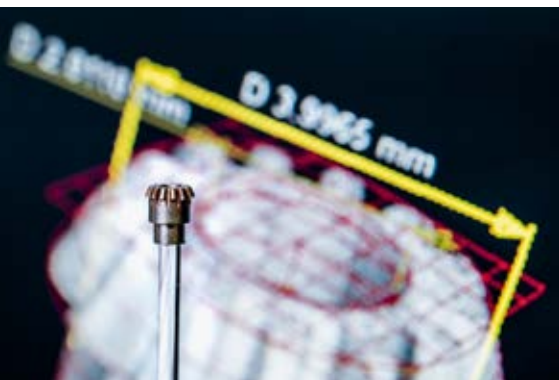


Das METAS im Jahr 2019



Titelbild: Kleine Präzisionsteile
hochgenau vermessen (vgl. S. 16).

Impressum

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Tätigkeiten des METAS im Berichtsjahr 2019. 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 selbstständigen 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 wurden in Anwendung des Schweizer Prüfungsstandards (PS) 720 «Andere Informationen in Dokumenten, die geprüfte Abschlüsse enthalten» der Revisionsstelle zur Kenntnis gebracht und von dieser eingesehen.

Sprachen

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

Ausgabe

Mai 2020
05.20 2600 860464195

Bildnachweis

METAS

Layout

Casalini Werbeagentur AG, 3007 Bern
www.casalini.ch



Inhaltsverzeichnis

- 4 Vorworte
- 6 Die Richtung vorgeben:
der Institutsrat
- 8 Das METAS leiten:
die Geschäftsleitung
- 9 Messen über die Grenzen hinweg:
Internationale Organisationen der Metrologie
- 10 Messen für Wirtschaft und Gesellschaft:
Die Aufgaben des METAS
- 12 Projekte für das Messen:
Forschung und Entwicklung des METAS
- 14 Messen im Dienst der Produktentwicklung:
Kooperationsprojekte mit der Industrie
- 16 Metrologie für die Wirtschaft:
Verborgene Strukturen messen mit Röntgencomputertomografie
- 18 Die Metrologie zeigen:
Tag der offenen Tür im METAS
- 20 Messen für die zukünftige Mobilität:
Wasserstofftankstellen eichen
- 22 Messen regeln:
Gesetzgebung im Bereich der Metrologie
- 24 Messen möglich machen:
entscheidend sind die Mitarbeitenden
- 26 Finanzen
- 28 Über das Messen informieren:
Publikationen und Vorträge des METAS

Wechsel im Institutsrat



Der Bundesrat wählt den Institutsrat des METAS, und zwar jeweils für vier Jahre. Die letzte Amtsperiode dauerte bis Ende des Jahres 2019. Im November 2019 hat der Bundesrat den Institutsrat für die neue Amtsperiode von 2020 bis 2023 bestimmt: Gewählt wurden vier der fünf bisherigen Institutsräte und drei neue Mitglieder (vgl. S. 6).

Nicht mehr zur Wiederwahl stand Professor Dr. Ulrich W. Suter. Er war seit 2012, also von Anfang an, Mitglied des Institutsrats des Eidgenössischen Instituts für Metrologie METAS, das seinen Betrieb als Eidgenössisches Institut am 1. Januar 2013 aufgenommen hat. Er hatte die Funktion des Vizepräsidenten inne. Gemeinsam mit den übrigen Mitgliedern hat er sich tatkräftig für die Vorbereitungen zur Gründung des Instituts und zur Aufnahme des Betriebs eingesetzt und zur strategischen Ausrichtung und zum Forschungs- und Entwicklungsprogramm des METAS beigetragen. Für sein grosses Engagement zugunsten des METAS danke ich ihm bestens.

Die Aufgaben des Institutsrats bleiben auch in der neuen Amtsperiode und in der neuen Zusammensetzung unverändert. Sie liegen in erster Linie auf strategischer Ebene. Der Institutsrat befasst sich insbesondere mit der Ausrichtung der Forschung und Entwicklung am METAS, denn Forschung und Entwicklung sind für ein nationales Metrologieinstitut strategisch zentral.

Veränderungen gab es auch in der Geschäftsleitung. Seit dem 1. Juli 2019 besteht sie aus vier Mitgliedern. Auf diesen Zeitpunkt hin hat der Institutsrat den Leiter der neugeschaffenen Abteilung *Chemie* zum Mitglied der Geschäftsleitung des METAS ernannt (vgl. S. 8).

Ich freue mich darauf, mich zusammen mit meinen Kolleginnen und Kollegen im Institutsrat und der Geschäftsleitung in den nächsten vier Jahren weiterhin für die strategische Ausrichtung und die unternehmerische Leitung des METAS einsetzen zu können.

Dr. Matthias Kaiserswerth
Präsident des Institutsrats

Die Aufgaben des Institutsrats liegen in erster Linie auf strategischer Ebene.

Unsere Arbeit zeigen

Ein grosses Gedränge in den Korridoren vor den Labors, Scharen von Besuchern in der Eingangshalle, viele Kinder überall – das sind ungewohnte Bilder im METAS. In einem nationalen Metrologieinstitut geht es normalerweise nicht darum, grosse Besuchergruppen zu empfangen und von Labor zu Labor gehen zu lassen. Vielmehr steht die Arbeit in den Labors im Vordergrund, insbesondere das Erbringen von metrologischen Dienstleistungen. Deshalb ist das METAS, wie jedes nationale Metrologieinstitut auch so gebaut und organisiert, dass in seinen Labors möglichst ungestört und reibungslos gearbeitet werden kann.

Am 25. Mai 2019 bestimmten aber Scharen von Besucherinnen und Besuchern das Bild. An diesem Samstag hatte das METAS für alle seine Türen geöffnet. Anwohner, Familienangehörige, Freunde und Bekannte von Mitarbeitenden, Interessierte von näher oder weiter her nutzten die Gelegenheit, einen Blick in das Innere der Gebäude mit dem Turm in Wabern zu werfen. So konnten sie aus erster Hand erfahren, was die im METAS eigentlich machen. Die Besucher informierten sich über das Internationale Einheitensystem (SI), schauten sich Labors und Messeinrichtungen an oder liessen sich von METAS-Mitarbeitenden – alle erkenntlich an einem weissen T-Shirt mit SI-Logo – Geräte oder

Messverfahren erklären. Weil das Wetter mitspielte, konnten sie sich zwischendurch auch auf dem Platz vor dem Eingang etwas erholen.

Die Besucherinnen und Besucher waren fasziniert von der im METAS vorhandenen Vielfalt der Fachbereiche und der Fülle des Wissens. Besonders beeindruckt waren sie vom Einsatz der Mitarbeitenden für ihre Tätigkeit und deren Stolz auf ihr fachliches Wissen und Können. Das spürbare Engagement der Mitarbeitenden für die Sache ist die Grundlage für eine erfolgreiche Tätigkeit des METAS. Das Engagement ist auch im Alltag immer wieder zu spüren. Zusammen mit meinen Kollegen in der – seit Juli 2019 verstärkten (vgl. S. 8) – Geschäftsleitung setze ich mich dafür ein, diese Kultur des fachlichen Engagements bei allen Wechseln und Umstellung weiterhin pflegen und aufrecht erhalten zu können.

Dr. Philippe Richard
Direktor



Das spürbare Engagement der Mitarbeitenden für die Sache ist die Grundlage für eine erfolgreiche Tätigkeit des METAS.



Die Richtung vorgeben: der Institutsrat

*An der Spitze des METAS steht der Institutsrat.
Er ist für die unternehmerische Leitung verantwortlich.*

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.

Strategische Ausrichtung festlegen

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. Der Bundesrat erwartet vom METAS, dass es Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung eine leistungsfähige metrologische Infrastruktur und die benötigten Messgrundlagen und metrologischen Dienstleistungen zur Verfügung stellt.

Neue Amtsperiode

Der Institutsrat setzt sich gemäss den gesetzlichen Vorgaben aus fünf bis sieben fachkundigen Mitgliedern zusammen. Im Berichtsjahr, dem letzten Jahr der Amtsperiode von 2016 bis 2019, bestand er aus fünf Mitgliedern. Ende November 2019 hat der Bundesrat die Mitglieder des Institutsrats für die neue Amtsperiode von 2020 bis 2023 gewählt: vier bisherige und drei neue Mitglieder. Das fünfte bisherige Mitglied, Prof. Dr. Ulrich W. Suter, stand für eine Wiederwahl nicht mehr zur Verfügung.

Seit Anfang 2020 besteht der Institutsrat des METAS aus:

Dr. Matthias Kaiserswerth (Präsident), Informatiker, Geschäftsführer der Hasler Stiftung seit 2015, von 2006 bis 2015 Direktor des IBM-Forschungslabors in Zürich-Rüschlikon.

Prof. Dr. Thierry Courvoisier, emeritierter Professor für Astrophysik an der Universität Genf, bis 2019 Präsident des European Academies Science Advisory Council (EASAC).

Dr. Tony Kaiser, bis 2015 Senior Consultant bei Consec AG in Baden-Dättwil, vorher bei ALSTOM Power verantwortlich für die langfristigen Technologieprogramme im Kraftwerksbereich.

Frau Dr. Ursula Widmer, Rechtsanwältin, spezialisiert auf Informatik-, Internet- und Telekommunikationsrecht, ist Lehrbeauftragte für Recht der Informationssicherheit an der ETH Zürich.

Prof. Dr. Sonia Isabelle Seneviratne (neu), Leiterin der Land-climate dynamics group am Institut für Atmosphäre und Klima des Departements Umwelt-systemwissenschaften der ETH Zürich.

Dr. Alessandra Curioni Fontecedro (neu), Leiterin der Gruppe «Lungen- und Thoraxtumore» in der Klinik für Medizinische Onkologie und Hämatologie des Universitätsspitals Zürich.

Dr. René Lenggenhager (neu), Physiker, Dr. sc. nat. ETH/EMBA HSG, war von 2017 bis 2019 CEO der COMET GROUP, Flamatt.



Die Mitglieder des Institutsrats ab 1.1.2020 (von oben links nach unten rechts):
Dr. Matthias Kaiserswerth (Präsident), Prof. Dr. Thierry J.-L. Courvoisier, Dr. Tony
Kaiser; Frau Dr. Ursula Widmer, Prof. Dr. Sonia I. Seneviratne, PD Dr. Alessandra
Curioni-Fontecedro, Dr. René Lenggenhager.

Das METAS leiten: die Geschäftsleitung

Die Geschäftsleitung nimmt die operative Führung des METAS wahr.

Für die operative Führung des METAS ist die Geschäftsleitung verantwortlich. Sie vertritt das METAS gegen aussen. Mitte Jahr wurde sie von drei auf vier Mitglieder erweitert. Auf den 1. Juli 2019 hat der Institutsrat Dr. Hanspeter Andres, den Leiter der neugeschaffenen Abteilung *Chemie*, zum Mitglied der Geschäftsleitung ernannt. Die weiteren Mitglieder der Geschäftsleitung sind der Direktor, Dr. Philippe Richard, der Stellvertretende Direktor, Dr. Gregor Dudle und der Vizedirektor, Dr. Bob-joseph Mathew.

Neue Abteilung Chemie

Bis zum 1. Juli 2019 war die Analytische Chemie ein Fachbereich der Abteilung *Physik und Chemie*. Seit-her gibt es eine eigenständige Abteilung *Chemie* neben der Abteilung *Physik*. Diese organisatorische Entwicklung hat mit der Grösse des Fachbereichs, vor allem aber auch mit der Entwicklung der Bedeu-tung der Chemie in der Metrologie zu tun. So hat das METAS vor zwei Jahren mit dem Aufbau von Tätigkeiten in zwei neuen Gebieten in Chemie und Biologie begonnen.

Der Leiter der neuen Abteilung, Dr. Hanspeter Andres, ist promovierter Chemiker. Nach einem Postdoc-Projekt an der Carnegie Mellon University in Pittsburgh (USA) und der Universität Bern arbei-tete er bei der Nitrochemie Wimmis AG. Dort war er unter anderem an der Entwicklung eines neuen Treibladungspulvers für Automobilsicherheits-systeme und eines Verfahrens zur Entsäuerung und Verfestigung von Papier tätig. 2007 trat ins METAS ein als Leiter des Bereichs Analytische Chemie. Er absolvierte auch eine betriebswirtschaftliche Weiterbildung. Von 2015 bis 2019 war er Vorsitzen-der des Technischen Komitees Metrologie in der Chemie von EURAMET, der europäischen Vereini-gung der nationalen Metrologieinstitute.



Die Geschäftsleitung des METAS (von oben links nach unten rechts):
Dr. Philippe Richard (Direktor), Dr. Gregor Dudle,
Dr. Bob-joseph Mathew, Dr. Hanspeter Andres.

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 Masseneinheiten und Einheitensysteme mit regionaler Gültigkeit durch das weltweit gültige internationale Einheitensystem (SI) zu ersetzen. International harmonisierte Anforderungen an Messmittel erleichtern den Handel von Messmitteln und deren Einsatz.

Grosses Engagement auf internationaler Ebene

Die Zusammenarbeit zwischen den nationalen Metrologieinstituten in Europa findet vorwiegend im Rahmen von EURAMET, der Europäischen Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute, statt. In EURAMET nimmt das METAS eine aktive und gestaltende Rolle ein. Der Forschungsverantwortliche des METAS ist Mitglied des Aufsichtsrates von EURAMET. Das METAS stellt den Vorsitzenden des Technischen Komitees *Electricity and Magnetism*, bis Mai 2019 wurde auch das Technische Komitee *Metrology in Chemistry* von einem METAS-Mitarbeitenden geleitet.

Der stellvertretende Direktor des METAS hat den Vorsitz der WELMEC, der europäischen Vereinigung für gesetzliche Metrologie inne. Der Vizepräsident des METAS ist seit Oktober 2019 einer der Vizepräsidenten des *Comité international de métrologie légale* (CIML). Der Direktor des METAS ist Mitglied des *Comité international des poids et mesures* (CIPM), des Aufsichtsorgans der Organisation des internationalen Metervertrags.



Treffen eines Technischen Komitees im METAS.

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.

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 laufend 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 zur Verbesserung seiner Messplätze und Messdienstleistungen. Es überprüft regelmäßig seine Angebote an Dienstleistungen und passt sie den Bedürfnissen des Marktes an.



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

Projekte für das Messen: Forschung und Entwicklung des METAS

Das METAS führt seine Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu einem grossen Teil im Rahmen des Europäischen Metrologie-Forschungs- und Entwicklungsprogramms (EMPIR) durch.

Das Forschungsprogramm EMPIR (European Metrology Programme for Innovation and Research) wurde von EURAMET, der Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute Europas, und der EU-Kommission entwickelt. Ziel des Programms ist es, die Forschung der nationalen Metrologieinstitute besser zu koordinieren und die metrologische Zusammenarbeit zu stärken. Im Berichtsjahr beteiligte sich das METAS an 33 EMPIR-Projekten. Parallel dazu fand 2019 die sechste Projektausschreibung des Programms EMPIR statt. Das METAS hat sich mit Projektvorschlägen zu den Schwerpunktthemen «Environment», «Energy» und «Pre-normative» an der Ausschreibung beteiligt und dabei eine überdurchschnittliche Erfolgsrate erzielt.

Überwachung der natürlichen radioaktiven Strahlung

Radon ist ein radioaktives, farbloses, geruchs- und geschmackloses Edelgas. Es entsteht als Zerfallsprodukt von ursprünglichen radioaktiven Schwermetallen, die im Erdreich vorkommen. Durch geologische Prozesse kann das Radongas vom Erdreich in Gebäude gelangen. Dort kann es sich, trotz seiner kurzen Halbwertszeit von nur 3,8 Tagen, ansammeln, insbesondere in geschlossenen oder schlecht gelüfteten Räumen. Es wird geschätzt, dass Radon zwischen 3 bis 14 Prozent aller Lungenkrebsfälle verursacht, abhängig von der durchschnittlichen Radonkonzentration in einem Land. Für Europa entspricht dies etwa 15 000 bis 20 000 Menschen pro Jahr, die als Folge einer Radonexposition an Lungenkrebs sterben.

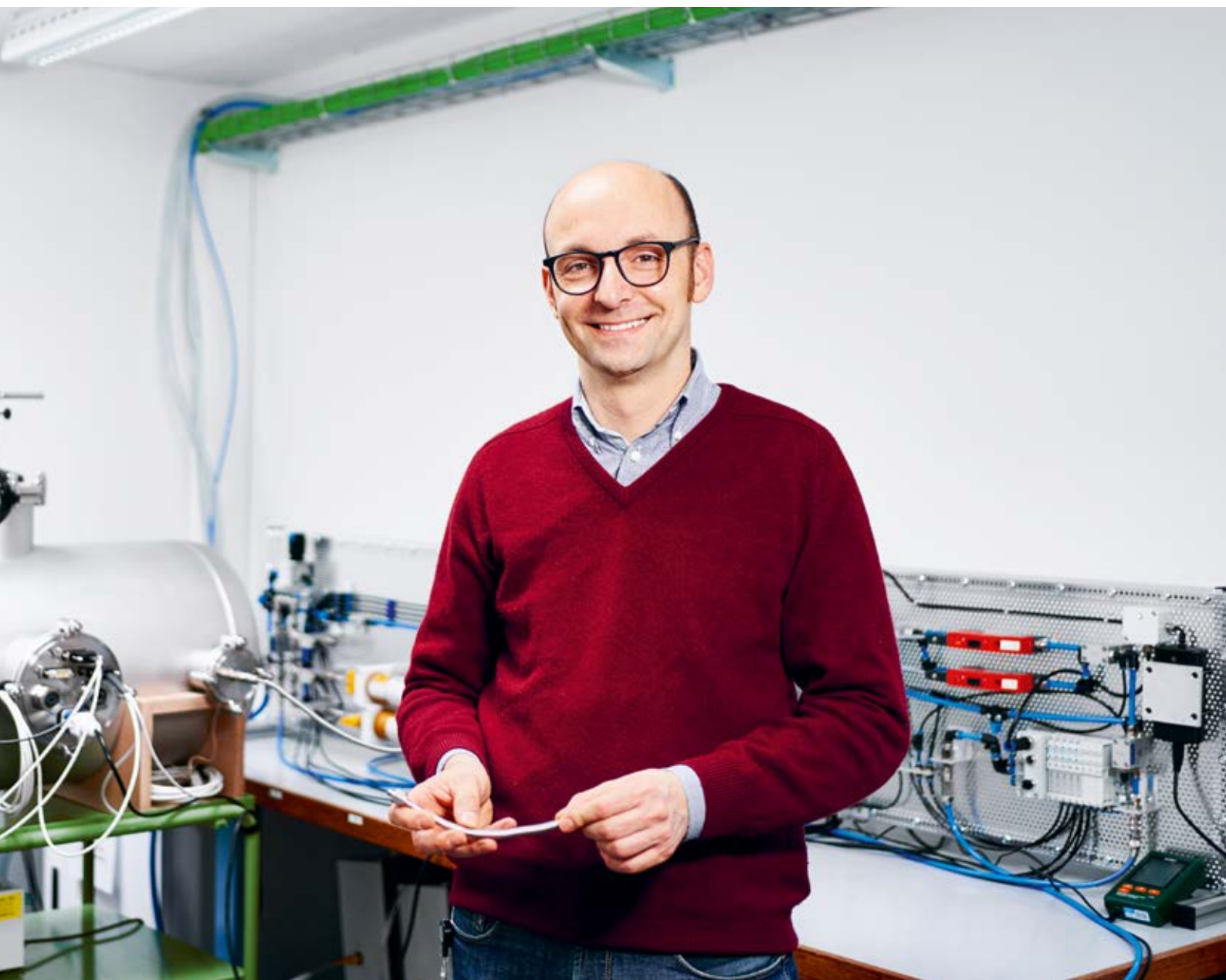
In der Schweiz wurde auf Anfang des Jahres 2018 der Grenzwert für die Radonbelastung von 1000 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m^3) ersetzt durch einen Referenzwert von $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$ für die über ein Jahr gemittelte Radonaktivitätskonzentration in Räumen, in denen sich Personen regelmässig während mehrerer Stunden pro Tag aufhalten. Die in der Schweiz für die amtlichen Radonmessungen

in Wohn- und Aufenthaltsräumen verwendeten Messmittel sind gesetzlich geregelt und müssen periodisch nachgecheckt bzw. einer Vergleichsmessung unterzogen werden.

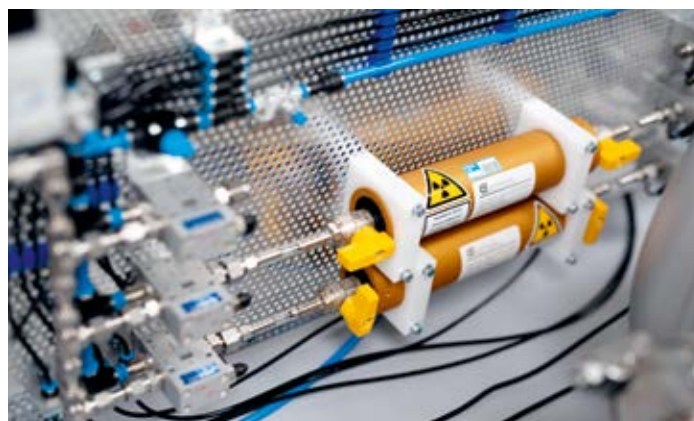
Neue Kalibriermethode für Radonmessmittel

Damit die Radonbelastung auch bei dem neu gültigen, reduzierten Referenzwert zuverlässig eingeschätzt werden kann, hat das METAS im Rahmen des EMPIR-Projektes MetroRADON eine verbesserte Kalibriermethode für Radonmessmittel entwickelt. Sie verwendet als Radonquellen Referenzen, welche radonhaltige Luft ausströmen lassen, so-





nannte Emanationsstandards. Mit dieser Methode lässt sich eine metrologisch rückführbare Konzentration der Radonaktivität in der Trägerluft einstellen, indem die Luftmenge, die pro Zeit die Quelle durchströmt und ins Messvolumen geführt wird, variiert wird. Radonmessgeräte, die sich im Messvolumen befinden, können auf diese Weise bei unterschiedlichen Werten der Radonaktivitätskonzentration kalibriert werden. Der neue Radonmessplatz steht bereits für die Eichung und Kalibrierung von Radonmessmitteln sowie für die Vergleichsmessung passiver Radondosimeter im Einsatz.



Kalibrierung von Radonmessmitteln.

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 und Entwicklungen nutzen und zusammen mit dem METAS Projekte in anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung durchführen.

Das im METAS erarbeitete wissenschaftlich-technische Wissen ist für die Industrie nicht nur in Form von Kalibrier- und Messdienstleistungen nutzbar, sondern auch direkt für die Produkt- und Prozessentwicklung. Das METAS ist in verschiedensten Bereichen ein interessanter Kooperationspartner. Seit 2013 wurden von Innosuisse (vormals KTI) vierzehn Kooperationsprojekte genehmigt.

Referenzsignale für Wetterradarsysteme

Wetterradargeräte sind weltweit im Einsatz, um Niederschläge zu prognostizieren und die Bevölkerung vor schweren Wetterereignissen zu warnen. Solche Warnungen sind nur dann zuverlässig, wenn die zugrundeliegenden Radarmessungen präzise sind. Leider ist die Kalibrierung von Radargeräten schwierig und es gab bislang keine gut etablierte Methode. Zudem sind die Wetterdienste zur Überprüfung und Einstellung ihrer Systeme oft vom Hersteller der Geräte abhängig. Qualitätsstandards für Wetterradargeräte fehlen weitgehend, obwohl sich die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) nachdrücklich für deren Festlegung einsetzt. Um eine bessere Kalibrierung von Wetterradargeräten zu ermöglichen, wurde ein Radarzielsimulator (RTS) entwickelt. Dieses Instrument erzeugt auf der Grundlage des eingehenden Radarsignals ein künstliches und gut definiertes Ziel, das als Referenznormal für die Kalibrierung verwendet werden kann.

Mit dem Ziel, die RTS-Technologie weiter zu entwickeln, kommerziell zu vertreiben und einen hochprofessionellen Kalibrierdienst für Wetterradare anzubieten, wurde 2017 die Palindrome Remote Sensing GmbH in Landquart gegründet. Ein von der Innosuisse gefördertes Projekt in Zusammenarbeit mit der Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs (NTB) und dem METAS sollte mithelfen,

die Geschäftsidee der jungen Firma zu verwirklichen. Ziel des Projekts war es, einen hochgenauen Radarzielgenerator zu bauen und alle notwendigen Hard- und Softwarekenntnisse zu erwerben, um künftig Radarkalibrierdienste aus einer Hand anbieten zu können.

Rückführbarkeit der Messresultate sichern

Aufgabe des METAS war es, eine Kalibriermethode für diesen neuen Radarzielsimulator zu entwickeln und die Rückführbarkeit der Messresultate auf SI-Einheiten sicherzustellen. Dazu wurden umfangreiche Messungen am Gesamtsystem wie auch an Einzelkomponenten durchgeführt. Eine der größten





Herausforderungen war dabei die kurze Dauer der Signalpulse von einigen Mikrosekunden. Sie lässt wenig Zeit, um die Signalamplitude und besonders die Phase zuverlässig bestimmen zu können. Gelöst wurde das Problem durch die Realisierung eines Messaufbaus, der die gleichzeitige Messung der einfallenden und der reflektierten Pulse erlaubt. Eine wichtige Eigenschaft des Systems ist auch seine Empfindlichkeit auf Umwelteinflüsse. In einer Klimakammer wurden dazu die Temperatur- und Feuchteabhängigkeit der relevanten Messgrößen bestimmt.



Messungen im Labor für Elektromagnetische Verträglichkeit.

Metrologie für die Wirtschaft: Verborgene Strukturen messen mit Röntgen- computertomografie

Das METAS unterstützt mit seinen Dienstleistungen Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen, richtig und zuverlässig messen zu können. So können sie die Qualitätsansprüche erfüllen, die an ihre Produkte gestellt werden. Das gilt zum Beispiel für das Ausmessen von kleinen Präzisionsteilen.

Das METAS erbringt für die Wirtschaft und die Verwaltung zahlreiche Kalibrier-, Mess- und Prüfdienstleistungen. So wurden 2019 wiederum gut 4500 Kalibrierzertifikate erstellt. Die wichtigsten Kundensegmente sind die Maschinen-, Elektro-, Metall- und Uhrenindustrie, wie auch die Medizin sowie die Kommunikationstechnik.

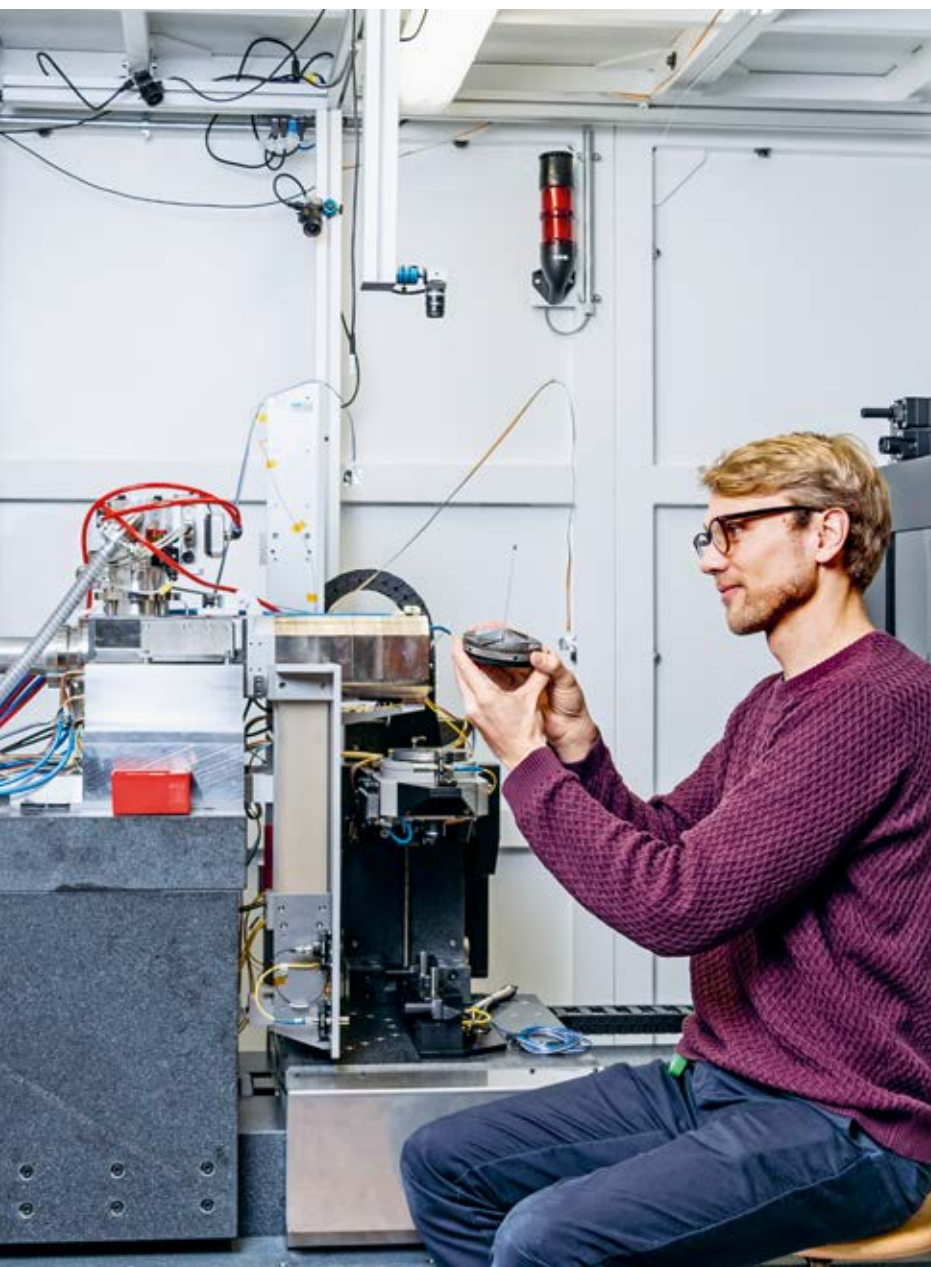
Computertomografie

Röntgencomputertomografie ist ein zerstörungsfreies Verfahren, das es erlaubt, die vollständige, dreidimensionale Struktur von untersuchten Proben abzubilden. Anfänglich wurde dieses Verfahren meist für Materialprüfungen eingesetzt, in den letzten Jahren wurde es vermehrt für Messaufgaben herangezogen. Die Methode kann unter anderem eingesetzt werden, um kleine Präzisionsteile zu vermessen, deren Merkmale zu klein oder gar nicht zugänglich für taktile Messungen sind. Das sind typischerweise Uhrenkomponenten, Präzisionsstanzeile, Steckverbinder oder Referenzobjekte zur Validierung von Computertomografie-Geräten.

Das METAS begann vor fünf Jahren, Kompetenzen in der dimensionellen Computertomografie aufzubauen. Insbesondere hat es ein hochpräzises Computertomografiesystem, METAS-CT, entwickelt und in Betrieb genommen. Zur Verbesserung dieses Systems und zur Entwicklung zweckmässiger Verfahren für die Abschätzung der Messunsicherheit betreibt das METAS auch Forschung auf dem Gebiet der dimensionellen Computertomografie.

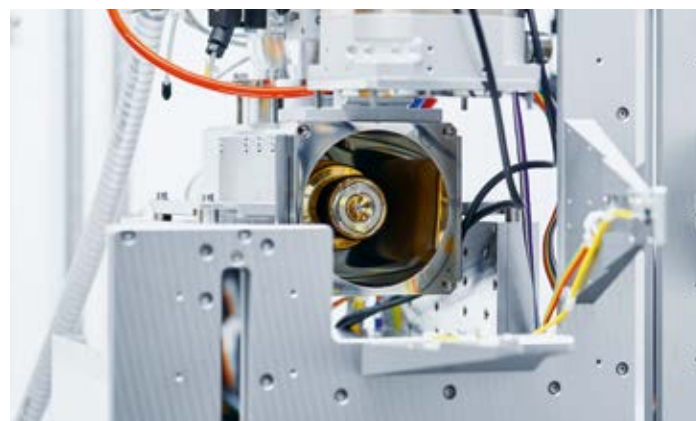
Die Forschung findet im Rahmen europäischer Zusammenarbeit statt. Sie dient nicht zuletzt dazu, Möglichkeiten und Grenzen dieser leistungsfähigen Technologie genauer zu bestimmen, die Normierung voranzutreiben und so das Vertrauen in diese leistungsfähige Technologie stärken zu können. Untersucht wird auch, wie sich Messmöglichkeiten für Metallteile aus der additiven Fertigung, auch bekannt als 3D-Druck, etablieren lassen.





Filigrane Teile der Uhrenindustrie

Ein Anwendungsbeispiel für diese Messmethode ist die Einführung neuer Fertigungsverfahren für kleine Präzisionsteile aus Glas in der Uhrenindustrie. Die *Association Suisse pour la Recherche Horlogère* (ASRH) hat das METAS konsultiert und Prüfmuster zur Verfügung gestellt, um die Messmöglichkeiten an solch feinen Strukturen zu evaluieren. Mit dem METAS-CT war es möglich, alle Merkmale des filigranen Glasteils vollständig zu vermessen. Dies mit Messunsicherheiten nahe an einem tausendstel Millimeter, was mit herkömmlichen Verfahren nicht denkbar gewesen wäre.



Kleinstteile hochgenau vermessen.

Die Metrologie zeigen: Tag der offenen Tür im METAS

Am letzten Samstag im Mai öffnete das METAS seine Türen für alle. Besucher konnten Einblick gewinnen in Aufgaben und Tätigkeiten des METAS sowie Messeinrichtungen und Messverfahren kennenlernen. Nicht zuletzt konnten sie sich über die Revision des Internationalen Einheitensystems (SI) informieren. Der Tag der offenen Tür war gut besucht und ist erfolgreich verlaufen.

Gut 1600 Besucherinnen und Besucher nutzten am Samstag, 25. Mai 2019, die Gelegenheit, das METAS zu besuchen und einen Einblick zu erhalten in die Aufgaben, Tätigkeiten und Einrichtungen des METAS. Am Freitag vorher hatten Kunden Gelegenheit, das METAS im Rahmen eines speziellen Kundentags zu besuchen.

Einblicke in Labors, Experimente, Vorträge...

Anlass für den Tag der offenen Tür war die Revision des Internationalen Einheitensystems (SI), die für einige Masseinheiten, wie das Kilogramm oder das Ampère, neue Definitionen gebracht hat. Das revidierte SI ist am 20. Mai 2019 in Kraft getreten. Entsprechend wurden am Tag der offenen Tür Vorträge und Informationsmöglichkeiten zum SI und den Masseinheiten angeboten. Vor allem aber hatten Besucherinnen und Besucher die Möglichkeit, Aufgaben und Tätigkeiten des METAS näher kennenzulernen und spezielle Einrichtungen, wie den echofreien Raum oder die imposante Kraftmaschine, besichtigen zu können.

Ein Rundgang führte an vielen Labors und Einrichtungen vorbei durch die Gebäude des METAS. An zahlreichen Stationen konnten sich Besucher über die Tätigkeit eines Labors informieren, eine spezielle Messeinrichtung kennenzulernen oder sich ein Messverfahren oder eine Technologie erläutern lassen. Kinder und Junggebliebene konnten an einigen Orten selber etwas ausprobieren. So galt es an einer Station, eine Strecke mit einem Trottinett mit möglichst gleichmässiger Geschwindigkeit zurückzulegen. Mit einer Geschwindigkeitsmessung wurde überprüft, wie gut diese Aufgabe gemeistert wurde.

Nicht jedes Labor und jede Messeinrichtung des METAS kann offen zugänglich gemacht werden. Einige dieser Labors konnten in kleinen, geführten

Gruppen besichtigt werden. Diese Besichtigungen waren schnell ausgebucht, so dass nach Möglichkeit zusätzliche Besichtigungen angeboten wurden. Die Informationsmaterialien waren auf Deutsch und Französisch vorhanden, Führungen und Vorträge wurden ebenfalls in beiden Sprachen gehalten.

Spürbares Engagement für die Sache

Der Tag der offenen Tür war von Anfang gut besucht. Die Besucher konnten nach persönlichem Belieben aus der Fülle der angebotenen Informationen und Besichtigungsmöglichkeiten auswählen. Egal ob sie sich kürzer oder länger am METAS aufgehalten hat-





ten, die Besucher zeigten sich mit dem Gesehenen zufrieden, oft waren sie gar begeistert. Nicht nur von den Themen, Tätigkeiten, Labors und Einrichtungen, sondern besonders auch vom Engagement der Mitarbeitenden des METAS für ihre Tätigkeit, das allenthalben spürbar war. Beeindruckend war auch die im METAS vorhandene wissenschaftliche und technische Fachkompetenz. Eine Besucherin hielt beim Hinausgehen spontan fest: «C'est incroyable la quantité de savoir-faire qu'il y a chez vous.»



Besucher im METAS.

Messen für die zukünftige Mobilität: Wasserstoff-tankstellen eichen

Um Wasserstoff als Treibstoff für Fahrzeuge nutzen zu können, braucht es neben geeigneten Fahrzeugen auch entsprechende Tankstellen. Das METAS hat eine Anlage entwickelt, um Tankstellen für Wasserstoff prüfen oder eichen zu können.

Wasserstoff könnte eine wichtige Rolle spielen zum Betreiben von emissionsfreien Elektrofahrzeugen. Ausser Wasserdampf entstehen bei einer Brennstoffzelle keine direkten Emissionen. Mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge weisen eine grosse Reichweite auf und sie können in kurzer Zeit betankt werden. Wasserstoff bietet darüber hinaus noch einen weiteren Vorteil. Eine Wasserstoffanlage ist auch geeignet dafür, überschüssige elektrische Energie zu speichern. Mit Hilfe von elektrischer Energie kann Wasser in seine Grundbestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten werden (Elektrolyse). Eine Elektrolyse-Anlage kann integrierter Bestandteil einer Wasserstofftankstelle sein, so dass das Brenngas direkt vor Ort hergestellt werden kann.

Zahlreiche Einflussfaktoren

Um vermehrt Wasserstoff als Treibstoff für Fahrzeuge nutzen zu können, braucht es auch entsprechende Tankstellen. Es muss ebenfalls sichergestellt werden, dass diese Tankstellen verlässlich messen. Um Wasserstofftankstellen prüfen und rückführbar eichen zu können, hat das METAS eine mobile Referenzmessanlage entwickelt. Sie arbeitet mit einer Wägung.

Die Anlage verfügt über zwei Drucktanks aus Kohlefasern, die betankt werden können. Das Gewicht des getankten Wasserstoffs wird vor und nach dem Tanken mit einer hochgenauen Waage bestimmt und mit der Anzeige des Zählers der Tankstelle verglichen. Ein einfaches Prinzip. Der Bau einer solchen Anlage ist aber alles andere als einfach, weil eine ganze Reihe von Einflussfaktoren entweder ausgeschlossen oder berücksichtigt und bestimmt werden müssen. Dazu gehört zum Beispiel das Bilden von Eis auf Leitungen während des Tankens. Wasserstoff muss auf -40 °Celsius vorgekühlt werden, um das Betanken in kurzer Zeit zu ermöglichen. Während des Tankens ändern sich Druck und Temperatur in den Behältern, was zu Änderungen

des Volumens und damit Änderungen des Auftriebs führen kann. Auch andere Einflüsse wie Wind oder Luftströmungen wegen wechselnder Oberflächentemperaturen auf Teilen der Anlage können sich auswirken.

Explosionssicherheit

Wasserstoff kann zusammen mit Sauerstoff in bestimmten Mischungsverhältnissen leicht explodieren. Eine Explosion gilt es unter allen Umständen zu verhindern. Deshalb wurde mit der SUVA eine eingehende Risikobeurteilung und Explosionszonenplanung durchgeführt und die Sicherheit der Messanlage wurde durch eine anerkannte Stelle komplett zertifiziert (ATEX-Zertifizierung).





Versuche bei einer Wasserstofftankstelle der EMPA zeigten, dass die Anlage reibungslos funktioniert. Allerdings erfordert das Messen mit dieser Messanlage vor Ort viel Zeit und der Transport ist aufwändig. Eine Lösung für ein einfacheres Verfahren könnte sein, einen «Messkoffer» zu entwickeln, der ein Transferreferenzmass (einen Durchflussmesser) enthält. Der «Messkoffer» würde im METAS an der Messanlage kalibriert und könnte an einer Tankstelle beim Betanken eines Fahrzeugs zwischen Tanksäule und Fahrzeug dazwischengeschaltet werden.



Die Messanlage zur Eichung von Wasserstofftankstellen.

Messen regeln: Gesetzgebung im Bereich der Metrologie

Die gesetzlichen Regelungen im Verantwortungsbereich des METAS betreffen nicht nur Messmittel, sondern auch die Mengenangaben im Offenverkauf und auf Fertigpackungen (vorabgepackte Waren). Im Jahr 2019 beschlossen der Bundesrat und das EJPD Revisionen der entsprechenden Verordnungen, die das METAS vorbereitet hatte.

Die Mitwirkung bei der Vorbereitung von Erlassen im Bereich der Metrologie gehört zu den gesetzlichen Aufgaben des METAS. Im Jahr 2019 wurden Änderungen für das Messen von Abgasen für Holzfeuerungen und Änderungen der Mengenangabeverordnungen des Bundesrats und des Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartements (EJPD) beschlossen.

Abgase von Holzfeuerungen

Eine der Verordnungen, die im Berichtsjahr geändert wurden, ist die Verordnung des EJPD über Abgasmessmittel für Feuerungsanlagen. Sie wurde mit neuen Vorschriften über das Messen von Abgasen von kleineren Holzfeuerungen ergänzt. Darunter fallen Feuerungen wie Heizkessel, Cheminées oder Kaminöfen. Anlass für die Revision war eine Änderung der Luftreinhalte-Verordnung, die namentlich auf eine Verringerung der Feinstaubemissionen aus kleineren Holzfeuerungen abzielt.

Mengenangaben

Inhalt und Form der Mengenangabe bei messbaren Waren, die Konsumentinnen und Konsumenten zum Kauf angeboten werden, regelt nach dem Messgesetz der Bundesrat. Das METAS bereitet solche Vorschriften vor. Sie sind in den Mengenangabeverordnungen des Bundesrats und des EJPD enthalten. Beide Verordnungen traten 2013 in Kraft. Sie haben sich seither bewährt; grundlegende Änderungen sind nicht erforderlich. Nach mehreren Jahren waren aber einige punktuelle Verbesserungen und Aktualisierungen dieser Verordnungen angebracht. Die wichtigste Änderung ist die Regelung eines neuen Verfahrens zur Prüfung der Füllmenge von Fertigpackungen. Daneben umfasst die Revision der beiden Verordnungen Klärungen und Aktualisierungen in verschiedenen Detailfragen.

Neues statistisches Prüfverfahren

Ein grosser Teil der Waren, die im Detailhandel angeboten werden, sind vorabgepackt; sie werden als sogenannte Fertigpackungen angeboten. Wie viel die tatsächliche Füllmenge einer Fertigpackung von der auf der Packung angegebenen Nennfüllmenge abweichen darf (zulässige Minusabweichung), ist in der Mengenangabeverordnung des Bundesrats geregelt. Diese Vorschriften sind aufgrund der Menge von Fertigpackungen von erheblicher praktischer Bedeutung. Ihre Einhaltung wird stichprobenweise von den kantonalen Eichämtern überprüft. Zu diesem Zweck wird ein Prüfverfahren benötigt, das im Einzelnen festlegt, wie die Über-





prüfung zu erfolgen hat. Bisher wurde dafür ein Verfahren verwendet, das aus älteren schweizerischen Vorschriften in die Mengenangebeverordnung übernommen worden war. Die Bestimmungen wurden nun revidiert. Für die wichtigste Kategorie von Fertigpackungen wird das weit verbreitete Verfahren der Europäischen Union übernommen. Die neuen Bestimmungen sind am 1. Januar 2020 in Kraft getreten.

Für die Umsetzung der Neuerungen passte das METAS seine Weisungen zu den Mengenangebeverordnungen an. Es führte auch Schulungen für die kantonalen Eichämter durch.



Messung von Abgasen von Holzfeuerungen.

Messen möglich machen: entscheidend sind die Mitarbeitenden

Das METAS ist ein attraktiver Arbeitsort. Darauf weisen die tiefe Fluktuation und das Ergebnis der Mitarbeitendenbefragung hin. Neben den Mitarbeitenden hat das METAS auch seine Kunden befragt. Diese sind mit den Leistungen des METAS insgesamt sehr zufrieden.

Damit das METAS seine Dienstleistungen zur Zufriedenheit der Kunden erbringen kann, ist es auf fachlich kompetente und leistungsbereite Mitarbeitende angewiesen. Deshalb legt es Wert darauf, ein attraktiver Arbeitgeber und Ausbildungsstandort zu sein. Engagierte, zufriedene und motivierte Mitarbeitende sind der Schlüssel für die erfolgreiche Tätigkeit eines Unternehmens, wie sich auch bei der Kundenbefragung des METAS gezeigt hat.

Geschätzte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Im Sommer hat das METAS bei den Schweizer Kunden eine Umfrage durchführen lassen. Die Befragung zur Zufriedenheit mit den Dienstleistungen des METAS lehnte sich an frühere Befragungen von 2012 und 2015 an, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die Fragen wurden aber inhaltlich überarbeitet und gestrafft, um eine kürzere Befragung zu ermöglichen. Durchgeführt und ausgewertet wurde die Umfrage durch eine unabhängige, externe Firma. Die Rücklaufquote lag bei 15 Prozent, ein Rücklauf, bei dem die statistische Aussagekraft gegeben ist. Die Gesamtzufriedenheit der Kunden mit den Leistungen des METAS liegt auf sehr hohem Niveau, gegenüber der letzten Umfrage ist sie sogar leicht gestiegen. Die erstmals erhobene Weiterempfehlung erreicht einen guten Wert, der mit der Gesamtzufriedenheit einhergeht. Die Mitarbeitenden werden von den Kunden sehr hoch bewertet: Wie in den Vorjahren sind die Mitarbeitenden der am besten bewertete Qualitätsaspekt des METAS.

Hohe Arbeitszufriedenheit

Auch die Befragung der Mitarbeitenden erfolgte durch ein externes und unabhängiges Unternehmen. Diese wurde im Mai 2019 durchgeführt und lehnte sich eng an die Befragung der Bundesverwaltung an. Die Befragung erzielte einen erfreulich hohen Rücklauf von 84 Prozent. Das Ergebnis zeigt,

dass das Personal des METAS sehr zufrieden ist. Einige Werte sind im Vergleich mit der Befragung von 2015 leicht gesunken, liegen aber alle im Vergleich über denjenigen der Bundesverwaltung beziehungsweise eines externen Benchmarks. Positive Veränderungen zeigen sich bei den Themengebieten Personalinformation sowie Wissens- und Erfahrungsaustausch, Bereichen, bei denen nach der Befragung von 2015 Massnahmen getroffen worden sind.





Die Zusammenarbeit im Team wird hoch bewertet.

Als grösste Stärken im METAS werden der Handlungsspielraum sowie die Entwicklungsmassnahmen genannt. Hoch bewertet werden auch die Zusammenarbeit im Team und die Vereinbarkeit von Arbeit und Privatleben. Aufgrund der Ergebnisse sind keine dringenden Massnahmen erforderlich. Es wurden aber eine Reihe von Themenfeldern auf Verbesserungspotential hin überprüft. Die grosse Herausforderung besteht darin, ein solch gutes Ergebnis auch in Zukunft halten zu können.

Ausbildungsstandort METAS

Das METAS engagiert sich für eine gute Ausbildung angehender Berufsleute. Es bietet verschiedene Berufslernen in technisch-wissenschaftlichen Bereichen (Physiklaborant/in, Chemielaborant/in, Polymechaniker/in, Elektroniker/in, Informatiker/in, Mediamatiker/in), kaufmännische BMS-Praktika sowie eine Reihe von Hochschulpraktika an.

Finanzen

Das Rechnungsjahr 2019 schloss das METAS mit einem Gewinn von 1,6 Millionen Franken ab. Der Aufwand belief sich auf 51,1 Millionen Franken und an Erträgen wurden 52,7 Millionen Franken (inklusive Abgeltungen) erwirtschaftet.

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

Bilanz

(in Tausend CHF)	31.12.2019	31.12.2018
Aktiven		
Flüssige Mittel	22 373	20 202
Forderungen aus Leistungen	4 196	3 000
Forderungen Forschungsprojekte	2 702	2 778
Übrige Forderungen	268	110
Aktive Rechnungsabgrenzungen	1 115	811
Umlaufvermögen	30 654	26 901
Sachanlagen	19 964	20 923
Immaterielle Anlagen	2 002	2 336
Anlagevermögen	21 966	23 259
Total Aktiven	52 620	50 160
Passiven		
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	911	1 322
Verbindlichkeiten Forschungsprojekte	4 009	3 930
Übrige Verbindlichkeiten	1 381	1 466
Passive Rechnungsabgrenzungen	304	155
Kurzfristige Rückstellungen	1 230	1 098
Kurzfristiges Fremdkapital	7 835	7 971
Rückstellung für Pensionskassenverbindlichkeiten	57 002	49 580
Rückstellungen für Treueprämien	1 637	1 467
Langfristiges Fremdkapital	58 659	51 047
Bilanzverlust	-12 934	-17 235
Kumulierte versicherungsmathematische Verluste/Gewinne	-5 974	663
Reserven für Anlagevermögen	3 413	3 413
Gewinn	1 621	4 301
Eigenkapital	-13 874	-8 858
Total Passiven	52 620	50 160

Erfolgsrechnung

(in Tausend CHF)	2019 1.1.2019–31.12.2019	2018 1.1.2018–31.12.2018
Nettoerlös	52 722	51 295
Gewinn aus Verkauf von Anlagevermögen	14	13
Aufwand für Material und Dritteleistungen	–587	–685
Personalaufwand	–34 694	–31 699
Sonstiger Betriebsaufwand	–11 632	–10 993
Abschreibungen	–3 958	–3 575
Betriebsaufwand	–50 284	–46 267
Finanzertrag	6	61
Finanzaufwand	–76	–106
Finanzergebnis	–70	–45
Steueraufwand	–174	–10
Gewinn	1 621	4 301

Das METAS konnte im Berichtsjahr seine Tätigkeiten zu 55,7 Prozent (Vorjahr 58,1 Prozent) 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.

Ein Überblick über die von Mitarbeiterinnen 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.

Zudem wurden am METAS eine Reihe von spezialisierten Fachkursen angeboten und durchgeführt, von einer Einführung in die Grundlagen der Messunsicherheit bis zu einem Kurs über Längenmesstechnik.

Broschüre zum Internationalen Einheitensystem SI

2019 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.

Aus Anlass des Inkrafttretens des revidierten Internationalen Einheitensystems (SI) hat das METAS eine Broschüre herausgegeben: «Unsere Masseinheiten. Das Internationale Einheitensystem SI». Die Broschüre richtet sich an ein breiteres, nicht fachtechnisches Publikum, das Näheres über das Internationale Einheits-

system und die Bedeutung der Metrologie erfahren möchte.

Einblick in die Laboratorien

Wie schon in den letzten Jahren beteiligte sich das METAS am Programm «Mädchen – Technik – Los!» während des nationalen Zukunftstags, der am 9. November 2019 stattfand. Es bot einer Gruppe von Mädchen einen Einblick in die Aufgaben und Tätigkeiten in seinen Labors.

Wegen des Tags der offenen Tür konnten im Berichtsjahr etwas weniger Besichtigungen für Gruppen durchgeführt werden als üblicherweise. 20 Gruppen mit insgesamt über 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmern hatten Gelegenheit, einen direkten Einblick in Laboratorien und in die Entwicklung von Messeinrichtungen zu erhalten. Besichtigungen ermöglichen es, den Besuchern die Aufgaben und Tätigkeiten des METAS zu veranschaulichen und näher zu bringen.

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

A. Schavkan, (...), **G. Baur, K. Vasilatou** et al.: *Number Concentration of Gold Nanoparticles in Suspension: SAXS and spICPMS as Traceable Methods Compared to Laboratory Methods*. *Nanomaterials* 2019, 9, 502, 20 pp.
B. Bircher, F. Meli, A. Küng, R. Thalmann: *CT geometry determination using individual radiographs of calibrated multi-sphere standards*. 9th Conference on Industrial Computed Tomography, Padova, Italy (ICT 2019) 7 pp.

B. Bircher, F. Meli, A. Küng, R. Thalmann: *CT machine geometry changes under thermal load*. 9th Conference on Industrial Computed Tomography, Padova, Italy (ICT 2019) 5 pp.

A. Bossen, M. Trösch, A. Küng, F. Meli: *Long range wire based yaw and straightness measuring system for a 50 m bench*. euspen's 19th International Conference & Exhibition, Bilbao, ES, June 2019. p. 300.
D. Amaripadath, (...), **J.-P. Braun** et al.: *Design of versatile waveform platform for supraharmic testing and calibration*. 25th International Conference on Electricity Distribution, Paper n° 647.

D. Amaripadath, (...), **J.-P. Braun** et al.: 2019 54th Int. Universities Power Engineering Conference, UPEC 2019 – Proceedings 8893632.

S.M. Blair, (...), **J.-P. Braun**: *IEEE Access* 7,8665864, pp. 48689-48698.

G. Frigo, (...), **J.-P. Braun** et al.: *Characterization of uncertainty contributions in a high-accuracy PMU validation system*. *Measurement Journal of International Measurement Confederation* 146, pp. 72-86.

D. Corminboeuf: *Calibration of the absolute linearity of lock-in amplifiers*. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 68, 2060-2065.

J. Hoffmann, P. Huerlimann, M. Wollensack, J. Rufenacht, M. Zeier: *S-Parameter Definition for Adapters with a Dielectrically Loaded Connector*. 93rd ARFTG Microwave Measurement Symposium, Conference Digest, 2019.

S. Horender, K. Auderset, K. Vasilatou: *Facility for calibration of optical and condensation particle counters based on a turbulent aerosol mixing tube and a reference optical particle counter*. *Review of Scientific Instruments*. 90/ 075111 (2019) 11 pp.

A. Jallageas (...) **J. Morel** and U. Keller: *Calibration of high-accuracy spectrometers using stabilized 11-GHz femtosecond semiconductor laser*. *Optics Express* 27 (2019) 37552, 7 pp.

B. Jeckelmann, F. Piquemal: *The Elementary Charge for the Definition and Realization of the Ampere*. *Annalen der Physik* 531/5 (2019) 10 pp.

C. Kessler, D.T. Burns, P. Roger, **C. Kottler, S. Vörös, P. Peier**: *Comparison of the standards for absorbed dose to water of the METAS, Switzerland and the BIPM in accelerator photon beams*. *Metrologia* 56/1A, 15 pp.

A. Kazempour, M. Wollensack, J. Hoffmann, J. Rufenacht, M. Zeier: *THz Detector Calibration Based on Microwave Power Standards*, UCMMT 2019, Conference Digest.

A. Kazempour, M. Wollensack, J. Hoffmann, J. Rufenacht, G. Gaeumann, M. Zeier, S.-K. Yee, M. Hudlicka: *Material Parameter Extraction in THz Domain, Simplifications and Sensitivity Analysis*. 2019 Asia-Pacific Microwave Conference, Conference Digest, 2019.

T. Le Quang, D. Vasyukov, J. Hoffmann, A. Buchter, M. Zeier: *Fabrication and Measurements of Inductive Devices for Scanning Microwave Microscopes*. *IEEE-Nano, Conference Digest*, 2019.

O. Aseev, (...), **B. Niederhauser**, L. Emmenegger: *High-precision ethanol measurement by mid-IR laser absorption spectroscopy for metrological applications*. Optics Express 27/4 (2019), 12pp.

P. Gournay, (...), **F. Overney** et al.: *Comparison CCEM-K4.2017 of 10 pF and 100 pF capacitance standards*. Metrologia 56, 01001-01001.

M. Delaval, D. Egli, **P. Schüpfer** et al.: *Novel instrument to generate representative e-cigarette vapors for physicochemical particle characterization and in-vitro toxicity*. Journal of Aerosol Science 129 (2019), pp. 40-52.

E. Tas, **F. Pythoud**, D. Zhao: *The Consequences of Missing Specification for Coupling-Decoupling Networks*. Proc. of the 2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE 2019, Barcelona Spain, September 2-6 2019.

K. Vasilatou et al.: Chapter 3.1.3 *Electrospray-differential mobility analysis (ES-DMA)*. In: Characterization of Nanoparticles: Measurement Processes for Nanoparticles. Amsterdam, p. 97–116.

Beiträge an Konferenzen und Vorträge

M. Agostoni: *The METAS IEC 61850-9-2 Test Bench*. (Poster) AMPS Applied Measurements for Power Systems, Aachen, 27.9.2019.

M.-O. André: *Electrical standards based on quantum effects*. Summer School of Metrology, BIPM-SIF, Varenna, 4.7.2019.

M.-O. André: *Applying electrical standards in real-life applications*. Summer School of Metrology, BIPM-SIF, Varenna, 5.7.2019.

H. Andres: *Support for EURAMET DIs – Practical aspects*. 2019 Workshop for incoming TC-chairs. Braunschweig, 29.8.2019.

H. Andres: *Messunsicherheit & Konformitätsbewertung Atemalkoholmessmittel*. ZHAW, Wädenswil, 26.11.2019.

F. Assi/U. Schneider: *Die Rolle des METAS in der Audiometrieverordnung*. SG-ORL, Herbstversammlung 2019, Interlaken, 15.11.2019.

B. Bircher: *CT geometry determination using radio-graphs of multi-sphere standards*. iCT Conference 2019, Padova, 13.2.2019.

B. Bircher: *X-ray computed tomography for dimensional metrology. New frontiers for metrology: from biology and chemistry to quantum and data science*. Varenna, 5.7.2019.

B. Bircher: *Industrial high-resolution computed. Micro and Nanotomography Symposium: 3D Imaging for Industry*, PSI, Villigen, 7.11.2019.

H. Bissig: *Liquid properties effects on Coriolis and thermal mass flow meters at very low flow rates*. Flo-meko 2019, Lissabon, 26.6.2019.

H. Bissig: *Traceability of pulsed flow rates consisting of constant delivered volumes at given time interval*. Flo-meko 2019, Lissabon, 28.6.2019.

H. Bissig: *Traceable response time characterization of flow devices with process-oriented liquids*. Microfluidics & Flow Chemistry 2019, San Diego, USA, 9.10.2019.



H. Bissig: *Traceable response time characterization of flow devices with process-oriented liquids*. Workshop on dynamic measurements methods for water metering, Villeurbanne, France, 14.11.2019.

C. Blaser: *Die Revision des Internationalen Einheitensystems*. Informationstagung 2019 Eichstellen Elektrizität, METAS, 25.6.2019.

P. Blattner: *Measurement Methods, Set-ups and Devices*. CIE Tutorial on S 026 – Use and Application of the New Metrology for ipRGC-Influenced Responses to Light, Eindhoven, 14.3.2019.

P. Blattner: *Aktuelle Aktivitäten der Internationalen Beleuchtungskommission CIE*. LTG – Kongress 2019, Spielberg, Österreich, 21.5.2019.

P. Blattner: *Measurement uncertainty in the context of CIE TC2-67. (Photometry of Lighting and Light-Signalling Devices for Road Vehicles)*. CIE TC2-67 Meeting, Webex 5.8.2019.

P. Blattner: *Metrics and quantities for horticulture lighting*. International Scientific and Technical Greenhouses Lighting Conference, Moscow, 9.9.2019.

P. Blattner: *Current activities of the International Commission on Illumination (CIE)*. XVII. Lux et Color, Veszprémiensis, Veszprém, Ungarn, 10.10.2019.

P. Blattner: *Danger de la lumière bleue des LEDs – prise de position de la CIE*. SLG Vorabendseminar, Lausanne, 27.11.2019.

T. Bühlmann: *SI-traceable F-Gas Standards*. AGAGE Meeting 59, Weggis, 1.5.2019.

T. Bühlmann: *SI-traceable Reference Gas Mixtures*. GAW-CH Landesausschuss, Dübendorf, 6.11.2019.

D. Corminboeuf: *Calibration of lock-in amplifiers in μ V ranges*. DMS, Dresden, 15.5.2019.

D. Corminboeuf: *Calibration and applications using inductive voltage dividers*. Messunsicherheit 2019, VDI-Fachtagung, Erfurt, 13.11.2019.

G. Couvreur, D. Lussi: *Datensicherheitsprüfungen*. VSE Fachtagung, Olten, 13.3.2019.

M. N. Ess (...) and **K. Vasilatou**: *Optical and morphological properties of soot aerosols generated with the novel „miniCAST 5201 BC“ burner*. EAC 2019, Göteborg, 25.8.2019.

M. de Huu: *Design of gravimetric primary standards for field testing of hydrogen refuelling stations*. Flo-meko 2019, Lissabon, 26.6.2019.

M. de Huu: *Introduction to hydrogen flow metering, laboratory calibrations using liquids*. Workshop on hydrogen quality and flow metering for hydrogen fuel cell vehicles, VSL, The Netherlands, 11.9.2019.

C. Hof: *Characterization of new LS2P-microphones*. Dresden metrologists summit, 14.5.2019.

C. Hof: *Metrologie im Bereich Vibration am METAS*. SPEKTRA-Kalibrierseminar, Dresden, 9.10.2019.

C. Hof: *Implementierung der Druckkalibrierung von Laborstandard-Mikrofonen durch die Reziprozitätsmethode am METAS*. SPEKTRA-Kalibrierseminar, Dresden, 10.10.2019.

C. Hof: *METAS and its national standards in AUV*. CCAUV, Paris, 26.9.2019.

J. Hoffmann: *S-Parameter Measurements in Coaxial Systems*. CCEM RF&MW Workshop, BIPM, Paris, 27.3.2019.

J. Hoffmann: *S-Parameter Definition for Adapters with Dielectrically Loaded Connectors*. 93rd ARFTG Microwave Measurement Symposium, Boston, MA, USA, 7.6.2019.

J. Hoffmann: *Tips and Calibration of Tips and Calibration of Nearfield Scanning Microscope*. European Microwave Week, MMAMA Workshop, 30.9.2019.

J. Hoffmann: *Measurement Uncertainty Training at METAS*. MathMet International Workshop 2019, LNEC, Lisbon, Portugal, 21.11.2019.

J. Hoffmann: *Standards and Coaxial Tips for Scanning Microwave Microscopy*. High Frequency Scanning Probe Microscopy Workshop, NIST, Colorado, 13.12.2019.

S. Horender, M. N. Ess and **K. Vasilatou**: *EMPIR-AEROMET: Towards the generation of synthetic ambient aerosols*. EAC 2019, Göteborg, 25.8.2019.

S. Horender, M. N. Ess and **K. Vasilatou**: *Towards the generation of synthetic ambient aerosols for calibration of PM monitors and low cost sensors*. Air Quality: Responding to new challenges, London, 11.12.2019.

- M. Iturrate-Garcaia:** *Characterisation of impurities in NO₂ reference gas mixtures using FTIR spectroscopy.* European Geosciences Union (EGU), Wien, 10.4.2019.
- M. Iturrate-Garcaia:** *Improving dynamically prepared nitrogen dioxide (NO₂) reference gas mixtures.* GAS Analysis 2019, Den Haag, 18.6.2019.
- M. Iturrate-Garcaia:** *“EMN Climate and Ocean Observation”: a coordinated metrology network supporting ECVs and EOVs measurements.* Swiss Geoscience Meeting 2019, Freiburg, 27.11.2019.
- B. Jeanneret:** *Josephson Voltage Standards: the early days and the DC standard.* Metrological Summer School 2019, Kloster Drübeck, Deutschland, 5.8.2019.
- B. Jeanneret:** *Josephson Voltage Standards: state of the art quantum AC sources.* Metrological Summer School 2019, Kloster Drübeck, Deutschland, 6.8.2019.
- B. Jeckelmann:** *A milestone in the evolution of the International System of Units.* PSI Colloquium, Villigen, 14.3.2019.
- B. Jeckelmann:** *Une étape cruciale dans le développement du système international d'unités (SI).* Conférence publique de la Société Valaisanne de Physique, Sion, 12.4.2019.
- B. Jeckelmann:** *Zeitdefinition und moderne Zeitmessung.* 3. Internationales Jost-Bürgi-Symposium, Lichtensteig, 4.5.2019.
- B. Jeckelmann:** *Das revidierte SI: Hintergründe und wichtigste Änderungen.* Weiterbildungsveranstaltung der Deutschschweizerischen Physikkommission, METAS, Wabern, 3.9.2019.
- A. Kazemipour:** *Feasibility of Accurate Power Measurement in Submillimeter / mm-Wave Domain Based on Free-Space Techniques.* 12th UK/Europe-China Workshop on Millimetre-Waves and Terahertz Technologies (UCMMT), 10.9.2019.
- A. Kazemipour:** *Quasi Free-Space (TEM) Material Measurements.* European Microwave Week, MMAMA Workshop, 30.9.2019.
- A. Kazemipour:** *Material Parameter Extraction in THz Domain, Simplifications and Sensitivity Analysis.* (Poster) 2019 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), Singapore, 12.12.2019.
- A. Küng:** *Long range wire based yaw and straightness measuring system for a 50 m bench.* euspen's 19th International Conference & Exhibition, Bilbao, 4.6.2019.
- T. Le Quang:** *Impedance Standards for Scanning Microwave Microscope.* CMI/EPFL Annual Meeting, CMI, Lausanne, 7.5.2019.
- T. Le Quang:** *Impedance Standards for Scanning Micro-wave Microscopy.* Nanometrology 2019, Paris, 26.6.2019.
- T. Le Quang:** *Impedance Standards for Scanning Microwave Microscopy.* European Microwave Week, ADVENT Workshop, 29.9.2019.
- K. Marti:** *Dissemination of the kilogram after redefinition: a focus on sorption effects, contamination and cleaning of mass standards.*, RADWAG, Radom, 6.3.2019.
- K. Marti:** *Redefinition of the kilogram,* Berner Fachhochschule, Burgdorf, 8.11.2019
- B. Mathew:** *Datensicherheitsprüfung – erste Erfahrungen.* Swissmig Fachtagung, 8.11.2019.
- F. Meli:** *CT machine geometry changes under thermal load.* iCT Conference 2019, Padova, 14.2.2019.
- F. Meli:** *Polystyrene nanoparticle deformation – range extended.* Nanoscale Conference 2019, Braunschweig, 15.10.2019.
- C. Mester:** *Technologiegerechtes Kalibrierprogramm für moderne Messgeräte.* Messunsicherheit 2019, VDI-Fachtagung, Erfurt, 13.11.2019.
- B. Niederhauser:** *Aktiv bei reaktiven Analyten.* ERFA 2019 des Cercl'air, Freiburg, 10.9.2019.
- F. Overney:** *Progress report: Dual Josephson Impedance Bridge (DJIB).* EURAMET TC-EM DCQM meeting, 20.5.2019.
- C. Pascale:** *Dynamic generation of VOCs reference gas mixtures with a mobile generator and comparison to static preparations.* CCQM-Workshop, Paris, 9.4.2019.
- C. Pascale:** *The European Metrology Network for Climate and Ocean Observation.* Actris Technical meeting for trace gases, Dübendorf, 9.5.2019.
- C. Pascale:** *The European Metrology Network for Climate and Ocean Observation: Stakeholders and plans.* CIM 2019, Paris, 10.9.2019.
- P. Peier:** *Photonics an Beschleunigern.* University of Applied Sciences HTW, Chur, 22.3.2019.
- P. Peier:** *Calibration and verification of dosimeters for high energy electron and photon radiation at METAS 22 MeV accelerator.* SGSMP Annual Meeting, PSI, Villigen, 22.11.2019.
- F. Pythoud:** *Introduction to EMC.* SwissT.net, Fachtagung EMV und Funk, Zürich, 16.1.2019.
- D. Stalder:** *Traceable Noise Temperature Calibration Based on RF-Power.* European Microwave Week, ADVENT Workshop, 29.9.2019.
- E. Tas, F. Pythoud, D. Zhao:** *The Consequences of Missing Specification for Coupling-Decoupling Networks.* Proc. of the 2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC EUROPE 2019, Barcelona, 4.9.2019.
- E. Tas:** *Proficiency Testing in EMC.* EUROLAB-CH Seminar, Sicherung der Qualität von Laborergebnissen, Olten, 3.12.2019.
- R. Thalmann:** *Traceability of nano-scale measurements to the international system of units SI.* Swiss Nano Convention, EPFL, Lausanne, 7.6.2019.
- R. Thalmann:** *Überprüfung und Kalibrierung von optischen Mikro-Koordinatenmessgeräten.* Fachtagung Produktionsmesstechnik, NTB, Buchs, 5.9.2019.
- R. Thalmann:** *Auswertung und Bewertung von Vergleichsmessungen.* EUROLAB-CH Seminar, Sicherung der Qualität von Laborergebnissen, Olten, 3.12.2019.
- M. Trachsel:** *Chemical radiation dosimetry in magnetic fields: Characterization of a Fricke-type chemical detector in 6 MV photon beams and magnetic fields up to 1.42 T.* SGSMP Annual Meeting, PSI, Villigen, 22.11.2019.
- K. Vasilatou:** *Generation and characterisation of model soot aerosols for instrument calibration and health studies.* Métrologie des suies, Paris, 4.7.2019.
- M. Geiser, Z. Leni, K. Vasilatou, M. Ess, A. Keller:** *A novel facility to generate stable and reproducible aerosol mixtures that simulate the physicochemical properties of ambient air.* EGU 2019, 8.4.2019.
- D. Vasyukov:** *Introduction to Scanning Microwave Microscopy.* SPM Workshop, Lednice, CZ, 27.3.2019.
- D. Vasyukov:** *Impedance Standards for Scanning Microwave Microscopy.* IEEE-Nano, Macau, 22.7.2019.
- C. Wüthrich:** *New definition of the unit system: from man defined system to nature constants, consequences on daily life and vacuum measurement.*, Inficon, Balzers, 20.05.2020
- M. Zeier:** *Introductory talk to workshop.* CCEM RF&MW Workshop, BIPM, Paris, 27.3.2019.
- M. Zeier:** *Scanning Microwave Microscopy: Impedance measurements at nanoscale.* EURAMET TC-EM SC RF&MW meeting, INTA, Madrid, 9.4.2019.
- M. Zeier:** *S-parameter measurement comparison in Type-N.* EURAMET TC-EM SC RF&MW meeting, INTA, Madrid, 10.4.2019.

