



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Inhaltsverzeichnis:

7.	Analysenmessverfahren	2
7.1	Feuchtemessung	2
7.1.1	Feuchtemessverfahren	4
7.1.2	LiCl-Feuchtefühler	5
7.1.3	Quarzhygrometer	6
7.1.4	Kapazitiver Feuchtefühler	6
7.2	pH-Wertmessung	7
7.2.2	Die Elektrode als Spannungsquelle	8
7.2.3	Temperatureinfluss	9
7.2.4	Pufferlösung	10
7.3	Messgasaufbereitung	11
7.4	Flammenionisationsdetektor	12
7.5	Gaschromatograph	14
7.6	Gaswarngeräte	19
7.6.1	Tragbare Gaswarngeräte	19
7.6.2	Stationäre Gaswarngeräte	21
7.6.3	Sensortypen für Gaswarngeräte	22
7.6.3.1	Das elektrochemische Sensorprinzip	23
7.6.3.2	Das katalytische Sensorprinzip	24
7.6.3.3	Das Infrarot-Sensorprinzip	25
7.7	Kohlendioxid-Messgerät	27
7.8	Sauerstoffmessverfahren	31
7.9	Gasanalyse durch Infrarotabsorption	34
7.10	Viskositätsbestimmung	38
7.10.1	Meßmethoden für newtonscher Fluide	38
7.10.1.1	Kapillarviskosimeter	38
7.10.1.2	Kugelfallviskosimeter	39
7.10.1.3	Viskositätsmessung mittels Auslaufbecher	41
7.11	Eine kleine Exkursion in die Welt der SAE-Klassen, allgemein	43



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7. Analysenmessverfahren

Die Analysentechnik nimmt einen großen Stellenwert in der industriellen Messtechnik ein. Die Bereiche in denen die verschiedensten Analysenmessungen für feste, flüssige oder gasförmige Stoffe eingesetzt werden, gliedern sich wie folgt:

- Qualitätssicherung
- Anlagensicherheit (z.B. Explosionsschutz)
- Prozessoptimierung
- Umweltschutz (BimSchG)

Die konventionelle Analytik erfolgt sehr oft noch manuell. An sogenannten Probeentnahmestellen entnimmt ein Chemielaborant, oder ein Produktionsmitarbeiter eine Probe, die dann im Labor untersucht und ausgewertet wird.

Ziel der sogenannten Onlineanalytik ist es, diese manuellen, diskontinuierlichen Prozesse, automatisiert und permanent ablaufen zu lassen. So können in kürzester Zeit die benötigten Messergebnisse geliefert werden.

7.1 Feuchtemessung

Feuchte Luft ist Luft, die Wasserdampf enthält. Wasserdampf sind einzelne Wassermoleküle im Vakuum. Wasserdampf und Luft stören sich nicht, das heißt jedes Gas benimmt sich so, als ob das andere nicht da ist. Die Gasgleichung mit $P \cdot V = m \cdot R \cdot T$ ist für jedes einzelne Gas anzuwenden, wobei für den Gesamtdruck gilt $P_G = P_w + P_L$. Der Wasserdampfdruck hat eine Obergrenze, das ist der Sättigungsdampfdruck P_{ws} . Der Sättigungsdampfdruck ist stark von der Temperatur und vom Luftdruck abhängig.

T in °C	- 60	- 30	0	30	60	90
P _{ws} in mbar	0.008	0.37	6,1	42,4	199,2	701



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysetechnik	02. August 2014

Angaben über den Feuchtigkeitsgrad der Luft sind sehr verschieden. Man findet:

- Wasserdampfdruck in mbar

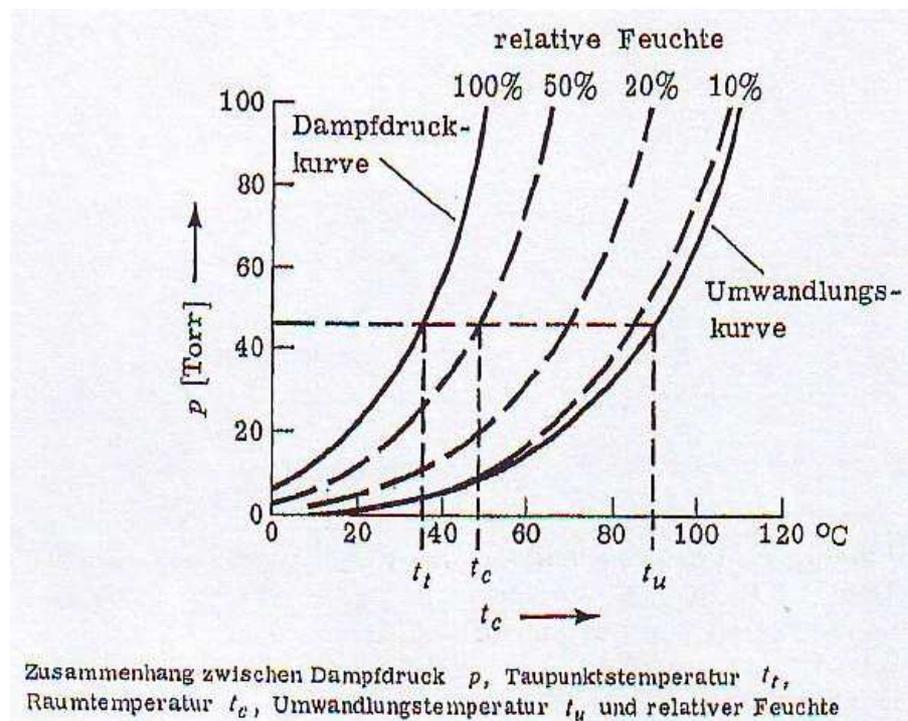
- Feuchtigkeitsgrad $X = \frac{xg \text{ (Wasser)}}{1 \text{ kg (Luft)}} = \frac{\text{Masse Wasser}}{\text{Masse Luft}}$

- Absolute Feuchte $f = \frac{\text{Masse Wasser (Gramm)}}{\text{M}^3 \text{ Wasser / Luft-Gemisch}} = \frac{\text{Masse des Wasserdampfes}}{\text{Volumeneinheit}}$

Absolute Feuchte

- Relative Feuchte in $f\% = \frac{\text{Absolute Feuchte}}{\text{Max. mögliche Feuchte}} * 100\%$

- Taupunkt in $^{\circ}\text{C} =$ Diejenige Temperatur, bei der die vorhandene Luft gerade gesättigt ist.





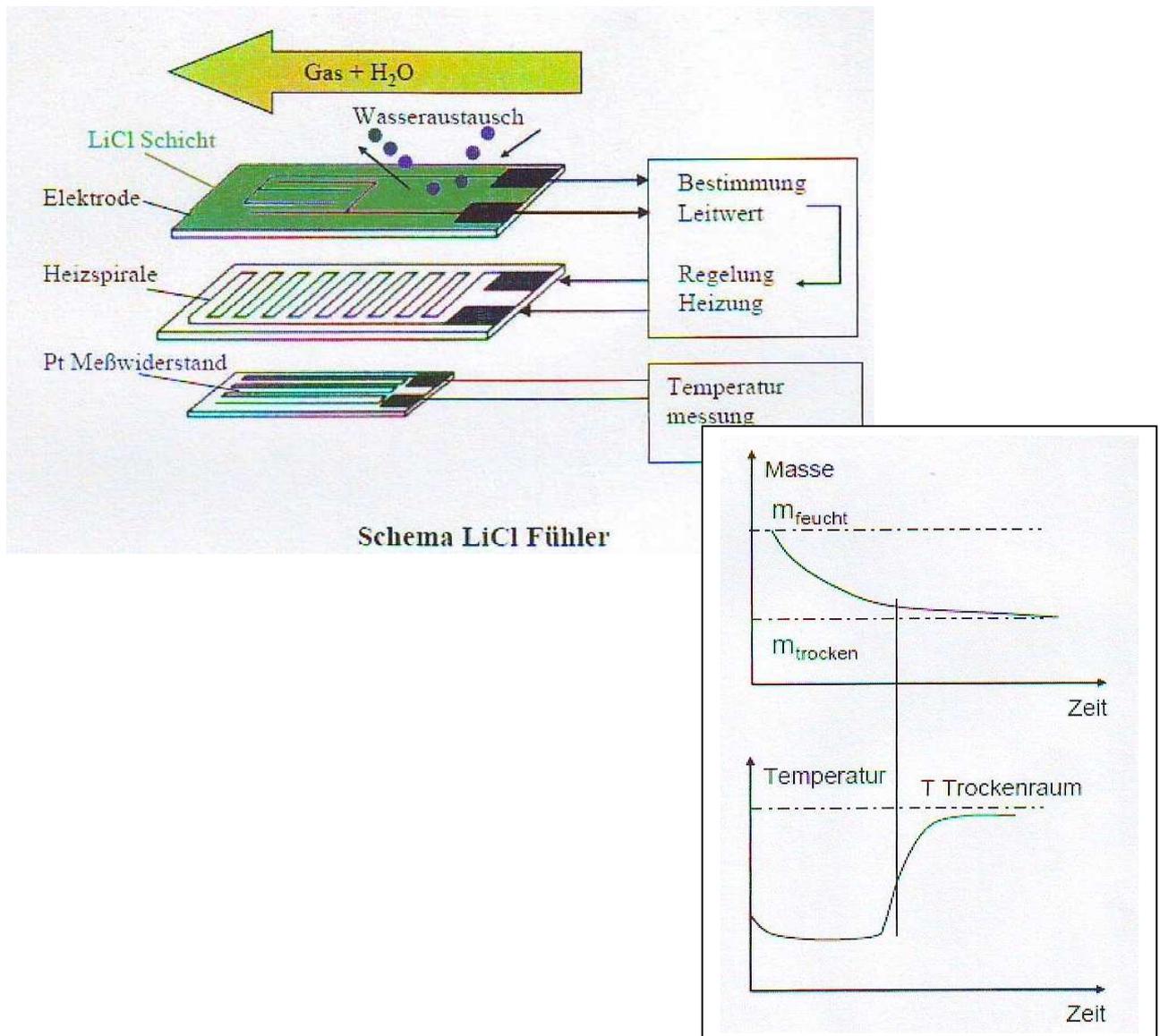
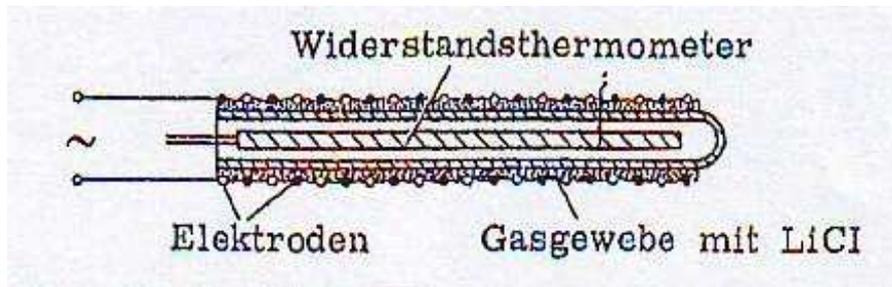
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysetechnik	02. August 2014

7.1.1 Feuchtemessverfahren

Meßprinzip	Funktionsweise
Coulometrisch (P_2O_5 - Sensor)	vollständige Absorption von Wasser durch chemische Bindung an Phosphorpentoxid ($P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2 HPO_3$); Zersetzung der Metaphosphorsäure durch Gleichstrom. ($2 HPO_3 \rightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2 + P_2O_5$); Messung des Stromes, der proportional zum absorbierten Wasser ist.
Gravimetrisch (kein Sensor)	Ein bekanntes Volumen feuchter Luft wird einem Trockenmittel zugeführt; Messung der absoluten Feuchte durch Wiegen des Trockenmittels vor und nach der Absorption
Hygroskopisch (Haar-, Feder-, Bi-Streifenhygrometer)	Messung der Längen- Volumenänderung eines Materials bei Feuchteaufnahme
Kapazitiv (Dünnschichtsensor)	Messung der Veränderung der Dielektrizitätskonstanten eines Materials bei Wasserabsorption
LiCl - Temperatur (LiCl - Sensor)	Messung der Temperatur, die ein Dampfdruckgleichgewicht über einer wässrigen LiCl- Lösung erzeugt
Piezoelektrisch (Quarzhygrometer)	Messung der Resonanzfrequenzverschiebung eines piezoelektrischen Oszillators mit hygroskopischer Beschichtung bei Wasseraufnahme
Psychrometrisch (Assmann-Psychrometer)	Messung der Kühlgrenztemperatur beim Anblasen eines thermisch isolierten Wasserreservoirs
Resistiv (Kein Beispiel)	Messung der Veränderung der Leitfähigkeit eines Materials bei Wasseranlagerung
Spektroskopisch (IR - Hygrometer)	Absorptionsmessung von IR-Strahlung (Vibrations- und Rotationsanregung des H_2O - Moleküls) und Mikrowellenstrahlung (Polarisation des H_2O - Moleküls)
Taupunkt (Tauspiegel - Hygrometer)	Messung der Temperatur, bei der eine gekühlte Oberfläche im Dampfdruckgleichgewicht mit ihrer Umgebung ist

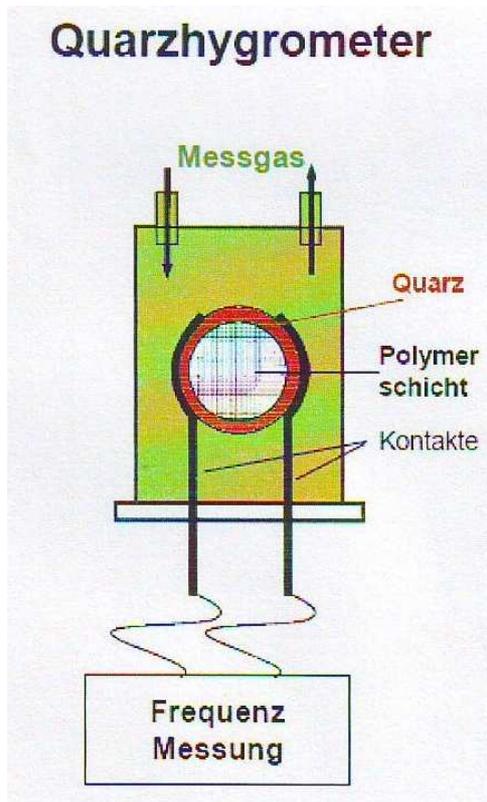


7.1.2 LiCl-Feuchtfühler

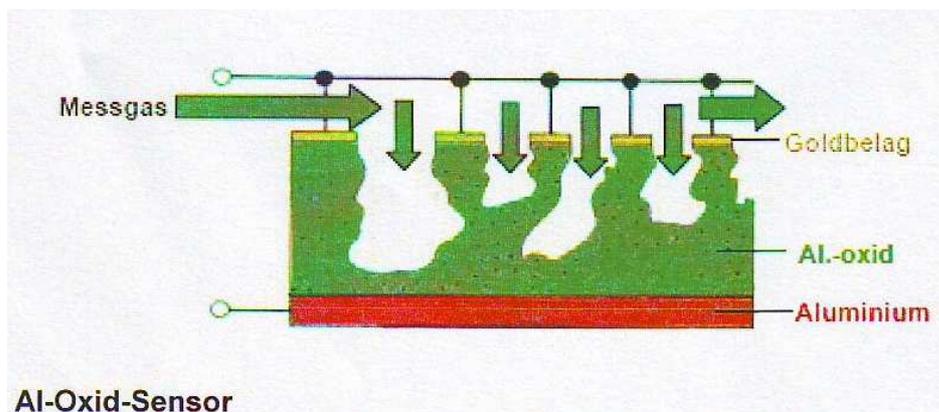




7.1.3 Quarzhygrometer



7.1.4 Kapazitiver Feuchtefühler





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.2 pH-Wertmessung

Ob etwas mehr oder weniger sauer schmeckt oder sogar seifig, die Zunge kann's feststellen. Mit der pH-Messung möchte man die Anzahl von Ionen in wässrigen Lösungen messen, um Aussagen über deren Konzentration zu bekommen. Genau genommen interessieren dabei die Wasserstoffionen, denn sie sind ein Maßstab dafür, ob eine Lösung sauer oder alkalisch ist. Diesen Umstand bringt auch das Wort "pH" zum Ausdruck. Es ist die Abkürzung des lateinischen "potentia hydrogenii", was soviel heißt wie "Stärke des Wasserstoffs".



7.2.1 pH-Wert, Ionenkonzentration im Wasser

Reaktion	pH-Wert	Konzentration H ⁺ Ionen (mol/l)	Konzentration OH ⁻ Ionen (mol/l)
sauer	0	1	10 ⁻¹⁴
sauer	1	10 ⁻¹	10 ⁻¹³
sauer	2	10 ⁻²	10 ⁻¹²
sauer	3	10 ⁻³	10 ⁻¹¹
sauer	4	10 ⁻⁴	10 ⁻¹⁰
sauer	5	10 ⁻⁵	10 ⁻⁹
sauer	6	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸
neutral	7	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷
alkalisch	8	10 ⁻⁸	10 ⁻⁶
alkalisch	9	10 ⁻⁹	10 ⁻⁵
alkalisch	10	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁴
alkalisch	11	10 ⁻¹¹	10 ⁻³
alkalisch	12	10 ⁻¹²	10 ⁻²
alkalisch	13	10 ⁻¹³	10 ⁻¹
alkalisch	14	10 ⁻¹⁴	1

Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen pH-Wert und Wasserstoff-Ionenkonzentration. (Die beiden ersten und letzten Zeilen sind nur der besseren Ablesung wegen in weißen Lettern ausgeführt)

Der pH-Wert wird per Definition als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration bezeichnet.

$$\text{pH} = -\log C_{\text{H}^+} \quad (\text{Gl.2})$$

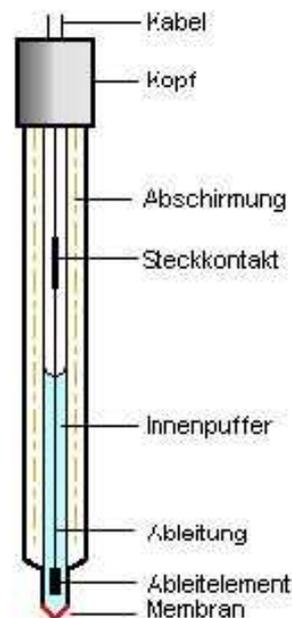
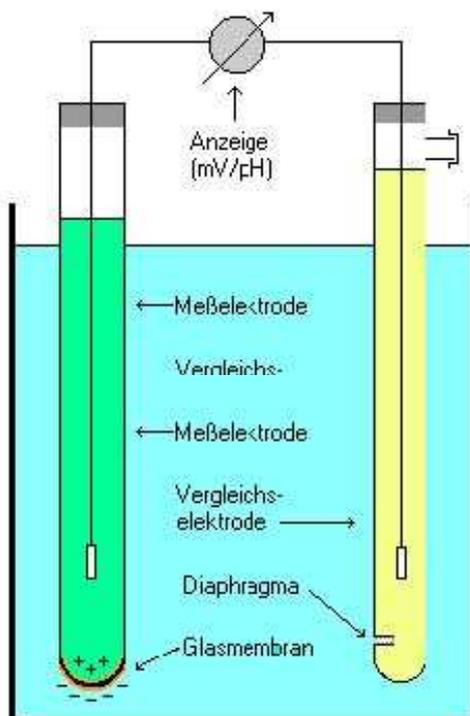
Beispiel: H⁺ Ionenkonzentration = 10⁻⁷ Dek. Logarithmus von 10⁻⁷ ist gleich -7. Der negative Logarithmus von -7 ist dann 7.

Man sieht sowohl aus Gleichung (Gl.2) als auch aus Tabelle 1, ändert sich der pH-Wert nur um einen Punkt ändert, so ändert sich die Konzentration der H⁺ Ionen um den Faktor 10.

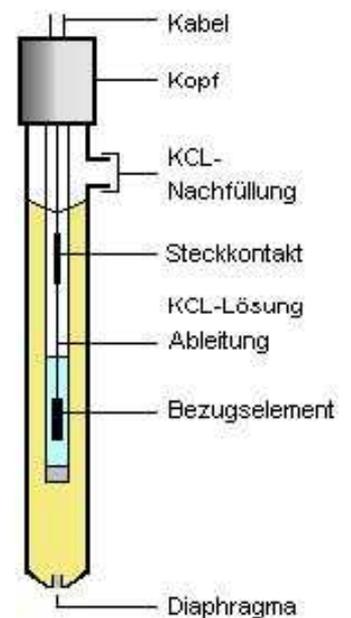


7.2.2 Die Elektrode als Spannungsquelle

Eine pH-Messung ist im Prinzip nichts anderes als eine Spannungsmessung. Eine Elektrode ist im herkömmlichen Sinne allerdings keine Batterie, wenngleich sie auch eine Spannung liefert. Diese entsteht erst in dem Augenblick, in dem die Elektrode in eine Flüssigkeit eintaucht. Die Spannung, die eine Elektrode maximal abgibt, liegt bei ungefähr $\pm 400\text{mV}$, was konventionell messbar wäre. Die Einschränkung liegt aber darin, dass der Innenwiderstand der Spannungsquelle extrem hoch ist und es deshalb einer aufwendigen elektronischen Mess- und Verstärkertechnik bedarf, um das Spannungssignal überhaupt anzeigen zu können. Würde man mit einem normalen Spannungsmessgerät messen, bräche die Spannung sofort zusammen ohne angezeigt zu werden. Der elektrische Anschluss der Elektroden erfolgt über ein 1-adriges Kabel, die netzförmige Abschirmung um die eine Ader liegt auf Masse Potential und dient nur zum Schutz gegen elektrische Störfelder.



Messelektrode



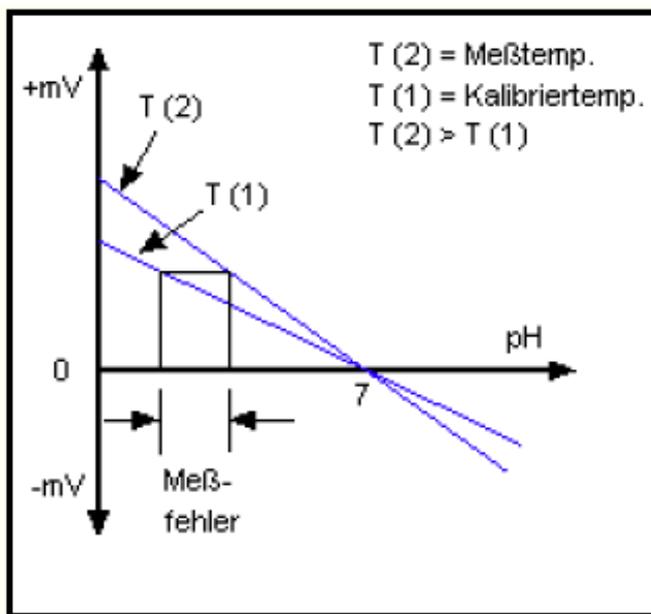
Vergleichselektrode



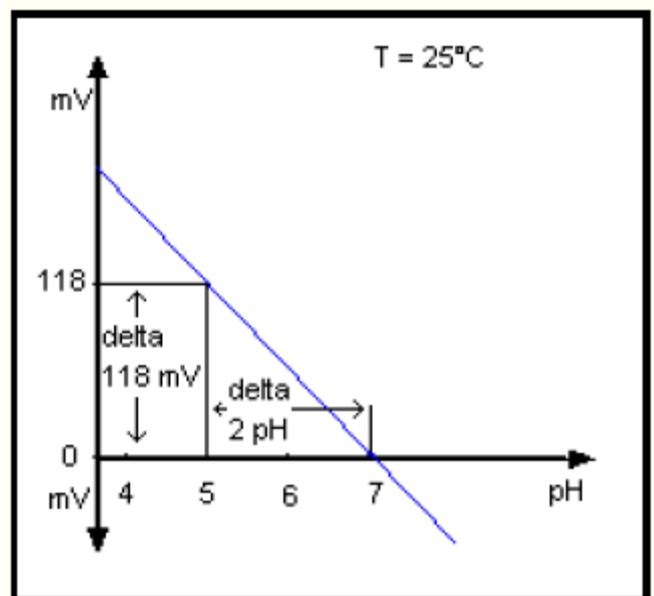
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.2.3 Temperatureinfluss

Der pH-Wert ist abhängig von der Temperatur des Messgutes. Mit steigender Temperatur erhöht sich auch die Steilheit der Messelektrode. Deshalb gehört zu jeder pH-Messung auch eine Temperaturmessung. Wenn die Kalibrierung und die spätere Messung bei annähernd gleicher Temperatur erfolgt (z.B. Raumtemperatur), kann auf eine Temperaturkompensation verzichtet werden. Schwankt hingegen die Temperatur des Messgutes, muss eine automatische Kompensation mittels Temperaturfühler vorgenommen werden. Entweder macht dies der Messverstärker bei angeschlossenem Temperaturfühler automatisch oder aber man muss am Messverstärker manuell die Messguttemperatur einstellen. Man kann davon ausgehen, dass eine Messguttemperaturabweichung von etwa 10°C gegenüber der Pufferlösung bei der Kalibrierung schon einen Messfehler von etwa $0,15$ pH ausmacht.



Temperatureinfluss



Steilheit



7.2.4 Pufferlösung

Pufferlösungen dienen zur Kalibrierung von pH-Messketten. Die gebräuchlichsten Werte liegen bei $\text{pH} = 4$, $\text{pH} = 7$ und $\text{pH} = 9$. Pufferlösungen zeichnen sich dadurch aus, dass ihr eingestellter pH-Wert relativ unempfindlich ist gegenüber Verunreinigungen von Säuren und Laugen.

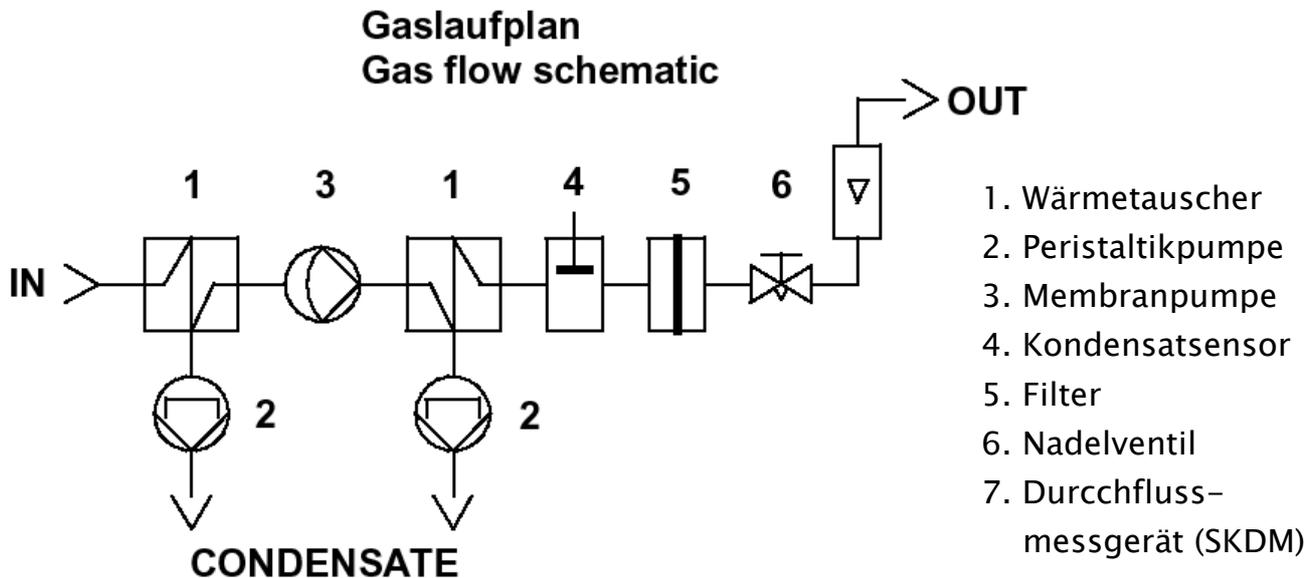
Trotzdem ist der Umgang mit Pufferlösungen sehr sorgfältig durchzuführen. Vorratsflaschen sind immer geschlossen aufzubewahren, der Kontakt mit CO_2 aus der Luft kann, besonders bei Lösungen mit hohen pH-Werten, zu Verfälschungen des Puffers führen. Pufferlösungen werden mit einer Genauigkeit von $\pm 0,02$ pH bei 25°C angegeben

Temperatur ($^\circ\text{C}$)	pH
5	7,08
15	7,04
20	7,02
25	7,00
30	6,99
40	6,98

Tabelle 1: Temperatureinfluß auf die Genauigkeit einer Pufferlösung



7.3 Messgasaufbereitung



Eine Gasanalysenanlage besteht in der Regel aus zwei Gruppen von Geräten:

- Der Gasanalysator misst die Konzentrationen der Messgaskomponenten und wandelt sie in ein elektrisches Signal um.
- Zusatzgeräte entnehmen das Messgas aus dem Prozess, bereiten es auf und fördern es in der Gasanalysenanlage.

Das dem Prozess entnommene Messgas kann in den meisten Fällen nicht ohne weitere Aufbereitung vom Gasanalysator verarbeitet werden. Zu hoher Staubgehalt, Temperatur und Taupunkt sowie zu hoher oder zu niedriger Druck und nicht zuletzt Störkomponenten im Messgas können die Betriebsfähigkeit des Gasanalysators beeinträchtigen und das Messergebnis verfälschen.

Zusatzgeräte wie die Entnahmesonde, die Messgasleitung, der Messgaskühler sowie Pumpen und Filter stellen sicher, dass unabhängig vom Prozessverlauf und den örtlichen Bedingungen die Messgaseingangsbedingungen der angeschlossenen Gasanalysatoren erfüllt und einwandfreie Messergebnisse erhalten werden.

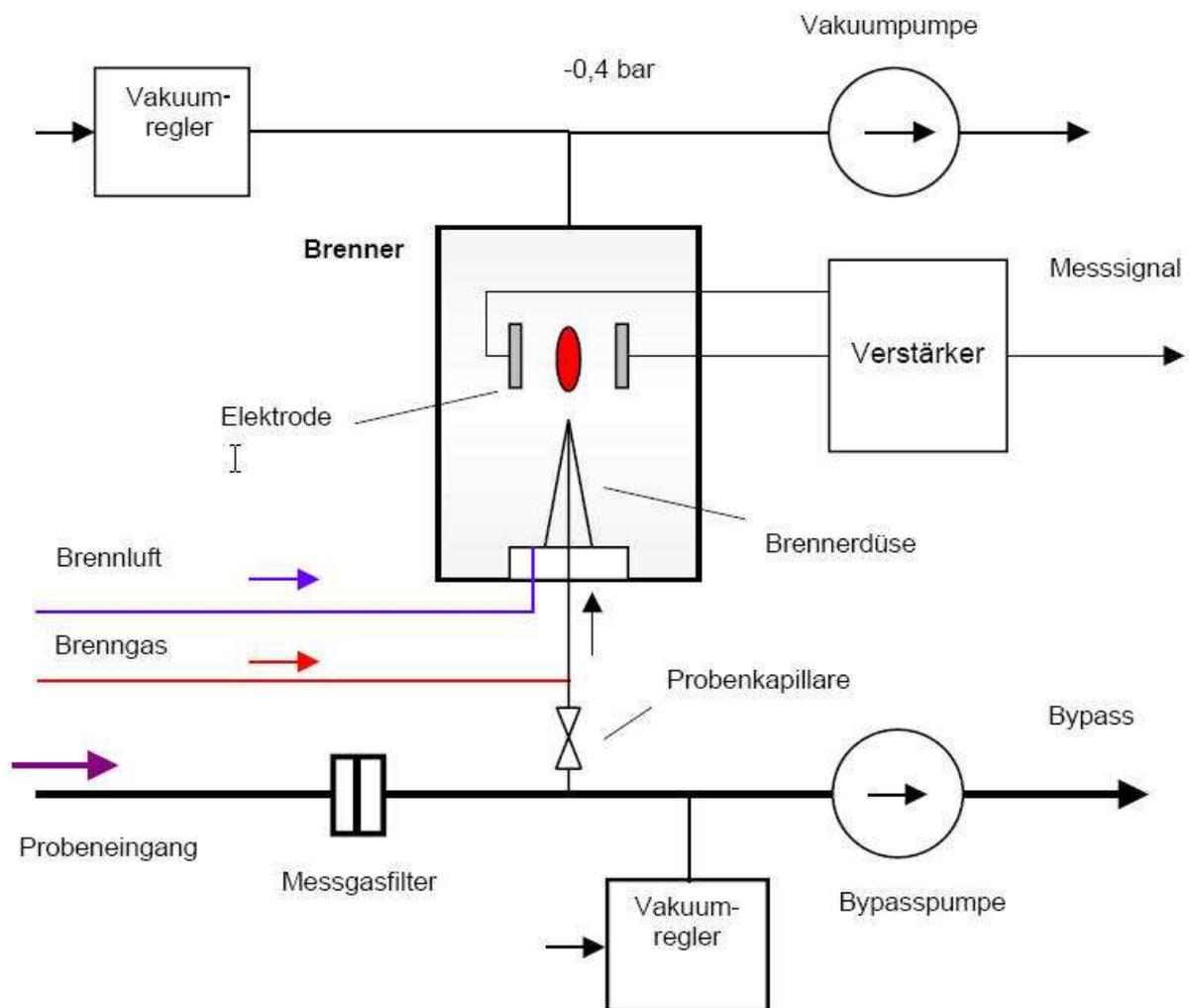


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.4 Flammenionisationsdetektor

Durch das Anlegen eines elektrischen Feldes an eine Wasserstoffflamme, entsteht ein sehr geringer Ionenstrom. Wenn dieser Flamme ein kohlenwasserstoffhaltiges Messgas zugeführt wird, so steigt der Ionenstrom proportional dem Kohlenstoffgehalt an. Als Brenngas wird je nach Anwendung Wasserstoff H_2 oder ein H_2/He -Gemisch verwendet.

Die Kalibrierung des FID erfolgt standardmäßig auf ppm C_3H_8 (Propan) oder auf mgC/m^3 , andere Kalibrierungen sind möglich.

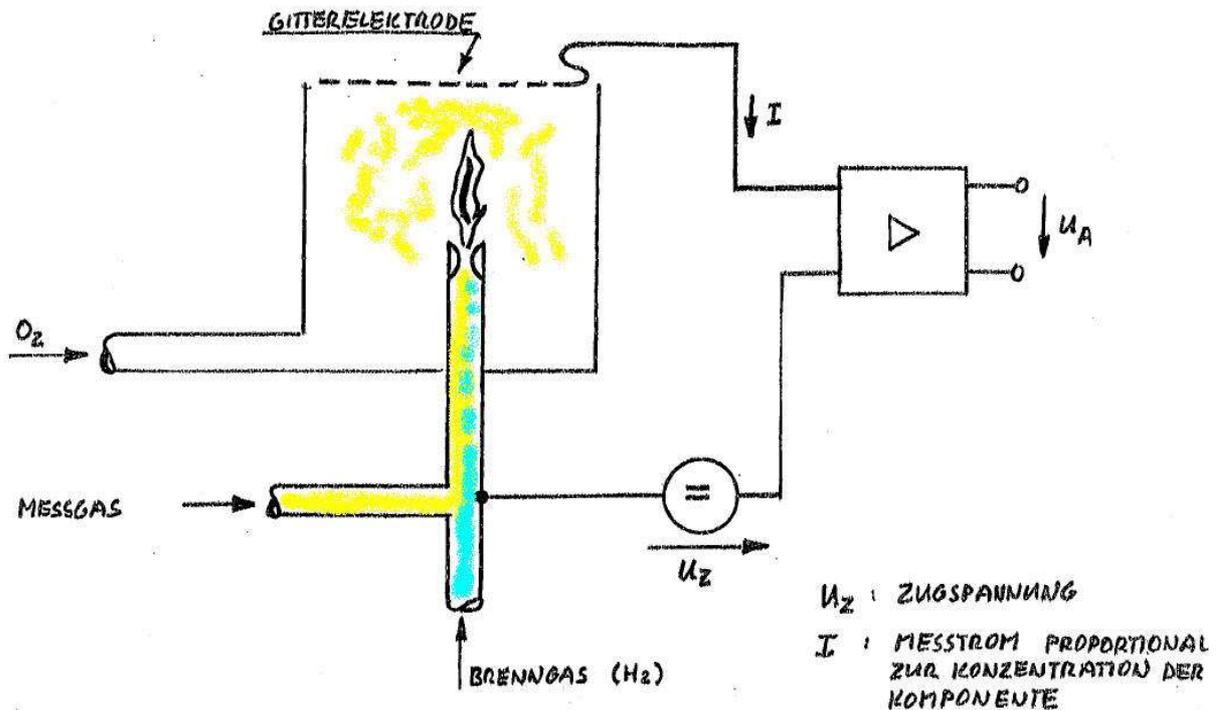


Prinzipdarstellung Flammenionisationsdetektor (Vakuum-FID)



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Der Flammenionisationsdetektor misst die Summe der organisch gebundenen Kohlenstoffatome in den Kohlenwasserstoffen.



Organische Substanzen werden in einer Wasserstoffflamme verbrannt, wodurch sich die Grundionisation der Verbrennungsgase erhöht.

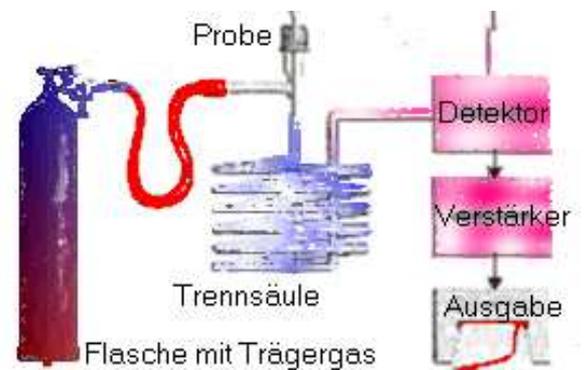
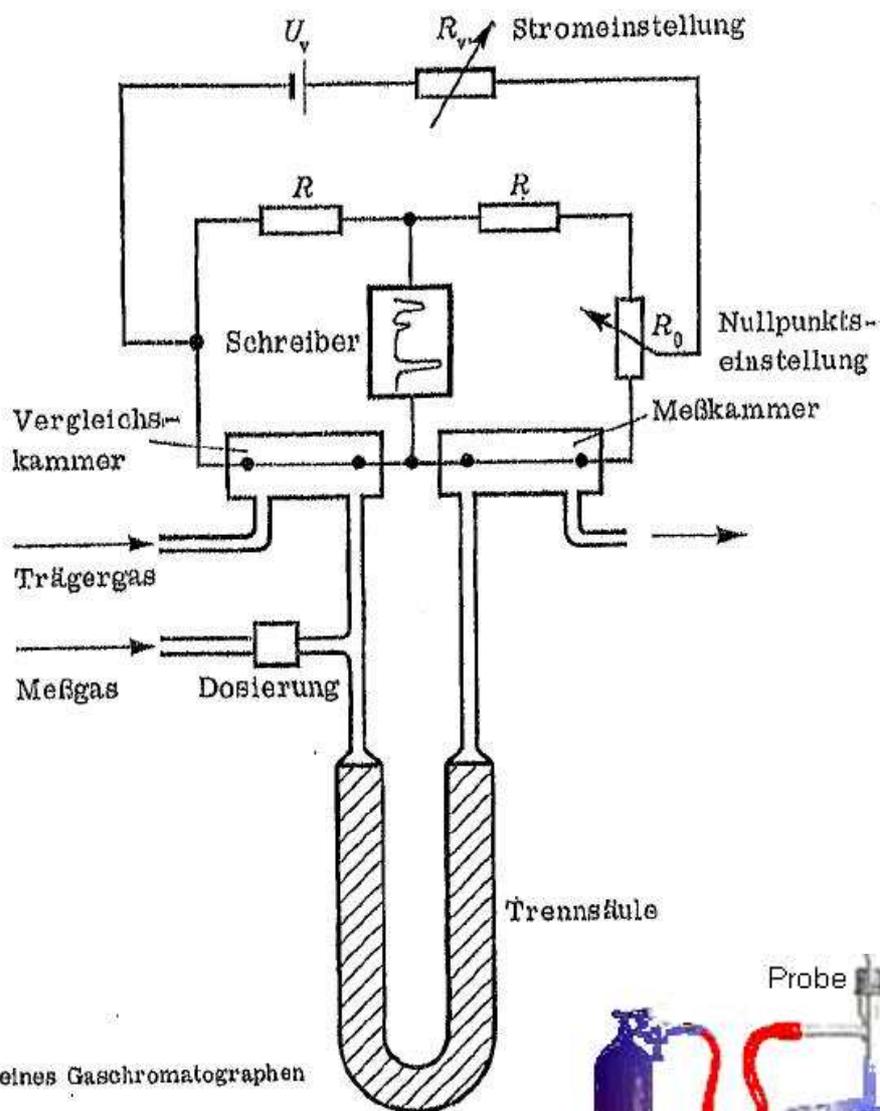
Man benötigt Messverstärker die über einen großen Bereich linear arbeiten. Verstärkungen von $v = 10^7$ müssen realisiert werden um Nachweisgrenzen von 2×10^{-12} g/s erzielen zu können.





7.5 Gaschromatograph

Der typische Gaschromatograph besteht im wesentlichen aus dem Detektor (z.B. einem FID) und der sogenannten Trennsäule. Die Trennsäule hat eine wesentliche Aufgabe.





Die Trennsäule sorgt dafür, dass die Substanzen eines organischen Gasgemisches, zeitlich gestaffelt den Detektor erreichen. Nur so kann die benötigte Selektivität erzielt werden, da das Ziel die Feststellung der einzelnen Konzentrationen sind.



Gaschromatograph mit Tischaufbaugehäuse

Gaschromatograph für den stationären Betrieb

Jedes Chromatographieverfahren zeichnet sich durch eine mobile und eine stationäre Phase aus. Unterschiedlich gebaute Moleküle haben auch unterschiedliche Wechselwirkungen zu einem Lösungsmittel, beziehungsweise beim Gaschromatographen (GC) zu einem Trägergas, also der mobilen Phase. Meist kann einfach Stickstoff als Trägergas verwendet werden.

Jeder Stoff hat folglich auch eine charakteristische Wanderungsgeschwindigkeit durch die stationäre Phase in der Trennsäule. Das hat die Trennung der einzelnen Stoffkomponenten einer Untersuchungssubstanz zur Folge.

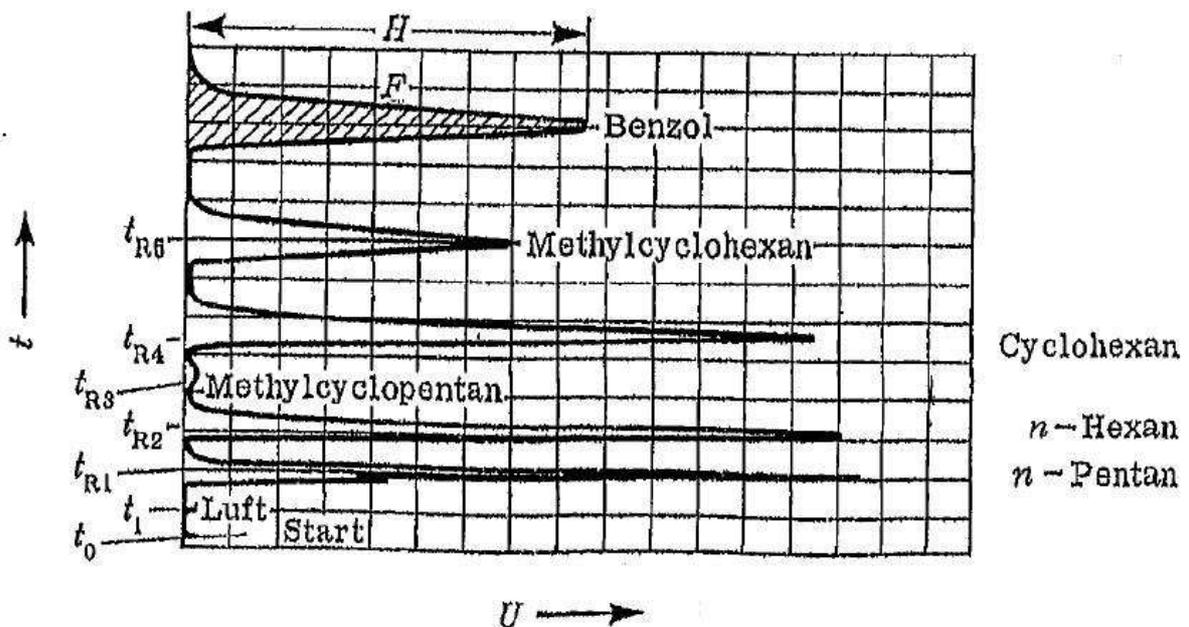


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Ein Detektor registriert die Komponenten, welche die Trennsäule bereits durchlaufen haben, indem beispielsweise die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit eines austretenden Gases als elektrisches Signal umgesetzt und auf einen Schreiber übertragen werden kann.

Die Spitzen, die der Schreiber aufzeichnet, werden als Peaks bezeichnet. Alle Peaks eines Graphen stehen für bestimmte Substanzen, die sich bekannten Stoffen zuordnen lassen. Die Höhe der Peaks sind proportional zu der Stoffmenge der einzelnen Komponenten. Der Sinn des GC-Verfahrens liegt darin, dass beim Einstellen bestimmter Parameter die Möglichkeit besteht, Stoffe genau zu identifizieren. Insbesondere in der organischen Chemie ist dies von Vorteil, da ja die Verbindungen nicht mit den üblichen quantitativen und qualitativen Analysen, wie sie von der anorganischen Chemie her bekannt sind, exakt nachgewiesen werden können. Es reichen ferner geringste Stoffvolumina von 0,1 bis 0,01 ml aus.

Auch flüssige Stoffgemische lassen sich trennen und identifizieren, sofern die einzelnen Komponenten unzersetzt verdampfbar sind, weil die meisten der GC beheizbar sind.



Chromatogramm (Beispiel) (Siemens)



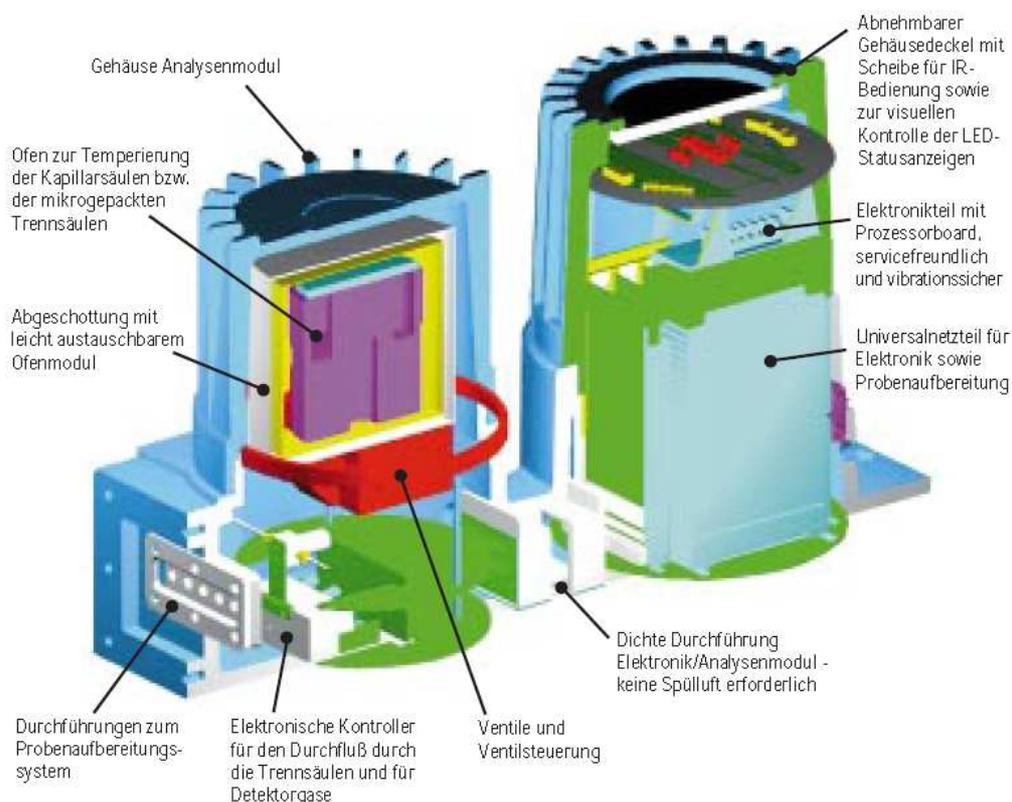
Prozesschromatograph, CGX-Transmitter der Fa. Rosemount



Die Chromatographie ist eine in den letzten Jahrzehnten entwickelte Methode zur Analyse bzw. Trennung komplexer stofflicher Gemische, die in verschiedenster Form vorliegen können. Die physikalisch-chemische Grundlage der Chromatographie bildet das NERNST'sche Verteilungsgesetz. Für einen differentiell kleinen Abschnitt der Trennsäule im Gaschromatographen gilt daher:

$$\frac{C_{\text{Komponente, stationär}}}{C_{\text{Komponente, mobil}}} = \alpha = \text{Konstant.}$$

Dieses Verteilungsgesetz bedeutet, dass sich eine gasförmige Komponente in der Säule eines Gaschromatographen zwischen





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

der mobilen Phase (Trägergas) sowie der stationären Phase (Säule mit Füllmaterial bzw. bei Kapillarsäulen deren innere Oberfläche) in einem bestimmten Verhältnis α verteilt. Im Zustand eines Gleichgewichtes stellt der Verteilungskoeffizient α eine Konstante dar und ist für bestimmte Komponenten und Komponentengruppen eine charakteristische Größe. Der Verteilungskoeffizient hängt wiederum von der Temperatur und dem herrschenden Druck in der Trennsäule des Gaschromatographen ab. Dadurch ist es zum Beispiel möglich, Komponenten mit gleichen Verteilungskoeffizienten bei der Temperatur T1 bei einer Temperatur T2 zu trennen, falls die α -Werte bei T2 voneinander verschiedene Werte annehmen. Ähnliche Gesetzmäßigkeiten sind für die Druckabhängigkeit des Verteilungskoeffizienten α gültig. Der Trägergasstrom sorgt für den Durchfluss der Komponente(n) durch die Trennsäule.

Der Trenneffekt lässt sich bei geringen Unterschieden im Verteilungskoeffizienten durch die Länge der Säule verstärken. Die Unterschiede im Verteilungskoeffizienten der einzelnen gasförmigen Komponenten zwischen der stationären Phase in der Trennsäule und dem Trägergasstrom sorgen dafür, dass die Unterschiede in der Durchflussgeschwindigkeit durch die Säule die Auftrennung des Gemisches herbeiführen und nacheinander in der Detektorkammer quantitativ bestimmt werden können.

Als Detektorsysteme werden im GCX Transmitter FIDs- oder WLDs verwendet. Während des Durchflusses der zu messenden Komponente wird das Detektorsignal über die Zeit integriert und dadurch eine quantitative (mengenmäßige) Bestimmung der Komponente ermöglicht.

Im GCX Transmitter kommen zwei unterschiedlich funktionierende, miniaturisierte Detektorsysteme zum Einsatz. Eine Mikro-Wärmeleitfähigkeitsmesszelle (**Mikro WLD**) nutzt als Messgröße die Widerstandsänderung eines dünnen beheizten Drahtes. Aufgrund der Abkühlung des Drahtes durch das von der Trennsäule in den Detektor strömende Gas wird dieser Messeffekt erzeugt.

Als weitere Methode steht ein Mikro-Flammenionisationsdetektor zur Verfügung (**Mikro FID**). Bei der Verbrennung organischer Stoffe in einer Wasserstoffflamme entstehen elektrisch geladene Teilchen (Ionen), die sich an einer Elektrode entladen. Der resultierende Strom wird entsprechend über einen Verstärker ausgewertet.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.6 Gaswarngeräte

Gaswarngeräte werden unterschieden in tragbare und stationäre Geräte. Das Haupteinsatzgebiet für tragbare Geräte ist die mobile Messung vor Ort. Bei stationären Geräten/ Installationen handelt es sich um Messungen die nicht ortsveränderlich sind und zur permanenten Überwachung von Betriebsbereichen gedacht sind.

7.6.1 Tragbare Gaswarngeräte

Tragbare Gaswarnsensoren werden in der Regel zum Personenschutz verwendet. Betritt oder befährt man Behälter, Schächte, Brunnenstuben oder sonstige Räume in denen Gase vorhanden sein können, so muss man vorher die Gasfreiheit feststellen. Nicht nur die gesundheitlichen Folgen durch das Einatmen von Giftgasen, sondern auch eine mögliche Explosionsgefahr sollen erkannt und durch anschließende technische Maßnahmen (Belüften) verhindert werden.

Eins solches Gerät der Firma Dräger ist das Dräger X-am[®] 7000

Multitalent: Dräger X-am 7000 ist die innovative Lösung für die gleichzeitige und kontinuierliche Messung von bis zu fünf Gasen. Eine Kombination aus über 25 Sensoren ermöglicht die flexible Anpassung an individuelle Messaufgaben. Das Dräger X-am 7000 kann mit drei elektrochemischen und zwei Infrarot, katalytischen Sensoren oder Photoionisationsdetektoren bestückt werden. In allen industriellen Anwendungen ist es der ideale Begleiter für professionelle Freigabemessungen und die zuverlässige Überwachung der Umgebungsluft auf toxische sowie brennbare Gase und Dämpfe.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014



Eine eingebaute Hochleistungspumpe saugt das Messgas durch einen Schlauch von bis zu 45 m Länge an. Die Pumpe wird kontinuierlich elektronisch überwacht. Bei zu geringer Pumpenleistung wird ein Durchflussalarm ausgelöst.

Liste der möglichen Sensoren

Sensoren für Dräger X-am 7000	
IR Ex	0 bis 100 %UEG 0 bis 100 Vol.-% CH ₄
IR CO ₂	0 bis 5 Vol.-%
IR CO ₂ HC	0 bis 100 Vol.-%
Kat-Ex Sensor	0 bis 100 %UEG
Kat-Ex Sensor HC	0 bis 100 %UEG 0 bis 100 Vol.-% CH ₄
PID-Sensor	0 bis 2000 ppm
DrägerSensoren XS R	
CO	0 bis 2000 ppm
H ₂ S	0 bis 100 ppm
O ₂	0 bis 25 Vol.-%
DrägerSensoren XS EC	
CO	0 bis 2000 ppm
H ₂ S 100	0 bis 100 ppm
H ₂ S HC	0 bis 1000 ppm
O ₂ LS	0 bis 25 Vol.-%
O ₂ 100	0 bis 100 Vol.-%
NO	0 bis 200 ppm
SO ₂	0 bis 100 ppm
NO ₂	0 bis 50 ppm
COCl ₂	0 bis 3 ppm
NH ₂	0 bis 200 ppm



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.6.2 Stationäre Gaswarngeräte

Stationäre Gaswarngeräte sind Festinstallationen. Ihre Aufgabe ist es kontinuierlich auf toxische oder explosionsgefährliche Umgebungsbedingungen hinzuweisen und zu alarmieren. So werden sie sehr häufig zur Überwachung von Arbeitsstätten eingesetzt die regelmäßig von Personen frequentiert werden um durch Undichtigkeiten von Rohrleitungen oder Behältern frei werdendes toxisches Gas rechtzeitig zu erkennen. Alternativ werden Gaswarngeräte fest installiert mit der Zielsetzung, rechtzeitig zu erkennen ob freigesetztes Gas und eine bestimmte Luftsauerstoffkonzentration zu einer explosionsgefährlichen Atmosphäre führen können.

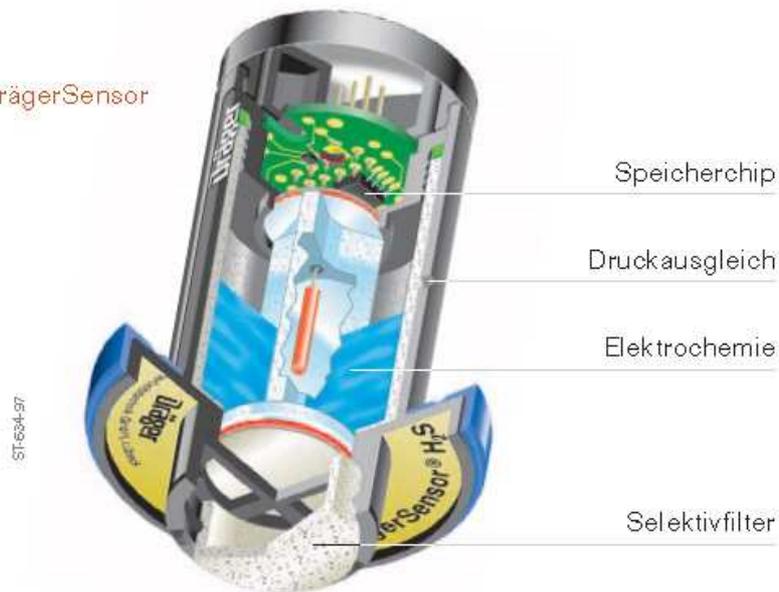




7.6.3.1 Das elektrochemische Sensorprinzip

Schnittbild

Elektrochemischer DrägerSensor



Elektrochemische Sensoren funktionieren ähnlich wie Batterien. Bei Anwesenheit des Zielgases wird chemisch zwischen zwei Elektroden eine kleine elektrische Leistung erzeugt und im Gasmesskopf zur Anzeige gebracht. Die Signalgröße ist proportional zur Konzentration.

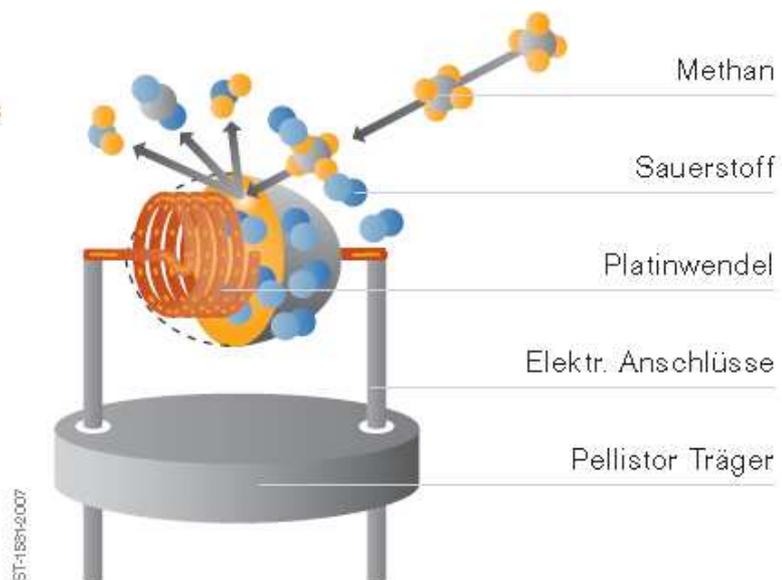
Eine grundlegende Forderung ist, für alle üblichen Umgebungsbedingungen eine stabile Empfindlichkeit und eine gute Selektivität zu erreichen. Dabei müssen die Sensoren rund um die Uhr und das ganze Jahr über zuverlässig die hohen Belastungen einer industriellen Umgebung aushalten.



Ein patentiertes poröses Gehäuse aus Teflon umschließt den Sensor und erlaubt der eingeschlossenen Luft bei Druckänderungen einen Ausgleich mit der Umgebung, ohne dass die Chemie austreten kann. Bei Temperaturwechsel, Luftdruckschwankung und luftfeuchtebedingter Wasseraufnahme wird mechanischer Stress vollständig eliminiert. Das Ergebnis ist eine gleichbleibende Empfindlichkeit und eine herausragende Lebensdauer von mehreren Jahren.

7.6.3.2 Das katalytische Sensorprinzip

Funktionsprinzip
eines katalytischen Sensors



Wie misst man brennbare Gase? Ganz einfach – man verbrennt sie. Aber natürlich nicht mit offener Flamme, denn sie sollen schon detektiert werden, bevor sie ein brennbares Gemisch mit Luft bilden.

Chemiker sprechen daher von Oxidation, und dazu braucht man Luft (Sauerstoff), Brennstoff und eine Substanz, die die Reaktion zwischen beiden erst ermöglicht, nämlich einen heißen Reaktionsvermittler, den man Katalysator nennt und der auf einem hitzebeständigen Keramikkörper aufgebracht ist.

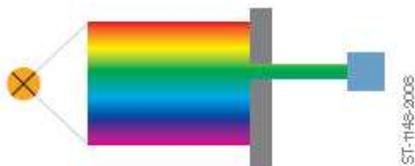


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

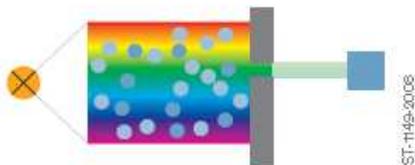
Die minimale Temperaturerhöhung, die bei einer solchen Oxidation stattfindet, weil jede Oxidation bekanntermaßen mit Reaktionswärme verbunden ist und diese ein Maß für die Anzahl der stattfindenden Reaktionen ist, wird messtechnisch ausgewertet. Und mit einigen raffinierten Tricks gelingt es tatsächlich, so einem Katalysator ein Messsignal zu entlocken, über das sich der Anteil von brennbarem Gas in der Umgebungsluft ermitteln lässt.

7.6.3.3 Das Infrarot-Sensorprinzip

Funktionsprinzip Infrarot-Absorption
(Messküvette)



Nur der grüne Anteil des eingestrahnten Lichts wird herausgefiltert und dessen Intensität gemessen.

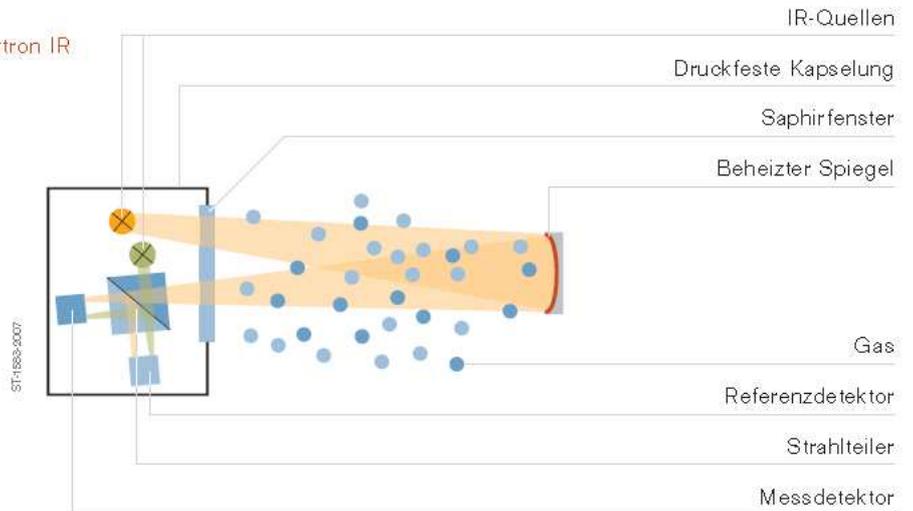


Absorbiert ein Gas den grünen Anteil des eingestrahnten Lichts, so ist dessen Intensität messbar reduziert.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Schematischer Aufbau des Dräger Polytron IR
(druckfest gekapselt)



Immer dann, wenn Substanzen sowohl Kohlenstoffatome (C) als auch Wasserstoffatome (H) enthalten (sog. Kohlenwasserstoffe), können ihre C-H-Bindungen einen Teil infraroter Lichtstrahlung kurzzeitig aufnehmen (absorbieren). Die ausgesandte Lichtintensität wird dadurch leicht geschwächt.

Lichtempfindliche Pyrodetektoren sind in der Lage, eine derartige Lichtschwächung zu registrieren und eine nachgeschaltete Elektronik kann daraus ein Signal berechnen, welches eine vorhandene Gaskonzentration sicher bestimmt.

Die durch Infrarot-Absorption messbaren Konzentrationen liegen – substanzspezifisch unterschiedlich – bei wenigen hundert ppm (parts per million) bis hinauf zu 100 Vol.-%.

Häufig werden auf diese Weise brennbare Gase und Dämpfe in ihrem 0 bis 100 % UEG-Bereich gemessen. Aber auch bereits kleine Leckagen (beispielsweise in Kältemittel-Kreisläufen) können so frühzeitig erkannt und schwerwiegendere Schäden vermieden werden.



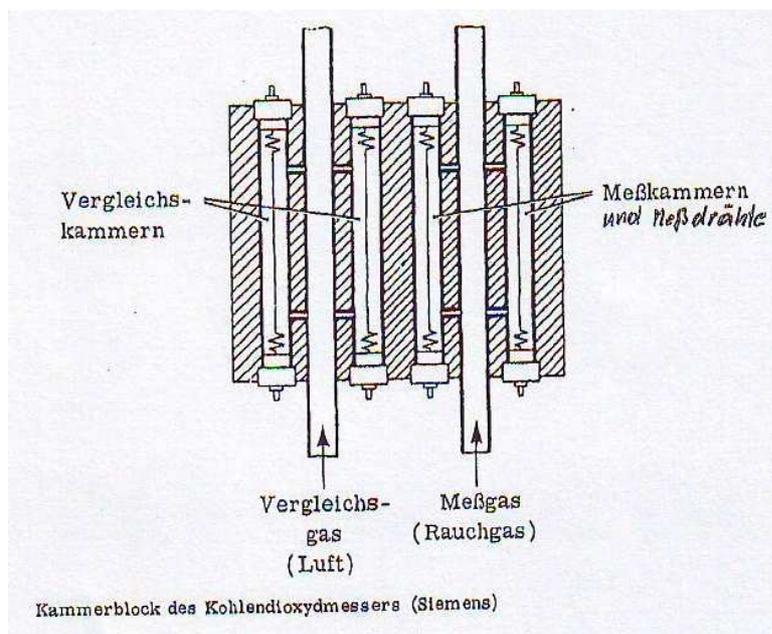
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Fehlersicherer Betrieb Sämtliche für die Erfüllung der Messfunktion relevante Komponenten – Lichtquellen, Detektoren, Signalverstärker, Prozessoren, Speicherbausteine, Heizelemente etc. – sind vor äußeren Einflüssen geschützt. Bei den meisten IR-Gasmessgeräten riegelt hierzu ein druckfest gekapseltes massives Edelstahlgehäuse sein Innenleben hermetisch gegenüber Verschmutzung, Feuchte, korrosiven Gasen und anderen messschädlichen Faktoren ab.

Die ständige Funktionsbereitschaft der Komponenten wird permanent intern überwacht, und jeder Ausfall einer Komponente löst umgehend eine alarmierende Störung aus. Das ist fehlersicher – „fail-safe“!

Zertifizierungen nach SIL (Safety Integrity Level) sind für viele Träger IR-Transmitter erreicht und von den unabhängigen Prüfinstituten exida und TÜV bescheinigt. Sie bestätigen die hervor ragende Eignung dieser Sensortechnologie bei anspruchsvollen Anforderungen an die funktionale Sicherheit. Unsere Kunden können sich auf zuverlässige Messbereitschaft verlassen.

7.7 Kohlendioxid-Messgerät



Die Analyse beruht auf dem Effekt, dass ein elektrisch geheizter Draht um so höhere Temperaturen annimmt, je geringer die Wärmeleitfähigkeit des ihn umgebenden Gases ist.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

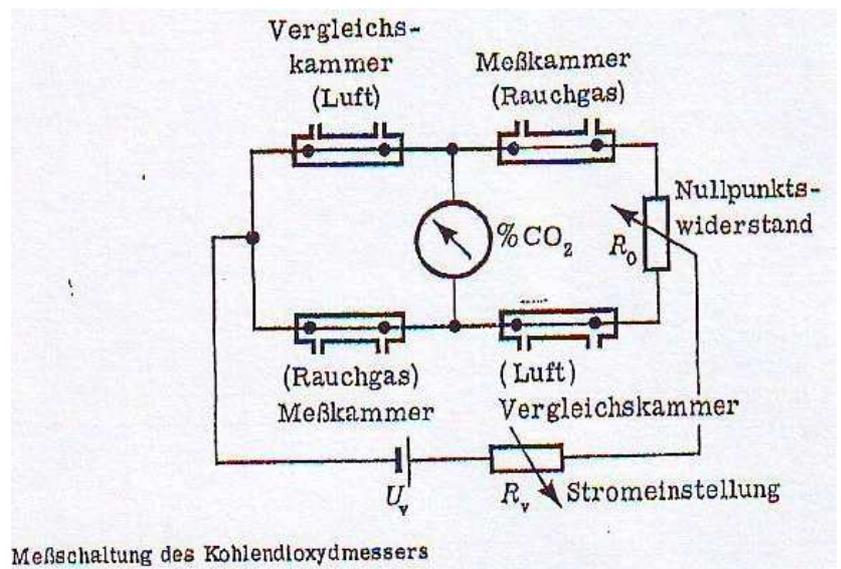
Als Messschaltung wird eine Wheatstonesche Brücke benutzt, deren Brückenwiderstände als Platindrähte ausgebildet sind. Je zwei dieser geheizten Messdrähte befinden sich in Kammern, die mit dem Messgas (Rauchgas) bzw. mit dem Vergleichsgas (Luft) gefüllt sind.

Die Versorgungsspannung der Brücke wird so gewählt, dass die Platindrähte auf eine Temperatur von etwa 100 °C gebracht werden. Der Widerstandswert der Platindrähte liegt bei etwa 12 Ω.

Die Hitzdrähte der Messkammern werden vom Messgas (Rauchgas) gekühlt, die der Vergleichskammern vom Vergleichsgas (Luft). Kohlendioxyd hat eine geringere Wärmeleitfähigkeit als Luft, deshalb wird bei den mit Luft gefüllten Kammern die Wärme besser an die Wandungen abgeleitet als bei den Kammern mit Rauchgas, das einen hohen CO₂-Gehalt aufweist.

Die Hitzdrähte im Rauchgas nehmen deshalb eine höhere Temperatur und damit einen höheren Widerstand an, als die Drähte in den Luftkammern. Die im Ausschlagverfahren betriebene Brücke liefert eine Diagonalspannung, die ein Maß für den CO₂-Gehalt des Rauchgases ist.

Gebräuchliche Kohlendioxydmesser werden für einen Messbereich von 0 bis 20 Vol% ausgeführt. 20 % CO₂ entsprechen einer Temperaturerhöhung um 6 K und einer Zunahme des Widerstandes um etwa 0,2 Ω. Der erreichbare Fehler liegt unter 0,5 % CO₂ entsprechend einer Temperaturänderung von ungefähr 0,15 K bzw. einer Widerstandsänderung um 5 mΩ.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

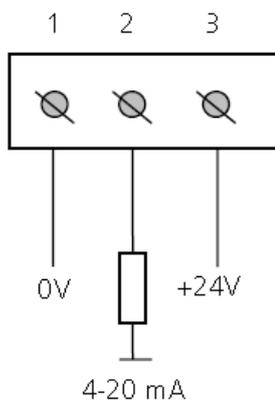
CO₂ Messsystem MF-420IR Industrie der Fa. PCE Instruments

Der Zweistrahl-Infrarotsensor ist auf einem Sensorhalter in einem Aluminiumgehäuse über einer Diffusionsöffnung montiert. Die Kabeleinführung erfolgt gegenüber mittels einer Kabelverschraubung (PG11). Das Aluminiumgehäuse enthält zudem den Transmitter mit einem Signalverstärker und einem analogen Ausgang mit 4–20 mA bzw.

0–10 V. Der Transmitter bereit die Messsignale auf und über trägt sie (siehe Abb. 1). Er funktioniert nach dem Drei-Draht-System.



Anschlussbelegung



Transmitter		
Stromversorgung		Schraubklemmen
	Strom	ca. 100 mA
Anschlüsse	Pin 1	0 V
	Pin 2	4-20 mA oder 0-10 V
	Pin 3	24 V DC ± 5%
Umgebungstemperatur	-10° C bis +50° C	
Luftdruck	900 hPa bis 1100 hPa	
zulässige Feuchte	15-95% relative Feuchte	
Ausgang	4-20 mA	max. Bürde 450 Ω
Gehäuse	Aluminium	rot
Schutzart Gehäuse	IP 40	
Gewicht Gehäuse	ca. 500 g	
Größe Gehäuse	ca. L90 x B85 x H65 mm	
Anschlussleitung	3x1,5 ² Cu + Funktionserde	abgeschirmtes Kabel
Länge	50 Ω Hin- und Rückleiter	
Sensor		
Gaszutritt	per Diffusion	
Standardmessbereiche	0-3.000 ppm CO ₂	d.h. 0-0,3 Vol% CO ₂
	0-6.000 ppm CO ₂	d.h. 0-0,6 Vol% CO ₂
	0-10.000 ppm CO ₂	d.h. 0-1 Vol% CO ₂
	0-50.000 ppm CO ₂	d.h. 0-5 Vol% CO ₂
		weitere auf Anfrage
Aufheizzeit	5 min	
Genauigkeit	± 2%	MBE (Messbereichsendwert)
Reproduzierbarkeit	± 1%	
Reaktionszeit	ca. 30 s	



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Kohlendioxid Messgerät IAQ910 / IAQ920 Innenraumluftqualitätsmessgerät für CO₂

Die IAQ910 und IAQ920 Kohlendioxid Messgeräte sind Handgeräte zur Messung und Überwachung des Kohlendioxidgehaltes in der Innenraumluft. Die Innenraumluftqualität beeinflusst die Behaglichkeit, Sicherheit und die Gesundheit von Gebäudebewohnern und Arbeitnehmern – und damit auch die Konzentration und Produktivität. HLK-Profis nutzen dieses Gerät für Ermittlungen der Innenraumluftqualität, für die Beurteilung der Wirksamkeit von Lüftungsanlagen in Schulen, Büros, Fabriken oder Krankenhäusern. Das Kohlendioxid Messgerät IAQ920 misst zusätzlich die Temperatur und die Luftfeuchte und das alles mit nur einer Sonde. Mehr als 12.700 mit Messdatum und Uhrzeit versehene Messwerte können in dem Kohlendioxid Messgerät IAQ920 gespeichert werden und auf einen Computer geladen werden. Die Aufrechterhaltung einer angenehmen Umgebung beinhaltet auch Messungen und Korrekturen der Raumtemperatur, Luftfeuchte, Zugerscheinungen sowie der Belüftung. Die Sicherstellung von gesunder und sicherer Umgebung erfordert zunächst das Aufspüren und Kontrollieren unerwünschter Quellen chemischer oder biologischer Verunreinigungen sowie luftgetragener Partikel. Analysieren Sie die Luftqualität in Ihren Räumen und seien Sie vorbereitet auf die Gesundheitsbedenken von Gebäudebewohnern und Arbeitnehmern. *PCE Instruments.*





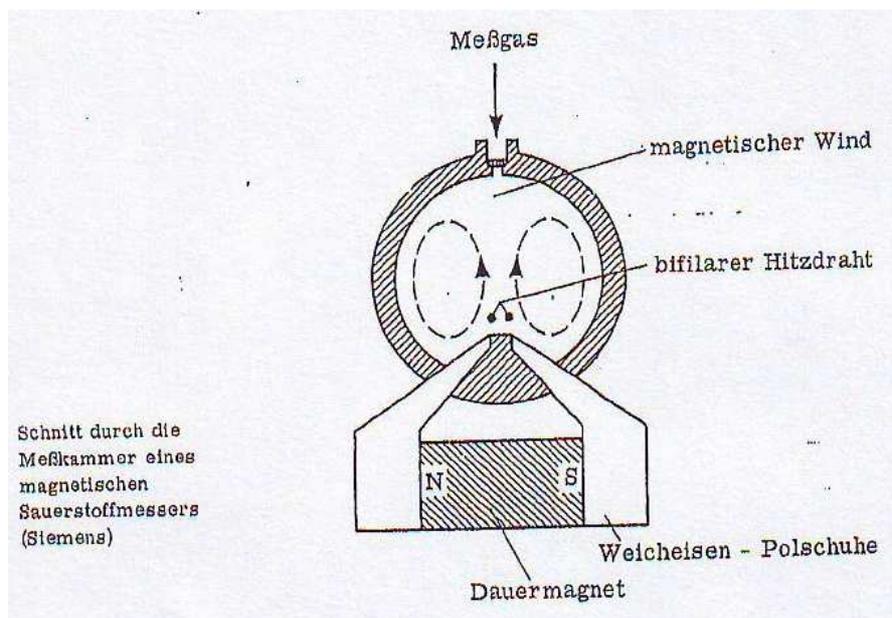
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

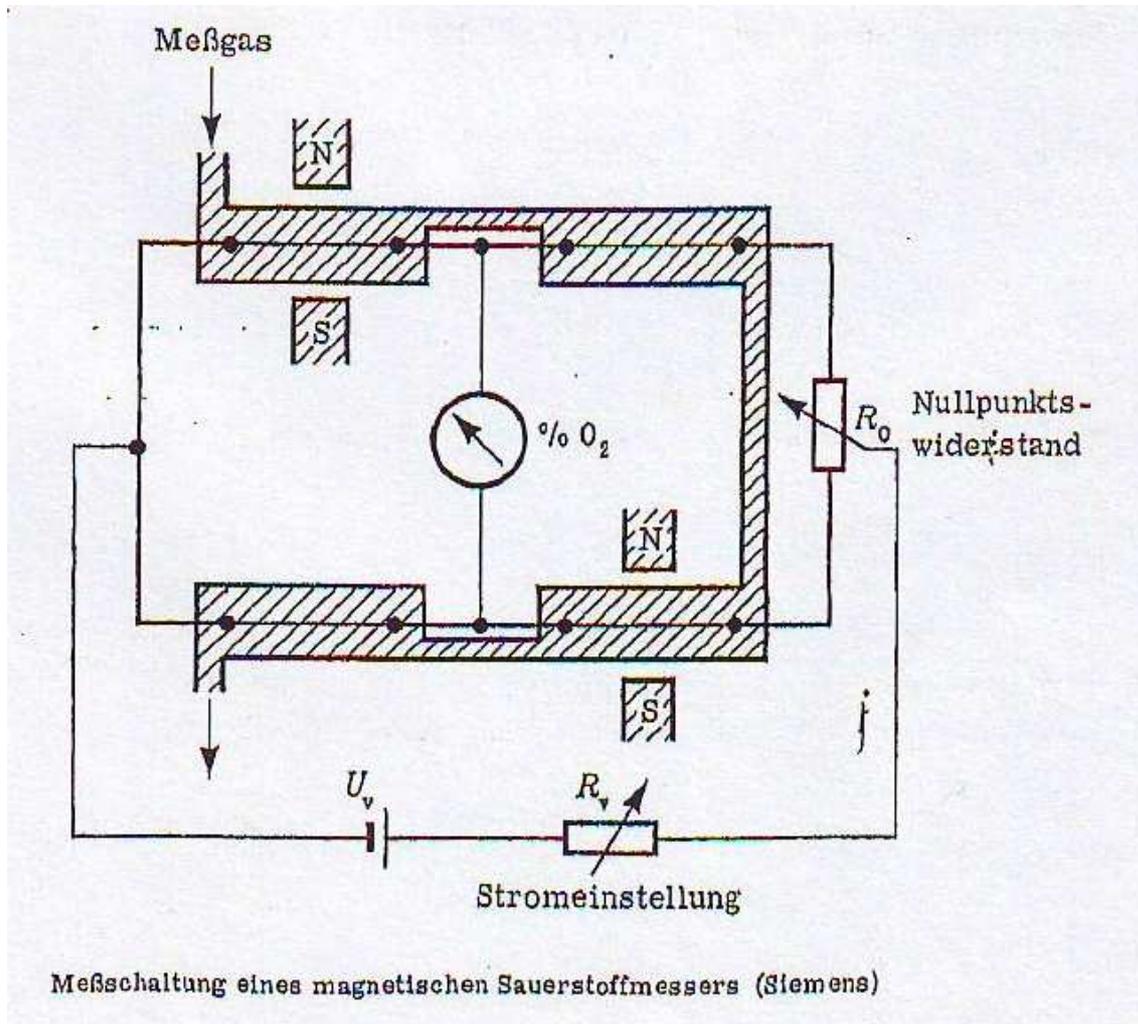
7.8 Sauerstoffmessverfahren

Auch beim magnetischen Sauerstoffmesser wird eine Hitzdrahtbrücke als Fühler benutzt, der Messeffekt, beruht jedoch auf dem Paramagnetismus des Sauerstoffs. Unter den technisch wichtigen Gasen ist allein Sauerstoff stark paramagnetisch, seine Magnetisierbarkeit nimmt jedoch mit zunehmender Temperatur ab.

Der magnetische Sauerstoffmesser besteht aus vier, miteinander verbundenen Messkammern, von denen zwei mit einem Permanentmagneten ausgestattet sind,

Jede Kammer enthält einen bifilaren, ausgespannten Hitzdraht aus Platin, der elektrisch auf etwa 300° C aufgeheizt wird. Ist das Messgas nichtmagnetisch, so stellt sich unter dem Einfluss der Hitzdrähte in jeder Messkammer eine Konvektionsströmung ein, die in allen Kammern gleich groß ist und deshalb die Platindrähte in gleicher Weise abkühlt, Enthält aber das Messgas Sauerstoff, so wird die Konvektionsströmung den Kammern mit Permanentmagneten beschleunigt und die beiden Hitzdrähte werden stärker abgekühlt.





Bei einem Sauerstoffgehalt von 5 % ergibt sich ein Temperaturunterschied von etwa 2 K.

Dieses Messverfahren ist gegen Fremdgase hervorragend selektiv, da ja nur Sauerstoff hohen Paramagnetismus besitzt, Die übrigen Einflussgrößen wie Druck, Temperatur, Versorgungsspannung werden durch schaltungstechnische Maßnahmen kompensiert,



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Paramagnetischer Analysator im Wandgehäuse

- zur kontinuierlicher Messung von O₂ in Hintergrundgasen
- Wandgehäuse IP65
- 3 anwenderkonfigurierbare Messbereiche:
 - 0 - 95 / 96 / 98 - 100 Vol.% O₂
- Niedrigste Nachweisgrenze: 500ppm
- 4-20 mA und 0-1 VDC für Messwert- und Bereichskennung
- integrierte Durchflusskammer
- beheizte Messkammer
- Umgebungsdruckkompensation
- automatische Messbereichsumschaltung
- 2 programmierbare Alarmrelais und Systemfehleralarm
- Messzelle Typ: paramagnetische Hantelzelle
- Messgasanschlüsse: 1/4" oder 6mm
- Profibus, DP oder RS232 Schnittstelle
- Optionen: Autokalibrierung, Messbereichserkennung usw.



 **TELEDYNE**
ANALYTICAL INSTRUMENTS

A Teledyne Technologies Company
16830 Chestnut Street
City of Industry, California 91748, USA



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.9 Gasanalyse durch Infrarotabsorption

Infrarot-Gasanalytoren dienen zur Messung von Gaskomponenten, die ein bestimmtes Absorptionsspektrum im Infraroten haben, das sich von denen der übrigen Gaskomponenten unterscheidet. Das Verfahren beruht also darauf, dass jedes Gas einen charakteristischen Wellenlängenbereich absorbiert.

Gase die so bestimmt werden können sind z.B.:

- Kohlenmonoxid
- Kohlendioxid
- Methan
- Acetylen etc.

Die von einem Infrarotstrahler gelieferte Strahlung wird über zwei Umlenkspiegel durch die Analysenküvette auf die Messkammer und die Vergleichskammer gelenkt. Die Vergleichskammer ist mit einem nichtabsorbierenden Gas gefüllt, die Messkammer, nur mit der Gaskomponente die im komplexen Gasgemisch bestimmt werden soll.

Befindet sich in der Analysenküvette kein Anteil des zu analysierenden Gases, so stellt sich zwischen der Vergleichskammer und der Messkammer eine Temperaturdifferenz ein, da das Gas in der Messkammer, durch Absorption stärker erwärmt wird als das Gas in der Vergleichskammer. Die Temperaturdifferenz wird mit je zwei Widerstandsthermometern in einer Brückenschaltung bestimmt.

Leitet man in die Analysenküvette das zu messende Gas ein, so wird die Temperaturdifferenz kleiner, weil in beiden Strahlengängen das absorbierende Messgas nur einen Teil des Gesamtspektrums des Strahlers zu den Temperaturfühlern gelangen lässt.



Enthält das zu messende Gas keinen Anteil der zu analysierenden Gaskomponente, so bleibt die Temperaturdifferenz zwischen Messkammer und Vergleichskammer unverändert erhalten.

Beträgt der Anteil der zu analysierenden Gaskomponente 100 % des Gases in der Analysenküvette, so werden beide Strahlen angenähert gleich stark absorbiert und die Temperaturdifferenz von Mess- und Vergleichskammer wird zu Null.

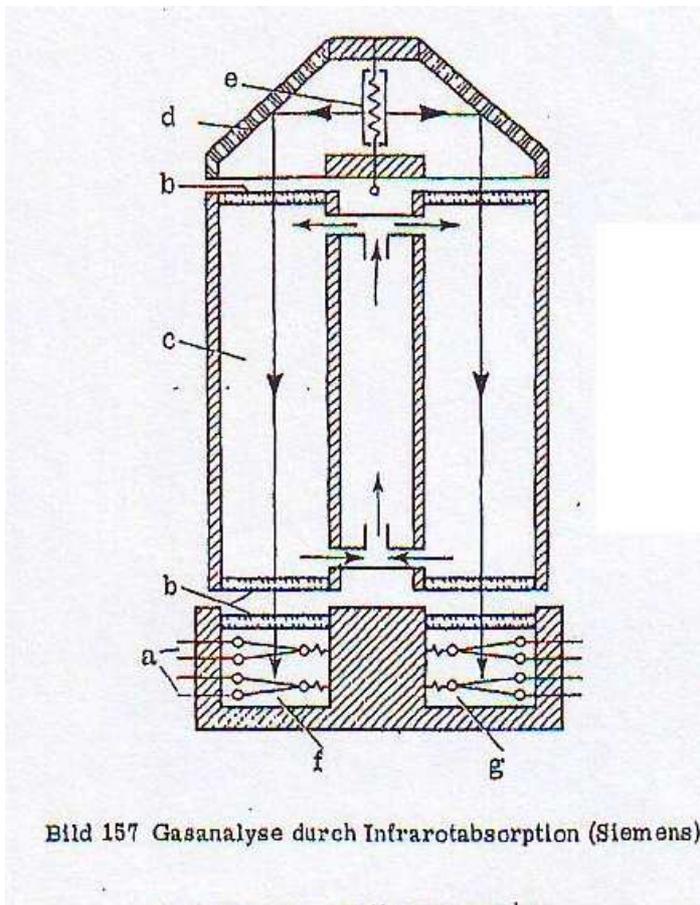


Bild 157 Gasanalyse durch Infrarotabsorption (Siemens)

- a Widerstandsthermometer
- b Infrarotdurchlässige Fenster
- c Analysenküvette
- d Umlenkspiegel
- e Infrarotstrahler
- f Meßkammer
- g Vergleichskammer

Einer kleinen Temperaturdifferenz entspricht ein hoher Anteil, einer großen Differenz ein kleiner Anteil der Gaskomponente im zu analysierenden Gas.

Wenn das Analysengas Komponenten enthält, die fast gleiche Wellenlängenbereiche der infraroten Strahlung absorbieren, wie die zu messende Komponente, so werden in den Strahlengang Filterkammern eingebracht, die mit der Störkomponente gefüllt sind.

Dieses Verfahren der Gasanalyse eignet sich vorzüglich für die Analyse von Kohlenmonoxyd, Kohlendioxid, Methan, Azetylen und vielen anderen mehratomigen Gasen.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Tragbare Infrarot-Gasanalytoren (BE-PM-Serie) für CO, CO₂, CH₄ - Konzentrationen der Fa. Bernt



Die PM-Produktserie wurde für Applikationen entwickelt, wo robuste, leicht zu transportierende und batteriebetriebene Gasanalysegeräte für Routinemessungen erforderlich sind. Unter Verwendung von entsprechenden Sonden und Filtern ermöglicht der kostengünstige Gasanalysator Messungen von Brennofenatmosphären, Schornsteinabgasen sowie Abgasen von Verbrennungsmaschinen, kontrollierten Atmosphärenkammern, u.s.w. Die Gasanalytoren aus der PM-Serie sind dafür ausgelegt, Einzelgase, wie Kohlendioxyd, Kohlenmonoxyd und Methan zu messen. Die Gas- und Elektroanschlüsse befinden sich auf der Geräterückseite. Je nach Bedarf ist es möglich, den Messkreis mit oder ohne Gasprobenpumpe zu betreiben, da die Pumpenanschlüsse herausgeführt sind.



Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

Technische Daten:

Meßgas	CO2	CH4	CO
Meßbereich	0-2000 ppm	0-5 %	0-3 %
	0-3000 ppm	0-10 %	0-10 %
	0-5000 ppm	0-30 %	0-30 %
	0-1 %	0-100 %	0-100 %
	0-3 %		
	0-10 %		
	0-30 %		
	0-100 %		

Andere Meßbereiche auf Anfrage

<p>Meßverfahren: nicht dispersive IR -Absorption mit Halbleitersensor, Zweistrahl mit Abstand</p> <p>Meßbare Gase: CO, CO₂, CH₄</p> <p>Meßbereich: Einzelmeßbereich (bitte angeben)</p> <p>Genauigkeit: ±2% des vollen Bereichs (f.s.d.)</p> <p>Analytische Ansprechzeit: 10 Sekunden auf T₉₀ (typisch), oder wahlweise 1s, bzw 32s</p> <p>Nullpunktstabilität: ±2% des Meßbereichs über 12 Monate.</p> <p>Einfluß der Umgebungstemperatur (0-45°C): ±0,03% f.s.d. pro 1°C</p> <p>Durchflußrate: nichtkritisch, typisch 0,5 l/min</p> <p>Durchflußmesser: einstellbar</p> <p>Meßgaspumpe: intern eingebaut, regelbar</p> <p>Aufwärmzeit: 1 Minute</p> <p>Meßwertanzeige: digitale Flüssigkristallanzeige (LCD)</p> <p>Ausgänge: 4-20mA standard 0-20mA, 0-1V, 0-3V, 0-5V, 0-10V DC opt. Linearer oder nicht linearer Ausgang wahlweise</p> <p>Temperaturbereich: Umgebungstemperatur von 0 bis 45°C</p> <p>Temperaturkorrektur: wahlweise korr. oder nicht korrigiert.</p>	<p>Gasanschlüsse: Pumpen- und Zellenanschlüsse auf der Geräterückseite</p> <p>Batterie: 2x12V Bleiakku. Batterieladung ermöglicht 7 Stunden kontinuierlichen Betrieb des Analysators mit Pumpe</p> <p>Elektrische Anschlüsse: Ladebuchse, Signalausgang</p> <p>Optionen: akustischer/visueller Einzelalarm</p> <p>Frontplattenkontrollanordnungen und -anzeigen: lineare LCD-Meßwertanzeige; Mehrgangpotentiometer für Nullpunkt- und Bereichseinstellung; Durchflußmesser</p> <p>Rückseitige Anschlüsse: Zellen- und Pumpenanschlüsse, Sicherungen, Anschlußbuchse für Schreiber, Durchflusseinstellpoti für Meßgaspumpe, Anschlußbuchse für ext. Ladegerät, Hauptschalter</p> <p>Gehäusematerial: Aluminiumguß, beschichtet</p> <p>Schutzgrad: IP 61</p> <p>Gewicht: Analysator (mit Batterie): ca. 3,75kg Batterieladegerät: ca. 1,15kg</p> <p>Maße (LxBxH): Analysator: 240x 170 x 130 mm</p> <p>Spannungsversorgungen: 24 VDC externe Versorgung 200-250 VAC / 50Hz 100-120 VAC / 50Hz 100-120 VAC / 60Hz</p>
--	---

}

Für Ladegerät (bitte angeben!)



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.10 Viskositätsbestimmung

Zur Beurteilung des Verhaltens von Flüssigkeiten ist die Kenntnis ihrer Viskosität notwendig. Flüssigkeiten teilt man hinsichtlich ihres rheologischen Verhaltens in newtonsche und nicht-newtonsche Fluide ein. Analog kann man auch die im Folgenden dargestellten Messverfahren zur Viskositätsbestimmung einteilen. Diese Messgeräte werden als Viskosimeter bezeichnet. Dieser Teil des Skriptes konzentriert sich nur auf die Viskosimeter für die Messung von newtonschen Flüssigkeiten.

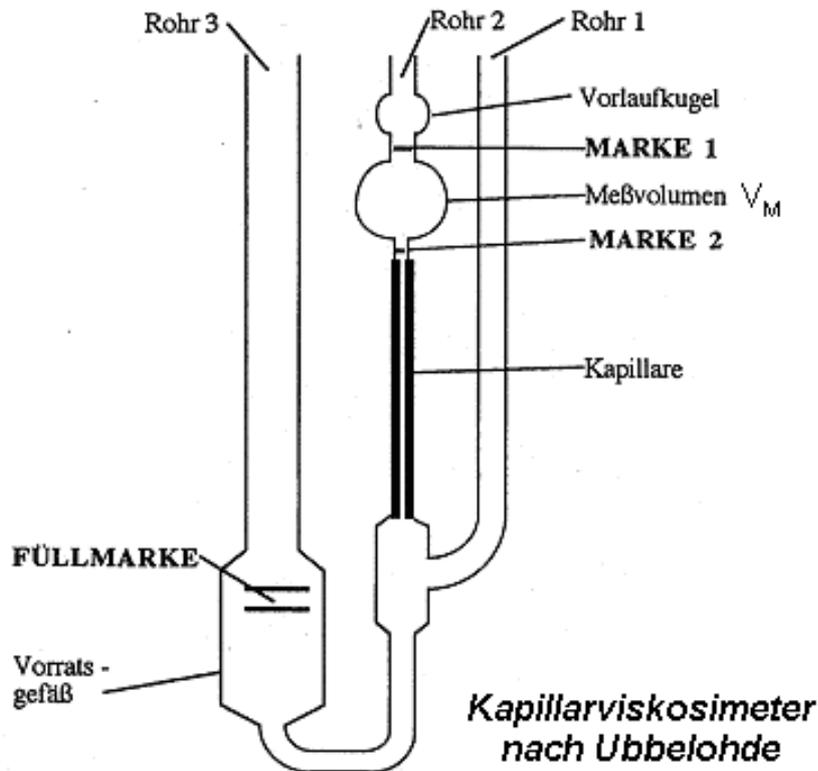
7.10.1 Meßmethoden für newtonscher Fluide

Newtonsche Fluide zeichnen sich dadurch aus, dass sich ihre Viskosität bei wechselnder Scherbeanspruchung nicht ändert, d.h. ihre Viskosität ist mit der Angabe eines einzigen Wertes eindeutig gekennzeichnet. Zur Bestimmung der Viskosität erzeugt man möglichst einfache Strömungen, bei denen die mathematische Beschreibung nach der Viskosität aufgelöst werden kann. Die bekanntesten Verfahren, das Kapillarviskosimeter und das Kugelfallviskosimeter, werden im Folgenden kurz beschrieben.

7.10.1.1 Kapillarviskosimeter

Beim Kapillarviskosimeter durchströmt eine definierte Flüssigkeitsmenge, begrenzt durch zwei Messmarken, laminar eine Messkapillare infolge der Schwere der Flüssigkeit. Gebräuchlich sind Kapillarviskosimeter nach Ubbelohde, siehe schematische Darstellung der nachfolgenden Abbildung. Die Zeit, welche die Flüssigkeit benötigt, ist hierbei ein Maß für die Viskosität des Fluids und ist entsprechend messtechnisch zu erfassen.

In der Praxis nimmt man die Messung der Ausflusszeit mehrmals vor und setzt die mittlere Zeit in die Rechnung ein. Mit dem Kapillarviskosimeter lassen sich die Viskositäten auf $\pm 2\%$ genau bestimmen. Der Messaufbau ist temperierbar.



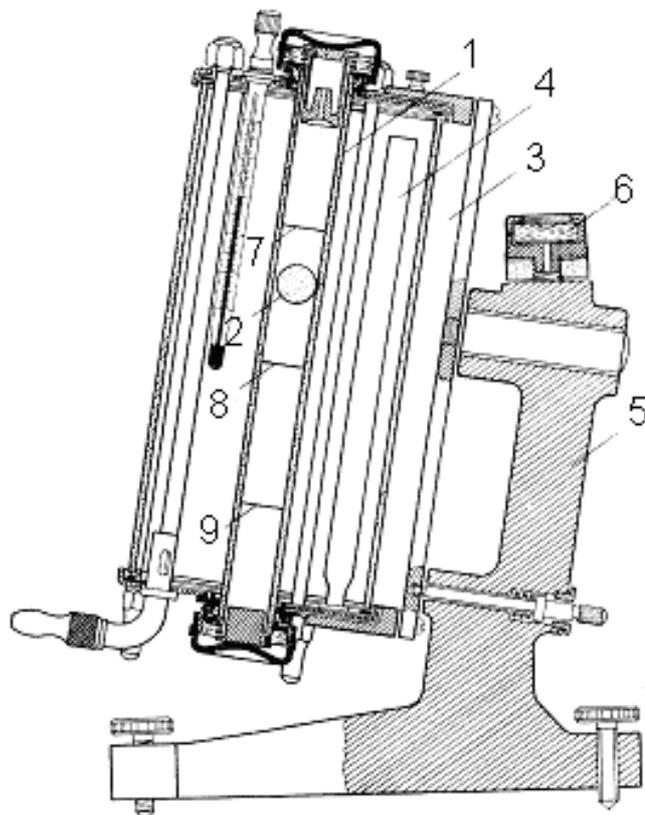
7.10.1.2 Kugelfallviskosimeter

Das Kugelfallviskosimeter, auch Höppler-Viskosimeter genannt, arbeitet nach dem Prinzip des Kugelfalls. Dies erlaubt analog zum Kapillarviskosimeter, die Viskositätsmessung auf eine Zeitmessung zu reduzieren. Relevant ist hierbei die Zeit, welche die Kugel benötigt, eine definierte Strecke im zu vermessenden Fluid zurück zu legen.

Nachfolgende Abbildung zeigt ein Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler, das in der DIN 53015 genormt ist und nach dem oben beschriebenen Prinzip arbeitet. Es besteht aus einem zylindrischen Glasrohr, das geneigt an einem Stativ drehbar angebracht ist. Zu diesem Rohr gehört ein Satz verschieden schwerer Kugeln, die für die Messung als Fallkörper dienen. Das Rohr ist von einem Mantel umgeben, der aus einem Thermostaten mit Flüssigkeit durchströmt wird.



Viskositätsmessungen können je nach Fluid in einem Temperaturbereich von -60 bis $+150$ °C durchgeführt werden. Zur Messung wird das zylindrische Glasrohr mit der Versuchsflüssigkeit gefüllt, eine der Kugeln hineingegeben und wieder verschlossen. Zu messen ist die Fallzeit der Kugel zwischen den beiden im Glasrohr eingätzten Strichmarken.



- 1** Fallrohr
- 2** Fallkugel
- 3** Temperiermantel
- 4** Tauchsieder
- 5** Stativ
- 6** Libelle
- 7,8,9** Meßmarken

Höppler-Viskosimeter



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.10.1.3 Viskositätsmessung mittels Auslaufbecher

Die Viskositätsmessung mit dem Auslaufbecher ist, man sollte es kaum glauben, auch in unserer Zeit der allgemeinen Automatisierung und ISO 9000 Zertifizierungen ein weit verbreitetes Verfahren zur Viskositätsmessung bei Flüssigkeiten, insbesondere von Farben und Lacken. Hier wird nun einmal beleuchtet, welcher Zusammenhang zwischen einer Messung mit dem Auslaufbecher und der rheologischen Untersuchung einer Flüssigkeit besteht. Da die Viskosität außer von der Temperatur auch von den Kräften abhängt, die auf den Stoff wirken, ist natürlich insbesondere die Frage zu beantworten: Welche Viskosität wird eigentlich durch eine Messung der Viskosität in Auslaufsekunden bestimmt?

Um die Viskosität einer Flüssigkeit mit einem Auslaufbecher zu bestimmen, besteht zunächst die Frage: Welcher soll es denn nun sein? In Abb. 1 sind unterschiedliche Auslaufbecher zu sehen. Diese unterscheiden sich in Füllvolumen, Material, Form und vor allem im Durchmesser und Länge der Düse. In DIN 53012 sind die allgemeinen Regeln für die Geometrien festgelegt, doch die Wahl des verwendeten Bechers ist meist bestimmt durch die Tradition im Unternehmen: „Das haben wir schon immer so gemacht!“

Zur Messung der Viskosität wird die Düse zugehalten und der Auslaufbecher randvoll gefüllt. Zeitgleich mit dem Öffnen der Düse wird vom Anwender eine Stoppuhr gestartet und er misst die Zeit bis der Strom der Flüssigkeit das erste Mal abreißt. Bei dieser Messung gibt es also unterschiedliche Fehlerquellen. Diese liegen in der Temperatur der Substanz, in der manuellen Zeitmessung, in der Beeinflussung der Messung durch eine verschmutzte Düse und der Bestimmung des richtigen Abreißzeitpunktes. In diesem Artikel soll jedoch nicht von den möglichen Fehlern gesprochen werden, sondern davon ausgegangen werden, dass alles optimal durchgeführt wird.



Abb. 1 verschiedene Auslaufbecher



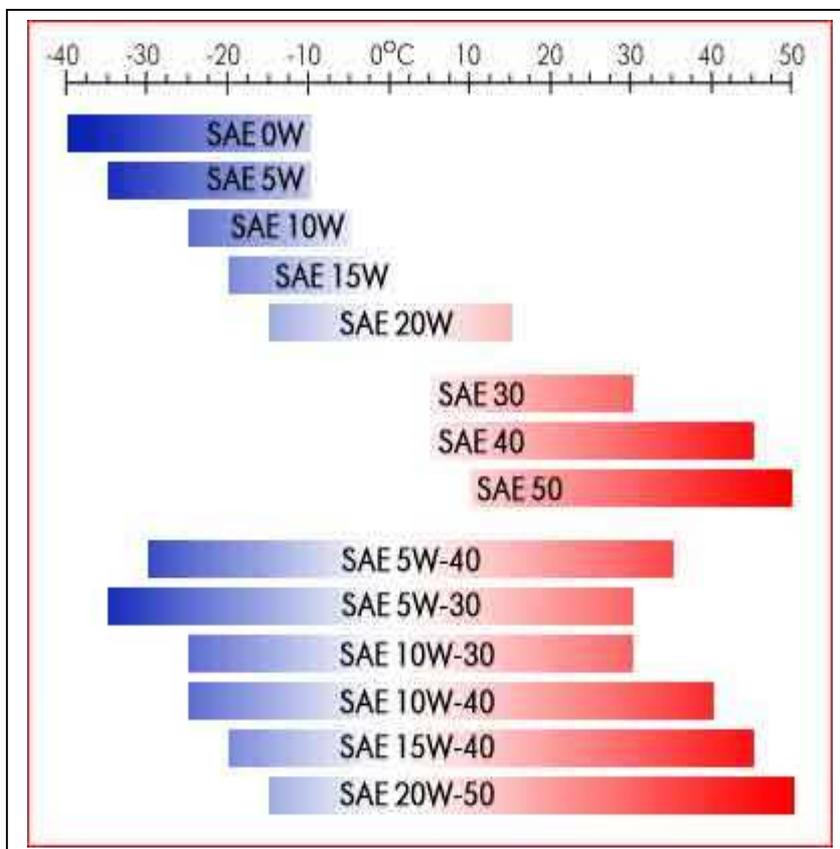
Warum ist die Viskositätsmessung mit dem Auslaufbecher so beliebt? Entscheidende Vorteile sind sicherlich, dass das „ Messgerät“ extrem preiswert und – scheinbar – einfach zu handhaben ist. Hierzu kommt aber ein weiterer wesentlicher und nicht zu unterschätzender Faktor: Der Laborant sieht beim Befüllen die Flüssigkeit und beurteilt das Fließverhalten, die Oberfläche, die Tropfenbildung usw. Man kann erleben, dass derjenige schon beim Befüllen sagt: Das sind heute 27 s. Er misst dann auch 27 s.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

7.11 Eine kleine Exkursion in die Welt der SAE-Klassen, allgemein

Kfz-Motoren- und Getriebeöle werden mit SAE *Society of Automotive Engineers (USA)* -Klassen beschrieben, die auch in die entsprechenden DIN *Deutsches Institut für Normung* -Normen übernommen wurden. Hierin sind festgelegt: Temperaturen für die Viskositätsmessungen, Viskositätsgrenzwerte und Klassenzuordnungen. Öle, für die Viskositätsgrenzwerte im kalten Zustand festgelegt sind, haben zusätzlich den Buchstaben „W“ (Winter).



Im heißen Zustand wird für Motor- und Getriebeöle die Viskosität einheitlich für alle SAE-Klassen bei 100°C bestimmt. Dies ist jedoch bei Motorölen nicht praxisgerecht; daher wird hier oftmals zusätzlich noch die Hochtemperaturviskosität bei hohem Schergefälle (HTHS (High Temperature High Shear)). HTHS-Wert beschreibt die kinetische Viskosität unter hohen Scherbelastungen bei 150°C. = High Temperature High Shear) bestimmt.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Analysentechnik	02. August 2014

SAE-Klassen Motoröle

Genormt sind die Klassen:

0W, 5W, 10W 15W, 20W, 25W-20, 30, 40, 50, 60

SAE-Klassen Getriebeöle

Genormt sind die Klassen:

70W, 75W, 80W, 85W-80, 85, 90, 140, 250

Einbereichs-/Mehrbereichsöl

Erfüllt ein Öl nur die Anforderungen einer SAE-Klasse, so ist es ein Einbereichsöl, z.B. SAE 10W, 30, 50 bei Motorölen oder SAE 80W, 90, 140 bei Getriebeölen.

Werden im kalten Zustand die Anforderungen einer W-Klasse und bei 100°C die einer Klasse ohne „W“ erfüllt, so spricht man von einem Mehrbereichsöl z.B. SAE 0W-30, 10W-40, 15W-40 bei Motorölen oder SAE 75W-90, 80W-90, 85W-140 bei Getriebeölen.