
D. Weismann und T. Gutzeit

Kommunale Abwasserpumpwerke

Inhalt

	Einleitung zur 2. deutschen Auflage	17
1	Strömungstechnik für die Abwasserförderung in Druckleitungen und betriebswirtschaftlich richtige Wahl der Förderanlagen	21
1.1	Nachblasetechnik in Abwasserdruckleitungen und ihre Grenzen	21
1.1.1	Erklärung der Grundlagen	21
1.1.2	Grenzen des Transportes bei horizontaler Lage der Rohrleitung	23
1.1.3	Grenzen des Transportes bei steigender Rohrleitung	23
1.2	Ermittlung von Druckgrößen in teilgefüllten, geschlossenen Abwasserdruckleitungen ohne Entlüftungen der Hochpunkte	25
1.3	Druckluft in Abwasserdruckleitungen mit Entlüftungen der Hochpunkte und dessen Folgen	26
2	Feststoff-Transport in Abwasserdruckleitungen	27
2.1	Grundlagen zum hydraulischen Feststoff-Transport	27
2.1.1	Allgemeines zu Begriffen und Indizes	27
2.1.2	Rohrleitungsförderung bei Flüssigkeits-Feststoffgemischen	29
2.1.3	Druckverlustberechnung	32
2.2	Geschwindigkeiten für den Feststoff-Transport	33
2.2.1	Begriffsklärung für die kritische Geschwindigkeit: v_{krit}	33
2.2.2	Beispiel zur v_{krit} -Ermittlung mit Nomogramm	35
2.3	Nachblaseanlagen (Druckluft-Spülanlagen) als Unterstützung des Feststoff-Transportes	35
3	Druckstoß in Abwasserdruckleitungen und Lösungswege zur Wahl des Fördersystems	37
3.1	Wahl der Druckleitung und deren Strömungsberechnung	38
3.2	Grundlagen zum Druckstoß in Abwasserdruckleitungen	40
3.2.1	Schließzeit und Nachlaufzeit der Transportanlage	41
3.2.2	Mögliche Maßnahmen zur Druckstoßkompensation	41
3.2.2.1	Mechanische Maßnahmen	41
3.2.2.2	Hydraulische Maßnahmen	42
3.2.2.3	Verfahrenstechnische Maßnahmen	42

3.3	Diskussion der Vorgänge zum Bild 17	43
3.4	Druckstoßrelevante Masse und Einfluss des Verlaufes einer Druckleitung	44
3.5	Dämpfung des Druckstoßes und Grundsatzhinweise zur Planung ...	46
3.6	Systeme zur Vermeidung von Rohrleitungskavitation	47
4	Förderverfahren und einsetzbare Fördertechnik	49
4.1	Hydraulisch unterstützte Abwasserförderung	50
4.1.1	Förderverfahren mit Maschinen nach dem Strömungsprinzip	51
4.1.1.1	Einkanalradpumpen	54
4.1.1.2	Mehrkanalradpumpen	54
4.1.1.3	Schraubenkanalradpumpen	56
4.1.1.4	Freistromradpumpen	57
4.1.1.5	N-Laufradpumpen	58
4.1.1.6	Pumpen mit Zerkleinerungseinrichtungen	59
4.1.1.6.1	Schneidradsysteme	59
4.1.1.6.2	Grobzerhackersysteme	60
4.1.2	Förderverfahren mit Maschinen nach dem Verdrängungsprinzip	62
4.1.2.1	Exzentrerschnepumpen	64
4.1.2.2	Drehkolbenpumpen	66
4.1.2.3	Membrankolbenpumpen	67
4.1.2.4	Schlauchmembrankolbenpumpe	69
4.1.3	Direkte hydraulische Verfahren	70
4.1.4	Indirekte hydraulische Verfahren	72
4.2	Pneumatisch unterstützte Abwasserförderung	73
4.2.1	Pneumatische Überdruckverfahren	74
4.2.2	Pneumatische Unterdruckverfahren	75
4.3	Kombinationen von verschiedenen Fördersystemen	79
4.3.1	Kombinierte pneumatische Saug- und Druckanlage	79
4.3.2	Selbstansaugende Abwasserpumpen als Strömungsmaschinen	80
4.3.3	Kombinierte Pneumatik-/Verdrängerpumpenanlage	81
4.3.4	Kombiniertes hydro-vakuumpneumatisches Ejektor-Verfahren	83
4.4	Sperrstofftrennförderanlagen	83
4.5	Gefälledruckverfahren	84
5	Belüftungs- und Druckleitungsspülanlagen	87
5.1	Abwasser-Belüftungsanlagen	87

5.1.1	Einsatz Gesichtspunkte	87
5.1.2	Möglichkeiten der Belüftungsanlagen	91
5.1.2.1	Positive biologische Beeinflussung	92
5.1.2.2	Positive hydraulische Beeinflussung	92
5.1.2.3	Negative hydraulische Beeinflussung	92
5.1.2.4	Negativbeispiel	93
5.2	Bauarten	95
5.2.1	Stationäre, direkte Belüftungsanlage	95
5.2.2	Stationäre, indirekte Belüftungsanlagen	97
5.3	Druckleitungsspülanlagen	99
5.3.1	Hintergründe zum Medium	101
5.3.2	Möglichkeiten der Druckleitungsspülanlagen	101
5.3.2.1	Positive biologische Beeinflussung	102
5.3.2.2	Positive hydraulische Beeinflussung	102
5.3.2.3	Negative hydraulische Beeinflussung	103
5.3.3	Stationäre, direkte Druckleitungsspülanlagen	104
5.3.4	Stationäre, indirekte Druckleitungsspülanlagen	106
5.4	Kombinationsanlagen und Sonderbauweisen	108
5.4.1	Beherrschung von Druckstoß, Biologie, Hydraulik und Wirtschaftlichkeit	108
5.4.2	Beherrschung Biologie und Hydraulik	111
5.4.3	Mobile Belüftungs- und Druckleitungsspülanlagen	113
5.4.4	Lineares, direktes Schlauchbelüftungssystem	114
5.5	Einsetzbare Materialien	116
5.5.1	Kompressoren	116
5.5.1.1	Kolbenkompressoren	116
5.5.1.2	Schraubenkompressoren	117
5.5.1.3	Duckluftspeicherbehälter	117
5.5.1.4	Rohrleitungen	119
5.5.1.5	Armaturen	119
5.6	Zusätzliche Hinweise	120
6	Verfahrenstechnische Lösungen kommunaler Abwasserpumpwerke	121
6.1	Pumpwerke mit nass aufgestellten Pumpen	122
6.1.1	Pumpwerke mit Strömungsmaschinen mit direkter Förderung aller Abwasserinhaltsstoffe	123
6.1.2	Pumpwerke mit Strömungsmaschinen mit indirekter Förderung aller Abwasserinhaltsstoffe durch Sperrstofftrennfördertechnik	129
6.2	Pumpwerke mit trocken aufgestellten Pumpen	132

6.2.1	Pumpwerke mit Strömungsmaschinen mit direkter Förderung aller Abwasserinhaltsstoffe	133
6.2.2	Pumpwerke mit Strömungsmaschinen mit indirekter Förderung aller Abwasserinhaltsstoffe durch Trennapparate	138
6.2.2.1	Sperrstofftrennfördersystem mit innen liegenden Trennkammern ...	139
6.2.2.2	Sperrstofftrennfördersystem mit außen liegenden Trennkammern ..	142
6.2.2.3	Schachtsperrstofftrennfördersysteme	147
6.2.2.4	Siebesselsysteme	151
6.2.3	Pumpwerke mit Verdrängermaschinen mit indirekter Förderung aller Abwasserinhaltsstoffe durch Sperrstofftrennfördertechnik	154
6.3	Pneumatisch unterstützte Abwasserförderung	156
6.3.1	Pneumatische Überdruckverfahren	156
6.3.1.1	Verfahrenserläuterung	157
6.3.1.2	Anlagenaufbau	158
6.3.1.2.1	Arbeitsbehälter	159
6.3.1.2.2	Abwasser-, Arbeits- und Steuerluftleitungen	163
6.3.1.2.3	Armaturen	164
6.3.1.2.4	Arbeitsluftkompressoren	166
6.3.1.2.5	Pneumatische Steuerlufteinheit	168
6.3.1.2.6	Schalldämmmaßnahmen	171
6.3.1.2.7	Schalt- und Steueranlage	178
6.3.1.2.8	Lüftungstechnik	180
6.3.1.3	Bauwerke	182
6.3.2	Kombinierte pneumatische Saug-/Druckverfahren (SD-Pneumatikanlagen)	187
6.3.2.1	Verfahrensbeschreibung	188
6.3.2.2	Anlagenaufbau	190
6.3.2.2.1	Arbeitsbehälter	191
6.3.2.2.2	Abwasser-, Arbeits- und Steuerluftleitungen	192
6.3.2.2.3	Arbeitsluftkompressoren für den Saug- und Druckhub	194
6.3.2.2.4	Pneumatische Steuerlufteinheit	195
6.3.2.2.5	Schalldämmmaßnahmen	196
6.3.2.2.6	Schalt- und Steueranlage	197
6.3.2.2.7	Lüftungstechnik	198
6.3.2.3	Bauwerke	200
6.4	Pneumatische Unterdruckverfahren (Vakuumpneumatische Anlagen)	202
6.4.1	Verfahrensbeschreibung	204
6.4.2	Anlagenaufbau	206
6.4.3	Einsatz und Planung	207
6.4.4	Verknüpfung mit anderen Pumpwerksverfahren	208
6.5	Sondertechniken und Speziallösungen	209
6.5.1	Kombinationsanlage Pneumatik-Verdrängeranlage	210

6.5.2	Kombinationsanlage Hebewerk-Verdränger- Druckleitungsspülanlage	212
6.5.3	Kombinationsanlage Hebewerk-Pneumatikanlage	215
6.5.4	Kombinationsanlage Kreiselpumpe, trocken aufgestellt – Druckleitungsspülanlage	217
6.5.5	Gefälledruckleitung mit Druckleitungsspülanlage und gezielter Abflussregelmöglichkeit	220
6.6	Abschließendes	223
7	Schalt-, Steuer- und Automatisierungstechnik	225
7.1	Bestandteile	225
7.1.1	Einspeiseteil	226
7.1.2	Lastteil	227
7.1.3	Steuerteil	229
7.2	Konventionelle Steuerung	229
7.3	Mikroprozessorsteuerung	230
7.3.1	Kompakt-SPS	232
7.3.2	Modular-SPS	233
7.4	Das SPS-Programm	235
7.5	Sonderbauarten der SPS	236
7.6	Niveausteuerungen	239
7.6.1	Schwimmerschalterniveausteuern	242
7.6.2	Kapazitive Messungen	244
7.6.3	Pneumatische Niveausteuerungen	246
7.6.3.1	Offene Pneumatikniveausteuern	246
7.6.3.2	Geschlossene Pneumatikniveausteuern	248
7.6.4	Ultraschallniveausteuern	250
7.6.5	Konduktive Niveausteuern	252
7.6.6	Hydrostatische Niveausteuern	253
7.7	Mengenmessung	256
7.7.1	Magnetisch-induktive Durchflussmessung (MID)	256
7.7.2	Hubzählungen	261
7.8	Mengenregulierung	261
7.9	Druck(grenzwert)messungen	263
7.10	Bedien- und Visualisierungseinheiten	264
7.11	Signalisierung, Fernwirkung, Fernwartung	266

7.11.1	Örtliche Signalisierung	267
7.11.2	Telefongestützte Signalisierung	267
7.11.3	Fernüberwachungs- und Steuersysteme	268
7.11.3.1	Fernwirkssysteme	269
7.11.3.2	Fernwartungssysteme	270
8	Materialeinsatz	275
8.1	Materialgüte und Oberflächenbehandlung	275
8.1.1	Korrosionsbeständigkeit	275
8.1.1.1	Edelstahlteile	275
8.1.1.2	Aluminiumteile	276
8.1.1.3	Kunststoffteile	276
8.1.1.4	Gussteile	276
8.1.1.5	Normalstahlteile	277
8.1.2	Kohäsionsbeständigkeit	278
8.2	Armaturen	278
8.2.1	Schieber	278
8.2.2	Ventile	281
8.2.3	Absperrklappen	282
8.2.4	Kugelhähne	282
8.2.5	Regelarmaturen	282
8.2.6	Rückschlagarmaturen	283
8.2.6.1	Rückschlagklappen	284
8.2.6.2	Rückschlagkugelventile	285
8.3	Hilfs- und Fremdenergieantriebe	286
8.3.1	Pneumatische Kolbenantriebe	287
8.3.2	Motorantriebe	288
8.4	Be- und Entlüftungsventile	289
8.5	Sicherheitsventile	292
8.6	Druckstoßdämpfende Armaturen	292
9	Bautechnik für Pumpwerksbauwerke	295
9.1	Aufgaben und Grundanforderungen an den Bauwerkskörper	295
9.2	Allgemeine Dimensionierungshinweise	297
9.3	Materialeinsatz	297
9.3.1	Bedingungen zum Einbringen des Betons	300
9.3.2	Schalung	301

9.3.3	Fugen	303
9.3.4	Ausschalen und Nachbehandlung	303
9.3.5	Fertigbetonbauteile	303
9.3.5.1	Runde unterirdische Fertigbetonteile	304
9.3.5.2	Eckige unterirdische Fertigbetonteile	305
9.4	Undichtigkeiten an neu erstellten Betonbauwerken	307
9.5	Wasserhaltung	309
9.6	Gründung	311
9.7	Baugruben	311
9.8	Stand sicherheitsnachweis	315
9.9	Mögliche Bauschutzmaßnahmen	315
9.9.1	Innerer Schutz	315
9.9.2	Äußerer Schutz	317
9.10	Hochbauteile	317
9.11	Allgemeine Hinweise	318
9.11.1	Fundamente im Pumpwerk	319
9.11.2	Montageöffnungen und -vorrichtungen	319
9.11.3	Zugänge und Treppen	322
9.11.4	Zufahrten zu Pumpwerken	323
9.12	Hinweise zu Bauwerken aus Kunststoff	323
9.12.1	Typische Einsatzfälle von Pumpwerken aus Kunststoff	324
9.12.2	Korrosionsfestigkeit	327
9.12.3	Kohäsionsfestigkeit	327
9.12.4	Standfestigkeit (Statik)	328
9.12.5	Auftriebssicherheit	329
9.12.6	Belastbarkeit und Überfahrbarkeit	330
9.12.7	Einbau	330
9.12.8	Stand sicherheit und -festigkeit der Einbauten	331
9.13	Baukörper aus Polymerbeton	331
9.14	Sicherheit gegen unberechtigtes Betreten von PW	331
9.15	Abschließendes	332
10	Druckleitungen, Druckleitungsservice- und Übergabebauwerke	333
10.1	Druckleitungen für den Abwassertransport	334

10.1.1	Material und Druckstufen	334
10.1.2	Dimensionierungshinweise	337
10.1.2.1	Strömungsgeschwindigkeit	337
10.1.2.2	Mindestnennweite	338
10.1.3	Verlegung der Leitungen	340
10.1.3.1	Verlegung und Topographie	340
10.1.3.2	Verlegearten	343
10.1.3.3	Besondere Verlegehinweise	351
10.2	Druckleitungsservicebauwerke	353
10.2.1	Notwendigkeit von Druckleitungsservicebauwerken	353
10.2.2	Entscheidungskriterien	355
10.2.3	Beispiele für Druckleitungsserviceschächte	356
10.2.3.1	Be- und Entlüftungsschacht	357
10.2.3.2	Streckenschieber- und -revisionsschacht	357
10.2.3.3	Spülschacht	357
10.2.4	Materialien	357
10.2.5	Lüftungsproblematik	359
10.2.6	Einbau und Zugänglichkeit	359
10.3	Druckleitungsübergabebauwerke	359
10.3.1	Bauformen	360
10.3.2	Auswahl einer Bauform	361
10.3.3	Darstellung der Bauformen	362
10.3.3.1	Axiale Medienübergabe über der Medienoberfläche – Axiales DÜB/F	363
10.3.3.2	Radiale Medienübergabe über der Medienoberfläche – Radiales DÜB/F	365
10.3.3.3	Axiale Medienübergabe unter der Medienoberfläche – Axiales DÜB/U	366
10.3.4	Negativbeispiel	367
10.4	Abschließendes	371
11	Wirtschaftlichkeit von Abwasserpumpwerken	372
11.1	Nutzungsdauer von Abwasserpumpwerken und deren Hauptbaueinheiten	372
11.2	Vergleichswerte	373
11.2.1	Investitionskosten	374
11.2.2	Betriebskosten	374
11.3	Abschließende Betrachtung	375

12	Pumpwerksentwicklung	377
12.1	Grundsatzuntersuchungen	377
12.2	Suche eines geeigneten Förderverfahrens	379
12.2.1	Misch- oder Trennkanalisation	379
12.2.2	Fördermengen	379
12.2.3	Druckleitung	379
12.2.4	Förderdruck	379
12.2.5	Fördersystemprüfung	380
12.2.6	Zusatzsystemprüfung	380
12.2.7	Druckleitungsprüfung	380
12.3	Standortprüfung	381
12.4	Suche von notwendigen Zusatzsystemen	381
12.4.1	Fördereinrichtung	381
12.4.2	Druckleitung	381
12.4.3	Zusatzeinrichtung	382
12.5	Steuerungseinrichtung	382
12.6	Baubedingungen	383
12.7	Wirtschaftlichkeit	384
12.8	Pumpwerksnetzsysteme	385
12.9	Berechnungs- und Dimensionierungsmethoden	387
12.10	Abschließendes	392
13	Abwasser – H₂S, Korrosion, Kavitation, Druckleitungsverstopfung	393
13.1	Das Medium Abwasser	396
13.1.1	Herkunft des Abwassers und Zuverlässigkeit des Förderverfahrens	396
13.1.2	Abwasserarten, Abwasserzusammensetzung und daraus folgende biologische und chemische Aspekte	397
13.1.2.1	Häusliches Schmutzwasser	397
13.1.2.2	Gewerbliches und industrielles Schmutzwasser	398
13.1.2.3	Fremdwasser	399
13.1.2.4	Regenwasser	399
13.2	Abwasser – Herkunft und Mengenanfall	399
13.2.1	Häusliches Abwasser und Abwasser von kleinen gewerblichen und industriellen Einleitern	401

13.2.2	Abwassermengenbestimmung	402
13.2.2.1	Mengenbestimmung Schmutzwasser	402
13.2.2.2	Mengenbestimmung Fremdwasser	402
13.2.2.3	Mengenbestimmung Regenwasser	405
13.3	Abwassererfassung im Trennsystem und Mischsystem – ist eine klare Trennung möglich und sinnvoll?	406
13.3.1	Trennkanalisation	406
13.3.2	Mischwasserkanalisation	407
13.3.3	Sind exakte Trennsysteme möglich?	407
13.3.4	Sind exakte Trennsysteme sinnvoll?	407
13.3.4.1	Grundgedanke der Trennkanalisation	408
13.3.4.2	Ausblick in die Entwicklung der Abwassermengen	409
13.4	Sinkende Mengen und Probleme der Abwassertechnik	410
13.5	Probleme beim Druckleitungstransport im Allgemeinen	413
13.6	Möglichkeiten der Problemverhinderung	414
13.6.1	Problemorientierter Neubau	414
13.6.2	Weiterbetrieb vorhandener Anlagen mit veränderten Bedingungen	414
13.6.3	Problemorientierte Sanierung vorhandener Anlagen	416
13.7	Ergänzende Praxishinweise	416
13.7.1	Was ist zu tun, wenn: Die Fördermenge erst in der Zukunft den optimalen Wert erreicht	416
13.7.2	Was ist zu tun, wenn: Das Medium sehr sedimenthaltig ist	416
13.7.3	Was ist zu tun wenn: Sich auf Grund der Verweilzeiten im Abwassersammelschacht eine Schwimmdecke bilden kann	416
13.7.4	Was ist zu tun, wenn: Gefahr besteht, dass das Abwasser in der Druckleitung die H ₂ S-Problematik erzeugt	416
13.7.5	Was ist zu tun, wenn: Eine bestehende Anlage zu wenig Abwasser erhält und Betriebsprobleme eintreten	42
13.8	Abschließendes	43
14	Technische Sanierung kommunaler Abwasserpumpwerke ..	43
14.1	Sanierungsgründe	43
14.2	Analyse der bisherigen Situation	43
14.3	Entwicklung und Prüfung der Sanierungslösung	43
14.4	Abschließendes	43

15	Abwasseranlagen in einer Wohnbebauung	436
15.1	Probleme zwischen Wohnbebauung und kommunalen Abwasserpumpwerken	437
15.2	Grundsätzliches zur Beachtung	438
15.3	Lageeinordnung im Entwässerungssystem	438
15.4	Lageeinordnung in Bezug auf die Wohnbebauung	439
15.4.1	Mögliche Gefahrenpotenziale	440
15.4.2	Mögliche Belastigungspotenziale	441
15.5	Verfahrenstechnische Vorsorgemaßnahmen	443
15.6	Technische Vorsorgemaßnahmen	445
15.7	Bautechnische Vorsorgemaßnahmen	447
15.8	Optische Gestaltung zur architektonischen Lageeinordnung	449
15.9	Sicherheitsvorkehrungen	452
15.10	Abschließendes	453
16	Humanschutz in kommunalen Abwasserpumpwerken	455
16.1	Schutz vor Körperschaden	456
16.1.1	Mechanisch verursachte Körperschäden	456
16.1.1.1	Absturzgefahren	456
16.1.1.2	Gefahren durch Einbauten und Lasten	456
16.1.2	Elektrisch verursachte Körperschäden	458
16.2	Schutz vor Infektionen	463
16.3	Schutz vor Gefahren durch Schwefelwasserstoff	466
16.4	Abschließendes	467
17	Nutzung regenerativer und alternativer Energien in kommunalen Abwasserpumpwerken	469
17.1	Gesetze, Richtlinien und europäische Ziele	470
17.2	Stand der Technik	474
17.3	Nutzbare Energiearten	474

17.4	Nutzungspotenziale und Einsatzorte	475
17.4.1	Solare Strahlungsenergie – Fotovoltaik	476
17.4.2	Windkraft	478
17.4.3	Abwasserkraft	480
17.4.4	Abwasserthermie	483
17.4.5	Energiemischgewinnung	487
17.5	Verwertung gewonnener Energie	487
17.6	Investitionen, Fördermittel und Nutzung	488
17.7	Abschließendes	489
18	Rechtsgrundlagen und Vorschriftenwerke	490
18.1	Rechtsgrundlagen	490
18.2	Regelwerke	491
18.2.1	DWA-Regelwerk	492
18.2.2	DIN-Regelwerk	492
18.2.3	CEN-Regelwerk	493
18.2.4	Andere Regelwerke	493
18.3	Auswahl einiger ergänzender Regeln und Vorschriften	494
18.4	Praxisanwendung	496
19	Weiterführende Informations- und Bildungsquellen	497
19.1	Literatur	501
19.2	Zeitschriften	501
19.3	Internet	502
19.4	Seminare	502
	Definitionen	503
	Inserentenverzeichnis	508