Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers VI

Vorwort des Autors VII

1. Einleitung 1

2. Definition und Aufgaben von Talsperren 2

3. Einteilung der Talsperren 4
3.1 Allgemeines 4
3.2 Staudämme 4
3.2.1 Steindämme 6
3.2.2 Erddämme 9
3.3 Staumauern 10

4. Zur historischen Entwicklung von Talsperrenbauten 19
4.1 Altertum und Mittelalter (von H. KLEINSORGE †) 19
4.2 Neuzeit seit 1800 33

5. Untersuchungsstadien bei Talsperren 40
5.1 Projekt-Findung 40
5.2 Vorstudie 42
5.3 Durchführbarkeitsstudie 43
5.4 Hauptprojekt 43
5.5 Erstellung der Ausschreibungsunterlagen 44
5.6 Bauausführung 44
5.7 Maschinen-Installation 45
5.8 Betriebsphase 45

6. Voruntersuchungen 46
6.1 Umfang und Methoden 46
6.1.1 Geologische Kartierung 46
6.1.2 Aufschlußmethoden 47
6.1.2.1 Direkte Verfahren 47
6.1.2.1.1 Schürfe und Schurfschlitze 47
6.1.2.1.2 Sondierungen 47
6.1.2.1.3 Bohrungen 49
6.1.2.1.4 Stollen und Schächte 53

6.1.2.2 Indirekte Verfahren ... 55
6.1.2.2.1 Oberflächengeophysik ... 55
6.1.2.2.2 Bohrlochmessungen ... 58
6.2 Untersuchungen im Bereich des Sperrbeckens und des Einzugsgebietes ... 62
6.2.1 Hydrologische und hydrogeologische Untersuchungen ... 62
6.2.2 Untersuchungen zur Standsicherheit der Talhänge im Becken ... 64
6.2.3 Untersuchungen zur Sedimentation im Becken ... 65
6.2.4 Untersuchungen für Nebenbauwerke im Beckenbereich ... 65
6.3 Untersuchungen im Bereich der Sperrenstelle ... 66
6.3.1 Allgemeines ... 66
6.3.2 Untersuchungen zur Durchlässigkeit des Untergrundes ... 67
6.3.3 Untersuchungen zur Standsicherheit ... 69
6.3.4 Modell-Untersuchungen der Sickerströmung und Standsicherheit ... 70
6.3.5 Baustoffuntersuchungen ... 74

7. Bedeutung von Erdbeben für Talsperren ... 75
7.1 Allgemeines ... 75
7.2 Allgemeine Prinzipien für den Talsperrenbau ... 78
7.2.1 Seismische Voruntersuchungen ... 79
7.3 Erdbebenberechnung für Staubauwerke ... 80
7.3.1 Grundlagen ... 80
7.3.2 Berechnungsverfahren ... 81
7.4 Bedeutung der Erdbeben für Absperrbauwerke ... 83
7.4.1 Staumauern ... 83
7.4.2 Erd- und Steinschüttdämme ... 83
7.5 Auswirkungen eines Erdbebens ... 87
7.6 Induzierte Seismizität ... 88
7.6.1 Erklärung ... 88
7.6.2 Beispiel Kremasta-Talsperre ... 91

8. Bedeutung spezieller geologischer Verhältnisse für Talsperren ... 95
8.1 Einfluß lithologischer und tektonischer Verhältnisse auf die Sperrenstelle ... 95
8.2 Bedeutung der geologischen Verhältnisse für die Beckendichtigkeit ... 102
8.2.1 Nicht verkarstete Gesteine ... 102
8.2.2 Verkarstete Gesteine ... 108
8.3 Talsperren in unterschiedlichen lithologischen Verhältnissen ... 109
8.3.1 Festgesteine ... 109
8.3.1.1 Allgemeines ... 109
8.3.1.2 Magmatische Gesteine ... 110
8.3.1.2.1 Allgemeines ... 110
8.3.1.2.2 Beispiele ... 112
8.3.1.3 Sedimentgesteine ... 120
8.3.1.3.1 Beispiele ... 120
8.3.1.4 Verkarstete Gesteine ... 136
8.3.1.4.1 Merkmale ... 136
8.3.1.4.2 Beispiele ... 138
8.3.1.5 Metamorphe Gesteine ... 151

8.3.1.5.1 Merkmale ... 151
8.3.1.5.2 Beispiele ... 152
8.3.1.6 Wechselfeste Gesteine (veränderlich-feste Gesteine) ... 154
8.3.1.6.1 Merkmale ... 154
8.3.1.6.2 Beispiele ... 156
8.3.2 Lockergesteine ... 167
8.3.2.1 Merkmale ... 167
8.3.2.2 Beispiele ... 168

9. Zur Gründung von Absperrbauwerken ... 176
9.1 Allgemeines ... 176
9.1.1 Kräfte im Untergrund von Talsperren ... 176
9.2 Gründungsprobleme bei verschiedenen Bauwerkstypen ... 178
9.2.1 Dämme ... 178
9.2.1.1 Gründung auf Fels oder dichtem Horizont ... 179
9.2.1.2 Gründung auf Lockergestein bei tiefliegendem, erreichbarem Fels oder dichtem Horizont ... 179
9.2.1.3 Gründung auf Lockergestein bei tiefliegendem, nicht erreichbarem Fels oder dichtem Horizont ... 180
9.2.2 Staumauern ... 180
9.2.2.1 Allgemeines ... 180
9.2.2.2 Schwergewichtsmauern ... 181
9.2.2.3 Bogenstaumauern ... 187
9.2.2.4 Pfeilerstaumauern ... 189
9.2.2.5 Entfestigung des Gebirges durch Bauarbeiten ... 190
9.2.2.6 Verbesserung des Untergrundes ... 191
9.3 Abdichtung des Untergrundes ... 192
9.3.1 Allgemeines ... 192
9.3.2 Voruntersuchungen ... 193
9.3.2.1 Abdichtungsmöglichkeiten ... 208
9.3.2.2 Weitere Voruntersuchungen vor Beginn der Verpreßarbeiten ... 210
9.3.3 Vertikale Abdichtungen ... 211
9.3.3.1 Injektionsmethoden ... 211
9.3.3.1.1 Packer-Injektion ... 211
9.3.3.1.2 Zirkulierende Injektionen ... 212
9.3.3.1.3 Lanzen-Injektionen ... 213
9.3.3.1.4 Manschettenrohr-Injektion ... 214
9.3.3.2 Injektionsmittel ... 215
9.3.3.2.1 Suspensionen ... 215
9.3.3.2.2 Injektionsflüssigkeiten ... 218
9.3.3.2.2.1 Chemikal-Injektionen ... 218
9.3.3.2.2.2 Emulsionen ... 219
9.3.3.2.2.3 Kunststoffe ... 220
9.3.4 Durchführung der Injektionen ... 220
9.3.5 Anordnung und Tiefe des Dichtungsschleiers ... 226
9.3.6 Dichtungswände ... 234
9.3.6.1 Dichtungsschmalwand ... 234

9.3.6.2 Spundwand ... 237
9.3.6.3 Schlitzwand ... 238
9.3.6.4 Bohrpfahlwand ... 241
9.3.7 Druckluftgründung ... 242
9.3.8 Dichtungswände in offener Baugrube und im bergmännischen Verfahren 244
9.3.9 Horizontale Abdichtungsmaßnahmen ... 245
9.3.9.1 Bindige Erdstoffe ... 246
9.3.9.2 Asphaltbeton ... 247
9.3.9.3 Geotextilien ... 248
9.4 Errichtung von Nebenbauwerken ... 249
9.4.1 Stollen ... 249
9.4.2 Kraftwerke ... 255
9.4.2.1 Offene Kraftwerke ... 255
9.4.2.2 Kavernen ... 257
9.4.2.2.1 Bedeutung der Gebirgsverhältnisse ... 257
9.4.2.2.2 Beispiel Kaverne Waldeck II ... 257
9.4.3 Hochwasserentlastungsanlagen (HWE) ... 262
9.4.3.1 Allgemeines ... 262
9.4.3.2 Konstruktive Gestaltung der Hochwasserentlastungsanlagen ... 264
9.4.3.3 Geologische Probleme ... 266

10. Maßnahmen im Beckenbereich ... 270
10.1 Hangstabilität ... 270
10.1.1 Bedeutung der Hangstabilität im Talsperrenbau ... 270
10.1.2 Hangbewegungen in unterschiedlichen geologischen Bereichen ... 275
10.1.3 Untersuchung und Beobachtung von rutschgefährdeten Gebieten ... 280
10.1.4 Ergebnisse der Untersuchungen zur Hangstabilität ... 283
10.1.5 Maßnahmen zur Hangstabilisierung ... 286
10.1.6 Berücksichtigung von Erdbeben ... 291
10.2 Errichtung von Nebenbauwerken ... 291
10.2.1 Verkehrswege, Straßen, Eisenbahnen ... 291
10.2.2 Brückenbauten ... 292
10.2.3 Überleitungs- und Wasserstollen ... 292
10.2.4 Bedeutung der Erdbeben für Nebenbauwerke ... 294

11. Bedeutung von Sedimentationsvorgängen bei Talsperren ... 295
11.1 Allgemeines ... 295
11.2 Abhängigkeit der Sedimentation von den geologisch-morphologischen und klimatischen Verhältnissen im Einzugsgebiet ... 297
11.3 Feststofftransport ... 298
11.4 Sedimentation ... 300
11.5 Vorausberechnung der Stauraumverlandung ... 304
11.6 Maßnahmen zur Reduzierung der Sedimentationsrate ... 304
11.7 Maßnahmen zur Beseitigung der Sedimente in einer Talsperre ... 306
11.8 Beispiel für geologische Untersuchungen im Zusammenhang mit der Sedimentation in Talsperren ... 306
11.8.1 Überblick ... 306

11.8.2 Erosionsverhältnisse im Einzugsbereich des Sperchiosbeckens 306
11.8.3 Geologische Untersuchungen zur Geschiebeführung 309
11.8.4 Folgerungen aus den Untersuchungen 309

12. Kontrollmaßnahmen bei der Errichtung und beim Einstau einer Talsperre 311
12.1 Allgemeines 311
12.2 Überprüfung der Deformation des Untergrundes und des Sperrenbauwerkes . 311
12.3 Kontrolle der Durchsickerung 313
12.4 Beispiele 317
12.4.1 Frauenau-Talsperre 318
12.4.2 Randenigala-Staudamm (Sri Lanka) 321
12.5 Kontrollmaßnahmen im Beckenbereich 323

13. Versagen von Talsperren 324
13.1 Allgemeines 324
13.2 Statistische Auswertung der Versagensursachen 326
13.2.1 Schäden an Staumauern 328
13.2.2 Schäden an Dämmen 330
13.2.2.1 Arten von Schäden 331
13.2.2.1.1 Oberflächenerosion – Hydraulisches Versagen 331
13.2.2.1.2 Innere Erosion – Sickerungsschäden 333
13.2.2.1.3 Statisches Versagen 336
13.3 Versagen des Untergrundes 337
13.3.1 Stabilität des Untergrundes 337
13.3.2 Durchlässigkeit des Untergrundes 341
13.4 Versagen des Sperrenbeckens 345
13.4.1 Hangstabilität 345
13.4.2 Durchlässigkeit des Beckens 350

14. Auswirkungen von Talsperren auf Wasserhaushalt, Wasserbeschaffenheit und Umwelt 355
14.1 Allgemeines 355
14.2 Wasserhaushalt 355
14.3 Physikalische Verhältnisse im Sperrenbecken 358
14.3.1 Allgemeines 358
14.3.2 Physikalische Eigenschaften 358
14.3.2.1 Strahlungsklima 358
14.3.2.2 Temperatur 359
14.3.2.2.1 Wasserzufluß 360
14.3.2.2.2 Wasserentnahme 361
14.3.2.2.3 Wasserbewegung im Sperrenbecken 361
14.4 Chemische Prozesse beim Wasseraufstau 362
14.4.1 Allgemeines 362
14.4.2 Trophiestufen der Seen 362
14.4.3 Sauerstoffgehalt 363
14.4.4 Eutrophierung 365
14.4.5 Einfluß der Landwirtschaft 367

14.4.6 Beispiele ... 369
14.4.6.1 Wahnbachtalsperre ... 369
14.4.6.2 Talsperre Haltern ... 370
14.5 Sonstige Einflüsse von Stauanlagen auf die Umwelt ... 371
14.5.1 Einflüsse auf die Atmosphäre ... 371
14.5.2 Einflüsse auf das Ökosystem ... 372
14.5.3 Einflüsse auf den Menschen ... 373

15. Trinkwassertalsperren ... 375
15.1 Allgemeines ... 375
15.2 Geologische und bauliche Anforderungen an Trinkwassertalsperren ... 375
15.3 Schutzmaßnahmen für eine Trinkwassertalsperre ... 376
15.4 Besondere Anforderungen an das Einzugsgebiet ... 377
15.5 Anforderungen an Trinkwasser ... 381

16. Unterirdische Speicherung ... 382
16.1 Allgemeines ... 382
16.1.1 Definition ... 382
16.1.2 Geschichtliches ... 382
16.2 Hauptziele der Grundwasserspeicherung (-anreicherung) ... 383
16.3 Vor- und Nachteile der Untergrundspeicherung im Vergleich zur Oberflächenspeicherung (Talsperren) ... 385
16.3.1 Vorteile ... 385
16.3.2 Nachteile ... 385
16.4 Anforderungen an den Untergrund ... 386
16.4.1 Untergrundspeicherung im Festgestein ... 386
16.4.2 Untergrundspeicherung im Lockergestein ... 386
16.4.2.1 Untergrundspeicher ... 386
16.4.2.2 Geologische und bodenphysikalische Voraussetzungen ... 387
16.4.2.2.1 Allgemeines ... 387
16.4.2.2.2 Bodentyp ... 388
16.4.2.2.3 Porenvolumen (v_p) ... 389
16.4.2.2.4 Nutzbares Porenvolumen (v_{pn}) ... 389
16.4.2.2.5 Bodendurchlässigkeit ... 390
16.4.2.3 Weitere Einflußfaktoren ... 391
16.4.2.3.1 Atmosphärischer Druck ... 391
16.4.2.3.2 Temperatur ... 391
16.5 Geologische, geotechnische und hydrogeologische Vorarbeiten ... 391
16.6 Biologische und chemisch-physikalische Gesichtspunkte bei der Grundwasseranreicherung ... 392
16.7 Beispiele ... 392
16.7.1 Grundwasseranreicherung im Rheintal ... 393
16.7.2 Künstliche Grundwasseranreicherung bzw. Speicherung in pleistozänen Rinnenfüllungen des Rheintals ... 393
16.7.3 Untergrundspeicherung im Festgestein ... 395

17. Wehre ... 396

17.1 Allgemeines ... 396
17.2 Gestaltung und Aufgaben der Wehre ... 396
17.2.1 Grundsätzliches zur Gestaltung ... 396
17.2.1.1 Feste Wehre ... 396
17.2.1.2 Bewegliche Wehre ... 398
17.2.2 Aufgaben der Wehre ... 398
17.3 Einfluß der geologischen Verhältnisse ... 399
17.3.1 Anforderungen an den Baugrund ... 399
17.3.2 Anschluß an den Untergrund ... 400
17.4 Auswirkungen der Wehre ... 401
17.4.1 Einfluß auf die hydrologischen Verhältnisse ... 401
17.4.2 Geschiebe und Schwebstoffe ... 402
17.4.3 Chemismus ... 402
17.5 Saarausbau ... 403
17.5.1 Gesamtdarstellung ... 403
17.5.2 Dichtwand Wawern ... 404

18. Hochwasserrückhaltebecken (HWR) ... 407
18.1 Allgemeines ... 407
18.2 Ausbildung von Hochwasserrückhaltebecken ... 408
18.3 Hydrologie ... 408
18.3.1 Bemessungsgrundlagen ... 408
18.3.2 Rückhalteraum und Rückhaltevolumen ... 409
18.4 Einfluß der Geologie ... 409
18.5 Bauwerke ... 410
18.5.1 Absperrbauwerk ... 411
18.5.2 Nebenbauwerke ... 412
18.6 Beispiele ... 414
18.6.1 Paderborner Hochfläche ... 414
18.6.2 Nordwürttemberg ... 414
18.6.3 Hochwasserrückhaltebecken Salzderhelden ... 417

19. Pumpspeicherwerke (PSW) ... 418
19.1 Allgemeines ... 418
19.2 Aufbau und Speichergröße ... 418
19.3 Topographische Anforderungen ... 419
19.3.1 Oberbecken ... 419
19.3.2 Unterbecken ... 420
19.4 Bedeutung der geologischen Verhältnisse ... 420
19.4.1 Oberbecken ... 421
19.4.2 Druckstollen ... 422
19.4.3 Kraftwerk ... 422
19.4.4 Unterbecken ... 422
19.5 Beispiele ... 423
19.5.1 Pumpspeicherwerk Rönkhausen ... 423
19.5.2 Pumpspeicherwerk Waldeck ... 425
19.5.3 Pumpspeicherwerk Happurg ... 428

20. Klärteiche (Sedimentationsanlagen) 429
20.1 Allgemeines 429
20.2 Anforderungen an den Untergrund 429
20.2.1 Allgemeines 429
20.2.2 Sperrenstelle 429
20.2.3 Beckenbereich 430
20.3 Dammaufbau 432
20.4 Einspülung des Klärgutes und Ableitung des geklärten Wassers 434
20.5 Beispiele 435
20.5.1 Kalkindustrie 435
20.5.1.1 Rheinisch-Westfälische Kalkwerke Dornap, Werk Hönnetal ... 435
20.5.2 Flußspat 436

Literaturverzeichnis 439

Register 458