

# MITTEILUNGEN DES FACHVERBANDES KATHODISCHER KORROSIONSSCHUTZ E.V.

E 13001 F

September 1996

Nr. 21

## Schutzpotential und Schutzstromdichte beim kathodischen Korrosionsschutz-Erfassung und Beurteilung in der Praxis

Fachreferat, gehalten von Herrn Horras auf der Jahrestagung des Fachverbandes, München 1995, 3. Folge

An allen Strommeßstellen werden die Spannungen bei ein- und ausgeschaltetem Schutzstrom unter Berücksichtigung ihrer Polarität bestimmt. Hierbei sind Ströme in Richtung aufsteigender Kilometrierung als positiv zu betrachten. Das Voltmeter muß also mit seinem Pluspol an die Klemme 2 der in Bild 4 (2. Folge) dargestellten Strommeßstelle angeschlossen werden.

Der an der Strommeßstelle fließende Rohrstrom errechnet sich nach der Formel:

$$I = (U_{\text{ein}} - U_{\text{aus}}) / R$$

Werden die Spannungen in  $\mu\text{V}$  und der Widerstand in  $\text{m}\Omega$  erfaßt, so ergibt sich der Rohrstrom in  $\text{mA}$ .

Hierbei können sich sowohl positive als auch negative Rohrströme ergeben. In der Regel sind in Richtung aufsteigender Kilometrierung gesehen die Ströme vor einem Gleichrichter positiv und nach der Schutzanlage bis zur Stromscheidung negativ. Schon bei der Messung ist darauf zu achten, daß vor dem Gleichrichter von Meßstelle zu Meßstelle die Ströme größer werden, während sie nach der Schutzanlage dem Betrage nach abnehmen müssen. Nach der Stromscheidung ändert sich die Polarität und die Ströme werden wieder größer. Werden die oben genannten Bedingungen nicht erfüllt, liegt ein Meßfehler vor und die Messungen müssen ggf. auch an der vorherigen Meßstelle wiederholt werden. Der von einem zwischen zwei Strommeßstellen liegenden Rohrabschnitt aufgenommene Schutzstrom errechnet sich aus der Differenz der beiden Rohrströme nach der Formel:

$$I_S = I_n - I_{n-1}$$

hierbei bedeuten:

- $I_S$  Schutzstromaufnahme des Abschnitte n...n-1
- $I_n$  Strom an der betrachteten Meßstelle
- $I_{n-1}$  Strom an der Meßstelle n-1

Werden die oben beschriebenen Bedingungen eingehalten, so ergibt sich der Schutzstrom immer als positiver Wert. Sind in einem Rohrabschnitt zwischen zwei Strommeßstellen Schutzanlage, mitgeschützte Abzweigleitungen oder Meßstellen mit Fremdinstallationsanschlüssen vorhanden, die ggf. widerstandsbehaftet mit der Pipeline verbunden sind, so muß zur Berechnung der Schutzstromaufnahme die allgemein gültige Gleichung:

$$I_S = I_{Gl.} + I_n - I_{n-1} - I_{Abzw.} - I_{Fremd}$$

mit

$I_{Gl}$  Summe aller Gleichrichterströme des Abschnittes n...n-1

$I_{Abzw.}$  Summe aller Abzweigströme des Abschnittes n...n-1

$I_{Fremd}$  Summe aller Fremdinstallationsströme des Abschnittes n...n-1

angewendet werden.

Abzweigströme und Ströme, die bei der Einbeziehung von Fremdinstallationen auftreten, können sowohl positiv als auch negativ sein. Ströme die zur Hauptleitung hin fließen, erhalten die positive Polarität, sie werden also bei der Berechnung des Schutzstromes abgezogen.

Bei der Berechnung des Schutzstromes für die Anfangs- und Endabschnitte einer Pipeline treten die Isolierflansch-Meßstellen ebenfalls als Strommeßstellen auf. Sind am Anfang die Installationen der Station nicht in das Schutzsystem der Pipeline einbezogen, so wird der Strom an der Isolierflansch-Meßstelle  $I_{n-1}=0$ . Sinngemäß wird am Ende der Pipeline, wenn die Stationsinstallationen nicht einbezogen sind, der Strom der Isolierflansch-Meßstelle  $I_n=0$ . Da die davorliegende Strommeßstelle einen negativen Strom  $I_{n-1}$  haben muß, ergibt die Differenzbildung einen positiven Schutzstrom.

Sind Übergabeströme vorhanden, so müssen sie mit der oben definierten Polarität in die allgemein gültige Formel eingesetzt werden.

Die Berechnung der Schutzstromdichte eines Abschnittes erfolgt durch Division des Schutzstromes durch die geschützte Oberfläche

$$J_S = I_S / O$$

$J_S$  Schutzstromdichte ( $\mu\text{A}/\text{m}^2$ )

$O$  geschützte Rohroberfläche ( $\text{m}^2$ )

mit

$$O = d_a \pi / (km_n - km_{n-1})$$

mit

$d_a$  Außendurchmesser des Rohres (mm)

$km_n$  Rohrkilometer an der Meßstelle n

$km_{n-1}$  Rohrkilometer an der Meßstelle n-1

Als Zahlenbeispiel ist in Bild 7 eine Pipeline mit ihren Strommeßstellen dargestellt. Die an den Strommeßstellen ermittelten Rohrströme sowie die daraus errechneten Schutzströme sind eingetragen. Deutlich ist zu erkennen, daß die Rohrströme Richtungspfeile haben, die sich jeweils nach den Gleichrichtern umkehren. Zwischen den beiden Gleichrichtern an der sogenannten Stromscheidung erfolgt die Stromumkehr innerhalb eines Meßabschnittes (M33 ... M37).

Der Schutzstrom ergibt sich mit  $I_n = 128 \text{ mA}$  und  $I_{n-1} = -15 \text{ mA}$  zu

$$I_s = 128 - (-15) = 143 \text{ mA}$$

Betrachtet man den Abschnitt M16 ... M20, so ist hier eine Schutzanlage vorhanden und der Schutzstrom errechnet sich mit

$$I_{GI} = 360 \text{ mA}, I_n = -232 \text{ mA} \text{ und } I_{n-1} = 120 \text{ mA} \text{ zu}$$

$$I_s = 360 + (-232) - 120 = 8 \text{ mA}$$

Die auftretenden Spannungen am Rohr widerstand von  $1 \text{ m}\Omega$  sind sehr klein. Bei einem Rohrstrom von  $1 \text{ mA}$  beträgt der Spannungsfall nur  $1 \mu\text{V}$ . Die verwendeten Spannungsmesser müssen daher so empfindlich sein, daß ihr kleinster Meßbereich bei  $1$  bis  $10 \mu\text{V}$  Vollausschlag liegt. Bewährt haben sich Spannungsmesser mit einem analogen  $1 \text{ V}$ -Ausgang, der den Anschluß eines Registriergerätes ermöglicht. Unbedingt erforderlich ist die Verwendung von Registriergeräten bei Streustromeinflüssen. Die Auswertung erfolgt dann durch Mittelwertbildung aus mehreren Schaltperioden. Die Meßgeräte müssen eine ausreichende Genauigkeit haben. Werden in Gleichrichternähe die Rohrströme relativ groß, so ergeben sich die Schutzströme aus den Differenzen von zwei großen Rohrströmen, wobei sich die Meßfehler addieren. Sind hierbei die Schutzströme sehr klein, so können die Fehler schnell bei einigen  $10 \%$  liegen. Ein Zahlenbeispiel verdeutlicht die Problematik. Fließt an einer Strommeßstelle ein Rohrstrom von  $500 \text{ mA}$  und beträgt der Schutzstrom des Abschnittes nur  $5 \text{ mA}$ , so muß an der davor liegenden Meßstelle ein Strom von  $495 \text{ mA}$  nachgewiesen werden, was bei fehlerfreier Messung eine Genauigkeit von  $1 \%$  erfordert. Vor allem bei PE-umhüllten Leitungen, bei denen der Schutzstrom aufgrund der guten Umhüllung klein wird, kann es erforderlich werden, mehrere Strommeßabschnitte zusammenzufassen, um zu plausiblen Ergebnissen zu kommen. Um stromstärkere Fehler aufzufinden, sollten alle Meßstellen untersucht, aber je nach Meßergebnissen nur jede zweite oder dritte ausgewertet werden.

Die Ergebnisse einer derart durchgeführten Rohrstrommessung erlaubt es nun, die mittlere Schutzstromdichte einzelner Rohrabschnitte von ca.  $5 \text{ km}$  Länge anzugeben. Hieraus kann die Güte der Rohraußenumhüllung angegeben werden. Aus dem durch die Stromeinspeisung erzielten mittleren Potentialhub ( $U_{\text{aus}} - U_{\text{ein}}$ ) eines Abschnittes zwischen zwei Strommeßstellen und der errechneten mittleren Stromdichte kann der Umhüllungswiderstand  $r_u$  bestimmt werden. Vergleiche der Stromdichten mehrerer Jahre zeigen die tendenzielle Veränderung des Umhüllungswiderstandes an. Zufallskurzschlüsse zwischen der Pipeline und geerdeten Installationen zeigen sich wesentlich deutlicher durch eine Verschiebung der Stromverteilung als durch Potentialveränderungen, sodaß durch die Rohrstrommessung ein Hilfsmittel für die schnelle Auffindung von Fehlern im System, die den kathodischen Schutz gefährden, zur Verfügung steht.

Das Referat sollte zunächst eine kritische Betrachtung von Potentialmeßergebnissen sein. Eine Beurteilung der Meßergebnisse muß immer mit einer Berücksichtigung von Störeinflüssen bei der Meßwertaufzeichnung einhergehen.

Mit den Rohrstrommessungen und der Möglichkeit die Schutzstromdichten einzelner Rohrabschnitte überwachen zu können, wird ein Hilfsmittel geschaffen, daß das schnelle Auffinden von relevanten Fehlern im Schutzsystem ermöglicht und das die zeitliche Veränderung der Rohraußenumhüllung überwacht.

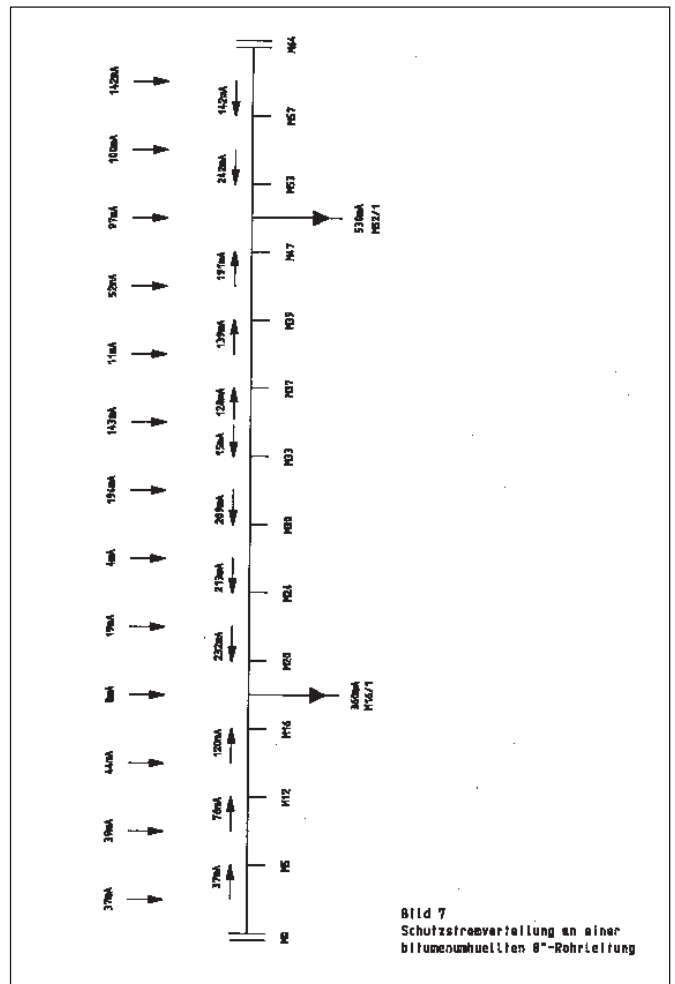


Bild 7 Schutzstromverteilung an einer bitumenumhüllten 8"-Rohrleitung

## Britische Forscher wenden die Stray Field Imaging-Technik an

Beim Einsatz von Stahlbeton für den Bau von Brücken und Straßenüberführungen rechnete man früher damit, daß sie ein Jahrhundert lang oder länger Bestand haben werden. Zur Überraschung der Konstrukteure schränkten jedoch Korrosionserscheinungen vielfach schon innerhalb von Jahrzehnten die Lebensdauer ein. Wissenschaftler der britischen Universitäten von Dundee, Surrey und Kent (Professor Geoff Hunter, Department of Civil Engineering, University of Dundee, Dundee, Scotland DDI 4HN / Fax: +44-344816) wollen die Ursachen und die Abläufe dieser Schädigungen aufklären.

Zu diesem Zweck entwickelten sie ein Verfahren, das es ihnen erlaubte, die beteiligten chemischen und physikalischen Prozesse zu analysieren. Als Hauptverursacher stellten sich Chlorionen heraus, die von dem zum Enteiseln während des Winters auf den Straßen ausgestreuten Salz und – vor allem in Küstennähe – von herabgesprühtem Seewasser stammen.

Das Wasser sickert in den Beton ein, wo mitgeführte Chlorionen die Stahlarmierung innerhalb der Baustruktur angreifen. Die britischen Forscher arbeiten dabei mit der Magnetresonanz-Tomographie (MRT). Bei ihr richten starke Magnetfelder den Spin von Atomkernen so aus, daß zusätzlich überlagerte Radiofrequenzen sie zur Abgabe von Signalen anregen, die Auskunft über die Zusammensetzung der untersuchten Proben geben.

Das Verfahren hat sich in der Medizin und bei biologischen Studien bewährt, doch treten Probleme auf, wenn die Probe aus anorganischem Material besteht, weil die von den Kernen ausgehenden Signale zu einem schnellen Abfall neigen. Die von der physikalischen und chemischen Umgebung abhängige Abfallrate ist besonders rasch in Beton, der paramagnetische und ferromagnetische Verunreinigungen enthält.

Einen Ausweg bot die als Stray Field Imaging bekannte Technik. Sie ermöglichte es, die Untersuchungsobjekte außerhalb der Zentralregion des Magnetfelds zu belassen, wo der Feldgradient wesentlich steiler ist. Daraus resultieren über einen größeren Frequenzbereich gespreizte NMR-Signale, so daß jede Ungenauigkeit, die eine spezielle Frequenz betrifft, sich weniger gravierend auswirkt und die Gesamtverzerrung abnimmt.

Mit Hilfe des Stray Field Imaging-Verfahrens gelang es, die Bewegung des eindringenden Wassers durch den Beton zu verfolgen. Außerdem konnte man erstmals feststellen, in welchem Ausmaß wasserresistente Beschichtungen Schutz bieten. Eine weitere Untersuchung mit Hilfe der Magic Angle Spinning Spectroscopy, einer NMR-Variante, bezog sich auf die Wechselwirkung zwischen Chlorionen und Bindern wie Kraftwerk-Flugasche, die üblicherweise dem Beton zugefügt wird.

Die British Cement Association stuft das neue Verfahren als vielversprechende Möglichkeit für die Auswahl von Materialien ein, die an lokale Umgebungsbedingungen zur Vermeidung von Korrosionen bestmöglich angepaßt sind.

*aus Blick durch die Wirtschaft, 13. 8. 1996*

## Kathodischer Tauchlack BASF: Kein Blei mehr / Weniger Wasser

Zuverlässigen Korrosionsschutz ohne den Einsatz von Blei soll der neue Kathodische Tauchlack Cathoguard 310 L+F des Unternehmens BASF Lacke + Farben AG (Pf 6123, 48136 Münster / Tel. 02501-14-0) bieten. Dabei wurde die Bindemittelkomponente chemisch modifiziert und der Lösemittelanteil des wasserbasierenden Tauchlacks KTL von zwei auf nur noch ein Prozent reduziert. In Verbindung mit der entsprechenden Verfahrenstechnik bietet der Tauchlack die Voraussetzungen, das eingesetzte Wasser im Kreislauf zu verwenden.

Im Rahmen des mehrstufigen Lackierprozesses bei der Fahrzeugproduktion erhalten die Rohkarossen zunächst eine Phosphatierung, bevor sie etwa zwei Minuten durch ein KTL-Tauchbecken geführt werden. Es bildet sich eine gleichmäßige 0,0025 Millimeter feine Schicht am gesamten Außen- und Innenbereich einschließlich aller Hohlräume.

Gleich nach dem Auftauchen erhält die Karosserie eine Spülung mit Wasser, das dem Tauchlack-Becken über Spezialfilter kontinuierlich entnommen wird. Bei Temperaturen um 180 Grad Celsius vernetzen die Moleküle anschließend in einem Ofen zu einer homogenen Oberfläche.

Die Kathodische Tauchlackierung trägt nicht nur zum Steinschlagschutz bei, sondern wirke auch als elastischer Untergrund für die anschließend aufgetragenen Lackschichten. Derzeit unternimmt das Unternehmen praxisnahe Versuche am Standort Münster-Hiltrup zur Serientauglichkeit. Dabei werden ganze Karossen in das rund 65 000 Liter fassende Becken getaucht.

*aus Blick durch die Wirtschaft, 12. 8. 1996*

## Einigung über Öl-Pipeline

Nach zähen Verhandlungen haben sich Rußland, Kasachstan und der Oman mit westlichen Investoren über den Bau einer Öl-Pipeline vom Kaspischen bis zum Schwarzen Meer geeinigt. Die 1,5 Mrd. Dollar teure Pipeline soll Erdöl vom Tengis-Ölfeld unter dem nördlichen Kaspischen Meer bis zu dem südrussischen Hafen von Noworossijsk transportieren. Sie könnte in zwei bis zweieinhalb Jahren in Betrieb gehen, sagte Kasachstans Präsident Nursultan Nasarbajew. Nach Auffassung des russischen Vize-Energieministers Anatoli Schatalow könnten auf der 1500 Kilometer langen Strecke alle kasachischen Ölexporte bis zum Jahr 2015 abgewickelt werden.

In dem Kaspischen Pipeline-Konsortium, das für die Entwicklung des Transportweges vom Kaspischen Meer zuständig ist und in dem Rußland, Kasachstan und der Oman saßen, konnte lange Zeit keine Einigung über die Aufteilung der Anteile an dem Investitionsvorhaben erzielt werden.

Nach einer Neuaufteilung sollen Rußland 24 Prozent, Kasachstan 19, der Oman 7, die amerikanischen Konzerne Chevron und Mobil 15 beziehungsweise 7,5 Prozent erhalten. Mit 12,5 Prozent ist die russische Ölfirma Lukoil beteiligt. Die übrigen Anteile halten die italienische Agip, die amerikanische Oryx, die British Gas sowie die russische Rosneft und die kasachische Munaigas.

Rußland hatte bislang den Zugang Kasachstans zum Weltmarkt blockiert, indem es nur eingeschränkt die Benutzung eigener Pipelines erlaubt hatte. Damit wollte Rußland seine sibirische Ölindustrie schützen. Besonders betroffen von der Blockadehaltung Moskaus war der US-Konzern Chevron, der 50 Prozent der Anteile an dem Tengis-Ölfeld hält und bereits 500 Mio. Dollar in dessen Erschließung investiert hat.

Die Kapazität des Tengis-Ölfeldes wird auf 6 bis 9 Mrd. Barrel (je 169 Liter) geschätzt. Von der Jahrtausendwende an könnten täglich 700 000 Barrel Öl gefördert werden. Westliche Analysten bewerteten die Vereinbarung als wegweisend.

*aus Die Welt vom 3.5.1996*

## BP sieht Energiereserven langfristig gesichert

Die globalen Öl- und Gasreserven werden nach Einschätzung des Energiekonzerns British Petroleum (BP) trotz steigendem Energieverbrauch auf absehbare Zeit nicht knapp. Das Volumen der jährlich neu entdeckten Vorkommen übertreffe den Verbrauch, sagte BP-Chefökonom Paul Appleby gestern bei der Vorstellung des BP-Energieberichts in Hamburg. In den vergangenen beiden Jahrzehnten hätten sich die nachgewiesenen Energiereserven der Welt um über 50 Prozent erhöht. Der größte Teil der neu entdeckten Vorräte befände sich im Nahen Osten. 1995 sei der globale Primärenergieverbrauch um 1,8 Prozent gestiegen, sagte Appleby weiter. Dies sei die höchste Zuwachsrate seit 1989. Rechnet man die Staaten der früheren Sowjetunion nicht mit, sei sogar 2,9 Prozent mehr Primärenergie verbraucht worden als im Vorjahr. Nach den Erschütterungen der Energiemärkte in den siebziger und achtziger Jahren sieht BP die Branche inzwischen wieder auf einem stabilen Wachstumspfad. Am schnellsten steige der Energieverbrauch derzeit in den Schwellenländern Asiens.

*aus Die Welt vom 31.7.1996*

# Neue Regeln zur Installation von Flüssiggasanlagen

Wesentliche Neuerungen sind im DVGW-Regelwerk für den Bereich der Flüssiggasinstallationen zu verzeichnen:

- Seit Ende März 1996 ist der Neuentwurf des DVGW-Arbeitsblattes G 607 erhältlich, nach dem sowohl installiert als auch geprüft werden kann. Als wesentlichste Neuerung ist die Möglichkeit anzuführen, neben dem bislang einzig möglichen 50 mbar Anschlußdruck auch alternativ 30 mbar Anschlußdruck in Wohnwagen und -mobilen einzusetzen. Ursache sind die derzeitigen intensiven Bestrebungen, für diese sehr mobil eingesetzten Anlagen europaweit einen einheitlichen Anschlußdruck von 30 mbar anzuwenden. So könnte sich z. B. der Ausfall eines Teils der Ausrüstung und die damit notwendige Ersatzbeschaffung im Ausland zukünftig sicher und unproblematisch gestalten. Allerdings dürfen nicht beide Drücke gemeinsam in einem Fahrzeug angewandt werden, da dieses zu unsicheren Situationen führen könnte. Der gewählte Druck ist durch ein Schild im Flaschenkasten kenntlich zu machen. Einige andere Neuregelungen, wie z. B. größere Möglichkeiten bei der Unterbringung des Flaschenkastens, sollen ebenfalls das Camperleben erleichtern, ohne die Sicherheit nachhaltig zu beeinträchtigen.
- Ende April 1996 sind die für den Bereich der häuslichen Flüssiggasanlagen geltenden „Technischen Regeln Flüssiggas-TRF 1996 Band 1“ erschienen. Sie wurden notwendig durch die Neuregelung der Rohrleitungen und Behälter, die der Druckbehälterverordnung unterliegen. Demzufolge wird in Band 1 der neuen „TRF“ vor allem der außerhalb des eigentlichen Gebäudes befindliche Teil der Flüssiggasanlage berücksichtigt.

Für die Abschnitte 6 bis 8, die sich vor allem mit den Geräten, deren Anschluß, Aufstellung und Abgasabführung befassen, gilt zunächst noch die Ausgabe 1988 der „TRF“. Mit dem zu diesem Thema Stellung nehmenden Band 2, der die in den einzelnen Bundesländern zur Verabschiedung anstehenden Feuerungsverordnungen berücksichtigen soll, ist innerhalb der nächsten zwei Jahre zu rechnen; dieser Teil soll wieder in weitgehendem Einklang mit den „Technischen Regeln für Gasinstallationen (TRGI)“ stehen, deren Aktualisierung bereits abgeschlossen ist.

Alle genannten Regelwerke sind über die Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn, zu beziehen.  
*U. Kleas*

## Informationsveranstaltungen und Schulungen zur DVGW-TRGI '86 – Ausgabe 1996 -

Im September 1996 erscheint die aktualisierte Auflage der „DVGW-TRGI '86“ - Ausgabe 1996.

Diese aktualisierte Fassung beinhaltet alle bisherigen Änderungen und Ergänzungen zu den DVGW-TRGI '86, einschließlich des 1994 veröffentlichten Hinweises G 600/II „Technische Regeln für Gasinstallationen – Betrieb –“.

E 13001 F

Pressepost

Impressum: Die Mitteilungen des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. werden vom Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz e.V., Sitz Esslingen a. N., Postfach 60 50, 73717 Esslingen, Telefon (07 11) 91 99 01-0, Telefax (07 11) 91 99 01-11 herausgegeben und erscheinen vierteljährlich. Der Bezugspreis ist durch den Mitgliedsbeitrag abgegolten. Für den Inhalt verantwortlich: Hans J. Spieth, Postfach 60 50, 73734 Esslingen. Redaktion: Dipl. Phys. W. v. Baeckmann, Essen, Hans J. Spieth, Esslingen. Für namentlich gekennzeichnete Beiträge trägt der Verfasser die Verantwortung. Nachdruck mit Quellenangabe und Übersendung von zwei Belegexemplaren erwünscht.

Bei der Überarbeitung wurden insbesondere die

- Muster-Bauordnung,
- Muster-Feuerungsverordnung

sowie die bereits umgesetzten DIN EN-Normen berücksichtigt.

## Innovation für Gastransport

Bei den Primärenergieträgern Erdöl und Erdgas liegen die Lagerstätten oft in weiter Entfernung von den Bedarfsträgern und erfordern aufwendige Transportmittel, um sie an den Ort ihrer Nutzung zu bringen. Eines der derzeit spektakulärsten Transportprojekte ist eine Erdgaspipeline, die Oman auf der arabischen Halbinsel mit Indien verbinden soll. Sie muß dabei auf einer Entfernung von 1.200 km bei der Durchquerung des Indischen Ozeans in Meerestiefen von bis zu 3.500 m verlegt werden. Im Vergleich mit der bisher größten Verlegetiefe einer Unterwasserpipeline von 800 m wird damit Neuland beschritten. Das gilt auch für die Dimensionen der dazu benötigten längsnahtgeschweißten Großrohre, deren Verhältnis von Wanddicke und Durchmesser in eine bisher nicht beherrschte Größenordnung vorstößt. Die Mannesmannröhren-Werke haben gemeinsam mit ihrer deutsch-französischen Beteiligungsgesellschaft Europipe eine geeignete Fertigungstechnik entwickelt und die technische Machbarkeit mit der Produktion von Pilotrohren nachgewiesen.

## Zu guter Letzt

*Wem Gott ein Amt gibt,  
dem gibt er auch Verstand.  
Nur werden die Ämter  
nicht von Gott vergeben.*

*Gerhard Uhlenbruck*