



Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen
der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland

Auftraggeber:

Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.



Bearbeitet von:

Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner
Ingenieurgesellschaft mbH, Aachen
Dr.-Ing. Fritz Schwarzkopp
Dipl.-Ing. Jochen Drescher

Prof. Dr. Martin Gornig
Prof. Dr. Jürgen Blazejczak



ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Studie ist die Abschätzung der zukünftigen Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen bis 2035. Hierfür werden – analog zu den beiden Voraufgaben – zwei Szenarien zur Entwicklung der volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen gebildet sowie das Substitutionspotenzial durch Sekundärrohstoffe untersucht. Hintergrund des Gutachtens sind unter anderem die Rohstoffstrategien auf europäischer und nationaler Ebene einschließlich der Sicherung heimischer Rohstoffe sowie die Debatte um die Steigerung der Ressourceneffizienz.

Die Studie zeigt, dass die Nachfrage nach primären Steine-Erden-Rohstoffen im Jahr 2035 bei einer relativ geringen wirtschaftlichen Dynamik (Durchschnittswachstum des BIP: +0,8% pro Jahr im Zeitraum 2016 bis 2035) mit 555 Mio. t leicht unter dem Stand von 2016 (564 Mio. t) liegt. Bei stärkerem wirtschaftlichen Wachstum (BIP: +1,7% pro Jahr) steigt die Nachfrage nach primären Steine-Erden-Rohstoffen mit 650 Mio. t leicht über das Niveau des Jahres 2001. Gleichwohl wird nicht mehr das hohe Niveau der 90er Jahre von teilweise deutlich über 700 Mio. t erreicht. Die Entkoppelung von Rohstoffentnahme und Wachstum setzt sich im Trend weiter fort: Aufgrund von Produktinnovationen und Strukturwandel fällt die mengenmäßige Entwicklung der Rohstoffnachfrage geringer aus als die der wertmäßigen Produktion.

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen leistet einen wichtigen Beitrag zur Substitution primärer Rohstoffe und trägt so aktiv zur Ressourcenschonung bei. Im Betrachtungszeitraum sinkt – bei weiterhin hoher Verwertungsquote – die relative Bedeutung der Sekundärrohstoffe (Substitutionsquote) von 15,3% im Jahr 2016 auf 13,2% (oberes Szenario) bzw. 13,6% (unteres Szenario) 2035. Der Rückgang ist insbesondere auf die Energiewende zurückzuführen, da der

Ausstieg aus der Kohleverstromung zu einem Wegfall der in der Steine-Erden-Industrie verwendeten Kraftwerksnebenprodukte (REA-Gips, Steinkohlenflugasche) führt. Für die Sekundärrohstoffe, die in anderen Industrien (z.B. der Roheisenherstellung) anfallen, kann nicht mit einer starken Ausweitung des Angebots gerechnet werden. Für das Aufkommen an Recyclingbaustoffen sind für das Jahr 2035 je nach Szenario 68 bzw. 78 Mio. t zu erwarten (2016: 72 Mio. t). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die hohe Verwertungsquote mineralischer Bauabfälle, die bereits heute bei 90% liegt, nur noch begrenzt zu steigern ist.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Hintergrund und Zielsetzung des Gutachtens	6	4.	Aufkommen und Verwendung mineralischer Sekundärrohstoffe von 2000 bis 2016 sowie Ableitung des Aufkommens bis 2035	36
2.	Abschätzung der volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen	8	4.1	Bestimmungsfaktoren des Sekundärrohstoffaufkommens und Auswirkungen auf die Nachfrage nach Primärrohstoffen	36
2.1.	Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung	8	4.2	Rückgewinnung („Recovery“)	38
2.1.1.	Demographischer Wandel	9	4.3	Recyclingbaustoffe	38
2.1.2	Leitgedanken der wirtschaftlichen Entwicklung	10	4.4	Industrielle Nebenprodukte	39
2.1.3.	Entstehung und Verwendung des Bruttoinlandsproduktes	11	4.4.1	Schlacken	40
2.2.	Entwicklung der industriellen Produktion	13	4.4.1.1	Hochofenschlacken	40
2.3.	Entwicklungstrends des Bauvolumens	16	4.4.1.2	Stahlwerksschlacken	41
2.3.1.	Konzeptionelle Vorüberlegungen	16	4.4.2	Aschen	42
2.3.2.	Wohnungsneubau	17	4.4.2.1	Steinkohlenflugaschen	42
2.3.3.	Neubau im sonstigen Hochbau	18	4.4.2.2	Sonstige (Rost-) Aschen und Schlacken aus der Müllverbrennung und der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen (HMVA)	43
2.3.4.	Maßnahmen im Gebäudebestand	19	4.4.3	REA-Gips	43
2.3.5.	Tiefbau	21	4.4.4	Gießereialtsande	44
3.	Gewinnung und Verwendung mineralischer Primärrohstoffe von 2000 bis 2016 sowie Ableitung der Rohstoffnachfrage bis 2035	23	5.	Aggregierte Primär- und Sekundärrohstoffmengen bis 2035 einschließlich Substitutions- und Verwertungsquote	46
3.1	Bedeutung der Rohstoffförderung	23		Literatur	49
3.2	Determinanten der langfristigen Rohstoffnachfrage	24		Impressum, Fotonachweis	52
3.2.1	Methodisches Vorgehen und Modellierung von Anpassungsfaktoren zur Umrechnung von Wertpfaden in Mengenpfade	24			
3.2.2	Entwicklung der Nachfrage nach Primärrohstoffen	26			
3.2.2.1	Sand und Kies	26			
3.2.2.2	Spezialkies/-sand	27			
3.2.2.3	Naturstein	27			
3.2.2.4	Naturwerkstein	28			
3.2.2.5	Kalk- und Dolomitstein	29			
3.2.2.5.1	Kalk- und Dolomitstein für ungebrannte Produkte (Baustoffe und industrielle Anwendungen)	29			
3.2.2.5.2	Kalk- und Dolomitstein für die Branntkalk- und Dolomitkalkherstellung	30			
3.2.2.5.3	Kalkstein für die Zementherstellung	31			
3.2.2.6	Ton und Kaolin	32			
3.2.2.6.1	Spezialton und Kaolin	32			
3.2.2.6.2	Ziegelton	33			
3.2.2.7	Gips- und Anhydritstein	33			

1. HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG DES GUTACHTENS

Bei diesem Gutachten handelt es sich um die dritte aktualisierte Auflage der Studie „Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland“, die das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (DIW) und die SST Ingenieurgesellschaft Aachen erstmals 2012 im Auftrag des Bundesverbandes Baustoffe – Steine und Erden erarbeitet haben, damals noch mit dem Betrachtungszeitraum bis 2030.

Die Studie schätzt auf Basis der bis 2016 vorliegenden empirischen Verbrauchsmengen mineralischer Primär- und Sekundärrohstoffe¹ sowie deren Einsatz in den relevanten Wirtschaftszweigen im Jahr 2016 unter Zugrundelegung zweier Szenarien zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen in Deutschland bis zum Jahr 2035 ab. Dabei gilt es auch die Frage zu klären, inwieweit die Gewinnung mineralischer Primärrohstoffe in Zukunft durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen in den relevanten Wirtschaftsbereichen substituiert werden kann. Die ökonomischen Szenarien wurden vom DIW Berlin erstellt und die Auswirkungen auf die Rohstoffverbräuche auf Basis der sektoralen Verteilung 2016 von der SST Ingenieurgesellschaft Aachen berechnet.

Damit ist diese Studie in folgende Teile untergliedert:

1. Analyse der volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Formulierung von Szenarien der zukünftigen Wirtschaftsentwicklung in relevanten Abnehmersektoren;

2. Übertragung der in den Szenarien beschriebenen volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf die künftige Rohstoffnachfrage unter Einbeziehung von Anpassungsfaktoren zur Umrechnung von Wertpfaden in Mengenpfade;
3. Darstellung der Produktionsmengen (Zeitreihen und Diagramme) der in Deutschland gewonnenen mineralischen Primärrohstoffe (Kies und Sand, Spezialkies und -sand, Naturstein, Naturwerkstein, Kalkstein, Gipsstein, Kaolin, Ton) und deren Verwendung im Jahr 2016 sowie Ableitung der zukünftigen Nachfrage bis 2035;
4. Darstellung der Mengen (Zeitreihen und Diagramme) in Deutschland erzeugter Sekundärrohstoffe und deren Verwendung im Jahr 2016 nach Abnehmersektoren sowie angebotsseitige Berechnung der Sekundärrohstoffmengen bis 2035.

Die in diesem Gutachten vorgenommene Analyse der künftigen Rohstoffnachfrage erfolgt vor dem Hintergrund, dass Deutschland als eines der führenden Industrieländer auf die bedarfsgerechte Versorgung mit mineralischen Rohstoffen angewiesen ist. Dabei kann die Deckung der Nachfrage nach nichtmetallischen mineralischen Rohstoffen weitgehend aus heimischen Lagerstätten erfolgen, während bei Metallen und einzelnen Industriemineralien Importe erforderlich sind.

¹ Als „Sekundärrohstoffe“ werden im Folgenden alle Stoffe bezeichnet, die nicht wie Primärrohstoffe aus natürlichen Ressourcen gewonnen werden, sondern durch die Aufarbeitung mineralischer Bauabfälle zu Recyclingbaustoffen sowie als Nebenprodukte in industriellen Prozessen (Beispiel: REA-Gips) entstehen.

Bei der bis 2035 in beiden Szenarien abgeschätzten Primärrohstoffnachfrage ist zu berücksichtigen, dass es sich dabei um den unter den gegebenen volkswirtschaftlichen Annahmen bestehenden Bedarf handelt. Er ist zu unterscheiden von der tatsächlichen künftigen Rohstoffgewinnung. Diese ist abhängig von der Verfügbarkeit von Rohstoffen, d.h. insbesondere von der vorausschauenden Genehmigung von Abbauflächen.

In der Rohstoffinitiative der Europäischen Kommission und der Rohstoffstrategie der Bundesregierung sind – über die internationalen Herausforderungen hinaus – die dauerhafte Versorgung mit heimischen Rohstoffen sowie die Steigerung der Ressourceneffizienz als wichtige politische Handlungsfelder definiert worden (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2008, BMWi 2010). Die 2018 beschlossene Fortschreibung der Rohstoffstrategie der Bundesregierung zeigt, dass das Thema nach wie vor von hoher Bedeutung ist. Die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen steht dabei nicht nur auf der wirtschaftspolitischen, sondern auch auf der umweltpolitischen Agenda. So hat die Bundesregierung bereits im Jahr 2012 das Ressourceneffizienzprogramm „ProgRess“ beschlossen, das neben einer nachhaltigen stofflichen Nutzung abiotischer Rohstoffe (Erze, Industrie- und Baumineralien) und biotischer Rohstoffe (vor allem Holz) u.a. auf den Einsatz von Sekundärrohstoffen zur Substitution primärer Ressourcen abstellt. Mit dem im März 2016 durch die Bundesregierung beschlossenen „ProgRess II“ wurden der Fortschrittsbericht bis 2015 und die Fortschreibung bis 2020 vorgelegt (BMUB 2016). Die Vorlage des nächsten Berichts („ProgRess III“) ist für Anfang 2020 vorgesehen.

Auch von den Unternehmen und Verbänden der Baustoff-, Steine-und-Erden-Industrie werden seit Langem Projekte verfolgt, die sich neben der Rohstoffsicherung auf eine nachhaltige Rohstoffförderung, einen ökologisch wie wirtschaftlich sinnvollen Einsatz von Sekundärrohstoffen sowie den Naturschutz und die Artenvielfalt in den Abbaustätten der Branche beziehen. Ein wichtiges Beispiel ist die Gemeinsame Erklärung des Bundesverbandes Baustoffe – Steine und Erden (bbs), des Naturschutzbunds Deutschland (NABU) sowie der Industriegewerkschaften Bauen-Agrar-Umwelt (IG BAU) und Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) zur Rohstoffnutzung in Deutschland, die in ähnlicher Form auch für die meisten Bundesländer vorliegt

(Rohstoffnutzung in Deutschland 2004). Ein weiteres Beispiel sind die Monitoring-Berichte der Bauwirtschaft zur Verwertung von mineralischen Bauabfällen, die federführend vom bbs betreut werden (Kreislaufwirtschaft Bau 2018).

Die Baustoff-, Steine-und-Erden-Industrie leistet entlang der gesamten Wertschöpfungskette Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung. Ihre Produkte sind unverzichtbar zur Umsetzung wichtiger politischer Ziele. Hierzu gehören z. B. der Umbau der Energieversorgung, die Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur oder der Neubau und die Sanierung von Wohnungen. Darüber hinaus ist die industrielle Produktion in Deutschland auf heimische Rohstoffe angewiesen: Rund 80% der Steine-Erden-Güter werden – bezogen auf den Produktionswert – in der Bauwirtschaft eingesetzt; etwa 20% werden an industrielle Abnehmer wie die Chemie-, Stahl- oder Glasindustrie geliefert.

Bei der Interpretation der Daten ist zu berücksichtigen, dass einige Abweichungen im Vergleich zu den Vorgängerstudien bestehen. So wurden neben leichten empirischen Korrekturen z. B. in den Zeitreihen oder der Verwendungsstruktur der Rohstoffe die Annahmen des Modells modifiziert, um diese so realitätsnah wie möglich zu gestalten. Die beiden Szenarien, auf denen die Entwicklung in den Verbrauchssektoren fußt, wurden an die aktuelle volkswirtschaftliche Entwicklung angepasst. Erhebliche Änderungen ergeben sich bei der künftigen Verfügbarkeit der Kraftwerksnebenprodukte REA-Gips und Steinkohlenflugasche: Der von der Bundesregierung angestrebte Ausstieg aus der Kohleverstromung dürfte erheblich früher vollzogen werden als noch vor wenigen Jahren absehbar. Die Studie legt hier die Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung“ (WSB-Kommission; BMWi 2019a) zugrunde. Ebenfalls modifiziert wurden die Anpassungsfaktoren zur Umrechnung der Nachfrageentwicklung von Wertpfaden in Mengenpfade (vgl. Abschnitt 3.2.1).

2. ABSCHÄTZUNG DER VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN RAHMENBEDINGUNGEN

Entscheidender Bestimmungsgrund für die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen ist die wirtschaftliche Entwicklung in den wichtigen Verbrauchssektoren. Über einen Zeitraum von fast 20 Jahren ist diese nicht im Sinne einer Prognose eines wahrscheinlichen Pfades vorzuschätzen. Sinnvoll ist aber eine Abschätzung der zukünftigen volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Form von Szenarien.

Die im Folgenden vorgestellten beiden Szenarien decken einen relevanten Bereich möglicher zukünftiger Konstellationen wirtschaftlicher Variablen ab, ohne jedoch die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung prognostizieren zu wollen und zu können. Keines der Szenarien ist also durch eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit herausgehoben. Auch sind Entwicklungen denkbar, bei denen die Wirtschaftsentwicklung außerhalb des mit den Szenarien abgegriffenen Bereichs verläuft.

Zur Erstellung der Szenarien wird in drei Schritten vorgegangen: Zunächst werden – ausgehend von der Beschreibung der demografischen Trends und der Darstellung der Leitgedanken – Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung formuliert, dabei wird die Entstehungsrechnung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) mit der Verwendungsrechnung abgestimmt. In einem zweiten Schritt werden mit der gesamtwirtschaftlichen Verwendungsrechnung konsistente Szenarien der sektoralen Produktionsstruktur entwickelt; dabei wird die Bauwirtschaft, deren Entwicklung die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen entscheidend bestimmt, schwerpunktmäßig betrachtet.

2.1. Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung

Die Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung gehen von Vorstellungen über den demographischen Wandel und das Arbeitskräfteangebot sowie den Produktivitätsfortschritt aus. Arbeitskräfteangebot und Arbeitsproduktivität bestimmen gemeinsam das Produktionspotenzial der Volkswirtschaft. Während die Vorstellungen über den demographischen Wandel aus vorliegenden Vorausschätzungen anderer Institutionen übernommen werden, richten sich die Annahmen über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität nach den Leitgedanken, die die beiden vorgestellten Szenarien prägen.

Die wesentlichen Treiber der Entwicklung der Arbeitsproduktivität sind die Kapital- und Infrastrukturausstattung der Volkswirtschaft, ihre Ausstattung mit Humankapital, der technische Fortschritt und die Gestaltung der Rahmenbedingungen.

- Der Anstieg der Arbeitsproduktivität wird zu einem guten Teil durch eine Erhöhung der Kapitalintensität² erreicht (capital deepening). Das bedeutet, dass die in den Szenarien unterschiedliche Entwicklung der Investitionen Bedeutung für die Produktivitätsentwicklung hat. Auch die Infrastrukturausstattung und damit die Investitionen der öffentlichen Hand spielen für die Produktivitätsentwicklung eine wichtige Rolle.
- In quantitativer Hinsicht wird das Humankapital auf der einen Seite durch das Arbeitskräfteangebot und die geleistete Arbeitszeit bestimmt. Auf der anderen Seite hängt das Humankapital von Qualitätsaspekten des Arbeitskräfteangebots, insbesondere dem Qualifi-

kationsniveau, ab. Bei Geringqualifizierten ist auch in Zukunft mit einem Überangebot zu rechnen; bei mittleren Qualifikationsniveaus sind Engpässe absehbar (IAB 2018). Aufgrund dieser Ungleichgewichte wird die Produktivitätsentwicklung tendenziell gedämpft.

- Deutschland hat gute Voraussetzungen dafür, die Arbeitsproduktivität durch Innovationen wie in der Vergangenheit zu steigern. Innovationsaktivitäten und ihr Erfolg hängen aber auch von der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung ab, die sich zwischen den Szenarien unterscheidet.

Es wird davon ausgegangen, dass die institutionellen Rahmenbedingungen wie die Wettbewerbsordnung so angepasst und weiterentwickelt werden, dass keine Hemmnisse für die Produktivitätsentwicklung entstehen.

2.1.1. Demographischer Wandel

Die Entwicklung des Niveaus und der Altersstruktur der Bevölkerung sind wesentliche Bestimmungsfaktoren der wirtschaftlichen Entwicklung. Auf der einen Seite bestimmen sie das Arbeitskräfteangebot und sind damit mitentscheidend für die Entwicklung des Produktionspotenzials. Auf der anderen Seite hängen auch die Höhe und Struktur der Nachfrage nicht zuletzt in Bereichen, die wie die Bauaktivität die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen bestimmen, von demographischen Entwicklungen ab.

Vorausschätzungen demographischer Entwicklungen können sich einerseits auf vergleichsweise stabile Trends von Geburtenraten und Lebenserwartung stützen, müssen andererseits aber auch schwer vorhersehbare Wanderungsbewegungen berücksichtigen. Im vergangenen Jahrfünft hat Deutschland hohe Zuwanderungen nicht nur aus Drittstaaten, sondern auch aus EU-Ländern erlebt. Insbesondere im Jahr 2015 war die Nettozuwanderung mit mehr als einer Million Personen hoch; in den Jahren 2016 und 2017 lagen die Nettozuzüge mit rund 500.000 bzw. annähernd 420.000 Personen wieder deutlich darunter (StaBuA 2019a).

Im Rahmen einer Studie zum zukünftigen Arbeitskräftebedarf ist geschätzt worden, dass sich der Zuwanderungs-

saldo aus anderen EU-Ländern, der nach der vollständigen Arbeitnehmerfreizügigkeit ausschließlich ökonomisch bestimmt und deshalb etwas leichter einzuschätzen ist, bis 2035 gegenüber den aktuellen Werten auf rund 117.000 Personen in etwa halbiert (Fuchs u.a. 2019). Durch den Brexit könnte er vorübergehend für die kommenden 8 Jahre in der Größenordnung von 12.500 Personen pro Jahr darüber liegen.

Das Statistische Bundesamt hat im März 2017 eine aktualisierte Bevölkerungsvorausberechnung auf Basis des Bevölkerungsstandes am Ende des Jahres 2015 vorgelegt, die damit die hohen Zuwanderungen insbesondere des Jahres 2015 berücksichtigt (StaBuA 2017a). Auch für die Jahre 2016 bis 2018 sind um insgesamt 450.000 Personen höhere Zuwanderungen angenommen als in der vergleichbaren früheren Vorausschätzung. Ab dem Jahr 2021 wird von einem konstanten jährlichen Zuwanderungssaldo von 200.000 Personen ausgegangen. Bei der Geburtenhäufigkeit wird eine annähernde Konstanz von 1,5 Kindern je Frau angenommen, bei der Lebenserwartung ein moderater Anstieg auf 84,7 Jahre für Jungen und 88,6 Jahre für Mädchen bei Geburt im Jahr 2060; beide Annahmen sind an die aktuellen Werte des Jahres 2015 angepasst.

Unter diesen Annahmen wächst die Gesamtbevölkerung bis zum Jahr 2025 gegenüber dem Jahr 2016 noch um 545.000 Personen auf rund 83,3 Mio. Personen (Tabelle 1a). Von da ab geht sie bis zum Jahr 2035 um rund 1,1 Mio. Personen zurück. Die Bevölkerung im Erwerbsalter von 20 bis 67 Jahren sinkt schon von 2020 an, bis 2025 zunächst um rund 1,3 Mio. Personen, dann bis 2030 um weitere rund 2,3 Mio. Personen. Im Jahr 2035 ist die Bevölkerung im Erwerbsalter noch einmal um 2,2 Mio. Personen auf 46,2 Mio. Personen gesunken und macht nur noch 56% der Gesamtbevölkerung aus, im Gegensatz zu einem Anteil von 63% im Ausgangsjahr 2016.

Tabelle 1a: Bevölkerung (in 1.000 Personen am Jahresende)

	2016	2020	2025	2030	2035
Bevölkerung insges.	82.753	83.450	83.298	82.857	82.168
Bevölkerung 20 - 67	52.115	52.127	50.747	48.475	46.236

Quelle: StaBuA 2017a

² Kapitalintensität = Kapitaleinsatz je Erwerbstätigen

Tabelle 1b: Privathaushalte

	2016	2020	2025	2030	2035
Privathaushalte (Anzahl in 1.000)	41.247	42.202	42.646	42.936	43.170
1-Personen-Haushalte (Anzahl in 1.000)	17.060	17.621	17.989	18.422	18.985
Durchschnittl. Haushaltsgröße (Personen)	2,00	1,97	1,95	1,93	1,90

Quelle: StaBuA 2017b

Vor allem für die Wohnungsbaunachfrage kommt es aber nicht nur auf die Entwicklung der Bevölkerungszahl an, sondern eher auf die Zahl der Haushalte. Hierbei wirkt sich ein langfristiger Trend zu kleineren Haushalten aus. Aufbauend auf der aktualisierten Bevölkerungsvorausberechnung hat das Statistische Bundesamt auch eine neue Haushaltvorausberechnung vorgelegt (StaBuA 2017b). Der steigende Anteil älterer Menschen, mehr Partnerschaften mit getrennter Haushaltsführung und hohe berufliche Mobilität sprechen für eine weitere Zunahme von Ein- und Zwei-Personen-Haushalten. Dagegen stehen in jüngerer Zeit wieder mehr Eheschließungen und Geburten, die den Rückgang von Haushalten mit drei und mehr Personen dämpfen, sowie eine Abschwächung des Trends zu kleineren Haushalten in Ostdeutschland nach der Wiedervereinigung.

Ausgehend von rund 41,2 Mio. Privathaushalten im Jahr 2016 führt die Fortschreibung dieser Tendenzen bis zum Jahr 2035 zu einem Schätzwert von 43,2 Mio. Haushalten (Tabelle 1b). Die Zahl der Ein-Personen-Haushalte nimmt um 1,9 Mio. ausgehend von 17 Mio. im Jahr 2016 auf knapp 19 Mio. im Jahr 2035 zu. Die durchschnittliche Haushaltsgröße sinkt in diesem Zeitraum von 2,0 auf 1,9 Personen.

Das zukünftige Arbeitskräfteangebot ergibt sich aus der Entwicklung der Bevölkerung und der Erwerbsbeteiligung der einzelnen Bevölkerungsgruppen. Modellrechnungen zeigen, dass Strukturveränderungen der Bevölkerung allein ohne weitere Wanderungen im Zeitraum 2015 bis 2030 zu einem Rückgang des Erwerbspersonenpotenzials in der Größenordnung von gut 6 Mio. Personen führen würden (Fuchs u.a. 2017). Dem stehen aber Verhaltensänderungen bei der Erwerbsbeteiligung entgegen. Seit

längerem steigen die Erwerbsquoten von Frauen und von Älteren. Setzen sich diese Tendenzen in der Zukunft fort, würde das für sich genommen im genannten Zeitraum zu einem zusätzlichen Arbeitskräfteangebot von 2,3 Mio. Personen führen. Ein weiterer positiver Effekt auf das Arbeitskräfteangebot ergibt sich aus Zuwanderungen; er könnte bei Nettozuwanderungen von 200.000 Personen pro Jahr bis 2030 rund 2,4 Mio. Personen ausmachen. Insgesamt ist unter realistischen Bedingungen aber kaum mit einer Stabilisierung des Arbeitskräfteangebots auf dem heutigen Niveau zu rechnen.

2.1.2 Leitgedanken der wirtschaftlichen Entwicklung

Das in der Vergangenheit erfolgreiche exportorientierte Wachstumsmodell Deutschlands ist erheblichen Risiken ausgesetzt. Zu diesen Risiken gehören verschärfte Handelskonflikte, aber auch eine Re-Regionalisierung des Welthandels bei gleichzeitiger Gewichtsverlagerung nach Asien. Weitere Risiken der weltwirtschaftlichen Entwicklung ergeben sich aus Konflikten auf nationaler und internationaler Ebene aufgrund wachsender Ungleichheiten bei der Einkommensverteilung und zunehmender Umweltprobleme.

In einer oberen Variante der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung bleiben negative Entwicklungen des Welthandels begrenzt und Deutschland kann im Außenhandel aufgrund seiner günstigen Wirtschaftsstruktur mit leistungsfähigem industriellem Kern unter Nutzung der Chancen der Digitalisierung einen positiven Wachstumsbeitrag erzielen, wenn dieser auch schwächer ausfällt als in der Vergangenheit. Die geringeren Wachstumsimpulse aus dem Außenhandel werden durch ein höheres Gewicht der Binnennachfrage ausgeglichen, die deutsche Wirtschaft schwenkt langsam auf den Pfad eines konsumorientierten Wachstums ein.

Für die wirtschaftlichen Akteursgruppen bedeutet dies:

- Die privaten Haushalte weiten bei stabiler wirtschaftlicher Entwicklung und hoher Beschäftigung und damit einhergehenden Reallohnsteigerungen sowie angesichts innovativer Produkte ihre Konsumausgaben aus; der private Verbrauch steigt schneller als das BIP.

- Auf der Basis einer günstigen Einnahmeentwicklung können die Gebietskörperschaften ohne Verletzung der Verschuldungsgrenzen ihre Investitionen ausweiten und den Nachhol- und Erweiterungsbedarf bei der Infrastruktur einschließlich der digitalen Infrastruktur decken.
- Die Unternehmen investieren bei hoher Kapazitätsauslastung kräftig in Erneuerung und Erweiterung ihrer Produktionsanlagen. Sie nutzen die Chancen der Digitalisierung. Die Innovationsrate ist hoch. Das stärkt die Position im Qualitätswettbewerb und führt zu kräftigen Produktivitätssteigerungen.
- Die Importe steigen schneller als die Exporte, der geringere Außenhandelsüberschuss verringert den internationalen Druck auf Deutschland zur Dämpfung seiner Exporte.

Eine kontrastierende untere Variante ist durch Handelskonflikte und erneute Wirtschaftskrisen bestimmt. Das bedeutet:

- Die Globalisierung verliert an Dynamik und das Wachstum der Schwellenländer verläuft gedämpft. Die weltwirtschaftliche Entwicklung ist in den kommenden Jahren wieder durch Krisen geprägt, bei eingeschränkten Interventionsmöglichkeiten der Geldpolitik. Die verlangsamte Welthandelsentwicklung dämpft die Entwicklung der deutschen Exporte. Zudem verliert Deutschland im schärfer werdenden internationalen Wettbewerb Welthandelsanteile.
- Die gedämpfte Wirtschaftsentwicklung führt zu geringeren Staatseinnahmen. Um die Regelungen der Schuldenbremse einhalten zu können, müssen die Staatsausgaben eingeschränkt werden. Das führt zu einer weiteren Abnutzung und eingeschränkten Leistungsfähigkeit der Infrastruktur und dämpft die wirtschaftliche Entwicklung weiter. Zudem leidet die Leistungsfähigkeit des Bildungs- und Ausbildungssystems.
- Die Investitionstätigkeit der Unternehmen ist gering: Erweiterungsinvestitionen unterbleiben, Ersatzinvestitionen werden vernachlässigt. Auch die Innovationsaktivität ist niedrig. Ergebnis sind eine gedämpfte

Produktivitätsentwicklung und ein niedriger Wachstumspfad.

- Entsprechend dem geringen Wirtschaftswachstum bleibt die Entwicklung der Lohn- und Transfer-einkommen schwach. Trotz des knapper werdenden Arbeitskräfteangebots können die Arbeitnehmer ihren Einkommensanteil nicht wesentlich steigern. Die Schwäche der Auslandsnachfrage wird nicht durch eine stärkere Binnennachfrage kompensiert.

2.1.3. Entstehung und Verwendung des Bruttoinlandsproduktes

Das stetige, vergleichsweise kräftige Wirtschaftswachstum in der oberen Variante wird bei schrumpfendem Arbeitskräfteangebot durch einen weiteren Rückgang der Arbeitslosigkeit, durch einen Anstieg der durchschnittlich geleisteten Arbeitszeit und – vor allem – durch ein wieder kräftigeres Produktivitätswachstum ermöglicht (Tabelle 2). Die Arbeitslosigkeit sinkt bis 2035 auf 1,8 Millionen Personen, das entspricht einer Arbeitslosenquote von rund 4%. Eine wesentlich darüber hinausgehende Aktivierung von Arbeitslosen, von denen ein erheblicher Teil schon längerfristig nicht berufstätig war, wird angesichts von Qualifikationsmängeln und persönlichen Handicaps als schwierig angesehen (IAB 2018).

Tabelle 2: Entstehung des Bruttoinlandsprodukts - Obere Variante (durchschnittliche jährliche Veränderungsrate in %)

	2020/ 2016	2025/ 2020	2030/ 2025	2035/ 2030
Erwerbspersonen-potenzial	0,5	-0,2	-0,5	-0,7
Erwerbspersonen	0,6	-0,1	-0,5	-0,7
Erwerbstätige	1,0	-0,1	-0,5	-0,8
BIP	1,8	1,7	1,7	1,6
Personenproduktivität	0,7	1,9	2,2	2,3
Durchschnittliche Arbeitszeit	0,2	0,2	0,4	0,5
Arbeitsvolumen	1,2	0,0	-0,1	-0,2
Stundenproduktivität	0,5	1,7	1,8	1,8

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

In der oberen Variante schafft die günstigere Arbeitsmarktsituation Anreize zu zusätzlicher Erwerbsbeteiligung, die allerdings nach 2030 an Grenzen stoßen.

Außerdem nimmt bei sinkender Arbeitslosigkeit auch die Stille Reserve ab: Personen, die bei hoher Arbeitslosigkeit ihre Arbeitssuche eingestellt haben, bemühen sich nun um eine Erwerbstätigkeit. Das Arbeitskräfteangebot sinkt hier von 2020 bis 2035 etwas weniger stark um 3,3 Mio. Personen (knapp 0,5% pro Jahr).

In der Vergangenheit ist die durchschnittliche Arbeitszeit stetig zurückgegangen (von 1991 bis 2016 um gut 12%; d. h. jahresdurchschnittlich um etwas mehr als 0,5% (StaBuA 2019b)). Eine bedeutende Rolle hat dabei die Ausweitung der Teilzeitarbeit gespielt. Etwa die Hälfte der berufstätigen Frauen arbeiten in Teilzeit. Dadurch liegt ihre durchschnittliche Wochenarbeitszeit um fast ein Viertel unter der von Männern; dabei gibt ein Fünftel aller Zeitarbeitskräfte an, die Arbeitszeit ausweiten zu wollen (Fuchs u.a. 2019). Für die Zukunft wird angenommen, dass – auch aufgrund verbesserter Möglichkeiten zur Vereinbarkeit von Beruf und Familie – die durchschnittliche Arbeitszeit nicht weiter abnimmt. In der oberen Variante steigt sie unter dem Druck der stärkeren Anspannung auf dem Arbeitsmarkt bis 2035 um knapp 2 Stunden pro Woche an und entspricht dann dem Stand zu Beginn der 2000er Jahre. Unter diesen Voraussetzungen nimmt das Arbeitsvolumen zunächst noch zu und geht auch nach 2025 nur wenig zurück.

Die Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigenstunde hat von 1991 bis 2016 durchschnittlich um 1,4% pro Jahr zugenommen; bis vor der Finanzkrise (2007) betrug der Anstieg seit 1991 1,8% pro Jahr, im darauf folgenden Jahrzehnt (2007 bis 2016) schwächte sich der Produktivitätsfortschritt auf 0,7% pro Jahr ab (StaBuA 2019b). Dafür werden zahlreiche Gründe diskutiert, darunter neben inter- und intrasektoralen Struktureffekten prominent die in Deutschland geringen Produktivitätsgewinne durch Digitalisierung (ifw 2017).

Für die obere Variante wird angenommen, dass die Entwicklung der Stundenproduktivität in der Zukunft infolge verstärkter Innovationen durch Nutzung der Chancen der Digitalisierung – auch in Dienstleistungsbereichen – bei hohen privaten und öffentlichen Investitionen ab 2020 bis 2035 pro Jahr knapp 1,8% beträgt; für die Jahre bis 2020 sind aktuelle Prognosen (DIW 2018) berücksichtigt.

Die dargestellte Entwicklung von Arbeitsvolumen und Stundenproduktivität ermöglicht – nach einem realen

Wirtschaftswachstum von 1,8% pro Jahr im Zeitraum von 2016 bis 2020 – auch bei schrumpfendem Arbeitskräfteangebot im darauffolgenden 15-Jahreszeitraum eine Wachstumsrate in einer ähnlichen Größenordnung um 1,7% pro Jahr.

Der reale private Verbrauch steigt ab 2020 etwas schneller als das reale BIP, vor allem weil die zunehmende Anspannung auf dem Arbeitsmarkt zu stärkeren Lohnsteigerungen führt (Tabelle 3). Auch der Staatsverbrauch, der hauptsächlich durch Personalausgaben bestimmt ist, wird in realer Rechnung in ähnlichem Umfang ausgeweitet. Anfangs ist die Entwicklung der Anlageinvestitionen durch eine hohe Dynamik geprägt, später nähert sich die Wachstumsrate der Anlageinvestitionen denen des BIP an. Die Investitionsquote (gemessen am BIP) steigt von 20% in 2016 bis 2035 auf gut 22% an.

Tabelle 3: Verwendung des realen Bruttoinlandsprodukts - Obere Variante (durchschnittliche jährliche Veränderungsraten in %)

	2020/ 2016	2025/ 2020	2030/ 2025	2035/ 2030
Privater Verbrauch	1,4	1,8	1,8	1,8
Staatsverbrauch	1,5	1,8	1,7	1,7
Anlageinvestitionen	3,0	2,4	2,0	1,8
Exporte	3,3	3,6	3,4	3,3
Importe	4,1	4,0	3,8	3,8
BIP	1,8	1,7	1,7	1,6

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

Auf den Auslandsmärkten bleibt Deutschland erfolgreich, die Exporte können in einer Größenordnung von 3,5% pro Jahr doppelt so stark wie das BIP ausgeweitet werden. In wesentlich stärkerem Maße als in der Vergangenheit werden allerdings die Exporterlöse für den Kauf ausländischer Waren und Dienstleistungen verwendet. Die Importe nehmen prozentual um fast einen halben Prozentpunkt stärker zu als die Exporte. Der Außenbeitrag sinkt deshalb in realer Rechnung in Relation zum BIP von 6,7% in 2016 auf rund 4% in 2035.

In der unteren Variante steigt die durchschnittliche Arbeitszeit von 2016 bis 2035 um etwas mehr als eine Stunde pro Woche. Der Anstieg ist geringer als in der oberen Variante, weil der Druck von der Nachfrageseite des Arbeitsmarktes geringer ist. Aus demselben Grund steigt die Erwerbsbeteiligung etwas weniger stark an,

so dass das Arbeitskräfteangebot bis 2030 etwas stärker zurück geht als in der oberen Variante. Zudem bleibt in der unteren Variante die Mobilisierung von Arbeitskräften aus der Arbeitslosigkeit und der stillen Reserve schwächer, die Zahl der Erwerbstätigen ist also geringer als in der oberen Variante (in 2035 um 1,2 Millionen Personen). Aufgrund der schwächeren Zunahme der durchschnittlichen Arbeitszeit und der niedrigeren Erwerbstätigkeit geht in der unteren Variante das geleistete Arbeitsvolumen stärker zurück.

In Übereinstimmung mit den Leitgedanken der unteren Variante und der dementsprechend geringeren Investitions- und Innovationsaktivität bleibt auch der Produktivitätsfortschritt hinter dem der oberen Variante zurück: Die Stundenproduktivität steigt ab 2020 mit einer jährlichen Rate von 0,8%, danach ab 2025 mit 1,1%, weniger stark als im Durchschnitt seit der Wiedervereinigung, aber doch wieder stärker als im letzten Jahrzehnt (Tabelle 4). In der Konsequenz wird durch diese Konstellation ein nur schwaches Wachstum des realen BIP und damit der Realeinkommen ermöglicht.

Tabelle 4: Entstehung des Bruttoinlandsprodukts - Untere Variante (durchschnittliche jährliche Veränderungsraten in %)

	2020/ 2016	2025/ 2020	2030/ 2025	2035/ 2030
Erwerbspersonenpotenzial	0,5	-0,3	-0,7	-0,7
Erwerbspersonen	0,6	-0,3	-0,7	-0,7
Erwerbstätige	1,0	-0,3	-0,8	-0,8
BIP	1,8	0,6	0,5	0,5
Personenproduktivität	0,7	1,0	1,3	1,3
Durchschnittliche Arbeitszeit	0,2	0,2	0,2	0,2
Arbeitsvolumen	1,2	-0,1	-0,6	-0,6
Stundenproduktivität	0,5	0,8	1,1	1,1

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

In der unteren Variante ist mit noch stärker zunehmenden Hemmnissen beim internationalen Handel zu rechnen als in der oberen Variante, deshalb ergibt sich auch hier gegenüber der Vergangenheit eine stärkere Rolle der Binnennachfrage. Der reale private Verbrauch nimmt etwas schneller zu als das BIP. Die deutschen Exporte steigen entsprechend der gedämpft verlaufenden weltwirtschaftlichen Entwicklung wesentlich weni-

ger schnell als in der oberen Variante. Jedoch verläuft auch das Wachstum der Importe deutlich schwächer. Im Ergebnis weist Deutschland in dieser Variante im Jahr 2035 in realer Rechnung einen positiven Außenbeitrag in Höhe von 3,7% des BIP aus (nach rund 6,7% in 2016). Die geringere Dynamik der Einnahmen führt dazu, dass der Staatsverbrauch ebenso wie die staatlichen Investitionen weniger stark ausgeweitet werden als in der oberen Variante. Dennoch stabilisieren die öffentlichen Ausgaben mit Wachstumsraten über denen des BIP die gesamtwirtschaftliche Nachfrage. Die Unternehmen halten sich angesichts gedämpfter Absatzerwartungen bei den Anlageinvestitionen zurück (Tabelle 5).

Tabelle 5: Verwendung des realen Bruttoinlandsprodukts - Untere Variante (durchschnittliche jährliche Veränderungsraten in %)

	2020/ 2016	2025/ 2020	2030/ 2025	2035/ 2030
Privater Verbrauch	1,4	0,7	0,7	0,6
Staatsverbrauch	1,5	1,0	1,0	1,0
Anlageinvestitionen	3,0	0,7	0,6	0,6
Exporte	3,3	1,9	1,8	1,7
Importe	4,1	2,3	2,2	2,1
BIP	1,8	0,6	0,5	0,5

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

2.2. Entwicklung der industriellen Produktion

Seit der Wiedervereinigung ist die Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes an der deutschen Wirtschaft zurückgegangen. Im Jahr 1991 machte die Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes 27,4% der gesamten Wertschöpfung aus, im Jahr 2016 waren es 23,4% (StaBuA 2019b). Spiegelbildlich dazu ist die Bedeutung der Dienstleistungsbereiche gestiegen (von 61,9% im Jahr 1991 auf 68,3% im Jahr 2016). Im internationalen Vergleich hat Deutschland aber immer noch einen starken industriellen Sektor. Mit einem Anteil von 20,6% der Wertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes am BIP³ rangiert Deutschland 2016 vor anderen vergleichbaren Ländern; der entsprechende Anteil Schwedens liegt z.B. bei 13,5%, der Frankreichs bei 10,3% und der des Vereinigten Königreichs bei 9% (World Bank 2019).

³ Aus methodischen Gründen mit der Angabe des Statistischen Bundesamtes nicht unmittelbar vergleichbar.

Die Szenarien implizieren für die Zukunft eine sogar wieder steigende Bedeutung der Industrie für die deutsche Wirtschaft. Anders als viele andere OECD-Länder konnte Deutschland seinen Marktanteil an der Weltindustrieproduktion in den letzten Jahren verteidigen, insbesondere durch die Ausrichtung auf forschungsintensive Produktionen in der Grundstoff- und Investitionsgüterindustrie (Gornig/Schiersch 2012). Die durch die Finanzkrise 2008 ausgelösten Produktionsrückgänge konnten mittlerweile überwunden werden. Seit 2010 ist der Anteil der Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes um 1,4 Prozentpunkte auf 23,4% im Jahr 2016 angestiegen (StaBuA 2019b). Aktuell ist zudem eine stärkere Industrieorientierung der Politik zu beobachten mit dem Ziel den Industrieanteil in Europa wieder spürbar zu erhöhen. Für Deutschland wird eine Zielmarke von 25 % genannt (BMW 2019b). Von dem erwarteten weltweiten Wachstum der Industrieproduktion im Zuge der weiteren Wachstumsprozesse in den Schwellenländern Asiens und Lateinamerikas dürfte Deutschland aufgrund seiner Spezialisierungsvorteile auch künftig profitieren. Allerdings trifft diese Entwicklung nicht alle industriellen Sektoren gleichermaßen (s. unten).

Die sektorale Entwicklung kann aus der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung der Verwendungskomponenten des BIPs mit Hilfe der Input-Output-Rechnung konsistent abgeleitet werden. Sie zeigt, welche Produktion in den inländischen Wirtschaftsbereichen erforderlich ist, um die gesamtwirtschaftliche Nachfrage – wie sie in den Verwendungskomponenten des BIPs zum Ausdruck kommt – zu befriedigen. Die Entwicklung der Produktion in realer Rechnung kann dann zur Abschätzung der Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen verwendet werden.

Allerdings werden in der vorliegenden Studie die sektoralen Lieferstrukturen und die Struktur der intraindustriellen Vorleistungsverflechtung des Jahres der jüngsten I-O-Tabelle von 2015 beibehalten. Um deren Veränderungen zu erfassen, werden aus der Vergangenheitsentwicklung abgeleitete Elastizitäten zwischen den Veränderungsraten der Produktionswerte aller Wirtschaftssektoren und den Veränderungsraten der für die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen besonders relevanten Sektoren berücksichtigt. Veränderungen des Anteils der importierten Vorleistungen werden konsistent aus der Verwendungsrechnung abgeleitet.

Für die zukünftige Nachfrage nach Steine-Erden-Gütern ist die wirtschaftliche Entwicklung in den jeweiligen Abnehmersektoren relevant. Rund 80% der jährlich gewonnenen Steine-Erden-Rohstoffe werden in der Bauwirtschaft eingesetzt. Aber auch für zahlreiche Industrie-sektoren ist die Steine-Erden-Industrie als Zulieferer von elementarer Bedeutung:

- Ein wichtiger Abnehmer von Steine-Erden-Rohstoffen ist die Eisen- und Stahlindustrie. Dort wird Kalk und Kalkstein u.a. zum Stückigmachen des Erzes und im Hochofen zum Binden von Nebenbestandteilen des Erzes eingesetzt; die dabei entstehenden Schlacken werden im Wesentlichen in der Zementindustrie verwendet und können in Teilen Zementklinker ersetzen. Die Gießerei-Industrie ist ein wichtiger Abnehmer von Sand für Gießformen.
- Die Glasindustrie verwendet als Grundstoff vor allem Quarzsand, aber in geringen Mengen auch Kalk- und Dolomitstein.
- Die Papierindustrie ist der wichtigste Abnehmer für Kaolin, das sie als Füllstoff verwendet. Daneben werden in der Papierherstellung auch Kalk und Gips eingesetzt.
- In der Landwirtschaft werden Kalk und Kalkstein zur Neutralisierung saurer Böden und als Düngemittel verwandt. Auch kalkhaltige Schlacken aus der Stahlherstellung finden dafür Verwendung.
- In der chemischen Industrie werden Steine-Erden-Rohstoffe in zahlreichen Anwendungen eingesetzt, u.a. als Füllstoffe etwa bei der Herstellung von Farben, Lacken und Leimen, kosmetischen und pharmazeutischen Produkten sowie Kunststoffen. Außerdem werden dort Kalk- und Kalkstein sowie Gips, aber auch Industriemineralien wie Bentonit und Kieselerde verwendet. Daneben verwenden zahlreiche weitere Industriezweige Steine-Erden-Rohstoffe, wenn auch in relativ geringen Mengen.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Studie ist – neben der Entwicklung des Bauvolumens (siehe Kapitel 2.3) – deshalb mengenmäßig vor allem die Produktion der in der folgenden Tabelle 6 angegebenen Gütergruppen relevant.

Tabelle 6: Für die Steine-Erden-Industrie relevante Gütergruppen

Kurzbezeichnung	Nummer		Bezeichnung lt. IO-Tabelle*
	lt. IO-Tabelle*	lt. CPA**	
Eisen/Stahl	18	24.1 bis 24.3	Roheisen, Stahl, Erzeugnisse der ersten Bearbeitung von Eisen und Stahl
Chemische Erzeugnisse	13	20	Chemische Erzeugnisse
Landwirtschaftliche Erzeugnisse	1	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Dienstleistungen
Mineralische Bau- und Rohstoffe	17	23.3 bis 23.9	Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
Glas	16	23.1	Glas und Glaswaren

* Siehe StaBuA 2019c; ** CPA. Classification of Products by Activity 2008

Wie erwähnt hat in jüngerer Zeit die Industrieproduktion überdurchschnittlich zugenommen. Von 2013 bis 2016 ist der preisbereinigte Produktionswert aller Wirtschaftsbereiche um 2,2% pro Jahr angestiegen. Der Anstieg in den Dienstleistungsbereichen war mit 2,1% pro Jahr etwas geringer, während der Produktionswert des Verarbeitenden Gewerbes mit 2,5% pro Jahr überdurchschnittlich zugenommen hat (StaBuA 2018). Zwischen den Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes vollzog sich der Anstieg aber nicht gleichmäßig. Während der Produktionswert des Fahrzeugbaus um jährlich annähernd 6% zulegen und der der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und elektronischen und optischen Erzeugnissen gar um 6,4%, stieg er bei der Herstellung von chemischen Erzeugnissen nur um 1,1% pro Jahr, bei der Herstellung von Glas, Glaswaren und Keramik sowie der Verarbeitung von Steinen und Erden waren es 0,7% und bei der Metallherzeugung und -bearbeitung 0,4%. Der Produktionswert der Landwirtschaft stieg in diesem Zeitraum um 1,3% pro Jahr. Für die Projektion werden für die Abnehmersektoren mineralischer Rohstoffe die sich daraus ergebenden Elastizitäten beibehalten.

Tabelle 7 zeigt für die obere Variante die unter diesen Annahmen mögliche Entwicklung der wertmäßigen Bruttoproduktion für die näher betrachteten Gütergruppen.

Insgesamt steigt die Bruttoproduktion der inländischen Wirtschaftsbereiche stärker an als das Bruttoinlandsprodukt.⁴ Getragen wird dieses Wachstum der Bruttoproduktion von wenigen gewichtigen industriellen Sektoren. Unter den fünf für die Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen besonders bedeutenden Industriesektoren entwickelt sich die Produktion der Chemie überdurchschnittlich. Auch die Produktion der Landwirtschaft steigt stärker an. Der Produktionsanstieg bei Glas, mineralischen Bau- und Rohstoffen sowie Eisen und Stahl liegt unterhalb der Entwicklung der übrigen relevanten Gütergruppen.

Tabelle 7: Entwicklung der Bruttoproduktion - Obere Variante (zu konstanten Preisen, durchschnittliche jährliche Veränderungsraten in %)

	2020/ 2016	2025/ 2020	2030/ 2025	2035/ 2030
Eisen/Stahl	1,1	0,6	0,5	0,5
Chemische Erzeugnisse	2,2	1,6	1,5	1,4
Landwirtschaftliche Erzeugnisse	1,9	1,3	1,3	1,3
Mineralische Bau- und Rohstoffe	0,3	0,8	0,7	0,7
Glas	0,3	0,9	0,9	0,8
Erzeugnisse/Leistungen übriger Bereiche	2,3	2,3	2,2	2,2
Insgesamt	2,2	2,3	2,2	2,1

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

In der unteren Variante steigt die Endnachfrage nach den Erzeugnissen der ausgewählten Sektoren entsprechend der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung deutlich schwächer als in der oberen Variante. Unter Berücksichtigung der Liefer- und Bezugsverflechtungen zwischen den Wirtschaftsbereichen entwickelt sich die Produktion der ausgewählten Sektoren in realer Rechnung wie in Tabelle 8 dargestellt. Wie in der oberen Variante ist die Entwicklung in der exportorientierten chemischen Industrie und in der Landwirtschaft höher als in den übrigen Nachfragesektoren.

⁴ Die Bruttoproduktion setzt sich von der Aufkommenseite aus der Wertschöpfung, die in der Summe der Sektoren dem BIP entspricht, und den inländischen und importierten Vorleistungen zusammen. Wenn aufgrund zunehmender Arbeitsteilung der Vorleistungsanteil steigt, wächst die Bruttoproduktion schneller als die Wertschöpfung.

Tabelle 8: Entwicklung der Bruttonproduktion - Untere Variante (zu konstanten Preisen, durchschnittliche jährliche Veränderungsraten in %)

	2020/ 2016	2025/ 2020	2030/ 2025	2035/ 2030
Eisen/Stahl	1,1	0,3	0,2	0,2
Chemische Erzeugnisse	2,2	0,8	0,6	0,5
Landwirtschaftliche Erzeugnisse	1,9	0,6	0,6	0,5
Mineralische Bau- und Rohstoffe	0,3	0,3	0,2	0,2
Glas	0,3	0,4	0,4	0,3
Erzeugnisse/Leistungen übriger Bereiche	2,3	1,0	1,0	0,9
Insgesamt	2,2	1,0	0,9	0,9

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

Die zukünftige Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen in Mengeneinheiten kann nicht unmittelbar aus der wertmäßigen Veränderung der Bruttonproduktion, wie sie oben dargestellt worden ist, abgeleitet werden, da ein Teil des Wachstums auf Qualitätssteigerungen und intrasektoralen Strukturwandel sowie Steigerungen der Materialeffizienz einzelner Prozesse beruht. In Kapitel 3.2.1 werden daher Anpassungsfaktoren abgeleitet, die den daraus resultierenden Anstieg der Materialproduktivität widerspiegeln.

2.3. Entwicklungstrends des Bauvolumens

2.3.1. Konzeptionelle Vorüberlegungen

Die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen wird in hohem Maße durch die Bauwirtschaft bestimmt. Die möglichen Entwicklungstrends der Bauwirtschaft sollen daher hier gesondert analysiert werden. Dabei beziehen wir uns nicht allein auf die Entwicklungstrends des Sektors Baugewerbe, sondern auf das viel weiter gefasste Bauvolumen⁵.

⁵ Das Bauvolumen ist definiert als die Summe aller Leistungen, die auf die Herstellung oder Erhaltung von Gebäuden und Bauwerken gerichtet sind. Insofern geht der Nachweis über die vom Statistischen Bundesamt berechneten Bauinvestitionen hinaus, denn bei den Investitionen bleiben konsumtive Bauleistungen unberücksichtigt – dies sind vor allem nicht werterhöhende Reparaturen (d. h. Instandsetzungsleistungen des Bauhaupt- und Ausbaugewerbes). Das Bauvolumen umfasst auf der Entstehungsseite Leistungen des Bauhauptgewerbes und des Ausbaugewerbes sowie alle übrigen baurelevanten Produktionsbeiträge anderer Wirtschaftsbereiche.

Das DIW Berlin führt zudem seit längerem im Hochbau jährliche Berechnungen durch, mit denen die Entwicklung im Neubaubereich gesondert betrachtet werden kann (zuletzt: Gornig et al. 2018). Kern der Berechnungen sind die Informationen aus der Bautätigkeitsstatistik. Die zentralen Ausgangsgrößen sind Angaben zu den veranschlagten reinen Baukosten der im jeweiligen Jahr genehmigten und der fertiggestellten Bauten. Unterschieden wird dabei zwischen Wohnungsneubau und Neubau von sonstigen Gebäuden.

Aus den beschriebenen Berechnungen zur Neubautätigkeit im Hochbau lässt sich indirekt auf den Umfang der Bauleistungen an vorhandenen Gebäuden schließen. Da im Hochbau konzeptionell das Neubauvolumen genauso definiert ist wie das gesamte Bauvolumen, errechnen sich die Maßnahmen am Gebäudebestand aus der Differenz zwischen gesamtem Bauvolumen und Neubauvolumen. Diese Bestandsleistungen umfassen sowohl Um- und Ausbaumaßnahmen als auch Modernisierungen und Instandsetzungen von vorhandenen Gebäuden. Auskunft zur Struktur der Bestandsleistungen liefern Untersuchungen der Heinze GmbH (zuletzt: Hotze et al. 2016).

Für die Szenarien können somit folgende vier Bereiche des Bauvolumens gesondert abgebildet werden:

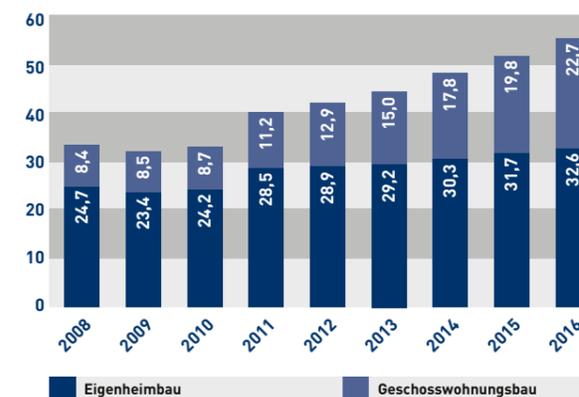
- Neubau im Wohnungsbau,
- Neubau bei sonstigen Hochbauten,
- Maßnahmen im Gebäudebestand,
- Tiefbaumaßnahmen.

Die im Folgendem dargestellten Projektionen schließen an die derzeitige Entwicklung an und schreiben sie bis 2020 fort. Die Fortschreibung basiert auf den aktuellen Konjunkturprognosen des DIW Berlin für das Bauvolumen (Gornig et al. 2019). Nach 2020 werden die Entwicklungen in den vier genannten Baubereichen auf der Basis von Leitindikatoren zur gesamtwirtschaftlichen und demographischen Entwicklung abgeschätzt. Unterschieden wird dabei entsprechend den unterschiedlichen Rahmendaten zwischen einer oberen und unteren Variante.

Bei der Interpretation der Entwicklung des Bauvolumens ist zu berücksichtigen, dass sich die Bautätigkeit regional heterogen entwickeln wird. So geht das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) in seiner „Wohnungsmarktprognose 2030“ davon aus, dass sich die Wohnungsbautätigkeit – unter Einbeziehung von Migrationsbewegungen und demografischen Entwicklungen – primär auf die bislang wirtschaftlich starken Ballungsräume konzentrieren wird (BBSR 2015a). Unter den Annahmen des BBSR (2015b) dürfte in abgeschwächter Form die regionale Konzentration auch für den gewerblichen und den öffentlichen Bau gelten. Entsprechend wird sich auch die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen räumlich differenziert entwickeln.

2.3.2. Wohnungsneubau

Das Neubauvolumen im Wohnungsbau in Deutschland war nach dem Vereinigungsboom in den 1990er Jahren stark rückläufig. 2009 erreichte es seinen bisherigen Tiefpunkt. In Preisen von 2010 lag es bei knapp 33 Mrd. Euro. Besonders stark war der Rückgang der Neubautätigkeit im Eigenheimbau. Auch im Geschosswohnungsbau ist der Trend insgesamt negativ gewesen.

Abb. 1: Wohnungsneubau (in Mrd. Euro; in Preisen von 2010)

Quelle: Bauvolumensrechnung des DIW Berlin

Seit 2010 allerdings nimmt die Neubautätigkeit wieder deutlich zu. Getragen wird die Aufwärtsbewegung durch den Geschosswohnungsbau. Er stieg in Preisen von 2010 von knapp 9 Mrd. Euro auf fast 23 Mrd. Euro in 2016.

Zudem konnten auch im Eigenheimbau wieder spürbare reale Zuwächse der Neubautätigkeit verzeichnet werden. Gegenüber 2010 nahm das Neubauvolumen hier real um mehr als 12 Mrd. Euro auf knapp 33 Mrd. Euro in 2016 zu.

Das DIW Berlin rechnet mit einer Steigerung der Neubautätigkeit in laufenden Preisen um rund zehn Prozent im abgelaufenen Jahr 2018 (Gornig et al. 2019). Ein Großteil dieses Wachstums dürfte allerdings in überdurchschnittlich gestiegene Preise gegangen sein. Auch bei den nominellen Zuwächsen der Neubauinvestitionen um siebeneinhalb Prozent im laufenden Jahr und weiteren sechs Prozent im Jahr 2020 dürften Preissteigerungen dominieren.

Die Überlegungen zur langfristigen Entwicklung der Neubautätigkeit im Wohnungsbau hängen wesentlich von der erwarteten Veränderung des Bevölkerungsvolumens und der Zahl der Haushalte ab. Bei der von uns in den gesamtwirtschaftlichen Projektionen verwendeten aktualisierten Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes steigt die Bevölkerungszahl zunächst noch an. Zwischen 2020 und 2035 nimmt das Bevölkerungsvolumen um rund 1,3 Mio. Personen ab. Die Zahl der Haushalte allerdings dürfte auch dann weiter steigen. Aufgrund von Veränderungen im Altersaufbau der Bevölkerung und fortgesetzter sozioökonomischer Einflüsse dürfte die durchschnittliche Personenzahl je Haushalt auf unter 2 sinken (StaBuA 2017b). Unter den Bedingungen der oben genannten Bevölkerungsprognose würde damit die Zahl der Haushalte in Deutschland von 42,2 Mio. in 2020 auf 43,2 Mio. im Jahr 2035 steigen. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) geht in seiner vorliegenden Wohnungsmarktprognose noch auf der Basis der 12. Koordinierten Bevölkerungsprognose allerdings davon aus, dass sich sukzessive die Zahl der jährlich neu gebauten Wohnungen verringern wird (BBSR 2015a). Für die Periode 2015 bis 2020 liegt die Zahl bei 272.000 und in den folgenden Perioden bei durchschnittlich jährlich 229.000 (2021-2025) bzw. 180.000 (2026-2030).

Tabelle 9: Bauvolumen im Wohnungsneubau

	2016	2020	2025	2030	2035
Untere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	55,3	60,5	59,0	58,3	57,7
Veränderung zu 2016 in %		9,4	6,6	5,3	4,3
- Euro je Einwohner	669	725	708	703	702
- Euro je Haushalt	1.341	1.434	1.383	1.357	1.337
- in % des BIP	1,93	1,97	1,86	1,79	1,73
Obere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	55,3	60,5	60,8	61,1	61,7
Veränderung zu 2016 in %		9,4	9,9	10,4	11,5
- Euro je Einwohner	669	725	730	738	751
- Euro je Haushalt	1.341	1.434	1.426	1.423	1.429
- in % des BIP	1,93	1,97	1,81	1,68	1,57

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

Untere Variante:

Auch unter den ungünstigeren Rahmenbedingungen des pessimistischen Szenarios wird davon ausgegangen, dass die Neubautätigkeit im Wohnungsbau auf hohem Niveau verbleibt. 2035 liegt das Neubauvolumen real um gut 4% über dem Wert von 2016. Bezogen auf 2020 kommt es allerdings zu einer schrittweisen Rückführung der realen Neubausummen. Je Haushalt gerechnet wird ab diesem Zeitpunkt Jahr für Jahr etwas weniger in den Neubau investiert. Ein Grund hierfür liegt in der erwarteten Hinwendung zum Geschosswohnungsbau. Die von uns verwendeten Investitionssummen steigen aufgrund verringerter Wohnungsgrößen in dieser Variante unterproportional zu den Wohneinheiten. Darüber hinaus gehen wir davon aus, dass wegen der schwachen Einkommensentwicklung ein Teil des Neubaubedarfs nicht realisiert wird.

Obere Variante:

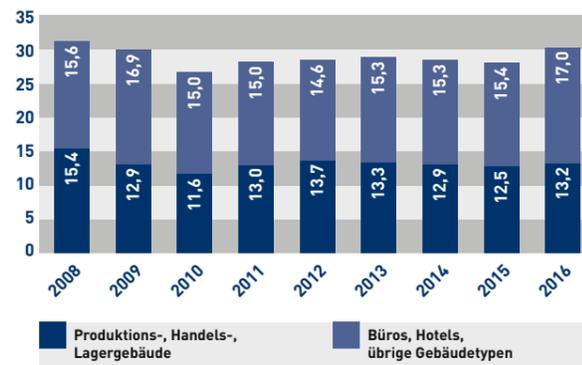
Die Zunahme der Wohnungsbauinvestitionen bis 2020 ist annahmegemäß so groß wie im Vergleichsszenario. Im Unterschied zur unteren Variante verharrt das Neubauvolumen aber auf diesem hohen Niveau bzw. nimmt noch leicht zu. 2035 liegt es um fast 12% höher als 2016. Je Kopf der Wohnbevölkerung gerechnet nehmen die Investitionssummen stetig spürbar zu. Dies ist vor allem Ausdruck verbesserter Wohnstandards und -qualitäten auch im Hinblick auf energetische Kennziffern. Je Haushalt verändern sich die Investitionssummen zwischen 2020 und 2035 kaum. Die jährlichen Zuwächse beim Neubauvolumen

liegen aber deutlich unter dem Wachstum der Wirtschaftsleistung insgesamt.

2.3.3. Neubau im sonstigen Hochbau

Die Modellrechnungen des DIW Berlin (Gornig et al. 2018) weisen für 2016 ein Neubauvolumen im Bereich des Nichtwohnungsbaus zu Preisen von 2010 für Deutschland insgesamt von rund 30 Mrd. Euro aus.

Abb. 2: Neubau Nichtwohngebäude (in Mrd. Euro; in Preisen von 2010)



Quelle: Bauvolumensrechnung des DIW Berlin

Die Entwicklung der Neubautätigkeit im gewerblichen und öffentlichen Hochbau weist über den Zeitraum 2008 bis 2016 nur wenige Schwankungen auf. Lediglich 2009 und 2010 musste insgesamt ein leichter Rückgang des Neubauvolumens in diesem Segment verzeichnet werden. Ausschlaggebend dafür war der Einbruch der Neubautätigkeit bei den Produktionsstätten, Handels- und Lagergebäuden infolge der Finanz- und Wirtschaftskrise. 2010 wurden auch die Bereiche Büro- und Verwaltungsgebäude sowie Hotels, Gaststätten und Anstaltsgebäude von der Krise erfasst. Das Neubauvolumen im Nichtwohnungsbau sank deutschlandweit um über 8%. In 2011 zog dann die Neubautätigkeit bei Produktionsstätten, Handels- und Lagergebäuden wieder an und veränderte sich bis 2015 kaum. Erst 2016 entwickelten sich getragen vom öffentlichen Auftraggebern wieder stärkere Wachstumsimpulse.

Auch in den Folgejahren dürften moderate reale Zuwächse beim Neubau von Nichtwohngebäuden verzeichnet werden sein. So hat sich insbesondere die Finanzlage des Bundes

und auch der Kommunen sehr positiv entwickelt. Viele Gemeinden verfügen mittlerweile über die notwendigen „freien Spitzen“ um neue Investitionsprojekte anzustrengen, zumindest aber den Eigenanteil für die nach wie vor verfügbaren Mittel aus dem Kommunalinvestitionsförderungs-fonds abzurufen. 2020 dürfte daher auch das Bauvolumen im sonstigen Neubau insgesamt - gemessen in Preisen von 2010 - um gut 6% höher liegen als 2016.

Umfassende Studien, die sich gezielt mit den längerfristigen Perspektiven des Neubaus im sonstigen Hochbau befassen, liegen unseres Wissens nicht vor. Der Neubau- und insbesondere Ersatzbedarf im öffentlichen Hochbau wird allerdings generell hoch eingeschätzt. Ein wesentlicher Grund hierfür ist der aufgestaute Investitionsbedarf der Kommunen. Das Deutsche Institut für Urbanistik (DIfU) schätzt den aufgelaufenen Ersatzbedarf der Gemeinden auf rund 160 Mrd. Euro (KfW 2018).

Tabelle 10: Bauvolumen im sonstigen Neubau

	2016	2020	2025	2030	2035
Untere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	30,2	32,1	31,8	31,6	31,7
Veränderung zu 2016 in %		6,4	5,3	4,5	5,0
- Euro je Einwohner	365	385	382	381	386
- Euro je Haushalt	733	762	746	735	735
- in % des BIP	1,05	1,05	1,00	0,97	0,95
Obere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	30,2	32,1	35,1	37,7	40,2
Veränderung zu 2016 in %		6,4	16,3	24,7	33,2
- Euro je Einwohner	365	385	422	455	490
- Euro je Haushalt	733	762	824	878	932
- in % des BIP	1,05	1,05	1,05	1,03	1,02

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

Untere Variante:

Die schwache wirtschaftliche Entwicklung im pessimistischen Szenario gibt kaum Impulse für Kapazitätsausweitungen im gewerblichen Hochbau. Gleichzeitig dürfte die Anspannung der öffentlichen Haushalte wenig Spielraum für zusätzliche Neubautätigkeiten lassen. Wir gehen daher in dieser Variante davon aus, dass das reale Neubauvolumen beim sonstigen Hochbau gegenüber 2016 nur leicht zunimmt. Im Vergleich zu 2020 wird real sogar mit einem

Rückgang der Neubautätigkeiten gerechnet. Die Anteile des Neubauvolumens im Nichtwohnungsbau an der gesamten Wirtschaftsleistung nehmen bis 2035 kontinuierlich ab.

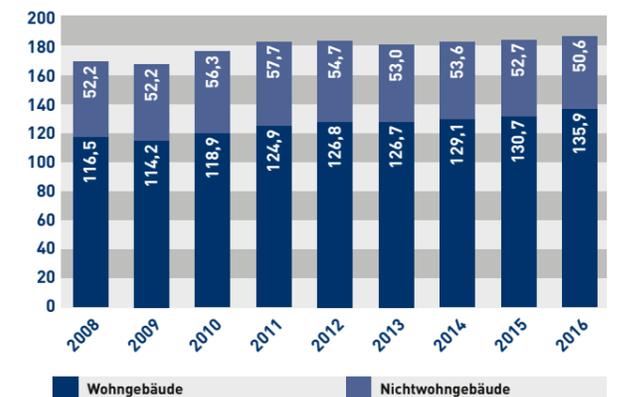
Obere Variante:

Bei der hohen Wachstumsdynamik im optimistischen Szenario gewinnt der Neubau im sonstigen Hochbau nach 2020 an Wachstumstempo. Hierzu beitragen dürfte gerade auch der öffentliche Hochbau. Wir gehen in diesem Szenario davon aus, dass sich schrittweise die Finanzierungsbedingungen insbesondere für die Kommunen verbessern. Sie dürften daher den aufgestaute Investitionsbedarf Stück für Stück abbauen. Bis 2035 wird sich das Neubauvolumen im sonstigen Hochbau real von gut 30 Mrd. 2016 auf mehr als 40 Mrd. Euro stark ausweiten. Pro Kopf der Bevölkerung nehmen die Investitionsvolumina deutlich zu, bezogen auf die Wirtschaftsleistung etwas ab.

2.3.4. Maßnahmen im Gebäudebestand

Nach den Berechnungen des DIW (Gornig et al. 2018) belaufen sich 2016 Bestandsmaßnahmen im Wohnungsbau in Preisen von 2010 auf rund 136 Mrd. Euro. Die Bestandsmaßnahmen bei sonstigen Gebäuden erreichen im gleichen Jahr nach den Hochrechnungen des DIW knapp 51 Mrd. Euro. Die Maßnahmen im Gebäudebestand machen demnach insgesamt das Gros der Bauleistungen im Hochbau aus. 2016 entfallen rund zwei Drittel des Bauvolumens im Hochbau auf Maßnahmen im Bestand.

Abb. 3: Maßnahmen am Gebäudebestand (in Mrd. Euro; in Preisen von 2010)



Quelle: Bauvolumensrechnung des DIW Berlin

Die hohe Bedeutung und das beträchtliche Volumen der Bestandsmaßnahmen sind wesentlich Ergebnis einer sehr dynamischen Entwicklung in der zweiten Hälfte der 2000er Jahre. Ihren zwischenzeitlichen Höhepunkt erreichten die Bestandsmaßnahmen 2011. Hierzu trugen auch die damaligen Konjunkturprogramme bei. Zwischen 2011 und 2015 weisen die Bestandsmaßnahmen wenig Dynamik auf. Erst 2016 ist wieder ein deutliches Plus zu verzeichnen.

Einen wesentlichen Anteil an der hohen Bedeutung der Bauleistungen an bestehenden Gebäuden besitzen Maßnahmen zur energetischen Sanierung. In das Berechnungsschema der Bauvolumensrechnung integriert entfielen 2010 auf solche Maßnahmen im Bestand fast 54 Mrd. Euro (Gornig et al. 2013). Knapp 39 Mrd. Euro davon gingen in die energetische Sanierung von Wohngebäuden, rund 15 Mrd. Euro in die von Nichtwohngebäuden. Seither sind im Wohnungsbau die Zuwächse insbesondere durch Mehrinvestitionen in Heizungsanlagen bestimmt. Aber auch in den Bereichen Fenster und Außentüren legten die Investitionssummen spürbar zu. Bei der Dämmung mussten dagegen bis 2016 Rückgänge verzeichnet werden (Gornig/Kaiser 2018). Sollen allerdings die Ziele der Energiewende erreicht werden, sind deutliche Steigerungen der Energieeffizienz im Gebäudebestand notwendig. Vorliegende Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die Sanierungsrate im Wohnungsbau steigen müsste. Daraus leitet sich ein beachtlicher Investitionsbedarf in die energetische Sanierung ab (Blazejczak et al. 2013).

Der Umfang von investiven und nichtinvestiven Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden wird zudem auch durch viele andere Faktoren bestimmt. Im Wohnungsbau dominiert als Motiv die Qualitätsverbesserung (Böttcher et al. 2016). Ihre Umsetzbarkeit ist vor allem durch die Höhe des verfügbaren Einkommens bestimmt. Im Nichtwohnungsbau induzieren insbesondere Nutzungsveränderungen Maßnahmen im Bestand. Im öffentlichen Sektor kommt hinzu, dass die Finanzierungsbedingungen der öffentlichen Haushalte die Realisierung von Sanierungs- und Umstrukturierungsbedarfen stark mitbestimmen.

Tabelle 11: Bauvolumen im Gebäudebestand

	2016	2020	2025	2030	2035
Untere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	186,5	212,0	216,3	223,3	231,2
Veränderung zu 2016 in %		13,7	16,0	19,7	24,0
- Euro je Einwohner	2.254	2.541	2.597	2.694	2.814
- Euro je Haushalt	4.522	5.024	5.073	5.200	5.356
- in % des BIP	6,50	6,89	6,82	6,85	6,93
Obere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	186,5	212,0	230,9	253,8	280,6
Veränderung zu 2016 in %		13,7	23,8	36,1	50,5
- Euro je Einwohner	2.254	2.541	2.772	3.063	3.416
- Euro je Haushalt	4.522	5.024	5.415	5.911	6.501
- in % des BIP	6,50	6,89	6,88	6,96	7,12

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

Untere Variante:

Die notwendigen Steigerungen der Energieeffizienz und der hohe Bedarf an Umstrukturierungen im Gebäudebestand führen wieder zu einer deutlicheren Ausweitung der Ausgaben für Sanierung und Modernisierung. 2020 dürfte das Bauvolumen im Bestand gegenüber 2016 insgesamt um knapp 14% höher liegen. Angesichts geringer Zuwächse der verfügbaren Einkommen und der nur wenig verbesserten Kassenlage der öffentlichen Haushalte steigen die Bestandsmaßnahmen allerdings nach 2020 nur leicht an. Die energetische Sanierung verdrängt teilweise andere Bestandsmaßnahmen und wird zum dominanten Investitionsmotiv. Die realen Aufwendungen je Kopf der Bevölkerung und je Anzahl an Haushalten nehmen zu. Bezogen auf die ohnehin schwache wirtschaftliche Entwicklung insgesamt sind die Zuwächse jedoch nur durchschnittlich.

Obere Variante:

Die Bestandsmaßnahmen legen auch nach 2020 weiter deutlich zu. Die günstige ökonomische Entwicklung motiviert zu energetischen Maßnahmen, Qualitätsverbesserungen und Nutzungsänderungen (z. B. altersgerechtes Wohnen). Insbesondere dürften auch öffentliche Auftraggeber wieder größere finanzielle Spielräume besitzen, um in solche Bestandsmaßnahmen selbst zu investieren oder sie zu unterstützen. Die Ausgaben für Maßnahmen im Gebäudebestand steigen nochmals von 212

Mrd. Euro 2020 auf über 280 Mrd. Euro 2035. Nach 2025 dürften die Maßnahmen auch stärker wachsen als das BIP insgesamt. Bestandsmaßnahmen bleiben damit das wichtigste Segment im Hochbau. Je Kopf der Bevölkerung wird 2035 real gut 50% mehr für die Gebäudesanierung ausgegeben als 2016.

2.3.5. Tiefbau

Die realen Bauleistungen im Tiefbau bewegen sich seit Jahren auf nahezu unverändertem Niveau. In manchen Jahren liegen sie etwas über 50 Mrd. Euro, in anderen etwas darunter. 2016 lag das Tiefbauvolumen in Preisen von 2010 bei gut 52 Mrd. Euro. Wenig verändert hat sich dabei das Verhältnis zwischen öffentlichem und gewerblichem Sektor. Knapp 50 % entfallen auf den öffentlichen Tiefbau. Die Abgrenzung zwischen beiden Bereichen fällt allerdings immer schwerer. Gleichartige Objekte werden sowohl in gewerblicher als auch in öffentlicher Regie erstellt oder in sogenannten ÖPP partnerschaftlich projektiert und umgesetzt.

Abb. 4: Tiefbau (in Mrd. Euro; in Preisen von 2010)

Anmerkung: Zuordnung Bahn und Post zum Wirtschaftsbau
Quelle: Bauvolumensrechnung des DIW Berlin

Die Baumaßnahmen im Tiefbau dienen insbesondere dem Erhalt und dem Ausbau der wirtschaftlichen Infrastruktur. Die schwache Investitionstätigkeit im Tiefbau wird allerdings nicht als Ausdruck eines geringer werdenden Bedarfs an solchen Bauleistungen, sondern als Folge der Finanzierungsschwierigkeiten von Infrastruktureinrichtungen angesehen (BMW 2015). Auch die Reduktion von

öffentlichen Planungs- und Genehmigungskapazitäten wirkt negativ auf die Investitionszahlen (Gornig/Michelsen 2017). Entsprechend werden teilweise erhebliche künftige Investitionsbedarfe bzw. Nachholbedarfe ausgemacht (KfW 2018). Die größten Neubauprojekte beziehen sich auf den Ausbau erneuerbarer Energien und der dazugehörigen Netze und den Ausbau der Breitbandnetze in der Telekommunikation. Hinzu kommen weitere Ergänzungen der Verkehrsnetze (Dorffmeister/Ebnet 2012).

Tabelle 12: Bauvolumen im Tiefbau

	2016	2020	2025	2030	2035
Untere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	52,2	59,7	60,7	61,8	63,0
Veränderung zu 2016 in %		14,6	16,5	18,4	20,8
- Euro je Einwohner	630	716	729	745	767
- Euro je Haushalt	1.264	1.416	1.424	1.438	1.459
- in % des BIP	1,82	1,94	1,91	1,90	1,89
Obere Variante					
Mrd. Euro real in Preisen von 2010	52,2	59,7	64,5	69,6	75,0
Veränderung zu 2016 in %		14,6	23,7	33,4	43,8
- Euro je Einwohner	630	716	774	840	913
- Euro je Haushalt	1.264	1.416	1.512	1.620	1.737
- in % des BIP	1,82	1,94	1,92	1,91	1,90

Quelle: Szenarienrechnung des DIW Berlin

Untere Variante:

Die derzeitigen Konjunkturindikatoren weisen für den Tiefbau deutlich nach oben. Bis 2020 dürften daher noch starke Zuwächse im Tiefbauvolumen möglich sein. Insgesamt wird damit gerechnet, dass zwischen 2016 und 2020 die Investitionssummen um real fast 15% wachsen. Die gewünschten weiteren Ausbau- und Sanierungsmaßnahmen werden angesichts klammer öffentlicher Kassen nach 2020 nur langsam umgesetzt. In den folgenden Jahren wird dennoch mit einem weiteren realen Wachstum der Tiefbaumaßnahmen gerechnet. Das Volumen der Tiefbaumaßnahmen wird 2035 um 21% über dem Niveau von 2016 liegen. Die erwarteten Zuwächse bleiben aber deutlich hinter den formulierten Bedarfen zurück. Die Relation zum BIP bleibt nach 2020 nahezu unverändert. Die realen Aufwendungen für den Tiefbau je Einwohner und Haushalt steigen insgesamt nur langsam.

Obere Variante:

Bei der hohen Wachstumsdynamik im optimistischen Szenario erhöht sich langfristig nicht nur die Zahlungsbereitschaft der Haushalte und Unternehmen, auch die Einnahmebedingungen des Staates verbessern sich spürbar. Die Beschränkungen öffentlicher Ausgaben durch die Schuldenbremse nehmen ab. Die gewünschten Ausbau- und Sanierungsmaßnahmen werden rascher umgesetzt. Das Volumen der Tiefbaumaßnahmen nimmt auch nach 2020 deutlich stärker zu. Mit 75 Mrd. Euro werden die Tiefbaumaßnahmen in 2035 preisbereinigt um fast 45% höher liegen als 2016. Die Aufwendungen pro Kopf der Bevölkerung nehmen deutlich zu.

3. GEWINNUNG UND VERWENDUNG MINERALISCHER PRIMÄRROHSTOFFE VON 2000 BIS 2016 SOWIE ABLEITUNG DER ROHSTOFFNACHFRAGE BIS 2035

3.1 Bedeutung der Rohstoffförderung

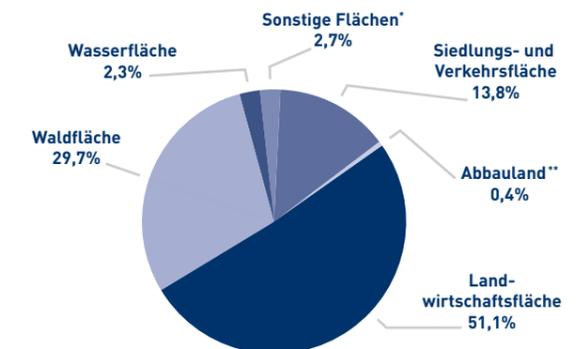
Die Versorgung mit mineralischen Rohstoffen ist eine Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit der wirtschaftlichen Wertschöpfungsketten und damit von hoher Bedeutung für die Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft. Die Deckung der Rohstoffnachfrage in Deutschland erfolgt aus der Gewinnung aus heimischen Lagerstätten, dem Einsatz von Sekundärrohstoffen aus der Verwertung und dem Recycling von Bauabfällen und aus industriellen Prozessen sowie durch den Import. Bei Metall- und bestimmten Energierohstoffen besteht eine weitgehende Abhängigkeit von ausländischen Produzenten. Die Versorgung mit mineralischen Rohstoffen, die insbesondere im Baubereich Anwendung finden, erfolgt dagegen – bis auf wenige Ausnahmen – praktisch vollständig aus eigenen Vorkommen.

Der weit überwiegende Teil der in Deutschland benötigten nichtenergetischen mineralischen Rohstoffe fällt unter den Oberbegriff der Primärrohstoffe, deren Gewinnung aus natürlichen Lagerstätten erfolgt. Ihr Anteil an der Deckung der Gesamtnachfrage nach mineralischen Rohstoffen (primär und sekundär) liegt bei rund 85% (2016).

Der für die mittel- und langfristige Rohstoffsicherung erforderliche Flächenbedarf wird nach Untersuchungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) auf etwas über 1% der Fläche Deutschlands geschätzt (BGR 2017a). Das Statistische Bundesamt ordnet 0,4% der Landesfläche der Kategorie Abbauland zu

(StaBuA 2019d, vgl. Abb. 5), wobei der jährlich tatsächlich im Abbau stehende Flächenanteil unter 0,01% liegt (BGR 2017a).⁶ Diese Flächen werden außerdem nicht auf Dauer in Anspruch genommen, sondern abbabegleitend oder spätestens nach Einstellung der Abbautätigkeit im Zuge der vorgeschriebenen Rekultivierung oder Renaturierung einer Folgenutzung zugeführt. Die Steine-Erden-Industrie greift durch die Rohstoffgewinnung also nur temporär in den Naturhaushalt ein, wobei nach Ende der Förderung andere und häufig höherwertige Lebensräume auch für den Schutz seltener Tier- und Pflanzenarten entstehen (vgl. z. B. Tränkle/Röhl 2001).

Abb. 5: Flächennutzung in Deutschland 2016

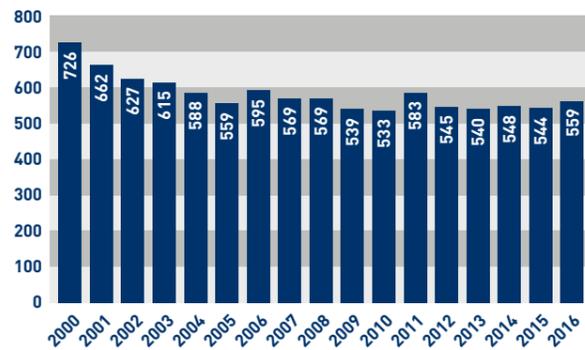


* u. a. Gehölz, vegetationslose Flächen

** Summe aus Bergbaubetrieb, Tagebau, Grube, Steinbruch

Quelle: StaBuA 2019d

⁶ Bei der Interpretation der Daten in Abbildung 5 ist zu berücksichtigen, dass Siedlungs- und Verkehrsflächen nicht mit versiegelten Flächen gleichzusetzen sind. So zählen auch Grünanlagen, Sportflächen, Hausgärten und andere unversiegelte Flächen zu dieser Kategorie. Für die künftige Flächennutzung ist davon auszugehen, dass die Siedlungs- und Verkehrsflächen auch bei einer Ausweitung der Bautätigkeit nicht wesentlich zunehmen werden, da einerseits Siedlungsflächen stärker verdichtet und andererseits Verkehrsflächen eher erneuert bzw. ausgebaut statt neugebaut werden dürften.

Abb. 6: Gewinnung nichtenergetischer mineralischer Primärrohstoffe* in Deutschland 2000 bis 2016 (in Mio. t)

Anmerkung:

* ohne Gips- und Anhydritstein

Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Die Gesamtförderung an nichtenergetischen mineralischen Primärrohstoffen lag 2016 bundesweit bei rund 560 Mio. t (Angabe ohne Naturgips- und Anhydritstein).⁷ Abbildung 6 zeigt die Förderentwicklung im Zeitraum 2000 bis 2016. Danach sank die Gesamtproduktion nichtenergetischer mineralischer Primärrohstoffe in diesem Zeitraum von 726 Mio. t pro Jahr auf ein mittleres Niveau von knapp 560 Mio. t pro Jahr, welches mit wirtschaftszyklisch bedingten Schwankungen seit ca. 2005 gehalten wird. Der Pro-Kopf-Verbrauch lag 2016 bundesweit bei rund 6,8 t pro Jahr und Einwohner (Vergleich 1995: 9,3 t pro Jahr und Einwohner).

85% (2016) der bundesweit geförderten Mengen nichtenergetischer mineralischer Rohstoffe entfallen auf Sand und Kies (inkl. Speziessand) sowie Natursteine (einschließlich Naturwerkstein) für die Produktion von Baustoffen.

Die in diesem Gutachten genannten Daten beruhen größtenteils auf der Auswertung von Verbandserhebungen und können von den amtlichen Statistiken abweichen. Dies liegt an der Praxis des Statistischen Bundesamtes, in der Produktionsstatistik alle Unternehmen unterhalb der Abschneidegrenze (<20 Beschäftigte, bei einigen rohstoffgewinnenden Wirtschaftszweigen <10 Beschäftigte) unberücksichtigt zu lassen. Gerade in der Rohstoffindustrie

gibt es aber eine Vielzahl von Unternehmen, die unter diese Grenze fallen, jedoch durch ihren hohen Automatisierungsgrad mit erheblichen Mengen zur Rohstoffversorgung beitragen.⁸ Insofern bilden die gewählten Verbandsauswertungen die Realität besser ab.

3.2 Determinanten der langfristigen Rohstoffnachfrage

3.2.1 Methodisches Vorgehen und Modellierung von Anpassungsfaktoren zur Umrechnung von Wertpfaden in Mengenpfade

Als Basis für die Abschätzung wurden von den entsprechenden Fachverbänden des bbs die Mengen der geförderten Rohstoffe 2016 und deren Verteilung auf die einzelnen Abnehmerzweige ermittelt und von den Gutachtern ausgewertet (vgl. ab Kapitel 3.2.2 und 4.3).

Ausgehend von den vom DIW Berlin erarbeiteten Szenarien zur Wirtschaftsentwicklung lässt sich die Nachfrage nach den einzelnen Rohstoffen auf Basis der Verteilung im Jahr 2016 ermitteln. Es werden dazu die folgenden Marktsegmente betrachtet:

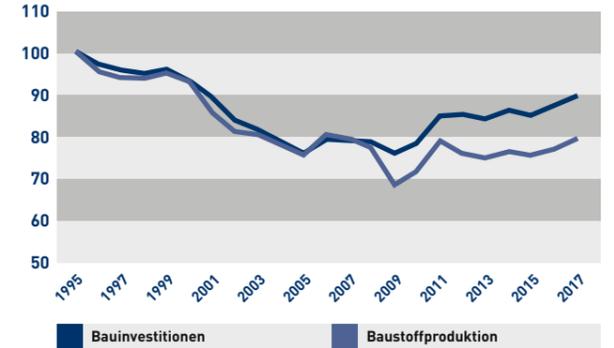
- Wohnungsneubau,
- Sonstiger Hochbau (neu),
- Bestandsbau,
- Tiefbau,
- Mineralische Bau- und Rohstoffe,
- Eisen- und Stahlindustrie,
- Chemische Industrie (inkl. Farben und Lacke),
- Landwirtschaft,
- Glasherstellung,
- Export,
- Sonstige Abnehmer, insbesondere aus der Industrie.

Für die Abschätzung der künftigen Nachfrage werden die erwarteten Veränderungen zum jeweiligen Betrachtungszeitpunkt in Prozentsätzen angegeben. Die Ausgangsgröße

ist dabei die Nachfrage im Jahr 2016 (=100%). Um von den betrachteten Marktsegmenten einen Rückschluss auf die benötigten Rohstoffe ziehen zu können, ist es notwendig, die Verteilung auf die vorgelagerten Verwendungsbereiche zu bestimmen und die angegebenen Werte auf die tatsächliche Nachfrage umzurechnen. Zu diesem Zweck wurden für alle relevanten Rohstoffe Massenflussdiagramme erstellt, welche anschließend zu einer Berechnungsmatrix zusammengefasst wurden. Mit dieser Matrix steht ein Instrument zur Verfügung, um den zukünftigen Rohstoffbedarf bei sich ändernden konjunkturellen Rahmenbedingungen zu ermitteln.

Dabei wird die künftige Produktion – wie in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung üblich – auf der Basis monetärer Größen dargestellt. Eine direkte Übertragung der Veränderungen auf die dafür notwendige mengenmäßige Rohstoffgewinnung in Tonnen ist allerdings nicht realistisch, da das monetäre Produktionswachstum nicht allein auf Mengensteigerungen, sondern z. B. auch auf Produktinnovationen und dem Absatz höherwertiger Produkte beruht. Mit solchen Entwicklungsprozessen gehen üblicherweise Wertsteigerungen einher, die in die monetäre Betrachtung einfließen, ohne einen Mehrverbrauch an Rohstoffen zu generieren.

Als Beispiele lassen sich etwa für die Stahlindustrie die Entwicklung hochpreisiger Spezialstähle und im Baubereich die Fertigung besonders schlanker Konstruktionen mit hochfestem Beton anführen. Auch in der chemischen Industrie ist die Konzentration auf hochwertige Spezialprodukte zu beobachten. Ein weiterer Aspekt betrifft den allgemeinen Strukturwandel im Baubereich, der sich etwa in geringeren Neubau- und steigenden Erhaltungsinvestitionen im Tiefbau sowie einem steigenden Anteil der technischen Gebäudeausrüstung im Hochbau widerspiegelt; entsprechend nimmt die Rohstoffintensität des Bauens ab. Der vergangenheitsbezogene Vergleich der Wachstumsraten von Baurohstoffproduktion und Bauinvestitionen ergibt eine jahresdurchschnittliche Abweichung in der Größenordnung von rund 1 Prozentpunkt. Abb. 7 verdeutlicht die seit 2007 abnehmende Materialintensität im Baubereich. Dieser Trend dürfte sich in bisheriger Größenordnung auch künftig fortsetzen.

Abb. 7: Reale Bauinvestitionen und Baustoffproduktion (jeweils 1995=100)

Quelle: StaBuA (2019h und 2019i)

Um den beschriebenen Strukturwandel in der Bauwirtschaft und den relevanten Wirtschaftssektoren (chemische Industrie, Eisen- und Stahlindustrie, Glasindustrie, Landwirtschaft, Sonstige) abzubilden, wurden bei der Abschätzung der zukünftigen Steine-Erden-Nachfrage Anpassungsfaktoren festgelegt. Diese zeigen an, wie sich der reale Produktionswert bei gleichbleibender Produktionsmenge (Tonnage) entwickeln würde und liegen bei jeweils -1 Prozentpunkt jährlich. Die Faktoren sind mit dem in Kapitel 2.2 geschätzten monetären jährlichen Produktionswachstum zu verrechnen, um auf die resultierende mengenmäßige Nachfrageentwicklung nach Steine-Erden-Rohstoffen schließen zu können.

Neben diesen Korrekturen wurde berücksichtigt, dass sich im Zuge der Energiewende die Nachfrage nach Primärrohstoffen (Kalkstein zur Rauchgasentschwefelung) sowie das Aufkommen von Sekundärrohstoffen (insbesondere REA-Gips und Steinkohlenflugaschen) deutlich verringern werden, wobei die Rückgänge bei Sekundärrohstoffen ggf. durch eine stärkere Förderung der entsprechenden Primärrohstoffe kompensiert werden müssen (vgl. hierzu Kapitel 4).

Die im Folgenden dargestellten Nachfrageszenarien unterscheiden sich für das Jahr 2020 in der oberen und unteren Variante nicht, da für dieses Jahr in beiden Szenarien dieselben gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten aus der Kurzfristprognose des DIW übernommen wurden (vgl. Kapitel 2).

⁷ In die Berechnung zur Gewinnung von Primärrohstoffen ab 2020 (Kapitel 5) wurde Naturgips- und Anhydritstein einbezogen.⁸ So liegt die durchschnittliche Beschäftigtenzahl in der Kies-/Sand-Industrie bei 7 und in der Naturstein-Industrie bei 11 (Quelle: BV MIRO).

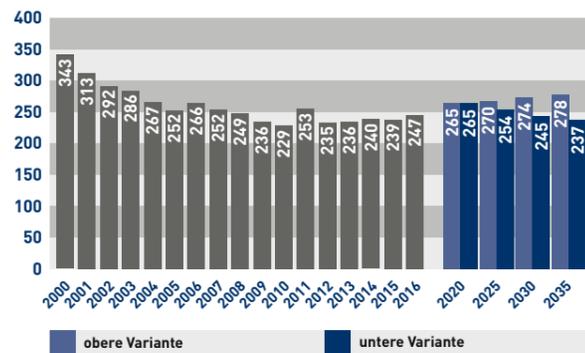
3.2.2 Entwicklung der Nachfrage nach Primärrohstoffen

3.2.2.1 Sand und Kies

Die Produktion von Sand und Kies ist in Deutschland im Zeitraum von 2000 bis 2016 von 343 Mio. t pro Jahr auf 247 Mio. t pro Jahr gesunken (rund -28,0%). Die durchschnittliche Produktionsmenge von Kies und Sand in dieser Zeitspanne betrug gut 260 Mio. t pro Jahr.

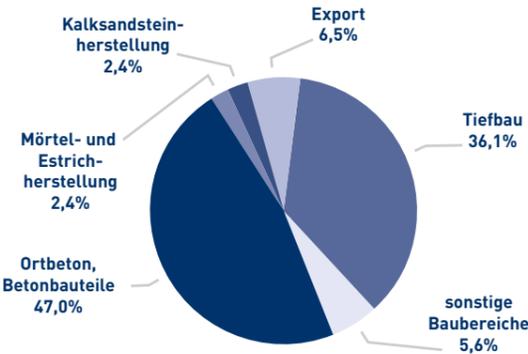
Bausande und -kiese werden gemäß der in Abb. 9 aufgeführten Einsatzbereiche benötigt. Die bedeutendsten Mengen werden zur Herstellung von Drainage-, Frostschutz- und Tragschichten im Tiefbau sowie als Gesteinskörnung zur Erzeugung von Beton, Mörtel, Kalksandstein und Estrichen oder Asphalt verwendet.

Abb. 8: Produktionsmenge von Sand und Kies (in Mio. t)



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Abb. 9: Verwendung von Sand und Kies 2016



Quelle: Verbandsangaben, BGR (2018), StaBuA 2019e, Berechnungen SST

Obere Variante:

Insbesondere vor dem Hintergrund der positiven Entwicklung im Tiefbau erreicht die Nachfrage bis 2035 in der oberen Variante wieder ein Niveau, das über dem langjährigen Durchschnitt (2000 bis 2016) von gut 260 Mio. t liegt. Das seit 2016 zu beobachtende Wachstum im Tiefbau dürfte sich weiter fortsetzen. Die steigenden Steuereinnahmen in diesem Szenario bewirken dabei einen weiteren Zuwachs in den öffentlichen Bauausgaben. Entsprechend dieser Entwicklung steigt die Nachfrage nach Kies und Sand von 247 Mio. t im Jahr 2016 auf rund 278 Mio. t im Jahr 2035. Dies entspricht einem Anstieg um insgesamt rund 12,6%.

Untere Variante:

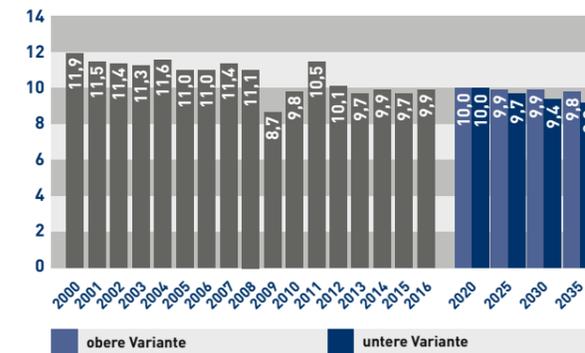
In der unteren Variante sinkt die Nachfrage nach Sand und Kies in etwa auf das Niveau der Jahre 2009/10, in denen die wirtschaftliche Lage krisenbedingt relativ schlecht war. Die Entwicklung der Nachfrage in diesem Szenario verläuft dabei – bedingt durch die Prognose für 2020 – zunächst positiv und steigt bis zu diesem Jahr auf 265 Mio. t an, fällt anschließend aber bis 2035 auf 237 Mio. t (Veränderung 2035/2016: -4,0%). Die Nachfrage folgt damit der verhaltenen Baukonjunktur des Szenarios. Vor allem die relativ schwache Entwicklung im Tiefbau dürfte sich negativ auf die Nachfrage niederschlagen. Ausbau- und Sanierungsmaßnahmen werden angesichts geringer Spielräume im Staatshaushalt nur langsam umgesetzt; die Zuwächse bleiben deutlich hinter den Bedarfen zurück.

3.2.2.2 Spezialkies/-sand

Im Zeitraum von 2000 bis 2016 ist die Spezialkies- und -sandproduktion bundesweit von 11,9 auf 9,9 Mio. t pro Jahr gesunken (-16,8%). Konjunkturelle Schwankungen sind im Vergleich zu anderen Sektoren der Branche weniger ausgeprägt (Abb. 10). Der deutliche Einbruch der Produktion im Jahr 2009 beruht auf der Wirtschaftskrise, von der u.a. die Gießerei-Industrie als wichtiger Abnehmer betroffen war.

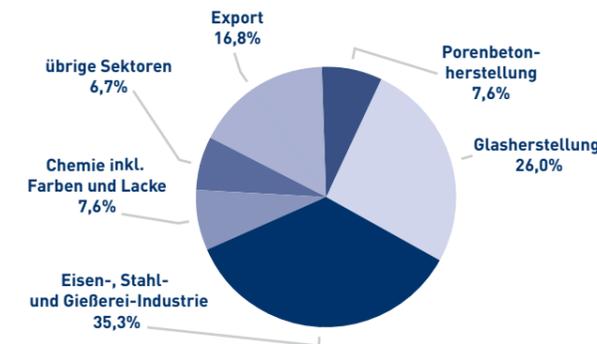
Spezialsande werden vor allem als Glassand, Gießereisand, als Füllstoffe in chemischen und bauchemischen Produkten und in der Porenbetonherstellung eingesetzt. Die Spezialkiese werden für Filter- und Zierkiese sowie als Siliziumträger in der Elektroindustrie genutzt (Abb. 11).

Abb. 10: Produktionsmenge von Spezialkies/-sand (in Mio. t)



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Abb. 11: Verwendung von Spezialkies/-sand 2016



* inkl. Keramikindustrie

Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST, BGR (2018), StaBuA 2019e

Obere Variante:

Im Vergleich zum Basisjahr 2016 bleibt die Nachfrage nach Spezialkies/-sand in der oberen Variante insgesamt stabil (Abb. 10). Die Werte gehen von 9,9 Mio. t im Jahr 2016 um 0,1 Mio. t oder -1% bis 2035 zurück. Grund hierfür ist die nachlassende Wachstumsdynamik in der Gießerei-Industrie sowie eine verhaltene Entwicklung in der Glasindustrie.

Untere Variante:

Im unteren Szenario nimmt die Nachfrage nach Spezialkies/-sand ausgehend vom Basisjahr 2016 um -7,1% ab (2035: 9,2 Mio. t). Neben der insgesamt nachlassenden Wachstumsdynamik in den Abnehmerbranchen, die sich bereits im oberen Szenario dämpfend auf die Nachfrage auswirkt, fehlen aufgrund der gesamtwirtschaftlich rückläufigen Entwicklung auch Impulse aus der chemischen Industrie, die in der oberen Variante noch eine entsprechende Nachfrage generiert haben.

3.2.2.3 Naturstein*

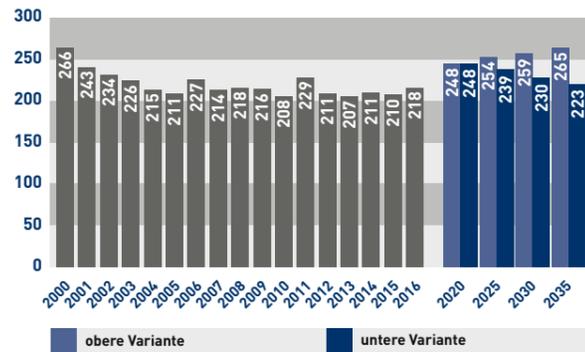
Unter die Rohstoffgruppe Naturstein fallen alle gewonnenen Festgesteine wie beispielsweise Granit, Grauwacke, Sandstein, Basalt, Diabas oder Kalkstein und Dolomit. Den beiden letztgenannten Rohstoffen kommt hierbei insofern eine Sonderstellung zu, als die weitere Rohstoffveredelung und die sich damit ausweitenden Anwendungsmöglichkeiten weiter unten gesondert betrachtet werden. Daher werden zur Rubrik Naturstein lediglich die Kalkstein- und Dolomitmengen gezählt, die ungebrannt in den Tiefbau abgegeben werden.

Das Produktionsniveau von Naturstein lag im Zeitraum von 2000 bis 2016 bei einer durchschnittlichen Größenordnung von gut 220 Mio. t pro Jahr (Abb. 12). Die jährliche Produktionshöhe unterliegt erheblichen konjunkturellen Schwankungen, so dass Werte von 207 bis 266 Mio. t zu verzeichnen sind.

Die Natursteine werden überwiegend als gebrochene bzw. gemahlene Produkte eingesetzt. Typische Einsatzgebiete für Natursteine sind die Herstellung von Trag- und Deckschichten, Gleisschotter, Wasserbausteinen, Asphalt, Beton und Mörtel (Abb. 13).

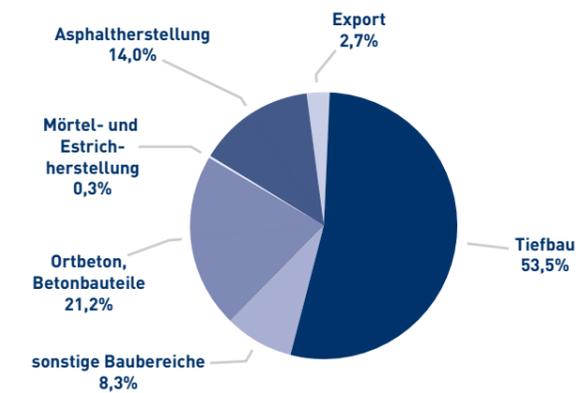
* Inklusive Kalkstein, der im Tiefbau verwendet wird.

Abb. 12: Produktionsmenge von Naturstein (in Mio. t)



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Abb. 13: Verwendung von Naturstein 2016



Quelle: Verbandsangaben, BGR (2018), StaBuA 2019e, Berechnungen SST

Obere Variante:

Im oberen Szenario beschleunigt sich – ausgehend von einer positiven gesamtwirtschaftlichen Entwicklung – u.a. das Verkehrswachstum. Durch steigende Steuereinnahmen verbessert sich die Kassenlage der öffentlichen Haushalte. Bund, Länder und Kommunen investieren verstärkt in den Erhalt und den Ausbau der Infrastruktur. Infolge dessen erhöht sich die Nachfrage nach Natursteinen merklich (Abb. 12). Sie steigt bis zum Jahr 2035 schrittweise auf 265 Mio. t an und erreicht damit Werte, die über dem Niveau der Vorjahre liegen. Die Steigerung im Vergleich der Jahre 2035/2016 beträgt 21,6%.

Untere Variante:

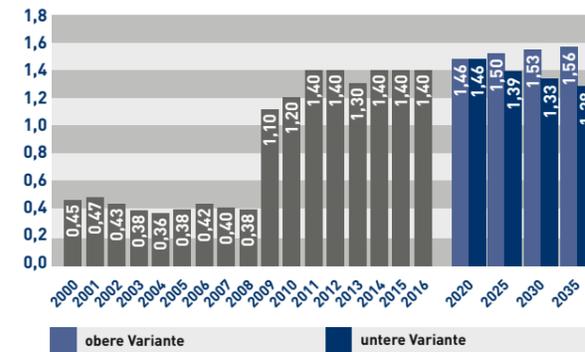
Bei einer verhaltenen Wirtschaftsentwicklung fließen nur begrenzt öffentliche und private Mittel in den Erhalt und Ausbau der Infrastruktur. In diesem Szenario sinkt die Nachfrage nach Naturstein ab 2020 schrittweise auf 223 Mio. t. Die 2035 gewonnene Menge Naturstein liegt auch im unteren Szenario über der Menge von 2016 (+2,3%).

3.2.2.4 Naturwerkstein

Naturwerkstein findet sich als Baustoff nahezu fertig in der Natur und umfasst die verschiedensten Gesteinsarten. In der Regel werden Platten oder Blöcke unterschiedlichen Formats für die vorgesehene Endverwendung aus den im Steinbruch gewonnenen Blöcken gesägt. Abbildung 14 zeigt die Entwicklung der Produktionsmenge von Naturwerksteinen von 2000 bis 2016. Nach einem Bruch in der Statistik¹⁰ werden für die Jahre ab 2009 bis 2016 Förderolumina in Höhe von 1,1 bis 1,4 Mio. t ausgewiesen (jährlicher Durchschnitt 1,33 Mio. t).

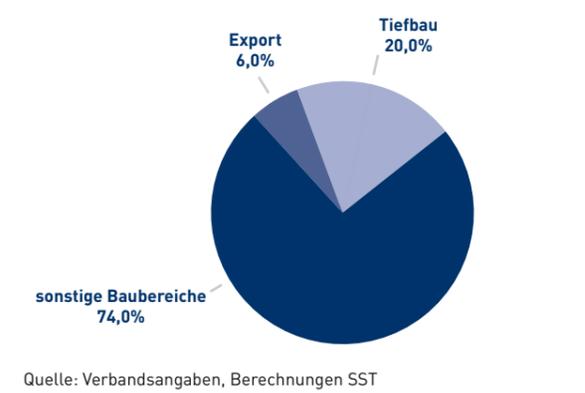
Die gewonnenen Naturwerksteinplatten werden als Fassadenbekleidung, Boden-, Treppen- oder Wandbelag eingesetzt. Darüber hinaus finden sie als Küchenarbeitsplatten oder Grabmäler Verwendung. Die bei der Rohstoffgewinnung und der Bearbeitung anfallenden Gesteinsmengen, die nicht als Naturwerkstein verwendet werden können, werden für den Garten- und Landschaftsbau, für Mauerwerk, zum Belegen von Terrassen, für den Wasserbau sowie zur Herstellung von Schotter genutzt.

Abb. 14: Produktionsmenge von Naturwerkstein (in Mio. t)



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Abb. 15: Verwendung von Naturwerkstein 2016



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Für die Berechnung des zukünftigen Absatzes werden die Werte ab 2009 mit dem Basisjahr 2016 herangezogen.

Obere Variante:

Die Nachfrage nach Naturwerkstein wird neben der Baukonjunktur unter anderem von Ausbautrends im Wohnbereich bestimmt. Allerdings ist hier die für die heimische Rohstoffindustrie starke Importkonkurrenz zu berücksichtigen. In der oberen Variante erhöht sich die nachgefragte Menge schrittweise von 1,4 Mio. t im Jahr 2016 auf 1,56 Mio. t im Jahr 2035. Im Vergleich der Jahre 2035/2016 stellt dies eine Steigerung von 11,4% dar.

Untere Variante:

Ausgehend von der allgemein schlechteren Baukonjunktur sinkt der Absatz von Naturwerkstein im unteren Szenario bis 2035 etwa auf das Niveau des Jahres 2010, d. h. es werden rund 1,28 Mio. t nachgefragt (Veränderung 2035/2016: -8,6%).

3.2.2.5 Kalk- und Dolomitstein

Die Kalksteinproduktion untergliedert sich in:

- Kalk- und Dolomitstein für ungebrannte Produkte (Baustoffe und industrielle Anwendungen),
- Kalk- und Dolomitstein für die Branntkalk- und Dolomittkalkherstellung,
- Kalkstein für die Zementherstellung.

3.2.2.5.1 Kalk- und Dolomitstein für ungebrannte Produkte (Baustoffe und industrielle Anwendungen)¹¹

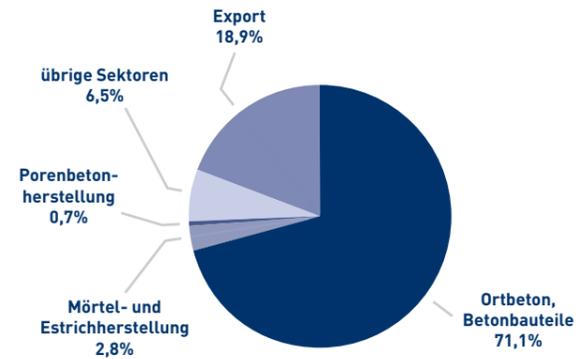
Kalk- und Dolomitstein, der in ungebrannten Produkten Anwendung findet, wird nach der Gewinnung mechanisch aufbereitet. In Abhängigkeit von der Verwendung wird der Kalk- und Dolomitstein gebrochen, gesiebt und zum Teil getrocknet und gemahlen. Zu den Erzeugnissen zählen z. B. Schotter, Edelsplitt, Brechsande und Steinmehl. Kalk- und Dolomitstein hat eine sehr große Anwendungsvielfalt (Abb. 17). Zu den Abnehmern gehört insbesondere die Eisen- und Stahlindustrie; darüber hinaus wird der Rohstoff u.a. im Umweltschutz, als Düngemittel oder in der Baustoffherstellung eingesetzt. Der im Umweltschutz zur Anwendung kommende Kalkstein – dies gilt auch für Branntkalk – wird größtenteils zur Entschwefelung der bei der Verstromung von Braun- und Steinkohle entstehenden Rauchgase eingesetzt¹².

¹⁰ Die Zahlenreihe in Abbildung 14 basiert auf Daten des Statistischen Bundesamtes. Die 2008 erfolgte Änderung in den zugeordneten Gütergruppen hatte zur Folge, dass ein Massenproduzent zusätzlich in die Statistik aufgenommen wurde.

¹¹ Der direkt im Tiefbau eingesetzte Kalkstein wird nicht an dieser Stelle, sondern unter der Rubrik Naturstein (Kapitel 3.2.2.3) berücksichtigt.

¹² Die Verwendung von Kalkstein und Branntkalk in der Rauchgasentschwefelung wird durch den künftigen Rückgang der Kohleverstromung stark beeinflusst. In Anlehnung an die Empfehlungen der WSB-Kommission dürfte sich der Kalkstein- bzw. Kalkeinsatz in der Rauchgasentschwefelung bis 2035 um mehr als 80% verringern. Dieser Effekt wurde bei den Berechnungen berücksichtigt. Nähere Erläuterungen zum Zusammenhang der künftigen Kohleverstromung mit der Nachfrage nach Primärrohstoffen bzw. dem Angebot von Sekundärstoffen enthält der auf Seite 37 dargestellte Exkurs.

Abb. 21: Verwendung von Zement* 2016



Anmerkung:
* Zahlen bezogen auf Zementverbrauch (Inlandsversand zzgl. Importe)
Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Obere Variante:

In der oberen Variante nimmt die Produktionsmenge von Kalkstein für die Zementherstellung zu. Sie steigt bis zum Jahr 2035 auf 41,3 Mio. t (Veränderung 2035/2016: 11,0%). Der verhältnismäßig starke Zuwachs erklärt sich durch die hohe Dynamik in der Baukonjunktur.

Untere Variante:

In diesem Szenario steigt die benötigte Menge an Kalkstein bis 2020 – wie auch in der oberen Variante – zunächst auf 39,5 Mio. t und sinkt anschließend bis 2035 unter das Niveau des Basisjahres 2016 (Veränderung 2035/2016: -3,2%).

3.2.2.6 Ton und Kaolin

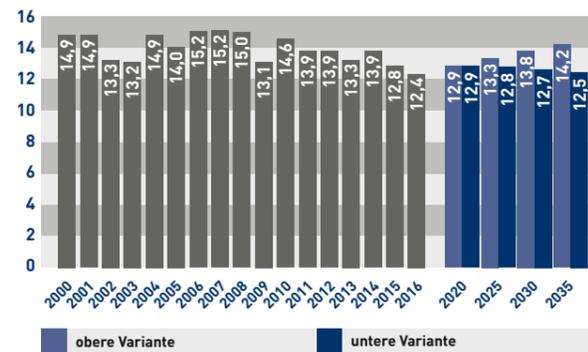
Ton und Kaolin ist zu unterscheiden in:

- Spezialtone und Kaoline für keramische und Feuerfesterzeugnisse sowie andere Anwendungen u.a. in der Papier-, Nahrungsmittel- und Chemieindustrie sowie im Umweltschutz,
- Tone für die Ziegelherstellung (Dachziegel, Mauerziegel, Pflasterziegel).

3.2.2.6.1 Spezialton und Kaolin

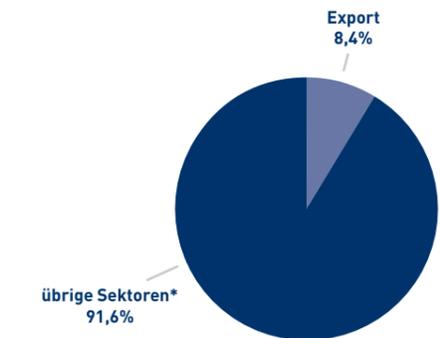
Die Produktionsmenge von Spezialton und Kaolin ist – im Vergleich zum Ziegelton – weniger stark von der Baukonjunktur abhängig, wodurch sich ein relativ gleichmäßiger Verlauf über den betrachteten Zeitraum ergibt (Abb. 22). Insgesamt wurden seit 2000 durchschnittlich rund 14,0 Mio. t jährlich gewonnen.

Abb. 22: Produktionsmenge von Spezialton und Kaolin (in Mio. t)



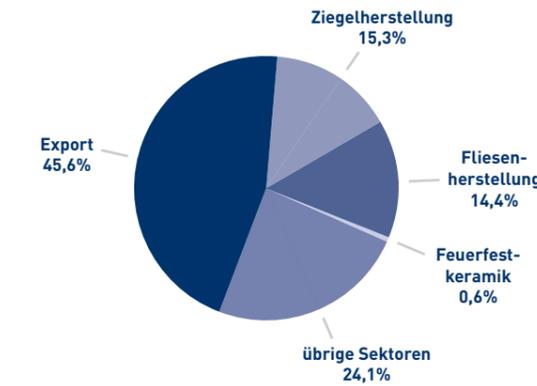
Quelle: BMWi 2017, Berechnungen SST

Abb. 23: Verwendung von Kaolin 2016



Anmerkung:
* übrige Sektoren u.a.: Keramikindustrie, Papierindustrie, Glasfaserindustrie
Quelle: StaBuA (2019g), BGR (2017b), Berechnungen SST

Abb. 24: Verwendung von Spezialton 2016



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Obere Variante:

Unter der Annahme, dass der Exportanteil gleich bleibt, führt die insgesamt positive Konjunkturerwicklung in der oberen Variante zu einer Nachfragesteigerung. Dabei wird das durchschnittliche Niveau der Jahre 2000 bis 2016 überschritten. Den Berechnungen zufolge liegt die nachgefragte Menge im Jahr 2035 bei 14,2 Mio. t. Im Vergleich zum Jahr 2016 stellt dies eine Steigerung um 14,5% dar.

Untere Variante:

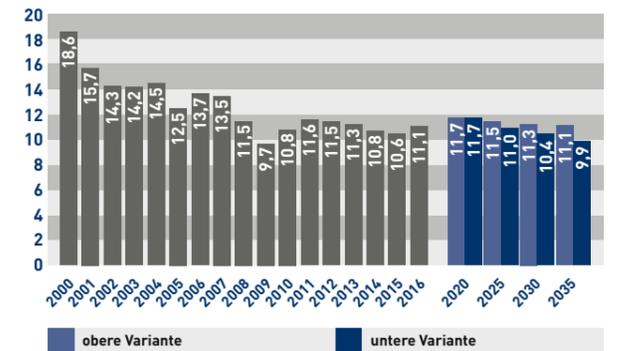
In der unteren Variante steigt die Nachfrage nach Spezialton und Kaolin bis zum Jahr 2020 zunächst auf 12,9 Mio. t an und sinkt anschließend auf 12,5 Mio. t im Jahr 2035. Im Vergleich zum Basisjahr 2016 stagniert der Wert (+0,8%). Im Hinblick auf die Kaolinnachfrage ist zu berücksichtigen, dass für die Papierindustrie als Hauptabnehmer hier keine branchenspezifische Betrachtung erfolgt.

3.2.2.6.2 Ziegelton

Im Zeitraum von 2000 bis 2016 ist die produzierte Ziegeltonmenge – insbesondere bedingt durch den bis ca. 2010 deutlich rückläufigen Wohnungsneubau – von 18,6 Mio. t auf 11,1 Mio. t gefallen (-40,3%). Die Ziegelproduktion ist überwiegend an den Hochbau gekoppelt und damit stark

abhängig von baukonjunkturellen Schwankungen (Abb. 25). Die Ziegeltonmengen wurden über die vom Statistischen Bundesamt ausgewiesene Ziegelproduktion ermittelt. Zur Produktion von Ziegeln wird neben Ziegelton auch Spezialton (Anteil: knapp ein Fünftel) eingesetzt.

Abb. 25: Produktionsmenge von Ziegelton (in Mio. t)



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Obere Variante:

In der oberen Variante steigt die zur Produktion von Ziegeln eingesetzte Menge Ton zunächst auf 11,7 Mio. t an und sinkt bis 2035 wieder auf 11,1 Mio. t ab (2035/2016: ±0%). Die Produktionsmenge folgt damit der Konjunktur im Hochbau. Diese bewegt sich bis 2020 auf ihren Höhepunkt zu und wird sich anschließend abkühlen.

Untere Variante:

In der unteren Variante sinkt die Ziegeltonproduktion ab 2020 konjunkturell bedingt deutlich stärker. 2035 wird eine Produktionsmenge von 9,9 Mio. t erreicht (Rückgang gegenüber 2016: -10,8%).

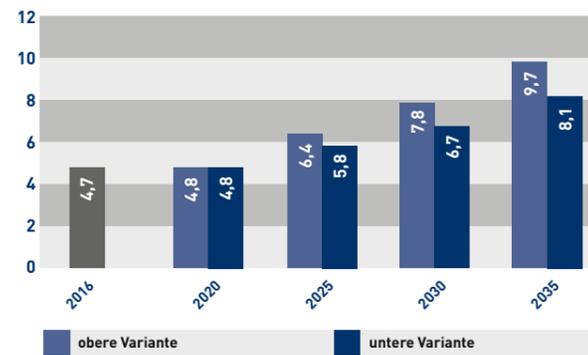
3.2.2.7 Gips- und Anhydritstein

Die Ermittlung der im Jahr 2016 in Deutschland geförderten Gips- und Anhydritmenge basiert auf einer Mitgliederbefragung des Bundesverbandes der Gipsindustrie. Demzufolge wurden rund 4,7 Mio. t Gips- und Anhydritstein gewonnen.

Neben den aus der Gewinnung von Gips- und Anhydritstein hergestellten Produkten kommt in dieser Branche der Verwendung von REA-Gips, auf den 55% des Inputs der deutschen Gipsproduktion entfallen, eine hohe Bedeutung zu (vgl. Kapitel 4.4.3). REA-Gips entsteht bei der Entschwefelung von Rauchgasen in Großfeuerungsanlagen, vorwiegend bei der Verstromung von Braun- und Steinkohle.

Gips und Anhydrit werden zu einer Vielzahl von Produkten verarbeitet. Beispielhaft seien hier Gipskartonplatten, Gipsputze, Spachtelmassen, Mörtel sowie Anhydritestrich genannt. Damit wird Gipsstein nach der Verarbeitung fast vollständig im Baugewerbe verwendet (Abb. 27).

Abb. 26: Produktionsmenge von Gips- und Anhydritstein (in Mio. t)



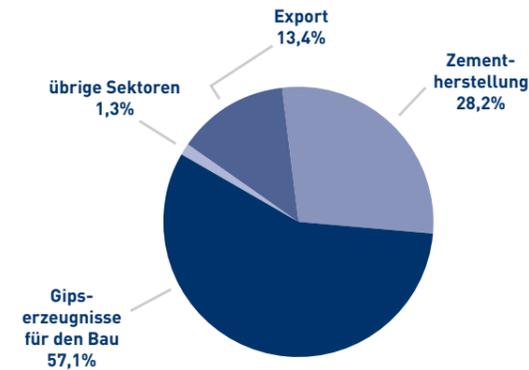
Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Künftig wird sich die Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken deutlich reduzieren. Die von der Bundesregierung 2018 eingesetzte WSB-Kommission empfiehlt einen vollständigen Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2038 unter Beachtung mehrerer Zwischenziele (vgl. Exkurs, Seite 37). Damit wird auch die Produktion von REA-Gips in Deutschland auslaufen. Das wegfallende Angebot an REA-Gips wird ohne eine verstärkte Förderung aus heimischen Naturgipslagerstätten nicht zu kompensieren sein.¹³

¹³ Unter Beachtung ökonomischer Randbedingungen ist der Import von Rohgips frachtintensiv und damit teuer, und sowohl REA-Gipsdepots wie auch RC-Gipse stehen nur eingeschränkt und in geringen Mengen als Alternativen zur Verfügung. In den Berechnungen wird unterstellt, dass Länder, die bislang REA-Gips aus Deutschland importiert haben, als Substitut Naturgips aus anderen Auslandsmärkten (insbesondere Spanien aufgrund der dortigen hohen Gipsvorkommen) einführen, so dass hiermit keine Effekte in Form zusätzlicher ausländischer Nachfrage auf die Naturgipsförderung in Deutschland verbunden sind.

¹⁴ Dieser Zahl liegt die Annahme zugrunde, dass zuvor alle REA-Gips-Exporte ins Ausland eingestellt wurden.

Abb. 27: Verwendung von Gips- und Anhydritstein 2016



Quelle: Verbandsangaben, StaBuA, Berechnungen SST

Obere Variante:

Im oberen Szenario erhöht sich die Nachfrage nach Gips- und Anhydritstein stark. Ausschlaggebend hierfür ist zum einen die positive Wirtschaftsentwicklung, die mit relativ hohen Zuwächsen insbesondere im Bestandsbau einhergeht. Zum anderen vermindert sich die REA-Gips-Erzeugung durch die zurückgehende Kohleverstromung und muss durch eine erhöhte Gewinnung von Naturgips und Anhydrit kompensiert werden. Insgesamt werden 2035 9,7 Mio. t Gips- und Anhydritstein nachgefragt. Dies entspricht einem Anstieg in Höhe von mehr als 100% gegenüber dem Basisjahr 2016. Deshalb müssen rund 4,5 Mio. t Naturgips und Anhydrit zusätzlich als Ersatz für das verringerte REA-Gips-Aufkommen gefördert werden.¹⁴

Untere Variante:

Im unteren Szenario ergibt sich ebenfalls eine steigende Nachfrage nach Naturgips- und Anhydritstein. Der Zuwachs beträgt im Vergleich der Jahre 2035/2016 über 70%. Grund ist auch hier das deutlich verringerte Aufkommen an REA-Gips, welches durch Naturgips und Anhydrit aus heimischen Rohstoffquellen substituiert wird (3,6 Mio. t in 2035). Darüber hinaus besteht auch in der unteren Variante Bedarf etwa an Sanierungsmaßnahmen im Bestand. Allerdings wird dieser aufgrund der geringeren Wirtschafts- und Einkommensentwicklung nur teilweise marktwirksam.

4. AUFKOMMEN UND VERWENDUNG MINERALISCHER SEKUNDÄRROHSTOFFE VON 2000 BIS 2016 SOWIE ABLEITUNG DES AUFKOMMENS BIS 2035¹⁵

4.1 Bestimmungsfaktoren des Sekundärrohstoffaufkommens und Auswirkungen auf die Nachfrage nach Primärrohstoffen

Unter Sekundärrohstoffen sind Nebenprodukte aus industriellen Prozessen und mineralische Bauabfälle, die direkt verwertet oder zu Recyclingbaustoffen (RC-Baustoffen) aufbereitet werden, zu verstehen. Das Aufkommen an Sekundärrohstoffen ist nicht unmittelbar steuerbar, da es direkt an die Entstehungsprozesse gekoppelt ist. Diese Prozesse sind eigenständig – die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen kann solche Entstehungsprozesse nicht beeinflussen, insbesondere nicht das Angebot vergrößern. Damit lassen sich Nachfrageschwankungen nicht beliebig auffangen: Als Regulativ für Nachfragesteigerungen, die über das Angebot hinausgehen, kann letztlich nur der Einsatz von primären Rohstoffen dienen.¹⁶

Das Aufkommen an Sekundärrohstoffen ist vor allem abhängig von der Entwicklung der zugrundeliegenden Prozesse. So wird das Aufkommen von RC-Baustoffen primär durch die Abbruchtätigkeit determiniert. Darüber hinaus sind die rechtlichen Rahmenbedingungen von hoher Bedeutung. So bestimmen z.B. die zu erwartenden Grenzwerte für Sulfat, Vanadium und PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) für RC-Baustoffe in der im Entwurf vorliegenden Ersatzbaustoff-Verordnung, inwieweit die Verwertung von RC-Baustoffen zulässig ist. Verschärfungen könnten hier zu einem starken Rückgang der Verwertung führen.

Ein weiterer Bestimmungsfaktor für das Aufkommen an Sekundärrohstoffen ist die künftige Industriestruktur. Zum Beispiel ist die Eisen- und Stahlindustrie als Lieferant von

Nebenprodukten wie Hüttensand, der u.a. in der Zementindustrie Primärrohstoffe bereits heute in erheblichem Maße ersetzt, von besonderer Bedeutung. Eine wichtige Rolle spielt auch die Energiewende, durch die sich der Stromerzeugungsmix deutlich ändern wird. Für dieses Gutachten ist der absehbare Ausstieg aus der Kohleverstromung aufgrund des damit verbundenen rückläufigen Aufkommens an Kraftwerksnebenprodukten (REA-Gips und Steinkohlenflugaschen) sowie (indirekt) aufgrund der sich verändernden Nachfrage nach entsprechenden Primärrohstoffen (z.B. Kalkstein für die Luftreinhaltung oder Naturgips als Substitut für REA-Gips) von erheblicher Bedeutung. Unter der Voraussetzung, dass sich die eingesetzten Brennstoffe in ihrer Qualität (Schwefelgehalt, Aschegehalt und Heizwert) nicht wesentlich von den im Jahr 2016 verfeuerten Kohlen unterscheiden, lässt sich eine direkt proportionale Beziehung zwischen der Bruttostromerzeugung von kohlebefeuchten Kraftwerken und dem Aufkommen der Sekundärrohstoffe herstellen.

Die künftige Entwicklung der Kohleverstromung in Deutschland wird im Folgenden abgeleitet aus dem im Abschlussbericht der WSB-Kommission skizzierten Ausstiegspfad. Der Bericht gibt Empfehlungen zur vorzuhaltenden installierten Leistung der Braun- und Steinkohlekraftwerke in den Jahren 2022, 2030 und 2038. Ausgehend von der installierten Leistung und der Bruttostromerzeugung im Jahr 2017 wird in dieser Studie die voraussichtliche Stromerzeugung aus Kohle bis zum Jahr 2035 näherungsweise abgeschätzt. Unschärfen ergeben sich dabei insbesondere durch die nicht prognostizierbare Auslastung der Kraftwerke, die mit der Einspeisung der erneuerbaren Energien deutlich schwanken kann. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass mit der Kernkraft bereits ab 2022 eine weitere Säule der Energieversorgung wegfallen wird.

¹⁵ Die hier betrachteten Sekundärrohstoffmengen umfassen nicht diejenigen Mengen, die aufgrund ihrer Qualität von vornherein nicht für eine Weiterverwertung zur Verfügung stehen und damit unmittelbar nach ihrem Anfall zur Deponierung ausgeschleust werden. Die Zeitreihen zu sonstigen Aschen und Steinkohlenflugaschen beginnen ab dem Jahr 2001.

¹⁶ Vereinfachend wurde angenommen, dass Angebotslücken bei RC-Baustoffen, Hausmüllverbrennungaschen und Stahlwerksschlacken durch Naturstein und Angebotslücken bei Gießereisand durch Kies und Sand kompensiert werden. Angebotslücken bei Steinkohlenflugaschen wurden vereinfachend mit einem Mehreinsatz von Kalkstein für die Zementherstellung sowie Kies und Sand für die Betonherstellung verrechnet.

EXKURS

Entwicklung der künftigen Struktur der Energieerzeugung

Die WSB-Kommission wurde 2018 von der Bundesregierung eingesetzt, um Empfehlungen für den Ausstieg aus der Kohleverstromung unter Berücksichtigung von Klimaschutz, Wirtschaftswachstum und Arbeitsplatzert halt erarbeiten zu lassen. Der im Februar 2019 vorgelegte Endbericht sieht vor, die Kohleverstromung im Jahr 2038 auslaufen zu lassen. Der dafür vorgesehene Ausstiegspfad enthält Zwischenziele für die Jahre 2022 und 2030, für die jeweils auf die installierte Leistung von Braun- und Steinkohlekraftwerken bezogene Zielwerte genannt werden.

Die Rückführung der Stromerzeugung aus Kohle hat direkte Auswirkungen auf das Angebot von Kraftwerksnebenprodukten, die in der Baustoff-, Steine- und Erdenindustrie verwendet werden. So wird die Produktionsmenge an REA-Gips und Steinkohlenflugaschen zurückgehen. Auch für die Primärrohstoffnachfrage ergeben sich Auswirkungen. So dürften die Rückgänge beim REA-Gips-Angebot zunehmend – neben einer Abnahme der Exporte – durch eine sukzessive Ausweitung der Naturgips- und Anhydritversorgung kompensiert werden. Um das rückläufige Aufkommen an Steinkohleflugaschen für die Betonherstellung auszugleichen, ist ceteris paribus ein entsprechend höherer Zementanteil im Beton erforderlich. Gleichzeitig verringert der Kohleausstieg die Nachfrage nach Kalkstein zur Rauchgasreinigung (Brennkalk sowie Kalkstein für ungebrannte Produkte).

Zur Abschätzung des künftigen Aufkommens an Kraftwerksnebenprodukten ist nicht die installierte Leistung, sondern die tatsächliche Stromerzeugung entscheidend. Diese ist jedoch von der Einspeisemenge erneuerbarer Energien abhängig und unterliegt damit erheblichen Unsicherheiten. Zur überschlägigen Ermittlung der künftig anfallenden Mengen an REA-Gips und Steinkohleflugaschen sowie zur Kalknachfrage für die Rauchgasreinigung wurde in dieser Studie die Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle des Jahres 2016 – entsprechend

dem Ausstiegspfad der WSB-Kommission – analog zu den für die Jahre 2022, 2030 und 2038 vorgegebenen Zielwerten für die installierte Leistung fortgeschrieben. Die sich voraussichtlich ergebende Erzeugung von Kohlestrom ist in Tabelle 13 dargestellt. Der von der WSB-Kommission empfohlene Zielkorridor ist nicht rechtlich bindend, sondern muss von der Politik gesetzgeberisch umgesetzt werden. Die in dieser Studie vorgenommenen Abschätzungen gehen von einer 1:1-Übernahme der Vorschläge aus.

Tabelle 13: Installierte Kraftwerksleistung (Braun- und Steinkohle) und Bruttostromerzeugung: Ist 2016, Prognose bis 2038

	Installierte Leistung (GW)		Stromerzeugung (TWh)	
	Braunkohle	Steinkohle	Braunkohle	Steinkohle
2016	21,3	27,4	149,5	112,2
2020	17,0	18,1	130,6	70,9
2022*	15,0	15,0	115,3	58,8
2025	12,8	12,4	98,0	48,5
2030*	9,0	8,0	69,2	31,4
2035	3,4	3,0	25,9	11,8
2038*	0,0	0,0	0,0	0,0

* vorgeschlagener Zielpfad der installierten Leistung laut WSB-Kommission
Quelle: Berechnungen anhand des Abschlussberichtes der WSB-Kommission, AGEB

4.2 Rückgewinnung („Recovery“)

Mit Blick auf die Verwertungspfade und Substitutionspotenziale in der Steine-Erden-Industrie ist auch die Rückgewinnung („Recovery“), d. h. das Recycling von Fertigprodukten oberhalb der ersten Fertigungsstufe, von erheblicher Bedeutung. Insbesondere bei Industriemineralen wird häufig nicht die Gesteinskörnung, sondern das daraus hergestellte Fertigprodukt dem Kreislaufprozess zugeführt.

Ein Beispiel hierfür stellt die Glasindustrie als einer der wichtigsten Abnehmer von Spezialsanden dar. Im Behälterglasmarkt werden bereits Recyclingquoten von bis zu 90% erreicht (BV Glas 2015). Im Flachglasbereich ist der Recyclinganteil bislang zwar deutlich geringer, dennoch nimmt auch hier die Recyclingquote zu. Damit werden Sande, die in der Glasindustrie Verwendung finden, nicht als solche recycelt, sondern in Gestalt der hergestellten Produkte. Diese Rückgewinnung senkt die Nachfrage nach Primärrohstoffen deutlich. Gleiches gilt für die Papierindustrie, in die u.a. Kaolin und Kalk(stein) geliefert werden: Die Recyclingquote liegt hier bei rund 83% (VDP 2015). Die Rückgewinnung von Fertigprodukten leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Substitution von Primärrohstoffen im Bereich der Industriemineralen.

Da die künftige Entwicklung der Rückgewinnung im Rahmen dieser Studie nicht prognostiziert werden kann, bleibt der mögliche Effekt einer steigenden Rückgewinnungsquote auf die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen hier rechnerisch unberücksichtigt. Dies ist bei der Interpretation der Daten zur Primärrohstoffnachfrage zu berücksichtigen.

4.3 Recyclingbaustoffe

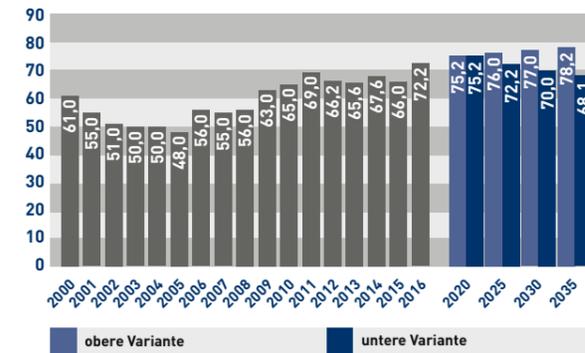
Recyclingbaustoffe sind in einem aktiven Aufbereitungsprozess (i. d. R. Brechen/Sortieren/Klassieren) aus mineralischen Bauabfällen hergestellte Baustoffe. Dies unterscheidet die Recyclingbaustoffe von einer direkten Verwertung mineralischer Abfälle für die Herstellung, Sicherung oder Gestaltung von Landschaftsbauwerken ohne tiefgreifende vorherige Aufbereitung. Die Ausgangsstoffe für das Baustoffrecycling sind die mineralischen Abfälle, die sich aus Boden und Steinen, Bauschutt, Straßenaufbruch

sowie Baustellenabfällen zusammensetzen. Die unter dem Begriff Boden und Steine zusammengefassten Materialien machen mit einer Menge von insgesamt 125,2 Mio. t im Jahr 2016 rund 58% des gesamten Aufkommens mineralischer Bauabfälle aus. Dieser Stoffstrom wird zum ganz überwiegenden Teil (77% in 2016) unaufbereitet als Verfüll- oder Auffüllmaterial im Straßen-, Landschafts- und Deponiebau bzw. zur Rekultivierung von Abbauflächen verwertet. Der in RC-Baustoffen verwertete Anteil lag 2016 bei 11,3 Mio. t (rund 9% des Stoffstroms Boden und Steine). Steigerungen, die eine signifikante Reduzierung von Primärrohstoffen ermöglichen würden, sind in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt und auch nicht anzunehmen. Häufig erhalten die Bauschuttaufbereitungsanlagen als Input Gemische von Bauschutt, Straßenaufbruch sowie Boden und Steinen. Bei der Aufbereitung dieses Inputs werden auch die im Boden enthaltenen Körnungen separiert und zu RC-Baustoffen aufbereitet. Die Produktionsmenge an Recyclingbaustoffen ist nicht frei wählbar, sondern richtet sich nach dem Umfang der Bau- und Abbruchaktivitäten.

Das „Urban Mining“, also die Nutzung des abgebrochenen Baubestands als Rohstoffquelle, wird in hohem Umfang zur Rohstoffschonung umgesetzt. 2016 sind in Deutschland 88,8 Mio. t Baurestmassen der Fraktionen Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle angefallen. Davon wurden 95,3% verwertet (Kreislaufwirtschaft Bau 2018). Die als RC-Baustoffe wiederverwendete Menge betrug inkl. aufbereiteter Gesteinskörnungen aus der Fraktion Boden und Steine 72,2 Mio. t und entsprach damit einem Anteil von 10,9% der gesamten Nachfrage nach primären und sekundären Steine-Erden-Rohstoffen in Deutschland im Jahr 2016 (Abb. 28). Die RC-Baustoffmenge war damit zuletzt deutlich gestiegen. Der Zuwachs korreliert mit der sehr dynamischen Neubautätigkeit, die mit einem vermehrten Abriss von Altbeständen einhergeht.

Die Zusammensetzung der Abbruchmaterialien ist sehr unterschiedlich, je nach den zur jeweiligen Bauzeit eingesetzten Materialien. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Betonanteil in den zum Abriss kommenden Bauwerken zunehmen wird, da der Einsatz von Beton seit den 1950er Jahren deutlich angestiegen ist. Unter anderem vor diesem Hintergrund laufen verstärkt Projekte zur Steigerung des Anteils rezyklierter Gesteinskörnungen im Beton (R-Beton).

Abb. 28: Produktionsmenge von Recyclingbaustoffen* (in Mio. t)

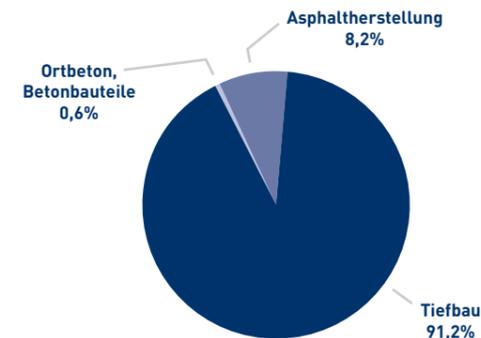


Anmerkung:

* ab 2009 inklusive Recyclingbaustoffe aus Boden und Steinen

Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Abb. 29: Verwendung von Recyclingbaustoffen



Quelle: StaBuA (2019f)

Durch eine sich verschärfende Umweltgesetzgebung und Verbesserungen in der Analysetechnik könnte der auszuschleusende Anteil an potentiell RC-Material tendenziell zunehmen. Es ist daher darauf hinzuweisen, dass die hier vorgenommenen Abschätzungen bei den Rahmenbedingungen vom Status-quo ausgehen.

In Bezug auf die künftig anfallende Menge an mineralischen Bauabfällen ist davon auszugehen, dass der Zusammenhang zwischen Bautätigkeit und Abriss auch künftig fortbesteht.

Obere Variante:

In der oberen Variante führt die positive Baukonjunktur verstärkt zum Ersatz von Bestandsbauwerken, was zu einem Mehraufkommen an RC-Baustoffen führt. Auch bislang wenig flächeneffizient genutzte Wohnungs-

bestände dürften – aufgrund der hohen Nachfrage nach innerstädtischen Wohnlagen – in Teilen ersetzt werden. Der aufgestaute Sanierungsbedarf im Tiefbau (z.B. bei Straßenbrücken) trägt zu steigenden Ersatzinvestitionen und damit verbunden einem zunehmenden Aufkommen an mineralischen Bauabfällen bei. In diesem Szenario stehen dementsprechend im Jahr 2035 rund 78,2 Mio. t RC-Materialien zur Verfügung. Im Vergleich zum Jahr 2016 wäre dies eine Steigerung um 8,3%.

Untere Variante

Die geringere Bautätigkeit in der unteren Variante geht mit einem abnehmenden Rückbau von Bauwerken einher. Entsprechend reduziert sich die Menge an Recyclingbaustoffen bis 2035 auf 68,1 Mio. t (Veränderung 2035/2016: -5,7%).

RC-Baustoffe substituieren im Tiefbau Primärrohstoffe, insbesondere Naturstein. Unter der Annahme, dass die Verwendung von RC-Baustoffen in die Zukunft – entsprechend dem Referenzjahr 2016 – fortgeschrieben wird, ergibt sich in beiden Varianten eine Angebotslücke, die durch eine zusätzliche Gewinnung von Naturstein gedeckt werden müsste. Dies wurde im Kapitel 3.2.2.3 berücksichtigt.

4.4 Industrielle Nebenprodukte

Als industrielle Nebenprodukte werden alle Stoffe bezeichnet, die in großtechnischen Prozessen als Nebenstoffstrom entstehen. Sie sind in der nachfolgenden Aufzählung jeweils in Klammern hinter dem Primärprozess ausgewiesen und stammen im Wesentlichen aus folgenden Produktionsbereichen:

- Eisenhütten- und Stahlindustrie sowie Nichteisen-Metallurgie einschließlich Gießereiindustrie (Schlacken, Stäube, Gießereialsande),
- Thermische Abfallbehandlung (Aschen),
- Energieerzeugung aus Braun- und Steinkohle (Aschen),
- Rauchgasentschwefelungsanlagen von Kraftwerken (REA-Gips).

Die bei der Verstromung von Braunkohle anfallenden Aschen werden aufgrund ihrer Inhaltsstoffe nicht als Sekundärrohstoff in der Steine-Erden-Industrie verwendet. Sie werden derzeit hauptsächlich in der Stabilisierung der notwendigen Tagebauverfüllung eingesetzt und hier nicht weiter betrachtet.

4.4.1 Schlacken

Unter Schlacken werden die bei der Produktion von Roheisen, Stahl und Nichteisenmetallen entstehenden nichtmetallischen Schmelzen verstanden. Nach ihrer langsamen Abkühlung an der Luft liegen sie als künstliches, kristallines Gestein vor. Ihre Entstehung entspricht somit derjenigen von natürlichen, magmatischen Gesteinen wie Basalt oder Granit. Schlacken unterscheiden sich von den Aschen dadurch, dass sie grundsätzlich aus einer geschmolzenen Phase gebildet werden. Sie weisen dadurch ein hochfestes Gefüge auf. Die Eigenschaften können durch einen gesteuerten Abkühlungs- und gezielte Nachbehandlungsprozesse (z.B. Granulation, Brechen/Klassieren) anwendungsbezogen beeinflusst werden.

An dieser Stelle werden folgende Schlacken betrachtet:

- Hochofenstüchschlacken/Hüttensand aus der Eisen-erzeugung,
- Stahlwerksschlacken (Schlacken aus dem Blasstahl/Linz-Donawitz-Verfahren sowie Schlacken aus dem Elektroofenverfahren) aus der Stahlerzeugung, außerdem sekundärmetallurgische Schlacken aus nachgeschalteten metallurgischen Prozessen der Stahlerzeugung.

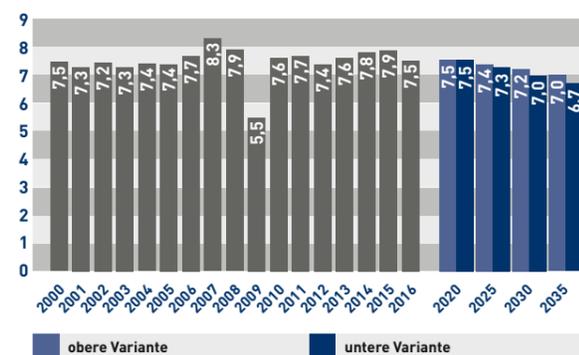
Die Eisenhüttenschlacken (zusammenfassende Bezeichnung für Hochofen- und Stahlwerksschlacken) werden wegen der baustofftechnischen Eignung (i.W. Festigkeit, Frostsicherheit) und des günstigen Umweltverhaltens (keine organischen Schadstoffe; anorganische Schadstoffe, z.B. Schwermetalle, sind mineralisch fest gebunden) umfangreich im Erd-, Straßen-, Wege-, Wasser- und Gleisbau sowie in der Zementindustrie eingesetzt (Abb. 31 und 33). Die Verwendung erfolgt seit vielen Jahren nahezu vollständig.

Das Aufkommen von Schlacken wird determiniert durch die Produktion von Roheisen, Stahl und Nichteisenmetallen. Zwar geht die Studie für beide Szenarien von einer positiven wertmäßigen Produktionsentwicklung bei der Eisen- und Stahlherstellung aus. Da jedoch auch hier strukturelle Veränderungen (z.B. Spezialisierung auf besonders hochwertige Stähle) greifen, dürften die Produktionsmengen perspektivisch leicht zurückgehen. Entsprechend sind auch für die Produktion der hier betrachteten Nebenprodukte der Stahlerzeugung alles in allem abnehmende Mengen zu erwarten.

4.4.1.1 Hochofenschlacken

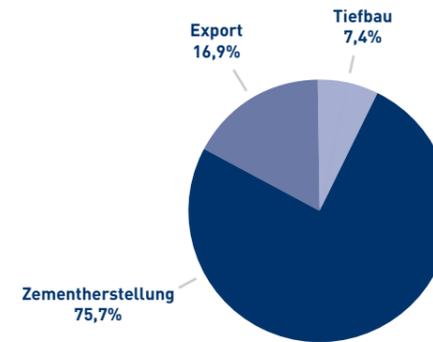
Die Produktionsmenge von Hochofenschlacken in Deutschland schwankte in den vergangenen Jahren relativ eng um 7,5 Mio. t jährlich. Ein Großteil der Hochofenschlacken wird heute in Granulationsanlagen mit Wasser schnell abgekühlt; das erzeugte Produkt wird (im Gegensatz zur an Luft kristallin erstarrten Hochofenstüchschlacke) Hüttensand genannt. Hüttensand ist wegen seiner latent hydraulischen Eigenschaften von erheblicher Bedeutung für die Zementherstellung. Der Einsatz bei der Zementproduktion kann den aus den primären Rohstoffen (insbesondere Kalkstein) hergestellten Zementklinker teilweise substituieren, indem Hüttensand direkt im Zementmahlprozess zugesetzt oder getrennt vermahlen und anschließend dem gemahlten Klinker zugegeben wird. Dies substituiert Primärrohstoffe und vermeidet Energieaufwand und CO₂-Emissionen im Klinkerbrennprozess. Deutschlandweit wurden 2016 rund 5,7 Mio. t Hüttensand (76 % der produzierten Hochofenschlacken) im Zementherstellungsprozess eingesetzt.

Abb. 30: Produktionsmenge von Hochofenschlacken (in Mio. t)



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Abb. 31: Verwendung von Hochofenschlacken 2016



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Obere Variante:

In der oberen Variante dürfte das Aufkommen an Hochofenschlacken – ausgehend von strukturellen Veränderungen in der Eisen- und Stahlherstellung – bis 2035 auf 7,0 Mio. t sinken und damit rund 7% unterhalb des Niveaus von 2016 liegen.

Untere Variante:

Im unteren Szenario wird für die künftige Stahlproduktion ein geringfügig schwächerer Verlauf unterstellt. Die 2035 produzierte Menge an Hochofenschlacken würde damit auf 6,7 Mio. t sinken (Veränderung 2035/2016: -10,7%).

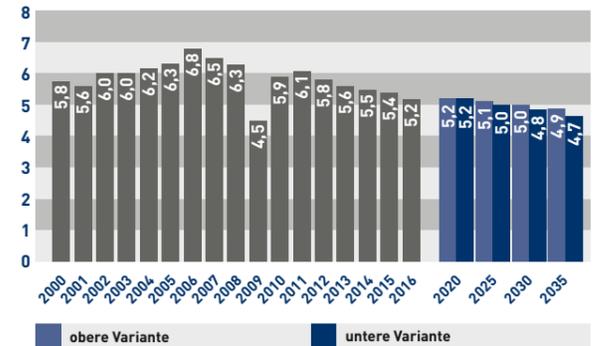
Zur Deckung der beim Abgleich des Aufkommens mit der errechneten Nachfrage entstehenden Angebotslücken wurde ein Rückgang der Exporte auf null angenommen.

4.4.1.2 Stahlwerksschlacken

Das Aufkommen an Stahlwerksschlacken war in den vergangenen Jahren tendenziell leicht rückläufig. Von 2010 bis 2016 wurden durchschnittlich 5,6 Mio. t pro Jahr erzeugt.

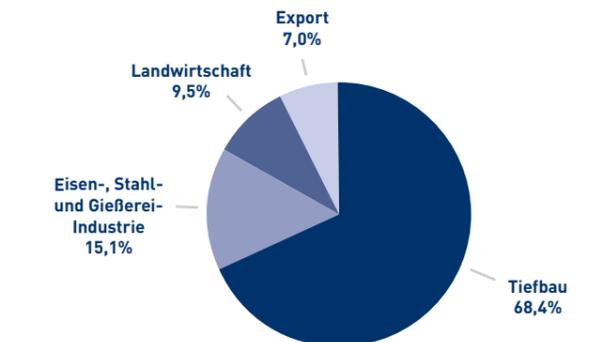
Bei Stahlwerksschlacken stellt sich die Verwendung anders dar als bei den Hochofenschlacken. Der überwiegende Teil (rund 68%) ging im Jahr 2016 in den Tiefbau. Rund 15% des Aufkommens werden im Produktionsprozess der Eisen- und Stahlindustrie als Kalk- und Eisenträger intern recycelt. Die verbleibenden Anteile werden als Düngemittel verwendet (knapp 10%) bzw. exportiert (Abb. 33).

Abb. 32: Produktionsmenge von Stahlwerksschlacken (in Mio. t)



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Abb. 33: Verwendung von Stahlwerksschlacken 2016



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Obere Variante:

Ausgehend von einer Produktionsmenge von 5,2 Mio. t im Jahr 2016 ist bis 2035 – analog zur Entwicklung bei den Hochofenschlacken – ein Rückgang um rund 6% auf 4,9 Mio. t zu erwarten.

Untere Variante:

In der unteren Variante sinkt die produzierte Stahlmenge etwas stärker. Daher ist von einem Rückgang des Aufkommens von Stahlwerksschlacken auf knapp 4,7 Mio. t auszugehen, was einer Abnahme um rund 10% entspricht.

Die durch die Rückgänge bei der Produktion von Stahlwerksschlacken entstehende Angebotslücke wurden in der Systematik der Studie mit entsprechend höheren Einsatzmengen von Naturstein im Tiefbau verrechnet.

4.4.2 Aschen

Aschen entstehen bei Verbrennungs- bzw. Pyrolyseprozessen als Rückstände der mineralischen Bestandteile des Verbrennungsgutes. Das Aschenaufkommen ist material- und prozessabhängig von unterschiedlicher Menge und Qualität.

Die hier unter Aschen zusammengefassten Rückstände aus Verbrennungsprozessen umfassen Aschen aus der Trockenfeuerung, Schmelzkammergranulate aus der Hochtemperaturverbrennung sowie Rückstände aus der Kesselreinigung. Eine weitere Spezifizierung ist auf Basis der verfügbaren Angaben nicht möglich.

Die in den thermischen Prozessen anfallenden Aschen sind nach der Art der Anlagen und der Einsatzstoffe zu unterscheiden in:

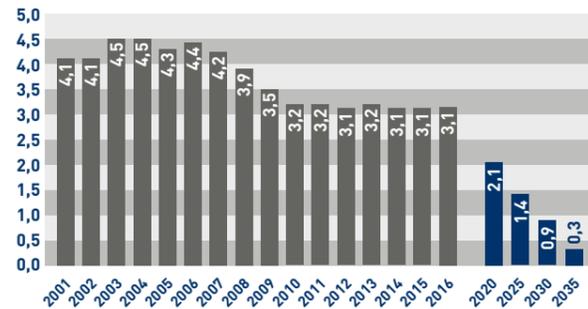
- Aschen aus der Energieerzeugung mit Steinkohle (Steinkohlenflugaschen),
- Aschen aus der Energieerzeugung mit Braunkohle (Braunkohlenflugaschen; diese werden – wie bereits gesagt – aufgrund ihrer vollständigen internen Verwendung in der eigenen Industrie nicht betrachtet),
- Aschen und Schlacken aus der thermischen Abfallbehandlung (Hausmüllverbrennungsaschen).

4.4.2.1 Steinkohlenflugaschen

In Deutschland fielen im Jahr 2016 3,1 Mio. t Aschen aus der Steinkohlenfeuerung an. Das Aufkommen war in den vergangenen Jahren relativ konstant, jedoch deutlich niedriger als noch Mitte des vergangenen Jahrzehnts.

Mit dem bevorstehenden Kohleausstieg Deutschlands (vgl. hierzu Exkurs zur Entwicklung der künftigen Struktur der Energieerzeugung, Seite 37) wird sich die Gewinnung von Steinkohlenflugaschen bis 2038 voraussichtlich auf null reduzieren. Bei Übertragung der von der WSB-Kommission vorgeschlagenen vorzuhaltenden Kraftwerksleistung auf die Stromerzeugung wird sich das Aufkommen an Steinkohlenflugaschen bis 2035 gegenüber 2016 um 90% auf 0,3 Mio. t verringern. Bereits 2020 dürften demnach nur noch 2,1 Mio. t, 2030 dann nur noch 0,9 Mio. t Steinkohlenflugaschen zur Verfügung stehen (Abb. 34).

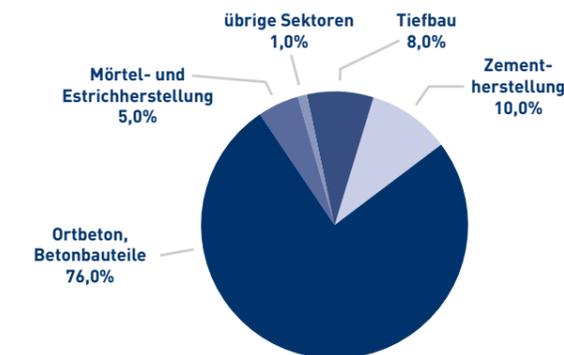
Abb. 34: Produktionsmenge von Steinkohlenflugaschen (in Mio. t)



Quelle: VGB PowerTech e.V.; ab 2020: Berechnungen nach Empfehlungen WSB-Kommission

Die heute anfallenden Steinkohlenflugaschen werden nahezu vollständig im Betonbau (Zusatzstoff), bei der Zementherstellung (als Sekundärrohstoff oder Hauptbestandteil), für weitere Baustoffe (Zusatzstoff für Estriche, Mörtel, Pflaster- und Betonsteine), im Straßen-, Wege- und Erdbau (Bodenverfestigung, Asphalt, hydraulisch gebundene Tragschichten) sowie in der Abfallwirtschaft (Schlammkonditionierung, Abfallverfestigung) eingesetzt (Abb. 35).

Abb. 35: Verwendung von Steinkohlenflugaschen 2016



Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Der Rückgang der Steinkohleverstromung und der damit einhergehende Wegfall von Steinkohlenflugaschen wird insbesondere mit Blick auf die Betonproduktion eine spürbare Angebotslücke nach sich ziehen. Diese wird eine erhöhte Nachfrage nach Primärrohstoffen mit sich bringen, denn andere Sekundärstoffe wie Hüttensand werden ebenfalls nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

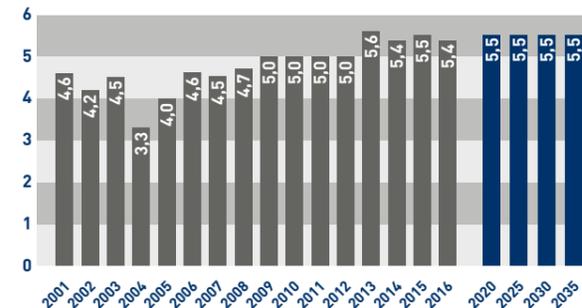
Die wegfallenden Mengen an Steinkohlenflugaschen, die vorrangig in der Beton- und Zementproduktion eingesetzt werden, können etwa durch den vermehrten Einsatz von Zementklinker oder Kalkstein als weiterem Zementhauptbestandteil kompensiert werden. Hier wird vereinfachend von einer Substitution durch Zementklinker ausgegangen. Daraus ergibt sich eine erhöhte Nachfrage nach Kalkstein für die Zementproduktion sowie von Kies und Sand bei der Betonproduktion; dies wurde bei der Berechnung der Primärrohstoffmengen im dritten Kapitel berücksichtigt.

4.4.2.2 Sonstige (Rost-) Aschen und Schlacken aus der Müllverbrennung und der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen (HMVA)

Die Produktionsmenge der (Rost-) Aschen und Schlacken aus den Hausmüllverbrennungsanlagen und der Verbrennung von Ersatzbrennstoffen belief sich im Jahr 2016 auf ca. 5,4 Mio. t (Abb. 36). Damit war das Aufkommen der sonstigen Aschen in den vergangenen Jahren relativ konstant.

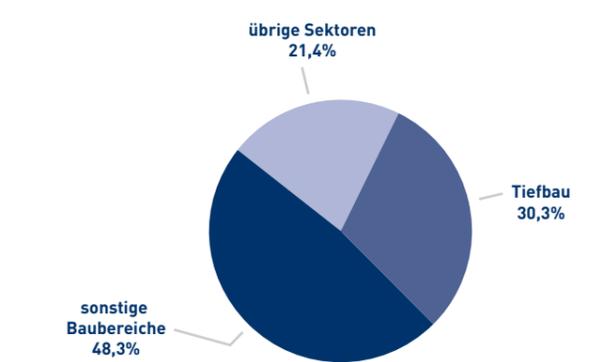
Die HMVA werden u.a. im klassischen öffentlichen Tiefbau für den Unterbau von Straßen, Wegen und Plätzen sowie bei privaten Baumaßnahmen (z.B. Industrie- und Gewerbeflächen) eingesetzt. Abbildung 37 zeigt die Verteilung der Verwendung im Jahr 2016 im baunahen Bereich; nicht berücksichtigt sind hier die Verwertung im Deponiebau und Untertage sowie die Deponierung.

Abb. 36: Produktionsmenge von sonstigen (Rost-) Aschen (in Mio. t)



Quelle: StaBuA 2019f, Prognose: Verbandsabschätzung

Abb. 37: Verwendung von sonstigen (Rost-) Aschen* 2016



* Diagramm bezieht sich auf den Einsatz in baunahen Bereichen (1,3 Mio. t); Unter Einbeziehung weiterer Einsatzbereiche bzw. der Beseitigung ergibt sich folgende Verteilung: Straßen-, Wege- und Erdbau 18%, Deponiebau 51%, Verwertung Untertage 6%, übrige Bereiche 5%, Deponierung 20%.

Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Das Aufkommen an (Rost-) Aschen und Schlacken aus den Hausmüllverbrennungsanlagen sowie der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen bis 2035 ist nur schwer einzuschätzen. Die zuständigen Fachverbände erwarten für diesen Zeitraum eine weitgehend konstante Entwicklung.

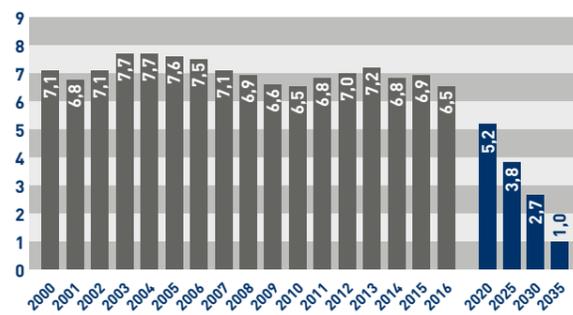
Beim Abgleich des Aufkommens mit dem theoretischen Bedarf, der sich insbesondere aus der künftigen Entwicklung des Tiefbaus ergibt, errechnet sich sowohl in der oberen als auch in der unteren Variante für alle Jahre zwischen 2020 und 2035 ein Nachfrageüberschuss. Dieser müsste im Tiefbau durch den Einsatz von Naturstein kompensiert werden und wurde bei den entsprechenden Berechnungen des Primärrohstoffbedarfs (Kapitel 3.2.2) berücksichtigt.

4.4.3 REA-Gips

Bei der Rauchgasreinigung im Kalkwaschverfahren in Großfeuerungsanlagen entsteht aus der Reaktion von Kalk und Wasser mit Schwefeldioxid und Luftsauerstoff letztlich synthetischer REA-Gips (REA = Rauchgasentschwefelungsanlage). Bedeutend sind hier nur Gipse aus Braun- und Steinkohlekraftwerken, da bei thermischen Abfallbehandlungsanlagen nur geringe Mengen mit qualitätsbedingt meist geringem Nutzungspotenzial anfallen. Der überwiegende Teil des REA-Gipses (2016: knapp 80%) stammt heute aus Braunkohlekraftwerken, die mit Kohle aus heimischen Lagerstätten versorgt werden.

In der Zeitspanne von 2010 bis 2016 wurden durchschnittlich rund 6,8 Mio. t REA-Gips pro Jahr produziert (Abb. 38). Die Inlandsnachfrage nach REA-Gips lag 2016 bei etwa 4,7 Mio. t. Die künftige Entwicklung der REA-Gips-Erzeugung hängt vom Einsatz von Stein- und Braunkohle in der Stromerzeugung ab (vgl. hierzu auch Exkurs zur Entwicklung der künftigen Struktur der Energieerzeugung, Seite 37). Wie bereits in Kapitel 4.1 in Tabelle 13 gezeigt, dürfte die Stromerzeugung in Stein- und Braunkohlekraftwerken bis 2038 – ausgehend von den Empfehlungen der von der Bundesregierung eingesetzten WSB-Kommission – auf null sinken, wobei der Ausstiegspfad durch Zwischenziele in den Jahren 2022 und 2030 vorgezeichnet ist. Bis 2030 ist davon auszugehen, dass sich das Aufkommen an REA-Gips auf 2,7 Mio. t reduziert (-58% gegenüber 2016). In den folgenden fünf Jahren ist mit einem weiteren Rückgang auf 1 Mio. t zu rechnen (Veränderung 2035/2016: -85%).

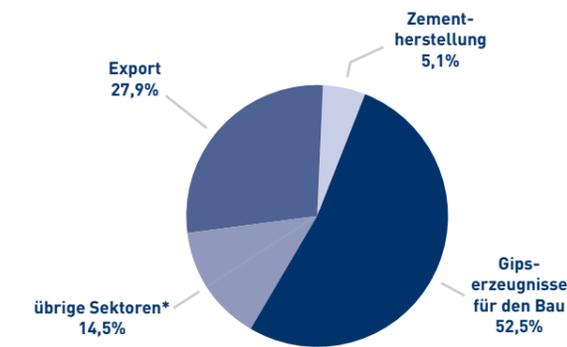
Abb. 38: Produktionsmenge von REA-Gips* (in Mio. t; Aufkommen nach Empfehlungen WSB-Kommission)



Quelle: REA-Gips-Menge bis 2016 VGB PowerTech e.V.; ab 2020: Berechnungen nach Empfehlungen WSB-Kommission

Die Verwendung von REA-Gips entspricht weitgehend der von Naturgips und Anhydrit (Abb. 39). Da REA-Gips bisher Naturgips- und Anhydritstein substituiert, wird der bevorstehende Rückgang der REA-Gips-Erzeugung unter die bestehende Nachfrage eine Steigerung der heimischen Naturgips- und Anhydritförderung zur Folge haben.

Abb. 39: Verwendung von REA-Gips 2016



* Ein Teil des REA-Gipses im Bereich übrige Sektoren wird für die Verfüllung im Bergbau verwendet und steht daher dem Markt nicht zur Verfügung.

Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Entstehende Angebotslücken werden entsprechend mit Naturgips und Anhydrit verrechnet (vgl. Kapitel 3.2.2). Da in Deutschland rund 40% des europäischen REA-Gipses anfallen und die Nachfrage nach REA-Gips auch im Ausland hoch bleiben dürfte, bestehen nur eingeschränkte Möglichkeiten, wegfallende REA-Gipsmengen durch Importe zu kompensieren. Zwar könnte das von der Gipsindustrie entwickelte Recyclingkonzept für Gipsabfälle langfristig einen Beitrag zur Kompensation des rückläufigen Angebots leisten. Allerdings wird aufgrund des niedrigen Aufkommens an recycelbaren Gipsabfällen die aus dem Recycling gewinnbare Menge bei weitem nicht die Größenordnung erreichen, die zur Substitution wegfallender REA-Gipsmengen notwendig wäre. Eine verstärkte Nutzung heimischer Naturgipslagerstätten ist damit absehbar und unumgänglich.

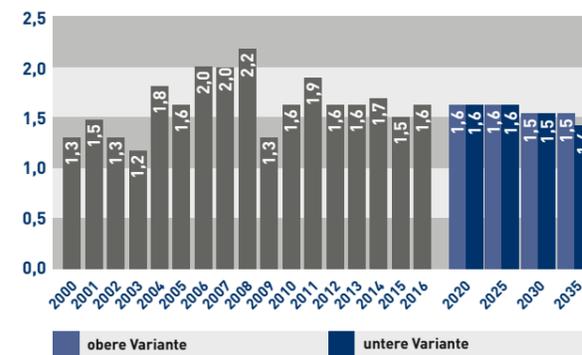
4.4.4 Gießereialsande

Das Sandgussverfahren ist eine weitverbreitete Technologie bei der Herstellung von Gussmetall. Gussformen und Gusskerne werden nach üblicher Technik aus entsprechend geeignetem Quarzsand, gebunden mit organischen (vorwiegend Kunstharze bei der Kernherstellung) oder anorganischen Bindemitteln (vorwiegend Bentonit bei Formen) hergestellt. Gießereialsand entsteht durch die notwendige Erneuerung des Gießereisandes, Kernsand als Kernbruch, Überschusssand oder Fehlchargen bei der Kernherstellung (Giegrich et al. 2002). Gießereisande

werden im Produktionsprozess mehrfach einem internen Recycling unterzogen und als sogenannte Umlaufsande wieder verwendet. Beim Aufbereitungsprozess werden sie wieder weitgehend von den – teilweise durch den Gießprozess pyrolytisch veränderten – Zusatzstoffen sowie den Gießresten befreit. Dieser Stoffstrom wird aus dem Gesamtprozess ausgeschleust und durch eine Zugabe von 5% bis 10% frischem Gießerei-Quarzsand ausgeglichen. Periodisch wird der gesamte Formsand gewechselt.

Die Produktionsmengen von Gießereialsanden sind relativ volatil und bewegten sich im Zeitraum von 2000 bis 2016 zwischen 1,2 Mio. t und 2,2 Mio. t (Abb. 40; Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2016: 1,6 Mio. t). Ein Ausreißer bestand im Jahr 2009, da die Gießerei- und Stahlproduktion in diesem Jahr krisenbedingt um mehr als 30% eingebrochen ist.

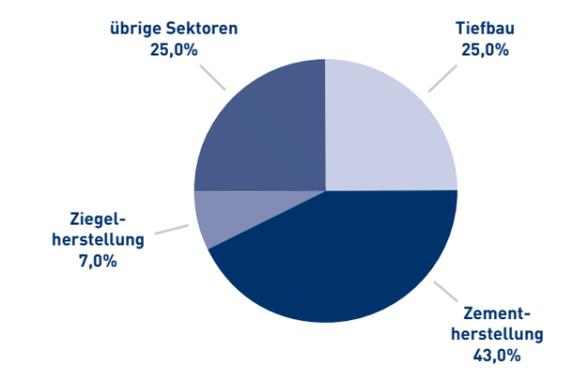
Abb. 40: Produktionsmenge von Gießereialsanden (in Mio. t)



Quelle: Statistisches Bundesamt

Die Verwertung der Gießereialsande erfolgt als Sekundärrohstoff beim Brennprozess in der Zement- und der Ziegelindustrie, im klassischen Tiefbau sowie als Hilfsstoff bei der Konditionierung von Dichtungsmaterialien im Deponiebau (Basis- und Oberflächenabdichtungen). Es ist von einer vollständigen Verwertung der nicht bzw. nur leicht verunreinigten Gießereialsande auszugehen. Stärker verunreinigte Gießereialsande bzw. Reinigungsrückstände werden der Deponierung zugeleitet. Das Kreisdiagramm (Abb. 41) bezieht sich nur die Mengen an Gießereialsanden, die nicht im internen Recycling verwendet bzw. im Deponiebau verwertet werden (ca. 400.000 Tonnen p.a.).

Abb. 41: Verwendung von Gießereialsanden* 2016



* Diagramm bezieht sich auf den Einsatz in baunahen Bereichen (0,4 Mio. t); unter Einbeziehung weitere Einsatzbereiche bzw. der Beiseitigung ergibt sich folgende Verteilung: Tiefbau 7%, Zement-/Ziegelindustrie 14%, Verfüllung 11%, Deponiebau 52%, übrige Bereiche 7%, Deponierung 9%

Quelle: Verbandsangaben, Berechnungen SST

Obere Variante:

Beim Aufkommen von Gießereialsanden wird eine relativ enge Korrelation mit der Eisen- und Stahlproduktion unterstellt. Dementsprechend ist in der oberen Variante bis 2035 von einem leichten Rückgang des Gießereialsand-Aufkommens von 1,6 Mio. t (2016) auf 1,5 Mio. t auszugehen.

Untere Variante:

Im unteren Szenario ergibt sich ein etwas höherer Rückgang des Aufkommens an Gießereialsanden auf 1,4 Mio. t.

Beim Abgleich der errechneten Nachfrage mit dem Aufkommen ergibt sich in der oberen und unteren Variante für alle Jahre zwischen 2020 und 2035 eine Angebotslücke. Diese wurde mit Blick auf die Nachfrage beim Primärrohstoff Kies und Sand im Kapitel 3.2.2 erhöhend berücksichtigt.

5. AGGREGIERTE PRIMÄR- UND SEKUNDÄRROHSTOFFMENGEN BIS 2035 EINSCHLIESSLICH SUBSTITUTIONS- UND VERWERTUNGSQUOTE

Für die Interpretation der in Zukunft zu erwartenden Primärrohstoffgewinnung und die mögliche Substitution durch Sekundärrohstoffe werden im Folgenden die in Kapitel 3.2.2, 4.3 und 4.4 errechneten Rohstoffmengen aggregiert.

In der Vergangenheitsbetrachtung zeigt sich, dass die gewonnene Menge an Primärrohstoffen bis 2010 vor allem in Verbindung mit der bis dahin rückläufigen Baukonjunktur gesunken ist. Seitdem hat sich die Menge analog zum Aufholprozess der Bauwirtschaft bei rund 550 Mio. t stabilisiert. Im Gesamtzeitraum von 2001 bis 2016 ist die Fördermenge von rund 660 Mio. t auf 559 Mio. t zurückgegangen (-15,6%; ohne Gips- und Anhydritstein). Das Angebot an Sekundärrohstoffen lag ohne REA-Gips 2016 bei 95 Mio. t. Die Substitutionsquote¹⁷ betrug damit 14,5%. Unter Einbeziehung der Naturgips- und Anhydritförderung sowie des Aufkommens an REA-Gips, für die konsolidierte Daten nur für die Jahre 2010, 2013 und 2016 vorliegen, belief sich die Substitutionsquote 2016 bei einer Primärrohstoffgewinnung von rund 564 Mio. t und einem Sekundärrohstoffaufkommen von rund 102 Mio. t sogar auf 15,3%.

Obere Variante:

Die Nachfrage nach Primärrohstoffen bis 2035 (inklusive Gips- und Anhydritstein) dürfte auf dem oberen der beiden betrachteten Wachstumspfade von rund 564 Mio. t im Jahr 2016 auf 650 Mio. t im Jahr 2035 ansteigen (vgl. Abb. 42). Dies entspricht einer Zunahme um 86 Mio. t bzw. 15,2% und hängt insbesondere mit der stärkeren Bautätigkeit im oberen Szenario zusammen. Das Aufkommen an Sekundärrohstoffen wird von 102 Mio. t in 2016 auf 98 Mio. t in

2035 sinken. Dies ist insbesondere auf die rückläufigen Mengen an REA-Gips und Steinkohlenflugaschen im Zuge der auslaufenden Kohleverstromung zurückzuführen. Entstehende Angebotslücken bei diesen Kraftwerksnebenprodukten dürften – neben einem Rückgang der Exporte – durch eine höhere Förderung von Gips- und Kalkstein kompensiert werden (vgl. Kapitel 4.4). Dies wurde in den Berechnungen zu den Primärrohstoffen berücksichtigt und schafft hier eine entsprechende zusätzliche Nachfrage. Die Verschiebungen zwischen Primär- und Sekundärrohstoffen führen dazu, dass bei Einbeziehung von Naturgips- und Anhydritstein sowie REA-Gips die Substitutionsquote von 15,3% im Jahr 2016 auf 13,2% im Jahr 2035 sinkt.

Untere Variante:

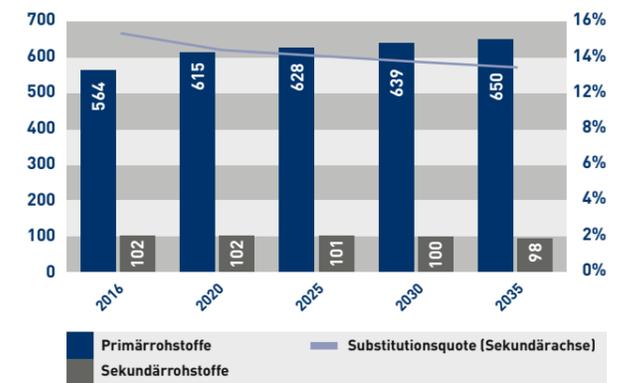
Im unteren Szenario (vgl. Abb. 43) sinkt die Nachfrage nach Primärrohstoffen leicht. Sie liegt 2035 bei 555 Mio. t (inkl. Naturgips- und Anhydritstein), dies entspricht gegenüber dem Basisjahr 2016 einer Veränderung von -1,6%. Das Aufkommen an Sekundärrohstoffen (inkl. REA-Gips) sinkt von 102 Mio. t im Jahr 2016 auf 88 Mio. t im Jahr 2035. Wie im oberen Szenario dürfte der Anfall an Kraftwerksnebenprodukten aufgrund der Energiewende deutlich zurückgehen. Dieser Rückgang dürfte durch den langfristigen Wegfall der entsprechenden Exporte sowie durch die zusätzliche Gewinnung von Primärrohstoffen ausgeglichen werden. Die Substitutionsquote sinkt in diesem Szenario unter Einbeziehung von Naturgips und Anhydrit bzw. REA-Gips auf 13,6%. Damit ist die relative Bedeutung von Sekundärrohstoffen im betrachteten Zeitraum leicht höher als in der oberen Variante, da insgesamt weniger Rohstoffe nachgefragt werden.

¹⁷ Substitutionsquote = Menge Sekundärrohstoffe / (Menge Primärrohstoffe + Menge Sekundärrohstoffe) x 100

Die Abschätzungen für beide Varianten zeigen, dass die Nachfrage nach Steine-Erden-Rohstoffen, die in der Wertschöpfungskette meist klassische Vorleistungsgüter darstellen, stark von der konjunkturellen Entwicklung in den Abnehmerzweigen abhängig ist. Bei einer verhältnismäßig schwachen wirtschaftlichen Entwicklung wird die Nachfrage nach primären Steine-Erden-Rohstoffen 2035 immer noch über 550 Mio. t liegen (siehe auch Tabelle 14). Daraus folgt, dass auch in Zukunft die Gewinnung von Steine-Erden-Rohstoffen in erheblichem Umfang notwendig sein wird, um das gesamtwirtschaftliche Wachstum abzusichern. Im oberen Szenario sorgt die verhältnismäßig starke Bautätigkeit insbesondere im Tiefbau für einen Nachfrageschub nach Steine-Erden-Rohstoffen. Auch in dieser Variante liegt die Primärrohstoffnachfrage aber weit unterhalb der Mengen, die in der Vergangenheit gewonnen wurden (z. B. 1995: 760 Mio. t, 2000: 726 Mio. t; Angaben ohne Gips- und Anhydritstein).

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen leistet einen wichtigen Beitrag zur Substitution primärer Rohstoffe und trägt damit aktiv zur Ressourcenschonung bei. Im Betrachtungszeitraum sinkt – bei weiterhin hoher Verwertungsquote – die relative Bedeutung der Sekundärrohstoffe (Substitutionsquote) von 15,3% im Jahr 2016 auf 13,2% (oberes Szenario) bzw. 13,6% (unteres Szenario) im Jahr 2035, da insbesondere die Energiewende zu einem geringeren Angebot der Kraftwerksnebenprodukte REA-Gips und Steinkohlenflugasche führt. Für die anderen industriellen Nebenprodukte wie z.B. Hüttensand kann mit Blick auf die entsprechenden Produktionsprozesse in der Stahlindustrie und anderen Branchen nicht mit einer Ausweitung des Angebots gerechnet werden. Das Aufkommen an mineralischen Bauabfällen bzw. Recyclingbaustoffen als größtem Stoffstrom wird – in Abhängigkeit von der Abbruchtätigkeit – je nach Szenario bis 2035 um gut 8% steigen bzw. um rund 6% abnehmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die hohe Verwertungsquote auch bei den mineralischen Bauabfällen, die bereits heute bei rund 90% liegt, nur noch in begrenztem Umfang zu steigern sein wird.

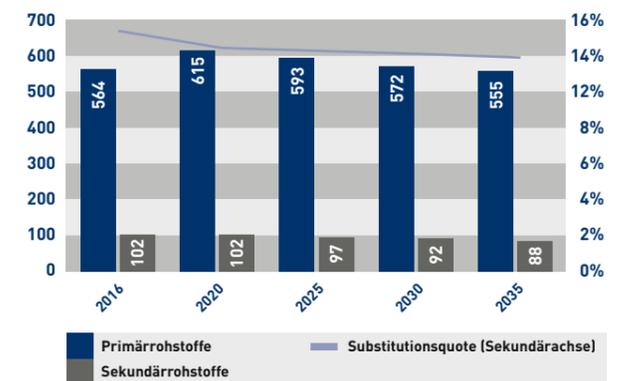
Abb. 42 Entwicklung der Primär- und Sekundärrohstoffmengen* (in Mio. t) – Obere Variante



* Anmerkung: mit Gips- und Anhydritstein bei den Primärrohstoffen und REA-Gips bei den Sekundärrohstoffen

Quelle: Berechnungen SST

Abb. 43 Entwicklung der Primär- und Sekundärrohstoffmengen* (in Mio. t) – Untere Variante



* Anmerkung: mit Gips- und Anhydritstein bei den Primärrohstoffen und REA-Gips bei den Sekundärrohstoffen

Quelle: Berechnungen SST

Tabelle 14: Zusammenfassung der berechneten Primär- und Sekundärrohstoffmengen (in Mio. t)

																	Obere Variante				Untere Variante			
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2020	2025	2030	2035	2020	2025	2030	2035
Sand und Kies	313	292	286	267	252	266	252	249	236	229	253	235	236	240	239	247	265	270	274	278	265	254	245	237
Spezialkies/-sand	11,5	11,4	11,3	11,6	11,0	11,0	11,4	11,1	8,7	9,8	10,5	10,1	9,7	9,9	9,7	9,9	10,0	9,9	9,9	9,8	10,0	9,7	9,4	9,2
Naturstein	243	234	226	215	211	227	214	218	216	208	229	211	207	211	210	218	248	254	259	265	248	239	230	223
Naturwerkstein	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1	1,2	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3
Kalkstein insg.	63,2	61,6	64,2	64,4	57,8	61,6	62,4	63,5	54,7	60,0	63,3	61,7	60,9	60,7	60,0	59,2	61,4	61,5	61,3	61,2	61,4	58,8	56,4	54,3
- für Zement	39,9	37,6	40,0	41,0	37,1	38,6	40,2	42,1	34,6	37,5	40,4	39,1	37,2	37,9	36,9	37,2	39,5	40,2	40,6	41,3	39,5	38,1	36,8	36,0
- gebrannt	9,5	11,5	12,3	13,9	12,4	14,0	13,1	12,9	10,1	11,6	11,8	11,4	11,8	11,4	11,6	11,6	11,3	11,0	10,6	11,6	11,0	10,5	9,9	
- ungebrannt	13,8	12,5	11,9	9,5	8,3	9,0	9,1	8,5	10,0	10,9	11,1	11,2	11,9	11,4	11,5	10,4	10,3	10,1	9,7	9,3	10,3	9,7	9,1	8,4
Ziegelton	15,7	14,3	14,2	14,5	12,5	13,7	13,5	11,5	9,7	10,8	11,6	11,5	11,3	10,8	10,6	11,1	11,7	11,5	11,3	11,1	11,7	11,0	10,4	9,9
Spezialton, Kaolin	14,9	13,3	13,2	14,9	14,0	15,2	15,2	15,0	13,1	14,6	13,9	13,9	13,3	13,9	12,8	12,4	12,9	13,3	13,8	14,2	12,9	12,8	12,7	12,5
Gipsstein, Anhydrit										4,7			4,5			4,7	4,8	6,4	7,8	9,7	4,8	5,8	6,7	8,1
Primärrohstoffe	661,7	627,1	615,3	587,7	558,6	594,9	568,9	568,5	539,3	538,1	582,7	544,6	544,0	547,7	543,5	563,7	615,0	627,9	638,6	650,2	615,0	592,8	572,1	555,2
RC-Baustoffe	55,0	51,0	50,0	50,0	48,0	56,0	55,0	56,0	63,0	65,0	69,0	66,2	65,6	67,6	66,0	72,2	75,2	76,0	77,0	78,2	75,2	72,2	70,0	68,1
Hochofenschlacken	7,3	7,2	7,3	7,4	7,4	7,7	8,3	7,9	5,5	7,6	7,7	7,4	7,6	7,8	7,9	7,5	7,5	7,4	7,2	7,0	7,5	7,3	7,0	6,7
Stahlwerksschlacken	5,6	6,0	6,0	6,2	6,3	6,8	6,5	6,3	4,5	5,9	6,1	5,8	5,6	5,5	5,4	5,2	5,2	5,1	5,0	4,9	5,2	5,0	4,8	4,7
Steinkohlenflugasche	4,1	4,1	4,5	4,5	4,3	4,4	4,2	3,9	3,5	3,2	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1	3,1	2,1	1,4	0,9	0,3	2,1	1,4	0,9	0,3
sonstige Aschen (HMVA)*	4,6	4,2	4,5	3,3	4,0	4,6	4,5	4,7	5,0	5,0	5,0	5,0	5,6	5,4	5,5	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Giefeeisandsand*	1,5	1,3	1,2	1,8	1,6	2,0	2,0	2,2	1,3	1,6	1,9	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,4	
REA-Gips	6,8	7,1	7,7	7,7	7,6	7,5	7,1	6,9	6,6	6,5	6,8	7,0	7,2	6,8	6,9	6,5	5,2	3,8	2,7	1,0	5,2	3,8	2,7	1,0
Sekundärrohstoffe	84,9	80,9	81,2	80,9	79,2	89,0	87,6	87,9	89,4	94,8	99,7	96,1	96,4	97,9	96,3	101,5	102,3	100,8	99,8	98,5	102,3	96,8	92,4	87,7
Substitutionsquote	11,4%	11,4%	11,7%	12,1%	12,4%	13,0%	13,3%	13,4%	14,2%	15,0%	14,6%	15,0%	15,1%	15,2%	15,1%	15,3%	14,3%	13,8%	13,5%	13,2%	14,3%	14,0%	13,9%	13,6%

Anmerkung:
 * Inkl. der Menge, die in nicht baunahen Bereichen verwendet wird.
 Quelle: Berechnungen SST

LITERATUR

BGR (2017a):

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Deutschland – Rohstoffsituation 2016, Hannover.

BGR (2017b):

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Kaolin in Deutschland. Hannover.

BGR (2018):

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Deutschland – Rohstoffsituation 2017, Hannover.

Blazejczak, Jürgen/ Jochen Diekmann/ Dietmar Edler/ Claudia Kemfert/ Karsten Neuhoﬀ/ Wolf-Peter Schill (2013):

Energiewende erfordert hohe Investitionen. DIW Wochenbericht, Heft 26, S. 19-30.

Böttcher, Fabian/ Arno Brandt/ Esther Nolte/ Meike Stüve (2016):

Bezahlbares Wohnen für alle. Perspektiven für Niedersachsen 2015 – 2035, NBank, Hannover.

BBSR (2015a)

Bundesinstitut für Stadt-, Bau- und Raumforschung. Tobias Held, Matthias Waltersbacher. Wohnungsmarktprognose 2030. BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2015.

BBSR (2015b):

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Claus Schlömer, Hansjörg Bucher, Jana Hoyman. Die Raumordnungsprognose 2035 nach dem Zensus. BBSR-Analysen KOMPAKT 05/2015.

BMUB (2016):

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II - Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Dokumentation, Berlin.

BMWi (2010):

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nicht-energetischen mineralischen Rohstoffen, Berlin.

BMWi (2015):

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Stärkung von Investitionen in Deutschland. Bericht der Expertenkommission, Berlin.

BMWi (2017):

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland – Bergwirtschaft und Statistik 2016 – 68. Jahrgang. Dokumentation, Berlin.

BMWi (2019a):

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ – Abschlussbericht. Berlin.

BMWi (2019b):

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Nationale Industriestrategie 2030. Strategische Leitlinien für eine deutsche und europäische Industriepolitik, Berlin.

BV Glas (2015):

Bundesverband Glasindustrie. Glas – ein Werkstoff mit vielen Talenten, Düsseldorf. Online im Internet: http://www.bvglas.de/fileadmin/media/Presse/Publikationen/BV_Glas_Imagebroschuere.pdf (16.9.2015).

DIW (2018):

Grundlinien der Wirtschaftsentwicklung im Winter 2018. DIW Wochenbericht 50/2018.

Dorffmeister, Ludwig/ Michael Ebnet (2012):

Langfristige Baunachfrage: Wohnungsbau auf Expansionskurs, öffentlicher Bau auf Schrumpfungskurs. Ifo Schnelldienst, S. 35- 46.

Fuchs u.a. (2017): Johann Fuchs/ Doris Söhnlein/ Brigitte Weber:

Arbeitskräfteangebot sinkt auch bei hoher Zuwanderung. Projektion des Erwerbspersonenpotenzials bis 2060. IAB-Kurzbericht 6/2017.

Fuchs u.a. (2019): Johann Fuchs/ Alexander Kubis/ Lutz Schneider:

Zuwanderung und Digitalisierung. Wie viel Migration aus Drittstaaten benötigt der deutsche Arbeitsmarkt künftig?, 2019, Gütersloh.

Giegrich, Jürgen et. al. (2002):

Bewertung der Umweltverträglichkeit von Entsorgungsoptionen. Methodenentwicklung und Durchführung einer vereinfachten Bewertung und deren beispielhafte Überprüfung an vier Abfallarten. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, Reihe Abfall Heft 63, Heidelberg.

Gornig, Martin/ Claus Michelsen/ Martin Bruns (2019):

Bauwirtschaft weiter im Vorwärtsgang – staatliche Impulse treiben die Preise. Wochenberichte des DIW, Heft 1/2, S. 3-14.

Gornig, Martin/ Bernd Görzig/ Claus Michelsen/ Hella Steinke/ Christian Kaiser/ Katrin Klarhöfer (2018):

Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe - Berechnungen für das Jahr 2017. BBSR-Online-Publikationen, Nr. 9/18.

Gornig, Martin/ Christian Kaiser (2018):

Darstellung der Investitionen in die energetische Wohngebäudesanierung in Deutschland 2010 bis 2017, Bericht des DIW Berlin und der Heinze GmbH, Berlin

Gornig, Martin/ Claus Michelsen (2017):

Kommunale Investitionsschwäche: Engpässe bei Planungs- und Baukapazitäten bremsen Städte und Gemeinden aus. Wochenberichte des DIW, Heft 11, S. 211-219

Gornig, Martin/ Bernd Görzig/ Hendrik Hagedorn/ Hella Steinke/ Christian Kaiser/ Katrin Klarhöfer (2013):

Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe - Berechnungen für das Jahr 2012. BMVBS-Online-Publikationen, Nr. 15/13.

Hotze, Susanne/ Christian Kaiser/ Katrin Klarhöfer/ Christian Tiller (2016):

Struktur der Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen 2014. BBSR-Online-Publikation Nr. 03/16.

IAB (2018): Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung:

Zentrale Befunde zu aktuellen Arbeitsmarktthemen. Nürnberg 2018.

ifw (2017):

Institut für Weltwirtschaft. Produktivität in Deutschland – Messbarkeit und Entwicklung. Kieler Beiträge zur Wirtschaftspolitik 12/2017, Kiel.

KfW (2018):

Kreditanstalt für Wiederaufbau. Busso Grabow, Stefan Schneider (DIFU). KfW-Kommunalpanel 2018, KfW-Research, Frankfurt am Main.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2008):

Die Rohstoffinitiative - Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern, Brüssel.

Kreislaufwirtschaft Bau (2018):

Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016. Bericht zum Aufkommen und Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016, Berlin.

Rohstoffnutzung in Deutschland (2004):

Naturschutzbund (NABU) Deutschland e.V., Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V., Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt. Gemeinsame Erklärung Rohstoffnutzung in Deutschland, Bonn, Berlin, Hannover, Frankfurt.

StaBuA (2017a):

Statistisches Bundesamt, Bevölkerungsentwicklung bis 2060, Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Aktualisierte Rechnung auf Basis 2015, 2017, Wiesbaden.

StaBuA (2017b):

Statistisches Bundesamt, Entwicklung der Privathaushalte bis 2035. Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung, 2017, Wiesbaden.

StaBuA (2018):

Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung 2017. Detaillierte Jahresergebnisse, Fachserie 18 Reihe 1.4, Wiesbaden.

StaBuA (2019a):

Statistisches Bundesamt, Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, Wanderungen 2017, Fachserie 1 Reihe 1.2, 2019, Wiesbaden.

StaBuA (2019b):

Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung 2018. Lange Reihen ab 1970, Fachserie 18 Reihe 1.5, 2019, Wiesbaden.

StaBuA (2019c):

Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Input-Output-Rechnung 2015 (Revison 2014, Stand August 2018). Fachserie 18, Reihe 2, Wiesbaden.

StaBuA (2019d):

Statistisches Bundesamt, Genesis-Datenbank. Bodenfläche (tatsächliche Nutzung): Deutschland, Stichtag, Nutzungsarten. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?Menu=Webservice> (1.10.2018)

StaBuA (2019e):

Statistisches Bundesamt, Genesis-Datenbank. Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Warenverzeichnis (8-Steller). <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?Menu=Webservice> (22.1.2019)

StaBuA (2019f):

Statistisches Bundesamt, Umwelt, Abfallentsorgung, Fachserie 19, Reihe 1, 2016, Wiesbaden.

StaBuA (2019g):

Statistisches Bundesamt, Genesis-Datenbank. Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Warenverzeichnis (8-Steller). <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?Menu=Webservice> (16.04.2019)

StaBuA (2019h):

Statistisches Bundesamt, Produktionsindex Baustoffe – Steine und Erden (Berechnung für den Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.).

StaBuA (2019i):

Statistisches Bundesamt, VGR des Bundes – Bruttoanlageinvestitionen: Deutschland, Jahre. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?Menu=Webservice> (13.12.2018)

Tränkle, Ulrich/ Markus Röhl (2001):

Naturschutz und Zementindustrie. Projektteil 1: Auswertung einer Umfrage. Düsseldorf: Verlag Bau + Technik.

VDP (2015):

Verband Deutscher Papierfabriken. Papier recyceln, Stand Juni 2015, Bonn.

VGB PowerTech e.V.:

Verbandsstatistik „Produktion und Verwendung von Kraftwerksnebenprodukten aus Kohlekraftwerken in Deutschland im Jahr 2016“.

World Bank (2019):

World Data Bank. <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.ZS?end=2017&locations=DE-SE-FR&start=1991&view=chart> (03.04.2019)

Herausgeber

Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.

Verantwortlich

Michael Basten

Betreuung

Christian Engelke, Tanja Lenz

Fotonachweis

HeidelbergCement AG / Steffen Fuchs

Berlin, Juni 2019