



38% CO₂-Reduktion in der Schweizer Zementindustrie? Eine kritische Betrachtung

Josef Waltisberg, dipl. Ing. ETH

Bericht: JW-21-15.2-CO2

Homepage: 208-2021 ¹

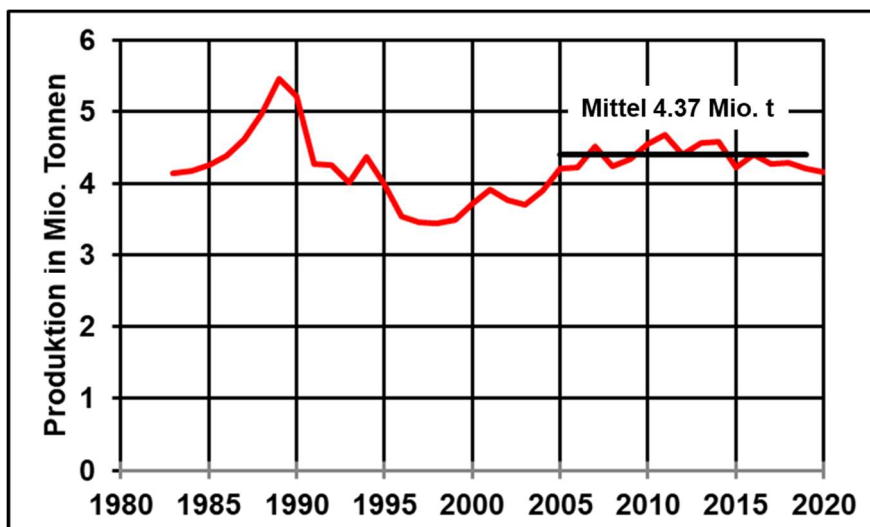
Datum: 05.11.2021

1. Zitat cemsuisse (Kennzahlen 2021)

Die gesamten CO₂ -Emissionen konnten seit 1990 um 38 Prozent gesenkt werden.

1.1 Die Basis

Dies ist auch richtig, aber man muss in dem Zusammenhang wissen, dass die Zementproduktion damals auf einer Rekordmarke von 5.21 Mio. Jahrestonnen war. Nur die Produktion im Jahr 1989 war noch leicht höher. In den letzten 15 Jahren lag die Produktion aber durchschnittlich bei 4.37 Jahrestonnen.

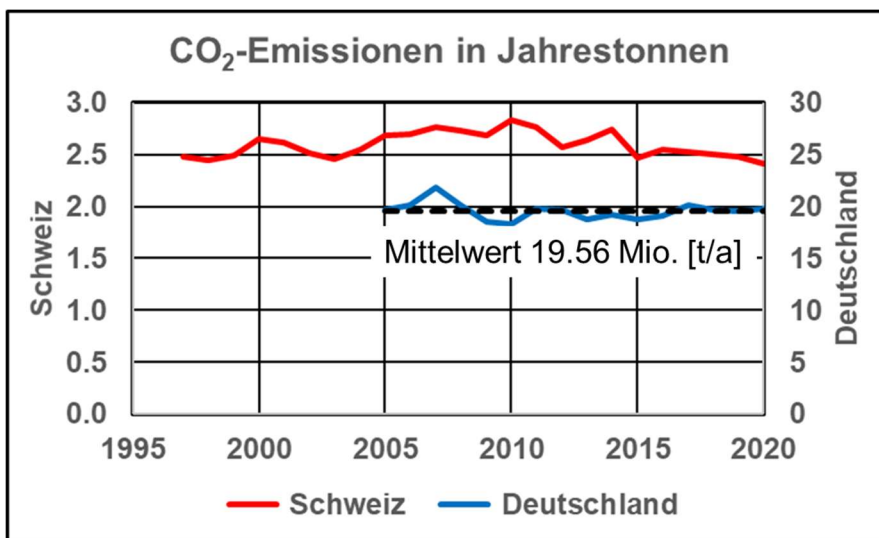
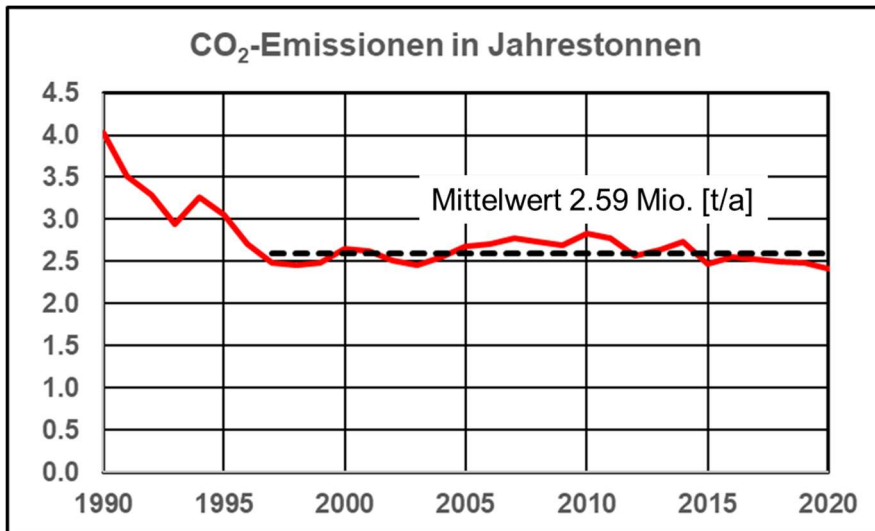


¹ Homepage: «waltisberg.com»

1.2 Die «direkten» Emissionen seit 1990

Die «direkte» Gesamtemission aus der Verbrennung aller Brennstoffe (ohne biogene Anteile) und der geogenen Emission aus den Rohmaterialien sind im nachfolgenden Diagramm dargestellt.

Hinweis: Elektrische Energie zählt nicht zu den «direkten» CO₂-Emissionen



Die Emissionen reduzierten sich in den ersten Jahren, bis etwa 1997, infolge der kleiner werdenden Zementproduktion. In den Folgejahren, 1997 bis 2020, blieben die Emissionen aber relativ stabil auf einem Mittelwert von 2.59 Mio. Jahrestonnen CO₂. In Deutschland liegen die Emissionen seit 2005 auf einem mittleren Niveau von 19.56 Mio. Jahrestonnen.

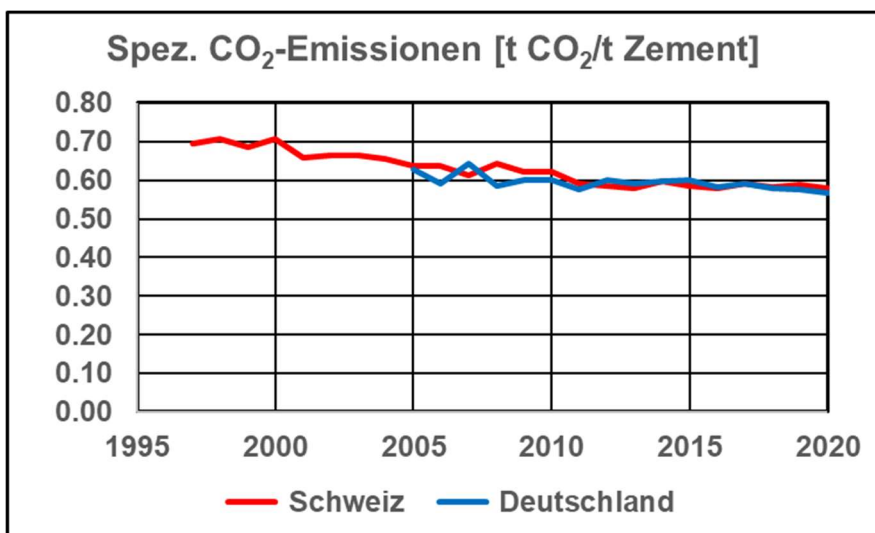
1.3 Spezifische Emissionen

Man könnte nun meinen, dass seit 1997 in der Zementherstellung keine CO₂-Reduktionen mehr stattgefunden haben. Dies ist aber nicht richtig, wie die spezifischen Emissionen zeigen. Diese fielen von 0.69 Tonnen CO₂ pro Tonne produzierten Zements auf 0.58. Vergleicht man die Werte mit Deutschland, so sind sie fast identisch.

Es hat also eine Reduktion der Emissionen pro Tonne Zement stattgefunden, doch diese wurde durch die Erhöhung der Zementproduktion wieder kompensiert.

In den letzten 10 Jahren konnte allerdings dieser «CO₂-zu-Zement-Faktor» nur noch marginal verringert werden. Der Grund dafür ist, dass die Einflussgrößen «abfallbasierter Brennstoff» und «Mischzemente» (siehe Kapitel 2) nur noch wenig verändert werden konnten.

Es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren die CO₂-Gesamtemissionen mehr oder weniger nur noch von der produzierten Zementmenge abhängt.



2. Einflussgrößen auf die CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen eines Zementwerkes sind abhängig von der Zementproduktion, wobei folgende Einflüsse die CO₂-Emission pro Masseneinheit Zement beeinflussen.

2.1 Klinker

Die zur Zementherstellung verwendeten Rohmaterialien enthalten Karbonate (Kalziumkarbonat CaCO₃, Magnesiumkarbonat MgCO₃), welche bei der Aufheizung im Ofensystem «entsäuert» werden, d.h. aus diesen Verbindungen spaltet sich CO₂ ab, das sogenannte geogene CO₂.



Da der Kalziumkarbonat-Anteil der Rohmaterialien für die Klinkerherstellung ungefähr 78 % beträgt, liegt die geogene CO₂-Emission bei etwa 0.55 kg CO₂ / kg produziertem Klinker.

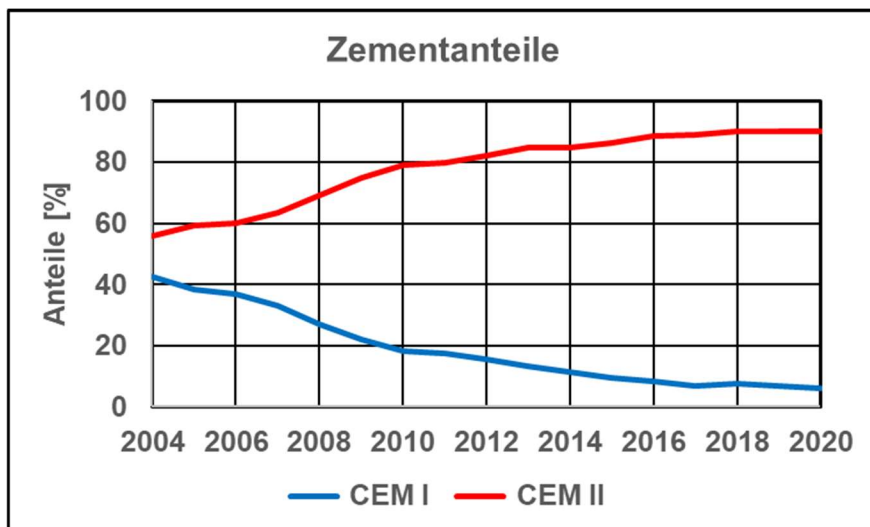
Dieser Anteil ist, verglichen mit der gesamten CO₂-Emission, recht gross und beträgt bei Zementwerken mit fossilen Brennstoffen etwa 60 bis 65%.

Eine Reduktion der geogenen Emission im heutigen Zementklinker ist kaum möglich. Es gab zwar in der Vergangenheit gelegentlich entsäuertes Rohmaterial, wie etwa «Blaukalk²» aus der Acetylenherstellung, doch diese Rohmaterialien sind in der Schweiz nicht mehr verfügbar.

2.2 Mischzemente

Im letzten Jahrhundert kannte man vor allem den sogenannten Portlandzement (CEM I), welcher aus dem Klinker und bis zu 5% Gips hergestellt wurde. Gegen Ende des Jahrhunderts wurde den Zementen mineralische Zuschlagstoffe (Hochofenschlacke, Flugasche, natürliches Pozzolan, Kalkstein, ...) zugemischt und zwar je nach Zementsorte bis zu 60%. Diese mineralischen Stoffe gehen nicht durch den Ofen und reduzieren dadurch die CO₂-Emissionen des hergestellten Zements.

Das nachfolgende Bild zeigt die Zunahme der Produktion der Zemente mit mineralischen Zuschlagstoffen (CEM II) und die gleichzeitige Abnahme des Portlandzementes (CEM I).



Die hergestellten Zemente müssen gewisse Qualitätsanforderungen erfüllen, welche in den entsprechenden Normen genau festgelegt sind. Es ist daher kaum mehr möglich die Anteile der mineralischen Stoffe in den einzelnen Zementarten zu steigern. Im Weiteren liegt der Anteil des Zements mit mineralischen Zuschlagstoffen heute bei 90% und dieser Anteil wird in den nächsten Jahren nur noch marginal steigen.

² Kalziumhydroxid Ca(OH)₂

Es ist also zu erwarten, dass in den nächsten Jahren und mit den heute verwendeten mineralischen Stoffen kaum mehr eine wesentliche Erhöhung der Reduktion der CO₂-Emissionen erfolgen wird.

2.3 Einfluss abfallbasierte Brennstoffe

2.3.1 Fossiler und biogener Anteil

Abfallbasierte Brennstoffe können weniger Kohlenstoff enthalten als die Kohle und dadurch ist ihre CO₂-Emission kleiner.

Beispiel Reifen³ :

- Heizwert (~ 28 [MJ/kg]), das entspricht ungefähr jenem der im untersuchten Zementwerk verwendeten Kohle. 1 [kg] Reifen ersetzt also 1 [kg] Kohle
- Kohlendioxid CO₂:
 Kohle: C-Gehalt etwa 88 [%] → 3.22 [kgCO₂/kg Kohle]
 Reifen: C-Gehalt etwa 69 [%] → 2.54 [kgCO₂/kg Reifen] (-21 [%])

Im Weiteren können abfallbasierte Brennstoffe bestimmte Anteile von biogenem⁴ CO₂ (siehe Tabelle) emittieren. Diese Emissionsanteile zählen dann nicht zur Gesamtemission eines Zementwerkes.

	EF _{fossil+biogen} t CO ₂ / t	Heizwert TJ / t	EF _{fossil+biogen} t CO ₂ / TJ	Anteil fossil %	EF _{fossil} t CO ₂ / TJ
Abfälle in KVA (2017)	1.09	0.0119	91.9	47.8	43.9
Altöl	2.27	0.0310	73.2	92.7	67.9
Kunststoffe	2.00	0.0236	84.5	76.6	64.7
Lösungsmittel	1.66	0.0235	70.7	89.7	63.4
Imprägniertes Sägemehl	1.02	0.0091	112.2	27.0	30.3
Altpneu	2.22	0.0264	84.0	73.0	61.3
Sägemehl	1.62	0.0163	99.9	0	0
Trockenklärschlamm	0.89	0.0094	94.5	0	0
Tiermehl	1.46	0.0168	86.7	0	0

³ Hinweis:
 Dies ist eine Rechnung für ein ausländisches Zementwerk mit entsprechender Kohle und einer Berechnung aus dem C-Gehalt der geschnittenen und trockenen Reifenstücke (~ Viertelreifen). Der Schweizer Emissionsfaktor ist mit 2.22 [t CO₂/t Reifen] etwas tiefer und berücksichtigt, dass sich in den Altreifen Wasser befindet.

⁴ BAFU; Faktenblatt 15. April 2019; CO₂-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz

Beispiel:

- Reifenstücke mit einem biogenen Anteil von 27 [%] und einer Emission von 2.54 [kgCO₂/kg Reifen] emittieren 1.85 [kgCO₂/kg Reifen] sogenanntes fossiles CO₂ oder 57.5 [%] der gleichen Menge Kohle.

2.3.2 Verwendete Mischung an abfallbasierten Brennstoffen

In der nachfolgenden Tabelle sind die in der Schweiz 2020 verwendeten abfallbasierten Brennstoffe in Prozent ihrer Verbrennungswärme aufgeführt. Daraus berechnet sich ein biogener Anteil von 50% und ein entsprechender fossiler Anteil von ebenfalls 50%.

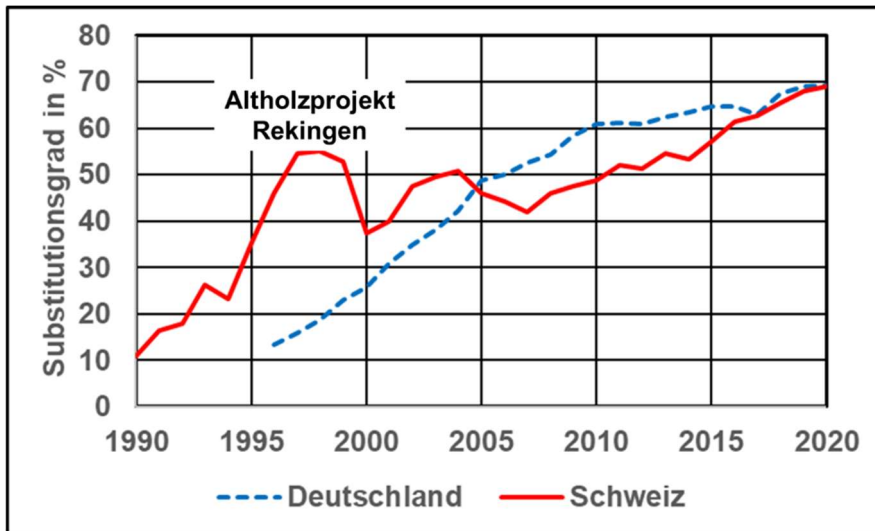
2020	Anteil %	Bogener Anteil %
Altöl	12.2	7.3
Lösungsmittel	14.1	10.3
Reifen/Gummiabfälle	10.6	27.0
Kunststoffe	20.7	23.4
Andere fossile Abfälle	2.3	0.0
Trockenklärschlamm	14.0	100.0
Tierfette/Tiermehle	6.7	100.0
Altholz	19.0	100.0
Andere biogene Abfälle	0.3	100.0
Abfallbasierte Brennstoffe		50.0

2.3.3 Die Emission aus den Brennstoffen

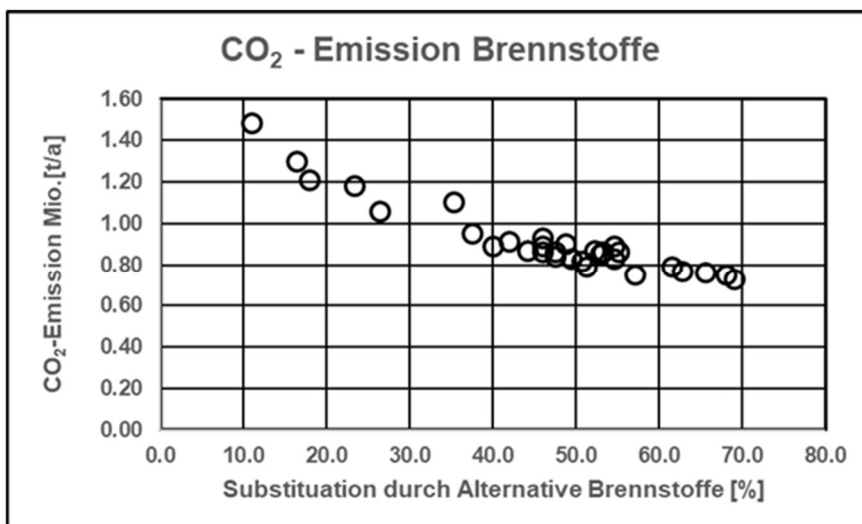
Die Verwendung von abfallbasierten Brennstoffen begann in beiden Ländern um 1990. Die Schweiz hatte dabei eine Substitutionsspitze um 1996/97. Der Grund war die Verwendung von Altholz im damaligen Zementwerk «Holderbank» in Rekingen, das kurz vor der Jahrtausendwende geschlossen wurde. Im nachfolgenden Bild ist die Substitutionsrate bezogen auf den Wärmebedarf der Werke in der Schweiz und in Deutschland dargestellt.

Heute (2020) beträgt der Anteil der abfallbasierten Brennstoffe am gesamten Wärmebedarf:

- Schweiz: 69.1%
- Deutschland: 69.2%



Der totale biologischen Anteil der eingesetzten Brennstoffmischung (fossile Kohle + abfallbasierte Brennstoffe) beträgt 34.5%. Die direkte fossile CO₂-Emission aus der in den Schweizer Zementwerken eingesetzten Brennstoffmischung ist in der nachfolgenden Bild dargestellt.



Eine weitere Reduktion der direkten fossile CO₂-Emissionen scheint nur noch marginal möglich zu sein, was auch deutlich aus der Verflachung der Kurve im obigen Diagramm hervorgeht. Wenn der Anteil an abfallbasierten Brennstoffen noch weiter gesteigert werden könnte, dann müsste das vor allem über Brennstoffe mit hohem biogenem Anteil gemacht werden.

Der Einsatz von Klärschlamm und Tierfetten kann aus verschiedenen Gründen nicht mehr gesteigert werden, bleibt also nur noch Altholz, das heute immerhin 19% der abfallbasierten Brennstoffe ausmacht. Allerdings bleibt auch dieser Anteil seit 2014 bei etwa 18 bis 21% der abfallbasierten Brennstoffe.