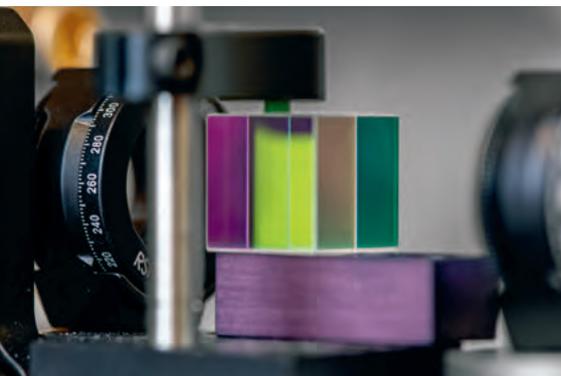


## Das METAS im Jahr 2020



Titelbild: Messung von faseroptischen Komponenten (vgl. S. 18).

## Impressum

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Tätigkeiten des METAS im Berichtsjahr 2020. Weitergehende Informationen können dem Geschäftsbericht des METAS, dem Jahresbericht über den Vollzug des Messgesetzes (beide publiziert auf [www.metas.ch](http://www.metas.ch)), dem Kaderlohnreporting (publiziert auf [www.epa.admin.ch](http://www.epa.admin.ch)) und der Kurzberichterstattung des Bundesrates über die Erfüllung der strategischen Ziele der verschiedenen Einheiten des Bundes (publiziert auf [www.efv.admin.ch](http://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](http://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 2020. Die Jahresrechnung 2020 des METAS ist zusammen mit dem Bericht der Revisionsstelle auf [www.metas.ch](http://www.metas.ch) publiziert.

## Sprachen

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

## Ausgabe

Mai 2021  
05.21 2600 860488297

## Bildnachweis

METAS

## Layout

Casalini Werbeagentur AG, 3007 Bern  
[www.casalini.ch](http://www.casalini.ch)



# Inhaltsverzeichnis

- 4 Vorworte
- 6 Das METAS leiten:  
der Institutsrat und Geschäftsleitung
- 8 Messen unter anderen Bedingungen:  
Auswirkungen der Pandemie
- 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:  
Unabhängige Sensorprüfung in der Beleuchtungstechnik
- 18 Messen für die faseroptische Telekommunikation:  
Photonik/Faseroptik
- 20 Messen regeln:  
Gesetzgebung im Bereich der Metrologie
- 22 Messen über die Grenzen hinweg:  
Internationale Organisationen der Metrologie
- 24 Vielfalt rund ums Messen:  
Das METAS ein Ausbildungsort
- 26 Finanzen
- 28 Über das Messen informieren:  
Publikationen und Vorträge des METAS

# Umstellungen auf allen Ebenen



Der Institutsrat trifft sich in der Regel im METAS, um seine Sitzungen abzuhalten. Das erlaubt es uns, an einer Sitzung auch ein Labor zu besuchen, einen Messplatz zu besichtigen oder konkret Einblick über den Stand der Arbeiten in einem Forschungsprojekt zu erhalten. Das war 2020 nicht möglich.

Zwei der Sitzungen konnten nur als virtuelle Sitzungen durchgeführt werden. Eine Sitzung konnte am METAS stattfinden, aber nur unter speziellen Umständen: Sie musste in einem Raum stattfinden, der eigentlich viel zu gross war für die Zahl der anwesenden Personen, damit sicher ausreichend Abstand gehalten werden konnte.

Das sind kleine Umstellungen verglichen mit anderen Auswirkungen der Covid-19-Pandemie. Gleichzeitig zeigt es jedoch, wie sich diese Pandemiesituation auf die unterschiedlichsten Ebenen unseres beruflichen Alltags ausgewirkt hat, ganz zu schweigen vom privaten Alltagsleben. Für selbstverständlich gehaltene Abläufe und Verhaltensweisen waren plötzlich nicht mehr möglich. Das erforderte auch im METAS einiges an Anpassungen und Umstellungen (siehe Seite 8). Dass trotz der Umstellungen und Massnahmen der Betrieb des METAS aufrechterhalten konnte, war nur möglich durch den grossen Einsatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des METAS, die sich rasch und flexibel umstellten und auch unter veränderten Bedingungen ihre Arbeit erbracht haben. Im Namen des Institutsrats danke ich allen für ihre Flexibilität und ihren Einsatz.

Dr. Matthias Kaiserswerth  
Präsident des Institutsrats

« Diese Pandemiesituation hat sich auf die unterschiedlichsten Ebenen unseres beruflichen Alltags ausgewirkt. »

# Masken und Ausrichtung an zukünftigen Anforderungen

Wer zu Beginn des Jahres 2020 gesagt hätte, dass wir alle im METAS mit Schutzmasken herumlaufen oder dass in den öffentlichen Verkehrsmitteln das Tragen von Schutzmasken zur Pflicht würde, der wäre wohl nicht ernst genommen worden. Mittlerweile ist das längst Teil unseres Alltags geworden. Wie sich die Pandemiesituation genau weiter entwickeln wird, kann niemand vorhersagen. Diese Situation hat uns aber auch vor Augen geführt, wie wichtig es ist, im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen Vorkehrungen zu treffen, so gut, wie das im Voraus möglich ist.

Neben dem alltäglichen Geschäft hat sich die Geschäftsleitung im letzten Jahr auch intensiv mit Wandel und Veränderungen, die im METAS anstehen, befasst. Auf das METAS kommen in den nächsten Jahren einige Herausforderungen zu: 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. Um diesen Anforderungen zu begegnen, hat die Geschäftsleitung die Vision METAS 2025 erarbeitet. Sie bildet den Rahmen für ein Programm des Wandels und legt die Richtung fest, in die sich das METAS entwickeln soll. In den nächsten Jahren wird es darum gehen, die Vision METAS 2025 umzusetzen.



Dr. Philippe Richard  
Direktor



Auf das METAS kommen in den  
nächsten Jahren neue Herausforderungen zu.



# 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.

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. Im Berichtsjahr hat er sich besonders auch mit der von der Geschäftsleitung entwickelten Vision METAS 2025 befasst und diese im November 2020 genehmigt.

Die Vision METAS 2025 ist der Rahmen für ein Programm des Wandels. Sie stellt die Antwort des METAS auf die Herausforderungen dar, die mit den zu erwartenden Entwicklungen in den verschiedensten wichtigen Bereichen verbunden sind: Im Feld der Metrologie, bei den Erwartungen der Anspruchsgruppen, bei der Digitalisierung und in anderen gesellschaftlichen Bereichen. Sie legt die Richtung fest, in die das METAS während der nächsten Jahre gehen soll.



Die Mitglieder des Institutsrats im Jahr 2020 (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, dem Vizedirektor, Dr. Bobjoseph Mathew und dem Leiter der Abteilung Chemie, Dr. Hanspeter Andres, der vom Institutsrat per 1. Januar 2021 zum Vizedirektor ernannt worden ist.

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



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

# Messen unter anderen Bedingungen: Auswirkungen der Pandemie

*Die COVID-19-Pandemie hat sich auch auf das METAS ausgewirkt. Es waren zahlreiche Umstellungen und Anpassungen notwendig. Der Betrieb und der Dienst am Kunden konnte aber immer aufrechterhalten werden.*

Die Pandemiesituation hat im Jahre 2020 unser Leben stark geprägt. Das trifft selbstverständlich auch auf den Arbeitsalltag am METAS zu. Es galt, die notwendigen Massnahmen zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und von Drittpersonen zu ergreifen, umzusetzen und den Betrieb des METAS sicherzustellen.

## **Betrieb unter veränderten Bedingungen**

Im Gegensatz zu Büroarbeiten können Tätigkeiten im Labor nur beschränkt von zuhause aus durchgeführt werden. Eine Messung lässt sich nur am dafür eingerichteten Messplatz vornehmen. Aus diesem Grund waren auch die Schutzmassnahmen besonders wichtig. Sie erforderten ein Arbeiten unter anderen Bedingungen. Für selbstverständlich gehaltene Abläufe waren plötzlich nicht mehr möglich. So musste man stets darauf achten, dass möglichst wenig Personen zusammen am gleichen Ort waren. Bestimmte Teams wurden so aufgeteilt, dass jeweils immer die gleichen Personen zusammen am METAS tätig waren. Diese Massnahmen haben in einzelnen Fällen zu Verzögerungen geführt. Im Grossen und Ganzen konnten aber die geforderten Labordienstleistungen immer erbracht werden. Auswirkungen hatte die Situation besonders auch auf Kurse und Veranstaltungen. Im August konnten zwei Informationsveranstaltungen mit begrenzter Teilnehmerzahl zu Messungen nichtionisierender Strahlung durchgeführt werden. Der grösste Teil der Kurse und Ausbildungsangebote des METAS musste jedoch verschoben werden.

## **Fachwissen eingebracht**

Das METAS hat zur Abklärung einzelner Fachfragen auch sein Fachwissen zur Verfügung gestellt. Das war zum Beispiel bei Beratungen im Zusammenhang mit der Herstellung von Desinfektionsmitteln der Fall. Es wurden im Zusammenhang mit Ausnahmezulassungen von Desinfektionsmitteln auch Analysen durchgeführt, um sicherzustellen, dass diese Produkte zwar wirksam, aber nicht gefährlich sind.

Zudem wurden aufgrund der erhöhten Nachfrage nach Ethanol für die Herstellung von Desinfektionsmitteln auch mehr Ethanolmuster analysiert.

Oberflächen und Räume können nicht nur mit Desinfektionsmitteln desinfiziert werden, man kann auch Ultraviolettstrahlung dazu nutzen. Dafür werden sogenannte UV-C-Desinfektionsgeräte benutzt. Diese können auch Schäden an Augen und Haut verursachen und damit gefährlich sein. Das Labor Optik des METAS hat einige solcher UV-C-Desinfektionsgeräte auf ihr Gefährdungspotential hin geprüft.





Die Diskussionen um die Verlässlichkeit und Rückführbarkeit von Tests, mit denen Infektionen mit Covid-19-Viren nachgewiesen werden können, weisen nicht zuletzt auf die Wichtigkeit rückführbarer Messungen von Nukleinsäuren für labormedizinische Bestimmungen hin. Das METAS hat 2019 damit begonnen, Möglichkeiten zur rückführbaren Messung von Nukleinsäuren aufzubauen, um als Ansprechpartner und Dienstleister von Fragen zur metrologischen Rückführbarkeit von Nukleinsäuren zur Verfügung stehen zu können.



Schutzmassnahmen umsetzen.

# 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 vorschriftsgemäss durchgeführt werden können.

## **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).



## **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.



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 viele Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen des Europäischen Metrologie-Forschungs- und Entwicklungsprogramms (EMPIR) durch.*

Auch in Forschung und Entwicklung der Metrologie spielt die internationale Zusammenarbeit eine zentrale Rolle und hat entsprechend Tradition. Diese Zusammenarbeit findet 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. 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 28 EMPIR-Projekten.

## **Von subjektiven Bewertungen...**

Die Metrologie befasst sich – und das mag erstaunen – auch mit dem visuellen Erscheinungsbild von Produkten (auf Englisch *Appearance* genannt). Dieses ist im Vermarktungsprozess von grosser Bedeutung. Wir verbinden nämlich mit der visuellen Erscheinung Empfindungen wie Qualität, Attraktivität oder den Ausdruck eines Lebensstils, was natürlich auch einen Einfluss auf den Marktpreis hat. Aus diesem Grunde ist es für Produzenten unerlässlich, die Aspekte der visuellen Erscheinung möglichst optimal steuern zu können. Heute wird die Erscheinung eines Produktes vielfach durch eine menschliche Testgruppe mit der ihr innewohnenden Subjektivität beurteilt. Diese intersubjektive Bewertung ist natürlich nicht eindeutig und hängt wohl auch vom kulturellen Hintergrund ab.

## **... zu bestimmbarer Objektivität**

Im EMPIR-Projekt namens «BxDiff» wird versucht, dem visuellen Erscheinungsbild eines Produktes eine objektivierbare quantitative Bestimmung zu geben und diese Grösse möglichst genau mit geringer Messunsicherheit zu charakterisieren.

Angestrebt wird eine rückführbare Skala der sogenannten bidirektionalen Reflexionsverteilungsfunktion, die – grob gesagt – beschreibt, wie Licht auf Oberflächen reflektiert wird. Dabei wird auch der

Einfluss der Polarisation des Lichtes oder die Texturierung der Oberfläche berücksichtigt. Die Messungen sollen sowohl auf kleinste Proben von wenigen Mikrometer Ausdehnung als auch bei Objekten im Zentimeterbereich anwendbar sein. Die Resultate sollen ebenfalls in den Bereichen der virtuellen Prototypenerstellung und in Renderingverfahren für virtuelle 3D-Visualisierungen eingesetzt werden können.

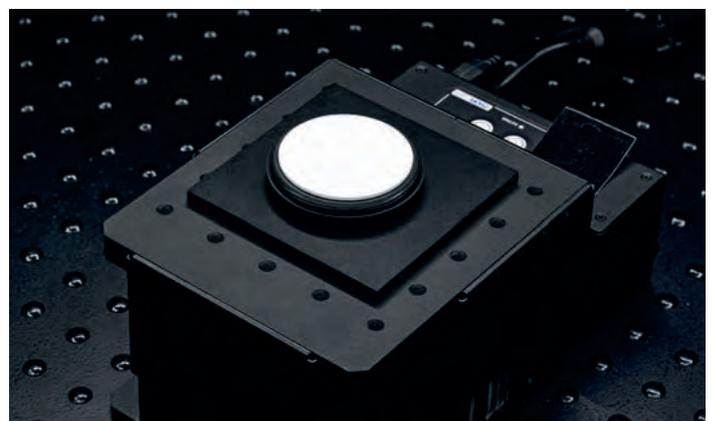
Ziel ist es, langfristig das breite Spektrum all derjenigen produzierenden industriellen Bereiche zu fördern, für die das visuelle Erscheinungsbild eines Produktes von Belang ist. Dazu gehören Hersteller





optischer Messgeräte, Material- und Pigmenthersteller, die Uhren-, Auto-, Papier-, Hightech- und Kosmetikindustrie aber auch Akteure auf dem Gebiet der virtuellen Realität sowie der Normung. Dieses EMPIR-Projekt stösst daher auf ein grosses und breites industrielles Interesse.

Mit diesem Forschungsprojekt hofft das METAS, mithelfen zu können, die visuelle Attraktivität zu erhöhen, auch wenn es nur um die objektive Bestimmung einer physikalischen Grösse geht. Die subjektive ästhetische Wahrnehmung des Menschen wird auch in Zukunft nicht vollständig durch eine Messung ersetzt werden können.



Das visuelle Erscheinungsbild von Produkten quantitativ bestimmen.

# 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.*

Das METAS verfügt über ein breites technisch-wissenschaftliches Know-how. Das fundierte messtechnische Wissen ist für die Industrie nicht nur in Form von Kalibrier- und Messdienstleistungen nutzbar, sondern auch bei Beratungen für Produktentwicklungen oder Prozessoptimierungen.

## Luftqualität messen

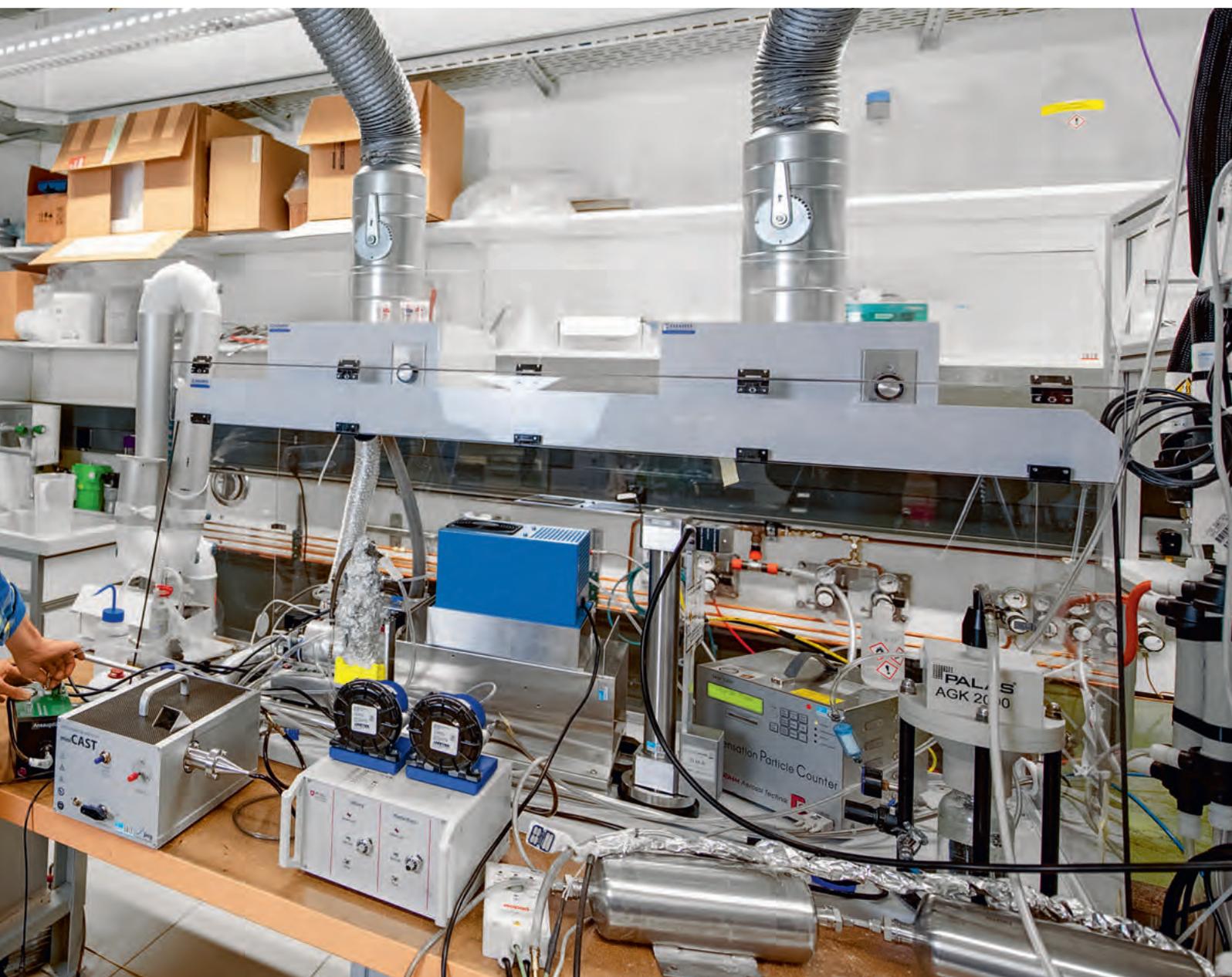
In Zeiten der grassierenden Corona-Pandemie traten andere Gesundheitsrisiken in den Hintergrund. Nichtsdestotrotz sind etwa umweltbedingte Stickoxide, Ozon und Feinstäube gefährlich. Laut der Weltgesundheitsorganisation WHO lassen sich weltweit 4,2 Millionen Tote pro Jahr auf die Luftverschmutzung zurückführen. Mehr als 91 % der Menschen weltweit leben in Gebieten, in denen die Luftqualität nicht den Vorgaben der WHO entspricht. Daher besteht grosses Interesse daran, die Luftqualität zu verbessern. Hierfür muss man die relevanten Grössen in der Luft auch messen können, nur so lässt sich die Effizienz von Massnahmen beurteilen. Messstationen zur Bestimmung von schädlichen Gasmolekülen und Feinstaub in der Luft existieren seit geraumer Zeit. Sie sind aber gross, teuer und daher wenig verbreitet. Weil die Verschmutzung lokal sehr variabel sein kann, wäre ein dichteres Netz der Überwachung der Luftreinhaltung wünschenswert, insbesondere um die individuelle Schadstoffexposition zu überwachen.

## Messnetze mit Sensoren

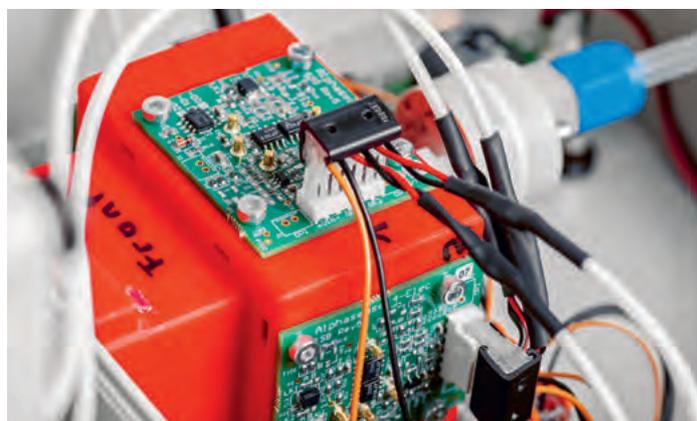
Aus diesen Gründen wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl an Messgeräten bestehend aus preiswerten Gas- und Feinstaubsensoren entwickelt. Durch die niedrigeren Kosten und kleineren Abmessungen könnten eine Vielzahl von Sensoren mit Hilfe des Internets der Dinge zu einem feinmaschigen Messnetz zusammengeschlossen werden und hochaufgelöste Luftqualitätsdaten liefern – dies in Raum und Zeit.

Solche Sensoren haben im Vergleich zu den Messstationen aber diverse Schwächen. So stellen sich Fragen zur Empfindlichkeit und zu möglichen Interferenzen mit anderen Grössen, zur zeitlichen Konstanz der Messwerte (Signal drift) und zur Messunsicherheit. Einige dieser Fehlerquellen könnten zwar mit periodischen Kalibrierungen reduziert werden, diese würden aber im Verhältnis zum Sensorpreis teuer ausfallen und aufgrund der Zahl der Geräte zu grossen operativen Kosten führen.





In diesem Kontext hat sich das Labor Gasanalytik des METAS mit dem Industriepartner LNI Swissgas und der Dienststelle für Luft, Lärm und nichtionisierende Strahlung (SABRA) des Kantons Genf in einem durch Innosuisse geförderten Projekt zusammengetan. Ziel ist es, die preisgünstigen Schadstoffsensoren in einem Gerät zu kombinieren. Methoden der künstlichen Intelligenz sollen angewandt werden, um Ausreisser und Interferenzen bei der Messung verschiedener Gase herauszufiltern. Ein weiteres Ziel ist die effiziente metrologische Charakterisierung des neuen Geräts und die Entwicklung einer einfachen Kalibrierung des Sensornetzwerks mittels Methoden des sogenannten experimentellen Designs.



Schadstoffsensoren zusammenschliessen und kombinieren.

# Metrologie für die Wirtschaft: Unabhängige Sensorprüfung in der Beleuchtungstechnik

*Das METAS unterstützt mit seinen Dienstleistungen zahlreiche Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen darin, richtig und zuverlässig messen zu können. So können sie die Qualitätsansprüche erfüllen, die an ihre Produkte gestellt werden. Das gilt zum Beispiel für die Charakterisierung und Prüfung von Bewegungs- und Präsenzmeldern in der Beleuchtungstechnik.*

Das METAS erbringt für die Wirtschaft und die Verwaltung zahlreiche Kalibrier-, Mess- und Prüfdienstleistungen. So wurden 2020 wiederum rund 4600 Kalibrierzertifikate erstellt. Die wichtigsten Kundensegmente sind die Maschinen-, Elektro-, Metall und Uhrenindustrie, wie auch die Medizin sowie die Kommunikationstechnik.

## **Smarte Beleuchtungssysteme**

Bewegungs- und Präsenzmeldern kommt in der modernen Beleuchtungstechnik zusehends eine grössere Bedeutung zu. Sie ermöglichen die Steuerung situativer und bedarfsgerechter Beleuchtungszustände in Innen- und Aussenräumen und können gleichzeitig einen bedeutenden Beitrag zum Energiesparen leisten. So wurden in den vergangenen Jahren leistungsstarke Sensoren entwickelt, welche eine präzise und zuverlässige Beleuchtungssteuerung ermöglichen.

Das Funktionsprinzip von Bewegungs- und Präsenzmeldern beruht darauf, dass sie entweder aktiv ausgestrahlte und von der Umgebung reflektierte Strahlung (z.B. Ultraviolett-, Infrarot- oder Mikrowellenstrahlung) detektieren oder passiv die von den Objekten der Umgebung ausgehende Wärmestrahlung ausnutzen. Passive Melder erkennen Bewegungen in der Umgebung, indem sie die Änderung der Wärmestrahlung detektieren. Diese passiven Infrarot-Sensoren (PIR) sind heute die meist verbreiteten Sensoren auf dem Markt.



## **Unabhängiges Sensorprüflabor am METAS**

Die Qualität und die Leistungsfähigkeit der Sensoren zeichnet sich durch Merkmale wie beispielsweise Empfindlichkeit, Reichweite und Zuverlässigkeit aus. Zwar wurden im Interesse einer einheitlichen Qualifizierung unlängst unter der Federführung des Vereins der europäischen Sensorhersteller sensNORM Prüfstandards festgelegt. Die eigentlichen Prüfungen jedoch wurden bis jetzt nur von einigen Herstellern selber durchgeführt.



Vor diesem Hintergrund hat das METAS im Jahr 2020 ein dediziertes Prüflabor aufgebaut, das als erste unabhängige Institution die Prüfung zugunsten der Hersteller vornehmen kann. Die Prüfung eines Sensors besteht darin, festzustellen, ob der Sensor die Bewegung eines beheizten Phantoms erkennt, welches sich aus unterschiedlichen Richtungen und unter definierten Bedingungen dem Sensor nähert und sich wieder entfernt. Die Anlage führt die vorgesehenen Prüfverfahren für die unterschiedlichen Sensortypen weitestgehend automatisiert durch. Ab dem Jahr 2021 kann das METAS diese Prüfdienstleistungen für Bewegungs- und Präsenzmelder anbieten.



Prüfstand für Bewegungs- und Präsenzmelder für die Beleuchtungstechnik.

# Messen für die faseroptische Telekommunikation: Photonik/Faseroptik

*Glasfasern werden heute überall verwendet, um Daten zu übertragen. Damit sie richtig eingesetzt werden können, müssen Eigenschaften von Glasfasern und faseroptischen Komponenten immer genauer bestimmt werden können. Dafür entwickelt das METAS ständig neue Messmöglichkeiten und stellt Referenzmasse zur Verfügung.*

Der Bedarf nach schnellen Datenübertragungen steigt ständig. Kommunikationsnetze und Übertragungsleitungen müssen mit der Entwicklung der Informationstechnik und Telekommunikation Schritt halten. Eine zentrale Rolle für die Datenübertragung spielen Glasfasern. Sie werden in Netzwerken eingesetzt, nicht zuletzt für die Anschlüsse von Unternehmen und Haushalten an die Netze der Telekommunikationsanbieter. In der Bordkommunikation von Fahrzeugen oder Flugzeugen finden sie ebenfalls Verwendung. Glasfasern und Glasfaserkomponenten sind aber auch zentrale Bestandteile vieler Messsysteme und optischer Sensoren, die zum Beispiel in der Medizintechnik oder für die Messung von vielen physikalischen Grössen verwendet werden.

## **Genaueres messen**

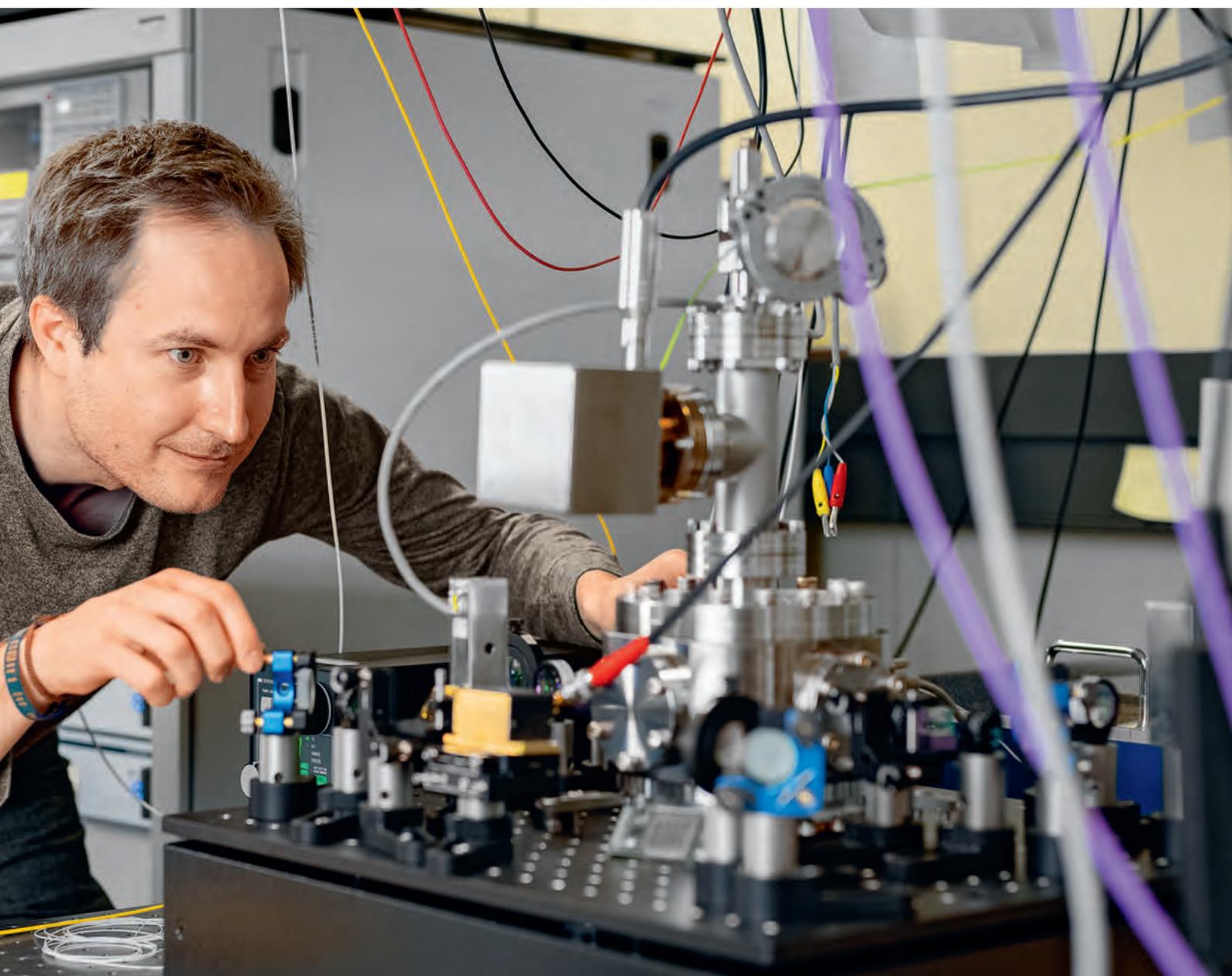
Um eine gut funktionierende Übertragung von Daten über Glasfasern zu gewährleisten, müssen Eigenschaften von Glasfasern und faseroptischen Komponenten genau bestimmt werden können. Nur so kann sichergestellt werden, dass sie richtig eingesetzt werden und dass beispielsweise bei Störungen schnell festgestellt werden kann, wo die Ursache der Störung liegt. Das Labor Photonik, Zeit und Frequenz entwickelt eine ganze Reihe von Referenzen und stellt diese zur Verfügung, damit die in diesem Bereich wesentlichen physikalischen Grössen so genau wie möglich weitergegeben werden können. Zu diesen Grössen gehören unter anderem Dispersion, Längen, Dämpfungen und Reflexionscharakteristiken von Glasfasern wie auch die hochgenaue Bestimmung der übertragenen optischen Frequenzen. Mit Hilfe seiner Referenzen kann das Labor umfassende Kalibrierdienstleistungen für Messmittel zur Bestimmung dieser und weiterer Messgrössen in Glasfasern anbieten.



## **Quantenbasierte Verschlüsselung**

Neue Kommunikationstechniken, welche die über Glasfasern übermittelten Daten quantenphysikalisch verschlüsseln, sind im Kommen. Das ist eines der neuen zukunftsträchtigen Felder, für die das Labor in jüngster Zeit innovative Messmethoden entwickelt hat.

Mit Hilfe quantenphysikalischer Eigenschaften lassen sich vertrauliche Daten grundsätzlich sicher verschlüsseln. Systeme, die mit Quantenschlüsseln arbeiten, sind sicher, wenn sie unter optimalen Bedingungen betrieben werden. Das lässt sich nur dann erreichen, wenn alle Komponenten, aus



denen sie sich zusammensetzen, höchste Anforderungen an kontrollierte Spezifikationen erfüllen. Die vom Labor entwickelten neuen Messmethoden machen es nun möglich, alle verwendeten Komponenten optimal zu charakterisieren und dadurch eine korrekte Inbetriebnahme und den sicheren Betrieb solcher Systeme zu gewährleisten.



Messplatz zur Charakterisierung von faseroptischen Komponenten.

# Messen regeln: Gesetzgebung im Bereich der Metrologie

*Neben den Aufgaben, die das Bundesgesetz über das Eidgenössische Institut für Metrologie dem METAS zuweist, erfüllt das Institut weitere Aufgaben, die ihm der Bundesrat überträgt. Im Jahr 2020 wurde diese Kategorie um zwei Aufgaben erweitert.*

Die Mitwirkung bei der Vorbereitung von Erlassen im Bereich der Metrologie gehört zu den gesetzlichen Aufgaben des METAS. Im Jahr 2020 wurden zwei Änderungen von messmittelspezifischen Verordnungen und eine Änderung der Verordnung über das Eidgenössische Institut für Metrologie beschlossen.

## **Füllstandsmessmittel und Treibstoffzapfanlagen**

Zu den messmittelspezifischen Verordnungen, die im Berichtsjahr geändert worden sind, gehört die Verordnung des EJPD über Längenmessmittel. Mit der Änderung werden Füllstandsmessmittel für Tanklastwagen geregelt und einige Eichfristen verlängert. Geändert wurde auch die Verordnung des EJPD über Messanlagen und Messmittel für Flüssigkeiten ausser Wasser. Neu werden die Eichfristen für sämtliche Treibstoffzapfanlagen vereinheitlicht. Es wird ein abgestuftes Verfahren zur Eichung eingeführt: Die erste Eichung erfolgt nach einem Jahr, anschliessend alle zwei Jahre.

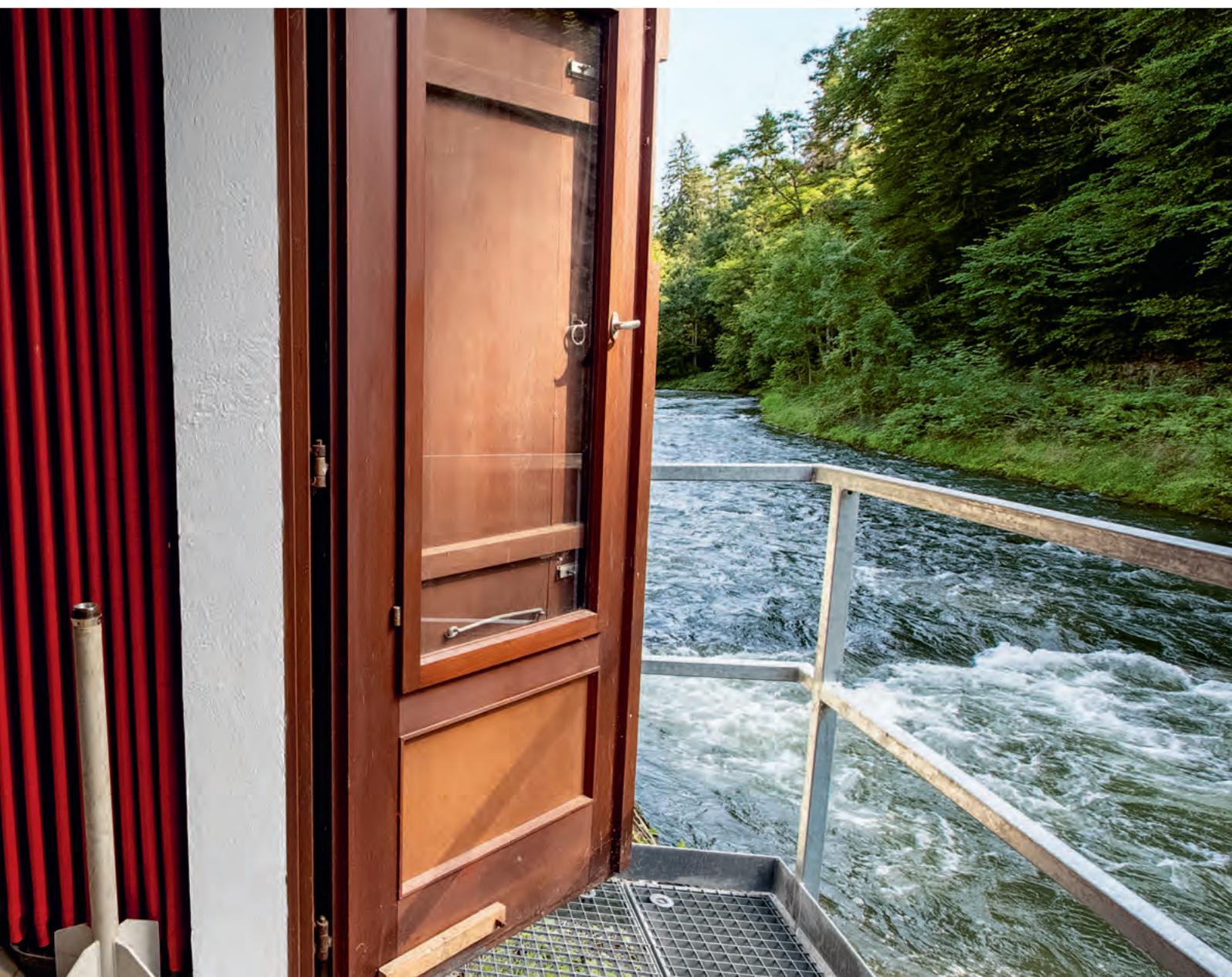
Die Neuregelung der Eichfristen erfolgt in Übereinstimmung mit einer Motion des Parlaments (Motion 16.3670).

## **Gegen Abgeltung übertragene Aufgaben**

Der Bundesrat kann dem METAS gegen Abgeltung Aufgaben übertragen, die ihm nicht bereits das Gesetz zuweist, die sich aber im Rahmen der Ziele des Instituts bewegen. Bisher hatte der Bundesrat dem METAS in der Verordnung über das Eidgenössische Institut für Metrologie gegen Abgeltung vier Aufgaben übertragen. Das METAS unterhält demnach für das Bundesamt für Umwelt das hydrologische Messnetz der Schweiz und es erbringt wissenschaftlich-technische Dienstleistungen für die

Eidgenössische Zollverwaltung, für das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen und für das Bundesamt für Gesundheit. Auf den 1. Januar 2021 ergänzte der Bundesrat die Verordnung über das Eidgenössische Institut für Metrologie mit zwei weiteren Aufgaben. Einerseits stellt das METAS in diesem Rahmen der Schweizerischen Akkreditierungsstelle (SAS) des Staatssekretariats für Wirtschaft Fachexpertinnen und Fachexperten zur Verfügung. Andererseits erbringt es für das Bundesamt für Strassen (ASTRA) wissenschaftlich-technische Dienstleistungen. Mit beiden Stellen hat





das METAS schon bisher zusammengearbeitet. Die neue Regelung ermöglicht es nun, die Zusammenarbeit in öffentlich-rechtlichen Verträgen festzulegen und damit Rechtssicherheit mit Flexibilität zu verbinden. Sie erleichtert es den beteiligten Bundesstellen, die wissenschaftlich-technischen Kompetenzen des METAS in Anspruch zu nehmen, und verbessert für das METAS die Planbarkeit seiner Ressourcen in den betreffenden Tätigkeitsgebieten.



Der Unterhalt der hydrologischen Messnetze gehört zu den gegen Abgeltung an des METAS übertragenen Aufgaben.

# 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 erleichtern den Handel von Messmitteln und deren Einsatz.

## 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 Forschungsprogramm EMPIR entwickelt (siehe Seite 12). In EURAMET nimmt das METAS eine aktive und gestaltende Rolle ein. Zurzeit stellt das METAS den Vorsitzenden des Technischen Komitees *Electricity and Magnetism*.

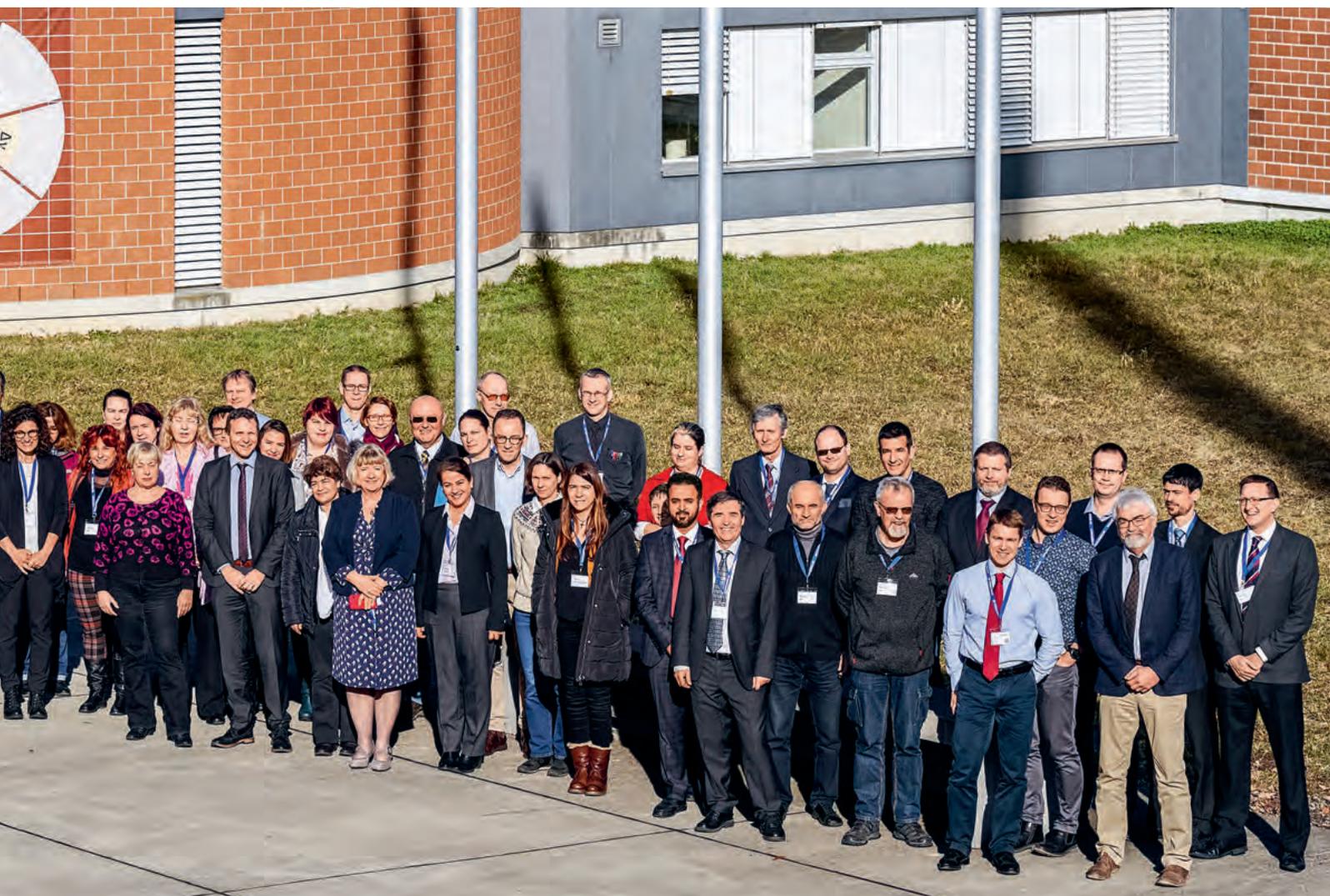
Daneben gibt es noch eine europäische Vereinigung für gesetzliche Metrologie, die WELMEC. Bis im Oktober 2020 hatte der stellvertretende Direktor des METAS den Vorsitz der WELMEC inne. Einen Schwerpunkt seiner Tätigkeit bildete die Reorganisation der Strukturen dieser Vereinigung. Es gelang ihm, die WELMEC mit einer klaren rechtlichen Struktur und einem permanenten Sekretariat neu aufzustellen.

## ... und weltweit

Auch in weltweiten Vereinigungen ist das METAS prominent vertreten. Der Vizedirektor 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.





Ein Treffen eines Technischen Komitees konnte noch vor Ausbruch der Pandemie am METAS durchgeführt werden. Sonst fanden Treffen oder Sitzungen als Videokonferenzen statt.

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.

# Vielfalt rund ums Messen: Das METAS – ein Ausbildungsort

*Am METAS können sechs verschiedene Berufe erlernt werden. In Praktika erhalten Hochschulabsolventinnen und -absolventen Einblick in die metrologische Forschung und Entwicklung. Zudem investiert das METAS in die Weiterbildung seines Personals.*

Mit seinen vielfältigen wissenschaftlich-technischen Fachbereichen und seinen hochkomplexen und hochpräzisen Tätigkeiten ist das METAS auch ein gefragter Ausbildungsort, sei es für Berufsausbildungen, für Hochschulpraktika oder auch für Austauschaufenthalte von Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern.

## **Berufsbildung für Jugendliche**

Das METAS engagiert sich stark für die Berufsbildung, was sich am vergleichsweise hohen Anteil der Lernenden in Bezug auf den gesamten Personalbestand zeigt (7,5 %). Sechs verschiedene Berufsausbildungen vorwiegend technischer Richtung werden am METAS angeboten. Ausgebildet werden künftige Chemie- und Physikkolaboranten/-laborantinnen, Informatiker/innen, Elektroniker/innen, Mediamatiker/innen sowie kaufmännische Berufsmittelschul-Praktikant/innen für das Erreichen des Berufs als Kaufmann/Kauffrau EFZ.

## **Praktika und Austauschaufenthalte**

Das METAS bietet zudem, insbesondere im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, eine Reihe von mehrmonatigen Praktika für Absolventinnen und Absolventen von Hochschulen oder Universitäten an. Die Praktikantinnen und Praktikanten erhalten einerseits einen Einblick in metrologische Forschung und Entwicklung in bestimmten Fachbereichen. Andererseits kann das METAS von ihrem Wissen und ihren Kenntnissen profitieren: Eine Situation, aus der beide Seiten Nutzen ziehen können.

Ein spezielles Angebot steht Physikerinnen, Chemikerinnen oder Ingenieurinnen mit Interesse an der Metrologie zur Verfügung: Ein einjähriges Praktikum ermöglicht es ihnen, näheren Einblick in die Metrologie zu erhalten. Zudem können sie an ein oder zwei längeren Projekten mitarbeiten, deren Themen sie besonders interessieren.



Seit mehreren Jahren unterstützt und fördert das METAS die Zusammenarbeit und den Wissensaustausch von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus anderen Ländern mit Fachleuten aus dem METAS. So war beispielsweise im Berichtsjahr eine junge slowenische Biochemikerin während mehrerer Monate als Gastwissenschaftlerin am METAS tätig in einem Gebiet, welches sich im Aufbau befindet. Durch den gegenseitigen Wissensaustausch und die Zusammenarbeit konnten beide Parteien nützliche Erfahrungen und Erkenntnisse gewinnen.



### Weiterbildung

Erwähnenswert ist auch, dass das METAS viel in die Weiterbildung seiner Belegschaft investiert. Weiterbildung kann dazu beitragen, die Arbeit zu unterstützen, zu erleichtern oder auch die Arbeitstätigkeit zu erweitern. So wurde 2020 ein Schwerpunkt auf Weiterbildungen im Projektmanagement gelegt. Etliche Mitarbeitende starteten in diesem Jahr eine entsprechende Weiterbildung. Seien es Führungsverweiterungen, Fachkurse oder Fachtagungen: das METAS engagiert sich sehr als Ausbildungsort auch für Weiterbildung und als Arbeitgeber, der seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter marktfähig halten will.



Genauigkeit und Zuverlässigkeit: Lehre am METAS.

# Finanzen

Das Rechnungsjahr 2020 schloss das METAS mit einem Gewinn von 2,5 Millionen Franken ab. Der Aufwand belief sich auf 50,2 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)	31.12.2020	31.12.2019
<b>Aktiven</b>		
Flüssige Mittel	26 941	22 373
Forderungen aus Leistungen	2 466	4 196
Forderungen Forschungsprojekte	2 889	2 702
Übrige Forderungen	172	268
Aktive Rechnungsabgrenzungen	1 056	1 115
<b>Umlaufvermögen</b>	<b>33 524</b>	<b>30 654</b>
Sachanlagen	19 778	19 964
Immaterielle Anlagen	2 131	2 002
<b>Anlagevermögen</b>	<b>21 909</b>	<b>21 966</b>
<b>Total Aktiven</b>	<b>55 433</b>	<b>52 620</b>
<b>Passiven</b>		
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	524	911
Verbindlichkeiten Forschungsprojekte	3 825	4 009
Übrige Verbindlichkeiten	1 123	1 381
Passive Rechnungsabgrenzungen	296	304
Kurzfristige Rückstellungen	1 227	1 230
<b>Kurzfristiges Fremdkapital</b>	<b>6 995</b>	<b>7 835</b>
Rückstellung für Pensionskassenverbindlichkeiten	42 839	57 002
Rückstellungen für Treueprämien	1 603	1 637
<b>Langfristiges Fremdkapital</b>	<b>44 442</b>	<b>58 659</b>
Bilanzverlust	-11 313	-12 934
Kumulierte versicherungsmathematische Verluste/Gewinne	9 408	-5 974
Reserven für Anlagevermögen	3 413	3 413
Gewinn	2 488	1 621
<b>Eigenkapital</b>	<b>3 996</b>	<b>-13 874</b>
<b>Total Passiven</b>	<b>55 433</b>	<b>52 620</b>

**Erfolgsrechnung**

(in Tausend CHF)	2020 1.1.2020–31.12.2020	2019 1.1.2019–31.12.2019
<b>Nettoerlös</b>	<b>52 608</b>	<b>52 722</b>
<b>Gewinn aus Verkauf von Anlagevermögen</b>	<b>0</b>	<b>14</b>
<b>Aufwand für Material und Dritteleistungen</b>	<b>–331</b>	<b>–587</b>
Personalaufwand	–34 853	–34 694
Sonstiger Betriebsaufwand	–11 194	–11 632
Abschreibungen	–3 641	–3 958
<b>Betriebsaufwand</b>	<b>–49 688</b>	<b>–50 284</b>
Finanzertrag	57	6
Finanzaufwand	–12	–76
<b>Finanzergebnis</b>	<b>–45</b>	<b>–70</b>
Steueraufwand	–146	–174
<b>Gewinn</b>	<b>2 488</b>	<b>1 621</b>

Das METAS konnte im Berichtsjahr seine Tätigkeiten zu 56,7 % (Vorjahr 55,7 %) 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.

## Auszeichnungen

Die wissenschaftliche Zeitschrift «IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement» hat ihr 70-jähriges Bestehen zum Anlass genommen, um erwähnenswerte Autoren auszuzeichnen. Zwei Wissenschaftler des METAS, die sich mit Metrologie im Bereich der Elektrizität befassen, erhielten Auszeichnungen, der eine als besonders verdienter, langjähriger Autor, der andere als vielversprechender, jüngerer Autor auf diesem Gebiet.

## Fachzeitschrift «METInfo»

2020 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

Anders als in den letzten Jahren war die vorgesehene Beteiligung des METAS am Programm «Mädchen – Technik – Los!» des nationalen Zukunftstags, der Anfang November 2020 hätte stattfinden sollen, nicht möglich, weil dieser Zukunftstag pandemiebedingt abgesagt werden musste. Im Rahmen dieses Programms wird jeweils einer Gruppe von Mädchen ein Einblick in die Aufgaben und Tätigkeiten einiger Labore des METAS geboten.

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 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

- Brown, R. J.C., **Andres, H.**: *How should metrology bodies treat method-defined measurands?* Accreditation and Quality Assurance 25 (2020), 161-166.
- Sauvageat, E. (...), **Auderset, K.** (...), **Vasilatou, K.**: *Real-time pollen monitoring using digital holography.* Atmospheric Measurement Techniques 13 (2020), 1539-1550.
- Ferrero, A., **Basic, N.** et al.: *An insight into the present capabilities of national metrology institutes for measuring sparkle.* Metrologia 57 (2020), 065029 18pp.
- Muzeta, V., **Bernasconi, J.** (...), **Blattner, P., Reber, J.** et al.: *Review of road surface photometry methods and devices – Proposal for new measurement geometries.* Lighting Research and Technology (2020), 0: 1-17.
- Bircher, B., Meli, F., Küng, A., Thalmann, R.**: *X-ray source tracking to compensate focal spot drifts for dimensional CT measurements.* Proceedings. 10th Conference on Industrial Computed Tomography (iCT 2020) Wels, Austria, 6pp.
- Bissig, H., Tschannen, M., de Huu, M.**: *Traceability of pulsed flow rates consisting of constant delivered volumes at given time interval.* Flow Measurement and Instrumentation 73 (2020), 101729.
- Bissig, H., Tschannen, M., de Huu, M.**: *Water collection techniques at very low flow rates including strong capillary effects.* Flow Measurement and Instrumentation 73 (2020), 101744.
- Reyes, D. R. (...), **Bissig, H., Becker, H.**: *Accelerating innovation and commercialization through standardization of microfluidic-based medical devices.* Royal Society of Chemistry (2020), 13pp.
- de Huu, M., Tschannen, M., Bissig, H.** et al.: *Design of gravimetric standards for field-testing of hydrogen refuelling stations.* Flow Measurement and Instrumentation 73 (2020), 101747.
- Maury, R. (...), **de Huu, M.** et al.: *Hydrogen refuelling station calibration with a traceable gravimetric standard.* Flow Measurement and Instrumentation 74 (2020), 101743.
- Büker, O. Stolt, K., **de Huu, M.** et al.: *Investigations on pressure dependence of Coriolis Mass Flow Meters used at Hydrogen Refueling Stations.* Flow Measurement and Instrumentation 76 (2020), 101815.
- Kottler, Ch.** et al.: *Comparisons of air kerma and absorbed dose to water standards in Co-60 radiation beams for radiotherapy.* Metrologia 57 (2020), 06013.
- Küng, A., Bircher, B., Meli, F.**: *Low-Cost 2D Index and Straightness Measurement System Based on a CMOS Image Sensor.* Sensors 19 (2020), 5461.
- Lüthi, M., Bircher, B., Meli, F., Küng, A., Thalmann, R.**: *X-ray flat-panel detector geometry correction to improve dimensional computed tomography measurements.* Measurement Science and Technology 31 (2020), 8 pp.
- Fernández-Martínez, M. (...), **Iturrate-García, M.** et al.: *The role of climate, foliar stoichiometry and plant diversity on ecosystem carbon balance.* Global Change Biology 26 (2020), 7067-7078.

Marti, K., Wuethrich, Ch., Aeschbacher, M., Russi, S., Brand, U., Li, Z.: *Micro-Force Measurements: A New Instrument at METAS*. Measurement Science and Technology 31, No. 7 (April 2020), 075007.

Seferi, Y., Blair, S.M., Mester, Ch., Stewart, B.G.: *Power Quality Measurement and Active Harmonic Power in 25 kV 50 Hz AC Railway Systems*. Energies 13 (2020), 5698.

Cötz, M (...) **Mortara, A**: *Calibration of ultrastable low-noise current amplifiers without direct use of a cryogenic current comparator*. Metrologia 57 (2020), 055008 9pp.

Heinrich, M., **Overney, F.** et al.: *Application of electrochemical impedance spectroscopy to commercial Li-ion cells*. Journal of Power Sources 480 (2020), 228742.

**Overney, F.**, (...) **Jeanneret, B.**: *Load compensation bridge for Josephson arbitrary waveform synthesizers*. Measurement Science and Technology 31 (2020), 055004.

**Overney, F.**, Flowers-Jacobs, N.E., **Jeanneret, B.** et al.: *Dual Josephson impedance bridge: towards a universal bridge for impedance metrology*. Metrologia 57 (2020), 065014.

Satar, E., Nyfeler, P., **Pascale, C.**, **Niederhauser, B.**, Leuenberger, M.: *Towards an understanding of surface effects: Testing of various materials in a small volume measurement chamber and its relevance for atmospheric trace gas analysis*. Atmospheric Measurement Techniques 13 (2020), 16 pp.

Satar, E. (...), **Pascale, C.**, **Niederhauser, B.**, Leuenberger, M.: *Investigation of adsorption and desorption behavior of small-volume cylinders and its relevance for atmospheric trace gas analysis*. Atmospheric Measurement Techniques 13 (2020), 101-117.

Högström, R. (...), **Niederhauser, B.** et al.: *Comparison for gas flow range 5 ml/min to 30 l/min*. Metrologia 57 (2020), 07029.

**Peier, P.**, **Trachsel, M.**, **Kottler, Ch.** et al.: *The European Joint Research Project UHDPulse -Metrology for advanced radiotherapy using particle beams with ultra-high pulse dose rates*. Physica Medica 80, (2020), 134-150.

Loch, C. (...), **Peier, P.** et al.: *Characterization of a Low-cost Plastic Fiber Array Detector for Proton Beam Dosimetry*. Sensors 20, (2020), 5727 13pp.

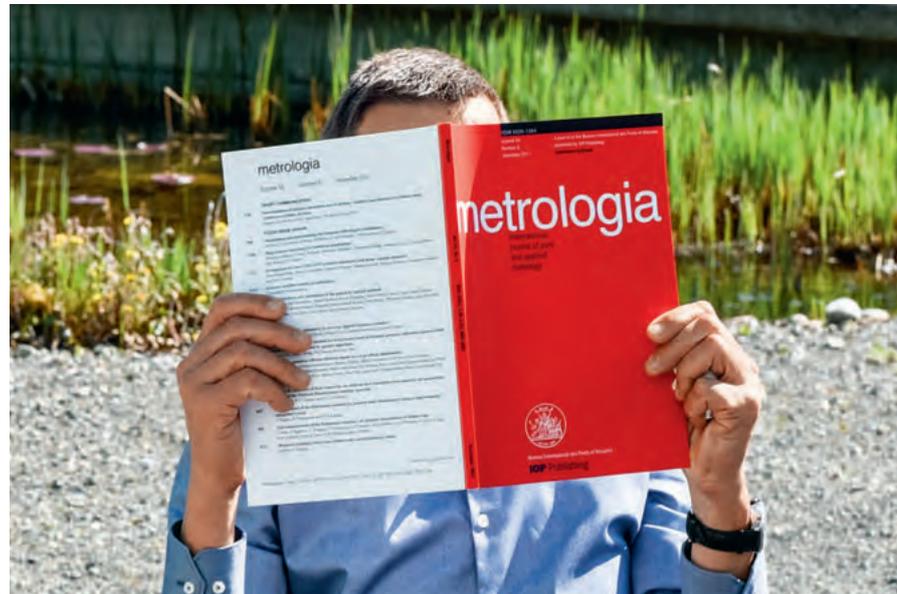
**Pythoud, F.**: *Technical Report: Measurement Method for 5G NR Base Stations up to 6 GHz*. METAS-report 154.1-2020-5218-1016 (2020), 25pp.

Dedyulin, S. (...), **Senn, R.**, de Groot, M.: *On the long-term stability of the triple-point-of-water cells*. Metrologia 57 (2020), 065032 11pp.

**Stölting, K.**, **Stettler, K.**: *Die Naturwissenschaften machen es vor – Rückführbar messen – auch in der Medizin*. Chemieextra (2020), 11: 14-16.

**Tancev, G.**, **Pascale, C.**: *The Relocation Problem of Field Calibrated Low-Cost Sensor Systems in Air Quality Monitoring: A Sampling Bias*. Sensors 20 (2020), 6198.

**Tas, E.**, **Pythoud, F.**: *Design, Implementation, and Evaluation of Proficiency Testing in EMC Surge Immunity*. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility 62, (2020), 2368-2375.



**Trachsel, M.**, **Kottler, Ch.** et al.: *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*. Physics in Medicine and Biology 65 (2020), 10pp.

**Vasilatou, K.**, (...), **Horender, S.**, **Auderset, K.**: *Calibration of optical particle counters: first comprehensive inter-comparison for particle sizes up to 5 µm and number concentrations up to 2 cm<sup>-3</sup>*. Metrologia 57 (2020), 2, 025005.

**Wuethrich, Ch.**, **Marti, K.**: *Simultaneous Determination of Mass and Volume of a Set of Weights in Group Weighing*. ACTA IMEKO 9, No. 5 (2020), 17–22.

#### Beiträge an Konferenzen und Vorträge

**Agustoni, M.**: *Impedance Metrology: Bridging the LF-RF Gap*. CPEM 2020 (online), 24.8.2020.

**Andres, H.**: *Metrology for Atmospheric Observations from in situ and on site sensors and networks (non-satellite)*. Stakeholder webinar for EMN ClimOcNet, 12.2.2020.

**Basic, N.**: *Brief Description of the Physics of Graininess Sparkle and Graininess*. CIE Tutorial: Measurements of sparkle and graininess, 29.7.2020.

**Bernasconi, J.**: *Overview on quantities, geometries, instruments and measurement methods*. SURFACE stakeholder webinar, 19.6.2020.

**Bircher, B.**: *X-ray source tracking to compensate focal spot drifts for dimensional CT measurements*. 10th Conference on Industrial Computed Tomography 2020, Wels, 5.2.2020.

**Bircher, B.**: *METAS-CT: Metrological X-ray computed tomography at sub-micrometre precision*. euspen's international conference 2020 (online), 10.6.2020.

**Bircher, B.**: *Dimensional X-ray computed tomography at METAS*. Seminar Series in XCT, University Manchester, (online), 21.7.2020.

**Bircher, B.**: *State-of-the-art X-ray computed tomography for dimensional metrology*. NPL DXCT Workshop: Advanced X-ray computed tomography for dimensional metrology, (online), 2.12.2020.

- Blattner, P.:** *Blaulichtgefährdung – Positionspapier der CIE*. SLG Vorabendseminar, Murten, 21.1.2020.
- Blattner, P.:** METROLOGY - Fundamentals of measurement, terms, units and traceability. CIE/ICNIRP Tutorial on the Measurement of Optical Radiation and its Effects on Photobiological Systems (Online), 14.8.2020.
- Blattner, P.:** *Physique des rayonnements UV et leurs effets biologiques*. Tagung ARRAD, rayonnement non ionisant, 27.11.2020.
- Blattner, P./Stuker, F.:** *sensLAB – Bewegungs- und Präsenzsensoren auf dem Prüfstand*. SLG Vorabendseminar, Olten, 24.11.2020.
- de Huu, M.:** *New measurement capabilities of the METAS piston provers*. Euramet TC Flow, Teams meeting, 4.11.2020
- Hof, C.:** *Reziprozitätsmethode*. Kalibrier-Seminar SPEKTRA, Dresden, 29.9.2020.
- Hof, C.:** *Metrologie im Bereich der Vibration am METAS*. Kalibrier-Seminar SPEKTRA, Dresden, 30.9.2020.
- Hoffmann, J.:** *Calculable RF Standard for Frequencies Between 5 Hz and Several GHz*. CPEM 2020 (online), 30.8.2020.
- Esche, M., **Grasso Toro, F.:** *Developing Defense Strategies from Attack Probability Trees in Software Risk Assessment*. FedCSIS (2020), 527.
- Iturrate-Garcia, M.:** *Metrology for climate relevant volatile organic compounds – MetClimVOC*. 18th Swiss Geoscience Meeting (online), 7.11.2020.
- Jeanneret, B.:** *The Load Compensation Bridge: Preliminary Results*. CPEM 2020 (online), 24.8.2020.
- Kazemipour, A.:** *Material Measurements and Parameter Extraction, Error Analysis and Uncertainties*. UMEMA 2020, Workshop on Uncertainty Modelling for Electromagnetic Applications, Paris, 30.1.2020.
- Kazemipour, A.:** *Material Measurements and THz Metrology*. Seminar Universität Bern, 13.3.2020.
- Kazemipour, A.:** *THz Corrugated Horn Antennas as TEM Mode-Converter for Power Measurements and Material Characterization in Free-Space*. AES 2020, International Conference on Antennas and Electromagnetic Systems, Marrakesch, 1.6.2020.
- Kazemipour, A.:** *VNA-Based Material Characterization in THz Domain without Classic Calibration and Time-Gating*. CPEM 2020 (online), 30.8.2020.
- Lüthi, M.:** *Current Status*. PHOR Physics Meeting (online), 31.3.2020.
- Lüthi, M.:** *Cross-Section Measurements & Beamline Upgrade*. PHOR Physics Meeting (online), 6.11.2020.
- Mallia, S.:** *Präsentationen über «Metas-Aktivitäten» und über das «Lebensmittelsicherheitsprojekt»*. PTB, Braunschweig, 1.10.2020.
- Mallia, S.:** *Metas: PAHs CRM Project*. Workshop "NRL-PAK", BVL, Berlin (online), 14.12.2020.
- Meli, F.:** *Towards primary dimensional X-ray computed tomography*. euspen's international conference 2020 (online), 8.6.2020.
- Mester, Ch.:** *Sampling primary power standard from DC up to 9 kHz using COTS components*. 3rd International Colloquium on Intelligent Grid Metrology (online). 20.10.2020.
- Morel, J.:** *Precise time and frequency transfer using the SWITCH network*. ICT-Focus Meeting 2020 (online), 10.11.2020
- Niederhauser, B.:** *Calibration services for ozone standards and instruments in Switzerland*. Ozone Workshop, 6.10.2020.
- Niederhauser, B.:** *Metrologie, METAS, Terminologie, Messunsicherheit, Konformität und Atemalkoholmessung*. ZHAW Kurs, 7.12.2020.
- Overney, F.:** *Characterization of a Dual Josephson Impedance Bridge*. CPEM 2020 (online), 24.8.2020.
- Pascale, C.:** *EMN for climate and ocean Observation: Atmospheric Section*. TC-MC Workshop PRT Brainstorming, 9.12.2020.
- Peier, P.:** *Radonmessplatz am METAS*. Mai-Sitzung der Subkommission für Umweltüberwachung der KSR (online), 7.5.2020.
- Peier, P.:** *Radonvergleichsmessung 2020 und Revision der Strahlenmessmittelverordnung*. Radoninformationstag, BAG (online), 13.10.2020.
- Stöltzing, K.:** *Scientific study of measurements, SI units, and the tasks of a National Metrology Institute*. Topical Day – Measurement Uncertainty. EMPA, St. Gallen, 18.8.2020.
- Stuker, F.:** *Messen und Beurteilen der Blaulichtgefährdung*. SLG Vorabendseminar, Murten, 21.1.2020.
- Tas, E.:** *An Improved Reference Device for Radiated Immunity Interlaboratory Comparison*. EMC Europe 2020, Rom (online), 24.9.2020.
- Vasilatou, K.:** *Generation and physicochemical characterisation of ambient-like model aerosols in the laboratory: application in the intercomparison of automated PM monitors with the reference gravimetric method*. SCS Fall meeting (online), 28.8.2020.
- Vasilatou, K.:** *Calibration of optical and aerodynamic particle size spectrometers*. European Aerosol Conference 2020 (online), 3.9.2020.
- Vasilatou, K.:** *New calibration procedures for bioaerosol monitors*. AutoPollen meeting (online), 3.9.2020.



