

Vol'berg, N.S. u. Pocina, I.I.

KONTINUIERLICHE BESTIMMUNG DES CO-GEHALTS IN DER ATMOSPHERE  
MITTELS EINER COULOMETRISCHEN METHODE

Übersetzung aus:

Trudy. Glavnaja Geofizičeskaja Observatorija im. A.I.  
Voekova. Leningrad, 314 (1974), S. 114 - 122.

Russ.: НЕПРЕРЫВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКИСИ  
УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРЕ КУЛОНОМЕТРИЧЕСКИМ  
МЕТОДОМ

Nepreryvnoe opredelenie soderžanija okisi ugleroda  
v atmosfere kulonometričeskim metodom.

CO ist das am häufigsten vorkommende toxische Gas. Nach Berechnungen gelangen im Jahr insgesamt ca.  $2 \cdot 10^8$  t CO in die Atmosphäre, ca. 90 % davon mit den Auspuffgasen der verschiedenen Transportmittel [6, 7]. Da CO in der Atmosphäre ziemlich reaktionsträge ist, ist seine Lebensdauer im Vergleich zu anderen Gasen groß und beträgt nach unterschiedlichen Auswertungen 0,1 - 5 Jahre [6, 12]. Die Konzentration von CO in "reiner" Luft wird z.Zt. mit ca  $0,1 \text{ mg/m}^3$  angesetzt.

In Städten liegen diese Werte natürlich wesentlich höher. In großen Industriezentren mit viel Transportverkehr betragen die CO-Konzentrationen gewöhnlich 2 -  $5 \text{ mg/m}^3$ , in der Nähe von Hauptverkehrswegen bis zu einigen  $10 \text{ mg/m}^3$ . Vorliegende Untersuchungen zeigen, daß sich Luft mit so hohem CO-Gehalt sehr negativ auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirkt [5].

Zur Bestimmung der CO-Konzentration in der Atmosphäre werden automatische Gasanalysatoren verwandt, die nach verschiedenen Prinzipien funktionieren. Am häufigsten werden optisch-akustische Gasanalysatoren [2, 8, 10] eingesetzt. Des weiteren verwendet man automat. Gaschromatographen, die auf der Basis der CO-Umwandlung in Methan mit nachfolgender Bestimmung durch den Flammen- und Strahlenionisationsdetektor arbeiten.

Zur Bestimmung geringer CO-Konzentrationen, wie sie in nicht verschmutzter Atmosphäre vorkommen, wird der Einsatz von Apparaten vorgeschlagen, wo nach Reduktion von HgO anhand der Absorption im UV-Bereich [11] die Dämpfe bestimmt werden. Die Empfindlichkeit dieser Geräte ist sehr hoch und beträgt  $0,06 \text{ mg/m}^3$ .

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Ausarbeitung einer Methode zur kontinuierlichen CO-Bestimmung, die sich zur Herstellung eines einfachen und hochempfindlichen Gasanalysators eignet.

Als Arbeitsgrundlage dient die coulometrische Methode, die schon in früheren Arbeiten [11, 12] beschrieben wurde.

Die coulometrische CO-Bestimmung beruht auf einer quantitativen Reduktionsreaktion von  $\text{J}_2\text{O}_5$  bei einer Temperatur über  $100^\circ\text{C}$ . Das bei der Reaktion freiwerdende elementare Jod wird in der Coulomb-Zelle an der Kathode aus Edelmetall zum Jodid-Ion reduziert. Der dabei entstehende Strom ist proportional zur CO-Konzentration [3, 4].

Für eine kontinuierlich arbeitende Apparatur ist eine zuverlässige Konstruktion der Coulomb-Zelle für die Jodbestimmung und ein entsprechendes Oxidationsmittel auf  $\text{J}_2\text{O}_5$ -Basis erforderlich, das bei Abwesenheit von CO eine minimale Jodabgabe und geringe Trägheit garantiert.

Außerdem müssen der Grad der Wechselwirkung einer Reihe organischer Stoffe mit  $J_2O_5$  bestimmt, und anhand dieser Werte geeignete Sorbenten zur Beseitigung störender Beimischungen gewählt werden.

#### Die Coulomb-Zelle

Zur Bestimmung des Jods, das bei der Reaktion mit  $J_2O_5$  frei wird, schlug Hersch vor, eine Zelle mit einer Platinnetz-Kathode und Anode aus Aktivkohle zu verwenden. Die Zelle wird mit einer schwachen Natriumiodid-Lösung in neutralem Phosphatpuffer gefüllt.

Ein Mangel der Anoden aus Aktivkohle ist das fehlende Abnutzungskriterium, was die Empfindlichkeit der Apparatur vermindert. Das gleiche gilt für Anoden aus Silber, Quecksilber und Kupfer, die zur Bestimmung anderer Oxidationsmittel verwendet werden. Während des Arbeitsvorgangs bildet sich auf der Oberfläche dieser Elektroden eine Schicht aus Reaktionsprodukten, was mit der Zeit zu einer Verschlechterung der Werte führt. Wesentlich stabiler sind die Parameter von Anoden aus Edelmetall in einer Jodidlösung, die auf die Spannung von einer äußeren Stromquelle berechnet sind. Solche Elektroden werden jedoch selten verwendet, da das an der Anode abgeschiedene elementare Jod in den Kathodenbereich gelangt.

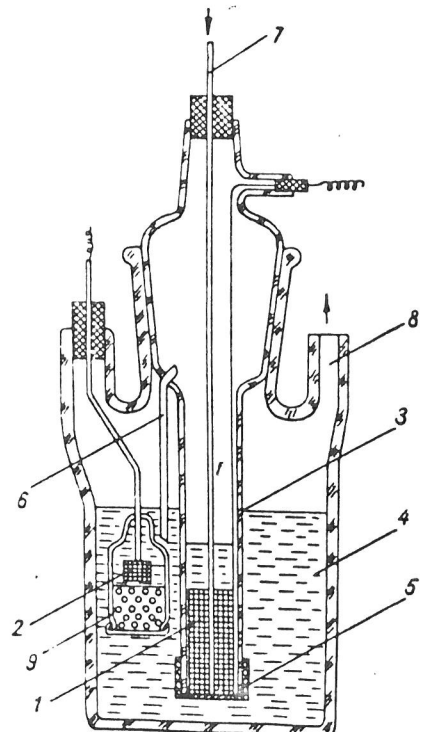
Es erschien uns zweckmäßig, das abgeschiedenen Halogen durch einen entsprechenden Sorbenten zu absorbieren. Dazu eignete sich sehr gut ein Absorber, der je nach Beladung seine Farbe ändert.

Aus den zahlreichen von uns getesteten hellen Sorptionsmitteln (verschiedene Arten Kieselsäuregele und Zeolithe, Polyvinylalkohol, Polyamidfasern sowie verschiedene Kunstharzionenaustauscher) erwiesen sich hierfür Anionenaustauscher mit Aminogruppen am geeignetsten. Besonders gute Ergebnisse wurden mit dem Kunstharz AV-17 erzielt. Man hat festgestellt, daß eine 1 cm dicke Kunstharzkörnchenschicht zuverlässig das sich an der Elektrode abscheidende Jod abhält und dabei sehr kontrastreich seine Farbe von hellgelb zu dunkelbraun ändert. Des Weiteren besitzt das Ionenaustauschkunstharz auch einen relativ geringen elektrischen Schichtwiderstand.

In Abb. 1 ist diese Zelle schematisch dargestellt. Sie besteht aus Glas und enthält eine Kathode (1) aus einem dünnen 3 x 4 cm großen Platinnetz Nr. 89, das zu einem Zylinder geformt ist, sowie eine Anode aus demselben Netz von der Größe 0,5 x 1 cm. Die Kathoden- und Anodenkammern sind mit einem Elektrolyten gefüllt und durch eine kationische Membran (5) geteilt. Der Elektrolytspiegel in der Kathodenkammer wird mittels eines Ausgleichsrohrs (6) konstant gehalten. Die Analysenluft gelangt durch ein dünnes Fluorkunststoffrohr (7) in die Zelle, passiert den Elektrolyten und tritt durch das Ausgleichsrohr (6) aus der Kathodenkammer in den Anodenbereich, von wo sie durch eine Öffnung (8) entweicht. Die Anode befindet sich in der Körnchenschicht des Sorbens, das sich entweder in einem Spezialgefäß (9) oder auf dem Boden der Anodenkammer befindet.

Abb. 1 Coulomb-Zelle

1 - Kathode, 2 - Anode, 3 - Kathodenkammer,  
4 - Elektrolyt, 5 - Kationische Membran,  
6 - Ausgleichsrohr (für konstanten Elektrolytspiegel), 7 - Lufteinlaßrohr, 8 - Auslaßöffnung, 9 - Anodenkammer mit Anionenaustauscherschicht

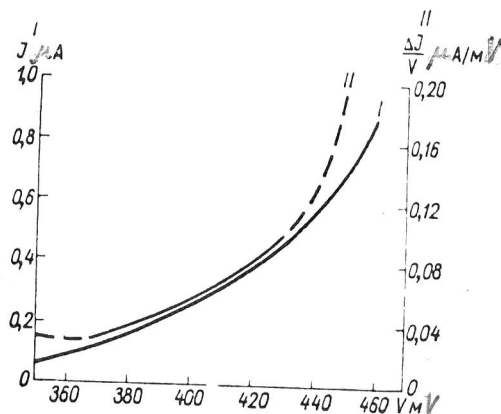


Die Zusammensetzung des Elektrolyten hat großen Einfluß auf die Betriebseigenschaften der Zelle. So kamen Dubois et al. [3] zu dem Ergebnis, daß der von Hersch empfohlene Elektrolyt aus Natriumiodid und Kaliumbromid in einem neutralen Phosphatpuffer dazu neigt, während des Arbeitsprozesses durch Trocknung zu kristallisieren. Um diese Erscheinung zu verhindern, wurde der Vorschlag gemacht, einen Elektrolyten zu verwenden, der stark hygroskopische Salze enthält und auch bei sehr langer (bis ca. 1 Monat) Barbotierung der Luft [1] nicht kristallisiert. Der Elektrolyt besteht aus Lithiumchlorid und -bromid mit geringem Acetamidanteil.

Aufgrund dieser Zusammensetzung wurde in der Zelle eine Anode aus porösem Silber verwandt. In der o.g. Zelle mit der Platinanode kann dem Elektrolyten das Jodidion in großer Konzentration zugegeben und so das Absorptionsvermögen der Lösung verbessert und die Polarisierung der Anode verringert werden. Bei dem empfohlenen Elektrolyten handelt es sich um eine 25%ige Lithium-Chlorid-Lösung, die 5 % Cadmiumiodid enthält. Letzteres hat gegenüber dem sonst verwendeten Natrium- oder Kaliumiodid dem Vorteil, daß es nur wenig zur Kristallisation neigt und eine hohe Beständigkeit besitzt.

Die Zelle arbeitet mit einem außen angelegten Potential. Abb. 2 zeigt die Abhängigkeit des durch die Zelle fließenden Stroms vom Potential. Wie aus Kurve II zu ersehen ist, beginnt bei 380 mV ein beschleunigter Zellenstromanstieg. Dieser Wert wurde auch als Arbeitsspannung gewählt. Beim Durchströmen reiner Luft beträgt der Zellenstrom  $0,17 \mu A$ .

Abb. 2  
Abhängigkeit der Größe des Zellenstroms von der Spannung



Zur Bestimmung der zulässigen Durchflußgeschwindigkeit der Luft durch o.g. Zelle wird die Abhängigkeit des Stroms von ihr bei ständiger Zufuhr von Joddämpfen bestimmt. Es zeigt sich, daß sich die Stromstärke bei einer Durchflußgeschwindigkeit der Luft von über 150 ml/min langsam zu verringern beginnt, bei einer Geschwindigkeit von 250 ml/min beträgt sie 95 % der Ausgangsstärke.

### Präparierung des $J_2O_5$

Die metrologischen Eigenschaften des coulometrischen CO-Gasanalytors hängen sehr stark von den Eigenschaften des  $J_2O_5$ , der Geschwindigkeit seiner thermischen Zersetzung und der Aktivität des Präparates ab.

Dubois et al. verwandten  $J_2O_5$ , das auf das Pulver eines feuerfesten Ziegelsteins (S-22) aufgetragen und danach 1 Woche lang bei 150°C konditioniert wurde. Die Autoren [3] weisen darauf hin, daß die Jodabgabe aus dem Oxidationsmittel sehr von der Luftgeschwindigkeit abhängt und sowohl bei Zunahme als auch bei Abnahme der Geschwindigkeit geringer wird.

Unsere Aufgabe bestand darin, für  $J_2O_5$  eine Trägersubstanz zu finden, die in kurzer Zeit Konditionierung ermöglicht, eine niedrige thermische Zersetzungsgeschwindigkeit gewährleistet und somit wenig elementares Jod abgibt.

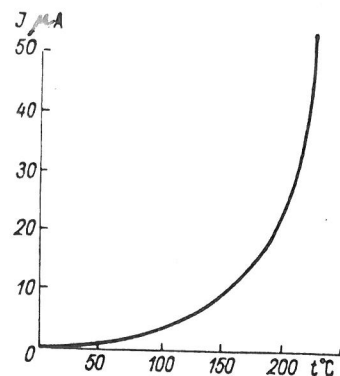
Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Sorptionsmittel mit großen Poren und einer verhältnismäßig kleinen spezifischen Oberfläche untersucht. Folgende  $J_2O_5$ -Präparate wurden untersucht: granuliertes feingemahlene und zu einer luftdurchlässigen Schicht mit Fluorkunststoffpulver 4-D vermisches  $J_2O_5$ -Präparat, das als wäßrige Lösung auf folgende Stoffe aufgetragen wird:

- 1) hydrothermal bearbeitetes Kieselsäuregel mit einer spezifischen Oberfläche von  $19 \text{ m}^2/\text{g}$  ("Silochrom 1")
- 2) Chromsorb
- 3) Kieselgurträgersubstanz TND

Die besten Ergebnisse erhielt man mit einem Gemisch aus pulvrigem oder im Achatmörser zerkleinerten  $\text{J}_2\text{O}_5$  und einem Pulver aus bei  $380^\circ\text{C}$  gesintertem und feinzerkleinertem Fluorkunststoff 4-D (Fraktionen  $0,25 - 0,5 \text{ mm}$ ). Das Reaktionsrohr wird mit einem Gemisch aus  $3\text{g}$   $\text{J}_2\text{O}_5$  und  $2 \text{ ml}$  Fluorkunststoff gefüllt. Das Präparat konditioniert in  $20 - 30$  Stunden bei einer Temperatur von  $220^\circ\text{C}$ , und dann in 1 Stunde bei einer Temperatur von  $120^\circ\text{C}$ . Dieses Präparat gewährleistet eine minimale spontane Jodabgabe ( $\approx \text{ca. } 0,6 \text{ mg}/\text{m}^3 \text{ CO}$  bei einer Luftgeschwindigkeit von  $100 \text{ ml}/\text{min.}$ ) und besitzt eine Trägheit von  $5 - 7$  Minuten, was um einiges unter den Werten der Musterpräparate liegt.

Die Abhängigkeit der Stärke des durch die thermische Zersetzung des  $\text{J}_2\text{O}_5$  in der Zelle entstandenen Stroms von der Temperatur ist in Abb. 3 dargestellt. Bei einer Temperatur von  $120^\circ\text{C}$  entspricht der Temperaturänderung des Oxidationsmittel um  $1^\circ\text{C}$  eine Jodabgabe, die der Konzentration des  $\text{CO}$  von  $\text{ca. } 0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$  bei einem Luftdurchfluß von  $100 \text{ ml}/\text{min}$  äquivalent ist. Daher muß zur Messung niedrigerer Konzentrationen die Temperatur des Oxidationsmittels unbedingt konstant gehalten werden.

Abb. 3  
Abhängigkeit der Stromstärke  
im Stromkreis der Zelle von  
der Temperatur des  $\text{J}_2\text{O}_5$

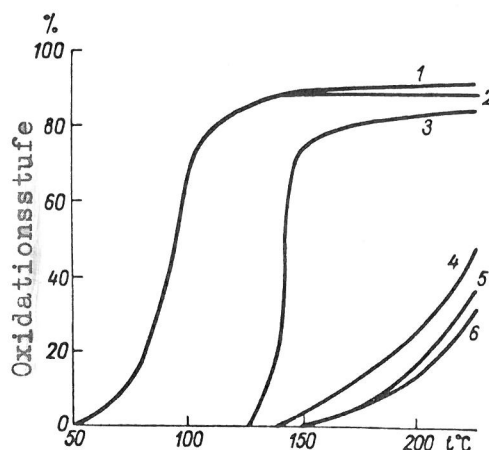


Spezielle Versuche ergaben, daß die angegebene Menge Oxidationsmittel für die quantitative Wechselwirkung mit CO bei einer Luftgeschwindigkeit bis 100 ml/min ausreicht, jedoch auch bei 200 ml/min ist der Umsatz mit ca. 90 % noch ausreichend hoch. Bekanntlich kann  $J_2O_5$  auch mit anderen Reduktionsmitteln in Wechselwirkung treten, z.B. mit Kohlenwasserstoffen. Kohlenwasserstoffe mit 2- und 3-fach-Bindungen reagieren mit  $J_2O_5$  ebenso leicht wie CO, erheblich schwieriger verläuft die Reaktion mit Dämpfen gesättigter Kohlenwasserstoffe; gasförmige gesättigte Kohlenwasserstoffe reagieren schlecht. Wir wollten nun herausfinden, wie die Dämpfe wesentlich häufiger vorkommender Verbindungen bei entsprechenden Bedingungen mit  $J_2O_5$  reagieren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Abb. 4 dargestellt. Anhand der Daten zeigt sich, daß die Dämpfe der gesättigten Kohlenwasserstoffe relativ schwach mit  $J_2O_5$  in Wechselwirkung treten, während Benzol und insbesondere sauerstoffhaltige Verbindungen wesentlich leichter mit  $J_2O_5$  reagieren.

Abb. 4

Oxidation versch. organ. Verbindungen mit  $J_2O_5$  in Abhängigkeit von der Temperatur

1 - Diäthylester, 2 - Äthylalkohol, 3 - Benzol, 4 - Heptan, 5 - Hexan, 6 - Cyclohexan



Die Reaktion des Oxidationsmittels mit Wasserstoff wurde getrennt untersucht. Es zeigt sich, daß es bei einer Temperatur von 110 - 120°C auch bei verhältnismäßig hohen Wasserstoff-Konzentrationen (30 mg/min) zu keiner Jodabgabe kommt.



Folglich müssen zur Gewährleistung der spezifischen Bestimmung von CO in der Luft mittels eines Reinigungsverfahrens die Oxidationsmittel, alle organischen Dämpfe und Reduktionsmittel entfernt werden. Nur gasförmige Grenzkohlenwasserstoffe und Wasserstoff sind in geringen Konzentrationen zulässig. Außerdem müssen aus der Analysenluft die Wasser- und Säuredämpfe entfernt werden.

Sehr gute Resultate wurden mit einem Reinigungsverfahren aus folgenden bekannten Sorbenten erzielt: alkalische chemische Sorptionsmittel, imprägniert mit Natriumpermanganat gegen Säuredämpfe, ungesättigte Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide; inerter poröser Träger (z.B. Sphärochrom), imprägniert mit einer gesättigten Lithiumchlorid- oder Bromidlösung und getrocknet (zur Abscheidung der Wasserdämpfe); Quecksilbersulfat in konzentrierter Schwefelsäure, aufgetragen auf ein kleinporöses Kieselsäuregel (zur Abscheidung der ungesättigten Kohlenwasserstoffe), Aktivkohle (zur Abscheidung der Kohlenwasserstoffdämpfe) und Anhydron (zur Endtrocknung).

Das basische Sorbens, das Trocknungsmittel und das Quecksilbersulfat verändern je nach Beladung ihre Farbe. Dadurch ist es möglich, sie in geringen Überschüssen zu verwenden und so die Zuverlässigkeit des Reinigungsverfahrens zu erhöhen. Das von den Sorbenten wesentlich schneller verbrauchte Trocknungsmittel wird leicht durch Trocknen bei 200 - 250°C wiedergewonnen. Andere Sorbente werden nicht wiedergewonnen.

Anhand dieser Untersuchungen stellte man dieses Modell eines coulometrischen CO-Gasanalysators her, das in Abb. 5 schematisch dargestellt ist und folgendermaßen funktioniert: Die Analysenluft gelangt nach dem Reinigungsverfahren (1 - 5) in das auf 120° erwärmte Reaktionsrohr (6), in dem CO mit  $J_2O_5$  reagiert. Die dabei entstehenden Joddämpfe gelangen mit dem Luftstrom in die Coulomb - Zelle (8), wo eine Elektrodenreaktion stattfindet. Die Luft fließt durch die Membranpumpe (9) und das Rotameter (10) und entweicht durch einen Dreiwegehahn (11). Die Stärke des Stroms, der im Stromkreis der Zelle und Batterie (B1) fließt, wird von einem Amperemeter (R) mit geringem Eingangswiderstand aufgezeichnet.

Vor Inbetriebnahme muß das  $J_2O_5$  bei einer Temperatur von  $220^{\circ}C$  konditioniert werden. Hierfür dient der Schalter ( $P_1$ ), der es ermöglicht, dem Röhrenofen entweder direkt vom Netz Strom zuzuführen oder über die Gleichrichter-Diode. Je nach Stellung des Schalters gewährleistet der Ofen eine Erwärmung des Oxidationsmittels auf  $220^{\circ}C$  oder  $120^{\circ}C$ . Die Konditionierung erfolgt nach Zugabe eines neuen Oxidationsmittels und wird wöchentlich wiederholt sowie nach Verbrauch des Trocknungsmittels um mehr als  $3/4$  der Schichtlänge. Zur Kompensation des Zellenstroms dient ein Potentiometer ( $R_4$ ), das an die Batterie ( $B_2$ ) angeschlossen ist.

Das Gerät wird bei Durchfluß von  $CO$ -freier Luft auf "0" gestellt. Hierfür verwendet man die aus dem Apparat strömende Luft, die durch Drehung des Dreiweghahns (11) wieder in die Apparatur gebracht wird, oder man legt einen Filter auf die Apparateingangsöffnung der aus der Luft  $CO$  entfernt.

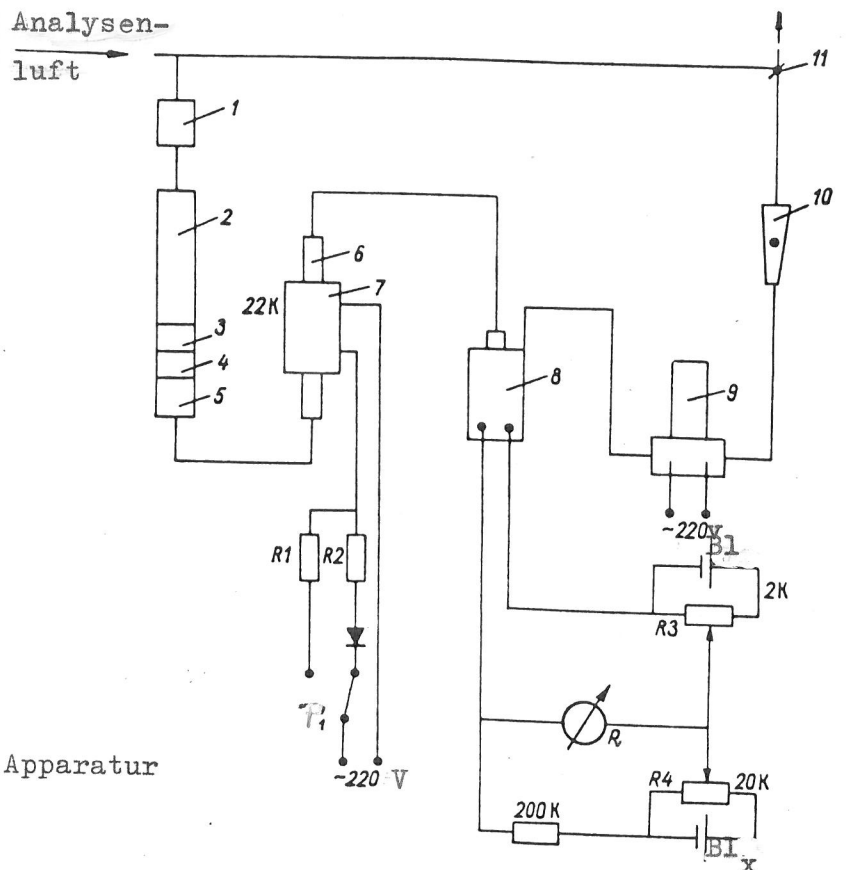


Abb. 5  
Schemat. Darstellung der Apparatur zur  $CO$ -Bestimmung

x Müßte  $B_2$  heißen. Anm.d.Übers.

Zur Analyse besonders kleiner CO-Konzentrationen in nicht verschmutzter Luft wird die Apparatur mit einem speziellen Aufsatz versehen, der automatisch alle 3 Stunden dem Analysator 30 Minuten lang Luft zuführt, die nach Passieren einer Hopkalitschicht von CO gereinigt ist. Der Aufsatz wird durch eine Nockenvorrichtung über das Zugband des Schreibpotentiometers gesteuert. Durch die automatische Überprüfung der Null-Linie ist es möglich, die entsprechende minimale CO-Konzentration wesentlich zu senken und dabei gleichzeitig die Meßsicherheit insgesamt zu erhöhen.

Dieses Modell wurde auf die angegebene CO-Konzentrationen überprüft, die man kontinuierlich aus einem Dosiergerät erhielt.

Letzteres ist ein kleineres Glasgefäß mit reinem CO, das mittels der mit Kalzium- oder Lithium-Chloridlösung gefüllten Druckflasche unter einen geringen Druck gesetzt ist. Am Gefäßausgang ist eine sehr dünne Glaskapillare angeschlossen, wodurch ein geringer konstanter CO-Strom erzeugt wird (0,1 - 50 mm<sup>3</sup> Gas in der Min).

Die pro Minute vom Dosiergerät zugegebene CO-Menge wird anhand der Geschwindigkeit der Tropfenbewegung der 50%igen Lithium-Chloridlösung in einer genau nach Quecksilbergewicht geeichten Glaskapillare mit einem Durchmesser von ca. 1 mm ausgewertet. Die Kapillare wird vorher mit einer 5%igen Dimethyldichlorsilanlösung in Benzol hydrophobisiert.

Das vom Zuteiler abgegebene Gas wird direkt in den Gasanalysator gesaugt, was die Ergebnisse von der Meßgenauigkeit des Stroms der verdünnten Luft unabhängig macht. Die Durchflußgeschwindigkeit der Luft durch das Gefäß beträgt 43,5 ml/min. Bei dieser Geschwindigkeit ist die Größe des Stroms, der durch die Zelle fließt ( $\mu$ A) quantitativ gleich der CO-Konzentration (mg/m<sup>3</sup>).

In den Versuchen wurde festgestellt, daß die Stromausbeute bezogen auf CO im Bereich der überprüften Konzentrationen von 2 - 50 mg/m<sup>3</sup>  $94 \pm 4$  % (n = 23, a = 0,95) beträgt.

Ein Vergleich der Apparaturanzeigen mit den Analysedaten des optisch-akustischen Gasanalysators (GMK-3) zeigte analoge Ergebnisse.

Das oben beschriebene Modell wurde erfolgreich für die kontinuierliche Bestimmung der CO-Konzentrationen in der Atmosphäre von Leningrad und der ländlichen Umgegend eingesetzt.

## L I T E R A T U R

1. Н. Ш. Вольберг, Кулонометрический метод определения галогенсодержащих соединений в воздухе. «Тр. ГГО», 1971, вып. 254, с. 162—171.

Vol'berg, N.Š.:

Kulonometričeskij metod opredelenija galogensoderžaščich soedinenij v vozduche. (russ.)

In: Trudy. Glavnaja geofizičeskaja observatorija. Leningrad 1971, 254, S. 162-171.

Engl. Übersetzung: Coulometric Method of Determining the Compounds in the air which contain halides. Von: National Translation Centre, The John Crerar Library, 35 West 33rd Street, Chicago, Illinois 60616, USA.

2. Э. А. Певзнер, А. С. Зайцев. Автоматический газоанализатор и некоторые результаты регистрации окиси углерода в атмосфере. «Тр. ГГО», 1971, вып. 254, с. 198—204.

Pevzner, E.A., Zajcev, A.S.:

Avtomatičeskij gasoanalizator i nekotorye rezultaty registracii okisi ugleroda v atmosfere. (russ.)

In: Trudy. Glavnaja geofizičeskaja observatorija. Leningrad 1971, 254, S. 198-204.

Engl. Übersetzung: Automatic gas analyzer and some results of the recording of carbon monoxide in atmospheric air. Von: National Translation Centre, The John Crerar Library, 35 West 33rd Street, Chicago, Illinois 60616, USA.

3. Dubois, L., Zdrojewski, A., Monkman, J.L.:

The analysis of carbon monoxide in urban air at the ppm level, and the normal carbon monoxide value.

In: Journal of the Air Pollution Control Association (JAPCA), 16 (1966), S. 135-139.

4. Hersch, P.:

Process for measuring the carbon monoxide content of a gas stream.

Beckmann Instr. Inc., US Patent No. 3, 258, 411, Off. Gazette US Pat. Off., Juni 1966, 827, (4), S. 1276.

5. Hexter, A., Goldsmith, J.:

Carbon monoxide: Association of Community Air Pollution with Mortality.

In: Science, 172 (1971), Nr. 3980, S. 265-267.

6. Jaffe, L.:  
Ambient carbon monoxide and its fate in the atmosphere.  
In: JAPCA, 18 (1968), Nr. 8, S. 534-540.
7. Jaffe, L.:  
The global balance of carbon monoxide. Global Effects of Environ. Poll.,  
New York 1968, S. 34-49.
8. Luft, K., Kesseler, G., Zorner, K.H.:  
Nichtdispersive Ultrarot-Gasanalyse mit dem UNOR.  
In: Chemie-Ing.-Techn., 16 (1967), Jhrg. 39, S. 937-945.
9. Novak, J.V.A.:  
Polarographic-coulometric Analyzers Measurement of Low Concentrations  
of Sulphur Dioxide.  
In: Collection Czechoslov. Chem. Commun., 30 (1965), S. 2703-2716.
10. Ohly, J.:  
Infrarot-Gasanalysator Uras 2.  
In: Gas und Wasserfach, 109 (1968), Heft 13, S. 349.
11. Robbins R.C., Borg, K.M., Robinson, E.:  
Carbon monoxide in the atmosphere.  
In: JAPCA, 18 (1968), Nr.2, S. 106-110.
12. Weinstock, B.:  
Carbon Monoxide: Residence Time in the Atmosphere.  
In: Science, 166 (1969), Nr. 3902, S. 224-225.

---

Suttgart, den 30.9.1980

übersetzt von  
*U. Frieß-Ehlers*  
(U. Frieß-Ehlers)

*Ottmar Pertschi*  
(O. Pertschi)