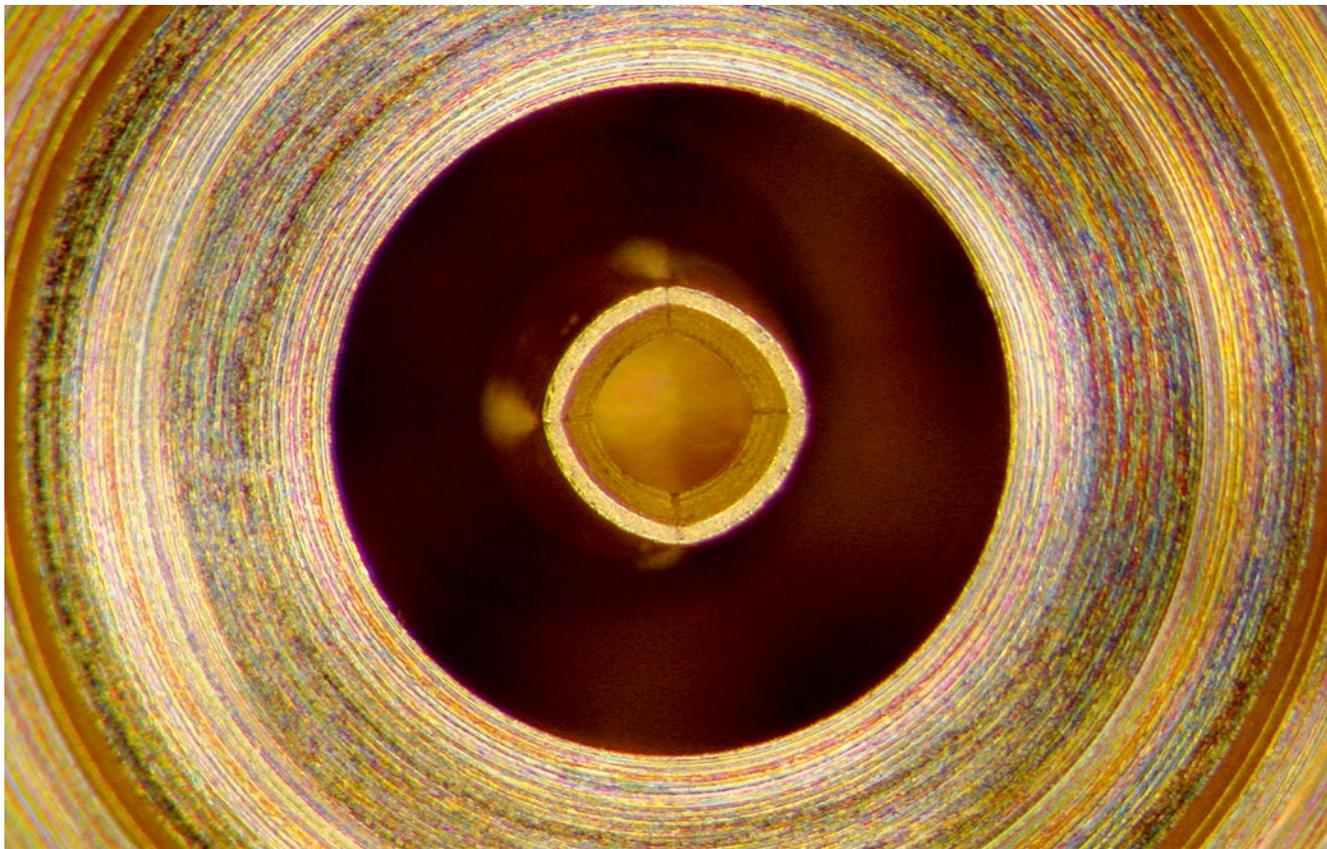




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Istituto federale di metrologia METAS



Il METAS nel 2018

Colophon

Il presente rapporto si propone di fornire in forma intelligibile una panoramica delle attività del METAS nell'anno in rassegna 2018. Ulteriori informazioni possono essere desunte dal rapporto di gestione del METAS, dal rapporto annuale sull'esecuzione della legge sulla metrologia (entrambi pubblicati sul sito www.metas.ch), dal rendiconto sul salario dei quadri (pubblicato sul sito www.epa.admin.ch) e dalla breve relazione del Consiglio federale sul conseguimento degli obiettivi strategici delle unità della Confederazione diventate indipendenti (pubblicata sul sito www.efv.admin.ch).

Editore

Istituto federale di metrologia METAS
Lindenweg 50
3003 Bern-Wabern, Svizzera
Telefono +41 58 387 01 11, www.metas.ch

Copyright

Riproduzione consentita con indicazione della fonte, inviare per cortesia un esemplare della riproduzione

Finanze

In applicazione dello Standard svizzero di revisione (SSR) 720 "Altre informazioni in documenti contenenti bilanci sottoposti a revisione" le pagine 26 e 27 del presente rapporto sono state portate a conoscenza dell'ufficio di revisione che le ha esaminate.

Lingue

Il presente rapporto viene pubblicato in lingua tedesca, francese, italiana ed inglese.

Edizione:

maggio 2019

Crediti fotografici

METAS
Stéphane Schmutz STEMUTZ (pag. 16, 17)
BIPM, Paris (pag. 20)

Layout

Casalini Werbeagentur AG, 3000 Berna 13
www.casalini.ch

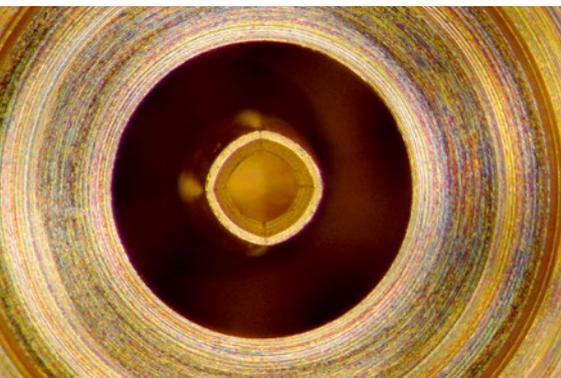


Immagine di frontespizio: Un connettore di massima precisione, come è utilizzato nella metrologia delle alte frequenze (cfr. pag. 14).



Indice

- 4 Prefazioni
- 6 Dirigono il METAS:
il Consiglio d'Istituto e la Direzione
- 8 Effettuare misurazioni per l'economia e la società:
i compiti del METAS
- 10 Progetti per la misurazione:
ricerca e sviluppo
- 12 La misurazione al servizio dello sviluppo di prodotti:
progetti di collaborazione con l'industria
- 14 Metrologia per l'economia:
l'incertezza di misura a portata di mano
- 16 Costanti naturali invece del chilogrammo prototipo:
nuove definizioni per le nostre unità di misura
- 20 Misurare oltre i confini:
organizzazioni internazionali della metrologia
- 21 Regolamentare la misurazione:
legislazione nel campo della metrologia
- 22 Immissione sul mercato di strumenti di misurazione
in conformità alle normative vigenti: METAS-Cert
- 24 Misurare come professione:
il METAS come luogo di lavoro
- 26 Finanze
- 28 Informare sulla misurazione:
pubblicazioni e conferenze del METAS

Cambiamento e costanza



L'anno scorso ci sono stati dei cambiamenti al Consiglio d'Istituto. Con la nomina della Dr. Ursula Widmer nel mese di febbraio il Consiglio d'Istituto ha ricevuto un rinforzo benvenuto da parte di una esperta riconosciuta negli ambiti tematici dell'informatica, del diritto e della sicurezza dell'informazione. L'ex presidentessa, Prof. Dr. Martina

Hirayama, ha rassegnato le dimissioni dal Consiglio d'Istituto alla fine dell'anno, perché era stata nominata dal Consiglio federale nuova direttrice della Segreteria di Stato per la formazione, la ricerca e l'innovazione.

Il 6 novembre 2018 il Consiglio federale mi ha nominato presidente del Consiglio d'Istituto per la restante durata del mandato in corso. Sono stato membro del Consiglio d'Istituto fin dall'inizio e insieme con i miei colleghi del Consiglio d'Istituto e la Direzione non vedo l'ora di poter continuare a sostenere nel mio nuovo ruolo l'orientamento strategico e la gestione aziendale del METAS.

In qualità di prima presidentessa del Consiglio d'istituto del METAS la signora Hirayama ha partecipato attivamente ai preparativi per la fondazione dell'Istituto e all'avvio delle attività, contribuendo in modo sostenibile all'orientamento strategico e al programma di ricerca e sviluppo. Per il suo impegno a favore del METAS la ringrazio di tutto cuore. I compiti del Consiglio d'Istituto non sono cambiati e sono principalmente a livello strategico. Per un istituto nazionale di metrologia la ricerca e lo sviluppo sono d'importanza strategica centrale. Di conseguenza, il Consiglio d'Istituto si è occupato dell'orientamento della ricerca e dello sviluppo presso il METAS. Abbiamo potuto prendere atto dei risultati positivi conseguiti nello sviluppo approvato nel 2014 di attività in tre nuove aree nei settori delle miscele di gas di riferimento, delle misurazioni dimensionali e dell'ottica. Inoltre, abbiamo potuto approvare un nuovo progetto di sviluppo, il progetto Medicina di laboratorio – Metrologia degli acidi nucleici.

Dr. Matthias Kaiserswerth
presidente del Consiglio d'Istituto

« Per un istituto nazionale di metrologia la ricerca e lo sviluppo sono d'importanza strategica centrale. »

Una pietra miliare nello sviluppo del Sistema Internazionale di unità di misura

La metrologia è un'attività a lungo termine. Ciò si riflette non da ultimo anche nella revisione del Sistema Internazionale di unità di misura decisa nel novembre 2018 dalla 26^a *Conférence générale des poids et mesures* a Versailles (cfr. pag. 16).

I primi esperimenti per una ridefinizione del chilogrammo, basata su costanti fisiche naturali e non più sul chilogrammo prototipo, sono stati effettuati nella seconda metà degli anni Settanta presso l'Istituto Nazionale di Metrologia della Gran Bretagna. Già nel 1900, quando formulò la sua legge sulla radiazione, Max Planck aveva suggerito l'idea di utilizzare le costanti come, per così dire, unità di misura naturali. Tuttavia, il passaggio a una nuova definizione del chilogrammo è stato possibile soltanto quando gli esperimenti per determinare la costante di Planck hanno potuto fornire risultati riferibili con una incertezza di misura sufficiente. Il passaggio da un sistema esistente di unità di misura ad un sistema riveduto di tali unità deve essere effettuato con cura. Un sistema di unità di misura deve consentire la comparabilità e la stabilità dei risultati delle misurazioni. Infine, le misurazioni devono essere comparabili su lunghi periodi di tempo.

I principi fondamentali della misurazione sono progettati a lungo termine, tuttavia, la tecnologia continua ad evolversi. Il METAS fornisce servizi all'economia svizzera e mette a disposizione il suo know-how. Di conseguenza, come anche altri istituti nazionali di metrologia, il METAS deve prendersi cura dei principi fondamentali della misurazione oltre ad essere tecnologicamente all'avanguardia.



Dr. Philippe Richard
Direttore

« La metrologia è un'attività a lungo termine. »

Dirigono il METAS: il Consiglio d'Istituto e la Direzione

*Ai vertici del METAS vi è il Consiglio d'Istituto.
Esso è responsabile della gestione aziendale.
La gestione operativa è assicurata dalla Direzione.*

In conformità ai requisiti legali il Consiglio d'istituto è composto da cinque o al massimo sette esperti in materia. Nell'anno in rassegna era composto da sei membri, dopo che il 12 febbraio 2018 il Consiglio federale aveva nominato la dottoressa Ursula Widmer quale ulteriore membro del Consiglio d'Istituto per il mandato in corso fino alla fine del 2019. I membri del Consiglio d'Istituto hanno una vasta esperienza di gestione, sia accademica che imprenditoriale, e molti anni di esperienza diversificata nella ricerca e sviluppo nel campo delle scienze naturali e della tecnologia. L'ex presidente del Consiglio d'Istituto, la professoressa Dr. Martina Hirayama, ha rassegnato le dimissioni alla fine del 2018, perché è stata nominata dal Consiglio federale nuova direttrice della Segreteria di Stato per la formazione, la ricerca e l'innovazione (SEFRI). Il 6 novembre 2018 il Consiglio federale ha nominato il Dr. Matthias Kaiserswerth presidente del Consiglio d'Istituto del METAS per la restante durata del mandato in corso.

Definire l'orientamento strategico

I compiti del Consiglio d'Istituto sono definiti nella legge sull'Istituto. Il Consiglio d'Istituto chiede al Consiglio federale le indennità per le prestazioni che la Confederazione deve fornire ed approva il programma di ricerca e sviluppo. La sorveglianza della Direzione incombe al Consiglio d'Istituto, che emana pure il regolamento del personale.

Definire insieme alla Direzione l'orientamento strategico del METAS fa parte dei compiti principali del Consiglio d'Istituto, che a tal fine si basa sulle direttive del Consiglio federale indicate negli obiettivi strategici per il METAS. Il Consiglio federale attende dal METAS che metta a disposizione dell'economia, della scienza e dell'amministrazione un'efficiente infrastruttura metrologica nonché le necessarie basi e prestazioni metrologiche.



Direzione

La Direzione del METAS è responsabile della gestione operativa del METAS. Rappresenta il METAS all'esterno e nell'anno in rassegna era composta dal direttore, Dr. Philippe Richard, dal direttore supplente, Dr. Gregor Dudle, e dal vice direttore, Dr. Bobjoseph Mathew.



I membri del Consiglio d'Istituto da sinistra a destra: Dr. Tony Kaiser, membro; Dr. Matthias Kaiserswerth, presidente; Dr. Ursula Widmer, membro; Prof. Dr. Thierry J.-L. Courvoisier, membro; Prof. Dr. Ulrich W. Suter, vicepresidente.

Il **Dr. Matthias Kaiserswerth** ha conseguito un dottorato in informatica. Dal 2006 al 2015 è stato direttore del laboratorio di ricerca IBM a Zurigo-Rüschlikon e vice presidente del Global Systems Management and Compliance Area Strategy di IBM Research. Dal 2015 è amministratore delegato della Fondazione Hasler. È stato membro del Consiglio d'Istituto del METAS fin dall'inizio (dal 2012). All'inizio del 2019 ha assunto la carica di Presidente del Consiglio d'Istituto.

La **dottorssa Ursula Widmer** è avvocato. È specializzata in diritto delle tecnologie dell'informazione, in diritto di Internet e in diritto delle telecomunicazioni e ha creato un corrispondente studio legale commerciale. È docente di diritto della sicurezza dell'informazione al Politecnico federale di Zurigo. È stata membro di varie commissioni tecniche e di esperti e presidente dell' ISSS e di ITechlaw.

Effettuare misurazioni per l'economia e la società: i compiti del METAS

In Svizzera le misure più precise vengono effettuate a Wabern. Lì è situato l'Istituto federale di metrologia METAS – il centro di riferimento metrologico della Svizzera.

Il METAS è l'istituto nazionale svizzero di metrologia. È il centro di competenza della Confederazione per tutte le questioni inerenti alla metrologia, agli strumenti di misurazione ed ai metodi di misura. Con le sue attività di ricerca e sviluppo ed i suoi servizi il METAS crea le premesse, affinché in Svizzera si possa misurare con la precisione richiesta dagli interessi della ricerca, dell'economia, dell'amministrazione e della società.

Unità di riferimento vincolanti

Il METAS realizza le unità di riferimento della Svizzera, provvede al loro riconoscimento internazionale e le trasmette nell'accuratezza richiesta. Fornisce all'economia ed alla società l'infrastruttura metrologica di base, che è importante ovunque vengano effettuate misurazioni.

Il METAS sorveglia l'immissione sul mercato, l'utilizzazione ed il controllo degli strumenti di misurazione nell'ambito del commercio, del traffico, della pubblica sicurezza, della sanità e della protezione dell'ambiente. Il METAS provvede affinché le misurazioni necessarie alla tutela ed alla sicurezza delle persone e dell'ambiente possano essere eseguite in modo corretto e conforme alle prescrizioni.



Metrologia

La *metrologia* è la scienza e la tecnica della misurazione (dal greco *metron* = misura). La *metrologia* viene spesso confusa con la *meteorologia*. Per quanto riguarda il contenuto i due concetti non hanno tuttavia nulla in comune. Per *meteorologia* s'intende lo studio dei fenomeni atmosferici (dal greco *meteos* = che si libra nell'aria).

Per progredire occorre precisione

Si può fabbricare e controllare in maniera affidabile solo ciò che può essere misurato in modo preciso. La scienza e la tecnica dipendono perciò dal continuo perfezionamento di basi e metodi metrologici. I metodi di misurazione e di regolazione utilizzati da importanti settori dell'economia svizzera, quali ad esempio la microtecnica o la tecnica medica, richiedono metodi di misura, la cui accuratezza si situa per esempio nella gamma dei milionesimi di millimetro.



Per rimanere costantemente aggiornato, il METAS segue gli sviluppi tecnici e scientifici. Svolge attività di ricerca e sviluppo per migliorare le proprie stazioni di misura ed i propri servizi di misurazione. Verifica regolarmente la propria offerta di servizi adeguandola alle esigenze del mercato.



Il luogo in Svizzera dove vengono effettuate le misure più precise: presso il METAS a Wabern.

Progetti per la misurazione: ricerca e sviluppo

Il METAS svolge la propria attività di ricerca e sviluppo prevalentemente nell'ambito del Programma europeo di ricerca e sviluppo in metrologia (EMPIR).

Nell'anno in rassegna il METAS ha partecipato a 24 progetti EMPIR. Contemporaneamente, nel 2018 ha avuto luogo il quinto invito a presentare progetti del programma EMPIR. Il METAS ha partecipato alla gara d'appalto con proposte di progetto sui temi chiave «Health», «SI Broader Scope», «Pre-normative» e «Networks» e ha raggiunto un tasso di successo superiore alla media.

Principi di misurazione per il miglioramento della qualità dell'aria

Dopo l'anidride carbonica, il nerofumo è uno dei fattori più importanti che influenzano il cambiamento climatico. Vengono denominate nerofumo ("black carbon") le particelle di aerosol costituite da carbonio puro, prodotte dalla combustione incompleta di combustibili fossili o biocarburanti e rilasciate sotto forma di fuliggine. Gli aerosol influenzano non solo il clima, ma hanno anche gravi conseguenze per la salute umana. Nel 2011 nell'UE circa 430 000 morti premature sono state attribuite al particolato (polveri sottili).

La misurazione delle particelle di nerofumo nell'aria è importante sia per il suo ruolo nel cambiamento climatico sia come misura degli effetti sulla salute dei prodotti della combustione. Oggigiorno vengono effettuate molte misurazioni e sono disponibili strumenti compatti, precisi e relativamente economici, che misurano in tempo reale. La metodologia di misurazione utilizzata si basa sulle proprietà di assorbimento della luce delle particelle in sospensione. Tale metodo è quindi concettualmente semplice, ma la riferibilità completa al SI non è ancora garantita e ciò ha un impatto negativo sulla comparabilità e sull'interpretazione dei dati. L'obiettivo di un progetto di ricerca europeo, cui partecipa anche il METAS, è trovare una soluzione praticabile a questo problema.

Particelle di riferimento

Il contributo del METAS è di produrre particelle di riferimento, che nella loro forma chimica, distribuzione granulometrica e nelle proprietà ottiche rappresentano nel miglior modo possibile le particelle di nerofumo presenti nell'atmosfera. Questo per-

mette di tarare gli strumenti di misurazione utilizzati sul terreno. In collaborazione con la ditta Jing SA è stato sviluppato e caratterizzato un generatore di nerofumo con le proprietà richieste. Ciò consente di arricchire in precedenza il gas di combustione con aria e di produrre quindi particelle con un tenore più elevato di carbonio elementare. Le proprietà chimiche e ottiche delle particelle possono essere regolate indipendentemente dalla dimensione delle particelle. In collaborazione con la Fachhochschule Nordwestschweiz (Scuola universitaria professionale della Svizzera nordoccidentale) è stato inoltre ulteriormente sviluppato un metodo per miscelare le particelle di fuliggine pro-





dotte con materiale organico e invecchiarle artificialmente con luce ultravioletta (rivestimento, coating). Questo processo d'invecchiamento accelerato permette di riprodurre particelle invecchiate naturalmente nell'atmosfera.

La metodologia di misurazione sviluppata nel progetto contribuisce ad una determinazione uniforme e affidabile degli inquinanti atmosferici. Grazie al miglioramento della situazione dei dati si possono migliorare i modelli climatici e si può supportare la regolazione nel campo del controllo dell'inquinamento atmosferico.



Produzione di particelle di riferimento.

Misurazioni al servizio dello sviluppo di prodotti: progetti di collaborazione con l'industria

Il METAS è sponsorizzato come partner di ricerca da Innosuisse. Le imprese possono quindi utilizzare le competenze del METAS in materia di ricerca e sviluppo per le loro innovazioni ed i loro sviluppi, e realizzare insieme al METAS progetti applicativi di ricerca e sviluppo.

Il know how tecnico-scientifico sviluppato presso il METAS può essere utilizzato non solo sotto forma di servizi di taratura e di misurazione, ma anche direttamente per lo sviluppo di prodotti e del processo di produzione. Il METAS può essere un interessante partner di cooperazione nei settori più svariati. La cooperazione con l'industria sotto forma di progetti a contenuto innovativo verrà ulteriormente sviluppata. Dal 2013 dodici progetti sono stati approvati da Innosuisse (precedentemente CTI).

Nuove aree nella misurazione dell'impedenza

La resistenza AC, detta anche impedenza, è una delle grandezze elettriche più importanti. Se l'impedenza è determinata a diverse frequenze su un intervallo di frequenze definito, si parla anche di spettroscopia dell'impedenza. Ha una vasta gamma di applicazioni, dallo studio di materiali alla caratterizzazione di batterie, celle a combustibile e processi di corrosione, alla caratterizzazione di componenti elettrici ed elettronici e all'esame di tessuti e sospensioni cellulari in applicazioni mediche. I nuovi sviluppi richiedono l'estensione della gamma di frequenze fino alla gamma superiore dei megahertz.

Campioni di riferimento per la resistenza e la capacità elettriche

La ditta svizzera Zurich Instruments AG è uno dei principali produttori di amplificatori lock-in per applicazioni scientifiche e nel settore dell'alta tecnologia. Sulla base di questa competenza chiave la ditta ha sviluppato degli impedenziometri, che operano fino a frequenze di diverse centinaia di megahertz con una precisione senza precedenti. In un progetto di cooperazione sponsorizzato da Innosuisse il METAS ha sviluppato i campioni di riferimento per la resistenza e la capacità elettriche necessari per la taratura dei nuovi strumenti di misurazione.

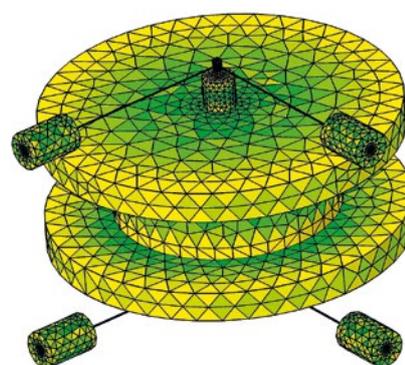
Nella fattispecie la sfida è di coprire la gamma di frequenze da circa 30 kHz fino a diverse centinaia di MHz. In questo intervallo di frequenze le caratteristiche ondulatorie del segnale elettrico non possono più essere trascurate; ma la lunghezza d'onda è ancora grande rispetto alle dimensioni dei componenti elettrici. In questa zona di transizione avviene anche la transizione tra due approcci fondamentalmente diversi in metrologia, che si riflette anche in un peggioramento delle incertezze di misurazione. Il problema, a volte chiamato anche 'frequency gap' (divario di frequenza), è stato affrontato mediante lo sviluppo di campioni di riferimento, che possono essere utilizzati in modo affidabile sull'intera gamma di frequenze, mediante





misurazioni ad alta precisione nell'intervallo inferiore a 30 kHz e in quello sopra i 100 MHz e tramite modellizzazione con moderni strumenti informatici su tutta la gamma di frequenze.

Il progetto aiuta il partner industriale a sviluppare un nuovo prodotto innovativo e a introdurlo in un mercato competitivo. Allo stesso tempo, consente al METAS di ampliare e migliorare significativamente le sue capacità di misurazione in un'area finora solo moderatamente coperta e definire così un nuovo stato della tecnica.



Sviluppo di campioni di riferimento per la resistenza e la capacità elettriche.

Metrologia per l'economia: l'incertezza di misura a portata di mano

Con i suoi servizi il METAS sostiene innumerevoli imprese di vari settori dell'economia, affinché possano misurare correttamente e in modo affidabile. In tal modo le imprese possono soddisfare le esigenze in materia di qualità poste ai loro prodotti.

Il METAS fornisce all'economia numerosi servizi di taratura, di misurazione e di prova. Nel 2018 sono stati redatti quasi 5'000 certificati e rapporti. I principali segmenti di clientela sono l'industria meccanica, elettrica, l'industria dei metalli e l'orologeria nonché la tecnica medica e la tecnica delle comunicazioni.

Tecnologia di misurazione ad alta frequenza

Gli analizzatori vettoriali di rete (VNA) vengono impiegati per misurare il comportamento di riflessione e di trasmissione di componenti elettrici nei confronti dei segnali ad alta frequenza. Sono questi i misurandi fondamentali nella metrologia delle alte frequenze. Nella tecnologia delle comunicazioni la qualità della trasmissione del segnale viene ad esempio determinata mediante misurazioni VNA. Una corretta valutazione dell'incertezza di misura è decisiva per l'affidabilità dei risultati. Tuttavia, in caso di misurazioni VNA ciò è difficile per diversi motivi: il misurando è complesso (ampiezza e fase vengono misurate simultaneamente), il processo di misurazione è a più livelli e vengono generate grandi quantità di dati di misurazione. Questo porta ad uno sforzo computazionale di cui non si può più venire a capo manualmente o con un foglio elettronico.

Strumenti efficaci per determinare l'incertezza di misura

Pertanto, il laboratorio *Alta frequenza* ha sviluppato il software metrologico *VNA Tools*. Il software funziona su un PC ed elabora esternamente i valori grezzi di misura del VNA. *VNA Tools* viene continuamente perfezionato e il suo campo di applicazione supera ormai quelli di molti firmware VNA commerciali. Ma ciò che distingue il software è soprattutto la corretta determinazione delle incertezze di misura in

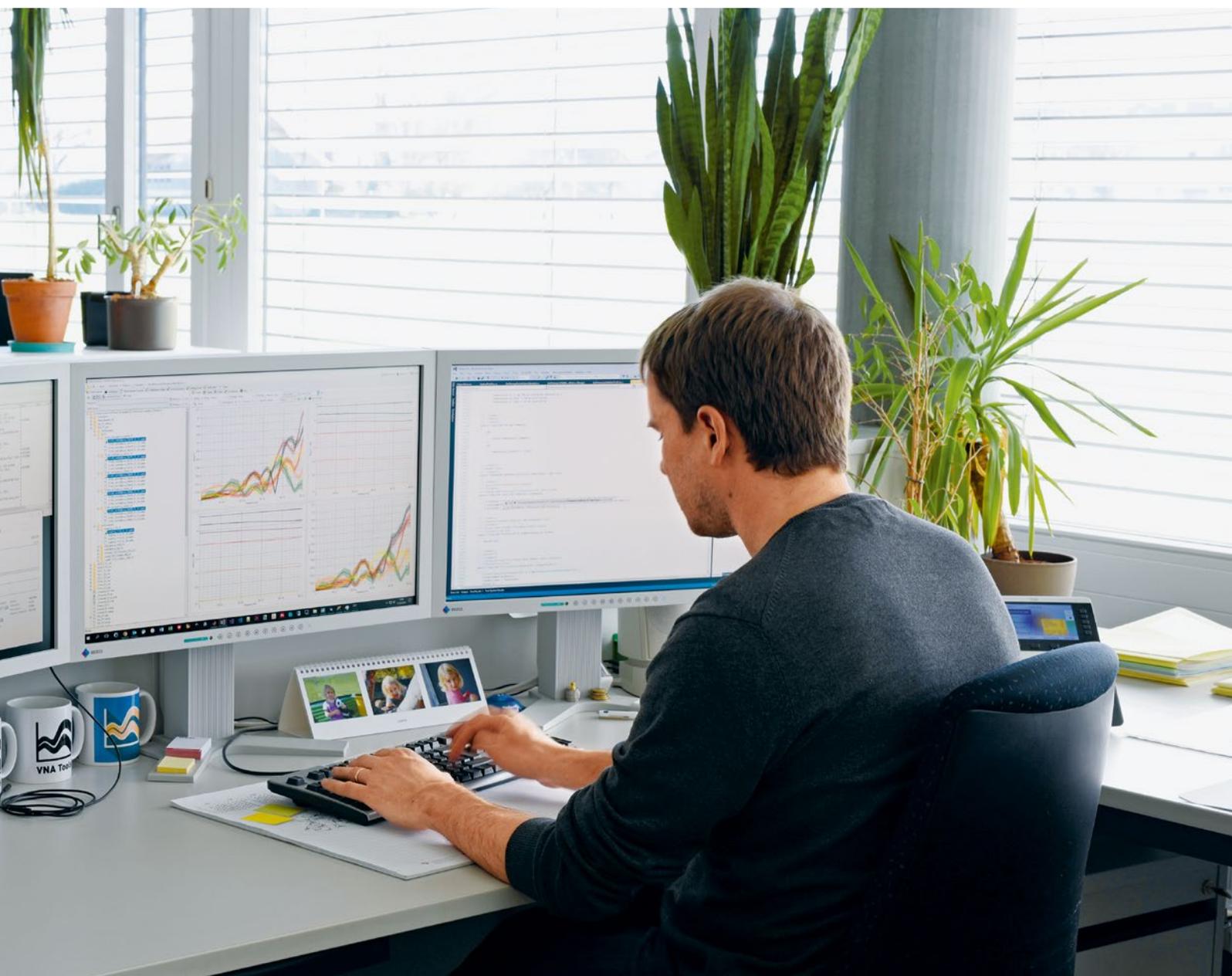
conformità alle direttive internazionali. Per fare questo *VNA Tools* utilizza *UncLib*, una biblioteca di software sulla propagazione dell'incertezza di misura, che è stata pure sviluppata dal laboratorio. *UncLib* è un pacchetto autonomo di software e può essere utilizzato anche in altri settori.

VNA Tools è stato originariamente sviluppato soprattutto per gli utilizzatori a livello di istituti nazionali di metrologia. Nel frattempo, tra i quasi 800 licenziatari ci sono anche università, laboratori di taratura e laboratori industriali. Al fine di sfruttare appieno le potenzialità del software, si consiglia di



Software metrologico VNA Tools

Su www.metas.ch/vnatools è possibile scaricare il software metrologico *VNA Tools*. Per il pacchetto di software *UncLib*, una biblioteca di software sulla propagazione dell'incertezza di misura, è disponibile il sito www.metas.ch/unclib.



frequentare un corso di tre giorni offerto dal laboratorio *Alta frequenza*. Di questa offerta hanno già beneficiato quasi 200 utilizzatori.

Per gli utilizzatori industriali è interessante anche *Real Time Interface (RTI)*. Si tratta di un'interfaccia definita per un facile accesso alle funzioni di *VNA Tools*. Con *RTI VNA Tools* può essere integrato in altri sistemi. Questa interfaccia deve essere concessa in licenza separatamente. Il METAS mette a disposizione *VNA Tools* e *UncLib* gratuitamente, fornendo così un importante contributo alla valutazione affidabile delle misurazioni.



Determinazione di misurandi nella metrologia delle alte frequenze.

Costanti naturali invece del chilogrammo prototipo: nuove definizioni per le nostre unità di misura

Le unità con cui misuriamo, quali il chilogrammo o l'ampere, sono state ridefinite. In futuro le unità di misura saranno tutte definite con l'aiuto di costanti naturali - anche il chilogrammo, che finora era ancora definito mediante un campione di riferimento materializzato, il cosiddetto chilogrammo prototipo a Parigi. Questo, non da ultimo, apre opportunità per nuove applicazioni tecniche.

Un chilogrammo è un chilogrammo ovunque – per noi oggi ciò è una cosa ovvia. Non è però sempre stato così. Per migliaia di anni innumerevoli unità di misura e sistemi di unità di misura sono stati utilizzati contemporaneamente l'uno accanto all'altro. L'unità di lunghezza “piede” era per esempio diffusa in molti luoghi, ma era ben lungi dall'essere la stessa ovunque. Spesso si è misurato con diverse dimensioni e pesi, ma ciò ha causato problemi negli scambi commerciali e successivamente anche nella produzione industriale in via di sviluppo.

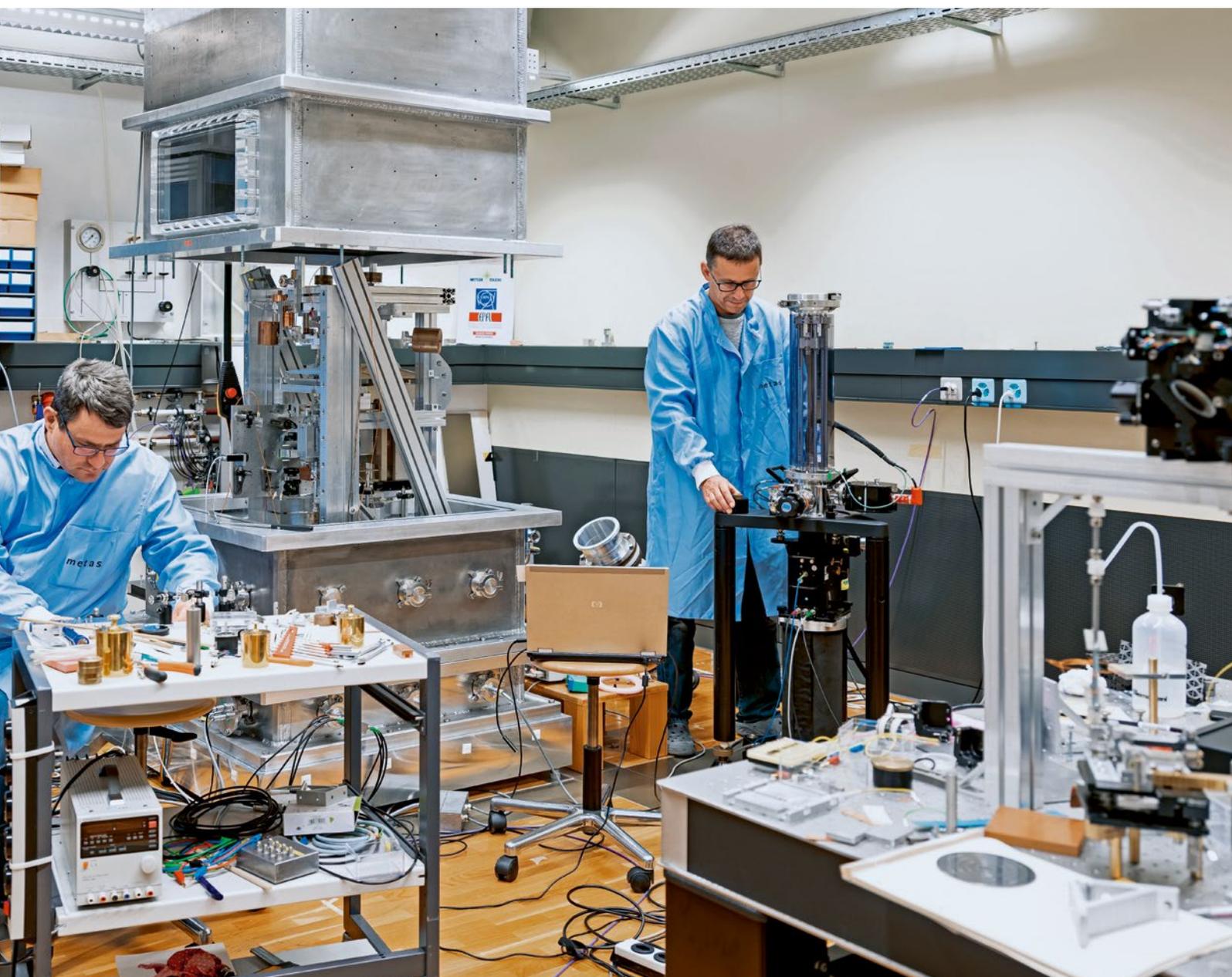
Un passo importante verso il superamento della molteplicità di unità di misura è stata l'introduzione in Francia alla fine del XVIII secolo del sistema metrico. Il passo decisivo è stato l'introduzione con la Convenzione del Metro del 1875 di unità di misura riconosciute a livello internazionale. Tale convenzione costituisce la base del Sistema Internazionale di unità di misura introdotto nel 1960 (*Système international d'unités SI*). Il Sistema Internazionale di unità di misura (SI) con unità quali il chilogrammo, il metro, il secondo, l'ampere, il kelvin, la mole e la candela è oggi la base vincolante a livello mondiale per la misurazione.

Infrastruttura metrologica coordinata a livello internazionale

Con la Convenzione del Metro è stata creata non solo la base per il Sistema Internazionale di unità (SI), ma anche un'infrastruttura metrologica coordinata a livello internazionale. L'organizzazione della Convenzione del Metro comprende tra l'altro la *Conférence générale des poids et mesures* e il



Bureau International des poids et mesures a Parigi, l'ufficio e l'istituto di ricerca della Convenzione del Metro. Nei singoli Stati ci sono istituti di metrologia nazionali, che sono all'avanguardia nella precisione delle misurazioni del loro Paese – in Svizzera il METAS. Con la cooperazione tra il METAS, gli altri istituti nazionali di metrologia e gli organi della Convenzione internazionale del Metro si può garantire che i campioni di riferimento svizzeri siano riconosciuti a livello internazionale e disponibili con la precisione richiesta.



Le costanti naturali come misura di tutte le cose

Col passar del tempo gli sviluppi tecnico-scientifici possono portare a nuove esigenze, a cui il sistema di unità di misura deve adeguarsi. Questo vale sia per la definizione delle singole unità di misura che per il sistema di unità. Ad esempio nel 1960 la definizione del metro in base al metro prototipo del 1889 ha potuto essere sostituita con una definizione basata su una lunghezza d'onda, cioè su un fenomeno fisico. Ciò ha permesso di realizzare l'unità di misura del metro con maggior precisione. Una precisione ancora maggiore è stata consentita dalla definizione del metro, entrata in vigore nel 1983, con riferimento ad una costante naturale, la velocità della luce.



Esperimenti per la realizzazione di unità di misura.

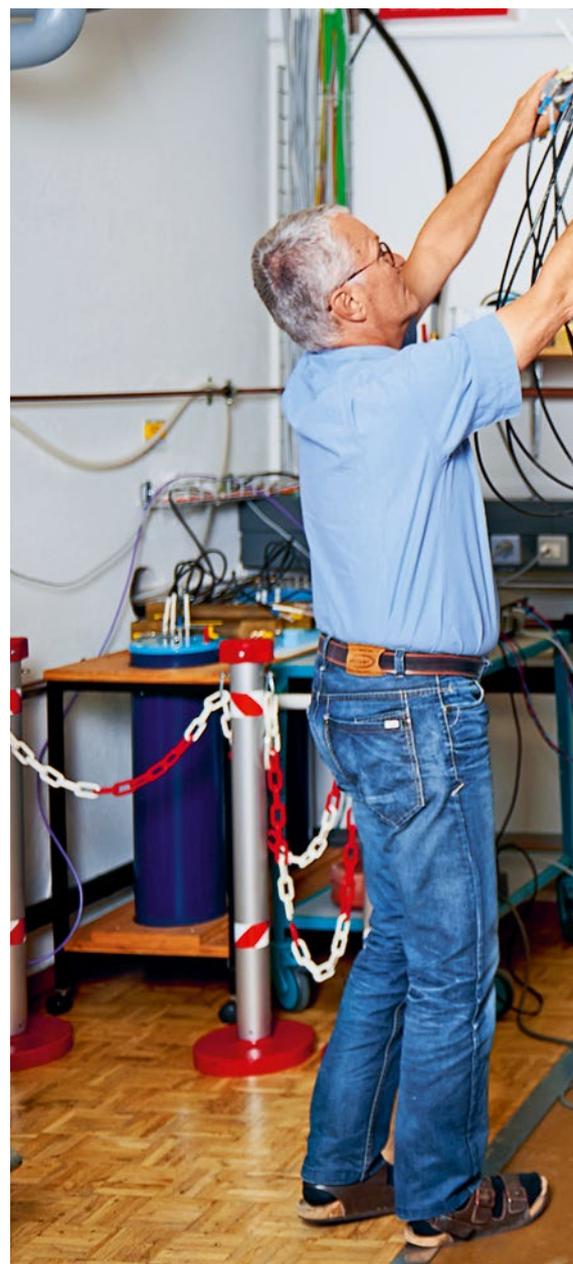
Nel novembre 2018 in occasione della 26ª *Conférence générale des poids et mesures* a Versailles è stata decisa una revisione del Sistema Internazionale di unità di misura (SI), che comporta nuove definizioni per alcune unità. In futuro, le nostre unità di misura saranno basate su costanti fisiche naturali. Questo vale anche per il chilogrammo, che non sarà più definito dal prototipo internazionale del chilogrammo (chilogrammo prototipo) a Parigi, ma da costanti fisiche naturali. Pertanto, come anche altre unità, il chilogrammo non dipenderà più da un campione di riferimento locale, ma sarà definito a livello universale.

Il riferimento alle costanti naturali rende le unità indipendenti da campioni di riferimento materializzati e da istruzioni per la loro realizzazione prescritte specificatamente. Nuove scoperte fisiche o nuove tecniche consentiranno in futuro una realizzazione più accurata delle unità, senza dover cambiare le definizioni. Unità di misura migliori consentono misurazioni più accurate e sono quindi un prerequisito per il progresso scientifico e tecnologico nei settori più disparati. In questo senso, la revisione ora adottata rappresenta un cambiamento fondamentale del sistema di unità di misura. Naturalmente, si è provveduto a garantire che al passaggio dal vecchio al sistema riveduto non cambi nulla nella vita di tutti i giorni – nella vita quotidiana un chilogrammo rimarrà un chilogrammo. Tuttavia, la nuova definizione del chilogrammo sposterà i confini del fattibile, poiché l'unità di misura sarà molto più stabile e l'accuratezza delle determinazioni della massa migliorerà parallelamente al progresso tecnico.

Forte impatto dei progressi nella metrologia

Tuttavia, i progressi tecnologici richiedono a loro volta misurazioni ancora più accurate e affidabili. Quello che non possiamo misurare, non lo capiamo correttamente. Pertanto, i progressi in metrologia hanno un forte impatto sulla nostra capacità di comprendere e modellare il nostro ambiente e contribuiscono a far fronte alle sfide sociali attuali e future nonché a soddisfare le esigenze dell'industria.

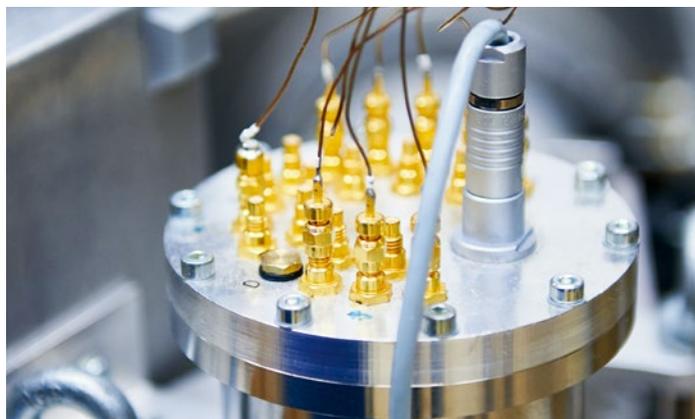
Nel settore sanitario con l'aiuto di materiali di riferimento riconosciuti e di nuovi metodi di misurazione la metrologia può contribuire a migliorare la qualità e la comparabilità dei risultati diagnostici e di quelli terapeutici. Il controllo della qualità delle derrate alimentari e dell'acqua potabile dipende da misurazioni riferibili. Per la politica in materia di clima è essenziale che i provvedimenti politici volti a ridurre gli effetti antropogenici sul clima si basino



su solidi fondamenti scientifici e su modelli climatici affidabili. Una visione olistica basata su dati comparabili è quindi indispensabile. La metrologia può anche ad esempio apportare importanti contributi allo stoccaggio e al trasporto di energia: l'approvvigionamento energetico decentrato e temporalmente fluttuante, che deriva dall'utilizzo di sistemi solari ed eolici, richiede un migliore monitoraggio delle reti elettriche. La metrologia è necessaria per la gestione dei flussi energetici e il loro conteggio. Per la protezione dei consumatori, la qualità dei combustibili deve essere controllata.



Il compito del METAS e di tutti gli altri istituti di metrologia nazionali rimane quello di gettare le basi affinché in campi così diversi quali la ricerca di fisica fondamentale e la sicurezza degli alimenti i misurandi e le grandezze di riferimento possano essere definiti correttamente e le misurazioni eseguite con la precisione richiesta.



Esperimenti per la realizzazione di unità di misura.

Misurare oltre i confini: organizzazioni internazionali della metrologia

Nelle organizzazioni internazionali della metrologia il METAS – e quindi la Svizzera – è rappresentato in maniera superiore alla media. Attualmente i collaboratori del METAS assumono un ruolo attivo e creativo in diverse di queste organizzazioni.

Nel campo della metrologia la cooperazione internazionale è essenziale. Solo grazie ad essa è stato possibile sostituire la molteplicità di unità di misura e di sistemi di unità coesistenti con validità regionale con il sistema internazionale di unità (SI) valido in tutto il mondo. Il fondamento del SI è la Convenzione del Metro, un trattato internazionale che risale al 1875. Nel 2018 il punto culminante della cooperazione internazionale in metrologia è stata la 26^a *Conférence générale des poids et mesures*, in occasione della quale è stata decisa la revisione storicamente significativa del SI (cfr. pag. 16). La conferenza si è tenuta a Versailles dal 13 al 16 novembre; il capo della delegazione svizzera era il direttore del METAS.

Forte impegno a livello internazionale

L'impegno dei collaboratori del METAS a livello internazionale è significativo. Nell'EURAMET, l'Associazione europea degli istituti nazionali di metrologia, il METAS svolge un ruolo attivo e creativo. Dal giugno 2015 al giugno 2018 il responsabile della ricerca del METAS ha diretto l'EURAMET in qualità di presidente. Il METAS fornisce anche il presidente del Comitato Tecnico *Metrology in Chemistry*. Il capo del laboratorio Ottica è stato nominato presidente della *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE), l'organismo internazionale per le norme e la standardizzazione nel campo dell'illuminotecnica e dell'illuminazione. Assumerà questa funzione nel giugno 2019. Il direttore supplente del METAS presiede dal 2017 la WELMEC, l'Associazione europea di metrologia legale. Il direttore del METAS è membro del *Comité international des poids et mesures* (CIPM).

Questi ed altri impegni nell'ambito di organizzazioni professionali internazionali sono anche un riflesso del fatto che il METAS ed i suoi collaboratori sono apprezzati a livello internazionale come partner competenti ed affidabili.



26^a Conferenza generale dei pesi e delle misure.
Versailles, 16 novembre 2018.

Regolamentare la misurazione: legislazione nel campo della metrologia

La partecipazione alla preparazione di decreti nel campo della metrologia è uno dei compiti statutari del METAS. Nel 2018 ha preparato una serie di modifiche di ordinanze, che in parte sono entrate in vigore quest'anno. Inoltre, ha impartito disposizioni agli organi esecutivi della legge sulla metrologia, per garantire l'applicazione uniforme delle normative.

Nel 2018 sono entrate in vigore le seguenti modifiche di ordinanze nel campo della metrologia:

- il 1° ottobre: modifiche all'ordinanza sugli emolumenti di verifica. In particolare, sono stati rivisti gli emolumenti per gli strumenti di misurazione dell'energia e della potenza elettrica, al fine di tener conto della crescente diffusione dei contatori intelligenti (*smart meters*).
- il 1° dicembre: modifiche all'ordinanza del DFGP sugli strumenti di misurazione dei gas di scarico dei motori a combustione. I requisiti per questi strumenti di misurazione sono stati rettificati in alcuni punti.

Sono state inoltre preparate ulteriori modifiche di ordinanze. Ad esempio, le parti interessate sono state consultate in merito alle modifiche dell'ordinanza sulle indicazioni di quantità nella vendita di merce sfusa e sugli imballaggi preconfezionati.

Le disposizioni come strumento di vigilanza

Dalle leggi e ordinanze non sempre risulta chiaro quali regole si applicano. In tali casi, le disposizioni dell'autorità competente possono garantire l'applicazione uniforme delle norme. Il METAS supervisiona l'applicazione delle normative metrologiche e in questa funzione può impartire disposizioni agli organi esecutivi della legge sulla metrologia.

Il 1° gennaio 2018 sono entrate in vigore delle nuove disposizioni del METAS concernenti l'ordinanza del DFGP sugli strumenti di misurazione dell'energia e della potenza elettrica. Esse contengono tra l'altro miglioramenti nei dettagli tecnici della procedura per il mantenimento della stabilità di misurazione.



Misurazione delle emissioni di particelle dalle macchine da cantiere.

Immissione sul mercato di strumenti di misurazione in conformità alle normative vigenti: METAS-Cert

Con METAS-Cert il METAS dispone di un organismo riconosciuto di valutazione della conformità per strumenti di misurazione. Per servire i propri clienti METAS-Cert è attivo in vari continenti.

Chiunque voglia immettere sul mercato uno strumento di misurazione, deve dimostrare che esso soddisfa i requisiti prescritti. A tal fine, i fabbricanti hanno bisogno dei servizi di un organismo indipendente di valutazione della conformità specializzato in metrologia quale ad es. METAS-Cert.

L'organismo di valutazione della conformità METAS-Cert creato nel 2006 è l'organismo designato dalla Svizzera e riconosciuto dall'UE per la valutazione della conformità di strumenti di misurazione. METAS-Cert accompagna i fabbricanti nella procedura di valutazione della conformità in vista dell'immissione sul mercato dei loro strumenti di misurazione e offre loro tutte le possibilità di prova previste. METAS-Cert è elencato nella banca dati NANDO degli organismi di valutazione della conformità dell'UE e può offrire i propri servizi in tutta l'UE. Grazie a questo riconoscimento, con una certificazione di METAS-Cert un fabbricante svizzero può commercializzare direttamente i suoi prodotti in tutti i Paesi dell'UE. Per le aziende, questo significa riduzione dei costi e risparmio di tempo.

Per gli strumenti di misurazione regolamentati dalla legge ci sono diverse procedure. METAS-Cert non offre solo valutazioni di conformità UE, ma anche valutazioni di conformità svizzere e un cosiddetto organismo di verifica ispettiva VCAP per il mercato statunitense.

L'Organizzazione Internazionale di metrologia legale, l'*Organisation Internationale de Métrologie Légale* OIML, gestisce il sistema di certificazione OIML-CS, di cui fa parte anche METAS-Cert in diverse categorie di strumenti di misurazione.

Dopo il completamento con successo di una valutazione della conformità viene rilasciato un certificato elettronico per il tipo di costruzione (modello), per l'apparecchio o per l'organizzazione.



Sfida smart meter (contatori intelligenti)

METAS-Cert si trova sempre di fronte a nuovi sviluppi tecnici e ai loro effetti. Attualmente è necessario che i contatori intelligenti, a differenza dei contatori convenzionali, soddisfino i requisiti per la sicurezza dei dati. C'è il rischio che i dati rilevati e trasmessi da un tale contatore sul consumo di energia elettrica di un utente possano essere utilizzati in modo improprio. METAS-Cert sta attualmente sviluppando una procedura, al fine di poter verificare se gli elementi di sistemi di misurazione intelligenti soddisfano i requisiti di sicurezza dei dati.



Anche il tempo e la meteo vengono certificati

Dal 2013 METAS-Cert ispeziona anche stazioni meteorologiche automatiche di MeteoSvizzera e i loro fornitori di dati. Vengono valutati i fattori d'influenza dell'ambiente sulle stazioni meteorologiche. Con questi dati MeteoSvizzera può determinare l'incertezza di misura di ogni stazione e, se necessario, apportare correzioni sul posto.

Dal 2015 METAS-Cert certifica orologi meccanici. Gli orologi sono esposti per esempio a forti campi magnetici. Dopo aver superato con successo i test, questi orologi possono recare la denominazione "cronometro Master" e per questo ricevere un certificato.



Stazione meteorologica controllata da METAS-Cert.

Misurare come professione: il METAS come luogo di lavoro

Il METAS è l'interfaccia metrologica tra scienza, economia e società. Ha bisogno di lavoratori altamente qualificati provenienti dalle più svariate discipline scientifiche. La considerazione dei bisogni individuali contraddistingue il METAS come datore di lavoro.

Il 1° gennaio 2013 l'ex Ufficio federale di metrologia è stato trasformato nell'Istituto federale di metrologia (METAS) con contabilità e personalità giuridica proprie. Il METAS è un datore di lavoro indipendente ai sensi della legge sul personale federale. Attualmente è suddiviso in tre divisioni. I dipendenti della divisione più grande in termini di personale *Fisica e Chimica* si occupano della realizzazione tecnica delle unità di misura e della ricerca e sviluppo. Dal canto loro quelli della divisione *Metrologia legale* sono responsabili dell'applicazione della legislazione sugli strumenti di misurazione. Nella divisione Risorse sono raggruppati i servizi interni, come la finanza, l'informatica o la tecnica.

Lavorare nel luogo in Svizzera dove vengono effettuate le misure più precise

Il luogo di lavoro METAS è caratterizzato da un ambiente altamente tecnico e un'infrastruttura di laboratorio di alta qualità. Questo è il risultato della missione e dei compiti, che il METAS deve adempiere in qualità d'istituto di metrologia nazionale della Svizzera. Il METAS riunisce professionisti di tutti i settori della formazione tecnica, che spesso lavorano in un settore altamente specializzato. La diversità delle discipline tecnico-scientifiche rappresentate presso il METAS crea un ambiente di lavoro stimolante ed esigente. Il luogo di lavoro METAS si caratterizza inoltre per il fatto che vi sono opportunità di partecipare ad attività di ricerca e sviluppo per sviluppare nuove possibilità di misurazione o di collaborare con partner in Svizzera ed a livello internazionale. Vanno anche menzionati gli intensi contatti con l'industria e la cooperazione con le autorità. Il METAS partecipa anche a programmi di scambio. Quest'anno, ad esempio, una scienziata cinese è stata ospite del laboratorio *Massa, forza, pressione*.



Modelli di orario di lavoro flessibile

Il METAS si preoccupa di soddisfare le diverse esigenze dei suoi collaboratori. Sono disponibili diversi modelli di orario di lavoro che consentono di conciliare la carriera e la famiglia, ma anche di perseguire gli interessi personali. Oltre alle possibilità di lavoro a domicilio e a tempo parziale, una parte dello stipendio può anche essere presa come vacanza.



Un ambiente altamente tecnico caratterizza il luogo di lavoro METAS.

Essere in grado di rispondere il più possibile alle esigenze individuali, l'ottima atmosfera di lavoro, la bassa fluttuazione della forza lavoro e l'eccellente reputazione sono alcuni dei valori che contraddistinguono il METAS come luogo di lavoro e d'impiego e dimostrano che il principio guida della cultura del METAS "Noi siamo il METAS" è anche vissuto.

Luogo di formazione METAS

Il METAS promuove una buona formazione di professionisti in erba. Propone diversi tirocini in settori tecnico-scientifici (laboratorista in fisica, laboratorista in chimica, polimeccanico, tecnico elettronico, specialista informatico, mediamatico), uno stage commerciale BMS nonché un certo numero di periodi di pratica per studenti universitari.

Finanze

L'esercizio contabile 2018 del METAS si è chiuso con un utile di 4,3 milioni di franchi. Il dispendio è ammontato a CHF 47,1 milioni di franchi e sono stati realizzati proventi (indennità incluse) pari a 51,4 milioni di franchi.

La presentazione dei conti del METAS viene effettuata in conformità al principio contabile degli International Public Sector Accounting Standards (IPSAS).

Stato patrimoniale

(in migliaia di CHF)	31.12.2018	31.12.2017
Attivi		
Disponibilità liquide	20 202	19 976
Crediti da prestazioni	3 000	3 007
Crediti da progetti di ricerca	2 778	3 599
Altri crediti	110	52
Ratei e risconti attivi	811	731
Capitale circolante	26 901	27 366
Immobilizzi materiali	20 923	20 446
Immobilizzi immateriali	2 336	1 931
Immobilizzi	23 259	22 377
Totale Attivi	50 160	49 743
Passivi		
Debiti per forniture e prestazioni	1 322	1 280
Debiti per progetti di ricerca	3 930	4 387
Altri debiti	1 466	1 051
Ratei e risconti passivi	155	244
Accantonamenti a breve termine	1 098	878
Capitale estraneo a breve termine	7 971	7 840
Accantonamenti per passività della cassa pensioni	49 580	44 032
Accantonamenti per premi di fedeltà	1 467	1 466
Capitale estraneo a lungo termine	51 047	45 498
Perdita a bilancio	-17 235	-19 152
Perdite / utili attuariali cumulati	663	10 227
Riserve per immobilizzazioni	3 413	3 413
Utile	4 301	1 917
Capitale proprio	-8 858	-3 595
Totale Passivi	50 160	49 743

Conto economico

(in migliaia di CHF)	2018 1.1.2018–31.12.2018	2017 1.1.2017–31.12.2017
Proventi netti	51 295	48 048
Plusvalenze da cessione di immobilizzi	13	6
Spese per materiale e prestazioni di terzi	-685	-805
Costi del personale	-31 699	-30 684
Altri costi d'esercizio	-10 993	-11 298
Ammortamenti	-3 575	-3 357
Oneri di gestione	-46 267	-45 339
Proventi finanziari	61	107
Oneri finanziari	-106	-70
Risultato finanziario	-45	37
Oneri fiscali	-10	-30
Utile	4 301	1 917

Nell'anno in rassegna il METAS ha potuto autofinanziare le proprie attività per il 58,0 per cento (anno precedente 50,9 per cento). All'autofinanziamento hanno contribuito gli emolumenti, le indennità per la ripresa di ulteriori compiti ed i mezzi di terzi.

L'ufficio di revisione ha confermato senza riserve la regolarità della gestione finanziaria.

Il conto annuale dettagliato e conforme alle norme dell'IPSAS può essere scaricato dal sito internet del METAS oppure ordinato presso il METAS.

Informare sulle misurazioni: pubblicazioni e conferenze del METAS

L'attività di ricerca e sviluppo si riflette pure nelle pubblicazioni e conferenze, che i ricercatori del METAS hanno pubblicato o tenuto.

Anche nell'anno in rassegna 2018 i collaboratori del METAS hanno presentato i risultati del loro lavoro di ricerca e sviluppo a convegni, conferenze e in pubblicazioni scientifiche. Essi sono stati attivi in organizzazioni specializzate e in gruppi di esperti a livello nazionale ed internazionale, apportandovi il loro know how e la loro esperienza. Hanno fatto conoscere la metrologia ad un vasto pubblico al di fuori della ristretta cerchia specializzata e si sono impegnati a dare corsi a studenti universitari.

Misurare come tema

Una panoramica delle pubblicazioni dei collaboratori del METAS e delle conferenze da essi tenute è riportata alla fine di questo capitolo. Una serie di conferenze specialistiche si è tenuta inoltre nell'ambito di eventi, che si sono svolti nella sede stessa del METAS.

Presso il METAS si sono tenuti sei simposi specialistici e sono stati proposti i moduli della formazione di verificatore.

Nel 2018 sono stati pubblicati due numeri della rivista specialistica di metrologia "METinfo", edita dal METAS e i cui articoli vengono normalmente scritti da collaboratori del METAS. Parecchi articoli di "METinfo" sono stati ripresi da diverse riviste specializzate.

Diamo un'occhiata ai laboratori

Come già negli anni scorsi il METAS ha partecipato al programma "Mädchen – Technik – Los!" (Ragazze – Tecnica – Via!) durante la giornata nazionale "Nuovo futuro", che ha avuto luogo il 8 novembre 2018. Ciò ha consentito ad un gruppo di ragazze di dare un'occhiata ai compiti ed alle attività dei laboratori del METAS.

Anche nell'anno in rassegna sono state organizzate visite per gruppi di interessati. Circa 30 gruppi con un totale di oltre 700 partecipanti hanno colto l'occasione di ottenere informazioni dirette sui laboratori e sullo sviluppo di dispositivi di misurazione. Le visite consentono ai visitatori di avvicinarsi ai compiti ed alle attività del METAS e di comprenderli meglio.

Pubblicazioni e presentazioni

La seguente compilazione offre una panoramica degli articoli più importanti pubblicati e delle conferenze tenute dai collaboratori del METAS. Nell'indicazione degli autori i nomi dei collaboratori del METAS sono evidenziati in grassetto.

La seguente compilazione offre una panoramica degli articoli più importanti pubblicati e delle conferenze tenute dai collaboratori del METAS. Nell'indicazione degli autori i nomi dei collaboratori del METAS sono evidenziati in grassetto.

Pubblicazioni

B. Bircher, F. Meli, A. Küng, R. Thalmann: *Characterising the Positioning System of a Dimensional Computed Tomograph (CT)*. PTB open access repository (2018) (8 pp.).

H. Bissig, M. Tschannen, M. de Huu: *Improving Process Quality by Means of Accurate and Traceable Calibration of Flow Devices with Process-oriented Liquids*. *Chimia*, 72 (2018), pp. 124-129.

A. Buchter, J. Hoffmann, A. Delvallée, E. Hapiuk, C. Licitra, K. Louarn, A. Arnoult, G. Almuneau, F. Piquemal, M. Zeier, F. Kienberger: *Scanning microwave microscopy applied to semiconducting GaAs structures*. *Review of Scientific Instruments*, 89, 023704 (2018), pp. 1-6.

N. Castagna, J. Morel et al.: *Traceable instruments for Encircled Angular Flux measurements*. *Proc. SPIE*, 10683 (2018) (6 pp.).

N. Castagna, J. Morel et al.: *Modelling of standard and specialty fibre-based systems using finite element methods*. *Proc. SPIE*, 10683 (2018) (6 pp.).

S. Dash, F. Pythoud et al.: *Method for traceable measurement of LTE signals*. *Metrologia*, 55 (2) (2018), pp. 284-293.

M. Ess, K. Vasilatou: *Characterization of a new miniCAST with diffusion flame and premixed flame options: Generation of particles with high EC content in the size range 30 nm to 200 nm*. *Aerosol Science and Technology* (2018), pp. 1-16.

M. Guillevic, M.K. Vollmer, S.A. Wyss, D. Leuenberger, A. Ackermann, C. Pascale, B. Niederhauser et al.: *Dynamic-gravimetric preparation of metrologically traceable primary calibration standards for halogenated greenhouse gases*. *Atmos. Meas. Tech.*, 11 (2018), pp. 3351-3372.

M. K. Vollmer, D. Young, C. M. Trudinger, J. Mühle, S. Henne, M. Rigby, S. Park, S. Li, M. Guillevic et al.: *Atmospheric histories and emissions of chlorofluorocarbons CFC-13 (CClF₃), ΣCFC-114 (C₂Cl₂F₄), and CFC-115 (C₂ClF₅)*. *ACP Atmospheric Chemistry and Physics*, 18 (2018), pp. 979-1002.

A. Jallageas, L. Devenoges, M. Petersen, J. Morel, L. G. Bernier et al.: *First uncertainty evaluation of the FoCS-2 primary frequency standard*. *Metrologia*, 55 (2018), pp. 366-385.

B. Jeckelmann: *A milestone in the further development of the International System of Units*. *Swiss physical society SPS*, 56 (2018), pp. 26-29.

T. S. Carzaniga, N. P. van der Meulen, R. Hasler, C. Kottler, P. Peier et al.: *Measurement of the ⁴³Sc production cross-section with a deuteron beam*. *Elsevier* (2018), pp. 205-208.

O. Vaittinen, M. Metsälä, L. Halonen, S. Persijn, D. Leuenberger, B. Niederhauser: *Effect of moisture on the adsorption of ammonia*. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature (2018), pp. 1-8.

C. Mester, J.-P. Braun, C. Ané: *Einführung in die rückführbare Messung von Power Quality*. *Technisches Messen*, Volume 85 (12) (2018), pp. 738-745.

A. Nicolet, F. Meli: *Traceable measurements of rounded cutting tool edges*. PTB open access repository (2018) (8 pp.).

P. J. Brewer, B. Gieseking, V. F. Ferracci, M. Ward, J. van Wijk, A. M. H. van der Veen, A. A. Lima, C. R. Augusto, S. H. Oh, B. M. Kim, S. Lee, L. A. Konopelko, Y. Kustikov, T. Shimosaka, B. Niederhauser, M. Guillevic et al.: *International Comparison CQCM-K116*. *IOPscience Metrologia*, 55 (2018), pp. 1-47.

A. Demichelis, C. Pascale, M. Lecuna, B. Niederhauser et al.: *Compact devices for generation of reference trace VOC mixtures: a new concept in assuring quality at chemical and biochemical laboratories*. *PubMed* (2018), pp. 2619-2628.

N. D. C. Allen, D. R. Worton, P. J. Brewer, C. Pascale, B. Niederhauser: *The importance of cylinder passivation for preparation and long-term stability of multi-component monoterpene primary reference materials*. *Atmos. Meas. Tech.*, 11 (2018), pp. 6429-6438.

F. Pythoud: *Proficiency Testing in EMC Radiated Immunity*. *IEEE Transactions on Electromagnetic compatibility*, Volume PP/Issue 99 (2018), pp. 1-5.

M. J. van Camp, P. Richard, O. de Viron: *Universal units reflect their earthly origins*. *EOS Earth & Space Science News*, 99 (2018) (9 pp.).

Z. Jiang, V. Zhang, Y.-J. Huang, J. Achkar, D. Piester, S.-Y. Lin, W. Wu, A. Naumov, S.-h. Yang, J. Nawrocki,

I. Sesia, **C. Schlunegger** et al.: *Use of software-defined radio receivers in two-way satellite time and frequency transfers for UTC computation*. *Metrologia*, 55 (2018), pp. 685-698.

R. Thalmann et al.: *Angle comparison using an autocollimator – bilateral follow-up*. *Metrologia*, 55 (2018), pp. 1-11.

R. Geckeler, A. Just, V. Vasilev, E. Prieto, F. Dvoracek, S. Zelenika, J. Przybylska, A. Duta, I. Victorov, M. Pisani, F. Saraiva, J.-A. Salgado, S. Gao, T. Anusorn, S. L. Tan, P. Cox, T. Watanabe, A. Lewis, K P Chaudhary, **R. Thalmann** et al.: *Angle comparison using an autocollimator*. *Metrologia*, 55 (2018), pp. 1-57.

R. Thalmann, A. Küng, A. Nicolet, F. Meli et al.: *Versatile calibration artefact for optical micro-CMMs based on micro-spheres with engineered surface texture*. PTB open access repository (2018), pp. 1-6.

M. Zeier et al.: *Establishing traceability for the measurement of scattering parameters in coaxial line systems*. *Metrologia*, 55 (2018), pp. 23-36.

Contributi a convegni e conferenze

M.-O. André: *Challenges in metrology – From standard metre to immaterial references*. Digital Trust Conference / PriceWaterhouseCooper, Genève, 20.3.2018.

H. Andres: *Messunsicherheit & Konformitätsbewertung Atemalkoholmessmittel*. ZHAW Wädenswil, 4.12.2018.

C. Ané, J.-P. Braun, C. Mester: *Establishing traceability for Flickermeters*. First International Colloquium on Smart Grid Metrology (SmaGriMet), 2018, Split, 27.4.2018.

K. Auderset: *Calibration of optical particle counters*. Clean Zone Frankfurt, 23.10.2018.

K. Auderset, D. Schwallier: *Staubtrockene Fakten*. SVG-Tagung, 30.10.2018.

F. Assi: *Verifications and Simulation for Speed enforcement devices*. Chinese Institutes and Supplier Seminar of speed enforcement devices – NIM China, 13.12.2018.

L.-G. Bernier: *Operation of a time laboratory*. BIPM Capacity Building & Knowledge Transfer, 12–15.2.2018.

L.-G. Bernier: *Action to improve laboratory uncertainty*. BIPM Capacity Building & Knowledge Transfer, 12–15.2.2018.

L.-G. Bernier: *GNNS Time Transfer*. BIPM Capacity Building & Knowledge Transfer, 13–18.5.2018.

H. Bissig, M. Tschannen, M. de Huu: *Traceable response time characterization in fast changing flow rates*. 10th ISSFM, 21–23.3.2018, Queretaro, Mexico.

H. Bissig, M. Tschannen, M. de Huu: *High accuracy testing of drug delivery devices*. Workshop on Nano-Bio Surfaces and Interfaces, 8–9.5.2018, Lausanne.

H. Bissig: *Lowest traceable flow rates in micro fluidics and new measurement possibilities*. PTB Seminar: Metrology in Fluss, 8–9.11.2018, Braunschweig.

P. Blattner: *New CIE Color Fidelity Index*. International Scientific and Technical Conference “Light in Museum”, 18.–20.4.2018, St. Petersburg.

P. Blattner: *Quantifying non-visual effects of lighting*. Integrative Lighting: SSLNet Conference 2018, Toronto, 2.6.2018.

P. Blattner: *CIE Research Strategy (in solid-state lighting)*. NSVV national conference on LED solid-state lighting, Eindhoven, 12.6.2018.

P. Blattner: *Quantifying Light and Optical Radiation*. Joint CIE – IAU Discussion and Workshop on Light pollution, Wien, 24.8.2018.

P. Blattner: *On the revision of the SI- and its impact in photometry and radiometry*. Coomet-Workshop, Varadero, 4.9.2018.

P. Blattner: *International Standardization of Light and Lighting*. CIE Tutorial and Practical Workshop on LED Lamp and Luminaire Testing, Moscow, 5.11.2018.

P. Blattner: *Practical Example of Measurement Uncertainty Analysis*. CIE Tutorial and Practical Workshop on LED Lamp and Luminaire Testing, Moscow, 6.11.2018.

P. Blattner: *European regulations and standardization work in the field of light and lighting*. LED Forum, Moskau, 7.11.2018.

C. Blaser: *Kalibrierung von Strahlenschutzmessgeräten – Eine Zusammenarbeit mit dem Kernkraftwerk Mühleberg*. METAS Seminar, 23.5.2018.

J.-P. Braun: *Measure of the absolute phase angle of a power frequency sinewave with respect to UTC*. Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM 2018, 8.–13.7.2018, Paris, 8.7.2018.

J.-P. Braun, C. Mester: *Metrology for Smart Grids*. First International Colloquium on Smart Grid Metrology SmaGriMet, 2018, Split, 27.4.2018.

A. Buchter: *Electrical Nanometrology at High Frequencies*. METAS Seminar, 17.10.2018.

N. Castagna, J. Morel et al.: *Modelling of standard ans specialty fibre-based systems using finite element methods*. SPIE Photonics Europe, 23.4.2018.

N. Castagna, J. Morel et al.: *Traceable instruments for encircled angular flux measurements*. SPIE Photonics Europe, 24.4.2018.

D. Corminboeuf: *Calibration of the absolute linearity of lock-in amplifiers*. Conference on Precision electromagnetic Measurements (2018).

M. Ess et al.: *Characterization of a New MiniCAST Generator (5201 Type BC) Including Diffusion and Premixed Flame Options*. Hyttiälä Summer School, 14.5.2018.

M. Ess et al.: *Characterization of a New MiniCAST Generator (5201 Type BC) Including Diffusion and Premixed Flame Options*. 22nd ETH Conference on combustion nanoparticles, 20.6.2018.

M. Ess et al.: *Characterization of a New MiniCAST Generator (5201 Type BC) Including Diffusion and Premixed Flame Options*. 10th International Aerosol Conference, 6.9.2018.

M. Guillevic et al.: *Metrologically traceable reference gas mixtures at trace levels from $\mu\text{mol/mol}$ (10^{-6}) to pmol/mol (10^{-12})*. Exhalomics Workshop, Zürich, 27.2.2018.

M. Guillevic et al.: *A new method to produce SI-traceable, primary calibration standards for halogenated greenhouse gases*. EGU, Wien, 12.4.2018.

M. Guillevic et al.: *AGAGE58 – 13.f. Report on APRECON-GC-quadMS at METAS*. AGAGE 58. Meeting, 12.10.2018.

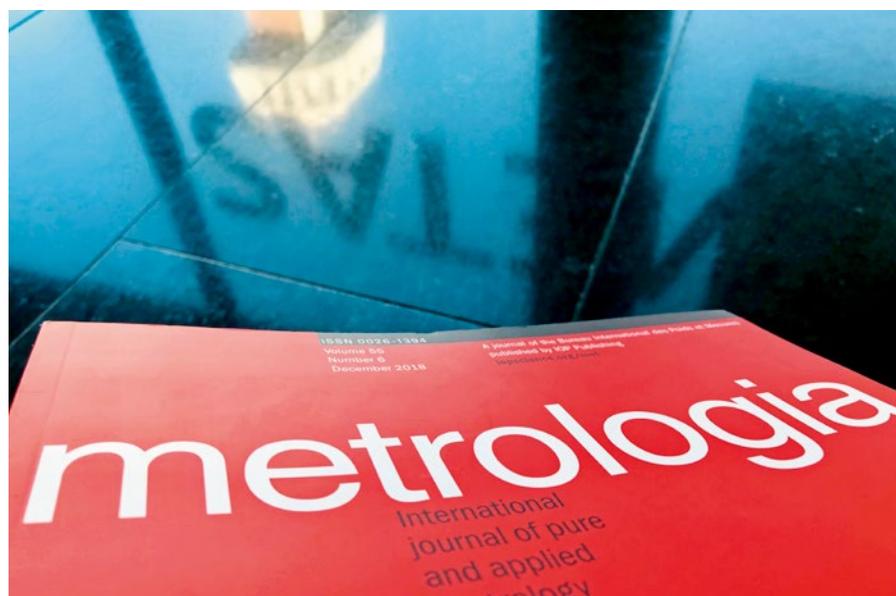
M. Enge, **C. Hof**: *Emerging alternative to the well-known LS2P microphones*. IMEKO XXII world congress, 3.-6.9.2018, Belfast, 3.9.2018.

C. Hof: *Metrologie im Bereich Vibration am METAS*. SPEKTRA-Kalibrierseminar, Dresden, 25.10.2018.

C. Hof: *Implementierung der Druckkalibrierung von Laborstandard-Mikrofonen durch die Reziprozitätsmethode am METAS*. SPEKTRA-Kalibrierseminar, Dresden, 26.10.2018.

C. Hof: *Zuverlässige Messungen dank Kalibrierung – auch mit dem Pendelfall-Hammer*. SGA-Herbsttagung, Sursee, 8.11.2018.

J. Hoffmann: *Open Innovation*. EMMT member meeting, Brussels, 11.6.2018.



- J. Hoffmann:** *Towards High Frequency Power Measurement Using the Electro-Optical Effect.* Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM, 8.-13.7.2018, Paris, 9.7.2018.
- S. Horender:** *Investigation of the flow characteristics in an aerosol mixing facility.* Comsol Conference 2018, 23.10.2018.
- S. Horender:** *PM Sensor Kalibrierung mittels realitätsnaher Referenzaerosole – Stand und Ausblick.* Grimm Anwenderseminar, 29.10.2018.
- M. de Huu et al.:** *The European Research Project on Metrology for Hydrogen Vehicles – MetroHyVe.* 10th ISSFM, 21–23.3.2018, Queretaro, Mexico.
- M. de Huu, M. Aeschbacher:** *Performance testing of hydrometric current meters in a wind tunnel – feasibility tests.* 10th ISSFM, 21–23.3.2018, Queretaro, Mexico.
- M. de Huu et al.:** *The European Research Project on Metrology for Hydrogen Vehicles – MetroHyVe.* IMEKO XXII world congress, 3–6.9.2018, Belfast.
- A. Jallageas, J. Morel et al.:** *Wavelength calibration of high-performance spectrometers with a stabilized optical comb from an ultrafast semiconductor disk laser.* CLEO 2018, 15–17.5.2018.
- B. Jeckelmann:** *The revised International System of Units: A new foundation for all measures.* Plenary talk an der Jahrestagung der Schw. Physikalischen Gesellschaft, 28.–31.8.2018, Lausanne, 31.8.2018.
- B. Jeckelmann:** *Das revidierte SI: Hintergründe und wichtigste Änderungen.* METAS Seminar, 6.12.2018.
- B. Jeckelmann:** *Eine koordinierte metrologische Infrastruktur in Europa zum Nutzen von Industrie und Gesellschaft.* Technische Universität, Ilmenau, 12.12.2018.
- K. Draxler, R. Styblíková, J. Hlavacek, G. Rietveld, H. E. van den Brom, M. Schnäit, W. Waldmann, E. Dimitrov, T. Cincar-Vujovic, B. Pączek, G. Sadowski, G. Crotti, R. Martín, F. Garnacho, I. Blanc, **R. Kämpfer, C. Mester et al.:** *Results of an International Comparison of Instrument Current Transformers up to 10 kA at 50 Hz Frequency.* Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM, 3–18 July 2018, Paris.
- C. Kottler:** *Applied Radiometrology: Calibration of dose calibrators in nuclear medicine application.* Swiss Radiopharmacy Day (SGRR – SSRCR), 15.3.2018.
- A. Küng:** *A geometry measurement system for a dimensional cone-beam CT.* 8th Conference on Industrial Computed Tomography iCT 2018, Wels, Austria, 8.2.2018.
- A. Küng, B. A. Bircher, F. Meli, R. Thalmann:** *Straightness and index sensor with sub-micron accuracy.* 18th International Conference & Exhibition, eupen 2018, Venice, Italy, 5.6.2018
- D. Leuenberger, M. Guillevic et al.:** *Concepts and challenges in the dynamic generation of SI-traceable nitrogen dioxide reference gas mixtures at ambient amount fractions.* EGU, Wien, 12.4.2018.
- D. Lussi:** *Regelung Hallwilersee.* GITHA, 27.09.2018.
- D. Lussi:** *IoT in der Umweltmesstechnik.* METAS Seminar, 7.11.2018.
- S. Mallia:** *Prozesskontaminanten in Lebensmitteln.* NRL Tagung PAK am METAS, 21.11.2018.
- S. Mallia:** *METAS: Referenzlabor für chemische Elemente.* ERFA Metalle, Amt für Verbraucherschutz Kt. Aargau, 28.8.2018.
- A. Marti, S. Perrin,** zusammen mit Agroscope: *The golden spirit.* Eurosense 2018, Verona, 2.9.2018.
- K. Marti, M. Aeschbacher, S. Russi, C. Wüthrich:** *Micro-force Measurements – a new instrument at METAS.* IMEKO XXII world congress, 3–6.9.2018, Belfast.
- F. Meli, B. A. Bircher, S. Blankenberger, A. Küng and R. Thalmann:** *A cone-beam CT geometry correction method based on intentional misalignments to render the projection images correctable.* 8th Conference on Industrial Computed Tomography iCT 2018, Wels, Austria, 7.2.2018.
- C. Mester:** *The role of national metrology institutes, the international system of units and the concept of traceability.* First International Colloquium on Smart Grid Metrology SmaGridMet, 2018, Split, 27.4.2018.
- C. Mester, J.-P. Braun, C. Ané:** *Messunsicherheit von Power Quality Analysen.* Sensoren und Messsysteme, 27.6.2018.
- C. Mester et al.:** *Sampling AC signals: Comparison of fitting algorithms and FFT.* Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM, 8.–13.7.2018, Paris, 9.7.2018.
- C. Mester:** *Timestamping type 3458A multimeter samples.* Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM, 8.–13.7.2018, Paris, 11.7.2018.
- D. Giordano, P. Clarkson, F. Garnacho, H.E. van den Brom, L. Donadio, A. Fernandez-Cardador, C. Spalvieri, D. Gallo, D. Istrate, A. De Santiago Laporte, A. Mariscotti, **C. Mester et al.:** *Accurate Measurements of Energy, Efficiency and Power Quality in the Electric Railway System.* Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM, 3.–13.7.2018, Paris.
- B. Niederhauser:** *Kleine Gasflüsse: Erstellen der Rückführbarkeit und deren Weitergabe.* Seminar «Messen, regeln, mischen und generieren von geringen Gasflüssen», Olten, 7.6.2018.
- F. Overney:** *Characterization of a Dual Josephson Impedance Bridge.* CPEM 2018, 8.–13.7.2018, Paris.
- A. H. Pacheco: *Frequency dependence evaluation of CENAM calculable resistors.* Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM 2018, 8.–13.7.2018, Paris.
- F. Pythoud:** *An overview of radiated EMC.* SwissT.net, Fachtagung EMV und Funk, Zürich, 18.1.2018.
- F. Pythoud: *Einführung in die EMV / Introduction à la CEM.* Internationale Organisation für das Seilbahnwesen, Brunnen/Stoos, 20.3.2018.
- F. Pythoud:** *Proficiency Testing.* 53. Sitzung der PEGESS, Biel, 14.3.2018.
- T. Le Quang:** *Comsol Simulations for Scanning Microwave Microscopy.* Comsol Conference, Lausanne, 22.10.2018.
- S. Reimann, **M. Guillevic et al.:** *Measurement of F-gases and OVOCs: a need for traceable, high-accuracy standards in climate and air pollution research.* Workshop call Environment, Paris, 24.10.2018.
- M. Delaval, D. Egli, H.R. Jonsdottir, **P. Schüpfer, N. Baumlín, M. Salathe, H. Burtscher, und M. Geiser:** *Evaluating adverse effects of aerosols from different e-cigarettes to airway epithelia by realistic in vitro technologies.* ATS 2018, San Diego, 18.5.2018.
- P. Schüpfer:** *Analyse des HAP dans les revêtements de surface.* Tagung PAK am METAS, 20.11.2018.
- D. Stalder:** *Primary Noise Temperature Calibration Based on RF Power.* Keysight Metrology Workshop, Paris, 5.7.2018.
- F. Stuker:** *Messen und Beurteilen von gesundheitlichen Effekten von Displays.* Licht 2018, Davos, 11.09.2018.
- F. Stuker:** *Optische Messtechnik am METAS.* NTB Photonik Kolloquium, Buchs, 27.11.2018.
- E. Tas, F. Pythoud, B. Mühlemann:** *Design of a Reference Device for Surge Immunity Interlaboratory Comparison.* EMC EUROPE, 27.–30.8.2018, Amsterdam, The Netherlands, 28.8.2018.
- R. Thalmann:** *Fundamental principles of dimensional metrology.* EURAMET training course, 12.–13.9.2018, Montenegro.
- R. Thalmann:** *Calibration of gauge blocks by mechanical comparison.* EURAMET training course, 12.–13.9.2018, Montenegro.
- K. Thodkar:** *Observation of high accuracy resistance quantization in CVD graphene.* Conference on Precision Electromagnetic Measurements CPEM 2018, 8.–13.7.2018, Paris.
- M. Tschannen:** *Messanlage zur Prüfung von Wasserstoff-Zapfsäulen.* METAS Seminar, 29.8.2018.
- K. Vasilatou et al.:** *Metrology for light absorption by atmospheric aerosols: the EMPiR Black Carbon project.* 22nd ETH Conference on combustion nanoparticles, 20.6.2018.
- K. Vasilatou et al.:** *Laboratory-generated coated soot aerosols with tunable physical, chemical and optical properties using a CAST generator and a portable Micro Smog Chamber.* 10th International Aerosol Conference, 6.9.2018.
- M. Zeier:** *Software zur Bestimmung der Messunsicherheit.* PTB-Seminar, Berechnung der Messunsicherheit – Empfehlungen für die Praxis, Berlin, 16.3.2018.
- M. Zeier:** *Embedded Metrology Software.* VDI/VDE GMA FA1.11, Erlangen, 25.6.2018.

