

Inhalt

1 Geologie der Kohlenwasserstoffe

(VON H. BECKMANN, D. BETZ, H.-G. BOCHMANN, E. BRADEL, F. BRINKMANN, C. FREYTAG, W. FRIEDRICH, A. GLINSKI, G.-J. GRALLA, G. GREINER, A. HAHN, W. v. HAMMERSTEIN, H. HUSMANN, H. JURGAN, J. KOCH, H. LEICHT, J. LEPPER, W. LILLIE, R. MÜHLFELD, W. PHILIPP, E. PLEIN, H. PORTH, K.-M. REINICKE, M. SCHOELL, H. SCHÖNEICH, R. W. SCHOOP, W. SCHOTT, L. SCHRÖDER, H. SCHWARZ, F. SPRINGER, W. STAHL, H. WEHNER & K. WERNER) 1

1.1 Einleitung (VON D. BETZ) 1

1.2 Exploration

(VON H. BECKMANN, H.-G. BOCHMANN, E. BRADEL, A. HAHN, H. HUSMANN, H. JURGAN, J. KOCH, J. LEPPER, R. MÜHLFELD, H. PORTH, M. SCHOELL, H. SCHÖNEICH, W. SCHOTT, L. SCHRÖDER, W. STAHL & H. WEHNER) 4

Einführung (VON W. SCHOTT) 4

1.2.1 Entstehung, Typen und Migration von Kohlenwasserstoffen (VON H. WEHNER & W. STAHL) 4

1.2.2 Geologische und geochemische Kohlenwasserstoff-Exploration 9

1.2.2.1 Satelliten- und Luftbildauswertung (VON R. MÜHLFELD) 9

1.2.2.2 Geländeaufnahme und Kartierung (VON H. PORTH & H. JURGAN) 11

1.2.2.3 **Organo-geochemische, isotopengeochemische und organo-petrographische Explorationsmethoden** (VON J. KOCH, M. SCHOELL, W. STAHL & H. WEHNER) 15

1.2.2.3.1 **Organo-geochemische Methoden** (VON H. WEHNER) 15

1.2.2.3.2 **Isotopengeochemische Methoden** (VON W. STAHL) 18

1.2.2.3.3 **Anwendungsbeispiele isotopengeochemischer Methoden** (VON M. SCHOELL) 20

1.2.2.3.4 **Organo-petrographische Methoden** (VON J. KOCH) 26

1.2.3 Geophysikalische Kohlenwasserstoff-Exploration 29

1.2.3.1 **Magnetik, Magnetotellurik, Gravimetrie** (VON A. HAHN) 29

1.2.3.1.1 **Magnetik** 29

1.2.3.1.2 **Magnetotellurik** 32

1.2.3.1.3 **Gravimetrie** 33

1.2.3.2 **Seismische Verfahren** (VON H.-G. BOCHMANN) 36

1.2.3.2.1 **Refraktionsseismik** 37

1.2.3.2.2 **Reflexionsseismik** 40

1.2.4 **Höffigkeitsbewertung** 58

1.2.4.1 **Geologische Höffigkeitsbewertung** (VON W. SCHOTT) 58

1.2.4.2 **Geochemische Höffigkeitsbewertung** (VON W. STAHL) 69

1.2.5 **Explorationsplanung** (VON W. SCHOTT) 70

1.2.6 **Bearbeitung von Erdöl- und Erdgasbohrungen** 78

1.2.6.1 **Klassifikation** (VON L. SCHRÖDER) 78

1.2.6.2 **Geologische Überwachung** (VON H. HUSMANN) 80

1.2.6.3 **Gasgehalts- und Spülmessungen** (VON H. BECKMANN) 91

1.2.6.4 **Bohrlochmessungen** (VON E. BRADEL) 97

1.2.7 **Auswertung und Dokumentation von Erdöl- und Erdgasbohrungen** 102

1.2.7.1 **Auswertung von Erdöl- und Erdgasbohrungen** (VON W. SCHOTT) 102

1.2.7.2 **Korrelative Anwendung von Bohrlochmessungen** (VON J. LEPPER & H. SCHÖNEICH) 108

1.2.7.3 **Dokumentation von Erdöl- und Erdgasbohrungen** (VON W. SCHOTT) 112

1.2.7.4 **Beispiel für die Aufstellung des Schichtenverzeichnisses einer KW-Bohrung** (VON W. SCHOTT) . . 118

1.3 Lagerstättengeologie

(VON D. BETZ, E. BRADEL, F. BRINKMANN, C. FREYTAG, W. FRIEDRICH, A. GLINSKI, G.-J. GRALLA, G. GREINER, W. v. HAMMERSTEIN, H. LEICHT, W. LILLIE, W. PHILIPP, E. PLEIN, K.-M. REINICKE, R. W. SCHOOP, H. SCHWARZ, F. SPRINGER & K. WERNER) 126

1.3.1	Einführung (Von D. BETZ)	126
1.3.2	Darstellung des Lagerstättenkörpers (Von D. BETZ & A. GLINSKI)	130
1.3.2.1	Äußere Geometrie (Von D. BETZ)	130
1.3.2.2	Innere Geometrie (Von D. BETZ)	133
1.3.2.3	Randbedingungen (Von A. GLINSKI)	139
1.3.3	Statik und Dynamik des Lagerstätteninhalts (Von K.-M. REINICKE)	142
1.3.3.1	Lagerstätteninhalt, statisch (Sättigung)	142
1.3.3.2	Lagerstätteninhalt, dynamisch (PVT-Beziehungen)	143
1.3.3.3	Lagerstättendruck	147
1.3.3.4	Lagerstättentemperatur	148
1.3.3.5	Lagerstättenenergie (treibende Kräfte)	149
1.3.3.6	Lagerstätten-Dynamik (Fließbewegungen)	150
1.3.4	Veränderungen der Lagerstätte durch technische Verfahren zur Produktionserhöhung (Von D. BETZ, F. BRINKMANN, W. LILLIE & H. SCHWARZ)	155
1.3.4.1	Veränderungen des Speichergesteins (Von F. BRINKMANN unter Mitarbeit von H. SCHWARZ)	155
1.3.4.2	Veränderung des Speicherinhalts (Von W. LILLIE)	158
1.3.4.3	Veränderung der Randbedingungen und konventionelle Sekundärmethoden (Von D. BETZ)	160
1.3.5	Schätzung des Lagerstätteninhalts (Von W. PHILIPP)	160
1.3.5.1	Hauptprodukte	160
1.3.5.2	Nebenprodukte	164
1.3.5.3	Beimengungen	165
1.3.6	Wichtige Hilfsmittel des Lagerstättengeologen	165
1.3.6.1	Produktionsseismik (Von R. W. SCHOOP)	165
1.3.6.2	Bohrlochmessungen (Von E. BRADEL)	168
1.3.6.3	Lagerstättenmessungen (Von H. LEICHT)	169
1.3.6.4	Laboruntersuchungen (Von C. FREYTAG)	173
1.3.6.5	Elektronische Datenverarbeitung (EDV) (Von W. FRIEDRICH)	178
1.3.7	Ausbeute-Planung	181
1.3.7.1	Geowissenschaftliche Aspekte (Von D. BETZ)	181
1.3.7.2	Technisch-wirtschaftliche Aspekte (Von F. SPRINGER)	182
1.3.7.3	Umweltaspekte (Von K. WERNER)	186
1.3.8	Der Gasspeicher – eine künstlich geschaffene Lagerstätte (Von G.-J. GRALLA)	186
1.3.8.1	Gasspeicherbedarf	187
1.3.8.2	Gasspeicherarten	187
1.3.8.3	Speicherplanung, Speicherbetrieb	188
1.3.8.4	Untergroundspeicher und Umwelt	192
1.3.9	Feste Kohlenwasserstoffe (Von E. PLEIN)	192
1.3.9.1	Feste Kohlenwasserstoffe – Klassifikationsmöglichkeiten	192
1.3.9.2	Vorkommen und Vorräte	196
1.3.9.3	Erkundung und Gewinnung von festen Kohlenwasserstoffen	197
1.4	Schriftenverzeichnis	198
2	Methoden der Hydrogeologie	
	(Von H. ANRICH, H. AUST, H. BENDER, H. BESENECKER, K. BLANKE, E. BÖCKH, G. DÖRHÖFER, W. DUYNISVELD, H. FRIEDRICH, W. GIESEL, K.-H. GRIMME, W. GRIM- MELMANN, E. GROBA, J. HAHN, W. HOFMANN, V. JOSOPAIT, H. KOSCHEL, K.-D. KRAM- PE, K. KREYSING, H. KUSTER, H. LEBKÜCHNER, P. MEISER, J. PUST, H. REPSOLD, K. SCHELKES, P.-C. SCHERLER, G. SCHMIDT, B. SÖFNER, W. STRUCKMEIER, O. TIEDE- MANN, K. TRIPPLER & H. VIERHUFF)	213
	Einleitung (Von P. MEISER)	213
2.1	Grundwassererkundung	214
	Einführung (Von H. ANRICH & V. JOSOPAIT)	214
2.1.1	Gesteinskörper (Von V. JOSOPAIT)	215
2.1.1.1	Gesteinseigenschaften (Von H. KUSTER)	215

2.1.1.1.1	Bohrungen (Von K. BLANKE)	216
2.1.1.1.2	Bohrlochmessungen (Von H. KUSTER unter Mitarbeit von H. REPSOLD und H. FRIEDRICH)	221
2.1.1.2	Ausbildung und Verbreitung von Grundwasserleitern (Von G. DÖRHÖFER, H. KUSTER, P. MEISER & P.-C. SCHERLER)	225
2.1.1.2.1	Geophysikalische Untersuchungen an der Erdoberfläche (Von P. MEISER)	226
2.1.1.2.2	Methoden der Fernerkundung (Von G. DÖRHÖFER)	233
2.1.1.2.3	Geologische Methoden (Von H. KUSTER)	235
2.1.1.2.4	Darstellung der Erkundungsergebnisse (Von H. KUSTER, G. DÖRHÖFER & P.-C. SCHERLER)	239
2.1.1.3	Hydraulische Parameter (Von H. BESENECKER, G. DÖRHÖFER & H. KOSCHEL)	239
2.1.1.3.1	Der Hohlraumanteil der Gesteine (Von G. DÖRHÖFER)	241
2.1.1.3.2	Das Wasserleitvermögen der Gesteine (Von H. BESENECKER)	246
2.1.1.3.2.1	Die Parameter	246
2.1.1.3.2.2	Ermittlung der Parameter	250
2.1.1.3.3	Das Wasserspeichervermögen der Gesteine (Von H. KOSCHEL)	261
2.1.1.3.4	Pumpversuche zur Bestimmung hydraulischer Aquiferkennwerte (Von H. KOSCHEL unter Mitarbeit von K.-H. GRIMME, J. PUST & O. TIEDEMANN)	261
2.1.1.3.4.1	Die Durchführung von Pumpversuchen	262
2.1.1.3.4.2	Die Auswertung von Pumpversuchen	264
2.1.2	Grundwasserkörper und Grundwasserbewegung (Von W. HOFMANN, H. LEBKÜCHNER & P.-C. SCHERLER)	268
2.1.2.1	Grundwasseroberfläche, Grundwasserdruckfläche	268
2.1.2.2	Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit des Grundwassers	274
2.1.3	Grundwassermenge (Von V. JOSOPAIT, mit Beiträgen von W. HOFMANN & W. GRIMMELMANN)	278
2.1.3.1	Grundwasservorrat (Von V. JOSOPAIT)	278
2.1.3.2	Grundwasserneubildung (Von V. JOSOPAIT mit einem Beitrag von W. GRIMMELMANN)	279
2.1.3.2.1	Grundwasserstände	279
2.1.3.2.2	Lysimeter	281
2.1.3.2.3	Bodenwasserhaushalt	282
2.1.3.2.4	Wasserhaushaltsgleichung	283
2.1.3.2.5	Versickerung aus oberirdischen Gewässern (Von W. GRIMMELMANN)	286
2.1.3.3	Grundwasserdurchfluß (Von V. JOSOPAIT)	287
2.1.3.4	Grundwasserbürtiger oberirdischer Abfluß (Von W. HOFMANN)	289
2.1.4	Grundwasserbeschaffenheit (Von J. HAHN)	293
2.1.4.1	Einführung	293
2.1.4.2	Physikalische Beschaffenheit	294
2.1.4.3	Chemische Beschaffenheit	297
2.1.4.4	Mikrobiologische Beschaffenheit	303
2.1.5	Synthese der Erkundungsergebnisse	305
2.1.5.1	Simulation und Überprüfung mit hydrogeologischen Modellen (Von W. DUYNSVELD, K. SCHELKES, G. SCHMIDT & K. TRIPPLER)	305
2.1.5.2	Hydrogeologische Karten (Von H. ANRICH, H. AUST & W. STRUCKMEIER)	309
2.2	Grundwassererschließung	317
2.2.1	Grundwasserfassungen (Von E. GROBA, K. KREYSING & H. LEBKÜCHNER)	317
2.2.1.1	Quellen (Von H. LEBKÜCHNER)	317
2.2.1.2	Sickeranlagen (Von K. KREYSING)	319
2.2.1.3	Stollen (Von K. KREYSING)	320
2.2.1.4	Brunnen (Von E. GROBA)	321
2.2.1.4.1	Vertikalfilterbrunnen	321
2.2.1.4.2	Horizontalfilterbrunnen	324
2.2.1.4.3	Brunnenanordnungen	324
2.2.2	Anforderungen an die Beschaffenheit und Aufbereitung des Grundwassers (Von K. D. KRAMPE & O. TIEDEMANN)	324
2.2.3	Auswirkungen der Grundwasserentnahme (Von H. BENDER, B. SÖFNER & H. VIERHUFF)	331
2.2.3.1	Absenkung der Grundwasseroberfläche	331
2.3	Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen und -speicherräumen	333
2.3.1	Bedeutung des Grundwasserdargebots für die Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen (Von K. KREYSING & H. VIERHUFF)	333

2.3.2	Prognose mit Hilfe von hydrogeologischen Modellen (Von W. DUYNISVELD, K. SCHELKES, G. SCHMIDT & K. TRIPPLER)	334
2.3.3	Besondere technische Verfahren der Grundwasserbewirtschaftung (Von H. AUST, E. BÖCKH, W. GRIMMELMANN & B. SÖFNER)	336
2.3.3.1	Uferfiltration (Von W. GRIMMELMANN)	336
2.3.3.2	Verbundbewirtschaftung (Von H. AUST)	337
2.3.3.3	Grundwasseranreicherung (Von E. BÖCKH)	337
2.3.3.4	Gezielte Grundwasserabsenkung (Von B. SÖFNER)	339
2.3.4	Wasserwirtschaftliche Planung (Von H. BENDER)	340
2.4	Grundwasserschutz	343
2.4.1	Gesetzliche Regelungen (Von J. HAHN)	343
2.4.2	Schutzmaßnahmen gegen Grundwasserunreinigungen (Von J. HAHN)	344
2.4.2.1	Natürliche Reinigungswirkung des Untergrundes	344
2.4.2.2	Wassergefährdende Flüssigkeiten	345
2.4.2.3	Wassergefährdende Feststoffe	347
2.4.3	Grundwasserschutzgebiete (Von J. HAHN)	350
2.4.3.1	Trinkwasserschutzgebiete	350
2.4.3.2	Heilquellenschutzgebiete	353
2.4.4	Abwasserinjektion (Von H. AUST)	353
2.4.5	Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen (Von W. GIESEL & H. VIERHUFF)	356
2.5	Schriftenverzeichnis	357
3	Ingenieurgeologie	
	(Von H. ALBRECHT, K.-H. BÜCHNER, J. DRESCHER, K.-H. HEITFELD, M. LANGER, D. MEISTER, H. MEYER, A. PAHL, H. REUM, H.-J. SCHNEIDER & K. WÜSTENHAGEN)	367
3.1	Einleitung (Von M. LANGER)	367
3.2	Ingenieurgeologie in Erd- und Grundbau (Bodenmechanik) (Von K.-H. BÜCHNER, J. DRESCHER & H. MEYER)	372
3.2.1	Geomechanisches Verhalten von Lockergesteinen (Von J. DRESCHER)	372
3.2.1.1	Bodengefüge	372
3.2.1.2	Spannungen	373
3.2.1.3	Verformungen	376
3.2.1.4	Spannungs- Verzerrungs-Beziehung	377
3.2.1.5	Bruchkriterien	378
3.2.2	Planung und Durchführung ingenieurgeologisch/bodenmechanischer Erkundungen (Von J. DRESCHER)	382
3.2.2.1	Allgemeine Geländeaufnahme	382
3.2.2.2	Bohrungen, Schürfe	382
3.2.2.3	Sondierungen	383
3.2.3	Charakterisierung von Lockergesteinen für bautechnische Zwecke (Von J. DRESCHER)	385
3.2.4	Bodenmechanische Methoden (Von J. DRESCHER)	385
3.2.4.1	Kennzeichnende Eigenschaften	385
3.2.4.2	Verformbarkeit	394
3.2.4.3	Festigkeit	401
3.2.4.4	Verdichtbarkeit	403
3.2.5	Wasser im Boden (Von J. DRESCHER)	405
3.2.5.1	Einfluß des ruhenden Wassers	405
3.2.5.2	Einfluß des strömenden Wassers	406
3.2.6	Erdstatik (Von H. MEYER)	407
3.2.6.1	Tragfähigkeit des Untergrundes	407
3.2.6.2	Standicherheit von Flächengründungen und Erdbauwerken – Nachweis und Sicherheitskriterien	412

3.2.6.3	Erddruckansätze	413
3.2.7	Gründungstechnik (Von J. DRESCHER, mit einem Beitrag von K.-H. BÜCHNER)	414
3.2.7.1	Verbesserungen des Untergrundes	414
3.2.7.2	Gründungen	415
3.2.7.3	Stützbauwerke	417
3.2.7.4	Gründungen in Erdfall-gefährdeten Gebieten (Von K.-H. BÜCHNER)	418
3.2.8	Erdbau (Von J. DRESCHER)	421
3.2.8.1	Boden als Baustoff	421
3.2.8.2	Erdbauwerke	421
3.2.9	Baugrundgutachten (Von J. DRESCHER)	424
3.3	Ingenieurgeologie im Felsbau (Felsmechanik) (Von M. LANGER, A. PAHL & H.-J. SCHNEIDER)	424
3.3.1	Geomechanisches Verhalten von Fels (Von M. LANGER)	424
3.3.1.1	Fels als Diskontinuum	424
3.3.1.2	Deformationsverhalten	425
3.3.1.3	Bruchverhalten	427
3.3.2	Planung und Durchführung ingenieurgeologisch-felsmechanischer Erkundung (Von A. PAHL)	429
3.3.2.1	Erkundungsablauf	429
3.3.2.2	Bohrungen und Schürfe	429
3.3.2.3	Probestollen/Probekavernen	432
3.3.3	Charakterisierung von Fels für bautechnische Zwecke (Von H. J. SCHNEIDER)	434
3.3.3.1	Geotechnische Beschreibung von Gestein	434
3.3.3.2	Geotechnische Beschreibung des Gebirges	435
3.3.3.2.1	Das Trennflächengefüge	436
3.3.3.2.2	Das Bergwasser	439
3.3.3.2.3	Gebirgsklassifikation	439
3.3.4	Geotechnische Untersuchung von Festgestein (Labor) (Von A. PAHL)	443
3.3.4.1	Gesteinsproben	443
3.3.4.2	Kennzeichnende allgemeine Größen	443
3.3.4.3	Festigkeit und Verformungseigenschaften	444
3.3.5	Geotechnische Untersuchungen von Gebirgskörpern in situ (Von A. PAHL)	448
3.3.5.1	Meßverfahren im Felsbau	448
3.3.5.2	Gebirgsspannungen (Gebirgsdruck)	449
3.3.5.3	Verformungseigenschaften	452
3.3.5.4	Bruchparameter	455
3.3.5.5	Durchlässigkeit	456
3.3.6	Felsstatik (Von A. PAHL)	457
3.3.6.1	Standsicherheitsnachweise	457
3.3.6.2	Kontrollmessungen im Felsbau	458
3.3.7	Ingenieurgeologisch-felsmechanisches Gutachten (Von A. PAHL)	462
3.4	Ingenieurgeologie im Salzgebirge (Salzmechanik) (Von H. ALBRECHT & D. MEISTER)	463
3.4.1	Geomechanisches Verhalten von Salzgesteinen	463
3.4.1.1	Kriechverhalten von Steinsalz	463
3.4.1.2	Bruchverhalten von Salzgestein	467
3.4.2	Analyse der Standsicherheit von Untertagebauwerken im Salzgebirge	469
3.4.2.1	Ingenieurgeologische Untersuchungen	469
3.4.2.2	Berechnungsmethoden	471
3.4.3	Geotechnische Untersuchungen im Labor	474
3.4.3.1	Zeitstandprüfeinrichtungen	474
3.4.3.2	Triaxiale Prüfeinrichtungen	476
3.4.4	Geotechnische Untersuchungen in situ	477
3.4.4.1	Meßverfahren zur Abgrenzung von Homogenbereichen	477
3.4.4.2	Verfahren zur Ermittlung geotechnischer Kennwerte und Zustandsgrößen	478
3.4.4.3	Verfahren zur Bauwerksüberwachung	478
3.5	Ingenieurgeologie im Talsperrenbau (Von K.-H. HEITFELD)	479
3.5.1	Einleitung	479
3.5.2	Bedeutung der ingenieurgeologischen Verhältnisse für Talsperren	479

3.5.2.1	Generelle Gesichtspunkte	479
3.5.2.2	Talsperrenbauwerke	480
3.5.2.2.1	Allgemeine Anforderungen an den Untergrund	480
3.5.2.2.2	Staudämmern	481
3.5.2.2.3	Staudämme	482
3.5.2.3	Talsperrenbecken	483
3.5.2.3.1	Dichtigkeit des Staubeckens	483
3.5.2.3.2	Standsicherheit der Talhänge	484
3.5.2.3.3	Nebenbauwerke im Beckenbereich	484
3.5.2.4	Talsperren in Karstgebieten	484
3.5.2.5	Auswirkungen von Erdbeben	486
3.5.2.5.1	Natürliche Beben	486
3.5.2.5.2	Induzierte seismische Aktivität	486
3.5.3	Untersuchungsmethoden bei der Projektierung von Talsperren	487
3.5.3.1	Allgemeiner Überblick	487
3.5.3.2	Untersuchungen im Bereich der Sperrenstelle	488
3.5.3.3	Untersuchungen im Beckenbereich	489
3.5.3.4	Durchlässigkeitsuntersuchungen	490
3.5.3.4.1	Methoden	490
3.5.3.4.2	Auswertung	491
3.5.4	Ingenieurgeologische Aufgaben bei der Bauausführung	493
3.5.4.1	Gründungsmaßnahmen	493
3.5.4.2	Untergrunddichtung	493
3.6	Baugrunderdynamik (Von K. WÜSTENHAGEN)	495
3.6.1	Ziel der Baugrunderdynamik	495
3.6.2	Verhalten des Baugrundes	495
3.6.2.1	Schwingungsquellen	495
3.6.2.2	Ausbreitung von Schwingungen	495
3.6.2.3	Baugrunderdynamische Kenndaten	497
3.6.2.4	Bodenverflüssigung (liquefaction) und Langzeitverhalten bei dynamischer Beanspruchung	498
3.6.3	Baugrunderdynamische Untersuchungsverfahren	499
3.6.3.1	Feldversuche	499
3.6.3.2	Laboruntersuchungen	501
3.6.4	Anwendungsbeispiele der Baugrunderdynamik	502
3.6.4.1	Umweltschutz	502
3.6.4.2	Erdbebensicherheit von Bauwerken	503
3.6.4.3	Maschinengründungen	504
3.7	Ingenieurgeologische Karten (Von H. REUM)	504
3.7.1	Verwendungszweck	504
3.7.2	Inhalt ingenieurgeologischer Karten	505
3.7.3	Kartographische Darstellung	510
3.7.4	Standardisierung	511
3.8	Schriftenverzeichnis	513
4	Angewandte Geowissenschaften in Raumplanung und Umweltschutz (Von H. AUST & J. D. BECKER-PLATEN mit Beiträgen von H. BEIERSDORF, F. BENDER, F. GRÜNEBERG, W. JARITZ, B. KEMPER, K. KREYSING & H. PREUSS)	521
4.1	Einleitung (Von F. BENDER)	521
4.2	Geowissenschaften in der Raumplanung (Von J. D. BECKER-PLATEN, mit einem Beitrag von H. PREUSS)	521
4.2.1	Begriffsdefinitionen	521
4.2.2	Datenakquisition und Verarbeitung	523
4.2.2.1	Automatische Datenverarbeitung (Von H. PREUSS)	523

4.2.3	Darstellung in Karten für die Raumplanung	524
4.2.3.1	Teilkarten zur Bodenkundlichen Standortkarte	525
4.2.3.2	Baugrundplanungskarten	530
4.2.3.3	Teilkarten Grundwasser	530
4.2.3.4	Teilkarten Lagerstätten	531
4.2.3.5	Teilkarte Schutzwürdige geowissenschaftliche Objekte	538
4.2.3.6	Synthesekarte Vorrangige Nutzung(en) aus geowissenschaftlicher Sicht	538
4.2.3.7	Sonderkarten	543
4.2.3.8	Geowissenschaften in der Raumplanung anderer Länder	547
4.2.4	Anwendung geowissenschaftlicher Karten in der Raumplanung	561
4.2.5	Schriftenverzeichnis	564
4.3	Geowissenschaften im Umweltschutz	
	(Von H. AUST, mit Beiträgen von H. BEIERSDORF, F. GRÜNEBERG, W. JARITZ, B. KEMPER & K. KREYSING)	567
4.3.1	Einführung (Von H. AUST)	567
4.3.2	Geowissenschaften und Geogene Gefährdungen (Von H. AUST)	567
4.3.2.1	Erdbeben	567
4.3.2.2	Vulkanismus	573
4.3.2.3	Erosion	575
4.3.2.3.1	Erosion durch Wasser und Wind	577
4.3.2.3.2	Küstenerosion	579
4.3.2.3.3	Rutschungen	580
4.3.2.3.4	Erdfälle	581
4.3.2.4	Überflutungen	584
4.3.2.5	Permafrost	585
4.3.2.6	Schädliche Elementkonzentrationen	586
4.3.2.7	Strahlenbelastung	588
4.3.3	Geowissenschaften und anthropogene Gefährdungen (Von H. AUST, mit Beiträgen von H. BEIERSDORF, F. GRÜNEBERG, W. JARITZ, B. KEMPER & K. KREYSING)	590
4.3.3.1	Landwirtschaft (Von H. AUST)	590
4.3.3.1.1	Organische Rückstände als Dünger	590
4.3.3.1.2	Anorganische Düngung (Mineraldünger)	591
4.3.3.1.3	Schwermetallbelastung	593
4.3.3.1.4	Biozide (Pestizide)	594
4.3.3.1.5	Flurbereinigung	595
4.3.3.2	Bergbau (Von H. AUST, mit einem Beitrag von H. BEIERSDORF)	595
4.3.3.2.1	Tagebau	596
4.3.3.2.2	Abbau unter Tage	598
4.3.3.2.3	Meeresbergbau (Von H. BEIERSDORF)	611
4.3.3.3	Industrie und Gewerbe (Von H. AUST, mit einem Beitrag von W. JARITZ)	613
4.3.3.3.1	Deponien	614
4.3.3.3.2	Unterirdische Kernkraftwerke	621
4.3.3.3.3	Abwässer	621
4.3.3.3.4	Meeresverschmutzung	623
4.3.3.3.5	Luftverunreinigung	624
4.3.3.4	Verkehr und Transport (Von H. AUST, unter Mitarbeit von K. KREYSING)	626
4.3.3.4.1	Verkehrsbauten (Von K. KREYSING & H. AUST)	626
4.3.3.4.2	Ölverschmutzung der Meere	630
4.3.3.4.3	Pipelines	630
4.3.3.4.4	Spülfelder	630
4.3.3.5	Besiedlung (Von H. AUST, mit einem Beitrag von B. KEMPER & F. GRÜNEBERG)	631
4.3.3.5.1	Versiegelung	631
4.3.3.5.2	Abwasser und Klärschlamm	631
4.3.3.5.3	Hausmüll	633
4.3.3.5.4	Wärmepumpen	634
4.3.3.5.5	Desertifikation (Von B. KEMPER & F. GRÜNEBERG)	634
4.3.4	Schriftenverzeichnis	637
	Register	651