

Dok-Nr. 110519

#### SUMMARY

In the Paris Agreement the international community pledged in 2015 to limit the rise in average global temperature to significantly less than 2 °C. This resulted in ambitious climate targets if climate neutrality in combination with decarbonization of the economy is to be achieved by 2050. The development of new climate-friendly technologies basically requires dependable CO<sub>2</sub> prices and the guarantee of effective protection against carbon leakage. Rapid implementation of a reliable and low-CO<sub>2</sub> mode of concrete construction is needed for any further improvement in climate protection in concrete construction. Greater diversification in concrete production facilitates increased usage of clinker-efficient cements. It can be expected that there will be increased requests for the ecobalances of building materials and structures. Carbonation of concrete is to be considered as a CO<sub>2</sub> sink in the national and international (UNFCCC) CO<sub>2</sub> coverage and in the preparation of ecobalances. Conventional CO<sub>2</sub> abatement options in cement production must be supplemented by publically sponsored "breakthrough technologies", e.g. for the capture of process emissions. Institutional investors are paying increasing attention to a company's score with respect to the business involvement with greenhouse gases and the risks of climate change. ◀

#### ZUSAMMENFASSUNG

Im Übereinkommen von Paris hat sich die Weltgemeinschaft 2015 verpflichtet, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen. Daraus resultieren ambitionierte Klimaziele, wenn bis 2050 Klimaneutralität in Verbindung mit der Decarbonisierung der Wirtschaft erreicht werden soll. Die Entwicklung neuer klimafreundlicher Technologien setzt grundsätzlich verlässliche CO<sub>2</sub>-Preise und die Sicherstellung eines wirksamen Schutzes vor „Carbon Leakage“ voraus. Um den Klimaschutz im Betonbau weiter zu verbessern, ist eine kurzfristige Umsetzung einer zuverlässigen und CO<sub>2</sub>-armen Betonbauweise erforderlich. Dabei ermöglicht eine stärkere Diversifizierung in der Betonproduktion einen erhöhten Einsatz klinkereffizienter Zemente. Perspektivisch wird die Ökobilanz von Baustoffen und Bauwerken vermehrt angefragt. Die Carbonatisierung von Beton ist als CO<sub>2</sub>-Senke bei der nationalen und internationalen (UNFCCC) CO<sub>2</sub>-Berichterstattung bzw. Erstellung von Ökobilanzen zu beachten. Bei der Zementherstellung müssen konventionelle CO<sub>2</sub>-Minderungsmöglichkeiten durch öffentlich geförderte „Breakthrough-Technologien“, z.B. für die Abscheidung von Prozessemissionen, ergänzt werden. Institutionelle Anleger beachten verstärkt Unternehmens-Score bezüglich der unternehmerischen Auseinandersetzung mit Treibhausgasen und Risiken des Klimawandels. ◀

# CO<sub>2</sub> framework conditions for climate protection in concrete construction

## CO<sub>2</sub>-Rahmenbedingungen für den Klimaschutz im Betonbau

### 1 Society and political framework conditions

The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) was signed by 195 countries and the EU in 1992. In this agreement the international community has pledged to restrict the rise in average global temperature to significantly less than 2 °C – if possible to 1.5 °C – above the preindustrial level. The aim is to avoid the unpredictable consequences of global warming and in the second half of the century for the years 2050 to 2100 to establish an equilibrium between the anthropogenic emissions of greenhouse gases and the depletion of these gases by sinks, such as by re-afforestation. In spite of commitment to the 2 °C target the international climate protection will from now on be described on the basis of national voluntary agreements. The mechanisms for further voluntary agreements and the sanctions for failing to meet the self-imposed targets remain predominantly non-binding.

The commitment of the EU to the Paris Agreement provides for 40 % abatement in greenhouse gas emissions by 2030 relative to 1990. Intensification of this target is currently under discussion in the EU.

With respect to the “Global CO<sub>2</sub> budget” (► Fig. 1) it can be stated that the fossil fuel CO<sub>2</sub> emissions for 1990 of over 20 Gt CO<sub>2</sub>/a had risen to about 37 Gt CO<sub>2</sub>/a and, with emissions from land use, to about 42 Gt CO<sub>2</sub>/a in 2018. Approximately 2.4 Gt CO<sub>2</sub>/a of this comes from cement production, including CO<sub>2</sub> from the fuels. Worldwide, this corresponds to a proportion of about 6.5 %. The remaining CO<sub>2</sub> budget for the 1.5 or 2 °C target for the year 2100 amounts to between 400 and 1 100 Gt CO<sub>2</sub>, depending on the calculation model. Assuming 800 Gt CO<sub>2</sub> for the CO<sub>2</sub> budget at constant greenhouse gas emissions of 40 Gt CO<sub>2</sub>/a the budget will be exhausted in 20 years.

Limitation to 1.5 to 2 °C warming in line with the Paris Agreement is still possible with a consistent climate protection policy. For this, however, the world community must quickly reduce the net greenhouse gas emissions to zero which is why the window for reaching the target is closing rapidly. In the second half of the 21<sup>st</sup> century part of the excessive amount of carbon dioxide previously discharged will also have to be removed again from the earth's at-

### 1 Gesellschaft und politische Rahmenbedingungen

Die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) wurde 1992 von 195 Ländern und der EU unterzeichnet. In diesem Übereinkommen hat sich die Weltgemeinschaft verpflichtet, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C – wenn möglich auf 1,5 °C – über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Ziel dabei ist es, unvorhersehbare Folgen der Klimaerwärmung zu vermeiden und in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts für die Jahre 2050 bis 2100 ein Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen und dem Abbau dieser Gase durch Senken, wie z.B. durch Aufforstung, herzustellen. Trotz Festlegung auf das 2-°C-Ziel wird der internationale Klimaschutz fortan auf der Basis nationaler Selbstverpflichtungen beschrieben. Dabei bleiben die Mechanismen zur weiteren Selbstverpflichtung und die Sanktionen bei Verfehlungen der selbstgesetzten Ziele überwiegend unverbindlich.

Die Selbstverpflichtung der EU für das Pariser Abkommen sieht bis zum Jahr 2030 eine 40 %ige Reduzierung der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Jahr 1990 vor. Aktuell wird in der EU eine Verschärfung dieses Ziels diskutiert.

Bezüglich des „Globalen CO<sub>2</sub>-Budget“ (► Bild 1) ist festzustellen, dass die fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 mit über 20 Gt CO<sub>2</sub>/a auf etwa 37 Gt CO<sub>2</sub>/a bzw. mit Emissionen aus der Landnutzung auf etwa 42 Gt CO<sub>2</sub>/a in 2018 angestiegen sind. Dabei kommen ca. 2,4 Gt CO<sub>2</sub>/a aus der Zementproduktion inklusive CO<sub>2</sub> aus den Brennstoffen. Das entspricht weltweit einem Anteil von ca. 6,5 %. Das verbleibende CO<sub>2</sub>-Budget für das 1,5 bzw. 2-°C-Ziel für das Jahr 2100 beträgt

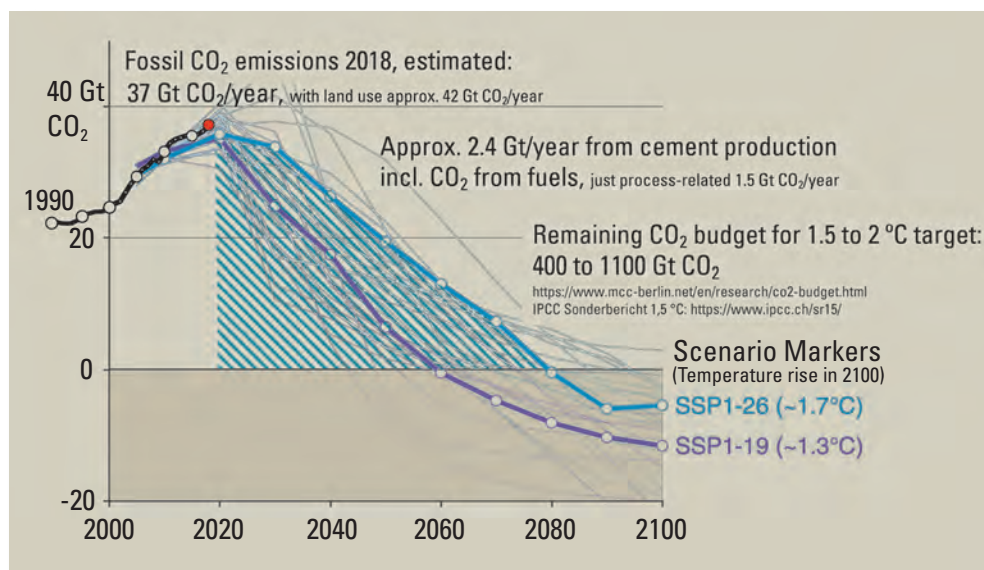


Figure 1: Global CO<sub>2</sub> budget (Source: [www.globalcarbonproject.org](http://www.globalcarbonproject.org))

Bild 1: Globales CO<sub>2</sub>-Budget (Quelle: [www.globalcarbonproject.org](http://www.globalcarbonproject.org))

mosphere [1]. At present the global warming since the beginning of industrialization (about 1850) is somewhat above 1 °C. However, without a limit to the greenhouse gas emissions that are harmful to the climate the average temperature could rise by 4 °C or more – with grave consequences for the living conditions on earth.

The CO<sub>2</sub> emissions per head are plotted in Fig. 2 for different regions of the world without import and export of products and international transport. In Germany the proportion due to the cement industry is 2.3 %. It can be seen that the annual CO<sub>2</sub> emission per head in Germany of about 9.6 tonnes is currently roughly twice as high as the international average of 4.8 tonnes of CO<sub>2</sub> per head. To maintain the upper limit of 2 °C, which is binding under international law, up to the end of the century the average per-capita emissions would have to be lowered worldwide to significantly less than two tonnes CO<sub>2</sub> per head. The highest greenhouse gas emissions occur in China with over eleven billion tonnes of CO<sub>2</sub>-equivalents (Fig. 2) but the per-capita emissions of 7.6 tonnes of CO<sub>2</sub> are below those of many OECD countries and Germany [1]. The situation in China is typical of many newly industrializing countries, such as India or Brazil. As one of the world's largest national economies Germany has contributed almost 5 % towards global warming since the start of industrialization although the German population makes up only 1 % of the world population of over 7.6 billion people.

The trend of greenhouse gas emissions in Germany since 1990 is plotted in Fig. 3 as CO<sub>2</sub>-equivalents together with the decarbonization pathway set out by the Paris Agreement.

The greenhouse gas output of 907 million tonnes of CO<sub>2</sub>-equivalents in 2017 signifies a reduction by 27.5 % compared with the level in 1990. At that time it was over 1.2 billion tonnes of CO<sub>2</sub> per year. Also in 2017 the power industry accounted for the largest proportion of total emissions

je nach Rechenmodell zwischen 400 bis 1 100 Gt CO<sub>2</sub>. Unter der Annahme von 800 Gt CO<sub>2</sub> für das CO<sub>2</sub> Budget bei konstanten Treibhausgasemissionen von 40 Gt CO<sub>2</sub>/a ist das Budget in 20 Jahren verbraucht.

Bei einer konsequenten Klimaschutzpolitik ist aber im Einklang mit dem Übereinkommen von Paris eine Begrenzung auf 1,5 bis 2 °C Erwärmung noch möglich. Dafür muss die Weltgemeinschaft jedoch kurzfristig die Nettotreibhausgasemissionen auf null reduzieren, weshalb sich das Fenster zur Zielerreichung schnell schließt. Zudem muss in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ein Teil des vorher zu viel ausgestoßenen Kohlenstoffdioxids wieder aus der Erdatmosphäre entfernt werden [1]. Aktuell liegt die globale Erwärmung seit Beginn der Industrialisierung (ca. 1850) etwas oberhalb von 1 °C. Ohne eine Begrenzung der klimaschädlichen Treibhausgasemissionen könnte die Durchschnittstemperatur jedoch um 4 °C oder mehr ansteigen – mit schwerwiegenden Folgen für die Lebensbedingungen auf der Erde.

In Bild 2 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf für verschiedene Regionen der Welt ohne Im- und Export von Produkten und internationalem Transport aufgetragen. In Deutschland beträgt der prozentuale Anteil der Zementindustrie 2,3 %. Es ist erkennbar, dass die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf in Deutschland mit rund 9,6 Tonnen aktuell ungefähr doppelt so hoch sind wie der internationale Durchschnitt von 4,8 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf. Um die völkerrechtlich verbindliche 2-°C-Obergrenze bis Ende des Jahrhunderts einzuhalten, müssten die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen weltweit auf deutlich unter zwei Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf gesenkt werden. Obwohl in China mit über elf Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten die meisten Treibhausgasemissionen ausgestoßen werden (Bild 2), liegen die Pro-Kopf-Emissionen mit 7,6 Tonnen CO<sub>2</sub> unter denen vieler OECD-Staaten und Deutschland [1]. Die Situation in China ist typisch für viele Schwellenländer, wie beispielsweise Indien oder Brasilien. Als eine der größten Volkswirtschaften der Welt hat Deutschland seit Beginn der Industrialisierung fast 5 % zur globalen Erderwärmung beigetragen, obwohl die deutsche Bevölkerung nur 1 % der Weltbevölkerung von über 7,6 Milliarden Menschen ausmacht.

In Bild 3 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen als CO<sub>2</sub>-Äquivalente in Deutschland seit 1990 und der durch das Pariser Abkommen vorgezeichnete Decarbonisierungspfad aufgetragen.

Der Treibhausgasausstoß von 907 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Jahr 2017 bedeutet eine Reduzierung um 27,5 % gegenüber dem Niveau von 1990. Damals waren es

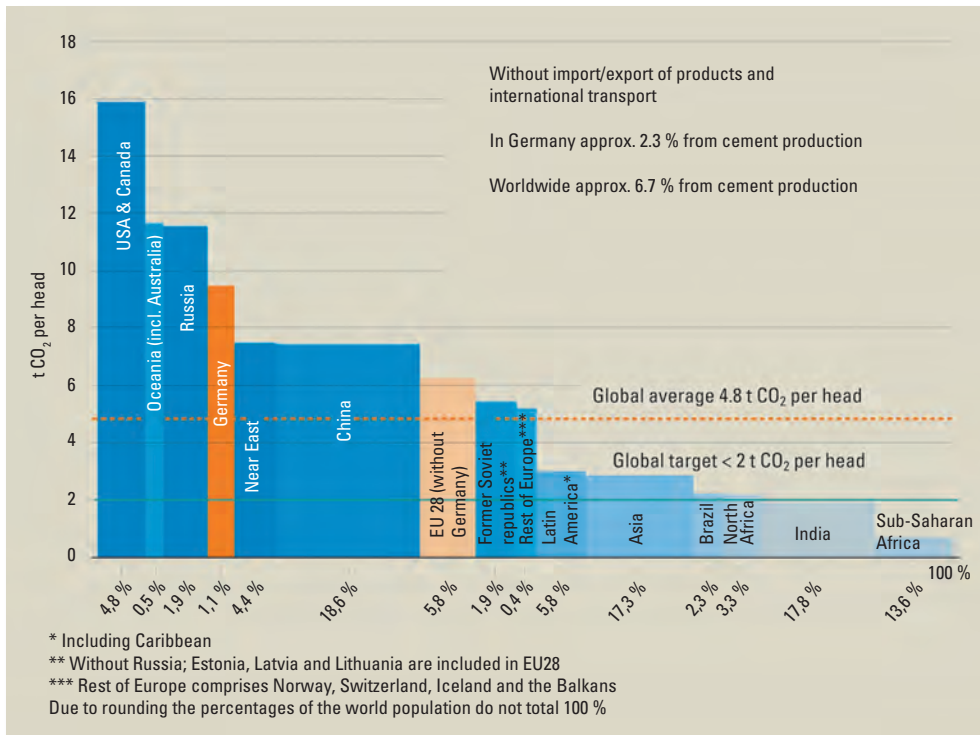


Figure 2: Comparison of the greenhouse gas emissions per head in different countries (Source: BMU Klimaschutz in Zahlen 2018)

Bild 2: Vergleich der Treibhausgasemissionen pro Kopf verschiedener Länder (Quelle: BMU Klimaschutz in Zahlen 2018)

in Germany with 313 million t CO<sub>2</sub> (corresponding to 34.5 %). The emissions from the industrial sector of 200 million t CO<sub>2</sub> are responsible for over 22 % of the German greenhouse gas output [2]. European emissions trading covers a large part of the greenhouse gas emissions from the power industry and the industrial sector.

Alongside climate protection policy measures at the German and European level the economic upheaval in the new federal states led to a sharp drop in emissions in the early 1990s. Fluctuations in the need for heating due to the weather and in the economic situation resulting from the 2009 financial crisis had a substantial influence on the trend of emissions. The emissions in the power sector continued to fall but in 2017 they rose in the traffic sector as well as in industry. This also concerns the cement industry, which, due to the economic situation, emitted 20.46 million t CO<sub>2</sub> in 2017 compared to 19.34 million t in 2016. According to current estimates the reduction in greenhouse gas emissions by 40 % compared to 1990 will not be achieved by 2020. The traffic sector from the non-ETS sector is also partially responsible for this. It causes about 18.5 % of the emissions in Germany and has so far not managed any contribution to the abatement.

German climate policy is based on the European and international climate protection targets. Targets and intermediate targets for the reduction of greenhouse gas emissions, for developing renewable forms of energy and for raising energy efficiency by 2050 were laid down with the 2010 energy policy and in the 2050 climate protection plan agreed in November 2016.

According to the Paris Agreement substantial greenhouse gas neutrality should be achieved in Germany by 2050 in conjunction with abatement of the emissions by 55 % by 2030 and 70 % by 2040. These are ambitious targets. It should be borne in mind that, because of its relatively high gross domestic product per head, Germany is one of the EU member countries with above-average abatement obligations.

The study by the Federation of German Industry entitled "Climate pathway for Germany" [3] comes to the conclusion that with the efforts made so far with the energy turnaround and climate protection a CO<sub>2</sub> abatement of about 61 % relative to 1990 can be expected by 2050. Furthermore, it emerges from the study that achieving the 80 % target in 2050 with optimum implementation involves additional investment at a level of at least € 1.5 billion. The technologies needed for this are basically already available but their introduction to the market would not be profitable under current conditions.

On the other hand, the scenario for achieving the 95 % target relies to a great extent on future technologies that have not

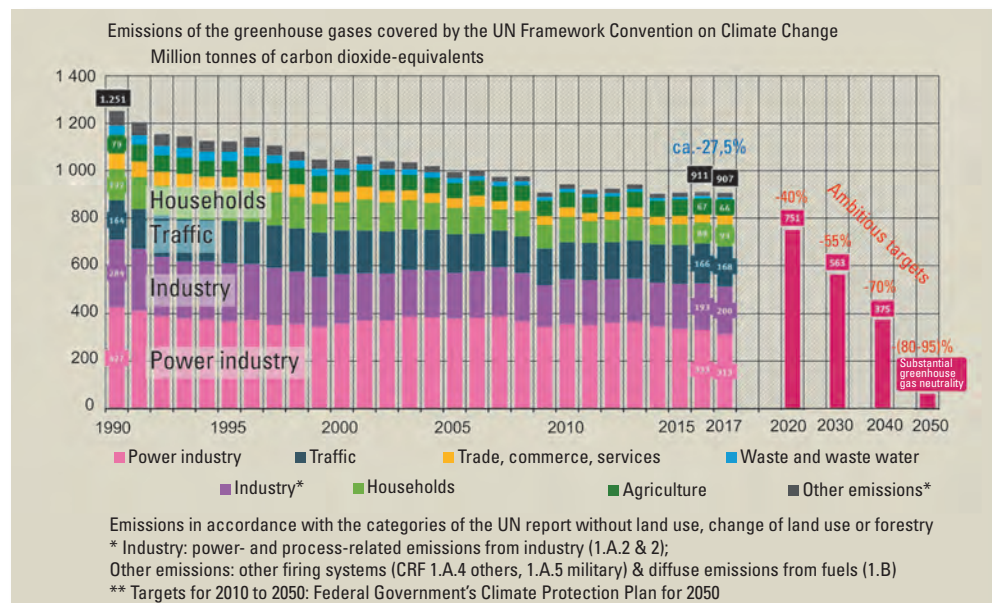


Figure 3: Greenhouse gas emissions in Germany (Source: Umweltbundesamt, Nationale Inventarberichte zum Dt. Treibhausgasinventar 1990 bis 2017; as at 01/2019)

Bild 3: Treibhausgasemissionen in Deutschland (Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Inventarberichte zum Dt. Treibhausgasinventar 1990 bis 2017; Stand 01/2019)

über 1,2 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Mit 313 Mio. t CO<sub>2</sub> (das entspricht 34,5 %) hatte die Energiewirtschaft auch 2017 den größten Anteil an den deutschen Gesamtemissionen. Die Emissionen des Industriesektors sind mit 200 Mio. t CO<sub>2</sub> für über 22 % des deutschen Treibhausgasausstoßes verantwortlich [2]. Der europäische Emissionshandel deckt einen Großteil der Treibhausgasemissionen aus dem Energie- sowie dem Industriesektor ab.

Neben Klimaschutzpolitischen Maßnahmen auf deutscher und europäischer Ebene führte der wirtschaftliche Umbruch in den neuen Bundesländern zu einem starken Emissionsrückgang in den frühen 1990er Jahren. Auch Schwankungen des witterungsbedingten Heizbedarfs und der Konjunktur, infolge der Finanzkrise 2009, beeinflussten erheblich die Emissionsentwicklung. Während die Emissionen im Energiebereich weiterhin zurückgingen, stiegen sie im Verkehrssektor sowie in der Industrie 2017 sogar. Dies betrifft auch die Zementindustrie, die im Jahr 2017 konjunkturbedingt 20,46 Mio. t CO<sub>2</sub> im Vergleich zu 19,34 Mio. t in 2016 emittierte. Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 40 % gegenüber 1990 wird nach aktuellen Schätzungen bis 2020 nicht erreicht. Hierfür wird auch der Verkehrssektor aus dem Nicht-ETS-Sektor verantwortlich gemacht. Er verursacht ca. 18,5 % der Emissionen in Deutschland und hat bisher keinen Minderungsbeitrag geleistet.

Die deutsche Klimapolitik beruht auf den europäischen und internationalen Klimaschutzziele. Mit dem Energiekonzept von 2010 und dem im November 2016 beschlossenen Klimaschutzplan 2050 wurden Ziele und Zwischenziele zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, zum Ausbau der erneuerbaren Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz bis 2050 festgeschrieben.

Bis 2050 soll in Deutschland, entsprechend dem Pariser Abkommen, weitgehende Treibhausgasneutralität erreicht werden in Verbindung mit Minderung der Emissionen um 55 % bis 2030 und 70 % bis 2040. Das sind ambitionierte Ziele. Dabei ist zu beachten, dass Deutschland aufgrund seines relativ hohen BIP pro Kopf zu den EU-Mitgliedsstaa-

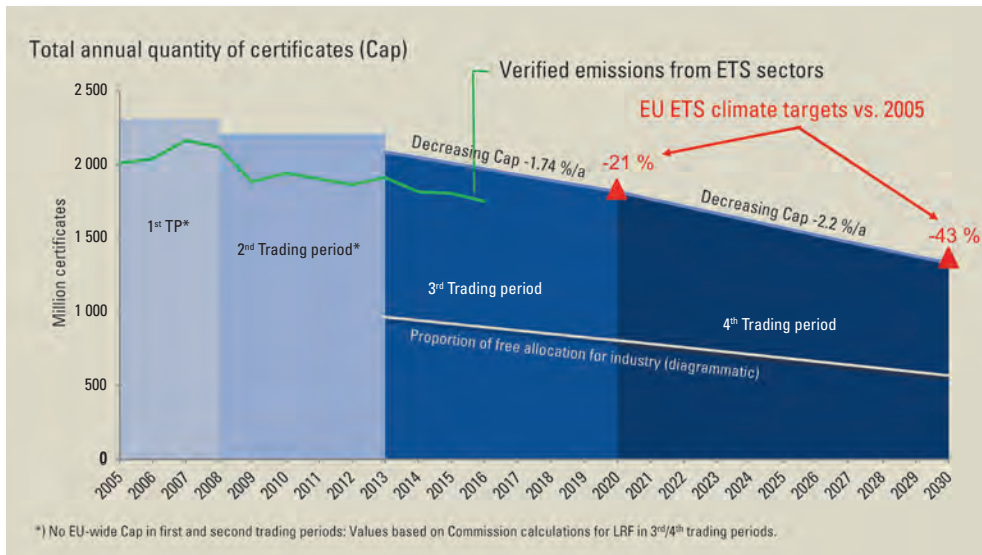


Figure 4: Maximum emissions (Cap) in the EU-ETS (Source: VDZ)

Bild 4: Maximale Emissionen (Cap) im EU-ETS (Quelle: VDZ)

yet been developed. For industrial production with process emissions this involves, for example, the collection of CO<sub>2</sub> in conjunction with Carbon Capture and Storage (CCS) and Carbon Capture and Use (CCU). This means that, from the current point of view, the 95 % scenario is at best conceivable and lies at the boundary of technical feasibility and public acceptability.

The maximum emission levels (Cap) in the EU emissions trading system (EU-ETS) are shown in Fig. 4 against the years and trading periods. The European Union stipulates how much CO<sub>2</sub> emissions are still permissible per year. This "Cap" sets, and also implements, the ecological target of the emissions trading. The Cap is reduced from trading period to trading period by the European policy and leads to ambitious climate targets. Emission entitlements, which are the basic requirement that allow companies to emit a tonne of CO<sub>2</sub>, are only issued for the quantities of CO<sub>2</sub> that are still permitted. Emissions trading is therefore a very restrictive quantitative instrument that starts with strict governmental intervention in the quantitative limitation of emissions. Associated with this is the trade with emission entitlements.

About 40 % of the European greenhouse gas emissions come from large emitters from the power and industry sectors. The EU-ETS compels energy-intensive industrial companies and power companies to take part in the trade. In most cases industry obtains a cost-free allocation although this covers the actual emissions to an ever decreasing extent. Challenging benchmarks for products like cement clinker are stipulated for the industry. In addition to this, a further cross-industry cutback of the allocation of about 12 % became effective in the 3<sup>rd</sup> trading period.

The reform of the EU-ETS for 2021 to 2030 now sets the framework for compliance with the 2030 EU climate targets. To achieve the politically established CO<sub>2</sub> abatement targets the total quantity of certificates will be reduced annually by a stipulated factor, the so-called linear reduction factor (LRF). At present this is 1.74 % per year but from 2021 it will be raised to 2.2 % per year. This should reduce the greenhouse gas emissions in these sectors by 21 % by 2020 and by 43 % by 2030 relative to the 2005 base year. Carbon leak-

ten mit überdurchschnittlich hohen Minderungsverpflichtungen gehört.

Die BDI-Studie „Klimapfade für Deutschland“ [3] kommt zu dem Ergebnis, dass mit den bisherigen Anstrengungen bei Energiewende und Klimaschutz bis 2050 mit einer CO<sub>2</sub>-Minderung von ca. 61 % gegenüber 1990 zu zurechnen ist. Ferner geht aus der Studie hervor, dass die Erreichung des 80%-Ziels in 2050 bei optimaler Umsetzung mit Mehrinvestitionen in Höhe von mindestens 1,5 Billion € verbunden ist. Die hierfür notwendigen Technologien sind grundsätzlich

heute schon verfügbar. Unter den aktuellen Bedingungen reche sich aber ihre Markteinführung nicht.

Das Szenario zur Erreichung des 95%-Ziels setzt dagegen in großem Maße auf Zukunftstechnologien, die heute noch nicht entwickelt sind. Bei der Industrieproduktion mit Prozessemissionen betrifft das z.B. die Abscheidung von CO<sub>2</sub> in Verbindung mit Carbon Capture and Storage (CCS) und Carbon Capture and Use (CCU). Somit ist das 95%-Szenario aus heutiger Sicht bestenfalls theoretisch vorstellbar und bewegt sich an der Grenze technischer Machbarkeit und öffentlicher Akzeptanz.

In Bild 4 werden die maximalen Emissionsmengen (Cap) im Emissionshandelssystem der EU (EU-ETS) gegen die Jahre bzw. Handelsperioden aufgezeigt. Die Europäische Union legt dabei fest, wie viel CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr noch zugelassen sind. Mit dieser Kappung („Cap“) wird das ökologische Ziel des Emissionshandels gesetzt und gleichzeitig auch verwirklicht. Das Cap wird durch die europäische Politik von Handelsperiode zu Handelsperiode gesenkt und führt zu ambitionierten Klimazielen. Nur für die noch zugelassene CO<sub>2</sub>-Menge werden Emissionsberechtigungen ausgegeben, die die Voraussetzung dafür sind, dass Unternehmen eine Tonne CO<sub>2</sub> emittieren dürfen. Der Emissionshandel ist deshalb ein sehr restriktives Mengeninstrument, an dessen Beginn mit der mengenmäßigen Begrenzung der Emissionen ein harter staatlicher Eingriff steht. Damit verbunden ist der Handel mit den Emissionsberechtigungen.

Rund 40 % der europäischen Treibhausgasemissionen stammen von großen Emittenten aus dem Energie- und Industriesektor. Das EU-ETS verpflichtet energieintensive Industrieunternehmen sowie Energieunternehmen dazu, am Handel teilzunehmen. Dabei erhält die Industrie überwiegend eine kostenfreie Zuteilung, die allerdings immer weniger die tatsächlichen Emissionen abdecken. Für die Industrie wurden anspruchsvolle Benchmarks für Produkte wie Zementklinker festgelegt. Zusätzlich wurde in der 3. Handelsperiode eine weitere branchenübergreifende Kürzung der Zuteilung von ca. 12 % wirksam.

Die Reform des EU-ETS für 2021 bis 2030 setzt nunmehr den Rahmen zur Einhaltung der EU-Klimaziele 2030. Um die

age protection and free benchmark allocation for clinker are particularly important for the cement industry.

The verified emissions from the ETS sectors have so far been lower than the respective Cap. This leads to a surplus of certificates in the market, which is attributable, among other things, to the economic and financial crises and the correspondingly lower production output in the EU.

For a long time the financial incentives for companies themselves to reduce emissions by investment in climate protection were low. The European politicians have decided on measures like the "market stabilization reserve" to reduce the market surpluses so that the EU-ETS creates adequate abatement incentives.

Since early summer 2017 until today the CO<sub>2</sub> price has increased five-fold from about € 5 to over € 25 per tonne of CO<sub>2</sub> and a further price increase is possible. The particular reason for the price increase may well be the effects of the tightened EU emissions trading guidelines from 2021 for the fourth trading period. Major power suppliers have, according to press reports, already obtained certificates to cover the coming years. In addition to this, CO<sub>2</sub> certificates can be traded freely with the result that independent investors may also be partially responsible for the price trend. Not only does the high CO<sub>2</sub> price mean substantial additional costs for CO<sub>2</sub> certificates for the cement industry but the spot electricity prices have also risen sharply as a consequence.

## 2 Cement industry

Since the beginning of the emissions trading the absolute CO<sub>2</sub> emissions from the cement industry only fell briefly in the years 2009 and 2010, especially during the economic and financial crises. This was due to the continuous growth in production in the previous years as a result of a dynamic upward trend in the construction industry.

A glance at the specific CO<sub>2</sub> emissions for grey cement clinker plotted against time (Fig. 5) shows that they were lowered between 1990 and 2010 [4]. The specific clinker emissions by the EU 28 are, on average, about 825 kg CO<sub>2</sub>/t clinker. It should be borne in mind that the proportion of process emissions is about 540 kg CO<sub>2</sub>/t. This means that about 2/3 of the specific CO<sub>2</sub> emissions for grey cement clinker come from the calcination of limestone and 1/3 from the use of fuels. Based on the current state of the art and with respect to the chemical composition of grey cement clinker it is not currently possible to reduce the process emissions [5].

According to the DEHSt (German Emissions Trading Agency) in the Federal Environmental Agency the specific emissions from clinker

politisch gesetzten CO<sub>2</sub>-Minderungsziele zu erreichen, wird die Gesamtzertifikatmenge jährlich um einen festgelegten Faktor gekürzt, den so genannten linearen Reduktionsfaktor (LRF). Während dieser aktuell bei 1,74 % pro Jahr liegt, wird er ab 2021 auf 2,2 % pro Jahr angehoben. Die Treibhausgasemissionen in diesen Sektoren sollen damit um 21 % bis 2020 und um 43 % bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 2005 reduziert werden. Für die Zementindustrie sind der Carbon-Leakage-Schutz und die kostenfreien Benchmark-Zuteilung für Klinker besonders wichtig.

Die verifizierten Emissionen der ETS-Sektoren sind bisher geringer als das jeweilige Cap. Dies führt zu einem Überschuss an Zertifikaten im Markt, der unter anderem auf die Wirtschafts- und Finanzkrise und die entsprechend einem geringere Produktionsleistung in der EU zurückzuführen ist.

Die finanziellen Anreize für Unternehmen, selbst Emissionen durch Klimaschutzinvestitionen zu mindern, waren lange Zeit gering. Damit der EU-ETS genügend Minderungsanreize schafft, hat die europäische Politik Maßnahmen wie die „Marktstabilisierungsreserve“ beschlossen, um die Marktüberschüsse abzubauen.

Seit dem Frühsommer 2017 bis heute hat sich der CO<sub>2</sub>-Preis von rund 5 € auf zwischenzeitlich über 25 € pro Tonne CO<sub>2</sub> verfünffacht und ein weiterer Preisanstieg ist möglich. Grund für den Preisanstieg dürften insbesondere die Effekte der verschärften EU-Emissionshandelsrichtlinie ab 2021 für die vierte Handelsperiode sein. Große Stromversorger haben sich laut Presseberichten bereits für die kommenden Jahre mit Zertifikaten eingedeckt. Darüber hinaus sind CO<sub>2</sub>-Zertifikate frei handelbar, sodass unabhängige Investoren für die Preisentwicklung ebenfalls mit verantwortlich sein dürften. Für die Zementindustrie bedeutet der hohe CO<sub>2</sub>-Preis nicht nur erhebliche Mehrkosten für CO<sub>2</sub>-Zertifikate, sondern auch die Börsenstrompreise sind in der Folge stark angestiegen.

## 2 Zementindustrie

Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie sind seit Beginn des Emissionshandels nur kurzzeitig, insbesondere während der Wirtschafts- und Finanzkrise, in den Jahren

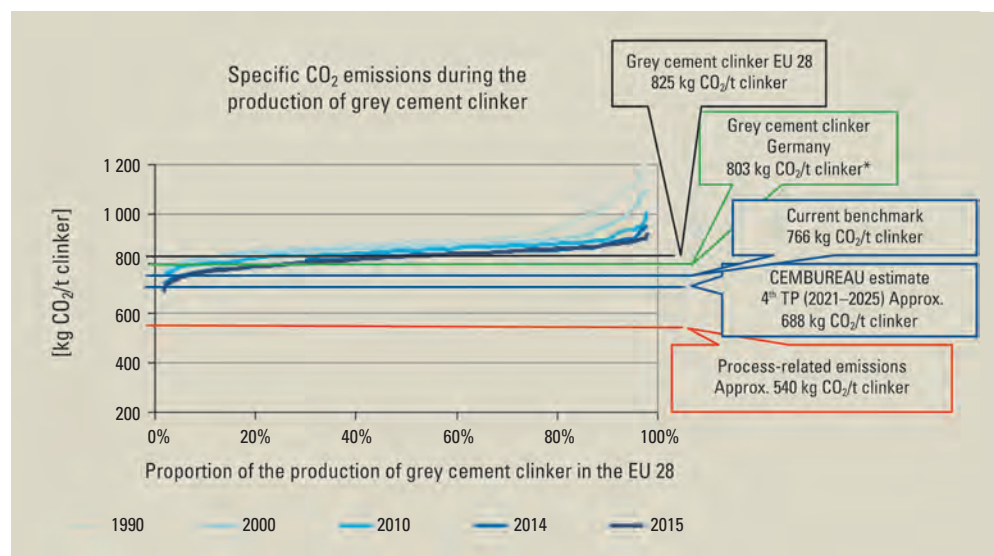


Figure 5: Current benchmark for grey cement clinker (Source: World Business Council for Sustainable Development, [www.wbcsdcement.org](http://www.wbcsdcement.org))

Bild 5: Aktueller Benchmark Grauzementklinker (Quelle: World Business Council for Sustainable Development, [www.wbcsdcement.org](http://www.wbcsdcement.org))

production in Germany fell only insignificantly between 2005 and 2017 [6]. The specific emissions from the 34 grey cement clinker plants in 2017 were, as in the previous year, 803 kg CO<sub>2</sub>/t clinker and are therefore lower than the average for the EU 28.

The current benchmark for grey cement clinker is 766 kg CO<sub>2</sub>/t clinker and is based on the average of 10 % of the best plants in Europe. Six plants in Germany had values below this benchmark in 2017. This means that more than 80 % of the grey cement clinker plants had higher specific emissions.

The benchmarks, which are an essential basis for calculating the allocations, will be tightened significantly in the future. Two data assessments based on the years 2016/2017 and 2021/2022 are designated for this purpose. On this basis the reduction rate compared with the current value is to be determined for each benchmark with corresponding updating. Two benchmark values will be determined in the future – for the years 2012 to 2025 and 2026 to 2030. The linear updating of abatement rates actually achieved is a departure from the benchmark principle as in future it is only in exceptional cases that even the most efficient plants in a sector will achieve the benchmark.

For the first part of the 4th trading period (2021 to 2025) the CEMBUREAU estimate is for a benchmark of the order of 688 kg CO<sub>2</sub>/t clinker.

The basic options for CO<sub>2</sub> abatement in the cement industry are listed in Fig. 6. Alongside the “conventional” technologies for CO<sub>2</sub> abatement the focus is on possible breakthrough technologies.

When compared with other industrial processes the thermal efficiency in the cement industry is very high and is now coming up against chemical and mineralogical limits. The use of alternative fuels favours the CO<sub>2</sub> balance in the production process through a lower proportion of carbon and a high proportion of biomass. Steady reduction of the clinker fraction in cement is limited by the availability of suitable replacement

2009 und 2010 gesunken. Dies liegt an dem stetigen Produktionswachstum in den vergangenen Jahren infolge einer dynamischen Entwicklung der Bauwirtschaft.

Ein Blick auf die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Grauzementklinker in Abhängigkeit von der Zeit (Bild 5) zeigt, dass diese zwischen 1990 und 2010 gesenkt werden konnten [4]. Die spezifischen Klinkeremissionen der EU 28 liegt im Durchschnitt bei etwa 825 kg CO<sub>2</sub>/t Klinker. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Anteil der Prozessemissionen ca. 540 kg CO<sub>2</sub>/t Klinker beträgt. Somit setzen sich die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Grauzementklinker zu 2/3 aus der Kalksteinsäuerung und zu 1/3 aus dem Einsatz der Brennstoffe zusammen. Gemäß dem aktuellen Stand der Technik und bezogen auf die chemische Grauzementklinkerzusammensetzung können Prozessemissionen zur Zeit nicht gemindert werden [5].

Die spezifischen Emissionen der Klinkerherstellung in Deutschland haben sich zwischen 2005 und 2017 gemäß der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt nur unwesentlich verringert [6]. Die spezifischen Emissionen der 34 Grauzementklinker-Anlagen lagen im Jahr 2017 wie im Vorjahr bei 803 kg CO<sub>2</sub>/t Klinker und sind damit geringer als der Durchschnitt der EU 28.

Der aktuelle Benchmark für Grauzementklinker beträgt 766 kg CO<sub>2</sub>/t Klinker und basiert auf dem Durchschnitt von 10 % der besten Anlagen in Europa. Der Benchmark wurde in Deutschland 2017 von sechs Anlagen unterschritten. Das heißt, mehr als 80 % der Grauzementklinker-Anlagen hatten höhere spezifische Emissionen.

Die Benchmarks, die eine wesentliche Berechnungsgrundlage für die Zuteilung sind, werden künftig deutlich verschärft. Hierzu sind zwei Datenerhebungen auf Basis der Jahre 2016/2017 und der Jahre 2021/2022 vorgesehen. Auf dieser Grundlage soll für jeden Benchmark die Minderungsrate gegenüber dem aktuellen Wert bestimmt und entsprechend linear fortgeschrieben werden. Dabei werden künftig zwei Benchmark-Werte ermittelt – für die Jahre 2021 bis 2025 und 2026 bis 2030.

Die lineare Fortschreibung tatsächlich erzielter Minderungsraten ist eine Abkehr vom Benchmark-Prinzip, da künftig selbst die effizientesten Anlagen eines Sektors nur in Ausnahmefällen den Benchmark erreichen werden.

Die CEMBUREAU-Schätzung geht für den ersten Teil der 4. Handelsperiode (2021 bis 2025) von einem Benchmark in der Größenordnung von 688 kg CO<sub>2</sub>/t Klinker aus.

Die grundsätzlichen CO<sub>2</sub>-Minderungsmöglichkeiten der Zementindustrie sind in Bild 6 zusammengestellt. Neben den „konventionellen“ Technologien zur

Conventional technologies	Thermal efficiency	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very high compared with other industrial processes / chemical and mineralogical limits</li> </ul>
	Alternative fuels	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lower proportion of carbon + high proportion of biomass / utilization of energy + material</li> </ul>
	Clinker-efficient cements	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduction in the proportion of clinker in cement / limited availability of suitable replacement materials</li> </ul>
	Alternative raw materials	<ul style="list-style-type: none"> <li>Use of already calcined raw materials / very limited availability of suitable materials</li> </ul>
	Electrical efficiency	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very limited reduction potential / conflict of aims with market and environmental requirements</li> </ul>
	Breakthrough technologies	New binders
CO <sub>2</sub> collection (carbon capture technologies)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Promising but high costs / CO<sub>2</sub> storage and/or CO<sub>2</sub> utilization still unclarified</li> <li>Oxyfuel is the most cost-effective carbon capture technology for cement production (TRL 6)</li> <li>Demonstration project (TRL 7/8) requires extensive public funding</li> </ul>

Figure 6: CO<sub>2</sub> abatement options in the cement industry (Source: VDZ)

Bild 6: CO<sub>2</sub>-Minderungsmöglichkeiten in der Zementindustrie (Quelle: VDZ)

materials. The possibility of using calcined raw materials is virtually negligible because of the lack of availability of suitable materials in sufficient quantity.

With respect to the electrical efficiency it can be stated that the potential for abatement is very limited and that there are target conflicts with increasing market and environmental requirements. This relates, for example, to the increasing fineness of grinding of cement and the use of a catalyst for nitrogen oxide reduction.

The breakthrough technologies also include "new binders." However, they will not replace clinker-based cements to any great extent in the foreseeable future. In this respect there remains only CO<sub>2</sub> collection using carbon capture technologies. They are technically promising but give rise to heavy costs. CO<sub>2</sub> storage and/or CO<sub>2</sub> usage are so far politically unresolved. According to previous investigations the oxyfuel method is the most cost-effective carbon capture technology for cement production. Projects for demonstrating the technology in cement plants require extensive public funding [7].

Fig. 7 shows the worldwide potential for possible CO<sub>2</sub> abatement in the cement industry on the basis of the IEA/CSI Technology Roadmap for 2018 to 2050, with the estimates for thermal energy efficiency, fuel change, clinker reduction in the cement and carbon capture technology. The direct CO<sub>2</sub> emissions from the cement industry contribute about 2.3 billion t CO<sub>2</sub> per year with a worldwide cement production of over 4.1 billion t/a.

The roadmap is intended to indicate important limits, options and measures for the industry, the financial partners and the decision-makers and to accelerate the research and development of technologies for raising energy efficiency and reducing greenhouse gas emissions.

The abatement of process-related CO<sub>2</sub> emissions in the cement industry is a particular challenge. The target of climate neutrality cannot be achieved without carbon capture and storage (CCS). The corresponding technologies are the subject of current research projects by the European cement industry. However, they are associated with substantial energy usage and costs as well as unsolved problems concerning the storage or use of the CO<sub>2</sub>. A precondition for industrial implementation is also reliable protection by the politicians against carbon leakage.

Through a planned sponsorship programme for decarbonization of the industry the BMU (Federal Environment Industry) is aiming from 2020 to provide financial support for innovative projects for abatement of process-related CO<sub>2</sub> emissions in the areas of research, development,

CO<sub>2</sub>-Minderung stehen auch mögliche Breakthrough-Technologien im Fokus.

Die thermische Effizienz in der Zementindustrie ist, verglichen mit anderen Industrieprozessen, sehr hoch und stößt mittlerweile an die chemisch-mineralogischen Grenzen. Der Einsatz alternativer Brennstoffe begünstigt durch einen geringeren Kohlenstoffanteil sowie hohen Biomasse-Anteil die CO<sub>2</sub>-Bilanz im Herstellprozess. Eine stetige Senkung des Klinkeranteils im Zement wird durch die Verfügbarkeit geeigneter Ersatzmaterialien begrenzt. Der Einsatz calzinierter Rohstoffe ist aufgrund fehlender Verfügbarkeit geeigneter Materialien in ausreichender Menge kaum nennenswert möglich. Bezüglich der elektrischen Effizienz ist festzustellen, dass die Minderungspotenziale sehr eingeschränkt sind und Zielkonflikte mit zunehmenden Markt- und Umweltauforderungen existieren. Das betrifft z.B. die steigende Mahlfeinheit von Zement und die Verwendung eines Katalysators für die Stickstoffoxidreduktion.

Zu den Breakthrough-Technologien gehören auch „Neue Bindemittel.“ Sie werden aber in absehbarer Zeit klinkerbasierte Zemente nicht in größerem Umfang ersetzen. Insofern bleibt nur die CO<sub>2</sub>-Abscheidung mit Carbon-Capture-Technologien. Sie sind technisch aussichtsreich, verursachen aber hohe Kosten. Die CO<sub>2</sub>-Speicherung bzw. CO<sub>2</sub>-Nutzung sind bislang politisch ungeklärt. Das Oxyfuel-Verfahren ist nach bisherigen Untersuchungen die wirtschaftlichste Carbon-Capture-Technologie für die Zementherstellung. Projekte zur Demonstration der Technologie in Zementwerken erfordern umfangreiche öffentliche Förderungen [7].

In Bild 7 sind die weltweit auf der Basis der IEA/CSI Technology Roadmap 2018 bis 2050 möglichen CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale in der Zementindustrie dargestellt, mit den Ansätzen thermische Energieeffizienz, Brennstoffwechsel, Klinkerreduktion im Zement und Carbon-Capture-Technologie. Dabei betragen die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie ca. 2,3 Milliarden t CO<sub>2</sub> pro Jahr bei einer weltweiten Zementproduktion von über 4,1 Milliarden t/a.

Die Roadmap soll wichtige Grenzen, Möglichkeiten und Maßnahmen für die Industrie, die Finanzpartner und die Entscheid-

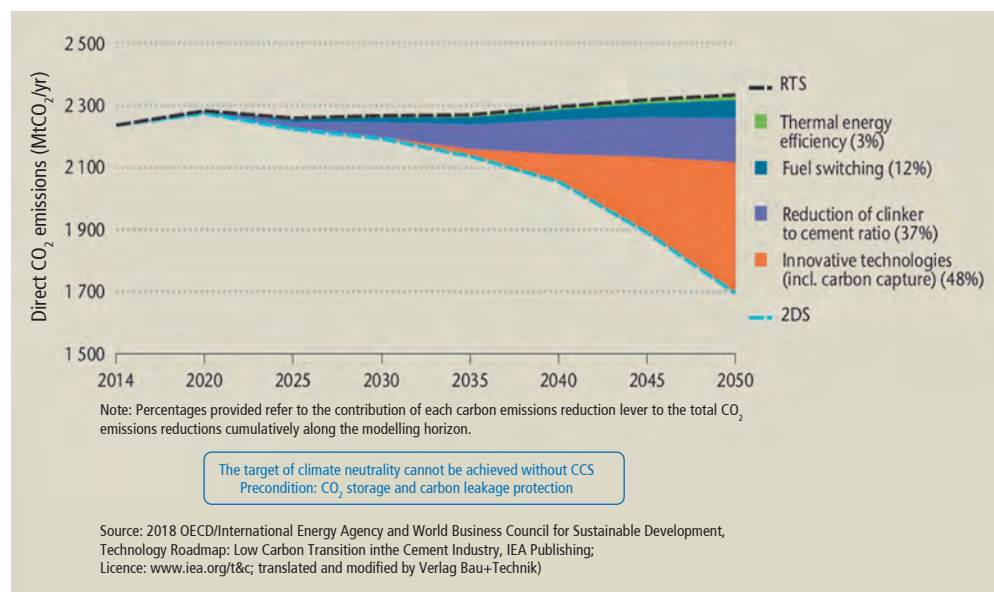


Figure 7: CO<sub>2</sub> abatement potential for the cement industry by 2050

Bild 7: CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale der Zementindustrie bis 2050



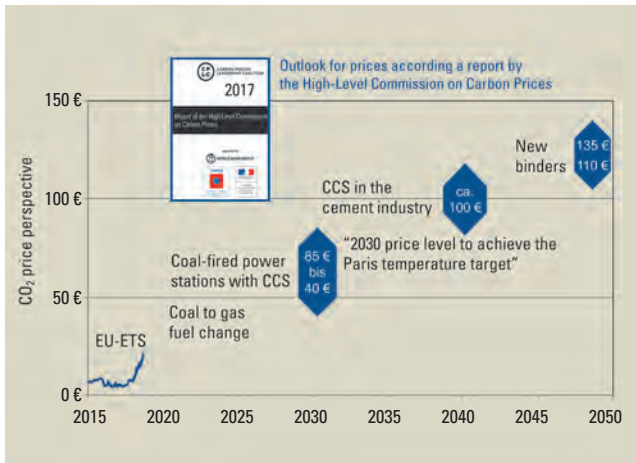


Figure 8: Outlook for CO<sub>2</sub> prices for the technologies needed to achieve the 2° target (Source: VDZ)

Bild 8: CO<sub>2</sub>-Preisperspektiven für die Technologien, um das 2-°C-Ziel zu erreichen (Quelle: VDZ)

trials in test plants and implementation on an industrial scale [8].

The increases in CO<sub>2</sub> prices for the use of technologies to achieve the 2-degree target in the period from 2015 to 2050 signify an enormous increase in costs for the cement industry (▶ Fig. 8). In the diagram it can be seen that the application of CCS in the cement industry becomes economically important above a CO<sub>2</sub> price of about 100 €/t. According to the report by the High-Level Commission on Carbon Prices a price level of 110 to 135 €/t CO<sub>2</sub> is emerging for new binders.

### 3 Climate protection for the concrete user and the construction industry

Concrete construction will also be faced with major challenges in the future through climate protection and resource efficiency. It should be borne in mind that for the foreseeable future Portland cement clinker will remain the essential constituent of cement.

A further reduction of the clinker/cement factor from the current value of about 0.71 [9] in Germany can lower the CO<sub>2</sub> intensity of concrete through the use of more clinker-

träger aufzeigen und die Forschung und Entwicklung von Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz und Minderung der Treibhausgasemissionen beschleunigen.

Insbesondere die Minderung von prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementindustrie ist eine besondere Herausforderung. Ohne Carbon Capture and Storage (CCS) kann das Ziel der Klimaneutralität nicht erreicht werden. Die entsprechenden Technologien sind Gegenstand aktueller Forschungsprojekte der europäischen Zementindustrie. Sie sind allerdings mit erheblichem Energieeinsatz und Kosten sowie offenen Fragen zur Speicherung oder Nutzung des CO<sub>2</sub> verbunden. Voraussetzung für die technische Umsetzung ist zudem ein verlässlicher Carbon-Leakage-Schutz durch die Politik.

Mit einem geplanten Förderprogramm zur Decarbonisierung der Industrie strebt das Bundesumweltministerium (BMU) an, ab 2020 innovative Projekte zur Minderung von prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich der Forschung, Entwicklung, der Erprobung in Versuchsanlagen sowie der Umsetzung im industriellen Maßstab finanziell zu fördern [8].

Die CO<sub>2</sub>-Preisentwicklungen für den Einsatz der Technologien zum Erreichen des 2-°C-Ziels im Zeitraum 2015 bis 2050, bedeuten eine enorme Kostensteigerung für die Zementindustrie (▶ Bild 8). In der Abbildung ist zu erkennen, dass die Anwendung von CCS in der Zementindustrie ab einem CO<sub>2</sub>-Preis von ca. 100 €/t eine wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Für neue Bindemittel ergibt sich nach dem Bericht der High-Level Commission on Carbon Prices ein Preisniveau von 110 bis 135 €/t CO<sub>2</sub>.

### 3 Klimaschutz der Betonanwender und der Bauwirtschaft

Die Betonbauweise wird auch zukünftig durch Klimaschutz und Ressourceneffizienz vor große Herausforderungen gestellt. Dabei ist zu bedenken, dass Portlandzementklinker auf absehbarer Zeit der wesentliche Bestandteil von Zement bleiben wird.

Eine weitere Senkung des Klinker/Zement-Faktors von aktuell etwa 0,71 [9] in Deutschland vermindert die CO<sub>2</sub>-Intensität von Beton durch anwendungsbezogenen Einsatz klinkereffizienter Zemente. Die Erweiterung der Zementnorm durch z.B. CEM II/C-M mit einem Mindestklinkergehalt von 50 % unterstützt diese Maßnahme in Verbindung mit einer angepassten Betontechnologie für klinkereffiziente Zemente hinsichtlich der Frisch- und Festbetoneigenschaften sowie Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Beton. Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial beim Transportbeton beträgt bis zu 25 % durch zusätzlichen Einsatz von CEM II/C-M und CEM II/B-LL-Zementen.

Neue Bindemittel können zunächst für Nischenanwendungen zum Einsatz kommen. Eine steigende Zementvielfalt führt beim Betonhersteller zu erhöhtem Aufwand bzgl. der Logistik (mehr Silos) und der Betonherstellung sowie Betonüberwachung. Zusätzlich benötigt die Entwicklung einer klimafreundlichen Betonbauweise innovative Konstruktions- und Produktionstechniken wie z.B. Leichtbau, Carbonbeton und eine fortschreitende Digitalisierung (Industrie 4.0, BIM Building Information Modeling). Dabei sind ein intensiver Wissenstransfer und eine entsprechende Kommunikation entlang der gesamten Wertschöpfungskette erforderlich.

Produkt Environmental Footprint (PEF)

- Product Environmental Footprint (PEF): method developed by the European Commission for quantifying the ecological performance of products from all sectors
- Pilot phase just before finalization, including building products (decorative paints, metal sheet, thermal insulation)
- For building products the evaluations are to be based on the ecobalance standards of CEN/TC 350
- Target for the PEF: definition of a "representative product" for each product group and the establishment of benchmarks
- Possible target<sup>[1]</sup>:

[1] „Outcomes of the Environmental Footprint pilot phase“, presentation by Michele Galatola, DG Environment, Conference of the Environmental Footprint Pilot Phase, 24. April 2018

Figure 9: Product Environmental Footprint (PEF)

Bild 9: Produkt Environmental Footprint (PEF)

efficient cements for specific applications. Extension of the cement standard to include, for example, CEM II/C-M with a minimum clinker content of 50 % supports this measure in conjunction with an adapted concrete technology for clinker-efficient cements with respect to the fresh and hardened concrete properties as well as fitness for purpose and durability of the concrete. With ready-mixed concrete there is a potential for CO<sub>2</sub>-saving of up to 25 % through additional use of CEM II/C-M and CEM II/B-LL cements.

New binders can come into use first for niche applications. For the concrete producer an increasing diversity of cements leads to increased expenditure with respect to the logistics (more silos) and the production and monitoring of the concrete. The development of a climate-friendly mode of concrete construction also needs innovative design and production techniques, such as light-weight construction, carbon-reinforced concrete and progressive digitalization (Industry 4.0, BIM – Building Information Modelling). This requires intensive knowledge transfer and corresponding communication along the entire value-added chain.

Ecological evaluation of products is progressing alongside consideration of the CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere. Data from EPDs (Environmental Product Declarations) are the preferred input variables for the ecobalances of structures. In an EPD the producers declare the environmental performance of their products in accordance with consistent rules (PCR, Product Category Rules) and have them checked and verified by independent agencies.

The PEF (Product Environmental Footprint) is a harmonized method developed by the European Commission for quantifying the ecological performance of products from all sectors during their entire lifecycles [10] (Fig. 9). The environmental

Neben der Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Atmosphäre schreitet die ökologische Bewertung von Produkten voran. Als Eingangsgröße für die Ökobilanzierung von Bauwerken werden bevorzugt Daten aus Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration, EPD) herangezogen. In einer EPD deklariert der Hersteller die Umweltperformance seiner Produkte nach einheitlichen Regeln (Product Category Rules, PCR) und lässt sie von unabhängiger Seite prüfen und verifizieren.

Beim Produkt Environmental Footprint (PEF) handelt es sich um eine von der Europäischen Kommission entwickelte harmonisierte Methodik zur Quantifizierung der ökologischen Performance von Produkten aus allen Bereichen während seines gesamten Lebenszyklus [10] (Bild 9). Die Umweltwirkungen eines Produkts werden beim PEF auf der Grundlage von Wirkungskategorien wie Klimawandel, Abbau der Ozonschicht, Ökotoxizität usw. über die Methodik der Ökobilanzierung berechnet. Die Pilotphase des PEF steht kurz vor dem Abschluss, auch unter Beteiligung von Bauprodukten wie Dekorfarben, Metallbleche und Wärmedämmung.

Im CEN Normenausschuss CEN/TC 350 „Nachhaltigkeit von Bauwerken“ hat bereits eine Überarbeitung der „EPD Norm“ EN 15804 stattgefunden, um die EPD (Environmental Product Declaration) an die PEF-Methodik anzupassen. Angestrebt im PEF ist darüber hinaus die Definition eines „repräsentativen Produkts“ je Produktgruppe sowie die Festlegung von Benchmarks.

Zielsetzung ist also der Aufbau eines EU-Binnenmarkts für „Grüne Produkte“. In einem Auszug aus der „Ressource Efficiency Roadmap“ der EU-Kommission heißt es: „Spätestens 2020 werden Bürger sowie öffentlichen Behörden über angemessene Preissignale und klare Umweltinformationen

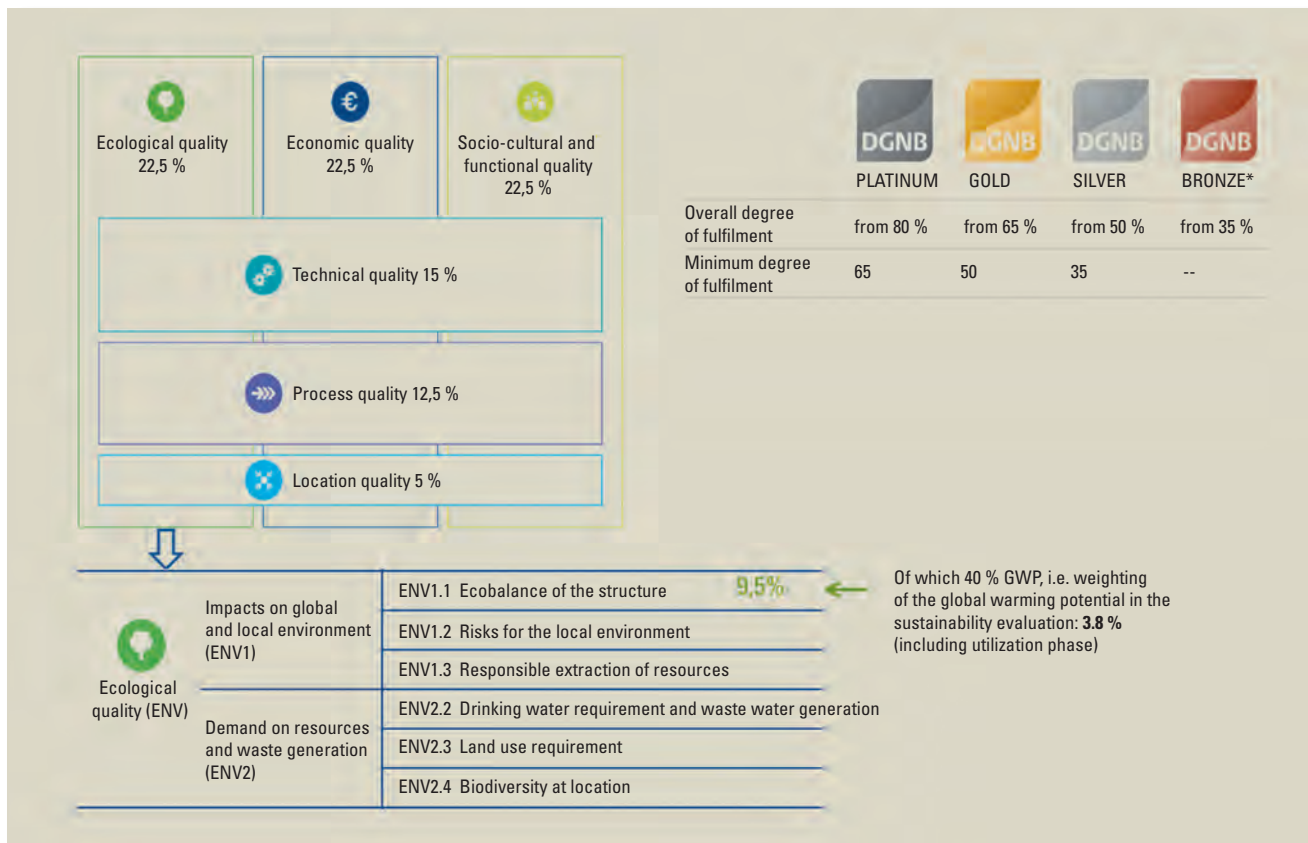


Figure 10: GWP in the DGNB sustainability evaluation (as at 2018) (Source: www.dgnb-system.de)

Bild 10: GWP in DGNB-Nachhaltigkeitsbewertung (Stand 2018) (Quelle: www.dgnb-system.de)

effects of a product are calculated in the PEF by the eco-balancing methods on the basis of impact categories, such as climate change, depletion of the ozone layer, ecotoxicity, etc. The pilot phase of the PEF, including the involvement of building products such as decorative paints, sheet metal and thermal insulation, is almost complete.

A revision of the "EPD standard" EN 15804 has already taken place in the CEN standards committee CEN/TC 350 "Sustainability of structures" in order to adapt the EPD to the PEF methodology. The intention in the PEF is also to define a "representative product" for each product group and to establish benchmarks.

The objective is therefore to build up an EU internal market for "green products". An excerpt from the EU Commission's "Resource Efficiency Roadmap" states that: "By 2020 at the latest, citizens and public authorities will be offered the right incentives through appropriate price signals and clear information so that they can select the products and services that involve the most environmental conservation."

An important parameter for the contribution to the greenhouse effect is the GWP (Global Warming Potential). The GWP also forms part of the sustainability evaluation of structures by DGNB (German Association for Sustainable Building) [11] (Fig. 10).

Ecological, economic and social criteria are taken into account in equal measure in the overall evaluation of the sustainability of structures. The DGNB system goes beyond these three dimensions of sustainability by including the technical quality of the structure, e.g. fire and noise protection, in the evaluation. The quality of the process and location are also taken into account to a lesser extent by criteria such as the implementation of an integral design. At the end there is an overall assessment ranging from bronze to platinum.

In relation to the ecological quality of the DGNB sustainability evaluation the ecobalance of the structure currently accounts for a proportion of 9.5 %, 40 % of which is the GWP. This means that the weighting of the global warming potential in the sustainability evaluation is 3.8 %, including the utilization phase.

It was therefore apparent that the global warming potential had a relatively low importance in the sustainability evaluation by the DGNB system. What is more, the environmental effects of cement production only affect the ecobalance of the production of the structure but not that of its utilization. However, because of the ever greater demands made on energy saving during the utilization of a structure the proportion due to the production of the structure within the ecobalance will become more important in the coming years.

The uptake of CO<sub>2</sub> by the concrete by carbonation is also to be regarded in future as a CO<sub>2</sub> sink. In the report "CO<sub>2</sub> uptake in cement-containing products" [12] the target is formulated to take account of the carbonation within the framework of the national and international CO<sub>2</sub> coverage (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change).

There are three methods of calculation with varying degrees of complexity. The simplest method "Tier 1" considers the yearly uptake of CO<sub>2</sub> by a concrete structure using factors of 0.20 for the utilization phase, 0.02 for the end of life and

die richtigen Anreize geboten damit sie die ressourcenschonendsten Erzeugnisse und Dienstleistungen wählen können."

Eine wichtige Kenngröße für den Beitrag zum Treibhauseffekt ist das Treibhauspotenzial GWP (Global Warming Potential). Das GWP ist auch Bestandteil der Nachhaltigkeitsbewertung der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) von Gebäuden [11] (Bild 10).

Ökologische, ökonomische und soziale Kriterien werden in der Gesamtbewertung der Nachhaltigkeit von Bauwerken gleichermaßen berücksichtigt. Über diese drei Dimensionen der Nachhaltigkeit hinaus geht im DGNB-System die technische Qualität des Bauwerks wie z.B. Brand- und Schallschutz in die Bewertung ein. Auch die Prozess- und Standortqualität werden in geringerem Umfang durch Kriterien wie z.B. die Durchführung einer integralen Planung berücksichtigt. Am Ende steht eine Gesamtbeurteilung von Bronze bis Platin.

Bezogen auf die ökologische Qualität der DGNB-Nachhaltigkeitsbewertung hat die Ökobilanz des Gebäudes aktuell einen Anteil von 9,5 %, davon 40 % GWP. Das heißt, die Gewichtung des Treibhauspotenzials in der Nachhaltigkeitsbewertung beträgt 3,8 % inklusive Nutzungsphase.

Es zeigte sich also, dass das Treibhauspotenzial in der Nachhaltigkeitsbewertung des DGNB-Systems einen relativ geringeren Stellenwert hat. Darüber hinaus beeinflussen die Umweltwirkungen der Zementherstellung ausschließlich die Ökobilanz der Gebäudeherstellung, nicht jedoch die der Gebäudenutzung. Aufgrund immer höherer Anforderungen an die Energieeinsparung während der Gebäudenutzung wird der Anteil der Gebäudeherstellung innerhalb der Ökobilanz aber in den kommenden Jahren bedeutsamer werden.

Zukünftig soll auch die CO<sub>2</sub>-Aufnahme des Betons durch die Carbonatisierung als CO<sub>2</sub>-Senke berücksichtigt werden. Im Report „CO<sub>2</sub> uptake in cement containing products" [12] wird das Ziel formuliert, die Carbonatisierung im Rahmen der nationalen und internationalen (UNFCCC, Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen) CO<sub>2</sub>-Berichterstattung zu berücksichtigen.

Es gibt drei Berechnungsmethoden mit unterschiedlicher Komplexität. Die einfachste Methode „Tier 1" betrachtet die jährliche CO<sub>2</sub>-Aufnahme eines Betongebäudes über Faktoren von 0,20 für die Nutzphase, 0,02 für das Lebensende und 0,01 für die Wiederverwertung, die mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Calciniierung des verbrauchten Zementklinkers multipliziert werden. Eine genauere Abschätzung in Abhängigkeit von der Betonzusammensetzung und der Expositionsklasse wird in EN 16757 Annex BB beschrieben [2].

Aus der vereinfachten Berechnungsmethode ergibt sich eine CO<sub>2</sub>-Aufnahme von ungefähr 15 % der spezifischen Klinkeremissionen (inklusive Emissionen aus Brennstoffen) über den gesamten Lebenszyklus.

Die Carbonatisierungsgeschwindigkeit und die maximal mögliche CO<sub>2</sub>-Aufnahme eines zementgebundenen Baustoffs hängen vom Zement- bzw. Klinkergehalt, den Expositionsbedingungen sowie der Behandlung nach dem Abbruch des Bauwerks ab.

0.01 for re-use. These are multiplied by the CO<sub>2</sub> emissions from the calcination of the cement clinker consumed. A more accurate assessment that depends on the concrete composition and the exposure class is described in EN 16757 annex BB [2].

The simplified method of calculation results in a CO<sub>2</sub> uptake of about 15 % of the specific clinker emissions (including emissions from fuels) over the entire lifecycle.

The rate of carbonation and the maximum possible CO<sub>2</sub> uptake of a cement-bonded building material depend on the cement and/or clinker content, the exposure conditions and the treatment after demolition of the structure.

In the Netherlands the environmental costs of a project are now estimated with "shadow prices" and these are added to the tender costs of the construction project. The decision for a supplier is based on the total of the tender and environmental costs. The "shadow price", e.g. for the global warming potential, is currently 50 €/t CO<sub>2</sub>. According to verbal information the level of environmental costs amounts to up to about 30 % of the tender cost [13].

In this connection the EPDs for building products have to be recorded in the Dutch database ("Stichting Bouwkwiteit") in accordance with the Dutch requirements. The EDP must be checked by an LCA (Life Cycle Assessment) expert who is authorized by the "Stichting Bouwkwiteit". Otherwise the environmental effects of the product will incur additional costs.

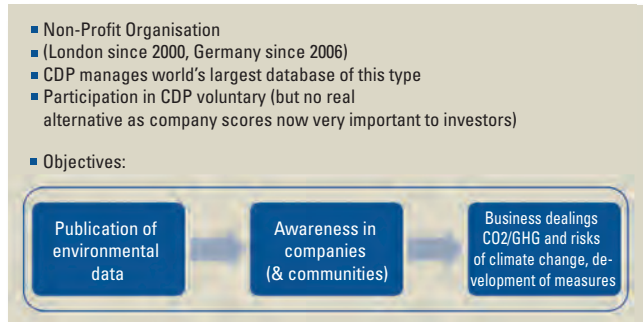


Figure 11: CDP (formerly Carbon Disclosure Project)

Bild 11: CDP (ehemaliges Carbon Disclosure Project)

In den Niederlanden werden mittlerweile die Umweltkosten eines Projekts mit so genannten "Schattenpreisen" abgeschätzt und zu den Angebotskosten des Bauprojekts addiert. Die Entscheidung für einen Anbieter basiert auf der Summe aus Angebots- und Umweltkosten. Der "Schattenpreis" z.B. für das Treibhauspotenzial beträgt aktuell 50 €/t CO<sub>2</sub>. Die Höhe der Umweltkosten betragen nach mündlichen Informationen bis zu ca. 30 % der Angebotskosten [13].

In dem Zusammenhang ist eine Aufnahme von EPDs für Bauprodukte gemäß der holländischen Anforderungen in der niederländischen Datenbank („Stichting Bouwkwiteit“) erforderlich. Die EPD muss durch einen LCA-Experten (Life Cycle Assessment) geprüft werden, der von der „Stichting Bouwkwiteit“ autorisiert ist. Ansonsten werden die Umweltwirkungen des Produkts mit Zusatzkosten belegt.



# Maximise the availability of your rotary equipment

We carry out state-of-the-art maintenance on your core equipment to ensure continuous production operation. Applying advanced assessment and measurement methods, our experts precisely determine the current condition of your rotary equipment and recommend corrective measures to help you increase the availability and service life of your machinery.

## We can support you with:

- Inspections and measurements of rotary kilns and ball mills (geometry, ovality, shell deformation, thermal profile etc.)
- Corrective measures for rotary equipment and its mechanics (kiln alignment, adjustment of gearing on kilns and mills etc.)
- Commissioning and assembly supervision
- Development of customised checklists and training



## Interested? Contact us!



Phone: +49-211-45 78-254  
 maintenance@vdz-online.de  
 Tannenstrasse 2  
 40476 Duesseldorf, Germany

<https://www.vdz-online.de/en>

The procedure that has been described has not undergone European harmonization and the question arises as to whether country-specific EDPs will be needed in the future when exporting cement.

#### 4 Consideration of the environmental aspects by institutional investors

Institutional investors are already paying increasing attention to the fact that company scores correspond to the business dealings with greenhouse gas emissions and the risks of climate change. The Non-Profit Organisation CDP (formerly Carbon Disclosure Project) formed in London in 2000 can be presented here as an example [14] (Fig. 11).

CDP is the world's largest investor initiative with more than 650 major investors who, taken together, manage large capital assets. On behalf of its members it contacts thousands of the largest quoted companies and public institutions from all continents every year. In addition to emission data they also require responsible dealing with water, the protection of primary forests and the management of environmental risks in the supply chain. The CDP has built up the world's largest database of this type, including environmental strategies for climate change. Participation in the CDP is voluntary but in reality there is no alternative as company scores are now very important to investors. An increasing proportion of companies are content with publication of the data. The investors want to understand and reduce the climate risks that are associated with their capital assets and in this way contribute to avoiding dangerous climate change.

Companies are increasingly submitting to the pressure from the investors to raise the response rates every year. The data show that the over 5 000 companies questioned by the CDP in 2013 represent more than half of the entire share capital quoted worldwide. In this way the major investors are giving impetus to the trade. "It is most important that the main emitters significantly increase their efforts towards climate protection and that the governments provide more incentives for this (.....) so that all our natural capital is not put at risk" said CDP chairman Paul Simpson at the release of the CDP Global 500 Report. ◀

Die beschriebene Vorgehensweise ist nicht europäisch harmonisiert und es stellt sich die Frage, ob beim Export von Zement zukünftig länderspezifische EPD erforderlich sind.

#### 4 Die Berücksichtigung der Umweltaspekte durch institutionelle Anleger

Institutionelle Anleger beachten bereits verstärkt, dass Unternehmens-Scores bezüglich des unternehmerischen Umgangs mit den Treibhausgasemissionen und den Risiken des Klimawandels korrespondieren. Als ein Beispiel soll hier die im Jahr 2000 in London gegründete Non-Profit Organisation CDP (ehemals Carbon Disclosure Project) vorgestellt werden [14] (Bild 11).

CDP ist die weltgrößte Investoreninitiative mit mehr als 650 Großinvestoren, die zusammengerechnet ein großes Anlagevermögen verwalten. Sie wendet sich im Auftrag ihrer Mitglieder jährlich an Tausende der größten börsennotierten Unternehmen und öffentliche Institutionen aus allen Kontinenten. Sie verlangt neben Emissionsdaten auch einen verantwortlichen Umgang mit Wasser, den Schutz von Primärwäldern und das Management von Umweltrisiken in der Zuliefererkette. Das CDP hat die weltgrößte Datenbank ihrer Art aufgebaut, inklusive Unternehmensstrategien zum Klimawandel. Eine Teilnahme an CDP ist freiwillig aber „alternativlos“, da Unternehmens-Score mittlerweile hohe Bedeutung für Investoren haben. Ein steigender Anteil der Unternehmen erklärt sich mit der Veröffentlichung der Daten einverstanden. Die Investoren wollen die Klimarisiken, die mit ihren Kapitalanlagen verbunden sind, verstehen und senken sowie dazu beitragen, einen gefährlichen Klimawandel zu vermeiden.

Dem Druck der Investoren beugen sich die Unternehmen mehr und mehr, die Antwortquoten steigen jährlich. Die über 5 000 Unternehmen, die das CDP 2013 befragte, repräsentieren dessen Angaben zufolge mehr als die Hälfte des gesamten weltweit notierten Aktienkapitals. Die Großinvestoren geben auf diese Weise Anstöße zum Handeln. „Es ist von größter Bedeutung, dass die Hauptemissionsverursacher ihre Klimaschutzbestrebungen deutlich steigern und die Regierungen mehr Anreize dafür geben (...) um unser aller Naturkapital nicht zu gefährden“, sagte CDP-Vorstandschef Paul Simpson anlässlich der Veröffentlichung des CDP Global 500-Berichts. ◀

#### LITERATURE

- [1] BMU Klimaschutz in Zahlen 2018.
- [2] Umweltbundesamt, Nationale Inventarberichte zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 bis 2017 (Stand 01/2019).
- [3] Studie, BDI, Klimapfade für Deutschland, 18. Januar 2018.
- [4] Source: [http://www.wbcsdcement.org/GNR-2015/EU28/GNR-Indicator\\_59cDG-EU28-allyear.html](http://www.wbcsdcement.org/GNR-2015/EU28/GNR-Indicator_59cDG-EU28-allyear.html) and VDZ, with modifications.
- [5] IEA/CSI Technology Roadmap 2018.
- [6] Deutsche Emissionshandelsstelle im Bundesumweltamt, VET-Bericht 2017.
- [7] CEMCAP – CO<sub>2</sub>-Abscheidung in der Zementproduktion; financed from the Horizon 2020 research and innovation programme of the European Union; grant agreement No. 641185).
- [8] Bundesumweltministerium: Förderprogramm zu Dekarbonisierung der Industrie (Stand 2019).
- [9] VDZ, Zahlen und Daten 2018.
- [10] Environmental Footprint: Der Umwelt-Fußabdruck von Produkten und Dienstleistungen, Forschungskennzahl 371295337 UBA-FB XXX
- [11] DGNB System, Kriterienkatalog Gebäude Neubau Version 2018
- [12] Stripplé, H.; Ljungkrantz, C.; Gustafsson, T.; Andersson, R. CO<sub>2</sub> uptake in cement-containing products: Background and calculation models for IPCC implementation. Stockholm: IVL Swedish Environmental Research Institute, 2018 (Report B 2309).
- [13] Mitarbeiter Rijkswaterstaat
- [14] <https://www.cdp.net/en>