

Prozesse zur Abscheidung von CO₂

Prof. Dr. Wolfgang Arlt

**Uni Erlangen, Chemie- und Bioingenieurwesen
(früher: TU Berlin, Fakultät III)**

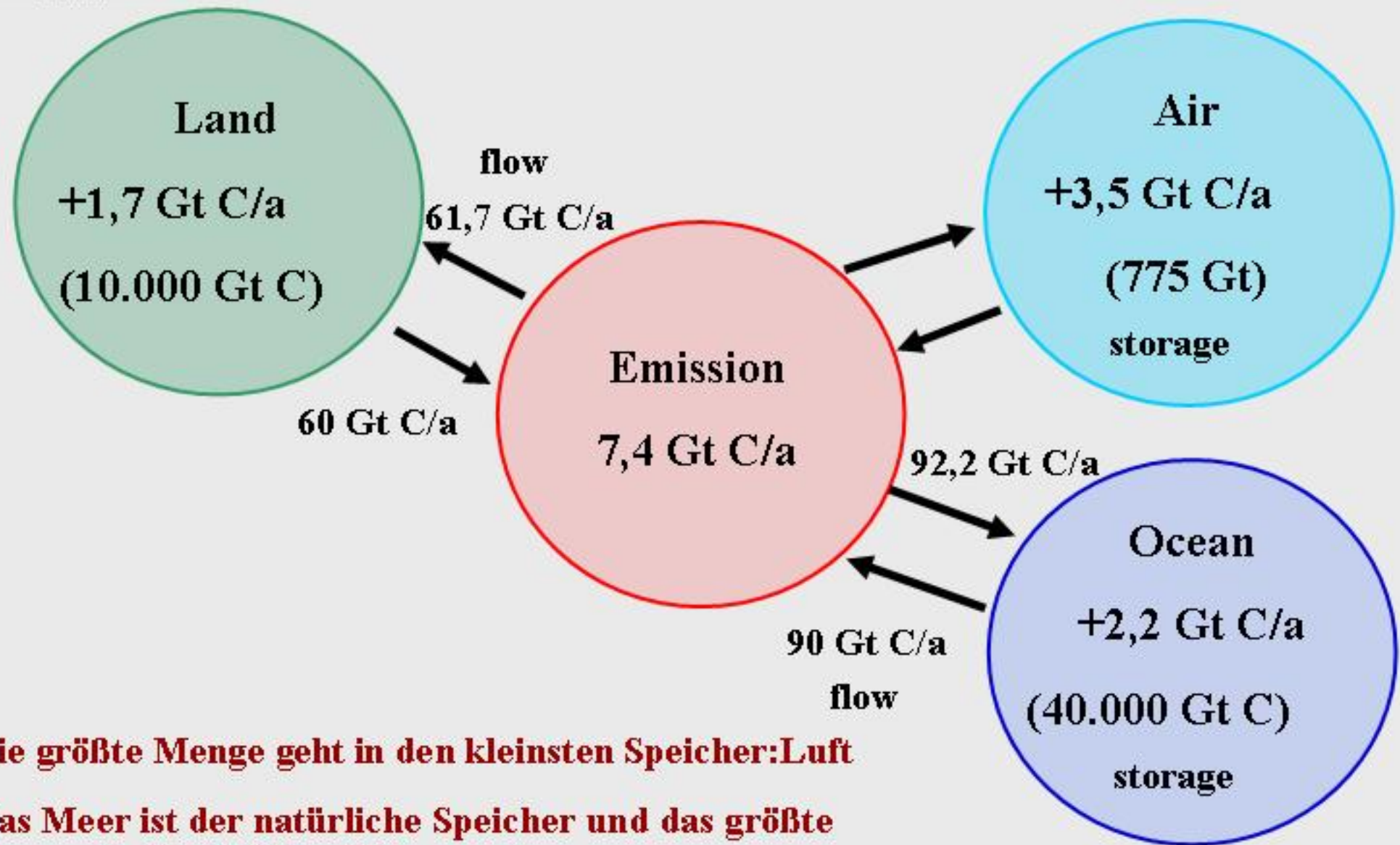
Aufgrund des weiterhin steigenden Gehaltes der Luft an Kohlendioxid CO₂ werden von den Klimatologen Temperaturanstiege und in Folge Klimaveränderungen vorhergesagt.

Es ist schon heute klar, dass Sparen, regenerative Energien und verbesserte konventionelle Technik nicht ausreichend sind, um diesen Trend aufzuhalten. In Deutschland soll zudem die Kernenergie wegfallen, auch dieser Anteil muss aufgefangen werden. Das entstehenden CO₂ muss zwischengespeichert werden, um es freizusetzen, wenn alle fossilen Energieträger verbraucht sind (in 300-450 Jahren).

Fossile Energieträger sind: Kohle, Braunkohle, Erdgas und Öl.

Etwa die Hälfte des CO₂ wird durch die Industrie, insbesondere bei der Stromerzeugung, verursacht.

Es gibt Möglichkeiten, das Kohlendioxid aus dem Rauchgas des Ofens eines Kraftwerkes zu waschen und es dorthin zu bringen, wohin es auch von sich aus geht: ins Meer.



Die größte Menge geht in den kleinsten Speicher:Luft

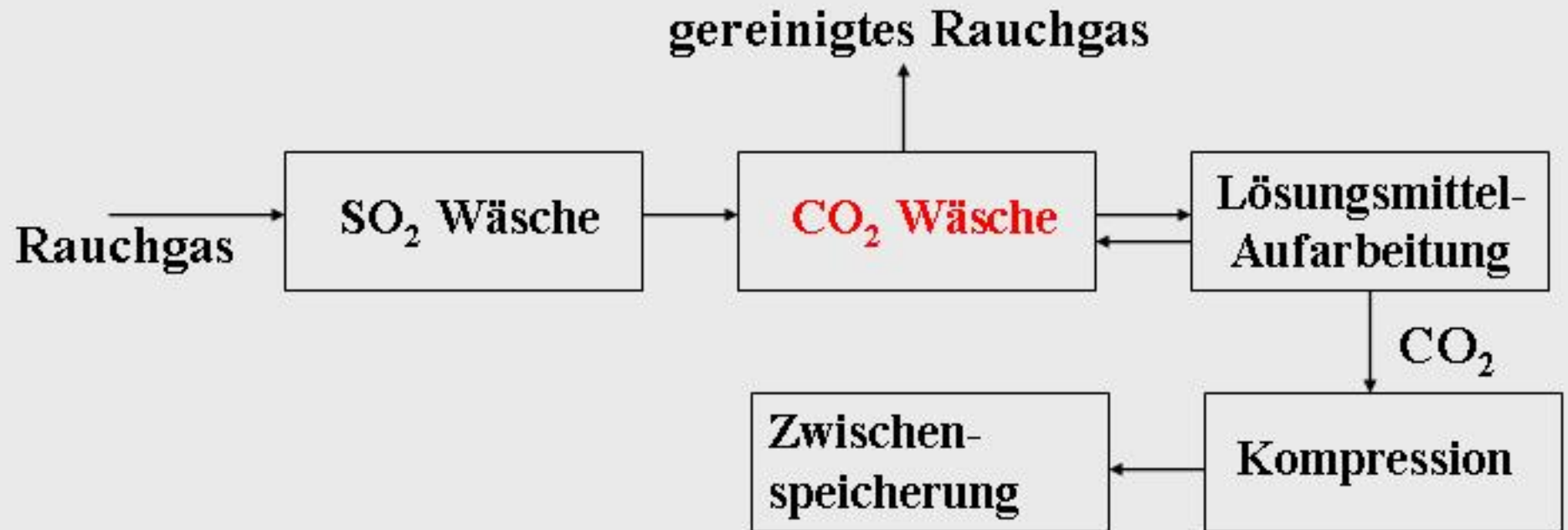
Das Meer ist der natürliche Speicher und das größte Reservoir (die Zahl in Klammern)

Die Abtrennung aus dem Rauchgas eines Ofens im Kraftwerk ist vergleichsweise einfach, eine Entfernung aus dem Abgas eines Autos ist nicht möglich. Das geht prinzipiell nur, wenn Wasserstoff statt Benzin benutzt wird.

Das folgende Bild zeigt das Prinzip in einem Kraftwerk, der rote Teil wäre zusätzlich zu bauen.

Diese Aktivitäten brauchen wie schon heute die Reinigung der Rauchgase von Stickoxiden, Staub oder Schwefeloxiden Energie. Man muss folglich mehr Kohle für die gleiche Strommenge verbrennen. Dann reichen unsere Vorräte noch weniger weit, allerdings könnten die Klimaveränderungen aufgehalten werden.

Es ist die Aufgabe der Verfahrenstechnik, diese zusätzliche Energiemenge so klein wie möglich zu halten.



Große technische Anlagen wurden bereits für die Erdgas-Aufarbeitung gebaut. Diese nicht für den Klimaschutz gedachten Anlagen sind nicht energiegünstig.

**Gibt es eigentlich genug Sauerstoff in der Luft,
um die fossilen Energieträger wie Kohle und Erdgas
zu verbrennen?**

Ja!

Gesamtbilanz CO₂-O₂-fossile Energieträger

Brennstoff	Gesamtmasse*)
Öl	1.427 * 10 ¹¹ t
Steinkohle	5.190 * 10 ¹¹ t
Braunkohle	4.654 * 10 ¹¹ t
Erdgas	1.558 * 10 ¹⁴ m ³

*) Proved reserve,
2001 (BP) = 731 Gt

5000 Gt [Rogner,
Annu.Rev.Environ.
1997]

Zur Oxidation dieser Menge fossiler Energie wird 1 ‰ des Luft-Sauerstoffs verbraucht.

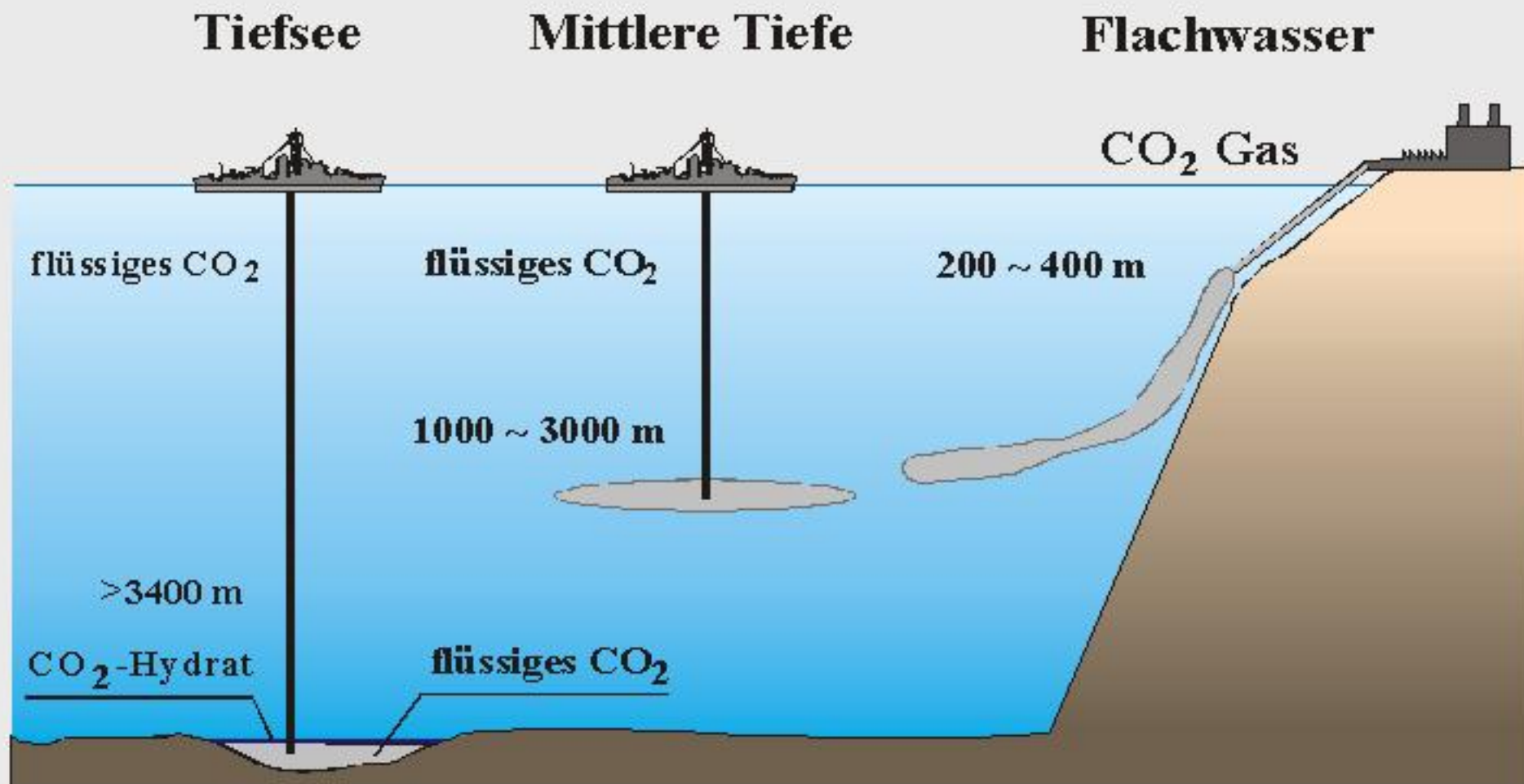
Wird das entstandene CO₂ im Meer gelöst, erhöht sich der Kohlenstoffgehalt des Meeres um +11,5 μmol C / kg Seewasser (DIC).

Das ist wenig, zur Zeit haben wir 2000-2500.

Aber: das CO₂ müsste gleichmäßig verteilt sein!

Von den emittierten CO₂-Mengen landen (nach vielen Jahren) etwa 90% im Meer. Das Meer ist unser natürlicher Speicher und Puffer. Insbesondere die Algen im Meer wandeln CO₂ mithilfe von Sonnenlicht in Sauerstoff und Kohlenstoff um (wie Bäume auch). Weil es mehr Wasser- als Landoberfläche gibt, trägt das Meer auch stärker zur Sauerstoffproduktion bei.

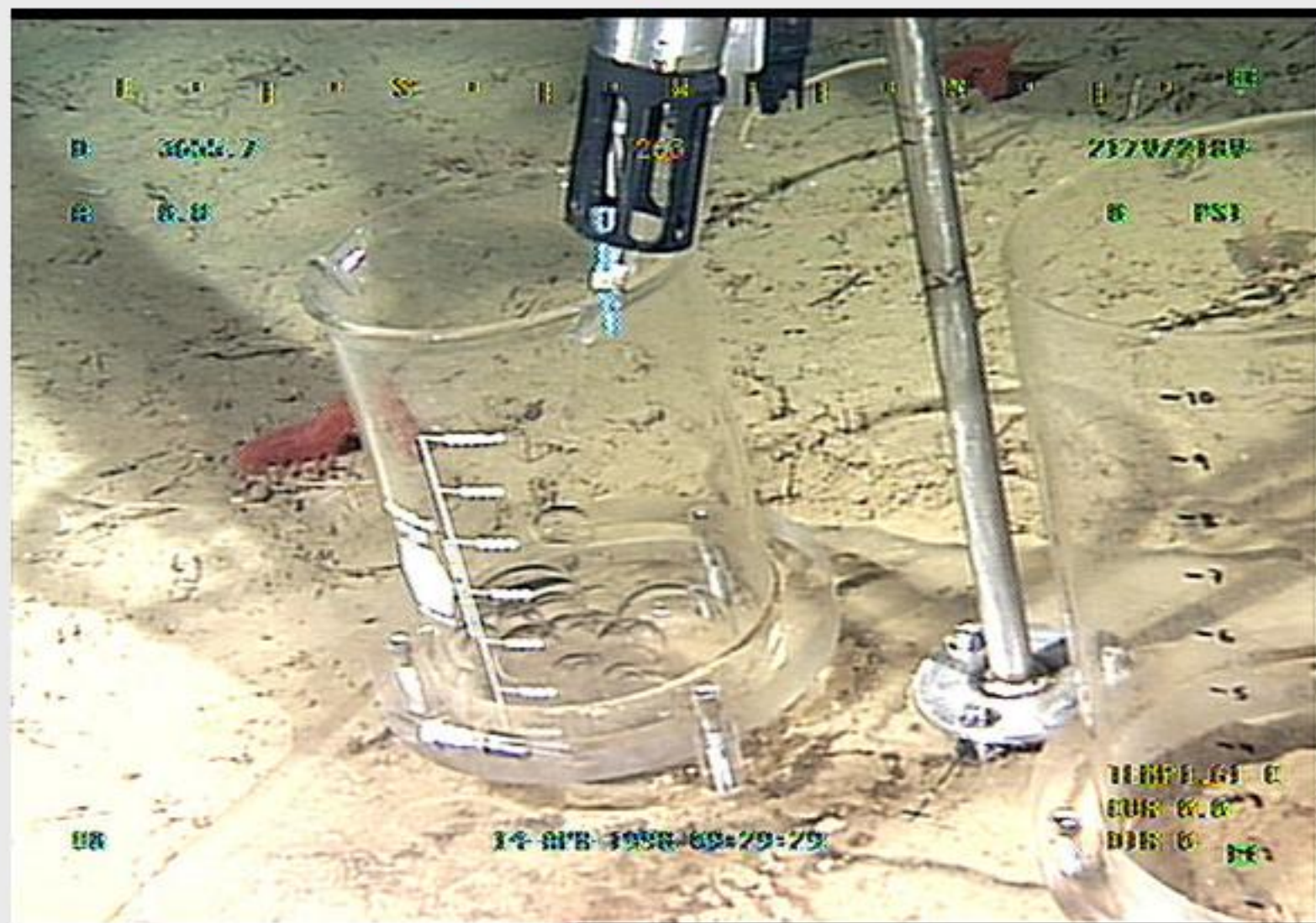
**Es wird also angestrebt, das CO₂ nicht über den Umweg Luft sondern direkt in Meer zu geben.
Dazu gibt es die Möglichkeiten auf dem folgenden Bild.**



Unter dem hohen Druck in 4000 m Tiefe kann CO₂ in Wasser gelöst oder auch selbst flüssig sein. Flüssiges CO₂ lässt sich besser zusammenpressen als flüssiges Wasser, es wird in dieser Tiefe dichter als Wasser und liegt am Boden ein Gefäßes.

Das folgende Bild wurde in den USA gemacht und zeigt, wie ein Roboter flüssiges CO₂ in ein Glas füllt. Die Oberfläche des flüssigen CO₂ ist nicht durchsichtig, denn wie auch Methan bildet CO₂ unter Druck und in Anwesenheit von Wasser feste Stoffe, die man Hydrate nennt.

Flüssiges CO₂ in 3627 m Tiefe



Quelle: [Brewer]

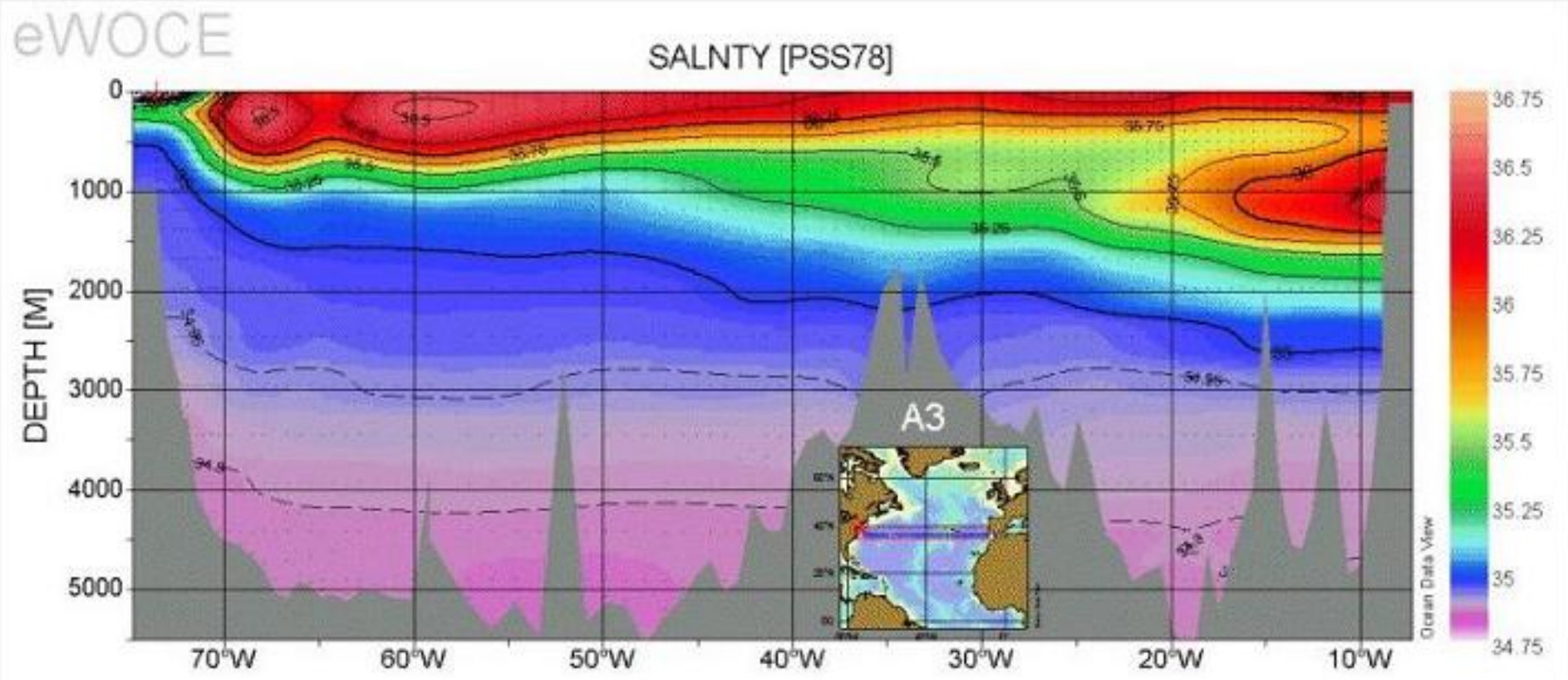
Es ist nicht natürlich, am Boden des Meeres flüssiges CO₂ abzulagern. Würde man es schaffen, alles CO₂, was man je produzieren könnte, in all dem Wasser unserer Erde aufzulösen (wie Sprudelwasser, nur dass es nicht sprudelt), würden die Fische nichts bemerken.

Das Problem ist, wie man das CO₂ im gesamten Wasser verteilt. Aus der Luft löst sich CO₂ nur an der Oberfläche der Meere, diese Konzentration wird schnell zu hoch und die meisten Fische leben dicht unter der Oberfläche. Wenn wir nichts tun, bahnt sich hier ein Unglück an.

Eine Hilfe bietet die Natur selbst an. Wer den Film „Das Boot“ gesehen hat, weis, dass an der Oberfläche in der Straße von Gibraltar das Wasser ins Mittelmeer ein- und am etwa 300 m tiefen Grund herausströmt (in der Mittelschicht ist das Wasser ruhig).

Dieses aus dem Mittelmeer hinausgehende Wasser „fällt“ wegen höherer Salzkonzentration in größere Tiefe von alleine ab. Das folgende Bild zeigt die Salzkonzentration über den gesamten Atlantik, von der Straße von Gibraltar (rechts) bis zur amerikanischen Küste (links). Gut ist eine Nase von fallendem Salzwasser in roter Farbe auf der rechten Seite zu sehen.

Flachwasser-Eintrag in der Straße von Gibraltar und natürliches Absinken



Bereits vor 30 Jahren hat ein Italiener vorgeschlagen, das CO₂ diesem fallenden Strom mitzugeben, denn dieser Strom geht auf eine lange Reise durch die Tiefen des Meeres und entzieht damit das CO₂ der Luft, in das es ursprünglich gegangen wäre.

Nach vielen Jahren käme dieses CO₂ zurück an die Oberfläche, wie, das muss man noch herausfinden.

Die Ströme in den Ozeanen sind gut bekannt, man braucht diese Daten, um z.B. das El-Ninjo Phänomen vorherzusagen.

Gelänge es, das CO₂ einzufangen, müsste man es an die Straße von Gibraltar transportieren, was leider weitere Energie für die Kompressoren benötigt. Das folgende Bild zeigt die Entfernung. Solch lange Pipelines sind für CO₂ nicht bekannt, das von uns benutzte Erdgas kommt allerdings auf einem noch längeren Weg zu uns.

Es ist die Aufgabe der Verfahrenstechnik, die Pumparbeit auszurechnen.



Dieser Plan muss in internationaler Zusammenarbeit erfolgen. Allerdings ist auch die Klimaveränderung ein internationales Problem. Würde allein Deutschland sparen oder das CO₂ im Meer zwischenspeichern, das Klima würde es nicht merken.

Als Fazit bleibt: unser Lebensstandard (schöne Autos, große Wohnungen, Urlaubsreisen) und die Zahl der Menschen insgesamt überfordern die Natur. Sie verändert sich und die Menschen sind über diese Veränderungen unglücklich.

**Die Energie- und Verfahrenstechnik in der Fakultät III der Technischen Universität arbeitet an Techniken, diese Veränderungen zu verlangsamen oder sogar aufzuhalten.
Trotz aller Technik: DER ENERGIEVERBAUCH MUSS REDUZIERT WERDEN**