

Chancen und Risiken unkonventioneller Erdgasvorkommen

1 Einführung

1.1 Kurze allgemeine Charakterisierung von Methanhydraten

Methanhydrate sind weiße kristalline Feststoffe, die im Wesentlichen aus Wasser und Methan bestehen und mit einer rötlich leuchtenden Flamme brennen (s. Abb. 1). Die eisähnlichen Substanzen gehören zu den Clathraten und sind nur bei höheren Drücken und niedrigen Temperaturen stabil; unter Normalbedingungen schäumen sie wie Brausepulver und schmelzen dabei. Aufgrund ihres Stabilitätsbereiches kommen sie zum einen unter Wasser, in Tiefen von 300–3100 m bzw. in geringen Tiefen in Permafrostgebieten, oder über Wasser, in Permafrostgebieten in bis zu 2000 m Tiefe, vor.

Die ersten natürlichen Methanhydratvorkommen wurden in den 60er Jahren in Sibirien und Alaska entdeckt. Aufgrund von seismologischen Untersuchungen vermuteten Byran und Ewing in den 70er Jahren Unterwasservorkommen von Methanhydraten, diese Vermutung konnte in den 80er Jahren durch Förderung kleinerer Mengen bestätigt werden.



Abb. 1. Gashydrat.

1.2 Motivation für die Beschäftigung mit Methanhydraten

Das Vorhandensein beträchtlicher Methanhydratvorkommen hat die Forscher zu einer großen Zahl möglicher Anwendungen inspiriert, aber auch gewaltige Risiken aufgezeigt. Das Methan aus den Methanhydraten ist als potentielle Energiequelle interessant bzw. kann zur Darstellung höherer Kohlenwasserstoffe dienen.

Da die Methanhydratvorkommen eine natürliche Senke und Quelle für atmosphärisches Methan darstellen, trägt ihre Untersuchung erheblich zum Verständnis des Klimas bei. Zudem wird die Stabilität von Unterwasserregionen von Methanhydraten beeinflusst, was bedeutungsvoll für die Unterwasserförderung von Rohstoffen sein kann.

2 Entstehung und Detektion von Methanhydraten

2.1 Chemische Betrachtung

Im Gasanteil, der durchschnittlich 15 % der Hydratmasse ausmacht, sind je nach Vorkommen 1–3 % Schwefelwasserstoff oder höhere Kohlenwasserstoffe enthalten.

Durch Einschlüsse von Öl und/oder Mineralien sind große Variationen der Eigenschaften, z.B. der Farbe, möglich. Ebenso hängt der Stabilitätsbereich der Methanhydrate stark von der jeweiligen Zusammensetzung ab.

Für Methanhydrate sind heute drei verschiedene Kristallstrukturen (Struktur I s. Abb. 2) bekannt; sie werden durch die Hydratnummer, das Verhältnis von Wasser- zu Gasmolekülen bei vollständiger Lückenbesetzung, die Lückengeometrie und die Lückengröße charakterisiert (s. Tab. 3).

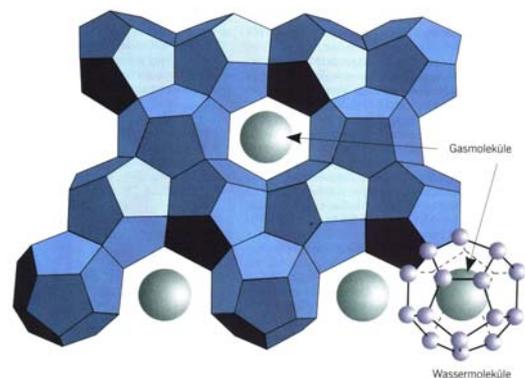


Abb. 2. Gashydrat. – Struktur.

Kristallstruktur	Hydratnummer	Lücken	Käfig
I	5,75 (46/8)	2 Dodekaeder ($\varnothing = 520$ pm) 6 Tetraeder ($\varnothing = 590$ pm)	
II	5,67 (136/24)	16 Dodekaeder ($\varnothing = 590$ pm) 8 Lücken ($\varnothing = 690$ pm)	
H	5,67 (34/6)	–	

Tab. 1. Methanhydrate. – Kristallstrukturen.

2.2 Biologische Betrachtung

Die natürliche Methanhydratbildung unter Wasser ist primär ein biologischer Prozess, bei dem in Sedimentschichten organisches Material durch Bakterien verwertet wird, die Methan freisetzen; die Bakterienkolonien sind oft an Verfärbungen des Hydrates zu erkennen. Einige Bakterien oxidieren zudem Methan, Schwefelwasserstoff und Ammoniak zu Kohlendioxid, Sulfat und Nitrat und versorgen damit andere Lebewesen. Im komplexen Lebensraum Methanhydrat ist eine Vielzahl von Tieren direkt oder indirekt vom Methan abhängig, je nach Gebiet u. a. Bartwürmer, Aale, Schnecken, Krabben und Muscheln. Erst 1997 wurde der mit Bakterien in Symbiose lebende bis zu hundert Jahre alt werdende Eiswurm entdeckt.

2.3 Geologische Betrachtung

Die Hydratverteilung ist räumlich an die Methanfreisetzung gebunden, die durch nichtbiologische und biologische Prozesse erfolgen kann. Ein nichtbiologischer Prozess unter Wasser beruht auf Plattenbewegungen, durch die Gas aus dem Boden gedrückt wird, das aus der Entstehung fossiler organischer Substanz stammt. An den so genannten Gaslöchern (*gasvents*) bilden sich meist mit Öl verunreinigte Methanhydrate der Struktur I und H.

In den Sedimentschichten, die reich an organischer Materie sind, erfolgt bakterielle Methanbildung. Die entstehenden Methanhydratschichten sind dünn, rein und flüchtig. In der Tiefsee fehlen meist die nötigen Sedimentablagerungen und im Flachwasser ist es zu warm, so dass die Hydratbildung im Wesentlichen an Kontinentelhängen oder in Permafrostgebieten erfolgt. Wie an der Fauna erkannt werden kann, sind auch an den Gaslöchern biologische Prozesse vertreten.

Die Detektion von Unterwasservorkommen erfolgt meistens durch Seismographie, dabei wird jedoch nicht das Methanhydrat selbst detektiert, sondern freies Methan, das sich als „bodensimulierender Reflektor“ (BSR) bemerkbar macht. Fehlt freies Methan in bzw. unter der Hydratschicht, so ist das Hydratvorkommen nicht durch seismische Methoden zu erfassen und man behilft sich mit Videoschlitten (s. Abb. 3) oder Probenentnahme mittels Druckbehältern.

Analog den Unterwasservorkommen erfolgt bei den Überwasservorkommen in den Permafrostgebieten die Methanfreisetzung durch Gaslöcher oder Bakterien.



Abb. 3. Videoschlitten.

3 Chancen und Risiken

3.1 Chancen: Nutzung als Energieträger

Methanhydrate sind weit verbreitete Methanvorkommen, über deren genaue Verteilung noch nicht allzu viel bekannt ist; nur von einigen Gebieten existieren genaue Verbreitungskarten. Die Abb. 4 zeigt die bisher bekannten natürlichen Vorkommen, sie befinden sich vorwiegend in den Schelf- und Kontinentalhanggebieten der Meere (Kreise) und in den Permafrostgebieten (Rauten). Die Schätzungen über in Methanhydrat gebundene Mengen an Methan variieren beträchtlich, da bisher noch zu wenige Gebiete genauer untersucht wurden.

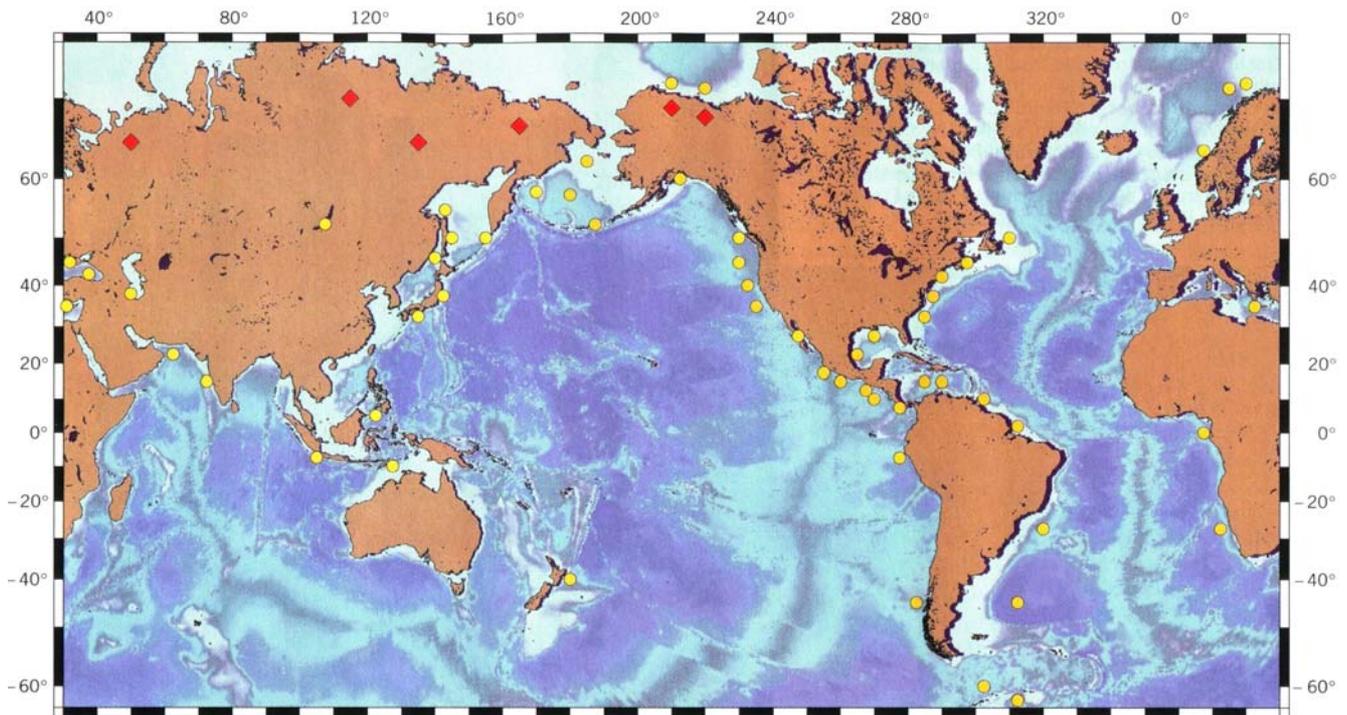


Abb. 4. Gashydrate. – Natürliches Vorkommen.

Die Förderung von Methan aus Methanhydrat erfolgt bisher nur im Messoyakha-Gasfeld in Westsibirien; dort wird u. a. seit 30 Jahren mit folgenden Fördermethoden experimentiert:

Durch Druckentlastung in den Bohrungen wird das Gashydrat systematisch destabilisiert; bei einer Druckentlastung um den Faktor 10 kann so eine 10-fache Gasausbeute erzielt werden. Auch eine Wärmezufuhr während der Bohrung bei gleich bleibendem Druck führt zur Auflösung des Gashydrats. Dabei wird wie folgt vorgegangen: Über eine Injektionsbohrung wird der Lagerstätte Wärme beispielsweise in Form von Dampf zugeführt und das Hydrat zerfällt. Durch mehrere Produktionsbohrungen in der Nähe kann dann das freie Methan gewonnen werden. Diese Technik funktioniert jedoch nur bei Hydratschichten, die mehr als fünf Meter dick sind. Um eine weitere Ökonomieverbesserung zu erreichen, kann man auch die Methoden der Wärmezufuhr und der Druckentlastung kombiniert anwenden. In der Regel wird dabei zunächst mit einer Wärmezufuhr gearbeitet, um ein Potential an freiem Gas zu produzieren, anschließend erfolgt dann die kontrollierte Druckentlastung. Eine sehr effektive aber kostenintensive Möglichkeit das Hydrat zu zerstören, ist die Injektion von Lösungsmitteln wie z. B. Methanol. Um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, ist man zur Zeit auf der Suche nach Substanzen, die das teure Methanol ersetzen können.

Die aussichtsreichste Fördermethode muss aufgrund der jeweils vorgefundenen geologischen Verhältnisse festgestellt werden. Die Druckentlastungsmethode bietet dann Vorteile, wenn sich freies Gas unter dem Hydratvorkommen befindet, eine geringe Porosität und Permeabilität der durchbohrten Gesteine in der Umgebung der Gashydratfelder spricht für die Wärmetechnik, da die Wärmeverluste dann niedrig bleiben. Unter Wasser ist die Methanolinjektion wegen der Giftigkeit von Methanol nicht geeignet, da in den potentiellen Förderregionen auch kommerzieller Fischfang betrieben wird.

3.2 Risiken: klimatische Aspekte

Schon durch eine durchschnittliche Temperaturerhöhung von 1 °C ist eine Freisetzung erheblicher Methanmengen zu erwarten. Eine erhöhte atmosphärische Methankonzentration würde seinerseits zu einer weiteren Temperatursteigerung führen, da Methan ein sehr starkes Treibhausgas ist. Zwar bleibt Methan nur durchschnittlich 10 Jahre in der Atmosphäre, jedoch oxidiert es dort teilweise zu Kohlendioxid.

Computersimulationen lassen vermuten, dass sowohl die Klimakatastrophe vor 55 Millionen Jahren als auch der Temperaturanstieg der jetzigen Warmzeit durch Freisetzung von Methanfrei beeinflusst wurde.

3.3 Risiken: geologische Aspekte

Methanhydrate stabilisieren den Seeboden, indem sie die losen Sedimentablagerungen „zementieren“ (s. Abb. 5). Durch eine großflächige Methanschmelze wird der Seeboden aufgelockert und somit enorm destabilisiert. Diese Lockerung kann Rutschungen an Kontinentalränder – so genannte Geohazards – zur Folge haben, die zum einen Bohrinself, Seekabel und Pipelines gefährden und zum anderen Auslöser für Tsunamis sind.

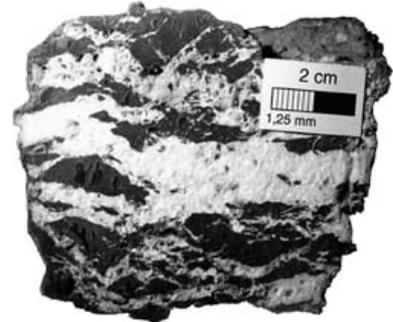


Abb. 5. Gashydrat.

4 Literatur

- [1] E. Suess, *Spektrum der Wissenschaft*, Juni 1999, 62-73.
- [2] <http://www.gashydrate.de/> (11.2003).