

Schnellbestimmung für Wasser in organischen Lösungsmitteln

A Quick Procedure for Determination of Water in Organic Solvents

H. LANGHALS, München *

Key words: Wasserbestimmung, organische Lösungsmittel, Analysenverfahren, Solvatochromie, binäre Gemische
Determination of Water, Organic Solvents, Analysis Method, Solvatochromism, Binary Mixtures

Zusammenfassung

Ein Verfahren zur UV/VIS-spektroskopischen Bestimmung von Wasser unter Verwendung eines solvatochromen Pyridinumphenolat-Betains wird beschrieben. Der Wassergehalt organischer Lösungsmittel wird mit einer Zwei-Parameter-Gleichung aus λ_{\max} der Farbstoff-Absorption berechnet.

* Prof. Dr. Heinz Langhals, Institut für Organische Chemie der Universität München, Karlstraße 23, W-8000 München 2

Eine typische Nachweisgrenze für Routine-Spektrometer liegt bei 10 mg in 100 ml Lösungsmittel. Die Parameter für die Wasserbestimmung werden für eine Reihe häufig verwendeter Lösungsmittel angegeben.

Summary

A procedure for the UV/VIS-spectroscopic determination of water by the use of a solvatochromic pyridiniumphenolat betaine is given. The water content of organic solvents is calculated by a two parameter equation from λ_{\max} of the dye. A typical detection limit is in the order of 10 mg in 100 ml solvent for routine spectrometers. The parameters for the determination of water are given for a number of commonly used solvents.

1. Einleitung

Der Rest-Wassergehalt getrockneter Lösungsmittel ist für präparative chemische Arbeiten ausgesprochen wichtig und kann Ausbeuten, Reaktionsprodukte und Selektivitäten bestimmen. Üblicherweise gibt es keine Probleme mit Lösungsmitteln wie Diethylether, die über Alkalimetallen aufbewahrt werden – eine große Zahl stark hygroskopischer Lösungsmittel

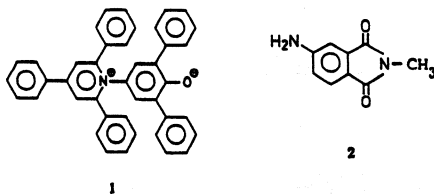
Legende zum Foto oben:

Bei der im Gegenlicht aufgenommenen Meßkolbenreihe sind die auf Schildern angegebenen ml Methanol vorgelegt und dann mit Aceton auf 10 ml aufgefüllt worden. Man sieht, daß kleine Anteile an polarer Komponente (Wasser oder Methanol) eine starke Farbverschiebung bewirken, die Wirkung jedoch bei großen Anteilen immer geringer wird (logarithmischer Zusammenhang nach Gl. 2)

wie Dimethylsulfoxid, Dimethylformamid oder Ethanol werden in Substanz oder über Molekularsieb aufbewahrt. Bei präparativen Arbeiten ist dann der Wassergehalt unbekannt, insbesondere, wenn die Proben älter sind. Die KARL-FISCHER-Titration [1] ist eine brauchbare Methode zur Wasserbestimmung, sie benötigt aber eine spezielle Ausrüstung (Dead-Stop-Methode) und ein spezielles „Know How“. Weitere Probleme entstehen in Gegenwart von Redoxsystemen (Bestimmung des Wassergehalts von Peroxiden), so daß sie nicht als Routineverfahren ausgeführt wird. Es wird daher ein einfaches und unkompliziertes Verfahren zur Bestimmung von Wasser in organischen Lösungsmitteln benötigt.

2. Solvatochrome Farbstoffe

Für Wasserbestimmungen kann die Tatsache verwendet werden, daß Wasser im Vergleich zu den meisten anderen Solvenzien eine ungewöhnlich große Polarität besitzt. Es können dadurch sogar kleine Mengen an Wasser die Polarität eines Mediums wesentlich erhöhen, und dies kann durch eine empfindliche Solvens-Polaritätssonde quantitativ bestimmt werden. DIMROTH und REICHARDT [2] verwendeten für eine Wasserbestimmung auf der Basis der Polarität des Mediums den Pyridiniumphenolatbetain-Farbstoff **1** [3–5], dessen Absorptionsmaximum (λ_{\max}) sehr empfindlich von der Polarität des Mediums abhängt. **1** ist die Basis für die $E_T(30)$ -Solvens-Polaritätsskala, die durch die Gleichung (1) definiert ist.



$$E_T(30) = 28590 [\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1}] / \lambda_{\max} \quad (1)$$

Die Absorptionswellenlänge von **1** wird mit abnehmender Solvens-Pola-

rität vom kurzwelligen Bereich in Wasser (gelbe Lösung) zum langwellig sichtbaren Bereich in Aceton (grüne Lösung) und schließlich bis in den nahen Infrarot-Bereich in Lösungsmitteln mit niedriger Polarität wie 1,4-Dioxan verschoben. Die Beziehung zwischen λ_{\max} oder den $E_T(30)$ -Werten und dem Wassergehalt eines Lösungsmittels ergibt aber stark nichtlineare Eichkurven – als typisches Beispiel ist in Abb. 1 die Beziehung zwischen der Wasser-Konzentration c und λ_{\max} für DMPU angegeben. Dieses Handicap hat bisher den allgemeinen Einsatz des Verfahrens verhindert, obwohl Eichkurven für einige Mischungen von Lösungsmitteln mit Wasser aufgenommen worden sind [3–7].

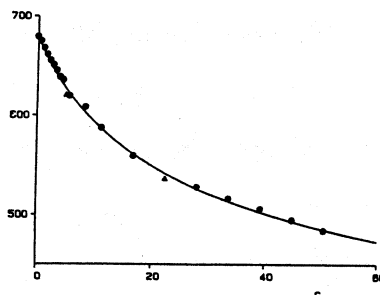


Abb. 1: Beziehung zwischen λ_{\max} von **1** in nm und dem Wassergehalt (c in mol/l) seines Lösungsmittels DMPU (1,3-Dimethyl-3,4,5,6-tetrahydro-2(1H)-pyrimidinon)

3. Theorie

Das Problem der nichtlinearen Eichkurven kann durch die Anwendung der Zwei-Parameter-Gleichung (2) [8–12] gelöst werden, die eine allgemeine Beschreibung der Solvens-Polarität als Funktion seiner Zusammensetzung darstellt [13, 14]. c in Gl. (2) in g/l oder mol/l ist die Konzentration der stärker polaren Komponente – hier Wasser –, $E_T(30)$ die Polarität des binären Gemischs und $E_T(30)^0$ die Polarität der reinen Komponente mit niedrigerer Polarität (wasserfreies Lösungsmittel). Die zwei Parameter der Gleichung sind E_D und c^* , die für jedes Lösungsmittel-Paar empirisch bestimmt werden müssen. Für die

praktische Wasserbestimmung werden die Gleichungen (1) und (2) mit $E^* = 28590 [\text{kcal} \cdot \text{nm}] / E_D$ in Gl. (3) umgewandelt. Dies ergibt eine wesentliche Vereinfachung der Wasserbestimmung [15].

$$E_T(30) = E_D \ln(c/c^* + 1) + E_T(30)^0 \quad (2)$$

$$c = c^* \cdot \exp(E^*/\lambda_{\max} - E^*/\lambda_{\max}^0) - c^* \quad (3)$$

c in (3) ist die Konzentration an Wasser in mg/ml oder mol/l entsprechend der Dimension von c^* . c^* ist der c^* -Wert in den Dimensionen von c . λ_{\max} ist das Absorptionsmaximum des Pyridiniumphenolat-Betains **1** in der entsprechenden wasserhaltigen Lösungsmittel-Probe. λ_{\max}^0 ist der λ_{\max} -Wert des reinen, wasserfreien Lösungsmittels. E^* ist oben angegeben. Die Gültigkeit von Gl. (3) wird durch die lineare Eichkurve von Abb. (2) demonstriert.

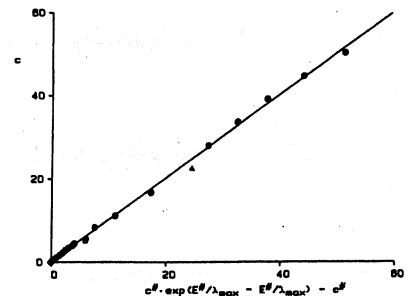


Abb. 2: Lineare Beziehung zwischen $c^* \cdot \exp(E^*/\lambda_{\max} - E^*/\lambda_{\max}^0) - c^*$ und der Konzentration c an Wasser entsprechend Gl. (3) zur Bestimmung von Wasser in DMPU. c in mol/l und λ_{\max} in nm

Die Parameter E^* , c^* , und λ_{\max}^0 sind in Tab. 1 für eine Reihe häufig verwendeter Lösungsmittel und den Farbstoff **1** angegeben.

4. Wasserbestimmung

Die Wasserbestimmung kann auf einfache Weise ausgeführt werden – eine kleine Menge des solvatochromen Pyridiniumphenolat-Betains **1** wird in der Lösungsmittel-Probe aufgelöst, so daß die Extinktion der langwelligen

WASSERBESTIMMUNG

Tab. 1: Parameter für Gl. (3) und Farbstoff 1 für häufig verwendete Lösungsmittel [16] bei 20 °C

Solvens	c* mol/l (mg/ml)	E* nm	λ_{\max}^0 nm	E^*/λ_{\max}^0 c_{\min}^a	r n
Aceton	0,664 (12,0)	7960	677,5	11,7 0,21	0,9994 11
Acetonitril	0,293 (5,28)	10600	625,5	16,9 0,15	0,9992 11
1-Butanol	1,98 (35,7)	21500	574,1	37,4 2,4	0,9981 22
tert-Butylalkohol	1,01 (18,2)	10100	660,3	15,3 0,43	0,9967 26
N-tert-Butylformamid	28,2 (508)	5830	567,3	10,3 9,3	0,9965 21
tert-Butylhydroperoxid [17]	0,340 (6,13)	20100	575,3	34,9 0,38	0,9984 10
Dimethoxyethan	0,301 (5,42)	9530	748,4	12,7 0,093	0,9996 12
N,N'-Dimethylacetamid	5,28 (95,1)	5510	664,9	8,29 1,2	0,9984 13
DMEU ^{b,c)}	11,0 (198)	3010	672,7	4,47 1,3	0,9992 20
1,4-Dioxan	0,512 (9,22)	6600	794,2	8,31 0,097	0,9993 27
DMF	11,52 (208)	2990	654,2	4,57 1,5	0,9979 18
DMPU ^{c,d)}	12,8 (230)	2714	679,5	3,99 1,4	0,9996 18
DMSO	53,8 (969)	1190	633,9	1,88 2,9	0,9997 20
Ethanol	38,1 (686)	4550	549,8	8,28 10	0,9998 30
Formamid	34,3 (618)	5120	511,4	10,0 12	0,9962 10
HMPT ^{e)}	1000 (18020)	50,8	699,0	0,0727 1,9	0,9989 6
Methanol	150 (2700)	1600	516,1	3,10 16	0,9300 25
2-Methoxyethanol	12,4 (223)	15900	547,7	29,0 12	0,9802 10
N-Methylpyrrolidon ^{c)}	17,4 (313)	2320	677,5	3,42 1,6	0,9996 18
Nitromethan	1000 (18020)	6,92	617,5	0,0112 0,33	0,9997 3
1-Propanol	4,22 (76,0)	16900	566,1	29,9 4,1	0,9956 25
Propylencarbonat	0,502 (9,04)	9264	621,5	14,9 0,22	0,9990 9
Pyridin	5,48 (98,7)	4030	711,2	5,67 0,79	0,9960 29
THF	0,449 (8,09)	7090	764,4	9,28 0,099	0,9997 20
TMU ^{f)}	4,02 (72,4)	4910	697,3	7,04 0,74	0,9986 14

a) Minimale Wasserkonzentration in mg/ml, die mit einem Routine-Spektrometer mit 1 nm Auflösungsvermögen bestimmt werden kann.

b) 1,3-Dimethyl-2-imidazolidinon [18].

c) Ersatz für HMPT.

d) 1,3-Dimethyl-3,4,5,6-tetrahydro-2(1H)-pyrimidinon.

e) Vorsicht [19, 20] – hoch toxisch!

f) Tetramethylharnstoff.

Solvatochromie-Bande zwischen 0,75 und 1,0 liegt. λ_{\max} wird bestimmt und der Wassergehalt mit Gl. (3) und den Parametern der Tab. 1 berechnet. Die Genauigkeit der Wasserbestimmung hängt allein von der Präzision des Spektrometers und der Größe von c^* ab und liegt typischerweise in der Größenordnung von 5% bei einem Wassergehalt von 10 mg/ml für ein Routine-Spektrometer mit einem Auflösungsvermögen von 1 nm. Die Empfindlichkeit der Wasserbestimmung liegt für Acetonitril bei Verwendung eines solchen Spektrometers bei 0,2 mg/ml (sie würde bei einem Spektrometer mit 0,1 nm Auflösungsvermögen bei 0,01 mg/ml liegen). Der c^* -Wert ist für den Fehler der Wasserbestimmung wichtig. Für $c < c^*$ ist der absolute der bestimmten Wasserkonzentration konstant, für $c > c^*$ der relative; für eine detaillierte Diskussion siehe [8–10] und siehe weiter unten.

Für eine Präzisions-Wasserbestimmung muß λ_{\max} des Farbstoffs mit einer hohen Genauigkeit lokalisiert werden. Dies könnte durch die Berechnung der ersten Ableitung erfolgen – das Signal-Zu-Rausch-Verhältnis des Spektrometers verschlechtert sich aber dadurch [21], und es resultieren größere Unsicherheiten in der Wasserbestimmung. Bessere Ergebnisse werden bei der Anwendung des Mathias'schen Regel [22] erhalten, nach der die Halbmesser der Sekanten entsprechend Abb. 3 verbunden werden. Eine Kalibrierung des Spektrometers sollte dabei unmittelbar vor und nach der Messung mit Holmium-Glas [23] erfolgen.

Die Parameter von Gl. (3) sind für häufig verwendete Lösungsmittel in

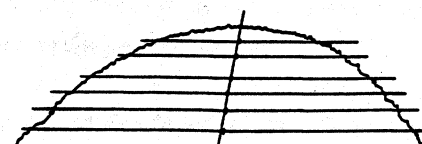
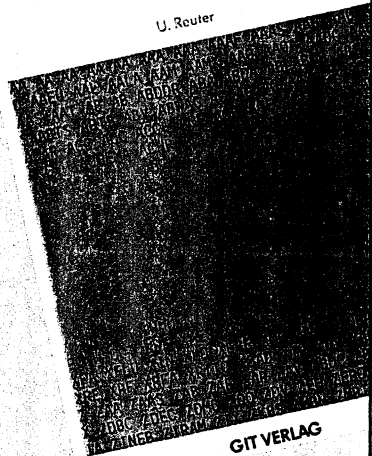


Abb. 3: Die präzise Lokalisierung einer breiten Absorptionsbande durch Anwendung der Mathias-Regel – die Linien sollten im Bereich von 10 bis 15% unterhalb von E_{\max} gezeichnet werden

WAS IST DENN DAS?

ABKÜRZUNGEN UND AKRONYME IN DER CHEMIE



Die umfangreichste Dokumentation – unentbehrlich für Wissenschaft und Industrie.

Von A–Z alles, was man sonst nicht weiß. Und alles auf dem neuesten Stand!

Format DIN A 5,
210 Seiten,
36,– DM

GIT VERLAG

WASSERBESTIMMUNG

Tab. 1 angegeben. Von weiteren Lösungsmitteln können sie leicht auf bekannte Weise [14] bestimmt werden.

5. Nachweisgrenzen und experimenteller Fehler

Die Nachweisempfindlichkeit und der experimentelle Fehler wird im wesentlichen durch die Genauigkeit des verwendeten Spektrometers bestimmt. Für Routine-Spektrometer mit einer Genauigkeit von 1 nm liegt die typische Nachweisgrenze bei 1 mg Wasser in 1 ml Lösungsmittel (siehe Tab. 1). Die Bestimmung von Wasser ist weniger empfindlich bei Lösungsmitteln mit hoher Polarität wie Methanol und erreicht Werte von besser als 0,1 mg/ml für Lösungsmittel mit niedriger Polarität wie 1,4-Dioxan oder THF. Der Fehler in der Wasserbestimmung kann nach dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz abgeschätzt werden [9, 10]. Der wichtigste Term des Meßfehlers ist die Unsicherheit in der Bestimmung von λ_{\max} ($\Delta\lambda_{\max}$) [9]. Dieser Beitrag zum Gesamfehler wird von der Gl. (4) angegeben.

$$\Delta c = E^{\#} \cdot \lambda_{\max}^{-2} \cdot (c + c^{\#}) \cdot \Delta\lambda_{\max} \quad (4)$$

Es ist wichtig, daß der relative Fehler fast konstant für Wasser-Konzentrationen größer als $c^{\#}$ ist, während für Konzentrationen kleiner als $c^{\#}$ der absolute Fehler konstant ist.

Die Wasserbestimmung kann mit fast allen üblichen Solvenzien ausgeführt werden. Sie ist sogar bei oxidierenden Lösungsmitteln wie tert-Butylhydroperoxid [17] möglich.

Probleme können durch die niedrige Löslichkeit des Farbstoffs **1** in rein aliphatischen Lösungsmitteln entstehen. In diesen Fällen sollte der Farbstoff durch sein Penta-tert-butyl-Derivat [24] ersetzt werden, das in diesen Lösungsmitteln besser löslich ist. Die Parameter der Gl. (3) unterscheiden sich für diesen Farbstoff aber von den in Tab. 1 für den Farbstoff **1** angegebenen Werten.

Eine weitere Einschränkung für die Verwendung von **1** ist die Analyse acider Lösungsmittel wie Essigsäure oder Ameisensäure, die den Sauerstoff des Farbstoffs protonieren. In diesen Fällen sollte Farbstoff **1** durch eine andere Polaritätssonde ersetzt werden, so z. B. durch **2** (siehe unten). Säurespuren in Lösungsmitteln können durch Schütteln mit Calciumcarbonat oder durch den Zusatz einer geringen Menge einer Base wie Piperidin entfernt werden.

Bei sehr hohen Wasser-Konzentrationen, bei einigen Lösungsmitteln mehr als 100 mg/ml und bei anderen mehr als 400 mg/ml, wird ein abrupter Wechsel in der Solvens-Struktur beobachtet, und es gilt dann eine zweite lineare Korrelation nach Gl. (3), aber mit anderen Parametern $E^{\#}$, $c^{\#}$ und λ_{\max}^0 [14]. Dies muß bei Proben mit hohem Wassergehalt berücksichtigt werden.

6. Wasserbestimmung durch einen einfachen Farbttest

Für eine schnelle Routine-Kontrolle des Wassergehalts eines organischen Lösungsmittels ist meist die Bestimmung von λ_{\max} über einen Farbvergleich bereits ausreichend. In dem zu untersuchenden Lösungsmittel wird der Farbstoff **1** gelöst und die Farbe der Lösung mit einer Farbskala Absorptionsfarbe/Wellenlänge (400 nm entspricht gelb und 750 nm blaugrün) verglichen. Wenn die Farbstoff-Konzentration nicht sehr hoch ist und derjenige, der die Analyse durchführt in Farbvergleichen geübt ist, wird sogar eine Genauigkeit von 5 bis 10 nm erreicht. Farbskalen Absorptionsfarbe/Wellenlänge sind z. B. in Lit. [25–26] abgebildet.

7. Weitere Möglichkeiten

Die Gültigkeit von Gl. (2) und (3) ist für eine ganze Reihe von Solvens-Polaritätsskalen nachgewiesen worden – siehe Lit. [14]. Die Wasserbestimmung kann daher mit diesen Polari-

tätsskalen ausgeführt werden. Der Vorteil des Farbstoff **1** ist die große Empfindlichkeit seiner Solvatochromie gegenüber der Solvens-Polarität. Es ist deshalb vorteilhaft, Farbstoff **1** für alle Routine Untersuchungen zu verwenden. Bei trüben Solvens-Proben kann es schwierig sein, mit den üblichen Spektrometern λ_{\max} zu bestimmen. In diesen Fällen sollte Farbstoff **1** durch den solvatochromen Fluoreszenzfarbstoff **2** [10] ersetzt werden.

λ_{\max} der Fluoreszenz kann sogar problemlos ohne ein Fluoreszenzspektrometer durch eine einfache Drei-Punkt-Methode bestimmt werden [10].

Gl. (3) kann auch auf andere physikalische Effekte angewendet werden. Dies ist bereits für den Brechungsindex und die Dichte geschehen [11]. Bei Gasen gelingt eine Konzentrationsbestimmung durch eine einfache Druckmessung auf 10 ppm genau [12].

8. Praktische Ausführung der Wasserbestimmung

Für die Wasserbestimmung wird wenig Farbstoff **1** in einer Küvette in dem zu untersuchenden Lösungsmittel gelöst (ca. 1 mg bei Standard-Küvetten), so daß die Extinktion bei λ_{\max} zwischen 0,75 und 1,0 liegt. λ_{\max} wird durch die Anwendung der Mathias-Regel genau lokalisiert und der Wassergehalt mit Gl. (3) unter Verwendung der Parameter von Tab. 1 berechnet.

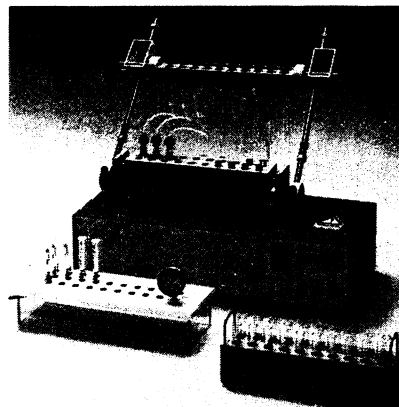
Beispielsweise wird für eine Lösungsmittelprobe THF eine Absorption des Farbstoffs **1** bei 641,8 nm gefunden mit $c^* = 8,09$ mg/ml, $E^* = 7090$ nm und $\lambda_{\max}^0 = 764,4$ nm aus **1** wird ein Wassergehalt von 39,5 mg/ml berechnet. Der eingestellte Wassergehalt beträgt 40 mg/ml und der Meßfehler 1,3%.

Literatur

- [1] VOGEL, A.I.: A Textbook of Quantitative Inorganic Analysis, 4 th. ed., p. 668, Longman, London 1978.
 [2] DIMROTH, K., C. REICHARDT: Z. Analyt. Chem., **215**, 344 (1966).

- [3] DIMROTH, K., C. REICHARDT, T. SIEPMANN, F. BOHLMANN: Liebigs Ann. Chem., **661**, 1 (1963).
 [4] REICHARDT, C.: Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry, 2nd. ed., Verlag Chemie, Weinheim 1988.
 [5] REICHARDT, C.: Angew. Chem., **91**, 119 (1979); Angew. Chem. Int. Ed. Engl., **18**, 98 (1979).
 [6] DIMROTH, K., C. REICHARDT: Top Curr. Chem., **11**, 1 (1968).
 [7] JOHNSON, B.P., B. GABRIELSEN, M. MATULENKO, J.G. DORSEY, C. REICHARDT: Anal. Lett., **19**, 939 (1986); Chem. Abstr. **105**, 164184a (1986).
 [8] LANGHALS, H.: Z. Analyt. Chem. **305**, 26 (1981).
 [9] LANGHALS, H.: Z. Analyt. Chem. **308**, 441 (1981).
 [10] LANGHALS, H.: Z. Analyt. Chem. **310**, 427 (1982).
 [11] LANGHALS, H.: Z. Analyt. Chem. **319**, 293 (1984).
 [12] LANGHALS, H.: Anal. Lett., **20**, 1595 (1987).
 [13] LANGHALS, H.: Chem. Ber. **114**, 2907 (1981).
 [14] LANGHALS, H.: Angew. Chem. **94**, 739 (1982); Angew. Chem. Int. Ed. Engl. **21**, 724 (1982).
 [15] LANGHALS, H.: Description of Properties of binary Solvent Mixtures in R.I. Zalewski, T.M. Krygowski, J. Shorter, Similarity Models in Organic Chemistry, Biochemistry and related Fields, Elsevier Publisher, im Druck.
 [16] RIDDICK, J.A., W.B. BUNGER: Solvents, in A. Weissberger, Techniques in Chemistry, vol. II, 2. edition, Wiley Interscience, New York 1970.
 [17] LANGHALS, H., E. FRITZ, I. MERGELBERG: Chem. Ber., **113**, 3662 (1980).
 [18] MUKHOPADHYAY, T., D. SEEBACH: Helv. Chim. Acta, **39**, 385 (1982).
 [19] SCHMUTZ, J.F.: Chem. Eng. News, 16th Jan. 1978, 39.
 [20] SPENCER, H.: Chem. Ind., 1979, 728.
 [21] ZIESSOW, D.: On-line Rechner in der Chemie, 1 st. ed., Walter de Gruyter, Berlin 1973.
 [22] BRDICKA, R.: Grundlagen der Physikalischen Chemie, 10. Aufl., S. 252, 503, VEB, Berlin 1972.
 [23] VANDENBELT, J.M.: J. Opt. Soc. Am., **51**, 802 (1961); Chem. Abstr. **55**, 19360i (1961).
 [24] REICHARDT, C. and E. HARBUSCH-GÖRNERT: Liebigs Ann. Chem. 1983, 721.
 [25] BEYER, H., W. WALTER: Lehrbuch der Organischen Chemie, 20. Aufl., S. 555, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1984.
 [26] KLESSINGER, M.: Chemie in uns. Zeit, **12**, 1 (1978).

TCS-Probenaufbereitungs-Systeme zum schnellen und kontaminationsfreien Eindampfen von Probenmaterial



TCS-Probenaufbereitungs-Systeme vapo-therm/vapo-therm mobil bestehen im wesentlichen aus dem TCS-Trockentemperiersystem und der TCS-Belüftungseinrichtung.

Bekannt ist, daß in der Analytik die Probenvorbereitung mit der höchsten Fehlerquote 50—100 % behaftet ist.

Deshalb rüstet Labor Technik Barkey beispielsweise die TCS-Belüftungseinrichtungen mit schnell auswechselbaren handelsüblichen Pasteurpipetten oder schnell adaptierbaren Eppendorfspitzen aus. Hierdurch werden gezielt Kontaminationen ausgeschlossen.

Um Umweltgefährdungen einzuschränken und das Laborpersonal vor dem Einatmen der Dämpfe zu schützen, wurde von Labor Technik Barkey eine Absaugvorrichtung entwickelt, die es ermöglicht, die beim Eindampfen entstehenden Dämpfe abzusaugen und z. B. durch Vorschalten einer Kondensation umweltfreundlich zu entsorgen.

Alle Nadelventile bestehen aus Edelstahl und erlauben durch das TCS-Staudruck-Verfahren eine exakte Regelung und gleichmäßige Verteilung der Gasströme. Die Nadelventile können auf Kundenwunsch reihenweise oder einzeln Belüftungsströme regeln oder abschalten.

Zum Wechseln der Pasteurpipetten kann die Belüftungseinrichtung nach oben geschwenkt werden. Hierdurch wird das Auswechseln erleichtert.

Bitte beachten Sie, daß TCS-Probenaufbereitungs-Systeme anwendungstechnisch und kundenspezifisch konstruiert oder gebaut werden. Die Probenträger, Heizblöcke oder Racks werden Ihren Probengefäßen angepaßt.



**Labor
Technik
Barkey**

Postfach 740
Herforder Straße 176
D-4800 Bielefeld 1
Telefon 05 21 / 32 00 32
Telefax 05 21 / 314 76

GIT · Kenn-Nr. 111