Recyclinggutachten NRW

Substitution von Primärbaurohstoffen durch Recyclingbaustoffe in Nordrhein-Westfalen

Auftraggeber:

Ministerium für Wirtschaft,
Mittelstand und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



bearbeitet von:



Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner
Ingenieurgesellschaft mbH, Aachen
Dr.-Ing. F. Schwarzkopp
Dipl.-Ing. S. Breier

unter Mitwirkung von
Prof. Dr.-Ing. R.-D. Stoll

Projekt-Nr.: 916708

15.12.2009

Gliederung

1 Veranlassung, Zielsetzung, Aufgabenstellung 5

1.1 Veranlassung 5

1.2 Zielsetzung 6

1.3 Aufgabenstellung und Erläuterungen zum Arbeitsvorgehen 7

2 Produktionsmengen der in NRW geförderten mineralischen Primärrohstoffe 1995-2008 12

2.1 Übersicht zur Bedeutung und Nutzung mineralischer Primärrohstoffe 12

2.1.1 Sand und Kies 14

2.1.2 Spezialkies und -sand 15

2.1.3 Naturstein 16

2.1.4 Kalkstein 17

2.1.5 Ton und Lehm 19

3 Mengen von Sekundärrohstoffen in der Baustoffindustrie und deren Verwendung in NRW 1995-2008 21

3.1 Ausgangsstoffe für das Baustoffrecycling 21

3.1.1 Anfall und Zusammensetzung mineralischer Abfälle in Deutschland 21

3.1.2 Anfall und Zusammensetzung mineralischer Bauabfälle in Nordrhein-Westfalen 24

3.2 Recyclingbaustoffe- und industrielle Nebenprodukte 29

3.2.1 Recyclingbaustoffe 29

3.2.2 Industrielle Nebenprodukte 34

3.2.2.1 Übersicht 34

3.2.2.2 Schlacken 35

3.2.2.3 Aschen, REA-/SAV-Produkte 39

3.2.2.4 Gießereialtsande 43

4 Rahmenbedingungen für den Einsatz von für die Baustoffindustrie relevanten Sekundärrohstoffen 46

4.1 Recyclingbaustoffe (RC-Baustoffe) 46

4.2 Industrielle Nebenprodukte (Schlacken, Aschen, Gießereialtsande) 50

4.3 Ausblick 51

5 Gegenüberstellung der Methoden zur Ermittlung des Bedarfs an mineralischen Primärrohstoffen 53

5.1 Vorbemerkungen 53

5.2 Methodendarstellung volkswirtschaftliche Bedarfsermittlung 54

5.3 Methodendarstellung unternehmensbezogene Bedarfsermittlung 56

5.4 Vergleich der Methoden zur Bedarfsermittlung 58

5.5 Bewertung des Abgrabungsmonitorings für das Land Nordrhein-Westfalen 59

6 Bedarfsprognose unter Berücksichtigung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen bis 2025 und Prognose der Substitutionsquote in NRW 62

6.1 Prognosegrundlagen, Methodik, Ansätze 62

6.2 Prognose der Bedarfsentwicklung an Primärrohstoffen und der Substitutionsquote bis 2025 70

6.2.1 Kiese und Sande 70

6.2.2 Spezialsande 71

6.2.3 Natursteine 73

6.2.4 Kalksteine 75

6.2.5 Ton und Lehm 77

6.3 Prognose des Anfalls von Sekundärrohstoffen bis 2025 79

6.3.1 Entwicklung der Recyclingproduktion 79

6.3.2 Verfügbarkeit von industriellen Nebenprodukten 83

6.4 Darstellung der Substitutionsquote ab 1995 und Prognose bis 2025 84

7 Ausblick auf die landes- und regionalplanerische Rohstoffsicherung 86

7.1 Übersicht und Bewertung der Entwicklung und der Auswirkung des Einsatzes von Recyclingbaustoffen für die primäre Rohstoffsicherung 86

7.2 Verbleibender Bedarf für die regionalplanerische Rohstoffsicherung 86

7.2.1 Kies und Sand 86

7.2.2 Spezialsand und -kies 87

7.2.3 Naturstein 87
7.2.4 Kalkstein 87
7.2.5 Ton/Lehm 88
7.3 Empfehlungen für die Landes- und Regionalplanung 88

8 Zusammenfassung 91

I Abbildungsverzeichnis 93

II Tabellenverzeichnis 95

III Quellenverzeichnis (Verweisquellen) 96

IV Weitere ausgewertete Quellen 98

1 Veranlassung, Zielsetzung, Aufgabenstellung

1.1 Veranlassung

Nordrhein-Westfalen ist das rohstoffreichste Bundesland, zugleich Produktions- und Verbrauchsschwerpunkt im Bereich „Steine und Erden“ sowie Standort einer leistungsstarken Rohstoffindustrie mit etwa 66.000 direkten und indirekten Arbeitsplätzen. Eine Vielzahl von weiter verarbeitenden Branchen ist auf diese Vorprodukte angewiesen.

Die Steine- und Erdenindustrie wird überwiegend von kleinen und mittleren Unternehmen getragen. Nur die Kalk- und Zementindustrie wird von Großbetrieben geprägt. Lagerstätten sind endlich und absolut standortgebunden. Ihre planmäßige, möglichst vollständige Nutzung ist daher im Sinne der Nachhaltigkeit geboten.

In vielen Fällen löst die Rohstoffgewinnung unvermeidliche Konflikte mit anderen Nutzungsansprüchen aus, insbesondere den Belangen des Natur-, Landschafts- und Wasserschutzes. Wegen des großen Bedarfs an mineralischen Rohstoffen und der hohen Bevölkerungs-, Siedlungs- und Infrastrukturdichte in Nordrhein-Westfalen ergibt sich zusätzliches Konfliktpotential. Als ein Beispiel dafür sei der raumbedeutsame, fortschreitende Sand- und Kiesabbau am Niederrhein genannt. Die Abwägung zwischen den unterschiedlichen Interessen und Erfordernissen soll gewährleisten, dass gegenwärtig und mit Blick auf nachfolgende Generationen die ausreichende Versorgung mit heimischen Rohstoffen sichergestellt wird, sofern und soweit diese vorhanden sind.

Bisherige Ausarbeitungen beziehen sich vorrangig auf das vorhandene Rohstoffpotenzial und die Notwendigkeit der Rohstoffsicherung (siehe, Rohstoffsicherung in Nordrhein-Westfalen, Arbeitsbericht 2005, [U1]). Sie analysieren und bewerten die volkswirtschaftliche Bedeutung der Steine- und Erdenvorkommen sowie die entsprechende Industrie in Nordrhein-Westfalen unter rohstofflichen und landesplanerischen Aspekten. Sie dokumentieren die rohstoffgeologische Situation, den ökonomischen, wirtschaftsstrukturellen und beschäftigungspolitischen Stellenwert dieser Gewinnungs- und Verarbeitungsbranchen als Grundlage für landes- und regionalplanerische Strategien und Entscheidungen.

Wegen der bestehenden Konflikte bei der Gewinnung von mineralischen Primärrohstoffen in Nordrhein-Westfalen und aus Sicht der Ressourcenschonung stellt sich die Frage nach einer weiteren Substitution durch Recyclingprodukte, auch Sekundärroh-

stoffe genannt. Diese Möglichkeiten werden mit dem hier vorgelegten Gutachten untersucht und bewertet.

1.2 Zielsetzung

Der Auftraggeber, das Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, ist zuständig für die Landesplanung. Die Regionalplanung ist bei den Bezirksregierungen und beim Regionalverband Ruhr angesiedelt.

Das nordrhein-westfälische Landesplanungsgesetz (LPlG) enthält keine inhaltlichen Festlegungen, welche die Grundsätze und Ziele der Raumordnung betreffen. Diese werden in einem Landesentwicklungsprogramm (LEPro) sowie in den Raumordnungsplänen, vgl. Landesentwicklungsplan (LEP), Regionalplan (RP), Regionaler Flächennutzungsplan (RFNP), und den Braunkohlenplänen (BrkP) dargestellt (§ 12 LPlG).

Im Rahmen der 2007 beschlossenen Novellierung des Landesentwicklungsplans Nordrhein-Westfalen (LEP 2025) sind u. a. die Nachhaltigkeitsgrundsätze in Bezug auf die Ziel-Formulierung zum Abbau heimischer Bodenschätze zu konkretisieren. Für die Rohstoffsicherung auf regionaler Ebene ist klarzustellen, dass zukünftig eine Privilegierung der Flächennutzung für den Abbau heimischer Rohstoffe unter besonderer Berücksichtigung anderweitiger Möglichkeiten der Bedarfserfüllung, insbesondere auch durch nachwachsende oder recycelte Ersatzstoffe, erfolgen kann. Mit der Einführung von Nachhaltigkeitsgrundsätzen in die Landesentwicklungsplanung soll einer weitgehend ungehinderten Flächeninanspruchnahme der Rohstoff fördernden Industrie vorgebeugt und die Substitution von Primärrohstoffen durch Innovation und die Verwendung von Recyclingstoffen unterstützt werden.

Mit dem vorliegenden Gutachten soll auf Basis belastbarer Daten des bisherigen Verbrauchs mineralischer Primärrohstoffe und des Einsatzes von Recyclingmaterialien in der Baustoffindustrie eine Prognose für die zukünftige Entwicklung in Nordrhein-Westfalen bis zum Jahr 2025 erfolgen. Diese soll Grundlage für Entscheidungen in der Landes- und Regionalplanung werden.

Insbesondere gilt es die Frage zu klären, ob in Zukunft ein höherer Recyclinganteil von Baustoffen bei den Steine- und Erden-Rohstoffen zu einem geringeren Flächenbedarf in der Rohstoffsicherung in Nordrhein-Westfalen führen kann. Diese Fragestellung wird seit längerem in diversen Gremien diskutiert. Mangels Datenmaterial konnten bislang nur Vermutungen über die Auswirkungen angestellt werden.

Hinsichtlich einer möglichen Erhöhung des Recyclinganteils sind sowohl der Gesamtanfall an geeigneten Ausgangsstoffen als auch die aufbereiteten Materialmengen darzustellen. Zusätzlich sind die Methoden zur Bedarfsbestimmung zu untersuchen und zu bewerten. Das beim Geologischen Dienst NRW angelegte Abgrabungsmonitoring ist hierbei mit einzubeziehen.

1.3 Aufgabenstellung und Erläuterungen zum Arbeitsvorgehen

Die Aufgabenstellung für die Bearbeitung umfasst folgende Arbeitsschwerpunkte:

1. Darstellung der Produktionsmengen (Zeitreihen und Diagramme) aller derzeit in Nordrhein-Westfalen geförderten mineralischen Primärrohstoffe (Rohstoffarten Kies/Sand, Spezialkies und -sand, Naturstein, Kalkstein, Ton/Lehm) und deren Verwendung ab 1995 bis 2008 für Nordrhein-Westfalen und Deutschland

2. Darstellung der Mengen (Zeitreihen und Diagramme) von Sekundärrohstoffen in der Baustoffindustrie und deren Verwendung ab 1995 bis heute für Nordrhein-Westfalen (Ausgangsstoffe, Recyclingbaustoffe, industrielle Nebenprodukte)

3. Rahmenbedingungen für den Einsatz von für die Baustoffindustrie relevanten Sekundärrohstoffen (bautechnische und umweltrechtliche Anforderungen)

4. Gegenüberstellung der Methoden zur Ermittlung des Bedarfs an mineralischen Primärrohstoffen und Ermittlung der Substitutionsquote in Nordrhein-Westfalen unter Berücksichtigung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen bis 2025

5. Ausblick auf die landes- und regionalplanerische Rohstoffsicherung.

Die Gutachtengliederung entspricht den o. g. Arbeitsschwerpunkten mit entsprechenden Untersetzungen.

Mit der Bearbeitung der Aufgabenstellung wurde nach Auftragserteilung und einer vereinbarten Anlaufbesprechung am 02.09.2009 begonnen. Auftraggeberseitig wurde ein Zeitraum von drei Monaten für die Durchführung zu Verfügung gestellt, so dass die Vorlage des Abschlussberichtes eine Frist zum 01.12.2009 hat. Zur Information des Auftraggebers wurden während der Bearbeitung zwei Termine durchgeführt sowie ein abschließender Termin angesetzt.

Es war vorgesehen, die Datenbasis für das Gutachten für den Zeitraum 1995-2008 aus Angaben der Wirtschafts- und Fachverbände sowie durch Auszüge aus den amtlichen Produktionsstatistiken zur monatlichen bzw. vierteljährlichen Produktionserhebung des Landes Nordrhein-Westfalen (bereitgestellt durch Information und Technik, IT NRW) und des Bundes (bereitgestellt durch das Statistische Bundesamt) zu generieren.

Der statistischen Erfassung für den genannten Zeitraum liegt ein hierarchisch nach Güterabteilungen, -klassen und -arten aufgebautes, EU-konformes Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 2002, zu Grunde. Dort sind die Angaben zu den mineralischen Primärrohstoffen in Abteilung 14 – Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse – und die Recyclingprodukte in Abteilung 37 – Sekundärrohstoffe – enthalten.

Die Recherche der amtlichen Produktionsstatistiken führte aus folgenden Gründen nicht zu plausiblen Ergebnissen:

1. Die Gliederung der Güterklassen des Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken (GP, maßgebend für den Erfassungszeitraum sind GP 1995 und GP 2002) entspricht nicht der Einteilung der Steine- und Erden-Rohstoffe nach Gesteinsarten/Lagerstätten und Verwendungszweck, welche für diese rohstoffspezifische Bearbeitung erforderlich ist. Deshalb ist eine vollständige Erfassung und Zuordnung der produzierten Steine- und Erden-Rohstoffe über die Produktionsstatistiken nicht möglich.

2. Die amtlichen Produktionsstatistiken erfassen Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steine und Erden, des verarbeitenden Gewerbes und von Unternehmen des produzierenden Gewerbes mit 20 und mehr Beschäftigten (Abschneidegrenze). Für Unternehmen ausgewählter Wirtschaftszweige, u. a. der Gewinnung von Naturwerksteinen und Natursteinen, von Sand und Kies sowie der Herstellung von Transportbeton, liegt die Abschneidegrenze bei 10 Beschäftigten. Unternehmen unterhalb der Abschneidegrenze werden nicht erfasst. Da insbesondere die Sand- und Kies-, sowie die Natursteinindustrie von mittleren und kleinen Unternehmen getragen wird, ist die amtliche statistische Produktionserfassung unvollständig.

3. Die Statistik weist für die einzelnen Güterarten die zum Absatz bestimmte Produktion durchgängig aus. Gesamtproduktion und Weiterverarbeitung werden bei 1.540 Positionen des Güterverzeichnisses zusätzlich getrennt nachgewiesen. Dies betrifft in der Abteilung 14 die Gütergruppen 1411 - Naturwerksteine, 1412 – Kalk-, Gips-

stein, Anhydrit, Kreide und Dolomit, 1413 – Tonschiefer und 1422 – Ton/Kaolin. Kiese und Sande sowie gebrochene Natursteine (außer Kalkstein) werden somit nicht mit ihren Weiterverarbeitungsanteilen erfasst.

4. Wegen des Gebotes der Geheimhaltung betrieblicher Einzelangaben werden in amtlichen Statistiken Daten für Erzeugnisse, die entweder von weniger als drei Unternehmen produziert wurden oder an deren Herstellung ein Unternehmen überwiegend beteiligt war, nicht veröffentlicht. Dies führt zu Fehlstellen bei einzelnen Güterarten und im Landesmaßstab Nordrhein-Westfalen z. B. zum Fehlen von Angaben zur Güterart „kieselsaure Sande und Quarzsande“ (Güterart 142111500).

Von einer Verwendung der amtlichen Produktionsstatistiken für die Ermittlung der produzierten mineralischen Primärrohstoffe im Zeitraum 1995-2008 wurde aus den genannten Gründen Abstand genommen. Diese wurden lediglich in Teilbereichen zur Überprüfung der Plausibilität anderer Datenquellen herangezogen.

Die Erfassung der mineralischen Primärrohstoffe 1995-2008 erfolgte über die branchenspezifischen Wirtschafts- und Fachverbände. Dazu wurden bei diesen Verbänden Daten zu Produktionsmengen erhoben. Die nicht gemeldeten Mengen und die Mengen von Nichtmitgliedern wurden von den Verbänden fachkundig eingeschätzt und im Rahmen der Bearbeitung durch die Gutachter auf Plausibilität geprüft. Fehlstellen in der Erfassung wurden auf Basis der Vorjahreszahlen und der Produktionsentwicklung der Verbandsmitglieder in den betreffenden Jahren interpoliert. Folgende Verbände wurden mit einbezogen:

- MIRO, Bundesverband Mineralische Rohstoffe e.V.
- BKS, Bundesverband der Deutschen Kies- und Sandindustrie e.V.
- BBS, Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.
- WBN - Wirtschaftsverband Baustoffe-Naturstein e.V.
- WVB -Wirtschaftsverband der Baustoffindustrie Nord-West e.V.
- BKRI - Bundesverband Keramische Rohstoffe und Industrieminerale e.V.
- Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
- DAV - Deutscher Asphaltverband e.V.

- BDZ - Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.
- Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V./Fachverband Kalksandsteinindustrie Nordrhein-Westfalen e. V.
- Fachverband Steinzeug Industrie e.V.
- BVK - Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.
- BRB - Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V.
- FEhS - Fachverband Eisenhüttenschlacken e. V.
- BVK - Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V.
- VGB - Vereinigung Großkraftwerksbetreiber e.V.
- IGAM – Interessengemeinschaft der Aufbereiter und Verwerter von HMVA.

Um Datenbereitstellung wurde bei den Fachverbänden schriftlich ersucht. Die erhaltenen Angaben der einzelnen Verbände zu den rohstoffbezogenen Produktionsmengen und zu den Recyclingbaustoffen wurden von den Gutachtern zusammengestellt, mit den Fachverbänden diskutiert und einer Plausibilitätsprüfung unterzogen.

Da einige Verbände keine nach Bundesländern differenzierten Daten erfassen, war es erforderlich, teilweise die Mengen für Gesamtdeutschland nach geschätzten Produktionsanteilen in Nordrhein-Westfalen aufzuteilen (z. B. Kalkstein für Kalk, Zement). Dies erfolgte in enger Abstimmung mit den jeweiligen Bundesverbänden. Die in Ton/Lehm enthaltenen Ziegeltonmengen wurden aus der produzierten Ziegelmenge hochgerechnet, da der Verband keine Produktionsmengen von Ton und Lehm erhebt und diese auch nicht aus der Produktionsstatistik abzuleiten sind.

Die Mengen der Ausgangstoffe für das Recycling sowie die Mengen der industriellen Nebenprodukte wurden aus der amtlichen Abfallstatistik generiert. Da die umweltstatistischen Angaben nicht durch eine Abschneidegrenze beeinträchtigt sind und nicht der Geheimhaltung unterliegen, wurden diese ohne Anpassungen verwendet. Schwierigkeiten bestanden lediglich in der Auswahl und Zuordnung der Abfallschlüssel, da sich diese im Erfassungszeitraum durch die europäische Harmonisierung veränderten (Abfallartenkatalog der LAGA bis 1998, Europäischer Abfallkatalog EAK bis 2001, Europäisches Abfallverzeichnis (EAV) ab 2002). Abfälle, die als gefährlich eingestuft sind bzw.

gefährliche Stoffe enthalten können, wurden als nicht recyclinggeeignet eingestuft und daher nicht berücksichtigt. Zusätzlich erfolgte auch hier eine Einbeziehung von Verbandsdaten, insbesondere zur Erfassung des Anfalls industrieller Nebenprodukte.

Seitens der Gutachter erfolgte eine Plausibilitätskontrolle durch Vergleich der Mengenangaben der Verbände mit den amtlichen Statistiken und anderen Quellen/Veröffentlichungen. Die Darstellungen zu Produktion und Einsatz von mineralischen Primärrohstoffen und Recyclingmaterial erfolgten auf Basis dieser abgestimmten und überprüften Mengenangaben.

2 Produktionsmengen der in NRW geförderten mineralischen Primärrohstoffe 1995-2008

2.1 Übersicht zur Bedeutung und Nutzung mineralischer Primärrohstoffe

Die Bundesrepublik Deutschland als eines der führenden Industrieländer ist Großverbraucher mineralischer Rohstoffe. Während die Bedarfsdeckung bei Metallrohstoffen und bestimmten Energierohstoffen sehr stark von Importen abhängt, ist Deutschland bei den Baurohstoffen, insbesondere bei Kies/Sand und Naturstein weitgehend autark. Die Versorgung mit mineralischen Rohstoffen erfolgt, bis auf sehr spezielle Ausnahmen, praktisch aus eigenen Vorkommen. Mineralische Rohstoffe sind in allen Wirtschaftsbereichen und im privaten Gebrauch unverzichtbar.

Die Versorgung des Landes mit mineralischen Rohstoffen im Sinne der Daseinsvorsorge ist Voraussetzung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft eines Landes und damit unerlässlich für die Sicherung des Wohlstandes. Die Rohstoffgewinnung muss dem Grundsatz der Nachhaltigkeit genügen, das heißt, sie muss Lagerstätten möglichst vollständig nutzen und außerdem ökologisch, ökonomisch und sozial verträglich erfolgen. Es ist wichtig, dass die Rohstoffsicherung angesichts ihrer wirtschaftlichen, sozialen und damit gesamtgesellschaftlichen Bedeutung bei Abwägungsentscheidungen entsprechend berücksichtigt wird.

Nach § 8 Abs. 5 Nr. 2b des Gesetzes zur Neufassung des Raumordnungsgesetzes und zur Änderung anderer Vorschriften (GeROG vom 22.12.2008) sollen Raumordnungspläne insbesondere Festlegungen zur Raumstruktur, u. a. zu “Nutzungen im Freiraum, wie Standorte für die versorgende Sicherung sowie die geordnete Aufsuchung und Gewinnung von Standort gebundenen Rohstoffen", enthalten.

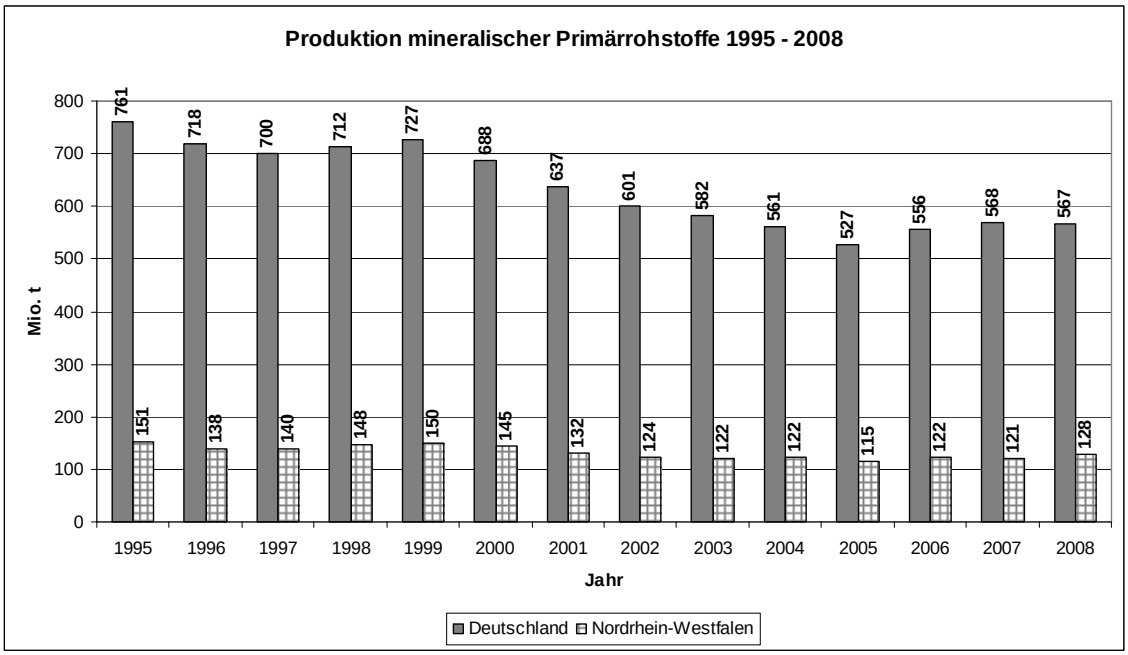
Der für die mittel- und langfristige Rohstoffsicherung erforderliche Flächenbedarf wird insgesamt nach Untersuchungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe auf nur wenig über 1 % der Fläche der Bundesrepublik Deutschland geschätzt, wobei der jährlich jeweils in Abbau stehende Flächenanteil weit unter 0,01 % liegt. Diese Flächen werden außerdem im Gegensatz zum Siedlungs- und Verkehrswegebau nicht auf Dauer in Anspruch genommen, sondern nach Abbauende und gesetzlich vorgeschriebener Rekultivierung einer Folgenutzung zugeführt.

Die Gesamtförderung an mineralischen Rohstoffen liegt bundesweit derzeit bei über 500 Mio. t/a. Die Abbildung 1 zeigt die Entwicklung im Zeitraum 1995-2008. Danach fiel die Gesamtproduktion mineralischer Rohstoffe nach der Vereinigung der beiden

deutschen Staaten von einem Niveau von über 700 Mio. t/a auf ein mittleres Niveau von rd. 550 Mio. t/a. Dieses Niveau wird mit wirtschaftszyklisch bedingten Schwankungen seit ca. 2003 gehalten. Der derzeitige Pro Kopf-Verbrauch mineralischer Rohstoffe liegt bundesweit betrachtet bei rd. 6,7 t/a und Einwohner (Vergleich 1995: 9,1 t/a und Einwohner).

Die Hauptfördermengen an mineralischen Rohstoffen liegen etwa jeweils zur Hälfte bei Sand und Kies sowie Natursteinen für die Produktion von Baustoffen. Zusammen machen sie rd. 85 % der bundesweit geförderten Mengen aus.

Abbildung 1 Produktionsmengen mineralische Primärrohstoffe BRD und NRW 1995-2008



Die Produktion mineralischer Rohstoffe in Nordrhein-Westfalen folgt diesem Trend. Seit 2003 liegt die Produktion mineralischer Rohstoffe in Nordrhein-Westfalen bei durchschnittlich 120 Mio. t /a, was einem bundesweiten Anteil von rd. 22 % entspricht.

Die Anteile von Sand und Kies sowie der Natursteine für die Produktion von Baustoffen liegen zusammen bei rd. 78 % und damit etwas unter dem Bundesdurchschnitt. In Nordrhein-Westfalen wird ein überdurchschnittlicher Anteil an mineralischen Rohstoffen für andere industrielle Zwecke eingesetzt (Kalk-, Zement-, Stahlproduktion, Chemie, Umwelttechnik etc.).

Der Pro-Kopf-Verbrauch mineralischer Rohstoffe in Nordrhein-Westfalen liegt bei rd. 7,1 t/a und Einwohner (Vergleich 1995: 8,4 t/a und Einwohner) und damit geringfügig über dem aktuellen Bundesdurchschnitt von 6,7 t/a und Einwohner.

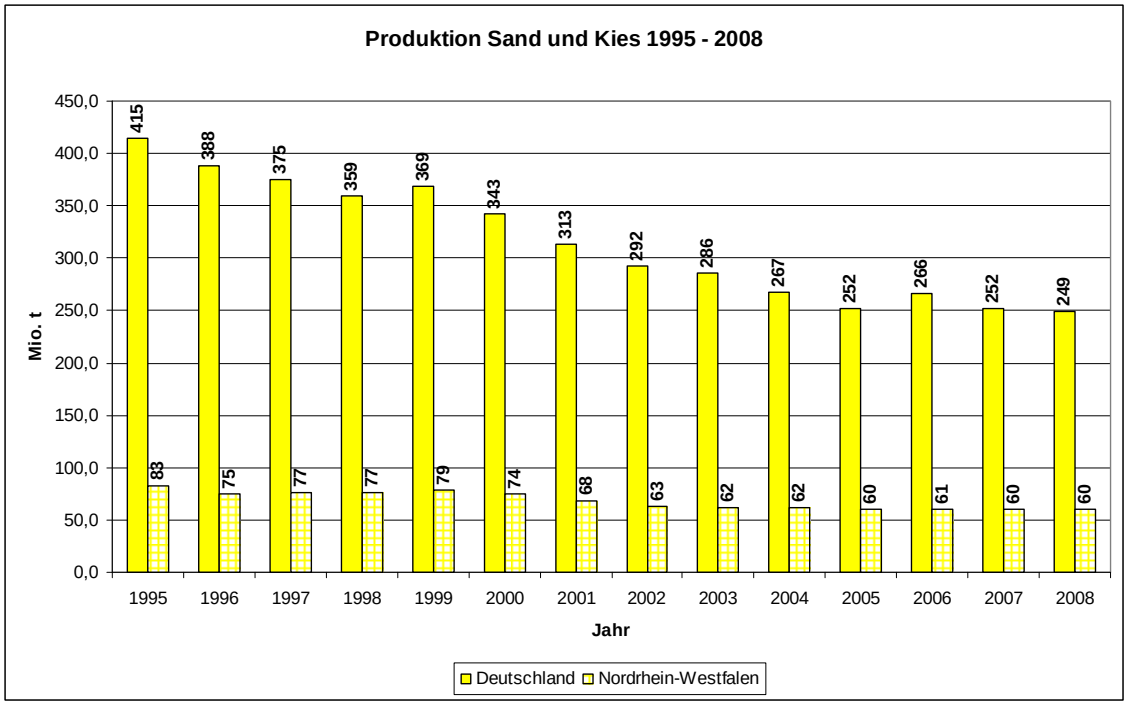
2.1.1 Sand und Kies

Die hier betrachteten Bausande und –kiese werden zu ca. 65 % im Hochbau und ca. 35 % im Tiefbau eingesetzt. Typische Einsatzgebiete sind die Herstellung von Beton, Mörtel und Estrichen, Asphalt, Drainage-, Frostschutz- und Tragschichten sowie die Verwendung als Filtersand und Filterkies.

Die Produktion von Sand und Kies ist im Zeitraum 1995-2008 bundesweit von 415 Mio. t/a auf 249 Mio. t/a gesunken (-40 %). Seit ca. 2005 wird ein Niveau von rd. 250 Mio. t/a gehalten.

Im gleichen Zeitraum beträgt die Abnahme in Nordrhein-Westfalen 27 %. Der vergleichsweise geringere Produktionsrückgang bei Sand und Kies ist auf eine niedrigere Abhängigkeit der Produktion in Nordrhein-Westfalen vom Aufbau Ost sowie durch einen stabilen regionalen Bedarf infolge der schrittweise nachzuholenden Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen und des Exportanteils zurückzuführen.

Abbildung 2 Produktionsmengen Sand und Kies BRD und NRW 1995-2008



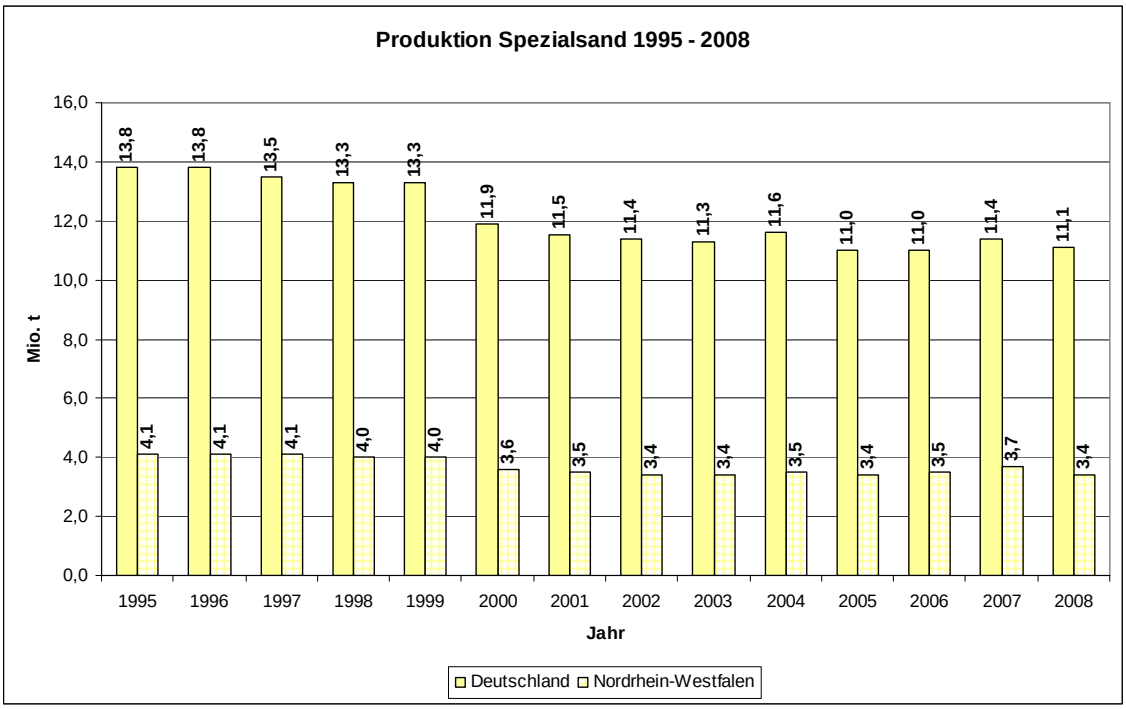
2.1.2 Spezialkies und -sand

Spezialsande werden vorrangig als Glassand, Gießereisand und als Füllstoffe in chemischen und bauchemischen Produkten eingesetzt. Die Spezialkiese werden für Filter- und Zierkiese sowie als Siliziumträger in der Elektroindustrie genutzt.

Im Zeitraum 1995-2008 ist die Spezialkies- und -sandproduktion (im Folgenden als Spezialsand zusammengefasst) bundesweit von 13,8 Mio. t/a auf 11,1 Mio. t/a gesunken (-20 %). Seit ca. 2005 wird dieses Niveau gehalten.

Der Produktionsrückgang bei Spezialsand in Nordrhein-Westfalen korreliert mit der bundesweiten Entwicklung. Wirtschaftzyklische Schwankungen bei der Spezialsandproduktion sind kaum erkennbar.

Abbildung 3 Produktionsmengen Spezialsand BRD und NRW 1995-2008



2.1.3 Naturstein

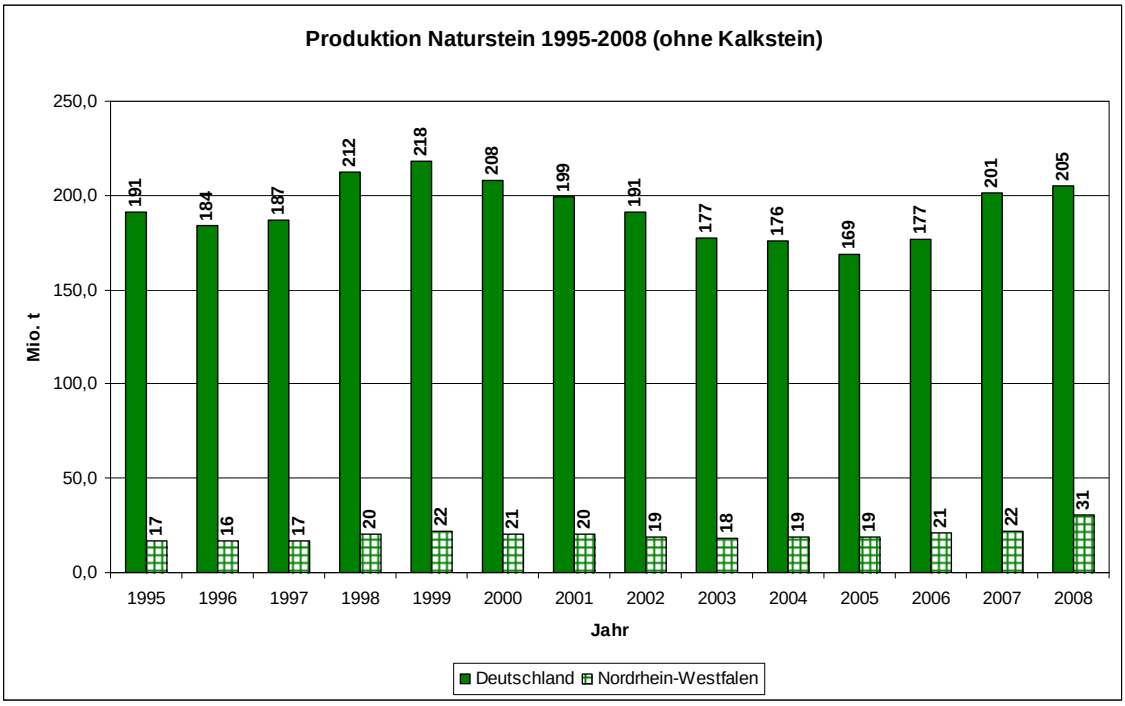
Die Natursteine werden überwiegend als gebrochene bzw. gemahlene Produkte eingesetzt. Naturwerksteine sind mengenmäßig stark untergeordnet. Typische Einsatzgebiete für Natursteine sind die Herstellung von Trag-/Deckschichten, Gleisbettschotter, Wasserbausteinen, Asphalt, Beton und Mörtel sowie verschiedensten Naturwerksteinprodukten.

Unter Naturstein wurden entsprechend der Aufgabenstellung Grauwacke und Sandstein sowie Basalt und Diabas zusammengefasst. Die Darstellung der Produktionsmengen an Naturstein berücksichtigt den Kalkstein nicht. Der Kalkstein soll aus landesplanerischer Sicht getrennt dargestellt werden. Eine vollständige Trennung bei der Erfassung ist infolge der sehr differenzierten Organisation der Kalkstein produzierenden Unternehmen in verschiedenen Wirtschafts- und Fachverbänden nicht möglich.

Das Produktionsniveau von Naturstein (ohne Kalkstein) in Deutschland im Zeitraum 1995-2008 liegt in einer durchschnittlichen Größenordnung von rd. 195 Mio. t/a. Die jährliche Produktionshöhe unterliegt wirtschaftszyklischen Schwankungen, so dass Werte von 169 – 218 Mio. t auftreten.

Die jährliche Natursteinproduktion in Nordrhein-Westfalen im gleichen Zeitraum lag bei gleich bleibend rd. 20 Mio. t. mit Schwankungen zwischen 16,4 – 30,8 Mio. t. Wirtschaftszyklische Schwankungen haben weniger Einfluss auf die Produktion genommen. 2008 wird eine überdurchschnittliche Produktion von 30,8 Mio. t erreicht, was auf die massiven Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen an den Autobahnen zurückzuführen ist.

Abbildung 4 Produktionsmengen Naturstein BRD und NRW 1995-2008



2.1.4 Kalkstein

Kalkstein wird sehr vielfältig genutzt. Die Verwendungen werden nach der Art der Weiterverarbeitung unterschieden.

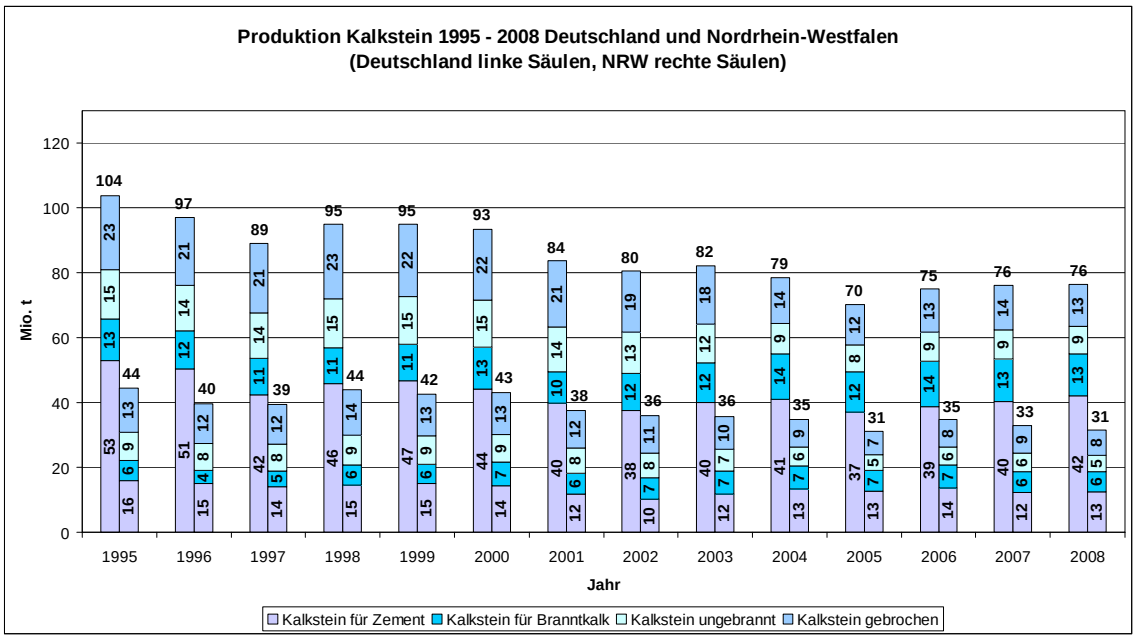
Die Kalksteinproduktion in der Abbildung 5 untergliedert sich in:

- Kalkstein für Baustoffe (Schotter/Splitt, Werkstein)
- Kalkstein, ungebrannt für industrielle Anwendungen
- Kalkstein für die Zementklinkerherstellung
- Kalkstein für die Kalkherstellung (Brennprozess).

Das Produktionsniveau von Kalkstein in der Bundesrepublik insgesamt fiel im Zeitraum 1995-2008 von 104 auf 76 Mio. t/a (-27 %). Die jährliche Produktionshöhe unterlag deutlichen wirtschaftszyklischen Schwankungen, so dass Werte von 70 - 104 Mio. t auftreten. Ab 2001 liegt das Produktionsniveau bei nahezu 80 Mio. t/a.

Die Kalksteinproduktion in Nordrhein-Westfalen macht einen Anteil von 41-47 % der Gesamtproduktion in Deutschland aus. Sie fiel im betrachteten Zeitraum in analoger Größe und liegt seit 2001 auf einem Niveau von rd. 25 Mio. t. Wirtschaftszyklische Schwankungen hatten gleichfalls Einfluss auf die jährlichen Produktionsmengen.

Abbildung 5 Produktionsmengen Kalkstein BRD und NRW 1995-2008



Während bundesweit rd. 50 % des produzierten Kalksteins für die Zementherstellung eingesetzt wurden, waren es in Nordrhein-Westfalen nur zwischen 30 % und 40 %. Ein erheblicher Anteil wurde für andere industrielle Anwendungen produziert. Dies ist besonders ausgeprägt zwischen 1995 und 2000 und weist auf den verstärkten Einsatz von Kalkstein aus Nordrhein-Westfalen für die Stahlproduktion sowie Bau- und Umweltprojekte beim Aufbau Ost hin. Ab 2003 stehen die Produktionsanteile dann in etwa gleichem Verhältnis wie der bundesweite Durchschnitt.

2.1.5 Ton und Lehm

Ton und Lehm ist zu unterscheiden in:

- Spezialtone für keramische und Feuerfesterzeugnisse
- Tone/Lehme für die Ziegelherstellung (Dachziegel, Mauerziegel, Pflasterziegel).

Angaben über die jeweiligen Mengen liegen getrennt vor. In Abbildung 6 wurden nur die Gesamtmengen dargestellt. Die Spezialtone erfordern besondere Qualitäten, machen aber nur bis zu 20 % der produzierten Ton- und Lehmmengen aus. Die mengenmäßige Produktionsentwicklung wird maßgeblich durch den Ziegeltonanteil bestimmt. Dieser ist wiederum überwiegend direkt an den Hochbau gekoppelt und damit stark abhängig von Wirtschaftszyklen. Die Ziegeltonmengen wurden über die Ziegelproduktion ermittelt, da Produktionsdaten vom Bundesverband Ziegel nicht erhoben werden.

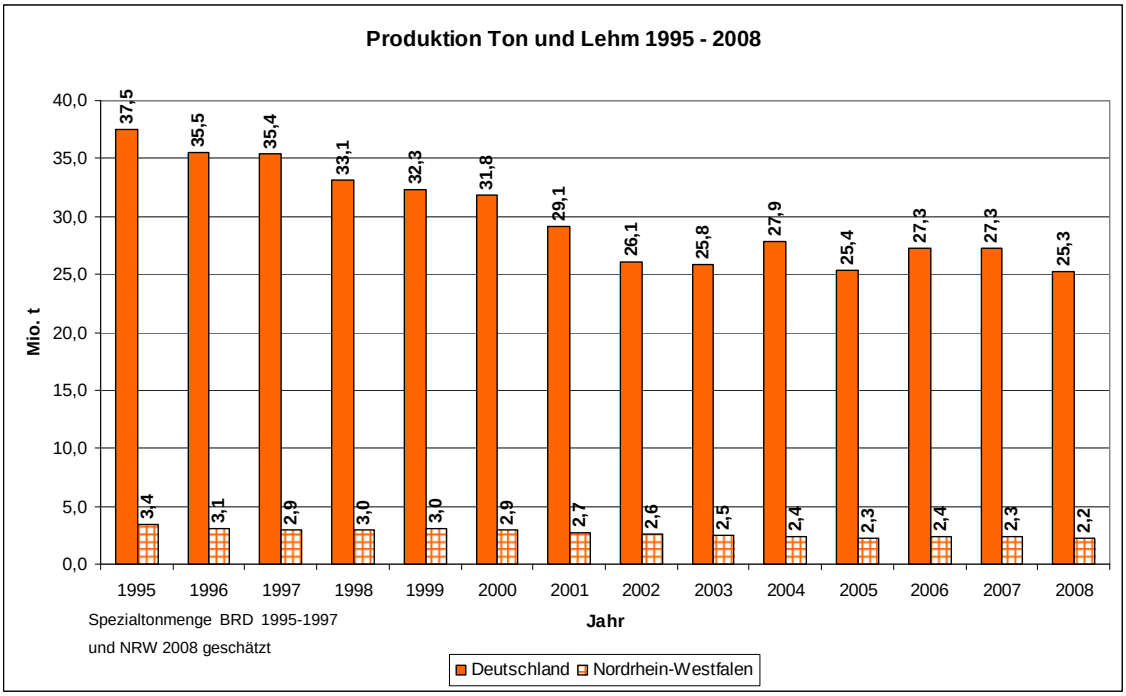
Die Schwankungen der bundesweiten Produktionsentwicklung lassen deutlich die starke Marktabhängigkeit erkennen.

Die deutschlandweit im Zeitraum 1995-2008 produzierten Ton- und Lehmmengen liegen bei rd. 30 Mio. t mit einer Schwankungsbreite zwischen 25,3 - 37,5 Mio. t. Von 1995 bis 2008 ist die produzierte Ton- und Lehmmenge von 37,5 auf 25,3 Mio. t gefallen (-33 %), da die Ziegelproduktion rückläufig war. Seit 2002 ist ein gleich bleibendes Niveau um etwa 26 Mio. t zu verzeichnen.

Die Ton- und Lehmproduktion in Nordrhein-Westfalen zeigt die gleiche Tendenz und ist von 3,4 Mio. t im Jahr 1995 auf 2,2 Mio. t im Jahr 2008 gefallen (-35 %). Hier ist gleichfalls die anhaltend rückläufige Ziegelproduktion die Ursache.

Die Ton- und Lehmproduktion in Nordrhein-Westfalen liegt bei rd. 10 % der in Deutschland produzierten Menge. Nordrhein-Westfalen ist mengenmäßig kein Hauptproduzent von Ton- und Lehmrohstoffen in Deutschland. Die Mengen geben keine Hinweise zur qualitativen Beschaffenheit der produzierten Tonrohstoffe.

Abbildung 6 Produktionsmengen Ton und Lehm BRD und NRW 1995-2008



3 Mengen von Sekundärrohstoffen in der Baustoffindustrie und deren Verwendung in NRW 1995-2008

3.1 Ausgangsstoffe für das Baustoffrecycling

3.1.1 Anfall und Zusammensetzung mineralischer Abfälle in Deutschland

Die Entwicklung des Recyclings und die umweltgerechte Verwertung von mineralischen Bauabfällen werden in Deutschland seit 1996 durch Monitoringberichte der Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (ARGE KWTB) dokumentiert. Diese werden im 2-jährigen Turnus angefertigt und dem Bundesumweltministerium übergeben.

Die ARGE KWTB (Organisation und Mitglieder siehe unter www.arge-kwtb.de) ist eine freiwillige Brancheninitiative, in der sich die am Bau beteiligten Wirtschaftsverbände zusammengeschlossen haben. Ihr übergeordnetes Ziel ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen.

Die ARGE KWTB hat sich 1995 formiert und ist 1996 gegenüber der Bundesregierung die Selbstverpflichtung eingegangen, die bisher auf Deponien abgelagerte, aber verwertbare Menge an Bauabfällen bis zum Jahr 2005 zu halbieren. Die von der ARGE KWTB eingegangene Selbstverpflichtung wird seit 1996 kontinuierlich erfüllt.

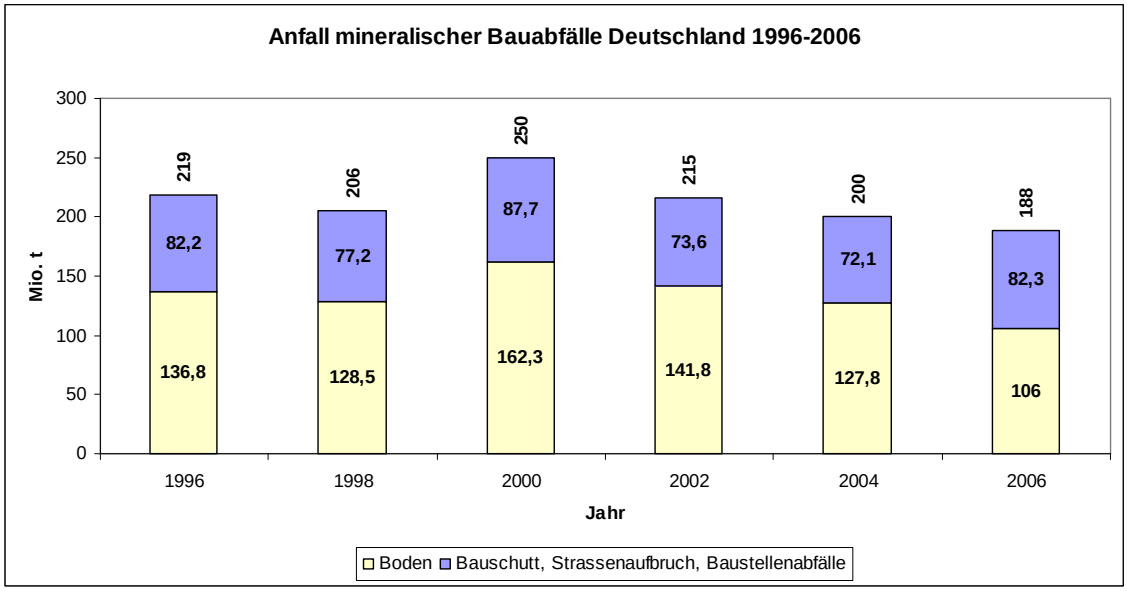
Der 5. Monitoringbericht der ARGE KWTB vom 28.02.2007 bildet den vorläufigen Abschluss der Selbstverpflichtung. Ob eine neue Vereinbarung zwischen der Bau-, Baustoff- und Recyclingindustrie und der Bundesregierung erforderlich ist und getroffen wird, steht derzeit noch nicht fest. Dies wird insbesondere davon abhängen, welche Neuregelungen der Gesetz- und Verordnungsgeber im Zuge der Überarbeitung der Bundesbodenschutzverordnung und der Erarbeitung einer Bundesverwertungsverordnung (sog. Ersatzbaustoffverordnung) vornehmen wird. Die ARGE KWTB und die Berichtstätigkeit werden ohne Bestehen einer entsprechenden Vereinbarung vorläufig weiter geführt.

Es wurden bisher fünf Berichte für die Jahre 1996, 1998, 2000, 2002 und 2004 erarbeitet und veröffentlicht. Der sechste, derzeit in Erarbeitung befindliche Bericht für 2006 wurde von der Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e. V. auszugsweise bereit gestellt und in die hier vorgelegte Bearbeitung aufgenommen. Die im 5. KWTB-Monitoringbericht enthaltene 10-Jahresübersicht wurde mit den Daten des 6. Berichts

ergänzt und in Abbildung 7 bis Abbildung 9 dargestellt. Die Berichte enthalten keine Angaben zu einzelnen Bundesländern.

In Deutschland fallen pro Jahr durchschnittlich 213 Mio. t mineralische Abfälle aus Bau- und Rückbaumaßnahmen an. Davon sind durchschnittlich 79 Mio. t (37 %) Rückbaumaterialien und Bauabfälle sowie 134 Mio. t (63 %) Boden- und Gesteinsaushub (Abbildung 7).

Abbildung 7 Anfall mineralischer Bauabfälle in Deutschland 1996-2006 (Quelle: 5. KWTB-Monitoringbericht, ergänzt mit Daten des 6. Berichts,[U 2])



Darüber hinaus entstehen in Deutschland bei industriellen Produktionsprozessen mineralische Nebenprodukte in Höhe von ca. 25-30 Mio. t Aschen und Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen und Kraftwerken. Weitere ca. 15 Mio. t Schlacken und Stäube fallen bei der Metallerzeugung an, welche für die Rückgewinnung von Metallen und Mineralen interessant sind (Details dazu siehe Punkt 3.2.2 – Industrielle Nebenprodukte). Diese werden in den Monitoringberichten der ARGE KWTB nicht erfasst.

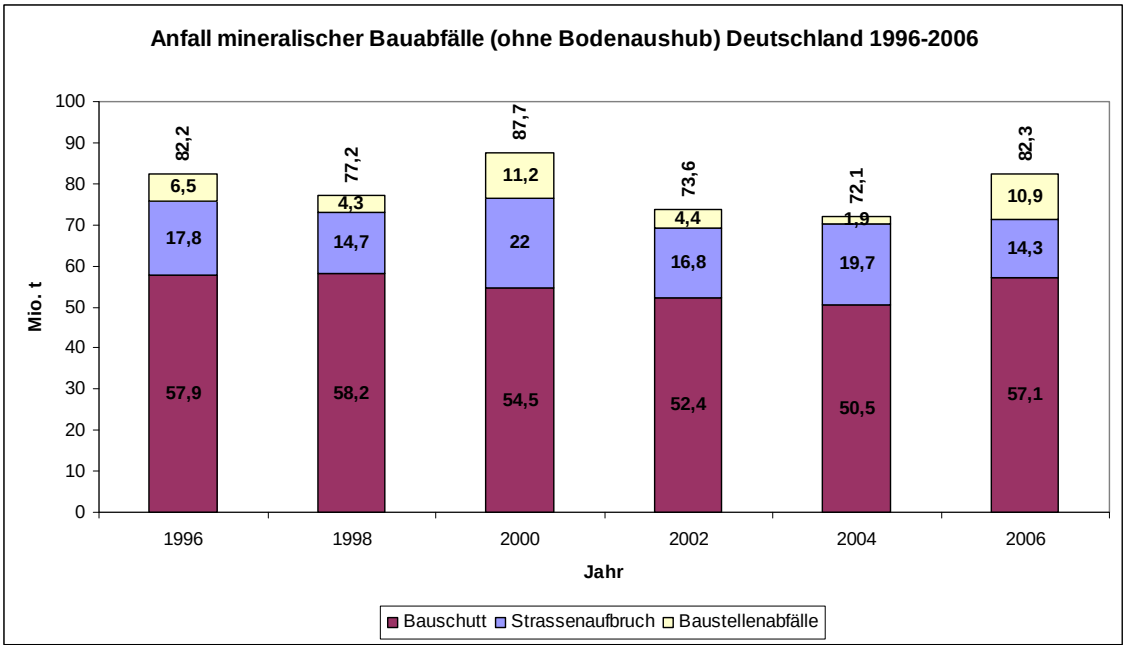
Die qualitative Bewertung der aus Baumaßnahmen stammenden mineralischen Abfälle in Deutschland zeigt, dass mehr als die Hälfte Bodenaushub ist. Bodenaushub wird nicht bei der Recyclingquote berücksichtigt, da sich diese ausschließlich auf die Wiederverwendung von mineralischen Baustoffen bezieht.

Bei Betrachtung der mineralischen Rückbaumaterialien ohne Boden ist für den 10-Jahreszeitraum festzustellen, dass sich diese überwiegend aus Bauschutt (70 %) und Straßenaufbruch (rd. 22 %) zusammensetzen. Die Baustellenabfälle machen nur rd.

8% des Anfalls aus. Die Verteilung der Hauptbestandteile Bauschutt und Straßenaufbruch veränderte sich im Zeitverlauf nur marginal und für die Verwertung unwesentlich. Die Baustellenabfälle sind, abgesehen von den Jahren 2000 und 2006, untergeordnet (Abbildung 8).

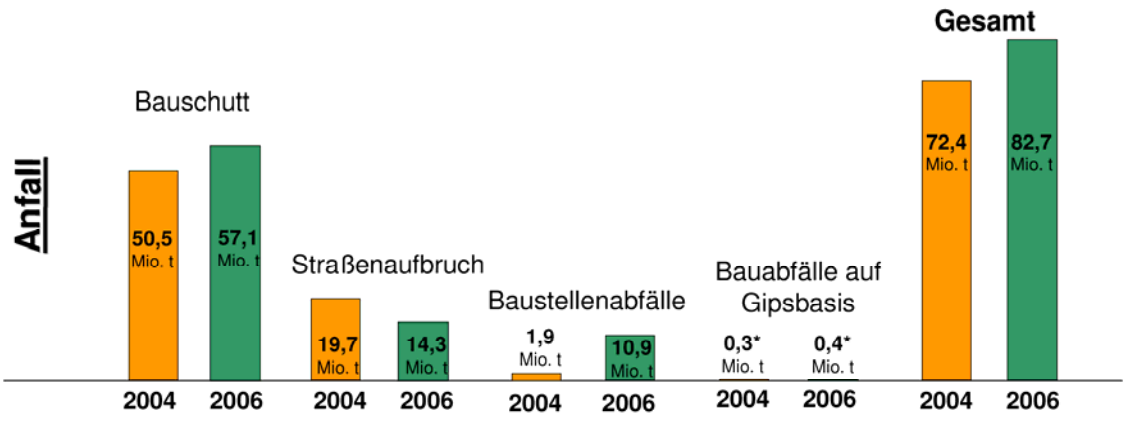
Die Abfallschlüsselnummern der KWTB-Monitoringberichte sind gleichfalls die Grundlage dieser Bearbeitung (siehe Pkt. 3.1.2). Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse beider Bearbeitungen ist somit gegeben.

Abbildung 8 Anfall mineralischer Bauabfälle (ohne Bodenaushub) Deutschland 1996-2006 (Quelle: 5. KWTB-Monitoringbericht, ergänzt mit Daten des 6. Berichts,[U 2])



Mit der Abbildung 9 soll am Beispiel der Jahre 2004 und 2006 verdeutlicht werden, dass die im Rahmen dieser Arbeit mit zu untersuchenden Bauabfälle auf Gipsbasis mengenmäßig im Anfall stark untergeordnet sind (0,4 - 0,5 % des Gesamtanfalls mineralischer Rückbaumaterialien) und praktisch keine Rolle im Recyclingprozess spielen. Die zukünftige Entwicklung wird im Prognoseteil bewertet. Gips aus der Rauchgasentschwefelung von Braunkohlekraftwerken (REA-Gips) wird hier nicht betrachtet.

Abbildung 9 Struktur mineralischer Bauabfälle Deutschland 2004/2006 (Quelle: 6. Monitoring-Bericht, Vorabzug, [U 2])



Aus der Abbildung 9 ist ein deutlicher Anstieg des Anteils der Baustellenabfälle zwischen 2004 und 2006, in etwa der gleichen Größe wie zwischen 1998 und 2000, zu erkennen. Da in den Baustellenabfällen nach den KWTB-Monitoringberichten nur rd. 5 % mineralisches Material enthalten sind, wirken sich die Schwankungen kaum auf das Dargebot an mineralischen Ausgangsmaterialien für den Recyclingprozess aus.

Für den Zeitraum 1996-2006 ergibt sich ein durchschnittlicher Anfall mineralischer Bauabfälle in Deutschland ohne Bodenaushub von rd. 79 Mio. t/a mit einer Schwankungsbreite zwischen 72-88 Mio. t/a. Davon wurden durchschnittlich 72,5 % durch Recycling aufbereitet, weitere rd. 17,5 % auf Deponien, im Bergbau und bei öffentlichen Baumaßnahmen (Rekultivierung, Lärmschutzwälle, Deichbau etc.) direkt verwertet sowie 10 % deponiert.

Auf Details der einzelnen untersuchten Jahre für Deutschland insgesamt soll hier nicht eingegangen werden. Diese können den veröffentlichten KWTB-Monitoringberichten entnommen werden (http://www.arge-kwtb.de/home.htm).

3.1.2 Anfall und Zusammensetzung mineralischer Bauabfälle in Nordrhein-Westfalen

Die Erfassung der Anfallmengen mineralischer Bauabfälle ohne Bodenaushub in Nordrhein-Westfalen erfolgte gemäß Aufgabenstellung mittels einer differenzierten Erhebung nach den in den KWTB-Monitoringberichten angegebenen Abfallschlüsseln bei „Information und Technik Nordrhein-Westfalen“ (IT NRW) für:

- Bauschutt (Abf.Schl.-Nr.:1701) aus:
  - Beton (Abf.Schl.-Nr.:170101)
  - Ziegel (Abf.Schl.-Nr.:170102)
  - Fliesen, Ziegel, Keramik (Abf.Schl.-Nr.:170103)
  - Gemische aus Beton, Ziegel, Fliesen, und Keramik (Abf.Schl.-Nr.:170107)
- Straßenaufbruch - Bitumengemische (Abf.Schl.-Nr.:170302)
- Bauabfälle auf Gipsbasis (Abf.Schl.-Nr.:170802).

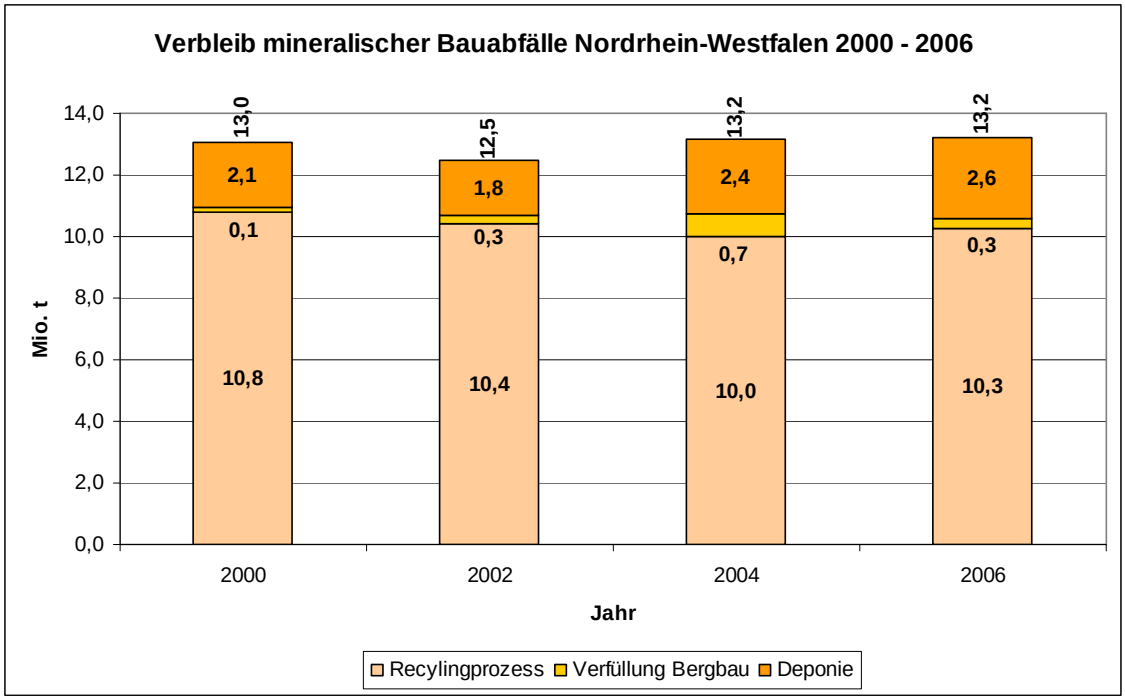
Zusätzlich wurden die verfügbaren “Statistischen Berichte – Daten zur Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen des Zeitraums 1999 – 2007“ ausgewertet.

Eine Differenzierung der Bauschuttmengen entsprechend der einzelnen Abfallschlüsselnummern ist aus der amtlichen Umweltstatistik ab 2004 für die in Abfallentsorgungsanlagen entsorgten Mengen möglich. Eine Differenzierung für die Ausgangsstoffe des Recyclings ist auf Basis der von IT NRW bereit gestellten Daten und der Statistikberichte nicht gegeben. Die Darstellung erfolgt daher nach den o. g. Hauptgruppen Bauschutt und Straßenaufbruch. Bauabfälle auf Gipsbasis, welche in den Recyclingprozess eingingen, liegen für Nordrhein-Westfalen nur für 2006 vor (4.098 t) und werden in den folgenden Abbildungen nicht dargestellt. Sie werden erst mit dem Abfallkatalog auf Basis des Europäischen Abfallverzeichnisses seit 2004 erfasst.

Die Erhebung der in Recyclingprozessen eingesetzten mineralischen Abfälle in Nordrhein-Westfalen durch die amtliche Statistik erfolgt zweijährig im Rhythmus der KWBT-Erhebungen. Daten liegen analog der KWTB-Monitoringberichte von 1996-2006 vor. Durch Erfassungslücken und Zuordnungsänderungen, insbesondere zwischen 1996-2002, ist die Vergleichbarkeit tlw. eingeschränkt und Darstellungen nicht immer vollständig umsetzbar. In Einzelfällen wurden unvollständig erfasste Jahre unter Hinweis auf die entsprechenden Fehlstellen mit aufgenommen. Werte von 2008 sind noch nicht verfügbar.

Die folgende Abbildung 10 zeigt den Anfall und Verbleib mineralischer Abfälle in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 2000 – 2006. Die Darstellung berücksichtigt Bauschutt, Straßenaufbruch, dann Gemische aus Bauschutt und Boden sowie anteilig die Baustellenabfälle (mineralischer Anteil von 5 %, entsprechend KWBT Bericht). Reiner Bodenaushub ist in dieser Darstellung nicht berücksichtigt.

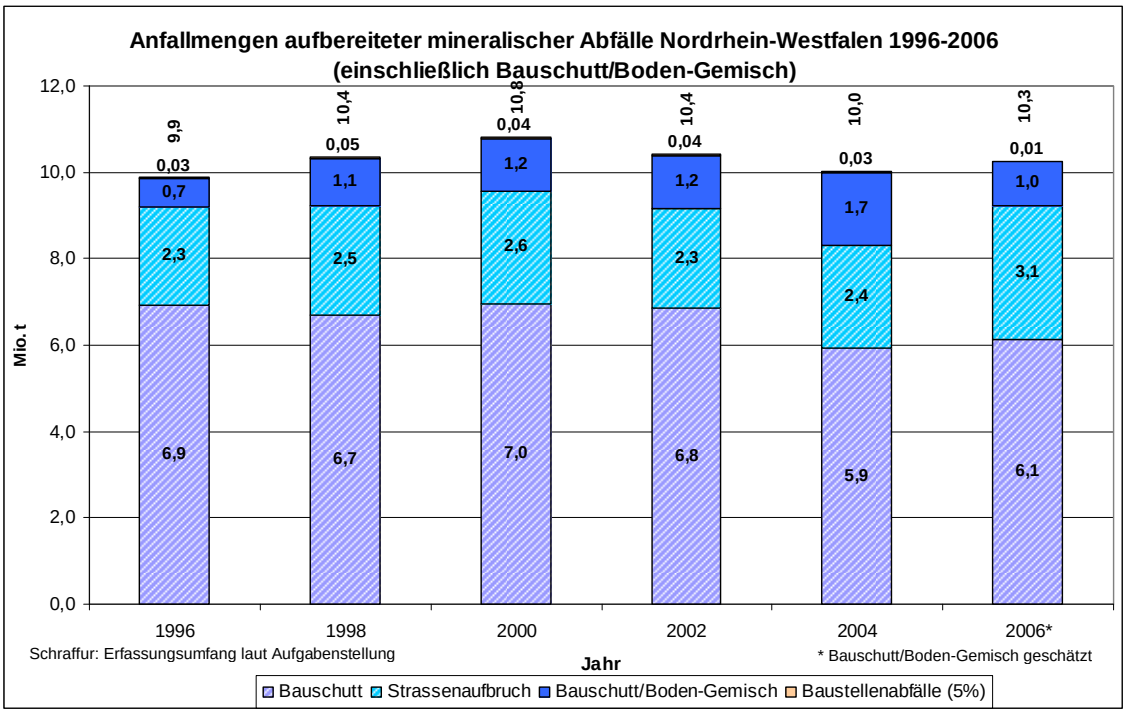
Abbildung 10 Verbleib mineralischer Abfälle Nordrhein-Westfalen 2000 – 2006



In Nordrhein-Westfalen wurden im Zeitraum 2000 – 2006 jährlich zwischen 10 und 11 Mio. t mineralischer Bauabfälle dem Recycling zugeführt (Boden/Bauschutt-Gemische mit einbezogen). Dies entspricht 75 – 83 % der Gesamtmenge mineralischer Baubfälle (Recyclingquote). Die Verwertung von mineralischen Bauabfällen im Bergbau lag zwischen 0,1 – 0,7 Mio. t und ist damit vernachlässigbar gering. Ein Anteil zwischen 1,8 – 2,6 Mio. t (14 – 22 %) mineralischer Bauabfälle wurde deponiert bzw. auf Deponien verwertet.

Die Abbildung 11 zeigt aufgeschlüsselt die verwertbaren mineralischen Bauabfälle in Nordrhein-Westfalen von 1996 – 2006 ohne Berücksichtigung des in den Recyclinganlagen mit aufbereiteten und anschließend verwerteten reinen Bodenaushubs.

Abbildung 11 Anfallmengen mineralische Abfälle Nordrhein-Westfalen 1996-2006



Die Anfallmengen in Recyclinganlagen aufbereiteter mineralischer Abfälle einschließlich zusätzlich aufbereiteter Boden/Bauschutt-Gemische liegen im betrachteten Zeitraum in Nordrhein-Westfalen zwischen 10 und 11 Mio. t/a.

Den Hauptanteil recyclierter mineralischer Abfälle in Nordrhein-Westfalen bilden Bauschutt und Straßenaufbruch. Einen geringeren Schwerpunkt bilden in Recyclinganlagen Boden/Bauschutt-Gemische. Ihre Zusammensetzung ist nicht bekannt.

Wie die Betrachtungen zu Deutschland (Abbildung 8) und zu Nordrhein-Westfalen (Abbildung 11) zeigen, bleiben die Anteile an Bauschutt und Straßenaufbruch in etwa gleichem Verhältnis und absolut Mengen bestimmend. Dies ist auch für die Zukunft zu erwarten. Selbst die Einbeziehung der Boden/Bauschutt-Gemische und von Bodenanteilen bei der Betrachtung der Entwicklung in Nordrhein-Westfalen ändert dies nicht.

Der Anteil der recyclierten Gipsabfälle ist in der Vergangenheit vernachlässigbar (einige tausend Tonnen pro Jahr, hier nicht dargestellt). Aus den Statistischen Berichten zur Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen sind jedoch höhere Anfallmengen ersichtlich (z. B. 70.480 t in 2006, 83.740 t in 2007. Ein eigenständig zunehmendes Recycling von Gipsbaustoffen wird wegen der einerseits hohen Vorsortier- und Aufbereitungsaufwendungen und andererseits wegen der speziellen Baustoffeigenschaften (nicht frostsicher) sowie des Überangebotes von REA-Gips auf dem Markt zukünftig nicht erwartet.

Da die Anfalltendenz aber steigend ist, kann dies zukünftig zu erhöhten Sortierresten und Aufbereitungsrückständen im Recyclingprozess sowie ggf. Verunreinigungen im Recyclingmaterial mit Qualitätseinschränkungen führen. Die Gipsmengen werden mengenmäßig keinen entscheidenden Einfluss auf die Bilanz nehmen können. Die möglichen Qualitätseinschränkungen und Folgeprobleme sollten durch rechtzeitige Vorgaben der Fachverbände zum Rückbau und Recycling von Gipsbaustoffen Beachtung finden.

Ebenfalls gering waren die Mengen der aus Baustellenabfällen aufbereiteten mineralischen Abfallanteile, welche gemäß der Feststellungen der KWTB-Monitoringberichte mit 5 % der Gesamtmenge der Baustellenabfälle angesetzt wurden. Sie liegen in einer Größenordnung von < 0,1 % und beeinflussen die Gesamtmengenbilanz derzeit und zukünftig unwesentlich. Durch systematischen Rückbau und Vorsortierung auf der Baustelle ist bei Großbaumaßnahmen eine weitgehend sortenreine Bereitstellung der Abfälle gegeben. Bei kleinen Baumaßnahmen, insbesondere im Hochbau fallen dagegen weiterhin eine Grundmenge von Baustellenabfällen an, die nicht wirtschaftlich getrennt gehalten und angeliefert werden können.

Neben den in Recyclinganlagen aufbereiteten Böden und Boden/Bauschuttgemischen fallen jährlich in NRW zwischen 4 und 6 Mio. t (2007 = Ausreißer) Bodenaushub, Steine und Baggergut (Abf.Schl.-Nr.:1705) bei Baumaßnahmen (ohne bergbaulichen Abraum) an, die auf Deponien verbracht werden. Ein weiterer Anteil an Boden wird direkt verwertet. Eine Substitution von mineralischen Primärrohstoffen durch Bodenaushub aus Baumaßnahmen ist nicht von Bedeutung.

Das Ergebnis der Betrachtungen zum Anfall und Verbleib mineralischer Abfälle in Nordrhein-Westfalen ist wie folgt zusammen zu fassen:

- Die anfallenden mineralischen Bauabfälle einschließlich Boden/Bauschutt-Gemische werden bereits zu 75 - 83 % dem Recyclingprozess zugeführt. Die Recyclingquote in Nordrhein-Westfalen liegt damit im Durchschnitt von Deutschland.

- Das verbleibende Restpotenzial aus mineralischen Bauabfällen für zusätzliches Recycling besteht in dem Anteil, der derzeit deponiert bzw. im Bergbau verwertet wird. Die Abfallmenge beträgt ca. 2 – 2,5 Mio. t/a. Das Potenzial ist vorbehaltlich kontaminierter bzw. als Baustoffe ungeeigneter Materialien zu sehen. Die für die Erhöhung der Recyclingquote nutzbare Abfallmenge wird als gering eingeschätzt. Nur eine Teilmenge wird ggf. unter erhöhten Sortier-, Aufbereitungs- und Trans-

portaufwendungen zu aktivieren sein. Hier bietet sich bei größeren Baustellen die konsequente Umsetzung eines Qualitätsmanagements zur effizienten Stoffstromlenkung verwertbarer Baurestmassen an (siehe]).

- Ein erhebliches zusätzliches Materialpotential für das Recycling in Nordrhein-Westfalen wird in dem bisher deponierten oder bergbaulich verwerteten mineralischen Bauabfallanteil nicht gesehen.

- Die Qualität der in den Recyclingprozess einbezogenen Abfälle wird bisher und zukünftig maßgebend durch Bauschutt und Straßenaufbruch bestimmt. Perspektivisch sind Veränderungen durch verstärkten Anfall bzw. die verstärkte Einbeziehung von Gipsabfällen zu beachten. Diese können zur negativen Beeinflussung der Baustoffeigenschaften der Recyclingprodukte führen, wenn keine selektive Behandlung erfolgt.

3.2 Recyclingbaustoffe- und industrielle Nebenprodukte

3.2.1 Recyclingbaustoffe

Recyclingbaustoffe sind in einem aktiven Aufbereitungsprozess (i. d. R. Brechen/Klassieren) aus Sekundärmaterialien hergestellte Baustoffe. Dies unterscheidet die Recyclingbaustoffe von einer einfachen Verwertung von mineralischen Abfällen für die Sicherung oder Verfüllung/Gestaltung von Landschaftsbauwerken, bergbaulichen Anlagen und Deponien.

Recyclingbaustoffe sind aus Bauschutt oder Straßenaufbruch vorsortierte, gebrochene, von Störstoffen gesäuberte und anforderungsgerecht klassierte Gesteinskörnungen. Es werden im Recyclingbereich folgende Gesteinskörnungen unterschieden:

- Gesteinskörnung für Betonzuschlag (nach Anforderungen der Betonherstellung)

- Gesteinskörnung für den Straßenbau (nach straßenbaulichen Anforderungen)

- Gesteinskörnung für den Erdbau (nach Anforderungen des Erd- und Landschaftsbaus).

Gesteinskörnungen für Betonzuschlag beinhalten Schotter, Splitte und Sande mit Einsatzmöglichkeiten als Betonzuschlag (DIN 1045/DIN EN 206-1) im nicht konstruktiven Bereich, d. h. sie sind für den Einsatz zur Anfertigung von tragenden Bauteilen

nicht bzw. nur bedingt geeignet. Diese Recyclingmaterialien stellen hohe Anforderungen an das Ausgangsmaterial (i. d. R. Beton, feste Ziegel, Fliesen, Keramik).

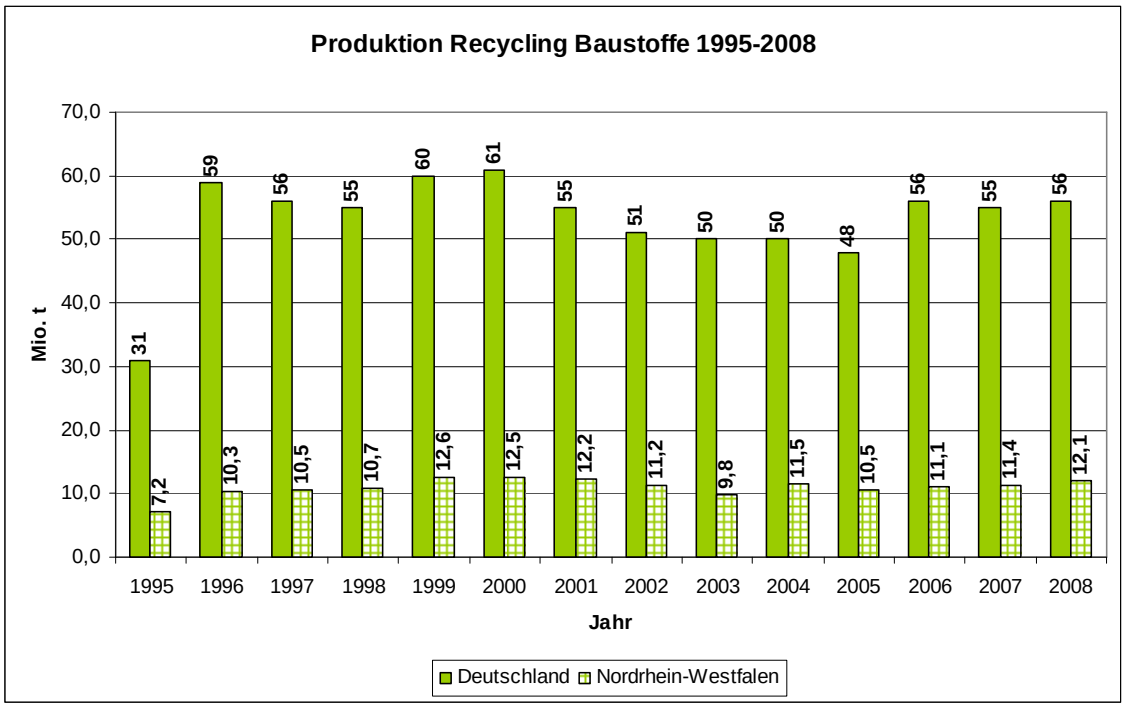
Gesteinskörnungen für den Straßenbau umfassen Recyclingmaterialien, welche im Verkehrswegebau, Sportplatzbau, Deponie- und Landschaftsbau als Frostschutz- sowie Tragschichtmaterial eingesetzt werden. Die Anforderungen an Frostsicherheit und Festigkeit sind ähnlich hoch wie im Betonbau, ohne jedoch deren weitere spezielle Anforderungen aus der Betonherstellung erfüllen zu müssen. Gesteinskörnungen für Betonzuschlag können daher ohne Probleme im Straßenbau eingesetzt werden, umgekehrt aber nicht.

Gesteinskörnungen für den Erdbau umfassen Recyclingmaterialien für Anwendungen im Erd- und Landschaftsbau. Diese stellen i. d. R. geringere Anforderungen an die Materialqualität, so dass hier die weniger festen, feinen und ggf. teilweise frost-/wasserempfindlichen Materialien eingesetzt werden können (poröse Materialien, mittel- bis feinkörnige Fraktionen mit ggf. nicht frostfestem Verhalten)

Die Unterscheidung und Qualitätssicherung erfolgt mit einer umfangreichen eigenen und fremden Qualitätsüberwachung bei der Produktion der Recyclingbaustoffe (siehe Pkt. 4), So wird die Einhaltung der bautechnischen und Umweltanforderungen sowie einen risikoarmer Einsatz für die Bauherren bei öffentlichen und privaten Bauvorhaben sicher gestellt.

Die folgende Abbildung 12 gibt einen Überblick über die in Deutschland und Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1995-2008 produzierten Gesamtmengen an Recyclingbaustoffen ohne Qualitätsdifferenzierung bzw. Nutzungszuordnung.

Abbildung 12 Produktion von Recyclingbaustoffen BRD und NRW 1995-2008



Die Produktion von Recyclingbaustoffen liegt in Deutschland zwischen 50 und 60 Mio. t/a. In Nordrhein-Westfalen werden davon 10-12 Mio. t/a, d. h. rd. 20 % bzw. entsprechend 1/5 der Gesamtmenge produziert.

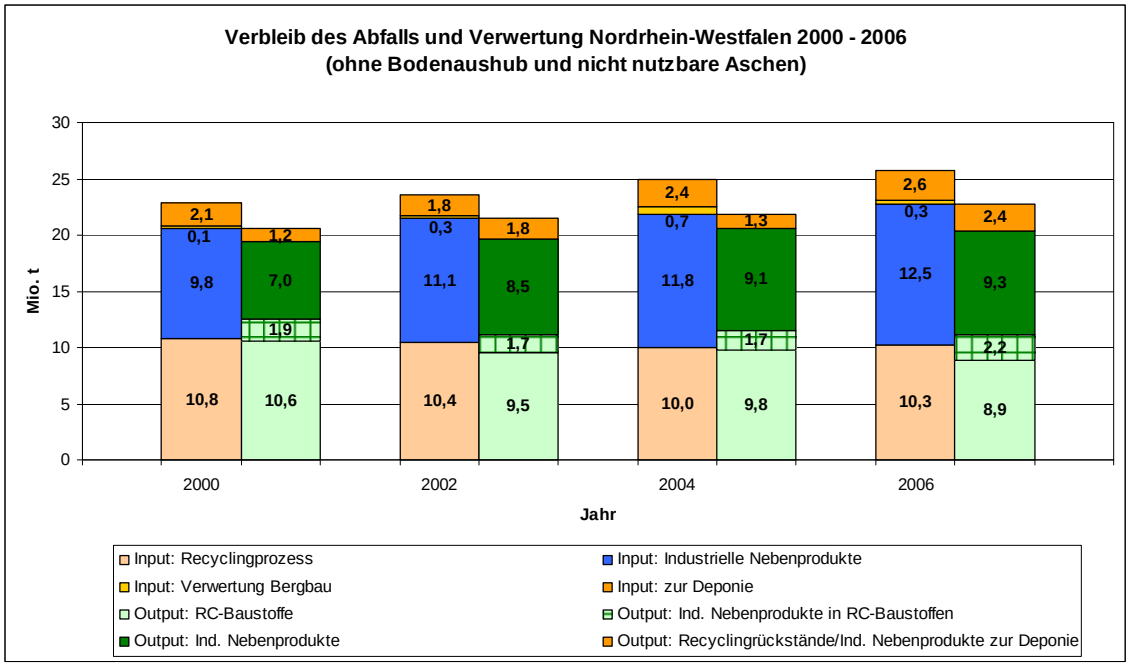
Die Produktion von Recyclingbaustoffen hat, ausgehend von der Inkraftsetzung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes 1995 ein hohes und stabiles Niveau erreicht, welches nahezu ausschließlich durch die wirtschaftszyklische Entwicklung geprägt ist.

Die Produktionsmengen an Recyclingbaustoffen in Nordrhein-Westfalen liegen auf höherem Niveau als die ausgewiesenen Mengen an Ausgangsstoffen für das Recycling (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 12, z. B. 2004: 10 Mio. t Anfall, 11,5 Mio. t Produktion). In den angeführten Anfallmengen sind die bei industriellen Produktionsprozessen anfallenden Schlacken, Aschen und Stäube nicht enthalten. Sie machen etwa zusätzlich 10 – 15 % aus, was die Diskrepanzen erklärt.

Darüber hinaus werden auch industrielle Nebenprodukte allein substituierend für mineralische Primärrohstoffe eingesetzt. Auf dieses Thema wird im Pkt. 3.2.2 eingegangen.

In der folgenden Abbildung 13 sind die verfügbaren mineralischen Abfallmengen den erzeugten Recyclingprodukten jeweils einschließlich der industriellen Nebenprodukte für die Jahre mit vollständig verfügbaren Datensätzen auf der Abfallseite gegenübergestellt.

Abbildung 13 Verbleib des Abfalls und Verwertung Nordrhein-Westfalen 2000-2006

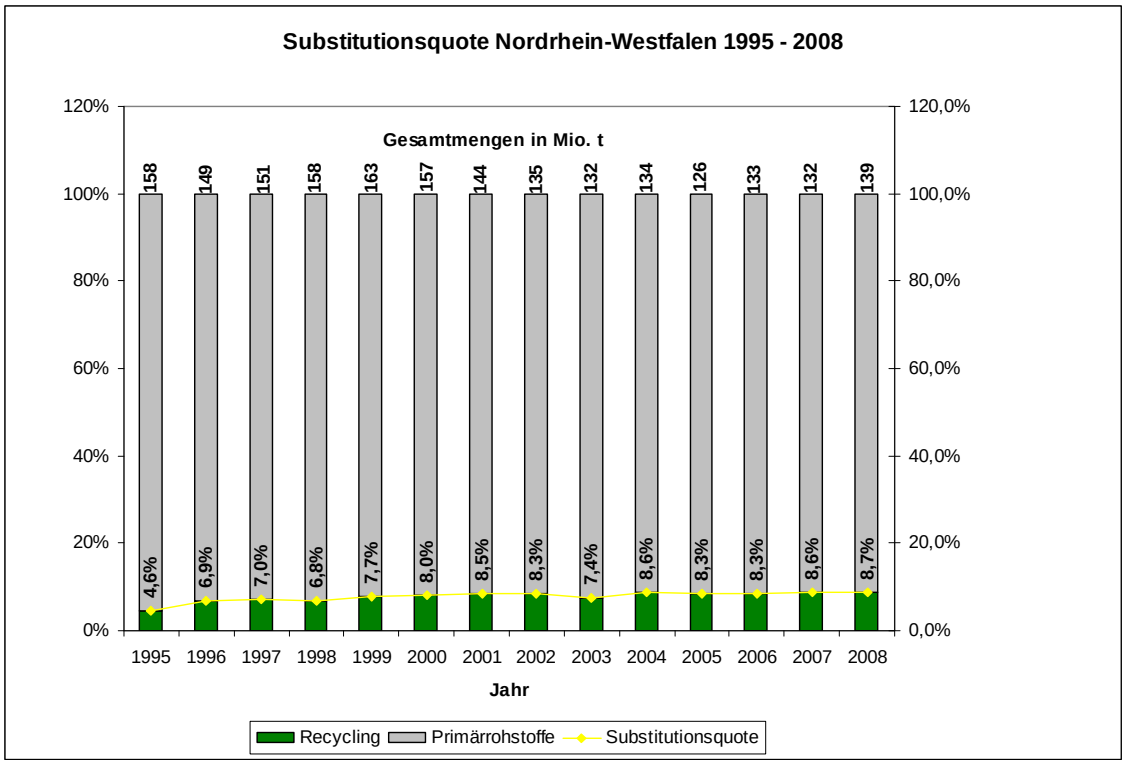


In den jeweils linken Säulen sind die in Nordrhein-Westfalen 2000-2006 verfügbaren Ausgangsstoffe in Form der in den Recyclingprozess eingebrachten Abfälle, der bergbaulich verwerteten Abfälle, der deponierten Abfälle und der angefallenen industriellen Nebenprodukte (siehe Punkt 3.2.2) dargestellt.

In den rechten Säulen sind die erhaltenen Recyclingprodukte, die nutzbaren industriellen Nebenprodukte sowie die im Recyclingprozess angefallenen Aufbereitungsrückstände und nicht verwertbaren Anteile industrieller Nebenprodukte dargestellt, welche deponiert werden. Da die industriellen Nebenprodukte tlw. im Recyclingprozess in die Recyclingprodukte eingebracht werden, wurde ein Überlappungsbereich schraffiert ausgewiesen. Es ergibt sich für Nordrhein-Westfalen eine Größenordnung von rd. 2 Mio. t/a an in Recyclingmaterialien eingebrachten industriellen Nebenprodukten. Darüber hinaus wurden noch rd. 7-9 Mio. t/a an industriellen Nebenprodukten für andere Verwendungen eingesetzt (z. B. Hüttensand bei der Zementproduktion).

Zusammenfassend ist einzuschätzen, dass die Substitutionsquote von Primärrohstoffen durch Recyclingbaustoffe, einschließlich der Nutzung von industriellen Nebenprodukten im Recyclingmaterial, für den Zeitraum 1995 - 2008 in Nordrhein-Westfalen zwischen 4,6 und 8,7 % liegt.

Abbildung 14 Substitutionsquote Primärrohstoffe durch Recycling 1995 - 2008



Die Substitutionsquote liegt seit 2000 etwa auf gleichem Niveau. Erhebliche Steigerungsmöglichkeiten werden von den Gutachtern nicht gesehen.

3.2.2 Industrielle Nebenprodukte

3.2.2.1 Übersicht

In Nordrhein-Westfalen fallen infolge der vorhandenen industriellen Produktionskapazitäten erhebliche und überdurchschnittliche Mengen an mineralischen Stoffen an, welche zum Teil als industrielle Nebenprodukte nutzbar sind. Die stammen im Wesentlichen aus folgenden Produktionsbereichen:

- Eisenhütten- und Stahlindustrie (Schlacken, Stäube, Ofenausbruch)
- Sonstige Metallurgie (Schlacken, Stäube, Ofenausbruch)
- Thermische Abfallbehandlung (Aschen, Schlacken, Kesselausbruch)
- Energieerzeugung aus Steinkohle (Aschen, Schlacken, Kesselausbruch)
- Energieerzeugung aus Braunkohle (Aschen, Schlacken, Kesselausbruch)
- Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) und Sprühabsorptionsprodukte (SAV) aus Kraftwerken
- Gießereiindustrie (Schlacken, Stäube, Gießereialtsande)
- Untertägiger Bergbau (Bergehalden, Waschberge, Flotationsabgänge)
- Übertägiger Bergbau (Deckabraum, Zwischenmittel).

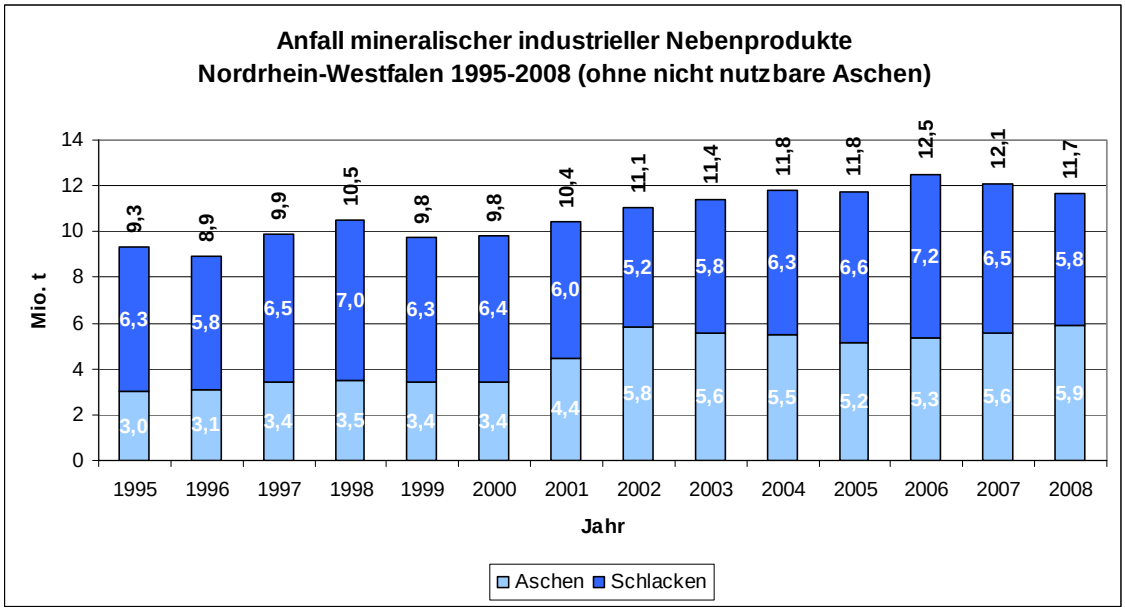
Gemäß der Aufgabenstellung für diese Bearbeitung werden die anfallenden Aschen, Schlacken und Gießereialtsande einer näheren Betrachtung unterzogen.

Die übrigen Mengen aus bergbaulicher Tätigkeit werden nicht näher betrachtet.

Die Nutzung der in den o. g. Industrien anfallenden mineralischen Abfälle als industrielle Nebenprodukte ist abfallrechtlich möglich. Es müssen für die Verwendung als Rohstoff ein technischer Verwendungszweck und ein Marktbedarf gegeben sein. Darüber hinaus sind die Verwendungsanforderungen zu erfüllen. Bei der Substitution von mineralischen Primärrohstoffen für die Bauindustrie sind dies die bautechnischen und Umweltanforderungen. In dieser Hinsicht werden hier bereits als kontaminiert eingeschätzte mineralische Abfälle nicht mit betrachtet. Die entsprechenden Schlüsselnummern wurden in der bei IT NRW durchgeführten Abfallerhebung nicht berücksichtigt.

Abbildung 15 gibt einen Überblick über die in Nordrhein Westfalen von 1995-2008 angefallenen Aschen und Schlacken.

Abbildung 15 Anfallmengen Aschen, Schlacken, Gießereialtsande in Nordrhein-Westfalen 1995-2008 (Quelle: Erhebung ausgewählter mineralischer Abfälle IT NRW, ohne Braunkohlenaschen und REA/SAV-Produkte)



In Nordrhein-Westfalen fallen rd. 5 -6 Mio. t/a Aschen und rd. 6 -7 Mio. t/a Schlacken an. Gießereialtsande fallen nur in geringen Mengen von < 50.000 t/a an und sind in Abbildung 15 nicht dargestellt.

Die Zuordnung der Abfälle zu Schlacken und Aschen aus der Abfallstatistik gestaltet sich unübersichtlich, da die in Verbrennungsanlagen anfallenden Ofen- bzw. Kesselausbrüche ebenfalls tlw. als Schlacken bezeichnet werden. Tatsächlich jedoch tritt beim Verbrennungsprozess keine planmäßige schmelzflüssige Phase ein, da mit deutlich geringeren Temperaturen als in der Metallurgie gearbeitet wird. Diese Schlacken aus Ofen- und Kesselausbrüchen wurden daher den Aschen zugeschlagen.

Auf die Verwertungssituation bei den einzelnen Nebenprodukten wird in den Detaildarstellungen der folgenden Punkte eingegangen.

3.2.2.2 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 natürlicher vulkanischer Gesteine wie Basalt oder Granit.

Schlacken unterscheiden sich grundsätzlich von den Aschen dadurch, dass sie aus einer geschmolzenen Phase gebildet werden. Sie weisen dadurch ein hochfestes glasiges Gefüge auf. Die Eigenschaften können durch einen gesteuerten Abkühlungs- und gezielte Nachbehandlungsprozesse (z. B. Abschrecken im Wasserbad, Brechen/Klassieren) verwertungsbezogen beeinflusst werden.

Die Schlacken umfassen (mit durchschnittlichen Mengenangaben des Anfalls zu Nordrhein-Westfalen, k. A. – keine Angabe):

- Hochofenschlacke/Hüttensande (HOS/HS) aus der Eisenverhüttung (ca. 4 Mio. t/a)
- Stahlwerksschlacke (Blasstahl **L**inz-**D**onawitz (LD) – Verfahren) der Stahlerzeugung (ca. 3 Mio. t/a)
- Elektroofenschlacke (EOS) der Elektrostahlerzeugung (k. A.)
- Sekundärmetallurgische Schlacke (SEKS) der Sekundärstahlerzeugung und -behandlung (k. A.)
- Kupolofenstückschlacke aus Gießereiprozessen von Eisen- und Nichteisenmetallen (ca. 7.500 t/a)

Die Schlacken und Hüttensande werden bisher wegen der baustofftechnischen Eignung (i. W. Festigkeit, Frostsicherheit) und des günstigen Umweltverhaltens (keine organischen Schadstoffe, anorganische Schadstoffe, z. B. Schwermetalle verglast) bereits historisch gewachsen umfangreich im Erd-, Straßen-, Wege-, Wasser- und Gleisbau, als Rohstoff bei der Glaswolleherstellung, als Strahlmittel sowie als Düngemittel eingesetzt. Die Verwertung erfolgt seit vielen Jahren nahezu vollständig. Nach Angaben des Fachverbandes Eisenhüttenschlacken (FEhS) wurden seit 1946 deutschlandweit rd. 850 Mio. t Tonnen industrielle Nebenprodukte aus der Stahlindustrie und 150 Mio. t aus dem Haldenrückbau als Baustoffe verwertet.

Wegen Ihres hohen Gehaltes an CaO – Branntkalk (je nach Schlackenart zwischen 30-50 %), sowie des zusätzlich vorhandenen Quarz- und Tonerdeanteils werden die Eisen- und Stahlhüttenschlacken/-sande zunehmend in der Zementherstellung eingesetzt. Dazu werden gezielt Hüttensande mit geeigneter Körnung erzeugt bzw. durch nachträgliches Brechen von Stückschlacken hergestellt. Der derzeitige Verwertungsgrad in dieser Branche übersteigt bereits den jährlichen Anfall mit weiter ansteigender

Bedarfstendenz. Zur Bedarfsdeckung der Zementindustrie werden zeitweise Lager- und weitere alte Haldenbestände abgebaut. Der Einsatz der Schlacken/Hüttensande in der Zementherstellung substituiert Zementklinker direkt im Zementmahlprozess.

Die in den Zementklinkern enthaltenen primären Rohstoffe, wie Kalkstein, Sand, Ton, Eisenerz werden durch den Schlacken-/Hüttensandeinsatz direkt im gebrannten Zustand des Klinkers ersetzt. Dies substituiert die genannten Primärrohstoffe, vermeidet den Energieaufwand und die CO_2-Emissionen des dafür erforderlichen Brennprozesses. Die Nutzung von Schlacken für die Zementherstellung ist neben anderen Maßnahmen zukünftig insbesondere aus Energieverbrauchs- und Emissionsgesichtspunkten für die Unternehmen geboten (Vermeidung des Zukaufs von Emissionsrechten). Die Konkurrenzfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Branche wird damit entscheidend verbessert. Deutschlandweit wurde z. B. 2008 eine Menge von 6,43 Mio. t Hüttensande im Zementherstellungsprozess eingesetzt, davon allein in Nordrhein-Westfalen 3,35 Mio. t. 1998 waren es dagegen deutschlandweit nur 4,6 Mio. t, in NRW 2,96 Mio. t (Quelle: BDZ Umweltdaten der Deutschen Zementindustrie und FEhS - Fachverband Eisenhüttenschlacken).

Erhebungen des Fachverbandes Eisenhüttenschlacken zeigen, dass die Hochofenschlacken 2006 überwiegend als Hüttensand in der Zementherstellung eingesetzt wurden (72 %). Die restliche Menge wurde 2006 im Straßenbau verwertet. Düngemittelverwendung ist vernachlässigbar (Abbildung 16). Wegen der bereits vollständigen Wiederverwertung besteht kein Potenzial für den weiteren Ersatz von Primärrohstoffen.

Bei Stahlwerksschlacken stellt sich die Verwendung anders dar. Der überwiegende Teil (rd. 68 %) ging bspw. im Jahr 2006 in die Ersatzbaustoffproduktion (u. a. auch Verwendung im Recycling). Ein erheblicher Teil wird im Produktionsprozess zur Rückgewinnung von Metallen im Kreislauf gefahren (rd. 17 %). Die verbleibenden Anteile werden als Düngemittel aufbereitet (rd. 6 %) und der Rest (insbesondere enthaltene Krätzen) deponiert (rd. 9 %). Die Stahlwerksschlacken werden wegen der geringeren CaO-Gehalte und der höheren Belastung mit Legierungsmetallen bisher nicht im Zement verwendet. Zukünftig wird zumindest eine anteilige Nutzung durch entsprechende Verschneidung mit Hochofenschlacken bei der Zementherstellung erwartet.

Abbildung 16 Verwendung von Hochofenschlacke (Deutschland, Quelle: FEhS)

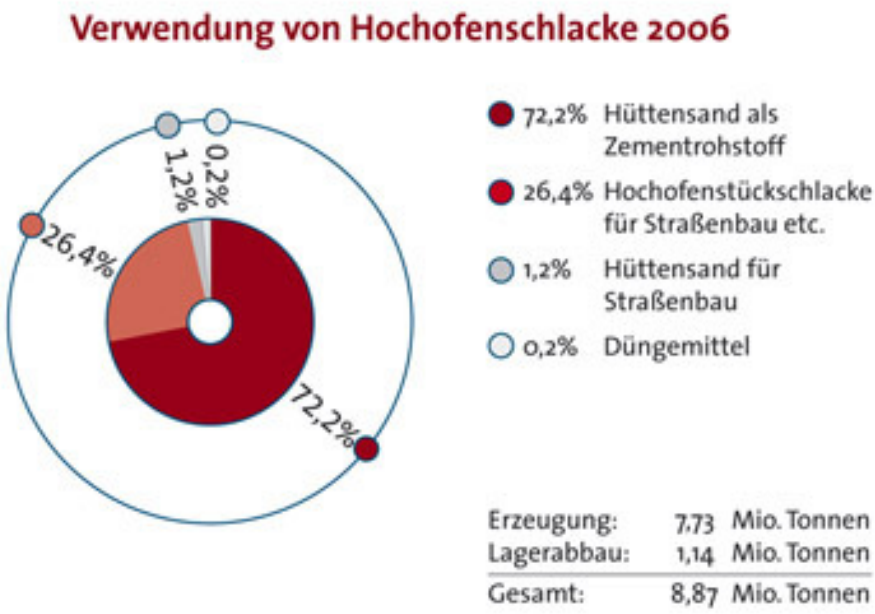
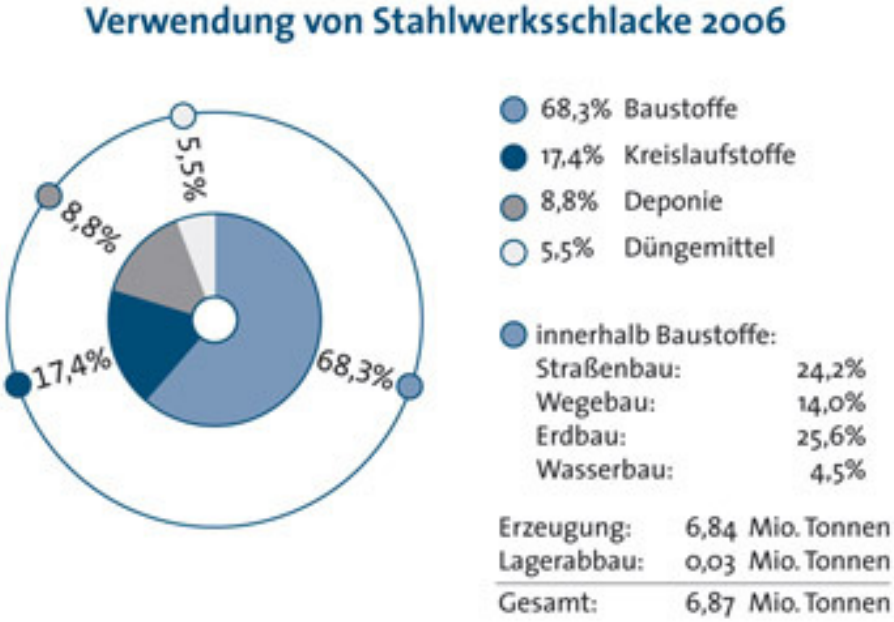


Abbildung 17 Verwendung von Stahlwerksschlacke (Deutschland, Quelle: FEhS)



Die Nutzung der Schlacken und Hüttensande bei der Zementherstellung stellt nach Einschätzung der Gutachter die hochwertigere und wirtschaftlichere Verwertung dieser industriellen Nebenprodukte dar. Sie steht in direkter Konkurrenz zur Nutzung als Ersatzbaustoff, substituiert gleichfalls primäre mineralische Rohstoffe in mindestens gleicher bzw. unter Berücksichtigung des sog. Klinkerfaktors höherer Größenordnung (Klinkerfaktor 1,4, d. h. 1,4 t Ausgangsstoffe für 1 t Zementklinker) und spart zusätzlich Energie. Dieser Einsatz hat aus den genannten Gründen Vorrang und wird in Zukunft weiter zunehmen. Begrenzend wirken die zulässigen Schadstoffgehalte im Endprodukt Zement, welche neben der Zumahlung von Schlacken/Hüttensanden auch von den Ausgangsstoffen und den weiteren Zugaben beim Klinkerbrand abhängen.

Eine erhöhte direkte Nutzung der Schlacken und Hüttensande für die Herstellung von Baustoffen für Beton- und Straßenbau ist daher perspektivisch nicht zu erwarten. Es besteht eher die Tendenz die Hochofenschlacken vollständig im Zementherstellungsprozess einzusetzen. Damit entfallen rd. 30 % Ersatzbaustoffe aus Schlacken, d. h. bezogen auf Nordrhein-Westfalen rd. 1,2 Mio. t. Ein Ersatz durch Stahlwerksschlacken ist nicht absehbar, da diese bereits selbst zu rd. 81 % verwertet werden. Die im Zementherstellungsprozess zukünftig zusätzlich eingesetzten Hochofenschlacken müssen durch primäre Rohstoffe ersetzt werden. Die bei der Zementherstellung substituierten Primärrohstoffe werden durch Mehrbedarf auf der Baustoffseite infolge der Verringerung verfügbarer Ersatzbaustoffe aus Schlacken kompensiert. Die Bilanz ist ausgeglichen. Es entsteht weder ein Mehrbedarf, noch ist eine weitere Substitution möglich.

3.2.2.3 Aschen, REA-/SAV-Produkte

Aschen fallen bei Verbrennungs- bzw. Pyrolyseprozessen als Rückstände der mineralischen Bestandteile des Verbrennungsgutes an. Der Ascheanfall ist material- und prozessabhängig von unterschiedlicher Menge und Qualität. Die Aschen unterteilen sich nach dem Anfall im technologischen Prozess in:

- Nassaschen/Kesselsande/Schmelzkammergranulate (Abscheidung aus dem Feuerungsraum in ungeschmolzenem und schmelzflüssigem Zustand)
- Grob-/Flugaschen (Abscheidung in Filtern)
- Wirbelschichtaschen/-sande (Abscheidung der Bettasche aus der Brennkammer, Abscheidung der Flugasche in Filtern)
- Pyrolyserückstände (Abscheidung aus dem Pyrolysereaktionsraum).

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

Da thermische Abfallbehandlungsanlagen und Kraftwerke heutzutage mit Rauchgasreinigungsanlagen ausgerüstet sind, fallen darüber hinaus bei den Verbrennungsprozessen Rauchgasreinigungsrückstände an, welche als REA-/SAV-Produkte bezeichnet werden.

Das REA-Produkt besteht aus Gips. REA-Gips ist ein Rohstoff, der in Kohlekraftwerken bei der Rauchgasreinigung mittels Kalkwaschverfahren entsteht (Gips aus nassen Rauchgas - Entschwefelungs - Anlagen). Der REA-Gips substituiert Naturgips, bis auf Sonderprodukte, nahezu vollständig. Die anfallenden Mengen können nicht vollständig verwertet werden, weshalb derzeit ca. ein Drittel des Anfalls rückholbar deponiert wird. Trotz sehr vielfältiger Anwendungsmöglichkeiten ist eine Substitution der hier zu betrachtenden Primärrohstoffe nur geringfügig im Innenbereichsausbau, bei bergbaulichen Maßnahmen, bei der Porenbeton- und Füllerherstellung möglich, da die bautechnische Eignung, insbesondere Festigkeit und Frostsicherheit von Gips eingeschränkt sind bzw. qualitative Anforderungen für andere Verwendungszwecke nicht erfüllt werden. Eine messbare Substitutionsquote durch REA-Gips bzgl. der zu bewertenden Primärrohstoffe ist nicht gegeben und nicht zu erwarten.

Sprühabsorptionsprodukte (SAV-Produkte) entstehen bei der Rauchgasreinigung in Kohlekraftwerken. Sie sind ein Gemisch aus Entschwefelungsprodukten (Gips), nicht reagiertem Absorbens (Kalk) und Flugasche. Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzungen werden Sprühabsorptionsprodukte vielfältig verwendet, so z. B. im Bergbau, in der Kalksandsteinindustrie, im Landschafts- und Deponiebau, zur Schlammverfestigung sowie als Düngemittel. Dabei werden z. T. die sich aus dem Restkalk- und Gipsgehalt ergebenden Verkittungseigenschaften, sowie die Füllereigenschaften der Flugaschen (Kornanteil < 0,06 mm > 90 Massen-%) genutzt. In geringem Umfang wird dadurch Kalk- bzw. Zement und damit i. W. Kalkstein substituiert. Die Substitutionsmenge ist äußerst gering (Gesamtmenge der anfallenden und vollständig verwerteten SAV-Produkte Deutschland rd. 350.000 t/a, davon CaO/CaO_3-Anteil < 35 %). Zusätzliches Substitutionspotential ist wegen der begrenzten Anfallmenge zukünftig nicht zu erwarten.

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

- Aschen aus der thermischen Abfallbehandlung (Hausmüllverbrennungsaschen)
- Aschen aus der Energiezeugung mit Steinkohle (Steinkohlenaschen)
- Aschen aus der Energiezeugung mit Braunkohle (Braunkohlenaschen).

Folgende Abbildung 18 gibt eine Übersicht über den Anfall von Aschen, REA- und SAV-Produkten aus Kraftwerken in Deutschland am Beispiel des Jahres 2006.

Abbildung 18 Erzeugung und Verwendung von Nebenprodukten aus kohlebefeuerten Kraftwerken 2006 (Quelle: VGB PowerTech)

	Steinkohle		Braunkohle		
Kapazität in MW_{th}	68.605		64.311		
verfeuerte Kohle , Mill. t	50		164[1)]		
Nebenprodukt	Erzeugung	Ver-wendung	Erzeugung	Verwendung	
				Tagebau	sonstige
	Mill. t	%	Mill. t	%	%
Schmelzkammergranulat	1,77	100	---	---	---
Kesselasche	0,62	97	1,94	86	14
Flugasche	4,40	98	8,90	96	4
Wirbelschichtasche	0,35	100	0,36	90	10
REA-Gips	1,92	100	5,57	10	90[2)]
SAV-Produkt	0,32	100	---	---	---
Gesamt	9,53	99	16,52	59	41

[1)] Kohlemenge wurde nach unten korrigiert
[2)] davon 8 % auf Rohstoffdepot

In Deutschland fallen rd. 7 Mio. t/a Aschen aus der Steinkohlenfeuerung und rd. 11 Mio. t/a Aschen aus der Braunkohlenfeuerung an. Darüber hinaus fallen in Hausmüllverbrennungsanlagen rd. 4 Mio. t/a Hausmüllverbrennungsaschen an.

In Nordrhein-Westfalen fällt auf Grund der hohen Besiedlungs- und Industriedichte ein großer Anteil davon an. Der Gesamtanfall an Aschen beträgt rd. 11 Mio. t/a und verteilt sich wie folgt (Bezug 2007, Quelle: Verbandsangaben und Umweltstatistik NRW):

- Hausmüllverbrennungsaschen (min. Anteil) 1,0 Mio. t/a
- Steinkohlenaschen 5,0 Mio. t/a
- Braunkohlenaschen 5,0 Mio. t/a

Der Anfall an Hausmüllverbrennungsaschen in Nordrhein-Westfalen beträgt rd. 1,1-1,2 Mio. t/a. Nach der Extraktion metallischer Anteile verbleibt ein mineralischer Anteil von rd. 1 Mio. t/a. Davon werden wegen hoher Schadstoffbelastung ca. 10 % auf Deponien beseitigt. Der verbleibende Anteil an Hausmüllverbrennungsaschen wird in Nordrhein-Westfalen jeweils etwa hälftig als Baustoff entsprechend des dazu ergangenen Runderlasses und im Bereich Deponiebau verwertet. Die pro Jahr anfallenden und im Straßen- und Landschafts- sowie Deponiebau verwerteten Hausmüllverbrennungsaschen substituieren somit rd. 0,9 Mio. t/a Primärbaustoffe. Weiteres Substitutionspotenzial ist nicht vorhanden bzw. nicht wirtschaftlich mobilisierbar.

Die Steinkohlenaschen werden vollständig im Betonbau (Zusatzstoff), bei der Zementherstellung (Zumahlstoff im Zementklinkermahlprozess), Baustoffherstellung (Zuschlag für Estriche, Mörtel, Plaster- und Betonsteine), im Straßen-, Wege- und Erdbau (Bodenverfestigung, Beton, Asphalt, hydr. geb. Tragschichten) sowie in der Abfallwirtschaft (Schlammkonditionierung, Abfallverfestigung) eingesetzt. Die Verwertung beträgt derzeit nahezu 100 %. Es werden rd. 5 Mio. t/a Primärbaustoffe durch Aschen aus der Steinkohlefeuerung ersetzt. Weiteres Substitutionspotential ist nicht gegeben und zukünftig nicht zu erwarten, da im Prognosezeitraum keine wesentlichen zusätzlichen Kapazitäten an Steinkohlekraftwerken und damit keine Aschemengen hinzukommen werden.

Die folgende Abbildung 19 zeigt den Verbleib der Braunkohlenaschen in Nordrhein-Westfalen.

Abbildung 19 Braunkohlenaschedeponierung Nordrhein-Westfalen 2006

Aschedeponie	Entsorgungs-anlagen-Nr.	Abfallmenge (2006) in [t]
Inden	E 358 390 88	922.917
Fortuna	E 362 390 95	1.125.141
Garzweiler	E 362 390 88	2.624.573
Vereinigte Ville	E 362 360 02	452.466
Benzelrath	E 362 391 00	0
Summe:		**5.125.097** (2005: 4.983.830)

Deponien der RWE Power AG 2006
(Quelle : Bezirksregierung Arnsberg)

Im Vergleich der Angaben in Abbildung 19 mit den genannten jährlichen Anfallmengen in Nordrhein-Westfalen wird deutlich, dass die anfallenden Braunkohlenaschen derzeit vollständig deponiert werden. Dies ist den „Daten zur Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen“ ebenfalls nachzuvollziehen. Eine untergeordnete Verwertung für Rekultivierungsmaßnahmen im Bergbau ist anzunehmen. Ein Einsatz außerhalb des Braunkohlegewinnungs- und Verstromungsprozesses findet aber offensichtlich nicht statt.

Die Braunkohlenaschen bestehen nach Abbildung 18 zu rd. 18 % aus den gröberen Kesselaschen (Körnung im Sandbereich) und zu 82 % aus Flugaschen (Körnung im Schluff- bis Feinsandbereich). Eine direkte bautechnische Verwertung scheitert somit an den zu erwartenden bautechnischen Eigenschaften der Braunkohlenaschen (Frostsicherheit, Verdichtbarkeit). Darüber hinaus neigen die Aschen wegen der Anteile gebrannten Kalkes zum Verkitten bei Feuchtzutritt, was das Handling erschwert. Ein Einsatz als Zusatzstoffe im Zement scheitert wegen der großen Mengen und stärker wechselnder Qualitäten, als bei Steinkohlenaschen. Den Braunkohlenaschen wird kein Potenzial für die Substitution der hier untersuchten Primärrohstoffe zugeordnet. In Einzelfällen mag eine Verwertung zum betrieblichen oder forstlichen Wegebau möglich sein.

3.2.2.4 Gießereialtsande

In Nordrhein-Westfalen fallen aus industriellen Gießprozessen eisen- und nichteisenmetallurgischer Produktionen Gießereialtsande an. Die Mengen liegen bei 30.000 – 50.000 t/a und werden seit 2002 gemäß europäischem Abfallverzeichnis separat in der

Umweltstatistik unter den Abfallschlüsselnummern 10 10 06 (Gießformen und Sande vor dem Gießen) und 10 10 08 (Gießformen und Sande nach dem Gießen) erfasst (Quelle: IT NRW).

Die Gießereisande werden im Produktionsprozess mehrfach als so genannte Umlaufsande wieder verwendet und dazu zwischen den Verwendungen aufbereitet. Zur Formenstabilisierung werden Tone (i. d. R. Bentonite) und organische Harze als Bindemittel sowie Glanzkohlenstoffbildner als Trennmittel eingesetzt. Die Altsande werden beim Aufbereitungsprozess wieder weitgehend von diesen, teilweise durch den Gießprozess pyrolytisch veränderten Zusatzstoffen sowie Gießresten befreit. Dabei werden aus den Umlaufsanden Stäube und Schlämme mit einem technologisch nicht abtrennbaren Anteil an feinem wieder verwendbarem Quarzsand aus dem Gesamtprozess ausgeschleust. Als Ersatz wird frischer Gießerei-Quarzsand zugesetzt. Die Zugabemenge liegt durchschnittlich bei ca. 5-6 %. Nach vielen Regenerationsphasen ist der Formsand so stark verunreinigt, dass er komplett ausgetauscht wird. Dies hängt maßgeblich von der eingesetzten Aufbereitungstechnologie ab. Zu diesen Abfällen hinzu kommen Sande, Zunder, Gießreste und Strahlmittel aus der sich anschließenden Reinigung der Gussteile (Verfahrensstufe des Putzens).

Die Gießereialtsande sind feinkörnig und enthalten die Aggregenzien aus den Zusätzen zur Formenherstellung, des Gusses und der Gussteilsäuberung, welche einer Temperaturbeanspruchung unterlagen. Es treten daher Schadstoffbelastungen mit Phenolen, Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) sowie den Metallen des Gieß- und Strahlprozesses (Chrom, Nickel, Molybdän, Vanadium etc.) auf. Die PAK-Problematik wird heute durch die Auswahl entsprechender Bindeharze beherrscht, so dass die Werte niedrig oder unter der Bestimmungsgrenze liegen.

Die Verwertung der Gießereialtsande erfolgt derzeit als Zuschlag zum Klinkerbrand in der Zementindustrie und als Hilfsstoff bei der Konditionierung von Dichtungsmaterialien im Deponiebau (Basis- und Oberflächenabdichtungen). Es ist von einer vollständigen Verwertung der nicht bzw. leicht kontaminierten Gießereialtsande (im Zementklinkerbrand) auszugehen. Nicht verwertete Gießereialtsande bzw. Reinigungsrückstände sind kontaminiert und werden der Deponierung zugeleitet.

Der Schwerpunkt bei den Gießereisanden liegt auf dem Wiedereinsatz der anfallenden Gießereialtsande durch „Recycling“. Dies ist im wirtschaftlichen Interesse der in der Gießereiwirtschaft tätigen Unternehmen, da dadurch auf der Primärrohstoffseite

und auf der Entsorgungsseite Kosten gespart werden. Das Substitutionspotenzial der zwangsweise aus dem Prozess auszuschleusenden Gießereialtsande ist ausgeschöpft. Es stehen perspektivisch keine nennenswerten Mengen für weitere Substitutionen von mineralischen Primärbaurohstoffen zur Verfügung.

4 Rahmenbedingungen für den Einsatz von für die Baustoffindustrie relevanten Sekundärrohstoffen

4.1 Recyclingbaustoffe (RC-Baustoffe)

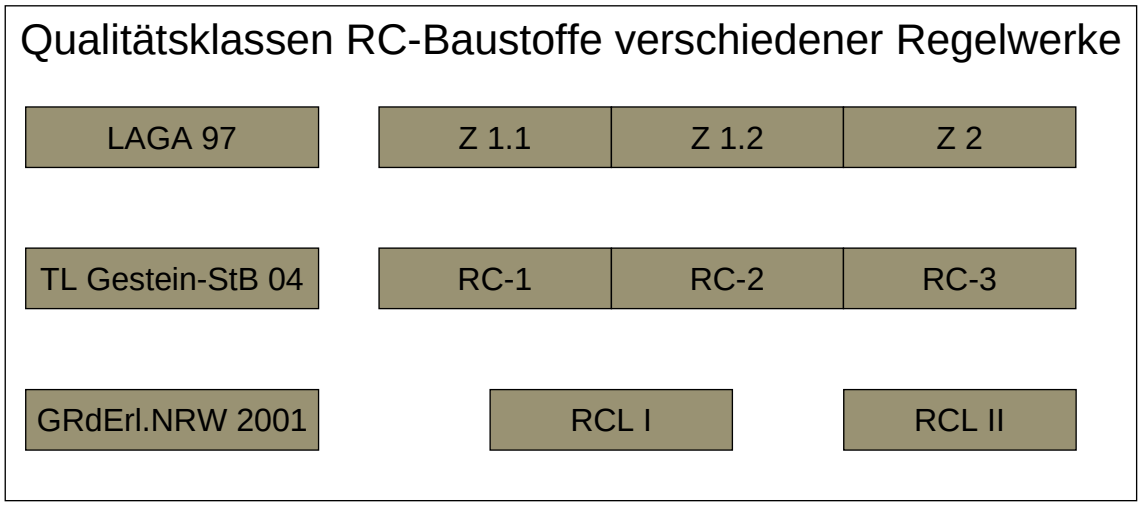
Die Verwendung von Recycling(RC)-Baustoffen ist über verschiedene Bestimmungen geregelt. Grundlegend werden RC-Baustoffe zum einen nach umwelttechnischen Gesichtpunkten (Definition der Grenzwerte und Einbaubedingungen/Verwertungsgebiete) und nach bautechnischen Eigenschaften klassifiziert.

Der Gemeinsame Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr vom 9.10.2001 „Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus Bautätigkeiten (Recycling-Baustoffe) im Straßen- und Erdbau" [U] regelt die grundsätzliche Verwendung von Recycling-Baustoffen in Nordrhein-Westfalen. Der Erlass bezieht sich vorrangig auf die Wechselwirkungen der Baustoffe mit der Umwelt (Wasser und Boden). Somit ist der Einsatz von RC-Baustoffen nur möglich, wenn die Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG)/Landesbodenschutzgesetzes Nordrhein-Westfalen (LBodSchG) eingehalten werden. Es darf angenommen werden, dass, soweit die Bestimmungen des WHG eingehalten werden, auch die Bestimmungen des BBodSchG eingehalten werden.

Der Einsatz von verwertbaren Recycling-Baustoffen ist in Nordrhein-Westfalen nach wasserwirtschaftlichen Merkmalen in bessere Qualität (RCL I) und schlechtere Qualität (RCL II) eingeteilt. Den jeweiligen Einteilungsgruppen sind entsprechende mögliche Verwertungsbiete nach wasserwirtschaftlicher Sensitivität zugeteilt. So dürfen Recycling-Baustoffe nicht in Schutzzonen I und II von Wasserschutzgebieten oder in Heilquellenschutzgebieten eingebaut werden. Gemische aus RCL I und II fallen unter die Bedingungen nach RCL II, da das jeweilige Verwertungsgebiet herangezogen wird. (Quelle:[U 4]).

Die umwelttechnische Einteilung für Nordrhein-Westfalen wurde als RCL I und RCL II entworfen. Andere Entwürfe besitzen für vergleichbare Baustoffe abweichende Benennungen (siehe Abbildung 20). So gliedert die TL Gestein-StB 04 die Qualitäten in drei Gruppen RC-1, RC-2 und RC-3 ähnlich der Definition der LAGA 97 mit Z 1.1, Z 1.2 und Z 2. Während die Z-Benennung mit der RC-Benennung übereinstimmt, beschreibt RCL I die Qualitäten RC-1 und RC-2 und RCL II die Qualität RC-3.

Abbildung 20 Übersicht der Qualitätsklasseneinteilung von RC-Baustoffen nach verschiedenen Regelwerken (Quelle: Schulz: Baustoffrecycling Deutschland und Europa)



Darüber hinaus fordert der Runderlass der Nordrhein-Westfälischen Ministerien (Umwelt, Wirtschaft) vom Bauträger einen Gütenachweis. Regelungen zur Güteüberwachung sind zusammen mit den Regelungen für industrielle Nebenprodukte im Runderlass „Güteüberwachung von mineralischen Stoffen im Straßen- und Erdbau“ [U 5] vom 9.10.2001 erfasst. Dieser Erlass beschreibt vorrangig die zulässigen Materialgrenzwerte für verwertete mineralische Stoffe.

Die Gütesicherung bewertet die RC-Baustoffe nach den Materialeigenschaften auf ähnlichen Grundlagen wie die Erlasse. Für Nordrhein-Westfalen zuständige Gütesicherungsinstitute für RC-Baustoffe sind zum einen die BRB - Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V. mit dem RAL-Gütezeichen und der BÜV NW - Baustoffüberwachungs- und Zertifizierungsverband Nordrhein-Westfalen.

Nach den RAL-Güterichtlinien werden die RC-Baustoffe in drei bautechnische Güteklassen gegliedert. Hierzu werden die Art der Gewinnung/Aufbereitung/Lagerung, die stoffliche Zusammensetzung, der Widerstand gegen die Verwitterung, die Korngrößenverteilung, die Kornform, die Bruchflächigkeit, die Affinität zu Bindemitteln, die Reinheit, schädliche Bestandteile und der Widerstand gegen Hitzebeanspruchung sowie gegen Schlag geprüft und zur Einteilung in Klassen herangezogen.

Güteklasse I (GK I) beinhaltet Baustoffe für Oberbauschichten im Straßenbau die dem Geltungsbereich der TL Gestein-StB 04 entsprechen und definierte Gütebestimmungen/Eigenschaften erfüllen [U 5].

Güteklasse II (GK II) beinhaltet Baustoffe für Oberbauschichten im Straßenbau die dem Geltungsbereich der TL Gestein-StB 04 nicht entsprechen und güteklassenspezifsch definierte bautechnische Gütebestimmungen erfüllen [U 5].

Güteklasse III (GK III) beinhaltet Baustoffe für Schutzwälle (Lärmschutzwälle, Abkommenschutzwälle, Wälle zum Schutz vor Blendung und Wälle zum Schutz vor Starkregenereignissen oder Steinschlag), Unterbau und mechanische Bodenverbesserung, welche definierte Gütebestimmungen erfüllen. Darüber hinaus fallen alle Baustoffe des Tief- und Landschaftsbaus in die GK III [U 5].

Unabhängig der Güteklassen unterliegen die Baustoffe den allgemein gültigen Regelwerken und Normen (DIN zu den Bauproduktanforderungen).

Die Bezeichnung von RC-Baustoffen ist in den RAL-Gütebestimmungen nach Baustoffbezeichnung/Lieferkörnung/Güteklasse/Qualitätsklasse beschrieben:

Bsp.: RC-Baustoff 0/45 GK I RC-1

Wie zuvor schon dargestellt wurde ist die Qualitätsklasse RC-1 der TL Gestein-StB entnommen und kann durchaus eine andere Form haben (Quelle: RAL 501/1).

Die Gütesicherung der BÜV NW - Baustoffüberwachungs- und Zertifizierungsverband Nordrhein-Westfalen - legt die „Richtlinien Recycling Baustoffe“, welche von der Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe (BRB) e.V. zur Qualitätssicherung von Recycling Baustoffen veröffentlicht wurde, zugrunde. Der BRB teilt die Recycling-Baustoffe in 7 Gruppen:

Tabelle 1 Übersicht der Verwendungsgruppen und maßgebenden Vorschriften für RC-Baustoffe (Quelle: BRB Richtlinien)

RC-Stra	RC-Wege*	RC-Depo*	RC-Asphalt	RC-Beton	RC-Erd*	RC-Vegtra*
Klassifizierter Straßenoberbau	Verkehrsflächen außerhalb des klassifizierten Straßenbaus	Deponie-Bau	Asphaltstraßenbau	Betonbau Beton-waren	Erdbau	Vegetationstechnische Anwendungen, etc.
TL Gestein-StB TL SoB-StB ZTV T-StB 95 Fassung 2000 TL Pflaster-StB	In enger Anlehnung an TL Gestein-StB / TL SoB-StB Arbeitsblatt DWA-A 904 Richtlinien für den ländlichen Wegebau	TA Siedlungsabfall TA Abfall Dep-VerwV	ZTV Asphalt – StB / ARS 9/2005 Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat (2000) TL AG-StB	DIN 1045/ EN 206-1 DIN EN 12620 / DIN 4226-100	ZTV E-StB	FLL-Richtlinien und Empfehlungen

Für mit *) gekennzeichnete Produktgruppen bestehen noch ergänzende Anforderungen in den BRB Richtlinien. Über diese Einteilung hinaus fordert die Richtlinie die Einhaltung der produktspezifischen Anforderungen zur Umweltverträglichkeit. Weiter sind die Vorschriften der Länder vorrangig zu beachten. Zur Qualitätssicherung verpflichtet die Richtlinie zu einer Güteüberwachung nach DIN 18200 (Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte - werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten).

Neben den gütegesicherten RC-Baustoffen wird auch ein Anteil ohne Gütesicherung verwertet. Dadurch ist es schwierig die Mengen der RC-Baustoffe zu erfassen und in Klassen einzuteilen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass trotz der Vielzahl an Bestimmungen bezüglich der bautechnischen Bewertung von RC-Baustoffen einheitliche und klare Regelungen bestehen. Die Regelungen zur Umweltverträglichkeit sind von den Ländern individuell geregelt und somit in Deutschland nicht einheitlich. Das Land Nordrhein-Westfalen hat hier jedoch mit den Runderlassen aus dem Jahr 2001 [U 4, U 5] schon eine beispielhafte Regelung. Für eine einheitliche Regelung in Deutschland soll in naher Zukunft eine Ersatzbaustoffverordnung erlassen werden. Diese soll sowohl umweltverträgliche Einbaubedingungen als auch bautechnische Anforderungen für

Recycling-Baustoffe deutschlandweit einheitlich und klar regeln. Auch für die Gütesicherung werden zwischen der BRB und dem BÜV einheitliche Richtlinien angestrebt.

4.2 Industrielle Nebenprodukte (Schlacken, Aschen, Gießereialtsande)

Unter die zu hier betrachteten industriellen Nebenprodukte fallen alle Schlacken, Gießereialtsande und Aschen. Der „Gemeinsame Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr vom 9.10.2001“ über „Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen im Straßen- und Erdbau“ [U 6] beinhaltet das Gebot zur Verwertung der oben genannten industriellen Nebenprodukte. Der Runderlass bezieht sich auf den Einsatz im Strassen- und Erdbau, da hier ein Großteil der als Ersatzbaustoff verwerteten industriellen Nebenprodukte eingesetzt wird. Die geringfügige Menge, die für den Beton- und Hochbau verwendet wird, ist deshalb in diesem Fall nicht näher definiert und fällt unter die gemeinen Regelungen zum Baustoffeinsatz im Hochbau bzw. der Betonherstellung.

Zielsetzung ist die umweltverträgliche Verwertung von industriellen Nebenprodukten in technischen Bauwerken zur Vermeidung der Entsorgung und Substitution primärer Baustoffe mit entsprechenden Kosteneinsparungen. Durch den Erlass erfolgt die Festlegung der Einbaubedingungen, die den Schutz der Umwelt auf Grundlage des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) gewährleisten. Die im Runderlass getroffenen Regelungen beziehen sich, aufbauend auf einer grundwasserbezogenen Bewertung und die Art der technischen Baumaßnahmen, auf die Einsatzmöglichkeiten des verwerteten mineralischen Stoffs.

Neben dem Runderlass über die Anforderungen für mineralische Stoffe aus industriellen Nebenprodukten wurde der Runderlass „Güteüberwachung von mineralischen Stoffen im Straßen- und Erdbau“ [U 5] erlassen, der die Güteüberwachung für mineralische Stoffe regelt. Dieser Runderlass definiert die Parameter der Güteüberwachung und die Grenzwerte der mineralischen Stoffe. In dem ergänzenden Runderlass zur Güteüberwachung werden die Art der Güteüberwachung (einzuhaltende Normen) und die Grenzwerte der Schadstoffbelastung (aufgrund des Grundwasserschutzes) definiert.

Für Hausmüllverbrennungsaschen (HMVA) und Metallhüttenschlacken wurden gesonderte Runderlasse („Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Straßen- und Erdbau“ [U 7] und „Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Metallhüttenschlacken im Straßen- und

Erdbau“ [U 8]) bezüglich der Anforderungen an die Güteüberwachung erlassen, welche allgemein die Verwendungsgebiete und Grenzwerte begrenzen und im Vergleich zu dem allgemeinen Runderlass für mineralische Stoffe aus industriellen Nebenprodukten ergänzende Regelungen beinhalten.

Grundlegend baut die Güteüberwachung auf der RG Min StB auf und wird durch die Regelungen in den Erlassen ergänzt. Zur Gütesicherung von industriellen Nebenprodukten bestehen zum Beispiel RAL Gütezeichen. Diese werden zum Beispiel für Eisenhüttenschlacken (RAL-GZ 510) und Metallhüttenschlacken (RAL-GZ 511) vom FEhS – Fachverband Eisenhüttenschlacken, Institut für Baustoff-Forschung vergeben und für Hausmüllverbrennungsaschen (RAL-GZ 501/3) von der BRB - Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe.

Die beschriebene Regelung in Nordrhein-Westfalen stellt die Anforderungen an die Verwertung von industriellen Nebenprodukten nach Meinung der Gutachter sehr gut sicher. Die Verwertung von industriellen Nebenprodukten ist ausschließlich auf Landesebene geregelt, es gibt keine bundesweit einheitlichen Regelungen. Hierfür soll die Ersatzstoffbauverordnung (derzeit in der zweiten Arbeitsentwurfsphase) Abhilfe schaffen und als einheitliches Vorschriftenwerk in Deutschland eingeführt werden.

4.3 Ausblick

Im November 2007 hat die Bundesregierung Deutschland den ersten Arbeitsentwurf „Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV)“ [U 9] veröffentlicht. Dieser sieht ein einheitliches Regelwerk zur „ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung von mineralischen Abfällen“ vor. Unter diese mineralischen Abfälle fallen die Ausgangsstoffe für RC-Baustoffe und auch die industriellen Nebenprodukte.

Der Arbeitsentwurf legt fest, dass ein mineralischer Ersatzbaustoff nur in einem technischen Bauwerk verwendet werden darf, wenn er die erforderlichen bauphysikalischen Eigenschaften aufweist. Somit unterliegen z. B. die RC-Baustoffe nur den Anforderungen, die dem technischen Fortschritt für Baustoffe entsprechen. Zusätzlich besteht die Anforderung, dass der Einbau eines Ersatzbaustoffs keine oder in unerheblichem Ausmaß schädliche Veränderungen der physiologischen und biologischen Beschaffenheit des Grundwassers sowie keine schädlichen Bodenveränderungen herbeiführen darf.

Für die Umsetzung teilt der Arbeitsentwurf die RC-Baustoffe in drei Gruppen RC-1, RC-2 und RC-3 (RC-1 als beste Qualität), vorrangig auf Grundlage von Umweltgesichtspunkten. Jede dieser Gruppen hat zum einen festgelegte Grenzwerte für stoffliche Eigenschaften und zum anderen festgelegte Einsatzmöglichkeiten.

Nur wenn beide Anforderungen eingehalten werden, kann der Baustoff der jeweiligen Gruppe zugeordnet werden und im Rahmen der Einsatzmöglichkeiten verwendet werden. Die genauen Anforderungen bezüglich Stoffeigenschaften und Einsatzmöglichkeiten sind in den Anhängen des Entwurfs der Ersatzbaustoffverordnung dargestellt.

Auch für die industriellen Nebenprodukte wird eine Einteilung, ähnlich der in Nordrhein-Westfalen bekannten (Hochofenstückschlacken, Gießereialtsande…), vorgenommen. Auch hier werden für jeden Ersatzbaustoff Materialwerte festgelegt, die eine Wiederverwertung bestimmen. [U 9]

Die Ersatzbaustoffverordnung bestimmt darüber hinaus die einheitliche Verwendung eines Säulenschnelltests zur vergleichbaren Bestimmung der Stoffeigenschaften.

Somit würde durch die Ersatzbaustoffverordnung ein bundesweit einheitliches Regelwerk sowohl für die Umweltverträglichkeit als auch die bautechnischen Anforderungen von mineralischen Ersatzbaustoffen entstehen. Derzeit wird der zweite Arbeitsentwurf bearbeitet und im Rahmen dessen werden noch wenige Einzelpunkte (z.B. Testverfahren Säulenschnelltest) und Grenzwerte diskutiert.

Vor allem Einschränkungen durch die Veränderung der Umweltanforderungen sind absehbar. Diese würden bei Umsetzung des derzeitigen Entwurfs zu erheblichen Einschränkungen in der Produktion und Verwendung von RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten führen.

Maßgebend dabei ist der vorsorgende Grundwasserschutz. Zur Lösung des Konflikts sind weitere wissenschaftliche Untersuchungen und die Festlegung angemessener Grenzwerte erforderlich. Dies betrifft z. B. für RC-Baustoffe:

- Vanadium (nur Ziegel)
- PAK
- Sulfat

Der zweite Arbeitsentwurf soll im Frühjahr 2010 veröffentlicht werden.

5 Gegenüberstellung der Methoden zur Ermittlung des Bedarfs an mineralischen Primärrohstoffen

5.1 Vorbemerkungen

Für eine im Hinblick auf die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung in Nordrhein-Westfalen angemessene Rohstoffsicherung in der Landes- und Regionalplanung ist die Ermittlung des Bedarfes an mineralischen Rohstoffen als Grundlage für die Industrie und Bauwirtschaft erforderlich.

Der perspektivische Rohstoffbedarf unterliegt den rohstoff- und verwendungsspezifischen Einfluss- und Entwicklungsfaktoren des Marktes. Insbesondere in Nordrhein-Westfalen hat sich in der Vergangenheit infolge des vielseitigen Lagerstättenangebotes bei mineralischen Rohstoffen und an Energierohstoffen, wie Stein- und Braunkohle, eine im Bundesdurchschnitt überdurchschnittliche Rohstoffgewinnung entwickelt. Diese schuf wiederum Arbeitsplätze und führte zu einer hohen Besiedlungs- und Infrastrukturdichte, was den Bedarf an mineralischen Rohstoffen weiter anwachsen ließ.

Die Schwerpunkte der Gewinnung mineralischer Rohstoffe in Nordrhein-Westfalen für den direkten Einsatz in der Bauindustrie liegen bei Sand, Kies und Naturstein, incl. eines Kalksteinanteiles für Schotter und Splitt. Hochwertige Kalksteine werden darüber hinaus für die Kalk- und Zementherstellung sowie vielseitige industrielle Anwendungen gewonnen. Quarzsande und –kiese werden für die Glasherstellung, Gießereisande und andere spezielle Anwendungen abgebaut. Diese landeseigenen Spezifika sind bei der Bedarfsermittlung sowohl bzgl. der Mengen als auch der Qualitäten zu berücksichtigen. Eine Nichtberücksichtigung des historisch gewachsenen Bedarfs würde zum Rohstoffimport bzw. bei dadurch bedingter Unwirtschaftlichkeit der Wirtschaftszweige zum Abwandern der an die einheimische Rohstoffbereitstellung gebundenen Industrie führen.

Zusätzlich folgt der Bedarf an mineralischen Rohstoffen marktbedingten zyklischen Schwankungen. Besondere Einflüsse durch Substitution infolge Produktinnovation und Kreislaufwirtschaft sind im Weiteren bei einer Bedarfsprognose zu berücksichtigen. Nicht zu vergessen sind auch regionalspezifische Versorgungsaufgaben für nicht mit entsprechenden Lagerstätten ausgestattete angrenzende Räume, in die mineralische Rohstoffe direkt (Sand, Kies, Naturstein) oder daraus erzeugte Produkte (Kalk, Zement, Beton, Asphalt etc.) exportiert werden.

Für die Bedarfsermittlung haben sich in letzter Zeit zwei Ansätze herauskristallisiert:

- die volkswirtschaftliche, auch angebotsorientierte Methode genannt

- die unternehmensbezogene, auch nachfrageorientierte Methode genannt.

Beide Methoden ermitteln den Bedarf an mineralischen Rohstoffen mit abweichendem Vorgehen und berücksichtigen die Rahmenbedingungen der zukünftigen Entwicklung unterschiedlich. Im Folgenden werden die Herangehensweise sowie die Vor- und Nachteile beider Methoden der Bedarfsermittlung dargestellt.

5.2 Methodendarstellung volkswirtschaftliche Bedarfsermittlung

Bei dem volkswirtschaftlichen Bedarfsberechnungsansatz wird der Rohstoffverbrauch eines Wirtschafts- bzw. Planungsraumes unter Berücksichtigung der beabsichtigten gesamtgesellschaftlichen Entwicklung und der sich daraus ergebenden Nachfragesituation linear fortgeschrieben.

Der erwartete Verbrauch von mineralischen Rohstoffen wird aus den Zielen der Raumordnung und Landesplanung bzgl. demografischer und gesamtwirtschaftlicher Entwicklung des Planungsraumes abgeleitet. Dazu werden die zukünftig zur Bedarfsdeckung erforderlichen Qualitäten und Mengen an mineralischen Rohstoffen für die Schwerpunkte des Verbrauchs unter Berücksichtigung festgeschriebener konkreter Entwicklungsziele (z. B. bei Wirtschaft, Infrastruktur, Hoch- und Tiefbau, Wasserbau etc.) sowie von bestehenden Unterhalts- und Versorgungserfordernissen des Raumes erfasst und fortgeschrieben.

Den Rohstoffverbrauch beeinflussende Parameter wie technischer Fortschritt, Rohstoffimport/Rohstoffexport oder der Einsatz von Substitutionsmaterialien (Recycling-, Ersatzbaustoffe) können mit eingerechnet werden. Deren Prognose gestaltet sich aber schwierig und birgt die Gefahr einer Unter-/Überbewertung der Möglichkeiten aus der technischen Entwicklung bzw. einer aktuell politisch bedingten Forcierung in eine bestimmte Richtung. Die Bedarfsermittlung ist weitgehend unabhängig von direkten Unternehmens- und Verbandsinteressen, jedoch nicht frei von politischen Einflüssen.

Es ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

- In den Berechnungsansatz fließt auch die Änderung der Bedarfsbestimmungsgrößen (z. B. Marktentwicklung, Innovationen, Substitutionspotenziale, Entwicklungsziele etc.) ein, so dass allgemeine Wirtschafts- sowie Trendentwicklungen berücksichtigt werden.

- Die Bedarfsermittlung erfordert neben der Erfassung der volkswirtschaftlichen Ausgangssituation die qualitative Bestimmung und quantitative Umsetzung der Plansituationen, was zahlreiche Ansätze und Teilberechnungen von Bedarfsmengen (z. B. für den Straßenneubau, -unterhalt, Hoch- und Tiefbau, Sonderbauten, die Weiterverarbeitung zu Kalk und Zement, die Industrieanwendungen etc.) notwendig macht und daher sehr arbeits- und zeitaufwendig ist.

- Die Berechnung erfordert realistische, branchenbezogene qualitative und quantitative Ansätze für die Berechnung des Rohstoffbedarfes. Die Regional- und Bauleitplanungen lassen wegen der ihnen zugeordneten Planungsschärfe und der fehlenden zeitlichen Einordnung eine quantitative Erfassung des perspektivischen Bauvolumens jedoch nur bedingt zu. Sie sind eine Zielplanung und beinhalten keine zeitlichen Abläufe. Sie geben darüber hinaus auch keine Informationen zur zukünftigen Art der Industrie- und Gewerbeansiedlungen. Vereinfachungen und Annahmen sind erforderlich, was die Bedarfsermittlung unscharf macht.

- Rohstoffbedarfsmengen sind aus den Raumordnungs- und Regionalplänen vorrangig mit Fokussierung auf die politisch gewollte Raum- und Wirtschaftsentwicklung abzuleiten. Die konkrete Lagerstättensituation (Rohstoff, Qualität, Menge, Lage) und die sich zukünftig entwickelnden Markt- und Versorgungsansprüche (nach Qualität, Menge, Logistik, Kosten etc.) werden dabei ggf. ungenügend abgebildet. Die Attraktivität und Wirtschaftlichkeit der Lagerstättennutzung ist für den Planungsprozess sekundär. Eine marktgerechte und wirtschaftliche Bedarfsdeckung ist damit möglicherweise nicht gegeben.

- Für eine volkswirtschaftliche Bedarfsermittlung sind umfangreiche lagerstättengeologische Kenntnisse zur Lagerstättensituation bei verschiedenen mineralischen Rohstoffen und umfangreiche Einsatz- und Marktkenntnisse zu zukünftigen Verbrauchsschwerpunkten erforderlich. Diese erfordern entsprechende aufwendige Vorarbeiten, welche z. B. für Nordrhein-Westfalen über den Umfang der vorliegenden Rohstoffkarte 1 : 50.000 und dem geplanten Abgrabungsmonitoring im dreijährigen Rhythmus hinausgehen müssten.

- Erst auf Basis der Karte oberflächennaher mineralischer Rohstoffe, welche die Lagerstätten nach Rohstoff, Fläche/Menge und Lage grob abbildet, sowie dem aktuellen Gewinnungsstand wird die Möglichkeit eröffnet, die zukünftigen Ge-

winnungsinteressen des Marktes und die Wirtschaftlichkeit abzuschätzen. Diese Abschätzung ist wichtig für die mengenmäßige Bedarfsprognose, da auch zukünftig nur qualitativ und inhaltsmäßig anforderungsgerechte Lagerstätten mit gutem Marktanschluss attraktiv sind und für eine wirtschaftliche Nutzung in Frage kommen. Gerade bei den transportkostenempfindlichen Rohstoffen spielt die Lage bzw. die Entfernung zur Weiterverarbeitung bzw. dem Rohstoffverbraucher eine (standort-) entscheidende Rolle.

- Problematisch ist daher die dem Bedarfsermittlungsansatz zugrunde liegende Aufteilung des ermittelten Bedarfs auf die jeweiligen Planungsräume. Eine streng mathematische oder ausschließlich planungsbezogene Mengenzuweisung würde verkennen, dass Bodenschätze

    - in den Planungsräumen nicht gleichmäßig verteilt sind,
    - nicht überall in der gleichen Qualität und Mächtigkeit vorkommen bzw.
    - in bestimmten Planungsräumen überhaupt nicht anstehen.

5.3 Methodendarstellung unternehmensbezogene Bedarfsermittlung

Die zweite Methode zur Ermittlung des Bedarfs ist ein unternehmensbezogenes Verfahren. Im Rahmen der nachfrageorientierten Bedarfsberechnung wird der Rohstoffbedarf durch die Ermittlung und Fortschreibung der jeweiligen Marktnachfrage ermittelt. Dabei wird vorausgesetzt, dass nur soviel mineralische Rohstoffe produziert werden, wie der Markt auch abnimmt (Produktion = Marktbedarf).

Mittels Firmenbefragung bzw. Erhebung bei den jeweiligen Wirtschaftsverbänden wird der bisherige und derzeitige Rohstoffverbrauch ermittelt. Damit erfolgt gleichzeitig auch eine aktuelle Feststellung der Produktionskapazitäten und der wirtschaftlich gewinnbaren Lagerstättenpotenziale im Prognosegebiet. Auf diese Weise wird der Rohstoffbedarf aus der konkreten Nachfragesituation bei der Rohstoffindustrie abgeleitet.

Der zukünftige Rohstoffbedarf wird aus der bisherigen und aktuellen Rohstoffversorgungs- und Nachfragesituation zunächst linear für den jeweiligen Prognosezeitraum fortgeschrieben. Es handelt sich bis hier um eine rein unternehmensbezogene Betrachtung. Die Trendentwicklung auf Basis der vergangenen Marktentwicklung ist stark von der Länge des einbezogenen Zeitraums und der darin abgelaufenen wirtschaftlichen Entwicklung abhängig. Um den zukünftigen Bedarf möglichst real abzubilden, sind

bestimmende Einflussfaktoren festzulegen und für die Prognose als maßgebend zu berücksichtigen.

Dabei werden vordergründig die perspektivischen Markterfordernisse, jedoch auch Trendentwicklungen aus Innovation und politischer Richtungsweisung berücksichtigt. In diesen Marktbedarf fließen sowohl landeseigener Verbrauch, als auch Exporte ein. Zukünftige Planungen und Restriktionen müssen in der Diskussion der Rahmenbedingungen ebenfalls berücksichtigt werden.

Die Vorteile des nachfrageorientierten Bedarfsberechungsansatzes sind:

- Die Bedarfsermittlung über die vorhandenen Unternehmenskapazitäten spiegelt die konkrete Nachfragesituation an mineralischen Rohstoffen im Planungsraum wieder. Die Rohstoffgewinnungsindustrie ist eine reine Bedarfsdeckungsindustrie, eine Vorrats- oder Haldenproduktion ist weder ökologisch erwünscht noch wirtschaftlich.

- Das nachfrageorientierte Vorgehen berücksichtigt die Rohstoffversorgungserfordernisse der jeweiligen Unternehmen und verhindert eine anonyme, rein theoretische Bedarfsausweisung aus Planungssituationen. Im Vergleich zum angebotsorientierten Ansatz kann damit ausgeschlossen werden, dass große Flächenpotenziale für die Rohstoffgewinnung gesichert werden, ohne dass sich hierfür ein erkennbares Gewinnungsinteresse abzeichnet. Diese Flächen wären den anderen Raumnutzungen langfristig entzogen, ohne die Gewissheit, dass die Konkretisierung der angestrebten Nutzung überhaupt erfolgt.

- Die Ausweisung der Abgrabungsbereiche erfolgt auf der Grundlage konkret vorliegender Erweiterungsabsichten und überwiegend auf der Grundlage genauerer Lagerstättenkenntnisse. Die bestehenden Unternehmensinteressen gewährleisten eine marktgerechte und wirtschaftliche Rohstoffgewinnung entsprechend des Bedarfs. Die unternehmensbezogene Abgrenzung und räumliche Zuordnung der Abgrabungsbereiche ermöglicht die Sicherung von Standorten, an denen die unterstellten Rohstoffe tatsächlich vorhanden sind.

Die Nachteile des nachfrageorientierten Bedarfsberechungsansatzes sind:

- Die Ergebnisse der Bedarfserhebung können durch überzogene Erwartungen oder unrichtige Angaben verfälscht sein.

- Die Entwicklung der aktuellen, bedarfsbestimmenden Rahmenbedingungen (z. B. die konjunkturelle Entwicklung, Branchen- und Produktinnovationen) fließt nur mittelbar über die Angaben zur erwarteten künftigen Absatzentwicklung der Unternehmen ein.

5.4 Vergleich der Methoden zur Bedarfsermittlung

Der volkswirtschaftliche Berechnungsansatz baut darauf auf, dass Bedarfszahlen aus vorhandenen Planungen abgeleitet werden. Nachteilig sind die hohen Aufwendungen für die Bestimmung des rohstoff- und branchenbezogenen Bedarfes. Markt- und Trendentwicklungen müssen berücksichtigt und eingeschätzt werden. Unschärfen durch Fehlstellen sind zu erwarten. Der Arbeitsaufwand für die Grundlagenermittlung und die Berechnungen ist sehr umfangreich. Eine Anwendung der volkswirtschaftlichen Bedarfsermittlung setzt lange Bearbeitungszeiträume und eine eingehende Abstimmung mit den für die Planung verantwortlichen Stellen voraus.

Der produktions-/betriebsbezogene Berechnungsansatz geht von dem bestehenden Bedarf und den dafür eingesetzten Produktionskapazitäten aus. Diese Methode ist auch die Grundlage des zu erstellenden Recyclinggutachtens, wobei die Erhebung über die Wirtschafts- und Fachverbände erfolgt. Es werden die Produktionsmengen der vergangenen Jahre unter Annahme von Entwicklungsszenarien und entsprechenden Einflussfaktoren in die Zukunft projiziert. Dabei werden vordergründig die Markterfordernisse, jedoch auch Trendentwicklungen aus Innovation und politischer Richtungsweisung gewichtet berücksichtigt. Der Prognoseansatz beruht darauf, dass nur das produziert wird, wofür ein Marktbedarf gegeben ist. In diesen Marktbedarf fließen sowohl landeseigener Verbrauch, als auch Exporte ein. Eine Differenzierung ist im Rahmen dieses Gutachtens nicht vorgesehen.

Zukünftige Planungen und sich entwickelnde Restriktionen müssen jedoch in der Diskussion der Rahmenbedingungen bei beiden Verfahren berücksichtigt werden. Dies ist jeweils eine komplexe Aufgabe im Rahmen der Prognosebearbeitung für die Erfassung des Bedarfes an Baustoffen generell und auch in diesem Gutachten.

Die angerissenen Schwierigkeiten und Prognoseunsicherheiten der einzelnen Verfahren lassen erkennen, dass es den „Königsweg der Bedarfsberechnung" nicht gibt. Der nachfrageorientierte Ansatz liefert vergleichsweise realistischere Ergebnisse und die regionalplanerische Flächensicherung kann damit zugleich stringent durchgeführt werden, ohne dass Flächenüberhänge auftreten, für die kein Bedarf besteht.

5.5 Bewertung des Abgrabungsmonitorings für das Land Nordrhein-Westfalen

Mineralische Rohstoffe sind in der Menge begrenzt und absolut standortgebunden. Die Auswahl und Ausweisung von Sicherungsflächen nach geologisch und rohstoffkundlich sinnvollen Kriterien (z. B. Volumen, Qualität) sowie die vollständige Nutzung der gesamten Lagerstättenmächtigkeit tragen zu einer deutlichen Verringerung der Flächeninanspruchnahme und damit der Nutzungskonflikte durch den Rohstoffabbau bei.

Daher wurde vom Geologischen Dienst NRW auf Initiative vom Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie Nordrhein-Westfalen, neben dem Aufbau des digitalen Fachinformationssystems Rohstoffe NRW und der damit zur Verfügung stehenden Rohstoffkarte NRW 1 : 50 000 (RK50), ein Konzept zu einem landesweiten begleitenden Abgrabungsmonitoring erarbeitet. Dieses Konzept wurde in einem Pilotprojekt für die Landkreise Wesel und Kleve umgesetzt und wird derzeit auf weitere Kreise ausgedehnt.

Die entwickelte Methodik basiert ausschließlich auf neutralen und transparenten Daten. Dies sind im Einzelnen die Luftbilder des Landesvermessungsamtes NRW (Geobasis NRW), das Fachinformationssystem Rohstoffe NRW (Geologischer Dienst NRW) sowie die zum Zeitpunkt der Erfassung aktuellen und gültigen „Bereiche zur Sicherung und Abbau von oberflächennahen Bodenschätzen" (BSAB) der. Regionalpläne, früher Gebietsentwicklungspläne. Die Bearbeitung erfolgt in drei Arbeitsschritten:

- Verschneiden der Luftbilder mit den BSAB (rote Linien in Abbildung 21)
- Identifizieren und Digitalisieren “der aktiven Abgrabungsflächen“ (blaue Flächen in Abbildung 21)
- Generieren und Berechnen der “Restflächen“ (rote Flächen in Abbildung 22) sowie der gesicherten Restmengen.

Abbildung 21 Abgrabungsmonitoring – Erfassung der Abgrabungssituation



Um Aussagen über die aktuelle Rohstoffsituation sowie über den Versorgungszeitraum mit Rohstoffen machen zu können, werden sämtliche aktiven Gewinnungsflächen anhand von Luftbildzeitreihen identifiziert und digitalisiert. Die Entwicklung der Abgrabungen lässt sich durch Vergleich der verschiedenen Erfassungen ableiten (siehe Abbildung 22). Zukünftig werden Luftbilder, die entsprechend ausgewertet werden, in Zyklen von 3 Jahren vorliegen.

Abbildung 22 Abgrabungsmonitoring – Abgrabungsentwicklung 1997, 2002, 2006



Das Monitoring liefert zunächst Angaben zu der noch zur Verfügung stehenden Restflächengröße bzw. zur Flächeninanspruchnahme innerhalb der in den Regionalplänen festgesetzten BSAB.

Durch weitere Verschneidung mit der Lagerstättengeologie aus dem digitalen Fachinformationssystems Rohstoffe NRW sowie grundlegenden Annahmen zur Abbaugeometrie erfolgt eine Aussage zu den Volumina des bisherigen Lagerstättenverbrauchs bzw. den landesplanerisch noch gesicherten Lagerstättenvorräten des jeweiligen Rohstoffs (im Beispiel Sand und Kies). Das Abgrabungsmonitoring bildet dann eine Arbeitsgrundlage für die Rohstoffsicherung im Zuge der Regionalplanung, die die gesi-

cherten Mengen dem im festgelegten Sicherungszeitraum gegebenen Bedarf gegenüberstellt. Entscheidungen zur notwendigen Planfortschreibung können so rechtzeitig und auf einer neutralen sowie sachlich ermittelten Basis getroffen werden.

Sämtliche Basis- und Fachdaten, auf denen die Monitoringauswertung basiert, sind öffentlich zugänglich. Die Ergebnisse des Monitorings sind transparent und daher für Behörden, Umweltverbände, Wirtschaft und Bürger gleichermaßen akzeptabel. Voraussetzung für eine ausreichende Aussageschärfe, die durch eine Ergänzung von Informationen aus den Unternehmen noch erhöht werden könnte, ist die Auswertung mehrerer zeitlich aufeinander folgender Luftbildreihen sowie die kontinuierliche Fortschreibung.

Das Abgrabungsmonitoring des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen, derzeit nur im Bereich Sand- und Kies für die Kreise Kleve und Wesel im Pilotmaßstab umgesetzt, ist zur Verfolgung des Verbrauchs der Lagerstätten- und Rohstoffsicherungsflächen im Lockergesteinsbereich generell geeignet und sollte auf ganz Nordrhein-Westfalen ausgedehnt werden.

Die im Pilotprojekt praktizierte Vorgehensweise betrifft ausschließlich Lockergesteinslagerstätten. Festgestein verlangt wegen der völlig anderen Lagerstättenausbildung eine darauf abgestimmte Monitoringsystematik. Diese liegt noch nicht vor. Zur Ermittlung der Mengen über die Flächen müssen hier weitere rohstoff- und standortbezogene Daten gesammelt und zusätzliche Informationsquellen genutzt werden (Begehung, Unternehmensinformationen).

6 Bedarfsprognose unter Berücksichtigung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen bis 2025 und Prognose der Substitutionsquote in NRW

6.1 Prognosegrundlagen, Methodik, Ansätze

Die Prognose stützt sich maßgeblich auf die bisherige Entwicklung bei der Produktion von Primärrohstoffen und Recyclingprodukten. Ausgangspunkt sind die von Unternehmen und Verbänden bereitgestellten Daten (Teil der unternehmensbezogene Bedarfsprognose).

Es wurde folgendes Vorgehen angewendet, um die Bedarfsprognosen für Nordrhein-Westfalen auf sachliche und nachvollziehbare Grundlagen zu stellen:

1. Ermittlung des Produktionsverlaufs- und der linearen Trendkurve der bisherigen Produktionsentwicklung in NRW 1995-2008.

2. Feststellung des mittleren Produktionsniveaus im Erfassungszeitraum durch Eliminierung wirtschaftszyklischer Einflüsse und von Sondereinflüssen (z. B. Vereinigung der deutschen Staaten). Der Endpunkt des ermittelten mittleren Produktionsniveaus 2008 bildet den Startpunkt für die Prognose.

3. Entwicklung des zukünftigen mittleren Produktionsniveaus in Jahresscheiben unter Einbeziehung von qualitativen Einflussgrößen nach Primärbaustoffen und Einschätzung von den Einflussfaktoren im Prognosezeitraum (Erläuterungen folgend).

4. Tendenzfestlegung für die Trendkurve im Ergebnis der qualitativen Einschätzung der Steigung bzw. des Gefälles durch die Gutachter auf Basis der durchgeführten Recherchen zu den Branchen. Iterative Erzeugung von zukünftigen Produktionsjahreswerten, welche die prognostizierte mittlere Entwicklung im Trend abbilden.

5. Anpassung der prognostizierten mittleren Produktionsentwicklung an die allgemeinen wirtschaftszyklischen Schwankungen (Dauer des Zyklusansatzes 10-12 a) und besonderen branchen- oder rohstoffbezogenen Einflüsse.

Als Ergebnis werden für die einzelnen Primärrohstoffe und die Recyclingprodukte Diagramme mit dem vergangenen Produktionsverlauf 1995-2008 und dem prognostizierten Produktionsverlauf 2009-2025 dargestellt. Der Produktionsverlauf steht stellvertretend für den Bedarfsverlauf, nach dem allgemeinen Grundsatz für die Rohstoffversorgung, dass nur das produziert wird, wofür ein Bedarf gegeben ist. Die durchgeführten Trendextrapolationen stellen trotz ihres hohen Abstraktionsgrades eine gute Abschät-

zung der zukünftigen Fördermengen dar, denn Nachfrage und Angebot ändern sich bei mineralischen Rohstoffen nicht sprunghaft.

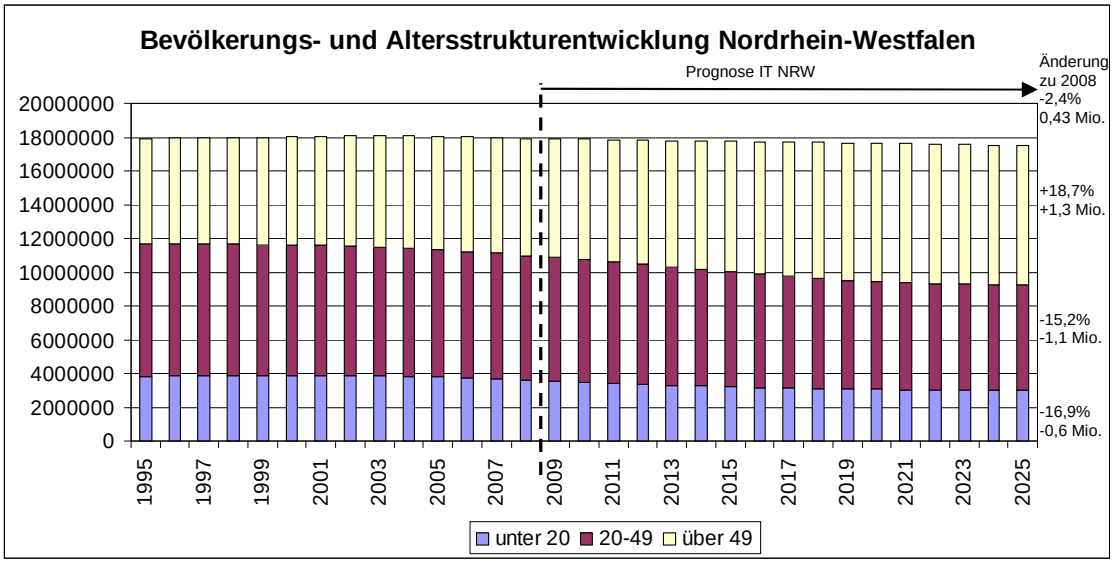
Im Folgenden werden die bei der Prognose berücksichtigten Einflussfaktoren allgemein erläutert. Die Ergebnisse der rohstoffspezifischen Bewertung sind unter den einzelnen Punkten zur Prognose der Produktionsentwicklung bei den Primärrohstoffen und der Recyclingprodukte in Tabellenform dargestellt. Hierbei wurden 7 Bewertungsstufen von dreimal „minus“ (– – –) über „plusminus“ (±) bis dreimal „plus“ (+ + +) eingeführt.

Demografische Entwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung ist ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung des Verbrauchs mineralischer Rohstoffe. Wie bereits erwähnt liegt der derzeitige Gesamtverbrauch der hier betrachteten mineralischen Rohstoffe in Nordrhein-Westfalen bei rd. 7,1 t/a und Einwohner (siehe Pkt. 2.1).

Die von IT NRW prognostizierte demografische Entwicklung in Nordrhein-Westfalen bis 2025 ist in der folgenden Abbildung 23 dargestellt. Für den Verbrauch sind die Einwohneranzahl und deren Altersstruktur maßgebend.

Abbildung 23 Bevölkerungs- und Altersstrukturentwicklung Nordrhein-Westfalen 1995-2025 (Quelle: IT NRW)



Die Einwohnerzahl in Nordrhein-Westfalen wird im Zeitraum 2009 - 2025 mit rd. -0,5 Mio. Einwohner geringfügig zurückgehen. Dadurch wird sich der Bedarf an mineralischen Rohstoffen, gemessen am heutigen Niveau, bis 2025 um rd. 3 Mio. t/a (ca. 2,5 %) verringern. Durch die Zunahme des Anteils der über 50-jährigen (rd. + 19 %), welche nur noch einen geringen Wohn- und Gewerbebaubedarf erzeugen, wird eine weite-

re Verringerung des Primärbaustoffbedarfs in ähnlicher Größenordnung bedingt sein. Insgesamt wird die Veränderung der Bevölkerungszahl und Altersstruktur geringe Auswirkungen auf den Bedarf mineralischer Rohstoffe haben (geschätzt max. rd. -5 Mio. t/a). Die Tendenz wird in den folgenden rohstoffbezogenen Bewertungen einheitlich mit einem Minuszeichen leicht negativ bewertet.

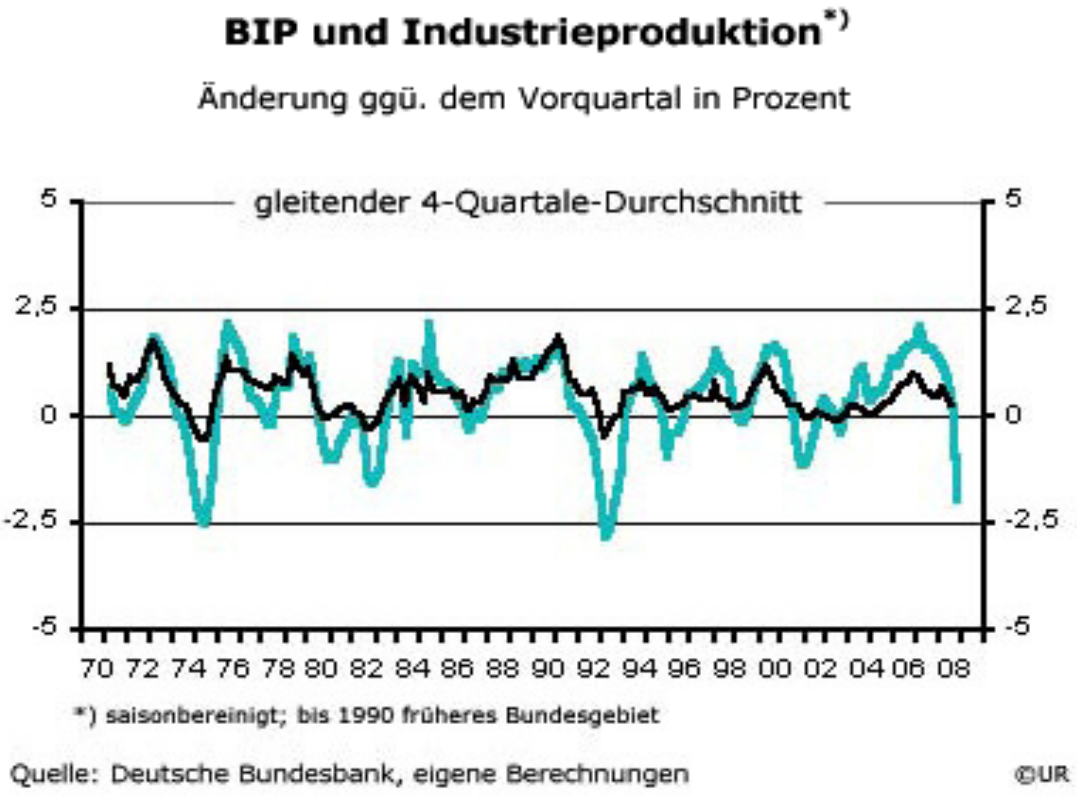
Wirtschaftswachstum

Das Wirtschaftswachstum ist über den Verbrauch von Grundstoffen in Industrie und Gewerbe direkt mit dem mineralischen Rohstoffbedarf gekoppelt. Darüber hinaus entsteht Bedarf durch entsprechende Erweiterung der Infrastruktur und Erhöhung des privaten Wohlstandes. Beim Wirtschaftswachstum werden trotz leicht rückläufiger und alternder Bevölkerung weitere Produktivitäts- und Effektivitätssteigerungen erwartet.

Nachlaufende Betrachtungen führender Wirtschaftsinstitute zum durchschnittlichen Wirtschaftswachstum haben ergeben, dass maximal 0,5 - 0,8 %/a als real anzusetzen sind [U 11]. Es wird hier konservativ von einem langfristig durchschnittlichen Wirtschaftswachstum von 0,5 %/a unter Vernachlässigung der sonstigen Effekte ausgegangen. Im Prognosezeitraum ergibt sich somit ein Zuwachs von 13 %, was vom heutigen Niveau ausgehend, bei Vernachlässigung sonstiger Einflussfaktoren, einen sukzessiven Zuwachs des zusätzlichen Bedarfs an mineralischen Rohstoffen bis zu 17 Mio. t/a im Jahre 2025 bedeutet. Dieser Zuwachs wird durch die Bevölkerungsentwicklung wieder vermindert.

Durch die Wirtschaftsdynamik ist neben dem erwarteten geringen allgemeinen Wirtschaftswachstum auch eine wirtschaftszyklische Entwicklung gegeben, die vom Wechsel zwischen Konjunktur und Krise geprägt ist. Diese zyklischen Schwankungen erfolgen sinusförmig um den Mittelwert der Entwicklung der wirtschaftlichen Produktion. Die Zykluszeiten betragen jeweils 8 -12- Jahre und werden i. A. durch die weltwirtschaftliche Entwicklung bestimmt. Sie werden überlagert von Besonderheiten in der Europäischen Union, Deutschland und Nordrhein-Westfalen. Die Abbildung 24 verdeutlicht den zyklischen Verlauf der Wirtschaftsentwicklung in Deutschland am Bruttoinlandsprodukt (BIP) des Zeitraums 1970 – 2008 („gleitender 4-Quartale-Durchschnitt“). Die derzeitige, durch die Finanzkrise bedingte, negative Wirtschaftsentwicklung deutet sich in Abbildung 24 nur an und weist auf eine um die Hälfte verkürzte Zykluszeit (2002-2008) hin.

Abbildung 24 Entwicklung Bruttoinlandsprodukt und Industrieproduktion 1970-2008



Die tendenziell positiv erwartete Wirtschaftsentwicklung wird in den folgenden rohstoffbezogenen Bewertungen einheitlich mit einer Stufe „positiv“ bewertet.

Infrastrukturmaßnahmen

Mit der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 hat die Bundesregierung Konjunkturprogramme beschlossen, die den Rückgang der Industrieproduktion begrenzen und Arbeitsplätze sichern sollen.

Das Konjunkturpaket I (Beschäftigungssicherung durch Wachstumsstärkung) der Bundesregierung vom 5. November 2008 fördert Investitionen und Aufträge von Unternehmen, privaten Haushalten und Kommunen in einer Größenordnung von rund 50 Mrd. € in den Jahren 2009 und 2010. Mit dem Konjunkturpaket I sind u. a Verkehrsinvestitionen von ca. 2 Mrd. € in den Jahren 2009/2010 möglich. Davon entfallen rd. 950 Mio. € auf Bundesfernstraßen, 520 Mio. € auf Bundesschienenwege und 430 Mio. € auf Bundeswasserstraßen. Darüber hinaus wird die energetische Gebäudesanierung sowie energieeffizientes Bauen gefördert.

Das Konjunkturpaket II (Pakt für Beschäftigung und Stabilität, insgesamt 50 Mrd. €, 14 Einzelmaßnahmen) ist u. a. ein Investitionsprogramm für Bildung und Infrastruktur von insgesamt 14 Mrd. €. Die Investitionen verteilen sich wie folgt:

- Ausbau und Erneuerung der Bundesverkehrswege (rd. 2 Mrd. €)
- Investitionen in Bauten, Ausrüstungen und die Ressortforschung des Bundes (rd. 2 Mrd. €)
- Kommunales Investitionsprogramm (rd. 10 Mrd. €) mit Schwerpunkten Bildungseinrichtungen (6,5 Mrd. €, energetische Sanierung Kindergärten, Schulen, Hochschulen) und Forschung sowie Infrastruktur /Verkehr, Krankenhäuser, Städtebau, Informationstechnologie).

Dies ermöglicht in Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2009 und 2010 zusätzliche Investitionen in Höhe von insgesamt 2,844 Milliarden Euro. Von diesen 2,844 Milliarden Euro tragen das Land und die Kommunen insgesamt 711 Millionen Euro.

Zur Umsetzung des Zukunftsinvestitionsgesetzes hat sich die nordrhein-westfälische Landesregierung bereits am 30. Januar 2009 mit den kommunalen Spitzenverbänden auf einen „Zukunftspakt für die Kommunen“ verständigt. Danach stellt die Landesregierung den Kommunen pauschal 2,380 Milliarden Euro zur Verfügung. Das entspricht 83,68 Prozent der Gesamtmittel. Den Rest der Mittel, insgesamt 464 Millionen Euro, verwendet das Land direkt für die Hochschulen.

Von den Bauinvestitionen in den beiden Konjunkturpaketen gehen erhebliche Impulse für die Baustoff- und Bauwirtschaft aus. Die Konjunkturpakete wirken im Wesentlichen in den Jahren 2009-2011. Nachwirkungen durch Genehmigungsverfahren, Verzögerungen und Fertigstellung von Bauprojekten sind bis 2014 anzunehmen.

Über die Konjunkturpakete hinaus wird mit dem Einflussfaktor Infrastruktur die Abhängigkeit von mittelfristigen Infrastrukturmaßnahmen in Nordrhein-Westfalen erfasst. Dabei ist auch mittelfristig der eingetretene Stau bei Unterhaltungs- und Ersatzmaßnahmen an der Infrastruktur (insbesondere am Straßennetz und öffentlichen Einrichtungen) zu berücksichtigen.

Die Auswirkungen auf die einzelnen hier zu bewertenden Primärrohstoffe werden unterschiedlich sein. Daher wird eine differenzierte Bewertung vorgenommen. Diese ist

positiv, wenn der Bedarf gefördert wird, negativ, wenn kein Einfluss besteht oder der Bedarf verringert wird (z. B. indirekt durch Verdrängung/Ersatz).

Export/Import

Export-/Importabhängigkeiten bestimmter mineralischer Primärrohstoffe sind bei der Bewertung des zukünftigen Bedarfs zu berücksichtigen. Dabei sind sowohl nationale als auch internationale Transfers zu berücksichtigen.

Bei Sand und Kies hat Nordrhein-Westfalen eine besondere Stellung. Es werden wegen der Nähe und guten logistischen Verbindung über die Binnenschifffahrt auf dem Rhein und auf der Straße erhebliche Mengen in die Niederlande exportiert. Das Exportvolumen liegt bei ca. 10 Mio. t/a. Der Bedarf wird langfristig anhalten, da die Niederlande eine Versorgung mit Sand und Kies aus eigenen Ressourcen nicht absichern können.

Bei Kalkstein für die Herstellung gebrannter und ungebrannter Kalkprodukte sowie von Zement ist der Bedarf neben dem Eigenverbrauch in Nordrhein-Westfalen ebenfalls stark exportabhängig. Daneben drängen aber Kalkstein- bzw. Produktimporte aus der Europäischen Union, z. B. aus Belgien und Frankreich, auf den deutschen, insbesondere den nahen Nordrhein-Westfälischen Markt, was mittelfristig zu berücksichtigen ist.

Die Import-/Exportbewertung erfolgt positiv, wenn diese den Bedarf fördert, negativ, wenn diese den Bedarf verringert.

Branchenentwicklungen

Mit der Einflussgröße Branchenentwicklung werden die technische Trendentwicklung und der technische Wandel in der gesamten Branche berücksichtigt. Darüber hinaus werden Einflüsse auf die Branche aus der Entwicklung der Umweltanforderungen bewertet.

Die Auswirkungen auf die einzelnen Branchen sind differenziert. Erhebliche Einflüsse werden, z. B. bei der Kalksteinproduktion für Brennprozesse und bei Ton und Lehm aus dem Zertifikathandel für Emissionen erwartet. Die Flächeninanspruchnahme und die Grundwasserfreilage sind branchenspezifische Kriterien für den Sand- und Kiesabbau und führen zu politischen Diskussionen.

Die Auswirkungen der Brancheneinflüsse auf die einzelnen hier zu bewertenden Primärrohstoffe werden differenziert bewertet. Sie sind positiv, wenn der Bedarf gefördert

wird, negativ, wenn der Bedarf verringert wird (z. B. durch eine erwartete Primärrohstoffverdrängung/-ersatz durch anderweitig vorgebrannte Ersatzstoffe, z. B. Schlacken und Aschen). Ebenfalls negativ fällt die Bewertung aus, wenn die gesamte Branche aus der erwarteten Marktentwicklung der Produkte oder daraus hergestellter Erzeugnisse rückläufig ist (z. B. Mauerziegel durch Porenbeton/Kalksandstein/Biobaustoffe).

Produktentwicklungen

Die Entwicklung der aus den Primärrohstoffen hergestellten Produkte und deren zukünftige Etablierung am Markt nehmen maßgeblichen Einfluss auf den Bedarf an Primärrohstoffen. Es ist daher wichtig einzuschätzen, ob die Produkte weiterhin am Markt Bestand haben werden und in welcher Form. Innovationen mit Materialeinsparungseffekten bzw. Ersatz des Produktes können den Bedarf verringern, wenn diese zukünftig technisch bzw. wirtschaftlich möglich sind. Aus den Entwicklungstendenzen bei einzelnen Produkten lassen sich Hinweise für die Bedarfsentwicklung von produktspezifischen Rohstoffen ableiten. Dies gilt auch für die zukünftigen Produktanforderungen hinsichtlich Umweltverträglichkeit und geschlossener Produktkreisläufe (Recycling).

Die Bewertung erfolgt positiv, wenn der Bedarf von primären mineralischen Rohstoffen gefördert wird, andernfalls negativ.

Einsatzanforderungen

Die Einsatzanforderungen bestimmen die Eignung bestimmter mineralischer Primärrohstoffe. Sie sind durch technische Weiterentwicklungen und Umweltanforderungen Veränderungen unterworfen. Tendenziell wird zukünftig keine Verringerung der bautechnischen Anforderungen an die Eignung der Primärrohstoffe und der Recyclingbaustoffe erwartet, aber auch keine drastische Verschärfung (Anforderungen sind bereits hoch). Veränderte Umweltanforderungen sind zukünftig zu erwarten. Die derzeit in Erarbeitung befindliche Ersatzbaustoffverordnung sieht hohe, auf das Schutzgut Grundwasser bezogene Anforderungen vor. Eine tatsächliche Einführung der im Entwurf vorgeschlagenen Geringfügigkeitsschwellenwerte ist nicht wahrscheinlich. Eine Verschärfung der derzeitigen Situation durch die Einführung zusätzlicher Umweltparameter und eine weitere Verringerung von derzeit zulässigen Schwellenwerten ist aber wahrscheinlich.

Eine Bedarfserhaltung unter zukünftig absehbaren Einsatzanforderungen wird neutral bewertet, eine erwartete Bedarfsverringerung negativ. Bedarfsfördernde Entwicklungen sind nicht absehbar.

Rechtliche Restriktionen

Zu den rechtlichen Restriktionen zählen sowohl die vorstehend erläuterten Anforderungen, welche sich aus festgelegten technischen und umweltrelevanten Einsatzbedingungen ergeben, als auch die genehmigungsrechtlichen Anforderungen für die Gewinnung/Produktion der mineralischen Rohstoffe. Allgemeine rechtliche Anforderungen wurden unter Einsatzanforderungen bewertet.

Die genehmigungsrechtlichen Vorgaben werden auch weiterhin eine hohe Bedeutung für den Umfang und die Kosten der Produktion mineralischer Primärrohstoffe haben. Da die Gewinnung der einzelnen Rohstoffarten unterschiedliche Flächen beanspruchen, verschiedene Grundwasserbeeinflussungen aufweisen, die Möglichkeiten zur Wiedernutzbarmachung sich unterscheiden, sind Verschärfungen der Restriktionen für eine vorrangig Flächen verbrauchende, großflächige und Grundwasser freilegende Rohstoffgewinnung zu erwarten (z. B. Sand und Kiesgewinnung). Im Rahmen der Wiedernutzbarmachung werden heute in der Regel höherwertige Flächen geschaffen oder durch Ersatz höherwertig ausgeglichen. Die Umwandlung der Nutzung durch den Rohstoffabbau kann andere Nutzungen einschränken. Eine Differenzierung nach Betroffenheit wird bei der Bewertung umgesetzt.

Rohstoffsubstitution

Der Grundsatz, dass die Nachfrage nach einem Rohstoff durch Recycling - zumindest teilweise - bedient werden kann, bedarf rohstoffbezogen der Klarstellung und differenzierten Bewertung.

Eine Substitution ist aus qualitativen Gesichtspunkten nur bei bestimmten Primärrohstoffen durch Recycling oder industrielle Nebenprodukte möglich (z. B. Sand & Kies, Naturstein, Kalkstein tlw.). Darüber hinaus sind die erforderlichen Mengen nicht gegeben. Die Auswirkungen auf den Rohstoffbedarf sind im Einzelnen zu bewerten.

6.2 Prognose der Bedarfsentwicklung an Primärrohstoffen und der Substitutionsquote bis 2025

6.2.1 Kiese und Sande

Tabelle 2 zeigt die Bewertung der Einflussfaktoren für die zukünftige Entwicklung der Produktion von Kies und Sand.

Tabelle 2 Einschätzung der Entwicklung Kies und Sand NRW bis 2025

Kriterium	Einschätzung	Begründung
Bevölkerungsentwicklung	–	leicht rückläufig
Wirtschaftswachstum	+	gering positiv
Infrastrukturmaßnahmen	++	hoher Bedarf
Export/Import	++	Exportbedarf Niederlande
Branchenentwicklung	– –	Flächenverbrauch, Flächennutzung
Produktentwicklung	–	Teilsubstitution durch andere Bauweise
Einsatzanforderungen	±	keine Einschränkungen absehbar
Rechtliche Restriktionen	– –	Grundwasserschutz, Naturschutz
Rohstoffsubstitution	–	tlw. Substitution durch Naturstein
Summe/Bedarfsbewertung	–	**leicht rückläufiges Niveau**

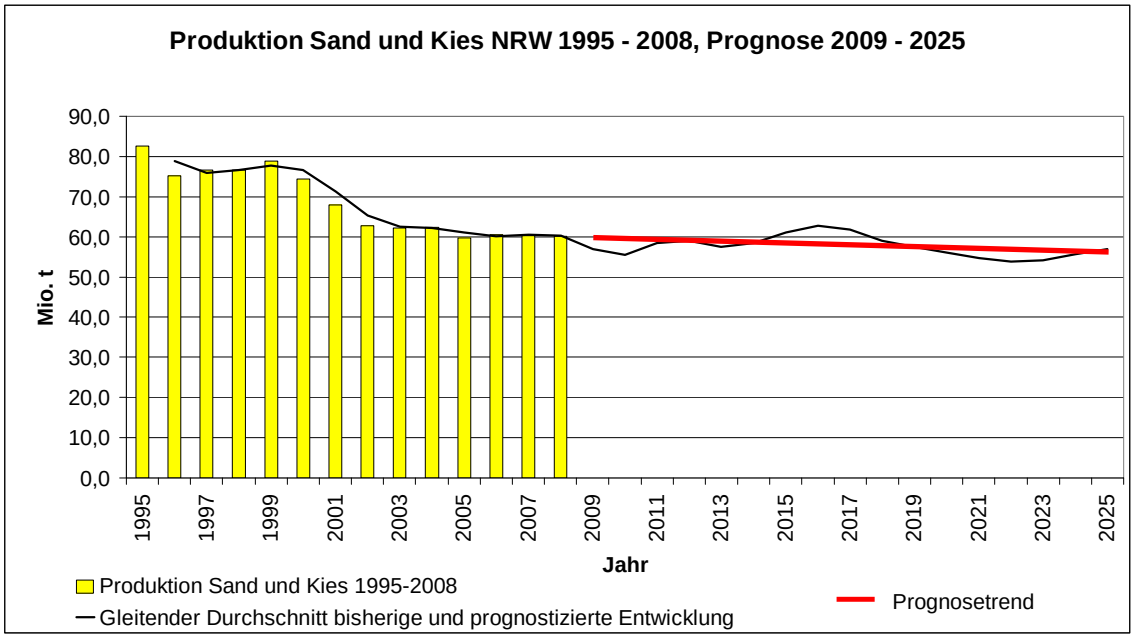
Es ergibt sich in Nordrhein-Westfalen sowohl aus den Konjunkturprogrammen, als auch aus notwendigen Baumaßnahmen zum Erhalt der Infrastruktur ein hoher Bedarf an Sand und Kies. Der Exportbedarf bleibt voraussichtlich in gleicher Größe erhalten wie bisher.

Die Sand- und Kiesgewinnung in Nordrhein-Westfalen steht in starker Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen. Sie legt tlw. großflächig und dauerhaft das Grundwasser frei (z. B. am Niederrhein). Aufgrund von erhöhtem politischen Druck ist mit Beschränkungen und Auflagen für die Branche aus der Regionalplanung und den Genehmigungsverfahren zukünftig weiterhin zu rechnen. Einsatzeinschränkungen für Sand und Kies aus bautechnischer und umwelttechnischer Sicht sind nicht gegeben bzw. zu erwarten.

Sand und Kies wurden in den vergangenen Jahren teilweise durch veränderte Bauweisen (z. B. Mischbaustoffe, Gipsbaustoffe, Biobaustoffe etc.) und teilweise durch Natursteineinsatz substituiert. Zusätzliche Substitution durch Recyclingbaustoffe ist nur in geringem Umfang möglich.

Der durchschnittliche Bedarf und die Produktion von Sand und Kies in Nordrhein-Westfalen bis 2025 werden mit rd. 60 Mio. t/a auf rd. 56 Mio. t/a leicht rückläufig prognostiziert. Ein erheblicher Einfluss der derzeitigen Finanz- und Wirtschaftskrise wird nicht erwartet.

Abbildung 25 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Sand und Kies NRW 2009-2025



6.2.2 Spezialsande

Tabelle 3 zeigt die Bewertung der Einflussfaktoren für die zukünftige Entwicklung der Produktion von Spezialsand.

Aus den Konjunkturprogrammen ergibt sich nur mittelbar ein zusätzlicher Bedarf an Spezialsanden, i. W. durch den damit verbundenen Einsatz von Bauglas. Der übrige, i. W. vom Fahrzeug- und Maschinenbau abhängige Bedarf wird derzeit als gering und mittelfristig als stagnierend eingeschätzt.

Tabelle 3 Einschätzung der Entwicklung Spezialsand NRW bis 2025

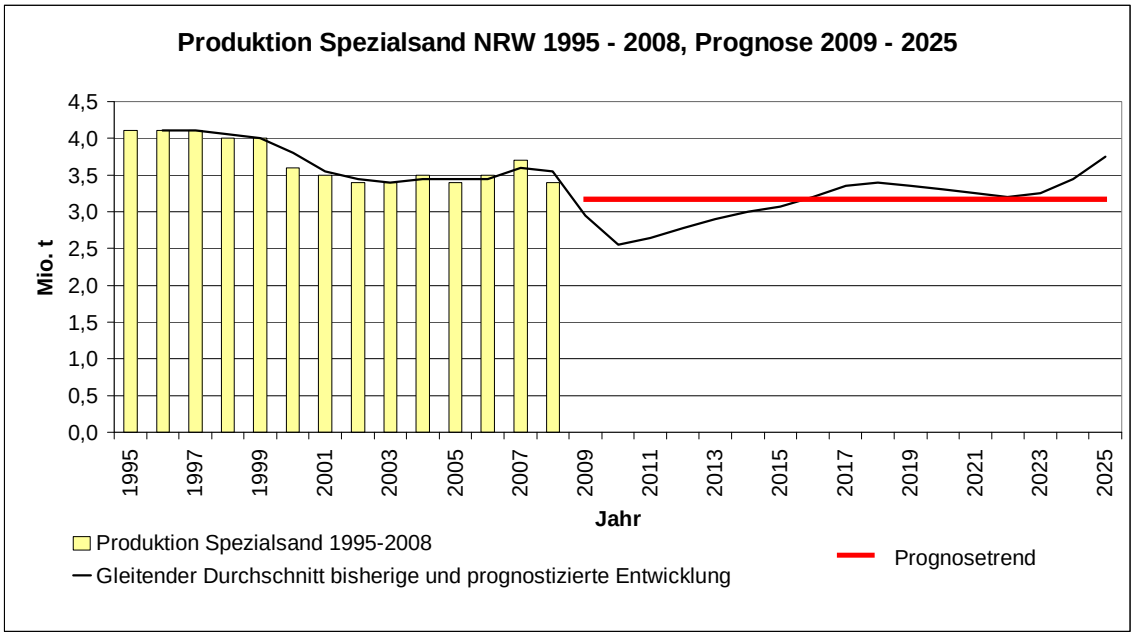
Kriterium	Einschätzung	Begründung
Bevölkerungsentwicklung	–	leicht rückläufig
Wirtschaftswachstum	+	gering positiv
Infrastrukturmaßnahmen	+	Bedarf bei Gebäudesanierung
Export/Import	+	Exportbedarf spezieller Produkte
Branchenentwicklung	–	Flächenverbrauch, Flächennutzung
Produktentwicklung	±	hochentwickelte, stabile Produktpalette
Einsatzanforderungen	±	keine Einschränkungen absehbar
Rechtliche Restriktionen	–	Grundwasserschutz, Naturschutz
Rohstoffsubstitution	±	qualitativ nicht möglich
Summe/Bedarfsbewertung	±	**anhaltend im erreichten Niveau**

Die Spezialsandgewinnung in Nordrhein-Westfalen steht ebenfalls in Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen, dem Grundwasserschutz und dem Naturschutz. Mit Beschränkungen und Auflagen für die Branche aus der Regionalplanung und den Genehmigungsverfahren ist zukünftig gleichfalls zu rechnen. Einsatzeinschränkungen für Spezialsand sind aus anwendungs- und umwelttechnischer Sicht nicht gegeben bzw. zu erwarten.

Spezialsande sind in den Hauptanwendungsgebieten, der Glasindustrie und der Gießereiindustrie hoch entwickelte und nicht substituierbare Produkte. Substitutionen bei anderen Anwendungen, wie der Verwendung als Füller, Schleif-, Putz- und Strahlmitteln sind möglich, jedoch mengenmäßig untergeordnet.

Der durchschnittliche Bedarf und die Produktion von Spezialsanden in Nordrhein-Westfalen werden nach langsamer Stabilisierung des Bedarfs infolge der derzeitigen Finanz- und Wirtschaftskrise bis ca. 2015 gleich bleibend mit rd. 3,2 Mio. t/a bis 2025 prognostiziert.

Abbildung 26 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Spezialsand und -kies NRW 2009-2025



6.2.3 Natursteine

Tabelle 4 zeigt die Bewertung der Einflussfaktoren für die zukünftige Entwicklung der Produktion von Natursteinen.

Tabelle 4 Einschätzung der Entwicklung Natursteine NRW bis 2025

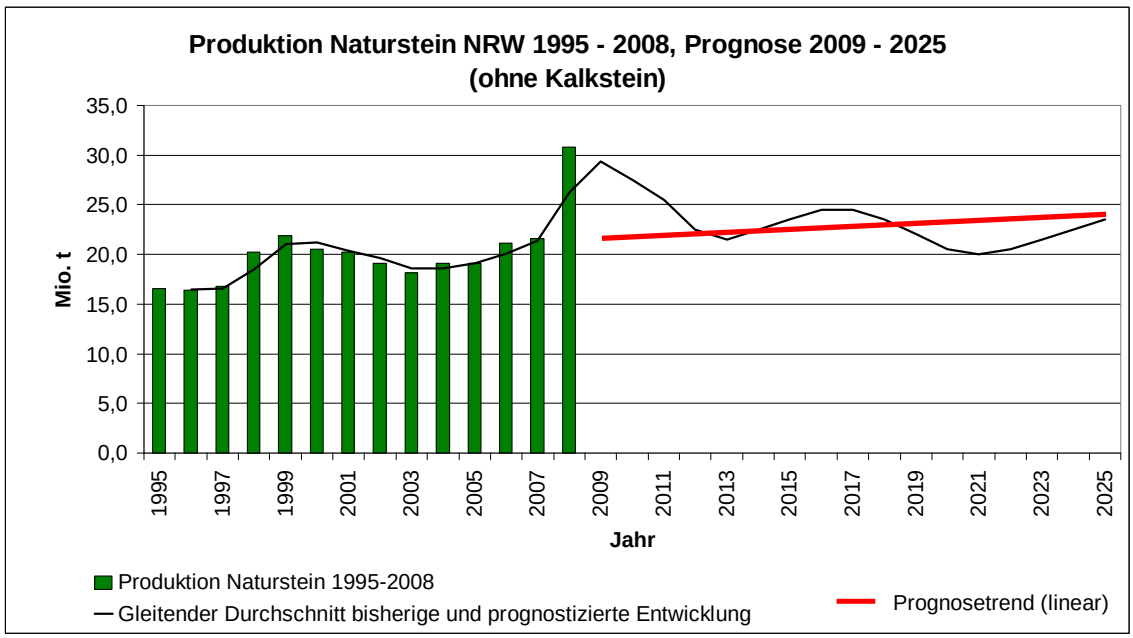
Kriterium	Einschätzung	Begründung
Bevölkerungsentwicklung	–	leicht rückläufig
Wirtschaftswachstum	+	gering positiv
Infrastrukturmaßnahmen	+++	hoher Bedarf Schotter und Splitt
Export/Import	++	Exportbedarf Niederlande und Niedersachsen
Branchenentwicklung	–	Flächenverbrauch, Flächennutzung
Produktentwicklung	–	Alkalireaktion Beton
Einsatzanforderungen	±	keine Einschränkungen absehbar
Rechtliche Restriktionen	±	Grundwasserschutz, Naturschutz
Rohstoffsubstitution	+	tlw. Substitution von Sand und Kies
Summe/Bedarfsbewertung	**++**	**weiter ansteigendes Niveau**

In Nordrhein-Westfalen ergibt sich aus den Konjunkturprogrammen sowie aus Nachholbedarf an unterhaltenden Baumaßnahmen für die Infrastruktur ein hoher Bedarf an Naturstein. Kurzfristig sind hier vor allem die noch planmäßig laufenden Ausbaumaßnahmen an den Autobahnen A1, A2 und A4 i. V. mit weiteren zahlreichen zusätzlich initiierten Ersatz- und Ausbaumaßnahmen im Straßen-, Schienen und Wasserstraßennetz zu nennen. Der Export bleibt voraussichtlich in gleicher Größe erhalten wie bisher.

Die Natursteingewinnung in Nordrhein-Westfalen steht gleichfalls in Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen. Die Flächeninanspruchnahme fällt wegen der größeren Gewinnungsmächtigkeiten und höheren spezifischen Gewichten geringer aus als bei Sand und Kies. Mit Beschränkungen und Auflagen für die Branche aus der Regionalplanung und den Genehmigungsverfahren ist zukünftig nur in geringem Umfang zu rechnen. Einsatzeinschränkungen für Natursteine aus bautechnischer und umwelttechnischer Sicht sind nicht gegeben bzw. zu erwarten. Naturstein wird wegen der zunehmenden Probleme bei der Kiesgewinnung weiter Sand und Kies substituieren. Zusätzliche Substitution von Natursteinen durch Recyclingbaustoffe ist möglich, erscheint jedoch mengenmäßig nicht in größerem Umfang realisierbar.

Der durchschnittliche Bedarf und die Produktion von Natursteinen in Nordrhein-Westfalen bis 2025 werden von rd. 22 Mio. t/a auf rd. 24 Mio. t/a leicht ansteigend prognostiziert. Ein erheblicher Einfluss der derzeitigen Finanz- und Wirtschaftskrise wird nicht erwartet.

Abbildung 27 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Naturstein NRW 2009-2025



6.2.4 Kalksteine

Tabelle 5 zeigt die Bewertung der Einflussfaktoren für die zukünftige Entwicklung der Produktion von Kalkstein.

Tabelle 5 Einschätzung der Perspektiventwicklung Kalksteine NRW bis 2025

Kriterium	Einschätzung	Begründung
Bevölkerungsentwicklung	–	leicht rückläufig
Wirtschaftswachstum	+	gering positiv
Infrastrukturmaßnahmen	++	Bedarf an gebrochenen Produkten, Branntkalk und Zement
Export/Import	±	Exportbedarf mittelfristig stabil
Branchenentwicklung	–	Flächenverbrauch, Flächennutzung, Energieverbrauch, Emissionen
Produktentwicklung	–	tlw. weitere Verdrängung durch Ersatzstoffe im Zementbereich
Einsatzanforderungen	±	keine Einschränkungen absehbar
Rechtliche Restriktionen	±	Grundwasserschutz, Naturschutz
Rohstoffsubstitution	±	überwiegend qualitativ nicht möglich
Summe/Bedarfsbewertung	**±**	**anhaltend im erreichten Niveau**

Der Bedarf an Kalkstein wird durch mehrere Verwendungsbereiche für Kalkstein geprägt, die unterschiedlich von wirtschaftszyklischen Schwankungen betroffen sind.

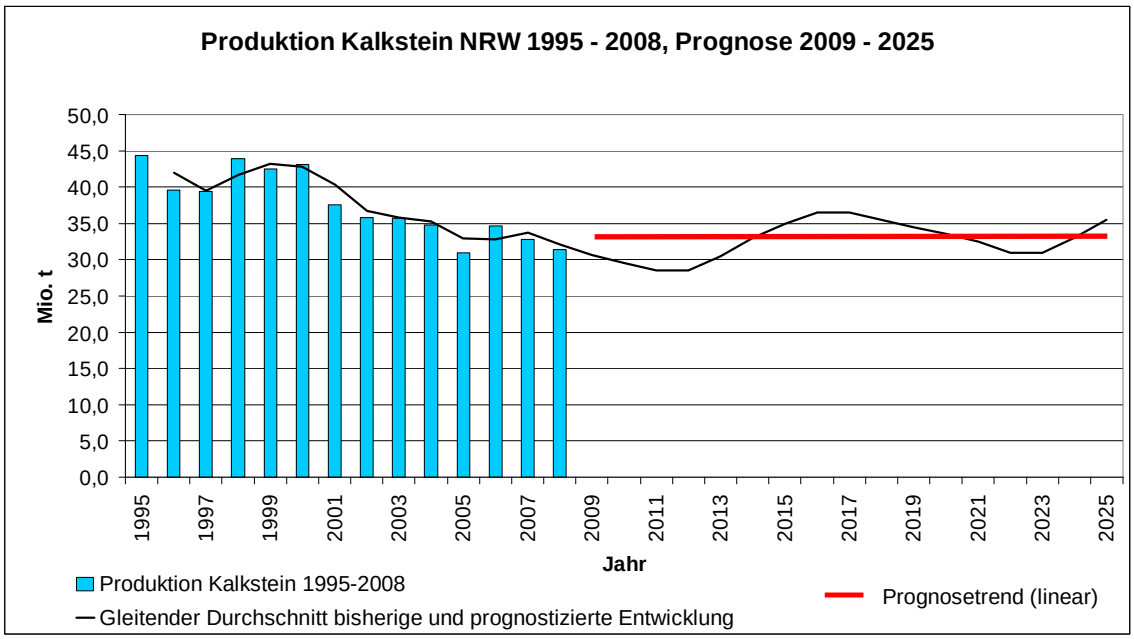
Die Produktion von Schotter & Splitten in Nordrhein-Westfalen wird kurzfristig von den Konjunkturprogrammen sowie aus den zukünftigen unterhaltenden Baumaßnahmen für die Infrastruktur direkt profitieren. Die Bedarfs- und Produktionsmenge gebrochener Kalksteinprodukte wird daher kurzfristig auf bestehendem Niveau verbleiben. Die Bedarfsmengen an Kalkstein für ungebrannte und gebrannte Produkte (Branntkalk, Zement) sind tlw. von der Finanz- und Wirtschaftskrise betroffen, profitieren aber gleichfalls von den in den Konjunkturprogrammen verankerten Baumaßnahmen. Der Export bleibt voraussichtlich in gleicher Größe erhalten, wie bisher.

Die Kalksteingewinnung in Nordrhein-Westfalen steht gleichfalls in Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen. Mit Beschränkungen und Auflagen für die Branche aus der Regionalplanung und den Genehmigungsverfahren ist zukünftig nur in geringem Umfang zu rechnen, da die Gewinnung überwiegend an wenige speziell geeignete Lagerstättenkomplexe und hohe Investitionen für die Weiterverarbeitung gebunden ist. Einsatzeinschränkungen für Kalksteine aus bautechnischer und umwelttechnischer Sicht sind nicht gegeben bzw. zu erwarten.

Die Substitution von Kalkstein durch industrielle Nebenprodukte, z. B. Hüttensand in der Zementherstellung wird bereits in hohem Maße praktiziert. Weiteres erhebliches Substitutionspotential durch alternative Stoffe ist nicht gegeben. Recyclingbaustoffe sind ausschließlich für die Substitution von gebrochenen Kalksteinprodukten als Baustoff geeignet, jedoch mengenmäßig nicht in nennenswertem zusätzlichem Umfang realisierbar.

Der durchschnittliche Bedarf und die Produktion von Kalkstein in Nordrhein-Westfalen bis 2025 werden gleich bleibend mit insgesamt rd. 33 Mio. t/a prognostiziert. Ein deutlicher Einfluss der derzeitigen Finanz- und Wirtschaftskrise wird nach 2010 erwartet.

Abbildung 28 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Kalkstein NRW 2009-2025



6.2.5 Ton und Lehm

Tabelle 6 zeigt die Bewertung der Einflussfaktoren für die erwartete Entwicklung der Produktion von Ton und Lehm.

Tabelle 6 Einschätzung der Entwicklung Ton und Lehm NRW bis 2025

Kriterium	Einschätzung	Begründung
Bevölkerungsentwicklung	–	leicht rückläufig
Wirtschaftswachstum	+	gering positiv
Infrastrukturmaßnahmen	+	Bedarf bei Gebäudesanierung
Export/Import	+	Exportbedarf spezieller Produkte
Branchenentwicklung	–	Flächenverbrauch, Flächennutzung
Produktentwicklung	– –	Verdrängung von Ziegelprodukten
Einsatzanforderungen	– –	Umweltanforderungen (Vanadium)
Rechtliche Restriktionen	–	Grundwasserschutz, Naturschutz
Rohstoffsubstitution	±	qualitativ nicht möglich
Summe/Bedarfsbewertung	**– – –**	**weiter fallendes Niveau**

Der zukünftige Bedarf an Ton- und Lehm wird durch die beiden Verwendungsbereiche für Ziegelprodukte und für Spezialtone bestimmt, wobei die Ziegeltone mengenmäßig dominieren.

Die Produktion von Ziegeltonen ist seit Jahren rückläufig. Kurzfristig wird der zukünftige Bedarf an Ziegeltonen durch die Konjunkturprogramme stabilisiert werden. Mittelfristig ist eine weitere Abnahme durch Veränderungen der Bauweise und Produktverdrängung, insbesondere im Mauer- und Pflasterziegelbereich zu erwarten. Die Bedarfs- und Produktionsmenge von Spezialtonen wird auf bestehendem Niveau verbleiben, da diese eine sehr breite Anwendungspalette aufweisen. Der Exportbedarf bei einzelnen Spezialtonen bleibt erhalten.

Die Ton und Lehmgewinnung in Nordrhein-Westfalen steht gleichfalls in Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen, nimmt aber breit verteilt wesentlich weniger Flächen in Anspruch, als z. B. die Sand- und Kiesgewinnung. Die Lehm- und Tongewinnung bildet keinen Schwerpunkt in Nordrhein-Westfalen. Beschränkungen und Auflagen für die

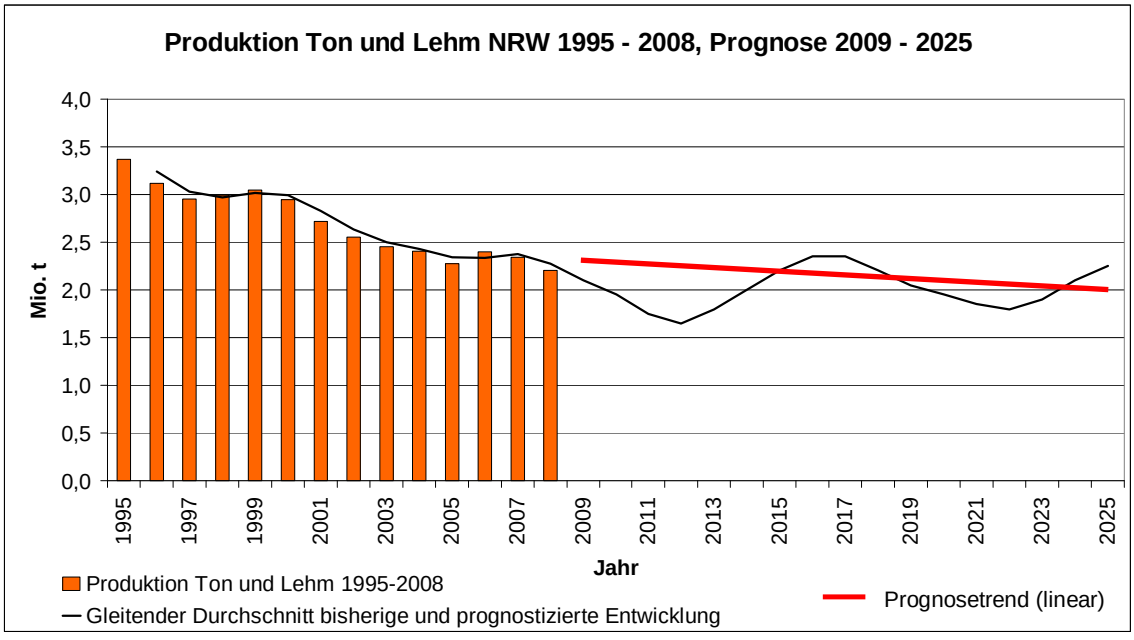
Branche aus der Regionalplanung und den Genehmigungsverfahren werden nicht erwartet.

Einsatzeinschränkungen für Tone und Lehme aus bautechnischer Sicht sind nicht zu erwarten. Aus umwelttechnischer Sicht ist die Vanadiumfreisetzung beim Einsatz von Recyclingmaterial aus Ziegeln als problematisch für die zukünftige Verwendung einzuschätzen. Die beabsichtigte Festlegung niedriger Geringfügigkeitsschwellenwerte kann zum Ausschluss des Einsatzes von Recyclingprodukten und Ziegeln führen (fehlende Nachhaltigkeitszertifizierung für geschlossene Stoffkreisläufe). Dieses Extremszenario wurde hier nicht zu Grunde gelegt.

Die Substitution von Ton und Lehm durch Recyclingprodukte oder industrielle Nebenprodukte ist nicht möglich. Mit aufgemahlenem Brennbruch als Magerungszusatz wird in der Ziegelherstellung teilweise Magerungssand ersetzt.

Der durchschnittliche Bedarf und die Produktion von Ton und Lehm in Nordrhein-Westfalen werden bis 2025 weiter abfallend auf durchschnittlich rd. 2 Mio. t/a prognostiziert. Ein deutlicher Einfluss der derzeitigen Finanz- und Wirtschaftskrise wird nach 2010 erwartet.

Abbildung 29 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Ton und Lehm NRW 2009-2025



6.3 Prognose des Anfalls von Sekundärrohstoffen bis 2025

6.3.1 Entwicklung der Recyclingproduktion

Die Produktion von Recyclingbaustoffen wird bestimmt von:

- der verfügbaren und für den Recyclingprozess verwertbaren Abfallmenge (stoffliche Recyclingbedingungen),
- den bau- und umwelttechnischen Materialanforderungen sowie Verwendungsbedingungen (technische Recyclingbedingungen),
- der Wirtschaftlichkeit (wirtschaftliche Recyclingbedingungen).

Entwicklung der mineralischen Bauabfallmenge

Die in Nordrhein-Westfalen derzeit als Recyclingausgangstoff verfügbare mineralische Abfallmenge aus Bau- und Rückbauprozessen ohne Bodenaushub liegt in einer Größenordnung von 12 - 13 Mio. t/a. Davon werden rd. 2,5 Mio. t/a deponiert und rd. 0,5 Mio. t/a im Bergbau verwertet. Es stehen für das Recycling in Nordrhein-Westfalen somit rd. 10 Mio. t/a mineralische Bauabfälle ohne Bodenaushub zur Verfügung. Der Anfall mineralischer Bauabfälle und ihre Zusammensetzung im Zeitraum 1995 - 2008 wurde in Punkt 3.1.2 behandelt, auf den verwiesen wird.

In dem Zeitraum 2000 - 2006 war eine etwa gleich bleibende Gesamtmenge an mineralischen Bauabfällen zu verzeichnen. Der Einsatz der Abfälle im Recyclingprozess erscheint tendenziell leicht rückläufig (83 auf 76 %) gegenüber einem geringfügig zunehmenden Entsorgungs- und Verwertungsanteil (17 auf 24 %, siehe Abbildung 10). Ursachen sind in der schwankenden Abfallzusammensetzung, wirtschaftszyklischen Veränderungen sowie den Recyclingrandbedingungen (Deponieraumangebot/-preise, Rohstoffpreise) zu sehen. Im Recyclingprozess gehen außerdem rd. 5 % der Ausgangsstoffe als Aufbereitungsrückstände verloren. Diese Entwicklung hat entsprechend Abbildung 12 keine Rückwirkungen auf die in Nordrhein-Westfalen produzierten Recyclingbaustoffmengen gehabt, die im gleichen Zeitraum relativ stabil bei 11 Mio. t liegen. Die Mengenerhöhung und -vergleichmäßigung der produzierten Recyclingbaustoffe ist auf die teilweise Einbeziehung industrieller Nebenprodukte in ihrem Herstellungsprozess zurückzuführen. Zu nennen sind Hochofen- und Stahlwerksschlacken sowie Aschen und Schlacken aus Steinkohlekraftwerken und Hausmüllverbrennungsanlagen.

In Nordrhein-Westfalen werden auch zukünftig in etwa unveränderter Größenordnung für Recycling geeignete mineralische Abfallmengen aus Baumaßnahmen ohne Bodenaushub in Höhe von 10 Mio. t/a erwartet. Dies ist unter dem Aspekt von zunehmenden baulichen Unterhaltungs- und Ersatzmaßnahmen plausibel. Sowohl die Großbaumaßnahmen zur Erneuerung und Erweiterung des Autobahn- und Bundesstraßennetzes in Nordrhein-Westfalen, als auch die vielen notwendigen und durch die Konjunkturprogramme forcierten kommunalen Straßen-, Tief- und Hochbaumaßnahmen bedingen mittelfristig einen erheblichen Anteil an Rückbau von Bausubstanz mit Anfall recyclingfähiger mineralischer Bauabfälle. Ein temporärer Anstieg ist dabei möglich. Ein nachhaltiger Anstieg der verfügbaren mineralischen Bauabfallmengen wird bis 2025 nicht erwartet, da aus der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung kein großflächiger Rückbau von Wohn- und Industriegebäuden sowie Infrastrukturanlagen abzuleiten ist.

Entwicklung der Materialanforderungen/Verwendungsbedingungen

Die Entwicklung von Produktion und Verwendung mineralischer Recyclingbaustoffe ist von den zukünftigen bau- und umwelttechnischen Einsatzanforderungen abhängig.

Die bautechnischen Anforderungen werden sich mittelfristig nicht grundlegend verändern. Infolge aktuell aufgetretener Probleme mit der Frostempfindlichkeit und Alkali-Kieselsäure-Reaktion von Baustoffen sind weitere Verschärfungen der bautechnischen Anforderungen zu erwarten bzw. bereits in Umsetzung. Diese vorrangig für die Primärrohstoffe verschärften Anforderungen haben auf den Einsatz von Recyclingprodukten nur geringe Auswirkungen, da sie in den betreffenden Bereichen nicht oder nur stark untergeordnet eingesetzt werden (Straßendecken, Konstruktionsbetone, Oberflächen- und Sichtbetone).

Es laufen umfangreiche Forschungsvorhaben, die offene Fragen zum Einsatz von Recyclingbaustoffen klären und damit zusätzliche Einsatzmöglichkeiten erschließen sollen (z. B. die Forschungsvorhaben der RWB - Forschungsvereinigung Recycling und Wertstoffverwertung im Bauwesen e. V. (http://www.rwb-bremen.de/)und der BIM - Baustoffkreislauf im Massivbau (http://www.b-i-m.de/)).

Die Umweltanforderungen wirken sich zukünftig weiter begrenzend auf die Recyclingproduktion und die Verwendung der Produkte aus. Wird der aus 2008 vorliegende Entwurf der Ersatzbaustoffverordnung [U 9] umgesetzt, ergeben sich massive Einschränkungen für die Abfallverwertung durch eine strengere Limitierung, insbesondere von Sulfat, PAK, Vanadium und anderen Schwermetallen, in den Recyclingbaustoffen ge-

genüber den bisher angehaltenen Werten der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, [U 12]) bzw. der LAGA Richtlinie M20 [U 13]. Der zu behandelnde oder zu deponierende Anteil mineralischer Bauabfälle würde erheblich zunehmen. Hinzu kommen mögliche weitere Einschränkungen der Verwendung von Recyclingbaustoffen durch Verschärfung der Einbaubedingungen für Gebiete mit festgesetzten Wasserschutzanforderungen (Grundwasserneubildungsgebiete, Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete). Die Bemühungen der Industrie zur Festlegung einer sachgerechten Vorsorge für Boden und Grundwasser werden vielleicht dazu beitragen, einen ausgewogenen Kompromiss zwischen der europäisch festgeschriebenen Zielstellung des verstärkten Recyclings (Abfallrahmenrichtlinie der EU, Artikel 11, 2b [U 14], 70 % bis zum Jahr 2020) und den Vorsorge- bzw. Schutzbedürfnissen von Grundwasser und Naturraum zu erreichen. Dabei ist für Deutschland und Nordrhein-Westfalen die eigentliche Herausforderung, auch unter zukünftig verschärften umweltbezogenen Rahmenbedingungen die erreichten Recyclingquoten von 70-80 % zu halten.

Entwicklung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Die Entwicklung der Recyclingproduktion unterliegt neben der stofflichen Verfügbarkeit und der Erfüllung der technischen Anforderungen den wirtschaftlichen Gegebenheiten des Marktes. Diese werden einerseits durch die Kosten für Transport, Aufbereitung und Vermarktung, andererseits durch die Erlöse aus Annahme von mineralischen Bauabfällen sowie dem Verkauf der Recyclingprodukte bestimmt. Die Recyclingbaustoffe stehen in direkter Konkurrenz zu den mineralischen Primärrohstoffen.

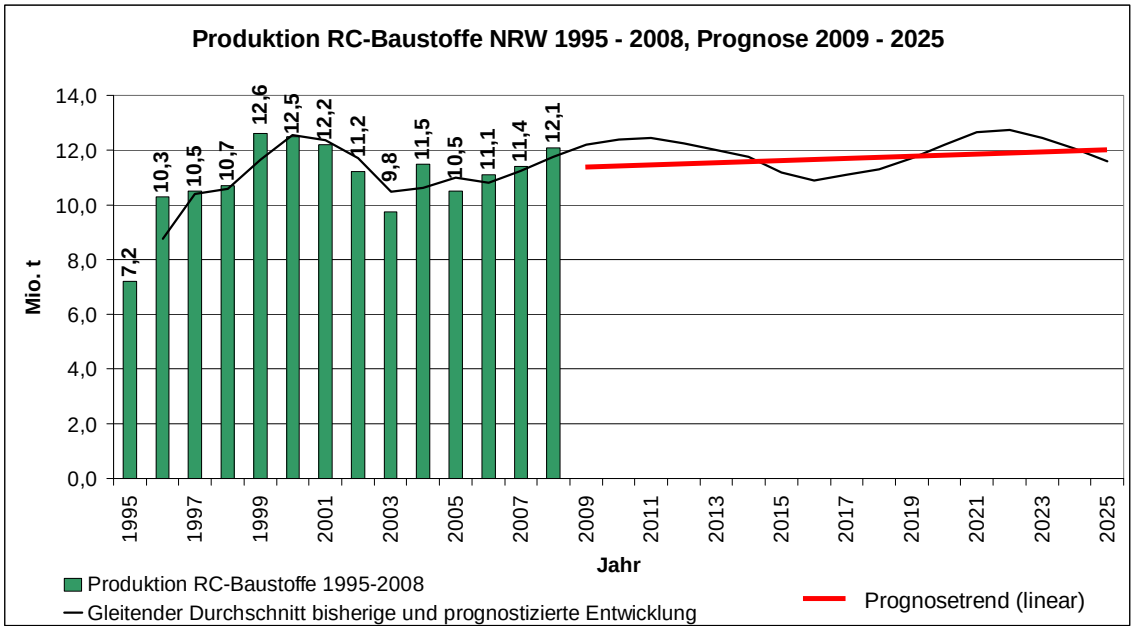
Auf der Kostenseite bestimmen Transport und Materialannahmekosten darüber, ob angefallene mineralische Bauabfälle zum Recycling oder zur direkten Verwertung/Deponierung gehen. In den Ballungsräumen mit einer hohen Dichte an Recyclinghöfen und –anlagen gehen die mineralischen Bauabfälle überwiegend an die Recyclingunternehmen, da Deponieraum vor Ort knapp und somit teuer ist und die Annahmekosten an der Recyclinganlage i. d. R. für den Bauherren günstiger ausfallen als bei einer Entsorgung/Beseitigung auf der Deponie. In den schwach besiedelten, ländlichen Regionen bestimmen nahezu ausschließlich die Transportkosten den Weg der mineralischen Abfälle. Da ein Zwang zum Recycling nicht besteht, bestimmen für den Bauherren die Gesamtkosten für die ordnungsgemäße Verbringung der mineralischen Bauabfälle deren Recycling, Verwertungs- oder Entsorgungsweg.

Der Recyclingunternehmer muss seine Produktionskosten durch die Summe der Annahme- und Verkaufserlöse mindestens decken. Beide Erlösseiten stehen einer Kon-

kurrenz gegenüber, die Annahmeseite, wie bereits erläutert, zu anderen Deponie- und Verwertungsbetrieben und die Verkaufsseite zu den mineralischen Primärrohstoffen. Die mineralischen Primärrohstoffe liegen von den Marktpreisen her häufig nur 30 % über denen der Recyclingprodukte. Bei kleinen Bauvorhaben mit geringem Materialeinsatz und ggf. hohen Anforderungen an die Verlässlichkeit der Baustoffe werden daher, gleiche Transportentfernung vorausgesetzt, Primärrohstoffe bevorzugt eingesetzt. Ein Einsatz nicht güteüberwachter Recyclingprodukte lohnt sich wegen der spezifischen Nachweisführung der Erfüllung der bau- und umwelttechnischen Anforderungen nicht. Güteüberwachte Recyclingprodukte besitzen ebenfalls noch Anwendungseinschränkungen und bau-/umwelttechnische Restrisiken, so dass bei wirtschaftlicher Gleichwertigkeit die Bauherren/Bauunternehmen aus Vorbehaltsgründen zum Einsatz von Primärrohstoffen tendieren. Daran ändern auch die gesetzlichen Festlegungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes [U 15] und des Erlasses zu Ausschreibungen mit mineralischen Stoffen bei öffentlichen Bauvorhaben in Nordrhein-Westfalen [U 16] nicht viel. Die Einsparungen beim Einsatz von Recyclingprodukten werden erst bei großen Mengen und ggf. zusätzlichen Effekten durch Transportvermeidung interessant (z. B. beim Betonrecycling mit mobilen Anlagen auf Straßen-/Autobahnbaustellen mit direktem Wiedereinbau des Recyclingmaterials auf der Baustelle).

Folgende Abbildung 30 zeigt die von den Gutachtern erwartete Entwicklung der Recyclingproduktion in Nordrhein-Westfalen bis 2025 bei geringfügig ansteigendem Wirtschaftswachstum pro Jahr (durchschnittlich 0,5 %) und nicht drastisch verschärften Umweltanforderungen. Die jährliche Produktionsmenge wird etwas höher als bisher, um einen Mittelwert von rd. 12 Mio. t erwartet. Diese wird von den allgemeinen wirtschaftszyklischen Schwankungen überlagert. Sie wirken beim Recycling verstärkt, da die Anfallseite der mineralischen Abfälle und die Absatzseite an Recyclingprodukten jeweils von der aktuellen Marktentwicklung betroffen sind.

Abbildung 30 Entwicklung der Recyclingproduktion in Nordrhein-Westfalen bis 2025



Eine Nutzbarmachung der bisher deponierten bzw. im Bergbau verwerteten mineralischen Bauabfälle (rd. 2,5 Mio. t/a) wird von den Gutachtern in größerem Umfang nicht erwartet. Dies ist darin begründet, dass die technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen für eine Einbeziehung dieser Abfälle sich nicht verbessern. Von der umwelttechnischen Seite werden die Anforderungen, wie vorstehend dargelegt, eher noch verschärft werden mit der Folge einer zusätzlich erforderlichen Aufbereitungs- und/oder Behandlungsstufe. Eine Einbeziehung dieser Abfälle, soweit bau- und umwelttechnisch zugelassen, wäre nur durch Auflagen oder Übernahme der Mehrkosten durch Dritte möglich (Subventionierung).

6.3.2 Verfügbarkeit von industriellen Nebenprodukten

Die Mengen anfallender Schlacken, Aschen und Gießereialtsande wurden im Pkt. 3.2.2 dargestellt. Es fallen zusammengefasst rd. 6-7 Mio. t/a an Schlacken, 5-6 Mio. t/a an Aschen und rd. 50.000 t/a an Gießereialtsanden in Nordrhein-Westfalen an.

Die Metallhüttenschlacken werden bis auf minimale Anteile (< 5 %) im Prozesskreislauf der Metallherstellung effektiv, d. h. unter gleichzeitiger Einsparung von anderer Ressourcen (Primärrohstoffe, Energie, Technologie), verwertet.

Die Verwertung des nutzbaren Anteils der Schlacken erfolgt über die Zeit gesehen vollständig. Es ist derzeit und zukünftig kein Potenzial an zusätzlich nutzbaren Schlacken vorhanden bzw. zu erwarten. Die Entwicklung der Eisen-, Stahl und Buntmetallerzeugung und Rohproduktverarbeitung in Deutschland ist zukünftig ausschließlich im-

portabhängig. Eine Erweiterung der Hütten- und Stahlwerkskapazitäten in Nordrhein-Westfalen mit vermehrtem Schlackenanfall ist nicht zu erwarten.

Die Aschen aus Steinkohlekraftwerken und Hausmüllverbrennungsanlagen werden wegen ihrer technischen Eignung bereits sehr vielfältig eingesetzt und nahezu vollständig verwertet. Sie substituieren rd. 5 Mio. t/a mineralische Primärrohstoffe. Ein weiteres Potenzial ist nicht zu erwarten. Die Energieerzeugung aus Steinkohle wird mit dem politisch gewollten zunehmendem Anteil an alternativen Energien zurückgedrängt, muss jedoch mittelfristig einen Teil der in Deutschland voraussichtlich wegfallenden Kernergierzeugung abdecken. Daher ist derzeit weder eine Verringerung noch Zunahme absehbar. Der Anfall an Aschen wird daher etwa das Niveau von 5 Mio. t/a halten. Das gilt auch für die Hausmüllverbrennungsaschen, da die Verbrennungskapazitäten voll ausgebaut sind. Hier ist mit Umsetzung weiterer Maßnahmen zur stofflichen Verwertung von Abfällen, die ein nachhaltiger Wirtschaftskreislauf erfordert, eher ein leichter Rückgang der Abfallmengen und damit des Ascheanfalls zu erwarten. Da die Hausmüllverbrennungsaschen aber nur rd. ein Fünftel des verwerteten Ascheanfalls ausmachen und die stoffliche höherwertige Verwertung von Abfällen (Up Recycling) noch am Anfang der Entwicklung steht, fällt die Veränderung bis 2025 geringfügig aus. Zusätzlich nutzbares Potenzial an mineralischen Baustoffen ist aus den Steinkohlen- und Hausmüllverbrennungsaschen im Prognosezeitraum nicht zu erwarten.

Die Braunkohlenaschen werden in Nordrhein-Westfalen in einer Größenordnung von rd. 5 Mio. t/a derzeit vollständig deponiert. Eine bau- und umwelttechnische Eignung als direkter Bauersatzstoff ist nicht gegeben (Feinkörnigkeit, Frostsicherheit, Verkittungsverhalten, Schadstoffe). Es wird daher kein Substitutionspotenzial in den Braunkohlenaschen für mineralische Primärbaustoffe gesehen.

6.4 Darstellung der Substitutionsquote ab 1995 und Prognose bis 2025

Die Substitutionsquote von mineralischen Primärbaurohstoffen durch Recyclingprodukte liegt in Nordrhein-Westfalen bei rd. 8 % bezogen auf den Gesamtbedarf der hier erfassten mineralischen Baurohstoffe (rd. 11 Mio. t/a Recycling zu 140 Mio. t/a Gesamtproduktion).

Die Substitutionsquote von mineralischen Primärbaurohstoffen durch verwertete industrielle Nebenprodukte liegt zusätzlich in ähnlicher Größenordnung von rd. 9 % (rd. 12 Mio. t/a industrielle Nebenprodukte zu 140 Mio. t/a Gesamtproduktion).

Das Recyclingpotenzial bei mineralischen Bauabfällen ist weitgehend ausgeschöpft. Eine erhebliche Steigerung der Substitutionsquote ist vom verfügbaren mineralischen Bauabfallvolumen her nicht möglich. Die Substitutionsquote durch Recyclingbaustoffe wird zukünftig, wie in den vergangenen Jahren zwischen 7 und 9 Prozent liegen. Mit einfach umzusetzenden Maßnahmen (z. B. Upstream-Qualitätsmanagement, Vorsortierung, Stoffstromlenkung) wird diese geringfügig gesteigert werden können und erreicht bestenfalls ca. 10 %. Investitionen in Recyclingtechnologie und Anlagentechnik zur weiteren Erhöhung der Recyclingquote aus den verbleibenden mineralischen Abfällen erscheinen derzeit wenig sinnvoll, da das entsprechende Mengenpotenzial nicht gegeben ist.

Die in Nordrhein-Westfalen anfallenden erheblichen Mengen industrieller Nebenprodukte aus der Metallurgie, der Energieerzeugung mit Steinkohlen sowie aus der thermischen Hausmüllverwertung werden bereits umfassend direkt (Verwendung als mineralische Ersatzbaustoffe) oder indirekt (Verwendung als Zumahlstoff im Zement, als Dünger etc.) verwertet. Die Braunkohlenaschen werden mangels Eignung als Ersatzbaustoff vollständig deponiert.

Die Verwertungsquoten für Schlacken und Aschen aus Steinkohle- sowie Hausmüllfeuerungen liegen bereits bei nahezu 100 %. Erhöhter Mengenanfall und weitere Steigerungsmöglichkeiten werden für die Zukunft nicht gesehen. Die sich aus der Nutzung der industriellen Nebenprodukte in Nordrhein-Westfalen ergebende Substitutionsquote wird daher in der derzeit gegebenen Größenordnung fortbestehen. Dies ist natürlich abhängig von der Entwicklung der Metallurgie und Energieerzeugung in Nordrhein-Westfalen.

7 Ausblick auf die landes- und regionalplanerische Rohstoffsicherung

7.1 Übersicht und Bewertung der Entwicklung und der Auswirkung des Einsatzes von Recyclingbaustoffen für die primäre Rohstoffsicherung

Vorstehende Untersuchungen haben gezeigt, dass mit Recyclingprodukten und industriellen Nebenprodukten zusammen derzeit 17 bis max. 20 % der Primärrohstoffmenge substituiert werden.

Die durch Recyclingprodukte und industrielle Nebenprodukte substituierte Menge an Primärrohstoffen ist in der Rohstoffsicherung bereits berücksichtigt und bleibt unverändert. Für die in der Regionalplanung abzusichernde Rohstoffmenge ist für die konkrete Rohstoffart und -qualität die verbleibende Rohstoffmenge zu berücksichtigen.

Die Situation wird sich aus Sicht des Anfalls von mineralischen Bauabfällen und industriellen Nebenprodukten bis 2025 im Mittel nicht wesentlich verändern, wenn die Einsatzbedingungen für Recyclingprodukte und industrielle Nebenprodukte im heutigen Anforderungsumfang erhalten bleiben. Die Substitutionsquote lässt sich mangels geeigneter Mengen nicht weiter erhöhen. Eine Verminderung ist nicht auszuschließen, wenn die derzeit in Vorbereitung befindliche Ersatzbaustoffverordnung des Bundes restriktive Festlegungen bzgl. der Umweltanforderungen trifft.

Durch die Rohstoffsicherung sind in jedem Fall die zukünftig erforderlichen Mengen an mineralischen Primärbaustoffen weiterhin in ähnlicher Größenordnung und mit dem erforderlichen Sicherungsvorlauf regionalplanerisch sicherzustellen. Die zu sichernden Mengen werden in den folgenden Punkten rohstoffbezogen kurz dargestellt. Auf Besonderheiten wird hingewiesen.

7.2 Verbleibender Bedarf für die regionalplanerische Rohstoffsicherung

7.2.1 Kies und Sand

Die durchschnittlich für Nordrhein-Westfalen prognostizierte Bedarfsmenge an Kies und Sand für Bauzwecke im Zeitraum 2009 - 2025 liegt zwischen 60 und 56 Mio. t/a mit leicht fallender Tendenz.

Eine teilweise Bedarfsdeckung durch Recyclingprodukte und Ersatzbaustoffe aus industriellen Nebenprodukten ist möglich und bereits gegeben. Eine weitere Erhöhung der Substitution bei Kies und Sand durch sekundäre mineralische Baustoffe ist nicht möglich.

Es ist daher zukünftig eine Rohstoffsicherung aus Kies- und Sandlagerstätten in der prognostizierten Höhe von rd. 60 Mio. t/a im entsprechenden Vorsorgezeitraum erforderlich.

7.2.2 Spezialsand und -kies

Die durchschnittlich für Nordrhein-Westfalen prognostizierte Bedarfsmenge an Spezialsanden und -kiesen (hierin sind auch die in Nordrhein-Westfalen vorkommenden hochreinen weißen Quarzkiese enthalten) liegt im Zeitraum 2009 - 2025 zwischen 3,5 und 3,2 Mio. t/a mit leicht fallender Tendenz.

Eine Bedarfsdeckung durch Recyclingprodukte und Ersatzbaustoffe aus industriellen Nebenprodukten ist aus qualitativen Gründen nicht möglich.

Zukünftig ist weiterhin eine vollständige Rohstoffsicherung aus Spezialsand- und -kieslagerstätten in der prognostizierten Höhe von rd. 3,5 Mio. t/a im entsprechenden Vorsorgezeitraum erforderlich. Dabei ist die absolute Standortgebundenheit der Spezialsande und -kiese besonders zu berücksichtigen.

7.2.3 Naturstein

Die durchschnittlich für Nordrhein-Westfalen prognostizierte Bedarfsmenge an Naturstein im Zeitraum 2009 - 2025 liegt zwischen 22 und 24 Mio. t/a mit leicht steigender Tendenz.

Eine teilweise Bedarfsdeckung durch Recyclingprodukte und Ersatzbaustoffe aus industriellen Nebenprodukten ist möglich und bereits gegeben. Die rohstoffbezogene Höhe kann nicht ermittelt werden. Eine Erhöhung der Substitutionsquote bei Naturstein durch sekundäre mineralische Baustoffe ist nicht möglich.

Zur zukünftigen Bedarfsdeckung ist auch hier die Rohstoffsicherung aus Lagerstätten in der prognostizierten Höhe von rd. 24 Mio. t/a im entsprechenden Vorsorgezeitraum erforderlich.

7.2.4 Kalkstein

Die durchschnittlich für Nordrhein-Westfalen prognostizierte Bedarfsmenge an Kalkstein liegt im Zeitraum 2009 - 2025 bei 33 Mio. t/a mit gleich bleibender Tendenz.

Eine teilweise Bedarfsdeckung durch Recyclingprodukte und Ersatzbaustoffe aus industriellen Nebenprodukten ist möglich und bereits gegeben (Baustoffe, Zement-, Düngemittelbereich). Die Höhe liegt bei 3,5 – 4 Mio. t/a Schlacken. Eine weitere Erhöhung der Substitution bei Kalkstein durch sekundäre mineralische Baustoffe ist nicht möglich.

Zur zukünftigen Bedarfsdeckung ist die vollständige Rohstoffsicherung aus Lagerstätten in der prognostizierten Höhe von rd. 33 Mio. t/a im entsprechenden Vorsorgezeitraum erforderlich.

7.2.5 Ton/Lehm

Die durchschnittlich für Nordrhein-Westfalen prognostizierte Bedarfsmenge an Ton und Lehm im Zeitraum 2009 - 2025 liegt zwischen 2,3 und 2 Mio. t/a mit fallender Tendenz.

Eine Bedarfsdeckung durch Recyclingprodukte und Ersatzbaustoffe aus industriellen Nebenprodukten ist aus qualitativen Gründen nicht möglich.

Zukünftig ist weiterhin eine vollständige Rohstoffsicherung aus Ton und Lehmlagerstätten in der prognostizierten Höhe von rd. 2,5 Mio. t/a im entsprechenden Vorsorgezeitraum erforderlich. Dabei ist die Standortgebundenheit der Spezialtone besonders zu berücksichtigen.

7.3 Empfehlungen für die Landes- und Regionalplanung

<u>Erhaltung und Weiterentwicklung der Recycling-/Ersatzbaustoffwirtschaft</u>

Der Erhalt und die Weiterentwicklung der in Nordrhein-Westfalen etablierten Recycling- und Verwertungswirtschaft für industrielle Nebenprodukte ist als ein wichtiges Ziel zu sehen. Ohne den Einsatz von Recycling und die Produktion von Ersatzbaustoffen unter Einbeziehung der industriellen Nebenprodukte würde der Verbrauch von mineralischen Primärrohstoffen in Nordrhein-Westfalen um rd. 18 Mio. t/a höher liegen mit entsprechender Flächeninanspruchnahme.

Von der Wirtschaft, den Verbänden, Fachbehörden und politisch Verantwortlichen in Nordrhein-Westfalen sollte gemeinsam darauf hingewirkt werden, dass die vorgesehene Ersatzbaustoffverordnung des Bundes, in Anlehnung an die in Nordrhein-Westfalen bestehenden Erlasse, hinsichtlich der Anforderungen an die Beschaffenheit und die Einbaubedingungen für Recyclingprodukte und Ersatzbaustoffe aus industriellen Nebenprodukten nicht zu weiteren Einschränkungen führt. Es sollte nicht dazu kommen,

dass die von der Europäischen Union mit der Abfallrahmenrichtlinie, Art. 10, für 2020 als Zielstellung gesetzte Recycling- und Verwertungsquote mineralischer, nicht gefährlicher Bauabfälle von mindestens 70 % unterlaufen wird.

Die durch die Recyclingindustrie und Fachverbände zur Verbesserung des Kenntnisstandes veranlassten umfangreichen wissenschaftlichen und technischen Untersuchungen sollten vom Land Nordrhein-Westfalen aktiv unterstützt werden. Dies betrifft auch Problemstellungen im Zusammenhang mit der Verwertung industrieller Nebenprodukte.

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für das Recycling werden durch die Kosten/Erlössituation beim Recyclingprozess und durch Transportkosten gesetzt. Die Erlöse werden durch den Bedarf am Markt und das Angebot für die Bedarfsdeckung bestimmt. Die möglichen Erlöse für Recyclingprodukte werden von den überwiegend den Bedarf befriedigenden Primärbaustoffen bestimmt und richten sich nicht nach den Recyclingkosten. Die möglichen Erlöse lassen wenig Spielraum für aufwendig herzustellende Recyclingprodukte. Für die Verwertung bisher wegen eines zu hohen Aufbereitungsaufwandes oder zu hoher Transportkosten auf Deponien verbrachter Mengen an nicht gefährlichen mineralischen Bauabfällen zur zusätzlichen Herstellung von Recyclingbaustoffen wären sind finanzielle Anreize oder Unterstützung durch die öffentlichen Hände notwendig.

<u>Fortschreibung des Recyclinggutachtens</u>

Die hier durchgeführte Untersuchung und Bewertung dokumentiert den Kenntnisstand zur Produktion von Primär-, Recycling- und Ersatzbaustoffen aus industriellen Nebenprodukten im Zeitraum 1995-2008. Darüber hinaus erfolgte eine Prognose der Bedarfs-/Verbrauchsentwicklung bis 2025.

Zum Monitoring der tatsächlichen Verbrauchsentwicklung sollte die Bearbeitung in sinnvollen Zeitabständen (z.B. alle fünf Jahre) fortgeschrieben und die Bedarfsprognose aktualisiert werden. Fehlentwicklungen zu Gunsten einer vorrangigen Primärbaustoffnutzung können so erkannt und entgegen wirkende Maßnahmen eingeleitet werden. Darüber hinaus wird die Recyclingquote festgestellt und kann in Vergleich zu den EU-Vorgaben gesetzt werden.

Zur Erfassung der Mengen in Nordrhein-Westfalen an Primär-, Recycling- und Ersatzbaustoffen aus industriellen Nebenprodukten sollten mit den betreffenden Wirtschafts- und Fachverbänden entsprechende Abstimmungen getroffen werden.

Fortführung und Weiterentwicklung des Abgrabungsmonitorings

Das eingeführte Abgrabungsmonitoring für die Gewinnung im Lockergestein sollte weiter geführt und durch zusätzliche Informationsquellen weiter entwickelt werden.

Für die Festgesteinsgewinnung sollte ein die Lagerstättenbesonderheiten, die an den jeweiligen Standorten sehr unterschiedlich sind, berücksichtigendes System entwickelt und eingeführt werden.

Das Abgrabungsmonitoring kann später als Vergleich und Ergänzung bei der Erfassung der zurück liegenden Bedarfs-/Verbrauchsmengen mit herangezogen werden.

Maßnahmen zur Verbesserung des Recyclings und der Öffentlichkeitsarbeit

Die Bedarfssituation, Bedarfsentwicklung, der Flächenverbrauch sowie die Notwendigkeit der Nutzung von mineralischen Primärrohstoffen sollten verstärkt publiziert und in der Öffentlichkeit diskutiert werden, um die Akzeptanz zu verbessern.

In Planungen und Ausschreibungen sollten überzogene Anforderungen an die Baumaterialien vermieden werden. Da die erzielbaren Recyclingprodukt- und Ersatzbaustoffmengen für eine weitere Substitution nicht ausreichen, sollten Forschungen über Rohstoff sparende Technologien und weitere Rohstoffsubstitution unterstützt werden.

Auf die zeitliche Vergleichmäßigung von Bedarfsmengen an mineralischen Baurohstoffen sollte durch Steuerung von Baumaßnahmen/Ausschreibungen Einfluss genommen werden.

8 Zusammenfassung

Es sollte die bisherige Substitution durch Recyclingprodukte festgestellt und eine Prognose des möglichen weiteren Ersatzes von Primärbaurohstoffen durch Recyclingprodukte und Baustoffen aus industriellen Nebenprodukten in Nordrhein-Westfalen erarbeitet werden. Dazu umfasste die Bearbeitung auch die Ermittlung des bisherigen und zukünftigen Bedarfes (nur NRW) an wesentlichen mineralischen Baurohstoffen, wie Sand und Kies, Spezialsand und –kies, Naturstein, Kalkstein, Ton und Lehm für Deutschland und Nordrhein-Westfalen. Zusätzlich waren die Methoden der Bedarfsermittlung und das Abgrabungsmonitoring des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalens zu bewerten.

Für den Zeitraum 1995-2008 erfolgte dazu auf Basis von Angaben der Wirtschafts- und Fachverbände eine rohstoffspezifische Darstellung und Bewertung des Produktionsniveaus der genannten mineralischen Primärbaurohstoffe in Deutschland und Nordrhein Westfalen. In Nordrhein-Westfalen besteht für Sand und Kies, Spezialsand und –kies, Naturstein sowie Kalkstein ein hoher Rohstoffbedarf. Dieses hohe Bedarfs- und Produktionsniveau bei mineralischen Baurohstoffen ist in der hohen Bevölkerungsdichte, den zahlreichen industriellen Produktionsprozessen und dem Export von Produkten begründet. Der aktuelle Verbrauch mineralischer Primärbaurohstoffe in Nordrhein-Westfalen liegt bei 120 Mio. t/a und macht rd. 22 % der Gesamtproduktion in Deutschland aus. Der pro-Kopf-Verbrauch mineralischer Primärbaurohstoffe in Nordrhein-Westfalen beträgt rd. 6,7 t/a und Einwohner.

Die Recyclingquote in Nordrhein-Westfalen liegt in der Größenordnung des Bundesdurchschnittes (70% bis 80%). Es erfolgt bereits eine Substitution von mineralischen Primärbaurohstoffen durch Recyclingbaustoffe in einer Größe von 8 - 9 %. Darüber hinaus werden weitere 9 % durch industrielle Nebenprodukte ersetzt. Der Gesamtbedarf an mineralischen Baurohstoffen in Nordrhein-Westfalen ist derzeit im Mittel mit 140 Mio. t/a einzuschätzen. Für den Prognosezeitraum bis 2025 ist unter Berücksichtigung der Bevölkerungs-, Wirtschafts- und der Branchenentwicklungen weiterhin von einem annähernd gleich bleibenden Gesamtbedarf auszugehen. Erhebliche Veränderungen bei den mengenmäßig maßgebenden Rohstoffen Sand und Kies, Natur- und Kalkstein sind nicht absehbar.

Die Substitutionsquote wird sich zukünftig nicht wesentlich erhöhen lassen, da ausreichende mineralische Bauabfallmengen für zusätzliches Recycling und weitere industrielle Nebenprodukte (geeignete Aschen und Schlacken) als Ersatzbaustoffe nicht zur

Verfügung stehen. Nur rd. 2,5 Mio. t/a mineralische Bauabfälle werden im Bergbau und auf Deponien verwertet bzw. entsorgt. Lediglich eine Teilmenge hiervon könnte nach vermehrtem Aufbereitungsaufwand höherwertig zu Sekundärbaustoffen genutzt werden. Des Weiteren fallen jährlich etwa 5 Mio. t Braunkohleaschen an, welche für Sekundärbaustoffe ungeeignet sind.

Im Ergebnis der Betrachtungen ist festzustellen, dass im Prognosezeitraum bis 2025 weiterhin rd. 82 % des Bedarfes an mineralischen Baurohstoffen in Nordrhein-Westfalen durch mineralische Primärbaurohstoffe gedeckt werden müssen. Nur rd. 18% des zukünftigen Bedarfs sind durch entsprechende Ersatzbaustoffe aus Recycling und der Verwendung industrieller Nebenprodukte substituierbar. Außerdem besteht das Risiko einer Verringerung der einsetzbaren Ersatzbaustoffe im Zuge einer einheitlichen Ersatzbaustoffverordnung. Langfristig sind auch Verringerungen der verfügbaren Ersatzbaustoffe durch Veränderungen in der Industriestruktur und bei der Energieversorgung zu erwarten, welche jedoch erst nach dem Prognosezeitraum in erheblichem Umfang eintreten können.

Zwei Methoden der Bedarfsbestimmung sind zielführend anwendbar. Sie unterscheiden sich im Aufwand und der Prognoseschärfe. Die volkswirtschaftliche Methode ist aufwendig und nur mit erheblichen Annahmen zur Regional- und Marktentwicklung sowie Vorkenntnissen zur Lagerstättenverteilung und Qualität umzusetzen. Die unternehmensbezogene Methode erfasst Lagerstätten- und Marktbedingungen besser und ist schneller umzusetzen.

Das Abgrabungsmonitoring des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen, derzeit nur im Bereich Sand- und Kies für die Kreise Kleve und Wesel im Pilotmaßstab umgesetzt, ist zur Verfolgung des Verbrauchs der Lagerstätten- und Rohstoffsicherungsflächen im Lockergesteinsbereich generell geeignet und sollte auf ganz Nordrhein-Westfalen ausgedehnt werden. Die Aussageschärfe wird durch die kontinuierliche Fortschreibung erhöht und kann durch Information aus den Unternehmen verbessert werden. Festgestein verlangt wegen der völlig anderen Lagerstättenausbildung eine darauf abgestimmte Monitoringsystematik. Diese liegt noch nicht vor. Zur Erhöhung der Detailschärfe sollten weitere Informationsquellen sowie Informationen der Unternehmen, genutzt werden. Die Bewertung und die Anpassung der Rohstoffsicherung verbleiben als Aufgabe in der Landes- und Regionalplanung.

I ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Produktionsmengen mineralische Primärrohstoffe BRD und NRW 1995-2008 13

Abbildung 2 Produktionsmengen Sand und Kies BRD und NRW 1995-2008 15

Abbildung 3 Produktionsmengen Spezialsand BRD und NRW 1995-2008 16

Abbildung 4 Produktionsmengen Naturstein BRD und NRW 1995-2008 17

Abbildung 5 Produktionsmengen Kalkstein BRD und NRW 1995-2008 18

Abbildung 6 Produktionsmengen Ton und Lehm BRD und NRW 1995-2008 20

Abbildung 7 Anfall mineralischer Bauabfälle in Deutschland 1996-2006 22

Abbildung 8 Anfall mineralischer Bauabfälle (ohne Bodenaushub) Deutschland 1996-2006 23

Abbildung 9 Struktur mineralischer Bauabfälle Deutschland 2004/2006 24

Abbildung 10 Verbleib mineralischer Abfälle Nordrhein-Westfalen 2000 – 2006 26

Abbildung 11 Anfallmengen mineralische Abfälle Nordrhein-Westfalen 1996-2006 27

Abbildung 12 Produktion von Recyclingbaustoffen BRD und NRW 1995-2008 31

Abbildung 13 Verbleib des Abfalls und Verwertung Nordrhein-Westfalen 2000-2006 32

Abbildung 14 Substitutionsquote Primärrohstoffe durch Recycling 1995 - 2008 33

Abbildung 15 Anfallmengen Aschen, Schlacken, Gießereialtsande in Nordrhein-Westfalen 1995-2008 35

Abbildung 16 Verwendung von Hochofenschlacke (Deutschland, Quelle: FEhS) 38

Abbildung 17 Verwendung von Stahlwerksschlacke 38

Abbildung 18 Erzeugung und Verwendung von Nebenprodukten aus kohlebefeuerten Kraftwerken 2006 (Quelle: VGB PowerTech) 41

Abbildung 19 Braunkohlenaschedeponierung Nordrhein-Westfalen 2006 43

Abbildung 20 Übersicht der Qualitätsklasseneinteilung von RC-Baustoffen nach verschiedenen Regelwerken 47

Abbildung 21 Abgrabungsmonitoring – Erfassung der Abgrabungssituation 60

Abbildung 22 Abgrabungsmonitoring – Abgrabungsentwicklung 1997, 2002, 2006 60

Abbildung 23 Bevölkerungs- und Altersstrukturentwicklung Nordrhein-Westfalen 1995-2025 63

Abbildung 24 Entwicklung Bruttoinlandsprodukt und Industrieproduktion 1970-2008 65

Abbildung 25 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Sand und Kies NRW 2009-2025 71

Abbildung 26 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Spezialsand und -kies NRW 2009-2025 73

Abbildung 27 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Naturstein NRW 2009-2025 74

Abbildung 28 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Kalkstein NRW 2009-2025 76

Abbildung 29 Produktion 1995-2008 und Prognose der Produktionsmengen Ton und Lehm NRW 2009-2025 78

Abbildung 30 Entwicklung der Recyclingproduktion in Nordrhein-Westfalen bis 2025 83

II TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Übersicht der Verwendungsgruppen und maßgebenden Vorschriften für RC-Baustoffe (Quelle: BRB Richlinien)	49
Tabelle 2	Einschätzung der Entwicklung Kies und Sand NRW bis 2025	70
Tabelle 3	Einschätzung der Entwicklung Spezialsand NRW bis 2025	72
Tabelle 4	Einschätzung der Entwicklung Natursteine NRW bis 2025	73
Tabelle 5	Einschätzung der Perspektiventwicklung Kalksteine NRW bis 2025	75
Tabelle 6	Einschätzung der Entwicklung Ton und Lehm NRW bis 2025	77

III QUELLENVERZEICHNIS (VERWEISQUELLEN)

U 1 *Rohstoffsicherung in Nordrhein-Westfalen, Arbeitsbericht; Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Dezember 2005*

U 2 *Monitoring–Berichte Bauabfälle; Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (KWTB), Berlin-Düsseldorf-Duisburg, 16.10.2000 (1. Monitoring-Bericht), 30.11.2001 (2. Monitoring-Bericht), 31.10.2003 (3.Monitoring-Bericht), 31.10.2005 (4.Monitoring-Bericht), 28.02.2007 (5.Monitoring-Bericht), 26.02.2009 (6.Monitoring-Bericht, Vorabzug)*

U 3 *Entwicklung eines Qualitätsmanagements zur effizienten Stoffstromlenkung verwertbarer Baurestmassen (upstream) für die Verwertungsstandorte in der Steine- und Erdenindustrie; Dissertation Volker Welzenberg, RWTH Aachen, 08.03.2002*

U 4 *Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus Bautätigkeiten (Recycling-Baustoffe) im Straßen- und Erdbau; Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 09.10.2001*

U 5 *Güteüberwachung von mineralischen Stoffen im Straßen- und Erdbau; Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 09.10.2001*

U 6 *Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen im Straßen- und Erdbau; Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr, Düsseldorf, 09.10.2001*

U 7 *Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Straßen- und Erdbau; Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr, Düsseldorf, 09.10.2001*

U 8 *Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Metallhüttenschlacken im Straßen- und Erdbau; Gemeinsamer Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und des Ministeriums für Wirtschaft und Verkehr, Energie und Landesplanung, Düsseldorf, 14.09.2004*

U 9 *Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV), Arbeitsentwurf; Berlin, 13.11.2007*

U 10 *Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007 (TL Gestein-StB 04); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln, 2004/2007*

U 11 *Kernaussage des Instituts für Wachstumsstudien, 2. Edition; Gesellschaft für Wachstumsstudien e.V., Gießen, 2008*

U 12 *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) zuletzt durch Artikel 16 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert; Bonn/Berlin, 12.07.1999*

U 13 *Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln (Endfassung LAGA-Richtlinie M20); Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Mainz, 06.11.2003*

U 14 *Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie); Brüssel, 19.11.2008*

U 15 *Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 11. August 2009 (BGBl. I S. 2723) geändert; Bonn/Berlin, 27.09.1994*

U 16 *Erlass zu Ausschreibungen von mineralischen Stoffen bei öffentlichen Bauvorhaben; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 06.09.2005*

IV WEITERE AUSGEWERTETE QUELLEN

Q 1 *Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen (Endbericht); Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Berlin, 01/2007*

Q 2 *Rohstoffsicherung – Fachtagung zur Weiterentwicklung der Landesplanung in NRW; Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund, 12/2002*

Q 3 *Von der baldigen Erschöpfung der Rohstoffe und anderen Märchen; Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen, 13.07.2007*

Q 4 *3.Teilfortschreibung des Regionalplans Donau-Iller zur nachhaltigen Gewinnung und Sicherung von Bodenschätzen; Regionalverband Donau-Iller, Ulm, 11.07.2006*

Q 5 *Nachhaltige Entwicklung und Abgrabungen – NUA-Heft Nr. 19 (Dokumentation der Beiträge der Tagung „Nachhaltige Entwicklung und Abgrabungen“ am 18. März 2005 in Anröchte); Natur- und Umweltschutz-Akademie des Landes Nordrhein-Westfalen (NUA), Recklinghausen, 06/2006*

Q 6 *Baustoffmanagement – Auf dem Weg zum Stoffkreislauf; Flyer der Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Dr. Konrad Moser, Dübendorf (CH, www.empa.ch), 21.11.2003*

Q 7 *Gesetz zur Landesentwicklung Landesentwicklungsprogramm - LEPro; Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 5.10.1989, zuletzt geändert 19.06.2007*

Q 8 *Landesentwicklungsplan Nordrhein-Westfalen (LEP NRW), Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 1995*

Q 9 *Regionalplan für den Regierungsbezirk Köln, Sachlicher Teilabschnitt – Weißer Quarzkies im Raum Kottenforst/Ville – Anlage 2 - Textliche Darstellung zum Sachlichen Teilabschnitt – Weißer Quarzkies im Raum Kottenforst/Ville; Beschlussvorlage der Bezirksregierung, Köln, Stand: März 2008*

Q 10 *Regionalplan für den Regierungsbezirk Köln, Sachlicher Teilabschnitt – Weißer Quarzkies im Raum Kottenforst/Ville – Aufstellungsbeschluss; Vorlage der Bezirksregierung Köln für die 13. Sitzung des Regionalrates am 13. Juni 2008, Köln, 05.05.2008*

Q 11 *Nachhaltigkeit im Bauen – Bulletin; Schweizerische Akademie der Wissenschaften (SATW), Zürich, 04/04*

Q 12 *Kiesabbau am Niederrhein – Quo vadis? (Dokumentation zum Forum); BUND/AK Steine+Erden/Natur- und Umweltschutzakademie NRW (NUA) Krefeld, 01. Februar 2007*

Q 13 *Wege in die Zukunft - LEP 2025 - Raumentwicklung in einem urbanisierten Land; Ministerin für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 12/2007*

Q 14 *Erhalten und gestalten Freiräume und Kulturlandschaften in Nordrhein-Westfalen - Bericht zur Stärkung der Freiraumplanung in Nordrhein-Westfalen; Ministerin für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2008*

Q 15 *Leitbilder und Handlungsstrategien für die Raumentwicklung in Deutschland; Ministerkonferenz für Raumordnung, Berlin, 30.06.2006*

Q 16 *Mengenvorgaben in Raumordnungsplänen – Methoden und Erfahrungen aus Berlin-Brandenburg; Cord Heinrich Bahlburg/Uwe Rühl in Informationen zur Raumentwicklung, Heft 4, 05/2005*

Q 17 *LEP 2025: Metropolregionen stärken - Kurzfassung eines Vortrags der nordrhein-westfälischen Wirtschaftsministerin Christa Thoben vom 20.08.07 in Köln; Architektenkammer Nordrhein-Westfalen (AKNW), Düsseldorf, 13.09.2007*

Q 18 *Landnutzung und Flächenverbrauch in Nordrhein-Westfalen – Vortrag zur Website www.flaechennutzung.nrw.de; Wissenschaftsladen Bonn e. V., Bonn*

Q 19 *REFINA-Projekt - „Flächenakteure zum Umsteuern bewegen!“ – Vorstudie zur Kommunikation und Bewusstseinsbildung für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung - Zwischenbericht; Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), Berlin, 12/2007*

Q 20 *Eine Allianz für die Fläche – NRW begrenzt den Flächenverbrauch (Dokumentation der Auftaktveranstaltung); Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2006*

Q 21 *Raum für Wirtschaft - Fachbeitrag der Wirtschaft zum Landesentwicklungsplan NRW (LEP 2025); Vereinigung der Industrie- und Handelskammern in Nordrhein-Westfalen e. V./Westdeutscher Handwerkskammertag, Düsseldorf, 08/2009*

Q 22 *Wirtschaft in NRW 2006 – Konjunktur, Prognosen, Perspektiven; Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie (MWME) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2006*

Q 23 *Anforderungen an einen Landesentwicklungsplan 2025 für Nordrhein-Westfalen; Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, LV NRW (BUND)/Landesgemeinschaft Naturschutz und Umwelt NRW (LNU)/ Naturschutzbund Deutschland, LV NRW (NABU), 20.09.2009*

Q 24 *Script zum Wahlpflichtfach Industrie- und Gewerbebau; Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Prof. Jens-Uwe Schulz, 25.07.2007*

Q 25 *Stellungnahme der nordrhein-westfälischen Industrie- und Handelskammern zum Landesplanungsbericht 2001; Vereinigung der Industrie- und Handelskammern in Nordrhein-Westfalen e. V., Wuppertal, 16.08.2002*

Q 26 *Gebietsentwicklungsplan für den Regierungsbezirk Köln, Teilabschnitt Region Köln, 4. Planänderung, Überarbeitung der Kapitel D.2.4 und D.2.5 zum Zweck der Sicherung von Festgesteins-Abbaubereichen und der Wiederherrichtungs-Zielsetzung; Bezirksregierung Köln, Köln, 15.06.2004*

Q 27 *Quarzkies im Raum Kottenforst/Ville - Informationsbeilage zur Verfahrensunterlage - Regionalplanerische Prüfung; Bezirksregierung Köln, Dezernat 62 (Bezirksplanungsbehörde, Köln, 05/2006*

Q 28 *Wirtschaftsland Nordrhein-Westfalen – Kreativ und weltoffen; Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie (MWME) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 05/2007*

Q 29 *Rohstoffmonitoring NRW gestartet! (gd report, Ausgabe 1/2008), Geologischer Dienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 01/2008*

Q 30 *Luftbildunterstützte Erfassung von Gewinnungsstellen und Beschreibung der Abgrabungssituation in NRW, Pilotprojekt Kreis Wesel, Kreis Kleve; Geologischer Dienst NRW, Krefeld, 23. 10.2007*

Q 31 *Niederrhein-Appell zum Stopp des Kiesabbaus; Naturschutzbund Deutschland, LV NRW (NABU), Düsseldorf, 21.09.2008*

Q 32 *Stellungnahme der Industrie- und Handelskammern in Nordrhein-Westfalen zum Arbeitsbericht „Rohstoffsicherung in Nordrhein-Westfalen“ (Stand: Dezember 2005, Quelle: www.mwme.nrw.de); Düsseldorf/Duisburg/Bielefeld, 03/ 2006*

Q 33 *Die Verankerung von Nachhaltigkeitsstrategien beim Abbau und der Sicherung von Rohstoffen - Ein Beitrag der SPD-Fraktion im Regionalrat Düsseldorf zur nachhaltigen Landesplanung, Bereich Kiesgewinnung; Düsseldorf/Frankfurt, 05/2003*

Q 34 *Steine und Erden im Ruhrgebiet(in bergbau 08/2008); Wirtschaftsverband Baustoffe-Naturstein e.V./Dipl.-Biol. Martina Wetzlar, Köln*

Q 35 *Gewinnungsstätten von Festgesteinen in Deutschland 2., überarbeitete und ergänzte Auflage; Geologischer Dienst NRW/Drozdzewski, Günter, Krefeld, 1999*

Q 36 *Lagerstätten nutzbarer Festgesteine in Nordrhein-Westfalen; Geologischer Dienst NRW/Drozdzewski, Günter, Krefeld, 2008*

Q 37 *Stellungnahme zum Arbeitsbericht Rohstoffsicherung in Nordrhein-Westfalen; Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, LV NRW (BUND)/Landesgemeinschaft Naturschutz und Umwelt NRW (LNU)/ Naturschutzbund Deutschland, LV NRW (NABU), 01/2007*

Q 38 *Zukunft der Zement-, Kalk- und Steinindustrie in Südwestfalen & Beckum/Neubeckum/Ennigerloh – Positionspapier; Deutscher Gewerkschaftsbund (DGB)/Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, 04/2007*

Q 39 *Aufgaben, Themen und Ziele 2009/2010; Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.(BBS), Berlin, 2009*

Q 40 *Bilanzierung der Gewinnung und Verwendung von Kalkstein und Ausweisung der CO2-Emissionen (Forschungsbericht 205 41 217/02, UBA-FB 000949); Umweltbundesamt (UBA), Dessau, 11/2006*

Q 41 *Die volkswirtschaftliche Bewertung der Steine- und Erdenindustrie - dargestellt am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland (Aggregates International 04/2008); Hossein Tudeshki/Heiko Hertel, 04/2008*

Q 42 *Construction Raw Materials Policy and Supply Practices in Northwestern Europe - Facts & Figures – Lower Saxony and North-Rhine/Westphalia (Germany); Ministry of Transport, Public Works and Water Management of the Netherlands, Den Haag, 05/2003*

Q 43 *Herstellung hochwertiger Dachdeckungsmaterialien aus mineralischen Rohstoffen; TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 03/2005*

Q 44 *Methoden zur GIS-gestützten Erzeugung von Geo-Ressourcen- und Geo-Risikokarten für eine nachhaltige Landnutzungsplanung am Beispiel der*

Hanau-Seligenstädter Senke, südliches Rhein-Main Gebiet; Dissertation Diplom-Ingenieur Christian Lerch, Darmstadt, 30.11.2005

Q 45 *Vorübergehend schwache Nachfrage nach Baustoffen macht langfristige Rohstoffsicherung nicht überflüssig; DIW/Eberhard Wettig, Berlin 1997*

Q 46 *DIALOG – mit Mitarbeitern, Kunden,Partnern (Ausgabe 2/2007); Firmenzeitschrift der Gebrüder Dorfner GmbH & Co. Kaolin- und Kristallquarzsand-Werke KG, Hirschau, 2007*

Q 47 *Rohstoffsicherungskonzept Hessen, Fachbericht Kalk- und Zementrohstoffe; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie/ Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz/ Umweltallianz Hessen - Bündnis für nachhaltige Standortpolitik, Wiesbaden, 03.05.2006*

Q 48 *Flächenbedarf für den Abbau von oberflächennahen Rohstoffen (Steine und Erden, Braunkohle und Torf) im Jahr 2001(Commodity Top News No. 19); Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe/Dr. Werner Gwosdz, Dr. Simone Röhling, Hannover, 22.05.2003*

Q 49 *Prognose der mittel- und langfristigen Nachfrage nach mineralischen Baurohstoffen; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn, 1998*

Q 50 *Kennwerte für mineralische Schüttstoffe (NEUE LANDSCHAFT 11/2004); Prof. Hans-Joachim Liesecke, Hannover-Berlin, 11/2004*

Q 51 *Hartgestein – Basis für eine leistungsfähige Infrastruktur (bergbau 7/2008); Basalt AG/Dipl.-Ing. Christoph Aumüller, Linz am Rhein, 07/2008*

Q 52 *Innovation und Zukunft der Steine- und Erden-Industrie in Mitteleuropa; Geo Forschungszentrum Potsdam in der Helmholtz-Gemeinschaft, Potsdam, 08/2006*

Q 53 *Tagebau und zyklischer Rohstoffmarkt - Unterlagen zum Institutskolloquium; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, Institut für Rohstoffgewinnung über Tage und Bohrtechnik, Aachen, 08.09.2009*

Q 54 *Die Kies-/Sand- und Naturstein-Industrie im Zeitraum 2008/2009 - Erwartungen zwiespältig; Bundesverband Mineralische Rohstoffe e., V. (MIRO), Köln, 07/2009*

Q 55 *Nachhaltigkeit und Zementindustrie – Dokumentation von Beiträgen und Handlungsoptionen; Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt/Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie/Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zementindustrie in Verbindung mit dem Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke, Dortmund, 2002*

Q 56 *Gutachten zum Nutzungskonflikt Kalksteinabbau : Naturschutz; Ministerium für Umwelt Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 05/1997*

Q 57 *Langfristige Entwicklung des Verbrauchs wichtiger Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland; Bundesverband Baustoffe Steine- und Erden e. V. (BBS), Berlin 05/1999*

Q 58 *Rohstoffbericht Sachsen-Anhalt 2005 – Verbreitung, Nutzung und Sicherung mineralischer Rohstoffe in Sachsen-Anhalt (Mitteilungen zu Geologie*

und Bergwesen von Sachsen-Anhalt, Band 9); Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle, 11.11.2005

Q 59 *Rohstoffe in der Ziegelei – Parameter und ihre Bedeutung, Teil 1 (Keramische Zeitschrift 08/2004) ; P.-L. Gehlken/T. Hatzl, Düsseldorf, 8/2004*

Q 60 *Rohstoffe in Bayern – Situation, Prognosen, Programm; Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, München, 5/2002*

Q 61 *Rohstoffsicherung in der Bundesrepublik Deutschland – Zustandsbericht –; Staatliche Geologische Dienste der Bundesrepublik Deutschland, 31.12.2008*

Q 62 *Stand der Technik bei der Herstellung keramischer Erzeugnisse (Dachziegeln, Ziegelsteinen, feuerfesten Steinen und Feinkeramik) durch Brennen; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Österreichs (BMLFUW), Wien, 3/2003*

Q 63 *Zusatzstoffe in der Ziegelindustrie (*Ziegelindustrie *International Nr. 12); Institut für Ziegelforschung/Dr.-Ing. Karsten Junge, Essen, 2000*

Q 64 *Zuschnitts- und Abbauverluste bei der Kies- und Sandgewinnung; Rudolf Koß/Gundobert Künzel, Krefeld, 2000*

Q 65 *Zur Aufbereitung von Schlacken, Verbrennungsaschen und Krätzen - Prallbeanspruchung für selektive Zerkleinerung (Mineralische Rohstoffe 4/2009); BHS Sonthofen GmbH/Eckhard Schicht/Christian Kühn, Sonthofen, 4/2009*

Q 66 *Baustoffe aus Recyclaten und Nebenprodukten – Vorlesungsskript; Universität der Bundeswehr, Institut für Werkstoffe des Bauwesens Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.-Ch. Thienel, München, 2006*

Q 67 *Behandlung von Abfällen in der Zementindustrie (Monographien Band 72); Umweltbundesamt Österreich (UBA AT)/Barbara Reiter/Reinhard Stroh, Wien, 12/1995*

Q 68 *Übersicht zum Regelwerk Industrielle Nebenprodukte und RC-Baustoffe im Straßenbau (Internetseite); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (*FGSV, *www.fgsv.de), Köln, 2009*

Q 69 *Anforderungen an den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe und an Verfüllmaßnahmen (Dokumentation zum Workshop am 20/21.05.2008 in Dessau, Internetseite); Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V (ITVA, www.itv-altlasten.de), Berlin, 2009*

Q 70 *Aschen aus der Müllverbrennung – Baustoff auf Deponien oder Abfall zur Ablagerung?; Bayrisches Landesamt für Umweltschutz (LFU)/Ralf Beck/Werner Kröger, Augsburg, 2005*

Q 71 *Entwicklung hydraulischer Bindemittel mit rheinischen Braunkohlenfilteraschen; Dissertation Dipl.-Chem. Ralf Mallmann, Siegen, 11.12.2002*

Q 72 *Merkblatt für den Einbau von emvau-mix – ein Baustoff aus MV-Schlacke; SBH Spezial -Beton Hamburg GmbH, Hamburg, 1/2006*

Q 73 *Baustoffinformationen: Steinkohlenflugasche; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 4/1997*

Q 74 *Schmelzkammergranulat (SKG): Eigenschaften, Qualitätsüberwachung und Anwendungen; WPW Geoconsult GmbH/Dr.-Ing. F. Deman, Saarbrücken, 31.07.2006*

Q 75 *Produktinformationen 1: Baustoffe aus Steinkohlekraftwerken; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 76 *Produktinformationen 2: Steinkohlenflugasche; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 77 *Produktinformationen 3: REA-Gips; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 78 *Produktinformationen 4: Schmelzkammergranulat; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 79 *Produktinformationen 5: Kesselsand; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 80 *Produktinformationen 6: Wirbelschichtaschen; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 81 *Produktinformationen 7: Sprühabsorptionsprodukte; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 82 *Produktinformationen 22: Flugasche als Betonzusatzstoff - Hinweise für die Praxis; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 83 *Produktinformationen 23: Schmelzkammergranulat im Hausbau; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 84 *Produktinformationen 24: Hochfester Beton mit Flugasche; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 85 *Produktinformationen 25: Schmelzkammergranulat im Deponiebau; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 86 *Produktinformationen 26: Schmelzkammergranulat im Erd-, Grund- und Straßenbau; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 87 *Produktinformationen 27: Alpha-Halbhydrat; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 88 *Produktinformationen 28: Steinkohlenflugasche für den Beton der größten Stadtbaustelle der Welt: Berlin; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 7/2007*

Q 89 *Produktinformationen 29: Selbstverdichtender Beton mit Flugasche; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 5/2007*

Q 90 *Produktinformationen 31: Flugasche im Beton Trink- und Grundwasserverträglichkeit; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 5/2007*

Q 91 *Rechtsgutachten Kraftwerksnebenprodukte und Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG); ; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 6/1997*

Q 92 *Gutachterliche Stellungnahme zu der Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen mineralische Rückstände der Kohleverfeuerung in Großkraftwerken der Energiewirtschaft nicht Abfall im Sinne von § 3 KrW-/AbfG sind,*

sondern Produktqualität haben; Bundesverband Kraftwerksnebenprodukte e.V. (BVK), Düsseldorf, 9/2006

Q 93 *Hochofenstückschlacke (HOS, Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, Weimar, 2009*

Q 94 *Kraftwerksnebenprodukte (KWN, Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung (www.uni-weimar.de/Bauing/aufber), Weimar, 2009*

Q 95 *Abfall- und Deponie-Leitfaden; Bundesverband Baustoffe Steine- und Erden e. V. (BBS), Berlin, 2006*

Q 96 *Anforderungen an die Verwertung von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage - Technische Regeln; Länderausschuss Bergbau, Arnsberg, 30.03.2004*

Q 97 *Anforderungen an den Einbau von mineralischen Sekundärrohstoffen und von Bodenmaterial – Informationen (Gesteinsperspektiven/BKS aktuell Nr. 36); Bundesverband der Deutschen Kies- und Sandindustrie e.V. (BKS), Bonn, 5/2007*

Q 98 *Ascheeinsatz in selbstverdichtendem Beton; Bauhaus-Universität Weimar/F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Weimar*

Q 99 *Gutachten zur Beschreibung von fachlichen Eckpunkten für die Festlegung von Zuordnungswerten der Einbauklasse 1.1. (Z 1.1) für organische Schadstoffe in mineralischen Abfällen; Umweltbundesamt, Berlin, 9/2004*

Q 100 *Handbuch Entsorgungsplanung für den kommunalen Tief- und Straßenbau in Rheinland-Pfalz, 1. Auflage 11/2006; Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Arbeitskreis Straßenbauabfälle Rheinland-Pfalz, Mainz, 04/2008*

Q 101 *Die ordnungsgemäße Entsorgung mineralischer Abfälle im Licht der neuen Regelungen: Grenzwerte, Vorsorgewerte und Prüfwerte und ihre Bedeutung für die tägliche Praxis; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz/RR Martin Meier-Ciosto ,Augsburg, 21. 10. 2002*

Q 102 *Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisierung von Abfällen; Stadt Wien, Umweltschutzabteilung (MA 22),Wien, 1994*

Q 103 *Emissionsverhalten von MVA-Schlacke nach künstlicher Alterung; Austrian Energy & Environment/ Fernwärme Wien Ges.m.b.H., Graz/Wien, 12/1996*

Q 104 *Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen; Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umwelt, München, 09.12 .2005*

Q 105 *Methodenentwicklung für die ökologische Bewertung der Entsorgung gefährlicher Abfälle unter und über Tage und Anwendung auf ausgewählte Abfälle; Oko-Institut e. V., Darmstadt, 30.11.2007*

Q 106 *Rohstoffsicherungsbericht 2003; Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 31.05.2003*

Q 107 *Thermische Abfallbehandlung (Dokumentation zur 12. Fachtagung in Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik der Universität Kassel), Universität Kassel, Kassel, 2007*

Q 108 *Technische Regeln für den Einsatz von Abfällen als Versatz; Länderausschuss Bergbau (LAB), 17.10.2006*

Q 109 *Untersuchungen zur Nutzbarkeit aufbereiteter Salzschlacke der Sekundäraluminiumindustrie als Rekultivierungsmaterial einer Kali-Rückstandshalde; Dissertation Tobias Scheer, Universität Gesamthochschule Kassel, 14.11.2000*

Q 110 *Veredlung von Abfällen: Vorarbeiten für eine rechtliche Regelung - Überprüfung von Abfällen für die Herstellung von Erden im Hinblick auf deren Schadstoffpotentiale; Umweltbundesamt Österreich, Wien, 9/2005*

Q 111 *Die Verwertung gering belasteter mineralischer Abfälle in Tagebauen in NRW im Spannungsfeld der bodenbezogenen Werteregelungen (bergbau 1/2006); Bergamt Düren/OBR Dr. Peter Asenbaum, Düren, 1/2006*

Q 112 *Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung); LABO in Zusammenarbeit mit LAB, LAGA und LAWA, 11.09.2002*

Q 113 *Zweiter Bodenschutzbericht der Bundesregierung; Umweltbundesamt, Berlin, 1/2006*

Q 114 *Entwicklung eines betriebsübergreifenden Logistiksystems zur Kreislaufführung von Formsanden kleiner und mittlerer Gießereiunternehmen; Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML/Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen, Dortmund, 28.05.2003*

Q 115 *Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren – Gießereisande aus Nichteisenmetallgießereien; Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Karlsruhe, 10/1992*

Q 116 *Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren – Gießereisande aus Eisen-, Stahl- und Tempergießereien; Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Karlsruhe, 12/1992*

Q 117 *Anforderungen an den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe und an Verfüllungsmaßnahmen – Gießereireststoffe – Zwischenbericht aus laufenden Versuchsreihen (Präsentation BMU-Workshop 20.–21.Mai2008 in Dessau); Verein Deutscher Giessereifachleute e.V./Dirk Franzen, Dessau, 5/2008*

Q 118 *Gießereirestsande (GRS, Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung (www.uni-weimar.de/Bauing/aufber), Weimar, 2009*

Q 119 *Kostenwirkungen unterschiedlicher Definitionen des Abfallbegriffes am Beispiel von Produkt-/Stoffströmen der Gießereiindustrie; Stiftung Industrieforschung e. V., Düsseldorf/Bonn, 12/2002*

Q 120 *Leitfaden gefährliche Abfälle in Gießereien; Wilfried Denz Umweltberatung, Münster, 2/2009*

Q 121 *Umweltfachliche Kriterien zur Verwertung von Elektroofenschlacke (EOS); Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 4/2008*

Q 122 *HMVA Aschen(Schlacken) (Präsentation BMU-Workshop 20.–21.Mai2008 in Dessau); Gemeinschaftsbeitrag von VGB PowerTech, ITAD, IGAM und BDEW, Dessau, 5/2008*

Q 123 *Müllverbrennungsschlacke als Gesteinskörnung in Beton (Diplomarbeit von Olaf Linde); Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin, 2005*

Q 124 *DIN 4301:2009-06 (D): Eisenhüttenschlacke und Metallhüttenschlacke im Bauwesen; Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, Berlin, 6/2009*

Q 125 *Eisenhüttenschlacken, Gütesicherung RAL-GZ 510; Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (RAL), Sankt Augustin, 1/1999*

Q 126 *Hochofenschlacke, Gütesicherung RAL-GZ 510; Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (RAL), Sankt Augustin, 4/1989*

Q 127 *Metallhüttenschlacken, Gütesicherung RAL-GZ 511; Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (RAL), Sankt Augustin, 8/2003*

Q 128 *Abfallschlüsselkatalog; DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg, 12.12.2007*

Q 129 *Schlacke, Ökologie und Vernunft – Eine Information der Stahlindustrie in Nordrhein-Westfalen; FEhS/DSU/HKM/ArcelorMittal/ThyssenKrupp; Duisburg, 8/2007*

Q 130 *Stahlwerksschlacken im Straßen-, Wege- und Wasserbau; Fachverband Eisenhüttenschlacken e. V., Duisburg, 10/2004*

Q 131 *LiDonit – die Zukunft im Straßenbau (techforum 1/2009); ThyssenKrupp MillServices & Systems GmbH/ThyssenKrupp Services GmbH, Oberhausen/Düsseldorf, 1/2009*

Q 132 *Aktuelle Untersuchungsergebnisse ausgewählter Ersatzbaustoffe - Kupferhüttenschlacken (Präsentation BMU-Workshop 20.–21.Mai2008 in Dessau); Fachverband Eisenhüttenschlacken e. V./Dr. Thomas Merkel/Dr. R. Bialucha/Dr. M. Dohlen, Dessau, 5/2008*

Q 133 *Schlacke aus der Kupfererzeugung (CU, Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, Weimar, 2009*

Q 134 *Schlacken – Produktion und Einsatz (Dokumentation 5. Europäische Schlackenkonferenz, Luxemburg/Luxemburg (19.–21.09.2007), ZKG international Nr. 2/2008); EUROSLAG – the European Slag Association, Luxemburg, 9/2007*

Q 135 *Reports des Forschungsinstituts Eisenhüttenschlacken e. V. 1999 – 2009; Forschungsgemeinschaft Eisenhüttenschlacken e. V., Duisburg, 1999-2009*

Q 136 *Stahlwerksschlacken (SWS, Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, Weimar, 2009*

Q 137 *Rohstoffversorgung der Stahlindustrie am Beispiel ThyssenKrupp Steel AG (bergbau 7/2008); ThyssenKrupp Steel AG/Dipl.-Ing. Leo Gronwald, Duisburg, 7/2008*

Q 138 *Recyclingbaustoffe Regelung der Umweltverträglichkeit; Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft/Umweltbundesamt Österreich, Wien, 12/2002*

Q 139 *Ökologieorientierte und marktbezogene Konzeption einer Reduktionswirtschaft in einer Kreislaufwirtschaft; Universität Heidelberg/Dissertation Heike Wemhoff, Heidelberg, 4/2003*

Q 140 Wiederverwenden von Asphalt; Deutscher Asphaltverband e.V., Bonn, 5/2008

Q 141 RC – Baustoff Beton (Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, Weimar, 2009

Q 142 Neue Perspektiven zur Verwertung von Recycling-Betonsand – Produktideen und erste Ergebnisse; Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung

Q 143 RC – Baustoff Mauerwerk (Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, Weimar, 2009

Q 144 RC – Baustoff Vorsiebmaterial (Internetseite); Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung, Weimar, 2009

Q 145 Arbeitshilfe zur Entwicklung von Rückbaukonzepten im Zuge des Flächenrecyclings; Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, Essen, 1999

Q 146 Verfügbarkeit und Verwendung von Recycling-Material - Sitzungsvorlage; Bezirksregierung Düsseldorf, Düsseldorf, 26.11.2003

Q 147 Recycling-Baustoffe: Informationsveranstaltung in NRW - Produkt, Qualität und neues Nachweisrecht; WVB NW/RA Reinhard Fischer und BÜV NW/Dipl.-Ing. Karl-Heinz Lawatsch, Duisburg, 06.03.2007

Q 148 Leitfaden Bauabfälle Rheinland-Pfalz; Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Mainz, 5/2007

Q 149 Flyer Qualitätssicherungssystem Recycling-Baustoffe Baden-Württemberg e.V.(QRB), 3. Auflage; Ostfildern, 2009

Q 150 Abfallvermeidung und –verwertung: Baurestmassen: Detailstudie zur Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006, Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft/Umweltbundesamt Österreich, Wien, 2005

Q 151 Darstellung bestehender sowie möglicher alternativer Ansätze zur Regelung der Verwertung mineralischer Abfälle; Institut für Bergbaukunde III der RWTH Aachen/Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Niemann-Delius/ Dipl.-Ing. M. Techn. Peter Vossen, Aachen

Q 152 Analyse, Bewertung und Management von Roh- und Baustoffströmen in Bayern; Technische Universität München, München, 31.08.2005

Q 153 Anlagen zur Lagerung oder Behandlung von Bau- und Abbruchabfällen - Arbeitshilfe von und für Genehmigungs- und Überwachungsbehörden aus immissionsschutz- und abfallrechtlicher Sicht; Arbeitsgruppe von Vertretern abfall- und immissionsschutzrechtlicher Vollzugsbehörden des Landes Brandenburg, 12/2003

Q 154 Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation; Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBi), Berlin, 30.06.2005

Q 155 *Wie wird die EU-Recycling-Strategie künftig die Vermeidung und Verwertung von Abfällen beeinflussen?, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)/ Dr. Andreas Jaron, Bonn*

Q 156 *Baumassenrecycling - Vorlesungsskript Abfall- und Ressourcenwirtschaftwirtschaft, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig*

Q 157 *Baureststoffe (Kreislaufwirtschaft in der Praxis, Nr. 4); Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V., Köln, 1996*

Q 158 *Baustoffrecycling in Deutschland und im globalisierten Europa – Ist-Situation und Zukunftschancen (Vortrag BBR - Workshop) am 28.11.2006); Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V. (BGRB)/Dipl.-Geol. Ingo Schulz, Bonn, 28.11.2006*

Q 159 *REACH - Mineralische Stoffe Baustoffrecycling; Buhck Umweltberatung GmbH/Dipl.-Ing. Lys Birgit Zorn*

Q 160 *Einsatz von Recycling-Baustoffen und HMV-Schlacken als Material für Flussdeiche; Universität Darmstadt und Karlsruhe, Darmstadt, 2008*

Q 161 *Die deutsche Entsorgungswirtschaft - Konzentration und Internationalisierung; Corporate Finance GmbH/Dr. Peter Urbanek*

Q 162 *Eigenschaften von Recycling-Baustoffen - Stand der Aufbereitungstechnik und Untersuchungsverfahren (Vortrag BMU - Workshop) am 13./14.02.2006); Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V. (BGRB)/Dipl.-Geol. Ingo Schulz, Bonn, 2/2006*

Q 163 *Abfallströme und Sekundärrohstoffe in den EU 27 Mitgliedsländern (Präsentation der Prognos AG); EC Joint Research Centre (DG JRC), Institute for Prospective Technological Studies, 2007*

Q 164 *Forderungen und Lösungsansätze zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft im Bauwesen - Positionspapier ARGE KWTB; ARGE Kreislaufwirtschaftsträger Bau (ARGE KWTB), Berlin, 10/2003*

Q 165 *Fragen und Antworten zur thematischen Strategie für Abfallvermeidung und –recycling; MEMO/05/496 des Eurpoarates, Brüssel, 21.12.2005*

Q 166 *Kaltrecycling als wirtschaftliche Alternative zu konventioneller Straßensanierung (tis 03/2000); Wirtgen GmbH/Martin Diekmann, Windhagen, 2000*

Q 167 *Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz Vorlesungsskript, Universität Duisburg-Essen, Dr. M. Seifert, 15.07.2009*

Q 168 *Leitlinien zum Umgang mit Bau- und Abbruchabfällen sowie zum Einsatz von Recycling-Baustoffen auf Liegenschaften des Bundes; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung/ Bundesministerium der Verteidigung, Berlin/Bonn, 02.04.2008*

Q 169 *Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung – eine Ökobilanz; Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe, 4/2004*

Q 170 *Potentialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft(UBA-Text 44/07); Umweltbundesamt, Dessau, 11/2007*

Q 171 *Anfall, Aufbereitung und Verwertung von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten im Wirtschaftsjahr 2001 – Teil 1: Reccling-Baustoffe (Straße+Autobahn 4/2004); Ruhr Universität Bochum, 2001*

Q 172 Anfall, Aufbereitung und Verwertung von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten im Wirtschaftsjahr 2001 – Teil 2: Industrielle Nebenprodukte (Straße+Autobahn 5/2004); Ruhr Universität Bochum, 2004

Q 173 Ressourcenschonung durch Abfallverwertung; Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung(BVSE)/Dr. Thomas Probst, Bonn/Berlin

Q 174 Stellungnahme des Bundesverbandes Boden e. V. zum Arbeitsentwurf vom 13.11.2007 der „Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz-Verordnung"; Bundesverband Boden e. V., Sankt Augustin, 21.12.2007

Q 175 Überblick über aktuelle Erkenntnisse/Daten/Vorschriften/Forschung bzgl. RC-Baustoffe (Bundesebene, Vortrag DWU AG Rohstoffe), Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e. V. (BRB)/RA Reinhard Fischer, Düsseldorf, 26.03.2009

Q 176 Verwertung von Bauabfällen/Verwertungsquoten der Hauptabfallströme – in Daten zur Umwelt (Internetseite); Umweltbundesamt, Dessau, 06/2009

Q 177 Abschätzung der Konsequenzen für die Verwertung von Massenabfällen bei verschärften Anforderungen des Boden- und Grundwasserschutzes; Fachhochschule Lippe und Höxter/Prof. Dr.-Ing. Hans-Günter Ramke, Höxter, 2008

Q 178 Zwischenergebnisse aus dem UFOPLAN-Vorhaben"Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle/Materialien" (BMU-Workshop 13./14. Februar 2006, 32 Vorträge); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 13./14. Februar 2006

Q 179 Zweiter Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung (AE 2 EBV) – Stand der fachlichen Arbeiten und geplante Güteüberwachung (12. Baustoffrecyclingtag); Gutachterbüro Dr. Susset, Filderstadt, 14.10.2009

Q 180 Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle (Endbericht); Umweltbundesamt, Dessau, 5/2008

Q 181 Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe (Abschlussbericht Umsetzung der Ergebnisse des BMBF-Verbundes „Sickerwasserprognose" in konkrete Vorschläge zur Harmonisierung von Methoden); Umweltbundesamt, Dessau, 2/2008

Q 182 Recycling-Baustoffe nach europäischen Normen - Leitfaden für die Überwachung und Zertifizierung, Kennzeichnung und Lieferung; Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V., Berlin/Duisburg,2005

Q 183 Gemeinsames Positionspapier zur geplanten Verordnung zur Verwertung mineralischer Stoffe; Dialog Umwelt und Wirtschaft NRW, Düsseldorf

Q 184 Kommentierung der Stellungnahme des Verbandes Deutscher Großkraftwerksbetreiber (VGB Powertech) vom 13.02.2008

Q 185 Stellungnahme zur Mitteilung der Kommission „Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcenwirtschaft: Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und –recycling"; Europarat, Brüssel, 03.04.2006

Q 186 Verwertung von Bauschutt: Position des BDE zu den LAGA-Technischen Regeln "Bauschutt" (Kreislaufwirtschaft in der Praxis Nr. 6); Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (BDE), Köln, 1997

Q 187 *Analytische Untersuchung von Bauschuttrecyclingmaterial in Baden-Württemberg 2007/2008 - Ergebnisse von Schüttel- und Säulenelutionsverfahren; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 9/2008*

Q 188 *Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen und an Verfüllungen (11. Baustoffrecyclintag); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Rüdiger Wagner, Bonn, 08.10.2006*

Q 189 *Bericht zu den Auswirkungen von REACH auf Recycling/ Verwertung (2. ergänzte Fassung); Umweltbundesamt, Dessau, 21. Februar 2008*

Q 190 *Baurestmassen - Grundlagen zur Charakterisierung und Beurteilung des potenziellen Risikos bei der Ablagerung; Umweltbundesamt Österreich, Wien, 2005*

Q 191 *Baustoffübersicht VIADUR – Baustoffe; Mineralstoff-Aufbereitung und – Verwertung (MAV)*

Q 192 *Bericht über Baustoffrecycling im Regierungsbezirk Düsseldorf (Pressemitteilung 67/99); Bezirksregierung Düsseldorf, Düsseldorf, 18.03.1999*

Q 193 *Wissenschaftliche Bewertung des UBA-Abschlussberichtes: „Ableitung von Materialwerten im Eluat und Einbaumöglichkeiten mineralischer Ersatzbaustoffe“ von SUSSET & LEUCHS, Februar 2008; Justus Liebig Universität Gießen/Prof. Dr. Stefan Gäth und Grundwasserforschungsinstituts Dresden (GFI)/Prof. Dr. Ing. habil. Ludwig Luckner, Gießen/Dresden, 6/2008*

Q 194 *Einsatz von Recycling-Baustoffen im Garten- und Landschaftsbau; Terra-Textura Baustoff- und Vegetations-Technologie GmbH/ Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Harald Kurkowski, Soest*

Q 195 *Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Reyclingprodukten – vorgstellt durch die Firmengruppe Hasenbach, Petr Arens*

Q 196 *Verwertung von mineralischen Massenstoffen in Nordrhein-Westfalen; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen/Dr. Christel Wies, Düsseldorf, 2006*

Q 197 *Vom Sicker- zum Grundwasser – Vorgänge am „Ort der Beurteilung“; Unversität Karlsruhe,/Dr. Matthias Eisenwirt, Karlsruhe*

Q 198 *Kriterien für das Ende der Abfalleigenschaft bei güteüberwachten Recycling-Baustoffen; Gütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V., Berlin, 2005*

Q 199 *Leitbild für den nachhaltsgerechten forstlichen Wegebau in Nordrhein-Westfalen;, RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft - III A 4 – 35-00-00.00, Düsseldorf, 01.09.1999*

Q 200 *Qualitätsanforderungen an Recyclingbaustoffe – Das Zerren um die Bundesverwertungsverordnung –(altlasten spektrum 1/2007) ; Peter Doetsch, 22.01.2007*

Q 201 *Nationale und europäische Rahmenbedingungen für die Verwertung qualitätsgeprüfter Recyclingbaustoffe im Wandel (EQAR-Meeting 2008); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Rüdiger Wagner, Bonn, 2008*

Q 202 *Positionierung des Ad-hoc AK „REACH in der Recyclingwirtschaft“ zur Betroffenheit von Recyclingstoffen durch REACH; Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. (BDE), Berlin, 22.08.2007*

Q 203 *REACH in der Praxis – REACH & Abfallrecycling – Baustoff-Recycling (Fachworkshop 02.12.2008); Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe/RA Reinhard Fischer, Duisburg/Berlin, 12/2008*

Q 204 *Umweltverträglichkeit von Sekundärbaustoffen – Qualitätsanforderungen an Recyclingbaustoffe; Abfallwirtschaft & Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH/Jürgen Steinemann, Augsburg*

Q 205 *Verwertungsoptionen für Recyclingbaustoffe mit Blick auf sich verändernde Anforderungen (Berliner Rohstoff- und Recyclingkonferenz 2008); Baustoff Recycling Bayern e. V./Jürgen Weber, Berlin, 5./6.11.2008*

Q 206 *Vorgesehene Verankerung der LAWA-GFS-Werte im Wasserrecht und ihre unzureichende Folgenabschätzung (Wasser und Abfall 5/2009); Grund-wasser-Zentrum Dresden/Prof. Dr.-Ing. habil. Ludwig Luckner, Dresden, 5/2009*

Q 207 *Bericht zur aktuellen rohstoffwirtschaftlichen Situation und zu möglichen rohstoffpolitischen Handlungsoptionen; Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Berlin, 12.07.2005*

Q 208 *Entwicklung von Beurteilungssystemen für die Nachhaltigkeit bei der Roh-stoffgewinnung; Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit Berlin, 3/2004*

Q 209 *Chancen und Risiken des CO2 Emissionshandels; Energieagentur NRW/ Dipl.-Ing. Gerd Marx*

Q 210 *Kreislaufwirtschaft im Baubereich: Steuerung zukünftiger Stoffströme am Beispiel von Gips; Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Dissertation Dipl.-Wirtschaftsingenieur Markus Arendt, Heidelberg, 10/2000*

Q 211 *Speichermineralbildung und Alinitherstellung aus MVA-Flugasche, Mans-felder Kupferschlacke und Kalksteinmehl; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Dissertation Mulugheta Tewelde, Halle, 05.07.2004*

Q 212 *Historische und aktuelle Lösungsansätze zur Rohstoffversorgungssicher-heit; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg /Martina Franke, Halle, 2/2009*

Q 213 *Innovationen gegen Rohstoffknappheit; Zukünftige Technologien Consul-ting (ZTC) der VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf,1/2008*

Q 214 *Kalibergbau und weiterer Nichtkohlenbergbau (Bericht I/2004); Industrie-gewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE), Hannover, 6/2004*

Q 215 *Kalk – Kompendium; Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Köln*

Q 216 *Wo liegen die zentralen Potentiale zur Steigerung der Ressourceneffi-zienz?(2. Regionalveranstaltung des Netzwerk Ressourceneffizienz „Res-sourceneffizienz vor Ort“); Wuppertal Institut/Dr. Kora Kristof, Riesa, 28.05.2009*

Q 217 *Ressourcenpolitik zur Gestaltung der Rahmenbedingungen; Wuppertal Institut/Prof. Dr. Raimund Bleischwitz, Wuppertal, 6/2009*

Q 218 *Ressourcenproduktivitätssteigerungen durch Anreizinstrumente auf der Makro- und Meso-Ebene - Status-Quo Analyse, Kritik, Politikempfehlungen; Wuppertal Institut/Prof. Dr. Raimund Bleischwitz, Wuppertal, 6/2007*

Q 219 *Ressourcenverbrauch von Deutschland – aktuelle Kennzahlen und Begriffsbestimmungen; Umweltbundesamt, Dessau, 2/2008*

Q 220 *heinblick – Das Regionalmonitoring für den Regierungsbezirk Düsseldorf: Rohstoffsicherung, Bezirksregierung Düsseldorf, Düsseldorf, 8/2009*

Q 221 *Rohstoffe für Zukunftstechnologien - Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage; Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin15.05.2009*

Q 222 *Rohstoffsicherungskonzept des Landes Baden-Württemberg, Stufe 2 - „Nachhaltige Rohstoffsicherung"; Wirtschaftsministerium Baden Württemberg, Stuttgart, 15.11.2004*

Q 223 *Kiesabgabe – Resolution vom 22.06.2009 zu einer Kiesabgabe; TerraMining GmbH, Aachen, 22.06.2009*

Q 224 *Thesen zur Rohstoffpolitik; Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Berlin, 09.02.2005*

Q 225 *Umweltdaten Deutschland - Nachhaltig wirtschaften – Natürliche Ressourcen und Umwelt schonen; Umweltbundesamt, Dessau, 2007*

Q 226 *Umweltwirtschaftsbericht 2009, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin, 1/2009*

Q 227 *Vereinbarung zwischen dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen und der BauMineral GmbH über die rechtliche Behandlung von Steinkohlenflugasche, Schmelzkammergranulat und REA-Cips vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes; Herten, 29.11.2007*

Q 228 *Grundflächen und Rohstoffe im Spannungsfeld zwischen Privat- und Gemeineigentum - Eine interdisziplinäre Untersuchung; Universität Hamburg, Dissertation Fabian Thiel, Hamburg, 2001*

Q 229 *Ersatzbaustoffverordnung und Fortschreibung § 12 BBodSchV (1. Arbeitsentwurf: 13.11.2007 (Vortrag Seminar „Aktuelles aus dem Abfallrecht" von SAM, MUFV und LUWG) Landesamt fürUmwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz/Dr. Willi Nonte, Schloss Waldthausen, 12.06.2008*

Q 230 *Vereinbarung zum Ende der Abfalleigenschaft von güteüberwachten Recyclingbaustoffen; Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen/ Wirtschaftsverband der Baustoffindustrie Nord-West e. V./ Baustoffüberwachungs- und Zertifizierungsverband NRW, Düsseldorf, 23.11.2006*

Q 231 *Merkblatt für den Einbau von Recyclingbaustoffen und industriellen Nebenprodukten in Nordrhein-Westfalen, Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz*

Q 232 *Abfallwirtschaft - Vereinbarung über die Produkteigenschaft von Schlacken; Rundschreiben des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen an die Bezirksregierungen, Staatliches Amt für Umwelt und Arbeitsschutz OWL, Landesumweltamt, Staatliche Umweltämter, Düsseldorf, 18.10.2006*

Q 233 *Rohstoffsicherung für Lockergesteine in Regionalplänen; Erlass des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 11.04.2008*

Q 234 *Die Dringlichkeit einer EU-Rohstoffpolitik (Geologie - die Welt unter uns 73/09); Montanuniversität Loeben/Dr. Günter Tiess, 2009*

Q 235 *Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcennutzung: Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und –recycling; Mitteilung an den Europarat, Brüssel, 21.12.2005*

Q 236 *Durchführung von Ringversuchen zur Validierung der Normen E DIN 19528 und E DIN 19529 (Ersatzbaustoffverordnung und Novellierung BBodSchV); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)/Umweltbundesamt, Berlin/Dessau, 8/2008*

Q 237 *Projektliste Verkehrsinvestitionen zum Konjunkturpaket II; Budesministerium für Verkehr, Bau, Stadtentwicklung, Berlin, 8/2009*

Q 238 *Masterplan Nordrhein-Westfalen – Weichenstellung für die Zukunft; Deutsche Bahn AG, Berlin, 11/2008*

Q 239 *Infrastrukturprojekte Straße - Schiene – Rad in Nordrhein-Westfalen*

Q 240 *Verwaltungsvereinbarung zur Durchführung des Gesetzes zur Umsetzung von Zukunftsinvestitionen der Kommunen und Länder; Bundesrepublik Deutschland/Länder, Berlin, 02.04.2009*

Q 241 *Gesetz zur Umsetzung der Zukunftsinvestitionen in Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf, 02.04.2009*

Q 242 *Rechtsgutachten zur verfassungsrechtlichen Prüfung des § 48 Entwurf Wasserhaushaltsgesetz; Universität Bonn/Prof. Dr. Jürgen Salzwedel, Bonn, 05.04.2009*

Q 243 *Stellungnahme zur VO zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen; Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e. V., Berlin/Duisburg*

Q 244 *Bewertung der Recyclingfähigkeit von Ziegeln (47. Würzburger Ziegel-Lehrgang 2008) ; Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V./Dipl.-Ing. Dieter Rosen, Würzburg, 30.10.2008*

Q 245 *BDI-Analysen und Vorschläge für ausgewählte GFS, hier: Vanadium; 2008*

Q 246 *Recycling von Mauerwerkbruch – Stand und neue Verwertungswege (Teil 1); Bauhaus-Universität Weimar/Prof. Dr.-Ing. habil Anette Müller, Weimar, 6/2003*

Q 247 *Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland - Jahresberichte Bergwirtschaft und Statistik; Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/Bergbehörden der Länder, 1998-2007*

Q 248 *Statistische Berichte, Daten zur Abfallwirtschaft Nordrhein-Westfalen; Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT NRW), Düsseldorf, 1999-2007*

Q 249 *Daten zur Umwelt - Aufkommen, Beseitigung und Verwertung von Abfällen; Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 1999-2006*