

# Der Klimawandel ist umkehrbar



[www.clean-future-energy.com](http://www.clean-future-energy.com)

**Energietechnik Kirchner GmbH**

Slabystr. 5a

12459 Berlin

Deutschland

T +49 (0) 30 33943776

F +49 (0) 30 33943776

contact@clean-future-energy.com

www.clean-future-energy.com

## Die CO<sub>2</sub> Problematik

Viele Gase sind natürliche Bestandteile der Erdatmosphäre. In den letzten 150 Jahren ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration durch Abgase extrem stark angestiegen. CO<sub>2</sub> ist das Treibhausgas, das zu 63 % zur Klimaerwärmung beiträgt. Lag die jährliche CO<sub>2</sub> Zunahme 1960 noch bei ca. 10 Mrd. t, so liegt sie derzeit bei ca. 35 Mrd. t CO<sub>2</sub> pro Jahr.

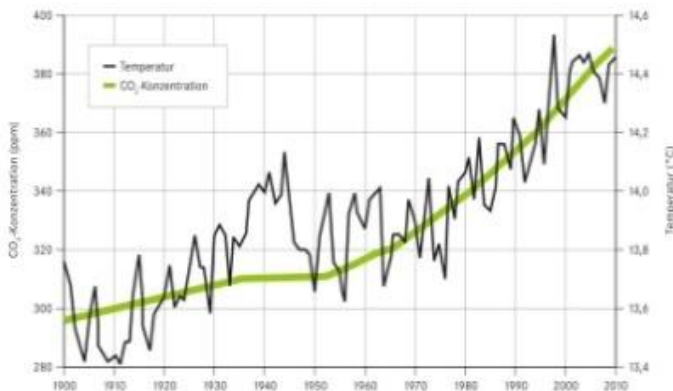


Abbildung 1 Erderwärmung und CO<sub>2</sub>-Konzentration

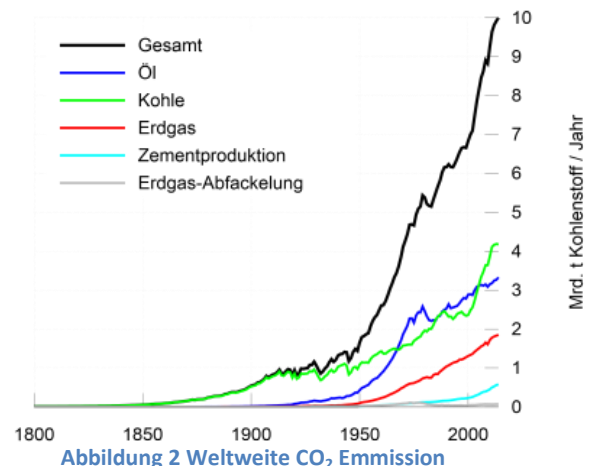


Abbildung 2 Weltweite CO<sub>2</sub> Emission

Heute wird immer noch über 60% der weltweit erzeugten Energie mit der Verbrennung fossiler Energieträger erzeugt. Der weltweite Anteil der erneuerbaren Energie steigt derzeit extrem langsam - von 33,3 Prozent Ende 2018 auf 34,7 Prozent 2019. Weltweit wird daher auch in den nächsten Jahrzehnten die Versorgung mit Strom aus fossilen Energieträgern der Standard sein, was ein klassisches Dilemma erzeugt. Die globale Gesellschaft kann nicht auf Energieproduktion verzichten – damit verbunden ist jedoch zurzeit die ungebremsste zusätzliche Emission von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre. Ein Festhalten am Status Quo führt unweigerlich zu einer Erderwärmung von über 2°C mit unabsehbaren Folgen für unseren Planeten. Die Aufgabe ist also die globale Energieproduktion so schnell wie möglich so umzugestalten, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre zunächst minimiert, dann neutralisiert und anschließend reduziert wird.

Die entscheidenden Fragen sind:

1. wie kann man kurzfristig die CO<sub>2</sub> Emission minimieren
2. wie kann man mittelfristig Klimaneutralität bei der Energieerzeugung erreichen
3. wie kann man möglichst schnell und kostengünstig CO<sub>2</sub> der Atmosphäre entziehen
4. wohin mit den Milliarden Tonnen abgeschiedenen CO<sub>2</sub>'s

## Die Lösung

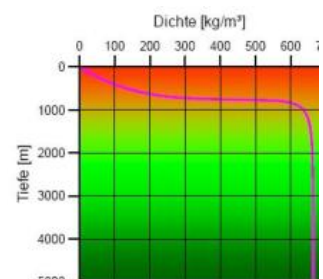
Die Lösung dieses Problems ist eine Abscheidung des CO<sub>2</sub>'s aus dem Abgasstrom und eine anschließende Speicherung im Erdinneren. Dieser Abscheideprozess wird mit dem Begriff CCS (Carbon Capture and Storage) bezeichnet. Vorreiter dieser Technologie ist Norwegen, wo bereits seit 1996 CO<sub>2</sub> bei der Erdgasproduktion abgeschieden und in tiefen Formationen im Meeresgrund gespeichert wird. Klimaneutralität kann auf diese Weise durch die Nachrüstung aller in Betrieb befindlichen Kraftwerke mit CCS-Anlagen erreicht werden. Je schneller die Nachrüstung erfolgt, desto weniger CO<sub>2</sub> wird zusätzlich in die Atmosphäre emittiert.

Die unterirdische CO<sub>2</sub> Speicherung trifft jedoch auf Widerstand in der Bevölkerung, da Erfahrungswerte über die Gas-Dichtigkeit der unterirdischen Speicher nicht vorliegen und die Befürchtung einer Leckage verbunden mit dem Freiwerden des gespeicherten CO<sub>2</sub>'s besteht - sie ist jedoch momentan alternativlos. Eine Speicherung des CO<sub>2</sub> ist in ausgebeuteten Gas- oder Erdöllagerstätten, in salinen Aquiferen oder im Meeresuntergrund möglich. Laut Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist für „sorgfältig erkundete und für geeignet befundene Standorte bei ordnungsgemäßem, dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechenden Betrieb davon auszugehen, dass die Speicherung von CO<sub>2</sub> im geologischen Untergrund mit nur geringfügigen Risiken behaftet ist“. Hierbei sei anzumerken, dass zumindest ausgeschöpfte Erdöl- und Erdgasvorkommen ideale Speicherorte sind, da sie nachweislich über Millionen von Jahren das Gas und Öl sicher gespeichert hatten und bereits seit Jahren als Zwischenspeicher für Erdgas genutzt werden. Auch die Bundeskanzlerin Angela Merkel kommt zu diesem Ergebnis. Sie stellte beim Petersberger Klimadialog 2019 fest, dass es auch 2050 noch CO<sub>2</sub>-Emissionen geben wird. Deshalb muss man „alternative Mechanismen finden, wie man das CO<sub>2</sub> speichern oder kompensieren kann. Da jedoch ein Aufforsten in den Industrieländern nur begrenzt möglich sei, müsse das neu gebildete Klimakabinett über CO<sub>2</sub>-Speicher reden“.

### **CO<sub>2</sub> Abscheidung und Speicherung mit dem Turbo-CO<sub>2</sub>-Abscheideprozess (TCA-Prozess)**

Die CO<sub>2</sub> Abscheidung aus den Abgasen eines Kraftwerkes ist mit hohen Kosten verbunden. Um diese zu minimieren, müssen alle Schritte des Abscheideprozesses möglichst effizient und kostengünstig sein. Die Einzelschritte sind

1. CO<sub>2</sub> Abscheidung aus dem Abgas,



2. der Transport zu einer geeigneten Lagerstätte und
3. die Einlagerung.

Da die Speicher- und Transportkapazität begrenzt sind, muss das CO<sub>2</sub> nach der Abscheidung verflüssigt oder gasförmig im superkritischen Aggregatzustand komprimiert sein.

Abbildung 3 Druck in Abhängigkeit der Lagertiefe

Der „Turbo-CO<sub>2</sub>-Abscheideprozess (TCA-Prozess)“ der Firma Energietechnik Kirchner GmbH ist ein neu entwickeltes CCS-Verfahren mit den Hauptmerkmalen:

- Rein physikalischen Abscheidung (ohne chemische Abscheidemittel)
- Sortenreines CO<sub>2</sub> (ohne Fremdgase)
- CO<sub>2</sub> Abscheidung zu 100% (Komplettabscheidung des im Abgasstrom enthaltenen CO<sub>2</sub>'s)
- Abscheidung als superkritisches CO<sub>2</sub>-Gas bei 100bar und 25°C

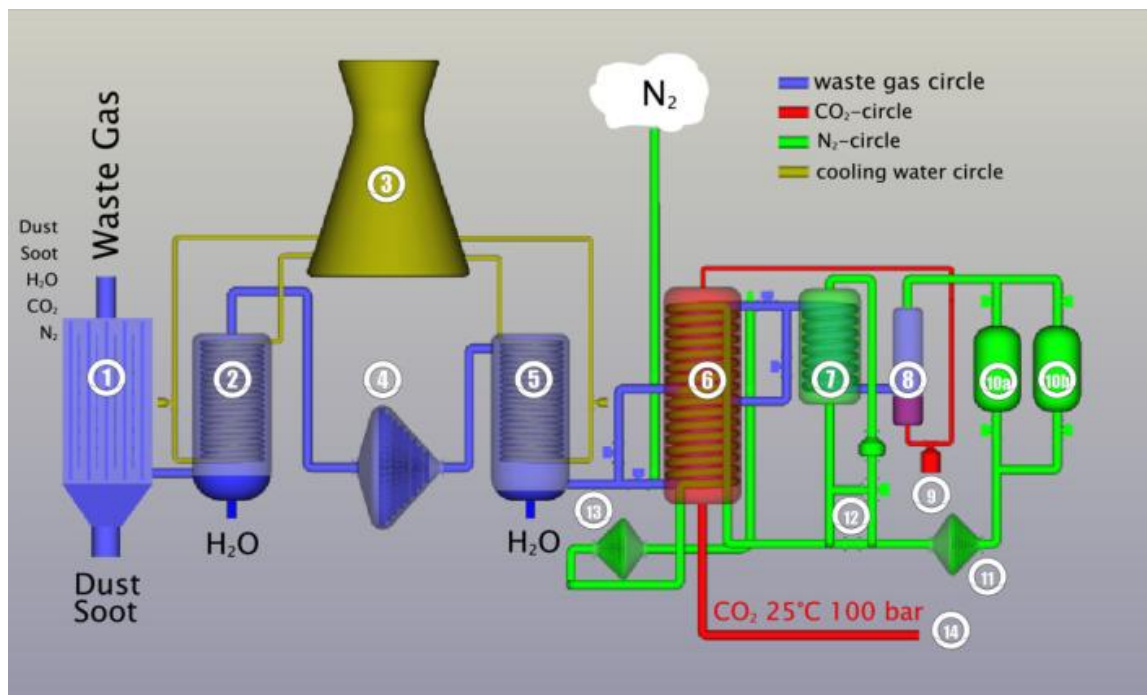


Abbildung 4 Der Turbo-CO<sub>2</sub>-Abscheideprozess

Das Anwendungsgebiet ist die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Abgasen jeglicher Verbrennungsprozesse, wie z.B. Kesselanlagen, Turbinen oder Motoren. Eine TCA-Anlage kann jeder neuen und bestehenden Anlage nachgeschaltet werden und könnte so der weiteren Erderwärmung entgegenwirken.

Der TCA-Prozess ist ein energetisch optimierter Gesamtprozess. Das gesamte Abgas wird nach Reinigung und Kühlung auf 7-12 bar mit einer zweistufigen Gas-Turbo-Verdichter-Kaskade komprimiert. Dadurch wird:

1. das im Abgas enthaltene  $\text{CO}_2$  auf den notwendigen Kondensationsdruck gebracht, anschließend abgekühlt und verflüssigt. Im flüssigen Zustand wird das  $\text{CO}_2$  auf 100 bar verdichtet und anschließend auf  $25^\circ\text{C}$  erwärmt und in den superkritischen Aggregatzustand überführt. Damit ist es sowohl für den Transport als auch für die Einlagerung optimiert.
2. der ebenfalls im Abgas enthaltene Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) wird auch auf 7-12 bar komprimiert und anschließend in mehreren Stufen entspannt und dadurch abgekühlt. Dabei wird die komplette für den  $\text{CO}_2$ -Abscheideprozess notwendige Kälte bereitgestellt. Durch die hierfür eingesetzten Entspannungsturbinen werden 38% der für die Gas-Verdichtung eingesetzten Energie zurückgewonnen (siehe Energiebilanz des TCA-Verfahrens). Der TCA-Prozess benötigt keine externen Kältemaschinen.

### **Effizienz des Turbo- $\text{CO}_2$ -Abscheideprozesses**

Im Gegensatz zum TCA-Prozess werden bei allen anderen CCS-Abscheideprozessen  $\text{CO}_2$

- durch den Einsatz chemischer Absorptionsmittel abgesondert
- nur ca. 80% des im Abgasstrom enthaltenen  $\text{CO}_2$  wird abgeschieden, 20% verbleiben im Abgasstrom
- bei Normaldruck (1bar)
- nicht sortenrein abgeschieden

Das bei 1bar abgeschiedene  $\text{CO}_2$  muss vor Transport und Lagerung kostspielig komprimiert werden. Für den Transport und die Lagerung ist eine zweistufige Gas-Turboverdichter-Kaskade notwendig, die ca. 4 % der Kraftwerkleistung verbraucht. Damit wird bei allen bisher untersuchten CCS-Verfahren allein für die Aufbereitung des  $\text{CO}_2$  zur Einlagerung fast so viel Energie verbraucht wie beim kompletten, zum Patent eingereichten „Turbo- $\text{CO}_2$ -Abscheidungsverfahren“ (siehe nachfolgende Energiebilanz des TCA-Prozesses). Dadurch ist der TCA-Prozess der Firma Energietechnik Kirchner GmbH der bei weitem energiesparendste  $\text{CO}_2$ -Abscheideprozess.

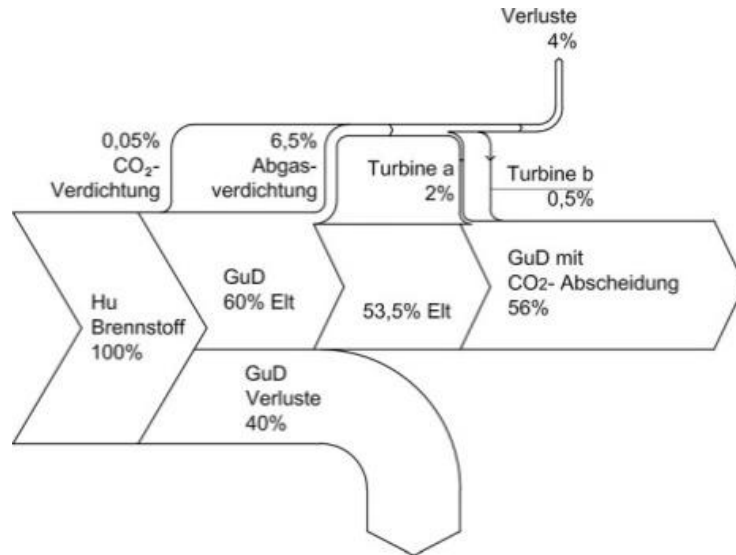


Abbildung 5 Energiebilanz des TCA-Prozesses

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung TCA-Prozess durch die CO<sub>2</sub> –Steuer

Wenn deutsche Kraftwerke ab 2021 25 €/t CO<sub>2</sub>-Steuer zahlen müssen bedeutet das für ein 400 MW Kraftwerk, betrieben mit fossilen Brennstoffen die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Kosten.

Die Kosten für den kompletten CCS-Prozess mit dem Turbo-CO<sub>2</sub>-Abscheideprozess der Firma Energietechnik Kirchner entsprechen nur 1/3 der fälligen CO<sub>2</sub>-Steuer des entsprechenden Kraftwerktyps, wodurch sich eine sofortige Kostenreduktion bei CO<sub>2</sub>-Abscheidung mit einer TCA-Anlage ergibt, was eine Nachrüstung der bestehenden Kraftwerke beschleunigt.

Die bisher im Test befindlichen CO<sub>2</sub> Abscheideanlagen sondern ca. 80% des im Abgas befindlichen CO<sub>2</sub> 's ab, (mit dem TCA-Prozess werden 100% abgeschieden). Die verbleibenden 20% führen zu einer Steuerabgabe in Höhe von 6 bzw. 17 Mio.€, was allein 75% der gesamten Abscheidungskosten des TCA-Prozesses entspricht.

Kraftwerktyp	Leistung	CO <sub>2</sub> Emission jährlich	CO <sub>2</sub> Steuer 25 €/t	Gesamtkosten TCA-Prozess
Gas und Dampf Kombikraftwerk (GuD)	400 MW	1,2 Mio. t	30 Mio. €	8 Mio. €
Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagentechnik (BoA)	400 MW	3,3 Mio. t	83 Mio. €	23 Mio. €

Tabelle 1 Kostenvergleich CO<sub>2</sub>-Steuer ./.. Abscheidungskosten TCA-Prozess

Der TCA-Prozess der Firma Energietechnik Kirchner GmbH ist dadurch der bei weitem kostengünstigste CO<sub>2</sub>-Abscheideprozess.

## Umkehrung des Klimawandels

Wird das bei der Energieerzeugung mit regenerativen Brennstoffen (Holz, Algen etc.) entstehende CO<sub>2</sub> abgeschieden und unterirdisch eingelagert, so wird die Klimaerwärmung umgekehrt. Regenerative Brennstoffe benötigen für ihr Wachstum CO<sub>2</sub>, das sie zuvor der Atmosphäre entzogen haben. Wird das bei der Energieerzeugung entstehende CO<sub>2</sub> unterirdisch eingelagert, sinkt die CO<sub>2</sub> Konzentration in der Luft. Dieser Prozess muss die Zukunft von Biomasse-Kraftwerken werden, da dies die effizienteste und preiswerteste Methode zur Reduktion der CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre ist. Je mehr und je schneller Kraftwerke dieses Typs entstehen, desto mehr kann die bereits eingetretene Klimakatastrophe abgemildert werden.

Wie effizient auf diese Weise der Klimaerwärmung entgegengearbeitet werden kann, soll am Beispiel eines 400 MW Kraftwerks veranschaulicht werden, das mit regenerativen Brennstoffen betrieben wird. Ein solches Kraftwerk erzeugt ca. 3,3 Mio t CO<sub>2</sub> pro Jahr, die bei Abscheidung und unterirdischer Lagerung der Atmosphäre entzogen. Im Mittel kann eine Waldfläche von 1 ha Größe ca. 13 t CO<sub>2</sub> pro Jahr der Atmosphäre entziehen („Stiftung Unternehmen Wald“). Um der Atmosphäre durch Aufforstung 3,3 Mio t CO<sub>2</sub> zu entziehen würden demnach 254.000 ha Wald benötigt, was 2% der gesamten Waldfläche Deutschlands entspräche. Deutschlandweit wurden im Jahr 2018 ca. 880 Mio t CO<sub>2</sub> emittiert. Um dieselbe Menge an CO<sub>2</sub> zu entziehen wären 267 400MW Bio-Kraftwerke mit TCA Abscheidung nötig. Diese müssen dann bei Treibhaus-Gas Neutralität mehr als 40 Jahre laufen um die CO<sub>2</sub> Konzentration auf das Maß vor der Industrialisierung zu senken. Dies gilt allein für Deutschland, weltweit werden jährlich ca. 35 Mrd t CO<sub>2</sub> emittiert.

