

„Treibhausgasemissionen durch die Produktion von Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonsteinen sowie die CO₂-Aufnahme durch den mit diesen Produkten errichteten Gebäudebestand“

beauftragt von der

**Deutsche Gesellschaft für
Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V.**



erstellt durch



Hannover, November 2022

Auftraggeber:

Dr. Ronald Rast
Deutsche Gesellschaft für
Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V.
Kochstraße 6-7
10969 Berlin
Tel.: 030 / 259280-40
Fax: 030 / 253596-45
E-Mail: mail@dgfm.de
Internet: www.dgfm.de

Verantwortlich für den Inhalt:

Matthias Günther
Eduard Pestel Institut e.V.
Gretchenstraße 7
30161 Hannover

Tel. 0511 / 99094-20
E-Mail: guenther@pestel-institut.de
Internet: www.pestel-institut.de

Inhalt

		Seite
1	Ausgangslage und Ziele	1
2	Produktionsmengen	2
3	Von Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten ausgehende Emissionen von Treibhausgasen sowie die anschließende Aufnahme von CO ₂ durch Recarbonatisierung	3
3.1	THG-Emissionen durch die Gebäudeherstellung mit Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten von 1970 bis 2021	3
3.2	Über die Recarbonatisierung der seit 1970 in Gebäuden in Deutschland verbauten Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten aufgenommene CO ₂ -Mengen	4
3.3	Emissionsbilanz der Gebäudeherstellung mit Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten in Deutschland von 1970 bis 2021 zum Stichtag 31.12.2021	4
4	Ausblick auf die kommenden Jahre	6
5	Fazit	7

Abbildungen

Abbildung 1	Produktion von Mauerwerksprodukten mit Recarbonatisierung von 1970 bis 2021	2
Abbildung 2	Emission von CO ₂ -eq. bei Herstellung, Transport und Verarbeitung von Mauerwerksprodukten sowie die anschließende Recarbonatisierung über 50 Jahre	3
Abbildung 3	Jährliche Aufnahme von CO ₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonsteinen und Porenbetonsteinen	5
Abbildung 4	Kumulierte Aufnahme von CO ₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonsteinen und Porenbetonsteinen	5
Abbildung 5	Jährliche Aufnahme von CO ₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonsteinen und Porenbetonsteinen bis 2050	6
Abbildung 6	Kumulierte Aufnahme von CO ₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonsteinen und Porenbetonsteinen in der Perspektive bis 2050	7

Treibhausgasemissionen durch die Produktion von Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonsteinen sowie die CO₂-Aufnahme durch den mit diesen Produkten errichteten Gebäudebestand

1 Ausgangslage und Ziele

Bei Produktion, Transport und Verarbeitung von Mauersteinen werden bisher Treibhausgase durch die Energiezufuhr über fossile Brennstoffe und Strom sowie durch chemische Prozesse (bei der Produktion) emittiert. In der Gesamtbilanz wurde allerdings die seit langer Zeit bekannte Recarbonatisierung der Steine über die ersten 70 Jahre der Gebäudelebensdauer vernachlässigt.

Die Recarbonatisierung bindet die durch chemische Prozesse bei der Herstellung freigesetzten CO₂-Mengen weitgehend wieder in den Steinen, sofern kein vollständiger Luftabschluss gegeben ist. Dies dürfte nur in sehr seltenen Fällen der Fall sein. Insbesondere die Verkleidung der Innenwände (Putz, Tapete, Paneele) ist in der Regel luftdurchlässig. Während die Aufnahme von CO₂ über die ersten 50 Jahre nahezu linear erfolgt, beginnt anschließend eine asymptotische Annäherung an den berechneten Endwert der CO₂-Aufnahme. Um ausreichend „Sicherheit“ in den Berechnungen zugrunde zu legen, wird nur über 50 Jahre gerechnet.

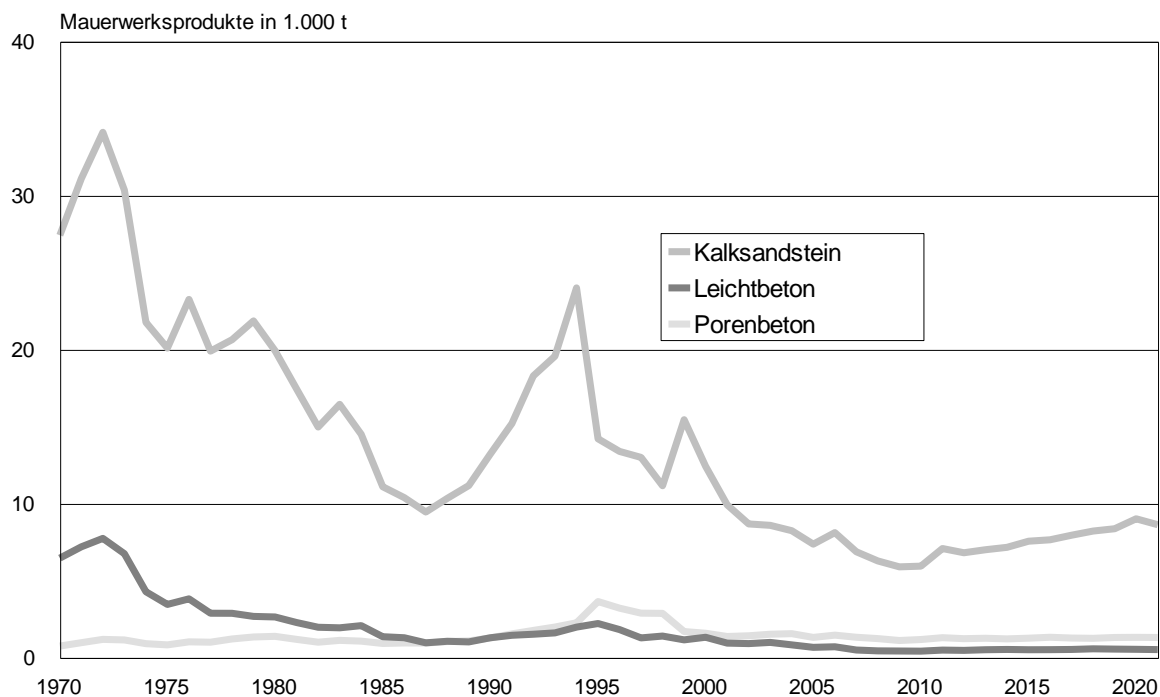
Beginnend 1970 werden für die Herstellung der Steine sowie den Gebäudebestand sowohl die THG-Emissionen als auch die THG-Aufnahme durch das Mauerwerk abgeschätzt. Im Ergebnis werden jährliche THG-Emissionen durch Neubauten und THG-Aufnahmen durch den Bestand bis 2021 ausgewiesen. Wegen der Transportintensität von Mauersteinen können die Import-Export-Beziehungen vernachlässigt werden. Diese waren allenfalls in den Boomzeiten etwa Anfang der 1990-er-Jahre mit einem Importüberschuss wirksam.

Neben der Betrachtung der Vergangenheit erfolgt eine Abschätzung für den weiteren Verlauf bei einer Mauersteinproduktion wie im Durchschnitt der vergangenen fünf Jahre.

2 Produktionsmengen

Basis der Berechnungen sowohl zu den Treibhausgasemissionen ist die Produktion von Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten für den Mauerwerksbau. Die Angaben seitens des Statistischen Bundesamtes erfolgten weit überwiegend in m^3 , nur in den Jahren 1995 bis 1998 waren die Mengen in t angegeben. Da die Berechnungen sowohl der Emissionen als auch der Recarbonatisierung auf die Tonnage gezogen sind, erfolgte eine Umrechnung von m^3 auf t über die durchschnittliche Rohdichte der Steine. Während bei Kalksandstein durchgehend von 2 t je m^3 ausgegangen wurde, hat sich die Rohdichte sowohl bei Porenbeton- als auch bei Leichtbetonprodukten im Zeitablauf vermindert. Für Porenbeton wurde angesetzt, dass die Rohdichte von 0,5 t je m^3 im Jahr 1970 linear auf 0,4 t je m^3 im Jahr 1995 gesunken ist. Bei Leichtbetonprodukten wurde eine Absenkung von 0,8 t je m^3 im Jahr 1970 auf 0,6 t je m^3 im Jahr 2021 unterstellt. Den Verlauf der Produktion zeigt **Abbildung 1**.

Abbildung 1: Produktion von Mauerwerksprodukten mit Recarbonatisierung von 1970 bis 2021



Quelle: Statistisches Bundesamt; eigenen Berechnungen

An der Produktion lassen sich deutlich die Spitzen der Bautätigkeit zu Beginn der 1970-er-Jahre und in den 1990-er-Jahren ablesen. Bis 1990 handelt es sich um die Produktion im früheren Bundesgebiet. Die Bautätigkeit in der DDR war stark vom Betoneinsatz geprägt und die Produktion der hier im Fokus stehenden Produkte wurde z. B. im Statistischen Jahrbuch der DDR 1989 nicht ausgewiesen. Dort wurden bei Baumaterialien lediglich „Brantkalk, Gips, Schotter, Mauerziegel, Wandfliesen, Mineralwolle, Betonerzeugnisse und Zement“ ausgewiesen. Insofern kann die Bautätigkeit in der DDR von 1970 bis 1990 vernachlässigt werden.

3 Von Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten ausgehende Emissionen von Treibhausgasen sowie die anschließende Aufnahme von CO₂ durch Recarbonatisierung

Die Emissionen, die Recarbonatisierung über 50 Jahre und die aktuelle Gesamtbilanz von Mauerwerksprodukten aus Kalksandstein, Porenbeton und Leichtbeton zeigt **Abbildung 2**.

Abbildung 2: Emission von CO₂-eq. bei Herstellung, Transport und Verarbeitung von Mauerwerksprodukten sowie die anschließende Recarbonatisierung über 50 Jahre



Trotz der Recarbonatisierung von 15 % (Leichtbeton) bis 46 % (Porenbeton) der bis zur Herstellung einer Gebäudewand emittierten Treibhausgase zeigt die Gesamtbilanz gegenwärtig noch deutlich positive Emissionswerte je t Mauerwerk in Höhe von 82 kg CO₂-eq. bei Kalksandstein, 147 kg CO₂-eq. bei Leichtbeton und 176 kg CO₂-eq. bei Porenbeton. Hier müssen möglichst schnell fossile Brennstoffe durch regenerative Energiequellen ersetzt werden.

3.1 THG-Emissionen durch die Gebäudeherstellung mit Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten von 1970 bis 2021

Insgesamt wurden in den Jahren von 1970 bis 2021 in Deutschland 717,6 Mio. t Kalksandsteinprodukte, 94,4 Mio. t Leichtbetonprodukte und 73,4 Mio. t Porenbetonprodukte hergestellt und mutmaßlich in Deutschland verbaut.

Setzt man die heutigen Emissionen je t Mauerwerk an, so errechnen sich für den Gesamtzeitraum folgende Emissionsmengen:

Kalksandsteinprodukte:	94,4 Mio. t CO ₂ -eq.
Leichtbetonprodukte:	16,4 Mio. t CO ₂ -eq.
Porenbetonprodukte:	23,9 Mio. t CO ₂ -eq.

3.2 Über die Recarbonatisierung der seit 1970 in Gebäuden in Deutschland verbauten Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten aufgenommene CO₂-Mengen

Als durchschnittliche Speicherpotenziale werden die folgenden Werte für die betrachteten Mauerwerksprodukte angegeben¹:

Kalksandsteinprodukte:	50 kg CO ₂ -eq. je t Mauerwerk
Leichtbetonprodukte:	26 kg CO ₂ -eq. je t Mauerwerk
Porenbetonprodukte:	150 kg CO ₂ -eq. je t Mauerwerk

Daraus errechnen sich folgende CO₂-Mengen, die nach Abschluss der Recarbonatisierung im von 1970 bis 2021 errichteten Gebäudebestand gebunden sein werden. Die Einbindung in die Mauerwerksprodukte bleibt auch nach einem möglichen Abbruch der Gebäude erhalten.

Kalksandsteinprodukte:	35,9 Mio. t CO ₂ -eq.
Leichtbetonprodukte:	2,5 Mio. t CO ₂ -eq.
Porenbetonprodukte:	11,0 Mio. t CO ₂ -eq.

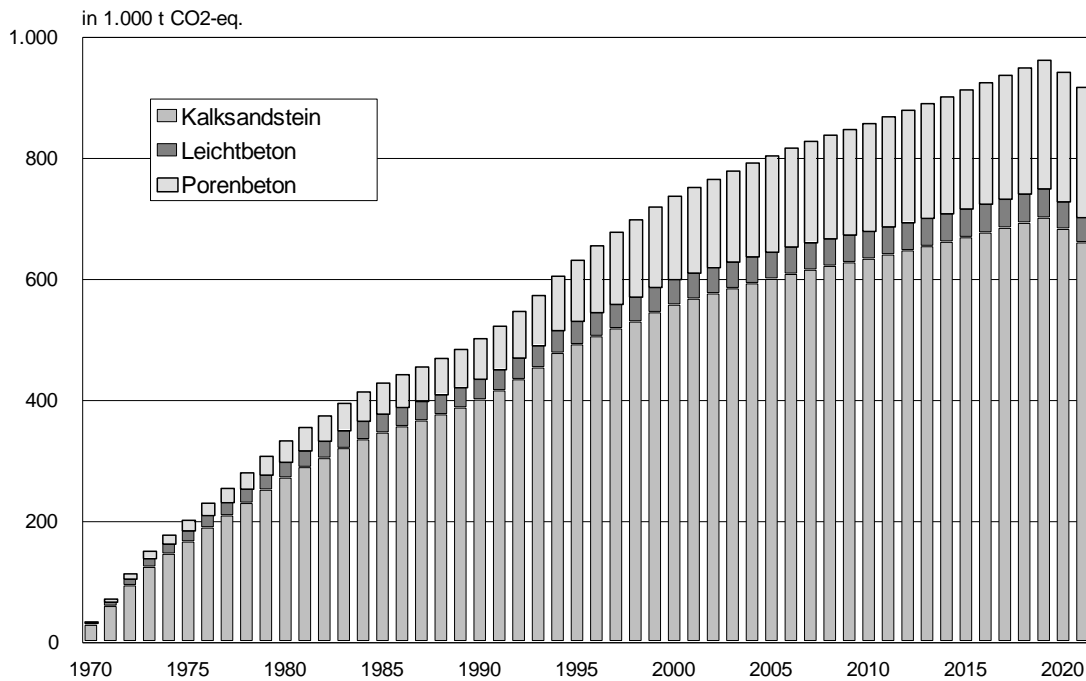
3.3 Emissionsbilanz der Gebäudeherstellung mit Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten in Deutschland von 1970 bis 2021 zum Stichtag 31.12.2021

Während die Emissionen aus Herstellung, Transport und Bauprozess unmittelbar mit der Errichtung der Gebäude verbunden sind, läuft der Recarbonatisierungsprozess über einen Zeitraum von 50 Jahren (für diesen Zeitraum wird von einer linearen Recarbonatisierung ausgegangen, die Zeit jenseits der 50 Jahre werden ausgeblendet). So kann aktuell für die im Jahr 2021 errichteten Gebäude zwar von der vollständigen Emissionsmenge ausgegangen werden, aber nur von einem fünfzigstel der Recarbonatisierung.

Den Aufbau der jährlichen Recarbonatisierung seit 1970 zeigt **Abbildung 3**. Als Startjahr wurde 1970 gewählt, weil dadurch für die ersten Jahre der Fünfzigjahreszeitraum der Recarbonatisierung im Jahr 2021 bereits ausgelaufen ist. Dies zeigt sich in der Abbildung deutlich, da das Herausfallen recht starker Baujahrgänge ab 1970 zu einer erkennbaren Reduktion der jährlich aufgenommenen CO₂-Mengen führte.

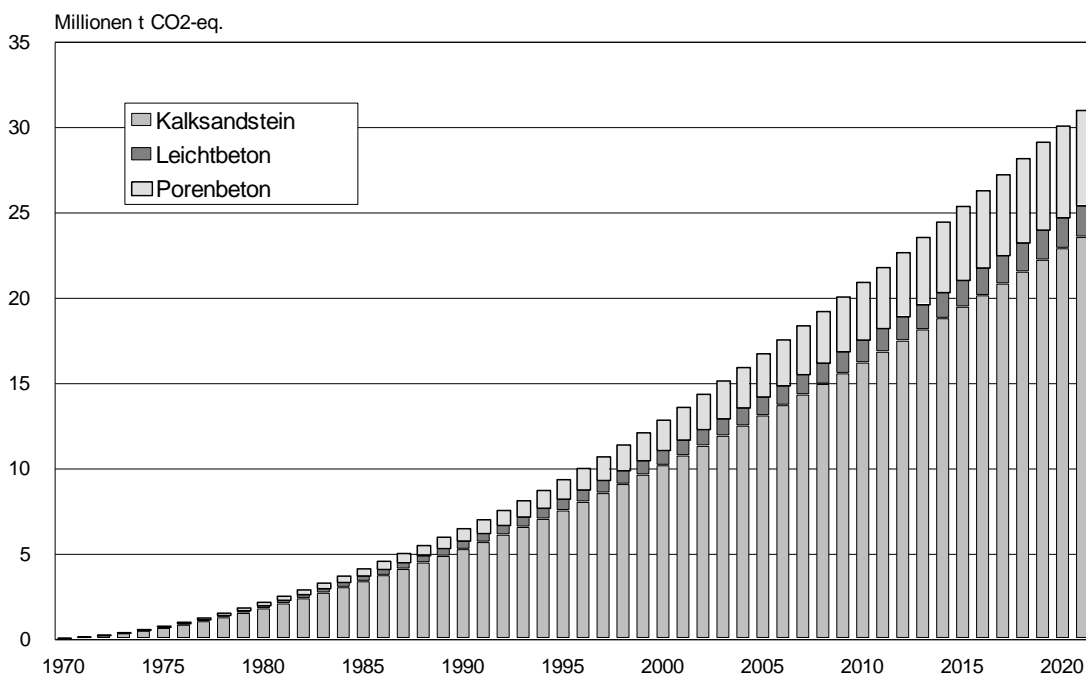
¹ Pohl, S.: Recarbonatisierung von Mauerwerk, Darmstadt 2022

Abbildung 3: Jährliche Aufnahme von CO₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonsteinen und Porenbetonsteinen



In der Spitze wurden in der Vergangenheit gut 900.000 t CO₂ eq. von dem seit 1970 errichteten Gebäudebestand je aufgenommen. Das kumulierte Ergebnis ist in **Abbildung 4** dargestellt.

Abbildung 4: Kumulierte Aufnahme von CO₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonsteinen und Porenbetonsteinen

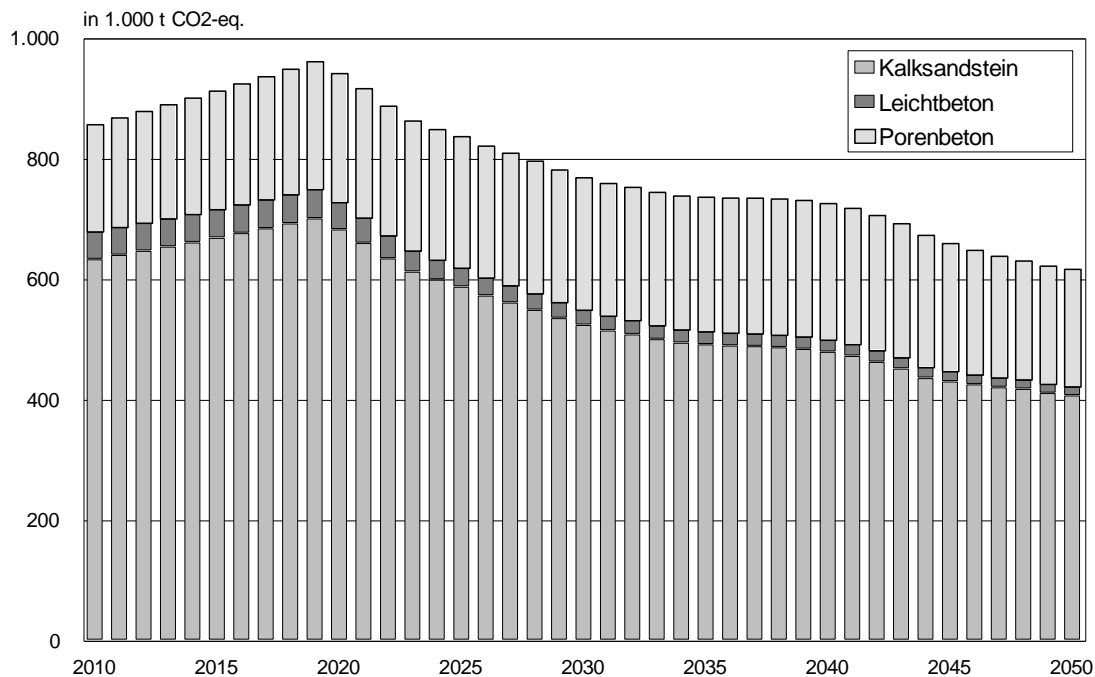


Die bisher kumuliert aufgenommene Menge von knapp 31 Mio. t CO₂ eq. ist aktuell den bei Produktion, Transport und Bauprozess emittierten 134,7 Mio. t CO₂ eq. gegenüberzustellen. Das Verhältnis wird sich bis zum Abschluss des Recarbonatisierungsprozesses noch deutlich verbessern, da der aktuelle Gebäudebestand im Zeitablauf noch weitere 18,4 Mio. t CO₂ eq. aufnehmen wird.

4 Ausblick auf die kommenden Jahre

Die Entwicklung der jährlich vom Gebäudebestand aufgenommenen CO₂-Mengen zeigt **Abbildung 5**. Dabei wurden für die Zukunft die durchschnittlichen Produktionsmengen der vergangenen fünf Jahre für die drei Steinarten und eine vollständige Verbaung dieser Mengen in Gebäuden angesetzt.

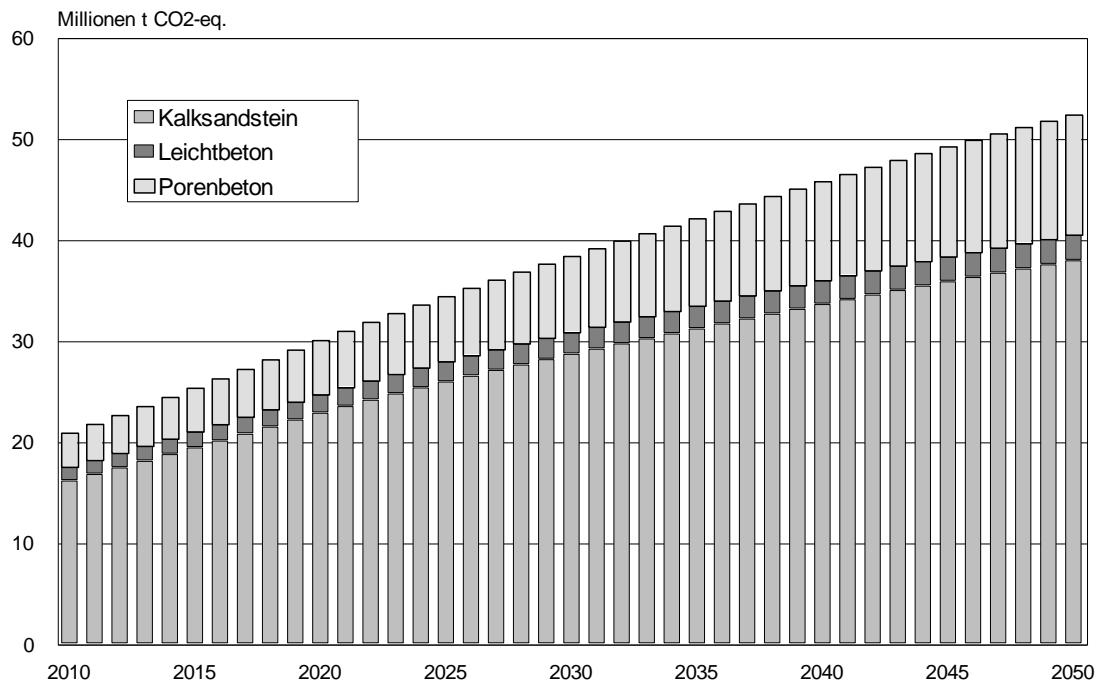
Abbildung 5: Jährliche Aufnahme von CO₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonsteinen und Porenbetonsteinen bis 2050



Die jährlich aufgenommenen CO₂-Mengen sinken deutlich ab, weil zunächst die starken Baujahrgänge der 1970-er-Jahre und nach 2040 dann die Gebäude des Bau-booms Anfang der 1990-er-Jahre den Fünfzigjahreszeitraum der Recarbonatisierung verlassen.

Die kumulierte aufgenommene CO₂-Menge zeigt abschließend **Abbildung 6** bis 2050. Bis dahin wird der seit 1970 errichtete Gebäudebestand gut 50 Mio. t CO₂-eq. aufgenommen haben.

Abbildung 6: Kumulierte Aufnahme von CO₂ durch seit 1970 errichtete Gebäude aus Kalksandstein, Leichtbetonen und Porenbetonen in der Perspektive bis 2050



5 Fazit

Die energetischen Emissionen bei Produktion, Transport und Bauprozess werden nach der aktuellen rechtlichen Lage (Klimaschutzgesetz) bis 2045 auf Null gesenkt werden müssen. Die über chemische Prozesse bei der Produktion emittierten CO₂-Mengen werden im Zeitablauf von den Produkten weitgehend wieder aufgenommen. Somit muss heute davon ausgegangen werden, dass die produzierende Industrie wie auch die Transport- und Bauwirtschaft im Jahr 2045 ausschließlich regenerative Energien einsetzen.

Um insgesamt den klimaneutralen Stein zu erreichen, müssen die während der Nutzungsphase nicht wieder aufgenommenen CO₂-Mengen kompensiert werden.

Insgesamt kommen auf die Hersteller von Kalksandstein-, Porenbeton- und Leichtbetonprodukten enorme Herausforderungen zu, die bis spätestens 2045 zu bewältigen sind. Ein kleiner Teil davon konnte nunmehr durch die Quantifizierung der Recarbonisierungseffekte erledigt werden.