

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung

Rohstoffnachfrage 2045: Ressourcen sichern, Zukunft bauen

PERSPEKTIVEN FÜR MINERALISCHE PRIMÄR- UND SEKUNDÄRROHSTOFFE

Studie im Auftrag des Bundesverbands
Baustoffe – Steine und Erden e.V. (bbs)



Herausgeber

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung

Hohenzollernstraße 1-3 | 45128 Essen, Germany

Postanschrift

Postfach 10 30 54 | 45030 Essen, Germany

Fon: +49 201-81 49-0 | E-Mail: rwi@rwi-essen.de

www.rwi-essen.de

Vorstand

Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph M. Schmidt (Präsident)

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Dr. Stefan Rumpf (Administrativer Vorstand)

Prof. Dr. Kerstin Schneider (Mitglied des erweiterten Vorstands)

© RWI 2025

Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des RWI gestattet

RWI-Projektbericht

Schriftleitung: Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph M. Schmidt

Gestaltung: Magdalena Franke, Nicole Feller

Bildnachweis: Heidelberg Materials / Steffen Fuchs

Rohstoffnachfrage 2045: Ressourcen sichern, Zukunft bauen

PERSPEKTIVEN FÜR MINERALISCHE PRIMÄR- UND SEKUNDÄRROHSTOFFE

Projektteam

Dr. Jochen Dehio (Projektleiter), Prof. Dr. Manuel Frondel,
Ronald Janßen-Timmen, Dr. Florian Kirsch, Dr. Michael Rothgang,
Mario Schmidt und Prof. Dr. Torsten Schmidt

Inhalt

Zusammenfassung	4
01 Hintergrund und Zielsetzung	5
02 Methodische Vorgehensweise	6
03 Bildung von Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung	8
3.1 Vorbemerkungen zur Bildung der Szenarien	8
3.2 Demografische Entwicklung	8
3.3 Entwicklung des gesamtwirtschaftlichen Produktionspotenzials	9
3.4 Entstehung und Verwendung des Bruttoinlandsprodukts	11
3.5 Industrielle Produktion	13
3.6 Entwicklungstrends des Bauvolumens	14
04 Projektion der Primär- und Sekundärrohstoffe im Überblick	16
05 Gewinnung und Verwendung ausgewählter mineralischer Primärrohstoffe	24
5.1 Kies und Sand	24
5.2 Spezialkies und -sand	25
5.3 Naturstein	25
5.4 Naturwerkstein	26
5.5 Kalk- und Dolomitstein	26
5.6 Tonige Rohstoffe	28
5.7 Gips- und Anhydritstein	30
06 Aufkommen und Verwendung ausgewählter mineralischer Sekundärrohstoffe	31
6.1 Recyclingbaustoffe.....	31
6.2 Schlacken	33
6.3 Aschen	34
6.4 REA-Gips	35
07 Handlungsempfehlungen	36
7.1 Ausgangslage	36
7.2 Regulierung zur Sicherstellung einer nachhaltigen Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen	36
7.3 Förderung des Recyclings und der Nutzung von Nebenprodukten zur Schließung von Stoffkreisläufen	37
7.4 Steigerung der Akzeptanz für die Gewinnung von Rohstoffen	39
08 Fazit	40
Literatur	42

| Zusammenfassung

Die deutsche Volkswirtschaft wird auch 2045 in erheblichem Maße auf heimisch gewonnene Primärrohstoffe angewiesen sein. Das ist das zentrale Ergebnis der vorliegenden Studie, die aufzeigt, wie sich die Nachfrage nach Primärrohstoffen im Bereich Steine und Erden und das Aufkommen von Sekundärrohstoffen aus recycelten mineralischen Bauabfällen sowie industriellen Nebenprodukten bis 2045 entwickeln wird.

Hohe Infrastrukturinvestitionen, der große Bedarf an zusätzlichem Wohnraum und die Transformation der Wirtschaft zur Erreichung der Klimaneutralität werden dafür sorgen, dass die Rohstoffnachfrage auch künftig hoch bleiben wird. Die Studie gibt Hinweise darauf, wie die Versorgung mit diesen Rohstoffen gesichert werden kann.

Zentrale Bedeutung für die Entwicklung der Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen haben die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, die damit einhergehende Veränderung der rohstoffnachfragenden Wirtschaftssektoren und des Bauvolumens sowie die Entwicklung der Rohstoffproduktivität. Zur Projektion dieser Entwicklungstendenzen und der daraus resultierenden Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen wurden zwei Szenarien zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung gebildet, eine obere und eine untere Variante.

Während das Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts in der oberen Variante bei durchschnittlich 0,9 % p.a. liegt, beträgt es in der unteren Variante 0,1 % p.a. Die Primärgewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen wird 2045 in der oberen Variante 524 Mio. t betragen (-5,8 % gegenüber 2022), das Aufkommen von Sekundärrohstoffen 94 Mio. t (-5,4 % gegenüber 2022). Die Sekundärstoffquote, also der Anteil des Einsatzes von Sekundärrohstoffen am Gesamteinsatz von Primär- und Sekundärrohstoffen, verbleibt bei 15,2 %.

Der trotz eines Anstiegs bei den Recyclingbaustoffen erfolgende Rückgang des Aufkommens von Sekundärrohstoffen

hängt u.a. mit der Beendigung der Kohleverstromung bzw. der Dekarbonisierung der Stahlindustrie und des damit einhergehenden Wegfalls einiger Sekundärrohstoffe zusammen. In der unteren Variante sinkt die Primärrohstoffgewinnung auf 452 Mio. t (-18,5 % gegenüber 2022) und das Aufkommen von Sekundärrohstoffen auf 88 Mio. t (-11,5 % gegenüber 2022). Die Sekundärstoffquote steigt somit von 15,2 % (2022) auf 16,3 % (2045).

Die Ergebnisse der Szenarien zeigen, dass Sekundärrohstoffe wie Recyclingbaustoffe oder industrielle Nebenprodukte weiterhin einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffversorgung leisten werden, dass sie Primärrohstoffe aber zumindest in der oberen Variante der Szenarien nicht in stärkerem Maße ersetzen können, als das heute schon der Fall ist. Dabei führt die Transformation dazu, dass einige Sekundärrohstoffe in geringerem Umfang oder gar nicht mehr anfallen, wie z.B. Kraftwerksnebenprodukte.

Zur Sicherung der Rohstoffversorgung werden Handlungsempfehlungen unterbreitet, die sich auf die Regulierung der Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen, die Förderung des Recyclings und die Nutzung industrieller Nebenprodukte sowie die Steigerung der Akzeptanz für die Primärrohstoffgewinnung und den Sekundärrohstoffeinsatz beziehen.

Empfohlen werden u.a. eine Optimierung der Planungs- und Genehmigungsverfahren für die Rohstoffgewinnung, die Schaffung eines Ausgleichs zwischen Gefahrenabwehr und Nachhaltigkeit in Hinblick auf das Aufkommen von Recyclingbaustoffen sowie eine Herauslösung von Sekundärmaterialien aus dem Abfallregime. Das Ziel dieser und weiterer Maßnahmen ist es einerseits, die notwendige Primärrohstoffgewinnung in Einklang mit den Interessen der Öffentlichkeit zu gewährleisten, andererseits die bestehenden Substitutionspotenziale durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen bestmöglich zu nutzen.

01 | Hintergrund und Zielsetzung

Hintergrund für diese Studie sind Fragen in Zusammenhang mit der Sicherstellung der Versorgung der Volkswirtschaft mit von ihr benötigten Steine-Erden-Rohstoffen, z.B. für die anstehende Erneuerung der Infrastruktur oder die Transformation der Wirtschaft hin zur Klimaneutralität.

Die Besonderheit bei der Sicherstellung der Versorgung mit Steine-Erden-Rohstoffen besteht darin, dass diese aufgrund der hohen Transportkostensensibilität – vor allem bei Baurohstoffen – durch eine dezentrale heimische Gewinnung und Aufbereitung sichergestellt werden muss und auch kann. Dagegen können z.B. metallische Rohstoffe gut importiert werden (und müssen dies mangels heimischer Vorkommen meist auch).

Ziel ist die Abschätzung der Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen bis zum Jahr 2045. Hierfür werden zwei Szenarien zur gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Entwicklung gebildet. Unter Berücksichtigung des zu erwartenden Aufkommens von Sekundärrohstoffen wird dann abgeschätzt, welcher Bedarf besteht, heimische Steine-Erden-Primärrohstoffe in den Projektionsjahren 2030, 2035, 2040 und 2045 zu gewinnen.

Als Sekundärrohstoffe werden in dieser Studie recycelte mineralische Bauabfälle oder Nebenprodukte aus industriellen Prozessen beleuchtet. Das Aufkommen ist an den jeweiligen Entstehungsprozess gekoppelt (z.B. die Entwicklung der Bau- und Rückbautätigkeit und der industriellen Produktion), es kann somit durch die Rohstoffnachfrage kaum beeinflusst werden.

Sekundärrohstoffe können Steine-Erden-Primärrohstoffe in Teilen ersetzen. Da die anfallende Menge nicht nachfragebezogen steuerbar ist, lassen sich Angebotsdefizite aber nur durch eine entsprechende Erhöhung der Primär-gewinnung von Rohstoffen ausgleichen. Zudem sind als Folge der Dekarbonisierung der Stahlherzeugung sowie durch den Kohleausstieg Veränderungen beim Aufkommen von Sekundärrohstoffen zu erwarten, die ebenfalls modelliert werden.

Die Studie ist wie folgt gegliedert:

- ▶ **Kapitel 02** zeigt die methodische Vorgehensweise auf.
- ▶ **Kapitel 03** stellt die Ergebnisse der Projektion der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und die damit einhergehenden Veränderungen in den rohstoffnachfragenden Wirtschaftssektoren vor. Um mögliche Unterschiede dieser Entwicklungen deutlich zu machen, werden zwei verschiedene Szenarien gebildet, eine obere und eine untere Variante.
- ▶ **Kapitel 04** diskutiert die aggregierten Ergebnisse der Projektion der verschiedenen Primär- und Sekundärrohstoffe und einige der zugrundeliegenden Annahmen. Es wird dabei ein Überblick gegeben, die einzelnen Primär- und Sekundärrohstoffe werden dann in den beiden folgenden Kapiteln besprochen.
- ▶ **Kapitel 05** umfasst die Darlegung der Projektionsergebnisse zur Gewinnung und Verwendung der einzelnen Primärrohstoffe im Bereich Steine und Erden.
- ▶ **Kapitel 06** zeigt das Aufkommen und die Verwendung der Sekundärrohstoffe auf.
- ▶ **Kapitel 07** beinhaltet die Unterbreitung politischer Handlungsempfehlungen.
- ▶ **Kapitel 08** fasst die Ergebnisse zusammen.

Der Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. (bbs) gibt seit 2012 im dreijährigen Turnus die Erstellung einer Steine-Erden-Rohstoffstudie in Auftrag. Die bisherigen Studien wurden vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (DIW) zusammen mit der SST Ingenieurgesellschaft Aachen erstellt (die letzte Aktualisierung erfolgte 2022; bbs 2022a), die vorliegende Studie führte erstmals das RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung durch.

02 | *Methodische Vorgehensweise*

Auf Basis der Primär- und Sekundärrohstoffmengen im Basisjahr 2022 sowie deren Einsatz in den relevanten Wirtschaftssektoren wird die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen in Deutschland für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 geschätzt. Hierfür werden zwei Szenarien zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung gebildet, eine obere und eine untere Variante.

Dafür kommt ein Modell zum Einsatz, das für die verschiedenen Projektionszeitpunkte die Rohstoffnachfrage mittels differenzierter Rohstoffmatrizen schätzt. Zur Abschätzung der Mengen für die einzelnen Projektionszeiträume gehen in das Modell u.a. die voraussichtliche gesamtwirtschaftliche Entwicklung, die Entwicklung der rohstoffnachfragenden Wirtschaftssektoren und die Veränderungen der Rohstoffproduktivität ein.

Unter Einbeziehung des zu erwartenden Aufkommens von Sekundärrohstoffen erfolgt für die Projektionszeitpunkte die Schätzung der erforderlichen heimischen Gewinnung von Primärrohstoffen, die notwendig ist, um die Steine-Erden-Nachfrage zu decken. Daraus ergibt sich dann die Sekundärstoffquote, also der Anteil des Einsatzes von Sekundärrohstoffen am gesamten Primär- und Sekundärrohstoffeinsatz.

Vom bbs wurden Informationen zur Verteilung der Rohstoffmengen auf die einzelnen Abnehmerzweige im Basisjahr 2022 zur Verfügung gestellt. Für die beiden Szenarien zur gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Entwicklung ist dann die Nachfrage nach einzelnen Steine-Erden-Rohstoffen ermittelt worden. Dazu werden die folgenden Marktsegmente betrachtet:

- ▶ *Eisen- und Stahlindustrie*
- ▶ *Chemische Industrie*
- ▶ *Landwirtschaft*
- ▶ *Mineralische Bau- und Rohstoffe*
- ▶ *Glasherstellung*
- ▶ *Sonstige industrielle Abnehmer*

- ▶ *Bauwirtschaft (Bauvolumen)*
 - ▶ *Hochbau, darunter:*
 - ▶ *Wohnungsneubau*
 - ▶ *Nichtwohnungsneubau*
 - ▶ *Bestandsmaßnahmen*
 - ▶ *Tiefbau*

Von den betrachteten Marktsegmenten ausgehend wird die Verteilung der Rohstoffbedarfe auf die vorgelagerten Segmente bestimmt, um Rückschlüsse auf einzelne Rohstoffe ziehen zu können. Dazu sind für alle betrachteten Steine-Erden-Rohstoffe Massenflussdiagramme erstellt und zu einer Berechnungsmatrix zusammengeführt worden. Auf dieser Basis können unter Berücksichtigung der sich verändernden Rahmenbedingungen die künftigen Rohstoffbedarfe ermittelt werden.

Die Entwicklung der betrachteten Marktsegmente basiert auf der realen monetären Produktionsentwicklung. Hieraus kann jedoch noch nicht auf die mengenmäßige Rohstoffnachfrage geschlossen werden, da das Produktionswachstum nicht nur auf Mengensteigerungen beruht. Darauf, welche Faktoren das Produktionswachstum darüber hinaus beeinflussen, wie sich hierauf basierend die Rohstoffproduktivität langfristig entwickelt und in welcher Höhe sektorale Anpassungsfaktoren zu berücksichtigen sind, geht Exkurs 1 ein.

Die methodische Vorgehensweise bei der Projektion der gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Entwicklung sowie der Modellierung der Auswirkungen der Dekarbonisierung der Eisen-, Stahl- und Zementindustrie sowie des Ausstiegs aus der Kohleverstromung wird in den folgenden Kapiteln 03 und 04 präzisiert.

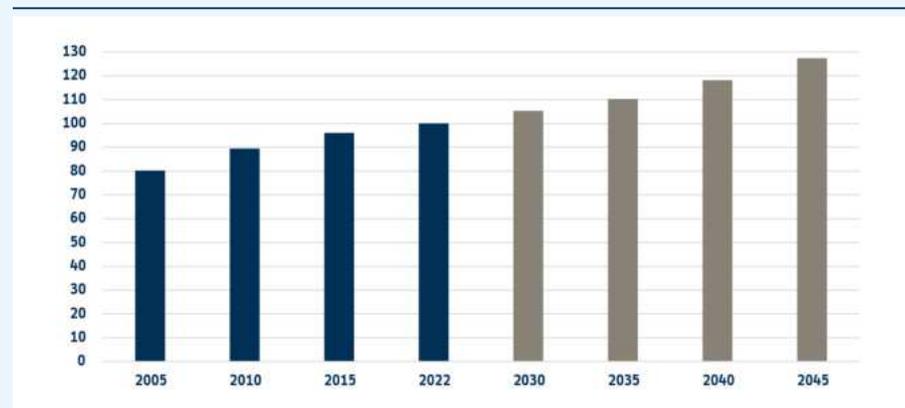
01

EXKURS

Langfristige Entwicklung der Rohstoffproduktivität

Die Rohstoffproduktivität ergibt sich aus der Division des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP in Euro) durch die Primärgewinnung der Rohstoffe in Tonnen (BMU 2020: 23.f). Dieser Indikator bringt zum Ausdruck, wie viel Wirtschaftsleistung pro Tonne gewonnenem Steine-Erden-Rohstoff zu dem jeweils betrachteten Zeitpunkt erzielt wird. Aus Abb. 1 geht die Entwicklung der so berechneten Rohstoffproduktivität für den Zeitraum von 2005 bis 2045 hervor.

Abb. 1: Rohstoffproduktivität der Steine-Erden-Rohstoffen
(2022 = 100; obere Variante)



Quelle: Eigene Darstellung bis 2022 nach Angaben von Destatis; ab 2030: Projektionsergebnisse.

Während das BIP in der oberen Variante (zur Bildung der Szenarien siehe Kapitel 03) zwischen 2005 und 2045 um durchschnittlich 1,1% p.a. steigt, geht die Primärgewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen im gleichen Zeitraum um 0,1% p.a. zurück; daraus resultiert ein Anstieg der Rohstoffproduktivität von durchschnittlich 1,2% p.a. Zum Vergleich: Bei der unteren Variante steigt die Rohstoffproduktivität um durchschnittlich 1,1% p.a. in ähnlichem Ausmaß an, was aber auf einen Anstieg des BIP um nur 0,6% p.a. und einen Rückgang der Primärgewinnung um 0,5% p.a. zurückgeht. Die Entwicklung der Rohstoffproduktivität ist spiegelbildlich zu jener der Rohstoffintensität, im Zeitverlauf ist somit pro Euro BIP ein immer geringerer Rohstoffeinsatz erforderlich (RWI 2021: 26 ff.).

Der Steigerung der Rohstoffproduktivität wird in dem für diese Studie verwendeten Projektionsmodell durch die Berücksichtigung sektoral differenzierter Anpassungsfaktoren Rechnung getragen, um von der realen monetären Produktionsentwicklung auf die Rohstoffbedarfsmengen umrechnen zu können. Neben der Produktionsmenge wirken sich auf den Rohstoffbedarf nämlich auch verschiedene Produkt- und Prozessinnovationen, Qualitätsverbesserungen von Produkten oder vermehrte Erhaltungs- statt Neuinvestitionen im Baubereich aus. Für die Eisen- und Stahlindustrie wird eine Steigerung der Rohstoffproduktivität von 0,5% p.a., für die anderen rohstoffnachfragenden Wirtschaftssektoren von 1,0% p.a. und für die Entwicklung des Bauvolumens von 1,5% p.a. angenommen.

03

Bildung von Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung

3.1 Vorbemerkungen zur Bildung der Szenarien

Die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen wird ganz wesentlich von der wirtschaftlichen Entwicklung bestimmt. Um diese abschätzen zu können, müssen Annahmen getroffen werden. Eine Projektion der wirtschaftlichen Entwicklung über einen Zeitraum von gut zwei Jahrzehnten stellt allerdings in Zeiten, die von großen Unsicherheiten geprägt sind, eine Herausforderung dar.

Aus diesem Grund werden im Folgenden Szenarien gebildet, die plausible Entwicklungspfade volkswirtschaftlicher Variablen illustrieren und eine gewisse Bandbreite möglicher Entwicklungen aufzeigen. Es besteht naturgemäß aber eine große Unsicherheit in Bezug auf die tatsächliche künftige Entwicklung, die von der angenommenen Bandbreite abweichen kann.

Dies ist nicht zuletzt dann der Fall, wenn besondere Risiken oder externe Schocks eintreten, etwa in Bezug auf geopolitische Konflikte, aber auch unerwartete technologische Entwicklungen, welche die Wirtschaftsstruktur deutlich verändern können. Es ist also zu betonen, dass die vorgestellten Projektionen nicht als eine Prognose im Sinne der wahrscheinlichsten Entwicklung interpretiert werden sollten.

Die Bildung der Szenarien erfolgt in drei Schritten: Im ersten Schritt werden anhand der sich aus demografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen abzeichnenden Trends gesamtwirtschaftliche Szenarien gebildet, die die Entstehung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) und seine Verwendung darstellen. Im zweiten Schritt wird im Einklang damit die Entwicklung der Produktion in den einzelnen Wirtschaftszweigen aufgezeigt, die für die Rohstoffnachfrage besonders relevant sind. Im dritten Schritt wird dann die Entwicklung des Bauvolumens betrachtet, das für die Nachfrage nach den Steine-Erden-Rohstoffen insgesamt von besonderer Bedeutung ist.

3.2 Demografische Entwicklung

Für den Ausblick auf die Bevölkerungsentwicklung sind insbesondere drei Einflussgrößen maßgeblich: die Geburtenrate, die Lebenserwartung und die Migration. Geburtenrate und Lebenserwartung weisen eine vergleichsweise stabile Entwicklung auf. Ihre Auswirkungen auf die Bevölkerungsentwicklung lassen sich daher für die kommenden Jahrzehnte einigermaßen verlässlich ableiten.

Dagegen unterliegt die (Netto-)Migration erheblichen Schwankungen über die Zeit, zudem spielen hierfür unvorhergesehene Ereignisse eine große Rolle, wie etwa die hohe Zuwanderung von Geflüchteten im Jahr 2015 oder im Jahr 2022. Dies kann dazu führen, dass die tatsächliche Entwicklung merklich von der in den Projektionen unterstellten abweicht.

Für die gesamtwirtschaftlichen Szenarien wird auf die bislang jüngste Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen (Destatis 2022). Da diese Vorausberechnungen mit einigem zeitlichen Abstand zur Veröffentlichung kommen, werden unter Berücksichtigung inzwischen bekannter neuerer Daten leichte Anpassungen zur Abbildung der aktuellen Entwicklungen vorgenommen.

Im Einklang mit der Bevölkerungsvorausberechnung werden Bevölkerungszahlen nach dem alten Zensusstand verwendet, da für die Ergebnisse des Zensus 2022, der eine etwas niedrigere Bevölkerungszahl nahelegt, noch keine entsprechenden Daten zur Bevölkerungsentwicklung vorliegen. Die Vorausberechnungen werden aus der bestehenden Bevölkerungsstruktur und Annahmen zur Lebenserwartung, der Geburtenhäufigkeit und der Migration anhand verschiedener Szenarien für die Entwicklung bis zum Jahr 2070 abgeleitet.

Hier wird im Folgenden für die obere Variante der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung auf das Szenario mit jeweils einer „mittleren Entwicklung“ der drei Variablen

zurückgegriffen. Demnach kommt es künftig zu einem weiteren moderaten Anstieg der Lebenserwartung. Auch die Geburtenhäufigkeit liegt auf moderatem Niveau. Die Nettozuwanderung geht in diesem Szenario auf 250.000 Personen im Jahr 2033 zurück und bleibt danach konstant auf diesem Niveau. Für die untere Variante wird dagegen auf die Bevölkerungsvorausberechnung mit einer geringeren Zuwanderung zurückgegriffen (Rückgang auf 150.000 Personen ab 2033). Sowohl für die obere als auch die untere Variante gilt, dass die Bevölkerungszahl im Betrachtungszeitraum der Szenarien einen Hochpunkt erreichen wird und im weiteren Verlauf zurückgeht (Tab. 1).

Die in den Szenarien angenommene Nettozuwanderung würde nicht ausreichen, den Überschuss bei den Sterbefällen auszugleichen. Gleichzeitig werden die kommenden Jahrzehnte in Deutschland von einer beschleunigten Alterung der Bevölkerung geprägt sein.

So geht etwa der Anteil der 15- bis 74-jährigen merklich zurück und infolgedessen nimmt, trotz einer angenommenen Ausweitung der trendmäßigen Erwerbsbeteiligung in vielen Altersgruppen, die Zahl der Erwerbspersonen ab. In der unteren Variante mit der niedrigeren Migration ist dieser Rückgang besonders ausgeprägt.

Tab. 1: Bevölkerung und Haushalte

	Szenario	2022	2030	2035	2040	2045
Bevölkerung insg. in Tsd. Personen	Obere Variante	84.359	85.396	85.328	85.097	84.713
	Untere Variante	84.359	84.784	83.987	82.989	81.814
Anteil 15-74-jährige in %	Obere Variante	75	74	73	72	70
	Untere Variante	75	74	73	71	70
Privathaushalte in Tsd. Haushalten	Obere Variante	40.965	43.569	43.983	44.321	44.121
	Untere Variante	40.965	43.257	43.292	43.223	42.612
Anteil 1-Personen-Haushalte in %	Obere Variante	41	43	44	45	46
	Untere Variante	41	42	42	43	43
Haushaltsgröße in Personen/ Haushalt	Obere Variante	2,07	1,96	1,94	1,92	1,92
	Untere Variante	2,07	1,96	1,94	1,92	1,92
Erwerbspersonen in Tsd. Personen	Obere Variante	46.807	46.818	46.159	45.927	45.800
	Untere Variante	46.807	46.460	45.315	44.607	43.974

Quelle: Eigene Darstellung bis 2022 nach Angaben von Destatis; ab 2030: Projektionsergebnisse.

3.3 Entwicklung des gesamtwirtschaftlichen Produktionspotenzials

Die Bildung der Szenarien zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung werden anhand verschiedener Überlegungen und Berechnungen zum gesamtwirtschaftlichen Produktionspotenzial abgeleitet (Exkurs 2).

Die Bestimmung des Produktionspotenzials hängt somit davon ab, inwieweit Arbeitskräfte und Kapital verfügbar

und wie produktiv sie sind. Für die Szenarien bildet deshalb zunächst die beschriebene demografische Entwicklung einen wesentlichen Baustein. Ausgehend von der Bevölkerungszahl und -struktur sowie der Arbeitsmarktentwicklung ergibt sich der mögliche Arbeitseinsatz.

Darüber hinaus tragen wirtschaftliche Trends zur Dynamik des Kapitalstocks und zur Produktivität bei. Gleichzeitig wird auch die Nachfragestruktur durch die genannten Faktoren bestimmt. Im Folgenden werden diese Entwicklungen erläutert und schließlich in den Szenarien für das BIP und seine Komponenten zusammengeführt.

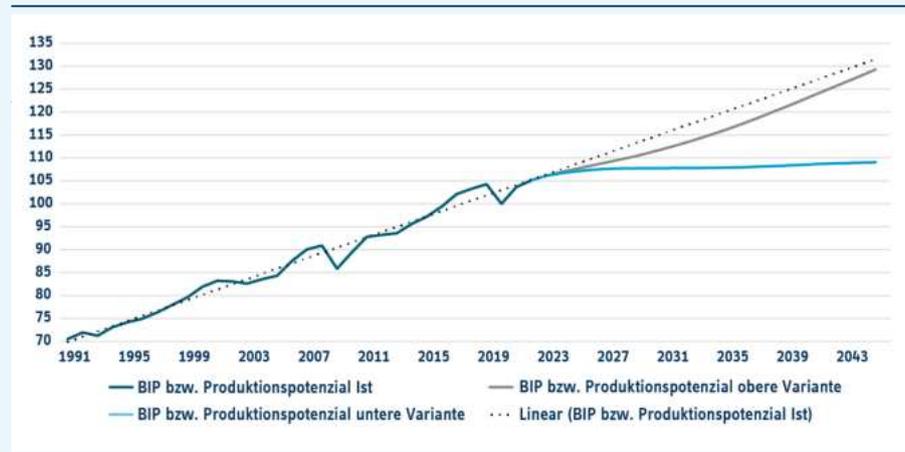
02

Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Produktionspotenzials

EXKURS

Das Produktionspotenzial ist die Wirtschaftsleistung, die eine Volkswirtschaft bei einer Normalauslastung der Kapazitäten aus den vorhandenen Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital erzielen kann. Das BIP wird hergeleitet, indem das Arbeitsvolumen, der Kapitalstock und die Totale Faktorproduktivität in eine gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktion zusammengeführt werden (Havik et al. 2014; BMWK 2022; SVR 2023; Kirsch et al. 2024; Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose 2024). Das Produktionspotenzial ergibt sich, indem trendmäßige Werte der Variablen konjunkturelle Entwicklungen herausfiltern (Abb. 2).

Abb. 2: Entwicklung des BIP bzw. des Produktionspotenzials



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Destatis; ab 2024 eigene Berechnungen.

Das Potenzialwachstum wird wesentlich durch die Entwicklungen der Bevölkerungsstruktur, des Arbeitsmarkts, des Kapitalstocks und der Produktivität bestimmt. Während in den vergangenen Jahren die deutliche Steigerung der Erwerbsbeteiligung und die zwischenzeitlich hohe Zuwanderung dem dämpfenden Effekt der Alterung auf das Arbeitsvolumen entgegengewirkt hatten, dürfte dieser im Zeitraum der Szenarien verstärkt zum Tragen kommen. Bleibt das Produktivitätswachstum, das in den vergangenen Jahrzehnten merklich abgenommen hatte, schwach, wird die Wirtschaftsleistung nur noch in geringem Umfang zunehmen. Ein kräftigerer Anstieg der Produktivität sowie eine stärkere Zuwanderung, die dem Rückgang des Arbeitsvolumens entgegenwirkt, könnte das BIP dagegen stärker steigen lassen.

Die Berechnungen des Produktionspotenzials beruhen auf Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung und der Fortschreibung statistischer Trends im Bereich des Arbeitsmarkts, der Investitionstätigkeit und des Wachstums der Totalen Faktorproduktivität. Das Eintreten überraschender Entwicklungen oder starker struktureller Veränderungen kann naturgemäß erst im Laufe der Zeit in den Berechnungen Berücksichtigung finden, sodass die tatsächliche Entwicklung der Wirtschaftsleistung mitunter merklich von der projizierten abweichen kann.

3.4 Entstehung und Verwendung des Bruttoinlandsprodukts

Der Rückgang der Zahl der Erwerbspersonen dämpft das Produktionspotenzial Deutschlands in den kommenden Jahrzehnten aller Voraussicht nach merklich. Der Eintritt der Babyboomer-Generation ins Rentenalter beschleunigt diese Entwicklung in den 2030er-Jahren zunächst, was sich im weiteren Verlauf dann etwas abflacht (Tab. 2).

Die strukturelle, trendmäßige Arbeitslosigkeit befand sich zuletzt bereits auf einem historisch niedrigen Niveau, sodass hier vergleichsweise geringe Potenziale in Hinblick auf eine Ausweitung der Erwerbstätigkeit bestehen dürften. Während die Erwerbsbeteiligung deutlich gestiegen und auch im internationalen Vergleich hoch ist, liegen die durchschnittlichen geleisteten Arbeitsstunden auf einem sehr niedrigen Niveau. Bei gegebener Zahl der Erwerbstätigen stellt diese Größe aber eine wichtige Stellschraube für das potenzielle Arbeitsvolumen dar. In den vergangenen Jahrzehnten war hier trendmäßig ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen.

Dies resultierte weniger aus einer Reduktion der tariflichen Arbeitszeit, sondern wesentlich aus einer Zunahme

der Teilzeitbeschäftigung. Für positive Effekte auf das Arbeitsvolumen könnten vor diesem Hintergrund Maßnahmen sorgen, die eine Ausweitung attraktiver machen, etwa durch eine Senkung der Abgabenbelastung oder eine Verbesserung der Kinderbetreuung. Für die Szenarien wird angenommen, dass in der oberen Variante der fallende Trend bei der durchschnittlichen Arbeitszeit zu einem Ende kommt und diese wieder leicht ansteigt. In der unteren Variante setzt sich der Trend hingegen verlangsamt fort.

Angesichts der zu erwartenden schwachen Entwicklung des Arbeitsvolumens ist die Steigerung der Produktivität entscheidend für die künftige Wirtschaftsleistung. Diese wird u.a. vom Humankapital der Erwerbstätigen beeinflusst, vom zur Verfügung stehenden Kapitalstock für die Produktion und der Produktivität der Produktionsfaktoren (Totale Faktorproduktivität). In den vergangenen Jahrzehnten hat das trendmäßige Produktivitätswachstum in Deutschland allerdings merklich nachgelassen (Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose 2024; SVR 2023).

Tab. 2: Veränderungsraten bei der Entstehung des Bruttoinlandsprodukts in % p.a.

	Szenario	2030/2022	2035/2030	2040/2035	2045/2040
Erwerbspersonen	Obere Variante	0,0 %	-0,3 %	-0,1 %	-0,1 %
	Untere Variante	-0,1 %	-0,5 %	-0,3 %	-0,3 %
Erwerbstätige	Obere Variante	0,0 %	-0,3 %	-0,1 %	-0,1 %
	Untere Variante	-0,1 %	-0,5 %	-0,3 %	-0,3 %
Personenproduktivität	Obere Variante	0,7 %	1,2 %	1,2 %	1,2 %
	Untere Variante	0,4 %	0,5 %	0,4 %	0,4 %
Durchschnittliche Arbeitszeit	Obere Variante	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
	Untere Variante	0,0 %	-0,1 %	-0,2 %	-0,1 %
Arbeitsvolumen	Obere Variante	0,1 %	-0,1 %	0,0 %	0,0 %
	Untere Variante	-0,2 %	-0,6 %	-0,5 %	-0,4 %
Stundenproduktivität	Obere Variante	0,6 %	1,0 %	1,0 %	1,1 %
	Untere Variante	0,5 %	0,7 %	0,6 %	0,5 %
BIP	Obere Variante	0,7 %	0,9 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante	0,3 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %

Quelle: Eigene Berechnungen.

In der oberen Variante wird davon ausgegangen, dass das Produktivitätswachstum im Projektionszeitraum wieder etwas an Fahrt aufnimmt, während es im unteren Szenario auf niedrigem Niveau verharrt. Die Produktivitätsentwicklung wird dabei von einer Vielzahl von Faktoren bestimmt, eine rasche Rückkehr zu hohen Wachstumsraten ist derzeit aber nicht absehbar.

Dafür spricht, dass Dienstleistungen an Gewicht gewonnen haben, die tendenziell geringere Produktivitätsanstiege aufweisen (SVR 2019). Auch strukturelle Anpassungen könnten sich vor dem Hintergrund der Transformation der Wirtschaft dämpfend auswirken, weil der Kapitalstock für emissionsärmere Produktionsweisen vorzeitig ausgetauscht werden muss und damit zunächst weniger stark ausgeweitet wird oder Innovationen mehr im Bereich des energiesparenden technischen Fortschritts als zur Ausweitung der Produktionsmöglichkeiten erfolgen (Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose 2022, 2023a und 2023b). Demgegenüber bergen technologische Innovationen wie etwa die Digitalisierung das Potenzial, ein höheres Wachstum zu bewirken (SVR 2023).

Insgesamt spricht damit einiges dafür, dass das BIP-Wachstum in Deutschland in den kommenden Jahrzehnten merklich hinter dem in der Vergangenheit zurückbleibt. In den Szenarien liegt es in der oberen Variante lediglich bei knapp einem Prozent, während in der unteren Variante der schwache Anstieg der Produktivität nur in relativ geringem Maße den Rückgang des Arbeitsvolumens übersteigt.

Entsprechend den vorgenannten Überlegungen könnte das Wachstum stärker ausfallen, wenn die Verfügbarkeit von Arbeitskräften erhöht, ihre Qualifikation gesteigert und die Ausweitung der Arbeitszeit attraktiver gestaltet wird. Geeignete Rahmenbedingungen könnten dazu beitragen, dass Innovationen und Investitionen gestärkt werden und neue Technologien zum Einsatz kommen. Dies kann im positiven Fall dazu führen, dass die Produktivität und das

BIP stärker steigen, wodurch die Emissionsreduzierung besser bewältigt wird.

Gleichzeitig birgt das internationale Umfeld Risiken in Bezug auf die weitere Entwicklung. Angesichts der geopolitischen Lage, zunehmender Handelsbeschränkungen und neuer Wettbewerber dürften vom internationalen Handel weniger positive Impulse für die deutsche Volkswirtschaft ausgehen als in der Vergangenheit. Positive oder negative Entwicklungen der internationalen Arbeitsteilung und des Handels werden somit entsprechende Auswirkungen nach sich ziehen.

Die Verwendungsaggregate des BIP dürften sich längerfristig im Einklang mit der Entwicklung des Produktionspotenzials und den vorgenannten wirtschaftlichen Trends entwickeln (Tab. 3). Die Entwicklung bis 2030 ist dabei noch stärker von der aktuellen konjunkturellen Entwicklung geprägt. Hierzu wird auf die jüngste Konjunkturprognose des RWI (Schmidt et al. 2024) und den damit verbundenen mittelfristigen Ausblick (Kirsch et al. 2024) zurückgegriffen.

Demnach folgten auf das Ausgangsjahr 2022 zunächst zwei Jahre mit einem Rückgang der Wirtschaftsleistung. Die Prognose geht davon aus, dass der Tiefpunkt zwar erreicht wurde und eine Erholung einsetzen dürfte, diese bleibt aber zunächst eher kraftlos, sodass sich die negative Produktionslücke erst im weiteren Verlauf schließt. Insbesondere die Investitionen entwickelten sich zuletzt schwach.

Angesichts der erhöhten Bedarfe auch im Bausektor dürften sie aber mittelfristig wieder deutlicher ausgeweitet werden. Dagegen werden etwa die staatlichen Konsumausgaben schon zu Beginn stärker steigen als das BIP. Die vorliegenden Daten legen nahe, dass die schwächere Entwicklung nach der starken Ausweitung während der Corona-Pandemie nur vorübergehend war.



Tab. 3: Veränderungsrate bei der Verwendung des Bruttoinlandsprodukts in % p.a.

	Szenario	2030/2022	2035/2030	2040/2035	2045/2040
Privater Verbrauch	Obere Variante	0,6 %	0,8 %	1,0 %	1,0 %
	Untere Variante	0,3 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %
Staatsverbrauch	Obere Variante	1,0 %	0,9 %	1,1 %	1,2 %
	Untere Variante	0,8 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
Anlageinvestitionen	Obere Variante	0,6 %	0,9 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante	0,2 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Exporte	Obere Variante	1,6 %	2,0 %	2,1 %	2,1 %
	Untere Variante	1,3 %	1,1 %	1,3 %	1,3 %
Importe	Obere Variante	1,7 %	2,2 %	2,1 %	2,1 %
	Untere Variante	1,4 %	1,4 %	1,4 %	1,4 %
BIP	Obere Variante	0,7 %	0,9 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante	0,3 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Auswirkungen der Alterung der Gesellschaft dürften sich auch in den kommenden Jahren niederschlagen. Insgesamt bleiben die Wachstumsraten auch auf Ebene der Verwendungskomponenten hinter denen früherer Jahre zurück. Dies gilt auch für den Außenhandel, bei dem das Potenzial für eine Ausweitung auch angesichts einer andernorts ebenfalls abnehmenden Wachstumsdynamik und zunehmender Handelshemmnisse geringer sein dürfte.

3.5 Industrielle Produktion

Für die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen sind einige Zweige des Verarbeitenden Gewerbes von besonderer Bedeutung (Tab. 4). Der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Bruttowertschöpfung in Deutschland lag in den zwei Jahrzehnten vor der Corona-Pandemie mit Ausnahme der Finanzkrise 2009 relativ konstant bei ca. 22 %. Im Vergleich zu anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften war dieser Anteil vergleichsweise hoch. In den vergangenen beiden Jahren ging der Anteil u.a. vor dem Hintergrund der deutlich gestiegenen Energiekosten jedoch spürbar auf 20,3 % zurück.

Besonders schwach entwickelte sich die Produktion in den energieintensiven Wirtschaftszweigen. Neben den Folgen

der erhöhten Energiekosten setzen auch Verschiebungen der globalen Nachfrage und neue Wettbewerber (z.B. China) u.a. im Bereich der Automobilindustrie die deutsche Industrie unter Druck.

Angesichts des bestehenden Wettbewerbsdrucks sind die Standortbedingungen in Deutschland damit von entscheidender Bedeutung für die künftige Entwicklung der inländischen Produktion. Hinzu kommen handels- und industriepolitische Maßnahmen, die zusätzlich zu Nachteilen in möglichen Absatzmärkten führen können (zu den Herausforderungen und möglichen wirtschaftspolitischen Lösungsansätzen aus Sicht der Industrie siehe auch BDI 2024).

Vor diesem Hintergrund wird in den Szenarien davon ausgegangen, dass es im Verarbeitenden Gewerbe in der kurzen Frist zu einer Bodenbildung kommt und dann eine allmähliche Erholung der Bruttowertschöpfung einsetzt (Schmidt et al. 2024). Das Wachstum der Produktion dürfte jedoch auch in der mittelfristigen Perspektive verhalten bleiben, sodass gerade die energieintensiven Bereiche das Niveau aus dem Jahr 2022 voraussichtlich nicht so bald wieder erreichen werden.

Tab. 4: Entwicklung der industriellen Produktion

	Szenario	2030/2022	2035/2030	2040/2035	2045/2040
Eisen/Stahl	Obere Variante	-0,3 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
	Untere Variante	-0,5 %	-0,4 %	-0,4 %	-0,4 %
Chemische Erzeugnisse	Obere Variante	0,3 %	0,8 %	0,8 %	0,8 %
	Untere Variante	-0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Landwirtschaftliche Erzeugnisse	Obere Variante	0,3 %	0,7 %	0,7 %	0,7 %
	Untere Variante	0,1 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
Mineralische Bau- und Rohstoffe	Obere Variante	-1,6 %	0,9 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante	-2,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Glas	Obere Variante	-0,7 %	0,9 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante	-1,1 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Sonstige	Obere Variante	0,7 %	1,0 %	1,2 %	1,2 %
	Untere Variante	0,4 %	0,0 %	0,2 %	0,2 %
Insgesamt	Obere Variante	0,7 %	0,9 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante	0,3 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %

Quelle: Eigene Berechnungen.

Angesichts der anhaltend höheren Kosten dürfte trotz einer konjunkturellen Erholung in einigen Bereichen ein Teil der energieintensiven Produktion in andere Länder abwandern, die vorteilhaftere Voraussetzungen für die Energieerzeugung haben. In beiden Szenarien bleibt das Wachstum der Produktion in der Industrie deshalb hinter dem des BIP zurück. Die Wertschöpfung verlagert sich damit weiter in die Dienstleistungsbereiche.

3.6 Entwicklungstrends des Bauvolumens

Die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen wird maßgeblich durch die Entwicklung des Bauvolumens bestimmt. Die Baukonjunktur ist nach zuvor starken Jahren zuletzt deutlich unter Druck geraten, sodass das Bauvolumen merklich zurückging. Die Szenarien orientieren sich wie die Vorgängerstudien an der Bauvolumenrechnung des DIW (bbs 2022a; Gornig und Pagenhardt 2024). Dabei werden vier Teilbereiche betrachtet: Neubau im Wohnungsbau, Neubau von Nichtwohngebäuden, Maßnahmen im Gebäudebestand und Tiefbaumaßnahmen. Diese vier Bereiche sind in unterschiedlichem Maße von der derzeitigen Rezession betroffen und dürften sich auch in Bezug auf ihre künftige Entwicklung unterscheiden.

Nachdem der Wohnungsneubau nach einem Boom nach der Wiedervereinigung in den 1990er Jahren merklich zurückgegangen war, nahm er nach einer Schwächephase in

den 2000er Jahren ab 2010 wieder merklich zu. Auch vor dem Hintergrund des zuwanderungsbedingten Bevölkerungswachstums hat der Bedarf an weiterem Wohnraum gerade in vielen Großstädten deutlich zugenommen. Seit dem vorläufigen Hochpunkt im Jahr 2020 kam es aber zu einem deutlichen Rückgang der Bautätigkeit. Neben anhaltend hohen Baupreisen und verschlechterten Förderbedingungen dürfte vor allem der innerhalb weniger Monate erfolgte Anstieg der Kreditzinsen hierzu einen wesentlichen Beitrag geleistet haben. Nach einer langen Phase sehr niedriger Zinsen waren diese im Zuge der zur Inflationsbekämpfung vorgenommenen Leitzinserhöhungen der Europäischen Zentralbank merklich gestiegen.

In der kurzen Frist lassen Indikatoren wie die deutlich zurückgegangenen Baugenehmigungen oder eine restriktive Kreditvergabe zwar eine zunächst weiter schwache Entwicklung des Neubauvolumens erwarten, mittelfristig dürfte angesichts der weiterhin bestehenden Bedarfe sowie eines Einpendelns von Zinsen und Preisen allmählich aber wieder eine Erholung einsetzen. Das Niveau des Jahres 2022 wird jedoch bis zum Jahr 2030 voraussichtlich noch nicht wieder erreicht (Tab. 5).

Die beiden Szenarien unterscheiden sich auch insofern, dass in der unteren Variante sowohl die künftige Entwicklung der Bevölkerungszahl und damit der Bedarf an Wohnraum geringer ausfällt als auch die Entwicklung der Wirtschaftsleistung und der Einkommen.

Tab. 5: Veränderungsrate des Bauvolumens in % p.a. (2022 in Mrd. Euro)

	Szenario	2022	2030/2022	2035/2030	2040/2035	2045/2040
Hochbau	Obere Variante	437,1	0,7 %	1,5 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante		0,3 %	0,6 %	0,5 %	0,5 %
darunter: - Wohnungsneubau	Obere Variante	89,5	-0,5 %	1,1 %	0,7 %	0,7 %
	Untere Variante		-0,9 %	0,4 %	0,2 %	0,2 %
- Nichtwohnungsneubau	Obere Variante	56,7	0,5 %	0,9 %	1,1 %	1,1 %
	Untere Variante		0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
- Bestandsmaßnahmen	Obere Variante	290,8	1,2 %	1,7 %	1,3 %	1,2 %
	Untere Variante		0,6 %	0,7 %	0,6 %	0,6 %
Tiefbau	Obere Variante	95,8	2,4 %	1,7 %	1,3 %	1,1 %
	Untere Variante		2,0 %	0,7 %	0,7 %	0,6 %
Insgesamt	Obere Variante	532,9	1,1 %	1,5 %	1,2 %	1,1 %
	Untere Variante		0,6 %	0,6 %	0,5 %	0,5 %

Quelle: Eigene Berechnungen; Basisjahr 2022 nach Angaben von Gornig und Révész (2024).

In den anderen Hochbaubereichen dürfte der Rückgang des Bauvolumens nicht ganz so stark ausfallen wie im Wohnungsneubau (siehe auch Gornig und Pagenhardt 2024). Insgesamt zeigt sich im Vergleich zu den Jahren vor der Corona-Pandemie aber auch hier eine deutliche Abschwächung der Dynamik. Für den weiteren Verlauf deutet jedoch insbesondere der Sanierungsbedarf vor dem Hintergrund der angestrebten Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor auf eine wieder höhere Bauaktivität hin. Hinzu kommen aufgestaute Sanierungs- und Neubaubedarfe bei öffentlichen Gebäuden. Vor dem Hintergrund der schwächeren Wirtschaftsentwicklung werden die dafür bedeutenden öffentlichen Finanzmittel im unteren Szenario stärker eingeschränkt.

Dies dürfte sich auch auf die Entwicklung des Tiefbaus niederschlagen. Dieser war laut der Bauvolumenrechnung

des DIW bislang kaum von der Schwäche des Baus betroffen (Gornig und Pagenhardt 2024). Wesentlich bestimmt wird die künftige Entwicklung vom Netzausbau im Zuge der Energiewende sowie vom Ausbau und der Sanierung der Verkehrsinfrastruktur.

Für einen weiteren deutlichen Anstieg wie in der oberen Variante müssten entsprechende öffentliche und private Mittel bereitgestellt sowie die nötigen Planungen erstellt und umgesetzt werden. Insgesamt gehen die Szenarien angesichts der bestehenden Bedarfe von einer vergleichsweise kräftigen Entwicklung des Bauvolumens in den kommenden Jahrzehnten aus.

04

Projektion der Primär- und Sekundärrohstoffe im Überblick

Tab. 6 weist das Aufkommen von Primär- und Sekundärrohstoffen für den Zeitraum von 2005 bis 2022 aus.

Tab. 6: Primär- und Sekundärrohstoffmengen (in Mio. t)

Rohstoffe	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kies und Sand	252,0	266,0	252,0	249,0	236,0	229,0	253,0	235,0	236,0
Spezialkies/-sand	11,0	11,0	11,4	11,1	8,7	9,8	10,5	10,1	9,7
Naturstein	211,0	227,0	214,0	218,0	216,0	208,0	229,0	211,0	207,0
Naturwerkstein	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1	1,2	1,4	1,4	1,3
Kalkstein insgesamt	57,8	61,6	62,4	63,5	54,7	60,0	63,3	61,7	60,9
- ungebrannt	8,3	9,0	9,1	8,5	10,0	10,9	11,1	11,2	11,9
- gebrannt	12,4	14,0	13,1	12,9	10,1	11,6	11,8	11,4	11,8
- für Zement	37,1	38,6	40,2	42,1	34,6	37,5	40,4	39,1	37,2
Spezialton, Kaolin ¹	11,5	11,7	11,5	11,5	9,6	9,1	9,2	8,4	8,3
Ziegelton	12,5	13,7	13,5	11,5	9,7	10,8	11,6	11,5	11,3
Ton für Zementherstellung	1,3	1,3	1,1	1,1	0,8	0,4	0,5	1,3	1,1
Gipsstein, Anhydrit ²	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,5
Primärrohstoffe	562,2	597,4	571,0	570,8	541,3	533,0	583,2	545,1	540,1
Recyclingbaustoffe ³	48,0	56,0	55,0	56,0	63,0	65,2	69,0	66,2	65,6
Hochofenschlacken	7,4	7,7	8,3	7,9	5,5	7,6	7,7	7,4	7,6
Stahlwerksschlacken	6,3	6,8	6,5	6,3	4,5	5,9	6,1	5,8	5,6
Steinkohlenflugaschen	4,3	4,4	4,2	3,9	3,5	3,2	3,2	3,1	3,2
HMVA	4,0	4,6	4,5	4,7	5,0	5,0	5,3	5,4	5,6
REA-Gips	7,6	7,5	7,1	6,9	6,6	6,3	6,8	7,0	7,2
Sekundärrohstoffe insg.	77,6	87,0	85,6	85,7	88,1	93,2	98,1	94,9	94,8
Sekundärstoffquote in %	12,1	12,7	13,0	13,1	14,0	14,9	14,4	14,8	14,9

Rohstoffe	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kies und Sand	240,0	239,0	247,0	257,0	287,0	283,0	290,0	277,0	253,0
Spezialkies/-sand	9,9	9,7	9,9	10,3	10,7	10,9	9,8	10,7	10,5
Naturstein	211,0	210,0	218,0	220,0	226,0	217,0	223,0	219,0	210,0
Naturwerkstein	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3
Kalkstein insgesamt	60,7	60,0	59,2	61,8	60,6	60,1	59,0	61,0	57,1
- ungebrannt	11,4	11,5	10,4	10,8	10,3	9,7	9,1	10,0	10,0
- gebrannt	11,4	11,6	11,6	11,6	11,7	10,9	10,0	10,7	10,2
- für Zement	37,9	36,9	37,2	39,4	38,6	39,5	39,9	40,3	36,9
Spezialton, Kaolin ¹	8,7	8,6	8,6	5,9	5,7	5,9	4,8	5,3	5,3
Ziegelton	10,8	10,6	11,1	11,4	11,0	10,5	10,7	10,6	10,6
Ton für Zementherstellung	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	0,6	0,6	1,0	1,1
Gipsstein, Anhydrit ²	4,5	4,5	4,7	4,7	4,7	5,6	5,6	5,6	5,8
Primärrohstoffe insg.	548,4	546,1	562,3	573,6	608,2	594,9	604,9	591,7	554,7
Recyclingbaustoffe ³	67,6	66,0	72,2	73,4	73,3	73,7	76,9	76,9	75,3
Hochofenschlacken	7,8	7,9	7,5	7,7	7,8	7,3	6,4	7,6	7,2
Stahlwerksschlacken	5,5	5,4	5,2	5,3	5,4	5,0	4,5	4,9	4,7
Steinkohlenflugaschen	3,1	3,2	3,1	2,8	2,4	2,0	1,3	1,7	2,2
HMVA	5,4	5,5	5,4	5,3	5,1	5,1	5,3	5,5	5,2
REA-Gips	6,8	6,9	6,5	6,7	6,6	5,2	4,0	4,8	5,1
Sekundärrohstoffe	96,2	94,9	99,9	101,2	100,6	98,3	98,4	101,3	99,6
Sekundärstoffquote in %	14,9	14,8	15,1	15,0	14,2	14,2	14,0	14,6	15,2

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs. - ¹Spezialton: Bis 2016 Datenbasis BMWi, ab 2017 BKRI (verwertbare Förderung); Kaolin: Bis 2016 Datenbasis BMWi, ab 2017 BGR (verwertbare Förderung). ² Werte werden in der Statistik nur für die Jahre 2010, 2013, 2016, 2019 und 2022 erhoben. Damit es bei den Gesamtmengen nicht zu Inkonsistenzen kommt, wurden für die Jahre 2005 bis 2009 die Mengen von 2010 zugrunde gelegt; für Zwischenjahre die zuletzt vorliegenden Daten. ³ Recyclingbaustoffe: 2005 bis 2008 ohne die Fraktion Boden und Steine.

Im Basisjahr 2022 lag die Gewinnung von Primärrohstoffen im Bereich Steine und Erden bei 558,4 Mio. t und damit etwa auf dem Niveau von 2005 mit 562,2 Mio. t.

77,6 Mio. t, wobei in dieser Zahl die Fraktion Boden und Steine nicht enthalten ist.

Die Erzeugung von Sekundärrohstoffen lag 2022 bei 99,6 Mio. t und damit deutlich über der von 2005 mit

Die Sekundärstoffquote, also der Anteil des Sekundärrohstoffeinsatzes am gesamten Primär- und Sekundärrohstoffeinsatz, stieg folgerichtig von 12,1% 2005 auf 14,9% 2013 an. Danach pendelte sich die Quote etwa auf diesem Niveau ein, im Jahr 2022 lag sie bei 15,2%; es mussten somit 84,8% der gesamten Versorgung mit Steine-Erden-

Rohstoffen durch die Gewinnung von Primärrohstoffen sichergestellt werden.

Die Flächenbindung durch die Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen zeigt Exkurs 3 auf.

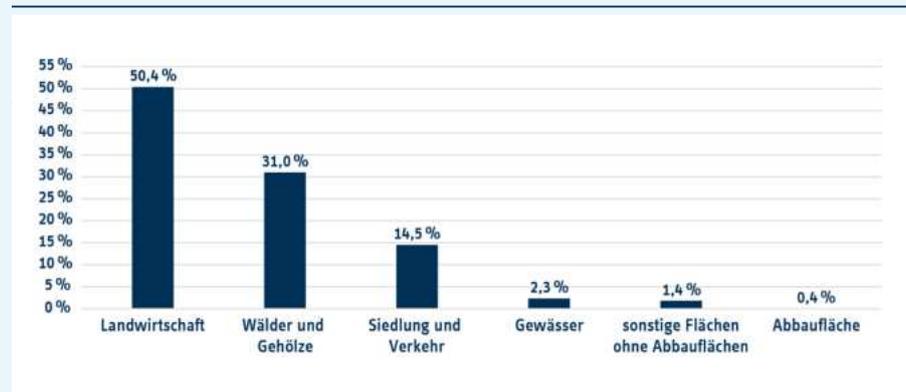
03

Flächenbindung der heimischen Steine-Erden-Rohstoffgewinnung

EXKURS

2022 wurden in Deutschland mehr als vier Fünftel der gesamten Landesfläche land- und forstwirtschaftlich genutzt, knapp 15% für Siedlung und Verkehr, gut 2% entfielen auf Seen, Flüsse, Kanäle und Küstengewässer und knapp 2% auf sonstige Flächen (Abb. 3). Zu letzteren zählen Flächen mit Felsen, Heideland, Mooren und dergleichen. Ferner zählen hierzu mit einem Anteil von 0,375% an der Landesfläche sog. „Abbauflächen“, die für den Gewinnung von Rohstoffen genutzt werden (einschließlich der Energierohstoffe; gut die Hälfte davon bezieht sich auf den Bereich Steine und Erden); der Anteil der für die Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen pro Jahr tatsächlich in Anspruch genommenen Fläche von 15,2 km² (2022) liegt bei 0,004% der gesamten Landesfläche von Deutschland in Höhe von 357.482 km² (BGR 2023: 28f.).

Abb. 3: Verteilung der Flächennutzung in Deutschland 2022 in %



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung nach Angaben von Statistisches Bundesamt (2023) und Umweltbundesamt (2023).

Es handelt sich bei der Flächeninanspruchnahme für die Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen zudem um keine dauerhafte Nutzung, die Rohstoffgewinnung ist somit nur mit vorübergehenden Eingriffen in den Naturhaushalt verbunden. Wie stark diese ausfallen, hängt damit zusammen, um welche Flächen es sich dabei handelt und wie diese im Anschluss an die Rohstoffgewinnung genutzt werden. Häufig siedeln sich schon während der Rohstoffgewinnung seltene Tier- und Pflanzenarten in Steinbrüchen oder Gruben an, sodass sich mitunter eine große Artenvielfalt ergibt (BGR 2017: 55ff.). Die neu geschaffenen Naturräume können sogar artenreicher sein als das häufig bei der in Deutschland ansonsten vorherrschenden Kulturlandschaft der Fall ist. Die (ehemaligen) Gewinnungsstätten stellen dann Rückzugsgebiete für seltene Tier- und Pflanzenarten dar (D-EITI 2023).

Die Ergebnisse der Projektionen hinsichtlich der Gewinnungsbedarfe von Steine-Erden-Primärrohstoffen und des zu erwartenden Aufkommens von Sekundärrohstoffen für

die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 sind für die Szenarien der oberen und unteren Variante der Tab. 7 zu entnehmen.

Tab. 7: Projektionsvarianten für Primär- und Sekundärrohstoffmengen (in Mio. t)

Rohstoffe	2022	Obere Variante				Untere Variante			
		2030	2035	2040	2045	2030	2035	2040	2045
Kies und Sand	253,0	252,0	249,5	242,9	235,0	244,2	230,9	217,0	203,2
Spezialkies/-sand	10,5	9,7	9,6	9,6	9,5	9,5	9,1	8,8	8,5
Naturstein	210,0	210,4	208,3	204,3	199,0	203,5	191,8	180,9	170,0
Naturwerkstein	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
Kalkstein insgesamt	57,1	54,1	51,0	46,9	46,1	52,6	47,7	42,2	39,9
- ungebrannt	10,0	8,8	8,3	7,7	7,6	8,6	7,7	6,9	6,5
- gebrannt	10,2	9,3	8,8	8,4	8,3	9,1	8,4	7,7	7,4
- für Zement	36,9	35,9	33,9	30,8	30,1	34,9	31,5	27,6	25,9
Spezialton, Kaolin	5,3	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,8	4,6	4,5
Ziegelton	10,6	9,5	9,4	9,1	8,9	9,2	8,7	8,2	7,7
Ton für Zementherstellung ¹	1,1	5,0	8,0	9,8	11,0	4,9	7,4	8,8	9,6
Gipsstein, Anhydrit	5,8	6,5	7,6	9,1	8,8	6,2	6,9	8,2	7,7
Primärrohstoffe	554,7	553,6	549,7	538,0	524,5	536,3	508,6	479,8	452,1
Recyclingbaustoffe	75,3	76,0	78,0	79,4	80,6	74,6	75,0	75,2	75,5
Roheisenschlacken ²	7,2	5,6	3,6	3,1	2,5	5,5	3,4	2,9	2,2
Stahlwerksschlacken	4,7	5,1	5,9	6,0	6,1	5,0	5,6	5,5	5,4
Steinkohlenflugaschen	2,2	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
HMVA	5,2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
REA-Gips	5,1	2,9	1,7	0,0	0,0	2,9	1,7	0,0	0,0
Sekundärrohstoffe insg.	99,6	95,7	94,2	93,5	94,2	94,1	90,7	88,6	88,1
Sekundärstoffquote in %	15,2	14,7	14,6	14,8	15,2	14,9	15,1	15,6	16,3

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs, ab 2030 eigene Berechnungen. -¹ Umfasst künftig insbesondere calcinierte Tone als Klinkersubstitut (vgl. Kapitel 5.6). -² Hochofenschlacken sowie andere Schlacken aus der Roheisenerzeugung, auch aus der künftigen DRI-basierten Stahlerzeugung.

Ergänzend werden in Tab. 8 die Jahre 2005, 2022 und – hier nur für die obere Variante – 2045 direkt nebeneinander ausgewiesen, zum einen – wie zuvor auch in Tab. 6 und 7 – in Mio. t, zum anderen als relative Werte, indem die jeweilige Gesamtmenge der Primär- bzw. der Sekundärrohstoffe gleich 100 gesetzt wird, um dadurch die Struktur der Rohstoffzusammensetzung und deren Veränderung im Zeitverlauf aufzuzeigen.

Die mengenmäßig bedeutsamsten Baurohstoffe Kies und Sand weisen demnach einen Anteil an den gesamten Steine-

Erden-Primärrohstoffen von rund 45 % auf, Naturstein einen von rund 38 %. Diese Anteile sind über den gesamten Betrachtungszeitraum von 2005 bis 2045 hinweg stabil. Mit zusammen 83 % unterstreichen sie damit auch die herausragende Bedeutung der Baurohstoffe für die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen insgesamt. Rund 9–10 % entfallen auf Kalkstein, rund 3–5 % auf Tone.

Die Struktur der von der Steine-Erden-Industrie verwendeten Sekundärrohstoffe ist einer deutlicheren Veränderung im Zeitverlauf unterworfen.



Bis 2022 stieg der auf Recyclingbaustoffe entfallende Anteil auf 76 % an. Trotz des leichten Mengenrückgangs steigt der Anteil bis 2045 weiter auf 85 %. Damit stellen

die Recyclingbaustoffe unter den Sekundärrohstoffen den mit großem Abstand bedeutendsten Mengenstrom dar.

Tab. 8: Primär- und Sekundärrohstoffmengen bzw. deren jeweilige Anteile an der Gesamtmenge (obere Variante)

Rohstoffe	2005	2022	2045	2005	2022	2045
	in Mio. t			Anteil in % (Summe insg. = 100 %)		
Kies und Sand	252,0	253,0	235,0	44,8	45,6	44,8
Spezialkies/-sand	11,0	10,5	9,5	2,0	1,9	1,8
Naturstein	211,0	210,0	199,0	37,5	37,9	37,9
Naturwerkstein	0,4	1,3	1,2	0,1	0,2	0,2
Kalkstein insgesamt	57,8	57,1	46,1	10,3	10,3	8,8
- ungebrannt	8,3	10,0	7,6	1,5	1,8	1,6
- gebrannt	12,4	10,2	8,3	2,2	1,8	1,5
- für Zement	37,1	36,9	30,1	6,6	6,7	5,7
Spezialton, Kaolin	11,5	5,3	5,0	2,0	0,9	0,9
Ziegelton	12,5	10,6	8,9	2,2	1,9	1,7
Ton für Zementherstellung ¹	1,3	1,1	11,0	0,2	0,2	2,1
Gipsstein, Anhydrit	4,7	5,8	8,8	0,8	1,0	1,7
Primärrohstoffe	562,2	554,7	524,5	100	100	100
Recyclingbaustoffe ²	48,0	75,3	80,6	61,9	75,6	85,5
Roheisenschlacken ³	7,4	7,2	2,5	9,5	7,2	2,7
Stahlwerksschlacken	6,3	4,7	6,1	8,1	4,7	6,5
Steinkohlenflugaschen	4,3	2,2	0,0	5,5	2,2	0,0
HMVA	4,0	5,2	5,0	5,2	5,2	5,3
REA-Gips	7,6	5,1	0,0	9,8	5,1	0,0
Sekundärrohstoffe insg.	77,6	99,6	94,2	100	100	100

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs, ab 2030 eigene Berechnungen. – ¹ Umfasst künftig insbesondere calcinierte Tone als Klinkersubstitut (vgl. Kapitel 5.6). ² Recyclingbaustoffe: 2005 ohne die Fraktion Boden und Steine. ³ Hochofenschlacken sowie andere Schlacken aus der Roheisenerzeugung, auch aus der künftigen DRI-basierter Stahlerzeugung.

Obere Variante: Die Gewinnung von Primärrohstoffen im Bereich Steine und Erden geht bis 2045 auf insgesamt 524 Mio. t zurück (-5,8 % gegenüber 2022). Ein Rückgang ist dabei bei den meisten Primärrohstoffen zu erwarten. Der Bedarf an Ton für die Zementherstellung steigt allerdings an, was vor allem auf die Dekarbonisierung der Zementindustrie zurückzuführen ist, deren Auswirkungen wie auch die der Dekarbonisierung der Eisen- und

Stahlindustrie im Exkurs 4 aufgezeigt werden. Neben dem Anstieg der Nachfrage nach Ton für die Zementherstellung steigt zudem der Bedarf an Gipsstein und Anhydrit. Dies ist wiederum eine Folge des Rückgangs beim Sekundärrohstoff REA-Gips, der aufgrund der Beendigung der Kohleverstromung künftig wegfällt und durch Naturgips ersetzt werden muss. Auf diese und weitere Auswirkungen des Kohleausstiegs geht Exkurs 5 ein.

04

Auswirkungen der Dekarbonisierung auf die Rohstoffversorgung

EXKURS

Im Zuge der Dekarbonisierung der Wirtschaft wird sich künftig auch die **Zusammensetzung des Zementportfolios** verändern (VDZ 2020). Der Anteil des CO₂-intensiven Zementklinkers geht zurück, und Hüttensand aus der hochofenbasierten Stahlerzeugung spielt in den hier betrachteten Szenarien spätestens 2045 keine Rolle mehr. Calcinierte Tone, Brechsande bzw. Recyclingmehle aus Beton- und Mauerwerksbruch sowie hüttensandähnliche Nebenprodukte der Stahlerzeugung werden dafür an Bedeutung gewinnen. Während der Kalksteinbedarf für die Zementherstellung aufgrund des zurückgehenden Klinkeranteils sinkt (siehe Kapitel 5.5), dürfte der Einsatz von Ton für die Zementherstellung steigen (siehe Kapitel 5.6).

Die Rohstahlproduktion der Eisen- und Stahlindustrie lag im Basisjahr 2022 bei 36,8 Mio. t (Wirtschaftsvereinigung Stahl 2023). Von der **Stahlproduktion** entfallen zurzeit noch 70 % auf die relativ CO₂-intensive Hochofenroute, die im Zuge der Dekarbonisierung der Stahlerzeugung aber zunehmend durch die Direktreduktion auf Basis von Wasserstoff ersetzt wird, die 2045 70 % der Stahlerzeugung ausmachen dürfte; der auf Elektroöfen auf Schrottbasis entfallende Anteil der Stahlproduktion bleibt mit ca. 30 % relativ konstant, es kommen aber Elektroöfen auf DRI-Basis dazu (Abb. 4).

Abb. 4: Struktur der Stahlerzeugung in %



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung nach Angaben von BDI (2024).

Die Veränderung der Struktur der Stahlerzeugung ist mit verschiedenen Auswirkungen verbunden:

- ▶ Das im Hochofen erzeugte Roheisen wird mittels eines Linz-Donawitz-Konverters zu Stahl weiterverarbeitet, womit das Aufkommen von **Roheisenschlacken** verbunden ist. Die damit einhergehende Erzeugung von Hüttensand fällt infolge der Einstellung der Hochofenroute künftig weg, während dann neben schrottbasierten Schlacken aus Elektroöfen zunehmend auch Elektroroheisenschlacken im Zusammenhang mit der Direktreduktion entstehen, die aber ein geringeres Volumen aufweisen, sodass es per Saldo zu einem Rückgang der Roheisenschlacken kommt. Diese müssen durch andere Stoffe ersetzt werden (VDZ 2022).
- ▶ Die Menge an **Stahlwerksschlacke** als Nebenprodukt der Elektrostaalherstellung wird im Zuge des Auslaufens der Hochofenroute künftig steigen und den Bedarf am Primärrohstoff Naturstein verringern.
- ▶ Zum Binden von Nebenbestandteilen des Eisenerzes im Hochofen wird **Kalkstein** (ungebrannt und gebrannt) benötigt. Durch die Direktreduktion mit Wasserstoff vermindert sich der Kalkbedarf für die Stahlerzeugung, was auf den künftigen Kalksteinbedarf anzurechnen ist. 2045 werden hierdurch in der oberen Variante 4,0 Mio. t Kalkstein weniger benötigt, in der unteren Variante 3,5 Mio. t.

05

Auswirkung des Kohleausstiegs auf Steine-Erden-Rohstoffe

EXKURS

Zur Modellierung der künftigen Verstromung von Braun- und Steinkohle wird für die Projektionszeitpunkte die Nettostromerzeugung aus der Kohleverstromung geschätzt. Zugrunde gelegt wird dafür die installierte Leistung, die sich aus dem Kohleausstiegsgesetz ergibt (Abb. 5).

Abb. 5: Stromerzeugungskapazitäten von Braun- und Steinkohlekraftwerken in Gigawatt



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung nach Angaben von BMWK (2025).

2022 lag die Nettostromerzeugung bei einer installierten Leistung für die Braun- und Steinkohleverbrennung von jeweils 15 GW bei 162 TWh (Fraunhofer ISE 2023). Die Kapazitätsauslastung dürfte in den Projektionsjahren der von 2022 entsprechen, da die Strompreise weiter steigen dürften und es sich daher lohnen wird, Kohlekraftwerke trotz ebenfalls steigender Emissionszertifikatpreise weiter zu betreiben. Der geplante Kohleausstieg hat verschiedene rohstoffrelevante Auswirkungen:

- ▶ Bei der Rauchgasentschwefelung in Kohlekraftwerken werden **Branntkalk** (2022: 0,7 Mio. t) und **ungebrannter Kalk** eingesetzt (2022: 1,6 Mio. t); diese Nachfrage fällt künftig weg. Zudem entsteht bisher **REA-Gips**, der chemisch identisch ist mit natürlichem Gips und daher für Gipsprodukte verwendet wird (2022: 5,1 Mio. t). Auch dieser fällt künftig weg. Es wird unterstellt, dass dann kein Gips mehr exportiert (2022: 0,7 Mio. t), das Gipsrecycling ausgeweitet (2045: 0,6 Mio. t) und der verbleibende Bedarf durch mehr Naturgipsgewinnung kompensiert wird.
- ▶ **Steinkohlenflugaschen** (2022: 2,15 Mio. t) kommen bei der Zement- und Betonherstellung zum Einsatz. Im Zuge des Steinkohleausstiegs fallen diese künftig ebenfalls weg und müssen im Beton durch einen entsprechend höheren Einsatz von Zement und Zuschlagsstoffen kompensiert werden.

Es wird immer wieder gefordert, den für spätestens 2038 vorgesehenen Kohleausstieg zeitlich vorzuziehen (u.a. Bundesregierung 2024; Prognos et al. 2021). 2035 läge die Steinkohleverstromungskapazität aber ohnehin nur noch bei 1,3 % der Kapazität des Jahres 2022 und die Braunkohleverstromungskapazität bei 41,3 %. Bei einem vorzeitigen Kohleausstieg vor 2035 wäre der Kalksteinbedarf für gebrannte und ungebrannte Produkte dann um 0,5 Mio. t geringer, der Naturgipsbedarf dagegen aufgrund des Wegfalls des REA-Gipses um 1,0 Mio. t höher.

Das Aufkommen von Sekundärrohstoffen sinkt bis 2045 auf 94,2 Mio. t (-5,4 % gegenüber 2022). Im Zuge des Kohleausstiegs werden REA-Gips und Steinkohlenaschen vollständig wegfallen, zudem gehen die Roheisenschlacken infolge der Dekarbonisierung der Stahlindustrie mengenmäßig deutlich zurück. Gleichzeitig nimmt die Menge der Stahlwerksschlacken zu, ohne aber den Rückgang der Schlacken aus der Roheisenerzeugung vollständig zu kompensieren. Bei den Recyclingbaustoffen ist dagegen ein Anstieg von 7,0 % zu verzeichnen, was mit dem zu erwartenden Aufwuchs infolge der steigenden Recyclingquote der Fraktion Boden und Steine zusammen-

hängt (Annahme für das Jahr 2045: ca. 8 Mio. t zusätzlich). Die Sekundärstoffquote verbleibt im Jahr 2045 mit 15,2 % auf dem Niveau im Basisjahr 2022.

Untere Variante: Eine schwächere gesamtwirtschaftliche Entwicklung führt dazu, dass die Gewinnung von Primärrohstoffen auf 452 Mio. t 2045 sinkt (-18,5 % gegenüber 2022) und das Aufkommen von Sekundärrohstoffen auf 88,1 Mio. t zurückgeht (-11,5 % gegenüber 2022). Die Sekundärstoffquote steigt somit auf 16,3 %.

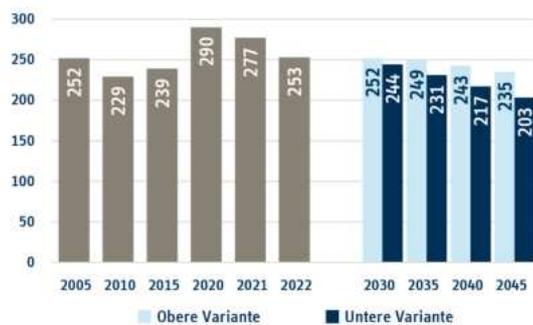
05

Gewinnung und Verwendung ausgewählter mineralischer Primärrohstoffe

5.1 Kies und Sand

Kies und Sand sind aufgrund des im Verhältnis zum Gewicht geringen Materialwerts transportkostensensible Rohstoffe. Es sollte eine dezentrale heimische Gewinnung und Aufbereitung sichergestellt werden, weil längere Transportwege aus ökonomischen und ökologischen Gründen meistens nicht nachhaltig sind (BGR 2023). Die Rohstoffgewinnungsmenge lag 2005 bei 252 Mio. t und 2022 bei 253 Mio. t (Abb. 6).

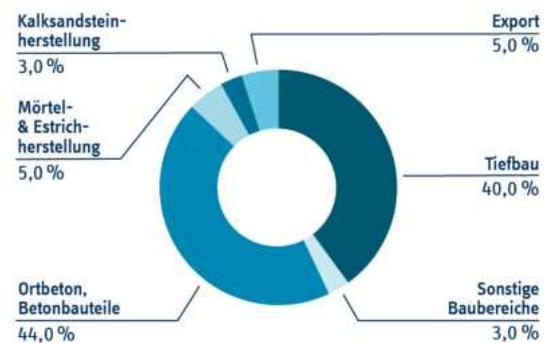
Abb. 6: Primärgewinnung von Kies und Sand (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030. – Daten bis 2017 Destatis; 2018-2019 BGR (2022), 2020-2022 BGR (2023).

Wichtige Einsatzbereiche von Kies und Sand sind die Betonherstellung und der Tiefbau (Abb. 7).

Abb. 7: Verwendung von Kies und Sand 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

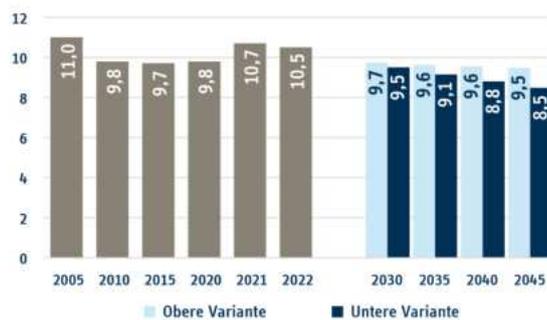
Obere Variante: Die Gewinnung von Kies und Sand geht künftig zurück. Bis 2045 sinkt sie auf 235 Mio. t (-7,1% gegenüber 2022). Dies ist eine Folge davon, dass das Bauvolumen weniger stark steigt als die Rohstoffproduktivität. Der Bedarf an Kies und Sand steht aber auch in einem wechselseitigen Zusammenhang zum Aufkommen von Recyclingbaustoffen (siehe Kapitel 6.1): Steigende Mengen an Recyclingbaustoffen können den Bedarf an Kies und Sand (oder Naturstein) reduzieren, sinkende Mengen müssen durch Kies und Sand (oder Naturstein) kompensiert werden. Auch der Wegfall von Steinkohlenflugaschen im Zuge des Kohleausstiegs hat Auswirkungen auf die Nachfrage, da ein Teil der bei der Betonherstellung eingesetzten Aschen durch einen entsprechend höheren Zementeinsatz mit Kies und Sand als Zuschlagstoff ersetzt werden dürfte (siehe Kapitel 6.3).

Untere Variante: Bei schwächerem gesamtwirtschaftlichem Wachstum sinkt die Gewinnung von Kies und Sand durch die geringere Bautätigkeit noch deutlich stärker. 2045 liegt sie demnach bei 203 Mio. t (-19,7% gegenüber 2022).

5.2 Spezialkies und -sand

Die Gewinnungsmenge ging von 11,0 Mio. t 2005 auf 10,5 Mio. t 2022 zurück (Abb. 8).

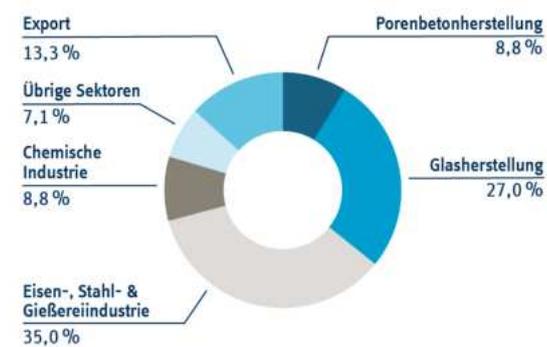
Abb. 8: Primärgewinnung von Spezialkies und -sand (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Spezialkies und -sand kommen vor allem in der Eisen-, Stahl- und Gießereiindustrie sowie in der Glasindustrie zum Einsatz, aber auch in der Chemischen Industrie und bei der Betonherstellung (Abb. 9; zu Spezialkies und -sand siehe auch BGR 2019).

Abb. 9: Verwendung von Spezialkies und -sand 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Die Gewinnung von Spezialkies und -sand geht bis 2045 auf 9,5 Mio. t zurück (-9,7% gegenüber 2022). Ursächlich hierfür ist vor allem die Entwicklung der Chemie-, Glas- und Gießereiindustrie.

Untere Variante: Die Gewinnung von Spezialkies und -sand geht in der unteren Variante auf 8,5 Mio. t zurück (-19,2% gegenüber 2022).

5.3 Naturstein

Die Gewinnung von Naturstein lag 2005 bei 211 Mio. t und ging bis 2022 auf 210 Mio. t leicht zurück (Abb. 10). In Abhängigkeit von der Baukonjunktur schwankten die Jahreswerte aber recht deutlich zwischen 229 Mio. t (2011) und 207 Mio. t (2013).

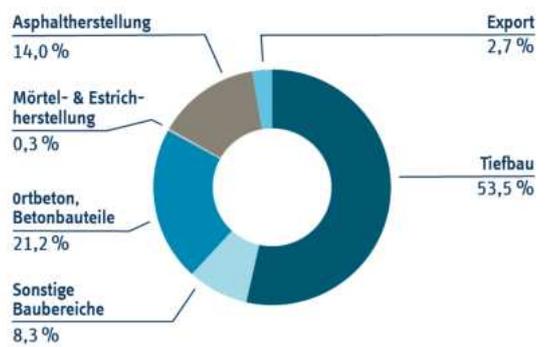
Abb. 10: Primärgewinnung von Naturstein (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Zu Naturstein zählen Festgesteine wie Kalkstein, Basalt, Diabas, Grauwacke, Granit, Diorit usw. Sie kommen gebrochen bei der Herstellung von Asphalt und Beton oder gemahlen bei der Herstellung von Mörtel zum Einsatz, mehr als die Hälfte wird im Tiefbau eingesetzt (Abb. 11).

Abb. 11: Verwendung von Naturstein 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Die Gewinnungsmenge sinkt bis 2045 auf 199 Mio. t (-5,2 % gegenüber 2022). Die trotz verhaltenen BIP-Wachstums und steigender Rohstoffproduktivität nur wenig zurückgehende Gewinnung hängt mit dem Investitionsstau in Bezug auf den Erhalt bzw. Ausbau der Infrastruktur zusammen. Wie bei Kies und Sand steht auch der Bedarf an Naturstein in Zusammenhang mit dem Aufkommen von Recyclingbaustoffen (siehe Kap. 6.1): Steigende Mengen an Recyclingbaustoffen können die benötigten Mengen an Naturstein (oder Kies und Sand) reduzieren, sinkende Mengen müssen durch Naturstein (oder Kies und Sand) kompensiert werden. Zudem besteht eine Substitutionsbeziehung zwischen Naturstein und Stahlwerksschlacken (siehe Kapitel 6.2) sowie Naturstein und HMVA (siehe Kapitel 6.3).

Untere Variante: Bei einer deutlich niedrigeren gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, die dann auch mit einer schwächeren Baukonjunktur einhergeht, sinkt bei Naturstein die Gewinnung ebenfalls deutlicher, und zwar auf 170 Mio. t (-19,0 % gegenüber 2022).

5.4 Naturwerkstein

Die Gewinnung von Naturwerkstein stieg von 1,2 Mio. t im Jahr 2010 auf 1,3 Mio. t im Basisjahr 2022 (Abb. 12). Wegen eines Bruchs in der Statistik sind die Gewinnungsmengen im Zeitraum 2005–2008 nicht vergleichbar mit denen der nachfolgenden Jahre. Daher wird 2010 mit dem Basisjahr 2022 verglichen, um die Entwicklung der Naturwerksteinmenge adäquat nachzeichnen zu können.

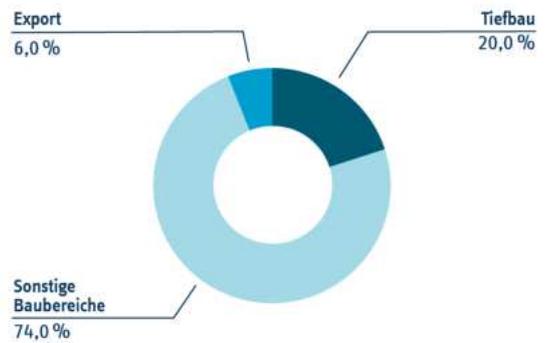
Abb. 12: Primärgewinnung von Naturwerkstein (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Naturwerksteinplatten werden als Boden- und Wandbelag verwendet, aber auch als Arbeitsplatten oder Grabsteine. Die wichtigsten Abnehmer sind mit einem Anteil von einem Fünftel der Tiefbau und mit drei Vierteln die sonstigen Baubereiche (Abb. 13).

Abb. 13: Verwendung von Naturwerkstein 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Bis 2045 geht die Gewinnung auf 1,2 Mio. t zurück (-9,3 % gegenüber 2022).

Untere Variante: Noch ausgeprägter ist der Rückgang bei der unteren Variante. Die Gewinnung sinkt 2045 auf 1,0 Mio. t (-21,6 % gegenüber 2022).

5.5 Kalk- und Dolomitstein

Kalk- und Dolomitstein kommt zum Einsatz (1) bei ungebraunten Produkten, (2) bei der Herstellung von Branntkalk und (3) bei der Zementherstellung. Darüber hinaus wird Kalkstein auch als Naturstein z.B. im Tiefbau verwendet (siehe hierzu Abschnitt 5.3).

(1) Die Gewinnung von **Kalk- und Dolomitstein für ungebraunte Produkte** stieg von 8,3 Mio. t 2005 auf 10,0 Mio. t 2022 (Abb. 14).

Abb. 14: Primärgewinnung von Kalk- und Dolomitstein für ungebraunte Produkte* (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030. - * Ohne den im Tiefbau verwendeten Kalkstein (dieser wird beim Naturstein mitgezählt).

Wichtigste Abnehmer sind die Eisen-, Stahl- und Gießereiindustrie, der Umweltschutz (z.B. Rauchgasentschwefelung, Kläranlagen) und die Landwirtschaft (Abb. 15).

Abb. 15: Verwendung von Kalk- und Dolomitstein für ungebrannte Produkte* 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs. – * Ohne im Tiefbau verwendetem Kalkstein (dieser wird beim Naturstein mitgezählt).

Obere Variante: Die Gewinnung von Kalk- und Dolomitstein für ungebrannte Produkte sinkt bis 2045 auf 7,6 Mio. t (-23,7% gegenüber 2022). Dies ist eine Folge der Dekarbonisierung der Eisen- und Stahlindustrie (siehe nochmals Exkurs 4 in Kapitel 04), zudem des Wegfalls des Kalksteinbedarfs für die Rauchgasentschwefelung durch den Kohleausstieg (siehe nochmals Exkurs 5 in Kapitel 04).

Untere Variante: Aufgrund der schwächeren gesamtwirtschaftlichen Entwicklung der unteren Variante sinkt die Gewinnung bis 2045 sogar auf 6,5 Mio. t (-34,7% gegenüber 2022).

(2) Beim **Kalkstein für Branntkalk** wird der gewonnene Kalkstein in Öfen veredelt. 2005 wurden 12,4 Mio. t Kalkstein zur Herstellung von Branntkalk gewonnen, 2022 waren es dann noch 10,2 Mio. t (Abb. 16). Im Rahmen des Brennprozesses entweicht – wie auch bei der Herstellung von Zement – prozessbedingt CO₂. Für die künftige Dekarbonisierung der Kalk- und Zementindustrie ist die Abscheidung und Nutzung bzw. Speicherung von CO₂ zwingend (BVK 2024).

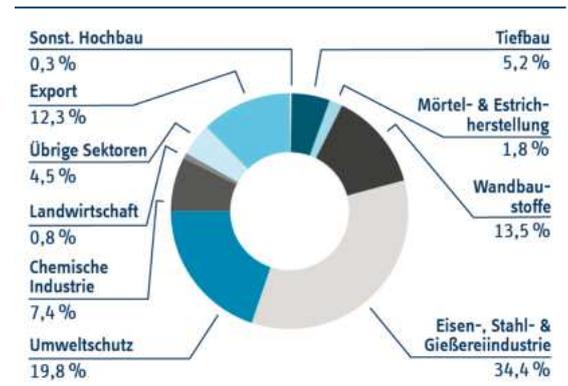
Abb. 16: Primärgewinnung von Kalk- und Dolomitstein für die Branntkalkherstellung (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Ähnlich wie schon beim Kalkstein für ungebrannte Produkte sind auch beim Branntkalk die Eisen-, Stahl- und Gießereiindustrie sowie der Umweltschutz die wichtigsten Abnehmer, zudem stellen die Hersteller von Wandbaustoffen (z.B. Kalksandstein) und die Chemische Industrie relevante Nachfrager dar (Abb. 17).

Abb. 17: Verwendung von Branntkalk 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Die Gewinnung sinkt bis 2045 auf 8,3 Mio. t (-18,2% gegenüber 2022). Für den Rückgang ist vor allem der Kohleausstieg verantwortlich (siehe nochmals Exkurs 5 in Kapitel 04). Bei der Schätzung der Kalksteingewinnung wurden mögliche neue Anwendungsbereiche allerdings nicht berücksichtigt, die sich z.B. bei der Reduktion von Nitrat in organischen Abfällen oder der Phosphorreduktion in Kläranlagen ergeben könnten. Auch ein verstärkter Einsatz von Kalkhydrat im Straßenbau wäre denkbar. Zudem stellt die Erhöhung der Alkalinität der Meere durch den Einsatz von Kalkprodukten eine potenzielle Anwendungsmöglichkeit dar (GEOMAR 2024).¹

¹ So wird in Bezug auf die Nutzung von Negativemissionen diskutiert, neben natürlichen Senken auch ein Ziel für technische Senken in das Klimaschutzgesetz aufzunehmen. Die Erhöhung der Ozeanalkalinität durch den Einsatz von Kalkprodukten könnte hier einen signifikanten Beitrag leisten (Fuhr et al. 2025).

Zur Erhöhung der CO₂-Aufnahmefähigkeit der Meere um eine Tonne bedarf es bis zu 4 t Kalk. Insofern könnte der projizierte Bedarf an Kalkstein für Branntkalk möglicherweise deutlich unterschätzt sein.

Untere Variante: Die Gewinnung geht bis 2045 auf 7,4 Mio. t zurück (-27,1% gegenüber 2022).

(3) Die Gewinnungsmenge an **Kalkstein für die Zementherstellung** lag 2005 bei 37,1 Mio. t und 2022 bei 36,9 Mio. t (Abb. 18).

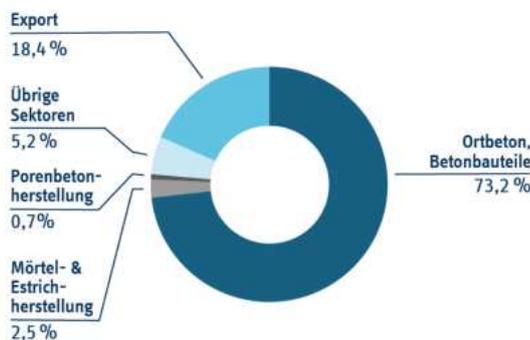
Abb. 18: Primärgewinnung von Kalkstein für die Zementherstellung (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Der wichtigste Ausgangsstoff für die Zementherstellung ist Kalkstein. Zement ist ein hydraulisches Bindemittel und u.a. für die Beton-, Mörtel- und Porenbetonproduktion notwendig (Abb. 19).

Abb. 19: Verwendung von Zement 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Die Kalksteinmenge für die Zementherstellung sinkt 2045 auf 30,1 Mio. t (-18,4% gegenüber

2022). Das hängt u.a. mit der unterstellten Verringerung des Betoneinsatzes beim Bauen zusammen. Darüber hinaus geht die Kalksteinmenge aufgrund des sinkenden Klinkeranteils zurück. Dem ist jedoch der höhere Anteil von Kalksteinmehl im Zement sowie einem Teil des Wegfalls der Roheisenschlacken und Steinkohlenaschen gegenzurechnen (siehe nochmals die Exkurse 4 und 5 in Kapitel 04).

Untere Variante: Die Gewinnungsmenge an Kalkstein für die Zementherstellung sinkt bei schwächerer gesamtwirtschaftlicher Entwicklung bis 2045 auf 25,9 Mio. t (-29,7% gegenüber 2022).

5.6 Tonige Rohstoffe

Tone werden in drei Segmente unterschieden: (1) Spezialton und Kaolin, (2) Ziegelton und (3) Ton für die Zementherstellung.

(1) Die verwertbare Gewinnung von **Spezialton und Kaolin** lag 2022 bei 5,3 Mio. t (Abb. 20). 4,4 Mio. t entfielen davon auf Spezialton, 0,9 Mio. t auf Kaolin. Da es bei der statistischen Erfassung von Spezialton Brüche gab, sind die Werte erst ab 2017 miteinander vergleichbar. 2017 lag die Gewinnung von Spezialton und Kaolin bei 5,9 Mio. t, davon waren 4,8 Mio. t Spezialton.

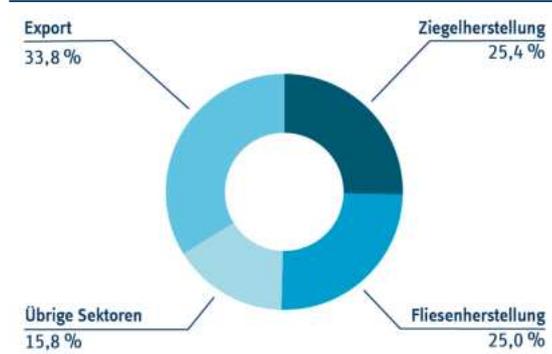
Abb. 20: Primärgewinnung von Spezialton und Kaolin (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Spezialtone werden je zu einem Viertel für die Fliesen- und Ziegelherstellung eingesetzt, zudem spielen Exporte, die bekannte Regionen für die Fliesenherstellung wie z.B. Norditalien adressieren, mit einem Anteil von einem Drittel eine große Rolle (Abb. 21).

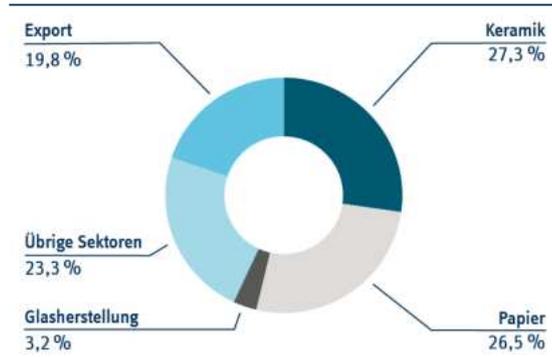
Abb. 21: Verwendung von Spezialton 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Kaolin wird zu jeweils mehr als einem Viertel in der Keramik- und Glasindustrie eingesetzt, wobei auch bei Kaolin der auf Exporte entfallende Anteil recht hoch ist (Abb. 22).

Abb. 22: Verwendung von Kaolin 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Die Gewinnung von Spezialton und Kaolin liegt im Jahr 2045 voraussichtlich bei 5,0 Mio. t (-5,7% gegenüber 2022).

Untere Variante: Bei der unteren Variante liegt die Gewinnung von Spezialton und Kaolin 2045 nur noch bei 4,5 Mio. t (-14,1% gegenüber 2022).

(2) 2005 lag die Gewinnung von **Ziegelton** bei 12,5 Mio. t, 2022 bei 10,6 Mio. t (Abb. 23).

Abb. 23: Primärgewinnung von Ziegelton (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Ziegelton wird ausschließlich zur Herstellung von Ziegeln verwendet (Mauer-, Dachziegel, Pflasterklinker usw.). Im Rahmen des Brennprozesses entweicht energie- und rohstoffbedingt CO₂. Die Ziegelindustrie verfolgt dabei das Ziel, u.a. durch den vermehrten Einsatz von wasserstoffbefeuderten und elektrischen Öfen klimaneutral zu werden (BVZi 2021).

Obere Variante: Die Gewinnung von Ziegelton sinkt bis 2045 relativ deutlich auf dann nur noch 8,9 Mio. t (-16,2% gegenüber 2022).

Untere Variante: Bei schwächerem Wachstum ist der Rückgang noch höher, und zwar bis auf 7,7 Mio. t (-27,0% gegenüber 2022).

(3) **Ton für die Zementherstellung** wird im Rahmen der Produktion von Zementklinker aufgrund des enthaltenen Aluminiumoxids eingesetzt. Die Gewinnung betrug 2005 1,3 Mio. t und 2022 1,1 Mio. t (Abb. 24). Künftig ist zu erwarten, dass (calcinierte) Tone als Substitut für Zementklinker eine weitaus größere Rolle spielen werden.

Abb. 24: Primärgewinnung von Ton für die Zementherstellung (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Obere Variante: Die Gewinnung von Ton für die Zementherstellung verzehnfacht sich im Vergleich zum Basisjahr 2022 und liegt 2045 bei 11,0 Mio. t. Der Grund dafür ist die sich im Zuge der Dekarbonisierung der Zementindustrie stark ändernde Zusammensetzung des Zementportfolios (siehe nochmals Exkurs 4 in Kapitel 04). Demnach steigt der Anteil des calcinierten Tons im Zement bis 2045 deutlich an.

Untere Variante: Auch in der unteren Variante steigt der Ton für die Zementherstellung an, und zwar auf 9,6 Mio. t bis 2045, was gegenüber 2022 einem Anstieg von knapp 750 % entspricht.

5.7 Gips- und Anhydritstein

2022 wurden 5,8 Mio. t Gips- und Anhydritstein gewonnen (Abb. 25). Zum Vergleich: 2010 waren es 4,7 Mio. t (die Gewinnung des Rohstoffs wird nur etwa alle drei Jahre statistisch erfasst, erstmals 2010). Zur Primärgewinnung kommt noch der Sekundärrohstoff REA-Gips hinzu, der chemisch identisch mit Naturgips ist (dessen Aufkommen lag 2022 bei 5,1 Mio. t, was 43 % der gesamten deutschen Gipsproduktion entsprach).

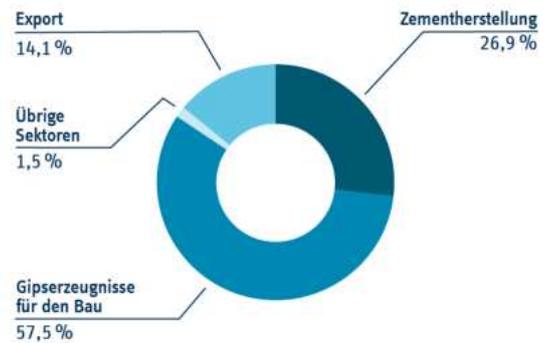
Abb. 25: Primärgewinnung von Gips- und Anhydritstein
(in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Aus Gips- und Anhydritstein werden Putze, Spachtel oder Mörtel hergestellt. Neben Gipszeugnissen wird auch bei der Zementherstellung Gips- und Anhydritstein eingesetzt (Abb. 26).

Abb. 26: Verwendung von Gips- und Anhydritstein 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Die Gewinnung von Gips- und Anhydritstein geht im Gegensatz zu anderen Baurohstoffen nicht zurück, sondern steigt deutlich an, und zwar auf 8,8 Mio. t bis 2045 (+51,7% gegenüber 2022). Das hängt in erster Linie damit zusammen, dass die REA-Gips-Erzeugung aufgrund der Beendigung der Kohleverstromung wegfällt (siehe nochmals Exkurs 4 in Kapitel 04). Dies kann teilweise durch geringere Gipsexporte (0,7 Mio. t 2022) und eine Ausweitung des Recyclinggipses (von 0,1 Mio. t 2022 auf 0,6 Mio. t 2045) kompensiert werden.

Untere Variante: Bei einer schwächeren gesamtwirtschaftlichen Entwicklung bzw. Baukonjunktur steigt die Gewinnung von Gips- und Anhydritstein bis 2045 auf 7,7 Mio. t (+32,8% gegenüber 2022).

06

Aufkommen und Verwendung ausgewählter mineralischer Sekundärrohstoffe²

6.1 Recyclingbaustoffe

Recyclingbaustoffe werden aus mineralischen Bauabfällen gewonnen. Die Menge ergibt sich aus Bau- und Abbruchaktivitäten und den jeweiligen Recyclingquoten. Dies betrifft im Wesentlichen die Fraktionen Boden und Steine (2022: 122,1 Mio. t; Recyclingquote: 11,5%), Bauschutt (55,2 Mio. t; 81,7%), Straßenaufbruch (17,1 Mio. t; 93,0%) und Baustellenabfälle (12,9 Mio. t; 2,3%) (bbs 2024: 5ff.). Die unterschiedlichen Recyclingquoten werden insbesondere durch die jeweilige Zusammensetzung des Ausgangsmaterials determiniert.

2010 lag die Menge an Recyclingbaustoffen bei 65,2 Mio. t, bis zum Basisjahr 2022 stieg sie dann auf 75,3 Mio. t an (Abb. 27).

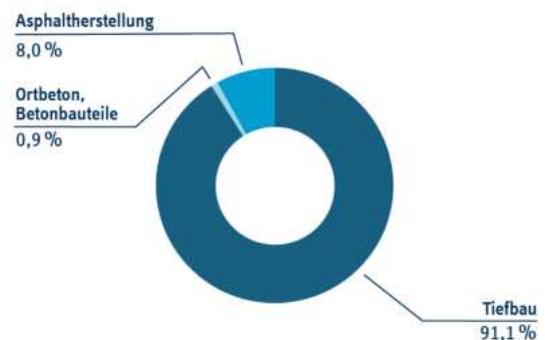
Abb. 27: Erzeugung von Recyclingbaustoffen (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Recyclingbaustoffe werden im Tiefbau (einschließlich bei der Asphaltherstellung) sowie in geringem Umfang bei der Betonherstellung eingesetzt (Abb. 28). Künftig wird eine Ausweitung des Einsatzes als Betonzuschlagstoff sowie als Zementbestandteil angestrebt.

Abb. 28: Verwendung von Recyclingbaustoffen 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Das Aufkommen von Recyclingbaustoffen steigt bis 2045 auf 80,6 Mio. t an (+7,0% gegenüber 2022). Zwar hat der verringerte Rückbau von Gebäuden und Infrastruktur einen dämpfenden Effekt, gleichzeitig werden aber Potenziale für eine Erhöhung der Recyclingquote in der Fraktion Boden und Steine gesehen, wenngleich noch unklar ist, inwieweit es sich lohnen wird, die erforderlichen Investitionen in Aufbereitungsanlagen zu tätigen, was von den künftigen Rahmenbedingungen für den Recyclingbaustoffeinsatz abhängt. Auch die regional sehr unterschiedliche Verfügbarkeit von Bodenmaterial spielt dabei eine Rolle. Hier wird angenommen, dass durch verbesserte Aufbereitungsmethoden die Recyclingmenge der Fraktion Boden und Steine bis 2045 zu einem sukzessiven Anstieg um weitere 8 Mio. t führt. Das insgesamt steigende Aufkommen von Recyclingbaustoffen vermindert die erforderliche Gewinnung von Kies und Sand sowie von Naturstein.

Untere Variante: In diesem Szenario wird das Aufkommen von Recyclingbaustoffen bis 2045 auf 75,5 Mio. t steigen (+0,3% gegenüber 2022).

² An dieser Stelle ist zu beachten, dass auch die sog. Rückgewinnung („Recovery“) von Fertigprodukten wie z. B. Glas oder Papier einen wichtigen Beitrag zur Senkung des Einsatzes von Primärrohstoffen leistet – in diesem Falle Quarzsand und Kaolin. Diese Effekte bleiben in der vorliegenden Studie unberücksichtigt.

Das Aufkommen von Recyclingbaustoffen wird auch in erheblichem Maße von der Ausgestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen beeinflusst. Die am 1. August 2023 in Kraft getretene **Ersatzbaustoffverordnung als Teil der Mantelverordnung für Ersatzbaustoffe und Bodenschutz** (Bundesgesetzblatt 2021) soll zu einem Rückgang der Verfüllungs- bzw. Deponierungsmengen und zu einer entsprechenden Erhöhung der Ersatzbaustoffmengen führen (Umweltbundesamt 2017).

Damit verbunden sind für den Einsatz von Ersatzbaustoffen (d.h. Recyclingbaustoffen und die als Baustoffe verwendeten industriellen Nebenprodukte) Neufestlegungen von Grenzwerten bzw. Materialwerten, Prüfverfahren sowie Einbaubedingungen und darüber hinaus Neuregelungen für die Verfüllung von Abgrabungen. Branchenkenntern zufolge kann aktuell nicht abschließend beurteilt

werden, wie sich die Mantelverordnung langfristig auf das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen auswirken wird.

Es besteht aber das Risiko, dass es durch Obergrenzen für Feststoffgehalte, Verschärfungen der Grenzwerte und Ausweitungen der Dokumentationspflichten zu einem Rückgang des Recyclings von Bau- und Abbruchabfällen kommen könnte, was den Bedarf an den Primärrohstoffen Sand und Kies sowie Naturstein entsprechend erhöhen würde. Aufgrund der zum jetzigen Zeitpunkt noch schwer abschätzbaren Effekte wurde dies im Projektionsmodell aber nicht berücksichtigt.

Von Relevanz in Hinblick auf das künftige Aufkommen von Recyclingbaustoffen könnte zudem die **Gefahrstoffverordnung** werden (Exkurs 6).

06

EXKURS

Asbestproblematik im Zusammenhang mit Recyclingbaustoffen

Die neue Gefahrstoffverordnung ist seit dem 05.12.2024 in Kraft (Bundesgesetzblatt 2024). Seit 1993 dürfen nur Baustoffe verwendet werden, deren natürlicher Asbestfaseranteil bei unter 0,1% liegt, während die Verwendung von asbesthaltigem Material, bei dem das Asbest bewusst hinzugefügt wurde, seitdem gänzlich verboten ist, auch dann, wenn der Anteil bei unter 0,1% liegt (Bundesgesetzblatt 1993). Natürlich vorkommende mineralische Rohstoffe und die daraus hergestellten Gemische und Erzeugnisse dürfen gewonnen, aufbereitet, weiterverarbeitet und wiederverwendet werden, wenn der Anteil bei unter 0,1% liegt. Nach dem Ablauf von Übergangsfristen durfte ab 1996 kein Asbest mehr verbaut werden. Allerdings kann im Bauschutt auch heute noch Asbest enthalten sein, wenn die zum Rückbau anstehenden Bauwerke vor 1996 errichtet wurden. Dies dürfte mindestens in einem Viertel des Gebäudebestands von vor 1996 der Fall sein (LAGA 2020), Branchenkenner gehen aber davon aus, dass der Anteil wesentlich höher ist und nahezu alle vor 1996 gebauten Gebäude zumindest in geringer Menge Baustoffe enthalten, denen Asbestfasern zugesetzt wurden.

Verbesserte Nachweismethoden zeigen auf, dass in Materialien wie Farben, Putzen, Kitteln oder Spachteln, bei denen man zunächst davon ausging, dass sie asbestfrei seien, doch Asbest enthalten sein kann. Ohne Separierung der asbesthaltigen Materialien ist Bauschutt, aus dem 2022 rund 60% der Recyclingbaustoffe gewonnen wurden, nur noch eingeschränkt recyclingfähig. Der Ansatz der Separierung hat auch Eingang in die LAGA-Mitteilung 23 gefunden (LAGA 2023; LAGA ist die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall), welche auf Basis der Gefahrstoffverordnung und neuer Erkenntnisse zu Asbestvorkommen im Baubestand erarbeitet wurde. Demnach müssen asbesthaltige Baustoffe vor dem Rückbau vollständig entfernt werden, was in vielen Fällen schwierig sein dürfte. Dies kann dazu führen, dass auch geringfügig asbestbelasteter Bauschutt aus dem Stoffkreislauf ausgeschleust und deponiert werden muss. Der Gesetzgeber muss daher eine Abwägung zwischen den Zielen Asbestfreiheit und Nachhaltigkeit im Sinne der Schließung von Stoffkreisläufen treffen (siehe dazu auch die Handlungsempfehlungen in Kapitel 7.3). Da aktuell noch nicht abschätzbar ist, wie die Gefahrstoffverordnung umgesetzt wird und wie sich weitergehende EU-Regelungen künftig auswirken, wurde die hiervon möglicherweise ausgehende Wirkung nicht in die Modellrechnungen einbezogen.

6.2 Schlacken

Schlacken sind bei der Erzeugung von Metallen entstehende nichtmetallische Schmelzen, die nach ihrer Abkühlung zu künstlichem Gestein werden, das den Eigenschaften von Basalt bzw. Granit ähnelt. Im Folgenden werden (1) Roheisen- und (2) Stahlwerksschlacken behandelt. Wie sich in dem Zusammenhang die Dekarbonisierung der Eisen- und Stahlindustrie u.a. auf die Verfügbarkeit von Schlacken auswirkt, zeigt der Exkurs 4 in Kapitel 04 auf.

(1) 2022 wurden 7,2 Mio. t **Roheisenschlacken**³ erzeugt gegenüber 7,4 Mio. t 2005 (Abb. 29).

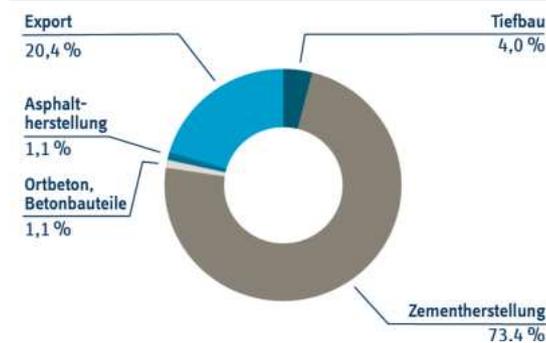
Abb. 29: Erzeugung von Roheisenschlacken (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Roheisenschlacken kommen vor allem in der Zementherstellung zum Einsatz (Abb. 30).

Abb. 30: Verwendung von Roheisenschlacken 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Das Aufkommen von Roheisenschlacken wird 2045 auf nur noch 2,5 Mio. t zurückgehen (-65,3 % gegenüber 2022). Die mit der hochofenbasierten Stahlerzeugung einhergehende Erzeugung von Hüttensand wird im Zuge der Einstellung der Hochofenroute bis 2045 komplett wegfallen. Im Zusammenhang mit der Direkt-

reduktion entstehen dann zwar Elektro-roheisenschlacken, die aber ein geringeres Volumen als die hochofenbasierten Schlacken aufweisen, sodass es insgesamt zu einem Rückgang der Roheisenschlacken kommen wird, der zu einem Mehrbedarf an anderen Nebenprodukten der Hüttenindustrie sowie Kalkstein und Ton führt.

Untere Variante: Bei einer schwächeren gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in der unteren Variante wird das Aufkommen von Roheisenschlacken 2045 noch stärker auf dann 2,2 Mio. t zurückgehen (-68,9 % gegenüber 2022).

(2) **Stahlwerksschlacken** sind ein Nebenprodukt der Stahlerzeugung. Ihr Aufkommen verringerte sich von 6,3 Mio. t im Jahr 2005 auf nur noch 4,7 Mio. t im Basisjahr 2022 (Abb. 31).

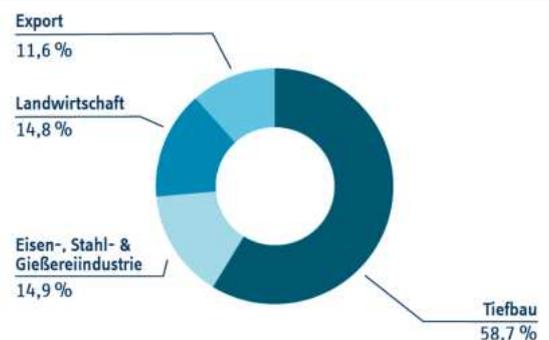
Abb. 31: Erzeugung von Stahlwerksschlacken (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Stahlwerksschlacken kommen vornehmlich im Tiefbau zum Einsatz, darüber hinaus in der Landwirtschaft (Herstellung von Düngemitteln) sowie im Zuge des internen Recyclings wieder in der Eisen-, Stahl- und Gießereindustrie (Abb. 32).

Abb. 32: Verwendung von Stahlwerksschlacken 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

³ Hochofenschlacken und andere Schlacken aus der Roheisenerzeugung, auch aus der künftigen DRI-basierten Stahlerzeugung.

Obere Variante: Die erzeugte Menge an Stahlwerksschlacken wird bis 2045 auf 6,1 Mio. t steigen (+29,8 % gegenüber 2022). Dieser Anstieg rührt daher, dass im Zuge des Auslaufens der Hochofenroute die nichtmetallischen Bestandteile des Eisenerzes, die zuvor zusammen mit Kalk als Zuschlag zu den hochofenbasierten Schlacken reagierten, in den Stahlwerksschlacken gebunden sein werden, sodass die Schlackenerzeugung je Tonne Rohstahl zunehmen wird. Die daraus resultierenden Angebotsüberschüsse verringern den Bedarf des Primärrohstoffs Naturstein.

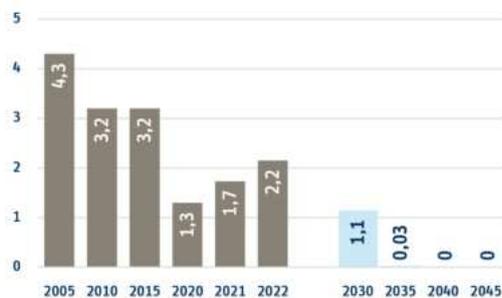
Untere Variante: Aufgrund der schwächeren gesamtwirtschaftlichen Entwicklung steigt das Aufkommen von Stahlwerksschlacken in der unteren Variante immerhin noch auf 5,4 Mio. t (+14,2 % gegenüber 2022).

6.3 Aschen

Aschen entstehen als Rückstände verschiedener Verbrennungsprozesse. Im Folgenden werden (1) Steinkohlenflugaschen betrachtet, die als Nebenprodukt der Steinkohlenverfeuerung anfallen, und (2) (Rost-) Aschen und Schlacken, die bei der Verbrennung von Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen entstehen (HMVA).

(1) Im Basisjahr 2022 fielen in Deutschland noch 2,2 Mio. t **Steinkohlenflugaschen** an (Abb. 33). Dies entsprach allerdings nur noch gut der Hälfte der Menge im Jahr 2005 (4,3 Mio. t). Hintergrund dieser Entwicklung ist, dass im genannten Zeitraum die Steinkohleverstromung bereits schrittweise reduziert wurde.

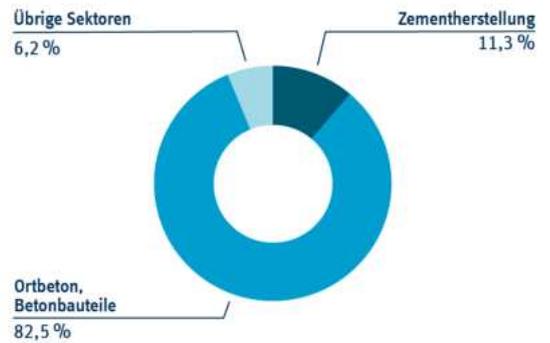
Abb. 33: Erzeugung von Steinkohlenflugaschen (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Steinkohlenflugaschen werden bei der Beton- und Zementherstellung eingesetzt (Abb. 34).

Abb. 34: Verwendung von Steinkohlenflugaschen 2022



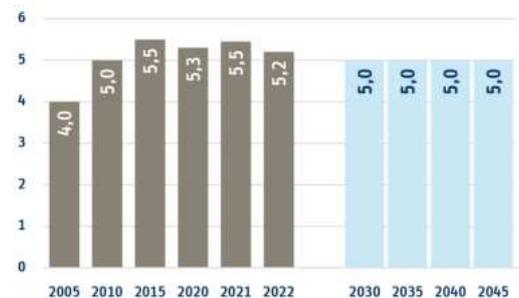
Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Aufgrund des Kohleausstiegs (siehe nochmals Exkurs 5 in Kapitel 04) wird sich das Aufkommen von Steinkohlenflugaschen bis 2030 nochmals halbieren auf dann nur noch 1,1 Mio. t, danach fällt er vollständig weg. Die wegfallenden Steinkohlenaschen müssen bei der Betonherstellung durch Zement und Gesteinskörnungen ersetzt werden, was bei der Modellierung der Primärrohstoffmengen jeweils berücksichtigt wird.

Untere Variante: Die Menge bei der unteren entspricht der bei der oberen Variante.

(2) **HMVA** sind aufbereitete und gealterte Rostaschen und Schlacken aus der Verbrennung von Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen. 2022 lag das Aufkommen von HMVA bei 5,2 Mio. t und damit über dem von 2005 mit 4,0 Mio. t (Abb. 35). Die Entwicklung korrespondiert mit den verbrannten Siedlungsabfällen.

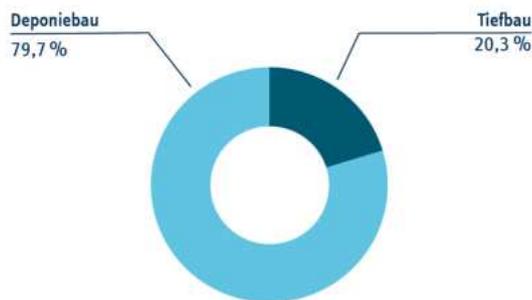
Abb. 35: Erzeugung von HMVA (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Destatis 2007 und 2024 und eigene Berechnung ab 2030.

HMVA werden u.a. im Tiefbau für den Unterbau von Straßen, Wegen und Plätzen eingesetzt. Die Abb. 36 zeigt die Verteilung der Verwendung im Basisjahr 2022 im baunahen Bereich auf. Nicht berücksichtigt sind hier die sonstige Verwertung sowie die Verwertung unter Tage sowie die Mengen, die deponiert werden.

Abb. 36: Verwendung von HMVA 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

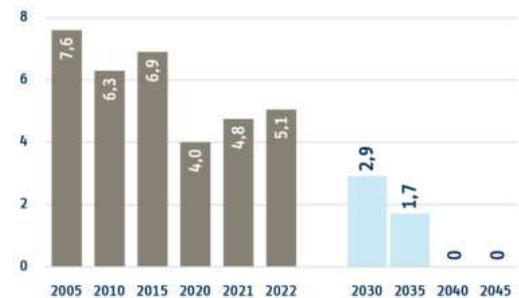
Obere Variante: In den Projektionsjahren liegt das Aufkommen von HMVA bei 5,0 Mio. t. In Bezug auf die HMVA besteht eine Substitutionsbeziehung zum Primärrohstoff Naturstein. Eine Veränderung der anfallenden Menge bei den HMVA würde somit eine Anpassung der Gewinnungsmenge an Naturstein hervorrufen. Die Angebotslücke ist in den einzelnen Projektionsjahren mit jeweils rund 0,1 Mio. t aber sehr niedrig.

Untere Variante: Die Mengen der HMVA bei der unteren entsprechen denen der oberen Variante. Auf eine Unterscheidung zwischen den Szenarien wurde verzichtet, da das Aufkommen kaum konjunkturelle Schwankungen aufweist.

6.4 REA-Gips

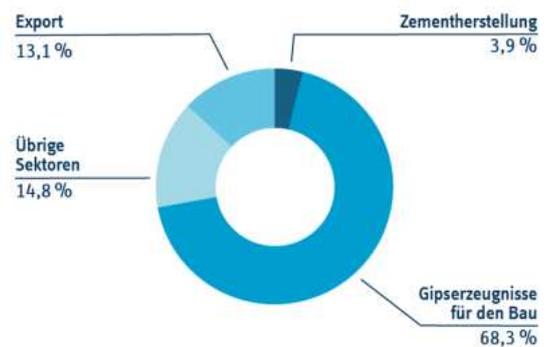
2022 fiel das Aufkommen von REA-Gips aus der Rauchgasentschwefelung von Kohlekraftwerken mit 5,1 Mio. t bereits geringer aus als noch 2005 mit 7,6 Mio. t (Abb. 37), da die Kohleverstromung bereits zurückgefahren wurde. Die Verwendung von REA-Gips geht aus Abb. 38 hervor und entspricht etwa der von Naturgips (siehe Kapitel 5.7).

Abb. 37: Erzeugung von REA-Gips (in Mio. t)



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs und eigene Berechnung ab 2030.

Abb. 38: Verwendung von REA-Gips 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von bbs.

Obere Variante: Das Aufkommen von REA-Gips sinkt 2030 auf 2,9 Mio. t und 2035 auf 1,7 Mio. t. Aufgrund des Kohleausstiegs fällt 2040 und 2045 kein REA-Gips mehr an (siehe nochmals Exkurs 5 in Kapitel 04). Der Wegfall muss durch die Gewinnung von Naturgips, Recyclinggips und Rückführung des Exports kompensiert werden.

Untere Variante: Die REA-Gipsmengen entsprechen denen der oberen Variante, da in der vorliegenden Studie die Annahme getroffen wird, dass das Aufkommen von den noch verbliebenen Kohleverstromungskapazitäten abhängig ist.

07

Handlungsempfehlungen

7.1 Ausgangslage

Zur Versorgung der Volkswirtschaft werden heimisch gewonnene Primärrohstoffe auch im Jahr 2045 in einem erheblichen Umfang erforderlich sein. Angesichts notwendiger Infrastrukturinvestitionen, massiven zusätzlichen Wohnraumbedarfs und der Transformation der Wirtschaft zur Erreichung der Klimaneutralität wird die ökonomische und strategische Bedeutung der Primärrohstoffgewinnung für die Rohstoffsicherung hoch bleiben, zumal mit einem sinkenden Aufkommen an Sekundärrohstoffen zu rechnen ist. Sekundärrohstoffe wie Recyclingbaustoffe und industrielle Nebenprodukte werden weiterhin einen wichtigen Beitrag zur Rohstoffversorgung und damit zur Ressourcenschonung leisten, Primärrohstoffe aber keinesfalls ersetzen können.

Gleichzeitig stehen verschiedene Schutz- und Nutzungsanforderungen im Spannungsfeld zur Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen. Es steht daher zunehmend infrage, inwieweit die Versorgung mit diesen Rohstoffen langfristig gesichert ist. Versorgungsengpässe wären mit erheblichen wachstumsdämpfenden gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen verbunden.

Es werden daher Empfehlungen zur Sicherung der künftigen Versorgung mit Steine-Erden-Rohstoffen unterbreitet. Dies betrifft die Regulierung zur Sicherstellung einer nachhaltigen Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen, die Förderung des Recyclings und des Einsatzes von industriellen Nebenprodukten zur Schließung von Stoffkreisläufen sowie zur Steigerung der Akzeptanz für die Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen.

Zentrale Grundlage dafür sind die in der Studie projizierten Steine-Erden-Rohstoffbedarfe. Dies wird ergänzt um eine Auswertung von Studien sowie Interviews mit Experten aus Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Verbänden.

7.2 Regulierung zur Sicherstellung einer nachhaltigen Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen

Der Rahmen für eine raumverträgliche Steuerung der heimischen Rohstoffgewinnung ist im Raumordnungsgesetz verankert. Gesetzliche Vorgaben für die Genehmigung der Rohstoffgewinnung enthalten u.a. das Bundesberg-, Bundesimmissionsschutz-, Wasserhaushalts- und Naturschutzgesetz sowie das Baugesetzbuch. Die Regulierung sollte das Ziel verfolgen, ökonomische und ökologische Aspekte der Rohstoffgewinnung miteinander in Einklang zu bringen. Vor diesem Hintergrund wird Folgendes vorgeschlagen:

- ▶ **Anpassung des Raumordnungsgesetzes**
Das Raumordnungsgesetz (ROG) regelt den bedarfsunabhängigen Aufschluss nachgewiesener Lagerstätten und stellt sicher, dass Überplanungen unterbleiben. Die Raumplanung sollte die Rohstoffgewinnung aber noch stärker priorisieren. Um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass Steinbrüche in vielen Fällen wertvolle Biotope darstellen und somit Zielkonflikte bei Abbrucherweiterungen entstehen können, sollte im ROG die Mehrfachnutzung von Flächen ermöglicht werden. Im Ergebnis würde dies die Raumplanung vereinfachen und die Förderung von Rohstoffen erleichtern.
- ▶ **Weiterentwicklung des Planungsrechts**
Planungsprozesse im Bereich der Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen werden häufig durch politische Einflüsse dominiert. Es ist darauf zu achten, dass dies nicht zu Lasten des geologisch sinnvollen Aufschlusses von Rohstoffen geht. Mit der Ausweisung von Vorranggebieten sollte zudem keine generelle Tabuisierung von außerhalb dieser Gebiete liegenden Flächen verbunden sein, damit auch hier künftig Rohstoffgewinnung zugelassen werden kann. Dabei sollte eine Abwägung zwischen der Rohstoffgewinnung und den Interessen der Öffentlichkeit etwa in Bezug auf die Sicherstellung des Wasser-, Natur- und Landschaftsschutzes in einer

möglichst effizienten Weise erfolgen. Die Konzentration in Verfahrensgesetzen ist dabei spezialgesetzlichen Regelungen vorzuziehen.

► **Kürzung der Verfahrensdauer**

Genehmigungsverfahren mit einer Dauer von 10–15 Jahren sind keine Ausnahme. Es kann dabei zu Konflikten mit dem Wasser-, Natur- und Landschaftsschutz kommen, zumal die Öffentlichkeitsbeteiligung in dieser Hinsicht stark ausgeweitet wurde. Die langen Verfahren stellen zusammen mit dem hohen bürokratischen Aufwand einen Wettbewerbsnachteil für die Industrie dar (BDI 2022: 2). Die Planungs- und Genehmigungsverfahren sind daher weiterzuentwickeln und zu vereinfachen. Sie sollten beschleunigt werden, wie das z.B. in Bezug auf die regenerativen Energien wie Windkraftanlagen und Solarparks erfolgt ist (EY 2022; bbs 2024). Wir empfehlen, die Verwaltungsgerichtsordnung zu ändern, um die viel zu langen Klagewege zu verkürzen. Die Reduzierung der Detailprüfungstiefe der Gerichte und die Einführung eines Gutachterprivilegs könnten hilfreich sein. Genehmigungsverfahren können zudem durch die Einführung praxistauglicher Stichtagsregelungen vereinfacht und beschleunigt werden.

► **Vorrang für die Rohstoffgewinnung rechtlich festschreiben**

Wir empfehlen, dass die Sicherung von mineralischen Steine-Erden-Rohstoffen aufgrund von deren hoher Relevanz u.a. für wirtschaftliche und soziale Belange sowie in Hinblick auf die Erreichung der Klimaneutralität als überragendes öffentliches Interesse gesetzlich festgeschrieben wird. Dies betrifft u.a. das Bundesberggesetz, das Bundesimmissionsschutzgesetz, das Wasserhaushaltsgesetz und die Landesabgrabungsgesetze.

► **Standardisierung der Umwelt- bzw. Fauna-Flora-Habitatverträglichkeitsprüfungen**

Bei diesen Prüfungen könnten normierte und standardisierte Bewertungsmethoden sowie Sachverständigengutachten zum Einsatz kommen, um kleinteilige Verfahren zu vermeiden. Es sind dabei alle ökonomischen und ökologischen Nutzen- und Kostenaspekte zu berücksichtigen, die über den Lebenszyklus hinweg entstehen. Auch Regelungen zu „Natur auf Zeit“ könnten hilfreich sein.

► **Vorrang für die Erweiterung der bestehenden Rohstoffgewinnung**

Bei einer bestehenden Rohstoffgewinnung sollte einer Erweiterung in der Tiefe und der Fläche Vorzug gegenüber einem Neuaufschluss von Rohstoffen gegeben werden, da dies gleichermaßen ökonomisch und ökologisch vorteilhaft wäre.

► **Keine Primärbaustoffsteuern**

Eine ökologisch effektive und zugleich ökonomisch effiziente Internalisierung von Umweltkosten ist mithilfe einer Primärbaustoffsteuer nicht zu erreichen (IW Köln 2022). Das hängt zum einen mit dem nicht nachfragegesteuerten Aufkommen von Steine-Erden-Sekundärrohstoffen zusammen und zum anderen mit der geringen Preiselastizität der Rohstoffnachfrage. Die Steuer würde somit lediglich zu einer Erhöhung der Primärbaustoffpreise und damit zu Kostensteigerungen auf den nachgelagerten Wertschöpfungsstufen führen, die diese nahezu vollständig auf die Endkonsumenten überwälzen würden. Eine Lenkungswirkung wäre erst bei hohen Steuersätzen zu erwarten, die wiederum marktverzerrend und preistreibend wirken würden.

7.3 Förderung des Recyclings und der Nutzung von Nebenprodukten zur Schließung von Stoffkreisläufen

Bei der Förderung des Sekundärrohstoffeinsatzes sollte eine rationale Abwägung zwischen einsetzbarer Menge, Verwertung, Kosten und Gefahrenabwehr getroffen werden. Ziel muss es sein, ein weitgehend friktionsfrei funktionierendes System zu etablieren, das die genannten Anforderungen ausstärkt. Dazu werden folgende Empfehlungen unterbreitet:

► **Abbau regulatorischer Hürden**

Regulatorische Hürden in Bezug auf den Einsatz von Recyclingbaustoffen sollten etwa in Bezug auf die Mantel- oder Gefahrstoffverordnung abgebaut werden. Hier ist zu prüfen, inwieweit einzelne Regulierungen im Sinne der Erhöhung der Effizienz und der Zielerreichung des Gesamtsystems tatsächlich erforderlich und zielführend sind.

► **Vereinheitlichung von Prüfverfahren**

Grenzwerte sollten harmonisiert und Prüfverfahren (z.B. in Bezug auf Schadstoffgehalte) möglichst schlank und kostengünstig gestaltet werden. So zeigt die Praxis, dass regelmäßig kostspielige Mehrfachuntersuchungen von Bau- und Abbruchabfällen nach der Mantelverordnung und angrenzender Rechtsgebiete wie der Deponieverordnung, den Regelungen nach der LAGA-Mitteilung 23 oder bauaufsichtlichen Vorgaben notwendig sind. Darüber hinaus ist eine Vereinheitlichung anzustreben, so dass mit einem Prüfungsgang sämtliche Verwertungs- und Beseitigungsoptionen für ein Material bestimmt sind, was in Hinblick auf die verfolgten Ziele die unnötig hohe Komplexität der Regulierungen verringern würde. Zudem wäre es sinnvoll, bei der Auswahl der Prüfverfahren möglichst technologieoffen zu sein.

► **Herauslösung qualitätsgesicherter Recyclingbaustoffe aus dem Abfallregime**

Qualitätsgesicherte Recyclingbaustoffe sollten künftig als Produkte und nicht mehr als Abfall deklariert werden, damit Produktnormen und Zulassungen gleichermaßen die Verwendung von Primär- und Sekundärrohstoffen adressieren. Diese müssen eine rechtssichere Verwendung ermöglichen, was auch für mehr Akzeptanz für den Einsatz von Sekundärrohstoffen sorgt. Das wäre für alle Beteiligten, die Recyclingbaustoffe einsetzen – insbesondere aber für die Rückführung von Recyclingbaustoffen in die Produktion neuer Bauprodukte – von großem Vorteil. Ausschreibungen, Vergaben und Genehmigungen würden einfacher, wenn Sekundär- wie Primärrohstoffe behandelt werden. Benachteiligungen oder sogar Ausschlüsse von Recyclingbaustoffen würden dann automatisch vermieden.

► **Rationale Abwägung in Hinblick auf Zielkonflikte bei der Verwertung**

Zielkonflikte gibt es in Hinblick auf die Erhöhung der Recyclingmengen und eine hochwertige Verwertung. Letztere kann dazu führen, dass das verbleibende Restmaterial aufgrund veränderter Qualitäten nicht mehr für die bisherigen Verwendungen geeignet ist und daher ggf. sogar deponiert werden muss. Daher ist zu klären, in welchen Fällen sich eine hochwertige Verwertung in Bezug auf Stoffströme wirklich lohnt. Regulierungen können sonst dysfunktional wirken, wenn sie falsche Anreize setzen.

► **Förderung ressourcensparender und klimaneutraler Bauvorhaben**

Bei der Errichtung von Gebäuden und Infrastrukturen sind das kreislaufgerechte Bauen und der ressourceneffiziente Einsatz von Rohstoffen zunehmend von Bedeutung. Dies ist weiter zu fördern und auszubauen, etwa durch entsprechende Ausschreibungsmodalitäten der öffentlichen Hand.

► **Zielkonflikte zwischen Boden-/Gewässerschutz und Kreislaufwirtschaft auflösen**

An die ökologische Qualität von Ersatz- und Recyclingbaustoffen werden immer strengere Anforderungen gestellt. Das führt dazu, dass Sekundärrohstoffe trotz hervorragender bautechnischer Eigenschaften in schlechte Materialklassen eingeordnet und entsprechend verwertet oder deponiert werden müssen. Um die Kreislaufwirtschaft zu stärken, muss ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Boden- und Gewässerschutz auf der einen und Ressourcenschutz auf der anderen Seite gefunden werden. Diesen Anforderungen werden bestehende Regulierungen nicht gerecht.

► **Grenzwert für Asbest in der Gefahrstoffverordnung**

Die Gefahrstoffverordnung (Bundesgesetzblatt 2024) verbietet die weitere Verwendung von Materialien, denen Asbest bewusst zugesetzt wurde. Eine konsequente Umsetzung dieser Regelung durch die LAGA-Mittelung 23 (LAGA 2023) würde zur substanziellen Verminderung der Recyclingmenge führen (siehe dazu auch Kapitel 6.1). Wir empfehlen daher, für Asbest einen Grenzwert anzusetzen, der eine Abwägung zwischen den tatsächlichen gesundheitsrelevanten Aspekten und der Nachhaltigkeit im Sinne der Schließung von Stoffkreisläufen impliziert.

► **Wissens- und Forschungsbedarf adressieren**

Dieser betrifft bei der Qualitätssicherung von Recyclingbaustoffen die Frage, wie viel Asbest über Primärbau- stoffe in Verkehr gebracht und bei der Aufbereitung und ordnungsgemäßen Verwendung von Baustoffen freigesetzt wird (LAGA 2020). Ein besserer Wissensstand würde z.B. den Einsatz von Techniken zur Abtrennung asbesthaltiger Teile ermöglichen. Forschungsbedarf besteht aber auch in Hinblick auf die Entwicklung von Technologien, um Gemische selektiv voneinander trennen zu können sowie zur Verwertung von Ersatzbaustoffen außerhalb der Mantelverordnung (z.B. von Brechsanden im Bereich der Zementindustrie). Weiterhin ist Forschungsbedarf im Bereich der Entwicklung von Substituten (z.B. für Hüttensand) zur Verwendung in Zement und Beton zu attestieren.

► **Verzicht auf Einsatzquoten für die Verwendung von Recyclingmaterialien**

Einsatzquoten für die Verwendung von Recyclingmaterialien führen zu einer erhöhten Nachfrage nach hochwertigem Recyclingmaterial und damit möglicherweise zu regionalen Preissteigerungen in Regionen, in denen weniger Recyclingbaustoffe verfügbar sind als nachgefragt werden. Die restlichen Materialien erreichen dann aber ggf. die erforderlichen Qualitäten nicht mehr und müssen deponiert werden. Bei mineralischen Baustoffen sollte daher auf Rezyklateinsatzquoten mit dem Ziel einer in Teilen hochwertigen Verwertung von Ersatzbaustoffen zugunsten einer insgesamt höheren Verwertungsquote verzichtet werden.

7.4 Steigerung der Akzeptanz für die Gewinnung von Rohstoffen

Schutzanforderungen können zu Vorbehalten und Widerständen gegenüber der heimischen Rohstoffgewinnung führen. Die Steine-Erden-Industrie wird zwar mehrheitlich für wichtig und die Rohstoffversorgung als bedeutsam erachtet, die Nachhaltigkeit der Primärrohstoffgewinnung aber eher als gering eingeschätzt (forsa 2023). Daher werden folgende Maßnahmen empfohlen:

► **Verstärkung des Bewusstseins für die Notwendigkeit der Rohstoffgewinnung**

Die Versorgung mit Steine-Erden-Rohstoffen ist für zahlreiche Wirtschaftszweige von Bedeutung, u.a. für die Errichtung von Infrastruktur und den Wohnungsbau. Dies ist zwar in der breiten Bevölkerung anerkannt, dennoch sollte das Bewusstsein dafür geschärft werden. Es ist deutlich zu machen, dass sich der Primärrohstoffbedarf nur in begrenztem Maße durch eine Steigerung der Rohstoffproduktivität oder das Aufkommen von Sekundärrohstoffen verringern lässt. Hervorzuheben ist zudem, dass Steine-Erden-Rohstoffe in Hinblick auf die Erreichung der Klimaneutralität eine zentrale Rolle spielen, was es in die Gesellschaft zu kommunizieren gilt. Auch ein Bekenntnis der Politik zur Notwendigkeit der Rohstoffgewinnung wäre hilfreich.

► **Lokale Aktivitäten priorisieren**

Es zeigt sich, dass für die Akzeptanz der Rohstoffgewinnung gerade die lokale Vernetzung und die Durchführung von Aktivitäten in den Abbauregionen von zentraler Bedeutung ist. Dies ermöglicht es, ein Klima zu schaffen, in dem von vorneherein ein hoher Grad an Akzeptanz für die Rohstoffgewinnung entsteht. Zudem sollten Informationsveranstaltungen, Tage der offenen Tür oder Führungen durch Renaturierungs- bzw. Rekultivierungsvorhaben organisiert werden, um ein positives Bild von der Rohstoffgewinnung und der Betriebe der Steine-Erden-Industrie zu schaffen.

► **Frühzeitige Konkretisierung der Folgenutzung von Rohstoffgewinnungsflächen**

Die Folgenutzung der vorübergehend für die Rohstoffgewinnung genutzten Flächen ist obligatorischer Bestandteil der Genehmigungsverfahren in Form der Aufstellung von landschaftspflegerischen Begleitplänen. Hierin wird die Art und Weise der Rekultivierung oder Renaturierung der Flächen nach dem Ende der Rohstoffgewinnung vereinbart. Vorbehalte und Widerstände gegen die Rohstoffgewinnung können umso erfolgreicher vermindert werden, je attraktiver sich solche Folgenutzungen darstellen (Renaturierung zur Schaffung neuer Naturräume, Rekultivierung zu Freizeit Zwecken, Schaffung von Seenlandschaften usw.).

► **Maßnahmen zur Rohstoffeinsparung**

Ein wichtiger Baustein der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ist das Ressourceneffizienzprogramm (BMU 2020), das weiter aktiv von der Politik unterstützt werden sollte. Das Programm fördert Projekte zur Erhöhung der Rohstoffeffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion bis zum Konsum und damit der Etablierung einer Kreislaufwirtschaft, um den Primärrohstoffbedarf möglichst gering zu halten. Aktuell hinzugekommen ist die im Dezember 2024 beschlossene Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (BMUV 2024), die allerdings durch pauschale Zielwerte, wie z.B. der vorgeschlagenen Halbierung des Ressourcenverbrauchs, wachstumshemmend wirken kann.

08

Fazit

Die Studie zeigt auf, wie sich die Primärrohstoffnachfrage und das Sekundärrohstoffaufkommen im Bereich Steine und Erden künftig voraussichtlich entwickeln werden.

Dazu wurde mithilfe von Rohstoffmatrizen für zwei Szenarien zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen bis 2045 geschätzt. Dazu ist eine Projektion vorgenommen worden, in welchem Umfang sich die Nachfrage nach Primärrohstoffen unter Berücksichtigung des zu erwartenden Aufkommens von Sekundärrohstoffen aus dem Recycling mineralischer Bauabfälle und aus Nebenprodukten der industriellen Produktion verändert.

Die vorgenommene Ableitung von Handlungsempfehlungen gibt schließlich Hinweise darauf, wie die flächendeckende Versorgung mit Steine-Erden-Rohstoffen sichergestellt werden kann.

Die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen wird maßgeblich von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und der damit einhergehenden Veränderung der rohstoffnachfragenden Wirtschaftssektoren bestimmt. Dabei spielen u.a. auch die Investitionen in die Verbesserung der Infrastruktur und die Transformation der Wirtschaft in Richtung Klimaneutralität eine zentrale Rolle.

Auf Basis der Ergebnisse der Projektion dieser Entwicklungen werden zwei Szenarien gebildet. Diese unterscheiden sich in Bezug auf die demografische und wirtschaftliche sowie die Entwicklung der Produktion in einzelnen Wirtschaftszweigen und des Bauvolumens.

Während das BIP-Wachstum von 2022 bis 2045 in der oberen Variante bei durchschnittlich 0,9 % p.a. liegt, beträgt es in der unteren Variante nur etwas mehr als 0,1 % p.a. Die Eisen- und Stahlindustrie wächst selbst in der oberen Variante kaum noch, das Bauvolumen verzeichnet dagegen mit einem durchschnittlichen Wachstum von 1,2 % p.a. einen gemessen an der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung überdurchschnittlichen Anstieg.

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Rohstoffnachfrage ist die Entwicklung der Rohstoffproduktivität. Der Trend einer steigenden Rohstoffproduktivität, der schon seit über zwei Jahrzehnten zu beobachten ist, setzt sich infolge von Innovationen, Investitionen und Qualitätsverbesserungen auch in den beiden Szenarien fort. Dem wird in dem verwendeten Projektionsmodell durch die Berücksichtigung sektoral differenzierter Anpassungsfaktoren Rechnung getragen, um von der realen monetären Produktionsentwicklung auf den physischen Rohstoffbedarf umrechnen zu können.

Die Primärgewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen wird 2045 in der oberen Variante bei 524 Mio. t liegen und damit 5,8 % unter dem Niveau des Basisjahres 2022, das Aufkommen von Sekundärrohstoffen mit 94 Mio. t 5,4 % unter dem von 2022, die Sekundärstoffquote verbleibt somit 2045 mit 15,2 % auf dem Niveau von 2022 (Abb. 39).

Abb. 39: Projektion der Primär- und Sekundärrohstoffmengen in Mio. t sowie der Sekundärstoffquote in % – obere Variante



Quelle: Eigene Darstellung und eigen Berechnungen.

Bei der Annahme einer ungünstigeren gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in dem Szenario der unteren Variante sinkt die Primärgewinnung auf 452 Mio. t (-18,5 % gegenüber 2022) und das Aufkommen von Sekundärrohstoffen auf 88 Mio. t (-11,5 % gegenüber 2022). Die Sekundärstoffquote steigt somit von 15,2 % im Basisjahr 2022 auf 16,3 % im Jahr 2045 an (Abb. 40).

Abb. 40: Projektion der Primär- und Sekundärrohstoffmengen in Mio. t sowie der Sekundärstoffquote in % – untere Variante



Quelle: Eigene Darstellung und eigen Berechnungen.

Der mit Abstand größte Massenstrom bei Steinen und Erden entfällt auf die Baurohstoffe. Kies und Sand sowie Naturstein hatten 2022 einen Anteil an der Primärgewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen von 82,8%, die Recyclingbaustoffe einen von 75,6% am gesamten Aufkommen von Sekundärrohstoffen. Der Rückgang bis 2045 beträgt bei Kies und Sand bzw. Naturstein 7,1% bzw. 5,2% gegenüber 2022 (obere Variante). Zwar nimmt das Bauvolumen überproportional zu, es steigt aber auch die Rohstoffproduktivität im Bausektor stärker als in den anderen Wirtschaftssektoren.

Trotz der Produktivitätssteigerungen bleibt der durch Sekundärrohstoffe abgedeckte Anteil am gesamten Rohstoffbedarf in der oberen Variante unverändert. Das hängt mit der Beendigung der Kohleverstromung zusammen, da hierdurch REA-Gips und Steinkohlenflugaschen wegfallen. Darüber hinaus wird das Aufkommen von Roheisenschlacken infolge des Wegfalls der Hochofenroute bei der Stahlerzeugung zurückgehen. Da das Aufkommen von Sekundärrohstoffen unabhängig von der Rohstoffnachfrage ist, lassen sich Angebotsdefizite bei einzelnen Rohstoffen

nur durch eine Erhöhung der Primärrohstoffgewinnung ausgleichen.

Der Primärgewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen wird also auch in den kommenden Jahrzehnten eine große Bedeutung zukommen. Dabei sollte aus Gründen der hohen Transportkostensensibilität, der Transportemissionen und der Versorgungssicherheit eine dezentrale heimische Gewinnung und Aufbereitung sichergestellt werden. Da es zugleich gesellschaftliche Vorbehalte gegenüber der Gewinnung von heimischen Rohstoffen gibt, stellt sich die Frage, wie die künftige Versorgung mit Steine-Erden-Rohstoffen für nachgelagerte Wirtschaftszweige wie Bau, Industrie und Landwirtschaft gesichert werden kann.

In den Handlungsempfehlungen werden daher Maßnahmen diskutiert, die diesem Trend entgegenwirken. Sie beziehen sich auf die Regulierung zur Sicherstellung einer nachhaltigen Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen, die Förderung des Recyclings und der Nutzung von industriellen Nebenprodukten zur Schließung von Stoffkreisläufen sowie die Steigerung der Akzeptanz für die Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen und den Einsatz von Sekundärrohstoffen.

Die empfohlenen Einzelmaßnahmen dienen in ihrer Gesamtheit dem Zweck, die Versorgung mit Steine-Erden-Rohstoffen langfristig im Sinne einer nachhaltigen Gewinnung zu sichern. Empfohlen wird u.a. die Optimierung der Planungs- und Genehmigungsverfahren für die Rohstoffgewinnung sowie die Schaffung eines Ausgleichs zwischen Gefahrenabwehr und Nachhaltigkeit bei den Sekundärrohstoffen. Das Ziel muss es dabei sein, Substitutionspotenziale z.B. durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen bestmöglich zu nutzen und die erforderliche Primärrohstoffgewinnung in Einklang mit den Interessen der Öffentlichkeit zu gewährleisten.

Literatur

bbs – Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden (Hrsg.) (2022a), Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-Erden-Industrie bis 2040 in Deutschland. *Berlin: bbs.*

bbs – Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden (2022b), Versorgungssicherheit mit Roh- und Baustoffen sowie Energie gewährleisten – Ressourceneffizienz weiter steigern. *Berlin: bbs.*

bbs – Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden (Hrsg.) (2024), Mineralische Bauabfälle. Monitoring 2022. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2022. Kreislaufwirtschaft Bau. *Berlin: bbs.*

BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2022), Rohstoffe Made in Germany. Schlüssel für eine nachhaltige Wirtschaft. *Berlin: BDI.*

BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2024), Transformationspfade für das Industrieland Deutschland. Eckpunkte für eine neue industriepolitische Agenda. *Berlin: BDI.*

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) (2017), Heimische mineralische Rohstoffe – unverzichtbar für Deutschland. *Hannover: BGR.*

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) (2019), Spezialtone und -sande in Deutschland. *Hannover: BGR.*

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2022), Sand und Kies in Deutschland. Band 1: Grundlagen. *Hannover: BGR.*

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023), Deutschland – Rohstoffsituation 2022. *Hannover: BGR.*

BIHK – Bayerischer Industrie- und Handelskammertag e.V. (Hrsg.) (2017), Leitfaden zur Rohstoffsicherung. Genehmigungsrechtliche Rahmenbedingungen für Unternehmen. *München: IHK Bayern.*

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020), Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III – 2020 bis 2023. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. *Berlin: BMU.*

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022), Gesamtwirtschaftliches Produktionspotenzial. *Berlin: BMWK. Internet: [bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/produktionspotenzial.html](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/produktionspotenzial.html) (Abruf vom 25.03.2025).*

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2025), Fragen und Antworten zum „Kohleausstiegsgesetz“. *Internet: [bmwk.de/Redaktion/DE/FAQ/Kohleausstiegsgesetz/faq-kohleausstiegsgesetz.html#:~:text=Das%20Kohleausstiegsgesetz%20sieht%20vor%2C%20dass,Braunkohle%20in%20Deutschland%20mehr%20verstromt](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/FAQ/Kohleausstiegsgesetz/faq-kohleausstiegsgesetz.html#:~:text=Das%20Kohleausstiegsgesetz%20sieht%20vor%2C%20dass,Braunkohle%20in%20Deutschland%20mehr%20verstromt) (Abruf vom 25.03.2025).*

Bundesgesetzblatt (1993), Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmaleverordnung und zur Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz vom 26. Oktober 1993. *Berlin.*

Bundesgesetzblatt (2021), Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 9. Juli 2021. *Berlin*.

Bundesgesetzblatt (2024), Verordnung zur Änderung der Gefahrstoffverordnung und anderer Arbeitsschutzverordnungen. *BGBI.-Nr. 384 vom 04.12.2024. Berlin*.

Bundesregierung (2024), Von der Kohle zur Zukunft. Kohleausstieg und Strukturstärkung. *Internet: [bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/kohleausstieg-1664496#:~:text=Bis%202030%20sind%20weitere%20Schritte, die%20letzten%20Kohlekraftwerke%20stillgelegt%20werden](https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/kohleausstieg-1664496#:~:text=Bis%202030%20sind%20weitere%20Schritte, die%20letzten%20Kohlekraftwerke%20stillgelegt%20werden)* (Abruf vom 25.03.2025).

BVK – Bundesverband der deutschen Kalkindustrie (2024), Roadmap Kalkindustrie 2050: Über die klimaneutrale Produktion zur klimapositiven Industrie. *Köln: BVK*.

BVZI – Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (Hrsg.) (2021), Roadmap für eine treibhausgasneutrale Ziegelindustrie in Deutschland Ein Weg zur Klimaneutralität der Branche bis 2050. *Berlin: BVZI*.

D-EITI – Initiative für Transparenz im rohstoffgewinnenden Sektor Deutschland (2023), Umweltschutz, Renaturierung, Rekultivierung. *Internet: [rohstofftransparenz.de/umweltschutz-renaturierung-rekultivierung](https://www.rohstofftransparenz.de/umweltschutz-renaturierung-rekultivierung)* (Abruf vom 25.03.2025).

Destatis (2007), Abfallentsorgung 2005. Fachserie 19: Umwelt, Reihe 1. *Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: [statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00007796/2190100057004.pdf](https://www.destatis.de/destatis/bibliothek/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00007796/2190100057004.pdf)* (Abruf vom 25.03.2025).

Destatis (2022), 15. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Deutschland. Statistischer Bericht. *Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: [destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/begleitheft.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/begleitheft.html)* (Abruf vom 25.03.2025).

Destatis (2023), Bodenfläche (tatsächliche Nutzung). Genesis Online-Datenbank. *Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Abruf vom 25.03.2025)*.

Destatis (2024), Abfallentsorgung. GENESIS-Online-Tabelle 32111-0004. *Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: [genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/32111*/table/32111-0004](https://www.genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/32111*/table/32111-0004)* (Abruf vom 25.03.2025).

EY – Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (Hrsg.) (2022), Genehmigungsverfahren zum Rohstoffabbau in Deutschland. *Berlin: EY*.

forsa – Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen (2023), Wahrnehmung und Akzeptanz der Baustoffindustrie. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung im Auftrag des Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden. *Berlin: forsa*.

Fraunhofer ISE – Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (2023), Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2022: Wind und Photovoltaik haben deutlich zugelegt. *Internet: [ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presse-informationen/2023/nettostromerzeugung-in-deutschland-2022-wind-und-photovoltaik-haben-deutlich-zugelegt.html](https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presse-informationen/2023/nettostromerzeugung-in-deutschland-2022-wind-und-photovoltaik-haben-deutlich-zugelegt.html)* (Abruf vom 25.03.2025).

Fuhr M., A.W. Dale, K. Wallmann, R. Bahrle, H.T. Kalapurakkal, T. Spiegel, R. Dobashi, B. Buchholz, M. Schmidt, M. Perner and S. Geilert (2025), Calcite is an efficient and low-cost material to enhance benthic weathering in shelf sediments of the Baltic Sea. *Communications Earth & Environment* 6(1): 1-11. DOI: 10.1038/s43247-025-02079-6.

GEOMAR (2024), Alkalinitätssteigerung im Ozean. *Internet: [geomar.de/der-ozean-als-klimaschuetzer/kohlenstoffaufnahme-im-ozean/alkalinitaetssteigerung-im-ozean](https://www.geomar.de/der-ozean-als-klimaschuetzer/kohlenstoffaufnahme-im-ozean/alkalinitaetssteigerung-im-ozean)* (Abruf vom 25.03.2025).

Gornig M. und H. Révész (2024), *Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe. Berechnungen für das Jahr 2023. BBSR-Online-Publikation 115/2024* Internet: [bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2024/bbsr-online-115-2024-dl.pdf? blob=publicationFile&v=2](https://bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2024/bbsr-online-115-2024-dl.pdf?blob=publicationFile&v=2) (Abruf vom 25.03.2025).

Gornig, M. und L. Pagenhardt (2024), Bauvolumen dürfte erstmals seit der Finanzkrise nominal sinken – Lage im Wohnungsbau spitzt sich zu. DIW Wochenbericht 1/2: 3-14.

Havik, K., K. Mc Morrow, F. Orlandi, C. Planas, R. Raciborski, W. Roeger, A. Rossi, A. Thum-Thysen und V. Vandermeulen (2014), The Production Function Methodology for Calculating Potential Growth Rates & Output Gaps, *European Economy. Economic Papers 535*. Brussels: European Commission.

IW Köln – Institut der deutschen Wirtschaft Köln (2022), Primärbaustoffsteuer. Kurzanalyse im Auftrag des Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. Köln: IW Köln.

Kirsch, F., C. Krause und T. Schmidt (2024), Projektion der Wirtschaftsentwicklung bis 2028: Potenzialwachstum nimmt voraussichtlich weiter ab. *RWI Konjunkturberichte 75(2): 75-86*.

LAGA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (2020), Bericht des Erfahrungsaustausches zum Umgang mit Bau- und Abbruchabfällen mit geringen Asbestgehalten an den Abfalltechnikausschuss. Bremen: LAGA.

LAGA – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (2023), Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle. *Mitteilung der LAGA 23*. Bremen: LAGA.

Prognos, Öko-Institut und Wuppertal-Institut (2021), Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. Internet: agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf (Abruf vom 25.03.2025).

Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (2022), Von der Pandemie zur Energiekrise – Wirtschaft und Politik im Dauerstress. *Kiel*.

Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (2023a), Inflation im Kern hoch – Angebotskräfte jetzt stärken. *München*.

Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (2023b), Kaufkraft kehrt zurück – Politische Unsicherheit hoch. *Halle (Saale)*.

Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (2024), Deutsche Wirtschaft im Umbruch – Konjunktur und Wachstum schwach. *Berlin*.

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung (2021), Die künftige Rohstoffversorgung der NRW-Industrie und Schritte auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft. *Rohstoffstudie NRW und Fact Sheets. MWIDE 21-024*. Düsseldorf: MWIDE.

Schmidt, T., N. Benner, B. Blagov, M. Dirks, D. Grozea-Helmenstein, N. Isaak, R. Jessen, F. Kirsch, S. Kotz, C. Krause, P. Schacht-Picozzi und K. Weyerstraß (2024), Sommer 2024: Weiterhin kein konjunktureller Aufschwung in Sicht. *RWI Konjunkturberichte 75(3): 5-38*.

SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2019), Den Strukturwandel meistern. *Jahresgutachten 2019/20*. Wiesbaden: SVR.

SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2023), Wachstumsschwäche überwinden – In die Zukunft investieren. *Jahresgutachten 2023/24*. Wiesbaden: SVR.

Umweltbundesamt (2023), Struktur der Flächennutzung. *Internet: [umweltbundes-amt.de/daten/flaeche-boden-land-oe-kosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung#die-wichtigsten-flaechennutzungen](https://umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oe-kosysteme/flaeche/struktur-der-flaechennutzung#die-wichtigsten-flaechennutzungen)* (Abruf vom 25.03.2025).

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017), Planspiel Mantelverordnung: Aspekte der Kreislaufwirtschaft und des Bodenschutzes. Planspiel mit dem Ziel einer Gesetzesfolgenabschätzung zu den Auswirkungen der Mantelverordnung. *Texte 104/2017. Dessau-Roßlau: UBA.*

VDZ – Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2020), Dekarbonisierung von Zement und Beton. *Minderungspfade und Handlungsstrategien. Düsseldorf: VDZ.*

VDZ – Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2022), Ressourcen der Zukunft für Zement und Beton. *Potenziale und Handlungsstrategien. Düsseldorf: VDZ.*

Wirtschaftsvereinigung Stahl (2023), Rohstahlproduktion in Deutschland im Jahr 2022. *Internet: wvstahl.de/pressemitteilungen/rohstahlproduktion-in-deutschland-im-jahr-2022/* (Abruf vom 25.03.2025).