

Inhalt

Vorwort	XIII
1 Geschichte der Sprengstoffe	1
2 Explosivstoffe für zivile Zwecke	3
2.1 Technische Terminologie	3
2.2 Definition von Sprengstoffen und Sprengzubehör	8
2.3 Eigenschaften von Sprengstoffen	9
2.4 Sicherheitstechnische Anforderungen an Sprengstoffe	9
2.5 Umsetzungsarten der Sprengstoffe	10
2.5.1 Abbrand von Sprengstoffen	10
2.5.2 Deflagration von Sprengstoffen	11
2.5.3 Detonation von Sprengstoffen	11
2.6 Einteilung der gewerblichen Sprengstoffe	12
2.7 Zulassung von gewerblichen Sprengstoffen	13
2.8 Umweltrelevanz von Sprengstoffen	14
2.8.1 Relevanz von Sprengrückständen	15
2.8.2 Einsatz von nichtexplosiven Expansionsmitteln	16
3 Typen von Sprengstoffen	17
3.1 Einteilung der gewerblichen Sprengstoffe	18
3.2 Pulversprengstoffe	18
3.3 Pulverförmige Sprengstoffe	19
3.4 Sprengöhlhaltige Sprengstoffe	19
3.5 Gelatinöse Sprengstoffe	19
3.6 Wasserhaltige Sprengstoffe	20
3.7 ANC-Sprengstoffe (ANFO)	20
3.8 Emulsionssprengstoffe	21

3.8.1	Aufbau von Emulsionssprengstoffen	22
3.8.2	Sensibilisierung	22
3.8.3	Mischungen von ANFO und Emulsion	22
3.8.4	Heavy ANFO	22
3.8.5	Pumpfähige Emulsion Blends (Mischungen)	23
3.8.6	Sprengstoffmatrix	23
4	Detonative Umsetzung von Sprengstoffen	25
4.1	Zermalmungszone	27
4.2	Risszone	27
4.3	Erschütterungszone	28
4.4	Gasphase	28
4.5	Sprengenergieübertragung	29
5	Gebirge und Sprengen	31
5.1	Gebirge und Gestein	31
5.1.1	Begriffe und Definitionen	32
5.1.2	Gebirgseigenschaften	34
5.2	Wirtschaftliche Bedeutung der Sprengarbeit	36
5.2.1	Aufgaben der Sprengarbeit	38
5.2.2	Beurteilung der Bohr- und Sprengarbeit	38
5.2.3	Bohrgenauigkeit	39
6	Zündmittel	43
6.1	Allgemeines zur Zündung	43
6.2	Elektrische Zündung	44
6.2.1	Einteilung der elektrischen Zünder	46
6.2.2	Elektrische Zeitzünder	46
6.2.3	Belastbarkeit vs. Funktionssicherheit von Sprengzündern	49
6.2.4	Einwirkung von Hochfrequenzenergien (Sender)	49
6.3	Nichtelektrische Zündung (nonel)	51
6.3.1	Nichtelektrische Zeitzünder	51
6.3.2	Einsatzbereiche	52
6.4	Elektronische Zündung	52
6.4.1	Zündgenauigkeit	53
6.4.2	Einsatzbereiche	53
6.5	Zündung mit Sicherheitsanzündschnur	54

6.6	Zündung mit Sprengschnur	55
6.6.1	Einsatzbereiche	57
6.6.2	Sprengschnurverbindungen	57
6.6.3	Sprengschnurabzweigungen	57
6.7	Zündmittelentwicklungen	58
7	Umweltaspekte bei der Sprengarbeit	61
7.1	Sprengerschütterungen	61
7.1.1	Erschütterungswellen	63
7.1.1.1	Körperwellen	65
7.1.1.2	Oberflächenwellen	66
7.1.2	Ausbreitung von Sprengerschütterungen	66
7.1.3	Stärke der Sprengerschütterungen	67
7.1.4	Erschütterungsüberwachung	69
7.1.4.1	Ermittlung von Schwinggeschwindigkeiten	69
7.1.4.2	Prognoseverfahren für Erschütterungen	70
7.1.4.3	Zuverlässigkeit von Erschütterungsprognosen	70
7.1.4.4	Empirische Erschütterungsprognosen	71
7.1.4.5	Ermittlung nach dem Erschütterungszahl- verfahren	72
7.1.4.6	Ermittlung nach dem Scaled-Distance-Verfahren (Skalierter Abstand)	72
7.1.5	Art der Einwirkung	73
7.1.5.1	Einwirkungen auf Gebäude	73
7.1.5.2	Einwirkungen auf den Menschen	74
7.1.5.3	Bauwerksbezogene Wahrnehmungsstärke	77
7.1.5.4	Ermittlung des <i>KB</i> -Werts	78
7.2	Messtechnische Ermittlung von Schwinggeschwindigkeiten	80
8	Schallemission	85
8.1	Schallintensität und Schalldruck in Dezibel	86
8.2	Schalleinwirkungen beim Sprengen	89
8.3	Definition von Brechung und Reflexion	90
8.3.1	Brechung	91
8.3.2	Reflexion	91
8.4	Luftschallausbreitung	92
8.4.1	Einwirkung auf den Menschen	94

8.4.2	Luftdruck	95
8.4.2.1	Methoden zur Kontrolle	96
8.4.2.2	Ermittlung des Luftdrucks bei Wind	96
8.4.2.3	Ermittlung der Lademengenbegrenzung	97
8.4.2.4	Luftschallkontrollen	102
9	Sprengen im Naturwerksteinbruch und Baubetrieb	105
9.1	Sprengverfahren	105
9.2	Einzelsternsprengungen	107
9.2.1	Werksteingewinnung	107
9.2.2	Kesselsprengungen	108
9.2.3	Lassensprengungen	108
9.2.4	Schnüren	108
9.2.5	Knäppersprengung (Freistein)	109
9.2.6	Auflegersprengung	110
9.3	Sprenganlagen im Baugewerbe	111
9.3.1	Strossensprengungen für Anschnitte	112
9.3.2	Spaltsprengungen (Pre-Splitting)	114
9.3.3	Grabensprengungen	117
9.3.4	Baugrubensprengung	120
10	Abbruch von Bauwerken und Bauwerksteilen	123
10.1	Sprengtechnischer Abbruch	123
10.1.1	Sprengen von Bauwerken und Bauwerksteilen	124
10.1.2	Erschütterungsschutz beim Sprengabbruch	125
10.1.3	Vorausgehende Situationsbeurteilung	126
10.1.4	Abschätzung der Erschütterungsausbreitung	127
10.1.5	Stoßbelastungen des Baugrunds	127
10.1.6	Trümmerabsturz, fallende Massen	128
10.1.7	Aufprallerschütterungen	130
10.2	Ermittlung der Sprengparameter	131
10.2.1	Vorgabe l_W	131
10.2.1.1	Linienhafte Bauteile	132
10.2.1.2	Flächenhafte Bauteile	132
10.2.2	Bohrlochrillenabstand a_R	133
10.2.3	Bohrlochlänge l_B	133
10.2.4	Lademenge L	133

10.2.5	Ladungsanordnungen	134
10.2.6	Fallrichtungssprengung	137
11	Sprengen in der Land- und Forstwirtschaft	143
11.1	Bodenlockerungssprengungen im Forst	143
11.2	Holzsprengungen	147
11.2.1	Bohrlochladungen	148
11.2.2	Kantholzsprengungen	149
11.2.3	Rundholzsprengungen	149
11.2.4	Spalten bereits gerodeter Baumstubben	150
11.2.5	Zerkleinerung von Baumstubben	151
11.2.6	Zerkleinerung von Windbruchstubben	152
12	Sondersprengverfahren	155
12.1	Stahlsprengungen	155
12.1.1	Schneidladungen	155
12.1.2	Hohlladungen	156
12.1.3	Drahtseile	157
12.1.4	Profilstahl	158
12.1.4.1	Doppel-T-Profilstahl	159
12.1.4.2	T-Profilstahl	159
12.1.4.3	L-Profilstahl	160
12.1.5	Stahlrohre	161
12.2	Unterwassersprengungen	164
12.3	Eissprengungen	167
13	Sprengen im Tagebau	173
13.1	Gewinnungssprengungen	173
13.1.1	Grad der Zerkleinerung	173
13.1.2	Korngrößenverteilung	174
13.1.3	Böschung	174
13.2	Prinzip des gebirgsschonenden Sprengens	176
13.3	Sprenganlagen für die Gewinnung	178
13.3.1	Festlegung von Bruchwandhöhe, Bohrlochabstand und Vorgabe	180
13.3.2	Großbohrlochsprengverfahren (Tiefbohrloch)	180
13.3.3	Bohrlochvermessung	181
13.3.4	Bruchwandhöhen	182

13.3.5	Abhängigkeit der Sprengparameter von der Umgebung	183
13.3.6	Spezifischer Sprengstoffverbrauch	184
13.3.7	Vorgabe und Seitenabstand	184
13.3.8	Bohrlochdurchmesser	185
13.3.9	Ausbruchsfläche und Massenvorgabe pro Bohrloch	185
13.3.10	Unterbohrung und Sohle	187
13.4	Grundlagen der Massenermittlung	188
13.5	Lademengen	193
13.5.1	Lademengen (Massenberechnung)	194
13.5.2	Berechnung für Reihensprengungen	196
13.5.3	Besatz (Verdämmung)	198
13.6	Gesteinszerkleinerung durch Stoßwelleneinfluss (Luftpuffer)	199
13.6.1	Stückigkeit bei konstantem Sprengstoffgewicht	203
13.6.2	Anwendung von Luftpuffern im Gewinnungsbetrieb	204
13.7	Einfluss der Zeitverzögerung	204
13.7.1	Festlegung der Zündfolge	206
13.7.2	Ort der Zündung	209
13.7.3	Zündung vom Bohrlochmund	210
13.7.4	Zündung im Bohrlochtieften	211
13.7.5	Redundante Zündung	212
13.7.6	Geteilte Ladesäule	213
14	Sprengen unter Tage	217
14.1	Abbau und Vortrieb	217
14.1.1	Bergmännischer Vortrieb, Tunnelbau	218
14.1.2	Bergmännische Abbauverfahren, unter Tage	218
14.1.3	Strossenabbau	219
14.1.4	Kammer-Pfeiler-Abbau	220
14.2	Sprengvortrieb	221
14.2.1	Vorgabe	222
14.2.2	Verspannung	222
14.3	Einbruch	223
14.3.1	Einbruchschüsse	223
14.3.2	Schrägeinbruch	224
14.3.2.1	Kegeleinbruch	224
14.3.2.2	Keileinbruch	226
14.3.2.3	Fächereinbruch	228

14.3.3	Paralleleinbruch	230
14.3.3.1	Brennereinbruch	230
14.3.3.2	Großbohrlocheinbruch	230
14.4	Sprengtechnische Parameter	233
14.4.1	Sprengstoff	234
14.4.2	Zündmittel	235
14.4.3	Abstimmung der Lademengen auf das Gebirge	236
14.4.4	Helferschüsse	237
14.4.5	Kranz-(Profil-)Schüsse	238
14.4.6	Abschlagtiefe	239
14.4.7	Abschlaglänge bei einer freien Ausbruchfläche	240
14.4.8	Bohrlochanzahl	241
14.4.9	Bohrlochdurchmesser	241
14.5	Sicherheitstechnische Aspekte	241
14.5.1	Besatz unter Tage	244
14.5.2	Zündfolge	245
14.5.3	Sprengschnüre	250
14.5.4	Laden vor Ende der Bohrarbeiten	250
14.6	Leitsprengbilder – Beispiele für unter Tage	251
15	Lagerung von Explosivstoffen	265
15.1	Grundsätzliches zur Lagerung von Sprengmitteln	265
15.2	Lagerort	267
15.3	Bauweise	267
15.4	Verträglichkeitsgruppen	268
15.5	Aufbewahrung gefährlicher Stoffe	269
15.6	Verantwortliche Personen	271
15.7	Schutz- und Sicherheitsabstände	272
15.8	Ausnahmeregelung	273
15.9	Begriffsbestimmungen für die Lagerung	276
15.10	Ausrichtung von Lagereingängen	278
16	Risikomanagement	281
16.1	Auswirkungs- und Sicherheitsanalyse	281
16.2	Abwehr von Gefahren	282
16.3	Sicherheitsbestimmungen	282
16.4	Einzuhaltende Regelwerke	283

16.5	Evaluierung (Gefährdungsanalyse)	283
16.6	Gefährdung und Belastung	284
16.7	Mit Sprengmitteln und Sprengarbeiten einhergehende Risiken	285
16.8	Gefährdungsbereich (Sprengbereich)	287
16.9	Gefährdung durch Steinflug	288
16.10	Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Sprengbereichs	289
16.11	Reduzierung von Sprengemissionen	290
16.12	Leitgedanken	290
17	Berechnungsbeispiele	293
17.1	Gebräuchliche Verfahren der Erschütterungsprognose	293
17.1.1	Abstandslademengenberechnungen	293
17.1.2	Koch'sche Formel	294
17.1.3	Scaled-Distance-Verfahren	295
17.1.4	Erschütterungszahlverfahren	297
17.2	Erschütterungsprognose für unterschiedliche Gesteine	298
17.3	Sprengtechnische Parameter	305
17.4	Bauwerksbezogene Wahrnehmungsstärke <i>KB</i>	305
17.5	Sprengerschütterungen und sensible Maschinen	306
17.6	Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen	309
	Formelverzeichnis	311
	Literaturverzeichnis	315
	Index	319