

Aspirations-Psychrometer

Autor(en): **Stucki, Ernst**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **127/128 (1946)**

Heft 23

PDF erstellt am: **19.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83953>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

werden, wobei ein zusätzliches Bündel Verdampferrohre wirksam wird.

Die Verbrennungsluft wird in einem Rohrbündel-Luftwärmer auf 315 °C vorgewärmt, dessen heissester Teil zwischen den beiden HD-Speisewasservorwärmern angeordnet ist. Die Aussen-seite der Rohre wird selbsttätig mit Druckluft von 25 atü von Russ gereinigt. Die Dampfrohre bestehen aus legiertem Stahl von 0,5 % Molybdän und 2 % Chrom; alle Verbindungen sind geschweisst, auch die beiden Abschlüsse.

Eine Besonderheit des Kraftwerkes Gennevilliers besteht in der Verpflichtung, an benachbarte Industrien maximal $2 \times 80 \text{ t/h}$ Dampf von 16 bis 23 atü abzugeben. Um die neuen Anlagen hiervon möglichst unabhängig zu halten, wird dieser Industriedampf in zwei Umformern erzeugt, die ihren Heizdampf durch Zwischenentnahme aus den beiden Hilfsturbinen von je 8000 kW erhalten. Da diese Dampfentnahme sehr variabel ist, sind die Hilfsturbinen mit Kondensatoren für die volle Leistung ausgerüstet. Sie arbeiten in der Regel auf das Netz, werden aber in Notfällen, so z. B. bei Absinken der Netzfrequenz, selbsttätig von diesem getrennt, so dass die Energieversorgung der angeschlossenen Hilfsmaschinen auf alle Fälle gesichert ist.

Durch die beschriebene Modernisierung dürfte das Kraftwerk Gennevilliers zu einem der am fortgeschrittensten seiner Art werden.

Aspirations-Psychrometer

Von Ing. S. I. A. ERNST STUCKI, Jegenstorf (Bern)

Unter den Feuchtigkeitsmessgeräten nimmt der Aspirations-Psychrometer eine besondere Stellung ein. Er gilt als das präzise und unfehlbare Messgerät, wobei die Ausführung nach Assmann von Meteorologen und Physikern als Standardgerät anerkannt wird. Es handelt sich hierbei nicht um eine physikalisch exakte Messung, da nicht sämtliche Faktoren, die die Messung beeinflussen, genau erfasst werden.

Die theoretischen Grundlagen der Feuchtigkeitsmessung mit Nass- und Trockenthermometern sind weitgehend untersucht und veröffentlicht [1]¹⁾. Als klassische Formel zur Ermittlung des Dampfdruckes gilt noch heute die von Sprung [2]; sie lautet:

$$e = E' - (t - t') \frac{b}{755}$$

Hierin bedeuten e den gesuchten Druck des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes in mm WS, E' den der Temperatur des befeuchteten Thermometers t' entsprechenden Dampfdruck, t die Lufttemperatur, abgelesen am Trockenthermometer des Psychrometers in °C, t' die Temperatur des feuchten und durch Verdunstung gekühlten Nassthermometers in °C und b den Barometerstand in mm QS.

Der zur gefundenen Dampfspannung gehörige Wert der relativen Feuchtigkeit ist durch die Formel bestimmt:

$$R = 100 \frac{e}{E}$$

wobei E den dem trockenen Thermometer entsprechenden Druck des gesättigten Wasserdampfes bedeutet.

Für die praktische Arbeit bedient man sich gerechneter Tabellen und Kurventafeln [3]. Diese Tafeln sind für die meteorologischen Verhältnisse berechnet. Es fehlen geeignete Psychrometertafeln für Temperaturen bis praktisch 100 °C, die für psychrometrische Messungen in industriellen Anlagen gebraucht werden können.

Der Aspirations-Psychrometer nach Assmann (Bild 1, links), besteht aus einem trockenen und einem feuchten Thermometer, die in einem Schutzgehäuse aus Blech untergebracht und mit einem durch Federwerk betätigten Aspirator derart verbunden sind, dass an den Thermometern Luft mit mehr als 2 m/sek vorbeiströmt. Assmann selbst, wie auch Prof. Bongarts und andere Physiker haben sich mit den Strahlungsverhältnissen in der Umgebung der Thermometer eingehend befasst und es wurde auch auf Grund solcher Arbeiten die eingangs erwähnte Sprung'sche Formel als Annäherungswert an die wirklichen Verhältnisse gefunden. Jeder Apparat hat seine sog. Psychrometerkonstante, in der die Einflüsse durch Strahlung und Leitung mitberücksichtigt sind, wobei immer mit einer Luftgeschwindigkeit von mindestens 2 bis 4 m/sek gerechnet wird. Für praktische Messungen zur Bestimmung des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit sind die Abweichungen, die die verschiedenen zur Verfügung stehenden Typen unter sich haben, nicht von Bedeutung, sofern die für die Anwendung von Psychrometern gültigen Regeln voll berücksichtigt werden.

¹⁾ Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schriftum-Verzeichnis am Schluss.

Der Original-Assmann-Psychrometer ist in verschiedenen Modellen im Handel. Wegen seiner Grösse und unhandlichen Form (1200 gr) ist er ein typisches Laboratoriumsinstrument und eignet sich weniger als praktisches Gerät für den Betriebsmann. Dieser verwendet sehr oft den Schleuder-Psychrometer (Bild 3), der auf den ersten Blick als einfaches und zweckmässiges Instrument erscheint. Die Arbeit mit ihm ist aber schwierig. Die Thermometer müssen innerhalb weniger Sekunden nach beendetem Schleudern abgelesen werden, wenn das Ergebnis brauchbar sein soll. Zudem lässt sich das Schleuder-Psychrometer nur im freien Raum, d. h. dort, wo der notwendige Platz vorhanden ist, anwenden.

Die Praxis hat nach einem Instrument gesucht, das leicht transportiert werden kann und für jeden Betriebsfall verwendungsfähig ist. Diese Forderung hat die Firma Haenni & Cie. A.-G., Jegenstorf, veranlasst, einen neuen Aspirations-Psychrometer zu konstruieren. Dieser Apparat misst geschlossen $300 \times 50 \times 50 \text{ mm}$ und wiegt 700 gr (Bild 4). Er kann verschlossen leicht versorgt oder in der Tasche mitgenommen werden. Das Gehäuse besteht aus Bakelit. Das Pressverfahren ermöglicht eine gedrängte Bauform und eine zweckmässige konstruktive Ausbildung für vielseitige Anwendung. In Metall wäre der Apparat viel zu schwer geworden. Schwarzer Presstoff wurde verwendet, weil in den letzten Jahren helles Material, das sich auch bei abnormaler Beanspruchung nicht verzieht und formbeständig bleibt, nicht erhältlich war.

Praktische Versuche im Vergleich mit andern Modellen haben gezeigt, dass die Messergebnisse hinlänglich brauchbar sind, wenn die Psychrometerregeln befolgt werden. Ohne Berücksichtigung dieser Bedingungen sind auch die Ergebnisse von andern Apparaten nicht zuverlässig.

Bild 2 zeigt den Haenni-Aspirations-Psychrometer im Schnitt. Zwei normale Glasthermometer sind auswechselbar im Bakelit-Gehäuse eingebaut. In einer von diesen unabhängigen Kammer liegt das Federwerk mit Zählvorrichtung praktisch gegen Feuchtigkeitseinflüsse gekapselt. Die Zählvorrichtung gestattet die Ueberwachung der Laufzeit des Propellers. Die Zahl unter dem Pfeil gibt angenähert die Arbeitszeit in Minuten an. Der in Saphyrsteinen gelagerte Propeller lässt die Luft nach hinten

ausströmen. Die Belüftungskanäle sind so ausgebildet, dass eine gleichmässige Strömung der Luft im Bereiche der Thermometer gewährleistet ist.

Der grosse Hauptdeckel dient zugleich als Stütze, sodass der

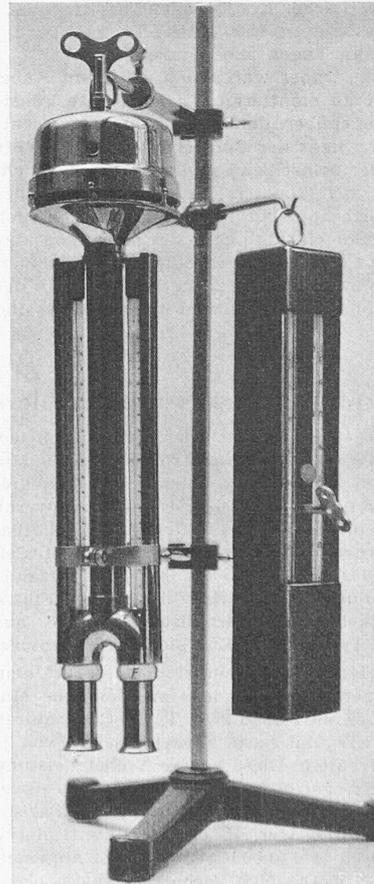


Bild 1. Aspirationspsychrometer links nach Assmann, rechts nach Angaben des Verfassers

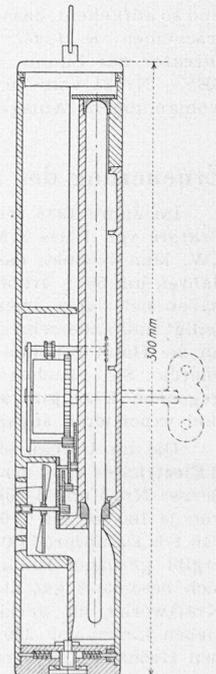


Bild 2. Schnitt durch das Instrument von Haenni. — 3 : 10

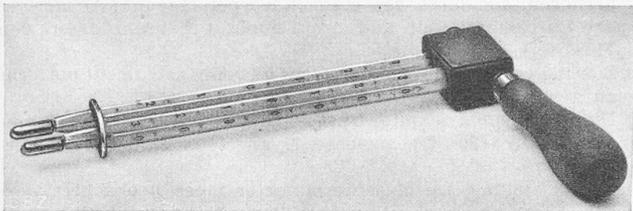


Bild 3. Schleuderpsychrometer

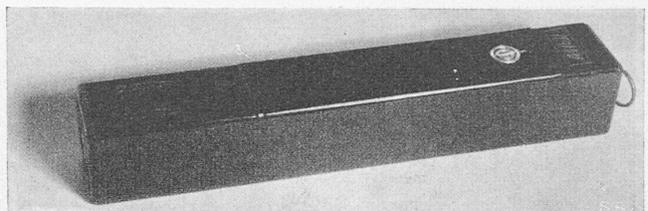


Bild 4. Haenni-Aspirationspsychrometer, geschlossen

Apparat nach Wunsch aufgehängt, gestellt oder angeklemt werden kann. Schlüssel, destilliertes Wasser und Ersatzmaterial sind im Instrumentengehäuse untergebracht und werden während dem Betrieb herausgenommen. Die Bilder 5 u. 6 zeigen das Netzen der Thermometer; die Bilder 6, 7 u. 8 verschiedenartige Verwendungsmöglichkeiten. In der Praxis wird ganz besonders die Auswechselbarkeit der Thermometer geschätzt, sowie der Vorteil, dass in Rohrleitungen, toten Winkeln und engen Kammern, wie sie z. B. in Trockenanlagen vorkommen, gemessen werden kann.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Abmessungen und Daten der Ausführung nach Assmann und der nach Haenni miteinander verglichen.

P. Berger, Payerne, hat in seiner Arbeit «Remarques au sujet des Assmann» (Annalen der Meteorologischen Zentralanstalt Zürich), den Einfluss der Wärmestrahlung an verschiedenen Psychrometern untersucht und ist zum Schluss gekommen, dass nur ein Instrument, dessen Schutzrohre um die Thermometerfühler praktisch massenlos sind, richtige Werte liefert. Er hat meiner Meinung nach die Instrumente nicht im Sinne des vorgesehenen Verwendungszweckes geprüft. Seine Beobachtungen stützen sich nur auf die künstlich erzeugten Temperatureinflüsse auf den Trockenthermometer bei verschlossenem Aspirationsrohr des Nassthermometers. Durch künstlichen Eingriff hat er zudem die Belüftungsverhältnisse verfälscht. Seine Schlussfolgerungen sind nur richtig in Bezug auf die Fehler des Trockenthermometers, nicht aber auf die Verwendung der Geräte als Psychrometer. Er hat nicht berücksichtigt, dass wenn die Strahlung gleichzeitig auf den Nass- und den Trockenthermometer wirkt, die Fehler für die Bestimmung der Feuchtigkeitswerte unbedeutend sind, besonders wenn nach den Psychrometerregeln der Apparat vor der Messung während genügend langer Zeit der Umgebungstemperatur ausgesetzt ist. Messungen unter direkter Sonnenbestrahlung, wie sie in der Arbeit von P. Berger beschrieben sind, werden praktisch wohl kaum ausgeführt.

Sehr wichtig scheint mir die richtige Befeuchtung des Nass-Thermometers zu sein. Praktische Versuche haben bestätigt, dass die meisten Fehler in der Psychrometrie durch zu rasches Arbeiten verursacht werden. Die Wasseraufnahme durch den, den wärmeempfindlichen Teil des Thermometers umschliessenden Stofflappen braucht Zeit und zwar so lange, bis die letzte Faser dieses Stoffes vollständig mit Wasser gesättigt ist. Wird mit der psychrometrischen Messung begonnen, bevor diese Bedingung erfüllt ist, so kreuzen sich zwei Vorgänge, nämlich einerseits die Wasseraufnahme durch die Zellen und andererseits die Verdunstung. Praktische Versuche mit zwölf Instrumenten, bedient durch verschiedene Leute, haben anfänglich ganz unbrauchbare Ergebnisse ergeben. Nachdem für die Befeuchtung genü-

Tabelle 1

	Haenni	Assmann (nach Prof. Bongart)
a) Glasthermometer, Fühler-Ø	4,5 mm	4 ÷ 4,5 mm
Fühlerlänge	6 ÷ 15 mm	8 ÷ 12 mm
Breite der Skala	9 mm	—
Ø der Thermometerhülse	10 mm	—
Skalenunterteilung	1/5 ° C	1/5 ° C
b) Psychrometer-Aussendimensionen:		
Länge	287 mm	ca. 400 mm
Durchmesser	50 × 50 mm	84 mm
Gewicht	700 gr	1200 gr
c) Aspirationskanäle:		
Durchmesser	25 mm	25 mm
Länge	57 mm	50 mm
Strahlungszyylinder-Ø	—	10 mm
Länge	—	50 mm
Wandstärke	—	0,5 mm
d) Laufwerk:		
Gangdauer	9 min	12 min
Nutzbare Gangzeit	8 min	8 min
Mittlere Luftgeschwindigkeit	2,5 m/s	2,4 m/s
Stauhöhe des Ventilators	1,5 m/s	—
Drehzahl des Propellers bei einer Umdrehung des Feder- gehäuses	4000	—

gend Zeit genommen wurde, sind nur noch ganz geringfügige Abweichungen festgestellt worden.

Wir empfehlen folgende Regeln:

1. Das Instrument ist mindestens 15 Minuten vor der Messung aufzustellen, damit der Apparat annähernd die Temperatur der Umgebung annimmt.
2. Ohne richtige Belüftung der Thermometer (2 bis 4 m/s) sind die Messresultate unsicher. Psychrometer in ruhender Luft geben trotz korrigierten Tabellen unbrauchbare Werte.
3. Der Stoffüberzug am Nassthermometer ist gründlich zu netzen. Hierfür sind mindestens 3 bis 5 Minuten notwendig. Man achte darauf, dass Wasseraufnahme und Verdunstung sich nicht gegenseitig beeinflussen. Mit Vorteil verwendet man auf Messtemperatur gebrachtes destilliertes Wasser.
4. Nach der Benetzung lässt man das Federwerk des Aspirations-Psychrometers ablaufen und beginnt erst nach dem zweiten Aufziehen mit der eigentlichen Messung. In normaler Raumluft reicht eine einmalige Benetzung für mehrere Stunden.

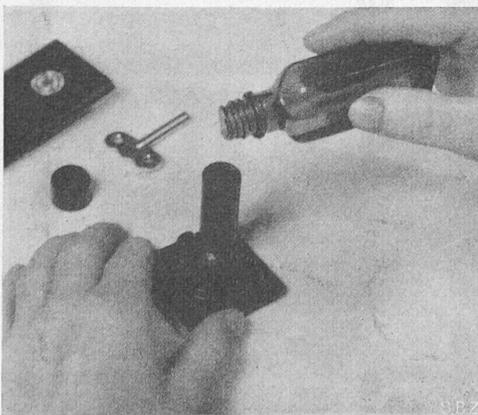


Bild 5. Einfüllen von destilliertem Wasser in das Benetzungsgefäss

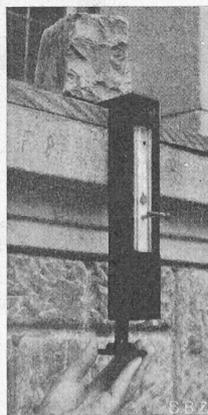


Bild 6. Benetzen des Feuchtthermometers

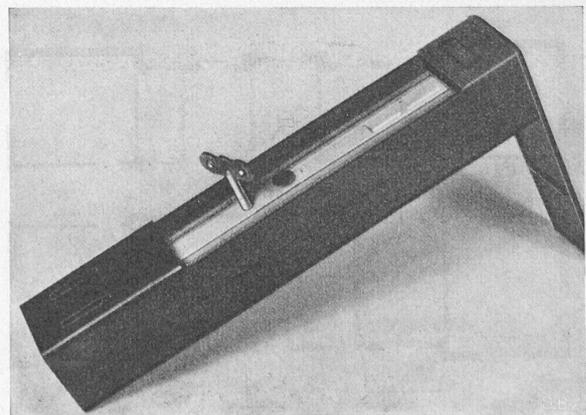


Bild 7. Aufstellen des Instrumentes zur Messung auf einer horizontalen Ebene (Tisch)

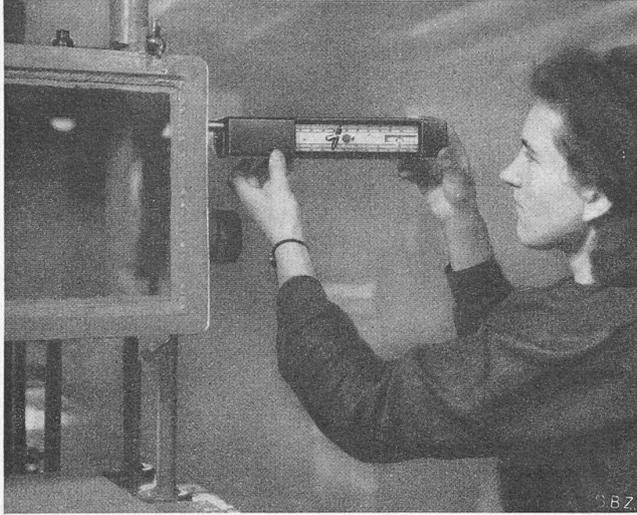


Bild 8. Messen des Luftzustandes in einer Trockenkammer

5. Stoffüberzüge dürfen nie mit den Fingern berührt werden.
6. Vor jeder Ablesung soll das Instrument mindestens 4 Minuten laufen. Das Messresultat ist drei bis viermal genau zu kontrollieren.
7. Die Skalen werden vorteilhaft mit einer Taschenlampe beleuchtet und die Ablesung mit einer Lupe vorgenommen.
8. Die Instrumente sind zum Ablesen so wenig wie möglich zu

Konkurrenzverbot im Baugewerbe

Das Obergericht des Kantons Aargau schützte die Klage einer Baustofffabrik (Aktiengesellschaft) gegen einen ehemaligen Angestellten, lautend auf Untersagung weiterer Konkurrenzfähigkeit und Leistung der vertraglich vorgesehenen Konventionalstrafe, indem es jedoch entgegen dem Konkurrenzverbot des Dienstvertrages die Dauer des Verbotes auf drei Jahre, die Konventionalstrafe auf 10 000 Fr. beschränkte. (Der am 1. Dezember 1928 eingegangene Dienstvertrag sah vor: Konkurrenzverbot 10 Jahre, Konventionalstrafe 20 000 Fr.). Der als Chefbuchhalter und Prokurist angestellte Beklagte hatte sich auch als Reisender und kaufmännischer Direktor einer Tochtergesellschaft der Klägerin betätigt. Auf den 1. Oktober 1944 kündigte er den Vertrag, indem er in einem Zirkularschreiben an Geschäftsfreunde mitteilte, er habe nun die Leitung eines Baumaterialiengeschäftes der Konkurrenz übernommen, und sei daran auch finanziell beteiligt. Gestützt auf das Konkurrenzverbot reichte die Klägerin aus diesen Gründen gegen den Beklagten Klage ein. Das Bundesgericht hat das kantonale Urteil in Abweisung der Berufungen beider Parteien bestätigt. Der Beklagte stützte seine Einwendungen besonders darauf, er habe keinen Einblick in die Geschäftsgeheimnisse und den Kundenkreis der Klägerin gehabt, daher sei das Konkurrenzverbot gemäss Art. 356 Abs. 2 OR als nichtig zu erklären, ebenso weil es zeitlich, örtlich und gegenständlich eine übermässige Erschwerung seines wirtschaftlichen Auskommens bedeute (Art. 357 OR). Beide Argumente waren indessen nicht

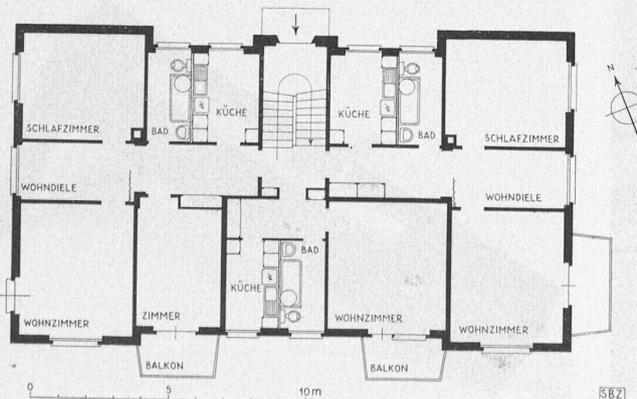


Bild 1. Miethaus Seematte Hünibach (Thun). Arch. K. WOLF. Grundriss mit Verwendung des Sanitärblocks «Norma»; Masstab 1: 250

- berühren. Die durch den eigenen Körper erzeugte Aenderung der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur beeinflussen den Messwert.
9. Zuschauer sind nicht näher als 3 m vom Instrument entfernt zu gestatten.
10. Die Psychrometrie unter 0° C ist eine grosse Kunst. In Raumtemperatur (20° C) geeichte Hygrometer sind weit zuverlässiger.
11. Die Eisbildung am Nassthermometer muss beobachtet werden. Diese ist durch plötzlichen Sprung der Quecksilbersäule leicht erkennbar.
12. Dicke Eisschicht am Mullstoff ist unzulässig.
13. Schleuder-Psychrometer müssen rasch abgelesen werden. Die oben genannten Regeln gelten auch für diese.
14. Vor Sonnenbestrahlung sind die Instrumente zu schützen. Nur Messungen am Schatten oder in Räumen geben zuverlässige Ergebnisse.
15. In Industrieanlagen muss oft der Feuchtigkeitsgehalt mechanisch verunreinigter Luft bestimmt werden. Sind die Staubteilchen hygroskopisch, wird die Messung praktisch nicht beeinflusst. Der Stoffüberzug muss auf den Grad der Verschmutzung kontrolliert und wenn nötig erneuert werden.

- [1] Siehe *Bongarts*, Feuchtigkeitsmessung, Verlag R. Oldenbourg, München, 1926, und die darin erwähnten Autoren.
- [2] Siehe «Das Wetter» Jahrgang 1888.
- [3] Aspirations-Psychrometertafeln, Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1940.
- [4] *J-x*-Diagramme feuchter Luft nach Mollier.
- [5] Graphische Tafeln für die Psychrometrie von Dr. *Lorenz Fischer*. Verlag: Meteorologische Zentralanstalt, Zürich.
- [6] Graphische Aspirations-Psychrometertafeln von *H. Uttinger*. Verlag Meteorologische Zentralanstalt, Zürich.
- [7] *M. Höttinger*: Wärme und Wasserdampfgehalt feuchter Luft in verschiedenen Höhen ü. M. «Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung» 8 (1941), H. 1.

stichhaltig. Denn einerseits ist nicht der Zeitpunkt des Abschlusses des Konkurrenzverbotes für die Beurteilung der Verhältnisse massgebend, sondern der Zeitpunkt, in dem es seine Wirkung entfaltet, also bei oder nach Beendigung des Dienstverhältnisses. Dazu hatte der Beklagte während seiner Anstellung als Reisender die Konkurrenzklausele nie bestritten oder als hinfällig erklärt. Art. 357 OR aber stellt lediglich eine Beschränkung der Konkurrenzklausele auf, gerade um einer absoluten Nichtigkeit des Konkurrenzverbotes zu begegnen. In diesem Sinne muss es nach Ort, Zeit und Gegenstand angemessen begrenzt sein, um eine unbillige Erschwerung des wirtschaftlichen Fortkommens des Dienstpflichtigen auszuschliessen. Es fragte sich somit nur, ob das eingegangene Konkurrenzverbot zeitlich, örtlich und gegenständlich angepasst beschränkt worden sei. Nun umfasst es aber im vorliegenden Fall mit Ausnahme von vier französisch sprechenden Kantonen die ganze Schweiz und betrifft alle Geschäfte dieser Branche (Baustofffabrikation und Baumaterialienhandel) auf die Dauer von zehn Jahren seit der Kündigung. Darin liegt jedoch eine unbillige Erschwerung der wirtschaftlichen Zukunft des Beklagten im Sinne von Art. 357 OR, wogegen es die wirtschaftlichen Inter-

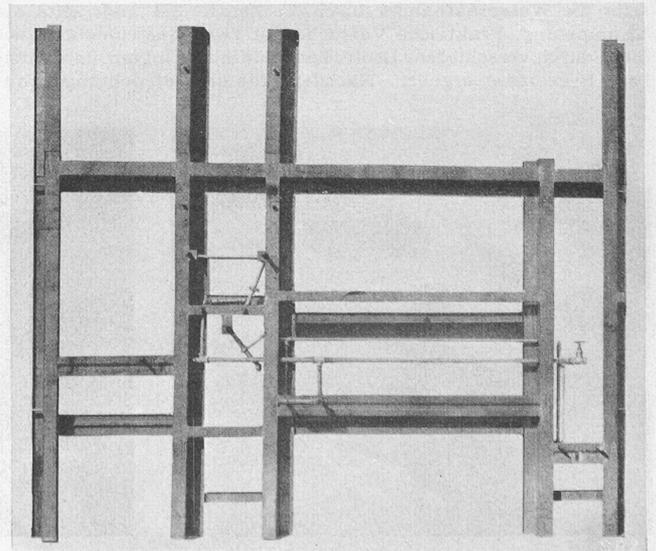


Bild 2. «Norma»-Block, Gestell mit Leitungen. Badseite