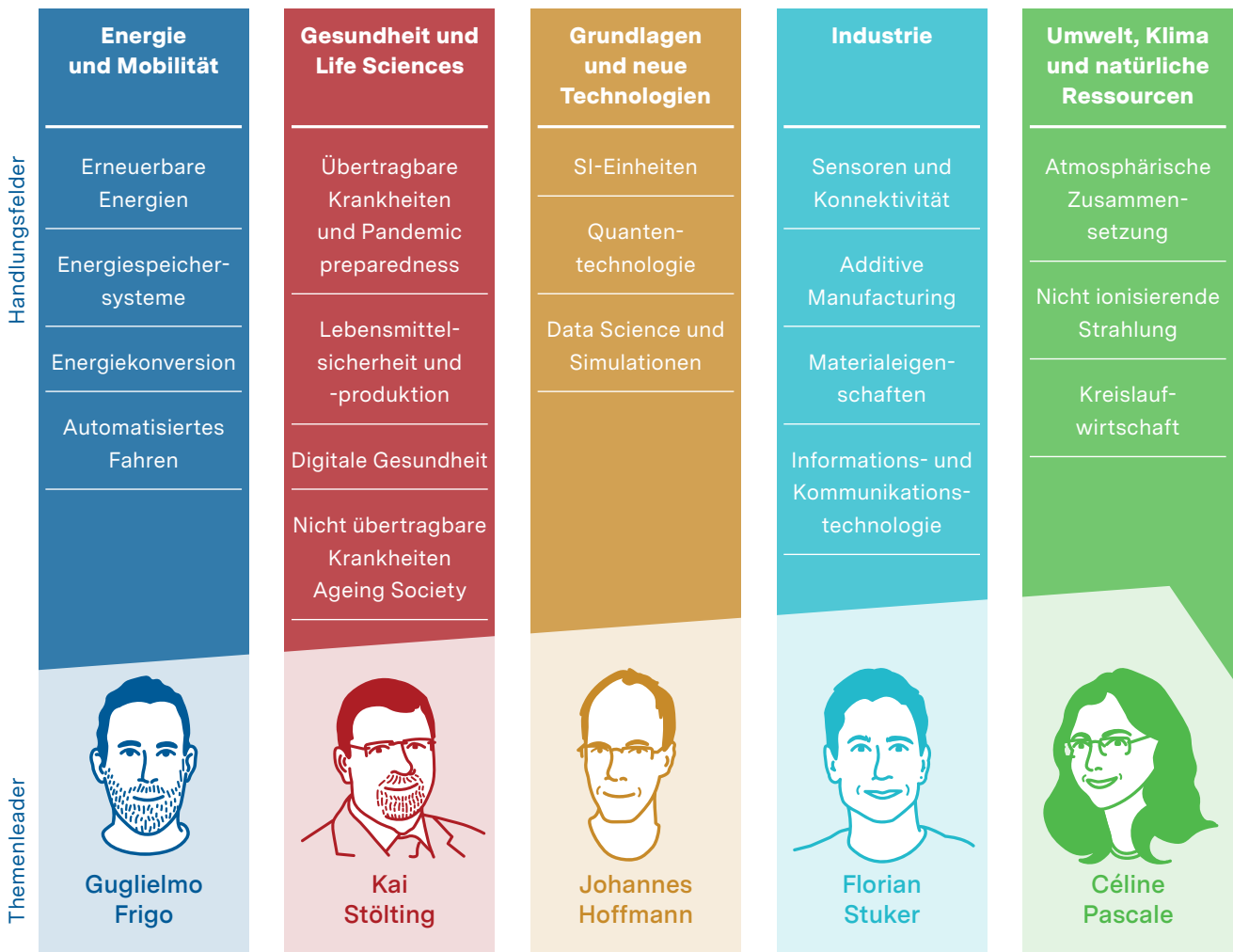
Im Themenbereich *Gesundheit und Life Sciences* stehen vergleichbare Labormessungen mit neuen analytischen und digitalen Methoden und deren Unsicherheiten im Zentrum des Interesses.

Im Themenbereich *Grundlagen und neue Technologien* gilt es, neue Primärrealisierungen der SI-Einheiten vorzubereiten und in Angriff zu nehmen. Zudem sollen die zwei neuen Gebiete Quantentechnologie und Data Science konkretisiert und weiterentwickelt werden.

Im Themenbereich *Industrie* stellen sich Fragen betreffend der Kalibrierung von Sensornetzwerken, Analytik von neuen Materialien sowie 3-D-Druckverfahren. Darüber hinaus befasst sich dieser Themenbereich mit Fragen der Messtechnik auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologien.

Übersicht über die Forschungs- und Entwicklungsthemen

Fünf Themen mit insgesamt 18 Handlungsfeldern steuern Forschung und Entwicklung am METAS in den kommenden Jahren.



Das Thema *Umwelt, Klima und natürliche Ressourcen* soll schliesslich einen Beitrag zum besseren Verständnis der atmosphärischen Zusammensetzung leisten. Zudem gilt es, den metrologischen Herausforderungen auf dem Gebiet der nicht ionisierenden Strahlung und in der Kreislaufwirtschaft zu begegnen.

Die insgesamt 18 Handlungsfelder stecken die Inhalte ab, die in Forschung und Entwicklung am METAS in den nächsten drei Jahren zu bearbeiten sind. In einem ersten Schritt werden die Handlungsfelder durch entsprechende Projektvorschläge aus den Labors konkretisiert, anschliessend werden die Vorschläge durch die Expertinnen und Experten eines Themenbereiches evaluiert und bewilligt. ●

Europäische Partnerschaft zur Metrologie (EPM)

Die Europäische Partnerschaft zur Metrologie (EPM) wurde 2021 im Rahmen des Forschungsprogrammes Horizon Europe ins Leben gerufen. Mit der EPM sollen die finanziellen und institutionellen Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit die Metrologie den neuen Herausforderungen von Gesellschaft und Industrie erfolgreich begegnen kann. Dabei liegen die Forschungsschwerpunkte auf den Themen Green Deal, Gesundheit, Digitalisierung, Integrierte Europäische Metrologie, Standardisierung und Exploration. Aufgrund der Nichtassoziation der Schweiz mit Horizon Europe ist das METAS lediglich EPM-Mitglied ohne Projektleitungskompetenz; die Finanzierung der Schweizer Beteiligten erfolgt direkt durch die Schweiz.

A photograph of a wind farm at sunset. The sky is a mix of orange, pink, and blue. In the foreground, a large blue diagonal shape overlaps the image, containing white text. In the background, several wind turbines are visible, and in the lower right, a field of solar panels is partially visible.

Energie und Mobilität

Forschungsprojekte zur Unterstützung der Energiewende

Die Energiewende verlangt nach praktischen Anwendungen für die Industrie und die Gesellschaft von morgen. Auch das METAS leistet einen entsprechenden Beitrag, indem es die nötige metrologische Infrastruktur und Kompetenz entwickelt.

Die Europäische Partnerschaft zur Metrologie (EPM) ist ein Förderprogramm, das darauf abzielt, bis 2030 ein nachhaltiges und effektives Messsystem von Weltrang zu schaffen (siehe Seite 11). Im Elektrizitätsbereich soll das Förderprogramm die Einführung eines europaweit harmonischen Referenzverfahrens für die Stromnetze der Energiewende ermöglichen.

Herausforderungen rund um elektrische Energie bei Windenergieanlagen

Eine für die Praxis relevante Herausforderung stellt sich dem METAS im Bereich der Kalibrierung von Gondelprüfständen bei Windenergieanlagen. Bei der sogenannten Gondel handelt es sich um das quaderförmige Gehäuse, das sich hoch oben auf

dem Mast der Windenergieanlage befindet und mit dem drehenden Rotor verbunden ist. Sie wandelt mechanische in elektrische Energie um.

Seit dem Jahr 2020 beteiligt sich das METAS am Projekt «WindEFCY: Traceable mechanical and electrical power measurement for efficiency determination of wind turbines». Das Projekt wurde im Rahmen des Europäischen Metrologie-Forschungs- und Entwicklungsprogramms (EMPIR) lanciert. Es verfolgt das Ziel, die Wirkungsgradbestimmung von Windenergieanlagen zu verbessern. Um die Effizienz von Windenergieanlagen zu optimieren, ist eine vertrauenswürdige und effiziente Messung zwingend erforderlich. Bei einer Gesamtleistung einer modernen Windenergieanlage von 9 Megawatt



Gondelprüfstand:
Windenergieanlage
im Praxistest.
(© RWTH)

macht beispielsweise bereits eine Abweichung von 1 Prozent einen wesentlichen Unterschied, denn 1 Prozent reicht aus, um 175 Haushalte zu versorgen.

Gemeinsam mit anderen Metrologieinstituten trägt das METAS zu den Effizienzmessungen an den Gondelprüfständen der Windenergieanlagen der Fraunhofer-Gesellschaft und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) bei.

Messen für die zukünftige Mobilität: Wasserstoff-tankstellen eichen

Das Auftanken des eigenen Fahrzeugs ist eine fast alltägliche Aktivität, bei der man gleichzeitig mit dem Treibstofftanken eine kommerzielle Transaktion vornimmt. Eine Messanlage bestimmt die von der Zapfsäule gelieferte Menge Treibstoff, die wir schliesslich zu bezahlen haben. Damit sichergestellt wird, dass die Zapfsäulen verlässlich messen und die bezahlte Menge Treibstoff der bezogenen Menge entspricht, werden die Zapfsäulen regelmässig geeicht.

Da seit jüngerer Zeit zunehmend Wasserstoff als Treibstoff für Fahrzeuge genutzt wird, braucht es die entsprechenden Tankstellen – und auch diese müssen geeicht werden. Das METAS hat eine mobile Anlage entwickelt, um Tankstellen für Wasserstoff prüfen oder eichen zu können. Sie ist eine von wenigen Anlagen weltweit, die solche Messungen ermöglichen und damit das Vertrauen in eine korrekte Transaktion garantieren können. Im Sommer 2022 wurde das METAS von einer grossen internationalen Firma beauftragt, eine Wasserstofftankstelle in den Niederlanden mit seiner mobilen Referenzmessanlage für Wasserstoff zu eichen. Das Team des METAS reiste daher ins niederländische Emmen und führte die Messungen vor Ort erfolgreich durch – innerhalb eines Tages konnte die Tankstelle für den Verkauf freigegeben werden. ●



Teil der mobilen
Anlage für die Prüfung
von Wasserstoff-
tankstellen.

EPM-Ausschreibung 2022

Im Jahr 2022 belief sich der Beitrag der Europäischen Union für die EPM-Ausschreibung auf 45 Millionen Euro. Das METAS beteiligt sich an insgesamt sechs finanzierten Projekten, die verschiedene Themenbereiche abdecken. Sie reichen von neuen optischen Kalibrierungsmethoden für neue Beleuchtungssysteme bis hin zu Wasserstoffflussmessungen in Gasnetzen und -speichern.



Gesundheit und Life Sciences

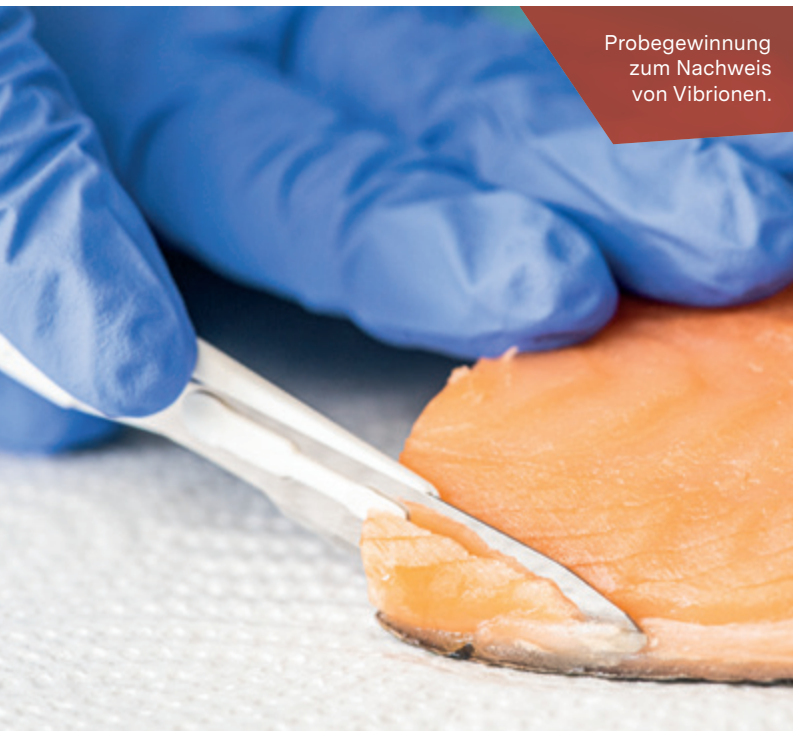
Schnell, sensitiv, präzise: besseres Messen für unsere Gesundheit

Das METAS bietet neben metrologischen ebenfalls analytische Dienstleistungen an und unterstützt europäische Forschungskonsortien wie auch Labore des Vollzugs. Auf Anfang 2023 wurden das nationale Referenzlabor für durch Lebensmittel übertragbare Viren und das nationale Referenzlabor für gentechnisch veränderte Organismen in Lebensmitteln in das METAS integriert.

Qualitativ hochwertige Messungen sind essenziell, um Erkrankungen zu diagnostizieren. Je sensibler diese Messmethoden sind, umso schneller können auch seltene Erreger bestimmt und zeitkritische Erkrankungen behandelt werden. Nachweismethoden wie die digitale Polymerase-Kettenreaktion (dPCR) sind dafür zentral. Sie erlauben es, auch seltenes genetisches Ausgangsmaterial zu vervielfältigen, und erleichtern so die Diagnosestellung. Die quantifizierende dPCR ist bereits seit einigen Jahren am METAS im Einsatz.

Schneller und genauer: Sepsisdiagnostik im Projekt SEPTIMET

Sepsis ist eine lebensbedrohliche Entzündungsreaktion, deren Behandlungserfolg unter anderem davon abhängt, wie viel Zeit bis zur Diagnosestellung vergeht. Im Rahmen des Projekts SEPTIMET entwickelten Forscherinnen und Forscher Referenzsysteme für diagnostische Tests und unterstützen Diagnostikhersteller dabei, Schnelltests für die Sepsisdiagnostik zu entwickeln. Das METAS trug in diesem Zusammenhang dazu bei, molekularbiologische Detektionssysteme für den dPCR-basierten



Probegewinnung zum Nachweis von Vibrionen.

Erregernachweis zu entwickeln und anzuwenden. Darüber hinaus erarbeitete das Institut methodisch-konzeptionelle Vorschläge zur Umsetzung von ISO-Vorschriften, wobei es den Fokus auf die metrologische Rückführbarkeit legte.

Hochgenau und sensitiv: Zusammenarbeit zum Nachweis von Vibrionen

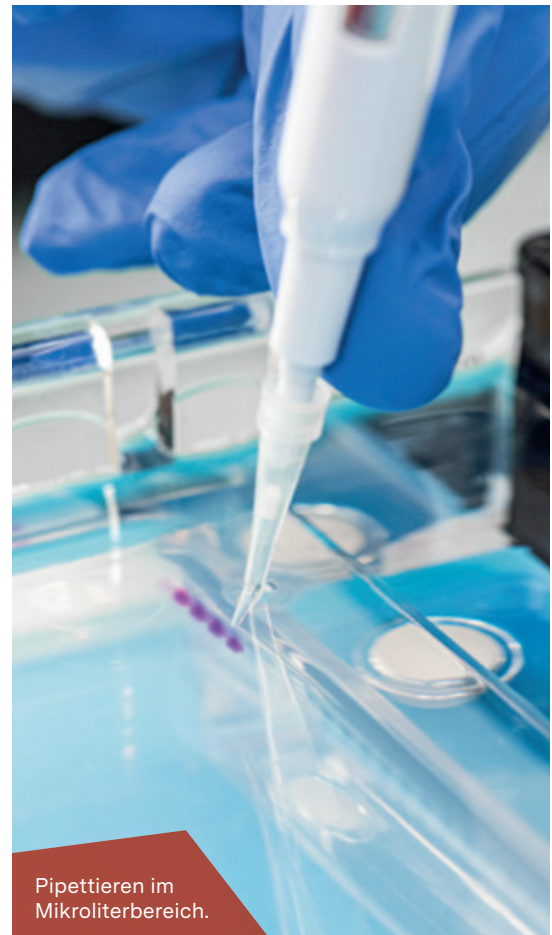
In Küstennahem, warmem Meerwasser finden sich teilweise humanpathogene Bakterien der Gattung *Vibrio*. Wer mit Vibrionen verunreinigte Meeresfrüchte und Fische konsumiert, kann an einer Magen-Darm-Entzündung (Gastroenteritis) erkranken. Es ist deshalb zentral, dass sich allfällige Vibrionen auf Meeresfrüchten feststellen lassen, wobei sowohl die Art des Erregers als auch dessen Verbreitungsgrad von Bedeutung sind. In Zusammenarbeit mit den biologischen Laboratorien des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) ist es gelungen, Vibrionen mithilfe moderner Hochdurchsatz-Sequenzierverfahren in DNA-Extrakten zu identifizieren. Das METAS konzipierte hierfür eine Reihe von Referenzmaterialien, die mittels dPCR charakterisiert und beim Nachweis von Vibrionen sowie für deren Quantifizierung angewendet wurden.

Erweitertes Angebot: zwei weitere nationale Referenzlaboratorien am METAS

Kantonale Laboratorien und Verbraucherschutzämter prüfen die Lebensmittel des Schweizer Marktes auf gesundheitliche Unbedenklichkeit und Geset-

zeskonformität. Um die für solche Kontrollen notwendigen Untersuchungen durchführen zu können, braucht es vergleichbare Messverfahren. Dafür sorgen die nationalen Referenzlaboratorien. Sie stellen sicher, dass die Analysen nach international standardisierten Methoden erfolgen, und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Lebensmittelsicherheit.

Seit dem 1. Januar 2023 sind das nationale Referenzlabor für durch Lebensmittel übertragbare Viren und das nationale Referenzlabor für gentechnisch veränderte Organismen in Lebensmitteln in das METAS integriert. Die beiden Referenzlaboratorien wurden in das neu geschaffene Labor für Biologische Analytik und Referenzen überführt und werden auch künftig ihre bisherigen Tätigkeiten beibehalten. Sie entwickeln und validieren unter anderem neue Nachweismethoden und wirken bei Untersuchungskampagnen mit eigenen Analysen mit. ●



Pipettieren im Mikroliterbereich.



Grundlagen und neue Technologien

Verbreitung von hochgenauen optischen Frequenzen und Kibble-Waage

Das METAS hat ein Prototypsystem aufgebaut, um Referenzfrequenzen hundertmal präziser über ein herkömmliches Glasfasernetz zu verbreiten. Ein zweiter Erfolg ist, dass mit der Kibble-Waage am METAS in einer Messkampagne erfolgreich ein 1-kg-Massennormal kalibriert wurde. Beides erlaubt Forschenden und in einem nächsten Schritt auch der Industrie, in neue Sphären der Messgenauigkeit einzudringen.

In Zusammenarbeit mit Forschungsgruppen der Universität Basel und der ETH Zürich sowie der Stiftung SWITCH hat das METAS ein Prototypsystem aufgebaut, mit dem sich hochpräzise optische Frequenzen über ein herkömmliches Glasfasernetz Hunderte von Kilometern übertragen lassen. Dies ermöglicht, die Referenzfrequenz der Atomuhren am METAS über das Glasfasernetz an Forschungslabors in Basel und Zürich zu senden. Ein ausgeklügeltes Rauschkorrekturverfahren korrigiert allfällige Störungen, die durch äussere Einflüsse wie Temperaturschwankungen, Vibrationen oder auch seismische Ereignisse verursacht werden. Die Besonderheit dieses Netzes liegt darin, dass die optische Referenzfrequenz in einen ungenutzten Frequenzkanal eingespeist wird, der weit vom nor-

malen Datenverkehr entfernt ist. Damit kann die optische Frequenz zusammen mit dem herkömmlichen Datenverkehr in der gleichen Faser ohne gegenseitige Störung übermittelt werden. Finanziert wurde das Projekt durch den Schweizerischen Nationalfonds.

Hochpräzisionsspektroskopie: hundertmal genauer

Dank der Übertragung verfügen die Forschenden der Universität Basel und der ETH Zürich über eine neue hochpräzise METAS-Referenzfrequenz, die es ihnen erlaubt, neue Sphären der Messgenauigkeit zu erschliessen – vor allem im Bereich der Hochpräzisionsspektroskopie. Die neue Frequenz ist ungefähr hundertmal genauer als die bisherige, wo-

durch es für die Forscherinnen und Forscher möglich wird, neue physikalische Phänomene zu studieren. Hochgenaue optische Frequenzübertragungen sind aber auch für die Grundlagenmetrologie von zentraler Bedeutung, insbesondere für die Einführung der zukünftigen Neudefinition der SI-Einheit Sekunde. Sie basiert auf optischen Uhren und entsprechend wird der Vergleich von Frequenzen durch Glasfasernetzwerke entscheidend sein.

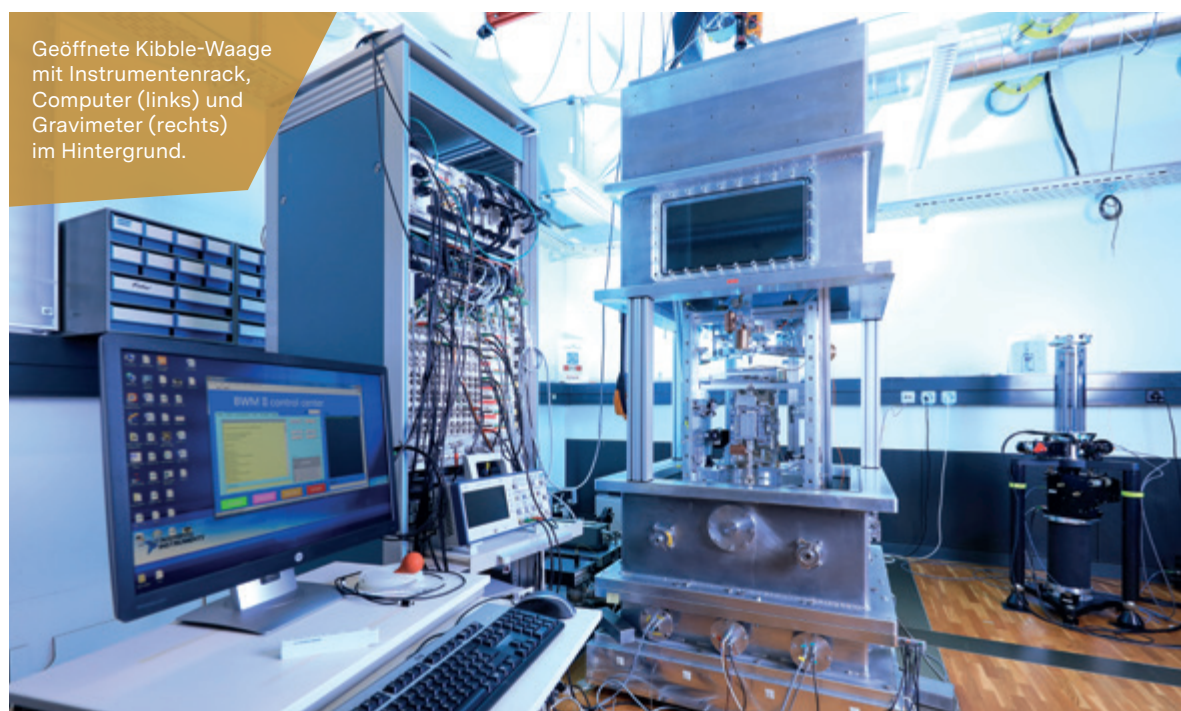
Kibble-Waage

Bis vor Kurzem wurde die Einheit Kilogramm durch den internationalen Prototyp des Kilogramms definiert. Dabei handelt es sich um einen Zylinder aus einer Platin-Iridium-Legierung mit einem Durchmesser und einer Höhe von 39 mm. Dieses Artefakt wurde in einem Tresor des Internationalen Büros für Mass und Gewicht in Paris sorgfältig aufbewahrt. Metrologieinstitute weltweit erhielten jeweils Kopien dieses Zylinders, so auch das METAS, das über zwei solche Kopien des Urkilogramms verfügt.

Seit Ende der 80er-Jahre haben Metrologinnen und Metrologen erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Einheit Masse mit einer physikalischen Konstante zu verknüpfen, ähnlich beispielsweise der Definition des Meters in Bezug auf die Lichtgeschwindigkeit c . Im Jahr 2017 konnte die Verknüpfung der Masseneinheit mit der Planck-Konstante h konsistent hergestellt werden, was

2019 zu einer Neudefinition der Masseneinheit führte. In all diesen Jahren hat das METAS durch die Entwicklung einer Kibble-Waage zu diesen internationalen Bestrebungen beigetragen. Eine solche Waage ermöglicht es, die Masse eines Objekts im lokalen Schwerfeld sehr genau zu bestimmen. Dazu werden sowohl Strom als auch Spannung gemessen, die notwendig sind, um das System im Gleichgewicht zu halten.

Nach einer langen Entwicklungsphase und einer systematischen Auswertung potenzieller Fehlerquellen konnten schliesslich zwei Messkampagnen durchgeführt werden. Dabei wurde jeweils eine Testmasse aus 1 kg Edelstahl gemessen und die Differenz zwischen dem Konsenswert und der mit der Kibble-Waage gemessenen Masse ermittelt. Die beiden Kampagnen dauerten je fast 14 Tage oder mehr als 300 Stunden kontinuierlicher Messung – mit dem Resultat, dass das Kilogramm mit der Kibble-Waage bis zur 8. Nachkommastelle genau bestimmt werden kann. Dieses aufwendige Experiment konnte dank der engen Zusammenarbeit mit der EPFL, weiteren Forschungsinstituten sowie dem Europäischen Zentrum für Kernforschung (CERN) und Mettler Toledo realisiert werden. ●





Industrie

Neue Technologien fordern das METAS messtechnisch heraus

Da in der Industrie laufend neue Produktionsverfahren und Materialien entwickelt werden, müssen auch stetig neue Messverfahren und internationale Standards erarbeitet werden. Das METAS unterstützt diese Entwicklungen, indem es sich an internationalen Forschungsprojekten beteiligt.

Das Erscheinungsbild von Produkten und Marken ist für Konsumentinnen und Konsumenten ein wichtiger Faktor für die Kaufentscheidung. Die Industrie entwickelt deshalb immer komplexere Materialien, um visuell ansprechende Effekte wie Schillern oder Glitzern zu erzeugen oder eine bestimmte Funktion wie Retroreflexion zu erfüllen. Um solche Erscheinungseigenschaften zu erfassen, sind traditionelle Farbmessungen nicht geeignet. Vielmehr werden zunehmend sogenannte bidirektionale Reflexionsmessungen eingesetzt.

Messbare Definition des Erscheinungsbildes von Oberflächen

Das im Oktober 2022 abgeschlossene Projekt «BxDiff» befasste sich mit der messbaren, quantitativen Bewertung des visuellen Erscheinungsbildes eines Produktes. Das Projekt wurde im Rahmen des Europäischen Metrologie-Forschungs- und Entwicklungsprogramms (EMPIR) realisiert.

Das Aussehen von Produkten hängt nicht nur von Material, Farbe, Form und Beleuchtung ab, sondern

ebenso vom Beobachtungsabstand und der Grösse des Objekts. Daher müssen die optischen Eigenschaften von Materialien in unterschiedlichen Gröszenmassstäben gemessen werden. Die Forscherinnen und Forscher des Projekts «BxDiff» haben deshalb auch Messungen auf kleinen Flächen mit Dimensionen unterhalb eines Millimeters untersucht.

Die Ergebnisse richten sich an alle Industriezweige, in denen das optische Erscheinungsbild für Hersteller und Verbraucher von besonderer Bedeutung ist. Dies sind zum Beispiel die Pigmenthersteller, die Uhren-, die Automobil-, die Papier-, die 3-D-Druck- und die Kosmetikindustrie, aber auch Hersteller von optischen Messgeräten sowie Normungsgremien.

Optimierung von Metall-3-D-Druck mithilfe von Röntgen-CT

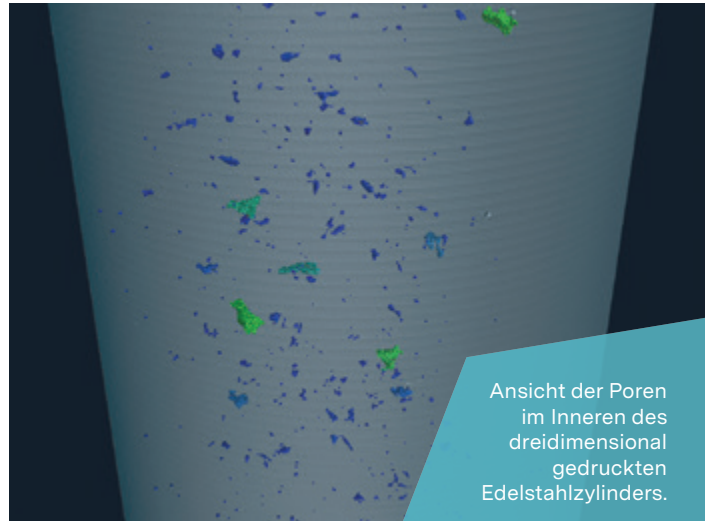
Additive Fertigungsverfahren (3-D-Druck) eröffnen gegenüber konventionellen Methoden wie Fräsen neue Möglichkeiten für industrielle Produktionsprozesse. Dies gilt besonders bei der Herstellung

geringer Stückzahlen oder für komplexe Geometrien mit internen Strukturen. Während der 3-D-Druck von Kunststoffen weitgehend etabliert ist, sind Druckverfahren mit Metallen ein aktives Forschungsgebiet. Ein verbreiteter Ansatz dazu ist, Körner eines Pulvers durch lokale Erhitzung gezielt zu Strukturen zu verschmelzen.

Um die Qualität eines auf diese Weise gedruckten Metallteils zu beurteilen, genügt es nicht, dessen Oberfläche zu vermessen, da zum Beispiel Poren oder lose Pulverkörner im Inneren die mechanische Festigkeit schwächen könnten. Stattdessen muss das Objekt zerstörungsfrei «durchleuchtet» und als Ganzes dreidimensional erfasst werden. Dazu kann die Computertomografie (CT) mit Röntgenstrahlen eingesetzt werden.

Das METAS verfügt über ein CT-Gerät, das in der Lage ist, Objekte dreidimensional mit insgesamt 64 Milliarden Bildpunkten zu erfassen. Es erreicht dabei eine räumliche Auflösung von bis zu 1 µm und zählt somit zu den genauesten CT-Geräten der Welt für industrielle Anwendungen. Damit beteiligt sich das METAS an einem durch das EU-Förderprogramm Horizon 2020 unterstützten Forschungsprojekt mit Partnerschaften aus Akademie und Industrie in Europa. Das CT-Gerät der METAS wird dabei zur Qualitätskontrolle an gedruckten Prototypen eingesetzt und ermöglicht es so, die Parameter von 3-D-Druck-Prozessen zu optimieren. ●

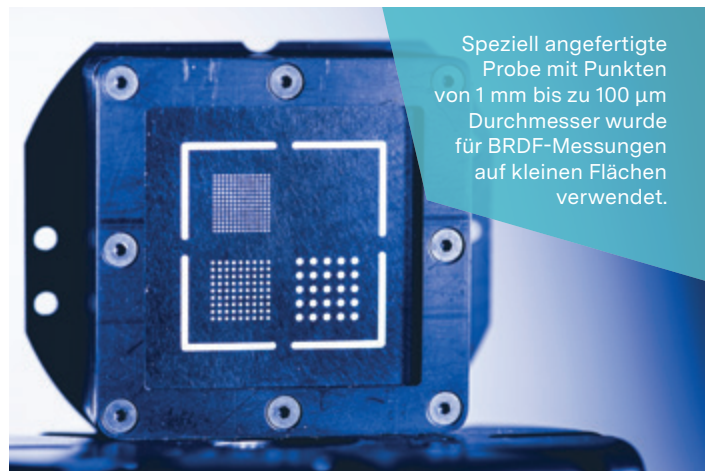
Ansicht der Oberfläche eines dreidimensional gedruckten Edelstahlzylinders, der mit dem METAS-CT gescannt wurde und einen Durchmesser von 6 mm aufweist.



Ansicht der Poren im Inneren des dreidimensional gedruckten Edelstahlzylinders.



Für die BRDF-Messungen (engl. bidirectional reflectance distribution function) verwendete Kunstlederprobe.



Speziell angefertigte Probe mit Punkten von 1 mm bis zu 100 µm Durchmesser wurde für BRDF-Messungen auf kleinen Flächen verwendet.

Umwelt, Klima und natürliche Ressourcen

Messen im Dienst der Umwelt

Im Handlungsfeld atmosphärische Zusammensetzung werden drei Projekte exemplarisch vorgestellt.

Gemäss Angaben der Weltgesundheitsorganisation leben 91 Prozent der Bevölkerung in einer Region, in der die Grenzwerte für die Luftverschmutzung nicht eingehalten werden. Eine genaue Überwachung der Luftqualität ist daher entscheidend, um Massnahmen zur Emissionsreduktion umzusetzen.

Luftreinhaltmessungen mit kostengünstigen Sensoren

Im Rahmen eines Innosuisse-Projekts entwickelte das METAS gemeinsam mit dem Unternehmen LNI Swissgas in Versoix und der *Organisation Service de l'air, du bruit et des rayonnements non ionisants (SABRA)* in Genf ein neues, kostengünstiges Sensorsystem zur Messung der Luftqualität. Es misst die fünf Schadstoffarten Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂), Ozon (O₃) und Feinstaub. Um die Datenqualität zu verbessern, ist ein geeigneter Kalibrierungsprozess erforderlich, der mögliche Querempfindlichkeiten

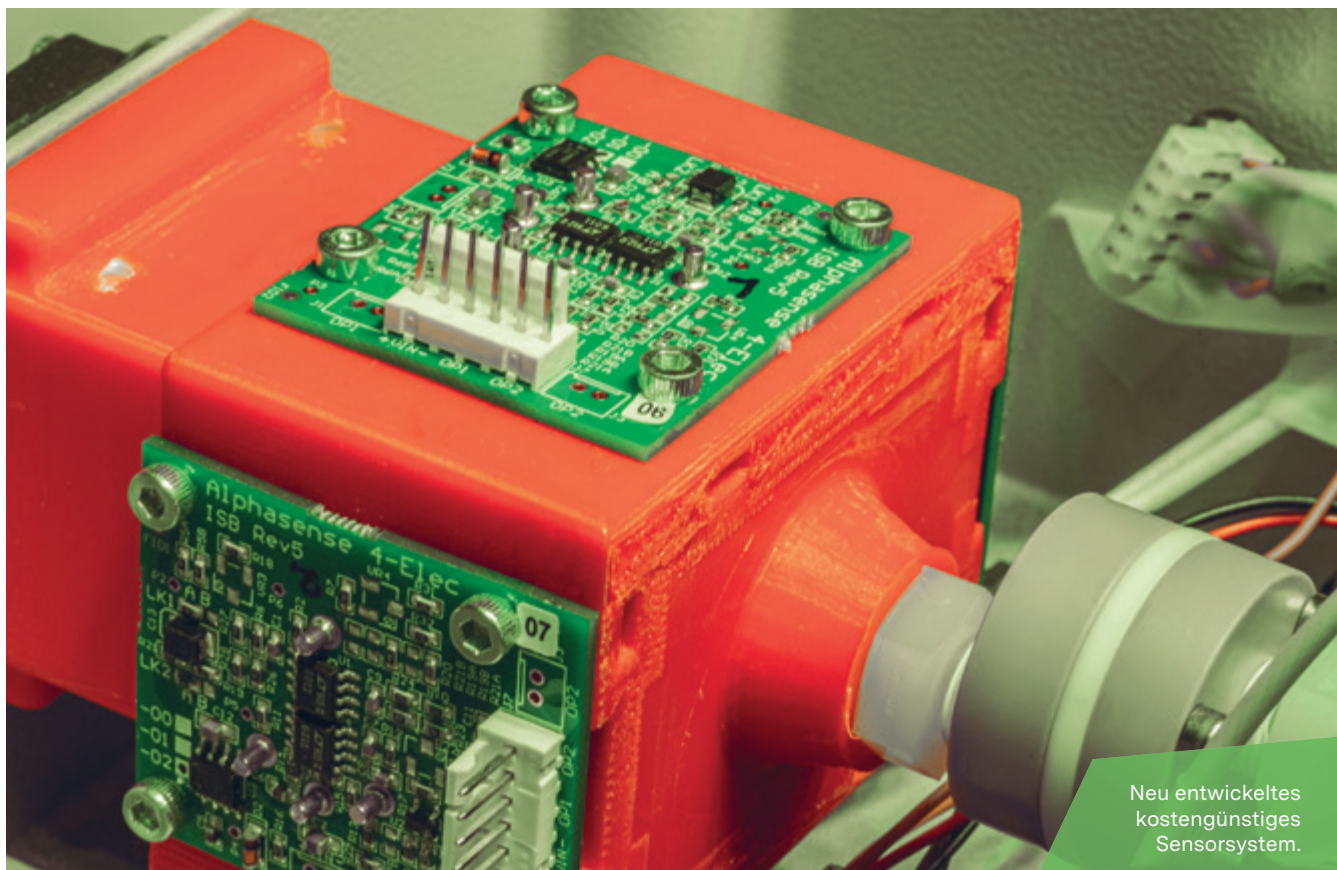
berücksichtigt und eine angemessene Unsicherheitsabschätzung ermöglicht. Das METAS hat zu diesem Zweck einen Automaten entwickelt, mit dem sich bezüglich Gasverbindungen bis zu 17 Geräte gleichzeitig kalibrieren lassen. Der Automat erzeugt homogene Gasgemische aus CO, NO, NO₂ und O₃ im Bereich von Teilen pro Milliarde (nmol/mol). Diese Gasgemische sind rückführbar auf das Internationale Einheitensystem (SI) und damit weltweit vergleichbar.

Referenzen für halogenierte flüchtige organische Substanzen

In der Atmosphäre findet man eine Vielzahl von halogenierten flüchtigen organischen Substanzen. Heute verbotene Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und deren Nachfolgeprodukte wurden unter anderem als Kühlmittel in Kühlschränken eingesetzt. Diese Substanzen tragen massgeblich zum Klimawandel bei, daher müssen sie in der Atmo-



Vorzeitige Sterblichkeit aufgrund von Luftverschmutzung



Neu entwickeltes kostengünstiges Sensorsystem.

sphäre weltweit, vergleichbar und genau gemessen werden können. Für die meisten dieser Substanzen gibt es keine SI-rückführbaren Referenzgase. Messungen von solchen Substanzen sind darum nur schwer vergleichbar, weil sie sich nicht auf international anerkannte Standards berufen. Das METAS hat SI-rückführbare Referenzgase für zehn halogenierte Substanzen hergestellt. Diese neu entwickelten Referenzgase erlauben es, die Messungen unabhängig von Methode und Ort zu vergleichen. Um Kalibrierungen vor Ort an den Messstationen vorzunehmen, muss das Referenzgas zu den Messstationen transportiert werden. Auch für diese Problemstellung hat das METAS eine Lösung gefunden: Das Referenzgas wird mittels eines eigens entwickelten Cryo-Filling-Systems in Edelstahlzylinder abgefüllt und lässt sich so zu den Messstationen transportieren.

Bessere Messungen für Pollenvorhersage

Die Pollenkonzentration wird insbesondere in Industrieländern routinemässig gemessen. Zurzeit stützen sich die Überwachungsnetze fast ausschliesslich auf manuelle Instrumente, die in den 1950er-Jahren entwickelt wurden. In den letzten Jahren sind nun mehrere automatische Pollenmessgeräte auf den Markt gekommen, die Beobachtungen in Echtzeit oder nahezu in Echtzeit ermöglichen. Gemeinsam mit

MeteoSchweiz und anderen europäischen Forschungsinstituten hat das METAS drei dieser Echtzeitpollenmonitore gegen das Primärnormal für Partikelanzahlkonzentration kalibriert. Solche Kalibrierungen tragen dazu bei, die Überwachung von Pollen in Zukunft noch zuverlässiger und genauer zu machen. ●



Ein Edelstahlzylinder im Flüssigstickstoff wird mittels eines Cryo-Filling-Systems mit einem Referenzgas gefüllt.

Engagement in internationalen Organisationen

Das METAS ist in den internationalen Organisationen bestens vernetzt und arbeitet aktiv in deren wichtigen Gremien mit. Das METAS und seine Mitarbeitenden werden international als kompetente und zuverlässige Partner geschätzt.

Internationale Zusammenarbeit ist auf dem Gebiet der Metrologie unerlässlich. Nur durch sie war es möglich, die Vielzahl von nebeneinander existierenden regionalen Masseinheiten und Einheitensystemen durch das weltweit gültige internationale Einheitensystem (SI) zu ersetzen. International harmonisierte Anforderungen an Messmittel und Messmethoden ermöglichen überhaupt erst den Handel von Messmitteln. Entsprechend wichtig ist die internationale Zusammenarbeit für das METAS, das nationale Metrologieinstitut der Schweiz.

Einheitenvorsätze oder Präfixe

Im Internationalen Einheitensystem (SI) sind auch Einheitenvorsätze, zum Beispiel Mikro, Nano, Kilo oder Mega, definiert. Weil einerseits Datenmengen immer grösser werden und andererseits immer kleinere Dimensionen untersucht werden, sind die Einheitenvorsätze des SI im November 2022 um vier ergänzt worden. Die Masse der Erde entspricht beispielsweise sechs Ronnagramm:

ronna (10^{27})

1 000 000 000 000 000 000 000 000 000

quetta (10^{30})

1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

ronto (10^{-27})

0,000 000 000 000 000 000 000 000 001

quecto (10^{-30})

0,000 000 000 000 000 000 000 000 001

Ein wesentlicher Teil der internationalen Zusammenarbeit findet im Rahmen der Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute Europas (EURAMET) statt. Eine wichtige Rolle spielt zudem die Europäische Vereinigung für gesetzliche Metrologie (WELMEC).

Vertreten im Metervertrag seit 1875

Weltweit gesehen ist vor allem die Zusammenarbeit mit dem *Bureau international des poids et mesures* (BIPM) in Paris, der Geschäfts- und Forschungsstelle der Organisation des Metervertrags von 1875, von Bedeutung. Das höchste Entscheidungsgremium der Organisation ist die alle vier Jahr stattfindende *Conférence générale des poids et mesures* (CGPM), an der alle Mitgliedstaaten des Metervertrags vertreten sind. Die 27. CGPM fand vom 15. bis 18. November 2022 in Versailles statt. Das METAS hat dabei die Schweiz vertreten. Neben zentralen Geschäften für die Organisation des Metervertrags befassten sich die Teilnehmenden und Dr. Philippe Richard, der Direktor des METAS, unter anderem mit neuen Einheitenvorsätzen für das Internationale Einheitensystem (SI) und der Schaltsekunde.

CIML: Der nächste Präsident kommt aus der Schweiz

Das METAS vertritt die Schweiz auch in der *Organisation internationale de métrologie légale* (OIML). Die OIML strebt die Harmonisierung des gesetzlichen Messwesens im Interesse des weltweiten Handels und des Verbraucherschutzes an. Die Organisation fällt ihre Entscheidungen jährlich im Rahmen des

Ein Auszug der internationalen Organisationen und Verbände

BIPM

Bureau international
des poids et mesures

CEN/CENELEC

Comité européen
de normalisation
en électrotechnique

EURACHEM

A Focus for Analytical
Chemistry in Europe

ISO

International Organization
for Standardization

CGPM

Conférence générale
des poids et mesures

CIE

Commission internationale
de l'éclairage

EURAMET

European Association
of National Metrology
Institutes

NoBoMet

Notified Bodies
in Metrology

CIPM

Comité international
des poids et mesures

EMETAS

European Metrological
Type Approval Service

IEC

International
Electrotechnical
Commission

WELMEC

European Cooperation
in Legal Metrology

OIML

Organisation internationale
de métrologie légale

Comité international de métrologie légale (CIML). Im Oktober 2022 fand die 57. Tagung statt, an welcher Dr. Bob Joseph Mathew, der stellvertretende Direktor des METAS, zum zehnten CIML-Präsidenten für sechs Jahre gewählt wurde. Sein Amt wird er an der 58. Tagung des CIML im Herbst 2023 übernehmen.

Vertrauenswürdige Energiemessung in E-Ladestationen

Ein konkretes Beispiel für die Wichtigkeit der internationalen Zusammenarbeit zeigt sich aktuell beim Thema E-Ladestationen. Wer ein Elektrofahrzeug fährt, vertraut darauf, dass die an der E-Ladesäule gemessene Energie mit der tatsächlich bezogenen Energie übereinstimmt. Noch ist die Energiemessung an E-Ladesäulen für Kurzzeitkunden in der Schweiz nicht metrologierechtlich geregelt. Damit in der Schweiz dieselben E-Ladesäulen wie in unseren Nachbarländern verwendet werden können und dasselbe Verbraucherschutzniveau erreicht wird, hat sich das METAS international vernetzt. Es leitet das EURAMET-TC-EM-Projekt 1539 «LegalEVcharge: Practical legal metrology framework for electric vehicle charging stations» und ist in verschiedenen anderen Gremien aktiv. Das METAS setzt sich dafür ein, dass Wartungsarbeiten an E-Ladestationen, wie beispielsweise ein Kabeltausch oder eine elektrische Sicherheitsprüfung, die keinen Einfluss auf die Messung haben, keine Nacheichungen verursachen. ●

Die Abschaffung der Schaltsekunde

Seit 1972 wurden 27 Schaltsekunden zur Weltzeit hinzugefügt, um zu verhindern, dass unsere durch Atomuhren definierte Weltzeit der astronomischen Zeit davoneilt. Weil das Zufügen von Schaltsekunden technisch sehr heikel ist, soll ab 2035 Schluss damit sein – dies hat die *Conférence générale des poids et mesures* (CGPM) im November 2022 entschieden.

Europäische Metrologienetzwerke

Europäische Metrologienetzwerke setzen die Vision einer weltweit führenden Metrologiekapazität von EURAMET und seiner Mitglieder um. Gemeinsam begegnet man den sich rasch fortschreitenden Bedürfnissen der Endnutzer mit hochstehender wissenschaftlicher Forschung und einer effizienten und integrierten Infrastruktur. Für das METAS und die Schweiz ist diese Zusammenarbeit zentral. Darum beteiligt es sich aktiv an sieben von aktuell elf Metrologienetzwerken. Im Jahr 2022 ist es den neu gegründeten Netzwerken Umweltmonitoring und Sichere und Nachhaltige Lebensmittel beigetreten.



Soziale und ökologische Verantwortung

Für den langfristigen Erfolg des METAS ist es zentral, wie es seine soziale und seine ökologische Verantwortung wahrnimmt. Wesentlich in diesem Zusammenhang sind zum einen die Förderung eines guten und integrativen Arbeitsklimas und zum anderen Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs.

Die Geschäftsleitung legt grossen Wert darauf, dass am METAS sowohl ein motivierendes und herausforderndes wie auch ein wertschätzendes Arbeitsklima herrschen.

Diversität wird grossgeschrieben

Das METAS legt Wert auf Diversität, Interdisziplinarität und einen konstruktiven und transparenten Umgang untereinander. Hier sind die Führungskräfte besonders gefordert, die METAS-Kultur zu fördern und vorzuleben sowie die persönlichen Ressourcen der Mitarbeitenden zu stärken und sie bei der Teilnahme an internen und externen Seminaren und Weiterbildungen zu unterstützen.

Das METAS setzt den verfassungsmässigen Grundsatz des gleichen Lohns für gleichwertige Arbeit um. 2019 hat es die Charta der Lohngleichheit im

öffentlichen Sektor unterzeichnet. Damit verpflichtet sich das METAS, die Lohngleichheit im Rahmen der eigenen Möglichkeiten umzusetzen. Im Jahr 2022 wurde die Lohngleichheit mittels einer Lohnanalyse überprüft. Diese hat ergeben, dass die Lohngleichheit im ganzen Unternehmen gewährleistet ist.

Bei der Rekrutierung und der Anstellung von neuen Mitarbeitenden wird auf Vielfalt geachtet, beispielsweise auf Geschlecht, Nationalität, Sprache und Beeinträchtigung. Ein wichtiges Anliegen ist auch, dass die Landessprachen angemessen im METAS vertreten sind.

Das METAS missbilligt jede Form von sexueller Belästigung, Mobbing und Diskriminierung im Arbeitsumfeld. Es sieht es als seine Pflicht an, alles dafür zu

tun, seine Beschäftigten entsprechend zu schützen. So sind das Recht auf Schutz der persönlichen Integrität am Arbeitsplatz sowie der Beizug von internen und externen Fachpersonen als Ansprechpersonen bei vertraulichen und diskreten Anliegen eine Selbstverständlichkeit.

Klimaneutral bei der Energieversorgung

Um dem Umwelt- und Klimaschutz Rechnung zu tragen, beteiligt sich das METAS freiwillig am Ressourcen- und Umweltmanagement der Bundesverwaltung (RUMBA) mit Fokus auf den Gebäudebereich (Elektrizität, Wärme, Wasser und Abfall) sowie auf den Papierverbrauch und die Dienstreisen. Unsere für 2021 gesetzten Ziele haben wir bei der Reduktion der Treibhausgas(THG)-Emissionen eingehalten. Trotzdem stiegen die THG-Emissionen um 12 Prozent auf 585 Tonnen.

Anteilsmässig entfallen rund 63 Prozent dieser THG-Emissionen auf den erhöhten Wärmekonsum (in kWh) im kalten Winter 2021 und knapp ein Drittel auf die Dienstreisen. Das METAS setzt sich dafür ein, dass internationale Veranstaltungen abwechselnd auch als Videokonferenzen durchgeführt werden. Sind Dienstreisen trotzdem nötig, sollen diese möglichst emissionsarm erfolgen. Dadurch konnten die durch Dienstreisen mit Auto und Flugzeug verursachten THG-Emissionen 2021 um 8 Tonnen gegenüber 2020 reduziert werden.

Damit zeigt sich, dass die im Jahr 2021 eingeführten Massnahmen zur Reduktion der Emissionen erste Erfolge verzeichnen. Seit 2019 werden die Treibhausgasemissionen durch Emissionsminderungszertifikate kompensiert. Dadurch ist das METAS bereits ein klimaneutraler Betrieb. Es bleibt weiterhin das Ziel des METAS, bis 2030 die Treibhausgasemissionen um ein Drittel gegenüber 2019 zu reduzieren.

Neu hat das METAS im vergangenen Jahr vier E-Ladestationen für Elektrodienstfahrzeuge in Betrieb genommen. In einer ersten Phase wurden sie auch als Testladestationen verwendet. Mit der Anschaffung von fünf Elektrodienstfahrzeugen gegen Ende des vergangenen Jahres konnten sie nun in den Normalbetrieb überführt werden. ●



Fünf neue Elektrofahrzeuge.

Finanzen

Das Rechnungsjahr 2022 schloss das METAS mit einem Gewinn von 1,2 Millionen Franken ab. Der Aufwand belief sich auf 51,9 Millionen Franken und an Erträgen wurden 53,1 Millionen Franken (inklusive Abgeltungen) erwirtschaftet.

Bilanz	31.12.2022	31.12.2021
	Tsd. CHF	Tsd. CHF
Flüssige Mittel	28 136	27 928
Forderungen aus Leistungen	3 897	3 243
Forderungen Forschungsprojekte	2 130	2 187
Übrige Forderungen	257	65
Vorräte	49	0
Aktive Rechnungsabgrenzungen	1 800	1 289
Umlaufvermögen	36 269	34 712
Sachanlagen	19 445	20 324
Immaterielle Anlagen	3 259	3 425
Anlagevermögen	22 704	23 749
Total Aktiven	58 973	58 461
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	807	654
Verbindlichkeiten Forschungsprojekte	2 197	2 765
Übrige Verbindlichkeiten	939	633
Passive Rechnungsabgrenzungen	2 081	2 255
Kurzfristige Rückstellungen	1 333	1 929 ¹
Kurzfristiges Fremdkapital	7 357	8 236
Rückstellung für Pensionskassenverbindlichkeiten	9 293	24 913
Rückstellungen für Treueprämien	1 463	1 718
Langfristiges Fremdkapital	10 756	26 631
Bilanzverlust	-8 380	-9 330 ¹
Kumulierte versicherungsmathematische Verluste/Gewinne	44 656	28 561
Reserven für Anlagevermögen	3 413	3 413
Gewinn	1 171	950 ¹
Eigenkapital	40 860	23 594
Total Passiven	58 973	58 461

¹ Die Zahlen 2021 wurden aufgrund eines Restatements angepasst, siehe Restatement Erläuterungen detaillierte Jahresrechnung.

Erfolgsrechnung	2022	2021
	1.1.2022–31.12.2022 Tsd. CHF	1.1.2021–31.12.2021 Tsd. CHF
Gebühren	8 983	8 829 ¹
Abgeltungen Bund	24 517	24 399
Abgeltung Bund mit direkt zurechenbarer Gegenleistung	6 523	6 558
Erträge Drittmittel (ohne Forschung)	10 502	9 729
Drittmittel Forschung	1 882	2 153
Übrige Erträge	135	274
Bruttoerlöse	52 542	51 942
Ertragsminderung	-30	-5
Eigenleistungen	527	718
Nettoerlös	53 039	52 655
Gewinn aus Verkauf von Anlagevermögen	8	8
Aufwand für Material und Drittleistungen	-368	-269
Personalaufwand	-35 676	-36 188
Raumaufwand	-6 780	-6 776
Informatikaufwand	-1 854	-1 549
Sonstiger Betriebsaufwand	-3 029	-3 007
Abschreibungen	-3 905	-3 706
Betriebsaufwand	-51 244	-51 226
Finanzertrag	8	6
Finanzaufwand	-132	-125
Finanzergebnis	-124	-119
Steueraufwand	-140	-99
Gewinn	1 171	950¹

Das METAS konnte im Berichtsjahr seine Tätigkeiten zu 55,0 % (Vorjahr 54,7 %, nach Restatement) selbst finanzieren. Zur Selbstfinanzierung trugen Gebühren, Abgeltungen für die Übernahme weiterer Aufgaben und Drittmittel bei. Die Revisionsstelle hat die Ordnungsmässigkeit der Rechnungsführung vorbehaltlos bestätigt.



Die Rechnungslegung des METAS erfolgt nach dem Rechnungslegungsstandard der International Public Sector Accounting Standards (IPSAS).

Publikationen und Vorträge des METAS

Die Tätigkeit in Forschung und Entwicklung schlägt sich auch in den Publikationen und Vorträgen nieder, die Forscher und Forscherinnen des METAS veröffentlicht oder gehalten haben.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des METAS präsentierten auch im Berichtsjahr die Ergebnisse ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf Fachtagungen, Konferenzen und in wissenschaftlichen Publikationen. Sie arbeiteten in Fachorganisationen und Fachgremien auf nationaler und internationaler Ebene mit und brachten dort ihr Know-how und ihre Erfahrung ein. Sie machten die Metrologie einem breiten Publikum auch ausserhalb des engeren Fachkreises bekannt und engagierten sich in Lehrveranstaltungen für Studierende an Hochschulen. Die Präsentationen, Vorträge und Sitzungen mussten auch in diesem Jahr zu einem grossen Teil online abgehalten werden.

Die nachfolgende Zusammenstellung enthält eine Übersicht der wichtigsten von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des METAS veröffentlichten Publikationen und der von ihnen gehaltenen Vorträge. Bei der Angabe der Autorinnen und Autoren sind die Namen der METAS-Mitarbeitenden jeweils fett hervorgehoben.

Publikationen

A Agustoni, M., Castello, P., & **Friigo, G.** Phasor Measurement Unit With Digital Inputs: Synchronization and Interoperability Issues. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 71, 1–10. doi:10.1109/TIM.2022.3175052.

Agustoni, M., & Friigo, G. Characterization of Sampled Value Streams in Non Real-Time Calibration Systems. *Energies* 15, 3245. doi:10.3390/en15093245 (2022).

André, M. O. Fundamentals and applications in electrical metrology. In M. J. T. Milton, D. S. Wiersma, C. J. Williams, & M. Sega (Eds.), *Proceedings of the International School of Physics „Enrico Fermi“* (Vol. 206, pp. 341–369). IOS Press. doi:10.3254/ENFI210034.

Binder, F., **Bircher, B. A.,** Laquai, R., **Küng, A.,** Bellon, C., **Meli, F.,** ... & Hausotte, T. (2022). Methodologies for model parameterization of virtual CTs for measurement uncertainty estimation. *Measurement Science and Technology*, 33(10), 104002.

B Bircher, B. A., Meli, F., Küng, A., Sofiienko, A. (2022). Traceable x-ray focal spot reconstruction by circular edge analysis: from sub-microfocus to mesofocus. *Measurement Science and Technology*, 33(7), 074005.

Batista, E., **Bissig, H.,** & Klein, S. Medical flow and dosing measurement metrology in drug delivery. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, vol. 68, no. 1, 2023, pp. 1/2.

Metaxiotou, Z., **Bissig, H.,** Batista, E., do Céu Ferreira, M., & Timmerman, A. (2022). Metrology in health: challenges and solutions in infusion therapy and diagnostics. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, vol. 68, no. 1, 2023, pp. 3–12.

Mills, C., Batista, E., **Bissig, H.,** Ogheard, F., Boudaoud, A. W., Büker, O., ... & Lötters, J. (2022). Calibration methods for flow rates down to 5 nL/min and validation methodology. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, vol. 68, no. 1, 2023, pp. 13–27.

Bissig, H., Büker, O., Stolt, K., Graham, E., Wales, L., Furtado, A., ... & Lötters, J. C. (2022). In-line measurements of the physical and thermodynamic properties of single and multicomponent liquids. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, vol. 68, no. 1, 2023, pp. 39–50.

Niemann, A. K., Batista, E., Geršl, J., **Bissig, H.,** Büker, O., Lee, S. H., ... & Knotek, S. (2022). Assessment of drug delivery devices working at microflow rates. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, vol. 68, no. 1, 2023, pp. 51–65.

Bissig, H., Büker, O., Stolt, K., Batista, E., Afonso, J., Zagnoni, M., ... & Schroeter, J. (2022). Calibration of insulin pumps based on discrete doses at given cycle times. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, vol. 68, no. 1, 2023, pp. 67–77.

Price, L. L. A., & **Blattner, P.** (2022). Circadian and visual photometry. In *Progress in Brain Research* (pp. 1–11). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2022.02.014>.

Gaertner, A. A., Côté, É., Campos, J., Obein, G., **Blattner, P.,** **Schafer, R.,** Hui, L., Xiaomei, J., Miller, C., Zong, Y., Atkinson, E., Thorvaldson, E., Kinoshita, K., Sieberhagen, R., Rabe, I., Goodman, T., Scott, B., Sperling, A., Lindner, D., ... & Ivashin, E. (2022). Final report on the CCPR Key Comparison CCPR-K3.2014. *Luminous Intensity*. In *Metrologia* (Vol. 59, Issue 1A, p. 02002). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/59/1a/02002>.

Iacomussi, P., Muzet, V., **Blattner, P., Bernasconi, J.,** Lindgren, M. The output of surface project: pavement surface characterisation for smart and efficient road lighting. *LUX Europa 2022*, Sep 2022, Prague, France. hal-03918888.

C Castagna, N., & Morel, J. (2022). Fibre-coupled tunable source based on a supercontinuum laser for the spectral characterisation of fibre optics components and systems. *Metrologia*, 59(3), 035005.

T. Beckmann, W. Siemann, F. Märtens, R. Wynands, **E. Chataigny, S. Farron, D. Sprecher, F. Assi, P. Rosenkranz, & B. Sahlenler** (2022). Measurement comparison between the national road vehicle speed standards of Germany, Austria and Switzerland. *OIML Bulletin LXIII*, 2, 5–11.

E Eichenberger, A., Baumann, H., Mortara, A., Tommasini, D., Reber, D., Klingelé, E., **Jeanneret, B., Jeckelmann, B.** First realisation of the kilogram with the METAS Kibble balance. *Metrologia* 59. doi:10.1088/1681-7575/ac566f.

- F Frigo, G.** (2022). Measurement of Conducted Supraharmonic Emissions: Quasi-Peak Detection and Filter Bandwidth. *Metrology*, 2(2), 161–179.
- Frigo, G., & Braun, J.** (2022). Supraharmonic Dynamic Phasors: Estimation of Time-Varying Emissions. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 71, 1–11.
- Frigo, G., Pegoraro, P. A., & Toscani, S.** (2022, May). Tracking Power Systems Events: PMU, Reporting Rate, Interpolation. In 2022 International Conference on Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA) (pp. 1–6). IEEE.
- Castello, P., Sulis, S., **Frigo, G., & Agustoni, M.** (2022, May). Power quality meters based on digital inputs: A feasibility study. In 2022 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP) (pp. 1–6). IEEE.
- Karpilow, A., Derviskadic A., **Frigo G.,** Paolone M. (2022, June). Step detection in power system waveforms for improved RoCoF and frequency estimation. *Electric Power Systems Research*, 212 (9), 1–7.
- Costa F., Mingotti A., Peretto L., Tinarelli R., **Frigo G.** Revision of target uncertainty for PMU-based distributed measurement systems in MV networks. In 2022 IEEE 12th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS) (pp. 1–6). IEEE.
- Frigo, G., Agustoni M.** Development of a Transfer Standard for DC Power Quality Reference Systems. In 2022 IEEE 12th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS) (pp. 1–6). IEEE.
- Frigo, G., Grasso-Toro, F.** Metrological Significance and Reliability of On-Line Performance Metrics in PMU-based WLS State Estimation, In 2022 International Conference on Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA) (pp. 1–6). IEEE.
- Karpilow, A., Derviskadic, A., **Frigo, G.,** Paolone M. Step Change Detection for Improved ROCOF Evaluation of Power System Waveforms. In 2022 International Conference on Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA) (pp. 1–6). IEEE.
- Frigo, G., Agustoni M.** Characterization of a Low Power Instrument Transformer with Digital Output in Low-Inertia Power Systems. In 2022 International Conference on Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA) (pp. 1–6). IEEE.
- Frigo, G., Costa, F., Grasso-Toro, F.** PMU-based metrics for Power Quality Assessment in Distributed Sensor Networks. In 25th IMEKO TC4 International Symposium (pp. 1–6). IMEKO.
- Frigo, G., Agustoni, M., Grasso-Toro, F.** Data Quality And Aggregation In Power System Distributed Sensor Networks. In IMEKO TC6 International Conference on Metrology and Digital Transformation (pp. 1–6). IMEKO.
- D. Signorino, **Frigo, G.,** et al. Novel Method for Accurate Measurement of Ripple for Power Quality Applications in DC Grids. In 2022 IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) (pp. 1/2). IEEE.
- Agustoni, M., Frigo, G.** A Transfer Standard for DC Power Inter-Laboratory Comparison. In 2022 IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) (pp. 1/2). IEEE.
- van den Brom, H., **Frigo, G.,** et al. Traceable Power Quality Measurements in DC Electricity Grids. In 2022 IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) (pp. 1/2). IEEE.
- H Hammer, T., Irwin, M., Swanson, J., Berger, V., Sonkamble, U., Boies, A., ... & Vasilatou, K.** (2022). Characterising the silver particle generator; a pathway towards standardising silver aerosol generation. *Journal of Aerosol Science*, 163, 105978.
- Hoffmann, J., de Preville, S., Eckmann, B., Herzog, B., Haddadi K., Gramse, G., Richert, D., Piquemal, F.** Comparison of Impedance Matching Networks for Scanning Microwave Microscopy, In 2022 IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) (pp. 1/2). IEEE.
- Hoffmann, J., Wollensack, M., Stalder, D., Huerlimann, P., Ruefenacht, J., Zeier, M.** Measuring the Linearity of Receivers in a Vector Network Analyzer, In 2022 IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) (pp. 1–2). IEEE.
- Horender, S., Giordano, A., Auderset, K., & Vasilatou, K.** (2022). A portable flow tube homogenizer for aerosol mixing in the sub-micrometre and lower micrometre particle size range. *Measurement Science and Technology*, 33(11), 114006.
- Wu, T. Y., **Horender, S., Tancev, G., & Vasilatou, K.** (2022). Evaluation of aerosol-spectrometer based PM2.5 and PM10 mass concentration measurement using ambient-like model aerosols in the laboratory. *Measurement*, 201, 111761.
- I Macé, T., Iturrate-Garcia, M., Pascale, C., Niederhauser, B., Vaslin-Reimann, S., & Sutour, C.** (2022). Air pollution monitoring: development of ammonia (NH₃) dynamic reference gas mixtures at nanomoles per mole levels to improve the lack of traceability of measurements. *Atmospheric Measurement Techniques*, 15(9), 2703–2718.
- K Kalbermatter, D. M., Močnik, G., Drinovec, L., Visser, B., Röhrbein, J., Oscity, M., ... & Vasilatou, K.** (2022). Comparing black-carbon-and aerosol-absorption-measuring instruments – a new system using lab-generated soot coated with controlled amounts of secondary organic matter. *Atmospheric measurement techniques*, 15(2), 561–572.
- Keller, A., **Kalbermatter, D. M.,** Wolfer, K., Specht, P., Steigmeier, P., Resch, J., ... & **Vasilatou, K.** (2022). The Organic Coating Unit, an all-in-one system for reproducible generation of secondary organic matter aerosol. *Aerosol Science and Technology*, 56(10), 947–958.
- Küng, A., & Meli, F.** (2022). Iodine frequency-stabilized HeNe laser amplified by injection locking of a semiconductor laser diode. *Metrologia*, 59(2), 024003.
- L Lobsiger, S., Wollensack, M., Zeier, M.** (2022). METAS Unclib-A Measurement Uncertainty Calculator in Chemical Analysis: Highlights of Analytical Sciences in Switzerland. *Chimia*, 76(6), 596.
- Ogrinc, N., Rossi, A. M., Durbiano, F., Becker, R., Milavec, M., Košir, A. B., ... & **Mallia, S., Umbricht, G.** (2021). Support for a European metrology network on food safety Food-MetNet. *Measurement: Sensors*, 18, 100285.
- M Mester, C., & M. H. D. van der Wiel** (2022). E-vehicle charging. *OIML Bulletin LXIII*, 2, 29–34.
- Mester, C.** (2022). Legal metrology requirements for smart utility meters. *OIML Bulletin vol. LXIII*, 3, 38–43.
- Mester, C.** (2022). DC active electrical energy meters: Accuracy tests. In 12th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS) (pp. 1–6). IEEE.
- N Twigg, M., Berkhout, A., Cowan, N., Crunaire, S., Dammers, E., Ebert, V., ... & Niederhauser, B., Pascale C.** (2022). In-Situ Measurements of NH₃: Instrument Performance and Applicability. *Atmos. Meas. Tech. Discuss.*
- Davis, R.S, **Niederhauser, B.,** Hodges, J.T., Vaillon, J., ielsgosz, R.I. Units and values for the ozone absorption cross section at 253.65 nm (air) with appropriate significant digits and rounding for use in documentary standards. *Rapport BIPM*, 16.01.2023.
- O Mašláň, S., Hinds, G., Ouameur, M. & Overney, F.** Project LiBforSecUse: Quality Assessment of Electric Vehicle Lithium Ion Batteries for Second Use, Cal Lab, The International Journal of Metrology Apr-May-Ju, 22–31
- P Drinovec, L., Jagodič, U., Pirker, L., Škarabot, M., Kurtjak, M., Vidović, K., ... & Pascale, C., Vasilatou, K., Bühlmann, T., Kalbermatter D. M.** (2022). A dual wavelength photothermal aerosol absorption monitor: design, calibration and performance. *Atmospheric Measurement Techniques*, 15(12), 3805–3825.
- Cecelski, C. E., Rhoderick, G. C., Possolo, A. M., Carney, J., Vokoun, M., Privoznikova, J., ... & **Pascale, C.** (2022). International comparison CCQM-K10. 2018: BTEX in nitrogen at 5 nmol mol⁻¹. *Metrologia*, 59(1A), 08003.
- Pythoud, F.** Measurement of 5G new radio-base stations. In T. H. Loh (Ed.), *Measurement of 5G new radio-base stations* (pp. 647–674). IET. doi: 10.1049/PBTE099E_ch20.
- Pythoud, F.** (2022). Die Konformitätsbewertung komplexer Systeme am Beispiel der Strahlung einer 5G-Basisstation – Conformity assessment of complex systems on the example of radiation from a 5G base station, *Journal TM – Technisches Messen*, 89 (10), 2022.
- S Sprecher D., Chatagny E., Farron S., & Assi F.** (2022). Validation of the METAS reference speed meter using a GPS-based speed sensor. *OIML Bulletin LXIII*, 2, 12–15.

- T Tancev, G., & Toro, F. G. (2022).** Stochastic online calibration of low-cost gas sensor networks with mobile references. *IEEE Access*, 10, 13901–13910.
- Tancev, G., Ackermann, A., Schaller, G., & Pascale, C. (2022).** Efficient and Automated Generation of Orthogonal Atmospheres for the Characterization of Low-Cost Gas Sensor Systems in Air Quality Monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 71, 1–10.
- U Umbricht, G., Utters, M., Märki, L., Andres, H. (2022)** Circular economy and metrology, *OIML Bulletin Volume LXIII, Number 3*, 5–10.
- V Tummon, F., Bruffaerts, N., Celenk, S., Choël, M., Clot, B., Crouzy, B., ... & Vasilatou, K. (2022).** Towards standardisation of automatic pollen and fungal spore monitoring: best practices and guidelines. *Aerobiologia*, 1–17.
- Leni, Z., **Ess, M. N.**, Keller, A., Allan, J. D., Hellén, H., Saarnio, K., ... & **Vasilatou, K. (2022).** Role of Secondary Organic Matter on Soot Particle Toxicity in Reconstituted Human Bronchial Epithelia Exposed at the Air–Liquid Interface. *Environmental science & technology*, 56(23), 17007–17017.
- Vasilatou, K., Wälchli, C.**, Iida, K., **Horender, S.**, Tritscher, T., **Hammer, T.**, ... & **Auderset, K. (2022).** Extending traceability in airborne particle size distribution measurements beyond 10 µm: Counting efficiency and unit-to-unit variability of four aerodynamic particle size spectrometers. *Aerosol Science and Technology*, 57(1), 24–34.
- Romshoo, B., Pöhlker, M., Wiedensohler, A., Pfeifer, S., Saturno, J., Nowak, A., ... & **Vasilatou, K. (2022).** Importance of size representation and morphology in modelling optical properties of black carbon: comparison between laboratory measurements and model simulations. *Atmospheric Measurement Techniques*, 15(23), 6965–6989. Im Artikel wird auch Michaela N. Ess. vom METAS aufgeführt.
- Vasilatou, K., Wälchli, C.**, Iida, K., **Horender, S.**, Tritscher, T., **Hammer, T.**, ... & **Auderset, K. (2022).** Extending traceability in airborne particle size distribution measurements beyond 10 µm: Counting efficiency and unit-to-unit variability of four aerodynamic particle size spectrometers. *Aerosol Science and Technology*, 57(1), 24–34.

Vorträge

- Agustoni, M., Frigo, G.** A Transfer Standard for DC Power Inter-Laboratory Comparison, *CPEM*; 15.12.2022
- Agustoni, M., Overney, F., de Prévile, S.** Simulation of Resistor Standards in LF-RF Range, *CPEM*; 15.12.2022
- André, M.-O.** Quantum Electrical Metrology, *NanoInnovation 2022, Rome*; 23.09.2022
- Assi, F.** From the primary standard to the patient, *NWFH Muttenz, Regel-Seminare für die Medizinaltechnik*; 14.12.2022
- Baumann, H., Eichenberger, A.** Realizing the Definition of Mass Unit with the Kibble Balance, *Mettler Metrology Day*; 20.05.2022
- Bircher, B.** Traceable determination of non-static XCT machine geometry: New developments and case studies, *11th Conference on Industrial Computed Tomography iCT (virtuell)*; 08.02.2022
- Bircher, B.** Thermal challenges in dimensional metrology using X-ray computed tomography, *Euspen Thermal Issues, ETH Zürich*; 22.03.2022
- Bircher, B., Meli, F.** EMPIR-Projekt NanoXSpot: Neue Normentwürfe für die Brennfleckmessung an Röntgenröhren im Makro-, Mikro- und Nanometerbereich für Hersteller und Anwender, *DGZfP-Jahrestagung 2022, Kassel*; 23.05.2022
- Bircher, B., Küng, A.** In-line microfocus X-ray focal spot condition monitoring for computed tomography, *Euspen, Geneva*; 30.05.2022
- Bissig H.** Dynamic vs constant liquid flow calibrations down to 20 nL/min, *Flomeko 2022*; 03.11.2022
- Bissig, H.** Complex fluids, *METAS Seminar 05.10.2022*
- Bissig, H.** First comparison of inline measurements of dynamic viscosity, *Flomeko 2022*; 02.11.2022
- Bissig, H.** Presentation of the METAS pipe viscometer, *Flomeko 2022*; 02.11.2022
- Blattner, P.** Highlights of Current Activities of the International Commission on Illumination (CIE), *13th Asia Lighting Conference (online)*; 18.08.2022
- Blattner, P.** Metrologie – Photometrie Interdisciplinary Summer School „Measuring Light and Illumination“, *Chexbres*; 18.08.2022
- Blattner, P.** Highlights of Current Activities of the International Commission on Illumination (CIE), *16th IESSA Conference (online)*; 19.08.2022
- Blattner, P.** sensLAB: Motion and presence detectors put to the test, *FUTURE of Light, Basel*; 15.08.2022
- Blattner, P.** Some highlights of current activities of the International Commission on Illumination CIE, *14th European Lighting Conference, LUX EUROPA 2022, Prague*; 20.09.2022
- Blattner, P.** The role of measurement uncertainty in conformity assessment, *CIE Expert Tutorial on the Measurement of Temporal Light Modulation, Athen*; 10.10.2022
- Blattner, P.** Digitalisierung in der Beleuchtungsindustrie, *OVE Innovation DAY 2022, Wien*; 17.11.2022
- Bühlmann, T.** ALBATROSS – Balloon-borne laser spectrometer for UTLS water research, *METAS Seminar*; 02.03.2022
- Bühlmann, T.** METAS-2021: new primary scale for HFC-32, HFC-365Meli Fc, CH₂Cl₂, CCl₄, 1,2-dichloroethane, HFO-1336mzzZ AGAGE65; 05.05.2022
- Bühlmann, T.** Improved cryo-filling system for filling SI-traceable reference gas mixtures into cylinders, *Gas Analysis Symposium (11th)*; 19.05.2022
- Bühlmann, T.** SI – traceable reference gas mixtures for halogenated VOCs at atmospheric amount of substance fractions, *BIPM-WMO Workshop: Metrology for Climate Action 2022*; 27.09.2022
- Bühlmann, T.** SI-traceable water vapour reference gas mixtures at µmol/mol used for the validation of hygrometers, *WMO TECO-2022*; 11.10.2022
- Bühlmann, T., Niederhauser, B.** SI-traceable ammonia measurements Kick-off Meeting Pilotprojekt VERA/ISO 14034; 21.09.2022
- Bühlmann, T., Pascale, C.** METAS CCL for halogenated compounds: A proposal to the WMO, *GAW-CH-Landesausschuss*; 09.11.2022
- Burkhard, S.**, et al. X-ray computed tomography condition monitoring: Towards predictive maintenance, *dXCT conference, Manchester*; 15.06.2022
- Castagna, N., Morel, J.** Characterization of the Spectral Properties of Fibre Optics Components and Devices by Use of a Filtered Supercontinuum Laser Source, *ECOC 2022, Basel*; 20.09.2022
- de Huu, M.** Design and calibration of critical flow Venturi nozzles for high-pressure hydrogen applications, *Flomeko 2022*; 03.11.2022
- de Huu, M.** Key comparison of gravimetric standards for hydrogen refuelling stations, *Flomeko 2022*; 03.11.2022
- de Huu, M.** Extending the functionality of the METAS primary standard in gas flow, *Flomeko 2022*; 02.11.2022
- de Huu, M.** La métrologie, c'est quoi? *Rotary club*; 11.11.2022
- Eichenberger, A., Baumann, H., Mortara, A., Tommasini, D., Reber, D., Klingelé, E., Jeanneret, B., Jeckelmann, B.** Results of the METAS Kibble balance, *CPEM*, 13.12.2022
- Frigo, G.** Metrological Significance and Reliability of On-Line Performance Metrics in PMU-based WLS State Estimation Synchronized Measurements for Smart Grid Applications (SGSMA); 24.05.2022

- Frigo, G.** Development of a Transfer Standard for DC Power Quality Reference Systems Applied Measurements for Power Systems, AMPS; 28.09.2022
- Frigo, G.** Measurement Setup for a DC Power Reference for Electricity Meter Calibration, International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP); 31.05.2022
- Frigo, G.** Power Quality Meters Based on Digital Inputs: A Feasibility Study, International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP); 30.05.2022
- Frigo, G.** Reference systems for DC energy meters and DCPQ, Workshop DC Grids (20NRM03); 27.10.2022
- Frigo, G., Agustoni, M.** Characterization of a Low Power Instrument Transformer with Digital Output in Low Inertia Power Systems Synchronized Measurements for Smart Grid Applications (SGSMA); 25.05.2022
- Hoffmann, J.** Material Measurement and Parameter Extraction, Error Analysis and Uncertainties, Workshop, European Microwave Week, Milan, Italy; 25.09.2022
- Hoffmann, J.** Scanning Microwave Microscopy, Invited talk at LNE, France; 16.11.2022
- Hoffmann, J.** Scanning Microwave Microscopy, Invited talk at the University of Otago, Dunedin, NZ; 06.12.2022
- Hoffmann, J.** Comparison of Impedance Matching Networks for Scanning Microwave Microscopy, CPEM 2022, Wellington, NZ; 13.12.2022
- Hoffmann, J.** Measuring the Linearity of Receivers in a Vector Network Analyzer, CPEM 2022, Wellington, NZ 16.12.2022
- Husmann, D., Morel J.** Dissemination of an SI-traceable optical frequency at 1572 nm using the Swiss academic fiber network, METAS Seminar; 10.01.2022
- Husmann, D., Morel, J.** Establishing a metrology network to disseminate high accuracy optical frequencies through the Swiss academic fibre network, ETHZ Conference, Search for New Physics at the Quantum Technology Frontier; 20.01.2022
- Husmann, D., Morel, J.** Progress on the Swiss frequency metrology fiber network, Swiss Physical Society Meeting (Fribourg); 30.06.22
- Husmann, D., Morel, J.** Swiss Fiber Network for Dissemination of Optical Frequencies in the L-band of a Telecommunication Network, ECOC 2022, Basel; 20.09.22
- Husmann, D., Morel, J.** Dissemination of high accuracy optical frequencies in stabilized fibre optic networks, Workshop Quantum Technology for high energy physics (QT4HEP) (CERN); 02.11.2022
- Iturrate, M.** Efficient, scalable, SI-traceable and automated characterization of low-cost gas sensor systems, Gas Analysis Symposium (11th); 19.05.2022
- Iturrate, M.** Caractérisation métrologique de systèmes de capteurs low-cost, Cercl'Air 2022; 08.09.2022
- Iturrate, M.** Accurate, stable and SI-traceable reference gas mixtures of VOCs relevant for climate at atmospheric levels, MedGu2022; 28.11.2022
- Jallageas, A.** How Optical Fiber Networks Contribute to the Realization and to the Dissemination of Improved Time Scales and Reference Frequencies? ECOC 2022, Basel; 19.09.2022
- Lobsiger, S.** Eignungsprüfung PE5008-30G: PAK in Molkenproteinpulver – Diskussion der Endergebnisse, Workshop des deutschen NRL für Prozesskontaminanten (BVL), online; 30.11.2022
- Lüthi, M.** Vorstellung Tesla-Konverter, KIT Karlsruhe, INR; 17.11.2022
- Mallia, S.** Improved analytical methods for PAHs and Hg in selected food matrices CHAnalysis 2022, Beatenberg (CH); 19.05.2022
- Mallia, S.** European Metrology Network for Safe and Sustainable Food, EURL-MN Workshop 2022, Lingby (Dänemark) (online); 17.11.2022
- Mallia, S.** Chemical and biological metrology at Metas, EMN Food & 20NET02 M18 Project meeting, Gebze (Türkei) (online); 23.11.2022
- Mallia, S.** Informationen von EURL-MN und Antimon in Molkenprotein, NRL-MN-Fachtagung, METAS; 01.12.2022
- Märki, L.** Vorstudie zur Methode für den Torfnachweis, BAFU-Erfahrungsaustausch Torfnachweismethode (online) 21.03.2022
- Märki, L.** EURL-PC PT: Baby biscuit and powdered infant formula, Fachtagung NRL für Prozesskontaminanten, METAS 08.11.2022
- Mester, C.** DC active electrical energy meters: Accuracy Tests Applied Measurements for Power Systems, AMPS; 28.09.2022
- Mester, C.** A phase reference for ADC delay characterisation, CPEM; 13.12.2022
- Mester, C.** LegalEVcharge – Practical legal metrology framework for electric vehicle charging stations, CPEM; 15.12.2022
- Niederhauser, B.** Metrologie, METAS, Terminologie, Messunsicherheit, Konformität und Atemalkoholmessung, Master: Forensik, ZHAW; 12.12.2022
- Overney, F.** Impedance simulator for the calibration of LCR-meter in its low impedance range, LiBforSecUse: final Workshop; 16.09.2022
- Overney, F., Jeanneret, B.** AC Characterization of graphene-based Quantum-Hall Devices, CPEM; 15.12.2022
- Overney, F., Jeanneret, B., Eichenberger, A.** Performances of Two Dual Josephson Impedance Bridges, CPEM; 15.12.2022
- Overney, F., Jeanneret, B., Eichenberger, A.** A New Bridge for Measuring the Longitudinal Impedance of the Quantum Hall Effect Device, CPEM; 15.12.2022
- Overney, F., Jeanneret, B., Eichenberger, A.** Towards a fully automated, four-terminal pair, graphene impedance standard, IMEKO; 12.09.2022
- Pascale, C.** Improved high-quality data for volatile organic compounds thanks to metrological development, ACTRIS Science conference; 12.05.2022
- Pascale, C.** European Metrology Network for climate and ocean observations, Gas Analysis Symposium (11th); 17.05.2022
- Peier, P.** Laborpräsentation & Fricke Total Absorption, PSI – Zentrum für Protonentherapie; 17.08.2022
- Peier, P.** Kurzzeiteexposition, Radon Expertengruppe Dosimetrie; 25.11.2022
- Sprecher, D.** Videoauswertung im Strassenverkehr, EVU-CH-Frühlingstagung (EVU = Europäische Vereinigung für Unfallforschung und Unfallanalyse); 06.05.2022
- Tancev, G.** An Automaton for the Characterization of Low-Cost Gas Sensor Systems in Air Quality Monitoring, IEEE I2MTC 2022; 16.05.2022
- Tancev, G.** Metrological advances in the characterization of low-cost sensor systems, WMO Workshop: Metrology for Climate Action; 27.09.2022
- Tas, E.** Lessons learned from Proficiency testing, Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit, Köln; 13.07.2022
- Tas, E.** An Interlaboratory Comparison on Radiated Immunity IEC 61000-4-3, EMC Europe 2022, Gothenburg Sweden; 05.09.2022
- Vasilatou, K.** Air quality monitoring: How well can we measure the particle size distribution of micrometre-sized particles? Swiss Aerosol Group; 02.11.2022
- Vasilatou, K.** Traceable calibration of real-time bioaerosol particle counters, IAC 2022; 05.09.2022

