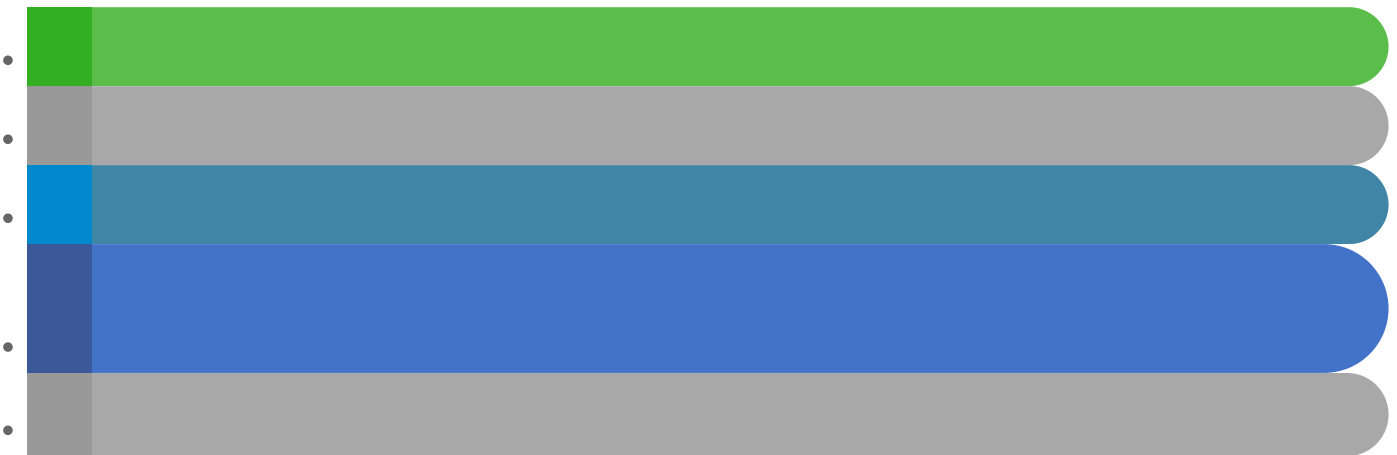


Teile das Referat mit deinen Freunden:



Lesezeit: ca. 9 Minuten

Abstract 1996 Methanhydrat wurde erstmals auf natürliche Weise entdeckt. Es besteht aus 2 Substanzen, Methan und Wasser, die sich bei Temperaturen von 2-4 °C und einem Druck von 50 bar zu Methanhydrat verbinden. Das Hydrat ist nur unter diesen Bedingungen stabil, es verändert sich, es beginnt sich zu lösen und das Methan freizusetzen. Ein Liter Methanhydrat enthält eine enorme Menge an Methan, das Verhältnis beträgt 168 Liter Methan pro 1 Liter Wasser. Die weltweiten Ressourcen werden auf 9300 Billionen m³ geschätzt, von denen ca. 60% unter Wasser stehen, der Rest in Permafrostgebieten. Da Methan brennbar ist, werden fieberhafte Abbauprozesse zur Herstellung von Methan erforscht. Es gibt einige Prototypen, aber keiner von ihnen hat die profitable Phase der Serienproduktion erreicht. Methanhydrat ist nicht nur das Potenzial einer Energiequelle, es ist auch ein Treibhausgas und Methanhydrat auf und in den Kontinentalhängen sorgt für die nötige Stabilität. Sollten sie durch Degradierung oder globale Erwärmung schmelzen, würden Tsunamis mit fatalen Folgen und einer weiteren Verschärfung des Treibhauseffekts wahrscheinlich dazu führen.

Es entstand ein schneeweißer Eisblock mit einem Gewicht von etwa 50 kg. Da dieses Eis brennbar war, wurde der Schluss gezogen, dass es Methanhydrat sein musste.¹

Methanhydrat war bereits bekannt, da in den 1930er Jahren verstopfte und bereit

s im Schwarzen Meer natürliche Ölleitungen entstanden waren (Das Schwarze Meer ist ein Gewässer zwischen Osteuropa und Westasien, das von Bulgarien, Georgien, Rumänien, Russland, der Türkei und der Ukraine begrenzt wird) < 1971, aber diese Entdeckung führte zu dem Schluss, dass es weitere, viel größere Methanhydratvorkommen in allen Meeren der Erde geben musste. Die Idee, Methanhydrat zu entfernen und als Rohstoff zu verwenden, ist nicht weit entfernt, aber einige Hindernisse müssen überwunden und viele Gefahren berücksichtigt werden. In meiner technischen Arbeit möchte ich mich mit der Verwendung von Methanhydrat als Energiequelle und auch mit den Gefahren, die von Methan ausgehen, befassen. Im ersten Teil werden die chemischen Eigenschaften von Methan und Hydraten kurz erläutert und die Struktur des Methanhydrats beschrieben. Im zweiten Teil möchte ich auf die verschiedenen Ansätze zur Nutzung von Methanhydraten eingehen. Im dritten und letzten Teil geht es dann um die Gefährdung durch Methanhydrat.

II Methanhydrat 1

Eigenschaften des Methanhydrats 1.1 Struktur und Bildung

Methanhydrat besteht aus zwei Teilen: Der Kohlenwasserstoff Methan (CH_4) und gefrorenes Wasser (H_2O). Das Methan in der Verbindung ist vollständig von einem Käfig aus Wassermolekülen umschlossen, weshalb es auch als Speicherverbindung, ein sogenanntes Clathrat (Ein Clathrat ist eine chemische Substanz, die aus einem Gitter besteht, das Moleküle einschließt oder enthält) bezeichnet wird (siehe Abbildung 1).

Im Methanhydrat werden 5,75 Mol Wasser zu 1 Mol Methan hinzugefügt, die Formelnotation lautet daher $\text{CH}_4 \times 5,75 \text{H}_2\text{O}$ (Wasser ist eine transparente und nahezu farblose chemische Substanz, die der Hauptbestandteil der Ströme, Seen und Ozeane der Erde und der Flüssigkeiten der meisten Lebewesen ist). Methan ist in Methanhydrat in hochkonzentrierter Form enthalten, 1 Liter Wasser enthält 168 Liter Methangas.

Wichtige Eigenschaft von Methanhydrat ist, dass es nur unter bestimmten Bedingungen oder Formen stabil bleibt. Einerseits muss natürlich Methan vorhanden sein, das sich sowohl am Meeresboden als auch an Land durch die organische oder thermische Zersetzung von toten Tieren oder Pflanzen durch Bakterien bildet.⁴ Diese Prozesse finden jedoch nur in Tiefen über 3000 Metern statt, unterhalb derer es nicht genügend zersetzbare Masse gibt.⁵ Andererseits muss die Temperatur etwa 2-4 °C und der Druck etwa 50 bar betragen. Außerhalb dieser

Werte gibt es keinen Zusammenhang zwischen Methan und Wasser. Sobald sich einer dieser Faktoren ändert, wird das Methanhydrat instabil und Methan wird freigesetzt.⁶ Eine weitere wichtige Eigenschaft von Methanhydrat ist, dass es Meerwasser entsalzt, wie es bei der Bildung von normalem Eis entsteht. Dies hat Einfluss auf die Meeresströmungen, wie z.B. den Golfstrom. 1.2 Methanhydrate kommen vor allem an den Kontinentalrändern und in Permafrostgebieten vor, d.h. dort, wo die Bedingungen für die Bildung erfüllt sind. Methanhydrat bildet, da es für Gase undurchlässig ist, oft auch die oberste Schicht herkömmlicher Erdgaslagerstätten. Die am besten erforschten Lagerstätten sind das Messoyakha-Feld in Westsibirien und der Blake Ridge im Südosten der **USA**. Sie werden auch für Tests zur Energieerzeugung aus Methan verwendet. ⁷ Die genaue Menge des auf der Erde vorhandenen Methanhydrats kann nur geschätzt werden, da es noch kein globales Datennetz zur Kartierung der Lagerstätten gibt. Schätzungen zufolge gibt es jedoch etwa 5.700 Billionen Kubikmeter in maritimen Methanhydratfeldern und etwa 3.600 Billionen Kubikmeter in Permafrostgebieten. Da die Wissenschaftler jedoch davon ausgehen, dass nur 30% der Lagerstätten genutzt werden können, wird davon ausgegangen, dass 1.500 Billionen Kubikmeter Methangas gewonnen werden können.

Methanhydrat als Energieträger 2.1 Gründe für und gegen den Einsatz von Methanhydrat könnten die fossile Energiequelle der Zukunft sein, wenn sie wirtschaftlich genutzt werden kann. Dies liegt vor allem an der Menge der Ressourcen: Mit geschätzten 1.500 Billionen Kubikmetern abbaubarem Methan in Form von Hydraten gibt es weitaus mehr Methan als herkömmliches Erdgas in Form von Hydraten, und seine Vorkommen betragen dort nur 230 Billionen Kubikmeter Gas.

Einige Permafrostgebiete, in denen Methanhydrat zu finden ist, befinden sich auch in der Nähe potenzieller Kunden (siehe Abbildung 2).⁹ Die Kraftstoffmenge im Blake Ridge (Das Blake Plateau liegt im westlichen Atlantik vor der südöstlichen Küste der Vereinigten Staaten von North Carolina, South Carolina, Georgia und Florida) allein würde ausreichen, um den Gasbedarf der USA für 30 Jahre zu decken. ¹⁰ Ein Problem bei der Verwendung von Methanhydraten ist, dass die Gewinnung von Methanhydraten oder Methan aus Hydraten schwierig ist, da ein großer Teil des Kraftstoffs in der Tiefsee liegt, wo die Gewinnung äußerst

schwierig und unwirtschaftlich ist. So wird es wahrscheinlich zum größten Teil bei der Nutzung der leicht zugänglichen Lagerstätten bleiben. Ein weiterer Grund für die Nutzung der Lagerstätten an den Kontinentalrändern liegt darin, dass bisher nicht weiter erforscht wurde, was Methanhydrate zur Stabilisierung der Sedimente beitragen und ob eine Degradation die Hänge destabilisieren könnte. Trotz aller Risiken werden die führenden Industrienationen die Erforschung von Bergbaumethoden für die kommerzielle Nutzung weiter vorantreiben, da die Chance auf eine Energiequelle in dieser Größenordnung einfach zu groß ist.^{11,2}

Bergbaumethoden Bislang wurden drei grundlegende Bergbaumethoden entwickelt. Sie alle basieren auf der Tatsache, dass Methanhydrat nur unter seiner Voraussetzung stabil ist. Um also das Methan aus dem Hydrat zu extrahieren, genügt es, einen der Faktoren zu ändern. Dadurch wird das Methanhydrat gelöst und das freie Methangas kann genutzt werden.

Der Druck auf das Methanhydrat wird während des Druckentlastungsprozesses gezielt reduziert. Durch die Entlastung der Last um den Faktor 10 kann dem Hydrat die 10-fache Gasmenge entzogen werden. Diese Methode wird seit einiger Zeit im Messoyakha-Feld getestet. Es eignet sich besonders für Vorkommnisse in Permafrostböden, bei denen eine Reduzierung der Flächenpressung einfach und kostengünstig erreicht werden kann.¹² Das Methanolinjektionsverfahren wird oft mit dem Druckentlastungsverfahren kombiniert. Methanol ist ein Lösungsmittel und unterstützt somit die Zerstörung von Hydraten. Da Methanol sehr teuer ist, ist die Einspritztechnik effektiv, aber leider auch sehr kostenintensiv. Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit werden daher derzeit Stoffe gesucht, die das teure Methanol (Methanol, u.a. auch Methylalkohol genannt, ist eine Chemikalie mit der Formel CH_3OH) ersetzen können.¹³ Eine weitere Möglichkeit der Nutzung maritimer Lagerstätten ist insbesondere die Wärmeversorgung. Es gelingt mit Schichten aus Methanhydrat von über 5 Metern Dicke. Dort wird ein sogenanntes Injektionsloch gebohrt, in das Wärme, z.B. in Form von Dampf, eingebracht wird. Das freigesetzte Methan kann dann über andere Bohrungen in unmittelbarer Nähe gewonnen werden. Das Verhältnis von Energiegewinn zu Energieversorgung beträgt im Wärmeversorgungsprozess 15:1 und ist damit im Betrieb sehr effizient.¹⁴ Die beiden Prozesse Wärmeversorgung und Druckentlastung können auch kombiniert werden. In dieser Kombination wird die Hydratplatte in der Regel durch Wärmeinjektion in tiefere Schichten geschmolzen und dann werden die oberen Schichten

durch Druckentlastung aufgelöst.¹⁵ Bei der Wahl der Abbauart sind die örtlichen geografischen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Damit ist das Druckentlastungsverfahren auch dann sehr geeignet, wenn, wie so oft auch im Permafrost (in der Geologie wird Permafrost einschließlich Gestein oder Boden zwei oder mehr Jahre lang am oder unter dem Gefrierpunkt von Wasser gemahlen) Böden, weitere freie Erdgaslagerstätten unter den Hydratschichten vorhanden sind, da das extrahierte Methan und anderes Erdgas (Erdgas ist ein natürlich vorkommendes Kohlenwasserstoffgasgemisch, das hauptsächlich aus Methan besteht, aber üblicherweise unterschiedliche Mengen anderer höherer Alkane und manchmal einen geringen Prozentsatz an Kohlendioxid, Stickstoff, Schwefelwasserstoff oder Helium beinhaltet), kann dann in einem Prozess abgepumpt werden. Ebenso kann eine höhere Wirtschaftlichkeit auch im Wärmeversorgungsprozess durch die Auswahl bestimmter Standorte erreicht werden. Mit zunehmender Dicke der Hydratfelder, auf die das Verfahren angewendet wird, wird das Hydrat somit effizienter abgebaut.

Wärmeverluste werden reduziert. Es ist auch zu beachten, dass sich alle derzeit entwickelten Bergbaumethoden noch in der Testphase befinden und mit Ausnahme des Projekts zur Erprobung der Druckentlastungsmethode im Feld Messoyakha noch kein wirtschaftlicher Erfolg erzielt wurde.

3 Methanhydrat als Gefahrenquelle

3.1 Klimarisiko

Eine der größten Gefahren durch Methanhydrat ist die Wirkung von Methan auf das Erdklima. Methan fördert den anthropogenen Treibhauseffekt etwa 30 mal stärker als das am meisten produzierte künstliche Treibhausgas (A-Treibhausgas (kurz: Kohlendioxid ist ein für das Leben auf der Erde lebenswichtiges, farbloses und geruchloses Gas)).¹⁷ Eine kleine Veränderung der eng definierten Stabilitätsbedingungen, z.B. eine leichte Erwärmung der Ozeane durch steigende Temperaturen infolge des bereits bestehenden Treibhauseffekts, würde ausreichen, um große Mengen Methan in die Atmosphäre entweichen zu lassen. Die Folgen für das Leben auf der Erde wären dramatisch. Die erwärmte Luft würde die Ozeane noch mehr erwärmen, es würde mehr Methan freigesetzt und die globale Erwärmung (globale Erwärmung und Klimawandel sind Begriffe für den beobachteten jahrhundertelangen Anstieg der Durchschnittstemperatur des Klimasystems der Erde und der damit verbundenen Auswirkungen) würde mit unkalkulierbaren Raten anhalten. Welche Auswirkungen dieser "Temperaturschock" auf das globale **Klima** oder den bereits vorhergesagten

Meeresspiegelanstieg haben würde (Meeresspiegelanstieg bezieht sich auf einen Anstieg des Wasserspiegels in den Weltmeeren, was zu einem Anstieg des globalen mittleren Meeresspiegels führt), ist nach heutigem Forschungsstand nicht vorhersehbar.¹⁸ Einige Ergebnisse von Klimawissenschaftlern aus der Analyse von Bohrkernen deuten darauf hin, dass ein solches Szenario vor etwa 55 Millionen Jahren hätte stattfinden können. Ein schwerer Erdbeben ließ ca. 1200 bis 2000 Milliarden Tonnen Methan in die Atmosphäre entweichen. 70% der Foraminiferen, die Schalentiere sind, die alle Ozeanschichten bevölkern, starben plötzlich. Auch die Lebewesen auf dem Land erlebten eine starke Veränderung ihres Lebensraums, so dass Krokodile in der Arktis und Primaten und andere Säugetiere nach Nordamerika kamen. Erst 120.000 Jahre später kehrte das Klima wieder auf ein normales Niveau zurück.

Problem bei der Verwendung von Methanhydrat als Energiequelle ist, dass bei der Verwendung von Methan ein Kohlenwasserstoff (in der organischen Chemie ist ein Kohlenwasserstoff eine organische Verbindung, die vollständig aus Wasserstoff und Kohlenstoff besteht und somit Hydride der Gruppe 14 sind) wieder als Brennstoff verwendet wird, der bei der Verbrennung CO₂ erzeugt. Dies würde sich zusätzlich nachteilig auf die Temperaturstabilität der Erde auswirken.

3.2 Gefährdung durch Erdbeben

Eine weitere Gefahr besteht darin, dass durch die Auflösung von Methanhydrat die Kontinentalhänge zunehmend instabil werden und rutschen. Hydrate durchqueren die Poren vieler Kontinentalränder der Erde wie Zement. Sollten sie schmelzen, z.B. durch Erwärmung oder direkte Degradation, wären die Folgen nicht nur eine mögliche Erhöhung des Weltklimas. Das im Verhältnis 168:1 verdichtete Methanhydrat entwickelt zudem eine außerordentlich hohe Sprengkraft, die dazu in der Lage ist, dass Hänge über eine Länge von mehreren hundert Kilometern rutschen. In solchen Fällen spricht man von einem Storegga-Effekt, benannt nach der Storegga-Schlupfmasse in Südnorwegen (siehe Abbildung 3), die vor etwa 8000-7000 Jahren durch das Schmelzen von Methanhydraten abgenommen wurde. Es entstand ein riesiger Tsunami, dessen Spuren noch heute in den norwegischen Fjorden zu finden sind. Erste Anzeichen dafür, dass sich ein solches Ereignis wiederholen könnte, sind erhöhte Methanlecks an den Hängen der Antarktis und vor Grönland.²⁰ Die Folgen eines solchen Tsunamis lassen sich heute nur aus den Auswirkungen des Tsunamis in Asien ableiten (Das

Erdbeben im Indischen Ozean 2004 ereignete sich am 26. Dezember um 00:58:53 UTC mit dem Epizentrum vor der Westküste Sumatras, Indonesien), da ein Erdbeben dieser Größenordnung eine viel höhere und verheerende Flutwelle erzeugen würde. Sollte sich dies vor Grönland entwickeln (Grönland ist ein autonomes Mitgliedsland im dänischen Reich zwischen Arktischem und Atlantischem Ozean, östlich des Kanadischen Arktischen Archipels), wären fast alle europäischen Hafenstädte, ein großer Teil der Offshore-Industrie und damit die gesamte Weltwirtschaft betroffen. Für die dort lebenden Menschen gäbe es in solchen Wellenhöhen wahrscheinlich keine Überlebenschance. Ein solcher Erdbeben, wo immer er auftritt, würde wiederum Gase in klimarelevanten Mengen freisetzen, die den Treibhauseffekt weiter fördern würden (Der Treibhauseffekt ist der Prozess, bei dem die Strahlung aus der Atmosphäre eines Planeten die Oberfläche des Planeten auf eine Temperatur erwärmt, die über dem liegt, was er ohne seine Atmosphäre wäre).

3.3 Direkte Gefahr von Methanleckagen

Eine weitere direkte Bedrohung durch Methanhydrate ist die plötzliche unkontrollierte Freisetzung großer Gasmengen in methanhydratreichen Regionen.

Die Term kommt von der Ölbohrindustrie, wo es sich um das versehentliche Bohren von Gasschichten handelt, deren Druck die Plattform zerstören kann. Ein Blowout setzt auf einen Schlag so viel Methan frei. Die Dichte des Wassers fällt so schnell, dass es nicht mehr in der Lage ist, Schiffe zu transportieren. Selbst die größten Schiffe sinken wie ein Stein in einem Blowout. Wenn Methan (Methan ist eine chemische Verbindung mit der chemischen Formel CH_4) besonders heftig freigesetzt wird, steigt so viel brennbares Gas in große Höhen, dass es sich in Flugzeugturbinen entzündet und das Flugzeug explodiert. Durch die Entdeckung dieser Phänomene konnte die Legende um das Bermudadreieck entschlüsselt werden. Im Bermudadreieck (Das Bermudadreieck, auch Teufelsdreieck genannt, ist eine locker definierte Region im westlichen Teil des Nordatlantiks, in der eine Reihe von Flugzeugen und Schiffen unter mysteriösen Umständen verschwunden sein sollen), gibt es also zwischen Miami, Puerto-Rico und den Bermudas (siehe Abbildung 4) eine große Menge an instabilem Methanhydrat, aus dem oft große Mengen an Gas freigesetzt werden.²¹ Eine gefährliche Energiequelle Das Methanhydrat hat das Potenzial, die Energieversorgung der Erde für einen begrenzten Zeitraum zu sichern. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass es sich um einen fossilen Brennstoff mit den gleichen Nachteilen wie die bestehenden

Kohlenwasserstoffe handelt. Um das Hydrat wirtschaftlich zu nutzen, muss auch viel **Geld** in die Erforschung und Entwicklung von Bergbauanlagen investiert werden, aber angesichts der Möglichkeit, eine Energiequelle dieser Größenordnung zu nutzen, sollte dies kein Problem sein.

Ein Problem, das bereits heute auftritt, ist, dass viele Forschungseinrichtungen, da sie von großen Energieversorgern finanziert werden, nur die besten Nutzungen analysieren und sich weniger um die Bedrohung durch Methanhydrat kümmern. Das ist keineswegs zu unterschätzen und bedarf einer ständigen Beobachtung, denn ein plötzlicher Klimawechsel oder ein gigantischer Erdbeben könnte viele Menschenleben kosten. Außerdem muss zu gegebener Zeit die Mining-Methodik genau überwacht werden, denn z.B. müssen ein unkontrolliertes Schmelzen von Methanhydraten, die der Stabilität eines Kontinentalhanges dienen (Der Kontinentalrand ist die Zone des Meeresbodens, die die dünne ozeanische Kruste von der dicken kontinentalen Kruste trennt), hätte weitaus dramatischere Folgen als beispielsweise die Explosion einer Ölplattform (Eine Ölplattform, eine Offshore-Plattform oder eine Ölplattform ist eine große Struktur mit Einrichtungen zum Bohren von Bohrungen, zum Extrahieren und Verarbeiten von Öl und Erdgas oder zum Zwischenlagern von Produkten, bis sie zur Raffination und Vermarktung an Land gebracht werden können). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Methanhydrat der fossile Brennstoff sein könnte (fossile Brennstoffe sind Brennstoffe, die durch natürliche Prozesse wie den anaeroben Abbau vergrabener toter Organismen mit Energie aus der alten Photosynthese gebildet werden) der Zukunft durch weitere Forschung, aber die Gefahr, die sich daraus ergibt, sollte nicht unterschätzt werden.