

Untertage Erdgasspeicherung in Europa

Underground Gas Storage in Europe

Von R. SEDLACEK*

ABSTRACT

Due to the increasing importance of natural gas for Europe, the Economic Commission for Europe of the United Nations in Geneva launched a study on »Underground Gas Storage in Europe and Central Asia« in 1996. After three years of work by experts from more than 40 countries, the study was completed in summer 1999. It provides information on new and emerging technologies, the status of UGS, gas supply and demand, regulatory framework, costs of storage, and outlook for the gas markets in the individual countries. From Germany, experts from NLfB, Ruhrgas AG and Wintershall AG were involved in the study. This report outlines the major parts of the study which will help to improve the understanding of the importance of underground gas storage in a rapidly growing gas market in Europe.

KURZFASSUNG

Wegen der Bedeutung der Untertage-Erdgasspeicherung für Europa und Zentralasien wurde von der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (UN/ECE) in Genf im Jahr 1996 eine Studie begonnen und mit Hilfe von Experten aus über 40 Staaten Mitte 1999 beendet. Die Studie gibt eine Übersicht zu innovativen Speichertechnologien, Status und Planung von Speicherbetrieben, Gesetzesgrundlagen, Kosteninformationen sowie gaswirtschaftlichen Prognosen für Staaten in Europa und Zentralasien und ist über das UN/ECE-Sekretariat in Genf zu beziehen.

STUDIE DER WIRTSCHAFTSKOMMISSION DER VEREINigten NATIONEN (Economic Commission for Europe, UN/ECE: Underground Gas Storage in Europe and Central Asia)

Die Economic Commission for Europe (ECE) der Vereinten Nationen in Genf wurde vor mehr als 30 Jahren von politischer Seite als Informationsforum zur Förderung des Dialoges zwischen Vertretern von Industrie

und Politik aus Ost- und Westeuropa gegründet. Nach dem politischen Umbruch in Osteuropa ist diese ursprüngliche, politische Aufgabe von untergeordneter Bedeutung, da die Experten der jeweiligen Länder in direkter Kommunikation stehen. Heute dient die ECE, an die ein von Firmen finanziertes Gas Center angegliedert ist, zunehmend als Informationsbörse. Nach Einschätzung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) haben die Gremien der ECE auch nach der Liberalisierung der osteuropäischen Energiemärkte eine Bedeutung. Das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLfB) nimmt als Vertretung der BGR seit mehr als 20 Jahren an den Sitzungen der Working Party on Gas (WOP) der ECE teil. Offizieller Vertreter der Bundesrepublik Deutschland ist das Bundesministerium für Wirtschaft, als dessen Berater BGR und NLfB mit Unterstützung von Experten aus der deutschen Gaswirtschaft tätig sind. Anlässlich des Jahrestreffens der WOP

im Jahr 1996 wurde durch die Vertreter der beteiligten Staaten eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe eingerichtet, die auf eine Initiative Italiens zurückging und das Thema »Underground Gas Storage in Europe and Central Asia« in einem Bericht vorlegen sollte. Die Studie, an der sich mehr als 40 Staaten, einschliesslich den USA als Berater für Kapitel 5, beteiligt haben, hatte für die UN/ECE folgende Zielsetzung:

Durch die wachsende Bedeutung von Erdgas (Ausbau des europäischen Verbundnetzes, Zunahme des Gasaufkommens in Europa) wird auch eine Erweiterung der verfügbaren Speicherkapazitäten erforderlich sein. Da nicht alle Staaten über das entsprechende geologische Inventar (Speicherpotential) verfügen, sind für die ECE sog. »transnationale« Speicher von besonderem Interesse, bei denen Staaten ohne Speicherpotential Speicherleistung in Nachbarstaaten anmieten oder selbst in Betrieb nehmen können. Beispiele für bilaterale Abkommen existie-



Abb. 1 Untersuchungsgebiet für die UN/ECE-Studie – 16 Länder (*) mit Beiträgen zu Kapitel 1

*Dipl.-Ing. R. Sedlacek, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Referat »Kohlenwasserstoffgeologie«, Stilleweg 2, D-30655 Hannover.

0179-3187/99/11
© 1999 URBAN-VERLAG Hamburg/Wien GmbH

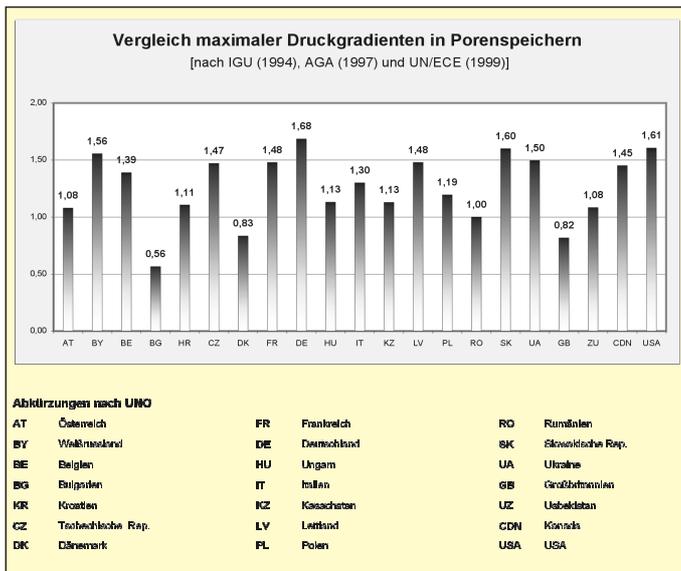


Abb. 2 Maximale Druckgradienten in Porenspeichern

ren in der Slowakei und Österreich, Polen und der Ukraine, Frankreich und der Schweiz. Die ECE möchte mit den länderspezifischen Prognosen für das Speicherpotential sowie für das Gasaufkommen und den Speicherbedarf aufzeigen, wo in Zukunft Bedarf für zusätzliche Speicher besteht. Diese und andere Informationen, z. B. zum gesetzlichen Ordnungsrahmen für eine untertägige Gasspeicherung, sollen interessierten Ländern als eine zusätzliche, unabhängige Information für nationale Planungen des Erdgasaufkommens und Energiebedarfes dienen. Nach Abschluss der Arbeiten, die in eine Organisationsstruktur – mit einem Direktor (C. Simeoni, Italien), »area leaders«, »chapter representatives« und »national experts« eingebettet – erfolgten, hat die UNE/ECE die Endfassung der Studie im Juni dieses Jahres vorgelegt. Abbildung 1 zeigt das Untersuchungsgebiet.

Dieser Artikel gibt einen kurzen Überblick zu den Ergebnissen der Studie. Von deutscher Seite waren für die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) der Autor dieses Berichtes sowie Mitarbeiter der Ruhrgas AG und der Wintershall AG als nationales Expertenteam beteiligt. Die deutsche Delegation hatte außerdem die Federführung und Redaktion für Kapitel 1 (s. u.). Grundlage für alle Arbeiten war ein umfangreicher Fragenkatalog, der in folgende Themen (entsprechend den sechs Kapiteln der Studie, federführendes Land in Klammern) gegliedert ist:

1. New and Emerging Technologies and Improvements in Underground Gas Storage (Deutschland: NLfB, Ruhrgas AG, Wintershall AG)
2. Current UGS Status in Europe and Central Asia (Polen)
3. UGS Projects and Technical Criteria for the Selection of Potential UGS Facilities (Russische Föderation)
4. Regulatory Framework (Frankreich)
5. Costs of Storage (USA/Schweden)
6. Outlook and Main Trends of Gas Markets

and UGS Developments (Niederlande/Rumänien/Bulgarien).

In Kapitel 1 – *New and Emerging Technologies and Improvements in Underground Gas Storage* berichten die Länder, welche Technologien auf den Gebieten Geologie, Geophysik, Reservoir Engineering sowie Bohr- und Förder-technik in der Untertage-Erdgasspeicherung derzeit im jeweiligen Land als innovativ eingesetzt werden. Hierzu gehört neben verbesserter Hardware zunehmend der Einsatz von Software zur Speicherführung und -überwachung. Da jedes Land eine andere Entwicklungsstufe seiner Gasversorgung aufweist, ist auch der Stand der Technik bei der Gasspeicherung unterschiedlich. Staaten mit einer langen Gasversorgungs-Tradition wie Russland, Ukraine, Frankreich, Deutschland und Italien haben daher die meisten Beiträge liefern können. Die Kurzbeschreibung der jeweiligen neuen Technologien erlaubt eine Zuordnung zu den betreffenden Speichern und soll es Interessierten ermöglichen, sich bei Bedarf über weitere Details zur jeweils eingesetzten Technologie zu informieren. Als »exotische« Speichertechnologien sind besonders die Nachnutzung von drei ehemaligen Bergwerken als kleinere Gasspeicher (Deutschland, Belgien) sowie ein »Lined rock cavern«-Projekt bei Malmö in Schweden interessant. Eine Gemeinsamkeit aller Speicher ist die Höhe des maximalen Druckes, welche für die bergbauliche Sicherheit sowie die Wirtschaftlichkeit der Speicher entscheidend ist. Abb. 2 und 3 zeigen die Höhe der maximalen Druckgradienten in den jeweiligen Ländern (ECE 1999, ergänzt nach IGU, 1994).

Abb. 4 veranschaulicht den gesamten Bereich der Druckskala in ehemaligen Erdöl- und Erdgaslagerstätten, Aquiferen sowie Salzkavernen. Die Bandbreite bei den Poren-

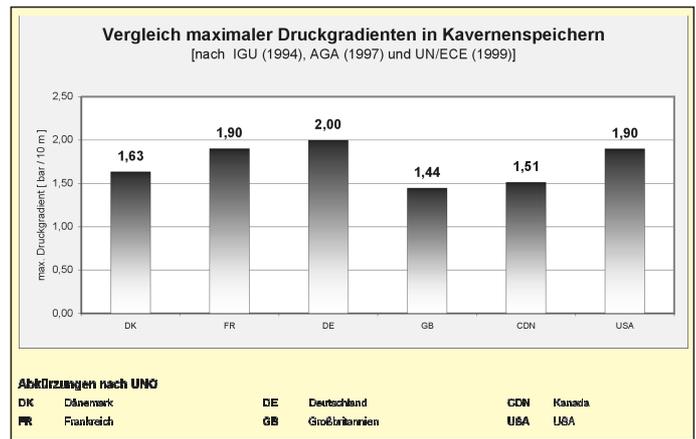


Abb. 3 Maximale Druckgradienten in Kavernenspeichern

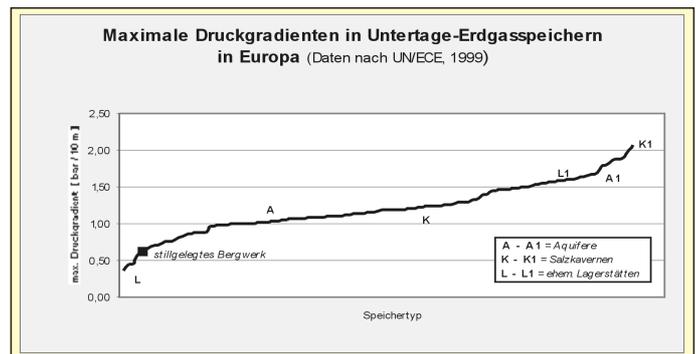


Abb. 4 Bandbreite der maximalen Druckgradienten in Erdgasspeichern

speichern ist begründet durch die unterschiedlichen Bedingungen, die von der lokalen Geologie (Dichtheit der Strukturen), Technik (Dichtheit der Bohrungen) sowie dem jeweiligen Ordnungsrahmen (Zulassung maximaler Speicherdrücke) der jeweiligen Länder abhängen. Die Darstellungen zeigen, dass neben Kanada und den USA Deutschland bei den Porenspeichern an der Spitze der Druckskala angesiedelt ist. Wegen der Bedeutung des maximalen Speicherdruckes für die Planung neuer und besonders die Erweiterung existierender Speicher wurde von den Autoren der UN/ECE als Empfehlung für weiterführende Untersuchungen folgendes Thema empfohlen:

- »The methods and criteria used in different countries to determine:
- the maximum storage pressure in porous rock storage facilities;
 - the maximum and minimum storage pressures in salt caverns;
 - the maximum (and minimum?) storage pressure in unlined and lined rock caverns«.

Die Zusammenarbeit einer UN/ECE-Arbeitsgruppe mit Vertretern der Internationalen Gas Union würde eine weltweite Untersuchung ermöglichen und die führenden Nationen der Gasspeicherung Kanada und USA mit einbeziehen können.

Kapitel 2 – *Current Status in Europe and Central Asia* befasst sich mit dem aktuellen Status der Untertage-Gasspeicherung (Daten beziehen sich auf das Jahr 1996 bis z. T. 1998). Neben einem Textteil zum jeweiligen

Tabelle 1 UN/ECE-Studie, Speicherübersicht Europa und Zentral Asien (1996)

Typ	Anzahl	Arbeitsgasinhalt Mrd. m ³ (Vn)	Entnahmerate (10 ⁶ m ³ /d)
ehem. Erdöl-Erdgasfeld	72	142,16	1052,6
Aquifer	36	26,97	322,9
Salzkaverne	19	6,28	251,5
ehem. Bergwerk	2	0,10	1,5
Summe	134	175,51	1628,5

Tabelle 2 Investitionskosten für Untertage-Erdgasspeicher nach UN/ECE (1999)

Speichertyp (100 Mio. m ³ (Vn))	Investitionskosten in US \$/ m ³ (Vn) Arbeitsgasvolumen		Investitionskosten in US \$ je m ³ (Vn)/d Speicherkapazität	
	Europa	USA	Europa	USA
Aquifere	0,35 – 0,6	0,14*	35 – 60	10
Ehemalige Erdöl- Erdgaslagerstätten	0,35 – 0,6	0,12	35 – 60	5
Salzkavernen	0,7 – 1	0,30	7 – 10	2

*Speichergrösse: 500 Mio. m³(Vn)

Land sind relevante Speicherdaten für 134 Speicher sowie ihre Lokationen erfasst. Hierzu gehören neben Angaben zum Speichertyp, Arbeitsgasvolumen, dem Druckbereich, Entnahmerate auch Angaben über die Anzahl von Speicherbohrungen etc. Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung der Speicher-Leistungsdaten.

Neben den – für sich sprechenden – tabellarischen Daten zu 134 Speichern wird von den Autoren zusammenfassend auf den Gasmarkt der Zukunft hingewiesen. Danach könnten Speicher nicht zur Abdeckung von Verbrauchsschwankungen dienen, sondern in einem liberalisierten Gasmarkt auch für mehrere jährliche Umschläge unter spekulativen Gesichtspunkten genutzt werden.

Ergänzend zu Kapitel 2 wird in Kapitel 3 – UGS Projects ein Überblick zu neuen (konkret geplanten) Projekten, Speichererweiterungen sowie Vorhaben, die derzeit nur als »potential« in Planung sind, gegeben. Soweit möglich, werden ein Zeithorizont für die Realisierung dieser Vorhaben sowie andere ergänzende Informationen aufgelistet. Zusätzlich zu den o. a. 134 existierenden Speichern (UGS) sollen danach – 36 existierende UGS erweitert, – 57 neue UGS mit grosser Wahrscheinlichkeit eingerichtet und – 39 neue UGS möglicherweise (potential projects) gebaut werden.

Alle zusätzlich geplanten 132 Projekte sind, wie in Kapitel 2, tabellarisch und mit ihren Lokationen dargestellt. Das zusätzliche Arbeitsgasvolumen für die ersten beiden Kategorien soll bis etwa zum Jahr 2010 weitere 111 Mrd. m³ (Vn) betragen. Mit dem heutigen o. a. Arbeitsgasvolumen würden dann in dem untersuchten Gebiet mit ca. 285 Mrd. m³ (Vn) fast soviel Arbeitsgasvolumen zur Verfügung stehen wie derzeit in der Welt, einschliesslich der Staaten USA und Kanada (s. o.).

Als wichtiges Ergebnis dieses Kapitels wird eine Reihe von Speichern aufgelistet, die schon heute für Nachbarländer als »transnationale« Speicher dienen und solche, die es in Zukunft in einem europäischen Gasmarkt sein könnten. Eine wichtige Bedeutung für Deutschland soll künftig das Gasfeld Groningen als Swing-Producer haben. In Polen werden drei Speicherprojekte als transnationale Speicher für Deutschland ausgewiesen.

Weitere Projekte werden in UK/Irland, Österreich/Ungarn und Slowenien, Lettland/Litauen, Bulgarien/Griechenland, Russland/Armenien und Georgien, Kazachstan/Usbekistan und anderen Staaten gesehen.

Kapitel 4 – Regulatory Framework gibt einen in dieser Form bisher erstmalig publizierten Überblick zum gesetzlichen Ordnungsrahmen für Planung, Bau und Betrieb von Untertage-Erdgasspeichern in Europa und Zentralasien. Wichtige Informationen, die von den Autoren des Kapitels 4 (Frankreich) für 17 Staaten erfasst wurden, sind z. B., welche Gesetzeswerke die Speicherung regeln, ob eine Abgabe auf Speichergas zu entrichten oder wer der Eigentümer des Kissengases ist, usw. Eine besondere Bedeutung wird in der künftigen Umsetzung von EU-Recht (z. B. Energie-, Sicherheits- und Umweltgesetze) in nationales Recht der EU-Mitgliedstaaten gesehen.

Ein Thema, das aus Gründen des Wettbewerbs – wie erwartet – für europäische Speicher wenig transparent dargestellt werden konnte, sind die für Erdgasspeicher aufzuwendenden Investitions- und Betriebskosten. Da diese Zahlen z. T. in den USA publiziert sind, wurde die Bearbeitung von Kapitel 5 – Costs of Storage auch einem Vertreter der USA übertragen. Keines der beteiligten europäischen Länder hat den für dieses Kapitel nach Speichergrössen und Speichertyp gegliederten Fragenteil komplett beantwortet. Für einige Staaten wurden durchschnittliche Werte für die Investitionskosten (ohne Kissengasbewertung) angegeben. Die Bearbeiter des Kapitels (USA/Schweden) haben zusätzliche Informationen durch Interviews mit Speicherbetreibern eingeholt. Das Kapitel vergleicht europäische und amerikanische Investitionskosten für Speicher und zeigt auf, wovon die Höhe der Investitionskosten abhängt. Hierzu gehören z. B. Typ, Grösse und Teufe des Speichers, petrophysikalische Ausbildung des Speicherhorizontes und damit Ein- und Ausspeicherraten.

Als Bandbreite der Investitionskosten werden für einen relativ kleinen Speicher von 100 Mio. m³ (Vn) in Tabelle 2 Werte angegeben.

Nach diesen Daten sind in beiden Kontinenten Aquifer- und Lagerstättenpeicher, die eher als saisonale Speicher mit hoher Arbeitsgaskapazität in Frage kommen, günstiger zu bauen als Kavernenspeicher. Umgekehrt sind die Kavernenspeicher unter dem Aspekt der kurzfristigen Spitzenlast-Abdeckung preiswerter.

Der deutliche Unterschied der Kosten für Europa zu den USA wird nicht näher kommentiert. Ähnliche Differenzen sind aber auch z. B. aus der Exploration und Produktion für Erdöl/Erdgas bekannt, wo für die USA deutlich geringere Bohrkosten angegeben werden als z. B. für Deutschland. Dies ist u. a. durch unterschiedliches »day rates« der Bohranlagen sowie geringere behördlichen Auflagen begründet. Kapitel 5 lässt sicherlich eine ganze Reihe von Fragen für betriebswirtschaftlich orientierte Leser offen. Es stellt aber einen guten Einstieg in das Thema dar, der durch andere Publikationen (HIRSCHHAUSEN, 1996) vertieft werden kann.

Die in Kapitel 3 beschriebenen künftigen Speicherprojekte werden in Kapitel 6 – Outlook and Main Trends of Gas Market and UGS Development durch gaswirtschaftliche Fakten und Prognosen bis zum Jahr 2020 ergänzt. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass ein Land mit steigendem Gasverbrauch, saisonalen und tageszeitlichen Verbrauchsschwankungen (z. B. Haushalte und Kleinverbraucher) und hoher Importabhängigkeit oder unsicherem Erdgasbezug (strategische Komponente) einen entsprechend hohen Bedarf an Speichervolumen hat. Folgende Faktoren werden länderspezifisch bis zum Jahr 2020 betrachtet:

- Entwicklung von Gasaufkommen, -importen und Marktstruktur,
- Energiepolitische, fiskalische und umweltrechtliche Faktoren,
- Existierende Technologie-Plattform für Erdgas (Einsatz neuer Technologien wie Brennstoffzellen, etc.).

Anhand der o. g. Daten soll eine Abschätzung möglich sein, in welchem Entwicklungsstadium sich in dem jeweiligen Land die Gaswirtschaft befindet und wie sich in Zukunft der Speicherbedarf entwickeln könnte.

Abgeleitet aus den Daten der Kapitel 2 und 3 werden aus geologisch/lagerstättentechnischer Sicht als durchschnittliche Speicherparameter in Tabelle 3 Werte angegeben, die für Speicher als optimal anzusehen sind. Der o. a. Teufenbereich als wichtiges Krite-

Tabelle 3 Durchschnittliche Speicherparameter

Speichertyp	Gaslagerstätte	Aquifer	Salzkaverne
Teufe	1000 – 1200	800 – 1000	900 – 1500 m
Strukturtyp	Antiklinale	Antiklinale	–
Mächtigkeit	20 – 50 m	15 – 40 m	–
Lithologie	Sandstein, Kalkstein	Sandstein	–
Permeabilität	Größer 100 mD	größer 600 mD	–
Porosität	18 – 25 %	18 – 25 %	–
sonstiges	Schwacher Aquifer erwünscht	–	–

rium für den Speicherdruck und damit die Speicherleistung wurde bereits 1975 von LÜBBEN & GRALLA anhand von Untersuchungen an deutschen Erdöl- und Erdgaslagerstätten als besonders günstig angesehen, da hierfür die geringsten spezifischen Investitionskosten errechnet wurden.

Die ECE gibt zur Situation der Untertage-Gasspeicherung in Europa und Zentralasien zusätzlich folgende gaswirtschaftlichen Eckdaten an:

- Der Erdgasbedarf in Europa wird von 460 Mrd. m³(Vn) im Jahr 1996 auf rd. 650 Mrd. m³(Vn) im Jahr 2010 ansteigen (Zahlenwert ohne den Anteil der Russischen Föderation). Dies ist ein Anstieg um mehr als 40 % und wird im Trend als Zahlenwert durch aktuelle Publikationen (G. ENSELING, 1999) bestätigt. Der Zuwachs ist deutlich höher als es für Deutschland – wo bei leicht sinkendem Gesamtenergieaufkommen der Anteil des Erdgases von derzeit 21 % auf 24 % im Jahr 2010 und 27 – 30 % im Jahr 2020 ansteigen könnte – prognostiziert wird (SCHIFFER, 1999). Auf Länder wie Italien, UK und Spanien wird, gefolgt von Frankreich und Deutschland, mehr als die Hälfte des Wachstums entfallen (siehe auch bei G. ENSELING, 1999).
- Die Expansion der Erdgasindustrie wird in Westeuropa künftig nicht nur die Sektoren Haushalte- und Kleinverbraucher sondern verstärkt den Bereich der Elektrizitätserzeugung betreffen. Grund sind u. a die EU-Direktiven zur Liberalisierung des Strom- und Erdgasmarktes.
- Die Abhängigkeit von Importen wird bei rückläufigen heimischen Produktionen für die heutigen Importländer zunehmen. Für die 15 EU-Staaten soll der Erdgas-Importanteil von heute ca. 40 % auf 50 % im Jahr 2010 und bis 75 % im Jahr 2020 ansteigen, wobei diese Mengen bereits zum größten Teil kontrahiert sind. Deutschland hat bereits heute einen Importanteil von rd. 80 %. Es wird geschätzt, dass dieser Anteil bei steigendem Gasverbrauch und leicht rückläufiger heimischer Förderung im Jahr 2010 auf über 85 % ansteigen könnte. Der

grenzüberschreitende Erdgashandel und mit ihm die Untertage-Erdgasspeicherung werden an Bedeutung zunehmen. – Die heute überwiegend national geregelte Untertage-Erdgasspeicherung könnte künftig durch weitere grenzüberschreitende Speicherprojekte ergänzt werden.

– Bezogen auf Deutschland ist sichergestellt, dass das bis zum Jahr 2020 zur Bedienung des Gasmarktes erforderliche Speicherpotential im tieferen Untergrund verfügbar ist.

Wegen der wachsenden Bedeutung der Erdgasspeicherung für Europa beabsichtigt die UN/ECE, eine Fortschreibung der Studie. Damit länderspezifische Fragen von den Autoren direkt beantwortet werde bzw. an Fachleute in den jeweiligen Ländern weitergeleitet werden können, sind im Anhang neben den Kartenwerken, einem Glossar, Verzeichnis internationaler Einheiten der Gasbranche, dem »Questionnaire« für die Studie und der Bibliografie auch ein Adressen-Verzeichnis der nationalen Experten enthalten. Im Rahmen der Arbeitstreffen der Delegierten für die Bearbeitung der Kapitel wurde sehr früh deutlich, dass einige der Fragen firmenspezifische, vertrauliche Daten betreffen. Hierzu gehört besonders die Angabe über die Kosten der Gasspeicherung sowie über das existierende Portfolio verfügbarer Speicherleistung. Trotz dieser Einschränkung stellt die Studie einen guten Überblick der Untertage-Erdgasspeicherung von heute und einen Ausblick für morgen dar. Einige der Daten beziehen sich auf den Status von 1996/1997. Soweit es der UN/ECE bis zur Drucklegung möglich war, wurden aktuelle Daten (z. B. für Deutschland) mit Stand vom 1.1.1999 ergänzend aufgenommen. Von deutscher Seite wurde ein im Vergleich zu anderen Staaten hoher Aufwand für Beiträge zur Studie betrieben, da von rd. 60 Speichern Daten zusammenzustellen, und in Kapitel I eine Reihe innovativer Projekte zu beschreiben waren. Die dreijährige Bearbeitung für die Studie erscheint zunächst lang, ist aber für ein derart großes, international angelegtes Projekt mit der UN/ECE als Federführer als Zeitraum angemessen. Nach Information durch die UN/ECE soll zum Zeitpunkt des Erscheinens dieses Beitrages ein Kontingent von Studien für die jeweiligen Länder zur Weitergabe an Dritte verfügbar sein. Die Kosten sind noch nicht bekannt, werden aber wahrscheinlich in der Höhe eines Fachbuches liegen. Anfragen für ein Exemplar der

Studie »Underground Gas Storage in Europe and Central Asia« sollten unter Angabe des Titels gerichtet werden an:

United Nations - Economic Commission for Europe, Energy Division, Palais des Nations, Room 349, CH-1211 Geneva 10, Switzerland, Tel: 0041-22 917 2451 (A. Chachine), 0041-22 917 1234 (Zentrale), Fax: 0041 22 917 0038 E-mail: alexandre.chachine@unece.org.

Neben dem fachlichen Gesichtspunkt ist sicherlich auch die Tatsache von Bedeutung, dass es gelungen ist, Experten aus West-, Osteuropa, Zentralasien sowie den USA als Team zielführend zusammenarbeiten zu lassen. Trotz der unterschiedlichen politischen, wirtschaftlichen und kulturellen Situation in den jeweiligen Ländern ist dies der UN/ECE gelungen.

Der Autor bedankt sich für die konstruktive Zusammenarbeit mit den anderen deutschen Delegierten und Bearbeitern von Kapitel 1 von der Ruhrgas AG (Herr Dr. P. Götzen und Herr Höllwart) sowie von der Wintershall AG (Frau C. Schöne Weiss, Herr E.G. von Stein und Herr Dr. W. Rott). Dank gilt auch den Speicherexperten der Unternehmen BEB Erdgas und Erdöl GmbH, Kavernen Bau- und Betriebsgesellschaft GmbH, Pipeline Engineering GmbH, Untergrundspeicher Mittenwalde GmbH, der Verbundnetz Gas AG sowie anderen Fachleuten und Firmen, die ergänzende Hinweise zum Kapitel 1 und zur Studie beigetragen haben. Im Rahmen der Expertentreffen wurden die Veranstaltungen in den jeweiligen Staaten von dortigen Gasversorgungs-Unternehmen logistisch unterstützt und z. T. Speichereinrichtungen vorgestellt. In Deutschland z. B. durch die Wintershall Erdgas Handelshaus GmbH/Wingas GmbH bzw. die Berliner Gaswerke AG in Berlin. Allen Unternehmen in den Ländern wird hiermit für die Gastfreundschaft gedankt.

LITERATUR

- AMERICAN GAS ASSOCIATION (1997): Survey of Underground Storage of Natural Gas in the United States and Canada 1996, Arlington, Virginia, USA.
- ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UN/ECE) (1999): Underground Storage in Europe and Central Asia, Survey 1996 – 1999, Juni 1999, Genf.
- ENSELING, G. (1999): Auswirkungen der Liberalisierung auf den europäischen Gasmarkt, Erdöl-Erdgas-Kohle, 115, 4, Hamburg.
- HIRSCHHAUSEN, H. (1996): Untersuchung der wesentlichen technischen und wirtschaftlichen Faktoren der Erdgasspeicherung, Dissertation TU Clausthal.
- LÜBBEN, H. & GRALLA, G.-J. (1975): Kriterien und Möglichkeiten für die Speicherung von Gas in deutschen Erdöl- und Erdgaslagerstätten. Erdöl-Erdgas-Zeitschrift, 91, 11, Hamburg.
- SCHIFFER, H.-W. (1999): Energiemarkt Deutschland, TÜV-Verlag, Köln.