

# Auf den Taupunkt gebracht

*Hygrometer, die das Raumklima mit einer relativen Prozentzahl anzeigen, kennen alle. Aber wie wird die absolute Luftfeuchtigkeit – definiert als gasförmiger Wasserdampfanteil in der Luft – metrologisch exakt gemessen? Diese Frage beantwortet ein Rundgang bei der Firma MBW Calibration AG, dem schweizerischen designierten Institut für absolute Feuchte.*

DAVID LEHMANN

In den Fugen des massiven Holzbodens liegen Metallspäne, CNC-Maschinen spritzen Kühlflüssigkeit auf Alublöcke und fräsen daraus Gehäuse: Hier, wo es nach Mechanik riecht, findet die Produktion hochgenauer Feuchtemessgeräte statt. Die Doppelgarage diente bereits dem Firmengründer Arthur Mutter vor über einem halben Jahrhundert als Arbeitsplatz für die Produktion seiner ersten Geräte. Daniel Mutter war drei Jahre alt, als sein Vater zusammen mit dem Partner Joseph Bless die Firma Mutter & Bless Wettingen (MBW) gründete. Er ist in diesem Haus und mit Taupunktspiegeln aufgewachsen. Angefangen hatte alles mit der Produktion von Textilprüfgeräten für die Firma Rothschild aus Zürich, welche Spannung in Textilfasern messen. Später kam die Fahrradfabrik Maag AG aus Zürich als Kunde hinzu. Ein neues Verfahren, um Zahnräder verschleissfester zu machen, erforderte, dass der Wasserdampfgehalt im Ofen bestimmt werden konnte. Herr Mutter Senior wählte das Taupunktspiegelprinzip zur Messung der Feuchte. Aus dieser speziellen Anwendung heraus entwickelte sich die gesamte Gerätepalette der MBW-Hygrometer (hygrós; «feucht, nass»).

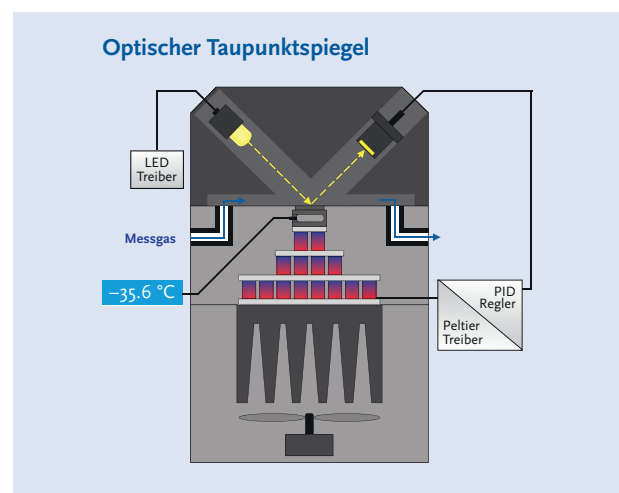


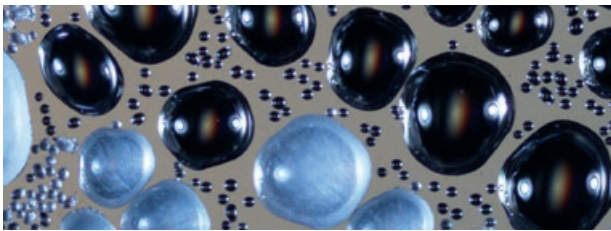
1: Von der Garage in die ganze Welt: Hier wurde die MBW 1962 gegründet und hier findet auch heute immer noch die Produktion der Taupunktspiegel-Hygrometer statt.

2: Über den Spiegel strömt das zu messende Gas. Bei absinkender Temperatur beschlägt der Spiegel und verändert sein Reflexionsvermögen. Sobald die Tauschicht stabil ist, ist der Taupunkt erreicht. Peltierelemente dienen zur Kühlung des Taupunktspiegels.

## Ein Hauch Tau

Das Prinzip des Taupunkts ist einfach: Unser Atem kondensiert an einem kalten Glas, weil der Taupunkt der ausgeatmeten Luft über der Temperatur der Glasoberfläche liegt. Herzstück eines Messgeräts für absolute Feuchte ist ein temperatureregelter Taupunktspiegel. Von einer Leuchtdiode fällt Licht auf den Spiegel, welches der Spiegel reflektiert und von einer Photodiode gemessen wird. Kondensiert Wasser auf dem sich abkühlenden Spiegel, vermindert sich die Reflexion und das Signal des lichtempfangenden Sensors verändert sich entsprechend. Der Taupunkt ist erreicht, sobald die Spiegeltemperatur so eingeregelt ist, dass sich eine stabile Tauschicht einstellt. Ein präziser Platin-Widerstandsthermometer im Spiegel ermittelt die Temperatur. Im Bereich von  $0^{\circ}\text{C}$  bis  $-40^{\circ}\text{C}$  ist es möglich, dass der Wasserdampf in flüssiger Form als unterkühlter Tau kondensiert oder in fester Form als Frost resublimiert. Manchmal befindet sich beides gleichzeitig auf dem Spiegel. Tau- und Frostpunkt auseinanderzuhalten ist wesentlich, weil sich die beiden Temperaturen unterscheiden. Diese Differenz und die Tatsache, dass es unter  $0^{\circ}\text{C}$  zwei unterschiedliche Definitionen der relativen Feuchte gibt, erkannten die Metrologen als Erste. Um den Taupunktspiegel beobachten zu können, stattete die MBW ihre Geräte mit Endoskopen aus. Heute lösen moderne Geräte das Problem mit einem automatischen Unterkühlungsverfahren, welches sicherstellt, dass sich bei einer Temperatur unter  $0^{\circ}\text{C}$  mit Sicherheit Frost auf dem Spiegel befindet.





3: Der Unterschied von Eis und Wassertröpfchen bei  $-20^{\circ}\text{C}$  ist auf dem Taupunktspiegel unter dem Mikroskop klar zu erkennen.

Regentropf oder Schneestern, Tau oder Raureif? In welcher Form Wasser vorliegt, interessiert auch die Meteorologen. Die Luftfeuchtigkeit ist nicht nur eine wichtige Kenngröße für Wetterprognosen und technische Anwendungen, sondern beeinflusst auch unser Wohlbefinden. Zwischen 40 und 60 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit – oft gemessen mit Haarhygrometern – befindet sich die Komfortzone des Menschen. Auch nach dem Tod kann sie wichtig sein: Bei der Aufbewahrung der Gletschermumie «Ötzi» im archäologischen Museum in Bozen konnte MBW mit seinen Messgeräten und beim Bau der Klimakammer helfen. Damit findet Ötzi bei einem optimalen Raumklima Ruhe.

### Der Weg in die Metrologie

«MBW steht für Mutters Bastelwerkstatt», sagt Daniel Mutter und lacht. Tatsächlich erinnert die Produktionsstätte im Mehrfamilienhaus aus den 30er Jahren mit kleinen Zimmern, Gängen und einer Küche samt Aufenthaltsraum an eine WG für Bastler. In der Mansarde brüten Elektroniker über Platinen, nebenan optimiert ein Konstrukteur ein Bauteil am Bildschirm und in einem weiteren Kämmerchen bestückt ein Mitarbeiter das Innere eines Geräts mit Teilen von Spiegeln, Pumpen und Peltierelementen.

Daniel Mutter ist gelernter Feinmechaniker und machte seine Lehre bei der Brown-Boveri & Cie (BBC, heute ABB) in Baden, bevor er seine Tätigkeit in der Firma des Vaters aufnahm. In den 1980er Jahren begann sich der Ruf der Taupunktspiegel aus Wettingen herumzusprechen. Die nationalen Metrologieinstitute (NMI) in Deutschland, Grossbritannien und später den USA nutzten für höchste Genauigkeit und Zuverlässigkeit Taupunktspiegel-Hygrometer der MBW. «Taupunktspiegel sind immer eine teure Lösung, aber weil wir gewisse messtechnische Probleme anders gelöst haben als die Konkurrenz, konnten wir präzisere Messresultate erzielen», erklärt er den



Erfolg. Die Nischensituation führte dazu, dass die Kundenkontakte intensiviert und die Geräte weiterentwickelt wurden. Zum Beispiel in Zusammenarbeit mit der US-Partnerfirma RH Systems und bei metrologischen Ringversuchen. «Es hat immer Spass gemacht als Feinmechaniker mit einer kleinen Schweizer Firma etwas bewegen zu können», fasst Daniel Mutter sein Engagement zusammen. «Die Beziehung zum Kunden und dessen emotionale Wahrnehmung sind wichtig – speziell in einem Nischenmarkt wie der Feuchtemessung.»



4: Erstes analoges DP3 und sein modernster Nachfolger, das Modell 373: Bestimmung des Frost/Taupunkts von  $-90^{\circ}$  bis  $95^{\circ}\text{C}$  «NMI, Kalibrierdienste und High-End-Forschungsorganisationen nutzen es.»

### Designiertes Institut für absolute Feuchte

2015 bezeichnete das METAS die Firma MBW als designiertes Institut für die Messgröße absolute Feuchte. Durch eine Glas-tür sieht man in den Teil des designierten Instituts. Daniel Mutter hantiert mit seinem Badge, nur wenige Personen haben hier Zutritt. Auf den Tischen werden Feuchtemessgeräte, weiter hinten die dazugehörigen Thermometer, kalibriert. Sascha Wettstein, der Schwiegersohn und nominierte Nachfolger, erklärt, wie die Feuchte realisiert wird: «Mit diesem Sättiger generieren wir einen Gasstrom mit einem definierten Wasserdampfanteil. In einem zweiten Schritt überprüfen wir den Frost- und Taupunkt mit unseren Geräten.» Diese dienen als Transfornormale um andere, einfachere Hygrometer zu kalibrieren. Die Primärrealisierung der Feuchte erfolgt über eine Rückführung der Temperatur und der Druckmessung auf nationale Normale.

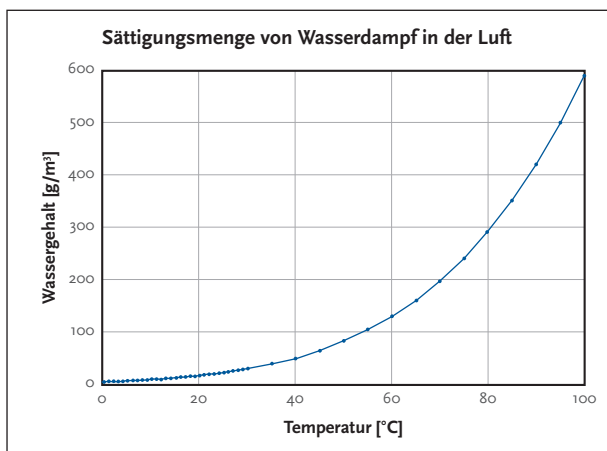
Neben der Welt metrologisch präziser Kalibrierungen ist die Firma MBW auch in einer weiteren Nische tätig. Sie trägt den etwas sperrigen Namen «Schwefelhexafluorid», kurz  $\text{SF}_6$ . In Hochspannungsschaltern wird das  $\text{SF}_6$  als Isolier- und Löschgas eingesetzt, um den Lichtbogen beim Ein- und Ausschalten zu löschen. Weil Fremdstoffe stören, müssen die Betreiber solcher Anlagen die  $\text{SF}_6$ -Qualität und den Wassergehalt messen. Am Anfang geschah dies immer mit zwei Geräten. Ende

der 1990er Jahre kam Daniel Mutter auf die Idee, diese beiden Verfahren zu kombinieren. «Das war ein Riesenerfolg», erinnert er sich. Zudem war das MBW-Gerät das erste mit integrierter Gasrückführung, welches das gemessene SF<sub>6</sub> nicht einfach in die Atmosphäre entliess. Das ist wichtig, weil SF<sub>6</sub> ein 23 000 mal höheres Treibhauspotential besitzt als CO<sub>2</sub>; mit anderen Worten, ein Kilogramm SF<sub>6</sub> heizt gleichviel ein, wie 23 Tonnen CO<sub>2</sub> (Vgl. den Artikel auf Seite 4). Aufgrund der Bedeutung der Umweltproblematik von SF<sub>6</sub> sind heute ein halbes Dutzend Anbieter in die Nische eingestiegen.

Zurück durch Produktionszimmer, Gänge und Treppen erreichen wir das Büro des Firmeninhabers. Das Hämmern und Bohren vom oberen Stock hat nichts mit der Produktion der Taupunkt-Hygrometer zu tun, sondern mit dem Umbau für die dritte und vierte Generation. Er und seine Frau werden weiterhin im Betrieb arbeiten, die Geschäftsleitung haben sie jedoch bereits der Tochter und dem Schwiegersohn übergeben. Obwohl die MBW das Geschäftsjahr trotz des Frankenschocks positiv abschliessen konnte, wird der neue Geschäftsführer nebst der Metrologie auch die Ökonomie im Auge behalten müssen. Daniel Mutter wird ihm beratend zur Seite stehen und sich speziell bei EURAMET als Kontaktperson in der Subgruppe Feuchte engagieren. «Expertentum ist eine Alterserscheinung», sagt er mit Verweis auf seine 35 Jahre Berufserfahrung. Über all diese Jahre geblieben ist ihm die Faszination, in welcher Vielfalt sich das Lebenselixier Wasser zeigt und wie man es möglichst präzise messen kann.



5: Im designierten Institut für absolute Feuchte: Daniel Mutter und Sascha Wettstein mit TransfERNormalen und Sättiger.



6: Die **maximale Luftfeuchtigkeit** (g/m<sup>3</sup>): Temperaturabhängige Höchstmenge an Wasserdampf in einen Kubikmeter Luft. Wie viel Wasserdampf tatsächlich in der Luft enthalten ist, zeigt die **absolute Luftfeuchtigkeit** (g/m<sup>3</sup>). Der Quotient aus absoluter und maximaler Luftfeuchtigkeit – multipliziert mit Hundert – definiert die **relative Luftfeuchtigkeit** (%).

### Designierte Institute

Designierte Institute operieren an der Spitze des nationalen Metrologiesystems wie das METAS. Als nationales Metrologieinstitut stellt das METAS international anerkannte Masseinheiten mit der erforderlichen Genauigkeit zur Verfügung. Es vergleicht die Normale in zweckmässigen zeitlichen Abständen mit denjenigen anderer nationaler Metrologieinstitute oder vergleichbarer Institutionen. Es führt die für den Unterhalt der nationalen Messbasis notwendigen wissenschaftlich-technischen Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten durch.

In Gebieten, in denen das METAS nicht selbst tätig ist, kann es für die Erfüllung dieser Aufgaben designierte Institute beziehen. Diese ergänzen das METAS und ermöglichen damit eine effiziente Nutzung der vorhandenen nationalen Ressourcen. Wie das METAS stellen die designierten Institute ihre metrologische Fachkompetenz im Rahmen des CIPM MRA unter Beweis. Mit dieser internationalen Vereinbarung wird die gegenseitige Anerkennung der nationalen Normale und der entsprechenden Kalibrierzertifikate ermöglicht.

### Designierte Institute in der Schweiz:

- Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos und World Radiation Center (PMOD/WRC), Davos Dorf. Bezeichnet für die Messgrösse **solare Bestrahlungsstärke (Radiometrie)**, vgl. METinfo 1/2015, S. 26–28.
- ROTH+CO AG, Oberuzwil. Bezeichnet für die Messgrösse **Temperatur**, Abdecken der Temperaturskala ITS-90 (–189 °C bis 962 °C), vgl. METinfo 2/2015, S. 19–21.
- MBW Calibration AG (MBW), Wettingen. Bezeichnet für die Messgrösse **absolute Feuchte**, Taupunkt von –90 °C bis +95 °C.
- Institut universitaire de radiophysique (IRA), Lausanne. Bezeichnet für die Messgrösse **Aktivität von Radionukleiden (Radioaktivität)**.