

ISSN 0172-7613

Forschungsbericht 63

BUNDESANSTALT FÜR
MATERIALPRÜFUNG (BAM)

BERLIN

Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase

von Dipl.-Ing. E. Behrend und Dipl.-Ing. J. Ludwig

Dezember 1979

7 Seiten, 9 Bilder, 8 Seiten Anhang

Die diesem Bericht zugrundeliegenden Arbeiten wurden mit Mitteln der Deutschen Gesellschaft für Mineralölwissenschaft und Kohlechemie e. V. gefördert.

Dieser Bericht ist mit gleichem Inhalt unter dem Titel „Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Flüssigkeiten und Gase“ von der Deutschen Gesellschaft für Mineralölwissenschaft und Kohlechemie e. V. (DGMK) als DGMK-Forschungsbericht 4527-01 herausgegeben worden.

Herausgegeben von der
Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45
Telefon 030/8104-1
Telex 01
Telex 01-83 261 bamb d

Vorwort	
Zusammenfassung	
1. Einführung in die Problemstellung	1
2. Meßverfahren	
2.1. Eintauchverfahren	1
2.2. Hüllenverfahren	1
2.2.1. Apparatur	1
2.2.2. Bestimmung der Leckgaskonzentration	2
2.2.3. Theoretische Leckratenermittlung	3
2.3. Sprühverfahren	3
3. Meßprogramm	4
3.1. Eintauchverfahren	4
3.2. Hüllenverfahren	4
3.3. Sprühverfahren	4
4. Ergebnisse	5
4.1. Ergebnisse nach dem Eintauchverfahren	5
4.2. Ergebnisse nach dem Hüllenverfahren im Labor	6
4.3. Vergleich der Ergebnisse nach dem Eintauch- und Hüllenverfahren	6
4.4. Ergebnisse nach dem Hüllenverfahren im Betrieb	6
4.5. Ergebnisse nach dem Sprühverfahren	6
5. Wertung der Ergebnisse	6
6. Schrifttum	7
Tabellarischer Anhang	

Zum Inhalt

Die Untersuchungen wurden unter Laboratoriums- und Betriebsbedingungen durchgeführt. Unter Laboratoriumsbedingungen wurden zwölf ungebrauchte Ventile und fünf Ventile, die sich zuvor ein halbes Jahr lang im betrieblichen Einsatz befunden hatten, sowohl nach dem Eintauch- als auch nach dem Hüllenverfahren Leckratenuntersuchungen unterzogen.

Unter Betriebsbedingungen wurden an neun Ventilen Untersuchungen nach dem Hüllenverfahren vorgenommen. Zur Absicherung der im Laboratorium gemessenen Leckraten wurde das Emissionsverhalten von 1639 Absperrorganen in technischen Anlagen mit Hilfe des Sprühverfahrens abgeschätzt.

Die nach dem Eintauchverfahren gewonnenen Ergebnisse stimmen nach Tendenz und Größenordnung mit den nach dem Hüllenverfahren gewonnenen überein. Das Sprühverfahren kann ebenfalls größenordnungsmäßig Anhaltswerte für auftretende Leckraten liefern. Wegen der hohen Anwendungsgeschwindigkeit ist es zudem als betriebliche Kontrollmaßnahme geeignet, setzt aber gewisse Erfahrungen voraus.

Aufgrund der durchgeführten Messungen und ergänzenden Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß bei etwa 5 bis 8 % der sich im betrieblichen Einsatz befindlichen Ventile eine Leckrate zu verzeichnen ist, die um eine oder mehrere Größenordnungen über dem in der Literatur genannten Werte liegt. Für 10 % der Ventile wurde eine Leckrate in der Größenordnung des genannten Leckfaktors festgestellt. Bei der überwiegenden Anzahl von Armaturen (etwa 82 bis 85 %) konnte eine geringere Leckrate ermittelt werden.

Abstract

The investigations were conducted under laboratory and operational service conditions. Investigations on the determination of leak rates were carried out with twelve valves having been still unused and five valves previously having been in operational service for half a year by applying an immersion as well as a wrapping procedure.

Investigations were made with nine valves under operational service conditions by use of the wrapping procedure. The emission behaviour of 1639 valves which had been installed in technical plants was estimated by application of a spray procedure to ascertain the results of the investigations on the determination of leak rates which were carried out by conducting the two other procedures.

The results which were gained by use of the immersion procedure are corresponding to the results which were gained by application of the wrapping procedure. The spray procedure permits to get hints on the orders of magnitude of leak rates. The spray procedure is convenient for its use as an operational checking procedure because of its quickness of application, but some experience in application is needed.

The results of the investigations delivered the proof that 5 to 8 percent of the valves being in operational service have a leak rate which is higher by one or more orders of magnitude than a leak rate cited in literature. 10 percent of the valves exhibit a leak rate by the same order of magnitude as the cited leakage factor. A smaller leak rate was found for the paramount number of valves (about 82 to 85 percent).

Vorwort

Über die Leckagen von Dichtelementen in Anlagen der chemischen und petrochemischen Industrie und in Mineralölraffinerien liegen bisher nur wenige in Labor und Praxis gewonnene Untersuchungsergebnisse vor, die sich zum Teil widersprechen. Dieses führt zu Unsicherheiten bei der immissionsschutztechnischen Beurteilung bestehender und geplanter Anlagen.

Aus diesem Grunde wurde im Jahre 1973 ein Arbeitskreis gebildet, in dem die Deutsche Gesellschaft für Mineralölwissenschaft und Kohlechemie e.V. (DGMK) zusammen mit dem Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (MAGS) Vorhaben zum Thema „Untersuchung über die Leckraten von Dichtelementen“ durchführt.

Dem Arbeitskreis gehören Mitglieder folgender Institutionen an:

- Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen
- Geschäftsführung der DGMK
- DGMK-Studiengruppe „Emissionen der Petrochemie“
- Technischer Überwachungsverein Rheinland e. V.
- Bundesanstalt für Materialprüfung
- Universität Bochum
- BASF AG

Die Vorhaben sollen insbesondere Beurteilungsmaßstäbe für die Aufstellung von Emissionsverzeichnissen in Genehmigungsverfahren und von Emissionskatastern liefern. Sie umfassen im einzelnen Untersuchungen in Laboratorien und in Anlagen der Petrochemie sowie der Mineralölindustrie. Die Messungen erstrecken sich in erster Linie auf die Emissionen organischer Gase und Dämpfe und haben die Ermittlung der Leckraten von statischen und dynamischen Dichtelementen an gas- und

flüssigkeitsführenden Rohrleitungen und Aggregaten zum Ziel.

Das Gesamtprojekt umfaßt z. Zt. folgende Einzelvorhaben:

1. Untersuchungen von Leckraten an Flanschverbindungen
2. Untersuchungen von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen
3. Untersuchungen von Leckraten an Dichtelementen von Pumpen und Kompressoren

Ergebnisse der Einzelvorhaben werden als Teilberichte veröffentlicht. Kurzfassungen der Teilberichte werden in der Zeitschrift „Erdöl und Kohle — Erdgas — Petrochemie vereinigt mit Brennstoff-Chemie“ veröffentlicht, um eine fortlaufende Dokumentation sicherzustellen. Eine abschließende Zusammenfassung der Ergebnisse — gegebenenfalls unter Berücksichtigung weiterer Arbeiten — soll in derselben Zeitschrift veröffentlicht werden.

Parallel zu den von DGMK/MAGS geförderten Vorhaben führt an chemischen Anlagen die BASF AG ein von dem Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördertes umfangreiches Untersuchungsvorhaben über die Leckraten von Dichtelementen durch.

Beide Programme sind eng aufeinander abgestimmt und werden von Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Kremer, Universität Bochum, wissenschaftlich betreut.

Im folgenden wird über die Ergebnisse des Teilvorhabens „Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Flüssigkeiten und Gase“ berichtet.

Dieses Einzelvorhaben umfaßt Laboruntersuchungen sowie Messungen unter Betriebsbedingungen in willkürlich ausgewählten Firmen.

Zusammenfassung

Im Rahmen der Tätigkeiten des Arbeitskreises, in dem die Deutsche Gesellschaft für Mineralölwissenschaft und Kohlechemie e.V. (DGMK) zusammen mit dem Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein Westfalen (MAGS) Vorhaben zum Thema „Untersuchungen über die Leckraten von Dichtelementen“ durchführt, wurden von der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase und Flüssigkeiten (unter Flüssigkeitsdruck stehende Gase) vorgenommen.

Bisher lagen über die Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen praktisch keine Untersuchungsergebnisse vor, was zu Unsicherheiten bei immissionsschutztechnischen Beurteilungen von Ventilen geführt hat. Derartige Beurteilungen stützten sich auf einen aus der Literatur stammenden Leckfaktor, der die durchschnittliche Leckrate von Stopfbuchsen von Ventilen zu 68 g/Tag (entsprechend ca. 2,8 g/h) angibt. Über die Bedingungen, unter denen dieser Wert ermittelt wurde, liegen keine Angaben vor.

Die Untersuchungen der BAM wurden unter Laboratoriums- und Betriebsbedingungen durchgeführt, wobei drei verschiedene Meßverfahren zur Anwendung gelangten bzw. entwickelt wurden: ein Eintauch-, ein Hüllen- und ein Sprühverfahren. Diese Verfahren unterscheiden sich im wesentlichen im Hinblick auf ihre Empfindlichkeit der Leckratenanzeige und den für die Durchführung der Messungen erforderlichen Aufwand. Unter Laboratoriumsbedingungen wurden zwölf ungebrauchte und

fünf Ventile, die sich zuvor ein halbes Jahr lang im betrieblichen Einsatz befunden hatten, sowohl nach dem Eintauch- als auch nach dem Hüllenverfahren Leckratenuntersuchungen unterzogen. An vier der zwölf ungebrauchten, zu einer Rohrstrecke zusammengeschlossenen Ventile, die ein halbes Jahr lang ständig von der Luft eines innerbetrieblichen Preßluftnetzes durchströmt wurden, wurde versucht festzustellen, ob eine etwaige Verschmutzung Einfluß auf die Leckraten der Ventile hat.

Unter Betriebsbedingungen wurden an neun Ventilen Untersuchungen nach dem Hüllenverfahren vorgenommen. Zum Zwecke der statistischen Untermauerung der hierbei gewonnenen Meßwerte wurden außerdem 1639 Ventile nach dem Sprühverfahren untersucht.

Die durchgeführten Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

- 1) Die Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen nehmen mit fortschreitender Zeit und steigendem Druck zu (im letzteren Fall überproportional). Der Zunahme der Leckrate steht die Abnahme des Betätigungsmomentes gegenüber.
- 2) Die nach dem Eintauchverfahren gewonnenen Ergebnisse stimmen nach Tendenz und Größenordnung mit den nach Hüllenverfahren gewonnenen überein. Grundlage der Beurteilung ist wegen der größeren Genauigkeit das Hüllenverfahren, das Eintauchverfahren liefert größenordnungsmäßige Anhaltswerte.

- 3) Ein Verschmutzungseffekt und eine damit verbundene mögliche Abnahme der Leckraten wurde unter den Versuchsbedingungen nicht festgestellt.
- 4) Untersuchungen unter Laboratoriums- und Betriebsbedingungen liefern gleichartige Ergebnisse in bezug auf die Größe auftretender Leckraten.
- 5) Das Sprühverfahren kann ebenfalls größenordnungsmäßig Anhaltswerte für auftretende Leckraten liefern. Wegen der hohen Anwendungsgeschwindigkeit ist es zudem als betriebliche Kontrollmaßnahme geeignet, setzt aber gewisse Erfahrungen voraus.
- 6) Aufgrund der durchgeführten Messungen und ergänzenden Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß bei etwa 5 bis 8 % der sich im betrieblichen Einsatz befindlichen Ventile eine Leckrate zu verzeichnen ist, die um eine oder mehrere Größenordnungen über dem in der Literatur genannten Wert [1] liegt. Für 10 % der Ventile wurde eine Leckrate in der Größenordnung des genannten Leckfaktors festgestellt. Bei der überwiegenden Anzahl von Armaturen (ca. 82 bis 85 %) konnte eine geringere Leckrate ermittelt werden.
- 7) Die niedrigsten Leckraten wurden bei den Ventilen festgestellt, bei denen im Betrieb die Funktion der Stopfbuchse regelmäßig überwacht wurde.
- 8) Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können noch nicht allgemeingültige Leckfaktoren abgeleitet werden, da sie sich auf ein im Verhältnis zu den ermittelten Streuungen zu kleines Meßwertkollektiv abstützen. Es erscheint jedoch vertretbar, die gewonnenen Ergebnisse für die Abschätzung der Leckagen aus Stopfbuchsabdichtungen an Armaturen anzuwenden und sie gegebenenfalls jeweils nach dem Vorliegen weiterer aus Feldversuchen erhaltener Werte zu modifizieren.

1. Einführung in die Problemstellung

Die in einigen Gebieten an die Grenze der Gesundheitsschädigung reichende Belastung der Atmosphäre mit gas- und dampfförmigen Schadstoffen bedingt die Notwendigkeit, Kriterien zu schaffen, die es — genauer als bisher — gestatten, Emissionsquellen zu beurteilen. Die meßtechnische Erfassung der Emissionsquellen, außer bei verfahrensbedingten, definierten Quellen, stößt in der Praxis oftmals auf große Schwierigkeiten. Daher ist es erforderlich, aufgrund von Untersuchungen teils im Labor, teils unter Betriebsverhältnissen, Anhaltswerte über die Größe der vornehmlich latenten Emissionsquellen zu gewinnen. Diese Notwendigkeit stellt sich um so mehr, als für latente Emissionsquellen wie z. B. Armaturen, bisher lediglich pauschalierte Angaben hinsichtlich ihrer Größe als Emissionsquellen vorlagen.

Im Gegensatz zu den Verhältnissen an Flanschen, für die mittlerweile Leckage-Untersuchungen mit genaueren Ergebnissen vorliegen (s. 1. Teilbericht des DGMK-Arbeitskreises „Leckraten von Dichtelementen“ zum Thema „Untersuchungen von Leckraten an statischen Dichtelementen“ [4]), sind in der Literatur nur vereinzelt Angaben über die Größe von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen zu finden, die jedoch nicht als allgemeingültig und übertragbar betrachtet werden können. Diese Angaben weisen den Nachteil auf, keinen Aufschluß über die bei einem Vergleich erforderlichen Spezifikationen hinsichtlich des Druckes, des Mediums, der Temperatur usw. zu geben.

In der bisher vorliegenden Literatur ist der durchschnittliche Leckfaktor für Stopfbuchsen an Ventilen zu 68 g/Tag angegeben [1]. Diesem Wert entspricht die Leckratenangabe 0,15 lb/day [2]. In ausreichender Übereinstimmung mit diesen Werten befinden sich die Leckratenangaben von 230 g/Tag für Ventile schwererer und leichter Bauart [3].

In der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) wurden früher bereits im Rahmen von Bauartprüfungen etwa 50 Armaturen geprüft. Rund 90% dieser Ventile wiesen Leckraten in der Größenordnung des bisher angewandten Leckfaktors auf.

Aufgrund der Verschiedenartigkeit der bisher vorliegenden Angaben in bezug auf die Voraussetzung, die zu ihrer Gewinnung führten, stellt sich also die Notwendigkeit, Leckraten von Dichtelementen derart zu bestimmen, daß die aus entsprechenden Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse als innerhalb gewisser Grenzen übertragbar auf beliebige Ventile gelten können. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ermöglicht dann, mit Hilfe statistischer Methoden die Emissionen der Quellgruppe Ventile größenordnungsmäßig abzuschätzen. Mit den im folgenden geschilderten Meßverfahren kann die Notwendigkeit zur Verbesserung von Stopfbuchsabdichtungen nachgewiesen und die Möglichkeit zur Reduzierung der Leckraten aufgezeigt werden.

Im folgenden wird über die Ermittlung von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen berichtet. Hierfür wurden an neuen, gebrauchten und sich im Betrieb befindlichen Armaturen entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Durch Betriebsuntersuchungen sollte unter anderem gewährleistet werden, daß nicht ausschließlich die Ergebnisse von Laboruntersuchungen die Grundlage der Beurteilung für Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen bilden.

Für die Laboruntersuchungen wurden der BAM von einem Unternehmen der Petrochemie verschiedene ungebrauchte Ventile und bauartentsprechende gebrauchte Armaturen, die zuvor in Produktionsanlagen eingebaut worden waren, zur Verfügung gestellt.

Die Betriebsuntersuchungen wurden in den Produktionsstätten zweier willkürlich ausgewählter namhafter Firmen durchgeführt.

2. Meßverfahren

Für die Messung der Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen gelangten die im folgenden beschriebenen Verfahren zur Anwendung.

2.1 Eintauchverfahren

Bei diesem Verfahren werden die Untersuchungsgegenstände (Ventile) in ein Wasserbad getaucht und von innen mit Gasdruck belastet. Bei Vorhandensein eines Lecks wird die Leckrate durch die Erfassung des aus der Stopfbuchsverschraubung der Ventile austretenden Gasvolumens mit Hilfe von Meßgläsern bestimmt. Die Vorteile des Verfahrens bestehen im einfachen Untersuchungsaufbau und, damit zusammenhängend, in der leichten und sicheren Handhabungsmöglichkeit. Nach diesem Verfahren können jedoch nur Leckagen erfaßt werden, die größer als 1×10^{-2} mbar $l s^{-1}$ sind. Außerdem ist das Eintauchverfahren unter Betriebsverhältnissen praktisch nicht anwendbar. Ferner können u. U. Rückwirkungen auf die Stopfbuchspackung (Quellung u. ä.) nicht ausgeschlossen werden.

2.2 Hüllenverfahren

Die beim Eintauchverfahren genannten Nachteile weist das Hüllenverfahren nicht auf. Hierbei wird die Stopfbuchse gasdicht von der Umgebung durch eine Hülle (Kammer) abgeschlossen, durch deren Innenraum ein definierter Gasstrom geführt wird. In diesen Innenraum gelangt das durch die Stopfbuchse austretende Gas, mit dem das Innere des Ventils belastet ist. Nach Ablauf eines bestimmten Zeitraumes werden Proben entnommen und die Leckrate durch die Messung der Konzentrationsänderung im Trägergasstrom bestimmt. Bei den durchgeführten Laboruntersuchungen kam die nachstehend beschriebene Apparatur zur Anwendung, die die Entnahme einer „Normal“- und einer „Vakuumprobe“ gleichzeitig ermöglichte. Bei den Betriebsuntersuchungen kam eine geringfügig modifizierte Apparatur zur Anwendung, die lediglich die Entnahme einer Normalprobe ermöglichte, da sich aus Handhabungs- und Sicherheitsgründen die Verwendung einer Vakuumpumpe unter Betriebsverhältnissen verbietet.

2.2.1 Apparatur

In die verwendete Apparatur nach *Abb. 1*, schematisch dargestellt in *Abb. 2*, wird über ein Einlaßventil (15) in einem Kreislauf ein Trägergas (Stickstoff) unter Überdruck eingebracht. Mit Hilfe der Versorgungseinrichtung nach *Abb. 3*, bestehend aus Druckluftmotor (4) und Membranpumpe (5), wird das Trägergas durch den Kreislauf geführt. Hierbei wird der Gasstrom vom Einlaßventil (15) durch die Saugwirkung der Membranpumpe (5) in die Kammer (7) geleitet. In diese aus Handhabungsgründen zweigeteilte Kammer (7) nach *Abb. 4* ist die gesamte Stopfbuchsverschraubung des Prüflings (6) mittels einer aushärtenden Kunststoffmasse gasdicht eingebracht. Von hier aus wird der Gasstrom durch das Gassammelrohr (8) auf die Saugseite der Membranpumpe (5), dann auf die Druckseite und schließlich über das Auslaßventil (14) in die Atmosphäre geführt. Parallel hierzu wird das Gassammelrohr (9), das durch Absperrventile (16) und (17) vom vorstehend beschriebenen Kreislauf abgeschlossen ist, mittels der Vakuumpumpe (10) evakuiert. Wenn die ursprünglich im Kreislauf befindliche Luft durch das Trägergas verdrängt worden ist, werden die Ventile (14) und (15) geschlossen. Unter leichtem Überdruck wird nun das Trägergasvolumen umgewälzt. Im Prüfling (6) befindet sich derweil unter vergleichsweise hohem Überdruck das Testgas (z. B. Dichlordifluormethan — R12). Bei Vorhandensein eines Lecks an der Stopfbuchse des Prüflings (6) gelangt Testgas in den Trägergaskreislauf. Nachdem sich das Trägergas genügend mit Testgas angereichert hat, der Vorgang ist mit einer Drucksteigerung verbunden, die am Manometer (12) ablesbar ist, werden die Hähne des Gassammelrohres (8) geschlossen. Gleichzeitig wird das Absperrventil (18) geschlossen und die Absperrventile (16) und (17) werden geöffnet. Aufgrund des im

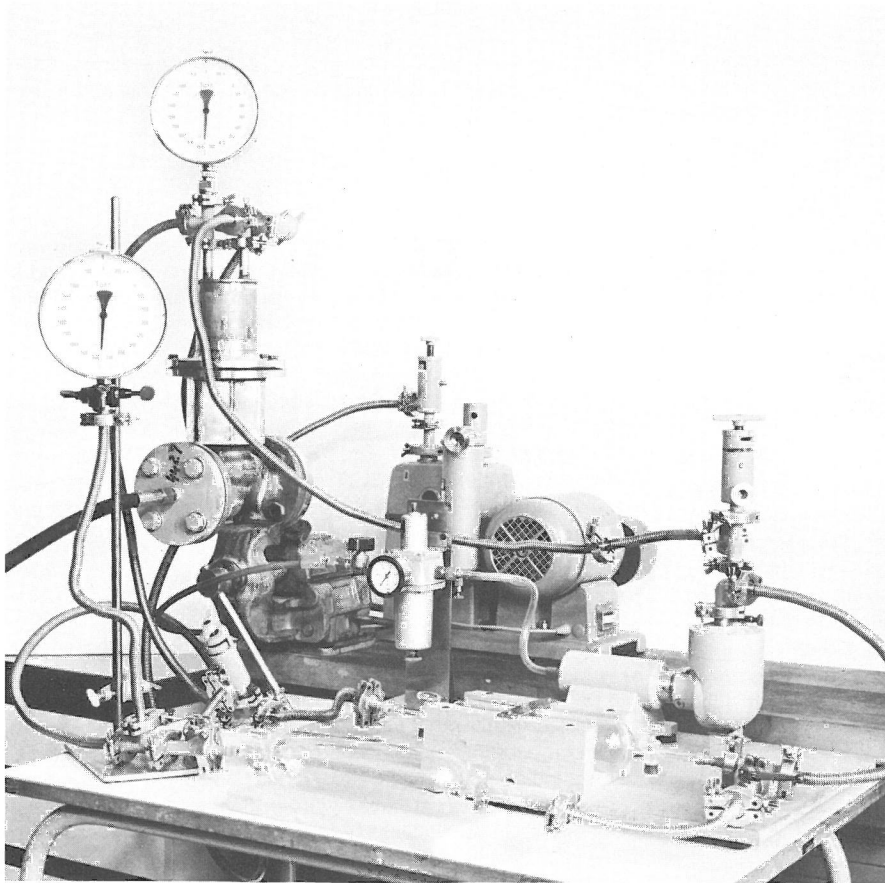
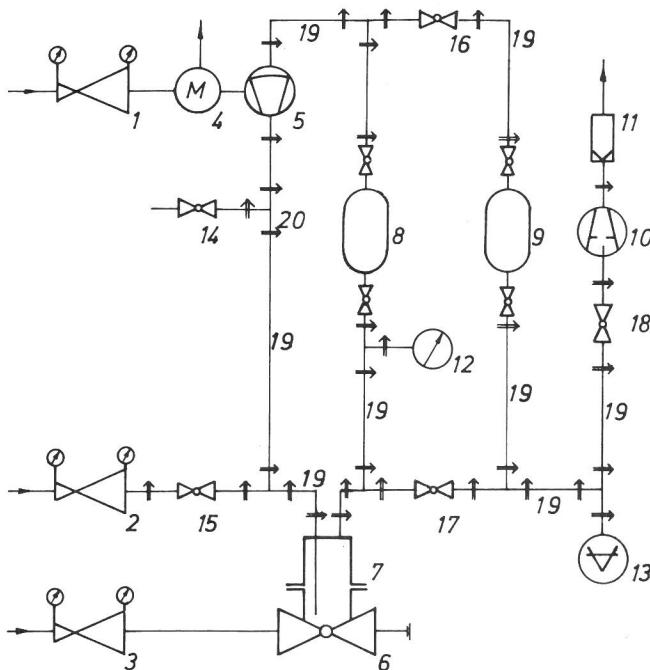


Abb. 1
Apparatur für die Probenahme nach dem Hüllenverfahren



- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 Druckminderer Druckluft | 11 Abgasfilter |
| 2 Druckminderer Stickstoff | 12 Manometer |
| 3 Druckminderer Prüfgas | 13 Vakuummanometer |
| 4 Druckluftmotor | 14 Auslaßventil |
| 5 Pumpe | 15 Einlaßventil |
| 6 Prüfling | 16 Absperrventil-Vakuum |
| 7 Kammer | 17 Absperrventil-Vakuum |
| 8 Gassammelrohr | 18 Absperrventil-Vakuumpumpe |
| 9 Gassammelrohr Vakuum | 19 Metallschlauch |
| 10 Vakuumpumpe | 20 Kleinflansch-Verbindung |

Abb. 2
Apparatur für die Probenahme nach dem Hüllenverfahren (Schema)

Seitenzweig mit dem Gassammelrohr (9) herrschenden Unterdrucks wird mit Leckgas angereichertes Trägergas in das Gassammelrohr (9) gesaugt. Dabei ist sichergestellt, daß im Kreislauf kein Unterdruck entsteht. Die Hähne des Gassammelrohres (9) werden nun geschlossen, die Versorgungseinrichtung abgeschaltet, der Kreislauf geöffnet und die beiden Gassammelrohre (8) und (9), in denen sich die Proben befinden, entnommen.

2.2.2 Bestimmung der Leckgaskonzentration

Die Bestimmung der Leckgaskonzentration wurde nach dem gaschromatographischen Verfahren vorgenommen. Über den Gasprobeneinlaßteil des Gaschromatographen wird hierbei ein bestimmtes Volumen des zu prüfenden Leckgas—Spülgasgemisches in den Trägergasstrom eingebracht. Je nach Leckgas erfolgte die Anzeige des im Gemisch enthaltenen Leckgases mit Hilfe eines Flammenionisationsdetektors (FID) oder eines Wärmeleitdetektors (WLD). Die Eichung des Gaschromatographen wurde mit selbsthergestellten Vergleichsgasen vorgenommen. Die Bestandteile der Leckgase waren bei jeder Probe bekannt. Für die Analyse wurden Geräte mit folgenden Betriebsdaten verwendet:

Leckgase:	Dichlordifluormethan (R 12)	Kohlenwasserstoff
Gerätetyp:	Perkin Elmer F 6	Perkin Elmer F 20
Trennsäule:	2 m 15 % Diäthylhexylsebacinat auf Chromosorb R (60 — 80)	2 m 25 % Di-n-butylmaleat auf Chromosorb P (30 — 60)
Trägergas:	Helium	Stickstoff
Temperatur:	20°C	20°C
Detektor:	WLD	FID
Brenngas:	—	Wasserstoff

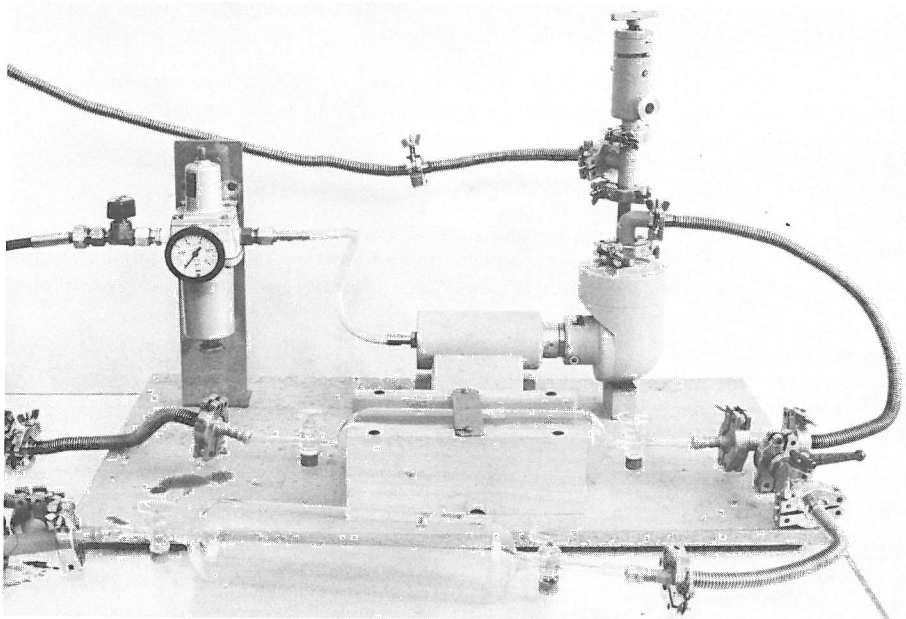


Abb. 3
Versorgungseinrichtung der Apparatur für die Probenahme nach dem Hüllenverfahren

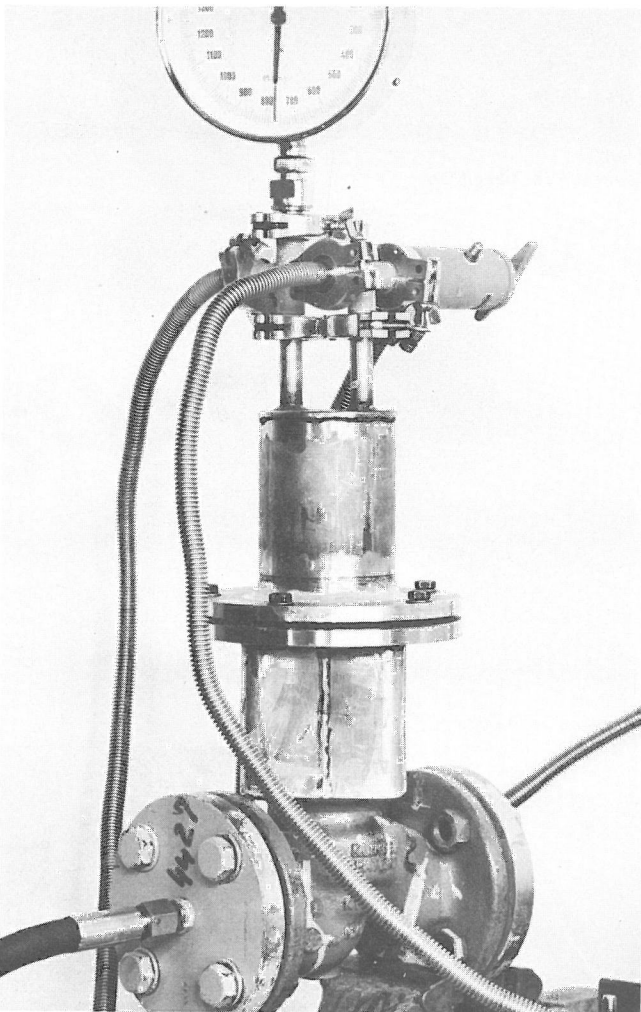


Abb. 4
Prüfling und zweigeteilte Kammer — Teile der Apparatur für die Probenahme nach dem Hüllenverfahren

2.2.3 Theoretische Leckratenermittlung

In der Apparatur nach Abb. 1 und Abb. 2 mit dem Volumen V_K wird unter einem leichten Überdruck P_K ein Spülgasvolumen V_N (bezogen auf Normaldruck P_N), welches aus Trägergas und —

mit der Zeit anteilmäßig zunehmend — Leckgas besteht, umgewälzt.

Durch die Leckrate Q an der Stopfbuchse des Ventils wird im gegenüber der Umgebung gasdichten Kreislauf eine Konzentrationszunahme dc verursacht:

$$dc = \frac{Q}{V_N} \cdot dt$$

Durch Integration ergibt sich mit der Anfangsbedingung $c(0) = 0$ und $T = \text{konstant}$

$$c = \int_{t_1}^{t_2} \frac{Q}{V_N} dt \quad \text{zu} \quad c = \frac{Q}{V_N} \cdot t \quad \left| \begin{array}{l} t_2 \\ t_1=0 \end{array} \right.$$

und weiter zu

$$c = \frac{Q}{V_N} \cdot t_2$$

Hieraus folgt

$$Q = \frac{V_N \cdot c}{t_2}$$

und mit

$$V_N = \frac{P_K}{P_N} \cdot V_K$$

wird für den Zeitpunkt t_2

$$Q = \frac{\frac{P_K}{P_N} \cdot V_K \cdot c}{t_2}$$

2.3 Sprühverfahren

Da mit dem zeitlich und apparativ aufwendigen Hüllenverfahren nur eine begrenzte Anzahl von Messungen durchgeführt werden konnte, wurden zur Abschätzung der mittleren Emissionsraten von Absperrorganen nach den vorstehend geschilderten Verfahren Betriebsuntersuchungen nach dem Sprühverfahren durchgeführt. Hierbei wird auf die Stopfbuchsverschraubung ein Lecksuchspray aufgebracht. Bei Vorhandensein einer genügend großen Leckrate kommt es zu einer Blasenbildung. Die Anzahl und Größe der sich bildenden Blasen läßt Rückschlüsse auf die Größe der Leckrate zu.

3. Meßprogramm

3.1 Eintauchverfahren

Von der BAM wurden Leckratenbestimmungen nach dem Eintauchverfahren an zwölf ungebrauchten und fünf gebrauchten Ventilen bei Raumtemperatur vorgenommen. Diese Untersuchungen wurden in Abhängigkeit von verschiedenen Drücken und der erforderlichen Betätigungsmomente für die zwölf ungebrauchten Ventile unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

a) im Anlieferungszustand;

Die Leckratenbestimmung im Anlieferungszustand diente lediglich dazu, festzustellen, inwieweit die Armaturen vor der ersten Inbetriebnahme als dicht anzusehen sind und ob im Betriebsfall Maßnahmen zur Gewährleistung hinreichender Dichtheit ergriffen werden müssen.

b) unmittelbar nach Festziehen der Stopfbuchsabdichtung;

Im Anschluß an die Leckratenbestimmung im Anlieferungszustand wurden die Stopfbuchsabdichtungen derart festgezogen, daß kein Leck nach der Eintauchmethode nachweisbar war. Im folgenden wurden Dichtheitsprüfungen jeweils nach einmonatiger, zweimonatiger und dreimonatiger Lagerung durchgeführt, ohne die Dichtungen erneut festzuziehen. In der Zwischenzeit lagerten die Armaturen bei Raumtemperatur (Atmosphärenbedingungen).

c) Als Ergänzung zu den unter a) und b) erwähnten Untersuchungen wurden vier Ventile aus der Gruppe der zwölf ungebrauchten Ventile nach Festziehen der Stopfbuchsabdichtung zu einer provisorischen Rohrstrecke zusammengeschaltet und ständig von Luft eines innerbetrieblichen Preßluftnetzes unter einem Überdruck von 5 bar durchströmt. Die Ventile wurden unmittelbar nach Festziehen der Stopfbuchsabdichtung, nach einem Monat, nach drei Monaten und nach sechs Monaten untersucht. (Durch diese Versuchsreihe sollte ein ggf. auftretender Verschmutzungseffekt erfaßt werden.)

d) Für die fünf gebrauchten Ventile, die sechs Monate in Betrieb (nähere Angaben s. Tabelle IX) gewesen waren, wurden Messungen nach der Eintauchmethode in Abhängigkeit von verschiedenen Drücken einmalig im Anlieferungszustand durchgeführt. Diese Messungen dienten dazu, den Vergleich mit den Ergebnissen der Messungen an ungebrauchten Ventilen zu ermöglichen.

3.2 Hüllenverfahren

Die Messungen der Leckraten nach dem Hüllenverfahren unter Laboriumsbedingungen wurden an zwölf ungebrauchten und fünf gebrauchten Ventilen vorgenommen. Als ungebrauchte Ventile standen dieselben Armaturen zur Verfügung, die bereits den Untersuchungen nach dem Eintauchverfahren unterzogen worden waren.

Je Ventil wurden sechs Meßwerte aufgenommen: für drei Druckstufen je eine Normal- und eine Vakuummessung. Als Druckstufen wurden ein niedriger Wert, ein mittlerer Wert und der Wert des Nenndruckes der Armatur gewählt. Testgas war in allen Fällen Dichlordifluormethan (R 12). Zur Druckerhöhung wurde das Testgas erforderlichenfalls mit Stickstoff (N_2) überlagert.

Die Messungen der Leckrate an Stopfbuchsen von Ventilen unter Betriebsbedingungen wurden an neun verschiedenen Armaturen nach dem Hüllenverfahren durchgeführt. Da unter Betriebsverhältnissen aus Handhabungs- und Sicherheitsgründen das Betreiben einer Vakuumpumpe unzumutbar erschien, wurde auf das Ziehen von Vakuumpumpen verzichtet. statt dessen wurden je Armatur zwei oder drei Proben hintereinander genommen.

In Tabelle VIII sind die für die Laboruntersuchungen verwendeten Ventile aufgelistet.

In Tabelle X ist der Ablauf der Laboruntersuchungen an ungebrauchten und gebrauchten Armaturen angegeben.

3.3 Sprühverfahren

Da die Abschätzung einer mittleren Emissionsrate mit Hilfe der nach dem Hüllenverfahren gewonnenen Meßergebnisse wegen der geringen Zahl sehr unsicher ist, wurden in zwei Firmen

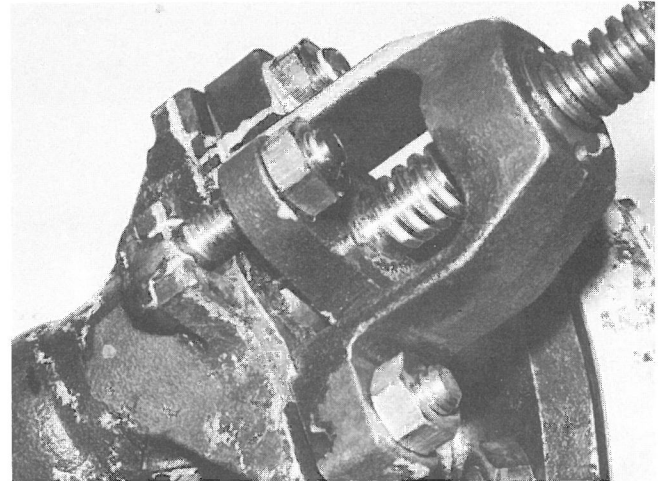


Abb. 5
Leckrate ca. 100 cm³/h



Abb. 6
Leckrate ca. 1 000 cm³/h

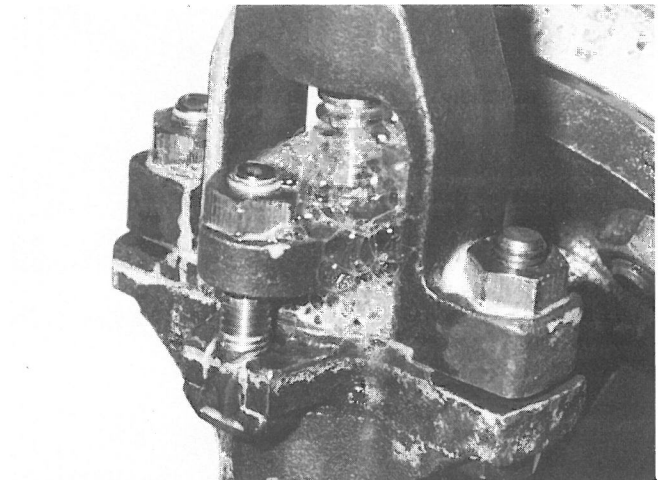


Abb. 7
Leckrate ca. 10 000 cm³/h

Reihenuntersuchungen nach dem Sprühverfahren durchgeführt. Als Sprühmittel kam ein Lecksuchspray zu Anwendung. In Vorversuchen wurde festgestellt, daß sich mit Hilfe dieses Lecksuchsprays drei Größenordnungen von Leckraten gut sichtbar unterscheiden lassen:

- Leckraten $\leq 100 \text{ cm}^3/\text{h}$ (Abb. 5);
- Leckraten $= 1000 \text{ cm}^3/\text{h}$ (Abb. 6);
- (etwa entsprechend dem Leckfaktor von $68 \text{ g}/\text{Tag}$, bezogen auf Propan/Butan);
- Leckraten $\geq 10000 \text{ cm}^3/\text{h}$ (Abb. 7).

Hierbei wurden Vergleichsmessungen nach dem Eintauchverfahren zugrundegelegt.

Die allgemeine Anwendung dieser Methode im Betrieb setzt Vergleichsmessungen mit einem exakten Lecksuchverfahren voraus (z. B. o.g. Eintauchverfahren). Stoffspezifische Eigenschaften sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Die genannten Unterscheidungen konnten bei den Reihenuntersuchungen ebenfalls getroffen werden.

Insgesamt wurden nach dem Sprühverfahren 1639 Ventile untersucht.

Von einer Umrechnung auf g/h wurde abgesehen, da es sich beim Sprühverfahren um ein volumetrisches Meßverfahren handelt und die Mengenangabe stoffspezifisch ist.

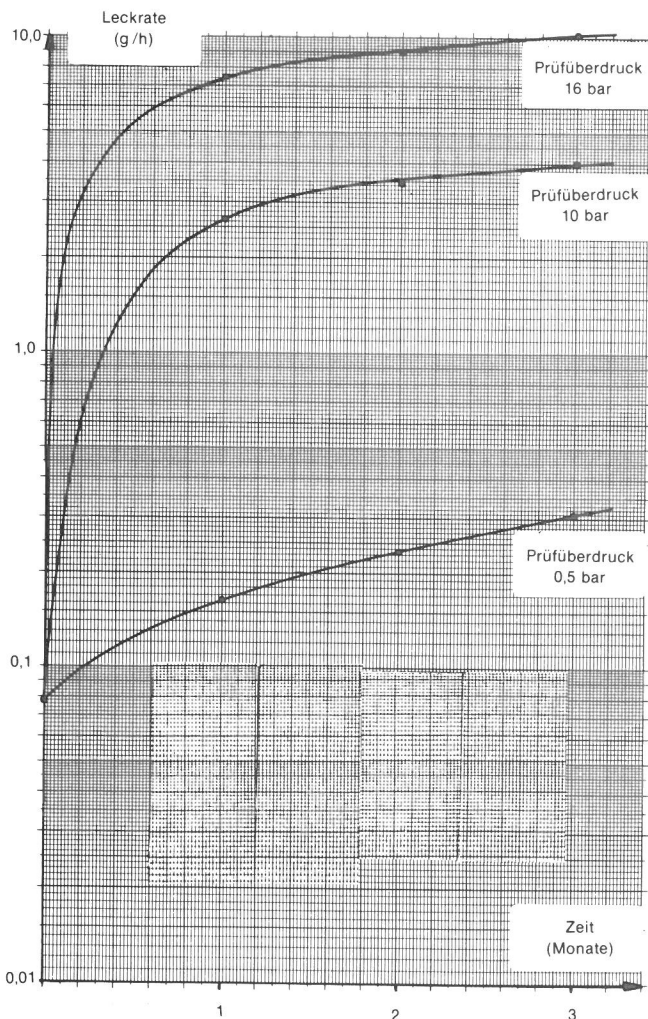


Abb. 8 Verlauf der Leckrate in Abhängigkeit von der Zeit und verschiedenen Drücken (Probenbezeichnung 112, Leckrate gemessen nach der Eintauchmethode)

4. Ergebnisse

4.1 Ergebnisse nach dem Eintauchverfahren

Es wurden die im Meßprogramm zu 3.1 beschriebenen Messungen durchgeführt. Die Meßergebnisse der Leckratenuntersuchungen und der zugehörigen Betätigungsmomente nach 3.1a) und b) bei den zwölf ungebrauchten Ventilen sind in Tabelle I niedergelegt. Bei der Probenbezeichnung in Tabelle I gibt der Index a den Zustand der Armatur bei Anlieferung an. Nach diesen Messungen wurden die Stopfbuchsen derart festgezogen, daß mit einer Ausnahme keine Leckrate nachweisbar war (Index b). Anschließend wurden die Leckratenuntersuchungen und Drehmomentbestimmungen nach einem (Index c), nach zwei (Index d) und nach drei Monaten (Index e) vorgenommen, wobei die Armaturen in der Zwischenzeit bei Raumtemperatur (Atmosphärenbedingungen) lagerten.

Es ergab sich, daß bis auf zwei sämtliche Ventile im Anlieferungszustand mehr oder weniger stark undicht waren, mithin die Notwendigkeit besteht, die Stopfbuchsabdichtung der Ventile vor Inbetriebnahme nachzuziehen. Die Leckratenuntersuchungen mit fortschreitender Zeit ergaben im allgemeinen eine Zunahme der Leckraten bei gleichzeitiger Abnahme des Drehmomentes. Dieser Sachverhalt ist beispielhaft für ein Ventil in Abb. 8 und 9 festgehalten. Außerdem konnte festgestellt werden, daß die Leckrate mit steigendem Druck ebenfalls (überproportional) ansteigt.

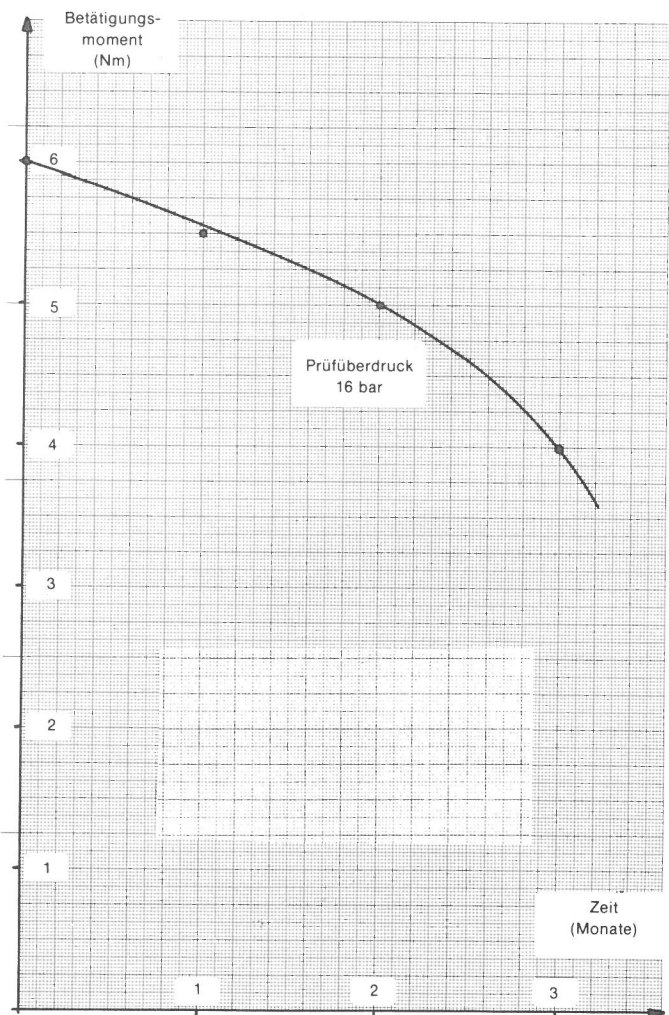


Abb. 9 Verlauf des Betätigungsmomentes in Abhängigkeit von der Zeit bei Nenndruck (Probenbezeichnung 112)

In Tabelle II sind die Ergebnisse der Messungen an vier zu einer Rohrstrecke zusammengeschlossenen Ventilen entsprechend 3.1c) festgehalten. Hier gibt der Index b den Zustand der Armaturen unmittelbar nach Festziehen der Stopfbuchsverschraubung an (keine Leckrate nachweisbar). Anschließend wurden Messungen der Leckrate und der Betätigungsmomente nach einem (Index c), nach drei (Index e) und nach sechs Monaten (Index f) durchgeführt. Zwischen den Messungen wurden die Ventile mit einem Gasstrom (Luft unter einem Überdruck von ca. 5 bar) beaufschlagt, um ggf. einen Verschmutzungseffekt zu erzielen.

Ferner handelt es sich bei den Ventilen mit den Bezeichnungen 201 bis 204 um die gleichen, die zuvor nach Einzellagerung unter der Bezeichnung 101 bis 104 untersucht worden waren. Die nachgewiesenen Leckraten haben in etwa die gleiche Größe wie im ersten Fall, und auch der Verlauf der Drehmomente stellt sich annähernd entsprechend dar: einer Zunahme der Leckrate mit der Zeit steht eine Abnahme der Betätigungsmomente gegenüber. Eine Leckratenverringerung durch Verschmutzung infolge einer Gasstrombeaufschlagung konnte aufgrund der Versuchsergebnisse nicht nachgewiesen werden.

4.2 Ergebnisse nach dem Hüllenverfahren im Labor

Die Messungen wurden nach dem unter 3.2 beschriebenen Meßprogramm durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind aus Tabelle III zu ersehen. Je Ventil wurden sechs Meßwerte aufgenommen: für drei Druckstufen je eine Normal- und eine Vakuummessung. Als Druckstufen wurden ein niedriger Wert (Index k), ein mittlerer Wert (Index l) und der Wert des Nenndruckes der Armatur (Index m) gewählt. Als zusätzliches Kennzeichen für die Normal- und die Vakuummessung ist den entsprechenden Indizes für die jeweilige Druckstufe ein n bzw. v nachgestellt (k_n , l_n und m_n bzw. k_v , l_v und m_v). Testgas war in allen Fällen Dichlordifluormethan (R 12). Zur Druckerhöhung wurde das Testgas erforderlichenfalls mit Stickstoff (N_2) überlagert. Es zeigt sich, daß die Endergebnisse der Normal- und der Vakuummessungen annähernd übereinstimmen. In der Tabelle III sind sowohl die für R 12 gemessenen Werte als auch die sich aus der Überlagerung mit Stickstoff errechneten Leckraten angegeben.

Unter Berücksichtigung dieses Aspektes läßt sich die Aussage treffen, daß bei Betrachtung der Verhältnisse bei Nenndruck bei vier von zwölf Ventilen höhere Leckraten als die durch den bisher angewandten Leckfaktor bezeichnete durchschnittliche Leckrate aufgetreten sind, bei fünf Ventilen eine um 1 bis 2 Größenordnungen kleinere Leckrate und bei drei Ventilen eine in etwa gleich große Leckrate gemessen wurde.

Ähnliche Ergebnisse wurden bei den Messungen an fünf Ventilen erzielt, die sich vorher ca. ein halbes Jahr im betrieblichen Einsatz befunden hatten. Die Ergebnisse der Messungen gehen aus der Tabelle IV hervor.

4.3 Vergleich der Ergebnisse nach dem Eintauch- und dem Hüllenverfahren

Betrachtet man die Ergebnisse, die für ungebrauchte Ventile nach dem Eintauchverfahren gewonnen wurden (s. Tabelle I und II), und vergleicht diese mit denen, die für die entsprechenden Ventile nach dem Hüllenverfahren (s. Tabelle III) erzielt wurden, so läßt sich folgendes feststellen:

Nach Tendenz und Größenordnung ergeben sich nach beiden Methoden ähnliche Ergebnisse. Bei den Untersuchungen im Laboratorium ist selbstverständlich bei der Leckratenbestimmung berücksichtigt worden, daß das Testgas mit N_2 überlagert wurde. Stets ergeben sich jedoch nach dem Hüllenverfahren die größeren Leckraten. Da die Messungen zeitlich bis zu einem halben Jahr auseinanderlagen, konnte der Vergleich der in den Tabellen I und II enthaltenen Werte mit den in Tabelle III niedergelegten Werten jedoch nur Anhaltswerte für die genannte Übereinstimmung liefern.

Um einen wirklichen Vergleich ermöglichen zu können, wurden die fünf gebrauchten Ventile, deren Leckraten in Tabelle IV angegeben sind, nach Abschluß der Messungen nach dem Hüllenverfahren weiteren Messungen nach dem Eintauchverfahren unterzogen (s. 3.1d). Diese Ergebnisse sind in Tabelle V festgehalten.

Ein Vergleich der Ergebnisse für dieselben Armaturen bestätigte die oben angegebene Übereinstimmung der Werte für die Leckrate nach Tendenz und Größenordnung, wobei die nach der Eintauchmethode gewonnenen Werte jedoch bis auf einen Wert stets kleiner waren als die nach der Hüllenmethode gewonnenen. Hieraus folgt, daß nach dem Eintauchverfahren gemessene Leckraten für die Beurteilung einer Armatur als geeignet betrachtet werden können.

4.4 Ergebnisse nach dem Hüllenverfahren im Betrieb

Die Messungen wurden entsprechend dem Meßprogramm zu 3.2 durchgeführt. Die Mittelwerte der Meßergebnisse je Ventil sind in Tabelle VI aufgeführt. Von der Tendenz her stellen sich die Ergebnisse ähnlich dar: Die Leckrate lag bei einem Ventil mehr als eine Größenordnung über dem Leckfaktor von 68 g/Tag, bei vier Ventilen lagen die Leckraten in der gleichen Größenordnung, bei weiteren vier Ventilen konnten geringere Leckraten ermittelt werden, wobei der kleinste Wert drei Größenordnungen unter dem bisher angegebenen Leckfaktor lag.

Das arithmetische Mittel aus sämtlichen Werten aus Tabelle VI beträgt

$$Q = 15,32 \text{ g/h}$$

und der mittlere Fehler des Mittels ergibt sich zu

$$S = 12,77 \text{ g/h.}$$

Bleibt die größte ermittelte Leckrate unberücksichtigt, ergeben sich folgende Werte:

$$Q = 2,62 \text{ g/h}$$

und

$$S = \pm 1,39 \text{ g/h.}$$

Der Unterschied der arithmetischen Mittel beträgt fast eine Größenordnung.

Die gemessenen Leckraten liegen in einem Bereich, der annähernd fünf Größenordnungen umfaßt. Da insgesamt lediglich neun ermittelte Leckraten für eine statistische Beurteilung herangezogen werden können, erscheint die Angabe eines Mittelwertes und des mittleren Fehlers des Mittels zumindest über alle Werte als wenig sinnvoll.

4.5 Ergebnisse nach dem Sprühverfahren

Es wurde das unter 3.3 beschriebene Untersuchungsprogramm zur Durchführung gebracht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle VII niedergelegt. Es zeigt sich, daß insgesamt ca. 6,9% der untersuchten Armaturen eine Leckrate aufweisen, die größenordnungsmäßig über dem bisher angewendeten Leckfaktor liegt. Bei 10,2% der untersuchten Armaturen kann eine Leckrate in der Größenordnung des Leckfaktors von 68 g/Tag und bei den restlichen 82,9% eine kleinere Leckrate festgestellt werden.

5. Wertung der Ergebnisse

Zur Erfassung der Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen für Gase und Flüssiggase wurden Untersuchungen bzw. Messungen nach verschiedenen Verfahren unter unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt.

Unter Laborbedingungen wurden zwölf ungebrauchte Ventile und fünf Ventile, die sich vorher ungefähr ein halbes Jahr lang im

betrieblichen Einsatz befunden hatten, untersucht. Unter Betriebsbedingungen wurden Untersuchungen an neun Ventilen nach einem unter Laboratoriumsbedingungen ebenfalls angewandten Verfahren sowie an 1639 Ventilen nach einem einfachen Lecksuchverfahren vorgenommen.

Die unter Laboratoriums- und Betriebsbedingungen nach verschiedenen Verfahren durchgeführten Untersuchungen bzw. Messungen von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen für Gas und Flüssiggas erbrachten nach Größe und Tendenz gleichartige Ergebnisse (s. Tabellarischer Anhang). Es konnte nachgewiesen werden, daß selbst bei Betrachtung eines kleinen Meßwertkollektivs durch ergänzende qualitative Untersuchungen stichhaltige Rückschlüsse auf den Bereich der bei Ventilen auftretenden Leckraten gezogen werden können. Als Vergleichsgröße für die Leckrate an Stopfbuchsarmaturen stand im wesentlichen ein Wert zur Verfügung, der einen Leckfaktor von 68/Tag — entsprechend ca. 2,83 g/h — bezeichnet.

Aufgrund der durchgeführten Messungen und ergänzenden Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß bei etwa 5 bis 8 % der sich im betrieblichen Einsatz befindlichen Ventile eine Leckrate zu verzeichnen ist, die um eine oder mehrere Größenordnungen über dem in der Literatur genannten Wert [1] liegt. Für 10 % der Ventile wurde eine Leckrate in der Größenordnung des genannten Leckfaktors festgestellt. Bei der überwiegenden Anzahl von Armaturen (ca. 82 bis 85 %) konnte eine geringere Leckrate ermittelt werden.

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können noch nicht allgemeingültige Leckfaktoren abgeleitet werden, da sie

sich auf ein im Verhältnis zu den ermittelten Streuungen zu kleines Meßwertkollektiv abstützen. Es erscheint jedoch vertretbar, die gewonnenen Ergebnisse für die Abschätzung der Leckagen aus Stopfbuchsabdichtungen an Armaturen anzuwenden und sie gegebenenfalls nach dem Vorliegen weiterer aus Feldversuchen erhaltener Werte zu modifizieren.

6. Schrifttum

- [1] R. Schwanecke:
Luftverunreinigung durch Leckraten an Apparaturen der chemischen Technik.
Luftverunreinigung 1970, S. 9 — 15
- [2] S. K. Mencher:
Minimizing Waste in the Petrochemical Industry.
Chemical Engineering Progress, Vol. 63 No. 10, S. 80 — 88
- [3] U.S. Department of Health, Education and Welfare (Hrsg.):
Atmospheric Emission from Petroleum Refineries.
Public Health Service Publication Nr. 763, 1960
- [4] L. Düwel, P. Gudelhöfer:
Untersuchung der Emission luftfremder Stoffe durch Leckagen von staatlichen Dichtelementen in Rohrleitungssystemen.
Luftverunreinigung 1975, S. 1 — 8

Inhaltsverzeichnis des tabellarischen Anhangs

Seite

Tabelle I:	Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von ungebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Eintauchverfahren mit Luft als Prüfgas und Messung der zugehörigen Betätigungsmomente	II
Tabelle II:	Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von zu einer Rohrstrecke zusammengeschlossenen ungebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Eintauchverfahren mit Luft als Prüfgas und Messung der zugehörigen Betätigungsmomente	II
Tabelle III:	Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von ungebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Hüllenverfahren mit Dichlordifluormethan (R 12) oder einem Gemisch aus Dichlordifluormethan (R 12) und Stickstoff (N ₂) als Prüfgas	II
Tabelle IV:	Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von gebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Hüllenverfahren mit Dichlordifluormethan (R 12) oder einem Gemisch aus Dichlordifluormethan (R 12) und Stickstoff (N ₂) als Prüfgas	V
Tabelle V:	Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von gebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Eintauchverfahren mit Luft als Prüfgas	VI
Tabelle VI:	Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen unter Betriebsbedingungen nach dem Hüllenverfahren (Mittelwerte über zwei bzw. drei Meßwerte)	VI
Tabelle VII:	Erfassung von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen unter Betriebsverhältnissen nach dem Sprühverfahren	VI
Tabelle VIII:	Liste der für die Laborversuche verwendeten Ventile	VII
Tabelle IX:	Liste der fünf Ventile, die nach einer halbjährigen Betriebszeit untersucht wurden	VIII
Tabelle X:	Ablauf der Laboruntersuchungen an ungebrauchten und gebrauchten Armaturen	VIII

Tabella I

Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von ungebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Eintauchverfahren mit Luft als Prüfgas und Messung der zugehörigen Betätigungsmomente

Ventil- Nummer	Druck in der Armatur (bar)	Leckrate in g/h [Betätigungsmoment in Nm]				
		a*	b*	c*	d*	e*
101	0,5	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0
	17	2,48				
	40	>38,8[4,0]	0[4,0]	1,55[4,0]	4,11[4,0]	9,00[3,6]
102	0,5	0	0	0	0	0
	2	6,28	0	0	0	0
	10	11,90	0 [9,5]	5,04[3,0]	17,8 [2,0]	
103	0,5	1,86	0	0	0	0
	10	14,40	0	0	0	0
	40	23,30	0 [16]	7,53 [16]	11,4[15,0]	
104	0,5	0,16	0[9,0]	0	0	0
	10	3,49	0	0	0	2,95
	25	>23,30	0[6,0]	0	0	19,4 [3,0]
105	0,5	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0
	40	0,33	0[3,6]	0	0	0 [3,6]
106	0,5	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0
	40	0	0[5,4]	0	0	0 [4,5]
107	0,5	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0
	40	0,54	0 [14]	0	0,16	0,16 [14]
108	0,5	0	0	0	0	0
	5	0,35	0	0	0	0
	10	0,35	0 [7,2]	0,39		0,39[7,0]
109	0,5	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0,27	
	25	0	0[8,0]	0,62	1,24[7,0]	
110	0,5	>23,30	0[9,6]	0 [6,0]	0 [6,0]	0,93
	10	>23,30	0	0	4,19	23,30
	25	>23,30	0 [4,0]	>23,30[3,5]	>23,30[3,0]	>38,80[2,0]
111	0,5	0	0	0	0	0
	5	1,55	0	0	0	0
	10	16,30	0[4,5]	0,35	0,54	12,4 [4,5]
112	0,5	0,12	0,08	0,16	0,23	0,31
	10	4,34	0,08	2,64	3,45	4,03
	16	16,30	0,08[6,0]	7,45[5,5]	9,0 [5,0]	10,3 [4,0]

*Erläuterungen a = Armatur im Anlieferungszustand
 b = Zustand nach Festziehen der Stopfbuchsverschraubung
 c, d und e = Zustand der Armatur nach 1, 2 und 3 Monaten

Tabella II

Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von zu einer Rohrstrecke zusammengeschlossenen ungebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Eintauchverfahren mit Luft als Prüfgas und Messung der zugehörigen Betätigungsmomente

Ventil- Nummer	Druck in der Armatur (bar)	Leckrate in g/h [Betätigungsmoment in Nm]			
		b*	c*	e*	f*
201	0,5	0	0	0	0
	10	0	0,31	0	0
	40	0 [3,6]	4,65 [3,6]	5,5 [3,6]	8,22 [3,6]
202	0,5	0	0	3,34	1,16
	2	0	0,78	19,40	6,44
	10	0 [3,3]	45,80 [1,8]	144,30 [1,2]	>38,80 [1,8]
203	0,5	0	0	0	0
	10	0	0	0	0
	40	0 [16,0]	15,5 [13,5]	4,42[14,0]	24,05 [9,0]
204	0,5	0	0	0	10,50
	10	0	0	0	29,10
	25	0 [6,6]	32,60[3,0]	0 [15,0]	>38,80 [3,9]

*Erläuterungen
 b = Zustand der Armatur nach Festziehen der Stopfbuchsverschraubung
 c = nach 1 Monat
 e = nach 3 Monaten
 f = nach 6 Monaten

Tabelle III

Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von ungebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Hüllenverfahren mit Dichlordinfluormethan (R 12) oder einem Gemisch aus Dichlordinfluormethan (R 12) und Stickstoff (N₂) als Prüfgas

Proben- bezeichnung	Meßwert für R 12 g/h	Leckrate g/h	Druck in der Armaturoberfläche bar	Prüfgas
301 k _n	0,00013	0,00013	0,5	R 12
301 k _v	0,00370	0,00370	0,5	R 12
301 l _n	0,05000	0,12500	10	R 12 / N ₂
301 l _v	0,06220	0,15550	10	R 12 / N ₂
301 m _n	0,46800	6,23999	40	R 12 / N ₂
301 m _v	0,66200	8,82666	40	R 12 / N ₂
302 k _n	0,00012	0,00012	0,5	R 12
302 k _v	0,00021	0,00021	0,5	R 12
302 l _n	0,00940	0,00940	2	R 12
302 l _v	0,00880	0,00880	2	R 12
302 m _n	0,42600	2,13000	10	R 12 / N ₂
302 m _v	0,37100	1,85500	10	R 12 / N ₂
303 k _n	0,00011	0,00011	0,5	R 12
303 k _v	0,00021	0,00021	0,5	R 12
303 l _n	0,00055	0,00183	10	R 12 / N ₂
303 l _v	0,00054	0,00179	10	R 12 / N ₂
303 m _n	0,83400	11,11999	40	R 12 / N ₂
303 m _v	0,68600	9,14666	40	R 12 / N ₂
304 k _n	0,00019	0,00019	0,5	R 12
304 k _v	0,00015	0,00015	0,5	R 12
304 l _n	0,00004	0,00013	10	R 12 / N ₂
304 l _v	0,00003	0,00009	10	R 12 / N ₂
304 m _n	0,00004	0,00033	25	R 12 / N ₂
304 m _v	0,00003	0,00024	25	R 12 / N ₂
305 k _n	0,00006	0,00006	0,5	R 12
305 k _v	0,00003	0,00003	0,5	R 12
305 l _n	0,00003	0,00015	10	R 12 / N ₂
305 l _v	0,00001	0,00005	10	R 12 / N ₂
305 m _n	0,00001	0,00010	40	R 12 / N ₂
305 m _v	0,00001	0,00010	40	R 12 / N ₂
306 k _n	0,00088	0,00088	0,5	R 12
306 k _v	0,00055	0,00055	0,5	R 12
306 l _n	0,00010	0,00033	10	R 12 / N ₂
306 l _v	0,00008	0,00026	10	R 12 / N ₂
306 m _n	0,00011	0,00146	40	R 12 / N ₂
306 m _v	0,00008	0,00106	40	R 12 / N ₂
307 k _n	0,00019	0,00019	0,5	R 12
307 k _v	0,00017	0,00017	0,5	R 12
307 l _n	0,00018	0,00059	10	R 12 / N ₂
307 l _v	0,00016	0,00053	10	R 12 / N ₂
307 m _n	0,06390	0,85199	40	R 12 / N ₂
307 m _v	0,05230	0,69733	40	R 12 / N ₂

Proben- bezeichnung	Meßwert für R 12	Leckrate	Druck in der Armatur	Prüfgas
	g/h	g/h	bar	
308 k _n	0,00099	0,00099	0,5	R 12
308 k _v	0,00105	0,00105	0,5	R 12
308 l _n	0,00570	0,00949	5	R 12 / N ₂
308 l _v	0,00410	0,00683	5	R 12 / N ₂
308 m _n	0,01870	0,06233	10	R 12 / N ₂
308 m _v	0,01980	0,06599	10	R 12 / N ₂
309 k _n	0,00018	0,00018	0,5	R 12
309 k _v	0,00016	0,00016	0,5	R 12
309 l _n	0,00370	0,00370	3	R 12
309 l _v	0,00350	0,00350	3	R 12
309 m _n	0,13100	1,09166	25	R 12 / N ₂
309 m _v	0,12100	1,00833	25	R 12 / N ₂
310 k _n	0,112	0,112	0,5	R 12
310 k _v	0,101	0,101	0,5	R 12
310 l _n	186,000	930,000	10	R 12 / N ₂
310 l _v	162,000	810,000	10	R 12 / N ₂
310 m _n	187,000	2337,500	25	R 12 / N ₂
310 m _v	209,000	2612,500	25	R 12 / N ₂
311 k _n	0,00038	0,00038	0,5	R 12
311 k _v	0,00036	0,00036	0,5	R 12
311 l _n	0,00015	0,00024	5	R 12 / N ₂
311 l _v	0,00020	0,00033	5	R 12 / N ₂
311 m _n	0,00742	0,02473	10	R 12 / N ₂
311 m _v	0,00565	0,01883	10	R 12 / N ₂
312 k _n	0,164	0,164	0,5	R 12
312 k _v	0,102	0,102	0,5	R 12
312 l _n	5,870	19,566	10	R 12 / N ₂
312 l _v	4,420	14,733	10	R 12 / N ₂
312 m _n	7,880	42,026	16	R 12 / N ₂
312 m _v	6,225	33,199	16	R 12 / N ₂

Tabelle IV

Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von gebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Hüllenverfahren mit Dichlordifluormethan (R 12) oder einem Gemisch aus Dichlordifluormethan (R 12) und Stickstoff (N₂) als Prüfgas

Proben- bezeichnung	Meßwert für R 12	Leckrate	Druck in der Armatur	Prüfgas
	g/h	g/h	bar	
401 r _n	0,965	0,965	0,5	R 12
401 r _v	0,710	0,710	0,5	R 12
401 s _n	4,540	15,133	10	R 12 / N ₂
401 s _v	3,540	11,799	10	R 12 / N ₂
401 t _n	0,726	6,049	25	R 12 / N ₂
401 t _v	0,541	4,508	25	R 12 / N ₂
402 r _n	0,427	0,427	0,5	R 12
402 r _v	0,298	0,298	0,5	R 12
402 s _n	28,500	94,999	10	R 12 / N ₂
402 s _v	23,650	78,833	10	R 12 / N ₂
402 t _n	78,020	650,166	25	R 12 / N ₂
402 t _v	69,040	575,333	25	R 12 / N ₂
403 r _n	0,000082	0,000082	0,5	R 12
403 r _v	0,000074	0,000074	0,5	R 12
403 s _n	0,000078	0,000259	10	R 12 / N ₂
403 s _v	0,000060	0,000199	10	R 12 / N ₂
403 t _n	0,019900	0,106133	16	R 12 / N ₂
403 t _v	0,015500	0,082666	16	R 12 / N ₂
404 r _n	1,030	1,030	0,5	R 12
404 r _v	0,913	0,913	0,5	R 12
404 s _n	65,600	218,666	10	R 12 / N ₂
404 s _v	57,700	192,333	10	R 12 / N ₂
404 t _n	73,500	391,999	16	R 12 / N ₂
404 t _v	63,970	341,173	16	R 12 / N ₂
405 r _n	0,00101	0,00101	0,5	R 12
405 r _v	0,00092	0,00092	0,5	R 12
405 s _n	0,05210	0,08683	5	R 12 / N ₂
405 s _v	0,04700	0,07833	5	R 12 / N ₂
405 t _n	0,07660	0,25533	10	R 12 / N ₂
405 t _v	0,07190	0,23966	10	R 12 / N ₂

Tabelle V

Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von gebrauchten Ventilen unter Laborbedingungen nach dem Eintauchverfahren mit Luft als Prüfgas

Proben- bezeich- nung	Leckrate		Druck in der Armatur bar
	cm ³ /h	g/h	
501 x	360	0,466	0,5
501 y	7800	10,100	10
501 z	108000	140,000	25
502 x	90	0,116	0,5
502 y	4200	5,430	10
502 z	18900	24,400	25
503 x	0	0,000	0,5
503 y	0	0,000	10
503 z	24	0,031	16
504 x	240	0,310	0,5
504 y	30000	38,800	10
504 z	84000	109,000	16
505 x	0	0,000	0,5
505 y	0	0,000	5
505 z	30	0,039	10

Tabelle VI

Messung von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen unter Betriebsbedingungen nach dem Hüllenverfahren (Mittelwerte über zwei bzw. drei Meßwerte)

Proben- bezeichnung	Leckrate		Druck in der Armatur bar	Gas
	cm ³ /h	g/h		
601	1009	2,000	17	Propan/Propen
602	109	0,213	17	Propan/Propen
603	187	0,367	17	Propan/Propen
604	275	0,525	6	Propen
605	6885	4,930	29	Methan
606	5970	11,470	6	Propen
607	1,8	0,0034	6	Propen
608	113175	117,000	6	Propen
609	684	1,395	5	Propen

Tabelle VII

Erfassung von Leckraten an Stopfbuchsen von Ventilen unter Betriebsverhältnissen nach dem Sprühverfahren

Firma	Anzahl der Ventile mit Leckraten von			Gesamtanzahl/ Firma
	<100cm ³ /h	ca. 1000 cm ³ /h	>10000 cm ³ /h	
A	765	99	76	940
B	594	68	37	699
Summen	1359	167	113	1639

Tabella VIII

Liste der für die Laborversuche verwendeten Ventile

Ventil- Nummer (Proben- bezhng)	Bezeichnung	DN [mm]	PN [bar]	Anzahl der Packungs- ringe	Innen- durch- messer [mm]	Außen- durch- messer [mm]	Länge eines Ringes [mm]	Gesamt- länge der Packung [mm]
101 201 301	Schieber- ventil	50	40	9	16	25	3,5 - 4	34
102 202 302	Schrägsitz- ventil	100	10	9	22	34	5,5	50
103 203 303	Kolben- ventil	40	40	2	40	58	15	30
104 204 304	Schrägsitz- ventil	25	10 - 25	2	16	34	16 22	38
105 305	Kolben- ventil	20	40	2	20	30	10	20
106 306	Kolben- ventil	20	40	2	20	30	10	20
107 307	Kolben- ventil	40	40	2	40	58	15	30
108 308	Schrägsitz- ventil	100	10	9	22	34	5,5	50
109 309	Schieber- ventil	100	16 - 25	9	24	36	6	54
110 310	Schrägsitz- ventil	50	10 - 25	2	16	34	16 22	38
111 311	Schrägsitz- ventil	50	10	3	26	56	13,5	40,5
112 312	Schrägsitz- ventil	50	16	1	16	27	32	32
401 501	Schrägsitz- ventil	20	10 - 25	4	14	30	7,5	30
402 502	Schrägsitz- ventil	25	25	9	14	24	5	45
403 503	Schrägsitz- ventil	50	10 - 16	7	18	30	5,5 - 6	40
404 504	Schrägsitz- ventil	80	10 - 16	8	18	30	5,5	44
405 505	Schieber- ventil	80	10	9	18	30	4,5	40

Tabelle IX

Liste der fünf Ventile, die nach einer halbjährigen Betriebszeit untersucht wurden

		Druck	Temp.	Betätigungen
a)	Schieber DN 50	0,4 bar	27° C	10 x
b)	Schieber DN 80	0,4 bar	28° C	10 x
c)	Ventil DN 25	4,0 bar	75° C	100 x
d)	Ventil DN 50	0,4 bar	67° C	10 x
e)	Ventil DN 80	10,0 bar	35° C	10 x

Tabelle X

Ablauf der Laboruntersuchungen an ungebrauchten und gebrauchten Armaturen

Behandlung der Armaturen vor der jeweiligen Messung	Meßmethode	Tabelle und Kennzeichen der Messung	Ventil-Nummer bzw. Probenbezeichnung
1. Meßreihe ungebrauchte Armaturen Nr. 1 bis 12			
Anlieferungszustand	T +	I a	101 bis 112
Festziehen der Stopfbuchse	T +	b	
Lagern bei Raumtemperatur			
nach 1. Monat	T +	c	
nach 2. Monat	T +	d	
nach 3. Monat	T +	e	
2. Meßreihe ungebrauchte Armaturen aus Reihe 1 Nr. 1 bis 4			
Festziehen der Stopfbuchse	T +	II b	201 bis 204
Zusammenbau der 4 Armaturen zu einer Rohrstrecke und Durchleiten von Betriebsluft unter 5 bar			
nach 1. Monat	T +	c	
nach 3. Monat	T +	e	
nach 6. Monat	T +	f	
3. Meßreihe ungebrauchte Armaturen Nr. 1 bis 12 keine Behandlung nach den Meßreihen 1 und 2			
	H +	III	301 bis 312
4. Meßreihe 5 gebrauchte Armaturen Anlieferungszustand			
	T +	IV	401 bis 405
5. Meßreihe 5 gebrauchte Armaturen keine Behandlung nach Meßreihe 4			
	H +	V	501 bis 505

Anmerkung: In der Spalte "Meßmethode" bedeuten
 T Tauchverfahren
 H Hüllenverfahren
 + Messung erfolgte bei verschiedenen Drücken

Bisher erschienene Forschungsberichte der BAM

Nr. 1/September 1968

Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)
Rechenschaftsbericht für den Bundesminister für Bildung und Wissenschaft

Nr. 2/Juli 1970 (vergriffen)

Zum Problem des Feuchtigkeitsschutzes von Dehnungsmeßstreifen und Halbleitergebern
von Dr.-Ing. Götz Andreae

Nr. 3/September 1970 (vergriffen)

Über das mechanische Verhalten von Aluminium-Stahl-Freileitungsseilen als Beispiel für Verbundbauteile
von Dr.-Ing. Josef Ziebs

Nr. 4/Dezember 1970 (vergriffen)

Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit — Grundlagen und Vergütungsverfahren
von Dr. rer. nat. Arno Burmester

Nr. 5/März 1971

Die Bedeutung der Netzstellenart und der Netzwerkkettendichte für die Beschreibung der elastischen Eigenschaften und des Abbaus von elastomeren Netzwerken
von Dr. rer. nat. Norbert Steiner

Nr. 6/April 1971

Zur Problematik der Prüfung und Beurteilung des Luftschallschutzes von Bauelementen bei unterschiedlichen Einbaubedingungen
von Prof. Dr.-Ing. Paul Schneider

Nr. 7/Juli 1971

Chromatographie und chemische Konstitution — Untersuchungen über den Einfluß der Struktur organischer Verbindungen auf das Verhalten bei der Dünnschicht-Chromatographie
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Petrowitz

Nr. 8/November 1971

Zum Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Baustählen bei Wechselbeanspruchung
von Dr.-Ing. Helmut Veith

Nr. 9/November 1971

Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller

Nr. 10/Januar 1972

Untersuchungen über die Korngrößenbestimmung mit Ultraschall zur Entwicklung einer für die Praxis geeigneten zerstörungsfreien Meßmethode
von Dr.-Ing. Dietmar Aurich und Prof. Dr. phil. Erich Martin

Nr. 11/Februar 1972

Beitrag zur Kenntnis der Schnittriefenbildung und Schnittgütewerte beim Brennschneiden
von Dr.-Ing. Hans-Joachim Krause

Nr. 12/Mai 1972

Über Veränderungen von Nylon-6-Fasern beim Texturieren
von Dir. u. Prof. Dr. rer. nat. Hubert Feuerberg

Nr. 13/Juni 1972

Festkörpergleitreibung und Verschleiß von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen 760 und $2 \cdot 10^{-7}$ Torr
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig (Berichter), Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirschke, Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig und Dipl.-Phys. Harald Tischer

Nr. 14/Juli 1972

Untersuchungen zur Amplitudenabhängigkeit der Ultraschalldämpfung in Metallen bei 20 kHz
von Eberhard Fischer

Nr. 15/August 1972

Studie und Probleme der chemischen Edelmetall-Analyse
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Heinz Pohl

Nr. 16/August 1972

Über Ausführung und Aussagefähigkeit des Normbrandversuches nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadensfeuer
von Dr.-Ing. Erwin Knublauch

Nr. 17/August 1972

Aktivierungsanalyse mit schnellen Neutronen, Photonen und geladenen Teilchen
von Dr.-Ing. Peter Reimers

Nr. 18/Januar 1973

Das Sprödbruchverhalten des Baustahles R St 37-2 N in geschweißten Konstruktionen, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches

von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 19/Januar 1973

Die Bestimmung von Grenzflächentemperaturen bei tribologischen Vorgängen

Literaturrecherche von Dipl.-Phys. K. Kaffanke und Dr.-Ing. H. Czichos

Nr. 20/April 1973

Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden

von Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 21/Juli 1973

Die kontinuumsmechanische Erfassung des zeitlichen Ablaufs der elastisch-plastischen Dehnungen bei der Zerrüttung

Literaturrecherche von Dipl.-Phys. D. Klaffke und Dr.-Ing. W. Maennig

Nr. 22/Juli 1973

Untersuchungen für ein Prüfverfahren zur Bemessung der Brandschutzbekleidung von Stahlstützen

von Dipl.-Ing. R. Rudolphi und Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 23/November 1973

Reichs- und preußische Landesanstalten in Berlin

Ihre Entstehung und Entwicklung als außeruniversitäre Forschungsanstalten und Beratungsorgane der politischen Instanzen

von Prof. Dr. rer. nat. habil. Walter Ruske

Nr. 24/November 1973

Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung

von Dipl.-Ing. J. Stanke, Ing. grad. E. Klement und Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 25/Dezember 1973

Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen

von Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 26/August 1974

Der Elektronen-Linearbeschleuniger der BAM — Eigenschaften und erste Anwendungen —

von Dipl.-Ing. P. Jost, Dr.-Ing. P. Reimers und Dr.-Ing. P. Weise

Nr. 27/August 1974

Untersuchungen zum Schallfeld von Winkelprüfköpfen für die Materialprüfung mit Ultraschall

von Dr.-Ing. Hermann Wüstenberg

Nr. 28/August 1974

Zum Ablauf von Gasexplosionen in mit Rohrleitungen verbundenen Behältern

von Prof. Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Heinrich

Nr. 29/August 1974

Theorie der dissipativen Luftschalldämmung bei einem idealisotropen porösen Material mit starrem Skelett für senkrechten, schrägen und allseitigen Schalleinfall

von Prof. Dr.-Ing. P. Schneider

Nr. 30/September 1974 (vergriffen)

The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology

von Dr. Horst Czichos und Dr. Geert Salomon

Nr. 31/August 1975

Untersuchungen zur Klärung des Verhaltens thermoplastischer Kunststoffe bei Wechseldehnungsbeanspruchung

von Dr.-Ing. Gerhard Fuhrmann

Nr. 32/September 1975

Ein thermo-elektrisches Netzwerkverfahren zur Berechnung stationärer Temperatur- und Wärmestromverteilungen mit Anwendungsbeispielen

von Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Bernhard Böttcher

Nr. 33/November 1975

Die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe eines nichtstationären Meßverfahrens

von Dipl.-Ing. Armin Wagner, Dipl.-Phys. Gerhard Kieper und Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 34/Januar 1976 (vergriffen)

Untersuchungen zur Vergütung von Holzwerkstoffen

von Dipl.-Forsting. Dr. rer. sylv. Hans-Joachim Deppe

Nr. 35/Januar 1976

Der Widerstand von Platten, die als Beplankungsmaterial leichter Wände verwendet werden, gegenüber dem Aufprall harter Körper — Vorschlag für ein Prüfverfahren —

von Dipl.-Ing. Ernst Limberger

Nr. 36/Januar 1976 (vergriffen)

Wärme- und Feuchtigkeitsleitung in Beton unter Einwirkung eines Temperaturgefälles
von Dipl.-Ing. Jürgen Hundt

Nr. 37/Februar 1976

Die stoßartige Beanspruchung leichter, nichttragender Bauteile durch einen mit der Schulter gegenprallenden Menschen — Vorschlag für ein Prüfverfahren —
von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 38/Juni 1976

Verschleißuntersuchungen an gas-, bad- und ionitriertem Stahl 42 CrMo 4
von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig

Nr. 39/Juni 1976

Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten (mit nicht-Newtonschem Fließverhalten) insbesondere bei höherer Scherbeanspruchung
von Prof. Dr.-Ing. K. Kirschke und Dipl.-Phys. G. Kempf

Nr. 40/Juni 1976

Zum Untergrundabzug bei energiedispersiven Spektren nach verschiedenen Verfahren
von Dr. rer. nat. H. Hantsche

Nr. 41/Okttober 1976

Optische Eigenschaften cholesterinischer Flüssigkeiten
von Dr. rer. nat. Bernhard Böttcher

Nr. 42/Okttober 1976

Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft
von Dr.-Ing. Siegmund Dietlen

Nr. 43/Okttober 1976

Das Sprödbruchverhalten geschweißter Bauteile aus Stahl mit zäh-sprödem Übergang im Bruchverhalten, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches
von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 44/November 1976

Berechnung von räumlichen, linear elastischen Systemen, die aus finiten Stab- und Balkenelementen zusammengesetzt sind, unter Verwendung des Programms „Stab-Werk“
von Dipl.-Ing. W. Matthees

Nr. 45/Dezember 1976

Untersuchung des Elektrodenverhaltens im Vakuum aufgedampfter Metallschichten
von Dr.-Ing. W. Paatsch

Nr. 46/Mai 1977 (vergriffen)

Versuchsergebnisse zur Festigkeit und Verformung von Beton bei mehraxialer Druckbeanspruchung
Results of Test Concerning Strength and Strain of Concrete Subjected to Multiaxial Compressive Stresses
von Dipl.-Ing. Gerald Schickert und Dipl.-Ing. Helmut Winkler

Nr. 47/Juni 1977

Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen
von Dr.-Ing. Arno Plank

Nr. 48/Okttober 1977

Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last, angewendet auf die Fundamente einer geplanten Schnellbahn
von Dr.-Ing. U. Holzlöhner

Nr. 49/Dezember 1977

Untersuchungen zur Anwendung von Mikrowellen in der zerstörungsfreien Prüfung
von Dr.-Ing. Günther Wittig

Nr. 50/Juni 1978 (vergriffen)

Zur Meßtechnik für die Sicherheitsbeurteilung und -überwachung von Spannbeton-Reaktordruckbehältern
von Prof. Dipl.-Phys. Norbert Czaika, Dipl.-Phys. Norbert Mayer, Dipl.-Ing. Claus Amberg, Dipl.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Götz Andrae und Dipl.-Ing. Winfried Markowski

Nr. 51/Juni 1978

Auswirkung von chemischen und physikalisch-technologischen Einflußfaktoren auf das Beständigkeitsverhalten von Oberflächenbeschichtungen auf der Basis von Reaktionsbeschichtungsstoffen
von Dr. rer. nat. J. Sickfeld

Nr. 52/August 1978

Zum Einfluß der Gleitgeschwindigkeit auf das tribologische Verhalten von Werkstoffen hoher Härte bei reiner Festkörperreibung
von Dr.-Ing. Aleksandar Tomov

Nr. 53/Okttober 1978

Bemessung und Optimierung beheizbarer Straßen- und Brückenbeläge
von Rolf Günter Rohrmann und Reinald Rudolphi

Nr. 54/Oktober 1978

Magnetisches Verhalten dünner Eisenschichten bei mechanischer Wechselbeanspruchung

von Dr.-Ing. Harro Sander

Nr. 55/November 1978

Beobachtung und Orientierungsbestimmung der Oberflächenkristallite polykristalliner 99,999 %-Al-Proben bei Biegewechselbeanspruchung

von Dr.-Ing. Dieter Klaffke

Nr. 56/Januar 1979

Stabilität von Sandwichbauteilen

von Dipl.-Ing. W. Brünner und Prof. Dr.-Ing. C. Langli

Nr. 57/März 1979

**Untersuchungen an Prüfmitteln für die Magnetpulverprüfung
Investigations on Inspection-Media for Magnetic-Particle-Testing**

von Dipl.-Ing. Meinhard Stadthaus

Nr. 58/März 1979

Ermittlung des Bauteilwiderstandes aus Versuchsergebnissen bei vereinbartem Sicherheitsniveau

von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 59/Juli 1979

Ermittlung der Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken mit der Methode der Finiten Elemente unter besonderer Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahl

von Dr.-Ing. Günther Plauk

Nr. 60/August 1979

Untersuchungen zur Erfassung der Kaltformbarkeit von Feinblechen beim Strecken

von Dr.-Ing. H. Spreckelmeyer, Dr.-Ing. R. Helms und Dr.-Ing. J. Ziebs

Nr. 61/Dezember 1979

Beschreibung von Problemen der höheren Farbmatrik mit Hilfe des Gegenfarbensystems

von Dr. Klaus Richter

Nr. 62/Dezember 1979

Geomagnetobiologisch bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle

von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gerisch und Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Günther Becker

Nr. 63/Dezember 1979

Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase

von Dipl.-Ing. E. Behrend und Dipl.-Ing. J. Ludwig

