

Vom lokalen Menschenmass zum weltweiten Einheitensystem

1875 wurde der Metervertrag unterzeichnet – ein Meilenstein in der Entwicklung der Metrologie und in der internationalen Zusammenarbeit. Der Metervertrag ist einer der ersten internationalen Staatsverträge. Er bildet die Grundlage für die Schaffung des Internationalen Einheitensystems (SI), die heute weltweit verbindliche Basis für das Messen. Vor allem konnte dank dem Metervertrag auch eine international abgestimmte messtechnische Infrastruktur geschaffen werden.

JÜRGEN NIEDERHAUSER

Ein Kilogramm ist überall ein Kilogramm – für uns ist dies heute eine geradezu banale Feststellung eines Sachverhalts. Genauso wie es für uns selbstverständlich ist, dass eine Firma für die Herstellung ihrer Produkte Bestandteile von unterschiedlichsten Zulieferfirmen aus verschiedensten Ländern bestellt und diese in den Dimensionen und mit der Genauigkeit erhält, wie sie bestellt wurden. Möglich ist das, weil alle sich auf eine weltweit verbindliche Basis für das Messen beziehen: das Internationale Einheitensystem (SI). Das war in früheren Zeiten überhaupt nicht der Fall, da gab es unzählige Masseinheiten und Einheitensysteme, die nebeneinander in Gebrauch waren.

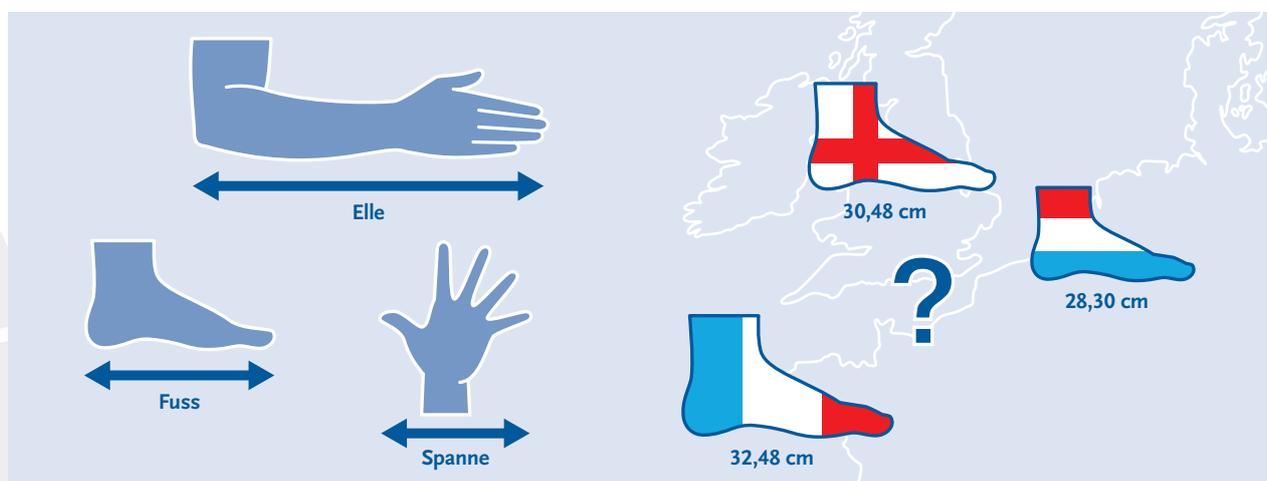
Der menschliche Körper als Referenz

Gemessen haben die Menschen seit jeher. Um Mass zu nehmen, benutzte man unter anderem Vergleichsgrößen, die sich von Gefässen (Fass, Sack...) ableiteten. Vor allem haben die Menschen gerne auch sich als Mass genommen und auf den menschlichen Körper als Vergleichsmassstab zurückgegriffen. Entsprechend gab es viele vom Körper abgeleitete Masseinheiten, wie zum Beispiel *Spanne* (eine Handbreite bei gespreizten Fingern), *Inch*, *Yard*, *Elle*, *Fuss*. Messen war zunächst eine lokale Angelegenheit. Das gilt auch für das Festlegen von Masseinheiten. Für die vom menschlichen Körper abgeleiteten Re-

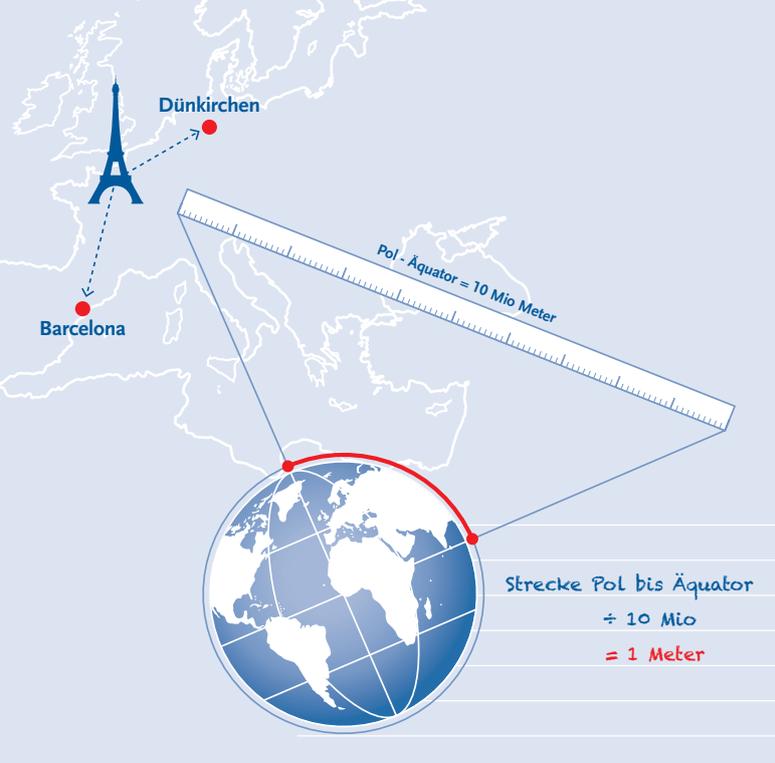
ferenzmasse wurde meistens an einem Herrscher eines Ortes oder einer Region Mass genommen. Menschen können sich untereinander vom Körperbau her beträchtlich unterscheiden. So gab es mit der Zeit eine Vielfalt von Masseinheiten, die nebeneinander existierten. Sie variierten von Fürstentum zu Fürstentum und oft gar von Stadt zu Stadt. Trotz gleichlautender Bezeichnung konnte eine Masseinheit je nach Region ein unterschiedlich grosses Mass der betreffenden Messgrösse bezeichnen. Die Längeneinheit «Fuss» war zum Beispiel vielerorts verbreitet, aber sie war längst nicht über gleich lang. Noch im 19. Jahrhundert existierte auf dem Gebiet des heutigen Deutschland der «Fuss» in Hunderten von orts- oder landesspezifischen Abmessungen. Allein auf dem Gebiet Frankreichs soll in der Zeit vor der Französischen Revolution mit Tausenden von unterschiedlichen Massen und Gewichten gemessen worden sein.

Bezug auf die Erde

Mit den Fortschritten in Wissenschaft und Technik und auch der Ausdehnung der Handelsbeziehungen sah man im 18. Jahrhundert die Vielfalt der Masseinheiten zunehmend als Hindernis an, das es zu überwinden gelte. Erreicht werden sollte das mit einem System einheitlicher Masse und Gewichte. Das war nicht zuletzt ein Anliegen der französischen Revolutionsregierung, insbesondere sollte ein einheitliches Längenmass für die ganze Menschheit entwickelt werden. Ab 1790



1: Die vom Körper abgeleiteten Masseinheiten variierten von Fürstentum zu Fürstentum trotz gleichlautender Bezeichnung.



2: Als Referenz für die Einheit der Länge sollte nicht mehr der Körper eines Menschen dienen, sondern die Erde selbst.

befasste sich die französische Akademie der Wissenschaften im Auftrag der Revolutionsregierung mit der Entwicklung eines einheitlichen Masssystems. Geplant wurde ein auf dem Dezimalsystem basierendes System einheitlicher Masse und Gewichte: das metrische System. Als Referenz für die Einheit der Länge sollte nicht mehr der Körper eines Menschen dienen und auch nicht etwas, das sich auf eine bestimmte Nation bezog, sondern die Erde selbst. So wurde die neue Längeneinheit Meter definiert als der zehnmillionste Teil eines Viertels des Umfangs der Erde auf einem Längengrad, das heißt, der Strecke vom Nordpol bis zum Äquator. 1792 begannen zwei Astronomen damit, einen Teil dieses Viertelkreises, nämlich die Strecke Dünkirchen-Paris-Barcelona so genau wie möglich zu vermessen, um aufgrund der Resultate dieser Messungen die neue Einheit Meter bestimmen zu können. Unter schwierigsten Umständen mitten in den chaotischen Zeiten der Französischen Revolution mit ihren kriegerischen Wirren führten sie während sieben Jahren ihre Messungen durch. Gestützt auf die Auswertung ihrer Messungen konnte 1799 ein Referenzmass für die neue Einheit Meter erstellt werden: der Mètre des Archives.

Bedürfnisse der industriellen Revolution

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts verbreitete sich das metrische System allmählich in den Nachbarstaaten Frankreichs. Teilweise blieben neben den metrischen Massen auch noch viele der alten Masse zugelassen. Dies nicht zuletzt, weil vielfach die Festlegung der Masse in dieser Zeit ein Thema politischer Auseinandersetzungen war (vgl. Kasten Schweizer Fuss). Die wegen der unterschiedlichen Masseinheiten erforderlichen Umrechnungen verkomplizierten Handel, Kommunikation und Verkehr auf überregionaler und vor allem internationaler Ebene. Mit der zunehmenden Industrialisierung und der damit verbundenen Ausweitung des internationalen Handels wurden die nebeneinander existierenden, historisch gewachsenen, unterschiedlichen Masseinheiten immer stärker als handels- und entwicklungshemmende Vielfalt wahrgenommen. Entsprechend wurde die Harmonisierung und Vereinheitlichung von

Masssystemen zu einem wesentlichen wirtschaftspolitischen Anliegen. Das führte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts dazu, dass bei allen, zum Teil heftigen, politischen Auseinandersetzungen zwischen den miteinander rivalisierenden Nationalstaaten diese sich gleichzeitig darum bemühten, auf internationaler Ebene eine Vereinheitlichung der Masseinheiten anzustreben und zu fördern.

Der Internationale Metervertrag

Der entscheidende Schritt dazu erfolgte am 20. Mai 1875, als in Paris Vertreter von 17 Staaten den internationalen Metervertrag unterzeichneten. Der Metervertrag ist einer der ersten internationalen völkerrechtlichen Staatsverträge, was ebenfalls auf die Bedeutung der Festlegung einheitlicher Einheiten hinweist. Zu den 17 Gründerstaaten gehörten Argentinien, Belgien, Brasilien, Dänemark, das Deutsche Reich, Frankreich, Italien, Österreich, Peru, Portugal, Russland, Schweden (und Norwegen, damals noch ein Staat in Personalunion), die Schweiz, Spanien, Türkei, Venezuela sowie die USA. Heute sind 60 Staaten Vertragspartner des Metervertrags, weitere 42 sind assoziierte Mitgliedstaaten.

Mit dem Metervertrag wurde das Bureau international des poids et mesures (BIPM) eingerichtet, ein gemeinsames und gemeinschaftlich finanziertes Büro der vertragsschliessenden Staaten. Der Metervertrag ermöglichte es vor allem auch, eine international abgestimmte messtechnische Infrastruktur zu schaffen: Auf internationaler Ebene die Organe des Metervertrags (vgl. Kasten), insbesondere das BIPM. Ihm entsprechen auf Ebene der Staaten die nationalen Metrologieinstitute, die an der Spitze der Messgenauigkeit ihres Landes stehen – in der Schweiz das Eidgenössische Institut für Metrologie (METAS). Mit der Zusammenarbeit zwischen den nationalen Metrologieinstituten und den Organen des internationalen Metervertrags kann sichergestellt werden, dass die Referenzmasse in einem Staat international anerkannt sind und in der erforderlichen Genauigkeit zur Verfügung stehen. 1889 wurden für die Einheit der Masse, das Kilogramm, und die Einheit der Länge, den Meter, Referenzmasse hergestellt. Das Referenzmass Nr. 1 wurde jeweils als massgebender Prototyp der betreffenden Einheit im BIPM aufbewahrt (sogenanntes Urkilogramm und Urmeter). Die weiteren Kopien der Referenzmasse wurden als nationale Kopien der internationalen Prototypen per Los an die Vertragsstaaten verteilt. Die Schweiz erhielt die Kopie Nr. 2 des Urmeters und die Kopie Nr. 38 des Urkilogramms.



3: Das Referenzmass Nr. 1 (Urmeter bzw. Urkilogramm) wurde jeweils im BIPM aufbewahrt. Die weiteren Kopien wurden per Los an die Vertragsstaaten verteilt. Die Schweiz erhielt die Kopie Nr. 2 des Urmeters.



Quelle: Christian Chamourat

4: Zusammen mit dem Metervertrag wurde das Bureau international des poids et mesures (BIPM) als «Hüter der Einheiten» gegründet. Es hat seinen Sitz im «Pavillon de Breteuil» in Sèvres bei Paris.

Stetige Weiterentwicklung

Der Zweck des Metervertrags wird in der Präambel kurz umrissen: «Désirant assurer l'unification internationale et le perfectionnement du système métrique, ont résolu de conclure une convention à cet effet ...» Schon aus dieser Einleitung wird ersichtlich, dass es nicht nur darum gehen kann, ein international einheitliches Einheitensystem einmal festzulegen. Vielmehr muss dieses Einheitensystem entsprechend dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt immer wieder den neuesten Anforderungen angepasst werden. Das gilt für die Definition einzelner Einheiten wie auch für das Einheitensystem. So konnte beispielsweise 1960 die Definition des Meters durch den Urmeter ersetzt werden. Statt durch ein Referenzmass wurde der Meter mit Bezug auf ein physikalisches Phänomen, eine Wellenlänge, definiert. Das erlaubte es, die Einheit Meter mit höherer Genauigkeit realisieren zu können. Noch höhere Genauigkeit ermöglichte die Definition der Einheit Meter mit Bezug auf eine Naturkonstante, die Lichtgeschwindigkeit, die 1983 in Kraft trat.

1960 wurde auf der 11. Conférence générale des poids et mesures ein erweitertes metrisches System, das Système international d'unités (SI) eingeführt. Das SI ist die heute weltweit verbindliche Basis für das Messen. Mit der Revision von 2018 soll unser Einheitensystem so angepasst werden, dass es auch in Zukunft den Ansprüchen neuer technologischer Gebiete gerecht werden kann.



5: Das Siegel des BIPM stellt eine Allegorie der Wissenschaft dar, die den neuen Meterstandard mit seiner Dezimalteilung hält. Das griechische Motto μέτρον χρῶν bedeutet «die Massnahme (oder den Meter) nutzen».

Der Metervertrag

Die Organe des Metervertrags sind die Hüter unseres Einheitensystems

Conférence générale des poids et mesures (CGPM)

Die CGPM ist das oberste Organ des Metervertrags. In ihr sind alle Mitgliedstaaten vertreten. Sie tritt in der Regel alle vier Jahre zusammen. Sie beschliesst unter anderem über die Definition der Einheiten oder andere Änderungen des Internationalen Einheitensystems. Die 26. CGPM fand vom 13. bis 16. November in Versailles statt.

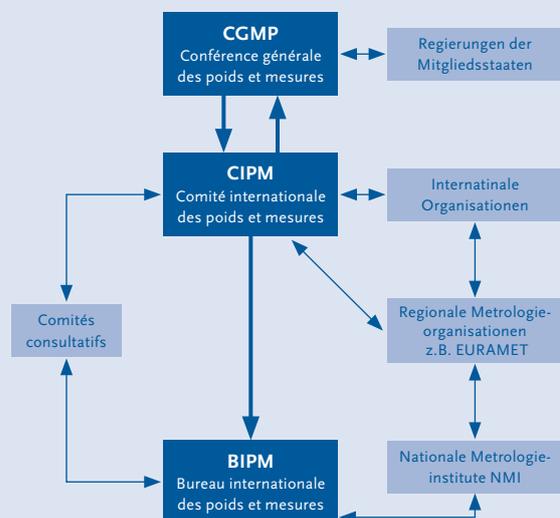
Comité international des poids et mesures (CIPM)

Das CIPM ist das Exekutivorgan des Metervertrags, gewissermassen der Verwaltungsrat. Es besteht aus 18 Mitgliedern, so dass nicht jeder Mitgliedsstaat über einen Vertreter im CIPM verfügt. Eine hohe Bedeutung kommt den Comités consultatifs des CIPM zu. Diese sind jeweils für bestimmte Fachgebiete zuständig, zum Beispiel *Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM)* oder *Comité consultatif des unités (CCU)*. In den Comités consultatifs wird die eigentliche wissenschaftliche und koordinierende Arbeit der internationalen Zusammenarbeit in der Metrologie gemacht.

Bureau international des poids et mesures (BIPM)

Das BIPM ist die Geschäftsstelle und Forschungsinstitution des Metervertrags. Es nimmt organisatorische, Koordinations- und Forschungsaufgaben wahr. Das BIPM hat seinen Sitz in Sèvres bei Paris.

Eine wesentliche Rolle spielen auch die regionalen Metrologieorganisationen, welche die verschiedenen Regionen der Welt abdecken. Eine dieser Organisationen ist EURAMET, die Vereinigung der nationalen Metrologieinstitute Europas. In ihr nimmt das METAS eine aktive und gestaltende Rolle ein und wirkt sowohl in den technischen Komitees wie auch in den Leitungsgremien mit.



Vom Schweizer Fuss zum Meter: Zur Vereinheitlichung der Masseinheiten in der Schweiz

Die Vereinheitlichung der Masseinheiten war im 19. Jahrhundert auch innerhalb der Schweiz ein wichtiges politisches Anliegen. So gab es im ersten Drittel dieses Jahrhunderts Auseinandersetzungen darüber, ob das neue metrische (französische) System allgemein übernommen werden sollte. Während sich die einen dafür einsetzten, das moderne Einheitensystem möglichst schnell und umfassend einzuführen, wollten die anderen die altbekannten Masseinheiten, wie den Fuss, weiterhin benutzen können und wehrten sich deshalb gegen das metrische System.

1835 schlossen zwölf Kantone ein «Konkordat über eine gemeinsame schweizerische Mass- und Gewichtsordnung» ab. Darin einigten sie sich darauf, die landesüblichen Bezeichnungen der Masse beizubehalten, wobei aber diese Masseinheiten in einem einfachen Verhältnis zum metrischen System stehen sollten: «Die Basis der Masseinheiten ist der schweizerische Fuss, welcher genau drei Zehnteilen des französischen Meters entspricht.»

Der Schweizer Fuss (= 3/10 Meter), wurde in zehn Zoll geteilt, der Zoll in zehn Linien, die Linie in zehn Strich. Mit diesem Masssystem war es einerseits möglich, direkt an das metrische Masssystem angeschlossen zu sein und dieses verwenden zu können. Andererseits konnten die traditionellen Bezeichnungen von Masseinheiten weiter benutzt werden.

Der Schweizer Fuss ist ein gelungener schweizerischer Kompromiss, der jahrzehntlang funktionierte. 1848 übernahm der neugegründete Schweizerische Bundesstaat das Masssystem dieses kantonalen Konkordats für die ganze Schweiz. 1868 wurde neben diesem bestehenden System das metrische System eingeführt. Nach der Unterzeichnung des internationalen Metervertrags 1875 wurde das metrische System als allgemeingültig erklärt.



Urmass des Schweizer Fusses aus dem Jahre 1854. Der Eisenmassstab mit Matrize wurde von Hr. Oeri, Mechaniker in Zürich, hergestellt. Dieses Urmass diente bis 1875 als Referenzmass.

Des mesures locales à taille humaine à un système d'unités mondial

L'être humain mesure depuis toujours. Toutefois, les mesures se sont faites à l'échelle locale pendant des siècles. Il en était de même pour la définition des unités de mesure. Ce phénomène a entraîné l'existence en parallèle d'une multitude d'unités de mesure. Elles variaient d'une principauté à l'autre, voire même souvent d'une ville à l'autre. Malgré un nom similaire, une unité de mesure, par exemple le pied, pouvait correspondre, selon la région, à une mesure différente du mesurande concerné. Des milliers de poids et mesures différents auraient été en usage sur le seul territoire français avant la Révolution française.

Avec les progrès scientifiques et techniques ainsi que l'extension des relations commerciales, la multiplicité des unités de mesure est de plus en plus apparue comme un obstacle qu'il fallait surmonter. L'introduction du système métrique en France à la fin du XVIII^e siècle a été un pas dans la bonne direction.

Au XIX^e siècle, l'industrialisation croissante et l'expansion du commerce international en résultant ont placé l'harmonisation des systèmes de mesure et leur uniformisation au centre des préoccupations de la politique économique. C'est pourquoi les états ont mis de côté les rivalités et les conflits politiques, violents pour certains, et se sont efforcés de viser l'uniformisation des unités de mesure.

La Convention du Mètre, signée en 1875, constitue une étape cruciale dans le développement de la métrologie et dans la collaboration internationale. La Convention du Mètre est l'un des premiers traités internationaux. Elle a jeté les bases nécessaires à la création du Système international d'unités (SI), qui constitue aujourd'hui la base métrologique faisant foi dans le monde entier. La Convention du Mètre a surtout permis de créer également une infrastructure métrologique harmonisée à l'échelle internationale, allant des organes de la Convention du Mètre, notamment le Bureau international des poids et mesures (BIPM), aux instituts de métrologie nationaux des différents États.

Dall'unità locale «a misura d'uomo» al Sistema internazionale di unità

Da sempre l'essere umano è abituato a misurare, ma per molti secoli la misurazione è stata una pratica circoscritta localmente. Questo vale anche per la definizione dell'unità di misura. Nel corso del tempo si sono prodotte e sono andate coesistendo una molteplicità di grandezze. In passato le unità di misura variavano da principato a principato e spesso anche da città a città. Malgrado avesse la stessa denominazione, una grandezza come il «piede» poteva corrispondere a una dimensione diversa a seconda della regione. All'epoca della rivoluzione francese nel solo territorio della Francia si utilizzavano migliaia di misure e pesi diversi.

Grazie ai progressi compiuti nel campo della scienza e della tecnica e all'espansione delle relazioni commerciali, la presenza di molteplici unità di misura iniziò a costituire un ostacolo che si riteneva di dover superare. Un passo in tal senso si compì quando in Francia, alla fine del XVIII^e secolo, venne introdotto il Sistema Metrico Decimale.

Nel XIX^e secolo, a causa della crescente industrializzazione e della conseguente espansione del commercio internazionale, l'armonizzazione e l'unificazione dei sistemi di misurazione divenne una questione politico-economica d'importanza fondamentale. Per questo gli stati decisero di mettere da parte rivalità e contrasti politici, talvolta molto accesi, a favore di un'unificazione dei sistemi di misura.

Nel 1875 venne sottoscritto il Trattato del metro, una pietra miliare sul cammino evolutivo della metrologia e della collaborazione internazionale. Il Trattato del metro è uno dei primi trattati internazionali e costituisce il fondamento su cui si basa la creazione del Sistema internazionale di unità di misura (SI), l'attuale sistema di misurazione obbligatorio in tutto il mondo. Il Trattato del metro ha permesso anche e soprattutto di creare un'infrastruttura metrologica armonizzata a livello internazionale: dagli organi del Trattato, tra cui il Bureau international des poids et mesures (BIPM), agli istituti nazionali di metrologia dei singoli stati.

From local body-based measurements to a worldwide system of units

Human beings have been making measurements since time immemorial. For many centuries, however, measuring things was a local matter. This also applied to the determination of units of measure. Over the course of time, this resulted in a multiplicity of coexisting measurement units. They differed from principality to principality and often even from town to town. Although bearing the same name, a unit of measure, such as a «foot», could signify a different amount of the measured variable in question, depending on the region. It is said that in France alone, thousands of different weights and measures were in use before the French Revolution.

With progress in science and technology and the expansion of trading relationships, the diversity of measurement units was increasingly seen as an obstacle to be overcome. One step on this path was the introduction of the metric system in France at the end of the 18th century.

As a result of increasing industrialisation and the associated expansion of international trade in the 19th century, the harmonisation and standardisation of measurement systems became an important economic policy concern. So, despite their rivalries and, in some cases, serious political disputes, countries endeavoured to standardise their measurement units.

1875 saw the signing of the Metre Convention – a milestone in the development of metrology and international collaboration. The Metre Convention is one of the first international treaties. It laid the groundwork for the creation of the International System of Units (SI), the globally binding basis for measurement today. Above all, the Metre Convention has also facilitated the establishment of an internationally harmonised metrology infrastructure: from the organs of the Metre Convention, one of which is the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), to the national metrology institutes of the individual countries.