

Ernst-Ulrich Hiersche  
Thomas Wörner

# Alternative Baustoffe im Bauwesen

Umweltverträglichkeit,  
Bautechnik, Anlagentechnik und  
Wirtschaftlichkeit



Verlag für Architektur  
und technische Wissenschaften  
Berlin

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                 |          |
|----------|-----------------------------------------------------------------|----------|
| <b>0</b> | <b>Grundlagen</b>                                               | <b>1</b> |
| 0.1      | Definitionen                                                    | 1        |
| 0.1.1    | Bauwerke                                                        |          |
| 0.1.1.1  | Landverkehrswege                                                | 1        |
| 0.1.1.2  | Tiefbau                                                         | 1        |
| 0.1.1.3  | Hochbau                                                         | 2        |
| 0.1.2    | Bau und Erhaltung                                               | 2        |
| 0.1.3    | Baustoff, Stoffgruppe und Baustoffgemisch                       | 3        |
| 0.1.4    | Konventionelle Baustoffe                                        | 3        |
| 0.1.5    | Alternative Baustoffe                                           | 4        |
| 0.1.5.1  | Wiederverwendbare Baustoffe                                     | 4        |
| 0.1.5.2  | Industrielle Nebenprodukte                                      | 5        |
| 0.1.5.3  | Weniger hochwertige natürliche Baustoffe                        | 6        |
| 0.2      | Bisherige Entwicklung des Baustoff-Recyclings                   | 6        |
| 0.2.1    | Allgemein Geschichtliches                                       | 6        |
| 0.2.2    | Grundlagen, Gesetze                                             | 13       |
| 0.2.3    | Entwicklung der Deponien                                        | 13       |
| 0.2.4    | Vertragsrecht, Vergabewesen                                     | 13       |
| 0.2.5    | Verbände                                                        | 14       |
| 0.2.6    | Hinweise, Merkblätter, Richtlinien, Vorschriften                | 14       |
| 0.2.7    | Asphaltrecycling                                                | 15       |
| 0.2.8    | Baustoff-Recycling                                              | 16       |
| 0.2.8.1  | Aufbereitungstechnik                                            | 16       |
| 0.2.8.2  | Einsatzmöglichkeiten                                            | 16       |
| 0.2.9    | Besonderheiten des Recyclings im Hochbau                        | 17       |
| 0.3      | Aufkommen an alternativen Baustoffen                            | 17       |
| 0.4      | Voraussetzungen für den Einsatz                                 | 25       |
| 0.4.1    | Systematik der Qualitätssicherung und erforderliche Erweiterung | 25       |
| 0.4.2    | Grundsätzliche Vorgehensweise                                   | 26       |
| 0.5      | Allgemeine Forderungen für den Einsatz alternativer Baustoffe   | 28       |
| 0.6      | Einsatzmöglichkeiten                                            | 29       |
| 0.6.1    | Generelle Einsatzmöglichkeiten                                  | 29       |
| 0.6.2    | Einsatzmöglichkeiten bestimmter alternativer Baustoffe          | 31       |
| 0.6.2.1  | Wiederverwendung von Baustoffen                                 | 31       |
| 0.6.2.2  | Müllverbrennungsaschen                                          | 33       |
| 0.6.2.3  | Nebengestein der Steinkohle                                     | 34       |

|           |                                                                                                 |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 0.6.2.4   | Schmelzkammergranulat . . . . .                                                                 | 35        |
| 0.6.2.5   | Flugaschen . . . . .                                                                            | 35        |
| 0.6.2.6   | Eisenhüttenschlacken, Hochofenschlacken, Stahlwerkschlacken . . .                               | 35        |
| 0.6.2.7   | Elektroofenschlacke, Schlackengranulat . . . . .                                                | 37        |
| 0.6.2.8   | Reststoffe aus Kohlekraftwerken (REA-Gips) . . . . .                                            | 37        |
| 0.6.2.9   | Elektrofilteraschen . . . . .                                                                   | 38        |
| 0.6.2.10  | Flotationsrückstände . . . . .                                                                  | 38        |
| 0.6.2.11  | Gießereisande, Strahlsande, Überschußsande . . . . .                                            | 38        |
| 0.6.2.12  | Hafenschlick . . . . .                                                                          | 39        |
| 0.6.2.13  | Rotschlamm . . . . .                                                                            | 40        |
| 0.6.2.14  | Karbokalk . . . . .                                                                             | 40        |
| 0.6.2.15  | Altglas . . . . .                                                                               | 40        |
| 0.6.2.16  | Altreifen, Gummirückstände . . . . .                                                            | 41        |
| 0.6.2.17  | Sägespäne . . . . .                                                                             | 42        |
| 0.6.2.18  | Textilschnitzel . . . . .                                                                       | 42        |
| 0.6.2.19  | Kunststoffabfälle . . . . .                                                                     | 43        |
| 0.7       | Literaturverzeichnis . . . . .                                                                  | 43        |
| <b>I</b>  | <b>Umweltverträglichkeit alternativer Baustoffe . . . . .</b>                                   | <b>49</b> |
| I.1       | Rechtliche und vertragstechnische Grundlagen zur<br>Prüfung der Umweltverträglichkeit . . . . . | 49        |
| I.2       | Prüfverfahren zur Umweltverträglichkeit . . . . .                                               | 52        |
| I.2.1     | Relevante Parameter . . . . .                                                                   | 52        |
| I.2.2     | Prüfverfahren für Einzelparameter . . . . .                                                     | 54        |
| I.2.3     | Auslaugversuche . . . . .                                                                       | 56        |
| I.2.3.1   | Beschreibung der Verfahren . . . . .                                                            | 57        |
| I.2.3.2   | Einflußfaktoren . . . . .                                                                       | 59        |
| I.2.3.2.1 | Einfluß der Korngröße . . . . .                                                                 | 59        |
| I.2.3.2.2 | Einfluß der Elutionsflüssigkeit . . . . .                                                       | 62        |
| I.2.3.2.3 | Einfluß des Elutionsverfahrens . . . . .                                                        | 64        |
| I.3       | Nachweis der Umweltverträglichkeit von alternativen Baustoffen . .                              | 73        |
| I.3.1     | Allgemeine Vorgehensweise . . . . .                                                             | 73        |
| I.3.2     | Beurteilung der Analyseergebnisse . . . . .                                                     | 77        |
| I.3.2.1   | Einteilung in Umweltverträglichkeitsgruppen . . . . .                                           | 77        |
| I.3.2.2   | Grenz- bzw. Richtwerte für alternative Baustoffe . . . . .                                      | 78        |
| I.3.3     | Beurteilung untersuchter alternativer Baustoffe . . . . .                                       | 85        |
| I.4       | Möglichkeiten der Modifizierung . . . . .                                                       | 91        |
| I.4.1     | Allgemeine Anmerkungen . . . . .                                                                | 91        |
| I.4.2     | Modifizierung des Baustoffes . . . . .                                                          | 92        |
| I.4.3     | Wahl einer umweltverträglichen Bauweise . . . . .                                               | 94        |
| I.4.4     | Überprüfung des Erfolges der Modifizierungsmaßnahmen . . . . .                                  | 96        |
| I.5       | Zusammenfassung . . . . .                                                                       | 100       |
| I.6       | Literaturverzeichnis . . . . .                                                                  | 103       |

|            |                                                            |     |
|------------|------------------------------------------------------------|-----|
| <b>II.</b> | <b>Bautechnik</b>                                          | 109 |
| II.1       | Erfüllbarkeit der technischen Anforderungen                | 109 |
| II.1.1     | Allgemeine Anforderungen                                   | 109 |
| II.1.2     | Prüfungen für die Gütesicherung                            | 113 |
| II.1.2.1   | Gewinnungsstätte und Aufbereitung                          | 113 |
| II.1.2.2   | Gesteinskundliche Merkmale                                 | 113 |
| II.1.2.3   | Widerstand gegen Verwitterung                              | 120 |
| II.1.2.3.1 | Begriffe                                                   | 120 |
| II.1.2.3.2 | Allgemeine Erhebungen und gesteinskundliche Untersuchungen | 120 |
| II.1.2.3.3 | Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck                      | 120 |
| II.1.2.3.4 | Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel                         | 122 |
| II.1.2.3.5 | Prüfungen zur Raumbeständigkeit                            | 125 |
| II.1.2.4   | Widerstandsfähigkeit gegen Schlag                          | 126 |
| II.1.2.5   | Korn-/Stückgrößenverteilung                                | 129 |
| II.1.2.6   | Kornform                                                   | 131 |
| II.1.2.7   | Bruchflächigkeit                                           | 131 |
| II.1.2.8   | Schüttdichte                                               | 131 |
| II.1.2.9   | Reinheit und schädliche Bestandteile                       | 131 |
| II.1.2.10  | Affinität zu bituminösen Bindemitteln                      | 133 |
| II.1.2.11  | Erweiterung der RG Min – StB 83                            | 133 |
| II.2       | Prüfumfang                                                 | 134 |
| II.3       | Anwendungsbezogene Prüfungen                               | 140 |
| II.3.1     | Allgemeine Anmerkungen                                     | 140 |
| II.3.2     | Untersuchungen zum Zeit-Setzungs-Verhalten                 | 140 |
| II.3.3     | Untersuchungen zur Tragfähigkeit – CBR-Versuche            | 144 |
| II.4       | Möglichkeit der Modifizierung                              | 149 |
| II.4.1     | Allgemeine Anmerkungen                                     | 149 |
| II.4.2     | Modifizierung des alternativen Baustoffes                  | 149 |
| II.4.3     | Modifizierung der Bauweise                                 | 151 |
| II.5       | Wiederverwendung von Asphalt                               | 152 |
| II.5.1     | Allgemeine Anmerkungen                                     | 152 |
| II.5.1.1   | Wiederverwendung an Ort und Stelle                         | 154 |
| II.5.1.2   | Wiederverwendung an anderer Stelle                         | 154 |
| II.5.2     | Erfahrungen                                                | 156 |
| II.5.3     | Neue Bauweisen                                             | 157 |
| II.6       | Zusammenfassung                                            | 158 |
| II.7       | Literaturverzeichnis                                       | 162 |

|            |                                                                                               |     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>III</b> | <b>Anlagentechnik</b>                                                                         | 167 |
| III.1      | Allgemeine Anmerkungen                                                                        | 167 |
| III.2      | Rechtliche Gesichtspunkte                                                                     | 167 |
| III.3      | Anlagen zur Aufbereitung alternativer Baustoffe                                               | 169 |
| III.3.1    | Anlagentypen                                                                                  | 169 |
| III.3.2    | Grundausrüstung von Aufbereitungsanlagen                                                      | 170 |
| III.3.2.1  | Aufgabevorrichtung                                                                            | 170 |
| III.3.2.2  | Brechereinheit                                                                                | 172 |
| III.3.2.3  | Nachsiebung                                                                                   | 174 |
| III.3.2.4  | Materialfluß einer Aufbereitungsanlage mit Grundausrüstung                                    | 175 |
| III.3.3    | Erweiterung der Grundausrüstung                                                               | 176 |
| III.3.3.1  | Erweiterung auf zweistufiges Brechen                                                          | 176 |
| III.3.3.2  | Abtrennung schädlicher Bestandteile                                                           | 177 |
| III.3.3.3  | Erweiterung der Nachsiebung                                                                   | 180 |
| III.3.3.4  | Erweiterungen unter Umweltgesichtspunkten                                                     | 181 |
| III.3.4    | Übersicht über verfügbare Aufbereitungsanlagen                                                | 182 |
| III.4      | Lagerung und Behandlung der alternativen Baustoffe                                            | 184 |
| III.5      | Anlagen zur Wiederverwendung von Asphalt                                                      | 186 |
| III.5.1    | Allgemeine Anmerkungen                                                                        | 186 |
| III.5.2    | Geräte zur Gewinnung von Ausbauasphalt                                                        | 189 |
| III.5.3    | Wiederverwendung an Ort und Stelle                                                            | 191 |
| III.5.4    | Wiederverwendung an anderen Stellen                                                           | 194 |
| III.6      | Zusammenfassung                                                                               | 197 |
| III.7      | Literaturverzeichnis                                                                          | 200 |
| <b>IV</b>  | <b>Wirtschaftlichkeit</b>                                                                     | 203 |
| IV.1       | Betriebswirtschaftliche Untersuchung der Aufbereitung alternativer Baustoffe                  | 203 |
| IV.1.1     | Allgemeine Anmerkungen                                                                        | 203 |
| IV.1.2     | Wahl der zu untersuchenden Aufbereitungsanlagen                                               | 204 |
| IV.1.3     | Einzubeziehende Kostenkomponenten                                                             | 211 |
| IV.1.4     | Berechnung und Analyse der Aufbereitungskosten                                                | 214 |
| IV.2       | Modellhafte Ermittlung des Aufkommens alternativer Baustoffe                                  | 223 |
| IV.2.1     | Ermittlung des Aufkommens aus dem Hochbau                                                     | 223 |
| IV.2.2     | Ermittlung des Aufkommens aus den Landverkehrswegen und dem Tiefbau                           | 225 |
| IV.2.2.1   | Allgemeine Anmerkungen                                                                        | 225 |
| IV.2.2.2   | Bestimmung der Straßennetzdichte                                                              | 226 |
| IV.2.2.3   | Bestimmung der durchschnittlichen Straßenbreiten                                              | 227 |
| IV.2.2.4   | Berechnung der flächenspezifischen Straßenflächen                                             | 227 |
| IV.2.2.5   | Festlegung von Erhaltungsmodellen                                                             | 229 |
| IV.2.2.6   | Bestimmung des Aufkommens an wiederverwendbaren Baustoffen aus dem klassifizierten Straßenbau | 231 |

|                                       |                                                                                                                              |            |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| IV.3                                  | Wirtschaftlichkeit bei Verwendung<br>alternativer Baustoffe im Straßenbau . . . . .                                          | 233        |
| IV.3.1                                | Allgemeine Anmerkungen . . . . .                                                                                             | 233        |
| IV.3.2                                | Vorgehensweise . . . . .                                                                                                     | 235        |
| IV.3.3                                | Darstellung der derzeitigen Situation in der Region<br>Mittlerer Oberrhein . . . . .                                         | 238        |
| IV.3.3.1                              | Gewinnungsstätten konventioneller Baustoffe . . . . .                                                                        | 238        |
| IV.3.3.2                              | Asphaltemischanlagen . . . . .                                                                                               | 241        |
| IV.3.3.3                              | Aufbereitungsanlagen für Bauschutt und Straßenaufbruch . . . . .                                                             | 243        |
| IV.3.3.4                              | Deponien . . . . .                                                                                                           | 248        |
| IV.3.4                                | Anfall an Bauschutt und Straßenaufbruch an den<br>bestehenden Deponien der Region Mittlerer Oberrhein . . . . .              | 248        |
| IV.3.5                                | Anfall an Bauschutt und Straßenaufbruch an den<br>bestehenden Aufbereitungsanlagen der Region Mittlerer Oberrhein . . . . .  | 251        |
| IV.3.5.1                              | Allgemeine Anmerkungen . . . . .                                                                                             | 251        |
| IV.3.5.2                              | Mengenmäßiger Anfall . . . . .                                                                                               | 252        |
| IV.3.6                                | Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung von Bauschutt und<br>Straßenaufbruch sowie Möglichkeiten zu deren Verbesserung . . . . . | 257        |
| IV.3.6.1                              | Betriebswirtschaftliche Betrachtung . . . . .                                                                                | 257        |
| IV.3.6.2                              | Gesamtwirtschaftliche Betrachtung . . . . .                                                                                  | 262        |
| IV.4                                  | Zusammenfassung . . . . .                                                                                                    | 267        |
| IV.5                                  | Literaturverzeichnis . . . . .                                                                                               | 269        |
| <b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b> |                                                                                                                              | <b>271</b> |