

INHALTSVERZEICHNIS

1	Ziele	1
1.1	Internationale Entwicklungen.....	1
1.2	Europäische Entwicklungen	1
1.3	Österreichische Ziele	2
1.4	Zukünftige Ziele	3
2	Begriffsbestimmungen und Abkürzungen	4
2.1	Begriffsbestimmungen	4
2.2	Abkürzungen	5
3	Baustoff Beton	6
3.1	Status quo und Rahmenbedingungen	6
3.1.1	Allgemeines	6
3.1.2	Die österreichische Zementindustrie und deren CO ₂ -Roadmap 2050.....	11
3.1.3	Normung/Regelwerke/gesetzliche Vorgaben.....	13
3.1.4	Technische Lebensdauer von Baustoffen und Bauwerken.....	15
3.2	Bindemittel	16
3.2.1	Allgemeines	16
3.2.2	Zement („Zementklinker“, „Portlandzement“)	18
3.2.3	Betonzusatzstoffe	19
3.2.4	Alternative Bindemittel: Calcium-Sulfoaluminat-Zement.....	22
3.2.5	Umweltverträglichkeit von Bindemitteln bzw. Beton – Freisetzung von Spurenelementen	23
3.3	Betonzusatzmittel	24
3.3.1	Allgemeines	24
3.3.2	Arten und Wirkungsweise.....	24
3.3.3	THG-Potenzial und Umwelteinwirkung	25
3.4	Gesteinskörnung.....	26
3.4.1	Allgemeines	26
3.4.2	Ressourcenschonung durch Rezyklierung	27
3.4.3	Angebot an rezyklierter Gesteinskörnung.....	27
3.4.4	Einfluss rezyklierter Gesteinskörnung auf die Betoneigenschaften.....	28
3.4.5	Anwendung rezyklierter Gesteinskörnung.....	28
3.4.6	Herausforderungen bei der Verwendung von rezyklierter Gesteinskörnung	29
3.4.7	Umwelteinwirkung durch den Rezyklierungsprozess.....	30
3.5	Betonherstellung, Transport und Einbau	31
3.5.1	Allgemeines	31
3.5.2	Betonherstellung	31

3.5.3	Transport und Einbau von Frischbeton	32
3.5.4	Nachbehandlung.....	33
3.6	Nachhaltiger und ressourceneffizienter Beton.....	34
3.6.1	Allgemeines	34
3.6.2	Mischungsentwicklung	35
3.6.3	Eigenschaften von nachhaltigem und ressourceneffizientem Beton.....	36
3.6.4	Ökobilanzierung und Umweltwirkung von Beton	37
3.7	CO ₂ -Capture and Storage sowie CO ₂ -Weiterverwendung	38
3.8	Dauerhaftigkeit von Beton	39
3.8.1	Allgemeines	39
3.8.2	Gewährleistung der Lebensdauer und Schädigungsprozesse.....	39
3.9	Aktuelle Forschungs- und Pilotprojekte	41
3.9.1	Breakthrough-Technologie am Standort Österreich (C2PAT).....	41
3.9.2	Zementreduzierter Beton: Wannentbauwerk ASFINAG S7 Rudersdorf West.....	42
3.9.3	VIF2012-Projekt „ERESCON: Neue energie- und ressourcenoptimierte Betone für den Infrastrukturbereich“	43
3.9.4	Eco-Beton der ÖBB [ERESCON III]	43
3.9.5	Öko ² Beton.....	44
3.9.6	OptiNB - Optimale Nachbehandlung für verbesserte Qualität bei der Bauausführung	44
3.9.7	DaBeFoNa - Dauerhafte Betone mit besonderem Fokus auf die Nachbehandlung	44
3.9.8	ÖBV-FFG-Projekt „Entwicklung neuer dauerhafter und nachhaltiger Spritzbetone“ ...	45
3.9.9	ÖBV-FFG-Projekt „Korrosionsschutz der Stahlbewehrung von Beton, hergestellt mit klinker-reduzierten Bindemitteln“	45
3.9.10	Berechnungsprogramm für Betondecken im Straßenbau (zukünftiges Zuschlagskriterium der ASFINAG).....	46
4	Stahl zur Bewehrung und Vorspannung	46
4.1	Allgemeines.....	46
4.2	Ökobilanz von Bewehrungs- und Spannstahl.....	46
4.3	Aktuelle Forschungs- und Pilotprojekte	48
4.3.1	Formgedächtnislegierungen	48
4.3.2	Wasserstoff-Elektrolyse-Verfahren für die Stahlherstellung	49
5	Baustoff Asphalt	49
5.1	Status quo und Rahmenbedingungen	49
5.1.1	Allgemeines	49
5.1.2	Normung, Regelwerke und gesetzliche Vorgaben.....	50
5.1.3	Standardlebenszyklus für einen Straßenoberbau in Asphaltbauweise	52
5.2	Gesteinskörnungen	52
5.2.1	Allgemeines	52
5.2.2	Nachhaltigkeitspotentiale.....	53

5.3	Zusätze und Füller	53
5.3.1	Allgemeines	53
5.3.2	Nachhaltigkeitspotentiale	54
5.4	Bitumen	54
5.4.1	Allgemeines	54
5.4.2	Herstellung	55
5.4.3	Bitumentypen	55
5.4.4	Lebenszyklusinventar für Bitumen (LCI – Life Cycle Inventory)	57
5.4.5	Rohölförderung	58
5.4.6	Transport	58
5.4.7	Raffinerieverarbeitung	58
5.4.8	Lagerung	58
5.4.9	Bitumentransport in Österreich	60
5.5	Recycling-Asphalt	61
5.6	Ressourcenschonung durch Rezyklierung	62
5.7	Asphaltherstellung	63
5.7.1	Aufbau einer Asphaltmischanlage	63
5.7.2	Asphaltherstellung	64
5.7.3	Entwicklung von Rezepten	65
5.8	Transport und Einbau	67
5.9	Pilot- und Forschungsprojekte	68
5.9.1	CEDR Forschung	68
5.9.2	D-A-CH Forschung	68
5.10	Entwicklungen von 1990 bis 2020	69
5.10.1	Historische Entwicklung der Asphaltmischgüter ab 1990	69
5.10.2	Umstellung der Energieträger in der Produktion von Asphalt	69
5.10.3	Anteil RC-Material von 1990-2020	70
5.10.4	Asphaltproduktionszahlen von 2007 bis 2020	71
5.11	Nachhaltigkeitspotentiale	71
5.11.1	Überdachungen	71
5.11.2	Niedertemperaturasphalt	72
6	Baustoffrecycling	73
6.1	Status quo und Rahmenbedingungen	73
6.1.1	Allgemeines	73
6.1.2	Normung, Regelwerke und gesetzliche Vorgaben	74
6.2	Abfallaufkommen nach Abfallgruppen	76
6.3	Recycling und Verwertung von Bodenaushub	78
6.3.1	Ausgangssituation	78

6.3.2	Aktuelle Praxis	78
6.3.3	Bodenaushubmaterialien	78
6.3.4	Hemmnisse zur effizienten Wiederverwendung von Bodenaushub.....	79
6.3.5	Mögliche Lösungsansätze	80
6.3.6	Beispiele einer Kreislaufwirtschaft beim Tunnelausbruch	81
6.3.7	Ausbau- und Recyclingasphalt.....	82
6.3.8	Beton	82
6.3.9	Beispiele der ÖBB Infrastruktur AG für eisenbahnspezifische Komponenten.....	82
6.4	Abfallchemische Voruntersuchungen.....	83
6.5	Zwischenlagerung.....	84
6.6	Zuschlagskriterien	85
6.7	Forschungs- und Pilotprojekte.....	86
6.7.1	ÖBV-FFG-Projekt „Recycling von Tunnelausbruchmaterial“	86
7	Bauteile und Bauwerke.....	91
7.1	Status quo und Rahmenbedingungen	91
7.2	Baustoffe, Bauteile und Bausysteme	94
7.2.1	Verfügbarkeit von Baustoffen und Materialien	94
7.2.2	Herstellungs- und Recyclingprozesse sowie Wertschöpfungsketten	94
7.2.3	Qualitätssicherung und Integrationsprüfung von Bauteilen/Baustoffen	95
7.3	Ökologische Bewertungen entlang der Lebensphasen	96
7.4	Nachhaltigkeitsmanagement durch optimierte Lebenszyklen	96
7.5	Einfluss der Baustoffwahl	97
7.6	Einfluss der Konstruktionsart	98
7.6.1	Allgemeines	98
7.6.2	Beispiele.....	98
7.7	Probabilistische Berechnungen - Strategien zur Lebensdauerverlängerung.....	102
7.7.1	Allgemeines	102
7.7.2	Beispiele einer verlängerten Nutzungsdauer durch Nachrechnung	102
7.8	Funktionalität und zukünftige Nutzungsanforderungen	103
7.9	Bereitstellung von Infrastrukturen und deren Zuständigkeiten	104
7.10	Instandhaltungsstrategie	106
7.10.1	Allgemeines	106
7.10.2	Erfahrungen von Infrastrukturbetreibern in Österreich.....	106
7.11	Finanzierung.....	108
7.11.1	Allgemeines	108
7.11.2	Investitionsrückstau.....	109
7.11.3	Rahmenprogramm zum Investitionsbedarf von drei Infrastrukturbetreibern in Österreich	109

7.12	Aktuelle Forschungs- und Pilotprojekte	112
8	Baulogistik und Transport	114
8.1	Allgemeines	114
8.2	Baustelleneinrichtung	115
8.3	Baustellentransporte	115
8.3.1	Nachhaltigkeitsaspekte beim Baustellenverkehr und der Baustellenlogistik	115
8.3.2	Vergleich verschiedener Transportmethoden mit Dumperförderung und Förderband	116
8.3.3	Verbesserung der Ökobilanz durch regionale Transportkreisläufe	118
8.4	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen im Transportsektor (1990-2015).....	118
8.5	Aktuelle Forschungs- und Pilotprojekte	120
8.5.1	Verfügbarkeit und Technologie von Transportfahrzeugen	120
8.5.2	ÖBV-FFG Projekt „Betriebsstoffverbrauch von Baumaschinen als Faktor einer ökoeffizienten Bauprozessoptimierung“ [121]	121
8.5.3	Forschungsprojekt „Die CO ₂ neutrale Baustelle“	124
9	Bemessung der Klimaverträglichkeit basierend auf Ökobilanzierungen.....	125
9.1	Grundlagen	125
9.2	Methode der Ökobilanzierung	126
9.2.1	Ziel von Ökobilanzstudien	126
9.2.2	Untersuchungsrahmen von Ökobilanzstudien.....	126
9.2.3	Sachbilanz	128
9.2.4	Wirkungsabschätzung	128
9.2.5	Auswertung	129
9.3	Beispiele der Ökobilanzierung in der ÖBB-Infrastruktur AG.....	129
9.3.1	Ökobilanz: Wildtierbrücke als Freiformschale	130
9.3.2	Carbon Footprint: Unterschiedliche Ausführungen von Bodenverbesserungen für die Herstellung des Oberbaus	130
9.3.3	Carbon Footprint: Auflassung von Eisenbahnkreuzungen.....	131
9.3.4	Ökobilanz: Elektrifizierung von Bahnstrecken	132
9.3.5	Carbon Footprint: Technologische Weiterentwicklung des Düsenstrahlverfahrens zur Bodenstabilisierung.....	133
9.3.6	Carbon Footprint: Transport von Lärmschutzwänden	133
9.3.7	Vorstudie Carbon Footprint: Bau der Brennerstrecke Kufstein – Brenner	134
9.3.8	Abschätzung Umweltwirkung Klimaänderung: Vergleich von Ausführungsvarianten beim Güterzentrum Wien Süd.....	135
9.3.9	Ökobilanz: Ökologische Nachhaltigkeit von Großmaschinen bei Ober- und Unterbausanierungen von Bahntrassen	136
10	Normung und Zertifizierung	137
10.1	Normung zu „Nachhaltigkeit im Tiefbau“	137
10.1.1	ISO/TC 207 „Umweltmanagement“	137

10.1.2	ISO/TC 59/SC 17 „Nachhaltigkeit von Gebäuden und Ingenieurbauwerken“	137
10.1.3	CEN/TC 350 „Nachhaltigkeit von Bauwerken“	138
10.1.4	Europäische Normen für Produktkategorieregeln (PKR) von Bauproduktgruppen.....	139
10.1.5	Austrian Standard Institute/ Komitee 271 „Nachhaltigkeit von Bauwerken“.....	140
10.2	Zertifizierungen und Ökobilanzierungen mit Relevanz für „Nachhaltigkeit im Tiefbau“	141
10.2.1	Bauprodukt-Ebene.....	141
10.2.2	Zertifizierung und Bewertung von Tiefbauprojekten und Ingenieurbauwerken.....	148
11	Gesetze und Bestimmungen, Normen, Richtlinien und Literatur.....	151
11.1.1	Gesetze und Bestimmungen.....	151
11.1.2	Normen.....	152
11.1.3	Richtlinien.....	155
11.1.4	Literatur.....	156
ANHANG 1	Kurzfassung Baustoff Beton	167
ANHANG 2	Kurzfassung Baustoff Bewehrungsstahl	168
ANHANG 3	Kurzfassung Baustoff Asphalt	169
ANHANG 4	Kurzfassung Baustoffrecycling.....	170
ANHANG 5	Kurzfassung Bauteile und Bauwerke	171
ANHANG 6	Kurzfassung Baulogistik und Transport.....	173
ANHANG 7	Kurzfassung Bemessung der Klimaverträglichkeit basierend auf Ökobilanzierungen	174
ANHANG 8	Kurzfassung Normung und Zertifizierung	174
ANHANG 9	ERKENNTNISSE	176