



Das METAS im Jahr 2021



Titelbild: Im September 2021 hat das METAS ein Biologielabor für die Analyse von Nukleinsäuren in Betrieb genommen (vgl. S. 16).

Impressum

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Tätigkeiten des METAS im Berichtsjahr 2021. Weitergehende Informationen können dem Geschäftsbericht des METAS, dem Jahresbericht über den Vollzug des Messgesetzes (beide publiziert auf www.metas.ch), dem Kaderlohnreporting (publiziert auf www.epa.admin.ch) und der Kurzberichterstattung des Bundesrates über die Erfüllung der strategischen Ziele der verselbständigten Einheiten des Bundes (publiziert auf www.efv.admin.ch) entnommen werden.

Herausgeber

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

Copyright

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet, Belegexemplare erwünscht.

Finanzen

Die Seiten 26 und 27 dieses Berichts enthalten Angaben aus dem Jahresabschluss des METAS per 31. Dezember 2021. Die Jahresrechnung 2021 des METAS ist zusammen mit dem Bericht der Revisionsstelle auf www.metas.ch publiziert.

Sprachen

Dieser Bericht wird in deutscher, französischer, italienischer und englischer Sprache herausgegeben.

Ausgabe

Mai 2022
05.22 2600 860512635

Bildnachweis

METAS

Layout

Casalini Werbeagentur AG, 3007 Bern
www.casalini.ch



Inhaltsverzeichnis

4	Vorworte
6	Messen für Wirtschaft und Gesellschaft: Die Aufgaben des METAS
8	Das METAS leiten: Institutsrat und Geschäftsleitung
10	Projekte für das Messen: Forschung und Entwicklung des METAS
12	Messen im Dienst der Produktentwicklung: Kooperationsprojekte mit der Industrie
14	Metrologie für die Wirtschaft: Kalibrierungen und Referenzmaterialien
16	Messen für die Gesundheit: das neue Labor für Nukleinsäureanalytik
18	Messen regeln: Gesetzgebung im Bereich der Metrologie
20	Messen über die Grenzen hinweg: Internationale Organisationen der Metrologie
22	Das Klimapaket des METAS
24	Aufs Messen ausgerichtet: Die Organisation des METAS
26	Finanzen
28	Über das Messen informieren: Publikationen und Vorträge des METAS

Änderungen im Institutsrat



Das METAS ist seit dem 1. Januar 2013 ein Eidgenössisches Institut. Der Institutsrat des METAS besteht schon seit 2012, damit er bei den Vorbereitungsarbeiten zur Gründung des Instituts und zur Aufnahme des Betriebs mitwirken konnte. Von Anfang dabei waren neben mir Thierry Courvoisier und Tony Kaiser. Sie sind nun auf Ende des Berichtsjahres aus dem Institutsrat zurückgetreten.

Beide haben schon die Vorbereitungsarbeiten zur Inbetriebnahme des Instituts tatkräftig unterstützt. Nachdem das METAS seinen Betrieb als Institut aufgenommen hatte, haben sie ebenso zur Festlegung der strategischen Ausrichtung und, ganz besonders, zur Festlegung des Forschungs- und Entwicklungsprogramms des METAS beigetragen. Dr. Tony Kaiser hat dabei seine reiche Erfahrung aus seiner Tätigkeit in verschiedenen Positionen des Managements von Forschung und Entwicklung

in der Industrie beigesteuert. Prof. Dr. Thierry Courvoisier hat gleichzeitig die Welt der Wissenschaft wie auch diejenige der Wissenschaftsorganisationen und des Wissenschaftsmanagements in den Institutsrat eingebracht. Für ihr grosses Engagement zugunsten des METAS und die angenehme Zusammenarbeit während all dieser Jahre danke ich Tony Kaiser und Thierry Courvoisier herzlich.

Der Institutsrat nimmt weiterhin seinen Auftrag wahr, gemeinsam mit der Geschäftsleitung die strategische Ausrichtung des METAS festzulegen und sich insbesondere mit der Ausrichtung der Forschung und Entwicklung am METAS zu befassen.

Dr. Matthias Kaiserswerth
Präsident des Institutsrats



Der Institutsrat nimmt seinen Auftrag wahr, gemeinsam mit der Geschäftsleitung die strategische Ausrichtung des METAS festzulegen.



Die Vision METAS 2025 umsetzen

Auch im Geschäftsjahr 2021 hat sich die Coronapandemie auf den Betrieb des METAS ausgewirkt. Wie im Vorjahr galt es, sich immer wieder an die aktuelle Pandemiesituation anzupassen und die jeweils notwendigen Massnahmen zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und von Drittpersonen zu treffen und umzusetzen. Trotz all der Umstellungen und Anpassungen konnten der Betrieb am METAS aufrechterhalten und die Dienstleistungen erbracht werden. Das war nur möglich dank dem grossen Einsatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des METAS, die sich rasch und flexibel umstellten und auch unter veränderten Bedingungen ihre Arbeit erbracht haben.

Nicht nur die Coronapandemie hat die Arbeit der Geschäftsleitung in den Jahren 2020 und 2021 geprägt, sondern auch die Vision METAS 2025. Im Jahre 2020 wurde sie erarbeitet und im November vom Institutsrat genehmigt. Die Vision METAS 2025 bildet den Rahmen für ein Programm des Wandels und legt die Richtung fest, in die sich das

METAS entwickeln will. Wie alle nationalen Metrologieinstitute steht das METAS in den nächsten Jahren vor grossen Herausforderungen: So wird die Digitalisierung die metrologischen Dienstleistungen verändern. Neben den klassischen physikalischen Gebieten werden chemische und biologische Referenzen zunehmend wichtiger. Zudem gilt es, zeitgemässen Formen des Kundenkontakts wie auch neuen Organisations- und Arbeitsformen Rechnung zu tragen. Im Berichtsjahr ging es darum, mit der Umsetzung der Vision METAS 2025 zu beginnen. Unter anderem wurden zwei neue Bereiche geschaffen: Digitale Transformation sowie Kundenbetreuung und Kommunikation. Die Leitung der Bereiche konnte mit ausgewiesenen Fachleuten besetzt werden. Sie haben die Arbeit bereits im Berichtsjahr aufgenommen und werden in den kommenden Jahren mit ihren Teams und in enger Zusammenarbeit mit den anderen Einheiten des METAS die Arbeiten auf diesen Gebieten vorantreiben.

Dr. Philippe Richard
Direktor



Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des METAS stellten sich rasch und flexibel um und haben auch unter veränderten Bedingungen ihre Arbeit erbracht.



Messen für Wirtschaft und Gesellschaft: Die Aufgaben des METAS

Am genauesten misst die Schweiz in Wabern. Dort ist das Eidgenössische Institut für Metrologie METAS zu Hause – das messtechnische Referenzzentrum der Schweiz.

Das METAS ist das nationale Metrologieinstitut der Schweiz. Es ist das Kompetenzzentrum des Bundes für alle Fragen des Messens, für Messmittel und Messverfahren. Mit seinen Tätigkeiten in Forschung und Entwicklung und seinen Dienstleistungen schafft es die Voraussetzungen dafür, dass in der Schweiz mit jener Genauigkeit gemessen werden kann, die für die Belange von Wirtschaft, Forschung, Verwaltung und Gesellschaft erforderlich ist.

Verbindliche Referenzmasse

Das METAS realisiert die Referenzmasse der Schweiz, sorgt für deren internationale Anerkennung und gibt sie in der erforderlichen Genauigkeit weiter. So stellt es der Wirtschaft und Gesellschaft die messtechnische Grundinfrastruktur zur Verfügung. Diese ist überall dort von Bedeutung, wo gemessen wird.

Das METAS beaufsichtigt das Inverkehrbringen, die Verwendung und die Kontrolle von Messmitteln in Handel, Verkehr, Öffentlicher Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz. Es sorgt dafür, dass die für den Schutz und die Sicherheit von Mensch und Umwelt notwendigen Messungen richtig und vorchriftsgemäss durchgeführt werden können.



Fortschritt braucht Genauigkeit

Zuverlässig herstellen und überwachen lässt sich nur das, was präzise gemessen werden kann. Wissenschaft und Technik sind deshalb auf stetig weiter entwickelte messtechnische Grundlagen und Verfahren angewiesen. Mess- und Regelverfahren, die von wichtigen Zweigen der Schweizer Wirtschaft, wie etwa der Mikro- und Medizinaltechnik, verwendet werden, benötigen zum Beispiel Messmethoden, deren Genauigkeit im Bereich von Millionstel Millimetern liegt.

Metrologie

Metrologie ist die Wissenschaft und Technik des Messens (vom griechischen *metron* – Mass). Metrologie wird häufig mit *Meteorologie* verwechselt. Die beiden Begriffe haben allerdings inhaltlich nichts miteinander zu tun. Unter *Meteorologie* versteht man die Lehre von den Witterungserscheinungen (vom griechischen *meteoros* – in der Luft schwebend).



Das METAS verfolgt die wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen, um stets auf dem aktuellen Stand zu bleiben. Es betreibt Forschung und Entwicklung, um die Bedürfnisse des Marktes nach neuen oder genaueren Messplätzen und -dienstleistungen zu erkennen und vorwegzunehmen. Um seine Angebote an Dienstleistungen den Bedürfnissen des Marktes anpassen zu können, überprüft es sie regelmässig.



Der Ort, wo die Schweiz am genauesten misst: am METAS in Wabern.

Das METAS leiten: Institutsrat und Geschäftsleitung

An der Spitze des METAS steht der Institutsrat. Er ist für die unternehmerische Leitung verantwortlich. Die operative Führung nimmt die Geschäftsleitung wahr.

Der Institutsrat setzt sich gemäss den gesetzlichen Vorgaben aus fünf bis sieben fachkundigen Mitgliedern zusammen. Im Berichtsjahr bestand er aus sieben Mitgliedern: Dr. Matthias Kaiserswerth (Präsident), Dr. Ursula Widmer (Vizepräsidentin), Prof. Dr. Thierry Courvoisier, Dr. Tony Kaiser, Prof. Dr. Sonia Isabelle Seneviratne, Dr. Alessandra Curioni-Fontecedro, Dr. René Lenggenhager.

Zwei der Mitglieder sind auf Ende 2021 zurückgetreten: Prof. Dr. Thierry Courvoisier, Dr. Tony Kaiser.

Die Aufgaben des Institutsrats sind im Institutsgesetz festgelegt. Er beantragt beim Bundesrat die Abteilungen für die vom Bund zu erbringenden Leistungen und genehmigt das Forschungs- und Entwicklungsprogramm. Er hat die Aufsicht über die Geschäftsleitung und erlässt die Personalverordnung. Die Mitglieder des Institutsrats verfügen über grosse Führungserfahrung, akademisch und unternehmerisch, und über langjährige und vielfältige Erfahrung in Forschung und Entwicklung in Naturwissenschaften und Technik.

Vision METAS 2025

Zu den wichtigsten Aufgaben des Institutsrats gehört es, gemeinsam mit der Geschäftsleitung, die strategische Ausrichtung des METAS festzulegen. Dabei orientiert er sich an den Vorgaben des Bundesrates, die in den strategischen Zielen für das METAS festgehalten sind. Die Leitlinie für die Weiterentwicklung des METAS in den nächsten Jahren bildet die Vision METAS 2025, die der Institutsrat im November 2020 genehmigt hatte. Dieses Programm des Wandels stellt die Antwort des METAS auf die Herausforderungen dar, die mit den zu erwartenden Entwicklungen in verschiedensten wichtigen Bereichen verbunden sind: Im Feld der Metrologie, bei den Erwartungen der Anspruchsgruppen, bei der Digitalisierung und in anderen gesellschaftlichen Bereichen.



Die Mitglieder des Institutsrats im Jahr 2021 (v.l.n.r.): Dr. Matthias Kaiserswerth (Präsident), Prof. Dr. Thierry J.-L. Courvoisier, Dr. Tony Kaiser; Dr. Ursula Widmer, Prof. Dr. Sonia I. Seneviratne, Dr. Alessandra Curioni-Fontecedro, Dr. René Lenggenhager.

Operative Führung

Für die operative Führung des METAS ist die Geschäftsleitung verantwortlich. Sie vertritt das METAS gegen aussen. Sie besteht aus vier Mitgliedern: dem Direktor, Dr. Philippe Richard, dem Stellvertretenden Direktor, Dr. Gregor Dudle, und den Vizedirektoren, Dr. Bobjoseph Mathew und Dr. Hanspeter Andres.

Einen wichtigen Schwerpunkt der Tätigkeit der Geschäftsleitung stellte das Umsetzen von Massnahmen zur Realisierung der Vision METAS 2025 dar. Daneben prägte weiterhin auch das Festlegen und Umsetzen von Massnahmen, die aufgrund der Coronapandemie notwendig waren, den Betriebsalltag.



Die Geschäftsleitung des METAS (v.l.n.r.):
Dr. Philippe Richard (Direktor), Dr. Gregor Dudle,
Dr. Bobjoseph Mathew, Dr. Hanspeter Andres.

Projekte für das Messen: Forschung und Entwicklung des METAS

Das METAS führt viele seiner Forschungsarbeiten im Rahmen Europäischer Metrologieforschungsprogramme durch.

Internationale Zusammenarbeit ist in der Metrologie tief verankert. Die Vereinheitlichung der Längen- und Massendefinition im 19. Jahrhundert und später der anderen relevanten Grössen im Internationalen Einheitensystem (SI) hat den Grundstein zur weltweiten Standardisierung gelegt. In Europa fand die internationale Zusammenarbeit in der Metrologie in den letzten Jahren grösstenteils innerhalb des Forschungsprogramms EMPIR (*European Metrology Programme for Innovation and Research*) statt. EMPIR wurde von EURAMET, der Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute Europas, und der EU-Kommission entwickelt, um die Forschung der nationalen Metrologieinstitute besser zu koordinieren. Das Programm förderte zwischen 2014 und 2020 metrologische Forschungsvorhaben. Die letzten Projekte im Rahmen des Programms EMPIR sind 2020 bewilligt worden. Im Berichtsjahr beteiligte sich das METAS in den verschiedensten Themenbereichen an 30 europäischen Projekten.

Energie aus Wasserstoff

Zwei dieser Projekte befassen sich mit Wasserstoff als Energieträger, speziell für den Einsatz in der Mobilität. In diesem Themenbereich gibt es viele Herausforderungen an die Metrologie. So muss die metrologische Rückführbarkeit entlang der ganzen Verteilungskette des Wasserstoffs garantiert werden können. Es gilt, offene Fragen zur Messung unter hohem Druck, zur Simulation und Messung von flüssigem Wasserstoff zu untersuchen und zu klären. Aber auch die Masse von Wasserstoff, welche beim Füllen von Brennstoffzellen aufgenommen wird, muss eindeutig bestimmt werden können. Zusätzlich müssen Referenzmaterialien und verlässliche Methoden zur Bestimmung der Reinheit des Wasserstoffes entwickelt werden. Dies ist nicht zuletzt erforderlich, damit das Tanken von Wasserstoff rechtlichen Anforderungen entspricht.

Neues Metrologieforschungsprogramm

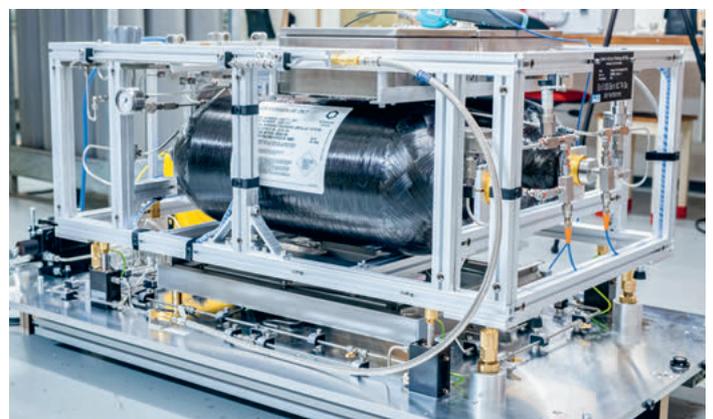
Themen wie Beiträge zur Wasserstoffwirtschaft werden auch im Rahmen des neuen europäischen Metrologieforschungsprogrammes weiterverfolgt werden. Innerhalb des 2021 gestarteten Rahmenprogramms für die Forschungsförderung in Europa – *Horizon Europe* – wurde der Metrologie ebenfalls wieder ein dediziertes Forschungsprogramm zugesprochen: Die *European Partnership on Metrology* (EPM) wurde am 1. Dezember 2021 offiziell ins Leben gerufen. Über die Dauer von sieben Jahren steht der EPM ein Budget von über 700 Millionen Euro zur Verfügung. Das Forschungsprogramm





wird sich auch den gesellschaftspolitischen Herausforderungen wie Green Deal, Gesundheit und Digitalisierung stellen. So ist bereits in der ersten Phase der EPM ein weiteres Projekt im Bereich Wasserstoff bewilligt worden. Auch hier bringt das METAS seine Kompetenz im Bereich der Durchflussmessungen in die ein.

All diese Forschungsprojekte sollen ermöglichen, dass mit der Nutzung von Wasserstoff ein Beitrag für eine nachhaltige Mobilität geleistet werden kann.



Messeinrichtung zur Eichung von Wasserstofftankstellen.

Messen im Dienst der Produktentwicklung: Kooperationsprojekte mit der Industrie

Das METAS wird als Forschungspartner durch Innosuisse gefördert. Unternehmen können somit die Forschungs- und Entwicklungskompetenzen des METAS für ihre Innovationen nutzen und zusammen mit dem METAS anwendungsorientierte Entwicklungsprojekte durchführen.

Die Energiewende ist in aller Munde. Um die Stromversorgung der Schweiz auch nach dem Ausstieg aus der Kernenergie und dem Verzicht auf fossile Energieträger sicherzustellen, soll für die Erzeugung von Elektrizität neben Wasserkraft vermehrt auf Photovoltaik und Windkraft gesetzt werden. Dadurch wird die Stromproduktion einerseits zeitlich volatiler andererseits aber auch lokal verteilter. Dies stellt das Stromnetz vor Herausforderungen.

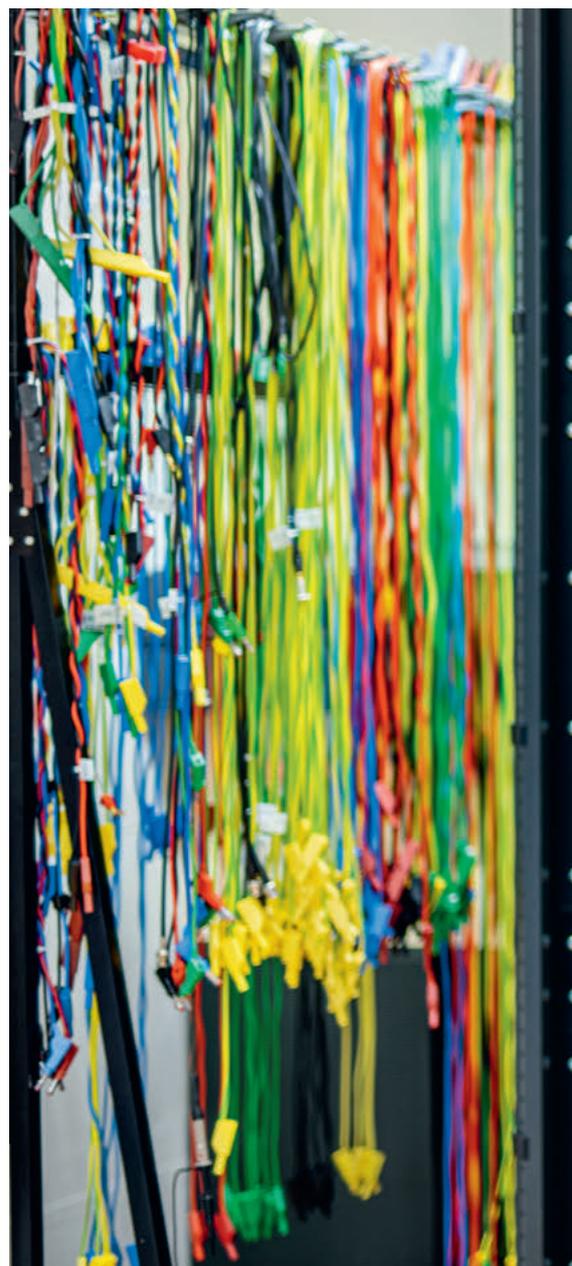
Informationen über Netzwerkparameter

Nur mit verlässlichen Informationen über Parameter zum Stromnetz können die Herausforderungen aus der dezentralen Elektrizitätsproduktion gemeistert werden. Die Firma Condis mit Sitz in Rossens ist ein innovativer Hersteller solcher nicht-konventioneller Messgeräte, die im Rahmen des Aufbaus von modernen elektrischen Umspannwerken eingesetzt werden. Diese «Low Power Instrument Transformer» (LPIT) genannten Geräte müssen natürlich auch verlässliche Messwerte liefern, kalibriert werden und die Messunsicherheit muss korrekt abgeschätzt werden können. Genau in diesem Bereich verfügt das METAS über das technisch-wissenschaftliche Wissen und einschlägige Erfahrung. Im METAS besteht bereits ein Laboraufbau, welcher unter Einsatz von sperrigen Messgeräten und kompetenten Mitarbeitenden erlaubt, diese LPIT-Messgeräte zu kalibrieren.

Überprüfung und Kalibrierung im Netz

Ziel des von Innosuisse unterstützten Projekts «Mobile Instrument Transformer Calibration System» ist die Entwicklung eines transportablen Systems, welches die Überprüfung und Kalibrierung der im Netz eingebauten LPIT-Messgeräte erlaubt. Ein solches, kompaktes Gerät könnte in Fabrikationsprozessen aber auch für die Abnahme von Kom-

ponenten eingesetzt werden und ermöglichte somit sowohl Qualitäts- als auch Prozessoptimierungen. Das Design des Referenzsystems erfolgt in Zusammenarbeit mit der Firma Condis, während der Softwareteil (Datenextraktion und -verarbeitung) vom METAS übernommen wird. Das notwendige Fachwissen im Umgang mit digitalisierten Daten konnte in den letzten Jahren am METAS aufgebaut werden. Das Projekt ist in der Mitte der Laufzeit gut unterwegs, auch wenn wegen der Coronapandemie bedingte Verzögerungen zu verzeichnen waren. Neben den bereits vorhandenen Hardwareprototypen muss die Analysesoftware noch mit einem Fehlerabschätzungsmodul ergänzt werden.





Mit dieser Zusammenarbeit wird wissenschaftlich-technisches Expertenwissen des METAS zum Industriepartner transferiert. Dieser wird seinerseits dann über ein Produkt mit einem Alleinstellungsmerkmal verfügen, welches nicht nur der ökonomischen Entwicklung der Firma dienen kann, sondern auch einen Beitrag an die erfolgreiche Bewältigung der Energiewende ermöglichen soll.



Kalibrierung von Messmitteln zur Bestimmung von Netzwerkparametern.

Metrologie für die Wirtschaft: Kalibrierungen und Referenzmaterialien

Das METAS unterstützt mit seinen Dienstleistungen zahlreiche Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen, richtig und zuverlässig messen zu können. So können sie die Qualitätsansprüche erfüllen, die an ihre Produkte gestellt werden. Das gilt auch für zertifizierte Referenzmaterialien.

Das METAS erbringt für die Wirtschaft und die Verwaltung zahlreiche Kalibrier-, Mess- und Prüfdienstleistungen. So wurden 2021 rund 4800 Kalibrierzertifikate erstellt. Die wichtigsten Kundensegmente sind die Maschinen-, Elektro-, Metall- und Uhrenindustrie, wie auch die Medizin sowie die Kommunikationstechnik.

Die klassischen Dienstleistungen eines nationalen Metrologieinstituts wie Kalibrierungen sind für die Wirtschaft wichtig und werden weiterhin angeboten. Immer mehr spielen daneben aber auch Dienstleistungen auf weiteren Gebieten eine Rolle. So sind für rückführbare chemische Analysen zertifizierte Referenzmaterialien von Bedeutung. Die Rückführbarkeit von Analyseergebnissen auf das Internationale Einheitensystem SI muss durch Referenzmessmethoden und rückgeführte Referenzmaterialien sichergestellt werden.

Lebensmittelsicherheit

Zertifizierte Referenzmaterialien werden unter anderem bei Analysen von Lebensmitteln verwendet. Solche Analysen werden im Interesse der Lebensmittelsicherheit durchgeführt. Lebensmittel, die durch Bakterien, Viren oder chemische Stoffe verunreinigt sind, können zu Krankheiten führen – von Durchfallerkrankungen bis zu Krebs. Solche Stoffe können während des Herstellungsprozesses, des Vertriebs und des Verkaufs in Lebensmittel gelangen oder in ihnen entstehen. Zum Schutz der Konsumentinnen und Konsumenten ist der Gehalt solcher Stoffe in Lebensmitteln gesetzlich geregelt und Lebensmittel werden auf diese Stoffe hin kontrolliert. Um die für solche Kontrollen notwendigen Untersuchungen durchführen zu können, braucht es vergleichbare Messverfahren. Dafür sorgen die nationalen Referenzlaboratorien.

In der Schweiz ist das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) für die Lebensmittelsicherheit zuständig. Es bestimmt unter anderem die nationalen Referenzlaboratorien. Aufgrund seiner Kompetenzen wurde das METAS vom BLV zum Referenzlabor für Prozesskontaminanten in Lebensmitteln und zum Referenzlabor für Metalle und Stickstoffverbindungen in Lebensmitteln ernannt.

Zertifizierte Referenzmaterialien

Damit Lebensmittelhersteller bei ihren Analysen ihre Messergebnisse auf anerkannte Bezugsgrößen





rückführen und so die Richtigkeit und Zuverlässigkeit ihrer Messergebnisse sichern können, sind zertifizierte Referenzmaterialien unverzichtbar. Das METAS unterstützt den Bedarf an Referenzmessmethoden und rückführbaren Referenzmaterialien. Als erstes zertifiziertes Referenzmaterial wird es chemische Verunreinigungen in Molkenprotein anbieten. Molkenprotein wird in der Lebensmittelindustrie vielfach verwendet, auch für die Herstellung von Babynahrung. Zudem ist es ein wichtiger Bestandteil von sogenannten Sportnahrungsmitteln.



Referenzmaterialien für Lebensmittelsicherheit: Untersuchung von Molkenprotein.

Messen für die Gesundheit: das neue Labor für Nukleinsäureanalytik

Um seine Messmöglichkeiten im Bereich der Analyse von Nukleinsäuren erweitern zu können, hat das METAS ein Biologielabor aufgebaut. Dieses konnte im Herbst 2021 in Betrieb genommen werden.

Messungen tragen auf verschiedensten Gebieten zum Schutz der Gesundheit bei: von der Bestimmung der Radonkonzentration in Kellerräumen, über Messungen der Schadstoffbelastung in der Luft bis zu Lärmmessungen. Um auf die Bedeutung von Messungen für die Gesundheit hinzuweisen war der Welttag der Metrologie 2021 dem Thema «Messen für die Gesundheit» gewidmet.

Messungen in der Labormedizin

Auch im Rahmen medizinischer Behandlungen spielen Messungen eine wesentliche Rolle. Das beginnt mit einfachen Messungen der Körpertemperatur oder des Blutdrucks und geht über labormedizinische Blutanalysen bis hin zu komplexen genetischen Analysen. Bei rund 70 Prozent aller Behandlungen in Arztpraxen wird auch auf Ergebnisse von Messungen oder Analysen zurückgegriffen, sei es als Grundlage eines Entscheids oder zur Überprüfung des Behandlungserfolgs. 132 Millionen Analysen werden jährlich in medizinischen Laboren der Schweiz durchgeführt. Dabei hängt die Komplexität der gut 1200 verschiedenen Laboranalysen stark vom Analyten ab. Während chemische Parameter wie die Konzentration von Ionen im Blut relativ einfach zu messen und zu vergleichen sind, ist die Standardisierung der Messungen von genetischen Untersuchungen oder Proteinen komplexer und macht die Vergleichbarkeit von Messresultaten schwierig.

Rückführbar messen in der Medizin

Zunehmend gewinnen auch in der Labormedizin rückführbare Messungen, wie sie in der Physik und in Teilen der Chemie üblich sind, an Bedeutung. Das METAS verfügt über Fachwissen und umfangreiche Erfahrung zur Vergleichbarkeit, Genauigkeit und Rückführbarkeit von Messungen. Im Rahmen seines gesetzlichen Auftrags und im Interesse eines hochstehenden Schweizer Gesundheitswesens steht das METAS auch den in der Labormedizin tätigen Akteuren als Ansprechpartner zur Verfügung.

Im Bereich der Labormedizin spezialisiert sich das METAS auf die Nukleinsäuremetrologie. Analysen von Nukleinsäuren machen rund 8 Prozent (mit steigender Tendenz) aller durchgeführten Analysen aus, sind jedoch noch wenig standardisiert. Das METAS arbeitet hier eng mit anderen nationalen Metrologieinstituten und den Anwendern und Herstellern von In-vitro-Diagnostika zusammen mit dem Ziel, Qualität und Vergleichbarkeit von labormedizinischen Untersuchungen weiter zu verbessern und Kosten zu reduzieren. Um im Bereich der Analyse von Nukleinsäuren Grundlagen für metrologisch rückführbare Messungen zu schaffen und





dafür Dienstleistungen anbieten zu können, hat das METAS ein Biologielabor aufgebaut. Dieses konnte im September 2021 in Betrieb genommen werden.

Das METAS tritt mit seiner Tätigkeit im Bereich Nukleinsäuremetrologie weder als Kontrolleur noch als Diagnostikanbieter auf. Es will die Entwicklungen in diesem Bereich langfristig mitprägen und positioniert sich als verlässlicher Ansprechpartner und Dienstleister bei Fragen zur metrologischen Rückführbarkeit von Nukleinsäuren.



Das neue Biologielabor für die Untersuchung von Nukleinsäuren.

Messen regeln: Gesetzgebung im Bereich der Metrologie

Die Erlasse im Bereich der Metrologie regeln die Anforderungen an zahlreiche Kategorien von Messmitteln. Die technische Entwicklung der Messmittel und veränderte Gegebenheiten bei ihrer Verwendung erfordern laufend Anpassungen der rechtlichen Grundlagen.

Die Mitwirkung bei der Vorbereitung von Erlassen im Bereich der Metrologie gehört zu den gesetzlichen Aufgaben des METAS. Im Jahr 2021 wurden zwei Änderungen von messmittelspezifischen Verordnungen beschlossen und mehrere Änderungen vorbereitet, von denen eine die E-Ladestationen für Elektrofahrzeuge betrifft. Zuständig für die Änderungen ist das Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement (EJPD), das die messmittelspezifischen Verordnungen erlässt.

Nanopartikel und Schallmessung

Geändert wurde zum einen die Verordnung des EJPD über Abgasmessmittel für Verbrennungsmotoren. Diese Messmittel müssen seit dem 15. April 2021 mit einer ordentlichen Zulassung und Ersteintragung in Verkehr gebracht werden; vorher war ein nationales Konformitätsverfahren vorgesehen. Mit der Verordnungsänderung wird sichergestellt, dass bei allen Messmitteln für Nanopartikel aus Verbrennungsmotoren, die in der Schweiz in Verkehr gebracht werden, geprüft wird, ob sie mit den schweizerischen Anforderungen übereinstimmen. So kann verhindert werden, dass Messmittel in Verkehr gelangen, die zwar ausländische Anforderungen erfüllen, aber den schweizerischen Bestimmungen nicht genügen und dann die erste Eichung nach einem Jahr nicht bestehen.

Zum anderen wurde die Verordnung des EJPD über Messmittel für die Schallmessung durch die Aktualisierung von Verweisen (Normen und Verordnungen) auf den neuesten Stand gebracht.

Vorbereitungen für die Regelung on E-Ladestationen

Die Elektrizitätszähler in E-Ladestationen für Elektrofahrzeuge unterstehen heute nicht dem Messgesetz und der Messmittelverordnung. Bei der Totalrevision der Verordnung des EJPD über Messmittel für elektrische Energie und Leistung im Jahr 2015 waren diese Elektrizitätszähler bewusst noch nicht geregelt worden. Damals waren noch technische Fragen im Zusammenhang mit den E-Ladestationen offen und die Abrechnung nach bezogener Energie bei Elektrofahrzeugen war noch wenig





üblich. Bereits beim Erlass der Verordnung war vorgesehen, früher oder später die Elektrizitätszähler in E-Ladestationen ihr zu unterstellen. Im Jahr 2021 hat das METAS nun verschiedene Arbeiten durchgeführt, um eine künftige Regelung vorzubereiten. Die geplante Änderung der Verordnung des EJPD über Messmittel für elektrische Energie und Leistung soll auch eine Übergangsregelung umfassen, die es erlaubt, dass bisher installierte E-Ladestationen möglichst weitgehend weiterverwendet werden können. Für das Jahr 2022 ist eine Konsultation der interessierten Kreise vorgesehen.



E-Ladestationen: Regelungen für metrologische Anforderungen sind in Vorbereitung.

Messen über die Grenzen hinweg: Internationale Organisationen der Metrologie

Das METAS – und damit die Schweiz – ist in den internationalen Organisationen des Messwesens überdurchschnittlich vertreten. Das Engagement der Mitarbeitenden des METAS auf internationaler Ebene ist bedeutsam.

Internationale Zusammenarbeit ist auf dem Gebiet der Metrologie unerlässlich. Nur durch sie war es möglich, die Vielzahl nebeneinander existierender Masseinheiten und Einheitensysteme mit regionaler Gültigkeit durch das weltweit gültige internationale Einheitensystem (SI) zu ersetzen. International harmonisierte Anforderungen an Messmittel und Messmethoden ermöglichen überhaupt erst den Handel.

Zusammenarbeit in Europa...

Die Zusammenarbeit zwischen den nationalen Metrologieinstituten in Europa findet vorwiegend im Rahmen von EURAMET, der Europäischen Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute, statt. Diese Vereinigung befasst sich mit wissenschaftlicher und industrieller Metrologie. Sie hat massgeblich das Metrologie Forschungs- und Entwicklungsprogramm EMPIR und das Nachfolgeprogramm *European Partnership on Metrology* (EPM) entwickelt (siehe Seite 10). In EURAMET nimmt das METAS eine aktive und gestaltende Rolle ein. Der Stellvertretende Direktor ist Mitglied des Aufsichtsrats (*Board of Directors*) und das METAS stellt den Vorsitzenden des Technischen Komitees *Electricity and Magnetism*.

... und weltweit

Auch in weltweiten Vereinigungen ist das METAS prominent vertreten. Einer der Vizedirektoren des METAS ist einer der Vizepräsidenten des *Comité international de métrologie légale* (CIML), des Steuerungsorgans der *Organisation internationale de métrologie légale* (OIML).

Der Direktor des METAS ist Mitglied des *Comité international des poids et mesures* (CIPM), des Aufsichtsorgans der Organisation des internationalen Metervertrags.

Seit Juni 2019 führt der Leiter des Labors Optik als Präsident die *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE), die internationale Körperschaft für Normen und Standardisierung auf dem Gebiet der Lichttechnik und der Beleuchtung.





Diese und weitere Engagements in internationalen Fachorganisationen sind nicht zuletzt Ausdruck davon, dass das METAS und seine Mitarbeitenden international als kompetente und zuverlässige Partner geschätzt werden.



Die meisten Treffen von Technischen Komitees oder Sitzungen konnten nicht vor Ort stattfinden, sondern als Videokonferenzen.

Das Klimapaket des METAS

Das METAS achtet darauf, seine Anlagen möglichst ressourcenschonend zu betreiben, um zum Umweltschutz und Klimaschutz beitragen zu können. Es beteiligt sich auch am Ressourcen- und Umweltmanagementsystem des Bundes.

Teil des Auftrags des METAS ist es, dafür zu sorgen, dass die zum Schutz der Umwelt erforderlichen Messung jederzeit richtig und den gesetzlichen Bestimmungen entsprechend durchgeführt werden. So ist es auch in den strategischen Zielen des Bundesrates für das METAS festgehalten.

Messgrundlagen für Luftqualität

Das METAS stellt denn auch auf verschiedensten für Belange des Umweltschutzes relevanten Gebieten verlässliche Messgrundlagen bereit. So müssen zum Beispiel für Messungen zur Überprüfung und Sicherstellung der Luftreinheit gasförmige Luftschadstoffe oder klimarelevante Gase über lange Zeitreihen zuverlässig und exakt gemessen werden können. Zur Bestimmung der Feinstaubbelastung in der Luft sind leistungsfähige und zuverlässige Partikelmessgeräte von Bedeutung. Mit seinen hochgenauen Messgeräten und Messverfahren gewährleistet das METAS die Rückführung von Messergebnissen in der Gasanalytik oder der Partikelmessung auf international abgestimmte Referenzwerte und trägt zu international anerkannten Messskalen bei.

Klimaschutz wahrnehmen

Das METAS kann sich aber nicht damit begnügen, metrologische Grundlagen und Messmethoden bereitzustellen, die erforderlich sind, damit Messungen für den Umwelt- und Klimaschutz zuverlässig und genau vorgenommen werden können. Es muss – und will – auch darauf achten, dass es seine Anlagen so ressourcen- und klimaschonend wie möglich betreiben kann.

Eine besondere Herausforderung stellt der Betrieb der Anlagen für die Klimatechnik dar. Für die Labore des METAS ist eine gut funktionierende und überwachte Klimatisierung unerlässlich. An den Messplätzen muss eine definierte Referenztemperatur eingehalten werden. Bei den meisten metrologischen Fachbereichen beträgt diese 20 Grad Celsius. Dafür ist eine leistungsfähige Klimatechnik notwendig, deren Betrieb viel Energie verbraucht. Hier gilt es, durch Optimierungsmassnahmen den Energieverbrauch zu reduzieren und dennoch die erforderliche Leistung zu erbringen.



Um Anliegen des Umwelt- und Klimaschutzes systematisch und konsequent Rechnung zu tragen, hat das METAS ein Umweltmanagementsystem erarbeitet und in sein Managementsystem integriert. Dazu beteiligt sich das METAS als dezentrale Einheit des Bundes freiwillig am Ressourcen- und Umweltmanagementsystem der Bundesverwaltung (RUMBA). Das systematische Ressourcenmanagement RUMBA ist einerseits auf den Gebäudebereich (Verbrauch von Elektrizität, Wärme, Wasser und Erzeugen von Abfall), und andererseits auf den Papierverbrauch und Dienstreisen ausgerichtet.

So wichtig die internationale Zusammenarbeit in der Metrologie auch ist, so gilt es doch dafür zu sorgen, dass weniger gereist wird. Das METAS setzt



sich aktiv dafür ein, dass Treffen internationaler Arbeitsgruppen nicht in jedem Fall zwingend vor Ort stattfinden. Anzustreben ist, dass in Zukunft Treffen abwechselnd als Präsenzveranstaltung und online als Videokonferenz durchgeführt werden.

Das METAS hat sich zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 32 % bis 2030 verpflichtet. Die Reduktion bezieht sich auf den Stand der Emissionen im Jahr 2019. Die betrieblichen Massnahmen erfolgen im Rahmen des Ressourcenmanagements RUMBA. Seit 2019 werden die Treibhausgasemissionen durch Emissionsminderungszertifikate kompensiert. Dank dieser Kompensation ist das METAS ein klimaneutraler Betrieb.



Die Labore des METAS sind auf eine leistungsfähige Klimatechnik angewiesen.

Aufs Messen ausgerichtet: Die Organisation des METAS

Das METAS ist in drei Abteilungen gegliedert, welche die metrologischen Aufgaben wahrnehmen. Damit sie ihre Tätigkeit gut und effizient ausüben können, werden sie von Querschnittsbereichen unterstützt.

Die meisten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des METAS arbeiten in Laboren. Sie erbringen metrologische Dienstleistungen, nehmen Eichungen vor, führen Analysen durch, unterhalten Messeinrichtungen oder kümmern sich um die Erforschung und Entwicklung neuer Messmöglichkeiten.

Drei Abteilungen

Die mit der Erfüllung der metrologischen Aufgaben betrauten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind in den Abteilungen Physik, Chemie und Gesetzliche Metrologie organisiert. Diese drei Abteilungen nehmen die metrologischen Kerntätigkeiten wahr. Damit sie ihre Tätigkeiten gut und effizient ausüben können, werden sie von Querschnittsbereichen unterstützt.

Unterstützende Querschnittsbereiche

Unterstützung ist auf vielen Gebieten erforderlich, von verschiedenen technischen Bereichen über Forschung und Entwicklung, Betrieb und Logistik und administrative Tätigkeiten bis hin zu Kundenbetreuung und Kommunikation.

Ausbildungsstandort METAS

Das METAS engagiert sich stark für die Berufsbildung und den Eintritt ins Berufsleben, was sich am vergleichsweise hohen Anteil der Lernenden in Bezug auf den gesamten Personalbestand zeigt (6,1 %). Es bietet sechs verschiedene Berufslehren in technisch-wissenschaftlichen Bereichen an (Chemielaborant/in, Elektroniker/in, Informatiker/in, ICT-Fachmann/-frau, Physiklaborant/in, Mediamatiker/in). Ebenso wird ein einjähriges BM-Praktikum im kaufmännischen Bereich angeboten. Das METAS beschäftigte 2021 während mehrerer Monate verschiedene erfolgreiche Lehrlingebgänge als junge Berufsleute weiter. Alle Lernenden im letzten Lehrjahr konnten ihre Ausbildung 2021 erfolgreich abschließen. Zudem bietet das METAS eine Reihe von Hochschulpraktika an.

Organigramm per

Institutsrat

Matthias Kaiserswerth

Geschäftsleitung

Philippe Richard*

Forschung und Entwicklung

Führung und Direktionsgeschäfte

- Direktionsgeschäfte
- Finanzen und Controlling
- Kundenbetreuung und Kommunikation
- Personal und Organisationsentwicklung
- Zentrales Sekretariat

Technologie und Betrieb

- Digitale Transformation
- Informatik
- Infrastruktur und Logistik
- Technologie

*Mitglied der Geschäftsleitung

Messplätze und messtechnische Labors sind auf genau geregelte und ständig überwachte Betriebsbedingungen angewiesen. Insbesondere gilt es, Temperatur und Luftfeuchtigkeit möglichst konstant zu halten und laufend zu messen. Die Messeinrichtungen sollten auch vor Vibrationen und anderen Störungen möglichst gut geschützt sein. Der sachgemäße und reibungslose Betrieb der Gebäudetechnik ist für die Arbeit in den Labors METAS von entscheidender Bedeutung (siehe auch Seite 22).

1. April 2022



Eidgenössisches Institut für Metrologie METAS

Physik

Gregor Dudle*

- Elektrizität
- Länge, Optik und Zeit
- Mechanische Grössen und ionisierende Strahlung

Chemie

Hanspeter Andres*

- Chemische und biologische Metrologie
- Chemische Prüfung und Beratung

Gesetzliche Metrologie

Bobjoseph Mathew*

- Aufsicht und Nachträgliche Kontrollen
- Eichungen und Prüfungen
- Recht
- Messnetze
- Konformitätsbewertungsstelle METAS-Cert

Kerntätigkeiten im Mittelpunkt: Die Organisation des METAS.

Zentral ist auch die Unterstützung in technischen Belangen. Diese leistet zum einen der Bereich Technologie auf vielen Gebieten: von der Konstruktion über die mechanische Fertigung und die Elektronik bis zur Programmierung von messtechnischen Abläufen und Auswertungen für bestimmte Messplätze. Zum anderen sorgen die Bereiche Informatik und Digitale Transformation dafür, dass die erforderliche digitale Infrastruktur und Ausrüstung zur Verfügung steht.

Damit Kundenaufträge effizient abgewickelt und Entwicklungsprojekte erfolgreich durchgeführt werden können, wird auch administrative Unterstützung unterschiedlichster Art und auf verschiedenen Ebenen benötigt: vom handfesten Empfang von Lieferungen und Versenden von kalibrierten Messmitteln über Einkauf, Finanzen, Sekretariat und Geschäftsleitung bis hin zur Kundenbetreuung und Kommunikation.

Finanzen

Das Rechnungsjahr 2021 schloss das METAS mit einem Gewinn von 1,1 Millionen Franken ab. Der Aufwand belief sich auf 51,6 Millionen Franken und an Erträgen wurden 52,8 Millionen Franken (inklusive Abgeltungen) erwirtschaftet.

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

Bilanz

(in Tausend CHF)	31.12.2021	31.12.2020
Aktiven		
Flüssige Mittel	27 928	26 941
Forderungen aus Leistungen	3 243	2 466
Forderungen Forschungsprojekte	2 187	2 889
Übrige Forderungen	65	172
Aktive Rechnungsabgrenzungen	1 289	1 056
Umlaufvermögen	34 712	33 524
Sachanlagen	20 324	19 778
Immaterielle Anlagen	3 425	2 131
Anlagevermögen	23 749	21 909
Total Aktiven	58 461	55 433
Passiven		
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	654	524
Verbindlichkeiten Forschungsprojekte	2 765	3 825
Übrige Verbindlichkeiten	633	1 123
Passive Rechnungsabgrenzungen	2 255	296
Kurzfristige Rückstellungen	1 294	1 227
Kurzfristiges Fremdkapital	7 601	6 995
Rückstellung für Pensionskassenverbindlichkeiten	24 913	42 839
Rückstellungen für Treueprämien	1 718	1 603
Langfristiges Fremdkapital	26 631	44 442
Bilanzverlust	-8 825	-11 313
Kumulierte versicherungsmathematische Verluste/Gewinne	28 561	9 408
Reserven für Anlagevermögen	3 413	3 413
Gewinn	1 080	2 488
Eigenkapital	24 229	3 996
Total Passiven	58 461	55 433

Erfolgsrechnung

(in Tausend CHF)	2021 1.1.2021–31.12.2021	2020 1.1.2020–31.12.2020
Nettoerlös	52 785	52 608
Gewinn aus Verkauf von Anlagevermögen	8	0
Aufwand für Material und Dritteleistungen	–269	–331
Personalaufwand	–36 188	–34 853
Raumaufwand	–6 776	–6 821
Informatikaufwand	–1 549	–1 482
Sonstiger Betriebsaufwand	–3 007	–2 891
Abschreibungen	–3 706	–3 641
Betriebsaufwand	–51 226	–49 688
Finanzertrag	6	57
Finanzaufwand	125	–12
Finanzergebnis	–119	–45
Steueraufwand	–99	–146
Gewinn	1 080	2 488

Das METAS konnte im Berichtsjahr seine Tätigkeiten zu 54,9 % (Vorjahr 56,7 %) 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 detaillierte, IPSAS-konforme Jahresrechnung kann auf dem Internetauftritt des METAS heruntergeladen oder beim METAS bestellt werden.

Über das Messen informieren: 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 in diesem Jahr zu einem grossen Teil online abgehalten werden.

Ein Überblick über die von Mitarbeitenden des METAS veröffentlichten Publikationen und von ihnen gehaltenen Vorträge findet sich am Schluss dieses Kapitels. Eine Reihe von Fachvorträgen wurde zudem im Rahmen von Veranstaltungen im METAS selbst gehalten.

Fachzeitschrift «METinfo»

2021 sind zwei Nummern der Fachzeitschrift für Metrologie «METinfo» erschienen, die das METAS herausgibt und deren Artikel in der Regel von METAS-Mitarbeitenden geschrieben werden. Mehrere «METinfo»-Artikel wurden von Fachzeitschriften verschiedener Gebiete übernommen.

Einblick in die Laboratorien

Es war geplant, dass sich das METAS wiederum am Programm «Mädchen – Technik – Los!» des nationalen Zukunftstags beteiligt. Im Rahmen dieses Programms wird jeweils einer Gruppe von Mädchen ein Einblick in die Aufgaben und Tätigkeiten einiger Labore des METAS geboten. Dieser hätte Anfang November stattfinden sollen. Wie im Vorjahr mussten die Veranstaltungen des Zukunftstags wegen der Coronapandemie abgesagt werden.

Auch Besichtigungen für Gruppen konnten im Berichtsjahr kaum durchgeführt werden. Besichtigungen ermöglichen es, den Besuchern die Aufgaben und Tätigkeiten des METAS zu veranschaulichen und näher zu bringen. Sobald es von der Pandemiesituation her wieder zu verantworten sein wird, werden am METAS wieder Besichtigungen und Veranstaltungen durchgeführt werden.

Publikationen und Vorträge

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

- Iida, K., Sakurai, H., Auderset, K., Vasilatou, K.: *Using an inkjet aerosol generator to study particle bounce in optical particle counters*. *Aerosol Science and Technology* 55 (2021), 1165-1182.
- Ferrero, A., Perales, E., **Basic, N.** (...), **Blattner, P.**: *Preliminary measurement scales for sparkle and graininess*. *Optics Express* 29 (2021), Issue 5, 7589-7600.
- Bircher, B.**: *Computed tomography for dimensional metrology: Design considerations for high-resolution CT systems*. *Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi" 206* (2021), 373-378.
- Bircher, B. A.**; **Meli, F.**; **Küng, A.**, **Thalmann, R.**: *METAS-CT: Metrological X-ray computed tomography at sub-micrometre precision*. *euspen's 20th International Conference & Exhibition, Geneva, Switzerland*. 2021, 4pp.
- Bircher, B.**, **Wyss, S.**, **Gage, D.**, **Küng, A.**, **Meli, F.**, **Körner, C.**: *High-resolution X-ray computed tomography for additive manufacturing: Towards traceable porosity defect measurements using digital twins*. *euspen SIG Advancing Precision in Additive Manufacturing, St. Gallen*, 2021, 4pp.
- Bircher, B.**, **Neuhaus, S.**, **Küng, A.**, **Meli, F.**: *Measurement of temperature induced X-ray tube transmission target displacements for dimensional computed tomography*. *Precision Engineering* 72 (2021), 406-416.
- Ess, M.** (...), **Vasilatou, K.**: *Optical and morphological properties of soot particles generated by the mini-CAST 5201 BC generator*. *Aerosol Science and Technology* (2021), 21 pp.
- Ess, M.** (...), **Vasilatou, K.**: *Coated soot particles with tunable, well-controlled properties generated in the laboratory with a miniCAST BC and a micro smog chamber*. *Journal of Aerosol Science* 157 (2021), 105820, 15pp.
- Horender, S.**, **Tancev, G.**, **Auderset, K.**, **Vasilatou, K.**: *Traceable PM_{2.5} and PM₁₀ Calibration of Low-Cost Sensors with Ambient-like Aerosols Generated in the Laboratory*. *Applied Sciences* 11 (2021), 9014.
- Horender, S.**, **Auderset, K.** (...), **Vasilatou, K.**: *Facility for production of ambient-like model aerosols (PALMA) in the laboratory: application in the inter-comparison of automated PM monitors with the reference gravimetric method*. *Atmospheric Measurement Techniques* 14 (2021), 1225-1238.
- Husmann, D.**; **Bernier, L.** (...), **Morel, J.**: *SI-traceable frequency dissemination at 1572.06 nm in a stabilized fiber network with ring topology*. *Optics Express*, 29 (2021), Issue 16, 24592-24605.
- Sobanski, N. (...), **Iturrate, M.**, **Pascale, C.** et al.: *Advances in High-Precision NO₂ Measurement by Quantum Cascade Laser Absorption Spectroscopy*. *Applied Science* 11 (2021), no. 1222, 2076-3417.
- Ogrinc, N. (...), **Mallia, S.**, **Umbrecht, G.**, et al.: *Support for a European metrology network on food safety Food-MetNet*. *Measurement: Sensors*, 18 (2021), 100285.
- Seferi, Y.; Blair, S.M.; **Mester, C.**; Stewart, B.G.: *A Novel Arc Detection Method for DC Railway Systems*. *Energies* 14 (2021), 444, 21 p.

Mester, C.: Optimised calibration programmes for comparators for instrument transformers. In: Technisches Messen, 88 (2021), 122-131.

Mester, C.: Technologiegerechtes Kalibrierprogramm für moderne Messgeräte – Neue Möglichkeiten durch Kalibrierung tatsächlich nutzbar machen. In: Messunsicherheit 2019. Messunsicherheit praxisgerecht bestimmen. Düsseldorf 2021, VDI-Verlag, 75-86.

Weidinger, P. (...), **Mester, C.**, Zhang, H.: Need for a traceable efficiency determination method of nacelles performed on test benches. Measurement: Sensors 18 (2021), 100159.

Viallon, J. (...), **Niederhauser, B.:** Final report, ongoing key comparison BIPM.QM-K1, ozone at ambient level, comparison with METAS, July 2020. Metrologia 58 (2021), 08012, 11pp.

Tancev, G.: Relevance of Drift Components and Unit-to-Unit Variability in the Predictive Maintenance of Low-Cost Electrochemical Sensor Systems in Air Quality Monitoring. Sensors (2021), 21, 3298, 18pp.

Tancev, G., Grasso Toro, F.: Sequential recalibration of wireless sensor networks with (stochastic) gradient descent and mobile references. Measurement Sensors 18 (2021), 100115.

Vasilatou, K., Wälchli, C., Koust, S., Horender, S. (...), Auderset, K.: Calibration of optical particle size spectrometers against a primary standard: Counting efficiency profile of the TSI Model 3330 OPS and Grimm 11-D monitor in the particle size range from 300 nm to 10 µm. Journal of Aerosol Science 157 (2021), 105818, 12pp.

Vasilatou, K., Lieberherr, G., Auderset, K. et al.: Assessment of real-time bioaerosol particle counters using reference chamber experiments. Atmospheric Measurement Techniques 14 (2021), 7693-7706.

Beiträge an Konferenzen und Vorträge

Assi, F.: Strassenverkehr aus der Perspektive der Metrologie. Strassenverkehrsrechtstagung Universität Fribourg, 21.6.2021.

Auderset, K.: Vorstellung LAPAZ. VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft. (online), 14.1.2021.

Basic, N.: Physics of sparkle and graininess. Workshop BxDIFF "High precision BRDF Measurements" (online), 9.12.2021.

Bernasconi, J.: Unsicherheitsbestimmung der Reflexionsmessungen von Fahrbahnoberflächen. Licht 2021 (online), 22.3.2021.

Bircher, B.: Methods for traceable compensation of machine geometry deviations in industrial computed tomography. dXCT Conference, NPL (online), 18.5.2021.

Bircher, B.: X-ray CT for AM: Towards traceable porosity defect measurements using digital twins. euspen SIG, Advancing Precision in AM (online), 22.9.2021.

Bissig, H.: Lowest traceable flow rates in microfluidics with process-oriented liquids and response time characterization. Precision Liquid Handling Workshop, CSEM, 24.11.2021.

Blattner, P.: Recent activities of the CIE. Australian Lighting Research Conference (online), 9.2.2021.

Blattner, P.: The International Commission on Illumination (CIE) and Aspects of Measurement Uncertainty in Photometry. SID DisplayWeek (online), 17.5.2021.

Blattner, P.: Overview of Activities of the International Commission on Illumination (CIE). 2021 International Conference on Display Technology – Beijing (online), 30.5.2021.

Braun, J.: Design and characterization of the programmable and time variant impedance. Final Workshop Z-NET (online) 15.10.2021.

Bühlmann, T.: Traceable reference gas mixtures for halogenated VOCs developed within the framework of the EMPIR project MetClimVOC. GAW Symposium (online) 28.6.2021.

De Huu, M.: Revision of the large water meter test rig. Euramet TC Flow meeting (online), 31.8.2021.

De Huu, M.: CCM.FF-K1.2019 first technical discussion. Euramet TC Flow meeting (online), 31.8.2021.

De Huu, M.: Introduction to hydrogen flow metering. Welmec 33rd WG10 meeting (online), 22.9.2021.

Frei, F.: Fricke Dosimetry as a Primary Standard and Reference for Absorbed Dose to Water in Ultra High Pulse Dose Rate Electron Beams. FRPT Conference 2021 (online), 1.12.2021.

Frigo, G.: Analysis and representation of non-stationary signals in inertia-reduced power grids. RTE Seminar, 26.3.2021.

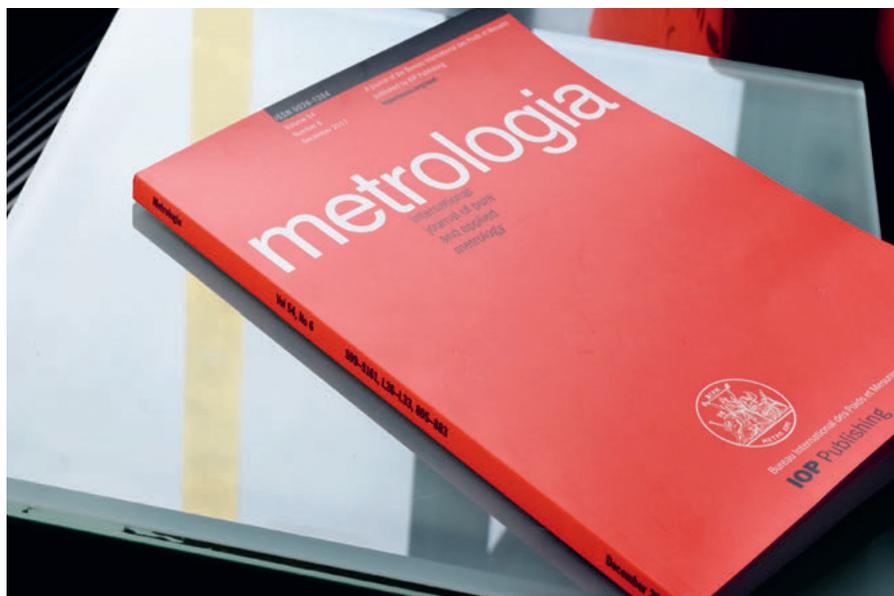
Frigo, G.: Design of a High-Accuracy and Traceable Reference Instrument for Flickermeter Certification. IEEE I2MTC 2021 (online), 18.5.2021.

Frigo, G.: Traceability of Synchrophasor Measurements in Power Systems: Definitions and Methods. IEEE SGSMA 2021 (online) 24.5.2021.

Frigo, G.: Taylor-Fourier Multifrequency Model for Supra-Harmonic Identification and Estimation. IEEE AMPS 2021 (online), 1.10.2021.

Frigo, G./Agustoni, M.: Digital PMU. Applied Measurements for Power Systems. AMPS (online), 30.9.2021.

Horender, S.: Vorstellung PALMA. VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (online), 14.1.2021.



- Husmann, D.:** *Dissemination of SI-traceable optical frequencies at 1572 nm.* EMPiRTiFOON Stakeholder Workshop (online), 10.2.2021.
- Husmann, D.:** *Using the Swiss academic fibre network.* Joint ÖPG/SPS Annual Meeting SPS 2021, Innsbruck, 1.9.2021.
- Husmann, D.:** *Establishing a metrology optical fibre network to disseminate high accuracy optical frequencies through the Swiss academic fibre network.* NCCR-QSIT Seminar, 20.10.2021.
- Iturrate, M.:** *Traceable reference gas mixtures to calibrate analyzers used to measure atmospheric VOCs.* EURACHEM (online), 18.5.2021.
- Iturrate, M.:** *Metrology for Climate relevant Volatile Organic Compounds – MetClimVOC.* CIM 2021 (online), 8.9.2021.
- Jeanneret, B.:** *Load Compensation Bridge for Pulse-Driven Josephson Junction Arrays.* CIM 2021 (online), 7.9.2021.
- Lauterbach, K.:** *IEC 61000-4-3: Update über "Electromagnetic field immunity test".* 59. Sitzung PEGESS (online), 17.3.2021.
- Meli, F.:** *Controlling microfluidic device quality: measurement challenges.* Microfluidics Association Workshop (online), 28.1.2021.
- Meli, F.:** *Traceable sub-microfocus X-ray focal spot reconstruction by circular edge analysis.* dXCT Conference, NPL (online), 19.5.2021.
- Mester, C. / Braun J.:** *Eignungsprüfung – wurde wirklich so kalibriert oder geprüft wie spezifiziert? Beispiel: Prüfung von Elektrizitätszählern.* 10. VDI-Fachtagung Messunsicherheit, Erfurt, 15.11.2021.
- Niederhauser, B.:** *Metrologie, METAS, Terminologie, Messunsicherheit, Konformität und Atemalkoholmessung.* Master Forensik, ZHAW Winterthur, 13.12.2021.
- Overney, F.:** *Impedance simulator for the calibration of LCR-meter in its low impedance range.* CIM 2021 (online), 7.9.2021.
- Overney, F. / Jeanneret, B.:** *AC measurements on QHE devices.* GIQS stakeholder workshop. (online) 15.12.2021.
- Pascale, C.:** *Improved high-quality data of volatile organic compounds thanks to metrological development.* IGAC (online), 12.9.2021.
- Pascale, C.:** *Measurement uncertainty for VOC analysis.* Master: Analytical Strategies, ETH Zürich, 15.10.2021.
- Pythoud, F.:** *Messmethode für 5G-Basisstationen.* Meeting Cercle Air, Bern, 9.11.2021.
- Pythoud, F.:** *Konformitätsbeurteilung von 5G Basisstationen.* 10. VDI-Fachtagung Messunsicherheit, Erfurt, 15.11.2021.
- Pythoud, F.:** *Messmethode für 5G-Basisstationen.* 60. PEGESS Sitzung, Biel, 17.11.2021.
- Stölting, K.:** *Nucleic Acid Metrology: Ensuring reliable and Comparable nucleic acid measurements.* SGKC Neuchâtel, 10.9.2021.
- Stölting, K.:** *Nucleic Acid Metrology.* Eröffnung Biologielabor am METAS, Wabern, 11.11.2021.
- Stuker, F.:** *sensLAB: Bewegungs- und Präsenzsensoren auf dem Prüfstand.* Licht 2021 (online), 24.3.2022.
- Stuker, F.:** *sensLAB: Testing Motion and Presence Sensors for Smart Lighting.* CIE 2021 Midterm Meeting and Conference (online), 28.10.2022.
- Tancev, G.:** *Optimizing Characterization and Recalibration Procedures for Low-Cost Sensors in Air Quality Monitoring.* GAW Symposium (online), 28.6.2021.
- Tas, E.:** *Design of a Reference Device for Burst Immunity Interlaboratory Comparison.* EMC-Europe 2021 (online), 5.8.2021.
- Tas, E.:** *PEGESS Ringversuch Feldgebundene Immunität IEC 61000-4-3.* 60. PEGESS Sitzung, Biel, 17.11.2021.
- Vasilatou, K.:** *The Organic Coating Unit, a system for reproducible generation of secondary organic matter aerosol.* Swiss Aerosol Group (online), 2.11.2021.
- Vasilatou, K.:** *Comparison of particle number concentration standards between METAS and NMII/AIST at 1, 10 and 100 cm⁻³ (CPC calibration).* CCQM (online), 3.11.2021.

