

Wechselstrombeeinflussung und Wechselstromkorrosion

Fachreferat gehalten von Dr. Schöneich / Ruhrgas AG, Essen, auf der Jahreshauptversammlung 1994 in Hamburg

Einleitung

Kein Korrosionsphänomen hat in den vergangenen Jahren die Aufmerksamkeit der Korrosionsschutzingenieure so in Anspruch genommen wie die Wechselstromkorrosion. Es sind jetzt mehr als acht Jahre vergangen, seit Herr Peez und Dr. Heim in der Zeitschrift 3R über die ersten Korrosionsphänomene an einer kathodisch geschützten Rohrleitung berichtet haben, die einer Wechselstrombeeinflussung zugeschrieben wurden. In den darauffolgenden Jahren sind dann an den verschiedensten Stellen umfangreiche Forschungsarbeiten durchgeführt worden, deren Ziel zum einen die Angabe von Kriterien zum Erkennen einer Wechselstromkorrosionsgefährdung war. Weitere Schwerpunkte der Arbeit lagen in der Lokalisierung von Umhüllungsbeschädigungen an Rohrleitungen, die einer Korrosionsgefährdung durch Wechselstrom unterliegen und der phänomenologischen Beschreibung der vorgefundenen Korrosionsschäden. Der dritte und für den Rohrleitungsbetrieb wichtigste Punkt betrifft die Maßnahmen zum Schutz gegen Wechselstromkorrosion. Deren Planung und Auslegung erfordert ein eingehendes Verständnis der Wechselstrombeeinflussung von Rohrleitungen.

Grundlagen der Wechselstrombeeinflussung

Als Wechselstrom-korrosionsgefährdet muß eigentlich jede Rohrleitung gelten, die einer signifikanten Beeinflussung durch 50 Hz Drehstrom-Hochspannungsfreileitungen oder 16 2/3 Hz Fahrleitungen der Eisenbahnen unterliegt. Ausgangspunkt für alle Überlegungen ist daher die Wechselstrombeeinflussung von Rohrleitungen, deren grundlegende Prinzipien seit langem bekannt und z.B. in der AfK-Empfehlung Nr. 3 beschrieben sind.

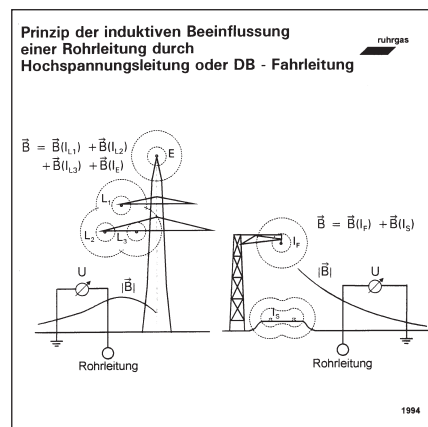
Je nach Art der Koppelimpedanz zwischen der Hochspannungsleitung und der Rohrleitung unterscheidet man

zwischen ohmscher, kapazitiver und induktiver Beeinflussung.

Mit einer signifikanten ohmschen Beeinflussung durch 50 Hz Hochspannungssysteme ist eigentlich nur bei Annäherungen an Kraftwerke oder Umspannanlagen bei Eintreten eines Fehlers im Hochspannungssystem zu rechnen. Sie spielt damit für Wechselstromkorrosion wohl keine Rolle. Es ist denkbar, daß Rohrleitungen, die in unmittelbarer Nähe einer elektrifizierten Bahnstrecke verlegt sind, unter Umständen durch den Schienenspannungstrichter eine ohmsche Beeinflussung erfahren können. Derartige Fälle sind bislang aber nicht beschrieben worden.

Die kapazitive Beeinflussung spielt nur während der Bauphase der Rohrleitung eine Rolle und hat damit für die Wechselstromkorrosion keine Bedeutung.

Abb. 1: Prinzip der induktiven Beeinflussung einer Rohrleitung durch 50 Hz Drehstrom-Hochspannungsfreileitungen und 16 2/3 Hz Fahrleitungen



Die induktive Beeinflussung hat für die Betriebsphase einer Rohrleitung die größte Bedeutung. Aufgrund der unterschiedlichen Abstände der stromführenden Leiter zu einer parallelverlegten Rohrleitung wird das magnetische Wechselfeld am Ort der Rohrlei-

tung nicht zu null. Als Folge dieses magnetischen Wechselfeldes wird in die Rohrleitung eine Längsspannung induziert, die für jeden Punkt der Rohrleitung unter anderem eine Funktion des Abstandes, der Höhe der Betriebsströme und ihrer Frequenz ist. Alle einflussnehmenden Parameter der Rohrleitung, der Hochspannungsleitung und der Umgebung können so genau beschrieben werden, daß in aller Regel die Berechnung der induktiven Beeinflussung einer Rohrleitung mit guter Genauigkeit gelingt. Die induzierte Wechselspannung kann zwischen der Rohrleitung und einem Hilfserder (Stahlelektrode), der mindestens 20m von der Rohrleitung entfernt in den Boden gesteckt werden sollte, gemessen werden.

Abb.2: Berechnung der induktiven Beeinflussung einer Rohrleitung anhand einer Modell-Beeinflussungssituation

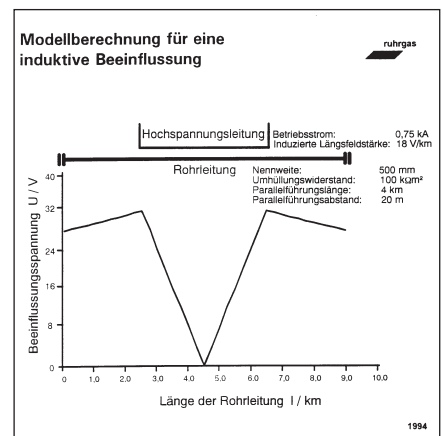
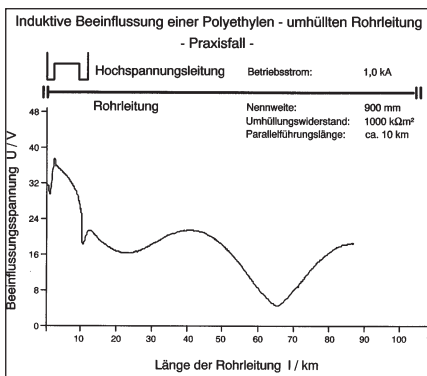


Abb. 2 zeigt anhand einer Modellrechnung die induktive Beeinflussung einer 9km langen Rohrleitung, die an beiden Enden mit Isolierkupplungen abgeschlossen ist, durch eine 50 Hz Drehstromhochspannungsfreileitung. Die Parameter, die die elektrischen Eigenschaften der Rohrleitung beschreiben, sind in dem Bild als Legende angegeben. Die induzierte Längsfeldstärke ist in die Rohrleitung

induzierte Spannung pro Längeneinheit und ergibt sich aus dem Betriebsstrom und der Geometrie zwischen den Leiter- und Erdseilen der Hochspannungsleitung und der Rohrleitung. Das Ergebnis der Berechnung einer solchen Beeinflussungssituation mit einem Rechnerprogramm weist immer einige charakteristische Merkmale auf:

- An den Enden der Näherung zwischen der Hochspannungsfreileitung und der Rohrleitung treten Spannungsmaxima auf. Deren Phasenwinkel unterscheiden sich um 180° und darauf ist es auch zurückzuführen, daß die Spannung in der Mitte der Näherung einen Nulldurchgang aufweist.
- Je nach Umhüllungswiderstand der beeinflussten Rohrleitung klingt die Spannung in den Bereichen außerhalb der Näherung mehr oder weniger schnell ab. Als Faustregel gilt: Je besser die Rohrleitung umhüllt ist, umso langsamer klingt die Spannung mit zunehmender Entfernung von dem Näherungsende ab.

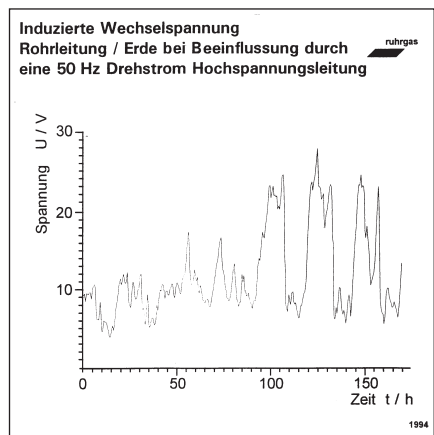
Abb. 3: Schematische Darstellung einer Beeinflussungssituation und Ergebnis der Berechnung der induktiven Beeinflussung



Die Ergebnisse der Berechnung von Beeinflussungsfällen aus der Praxis weisen oftmals noch weitere spezifische Merkmale auf. Dazu zeigt Abb. 3 das Ergebnis der Berechnung der induktiven Beeinflussung einer circa 110 km langen Rohrleitung, die einen hohen Umhüllungswiderstand besitzt. Sie bindet bei km 0 über eine Isolierkupplung, die betriebsmäßig elektrisch kurzgeschlossen ist, in eine vorhandene Rohrleitung ein und wird auf den ersten Kilometern durch eine 50 Hz-Hochspannungsleitung beeinflusst. Diese Hochspannungsleitung knickt dann ab, um sich bei km 10 wieder der Rohrleitung zu nähern. Bei km 110 ist die Rohrleitung mit einer Isolierkupplung abgeschlossen. Die Spannungsminima in den jeweiligen Mitten der Näherungsabschnitte sind nur noch andeutungsweise erkennbar. Das Wel-

lenprofil ist typisch für einen langen gut umhüllten und unbeeinflussten Rohrleitungsabschnitt hinter einem Näherungsende. Es kann auf die Drehung der Phase der induzierten Spannung durch den Induktivitäts- und Kapazitätsbelag der Rohrleitung zurückgeführt werden. Durch diesen Effekt ist es sogar möglich, daß - bei sehr gut umhüllten Rohrleitungen - die Spannung zwischen Rohrleitung und Erde hinter dem Näherungsende noch zunehmen kann.

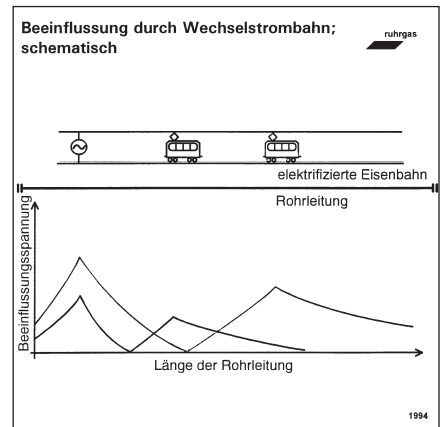
Abb.4: Registrierung der Beeinflussungsspannung an einer hochspannungsbeeinflussten Rohrleitung über 170 h



Die induktive Beeinflussung einer Rohrleitung durch eine 50 Hz Hochspannungsleitung zeichnet sich dadurch aus, daß das Spannungsprofil (vgl. Abb. 2, 3) entlang der Rohrleitung räumlich konstant ist, solange keine Änderungen der charakteristischen elektrischen Parameter von Hochspannungsleitung (z.B. Einbau eines Verdrillungsmastes) oder der Rohrleitung (z.B. Einbau einer Isolierkupplung) vorgenommen werden. Lediglich der Betrag der induzierten Spannung ändert sich mit den in der Hochspannungsleitung fließenden Betriebsströmen. Dies muß bei der Bewertung von Kurzzeitmessungen der Wechsellspannung an Rohrleitungen bedacht werden. In Abb.4 ist z.B. zwischen 90 und 170 Stunden genau ein 24 h-Zyklus zu erkennen, der auf die im Tagesrhythmus schwankenden Betriebsströme zurückzuführen ist.

Im Falle der Beeinflussung durch die Fahrleitung einer Eisenbahnstrecke liegen die Verhältnisse etwas anders. Mindestens ein Ende der Näherung wird durch eine fahrende Lokomotive repräsentiert. Die Geometrie der Beeinflussungssituation ist damit nicht mehr konstant; gleiches gilt natürlich für die Fahrströme. Beide Faktoren führen dazu, daß das Spannungsprofil in die-

Abb. 5: Profil der Beeinflussungsspannung bei Beeinflussung durch Bahn-Fahrleitungen



sem Fall sich nicht nur vom Betrag her ändert, sondern darüber hinaus auch räumlich nicht konstant ist. Für die Interpretation der Ergebnisse der Berechnung der induktiven Beeinflussung ist dies von großer Wichtigkeit. Mit Hilfe des Fahrstromdiagramms kann nur der ungünstigste Fall berechnet werden, der die Auslegung von Maßnahmen zur Sicherstellung des Berührungsschutzes bestimmt. Für Fragen der Wechselstromkorrosion ist es sicherlich ebenso von Interesse, die Rohrleitungsabschnitte zu identifizieren, die aufgrund der Fahrbedingungen auf der Bahnstrecke zwar betragsmäßig geringer, dafür aber häufiger beeinflusst werden.

Abb. 6: Registrierung der Beeinflussung an einer bahnstrombeeinflussten Rohrleitung

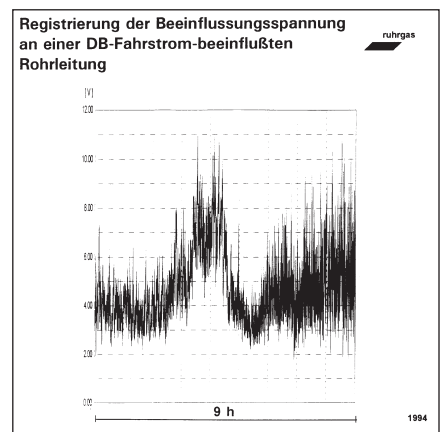


Abb. 6 zeigt die Registrierung der Beeinflussungsspannung an einer fahrstrombeeinflussten Rohrleitung über einen Zeitraum von 9 Stunden. Der Spannungsverlauf und die impulsförmigen Spitzen spiegeln den Fahrbetrieb auf der Bahnstrecke wider und erinnern an die Potentialschwankungen einer streustrombeeinflussten Rohrleitung.

Fortsetzung 1: Grundlagen und Phänomenologie der Wechselstromkorrosion
Fortsetzung 2: Schutzmaßnahmen

Direktmessung der Korrosionsgeschwindigkeit

Korrosionsmeßgerät PMK-D 1 und Sonden der Firma SAS Stahnsdorf

Bedienungsanleitung für das Korrosionsmeßgerät Typ PMK-D 1/Widerstandsmethode und Einsatz von Standard-Meßsonden

1. Technische Parameter des Korrosionsmeßgerätes PMK-D 1

Das Korrosionsmeßgerät PMK-D 1 ist eine Weiterentwicklung des bisherigen Gerätes gleichen Typs, in welches die Erfahrungen der vergangenen Jahre beim Bauen und in der Anwendung dieser Meßtechnik eingeflossen sind. Es ist das erste Meßgerät mit digitaler Anzeige.

Dieses Meßgerät gestattet das direkte Ablesen der Materialabtrages (in μm) und des Grades der Korrosion in Prozent, bezogen auf eine Referenzschleife (Widerstand) analog zu den Meßgeräten PMK-5 und PMK-6.

Das PMK-D1 ist grundsätzlich einsetzbar für Messungen unter Boden- und Industriebedingungen.

Dieses Instrument ist für den Einsatz der Widerstandsmeßsonden des „Korromet Systems“ bestimmt.

Meßbereiche:

Sonde A (1,0 x 0,2)	0...115 μm
Sonde B (1,4 x 0,4)	0...230 μm
Sonde C (1,0 x 0,1)	0...57 μm
Prozent S	0...100 %
Genauigkeit:	1 %
Arbeitsposition :	jede Position
Arbeitstemperatur:	+ 5...+45°C
Luftfeuchtigkeit:	80 %
Masse:	0,62 kg
Abmessung:	195 x 109 x 42 mm
Batterien:	4 x 1,5 V LR 6
Strom:	40/80 mA

Das Gerät kontrolliert den Speisestrom während des Meßprozesses selbst. Ist er zu niedrig, dann erscheinen im LCD (Liquid Crystal Display) die Buchstaben „lb“ am Ende der ersten Zeile. In diesem Falle sollten die Batterien gewechselt werden.

2. Durchführung der Messung

2.1. Einlegen der Batterien in das Batteriefach

2.2. Verbinden der Sonde über die Steckverbindung mit dem Meßgerät

2.3. Einschalten des Gerätes durch Stellen des Schalters auf ON, es erfolgt die Mitteilung

CORROSION METER
PMK - D 1

und etwa 2 s später wird

RESULT
A: 0,0 μm

angezeigt.

2.4. Wähle die entsprechende Meßsonde durch Drücken des Knopfes AIB/CIS

A - Sonde 1,0 x 0,2 mm

B - Sonde 1,4 x 0,4 mm

C - Sonde 1,0 x 0,1 mm

S - Prozent Widerstandserhöhung

Der Buchstabe wird in der linken unteren Ecke des Displays angezeigt.

2.5. Drücke den oberen „MEASURE“ - Knopf, es erfolgt die Mitteilung

MEASURE
WAIT. . .

und etwa 2 s später wird

RESULT:
A: 92,8 μm

(als Beispiel für eine A-Sonde) angezeigt.

2.6. Nach der Messung ist das Gerät auszuschalten.

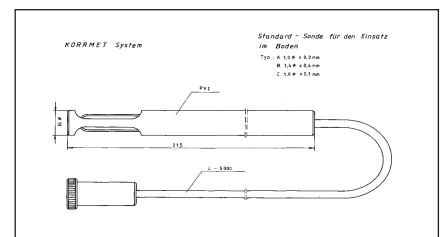
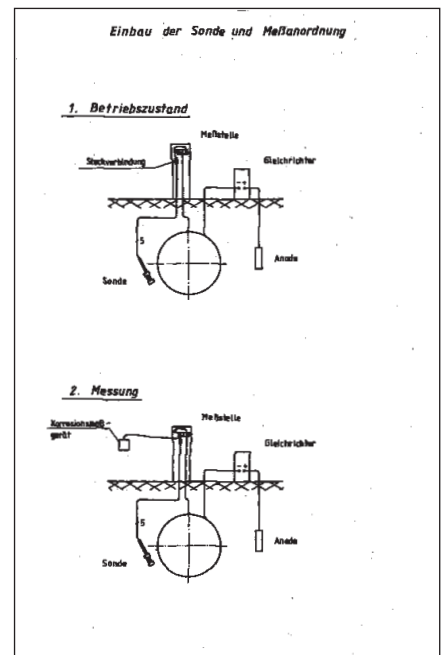
ACHTUNG: Wenn ein Minuszeichen („-“) vor dem Meßergebnis erscheint, liegt eine Fehlmessung vor. Es sind die Sonde und das Meßgerät unter Verwendung der Vergleichssonde (S: 80,0 % \pm 1 %) zu prüfen.

3. Kontrolle des Meßgerätes

Jedes Meßgerät ist mit einer Vergleichssonde ausgestattet, deren „Korrosionswert“ draufgeschrieben ist. Die Kontrolle des Meßgerätes ist durch Verwendung der Vergleichssonde statt der eingesetzten Sonde möglich. Ist der am Display angezeigte Wert anders als der „Korrosionswert“ auf der Vergleichssonde, dann sollte das Gerät an den Hersteller zur Reparatur eingesandt werden. Im Falle eines Kontaktfehlers oder Sondenfehlers wird am Display angezeigt:

MEASUREMENT
PROBE ERROR!!

RESULT:
PROBE ERROR!!



Zusatzstudium Korrosion und Korrosionsschutz

Die TU Bergakademie Freiberg bietet seit Sommersemester 1994 gemeinsam mit dem Institut für Korrosionsschutz Dresden das Zusatzstudium „Korrosion und Korrosionsschutz“ für Ingenieure und Naturwissenschaftler an.

In zwei Kursen von jeweils einem Monat Dauer werden ab 1994 im Anschluß an das Sommer- bzw. Wintersemester an der TU Bergakademie Freiberg für hierzu eingeschriebene Interessenten Vorlesungen gehalten sowie einwöchige Praktika durchgeführt. Die Präsenzphasen werden durch Fernstudieneinheiten, für die Lehrmaterial bereitgestellt wird, ergänzt und vertieft. Das Zusatzstudium schließt mit einer Abschlußarbeit zu betrieblichen oder sonstigen relevanten Themen im Anschluß an den zweiten Kurs ab. Bei erfolgreicher Beteiligung erhält der Student ein Zertifikat über die erworbenen Spezialkenntnisse.

Anfragen über das Zusatzstudium können gerichtet werden an den Fachbereich Werkstoffwissenschaft der TU Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09599 Freiberg, oder an das Institut für Korrosionsschutz Dresden, Postfach 80 02 28, 01102 Dresden.

Elektrisch leitender Kunststoff

Dem mittelständischen Kunststoff-Verarbeiter Zipperling Kessler in Ahrensburg bei Hamburg ist es als erstem Unternehmen der Welt gelungen, ein verarbeitungsfähiges Polyanilin mit metallischen Eigenschaften (etwa so edel wie Silber) zu entwickeln. Der elektrisch gut leitfähige Kunststoff mit dem Handelsnamen VERSICON kann z. B. als Bestandteil von Lacken die Korrosionsrate von Eisen um den Faktor 10 bis 10 000 verlangsamen. Das ergaben Tests des DECHEMA-Instituts in Frankfurt das als führendes europäisches Korrosionsforschungsinstitut gilt

Die Anwendung von polyanilin-haltigen Lacken führt auf der Eisenoberfläche statt zu porösem Rost zur Bildung einer dichten, gut haftenden Mischoxidschicht. Es gibt keine Barriere für den Elektronenfluß Korrosionsschutz und elektrische Leitfähigkeit, zwei bislang kaum vereinbare Materialanforderungen, lassen sich in Zukunft also miteinander verbinden.

Zipperling führt den neuartigen „Roststopper“ jetzt auf Testmärkten ein. Konkurrierende Forscher in den Los Alamos Laboratories in den USA sind hingegen bisher nicht über das Laborstadium hinausgekommen. Zipperling führt das darauf zurück, daß diese - im Gegensatz zu den eigenen Chemikern - noch nicht theoretisch verstanden, wie leitfähige Polymere funktionieren. Seit kurzem wird das Zipperling-Forschungsprojekt wegen seines absehbaren großen Beitrags zur Ressourcenschonung von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert

Vielfältige Möglichkeiten der Anwendung in der Elektrotechnik

Noch weitreichendere und vielfältigere Anwendungsmöglichkeiten als beim Korrosionsschutz sieht Bernhard Weißling, der Geschäftsführer und Forschungsleiter von Zipperling, in der Elektrotechnik und Elektronik. Polyanilin eignet sich in Verbindung mit Weich-PVC hervorragend für die elektromagnetische Abschirmung elektrischer bzw. elektronischer Bauteile. Da Polyanilin als dünne Schicht transparent ist, unter bestimmten elektrolytischen Bedingungen jedoch verschiedene Farben annehmen und die Leitfähigkeit wechseln kann, lassen sich damit auch transparente Elektroden, „intelligente“ Fenster, elektrolytische Schaltungen und elektrochrome Anzeigendisplays herstellen. Das eröffnet der Elektrotechnik und Elektronik neue Perspektiven.

*Edgar Gärtner
aus: StromThemen
Nr. 1 · Januar 1995*

Norwegen geht ins deutsche Gasgeschäft

Statoil und Norsk Hydro bauen mit Ruhrgas und BEB eine Pipeline

Der Wettbewerb unter den Ferngasgesellschaften Ruhrgas und BASF-Wintershall bekommt neue und schärfere Konturen. Nachdem der russische Gasproduzent Gazprom bei Wintershall eingestiegen ist, ziehen nun die beiden großen norwegischen Gas-Fördergesellschaften Statoil und Norsk Hydro gleich. Mit der Ruhrgas in Essen und der BEB Erdgas und Erdöl GmbH in Hannover vereinbarten sie in Bremen, von Etzel bei Wilhelmshaven aus eine neue große Pipeline in Richtung Osten bis nach Berlin zu komplettieren. Sie dient in erster Linie dazu, das Versorgungsnetz der Verbundnetz Gas (VNG), Leipzig, in den neuen Bundesländern zu stärken und es vom bisherigen Großlieferanten - der Moskauer Gazprom und deren Partner Wintershall unabhängiger zu machen. An VNG ist die Ruhrgas zu 30 Prozent beteiligt. Rund eine Milliarde DM wird das Gemeinschaftswerk insgesamt kosten, an dem die Norweger jetzt zu 25 Prozent beteiligt sind.

Das erste Teilstück von Achim bei Bremen nach Salzwedel ist bereits seit Ende 1991 in Betrieb. Bis Ende dieses Jahres ist die zweite Trasse von Achim nach Wardenburg bei Oldenburg fertig. Beide Projekte wurden noch gemeinsam von der Ruhrgas und BEB realisiert. Im nächsten Jahr soll dann die letzte Lücke von Wardenburg nach Etzel geschlossen werden. Etzel zugleich Standort eines großen Gas-Kavernenspeichers - wie auch Wardenburg sind bereits an Emden angedockt. Dort wird das norwegische Gas aus der Nordsee angelandet. Wintershall hatte sich im vergangenen Jahr in Norwegen vergebens bemüht, für die ebenfalls neu verlegte eigene Leitung von Emden nach Ludwigshafen Lieferverträge abzuschließen. Ruhrgas und Verbundnetz Gas haben offenbar keine Probleme.

Durch das neue Leitungssystem können künftig jährlich immerhin zwischen 16 und 18 Milliarden Kubikmeter Richtung Osten gepumpt werden. Denn in Salzwedel wird der neue deutsch-norwegische Gemeinschaftsstrang an die ebenfalls neue Fernleitung gekoppelt, die bis nach Bernau bei Berlin führt. Sie wird zur Zeit von der Ruhrgas gemeinsam mit der VNG gebaut. Bei Salzwedel zweigt außerdem eine andere Fernleitung ab. Sie führt über Magdeburg in den Süden Ostdeutschlands. Die neue Netra - Norddeutsche Erdgas-Transversale - werde wesentliche Men-

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.

gen der künftig zu erwartenden zusätzlichen Erdgasmengen aus Norwegen verteilen, meint ein Sprecher der Ruhrgas. Seinen Worten zufolge wird der Absatz dank bestehender Abkommen zwischen den nordländischen Produzenten und den deutschen Importeuren von jetzt 11 auf über 30 Milliarden Kubikmeter Nordseegas im Jahr 2005 zunehmen. Der Anteil Norwegens an der deutschen Versorgung wird sich nach Rechnung der Ruhrgas deshalb von derzeit 14 auf dann 31 Prozent verbessern.

Laser schweißt Aluminium.

Aluminium könnte sich künftig mit Hilfe von Laserstrahlen schweißen lassen. Das ergaben Versuche am Institut für Strahlwerkzeuge der Universität Stuttgart. Bisher ließ sich Alu nur schwer schweißen, weil es Wärme sehr gut leitet. Die äußerst energiereiche Strahlung eines Lasers läßt sich dagegen auf einen sehr kleinen Punkt konzentrieren; dadurch übertrifft die zugeführte Energie deutlich die Wärmeableitung. Die extreme Fokussierung erlaubt den Einsatz preisgünstiger Laserquellen mit relativ geringer Leistung wie etwa Festkörperlasern mit 2 bis 3 kW Leistung.

Die Strahlung läßt sich über Glasfasern auch an schlecht zugängliche Schweißstellen leiten, was besonders bei kompliziert geformten Teilen nützlich ist.

Jahresgabe 1995 des Fachverbandes

Als Jahresgabe verteilt der Fachverband an seine Mitglieder die Broschüre „Korrosionsschutz von Gas- und Wasserleitungen“; Autoren sind Walter von Baeckmann und Rudolf Jacob.