



Einsatz von mineralischen Recycling-Baustoffen im Hoch- und Tiefbau





Auf die Sicherheit und Qualität von Recycling-Baustoffen kann man bauen.

Eine hochwertige Verwertung von mineralischem Bauschutt und Straßenaufbruch sowie deren Wiedereinsatz in der Bauindustrie als Sekundärrohstoffe („Recycling-Baustoffe“) trägt in erheblichem Umfang zur Einsparung von Primärressourcen und schließlich auch zum Klimaschutz bei.

Mit der vorliegenden Publikation verfolgt das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz das Ziel, das Wissen über Recycling-Baustoffe auf Seiten der Bauherren und anderen an Bauprojekten Beteiligten zu verbessern und deren Akzeptanz zu steigern.

Zielgruppen sind insbesondere die öffentlichen Bauherren und deren Planer im Freistaat Bayern. Aber auch private Bauherren sowie Vertreter von Behörden, Prüfstellen und Bauausführende finden hierin wichtige Informationen zur Herstellung und zur Verwendung von Recycling-Baustoffen in Bayern.

Anhand mehrerer Best-Practice-Beispiele, die in einem Forschungsvorhaben von den Experten der BTU Cottbus-Senftenberg wissenschaftlich begleitet wurden, werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten dargestellt und unter bau- und umwelttechnischen Gesichtspunkten bewertet.

Kernaussagen:

- Ausschreibungen für Bauvorhaben sind produktneutral und leistungsdetailliert zu gestalten (vgl. S. 13 „Ausschreibung zum Einsatz von RC-Baustoffen“).
- Die Aufbereitung von sortenreinen Stofffraktionen in Recycling-Anlagen bietet die besten Voraussetzungen für die Erzeugung qualitativ hochwertiger Recycling-Baustoffe. Voraussetzung hierfür ist der selektive Rückbau von Gebäuden und die selektive Erfassung der verschiedenen ehemals verbauten Materialarten (vgl. S. 9 „Selektiver Rückbau“).
- Rechtssicher sowie regelwerkskonform verwendbar sind Recycling-Baustoffe, die hinsichtlich ihrer bautechnischen und umweltverträglichen Eigenschaften geprüft, gütegesichert und zertifiziert sind (vgl. S. 15 „Qualitäts- und Gütesicherung“). Zertifizierte Recycling-Baustoffe werden folglich intensiver geprüft als Naturbaustoffe.
- Regelwerke für den vielfältigen Einsatz von Recycling-Baustoffen sind vorhanden; sie müssen nur angewandt werden. (vgl. S. 14, 17 „Regelwerke für RC-Baustoffe“). D.h., zertifizierte Recycling-Baustoffe sind vielseitig einsetzbar (z.B. in Frostschutz-, Schottertragschichten oder Recycling-Beton, vgl. S. 8 „Einsatz von RC-Baustoffen“) und ökologisch sowie wirtschaftlich von Vorteil im Vergleich zu Naturmaterial.
- RW1- und RW2-Material ist bei Einhaltung der vorgegebenen Einbaubedingungen und -kriterien unbedenklich im Tiefbau einsetzbar (vgl. S. 16 „Einbaukriterien für RC-Baustoffe“). Gleiches gilt für Recycling-Beton, denn Recycling-Beton ist gleichwertig gegenüber Normalbetonen (vgl. S. 17 „Regelwerke für RC-Baustoffe im Hochbau“).
- Das vorhandene Potenzial an RC-Baustoffen sollte, den Materialeigenschaften entsprechend, effizient eingesetzt und nicht unwiederbringlich abgelagert werden.

Inhaltsverzeichnis

Einleitende Anmerkungen	4
Hintergründe für den Einsatz von RC-Baustoffen	4
Aus Bauschutt wird ein Rohstoff	6
Umweltaspekte von RC-Baustoffen	7
Einsatz von RC-Baustoffen	8
Best-Practice-Beispiele	9
Ausschreibung zum Einsatz von RC-Baustoffen.....	13
Regelwerke für RC-Baustoffe im Tiefbau.....	14
Qualitäts- und Gütesicherung	15
Einbaukriterien für RC-Baustoffe	16
Regelwerke für den Einsatz von RC-Baustoffen im Hochbau.....	17
Quellenverzeichnis.....	18
Fachinformationen und Ansprechpartner	19

Einleitende Anmerkungen

Zertifizierte RC-Baustoffe werden intensiver geprüft als Naturbaustoffe

Einleitende Anmerkungen

Als Recycling-Baustoffe (kurz: RC-Baustoffe) finden drei Materialarten Verwendung:

- RC Betongranulate (hauptsächlich hergestellt aus Betonbruch),
- RC Mix (Gemisch hergestellt aus verschiedenen mineralischen Materialien wie Betonbruch und Ziegel),
- RC Ziegelsande und -splitte (hauptsächlich aus Ziegel).

RC-Baustoffe müssen bau- und umwelttechnische Anforderungen (vgl. S. 7 „Umweltaspekte von RC-Baustoffen“) erfüllen, um eine dauerhaft sichere und schadlose Verwertung zu gewährleisten. Maximal zulässige Schadstoffgehalte und Einbaumöglichkeiten sind für Bayern im Leitfaden „Anforderungen an die Verwertung von Bauschutt in technischen Bauwerken“ (Leitfaden RC-Baustoffe) genannt. Zertifizierte RC-Baustoffe werden im Vergleich zu Naturbaustoffen somit intensiver geprüft.

Das Ausgangsmaterial zur Herstellung von RC-Baustoffen sind mineralische Bau- und Abbruchabfälle. RC Betongranulat besteht überwiegend aus Betonbruch, Kies und Festgestein (s. Abb. 1).



Abb. 1: RC Beton der Fa. DURMIN, gütegesichert und zertifiziert durch Baustoff Recycling Bayern e.V. [Mettke]

RC Mix ist ein Gemisch aus Bauschutt, bestehend aus verschiedenen mineralischen Materialien, wie z.B. Mauer-, Dachziegel, Beton etc. (s. Abb. 2). Im Unterbau, bei Bodenaustauschmaßnahmen, im Erdbau usw. haben sich in der Praxis Zusammensetzungen mit einem Ziegelanteil von 30 M.-% und mehr bewährt. RC Mix (bis ca. 30 M.-% Ziegelanteil) und RC Betongranulate eignen sich zudem hervorragend als Tragschichten im Straßen-, Wege- und Verkehrsflächenbau. Der Asphaltanteil ist für RC Beton und RC Mix jeweils auf max. 30 M.-% begrenzt¹.



Abb. 2: RC Mix der Fa. DURMIN, gütegesichert und zertifiziert durch Baustoff Recycling Bayern e.V. [Mettke]

Hintergründe für den Einsatz von RC-Baustoffen

Abbau von Primärrohstoffen

Jährlich werden in Bayern ca. 150 Mio. t mineralische Rohstoffe gewonnen. Davon werden ca. 90 % im Bausektor eingesetzt, darunter 85 Mio. t Sande und Kiese sowie ca. 35 Mio. t Naturstein. Jährlich beträgt der Flächenverbrauch in Bayern zur oberirdigen Förderung von Baumineralien rund 900 ha. Dies entspricht einer Fläche von ca. 1.260 Fußballfeldern.²

Aufkommen an Bau- und Abbruchabfällen und deren Entsorgungswege

Abfälle aus Bau- und Abbruchmaßnahmen (inkl. Boden) repräsentieren den größten Abfallstrom sowohl in Deutschland als auch in Bayern. Abb. 3 zeigt die Verteilung des Aufkommens an Bau- und Abbruchabfällen in Bayern von insgesamt 46 Mio. t.³ Etwa 9,80 Mio. t entfielen auf die Fraktion Bauschutt.

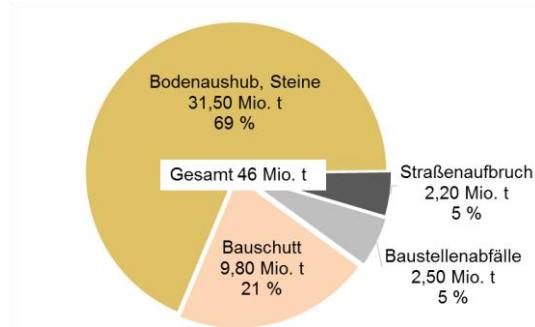


Abb. 3: Aufkommen an Bau- und Abbruchabfällen in Bayern 2014 [Mettke]

¹ Allg. Rundschreiben Straßenbau Nr. 6/2016, TL Gestein-StB 04, Ausgabe 2004/Fassung 2007), Änderungen Anhang A und Anhang B, Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016

² Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, 2017

³ Zur Verwertung und Beseitigung eingesetzter Bauabfälle in Bayern nach Abfallarten, Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2016

Hintergründe für den Einsatz von RC-Baustoffen

Von den 9,80 Mio. t Bauschutt wurden 6,20 Mio. t Bauschuttrecyclinganlagen zugeführt, aufbereitet und als RC-Baustoff stofflich verwertet. Rund 2,20 Mio. t wurden oberirdisch verfüllt, 383.000 t sonstig verwertet und knapp 1 Mio. t auf Deponien beseitigt⁴.

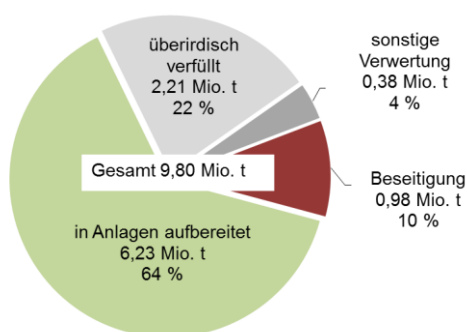


Abb. 4: Verwertungswege für Bauschutt 2014 [Mettke]

Politische Ziele und rechtliche Vorgaben

Ressourcenschonung ist ein zentrales umweltpolitisches und gesellschaftliches Thema. Das im Jahr 2012 von der Bundesregierung erstmals verabschiedete **Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)** und seine Fortschreibung aus dem Jahr 2016 (ProgRess II) unterstreichen den erforderlichen Ausbau einer ressourceneffizienteren Kreislaufwirtschaft.

Im **Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)** ist in § 6 die Rangfolge der Abfallbewirtschaftung geregelt. Können Abfälle nicht vermieden oder für eine Wiederverwendung vorbereitet werden, sind sie grundsätzlich stofflich zu verwerten. Ein eigenständiges abfallrechtliches Erlaubnisverfahren für die Verwertung von Abfällen gibt es nicht. Nach § 7 Abs. 3 KrWG hat die Verwertung von Abfällen ordnungsgemäß und schadlos zu erfolgen. Außerdem ist nach § 8 KrWG eine möglichst hochwertige Verwertung anzustreben.

Anhand des Baustoffkreislaufs in Abb. 5 wird die Bedeutung der Abfallhierarchie für den Umgang mit Baureststoffen illustriert. So können nach ihrem Nutzungsende RC-Produkte (bspw. als Bauteile) direkt einer erneuten Nutzung zugeführt werden (Produktrecycling, im abfallrechtlichen Sinn eine „Wiederverwendung“ bzw. „Vorbereitung zur Wiederverwendung“). Eine Umsetzung erfolgt bspw. durch die sog. Bauteil- bzw. Bodenbörsen. Um Materialrecycling handelt es sich, wenn die zurückgewonnenen Bau- und Abbruchabfälle nach einer Aufbereitung bei der Herstellung neuer Produkte verwertet werden. Beide Verwertungsarten ermöglichen eine Kreislaufführung mit hoher Ressourceneffizienz und dienen so der Schonung knapper werdender Deponiekapazitäten.

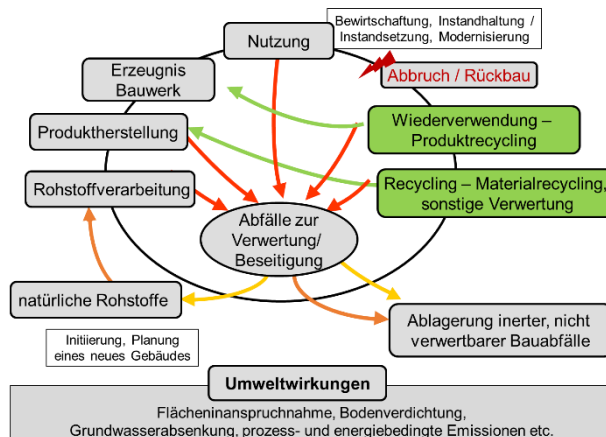


Abb. 5: Baustoffkreislauf [Mettke]

Die zum 01.08.2017 in Kraft getretene Novelle der **Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)** sieht in § 8 Abs. 1 eine grundsätzliche Getrennthaltungspflicht in zehn Fraktionen für Bau- und Abbruchabfälle vor. Darunter fallen folgende mineralische Fraktionen: Beton (17 01 01), Ziegel (17 01 02), Fliesen und Keramik (17 01 03) sowie Baustoffe auf Gipsbasis (17 08 02).

Vorbildfunktion der öffentlichen Hand in Art. 2 Abs. 1 **Bayrisches Abfallwirtschaftsgesetz (BayAbfG)**:

„Staat, Gemeinden, Landkreise, Bezirke und die sonstigen juristischen Personen des öffentlichen Rechts haben vorbildhaft dazu beizutragen, dass die Ziele des Art. 1 Abs. 1 (...) erreicht werden.“

Dazu sind finanzielle Mehrbelastungen und Minderungen der Gebrauchstauglichkeit in angemessenem Umfang hinzunehmen.“

Ein **Beschluss des Bayerischen Landtags** vom 14. März 2017 fordert den vermehrten Einsatz von RC-Baustoffen anstelle von natürlichen Rohstoffen zur Schonung natürlicher Ressourcen, soweit dies ohne Mehrkosten für die Baumaßnahme möglich ist und umweltfachliche Gründe, insbesondere der Gewässerschutz, in Einzelfällen dem nicht entgegenstehen.⁵

Die **87. Umweltministerkonferenz (UMK)** hat am 2. Dezember 2016 in einem Beschluss die Auffassung bekräftigt, dass ein stärkerer Einsatz von RC-Baustoffen als Maßnahme zum nachhaltigen Ressourcenschutz, der ökologische und ökonomische Aspekte beinhaltet, erforderlich ist.⁶

⁴ Zur Verwertung und Beseitigung eingesetzter Bauabfälle in Bayern nach Abfallarten, Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2016

⁵ Bayerischer Landtag, Drucksache 17/15975 vom 14.03.2017.

⁶ Protokoll der UMK verfügbar unter: https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/87-UMK_Protokoll_16122016.pdf, TOP 44, S. 56

Aus Bauschutt wird ein Rohstoff

Gemäß einer Vereinbarung zwischen dem Bayerischen Umweltministerium und Wirtschaftsbeteiligten im Rahmen des Umweltpakts Bayern soll Bauschutt für die Verwertung in technischen Bauwerken zu RC-Baustoffen aufbereitet werden.⁷

Eine Aufbereitung nach dem Stand der Technik ist grundsätzlich in mobilen, semimobilen oder stationären Anlagen möglich. Die mineralischen Abfälle werden vor Anlieferung deklariert, dann gebrochen, klassiert, von Störstoffen befreit und sortiert.

Aufbereitete und zum erneuten Einsatz geeignete mineralische Baustoffe werden als Recycling-Baustoffe (RC-Baustoffe) bezeichnet.⁸

Grundlage für die Herstellung qualitativ hochwertiger RC-Baustoffe ist der kontrollierte Abbruch bzw. der selektive Rückbau von Bauwerken (Gebäuden, Straßen). Hier wird, durch die Schadstoffentfrachtung und sortenreine Trennung der Stofffraktionen entsprechend der Gewerbeabfallverordnung, die Voraussetzung für eine qualitätsgerechte Aufbereitung zu gütegesicherten RC-Baustoffen geschaffen.

In Abb. 6 sind der Aufbereitungsprozess und übliche Verwertungswege für RC-Baustoffe skizziert.

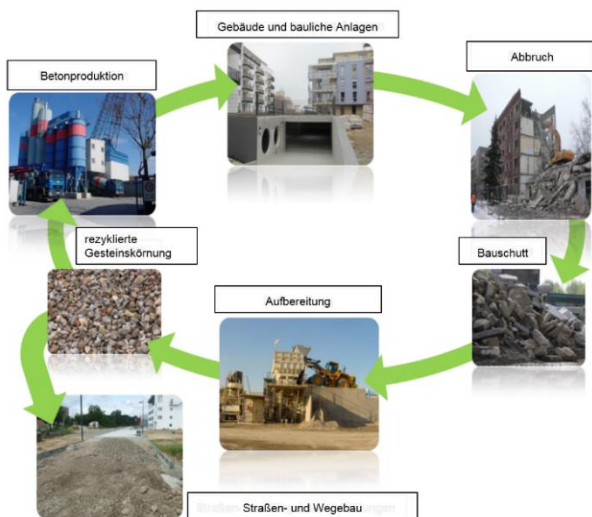


Abb. 6: Aufbereitungsprozess und Verwertungswege für RC-Baustoffe [Mettke]

Recyclingbaustoffe sollen in Bayern nur als geprüfte, gütegesicherte und zertifizierte RC-Baustoffe eingesetzt werden. Im bayerischen Leitfaden RC-Baustoffe und den Technischen Regelwerken für den Straßenbau (vgl. S.14 „Regelwerke für RC-Baustoffe“) sind die auf den jeweiligen Einsatzzweck abgestimmten Anforderungen definiert.

Seit Einführung der harmonisierten europäischen Normen (hEN) im Jahr 2004 gilt für den Einsatz von Bauprodukten die CE-Kennzeichnungspflicht. Für bestimmte Bereiche gilt diese auch für RC-Baustoffe.⁹ Darunter fällt der Einsatz von Gesteinskörnungen im Hochbau (DIN EN 12620). Gesteinskörnungen nach DIN EN 13285 (ungebundene Gemische) sind aktuell nicht CE-gekennzeichnet.

Harmonisierte europäische Normen und damit CE-Kennzeichnungspflichten existieren für folgende Einsatzbereiche:

- DIN EN 13043 Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen
- DIN EN 13242 Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau
- DIN EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton (vgl. S.17 „Regelwerke für RC-Baustoffe“).

CE-gekennzeichnete Produkte können mit Inkrafttreten der Bauproduktenverordnung auf dem Markt der europäischen Union vertrieben und verwendet werden.

Geprüfte, gütegesicherte und zertifizierte RC-Baustoffe sind bei Erfüllung der bautechnischen und umwelttechnischen Anforderungen gleichwertig mit Naturbaustoffen.

Geprüfte, gütegesicherte und zertifizierte RC-Baustoffe sind bau-, umwelttechnisch und regelwerkskonform verwendbar.

⁷ Umweltpakt Bayern: Vereinbarung über die Verwertung von Bauschutt in technischen Bauwerken, 2005

⁸ Anforderungen an die Verwertung von Recyclingbaustoffen in technischen Bauwerken (Leitfaden RC-Baustoffe), Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2005

⁹ vgl. Die neue Bauprodukte-Verordnung; Hinweise für Baustoffhersteller, Hrsg. Bundesverband Baustoffe-Steine und Erden e.V., 2012

Umweltaspekte von RC-Baustoffen

Die **umweltrelevanten Vorteile** des Einsatzes von RC-Baustoffen sind:

- Schonung der begrenzt verfügbaren, mineralischen, nicht nachwachsenden natürlichen Ressourcen durch die Rückführung von Bau- und Abbruchabfällen in den Wirtschaftskreislauf; Substitution natürlicher Rohstoffe in beachtlichen Größenordnungen,
- Schonung von Natur und Landschaft durch die Verringerung des Flächenverbrauchs für den Abbau von natürlichen Kiesen und Splitten,



Abb. 7: Steinbruch Sailauf im Landkreis Aschaffenburg [Lorenz]

- Geringerer Gesamtenergieverbrauch für die Herstellung von RC-Baustoffen im Vergleich zu Primärbaustoffen und damit Minderung klimaschädlicher Emissionen,
- Minderung des Aufkommens an Schwerlasttransporten, des Kraftstoffverbrauchs samt dessen klimaschädlicher Emissionen und Vermeidung zusätzlicher Straßenschäden,
- Schonung von Deponiekapazitäten durch Verwertung anstelle Beseitigung von Bauabfällen.



Abb. 8: DK 0 Deponie Landkreis Neustadt a.d. Aisch-Bad Windsheim [Landkreis Neustadt a. d. Aisch]

Die umweltrelevanten Vorteile wirken sich besonders in städtischen Ballungsräumen positiv aus, weil natürliche Rohstoffe oftmals aus weiter Entfernung anzutransportieren sind.

Umweltverträglichkeit

Der Nachweis der Umweltverträglichkeit umfasst die chemische Analyse des RC-Baustoffes. Die Stoff- und Eluatwerte nachstehender Prüfparameter sind zu prüfen und entsprechend des geplanten Einsatzgebietes einzuhalten.

(s. Tab. 1; vgl. S. 15 „Qualitäts- und Gütesicherung“, S. 16 „Einbaukriterien für RC-Baustoffe“, S. 14, 17 „Regelwerke für RC-Baustoffe“)

Tab. 1: Richt- bzw. Höchstwerte für RC-Baustoffe

Eigenschaft / Parameter	Einheit	Tiefbau ¹⁰		Hochbau ¹¹
		RW1	RW2	
Feststoff				
EOX	[mg/kg]	3	15	10
MKW	[mg/kg]	300	1.000	1.000
PAK EPA	[mg/kg]	5	20	25
PCB	[mg/kg]			1
Eluat				
pH-Wert	-	ist anzugeben		12,5
Elektr. Leitfähigkeit	[mS/m]	200	800	300
Sulfat	[mg/l]	250	1.000	600
Chlorid	[mg/l]	125	300	150
Arsen	[µg/l]	10	60	50
Cadmium	[µg/l]	2	10	5
Chrom (ges.)	[µg/l]	50	150	100
Kupfer	[µg/l]	50	300	200
Nickel	[µg/l]	50	200	100
Blei	[µg/l]	40	200	100
Zink	[µg/l]	100	600	400
Quecksilber	[µg/l]	0,5	2	2
Phenolindex	[µg/l]	20	100	100

¹⁰ Richtwerte gemäß Anforderungen an die Verwertung von Recyclingbaustoffen in technischen Bauwerken (Leitfaden RC-Baustoffe), Hrg.: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2005, Anlage 1

¹¹ Höchstwerte nach DIN 4226-101:2017-08: Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 – Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen, Tab. 2

Einsatz von RC-Baustoffen

Einsatz von RC-Baustoffen



Abb. 9: RC Betongranulat als Frostschutzschicht [SÖR]



Abb. 10: Blocksteine aus Recycling-Beton für Schüttgutboxen [Mettke]

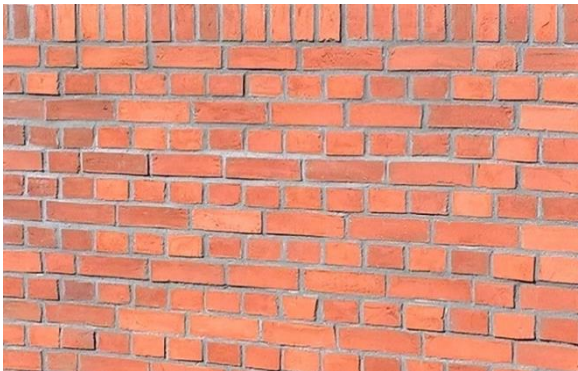


Abb. 11: Ziegelmauer aus Ziegeln mit bis zu 100 % RC-Ziegelsand-anteil anstelle von Quarzsand und Schamotte [Krüger]

RC-Baustoffe haben viele Einsatzfelder.

Tiefbau

- Straßen- und Wegebau
 - Frostschutzschichten (FSS, s. Abb. 9)
 - Schottertragschichten (STS)
 - Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)
 - Deckschichten
 - Baustraßen
 - RC-Gesteinskörnung in Rückenstützbeton
 - Bankettmaterial
 - Dammschüttungen
 - Rampen
- Erd- / Deponiebau
 - Lärm- und Sichtschutzwälle
 - Deponieersatzbaustoff
 - Untergrundverbesserung, Bodenaustausch
 - Bettungsmaterial (Kabelsand)
 - Ver- und Hinterfüllmaterial
 - Garten- und Landschaftsbau (u.a. Pflanzsubstrat)

Hochbau

- Recycling-Beton / ressourcenschonender Beton (kurz RC-Beton / R-Beton; gleichbedeutend)
- Sauberkeitsschicht unter Fundament

Sonstiges

- Bauprodukte- / Bauteilherstellung
 - Block- und Pflastersteine aus Recycling-Beton (Abb. 10)
 - Ziegelherstellung mit RC-Ziegelsand (s. Abb. 11)

**Zertifizierte RC-Baustoffe sind
vielseitig einsetzbar**

*Basis für den hochwertigen
RC-Baustoffeinsatz sind sortenreine
Stofffraktionen aus dem selektiven Rückbau.*

Best-Practice-Beispiele

Der Grundstock für eine qualitativ anspruchsvolle Aufbereitung von mineralischen Baustoffen und der Verwertung der erzeugten RC-Baustoffe wird beim Abbruch bzw. Rückbau gelegt. Die spätere Trennung von vermischten Materialien ist nur die zweitbeste Lösung.

Wie der selektive Rückbau, basierend auf einer systematischen Vorerkundung eines Gebäudes, vonstattengehen sollte, wird im Folgenden am Beispiel einer Abbruchbaustelle vorgestellt.

Selektiver Rückbau

Bauvorhaben: Selektiver Rückbau „Alte Druckerei“ in Sachsen bei Ansbach

Gebäudesteckbrief:

- Grundfläche der Halle 2.600 m²
- Stahlbauweise mit vorgehängten Porenbeton-Außenwänden (150 m³ Porenbeton)
- Zwischenwände
 - Kalksandstein (24 cm stark)
 - Trockenbau mit Gipskartonplatten (ca. 280 m²)
 - Holzständerbau mit Spanplattenbeplankung
- Aluminium-Fenster ca. 280 m²
- Dach: Trapezprofilblech, Styropor mit Dampfsperre und Bitumenanhaftungen
- Bodenplatte, Fundamente ca. 1.200 m³.

Bauherr:

Gemeinde Sachsen b. Ansbach

Ausführendes Unternehmen:

Baugeschäft Sens GmbH & Co.KG

Bewertung des selektiven Rückbaus:

Die Durchführung einer systematischen Vorerkundung¹² ist Voraussetzung für die selektive Erfassung der unterschiedlichen Materialien (s. Abb. 12, 13) und Grundlage für eine hochwertige Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen. Die Pflichten zur Getrenntsammlung der verschiedenen Materialien sind gemäß der GewAbfV verbindlich umzusetzen (vgl. S. 5 „Hintergründe für den Einsatz von RC-Baustoffen“).



Abb. 12: Selektiv erfasster Estrich [Mettke]



Abb. 13: Selektierte Gipskartonplatten sind getrennt zu halten und sollten nicht mit Porenbeton vermischt werden [Mettke]

Das Recycling von Gipskartonplatten zur Verwertung in der Gipsindustrie ist technisch möglich, entsprechende Anlagen stehen im Bundesgebiet zur Verfügung. Zu beachten sind die qualitativen Vorgaben an das Inputmaterial.

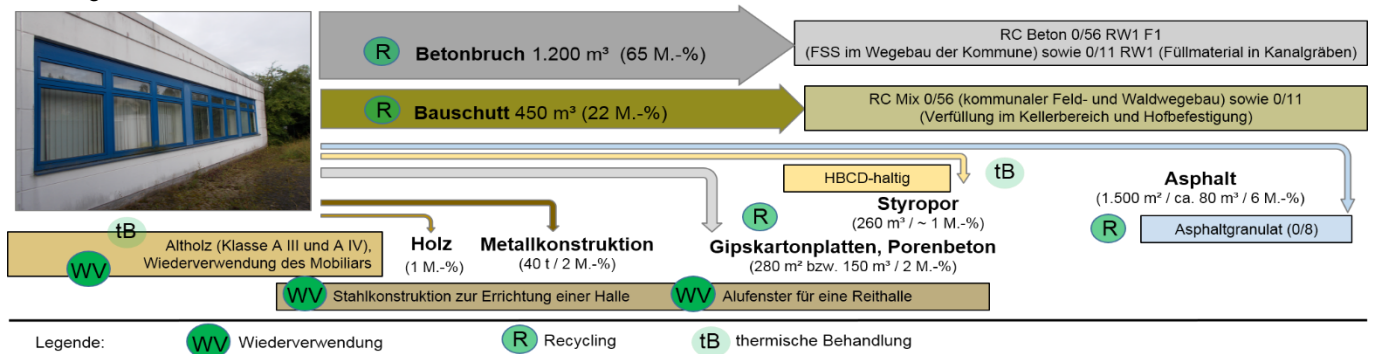


Abb. 14: Abbruchabfälle und deren Verwertung [Daten: Sens, Darstellung: Mettke]

¹² vgl. Hinweise auf S. 19 unter Arbeitshilfen für den Rückbau des Bayerischen Landesamtes für Umwelt

Zertifizierte RC-Baustoffe können für den Einsatz in Frostschutzschichten und im Erdbau problemlos verwendet werden.

Einsatz von RC-Baustoffen im Tiefbau

Baumaßnahme: Neubau Tank- und Rastanlage Fürholzen¹³

Bauherr und Planer:

Autobahndirektion Südbayern

Bauausführende Unternehmen:

Bickhardt Bau Aktiengesellschaft

STRABAG Großprojekte GmbH

Hersteller der RC-Baustoffe:

Ettengruber GmbH Abbruch und Tiefbau

Bezeichnung der eingesetzten RC-Baustoffe:

- RC Beton 0/45 (RC FSS-StB 0/45 RW1)
- RC Beton 0/56 (RC FSS-StB 0/56 RW1)
- RC Beton 0/63 (RC Beton F1 0/63 RW1)
- RC Mix 0/56 (RC Erd-StB F1 0/56 RW1)

Zertifizierung:

- nach Richtlinien des Baustoff Recycling Bayern e.V.¹⁴
- RC Beton 0/45 und 0/56 bei der Obersten Baubehörde als güteüberwachte Baustoffgemische gelistet

Menge der eingebauten RC-Baustoffe:

gesamt 237.000 t davon,

- RC Beton 0/45: 32.900 t
- RC Beton 0/56: 12.300 t
- RC Beton 0/63: 145.000 t (in mobiler RC-Anlage hergestellt); davon 90.000 t aus mobilen RC-Anlagen anderer Hersteller
- RC Mix 0/56: 46.900 t

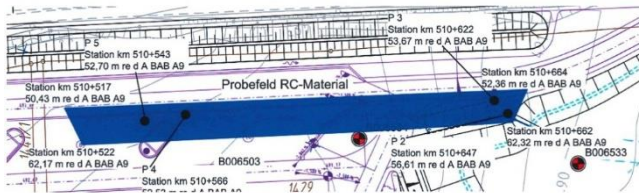


Abb. 15: Skizze Probefeld [Ettengruber]

Bewertung des RC-Baustoffeinsatzes:

- Alle gestellten bau- und umwelttechnischen Anforderungen an die Materialien wurden erfüllt, die Tragfähigkeit des Bodens wird z.B. deutlich übertroffen.
- Bezüglich des Einbaus haben sich keine Unterschiede zu Produkten aus Primärrohstoffen ergeben.
- Der Ziegelanteil der RC Mix Produkte hat zu keinen Problemen in der Ausführung und dem Erreichen der Prüfwerte geführt.
- RC-Baustoffe sind durch geringere Kornfestigkeit im Vergleich zu Hartstein-Baustoffgemischen besser nachbearbeitbar (Oberflächentextur).



Abb. 16: Einbau RC Beton [Ettengruber]



Abb. 17: RC Mix [Ettengruber]

Ein informativer Film zu diesem Bauvorhaben ist unter: <https://www.youtube.com/watch?v=cZE1XvixBLs> verfügbar.

¹³ Weiß, Michael, Präsentation, Rastplatz Fürholzen, Plenumsveranstaltung, Nürnberg, 2017 sowie weitere Projektunterlagen, zur Verfügung gestellt von der Ettengruber GmbH Abbruch und Tiefbau

¹⁴ Richtlinien für die Anwendung und Güteüberwachung von mineralischen Ersatzbaustoffen in Bayern, Hrsg.: Baustoff Recycling Bayern e.V., Mai 2015

Einsatz von RC-Baustoffen im Tiefbau

Baumaßnahme: Nürnberg, Pressburger Straße¹⁵

Komplette Erneuerung von Fahrbahn und Gehweg, Verbesserung der Belastungsklasse auf BK 100 gem. RStO 12¹⁶

Baulängen:

Fahrbahn/Gehweg: 380 m

Bauabschnitte (BA):

- BA 1 = ca. 160 m, RC-Baustoff in der Frostschutzschicht (FSS)
- BA 2 = ca. 120 m, RC-Baustoff in der FSS
- BA 3 = ca. 100 m, ohne RC-Baustoff

Bauherr und Planer:

Stadt Nürnberg; Service Betrieb Öffentlicher Raum Nürnberg (SÖR)

Bauausführendes Unternehmen:

Richard Schulz Tiefbau GmbH

Hersteller des RC-Baustoffs:

DURMIN Entsorgung und Logistik GmbH, Aufbereitungszentrum Nürnberg

Bezeichnung des eingesetzten RC-Baustoffs:

RC FSS-StB 0/45 RW1

Zertifizierung:

Unternehmen nach Richtlinien des Baustoff Recycling Bayern e.V.¹⁷

Menge des eingebauten RC-Baustoffs:

720 m³, ca. 1.700 t

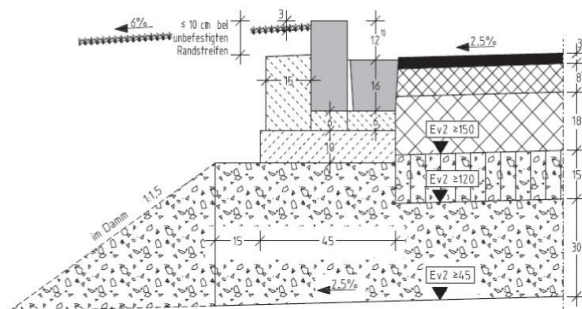


Abb. 18: Fahrbahnaufbau [SÖR]

Bewertung des RC-Baustoffeinsatzes:

- RC-Baustoff erfüllt alle bau- und umwelttechnischen Anforderungen.
- Einbaugeschwindigkeit und Handling entsprechen Einbau mit natürlichen Baustoffen.
- Tragfähigkeit des Erdplanums ist beim Einsatz von Plattenverdichtern um rd. 40 % höher als beim Einsatz von Walzen.



Abb. 19: RC FSS-StB 0/45 RW1 [SÖR]



Abb. 20: Einbau Frostschutzschicht [SÖR]



Abb. 21: Prüfung der Frostschutzschicht [SÖR]

¹⁵ Projektunterlagen zur Verfügung gestellt vom SÖR

¹⁶ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Hrsg.: FGSV, 2012

¹⁷ Richtlinien für die Anwendung und Güteüberwachung von mineralischen Ersatzbaustoffen in Bayern, Hrsg.: Baustoff Recycling Bayern e.V., Mai 2015

Best-Practice-Beispiele

Einsatz von RC-Baustoffen im Hochbau

Hochbauvorhaben: Neubau Umweltstation Würzburg

Einsatz von Recycling-Beton im Freistaat Bayern, Projektförderung seitens der DBU¹⁸

Gebäudeeckdaten:

Nettogeschossfläche: ca. 700 m² (EG und OG)

Bruttogeschossfläche: ca. 779 m²

Bruttorauminhalt: ca. 3.300 m³

Bauherr:

„Die Stadtreiniger“
Eigenbetrieb der Stadt Würzburg

Planer:

balda architekten GmbH

Tragwerksplaner:

Dr. Kreuz+Partner Beratende Ingenieure

Bauausführendes Unternehmen:

Georg Göbel GmbH

Hersteller der RC-Gesteinskörnung:

Beuerlein GmbH & Co. KG

Bezeichnung der eingesetzten RC-Gesteinskörnungen:

RC Betonsplitt 2/16, Liefertyp 1

Zertifizierung:

Unternehmen nach Baustoff Recycling Bayern e.V. zertifiziert, TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH

Menge der eingebauten RC-Gesteinskörnungen:

~ 450 t zur Herstellung von ~ 600 m³ Recycling-Beton

Betonhersteller:

Beuerlein / Wüffert GmbH & Co. KG

Eingesetzte Recycling-Betone

- C 20/25, XC2, F3, 0/16, Anteil RC-GK: 45 %,
- C 25/30, XC4, F3, 0/16, Anteil RC-GK: 45 %,
- C 30/37, XC4, F3, 0/16, Anteil RC-GK: 45 %,
- Zementart CEM III/A 42,5 N

Im Außenbereich Sichtbeton (SB) 2 gefordert

Grundsteinlegung am 4. April 2017

Bewertung des Recycling-Betoneinsatzes:

- Alle bau- und umwelttechnischen Anforderungen an die Materialien wurden erfüllt.
- Betonfestigkeiten sind deutlich höher als gefordert.
- Bezüglich des Einbaus sind keine Unterschiede zur Verwendung von Normalbeton zu verzeichnen.



Abb. 22: Visualisierung des Siegerentwurfes [balda architekten GmbH]



Abb. 23: RC Betonsplitt 2/16 [Mettke]



Abb. 24: Sichtbetonteile aus Recycling-Beton [Mettke]

¹⁸ Projekttitle: Mehraufwand für innovative Ansätze zum klima- und ressourcenschonenden Bauen bei der Umweltstation der Stadt Würzburg (KlimResBau)

Ausschreibung zum Einsatz von RC-Baustoffen

Öffentliche Auftraggeber sind nach § 45 KrWG und nach Art. 2 Abs. 2 BayAbfG insbesondere verpflichtet, bei Bauvorhaben und sonstigen Aufträgen zu prüfen, ob RC-Baustoffe eingesetzt werden können.

Die **Ausschreibung** von Bauleistungen **hat produktneutral und gemäß den Bestimmungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) zu erfolgen.**

RC-Baustoffe, die die einschlägigen technischen Spezifikationen erfüllen und einer Gütesicherung unterliegen, sind als gleichwertig zu Primärbaustoffen zu werten. Der explizite Ausschluss des Einsatzes von RC-Baustoffen ist nur dann gerechtfertigt, wenn die Maßnahme in Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten oder im Grundwasser oder in Karstgebieten ohne ausreichende Deckschichten erfolgt.

Hilfreich für Ausschreibungen sind bspw. Standardleistungstexte, herausgegeben vom Gemeinsamen Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Normung (DIN)¹⁹.

Nachfolgend sind beispielhaft Hinweise / Muster für Ausschreibungstexte aufgeführt:

Ausschreibungshinweise für den selektiven Rückbau

„Die Ausschreibungsunterlagen (Verdingungsunterlagen) enthalten neben üblichen Vorbemerkungen und Vertragsbedingungen das in Positionen gegliederte Leistungsverzeichnis, ergänzt um das vollständige Rückbau- und Entsorgungskonzept und die detaillierte Leistungsbeschreibung. Die Leistungsbeschreibung kann unter Verwendung der Technischen Vorschriften für Abbrucharbeiten (TV-Abbrucharbeiten) des Deutschen Abbruchverbandes in der jeweils gültigen Fassung erstellt werden. Außerdem ist ein Arbeits- und Sicherheitsplan aufzustellen. Eine Ortsbesichtigung der Bieter vor Angebotsabgabe sollte, zumindest bei größeren oder komplexeren Fällen, gefordert werden.“²⁰

Ausschreibungsmuster für RC-Baustoffe im Tiefbau

Ausschreibungsbeispiel Frostschuttschicht

- Hinweis in der Leistungsbeschreibung:

Besondere Anforderung:

Einsatz von geprüfem, gütegesichertem und zertifiziertem RC-Baustoff 0/45, RW1-Material nach Bayerischem Leitfadenden RC-Baustoffe

- Muster Ausschreibungstext:

Frostschuttschicht (FSS) herstellen, in Verkehrsflächen der Belastungsklasse Bk... in einer Breite von ... m, Baustoffgemisch 0/45, Einbaudicke ... cm, Verformungsmodul EV₂ ... MN/m² ...

Ausschreibungsmuster für RC-Baustoffe im Hochbau²¹

Ausschreibungsbeispiel Recycling-Beton

- Hinweis in der Leistungsbeschreibung:

Besondere Anforderungen:

Ortbeton ist als Primärbeton nach DIN EN 206:2017-01, DIN 1045-2:2008-08 und - soweit zulässig – unter der Verwendung rezyklierter Gesteinskörnung nach DIN EN 12620:2008-07 und DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, Teil 1: Anforderungen an den Beton für die Bemessung nach DIN EN 1992-1-1“, Ausgabe Dezember 2010 herzustellen.

- Muster Ausschreibungstext:

Gewerk: 013 (STLB-Bau) Betonarbeiten

013... ... m³ Recycling-Beton ... €/m³ ... €

Ortbeton Außenwand Stahlbeton C 25/30, D 25 cm

Ortbeton Außenwände aus bewehrtem Recycling-Beton C 25/30, XC4, rezyklierte Gesteinskörnung der Korngruppen 2/8 und 8/16, Typ 1, Kornrohdichtekg/m³, max. RC-GK 45 Vol.-%

Ausschreibungen für Bauvorhaben sind produktneutral und leistungsdetailliert zu gestalten.

¹⁹ Standardleistungsbuch Bau- und Ausschreibungstexte gemäß VOB, <http://www.stlb-bau-online.de>

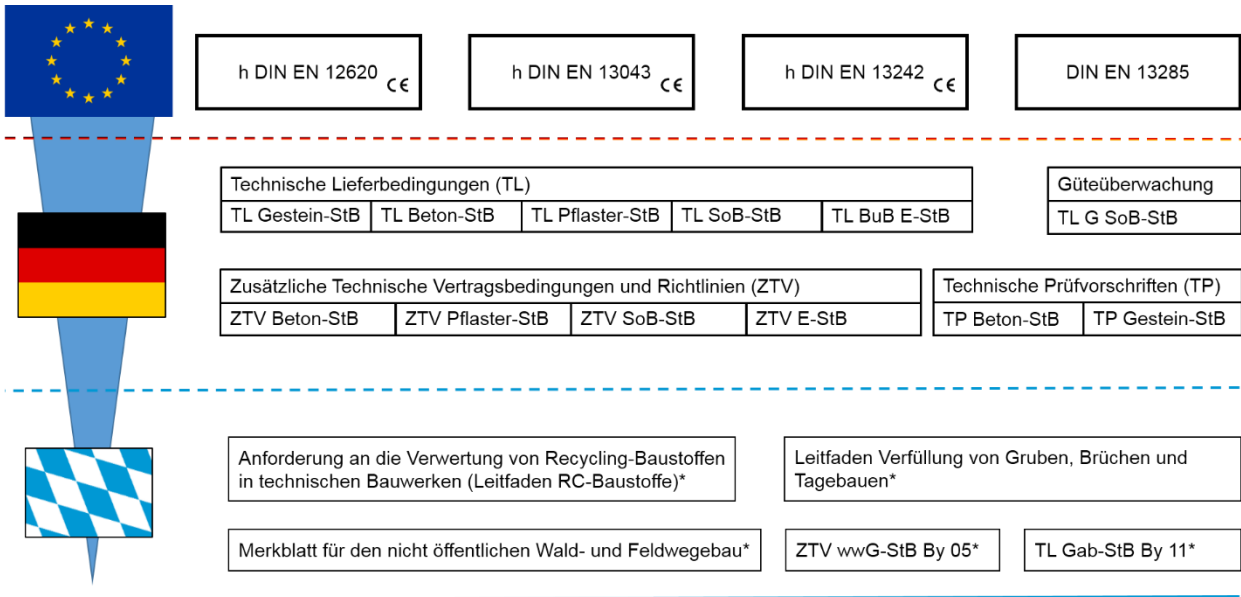
²⁰ vgl. Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau – Kontaminierte Bausubstanz Erkundung, Bewertung, Entsorgung, Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2003 (eine aktualisierte Fassung ist in Vorbereitung)

²¹ Steigerung der Ressourceneffizienz des Recyclings von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen - Leitfadenden Ausschreibungen, Hrsg.: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, 2017, Anhang 5

Regelwerke für RC-Baustoffe im Tiefbau

Regelwerke für RC-Baustoffe im Tiefbau

Regelwerke für den vielfältigen Einsatz von RC-Baustoffen sind vollumfänglich vorhanden; sie müssen nur angewandt werden.



* Alle Regelwerke gelten in Verbindung mit den Regelwerken im Bund (TL's, ZTV's sowie TP's) und den europäischen Normen.

Abb. 25: Übersicht zu aktuell geltenden Regelwerken mit Zuordnung der Ebenen für RC-Baustoffe im Tief- und Erdbau (Europa-, Bundes- und Landesebene) [Mettke]

Regelwerke für den Einsatz von RC-Baustoffen im Tiefbau

Die Abb. 25 gibt einen Überblick zu aktuell geltenden Normen und Regelwerken für den Einsatz von RC-Baustoffen im Tiefbau. Auf europäischer Ebene werden die bautechnischen Anforderungen festgelegt. Auf nationaler Ebene werden in Abhängigkeit des Einsatzortes der RC-Baustoffe (z.B. FSS oder STS) die bautechnischen und die umwelttechnischen Anforderungen geregelt. Die Regelwerke in Bayern ergänzen bzw. spezifizieren die umwelttechnischen Vorgaben auf Landesebene. D.h., die landesspezifischen Regelwerke gelten in Verbindung mit den Vorgaben der nationalen und europäischen Normen und Regelwerke.

Der **Leitfaden RC-Baustoffe** enthält **ergänzende Vollzugshinweise und Bedingungen zur Verwertung von RC-Baustoffen in technischen Bauwerken für den Erd-, Straßen- und Wegebau** und steht in Wechselbeziehung zur TL Gestein-StB, TL SoB-StB und ZTV wwG-StB By. Der Leitfaden regelt die Einbaukriterien aus umweltverträglicher Sicht (vgl. S. 16) und soll die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung von RC-Baustoffen sichern.

Die zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Technische Lieferbedingungen für die einzuhaltenden wasserwirtschaftlichen Güte Merkmale bei der Verwendung von

Recycling-Baustoffen im Straßenbau in Bayern, Ausgabe 2005 (**ZTV wwG-StB By 05**) regeln, dass RC-Baustoffe nur dann verwendet werden dürfen, wenn sie hinsichtlich der **Umweltverträglichkeit** güteüberwacht sind und die **vorgegebenen Richtwerte für Schadstoffbelastungen** unter Beachtung der **lokalen wasserwirtschaftlichen Bedingungen** resp. **Einbaukriterien** einhalten (vgl. S. 7, 16).

Der **Leitfaden Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen** legt insbesondere fest, unter welchen Voraussetzungen eine Verwertung mineralischer Abfälle durch Verfüllung möglich ist.

Das **Merkblatt** für den umweltgerechten Einsatz von Bauschutt, Straßenaufbruch und Recycling-Baustoffen im **nicht-öffentlichen Feld- und Waldwegebau** zur Wegeinstandsetzung und zur Wegebefestigung gibt Vollzugshinweise für die Verwertung geeigneter Materialien, um schädliche Auswirkungen auf die Umwelt auszuschließen.

Die **Technischen Lieferbedingungen für Gabionen (TL Gab-StB By 11)** legen materialbezogene und umweltrelevante Anforderungen u.a. für RC-Baustoffe und deren Gütesicherung fest.

Qualitäts- und Gütesicherung

Die Einstufung als RC-Baustoff setzt voraus, dass es sich um geprüfte, gütegesicherte und zertifizierte Materialien handelt. Solche RC-Baustoffe können ohne weitere Maßnahmen in technischen Bauwerken eingesetzt werden. Der Nachweis der Bauauglichkeit und Umweltverträglichkeit erfolgt durch eine ständige qualitätssichernde Gütesicherung gemäß dem Leitfaden RC-Baustoffe²², nachfolgend Gütesicherung genannt.

Die Gütesicherung stellt die Konformität der hergestellten RC-Baustoffe mit den geltenden bau- und umwelttechnischen Regelwerken sicher und ermöglicht so eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung im Sinn von § 7 KrWG. Bei Einhaltung der Anforderungen des Leitfadens ist keine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit zu erwarten. Deshalb bedarf es in diesen Fällen nach der Vollzugspraxis in Bayern keiner zusätzlichen wasserrechtlichen Genehmigung des RC-Baustoffeinsatzes.

Grundlage der Gütesicherung bilden die DIN 18200 sowie die TL Gestein-StB mit den entsprechenden Verweisen für den Konformitätsnachweis.

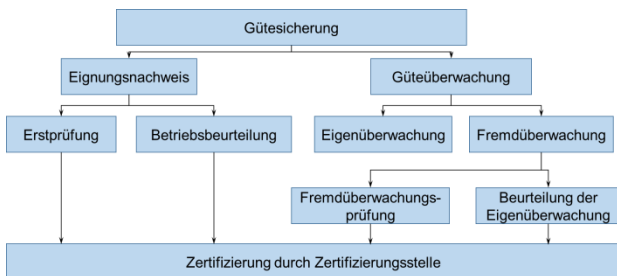


Abb. 26: Die Gütesicherung nach DIN 18200:2000-05

Kriterien der Gütesicherung sind:

- Eignungsnachweis,
- Eigenüberwachung/werkseigene Produktionskontrolle,
- Fremdüberwachung durch eine anerkannte Prüfstelle,
- (Produkt-)Zertifizierung.

Die Einhaltung der Gütesicherung wird durch eine unabhängige Zertifizierungsstelle bestätigt. Zertifizierungen sind bundesweit nach RAL 501/1 Recycling-Baustoffe oder in Bayern nach den Richtlinien des Baustoff Recycling Bayern e.V. möglich.

Baustoff Recycling Bayern e.V. (BRB e.V.) ist ein staatlich anerkannter, rechtlich selbständiger Überwachungsverein und wurde zur Gütesicherung und Zertifizierung in Bayern durch mittelständische Unternehmen im Jahr 2006 gegründet.

Mitglieder des BRB e.V. können ihre Baustoffe durch Nachweise der Qualitäts- und Gütesicherung zertifizieren lassen. Das Zertifikat des BRB e.V. bescheinigt für den zertifizierten Baustoff die Prüfung und Einhaltung aller für Art und Einsatzzweck des Baustoffes relevanten bau- und umwelttechnischen Regelungen und erhöht damit die Rechtssicherheit für Endanwender beim Einsatz von RC-Baustoffen.



Abb. 27: Zertifikat des Baustoff Recycling Bayern e.V. [Ettengruber]

Die Richtlinien für die Anwendung und Güteüberwachung von mineralischen Ersatzbaustoffen in Bayern des BRB e.V. enthalten in komprimierter Form die notwendigen Grundlagen zur Gütesicherung und Anforderungen an RC-Baustoffe.

Bei Einhaltung der Anforderungen, Herstellung und Gütesicherung entsprechend dem Leitfaden RC-Baustoffe kann RW1-Material als Produkt eingestuft werden.

²² Anforderungen an die Verwertung von Recyclingbaustoffen in technischen Bauwerken, Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2005.

Einbaukriterien für RC-Baustoffe

Die Einteilung der RC-Baustoffe hinsichtlich der umwelttechnischen Anforderungen erfolgt in RW1- und RW2-Material nach den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Technischen Lieferbedingungen für die einzuhaltenden wasserwirtschaftlichen Güteermerekmale bei der Verwendung von Recycling-Baustoffen im Straßenbau in Bayern, Ausgabe 2005 (ZTV wwG-StB By 05). Die geltenden Richtwerte (RW) der zulässigen Stoffkonzentrationen im Eluat bzw. Stoffgehalte im Feststoff für den Einbau sind im Anhang des Leitfadens RC-Baustoffe festgelegt.

Nachstehend sind die Einbaubedingungen in Abhängigkeit der RC-Baustoff-Qualitäten (RW1 und RW2) gemäß dem Leitfaden RC-Baustoffe skizziert.

RW1-Material

Uneingeschränkt offener Einbau

Der Einbau ist außerhalb des mittleren höchsten Grundwasserstandes (MHGW) unter folgenden Voraussetzungen möglich:

- pro Baumaßnahme max. 5.000 m³,
- bei mehrfachem Einbau im gleichen Baugebiet max. 10.000 m³.

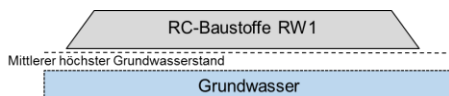


Abb. 28: Uneingeschränkter offener Einbau (RW1)²³ [Mettke]

Eingeschränkter offener Einbau

Der Einbau ist außerhalb von Überschwemmungsgebieten möglich (Menge > 5.000 m³ und gleiches Baugebiet > 10.000 m³), wenn:

- Abstand zum höchsten Grundwasserstand: 2 m,
- 1 m davon grundwasserschützende Deckschicht (ggf. technisch hergestellte Sorptionsschicht) ist.



Abb. 29: Eingeschränkter offener Einbau (RW1)²⁴ [Mettke]

RW2-Material

Einbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen

Im Straßen-, Wege- und Verkehrsflächenbau Einbau als:

- gebundene Deckschichten,
- gebundene Tragschichten unter wenig durchlässigen Deckschichten,
- ungebundene Tragschichten unter wasserundurchlässigen Deckschichten.

Im Erdbau als:

- Lärm- und Sichtschutzwall,
- Straßendamm (Unterbau).

Dabei muss beachtet werden, dass:

- der Abstand von Unterkante der RC-Schüttung bis zum höchsten Grundwasserstand (HGW) mind. 2 m beträgt. Ist der Abstand geringer als 3 m, ist eine zusätzliche 0,3 m starke kapillarbrechende Schicht erforderlich,
- das zuständige Wasserwirtschaftsamt zur Klärung der hydrogeologischen Situation einzubeziehen ist.

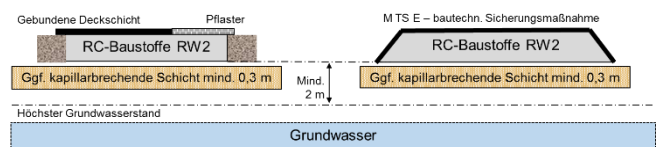


Abb. 30: Einbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen RW2²⁵ [Mettke]

RW1- und RW2-Material ist bei Einhaltung der vorgegebenen Einbaubedingungen und -kriterien unbedenklich einsetzbar.

²³ Anforderungen an die Verwertung von Recyclingbaustoffen in technischen Bauwerken (Leitfaden RC-Baustoffe), Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 2005, Nr. 4.2

²⁴ Ebenda, Nr. 4.2

²⁵ Ebenda, Nr. 4.3

Regelwerke für den Einsatz von RC-Baustoffen im Hochbau

**Recycling-Beton ist
ressourcenschonend, umweltverträglich
und bautechnisch gegenüber dem
Normalbeton gleichwertig.**

Tab. 2: Überblick derzeit geltender Regelwerke für die Herstellung von Recycling-Beton [Mettke]

Regelwerke für den Einsatz von RC-Baustoffen im Hochbau

In Tab. 2 sind die derzeit geltenden Normen und Regelwerke auf europäischer und nationaler Ebene für die Gesteinskörnung im Beton (RC-GK) und zur Herstellung des Betons unter Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen (kurz RC-Beton gleichbedeutend mit R-Beton) dargestellt.

Die DIN EN 12620 legt die **bautechnischen Eigenschaften** der Gesteinskörnungen zur Herstellung von konstruktiven Betonen im Hochbau sowie die Voraussetzungen für deren erforderliche CE-Kennzeichnung fest. Mit der CE-Kennzeichnung dokumentiert der Hersteller die Übereinstimmung des Bauprodukts mit der in der Leistungserklärung angegebenen Leistung unter Einhaltung aller europäischen Rechtsvorschriften (s. Anhang ZA der genannten Norm).²⁶

Gemäß der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb-Rili) „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ dürfen nur rezyklierte Gesteinskörnungen verwendet werden, wenn diese keine umweltschädlichen Auswirkungen haben. **Der Nachweis der Umweltverträglichkeit** ist nach DIN 4226-101 zu erbringen. Höchstwerte der Eluat- und Feststoffparameter sind darin festgelegt (vgl. S. 7 „Umweltaspekte von RC-Baustoffen“).

Unter Berücksichtigung der genannten Normen und DAfStb-Rili's in Tab. 2 und den Regelanforderungen in Tab. 3 ist keine weitere Nachweisführung für die normkonforme Herstellung und Verwendung von Recycling-Beton notwendig.

Bei Erhöhung des Anteils an rezyklierten Gesteinskörnungen über die Angaben in Tab. 3 hinausgehend, ist ein gesonderter Bemessungsnachweis durch den Tragwerksplaner erforderlich.

Zur RC-Betonherstellung sind der Typ 1 Betonsplitt und der Typ 2 Bauwerksplitt (s. Abb. 31) nach DIN 4226-101 für Beton bemessen nach DIN 1045-2 ohne weitere Forderungen verwendbar. Grundsätzlich gilt, dass für Körnungen kleiner 2 mm Natursand zu verwenden und die Herstellung von Leicht- und Spannbeton ausgeschlossen ist. Weitere generelle Restriktionen sind Tab. 3 entnehmbar.



Abb. 31: Typ 1 / Betonsplitt; Typ 2 / Bauwerksplitt [Mettke]

Europäische Produktnorm / Deutsche Fassung	Mitteltende deutsche Normen und Regelwerke
Gesteinskörnungen für Beton	
DIN EN 12620:2008-07 Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12620:2002+A1:2008	Umweltverträglichkeit DIN 4226-101:2017-08 Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 - Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen Qualitätssicherung DIN 4226-102:2017-08 Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 - Teil 102: Typprüfung und Werks-eigene Produktionskontrolle DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton (Alkali-Reaktion)“, Ausgabe 2013-10
Beton	
DIN EN 206:2017-01 Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A1:2016	DIN 1045-2:2008-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“, Teil 1, Ausgabe 2010-09

Tab. 3: Regelanforderungen an Recycling-Beton

Restriktionen	Feuchtigkeitsklassen DAfStb-Alkali-Richtlinie 2013-10	Expositionsklassen nach DIN EN 206-1:2001-07, Tabelle 1	DAfStb-Rili: Beton mit RC-GK 2010-09	
			Typ 1 Betonsplitt	Typ 2 Bauwerksplitt
Zul. Anteile RC-GK > 2 mm bezogen auf gesamt Gesteinskörnung	WO (trocken)	Carbonatisierung XC1	≤ 45 Vol. %	≤ 35 Vol. %
	WF (feucht)	Kein Korrosionsrisiko XC0 Carbonatisierung XC1 – XC4		
		Frost ohne Taumittelnwirkung XF1 + XF3 und im Beton mit hohem Wassereindringwiderstand Schwacher chemischer Angriff XA1	≤ 35 Vol. %	≤ 25 Vol. %
			≤ 25 Vol. %	
Bau-technik	Korngröße der RC-GK		d ≥ 2 mm	
	Druckfestigkeit		≤ C 30/37	
Regelanforderungen	Kornrohdichte		≥ 2.000 kg/m ³ (± 150 kg/m ³)	
	Wasseraufnahme nach 10 min		≤ 10 M.-%	≤ 15 M.-%
	Säurelösliches Chlorid		≤ 0,04 M.-%	
	Säurelösliches Sulfat		≤ 0,8 M.-%	

²⁶ Die neue Bauprodukten-Verordnung – Hinweise für Baustoffhersteller, Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V., 2012, S. 9

Quellenverzeichnis

Allg. Rundschreiben Straßenbau Nr. 6/2016, TL Gestein-StB 04, Ausgabe 2004/Fassung 2007), Änderungen Anhang A und Anhang B, Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016.

Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau – Kontaminierte Bausubstanz. Erkundung, Bewertung, Entsorgung, Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2003

(eine aktualisierte Fassung unter dem Titel „Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz: Arbeitshilfe zur Erkundung, Bewertung und Entsorgung“ ist in Vorbereitung).

Bayerischer Landtag, Beschluss des Bayerischen Landtages vom 14.03.2017, Drucksache 17/15975.

Die neue Bauprodukten-Verordnung – Hinweise für Baustoffhersteller, Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V., 2012.

Ergebnisprotokoll der 87. Umweltministerkonferenz am 2. Dezember 2016 in Berlin, verfügbar unter: https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/87-_UMK_Protokoll_16122016.pdf, TOP 44, S. 56.

Eyerer, Peter; Reinhardt, Hans-Wolf: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden – Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung, Birkhäuser Verlag, 2000.

Leitfaden Anforderungen an die Verwertung von Recyclingbaustoffen in technischen Bauwerken (Leitfaden RC-Baustoffe), Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München, 2005.

Mettke, Angelika; Heyn, Sören: Ökologische Prozessbetrachtungen – RC-Beton (Stofffluss, Energieaufwand, Emissionen) zum Forschungsprojekt: „Einsatz von Recycling-Material aus mineralischen Baustoffen. Zuschlag in der Betonherstellung“, Cottbus, 2010.

Mettke, Angelika; Meetz, Michael; Dageförde, Angela: Steigerung der Ressourceneffizienz des Recyclings von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen - Leitfaden Ausschreibung, (Hrsg.): Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUL), 2017.

Mettke, Angelika: Projektunterlagen (unveröffentlicht) zum Forschungsvorhaben „Innovative Umweltstation Würzburg: Bauphase, Inbetriebnahme, Monitoring (InnUmWueBau)“, Projekttitel: Mehraufwand für innovative Ansätze zum Klima- und ressourcenschonenden Bauen bei der Umweltstation der Stadt Würzburg (KlimResBau) gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), AZ 33520/02.

Mettke, Angelika; Schmidt, Stephanie: Wissenschaftliche Begleitung „Einsatz von RC-Beton beim Neubau Pegasus – Laborgebäude Universität Stuttgart“, 2017.

Mettke, Angelika: Material- und Produktrecycling am Beispiel von Plattenbauten, Habilitationsschrift 2009, BTU Cottbus.

Projektunterlagen der einzelnen Best-Practice-Beispiele, zur Verfügung gestellt von den jeweils beteiligten Firmen

Richtlinien für die Anwendung und Güteüberwachung von mineralischen Ersatzbaustoffen in Bayern, Hrsg.: Baustoff Recycling Bayern e.V., Mai 2015.

Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Hrsg.: FGSV, 2012

Umweltpakt Bayern: Vereinbarung über die Verwertung von Bauschutt in technischen Bauwerken, 2005

Weiß, Michael: Verwertung von gütegesicherten Recyclingbaustoffen. Bauvorhaben Rastplatz Fürholzen, Präsentation der Ettengruber Firmengruppe, Plenumsveranstaltung in Nürnberg am 23.03.2017.

Zur Verwertung und Beseitigung eingesetzter Bauabfälle in Bayern nach Abfallarten, Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München 2016.

Fachinformationen und Ansprechpartner

Weiterführende **Fachinformationen** der Obersten Baubehörde (OBB) und des Landesamtes für Umwelt (LfU) sind nachfolgend aufgeführt:

Regelwerke des Bauwesens, anerkannte Prüfstellen

Seitens der OBB werden Informationen über anerkannte Prüfstellen des Freistaates Bayern und über güteüberwachte Baustoffe zur Verfügung gestellt.

<https://www.stmi.bayern.de/vum/strasse/bauunterhalt/regelwerke/technischeregelwerke/index.php>

Umweltfachliche Regelwerke

Relevante Regelungen und Merkblätter für den Umgang mit Bauschutt bzw. zur Verwertung und Herstellung von RC-Baustoffen sind auf den Seiten des LfU verfügbar.

https://www.lfu.bayern.de/abfall/mineralische_abfaelle/bauscutt/index.htm

Arbeitshilfe für den Rückbau

Die LfU-Arbeitshilfe **Kontrollierter Rückbau Kontaminierte Bausubstanz Erkundung, Bewertung, Entsorgung** (Stand 2003, eine aktualisierte Fassung ist in Vorbereitung) liefert ausführliche Informationen zum Rückbau für Bauherren, Abbruchunternehmer, Transporteure und Entsorger. Zudem werden Empfehlungen für die Erkennung und Entsorgung von Schadstoffen dargestellt.

https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebauderueckbau/index.htm

UmweltAtlas Bayern

Das LfU hält mit dem UmweltAtlas Bayern unterschiedliche raum- und ortsbezogene Umweltdaten bereit. Für den Einsatz von RC-Baustoffen sind detaillierte Informationen über Wasserschutzgebiete, Grundwasserstände und Karstgebiete wichtig, da in diesen Gebieten der Einsatz von RC-Baustoffen ausgeschlossen ist.

<https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/kartendienste/umweltatlas/index.htm>

<https://www.lfu.bayern.de/wasser/trinkwasserschutzgebiete/index.htm>

<https://www.lfu.bayern.de/wasser/ben/karst/index.htm>

Nachfolgend aufgelistete **Institutionen** unterstützen Sie gerne bei Fragen zum Einsatz von RC-Baustoffen:

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

Referat 78 Produktverantwortung, Wertstoffrückgewinnung
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
<http://www.stmuv.bayern.de>
<http://www.rc-baustoffe.bayern.de>

abfallverwertung@stmuv.bayern.de

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr

Sachgebiet IIB9 und Sachgebiet IID9
Franz-Josef-Strauß-Ring 4
80539 München
<https://www.stmi.bayern.de>

Baustoff Recycling Bayern e.V.

Leopoldstraße 244
80807 München
Tel. 089 / 20 80 39 – 414
<http://www.baustoffrecycling-bayern.de>
info@baustoffrecycling-bayern.de

Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Senftenberg

Arbeitsgebiet Bauliches Recycling
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke
Siemens-Halske-Ring 8
03046 Cottbus
Tel. 03 55 / 69 22 70
<https://www.b-tu.de/ag-baurecycling>
mettke@b-tu.de

Auf die Sicherheit und Qualität von Recycling-Baustoffen kann man bauen.

Bayern.
Die Zukunft.

Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München (StMUV)

Internet: www.stmuv.bayern.de

E-Mail: poststelle@stmuv.bayern.de

Gestaltung: BTU Cottbus – Senftenberg, AG Bauliches Recycling, Cottbus

Autoren:

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke, Steffen Jacob M.Sc.
BTU Cottbus – Senftenberg, AG Bauliches Recycling, Cottbus

Dr. Michael Meetz
uve GmbH für Managementberatung, Berlin

Druck: StMUV, Rosenkavalierplatz 2, 81925 München

Bildnachweis: Abbildungen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31:
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke

Abbildung 7: Joachim Lorenz

Abbildung 8: Landkreis Neustadt a. d. Aisch

Abbildungen 9, 18, 19, 20, 21: Servicebetrieb Öffentlicher Raum

Abbildung 11: Dipl.-Betriebswirt Steffen Krüger

Abbildungen 15, 16, 17, 27: Ettengruber GmbH Abbruch und Tiefbau

Abbildung 22: balda architekten GmbH

Stand: November 2017

© StMUV, alle Rechte vorbehalten

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird die Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.