

Inhaltsverzeichnis

A. Theoretische Grundlagen

1 Hydromechanik	1
1.1 Druck des ruhenden Wassers	1
1.2 Auftrieb in ruhendem Wasser	7
1.3 Stabilität schwimmender Körper	7
1.4 Bernouillische Energiegleichung	7
1.5 Impulssatz	11
1.6 Rohrströmung	13
1.7 Zweidimensionale Strömung	15
1.8 Angewandte Hydromechanik	16
1.8.1 Verminderung des statischen Druckes bei strömendem Wasser	16
1.8.2 Überströmte Verschlüsse	18
1.8.2.1 Berechnung der Abflußmenge	18
1.8.2.2 Scharfkantiger Verschluß	19
1.8.2.3 Hakenschütz	20
1.8.2.4 Klappe	22
1.8.2.5 Sektor	25
1.8.2.6 Trommelschütz	25
1.8.2.7 Dachwehr	26
1.8.2.8 Absenkschütz	27
1.8.3 Unterströmte Verschlüsse	29
1.8.4 Tiefschütze	31
1.8.4.1 Berechnung Abflußmenge	31
1.8.4.2 Die wirkenden Kräfte	36
1.8.5 Kegelstrahlschieber	45
1.8.6 Verluste	46
1.8.7 Wellendruck	49
2 Statik der Verschlusskörper	51
2.1 Einleitung	51
2.2 Grundlagen	52
2.2.1 Belastungen	53
2.2.1.1 Symmetrische Belastungen	53
2.2.1.2 Unsymmetrische Belastungen	54
2.2.1.3 Schwingungen	55
2.2.2 Lastfälle	55
2.2.3 Nachweise	56
2.2.4 Werkstoffe und zulässige Spannungen	58
2.3 Systematik der Verschlusskörper in bezug auf ihre Berechnung	60
2.3.1 Verschlusskörper als Tragwerk	62

2.3.1.1 Gesamtquerschnittsform	62
2.3.1.2 Strukturelemente	64
2.3.2 Berechnungsmöglichkeiten	66
2.4 Stauwand und Stauwandaussteifungen	69
2.4.1 Belastungsarten	71
2.4.2 Differentialgleichungen	72
2.4.3 Randbedingungen	74
2.4.4 Stauwandfeld als isotrope Platte	78
2.4.4.1 Fall I (Theorie I. Ordnung) für Platten mit kleiner Durchbiegung	78
2.4.4.2 Fall II (Theorie II. Ordnung) für Platten mit großer Durchbiegung	102
2.4.5 Stauwandfeld als orthotrope Platte	113
2.4.5.1 Fall I (Theorie I. Ordnung) für Platten mit kleiner Durchbiegung	117
2.4.5.2 Fall II (Theorie II. Ordnung) für Platten mit großer Durchbiegung	119
2.4.6 Stauwandfeld als isotrope Kreiszylinderschale	119
2.4.6.1 Fall I (Theorie I. Ordnung) für Schalen mit kleiner Durchbiegung	120
2.4.7 Stauwandfeld als orthotrope Kreiszylinderschale	130
2.4.7.1 Fall I (Theorie I. Ordnung) für Schalen mit kleiner Durchbiegung	131
2.4.8 Stabilität der Stauwand	131
2.4.8.1 Konstante Randdruckkraft n_{x0} ohne Querlast p	132
2.4.8.2 Konstante Randdruckkraft n_{x0} mit Querlast p (Rechtecklast) . .	135
2.4.9 Spannungsüberlagerungen in Stauwand und Längs- (Quer-) Rippen . . .	139
2.5 Verschußkörper mit offenem Querschnitt und Vollwand-Hauptträgern	141
2.5.1 Verschußkörper als Trägerrost	142
2.5.1.1 Querträger	146
2.5.1.2 Hauptträger	146
2.5.1.3 Endquerträger	148
2.5.1.4 Beispielserie „Verschußkörper mit offenem Querschnitt“	153
2.5.2 Verschußkörper als Stab	167
2.5.2.1 Torsionsfreie Biegung	169
2.5.2.2 Biegefreie Torsion	169
2.5.3 Verschußkörper als Faltwerk	176
2.5.3.1 Vergleich „Trägerrost — Stab — Faltwerk“	176
2.5.4 Verschußkörper als struktur-orthotropes Flächentragwerk	178
2.6 Verschußkörper mit offenem Querschnitt und Fachwerk-Hauptträgern	181
2.7 Verschußkörper mit geschlossenem Querschnitt und Vollwand-Haupttragwerk	181
2.7.1 Verschußkörper als Stab	182
2.7.1.1 Hauptträger	182
2.7.1.2 Querschotte	190
2.7.1.3 Endschotte	194
2.7.2 Verschußkörper als Faltwerk	194
2.7.2.1 Vergleich „Faltwerk — Stab“	195
2.8 Verschußkörper mit geschlossenem Querschnitt und Fachwerk-Hauptträgern .	196
2.9 Verschußkörper mit quasi-geschlossenem Gesamtquerschnitt	197
2.10 Segmentschütz	199
2.10.1 Gekrümmte Querrippen und Querträger	199
2.10.2 Lage der Stützarme im Grundriß, Lagerung der Hauptträger	201
2.10.3 Lagerkräfte	203

2.10.3.1 Symmetrische Aufhängung	203
2.10.3.2 Unsymmetrische (einseitige) Aufhängung	204
2.10.4 Stützarme	206
2.10.5 Biegemomente im Haupttragwerk bei unsymmetrischer Aufhängung	207
2.10.6 Torsionsmomente im Haupttragwerk bei unsymmetrischer Aufhängung	207
2.10.6.1 Schiefstellung des Verschlößkörpers	208
2.11 Stemmter	212
2.11.1 Dreigelenkbogenwirkung der Hauptträger	214
2.11.1.1 Belastungen, Lagerkräfte und Schnittgrößen	216
2.11.1.2 Verformungen	220
2.11.1.3 Stemmter als aufgelöster Trägerrost	222
2.11.1.4 Stemmter als Trägerrost	226
2.11.2 Torsion des Stemmterflügels	233
2.11.2.1 Druckschlechte Diagonalen	236
2.11.2.2 Druckstarke Diagonalen	237
2.11.2.3 Vorgespannte Diagonalen	238
2.11.2.4 Beanspruchungen des Torkörpers	238
2.12 Klappe, Trommelwehr, Sektorwehr	241
2.12.1 Verschlößkörper der Klappe als Stab	242
2.12.1.1 Belastungen	242
2.12.1.2 Lagerkräfte	242
2.12.1.3 Abgestufte Wandstärke	248
2.12.1.4 Einfluß von Anzahl der Lager und elastischer Nachgiebigkeit der Sohle	248
2.12.2 Verschlößkörper der Klappe als Faltwerk	249
2.13 Hakenschütz	249

B. Verschlüsse. Konstruktive Lösungen

3 Allgemeine Grundsätze	251
4 Verschlüsse für Stauanlagen	257
4.1 Wehre	257
4.1.1 Gleitschütz	257
4.1.2 Rollschütz	257
4.1.3 Rollschütz mit Klappe	260
4.1.4 Hakendoppelschütz	262
4.1.5 Segmentschütz	266
4.1.5.1 Einteiliges Segmentschütz	267
4.1.5.2 Einteiliges Segmentschütz mit Klappe	269
4.1.5.3 Mehrteiliges Segmentschütz	271
4.1.5.4 Segmentschütz mit Schwimmern und/oder Gegengewichten	273
4.1.5.5 Lagerträger	274
4.1.6 Sektor	278
4.1.7 Trommelschütz	282
4.1.8 Dachwehr	283
4.1.9 Walze	283
4.1.10 Klappe	285
4.1.11 Faltschütz (zweiteilige Klappe)	290
4.1.12 Mehrklappenverschluß	291

4.1.13 Gegendruckstauklappe	291
4.1.14 Vergleich einiger Schütztypen	292
4.1.14.1 Fachwerk- und Vollwandkonstruktion	292
4.1.14.2 Hakendoppelschütz, Rollschütz mit Klappe und Segment mit Klappe	292
4.1.14.3 Sektor- und Trommelschütz	295
4.1.14.4 Kosten und Gewichte	295
4.2 Talsperren	297
4.2.1 Absenkschütz	297
4.2.2 Ringschütz	297
4.2.3 Zylinderschütz	298
4.2.4 Staubalkenwehr	299
4.2.5 Tiefschütze	301
4.2.5.1 Oberwasserseitige Dichtungsebene und oberwasserseitige Stauwand	301
4.2.5.2 Unterwasserseitige Dichtungsebene mit ober- oder unterwasserseitiger Stauwand	302
4.2.5.3 Reduzierung der Wasserauflast	303
4.2.5.4 Schützunterseite	305
4.2.5.5 Erhöhung des Schließdruckes	305
4.2.5.6 Gleitschütz	307
4.2.5.7 Rollschütz	308
4.2.5.8 Stoney-Schütz	312
4.2.5.9 Raupenschütz	315
4.2.5.10 Strahlschütz	317
4.2.5.11 Ringschütz	319
4.2.5.12 Segmentschütz	319
4.2.5.13 Zylinderschütz	322
4.2.5.14 Kegelstrahlschieber (Howell-Bunger valve)	323
5 Verschlüsse für Wasserkraftanlagen	325
5.1 Einlauf	325
5.1.1 Sperrung des Durchflusses	325
5.1.2 Freigabe des Abflusses	326
5.2 Saugschlauch	327
5.3 Einlaufturm und Tunnel	328
5.4 Weitere Ausrüstungen	330
5.4.1 Rechen	330
5.4.2 Rechenreinigungsmaschinen	331
5.4.3 Krane	332
6 Verschlüsse für Wasserstraßen	333
6.1 Tore für Kammerschleusen	333
6.1.1 Drehbewegung um eine lotrechte Achse	333
6.1.1.1 Stemmtor	333
6.1.1.2 Sektor	336
6.1.2 Drehbewegung um eine waagerechte Achse	337
6.1.2.1 Klapptor	337
6.1.2.2 Drehtor	339
6.1.2.3 Hakentor	340
6.1.2.4 Segmenttor und Sektor	341

6.1.3 Hub-, Senk- oder Hub-Senk-Bewegung	342
6.1.3.1 Hubtor	343
6.1.3.2 Hub-Dreh-Tor	344
6.1.3.3 Senktor	346
6.1.3.4 Hub-Senk-Tor	347
6.1.3.5 Zweiteilige Hub- und Hub-Senk-Tore	348
6.1.4 Waagerechte Bewegung	349
6.2 Verschlüsse für Tore, Seitenkanäle, Grundläufe und Sparbecken	351
6.2.1 Gleitschütz	351
6.2.2 Rollschütz	352
6.2.3 Segmentschütz	353
6.2.4 Sternverschluß	353
6.2.5 Gitterschütz	353
6.3 Tore für Binnenwasserstraßen (Sperrtore)	356
6.4 Tore für Docks und Hafenanlagen	357
6.4.1 Schwimmtor	357
6.4.2 Schiebetor	359
6.5 Sperrtore und Sieltore	362
6.6 Kahnschleusentore	364
6.7 Schutzvorrichtungen gegen Schiffsstoß	365
6.8 Schwimmpoller	367
6.9 Schiffshebwerke	368
6.9.1 Längsförderung mit Gewichtsausgleich (Ronquières [Belgien]).	369
6.9.2 Zweischwimmerhebwerk (Henrichenburg)	373
6.10 Schiffsaufschleppen	378
7 Notverschlüsse	381
7.1 Einteilige Notverschlüsse	381
7.2 Mehrteilige Notverschlüsse	382
7.2.1 Stautafeln mit Stützböcken	382
7.2.2 Stautafeln mit Einsteckpfosten	383
7.2.3 Nadelverschluß	383
7.2.4 Gleit- und Rolldammtafeln	384
7.3 Hubmittel	387
7.4 Einschwimmbarer Notverschluß	388
8 Nischen, Schienen und feste Teile	389
8.1 Allgemeine hydraulische und statische Überlegungen für die Nische	389
8.2 Nischenformen	392
8.3 Laufschienen	393
8.3.1 Schienenarten	393
8.3.2 Spannungen in der Schiene	394
8.3.3 Schienenkopfbreite	397
8.4 Pressungen in der Schienenunterlage	398
8.5 Feste Teile und Panzerung	400

C. Besondere Probleme

9 Dichtung	403
9.1 Allgemeines	403
9.2 Profiltypen	405
9.3 Dichtungen für verschiedene Verschlußarten	405
9.3.1 Sohlendichtung, anwendbar für fast alle Verschlußarten	405
9.3.2 Gleit- und Rollschütz	406
9.3.3 Hakendoppelschütz	407
9.3.4 Segmentschütz	408
9.3.5 Klappe	409
9.3.6 Absenkschütz	410
9.3.7 Sektor	412
9.3.8 Schleusentore	413
9.3.9 Tiefschütze	415
9.3.9.1 Schleifende Dichtung	416
9.3.9.2 Sich abhebende Dichtung	416
9.3.10 Nach zwei Richtungen wirksame (kehrende) Dichtungen	419
9.4 Herstellung und Befestigung	421
9.5 Gegendichtungsflächen, Toleranzen und Vorspannung	421
9.6 Berechnung der Dichtungsreibung	422
10 Belüftung	422
10.1 Einfluß der Belüftung	423
10.2 Luftbedarf bei überströmten Verschlüssen	423
10.3 Luftbedarf bei unterströmten Verschlüssen	425
10.3.1 Vereinfachte Ermittlung	425
10.3.2 Berücksichtigung der Stollenform	426
10.3.3 Belüftungsquerschnitt	428
10.3.3.1 Vereinfachte Ermittlung	428
10.3.3.2 Genauere Berechnung	429
11 Kavitation	430
11.1 Entstehung	430
11.2 Schäden	431
11.3 Verhütung	431
12 Schwingungen	433
12.1 Walze	433
12.2 Rollschütz	434
12.2.1 Unterströmt	434
12.2.2 Überströmt	435
12.2.3 Gleichzeitig unter- und überströmt	435
12.3 Klappe	437
12.4 Sektor, Trommelwehr	438
12.5 Tiefschütz	438
12.5.1 Einlauf	438
12.5.2 Schützkonstruktion	439
12.5.2.1 Allgemeines	439
12.5.2.2 Schützform	440

12.5.2.3 Gleitschütz	441
12.5.2.4 Rollschütz	441
12.5.2.5 Segmentschütz	442
12.6 Kegelstrahlschieber	442
12.7 Dichtung	443
12.8 Notverschluß	444
12.9 Antriebe	444
12.10 Rechen	445
13 Eis	445
13.1 Festigkeit	446
13.2 Eisdruck	446
13.3 Schutzmaßnahmen	448
13.3.1 Eisverhütung	448
13.3.1.1 Wassererwärmung	448
13.3.1.2 Druckluftenteisung	449
13.3.1.3 Ölheizung	449
13.3.1.4 Sonstige Maßnahmen	450
13.3.2 Eisabfuhr	450
13.3.3 Stoßminderung	451
14 Ermittlung der Antriebskraft	451
14.1 Hub- und Senkkräfte	451
14.2 Drehkräfte	454
14.3 Hub-, Senk- und Drehkräfte	455
15 Steuerungen.	455
15.1 Erfassung des Meßwertes	455
15.2 Elektrische Gebereinrichtungen	456
15.3 Empfangsgeräte	456
15.4 Steuerung des Wasserstandes oder der Wassermenge	457
15.5 Steuerung des Verschlusses in Abhängigkeit des Kraftwerkes	457
15.6 Steuerung selbsttätiger Verschlüsse	458
15.6.1 Sektor	458
15.6.1.1 Leckwasserausgleich	460
15.6.1.2 Einhalten des Oberwasserstandes	461
15.6.1.3 Schnellabsenkung, Alarmanlagen	462
15.6.2 Segmentschütz	462
15.7 Steuerung von Antrieben	464
15.7.1 Mechanische Antriebe	464
15.7.2 Hydraulische Antriebe	464
15.7.2.1 Bewegung	464
15.7.2.2 Gleichlauf	466
15.8 Zentralsteuerung	467
15.8.1 Wehranlage	467
15.8.2 Schleusenanlage	467

16 Korrosionsschutz	469
16.1 Verhütung oder Minderung des Korrosionsangriffes	469
16.2 Konservierung	472
16.2.1 Vorbereitende Arbeiten	472
16.2.2 Anstrichmaterialien und Aufbringungsverfahren	473
16.2.3 Erzielbare Schichtstärken und Schichtstärkeprüfungen	474
16.3 Metallische Überzüge	475
16.4 Vorübergehender Rostschutz	475
16.5 Elektrochemischer Schutz	475
16.6 Gewährleistungs- und Garantiefragen	476

D. Maschinelle und elektrische Ausrüstung

17 Armaturen und Hubmittel	478
17.1 Armaturen	478
17.1.1 Laufrollen	478
17.1.1.1 Lagerung	478
17.1.1.2 Abdichtung und Schmierung	481
17.1.1.3 Anbau der Laufrollen an den Verschlußkörper	481
17.1.1.4 Beanspruchung einer Laufrolle	485
17.1.2 Stoney-Rollen	486
17.1.3 Drehlager für Segmente	488
17.1.4 Lager für Stauklappen	490
17.1.5 Lager für Sektoren	491
17.1.6 Spurlager	492
17.1.7 Rollkränze	494
17.2 Hubmittel	494
17.2.1 Gallsche Gelenkketten	494
17.2.2 Triebstockstangen und -kränze (-segmente)	496
17.2.3 Gelenkzahnstange, Triebstockkette	497
17.2.4 Drahtseile	499
17.2.5 Gliederketten	499
17.2.6 Spindeln	499
17.2.7 Schubstangen und Lenker	500
18 Antriebe	501
18.1 Mechanische Antriebe	501
18.1.1 Haupttriebwerkselemente	501
18.1.1.1 Übersetzungsgetriebe	501
18.1.1.2 Wellen und Lager	503
18.1.1.3 Bremsen	503
18.1.1.4 Handantrieb und Notantrieb	505
18.1.1.5 Verriegelungen und Schützaufhängungen	506
18.1.2 Verbindung bei zweiseitigen Antrieben	506
18.1.3 Triebwerksrahmen	507
18.2 Ölhydraulische Antriebe	507
18.2.1 Arbeitszylinder	510
18.2.2 Öldruckerzeugungsanlagen	512
18.2.3 Öldruck	513

18.3 Antriebe für verschiedene Konstruktionen	514
18.3.1 Wehrantriebe	514
18.3.1.1 Rollschütz	514
18.3.1.2 Hakendoppelschütz	516
18.3.1.3 Klappe	517
18.3.1.4 Segment	518
18.3.1.5 Fahrbare Antriebe	520
18.3.2 Turbinenverschlüsse	521
18.3.3 Tiefschütze	524
18.3.4 Schiffahrtsanlagen	525
19 Elektrische Ausrüstung	528
19.1 Allgemeines	528
19.2 Antriebe und Steuerungen	530
19.3 Antriebe für stufenloses langsames Anfahren und Abbremsen	533
19.4 Antriebsschutz	533
19.5 Beheizungen	533

E. Sonstiges

20 Montage	535
20.1 Im Werk	535
20.1.1 Allgemeines	535
20.1.2 Segmentschütz	536
20.1.3 Sektor	537
20.1.4 Rollschütz	538
20.2 Auf der Baustelle	538
20.2.1 Allgemeines	538
20.2.2 Feste Teile	540
20.2.3 Verschlüsse	542
20.2.3.1 In trockener Baugrube	542
20.2.3.2 Auf Rüstung	543
20.2.3.3 Außerhalb des unmittelbaren Baustellenbereiches	544
20.2.4 Antriebs- und Maschinenteile	545
20.2.5 Probetrieb	545
21 Modellversuche	546
Literaturverzeichnis	549
Verzeichnis der Firmen-Kurznamen	574
Sachverzeichnis	576