

OPTIMIERTE STRATEGIEN DER INSTANDHALTUNG VON DEZENTRALEN ABWASSERPUMPSTATIONEN

Diplomarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur

eingereicht von:
SCHITTER, WOLFGANG

Betreuer: Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Thomas ERTL

Mitbetreuer: Dipl.-Ing. Hanns Plihal

Vorwort

Diese Arbeit wurde am Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz an der Universität für Bodenkultur Wien unter der Leitung von Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Raimund Haberl durchgeführt. Herzlichen Dank für die Nutzung der Institutsräumlichkeiten, in denen diese Arbeit zum größten Teil entstand.

Besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Thomas Ertl, der mich mit seiner höchst angenehmen und kollegialen Art durch die Arbeit führte. Vielen Dank für die Möglichkeit dieser interessanten Arbeit, der im Zuge dieser gemachten Erfahrungen sowie für die Korrektur der Arbeit.

Danke an Dipl.-Ing. Hanns Plihal, der als Mitbetreuer mit Rat und Tat zur Seite stand und mit dem gemeinsam das Forschungsprojekt „Pumpstationen“ bearbeitet sowie die parktischen Untersuchungen dazu durchgeführt wurden.

In diesem Zuge auch ein herzliches Dankeschön an die Betreiber der untersuchten Kanalisationsanlagen für die Bereitstellung ihrer Betriebsdaten, als auch für die großzügige Verwendung ihrer Arbeitszeit bei Besichtigung und Fragen während der Untersuchungen.

Einen ganz besonderen Dank möchte ich meinen Eltern übermitteln. Sie waren und sind die Basis für mein Aufwachsen in einer warmherzigen Großfamilie mit der Vermittlung von grundlegenden Werten der Menschlichkeit. Darüber hinaus haben Sie mir durch Ihre großzügige, ausdauernde und verständnisvolle Unterstützung das Studium an der BOKU ermöglicht. Von ganzem Herzen, Danke!

Weiters möchte ich hier die Möglichkeit nutzen meinen Geschwistern, Freunden und besonders meiner geliebten Lebensgefährtin Eva zu danken. Durch die gemeinsam verbrachten Zeiten konnte ich nicht nur Motivation für das Studium schöpfen, auch alle anderen Bereiche des Lebens wurden und werden dadurch bereichert.

Abschließend möchte ich Lama Ole Nydahl für seine Hinweise über die letztendliche Natur der Dinge aber auch für sehr nützliche Weisheiten auf bedingter Ebene danken. Seinen Ratschlag die Dinge abzuschließen welche man begonnen hat, habe ich mir zu Herzen genommen.

„Ein Leben sollte man nutzen, um weiser anstatt nur älter zu werden.“

(Lama Ole Nydahl)

Möge das Studium der Kulturtechnik und Wasserwirtschaft sowie die in Verbindung damit gemachten Erfahrungen, einen Teil dazu beitragen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Zielsetzung und Aufgabenstellung.....	3
3. Allgemeine Grundlagen.....	5
3.1 Abwasserentsorgung in Österreich.....	5
3.2 Rechtliche Grundlagen.....	7
3.2.1 EU-Recht.....	7
3.2.1.1 Richtlinie 2000/60/EG – Wasserrahmenrichtlinie (EU, 2000).....	8
3.2.1.2 Richtlinie 2006/118/EG (EU, 2006).....	8
3.2.1.3 Richtlinie 91/271/EWG – „Kommunale Abwasserrichtlinie“ (EU, 1991).....	9
3.2.2 Österreichisches Recht.....	10
3.2.2.1 Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG, 2006):.....	10
3.2.2.2 Abwasseremissionsverordnungen.....	11
3.2.2.3 Indirekteinleiterverordnung (IEV, 1998).....	12
3.2.2.4 Umweltförderungsgesetz (UFG, 2008).....	12
3.2.3 Rechtsbestimmungen der österreichischen Bundesländer.....	13
3.2.3.1 Wien.....	13
3.2.3.2 Niederösterreich.....	13
3.2.3.3 Oberösterreich.....	13
3.2.3.4 Salzburg.....	14
3.2.3.5 Tirol.....	14
3.2.3.6 Vorarlberg.....	15
3.2.3.7 Kärnten.....	15
3.2.3.8 Steiermark.....	15
3.2.3.9 Burgenland.....	15
3.3 Technische Grundlagen.....	15
3.3.1 Normen.....	15
3.3.2 Regelwerke.....	16
3.3.2.1 ÖWAV Regelwerke.....	16
3.3.2.2 DWA Regelwerke.....	16
3.3.2.3 ISYBAU – Arbeitshilfen Abwasser.....	17
3.4 Entwässerungssysteme.....	17
3.5 Zwangsgesteuerter Abwassertransport.....	21
3.5.1 Pneumatisch unterstützter Abwassertransport.....	22
3.5.1.1 Pneumatische Unterdruckverfahren.....	22
3.5.1.2 Pneumatische Überdruckverfahren.....	23
3.5.2 Hydraulische Abwasserförderung.....	24
3.5.2.1 Förderung nach dem Strömungsprinzip.....	25
3.5.2.2 Förderung nach dem Verdrängungsprinzip.....	26
3.5.2.3 Sperrstofftrennförderung.....	28
3.6 Definition des Begriffes „dezentral“.....	29
4. Planung und Bau von Abwasserpumpanlagen.....	31
4.1 Generelle Anforderungen an Abwasserpumpstationen - Serviceability.....	32
4.2 Größenklassen und Pumpwerksarten.....	32
4.2.1 Größenklassen.....	32
4.2.2 Pumpwerksarten.....	32
4.2.2.1 Pumpwerke mit nass aufgestellten Pumpen.....	33
4.2.2.2 Pumpwerke mit trocken aufgestellten Pumpen.....	35
4.3 Bemessungsgrundlagen.....	36
4.3.1 Abwasserzufluss.....	36
4.3.2 Standort der vorgesehenen Pumpanlage im Netz und Förderaufgabe.....	37
4.3.3 Ordinate und Förderhöhen.....	37
4.3.4 Mindestkugeldurchgang.....	38
4.3.5 Strömungsgeschwindigkeit und lichte Weite der Druckleitung.....	39

4.3.6	Bemessung des Saugraumes	39
4.3.7	Anfaltung des Abwassers	40
4.3.8	Erweiterungsmöglichkeiten bzw. Erweiterungserfordernisse	40
4.4	Bauliche Gestaltung von Pumpwerken	41
4.4.1	Allgemeines	41
4.4.2	Einlauf	41
4.4.3	Rechen	41
4.4.4	Saugraum – Pumpensumpf.....	41
4.5	Maschinentechnik	42
4.5.1	Pumpen	42
4.5.1.1	Aufbau und Wirkungsweise von Kreiselpumpen	42
4.5.1.2	Leistungsdaten von Kreiselpumpen	43
4.5.1.3	Laufradformen	51
4.5.1.4	Aufstellungsarten.....	55
4.5.1.5	Betriebsstörungen von Abwasserpumpen.....	56
4.5.2	Rohrleitungen und Armaturen	57
4.6	Elektro-, Mess-, Steuer-, und Regelungstechnik.....	58
4.6.1	Niveaufassung.....	59
4.6.2	Durchflussmessungen	59
4.7	Fernüberwachung - Fernwirkung.....	60
4.7.1	Art der Datenübertragung.....	60
4.7.1.1	Örtliche Signalisierung.....	61
4.7.1.2	Drahtlose Kommunikation	62
4.7.1.3	Drahtgebundene Kommunikation.....	65
4.7.2	Dynamische Kostenvergleichsrechnung der Informationsübertragung (PLIHAL et al., 2011) 66	
4.7.3	Möglichkeit der Fernwirkung.....	69
5.	Instandhaltung von Pumpwerken.....	71
5.1	Wartung	72
5.2	Inspektion.....	73
5.2.1	Inhalte der Inspektion	73
5.2.2	Häufigkeit der Inspektion - Wartungsintervall.....	75
5.3	Instandsetzung.....	75
5.4	Verbesserung.....	75
5.5	Instandhaltungsarten - Instandhaltungsstrategien	76
5.5.1	Korrektive Instandhaltung.....	76
5.5.2	Präventive Instandhaltung.....	76
5.5.2.1	Vorausbestimmte Instandhaltung.....	77
5.5.2.2	Zustandsorientierte Instandhaltung.....	77
5.5.3	Vergleich der Instandhaltungsstrategien	77
6.	Kosten von Abwasserpumpwerken.....	79
6.1	Lebenszykluskosten.....	79
6.2	Investitionskosten.....	81
6.3	Betriebs- und Instandhaltungskosten	84
6.4	Energiekosten	87
7.	Material und Methoden	89
7.1	Datengrundlage.....	90
7.1.1	Technische Grunddaten	90
7.1.2	Betriebswirtschaftliche Daten	90
7.2	Datenauswertung.....	90

8. Ergebnisse.....	91
8.1 Zusammenfassung der Betreiber-Befragung.....	92
8.2 Arten von Abwasserpumpstationen.....	94
8.2.1 Anzahl der installierten Pumpen.....	96
8.2.2 Pumpenarten.....	97
8.2.3 Installierte Pumpenleistung.....	98
8.2.4 Pumpenanzahl mit dazugehöriger Leistung.....	99
8.3 Instandhaltung.....	100
8.3.1 Fernüberwachung und Fernwirkung.....	100
8.3.1.1 Betreiber A.....	100
8.3.1.2 Betreiber B.....	101
8.3.1.3 Betreiber C.....	101
8.3.1.4 Betreiber D.....	107
8.3.2 Aktuelle Praxis der PW-Wartung bei den untersuchten Betreibern.....	107
8.3.2.1 Pumpwerksreinigung.....	107
8.3.2.2 Tätigkeiten pro Pumpwerk.....	111
8.4 Pumpwerksstörungen.....	124
8.4.1 Betreiber A.....	125
8.4.2 Betreiber B.....	126
8.5 Betriebskosten.....	127
8.5.1 Betreiber A.....	127
8.5.2 Betreiber B.....	129
8.5.3 Betreiber C.....	132
8.5.4 Vergleich der untersuchten Betreiber.....	136
8.5.5 Auswertung aller Pumpstationen.....	138
8.5.6 Stromkosten.....	141
9. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse.....	143
9.1 Dokumentation von Anlagendaten.....	143
9.2 Zweckmäßige technische Ausstattung von Pumpstationen.....	143
9.3 Dokumentation und Nutzung von Betriebsdaten.....	145
9.3.1 Allgemeines.....	145
9.3.2 Störungen.....	146
9.3.3 Informationsgewinn durch Fernüberwachung.....	146
9.4 Kostenermittlung.....	148
9.4.1 Betriebskosten.....	148
9.4.2 Stromkosten/Stromverbrauch.....	151
9.5 Instandhaltungsstrategien.....	153
9.5.1 Allgemeines.....	153
9.5.2 Wartungsintervalle.....	153
9.5.3 Instandhaltungsstrategien der Betreiber.....	154
9.5.4 Best Management Practices (BMP).....	154
9.5.5 Fazit.....	155
10. Zusammenfassung.....	157
11. Ausblick.....	159
12. Literaturverzeichnis.....	161
13. Abbildungsverzeichnis.....	167
14. Lebenslauf.....	173

Kurzfassung

Bei der Erschließung des ländlichen Raumes mit Kanalisationen und zentralen Kläranlagen ist besonders in flachen und hügeligen Gebieten die Ableitung der Abwässer durch Freispiegelkanäle allein oft nicht möglich. Als besondere Maßnahmen sind hierfür zum Teil eine große Anzahl an Abwasserpumpwerken bzw. Abwasserhebeanlagen notwendig.

Um einen störungsfreien Betrieb dieser Pumpstationen zu gewährleisten, sind laufend Instandhaltungsarbeiten durchzuführen. Je nach Prioritätenstellung im Entsorgungsnetz und je nach technischer Ausstattung der Pumpwerke finden hier unterschiedliche Instandhaltungsstrategien ihre Anwendung, wobei die optimale Strategie durch hohe Betriebssicherheit und minimalem Ressourcenverbrauch charakterisiert ist.

Im ersten Teil der Arbeit werden aufgrund einer Literaturrecherche die rechtlichen, technischen und wirtschaftlich relevanten Punkte hinsichtlich der Ausstattung, dem Betrieb und der Instandhaltung von Pumpstationen erläutert.

Der zweite Teil der Arbeit stellt eine Fallstudienuntersuchung dar, in der vier repräsentative Kanalbetreiber im ländlichen, kleinstrukturierten Gebiet bezüglich des Betriebes und der Instandhaltung ihrer Abwasser-Pumpstationen ausgewertet werden. Durch die Gegenüberstellung der Betriebsdaten wird auf die Unterschiede in den praktizierten Betriebs- bzw. Instandhaltungsstrategien und ihre Auswirkungen auf Betriebssicherheit und Betriebswirtschaftlichkeit eingegangen.

Abschließend werden Optimierungsvorschläge formuliert, welche sowohl für Planer als auch Betreiber von Abwasser-Pumpstationen hilfreich zur Prozessoptimierung im Betrieb und in der Instandhaltung sein sollen.

Keywords: Abwasserentsorgung, Betriebsdaten, Fernüberwachung, Instandhaltung, Instandhaltungsstrategien, Pumpen, Pumpstationen, Pumpwerke, Wartung

Abstract

In the development of rural areas by building sewers and central wastewater treatment plants, particularly in flat and hilly areas, wastewater often cannot be discharged by gravity sewer alone. Under such conditions, a large number of sewage pumping stations or sewage pumping facilities is required.

In order to ensure a reliable operation of these pumping stations, they have to be maintained regularly. Depending on their priority in the sewer network and the technical equipment, different maintenance strategies can be applied. The most efficient maintenance strategy is characterized by a high operational reliability and a minimal usage of resources.

In the first part of the thesis legal, technical and economically relevant issues regarding the equipment, operation and maintenance of pumping stations are discussed using the existing literature in the field of sanitary engineering.

The second part of the work is a case study in which four representative operators of sewer networks in the rural area are evaluated regarding the operation and maintenance of their facilities. By comparing the operating data of the wastewater pumping stations, differences in the operating and maintenance strategies as well as their influences on the reliability and operational efficiency are discussed.

The concluding part of the thesis suggests approaches/methods that can be applied in order to optimize operation and maintenance procedures in pumping facilities for those who plan and run them.

Keywords: control system, maintenance, operational data, pumping stations, pumps, strategies of maintenance, waste water, waste water disposal

1. Einleitung

Bei der Erschließung des ländlichen Raumes mit Kanalisationen und zentralen Kläranlagen, ist besonders in flachen und hügeligen Gebieten die Ableitung der Abwässer alleinig durch Freispiegelkanäle oft nicht möglich. Als besondere Maßnahmen sind hierfür zum Teil eine große Anzahl an Abwasserpumpstationen bzw. Abwasserhebeanlagen notwendig.

„Pumpanlagen sind gelegentlich in Freispiegelsystemen erforderlich, um zu große Tiefenlagen zu vermeiden oder um tief liegende Gebiete zu entwässern.“ ÖNORM EN 752, (2008)

„Die Pumpanlage hat bei der Abwasserableitung ihre besondere Bedeutung dadurch, dass sie durch die Vermeidung zu großer Tiefenlagen die Wirtschaftlichkeit eines Entwässerungssystems verbessern kann.“ ATV-A 134, (2000)

Der Betriebssicherheit dieser Pumpanlagen wird ein wichtiger Stellenwert eingeräumt, da das Nichterkennen eines Ausfalls von Pumpen unter Umständen schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt haben kann. So wurde z. B. in der Stadt Renningen, einer Kleinstadt etwa 15 km westlich von Stuttgart, der Ausfall von Pumpen eines Pumpwerkes vom 15. bis zum 19. Juli 2004 nicht erkannt, sodass ungeklärtes Abwasser aus dem Regenüberlaufbecken in den Rankbach überlief. Dabei entstand eine derart hohe Schadstoffkonzentration an Nitrit und Ammonium, dass viele Fische verendeten. Bei der nachträglichen Auswertung der Protokolle wurden viele Störfälle gefunden, die im Vorfeld aufgetreten sind, auf die aber anscheinend nicht eingegangen wurde. Daraufhin wurde der verantwortliche Stadtbaumeister aus Renningen wegen fahrlässigem Handeln vom Amtsgericht Leonberg zu einer Geldstrafe von 3600 Euro verurteilt (REKONEN, 2008).

In Österreich ist die Instandhaltungspflicht im Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) verankert.

§50 (1) „Sofern keine rechtsgültigen Verpflichtungen anderer bestehen, haben die Wasserberechtigten ihre Wasserbenutzungsanlagen einschließlich der dazugehörigen Kanäle, künstlichen Gerinne, Wasseransammlungen sowie Vorrichtungen in dem der Bewilligung entsprechenden Zustand und, wenn dieser nicht erweislich ist, derart zu erhalten und zu bedienen, dass keine Verletzung öffentlicher Interessen oder fremder Rechte stattfindet.“ WRG (2006)

In der praktischen Anwendung kommt es hier zum Einsatz unterschiedlicher Instandhaltungsstrategien. So ist z.B. laut Bestimmungen des AMTES DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2010), eine Inspektion von Sonderbauwerken (Pumpwerke, Regenbecken, Regenüberlauf etc.) durch eine wiederkehrende Kontrolle vor Ort in einem Intervall von 1 Monat gefordert. Bei Abwasserverbänden mit vielen kleinen Pumpstationen führt dies zu erheblichem Aufwand.

Das ÖWAV Regelblatt 22 (1989), welches derzeit überarbeitet wird, schlägt kein fixes Wartungsintervall, sondern lt. Punkt 1.2.1 einen Zeitplan zur systematischen Überprüfung von Pumpwerken *„je nach Bedeutung und Art der technischen Ausstattung“* vor. Das gab den Anstoß für genauere Untersuchungen in diesem Bereich.

Die Diplomarbeit wurde als Teil eines Forschungsprojektes des Institutes für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz, der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt, wobei sich der Bearbeitungszeitraum zwischen März 2010 und Juni 2011 erstreckte.

In der Arbeit wird u.a. untersucht, ob bei der Instandhaltung von Pumpstationen unter gewissen Voraussetzungen das Wartungsintervall bei weiterhin bestehender Betriebssicherheit dehnbar ist. Dabei wird die Anwendung unterschiedlicher Instandhaltungsstrategien diskutiert, wobei die optimale Strategie durch hohe Betriebssicherheit und minimalem Ressourcenverbrauch charakterisiert ist.

Eine wesentliche Grundvoraussetzung, um die Strategien der Pumpwerkswartung optimieren zu können, ist eine gute Kenntnis über die möglichen Arten von Pumpenstörungen, deren Ursachen und Auswirkungen. In der internationalen Forschung findet man bisher aber nur wenige Publikationen zu diesem Thema (z. B. KORVING et al. (2005, 2008)).

Im ersten Teil der Arbeit werden aufgrund einer Literaturrecherche die rechtlichen, technischen und wirtschaftlich relevanten Punkte hinsichtlich der Ausstattung, des Betriebes und der Instandhaltung von Pumpstationen erläutert.

Der zweite Teil der Arbeit behandelt die Untersuchung der Fallstudien von vier repräsentativen Kanalbetreibern im ländlichen, kleinstrukturierten Gebiet bezüglich des Betriebes und der Instandhaltung ihrer Abwasser-Pumpstationen. Durch die Gegenüberstellung der Betriebsdaten wird versucht, auf die Unterschiede in den praktizierten Betriebs- bzw. Instandhaltungsstrategien und ihren Auswirkungen auf Betriebssicherheit und Betriebswirtschaftlichkeit einzugehen.

Abschließend werden Optimierungsvorschläge formuliert, welche sowohl für Planer als auch Betreiber von Abwasser-Pumpwerken, hilfreich zur Prozessoptimierung im Betrieb, in der Wartung und in der Instandhaltung sein sollen.

2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

In dieser Diplomarbeit sollen mögliche Alternativen zur intervallmäßigen Wartung von Pumpstationen aufgezeigt und darauf basierend optimierte Wartungsabläufe vorgeschlagen werden. Das Hauptaugenmerk der Arbeit wird hierbei auf Abwasserpumpstationen im ländlichen, klein strukturierten Raum gelegt.

Folgende These wird der Arbeit vorausgestellt und auf ihre Gültigkeit geprüft:

„Es gibt eine Alternative zur regelmäßigen Vor-Ort-Kontrolle von dezentralen Abwasserpumpstationen unter optimaler Erfüllung der Funktionalanforderungen und minimaler Instandhaltungskosten (Wartung, Inspektion und Sanierung).“

Folgende Punkte werden als Aufgabenstellung herangezogen:

- Definition von dezentralen Pumpstationen
- Parameter zur Kategorisierung von Pumpstationen, Beschreibung der Möglichkeiten bei Dimensionierung, Schachtbauwerk, Pumpenart, Materialien, sonstige Installationen, Elektrotechnik, etc.
- Definition der Erfüllung der Funktionalanforderungen bei Pumpstationen (Serviceability), Vermeidung und Behebung von Störungen
- Erhebung bei Fallstudien anonymisiert (Erhebungsbogen und Vor-Ort Besuche):
 - A (Verband; ca. 100 Pumpstationen)
 - B: (Verband; ca. 90 Pumpstationen)
 - C (Verband; ca. 330 Pumpstationen)
 - D: (Gemeindebetrieb; ca. 50 Pumpstationen)
- Beschreibung der Vor-Ort-Kontrolle und deren Ergebnisse (inkl. Zeitaufwand, etc.)
- Beschreibung der Möglichkeiten zur Fernüberwachung, erfasste Parameter, mögliche Aussagen, Berichte, ...
- Analyse der Fallstudien auf Best Management Practices (BMP)

3. Allgemeine Grundlagen

3.1 Abwasserentsorgung in Österreich

Die Ableitung von Abwässern zur Sicherung der öffentlichen Gesundheit hat besonders in Städten eine lange Geschichte. So werden Ruinen von Kanalisationen und Latrinen alter römischer Siedlungen bis in das 1. Jahrhundert n. Chr. datiert.

Doch geriet der hohe römische Standard mit Beginn der Völkerwanderung Ende des 4. Jahrhunderts in Vergessenheit und erst im 18. Jahrhundert begannen die meisten europäischen Städte aufgrund von immer wieder auftretenden Seuchen mit dem Bau von Kanalisationen. Wien übernahm dabei eine Vorreiterrolle und war 1739 die einzige Stadt, welche innerhalb der Stadtmauern vollständig kanalisiert war. Die ältesten heute noch verwendeten Kanäle Wiens gehen auf den Bau der Sammelkanäle parallel zum Wienfluss aufgrund einer Choleraepidemie, den sogenannten „Cholera-Sammelkanälen“, im Jahr 1830 zurück (WIEN KANAL, 2011).

Erst im 20. Jahrhundert entwickelten sich das Verständnis und die technischen Möglichkeiten, die Abwässer zum Schutz der Gewässer vor ihrer Einleitung so zu behandeln, dass diese in ihrer Qualität nicht beeinträchtigt werden.

Lt. Bericht des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, leiteten mit Stichtag 01.01.2009, 92,8% der österreichischen Bevölkerung ihre Abwässer in öffentliche Kanalisationen ein, welche an 638 kommunale Kläranlagen mit einer Kapazität ab 2000 EW₆₀¹ und 936 Kläranlagen mit einer Kapazität kleiner 2000 EW₆₀ angeschlossen waren. Der restliche Abwasseranteil von rund 7,3 % der Bevölkerung wird in Hauskläranlagen ≤ 50 EW₆₀, Senkgruben oder durch sonstige Verfahren einer angemessenen Entsorgung zugeführt (BMFLUW, 2010).

Die Entwicklung des Anschlussgrades an öffentliche Kanalisationen seit 1971 für gesamt Österreich wird in Tabelle 3-1 und Abbildung 3-1 dargestellt. Dabei ist zu sehen, dass von 2006 auf 2008 nur mehr eine leichte Erhöhung des Anschlussgrades von 91,7 auf 92,8 % erfolgte. Ein 100-prozentiger Anschlussgrad gilt auch für die Zukunft aufgrund von Siedlungen in Streulagen und Einzelobjekten als nicht realistisch (BMFLUW, 2010).

Tabelle 3-1: Entwicklung des Anschlussgrades der Abwasserentsorgung 1971 – 2008 (BMLFUW, 2010)

Entsorgung / Jahr	1971	1981	1991	2001	2006	2008
Einwohner ¹⁾	7.491.526	7.533.045	7.808.097	8.065.465	8.298.923	8.355.260
Öffentliches Kanalnetz mit Anschluss an kommunale Kläranlage > 50 EW ₆₀	47,9	57,9	71	86	91,7	92,8
Hauskläranlagen ²⁾	16,4	16,1	9,8	14	8,3	7,3
Senkgruben ²⁾	28,5	20,3	17,8			
Sonstige Entsorgung ²⁾	7,2	5,7	1,5			

¹⁾ Quelle: Statistik Austria

¹ Als EW₆₀ wird ein Einwohnerwert bezeichnet, welcher einer organisch-biologischen abbaubaren Belastung mit einem biochemischen Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB5) von 60g Sauerstoff pro Tag entspricht.

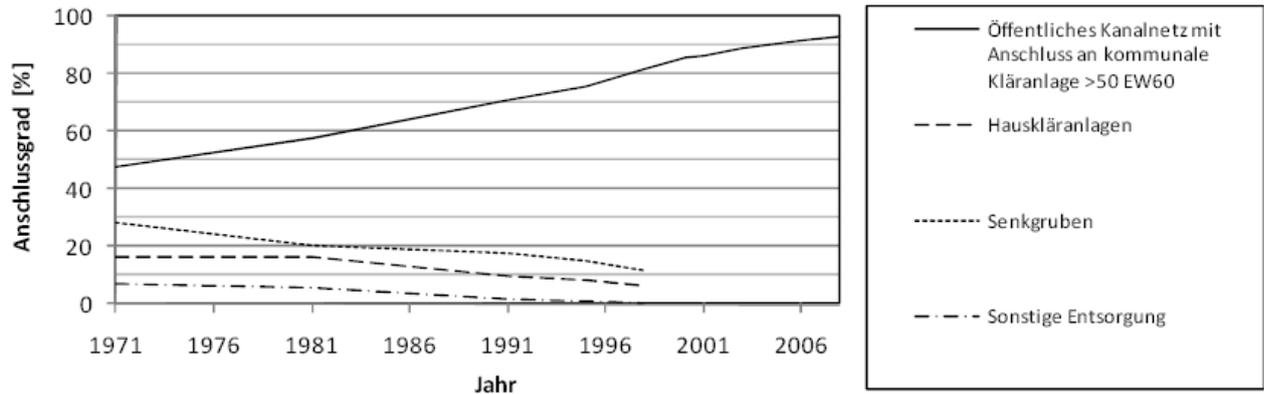


Abbildung 3-1: Entwicklung des Anschlussgrad an eine komm. Kläranlage > 50 EW₆₀ (BMLFUW, 2010)

Wie sich diese Entwicklung in den Einzelnen Bundesländern darstellt zeigt Tabelle 3-2 und die Unterschiede in den Bezirken der Bundesländer vom Jahr 2006 wird in Abbildung 3-2 dargestellt.

Tabelle 3-2: Anschlussgrad an öffentliche Kanalisationen 1971-2006 (LEBENSMINISTERIUM, 2010)

Anschlussgrad an öffentliche Kanalisation 1971-2006										
Österreich, nach Bundesländer, in Prozent der EinwohnerInnen										
	Burgenland	Kärnten	Niederösterreich	Oberösterreich	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Wien	Österreich ¹⁾
1971	19,8	24,6	31,3	39,6	41,9	37,3	48,5	36,8	91,8	47,9
1981	62,8	36,3	50,8	47,7	54,9	43,4	58,7	52,2	92,6	57,9
1991	80,7	49,9	63,4	60,4	75,1	59,8	75,4	76,9	97,9	71,0
1995	87,0	53,9	69,0	62,1	86,4	72,0	76,0	83,0	98,0	75,7
2001	97,0	73,5	82,6	75,0	91,0	84,0	90,4	90,1	98,6	86,0
2003	97,9	79,3	85,0	82,0	94,0	86,0	91,0	94,1	99,0	88,9
2006 ¹⁾	98,4	87,5	89,6	85,0	96,0	88,5	94,0	94,1	99,1	91,7

Quelle: Lebensministerium 2009

Erläuterungen zu Tabelle

¹⁾ Die restlichen 8,3 Prozent werden über dezentrale Anlagen ordnungsgemäß entsorgt.

28.08.2009, Lebensministerium

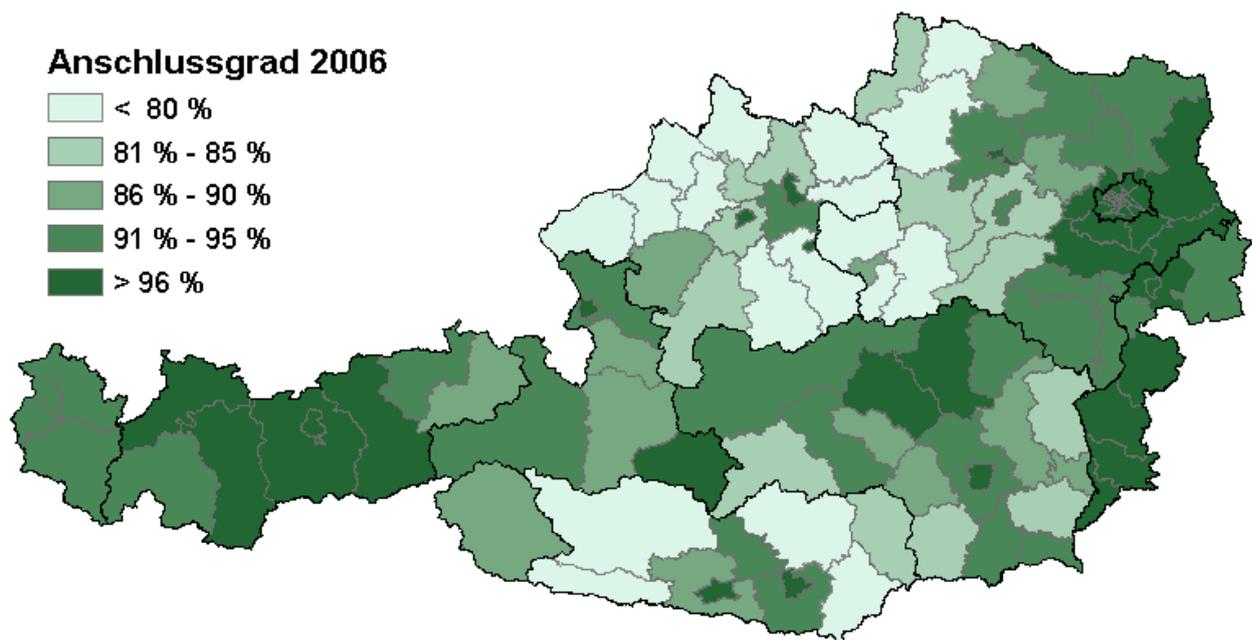


Abbildung 3-2: Anschlussgrad an öffentliche Abwasserentsorgung 2006 (LABER, 2009)

3.2 Rechtliche Grundlagen

Die Erkenntnisse durch die geschichtliche Entwicklung der Abwasserentsorgung, werden in den Vorschriften, Richtlinien und Regelwerken zusammengefasst und dienen der richtigen Planung und Gestaltung, sowie dem richtigen Betrieb von Abwasserentsorgungsanlagen.

In den folgenden Kapiteln wird ein Überblick über den Stand der Gesetzgebung im Bereich der Abwasserentsorgung, insbesondere der Abwasserpumpwerke bzw. –stationen gegeben. Diese erstreckt sich über alle Gesetzesebenen von EU- bis Gemeinderecht. Ein Überblick der Struktur und Ebenen der Gesetzesarten wird in Abbildung 3-3 gegeben.

Wasserrelevante Rechtsmaterie	Baurecht	Umweltrecht	Strafrecht	
Richtlinien 2000/60/EG 2006/118/EG 91/271/EWG				EU
Wasserrechtsgesetz (WRG) Allg. Abwasseremissionsverordnung (AAEV)		Umweltförderungsgesetz Förderungsrichtlinien	Strafgesetzbuch §180, §181 Wasserrechtsgesetz (WRG) §137	Bund
Kanalgesetze, Richtlinien	Bauordnungen			Land
Kanal-(gebühren)-ordnungen				Kommunen

Abbildung 3-3: Relevante Rechtsblöcke für den Abwassertransport in Österreich (POLLINGER, 2009)

3.2.1 EU-Recht

Durch den Beitritt Österreichs zur Europäischen Union 1995, wurden Richtlinien wirksam, bzw. wurden nach dem Beitritt beschlossen, die in direktem oder indirektem Zusammenhang mit der Abwasserableitung und Abwasserbehandlung stehen. Diese Richtlinien haben Verfassungsstatus und müssen durch entsprechende Gesetze in Österreich umgesetzt werden. Für den Bereich der Abwasserentsorgung sind folgende Richtlinien relevant:

- Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie - WRRL)
- Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung
- Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser und Richtlinie 98/15/EG zur Änderung der Richtlinie 91/271/EWG

Vollständigkeitshalber werden noch Richtlinien für den Abwassertechnischen Bereich in Österreich erwähnt, welche lt. WRRL (2000/60/EG) Artikel 22, 13 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie aufgehoben werden.

- Richtlinie 76/464/EWG betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft
- Richtlinie 78/659/EWG über die Qualität von Süßwasser, das schutz- und verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten
- Richtlinie 80/68/EWG über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe

3.2.1.1 Richtlinie 2000/60/EG – Wasserrahmenrichtlinie (EU, 2000)

Die Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, hat als Ziel die Binnenoberflächengewässer, die Übergangsgewässer, die Küstengewässer und das Grundwasser zu schützen.

Dem Wasser wird dabei seine spezielle Bedeutung eingeräumt:

„(1) Wasser ist keine übliche Handelsware, sondern ein ererbtes Gut, das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss.“

Aufgrund der speziellen Stellung des Gutes Wassers, wird von der Europäischen Union auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Gewässer der Gemeinschaft sowohl in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht zu schützen. Dabei ist der Zustand aquatischer Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete zu schützen und zu verbessern, bzw. eine weitere Verschlechterung zu vermeiden.

Alle Mitgliedstaaten haben ein Maßnahmenprogramm zu erstellen, um das Ziel der schrittweisen Verwirklichung eines „guten Zustandes“ der Gewässer innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes zu erreichen.

„(25) ...Umweltziele sollen sicherstellen, dass sich die Oberflächengewässer und das Grundwasser in der gesamten Gemeinschaft in einem guten Zustand befinden und eine Verschlechterung des Zustands der Gewässer auf Gemeinschaftsebene verhindert wird.“

„(26) Die Mitgliedstaaten sollten bestrebt sein, einen zumindest guten Zustand ihrer Gewässer zu erreichen, indem sie unter Berücksichtigung vorhandener Anforderungen auf Gemeinschaftsebene die erforderlichen Maßnahmen im Rahmen integrierter Maßnahmenprogramme festlegen und in die Praxis umsetzen...“

Ein „guter Zustand“ eines Gewässers bedeutet für Oberflächengewässer einen zumindest „guten“ ökologischen und chemischen Zustand und für Grundwasser einen zumindest „guten“ mengenmäßigen und chemischen Zustand.

Die Mitgliedsstaaten haben Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete ihrer Flussgebietseinheiten zu erstellen und alle 6 Jahre zu aktualisieren.

Weiters wird folgendes Endziel definiert:

„(27) Das Endziel dieser Richtlinie besteht darin, die Eliminierung prioritärer gefährlicher Stoffe zu erreichen und dazu beizutragen, dass in der Meeresumwelt für natürlich vorkommende Stoffe Konzentrationen in der Nähe der Hintergrundwerte erreicht werden.“

3.2.1.2 Richtlinie 2006/118/EG (EU, 2006)

In der Richtlinie 2006/118/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung wird Grundwasser als *„...wertvolle Ressource, welche vor Verschlechterung und vor chemischer Verschmutzung geschützt werden sollte“* bezeichnet.

Dieser Schutz hat eine besondere Bedeutung für grundwasserabhängige Ökosysteme und für die Nutzung von Grundwasser für die Versorgung mit Wasser für den menschlichen Gebrauch. Grundwasser stellt darüber hinaus das größte Süßwasservorkommen der Europäischen Union dar.

Im Weiteren legt diese Richtlinie spezielle Maßnahmen zur Verhinderung und Begrenzung der Grundwasserverschmutzung fest, insbesondere Kriterien für die Beurteilung des wie nach Richtlinie 200/60/EG geforderten *„guten chemischen Zustands“* des Grundwassers.

3.2.1.3 Richtlinie 91/271/EWG – „Kommunale Abwasserrichtlinie“ (EU, 1991)

Ziel der Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über das Sammeln, Behandeln und Einleiten von kommunalem Abwasser sowie das Behandeln und Einleiten von Abwasser bestimmter Industriebranchen ist zu verhindern, dass die Umwelt durch die Einleitung von unzureichend gereinigtem kommunalem Abwasser geschädigt wird.

Unter anderem werden folgende Begriffe definiert:

Artikel (2)

„Kommunales Abwasser“:

häusliches Abwasser oder Gemisch aus häuslichem und industriellem Abwasser und/oder Niederschlagswasser

„Häusliches Abwasser“:

Abwasser aus Wohngebieten und den dazugehörigen Einrichtungen, vorwiegend menschlichen Ursprungs und der Tätigkeiten in Haushalten.

„Industrielles Abwasser“:

Abwasser aus Anlagen für gewerbliche oder industrielle Zweck, soweit es sich nicht um häusliches Abwasser und Niederschlagswasser handelt.

...

„Kanalisation“:

Leitungssystem, in dem kommunales Abwasser gesammelt und transportiert wird.

...

Es werden Fristen (welche mittlerweile schon alle überschritten sind) gesetzt, bis zu denen die Mitgliedsstaaten dafür Sorge tragen, dass alle Gemeinden größer 2.000 EW mit einer Kanalisation ausgestattet werden, bzw. dass das in Kanalisationen eingeleitete kommunale Abwasser vor dem Einleiten in Binnengewässer einer Zweitbehandlung oder einer gleichwertigen Behandlung unterzogen wird. Eine Zweitbehandlung ist in diesem Zusammenhang eine *„Abwasserbehandlung durch eine biologische Stufe mit einem Nachklärbecken oder ein anderes Verfahren, bei dem die Anforderungen nach Anhang I eingehalten werden“*.

Für Gemeinden kleiner 2000 EW ist eine geeignete Behandlung von kommunalem Abwasser vor der Einleitung in ein Binnengewässer sicherzustellen. Eine *„Geeignete Behandlung“* ist in diesem Zusammenhang eine Sicherstellung, *„dass die aufnehmenden Gewässer den maßgeblichen Qualitätszielen sowie den Bestimmungen dieser und jeder anderen einschlägigen Richtlinie der Gemeinschaft entsprechen.“*

Im Anhang werden Anforderungen an die Konzentration bzw. an die prozentuelle Mindestverringerung von bestimmten Parametern angegeben, sowie Regeln bezüglich der Probenahme angeführt, welche bei der Einleitung aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen eingehalten werden müssen. Der Anhang 1 der Richtlinie 91/271/EWG wird dabei entsprechend der Richtlinie 98/15/EG geändert.

In der kommunalen Abwasserrichtlinie wird außerdem gefordert, *„dass die Öffentlichkeit über die Entsorgung von kommunalem Abwasser und die Entsorgung von Klärschlamm durch regelmäßige Berichte informiert wird.“* So wird vom Bundesamt für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft jährlich ein Bericht veröffentlicht, um über den Stand der Entsorgung von kommunalem Abwasser zu informieren. (Siehe: <http://publikationen.lebensministerium.at/publication>)

Des Weiteren haben Mitgliedsstaaten weniger empfindliche Gebiete mit geringeren Anforderungen (nur Küstengewässer) sowie empfindliche Gebiete mit verschärften Anforderungen (eutrophierungsgefährdete Gewässer) auszuweisen.

3.2.2 Österreichisches Recht

Nachfolgend werden besonders jene für den Betrieb und die Instandhaltung von Entwässerungssystemen und -Anlagen relevanten Inhalte der in Österreich geltenden Gesetze und Verordnungen angeführt.

3.2.2.1 Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG, 2006):

Das Wasserrechtsgesetz 1959 idT BGBl. I Nr. 123/2006 regelt die Rechte und Pflichten bei der Nutzung von öffentlichen und privaten Gewässern in Österreich. Kanalisationsanlagen und die dazugehörigen Pumpwerke unterliegen diesen Bestimmungen.

Ziele

Als Ziel des Wasserrechtsgesetzes gilt der Schutz von öffentlichen und privaten Gewässern. Laut § 30 sind alle Gewässer einschließlich des Grundwassers im Rahmen des öffentlichen Interesses *„so reinzuhalten und zu schützen, dass die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet werden kann“*.

Allgemeine Sorge für die Reinhaltung

Nach § 31 sind Anlagen so herzustellen, instandzuhalten und zu betreiben, dass eine solche Gewässerverunreinigung vermieden wird.

Laut § 31a sind Anlagen zur Lagerung oder Leitung wassergefährdender Stoffe so zu betreiben, dass eine Verunreinigung der Gewässer nicht zu erwarten ist. Als wassergefährdend gelten demnach Stoffen, *„die zufolge ihrer schädlichen Eigenschaften für den Menschen oder für Wassertiere oder –pflanzen, insbesondere wegen Giftigkeit, geringer biologischer Abbaubarkeit, Anreicherungsfähigkeit, sensorischer Auswirkungen und Mobilität, bei Einwirkung auf Gewässer deren ökologischen Zustand oder Nutzbarkeit, vor allem zur Wasserversorgung, nachhaltig zu beeinträchtigen vermögen.“* (WRG, 2006)

Bewilligungspflichtige Maßnahmen

Bei einer über den Gemeindegebrauch hinausgehenden Benutzung der öffentlichen Gewässer, bedarf es einer Bewilligung der Wasserrechtsbehörde. Kanalisationen einschließlich der Sonderbauwerke (z.B. Pumpwerke, Regenüberläufe, Regenrückhaltebecken, Düker) gelten gemäß §32 WRG als bewilligungspflichtige Anlagen.

„§ 32. (1) Einwirkungen auf Gewässer, die unmittelbar oder mittelbar deren Beschaffenheit beeinträchtigen, sind nur nach wasserrechtlicher Bewilligung zulässig. Bloß geringfügige Einwirkungen, insbesondere der Gemeindegebrauch (§ 8) sowie die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung, gelten bis zum Beweis des Gegenteils nicht als Beeinträchtigung.“ (WRG,2006)

Weitere wichtige Punkte betreffend dem Betrieb und der Instandhaltung von Abwasserentsorgungsanlagen:

Indirekteinleiter

„§ 32b (1) Wer Einleitungen in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisationsanlage eines anderen vornimmt, hat die gemäß § 33b Abs. 3 vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erlassenen Emissionsbegrenzungen einzuhalten. Abweichungen von diesen Anforderungen können vom Kanalisationsunternehmen zugelassen werden, soweit dieses sein bewilligtes Maß der Wasserbenutzung einhält. Einleitungen bedürfen der Zustimmung des Kanalisationsunternehmens.

(2) Wer mit Zustimmung des Kanalisationsunternehmens Abwasser, dessen Beschaffenheit nicht nur geringfügig von der des häuslichen abweicht, in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisation einbringt, hat vor Beginn der Ableitung dem Kanalisationsunternehmen die einzubringenden Stoffe, die Frachten, die Abwassermenge sowie andere Einleitungs- und Überwachungsgegebenheiten mitzuteilen. Eine wasserrechtliche Bewilligung ist nicht

erforderlich. Der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft kann durch Verordnung jene erforderlichen Daten festlegen, die eine Mitteilung an das Kanalisationsunternehmen zu beinhalten hat.

(3) Der Indirekteinleiter hat dem Kanalisationsunternehmen in Abständen von längstens zwei Jahren einen Nachweis über die Beschaffenheit der Abwässer durch einen Befugten zu erbringen. Das Kanalisationsunternehmen bleibt dafür verantwortlich, dass seine wasserrechtliche Bewilligung zur Einbringung in den Vorfluter nicht überschritten wird.“ (WRG, 2006)

Instandhaltungsverpflichtung

Das Wasserrechtsgesetz verpflichtet Betreiber von Kanalisationen, ihre Anlagen in dem der Bewilligung entsprechenden Zustand zu erhalten.

„§ 50 (1) Sofern keine rechtsgültigen Verpflichtungen anderer bestehen, haben die Wasserberechtigten ihre Wasserbenutzungsanlagen einschließlich der dazugehörigen Kanäle, künstlichen Gerinne, Wasseransammlungen sowie sonstigen Vorrichtungen in dem der Bewilligung entsprechenden Zustand und, wenn dieser nicht erweislich ist, derart zu erhalten und zu bedienen, dass keine Verletzung öffentlicher Interessen oder fremder Rechte stattfindet.“

(7) Eine Verletzung öffentlicher Interessen im Sinne des Abs. 1 ist auch die offensichtliche Vernachlässigung von Anlagen, deren Errichtung oder Erhaltung aus öffentlichen Mitteln unterstützt wurde.“ (WRG, 2006)

Betreten und Benutzen fremder Grundstücke

Gemäß § 72 (1) WRG (2006) haben Eigentümer von Grundstücken, insbesondere zu „Instandhaltungsarbeiten an Gewässern, zur Ausführung und Instandhaltung von Wasserbauten und Anlagen, zur Durchführung von Maßnahmen zur Vermeidung und Bekämpfung einer Gewässerverunreinigung und zur Herstellung des gesetzmäßigen Zustandes, das Betreten und Benutzen ihrer Grundstücke, insbesondere zur Zu- und Abfuhr und zur Ablagerung von Baustoffen, Geräten, Werkzeugen und dgl., ... insoweit zu dulden, als sich dies als unbedingt notwendig erweist;“

Besondere Aufsichtsbestimmungen

Sofern die Behörde nicht kürzere Zeitabstände vorschreibt, sind nach §134(4) Anlagen zur Lagerung und Leitung wassergefährdender Stoffe in Zeitabständen von höchstens fünf Jahren auf die Wirksamkeit der zum Schutz der Gewässer getroffenen Vorkehrungen, insbesondere die Dichtheit von Behältern und Leitungen zu prüfen.

Der Begriff „wassergefährdende Stoffe“, wie in § 31a definiert, könnte wahrscheinlich einige potentielle Abwasserinhaltsstoffe beinhalten, wird aber von den zuständigen Landesstellen nicht so ausgelegt. Nach der Rechtsauffassung der meisten zuständigen Landesstellen und des Lebensministerium, werden Abwasserkanäle nicht auf den § 134 bezogen, welcher immer wieder in Zusammenhang mit Überprüfungen von Abwasserkanälen genannt wird (ERTL, 2007).

3.2.2.2 Abwasseremissionsverordnungen

Die in Österreich geltenden Emissionsverordnungen beruhen prinzipiell auf dem WRG 1959 und den wasserbezogenen EU-Richtlinien. Durch die Erlassung von Emissionsgrenzwerten vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft wird der Forderung einer Abwasserreinigung nach dem Stand der Technik nachgegangen.

In der **Allgemeinen Abwasseremissions- Verordnung 1996 (AAEVO, 1996)** werden allgemeine Begrenzungen von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen gegeben.

Bezüglich dem Betrieb und der Instandhaltung von Kanalisationen werden folgende Forderungen gestellt:

„§ 3 (4) Kanalisationen sollen in regelmäßigen Zeitabständen kontrolliert, gewartet sowie auf Bestand und Funktionsfähigkeit überprüft werden. (§§ 50 und 134 WRG 1959); die Ergebnisse der Überprüfungen sollen dokumentiert werden...“

...

§3(13):

Kanalisations- und Abwasserreinigungsanlagen sollen unter Einsatz von Verfahren, die dem Stand der Technik und der Qualitätssicherung entsprechen, errichtet werden. Sie sollen durch geschulte Personen unter Beachtung von Betriebs- und Wartungsanleitungen, die laufend auf dem Stand der Technik gehalten werden, derart betrieben und gewartet werden, dass,

Eine Beherrschung aller vorhersehbaren – auch außergewöhnlichen – Betriebszustände sichergestellt ist und

Maßnahmen zur Wartung aller Anlagenteile und Geräte so rechtzeitig erfolgen, dass ein Ausfall nicht zu befürchten ist und

Für gefährdete Anlagenteile und Geräte, die einem besonderen Verschleiß unterworfen sind, ausreichend Ersatzteile vorrätig gehalten und organisatorische Maßnahmen zur raschen Reparatur getroffen werden und

Durch Überwachung des Zulaufes und einzelner wesentlicher Verfahrensschritte der Abwasserreinigung sichergestellt ist, dass vorhersehbare außergewöhnliche Betriebszustände erkannt werden können und

Eine Einhaltung behördlicher Auflagen für alle vorhersehbaren Bereich der Einleitungen möglichst gering gehalten werden.“ (AAEVO, 1996)

Neben der AAEVO gibt es **Emissionsverordnungen für kommunales Abwasser**, sowie **branchenspezifische Abwasseremissionsverordnungen**. In § 4 (AAEVO, 1996) sind jene spezifischen Abwässer angeführt, für welche bei Vorhandensein von gültigen branchenspezifischen AEVO die AAEVO nicht anzuwenden ist.

3.2.2.3 Indirekteinleiterverordnung (IEV, 1998)

Die „Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Abwassereinleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen“ gilt, wie der Name schon sagt, für die Einleitung in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen von Abwasser, dessen Beschaffenheit mehr als geringfügig von der des häuslichen Abwassers abweicht.

In § 5 und § 6 (IEV, 1998) werden dafür die Pflichten des Indirekteinleiters, sowie des Kanalisationsunternehmens geregelt.

3.2.2.4 Umweltförderungsgesetz (UFG, 2008)

Das Bundesgesetzblatt Nr. 185/1993 vom 16. März 1993 idGF. 2008, herausgegeben durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, regelt die Förderung von Maßnahmen in den Bereichen der Wasserwirtschaft, der Umwelt, der Altlastensanierung und zum Schutz der Umwelt im Ausland.

Hinsichtlich der Wasserwirtschaft ist als Ziel in § 1 (1) der „*Schutz der Umwelt durch geordnete Abwasserentsorgung einschließlich betrieblicher Abwässer und Gewährleistung einer ausreichenden Wasserversorgung sowie durch Verbesserung des ökologischen Zustandes der Gewässer*“ definiert.

Lt. § 13 hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Richtlinien für die Durchführung der Förderungen zu erlassen, welche u.a. nach Abs. (3) 4., Bestimmungen über „*Betriebsmaßnahmen und Instandhaltungsmaßnahmen sowie die*

Gewährleistung der Wirksamkeit von Anlagen“ beinhaltet. Demnach sind Förderungswerber dazu verpflichtet diese erlassenen Richtlinien einzuhalten.

3.2.3 Rechtsbestimmungen der österreichischen Bundesländer

3.2.3.1 Wien

Gemäß dem Landesgesetzblatt für Wien über den Betrieb und die Räumung von Kanalanlagen und über die Einhebung von Gebühren für die Benützung von Unratsanlagen (Kanalräumungs- und Kanalgebührengesetz KKG, 1978) obliegt die Räumung der öffentlichen Straßenkanäle dem Magistrat. Öffentliche Straßenkanäle sind in diesem Sinne „*alle für Abwassereinleiter allgemein verfügbare Kanalanlagen, die vom Magistrat oder von einer in dessen Auftrag handelnden Person betrieben wird.*“ (KKG, 1978)

3.2.3.2 Niederösterreich

Das Niederösterreichische Kanalgesetz (NÖKG, 1977 mit der letzten Novelle 2009) regelt die gebühren- bzw. abgabenrechtlichen Bestimmungen bei der Abwasserbeseitigung. Es werden u.a. die Zuständigkeitsbereiche der Gemeinde und der Grundeigentümer festgelegt. Zur Gebührenermittlung wird dabei der Jahresaufwand herangezogen, welcher das jährliche Erfordernis für

- a) „den Betrieb und die Instandhaltung der Kanalanlage,
- b) die Zinsen für Darlehen, die für die Errichtung oder Änderung der Kanalanlage aufgenommen worden sind,
- c) die Tilgung der Errichtungskosten unter Berücksichtigung einer der Art der Kanalanlage entsprechenden Lebensdauer und
- d) die Bildung einer Erneuerungsrücklage von höchstens 3 v.H. der Errichtungskosten;“

beinhaltet. (NÖKG, 1977)

3.2.3.3 Oberösterreich

Das Oberösterreichische Abwasserentsorgungsgesetz 2001, LGBl. Nr. 27/2001, regelt die Entsorgung von Abwasser in Oberösterreich. Als Ziel hat dieses Landesgesetz, „*die Entsorgung von häuslichen und betrieblichen Abwässern sowie von Niederschlagswässern, die auf bebauten Grundstücken anfallen, zu ordnen, die anfallenden Abwassermengen zu verringern und die Umwelt möglichst von Schadstoffen freizuhalten.*“ (OÖAWEG, 2001)

Wartung, Instandhaltung und Mängelbeseitigung:

„§ 21 (1): *Der Eigentümer einer Hauskanalanlage oder einer Senkgrube hat für die ordnungsgemäße Instandhaltung (Dichtheit), Wartung und regelmäßige Reinigung der Anlage zu sorgen*“ (OÖAWEG, 2001)

Weitere Bestimmungen zur Kanalwartung finden sich auf der Homepage des Landes Oberösterreich (<http://www.land-oberoesterreich.gv.at>). Demnach sind Kanalisationsanlagen vom Kanalbetreiber sowohl in Form von Eigenüberwachung als auch in Form von Fremdüberwachung zu überprüfen.

Für das Zeitintervall der Eigenüberwachung als regelmäßig immer wiederkehrender Kontrolle des Kanalsystems durch eine Sichtprüfung, sieht das LAND OBERÖSTERREICH (2010c) folgendes vor:

*Kanäle einschließlich Auslaufbauwerke.....einmal jährlich
Sonderbauwerke (Pumpwerke, Regenbecken, Regenüberlauf etc.).....mind. einmal im Monat*

Dabei ist die Funktionsfähigkeit zu prüfen, sowie die Beseitigung der festgestellten Mängel (z.B. Kanalspülung, Auswechseln beschädigter Teile, Absaugen von Schlamm in Sonderbauwerken etc.) durchzuführen.

Für die Aufzeichnung der Ergebnisse der Wartungsarbeiten wird vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung in Abbildung 3-4 dargestelltes Formblatt für die Überprüfung von Pumpwerken zur Verfügung gestellt.

Kontroll- und Reinigungsblatt PUMPWERK											
Gemeinde/Verband						Jahr					
Pumpwerk				Strang		Blatt					
Technische Daten											
Betriebsstunden											
					Pumpenlauf	Stromaufnahme	Steuerung, Alarm	Rückschlagklappe	Schwimmstoffe	Ablagerungen	
Datum	Pumpe 1	Pumpe 2	Pumpe 3	Summe	1	2	3	4	5	6	Anmerkung
Unterschrift										Datum	

Abbildung 3-4: Kontroll- und Reinigungsblatt PUMPWERKE (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 2010)

Die Fremdüberwachung des Kanalisationssystems erfolgt in der Regel durch unabhängige Fachfirmen, welche vom Kanalbetreiber beauftragt werden und das Kanalnetz einschließlich der Schächte und Sonderbauwerke einer optischen Kontrolle mittels Kanalfernsehkamera unterziehen. Der Zeitplan für die Fremdüberwachungsmaßnahmen sieht vor, dass Kanalisationsanlagen in Abständen von max. 10 Jahren auf Zustand, Funktionsfähigkeit, Sicherheit und Dichtheit zu prüfen sind (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 2010).

3.2.3.4 Salzburg

Zur Sicherstellung der Abwasserentsorgung wird im Anliegerleistungsgesetz, LGBl. Nr. 77/1976 idgF. LGBl. Nr. 118/2009, die Herstellung und Erhaltung von Abwasserentsorgungsanlagen durch die Gemeinde bzw. anderer geeigneter Unternehmen gefordert. (SBG, 1976)

3.2.3.5 Tirol

Das Tiroler Kanalisationsgesetz (TiKG, 2000) regelt § 1 (1) „

- a) die Pflicht der Gemeinde, für die Errichtung, den Betrieb und die Erhaltung einer öffentlichen Kanalisation zu sorgen (Kanalisierungspflicht)
- b) die Pflicht zum Anschluss von Anlagen an die öffentliche Kanalisation einschließlich des Verfahrens zu deren Durchsetzung (Anschlusspflicht)

Bezüglich der Kanalisierungspflicht haben lt. § 3 (1) „*die Gemeinden für die Errichtung, den Betrieb und die Erhaltung einer dem Stand der Technik entsprechenden öffentlichen Kanalisation zu sorgen.*“ (TiKG, 2000)

3.2.3.6 Vorarlberg

Lt. Vorarlberger Kanalisationsgesetz § 1 (LGBl. Nr. 5/1989 idgF. LGBl. Nr. 58/2001) hat die Gemeinde „*für die Errichtung und den Betrieb einer den hygienischen, technischen und wirtschaftlichen Anforderungen entsprechenden öffentlichen Abwasserbeseitigungsanlage Sorge zu tragen.*“ (VBG-KanalG., 1989)

3.2.3.7 Kärnten

Im Kärntner Gemeindekanalisationsgesetz (K-GKG, 1999) idgF. LGBl. Nr. 42/2010, werden die rechtlichen Belange bezüglich der Abwasserentsorgung und dem Anschluss an öffentliche Abwasserentsorgungsanlagen im Bundesland Kärnten geregelt. In § 1 wird die grundsätzliche Entsorgungsverpflichtung definiert: „*Die Gemeinde hat jedenfalls in jenen geschlossenen Siedlungen, in denen häusliche Abwässer mit einer Schmutzfracht von mehr als 50 EGW₆₀ anfallen, Kanalisationsanlagen zu errichten und zu betreiben.*“ (K-GKG, 1999)

3.2.3.8 Steiermark

In der Steiermark werden die rechtlichen Belange der Abwasserentsorgung im Kanalgesetz 1988, LGBl. Nr. 79/1988 idgF: LGBl. Nr. 49/2010, geregelt. Gemeinden werden darin verpflichtet die Anforderungen nach Richtlinie 91/271 (EU, 1991) zu erbringen (StKG, 1988)

3.2.3.9 Burgenland

Als zusätzliche gesetzliche Bestimmungen im Bundesland Burgenland, gilt das Kanalanschlussgesetz 1989 idgF. LGBl. Nr. 32/2001. In § 2a wird festgehalten, dass „*die Gemeinden ... für die Errichtung, den Betrieb und die Instandhaltung von öffentlichen Abwasserbeseitigungsanlagen ... zu sorgen, ...*“ haben. (BGLD-KAG, 1989)

3.3 Technische Grundlagen

3.3.1 Normen

Der aktuelle Stand der Technik und Wirtschaft wird oft durch Ausschüsse von entsprechenden Experten oder Fachleuten in Normen zusammengefasst. Diese dienen als Empfehlungen mit grundsätzlich freiwilliger Anwendung. Durch Anordnung der zuständigen Behörde bzw. durch explizite Erwähnung in einem wasserrechtlichen Bescheid können diese Normen auch verpflichtend gemacht werden. Das Austrian Standards Institute (ASI) (vormals Österreichisches Normungsinstitut) hat die Aufgabe, österreichische Normen zu schaffen und herauszugeben. Zusätzlich stellt es den Kontakt zu den internationalen Normungsinstituten her (DIN, CEN, ISO, etc.) und ist zuständig für die Umsetzung von EU-Normen in Österreich.

Hier werden Normen aufgelistet, welche für den Bereich der Abwasserableitung und insbesondere für den Betrieb und die Instandhaltung von Abwasserpumpstationen Hinweise geben und ihre Anwendung finden. Auf inhaltlich verwendete Normen wird in den einzelnen Kapiteln hingewiesen.

- ÖNORM B 2500 (2008): Abwassertechnik – Entstehung und Entsorgung von Abwasser
- ÖNORM B 2503 (2009): Kanalanlagen – Ergänzende Bestimmungen für die Planung, Ausführung und Prüfung

- ÖNORM EN 476 (2011): Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserleitungen und -kanäle
- ÖNORM EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
- ÖNORM EN 1085 (2007): Abwasserentsorgung – Wörterbuch (mehrsprachige Fassung: de/ en/ fr)
- ÖNORM EN 12050-1 (2001): Abwasserhebeanlagen für die Gebäude- und Grundstücksentwässerung - Bau- und Prüfungsgrundsätze – Teil 1: Fäkalienhebeanlagen
- ÖNORM EN 12723 (2000): Flüssigkeitspumpen – Allgemeine Begriffe für Pumpen und Pumpenanlagen – Definitionen, Größen, Formelzeichen und Einheiten
- ÖNORM EN 1610 (1998): Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen
- ÖNORM EN 1671 (1997): Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
- ÖNORM EN 13306 (2010): Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung

3.3.2 Regelwerke

3.3.2.1 ÖWAV Regelwerke

Der Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), gegründet 1909 als Österreichischer Wasserwirtschaftsverband (ÖWWV) ist ein gemeinnütziger Verein, der sich als unabhängiger Anwalt für die Erreichung der nachhaltigen Ziele der Wasser-, Abwasser und Abfallwirtschaft in Österreich versteht. Unter anderen Tätigkeiten erstellt der ÖWAV Regelblätter, Arbeitsbehelfe, Merkblätter und andere Schriftstücke, welche dem Bau und Betrieb von Abwassertechnischen Anlagen dienlich sind. Sie werden zum Teil von den zuständigen Behörden zur Anwendung empfohlen. Relevante Regelblätter zum Betrieb und zur Instandhaltung von Abwasser-Pumpstationen, werden bei Bedarf in den inhaltlich entsprechenden Kapiteln näher erläutert (ÖWAV, 2011)

Folgende Publikationen des ÖWAV liefern Inhalte zum bearbeiteten Thema und werden bei Bedarf in den nachfolgenden Kapiteln erläutert. Weitere Informationen findet man auf der Homepage des ÖWAV (<http://www.oewav.at>).

- ÖWAV-Regelblatt 4: Hinweise für das Ableiten von Abwasser
- ÖWAV-Regelblatt 9: Anwendung der Entwässerungsverfahren
- ÖWWV-Regelblatt 22: Kanalwartung und Kanalerhaltung
- ÖWAV-Regelblatt 25: Abwasserentsorgung in dünn besiedelten Gebieten
- ÖWAV-Regelblatt 32: Sicherheit auf Abwasserableitungsanlagen (Kanalisationsanlagen)
- ÖWAV-Merkblatt: Sicherheitsausrüstung im Kanalbetrieb

3.3.2.2 DWA Regelwerke

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) ist das deutsche Pendant zum ÖWAV. Durch den Zusammenschluss der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV) und des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) im Jahr 2000, entstand zuerst die ATV-DVWK, welche sich 2004 in die DWA umbenannte. Von Fachleuten aus allen Bereichen der Wasserwirtschaft werden die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ in das DWA-Regelwerk eingearbeitet, welche bei Bedarf in den einzelnen Kapiteln angeführt werden (DWA, 2011).

3.3.2.3 ISYBAU – Arbeitshilfen Abwasser

Der Begriff ISYBAU leitet sich von „Integriertes DV-System-Bauwesen“ ab. und war ein Gemeinschaftsvorhaben des Bundes und der Länder der Bundesrepublik Deutschland. Aus diesem Projekt sind u.a. für die „Arbeitshilfen Abwasser“ für die Planung, den Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen hervorgegangen, welche von allen Dienstleistern bei Arbeiten in Liegenschaften des Bundes, anzuwenden sind. (Weitere Informationen und Download unter www.arbeitshilfen-abwasser.de).

3.4 Entwässerungssysteme

„Die Siedlungsentwässerung hat die Aufgabe, verschmutztes und unverschmutztes Abwasser aus den Siedlungen abzuleiten und dadurch die Siedlungshygiene und den Hochwasserschutz zu gewährleisten. Sie soll dieses Abwasser kostengünstig in die Umwelt zurückführen, sodass die natürlichen, hydrologischen Bedingungen wenig verändert und die Gewässer nicht übermäßig belastet werden.“ (GUJER, 2007)

In der ÖNORM EN 752 (2008) werden Grundsätze für Strategie und Vorgehensweise in Bezug auf Planung, Bemessung, Bau, Betrieb, Unterhalt und Sanierung von Entwässerungssystemen festgelegt. Als übergeordnete Ziele von Entwässerungssystemen werden folgende Punkte genannt:

- *öffentliche Gesundheit und Sicherheit*
- *Gesundheit und Sicherheit des Betriebspersonals;*
- *Umweltschutz;*
- *nachhaltige Entwicklung;*

Diese Grundsätze sind neben anderen Kriterien wie z.B. Kosten, wirtschaftlicher Betrieb, Lebensdauer, etc. und den jeweiligen örtlichen Randbedingungen bei der Wahl des Entwässerungssystems heranzuziehen.

Zur Anwendung kommen unterschiedliche Systeme. So werden die Abwässer der Haushalte, des Gewerbes und der Industrie und auch Regenwasser entweder Mischwasserkanälen zugeführt und gemeinsam einer Reinigung unterzogen oder über eigene Schmutzwasser- und Regenwasserkanäle abgeleitet und behandelt. Die unterschiedlichen Möglichkeiten sind wie folgt definiert und werden zusätzlich durch die Schema-Darstellungen aus dem ÖWAV-Regelblatt 9 (2008) beschrieben.

Mischsystem: *„Entwässerungssystem zur gemeinsamen Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswasser im gleichen Leitungs-/Kanalsystem.“* (ÖNORM EN 752, 2008)

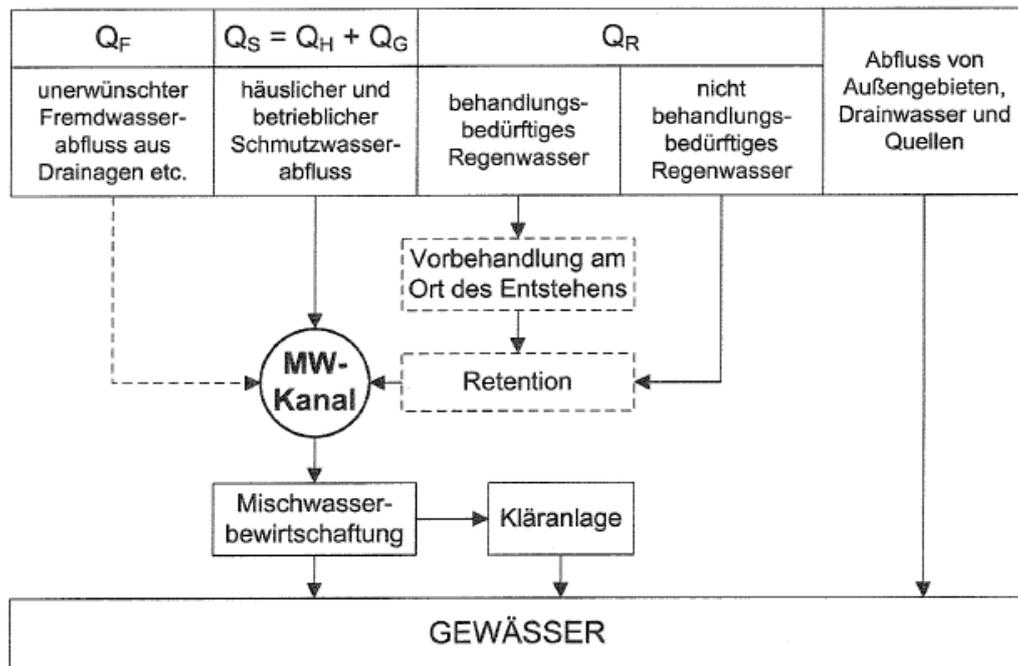


Abbildung 3-5: Schema Mischsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)

Modifiziertes Mischsystem: „Das modifizierte Mischsystem ist eine Variante des Mischsystems, bei der nur Schmutzwasser sowie behandlungsbedürftiges Regenwasser dem Mischwasserkanal zugeführt werden. Nicht behandlungsbedürftiges Regenwasser wird unmittelbar am Entstehungsort oder nach Ableitung über eine Oberbodenpassage versickert oder in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet.“ (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)

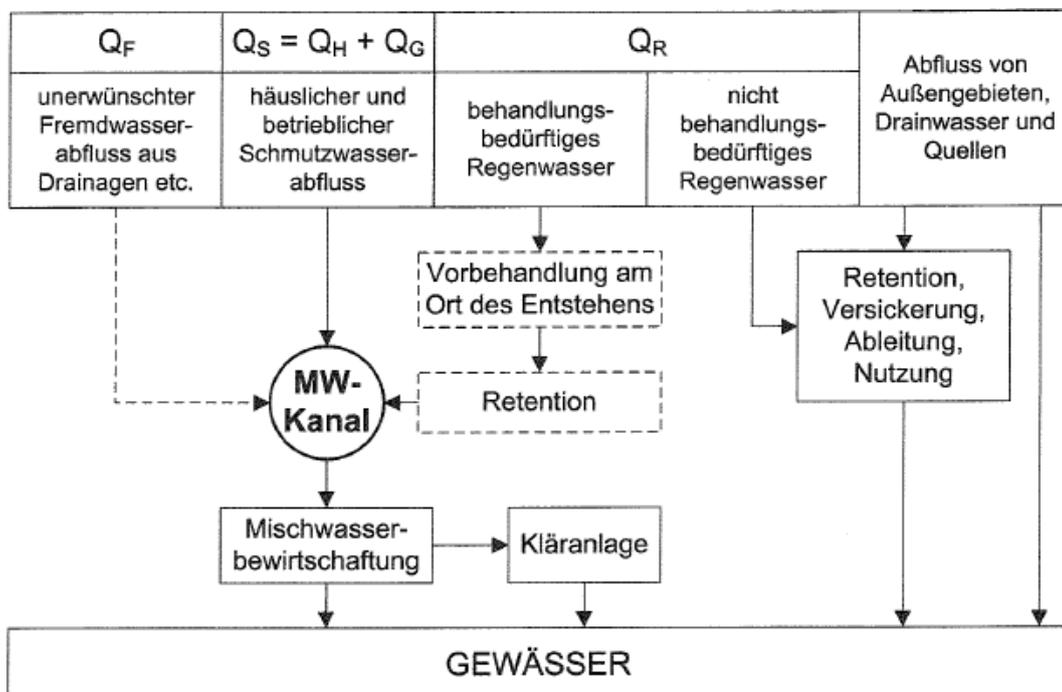


Abbildung 3-6: Schema modifiziertes Mischsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)

Trennsystem: „Entwässerungssystem, üblicherweise bestehend aus zwei Leitungs-/Kanalsystemen für die getrennte Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswasser“ (ÖNORM EN 752, 2008)

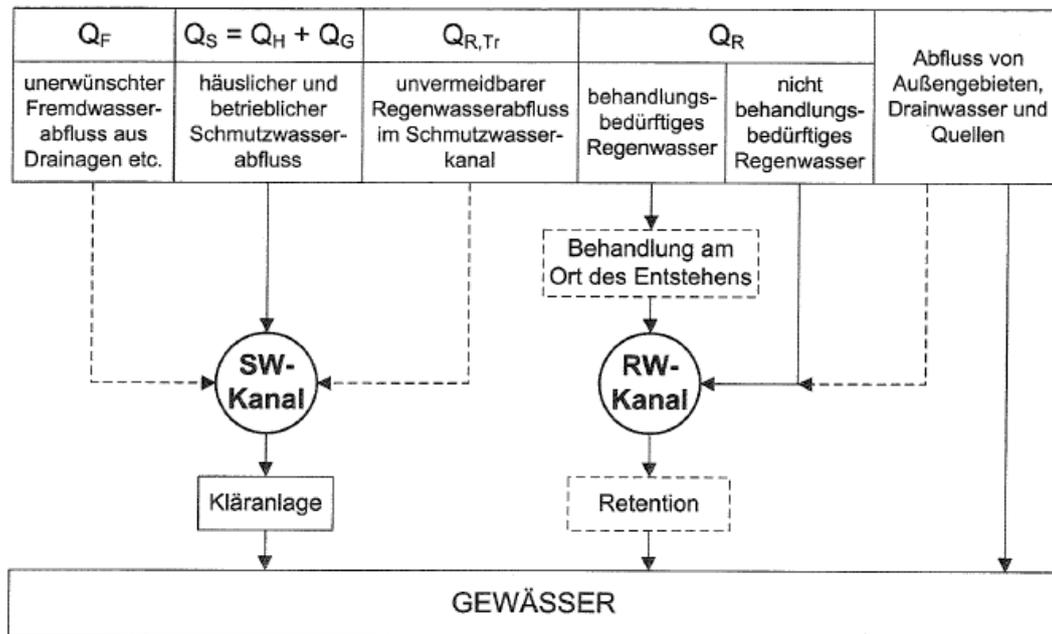


Abbildung 3-7: Schema Trennsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)

Modifizierten Trennsystem: „Beim modifizierten Trennsystem wird ebenso wie beim modifizierten Mischsystem versucht, das nicht behandlungsbedürftige Regenwasser vom behandlungsbedürftigen zu trennen.“ (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)

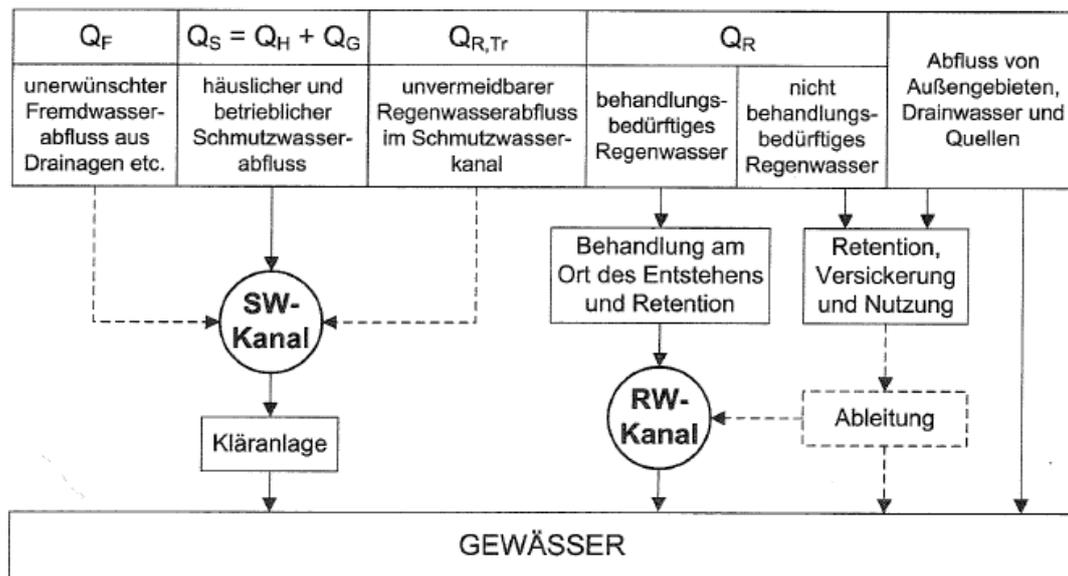


Abbildung 3-8: Schema modifiziertes Trennsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)

Detailliertere Beschreibungen der Systeme sowie Grundsätze und Kriterien bei der Neuplanung und Erweiterung von Entwässerungsanlagen bietet das ÖWAV-Regelblatt 9 (2008).

Unabhängig von der Systemwahl sind die folgenden Funktionalanforderungen nach ÖNORM EN 752, (2008) an das System Abwasserleitungen und –kanälen, einschließlich der Regenüberläufe, Pumpanlagen und weiterer Komponenten gestellt.

- Schutz vor Überflutung
- Unterhaltbarkeit
- Schutz des Oberflächenvorfluters

- *Grundwasserschutz*
- *Vermeidung von Gerüchen sowie giftigen, explosiven oder korrosiven Gasen*
- *Vermeidung von Lärm und Erschütterungen*
- *Nachhaltige Verwendung von Produkten und Werkstoffen*
- *Nachhaltige Verwendung von Energie*
- *Baulicher Zustand und Nutzungsdauer*
- *Aufrechterhaltung des Abflusses*
- *Wasserdichtheit*
- *Angrenzende Bauten sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen nicht gefährden*
- *Beschaffenheit der Abwassereinleitungen in das System*

Der Einsatz von Pumpanlagen sollte dann in Erwägung gezogen werden, wenn ein Teil des Systems nicht wirkungsvoll mit einem Freispiegelsystem entwässert werden kann (ÖNORM EN 752, 2008).

„Unter Umständen kann das Pumpen von Abwasser erforderlich oder ratsam sein und sollte zusammen mit dem erforderlichen Energieverbrauch und den damit verbundenen Gesamtnutzungskosten geprüft werden.“ (ÖNORM EN 752, 2008)

3.5 Zwangsgesteuerter Abwassertransport

Pumpenanlagen haben bei der Abwasserableitung ihre besondere Bedeutung dadurch, dass sie durch die Vermeidung zu großer Tiefenlagen die Wirtschaftlichkeit eines Entwässerungssystems verbessern können. Dadurch entsteht eine weitgehende Unabhängigkeit von topografischen Verhältnissen und es wird ermöglicht, Abflüsse auch in höher gelegene Vorfluter und Kanäle einzuleiten. Darüber hinaus können mittels Pumpenanlagen Abwässer aus verstreut liegenden Einzugsgebieten zu an geeigneter Stelle liegenden Reinigungsanlagen gefördert werden (ATV-DVWK-A 134, 2000).

In Punkt 9.2.5 der ÖNORM EN 752, (2008) werden folgende Umstände definiert, die das Pumpen von Schmutzwasser erforderlich oder ratsam machen können:

- *Vermeidung extremer Tiefenlage der Kanäle;*
- *Entwässerung von tief liegenden oder anderen überflutungsgefährdeten Bereichen des Einzugsgebietes;*
- *Erschließung von Gebieten, die nicht im freien Gefälle zu einem Entwässerungssystem, einer Kläranlage oder einem Auslaufkanal entwässern können;*
- *Überwindung von Hindernissen wie Geländeerhebungen, Gewässer, Bahngleise, oder die Vermeidung eines Dükers;*
- *Ausbesserung der Folgen von Bergsenkungen in einem Entwässerungssystem;*
- *Sicherstellung einer ausreichenden Druckhöhe für den Betrieb einer Kläranlage;*
- *Zentrale Abwasserbehandlung;*
- *Abwasserförderung in Speicherbecken;*

Die Grundverfahren der zwangsgeführten Abwasserförderung ergeben sich aus den physikalischen Grundprinzipien der Pumpen- und Fördertechnik.

Bereits vor 2200 Jahren wurde von Archimedes die nach ihm benannte Schraube erfunden, mit der es möglich ist, Wasser auf ein höheres Niveau zu transportieren. Dieses in Abbildung 3-9 dargestellte Prinzip der archimedischen Schraube kommt auch heute noch in modernen Förderanlagen zur Anwendung (SIG, 2008).

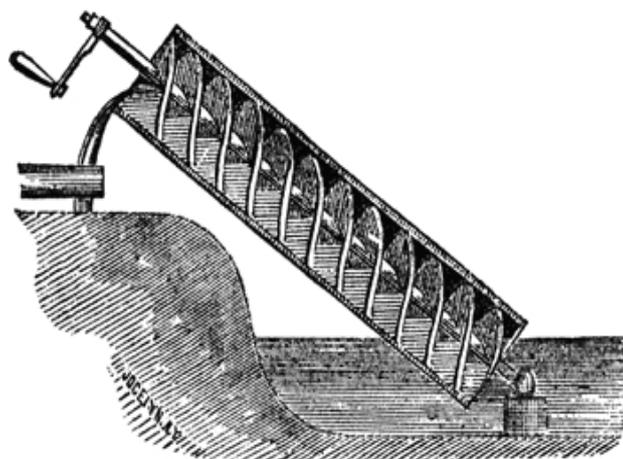


Abbildung 3-9: Abwasserhebwerk in Form einer Archimedischen Schraube (WIKIPEDIA, 2011a)

In Abbildung 3-10 werden die aus heutiger Sicht unterschiedlichen Systemmöglichkeiten gegliedert dargestellt, wobei jedes der aufgezeigten Verfahren seine technische Eigenständigkeit und Einsatzbedingungen, wirtschaftliche Berechtigung und problembezogene Berechtigung hat.

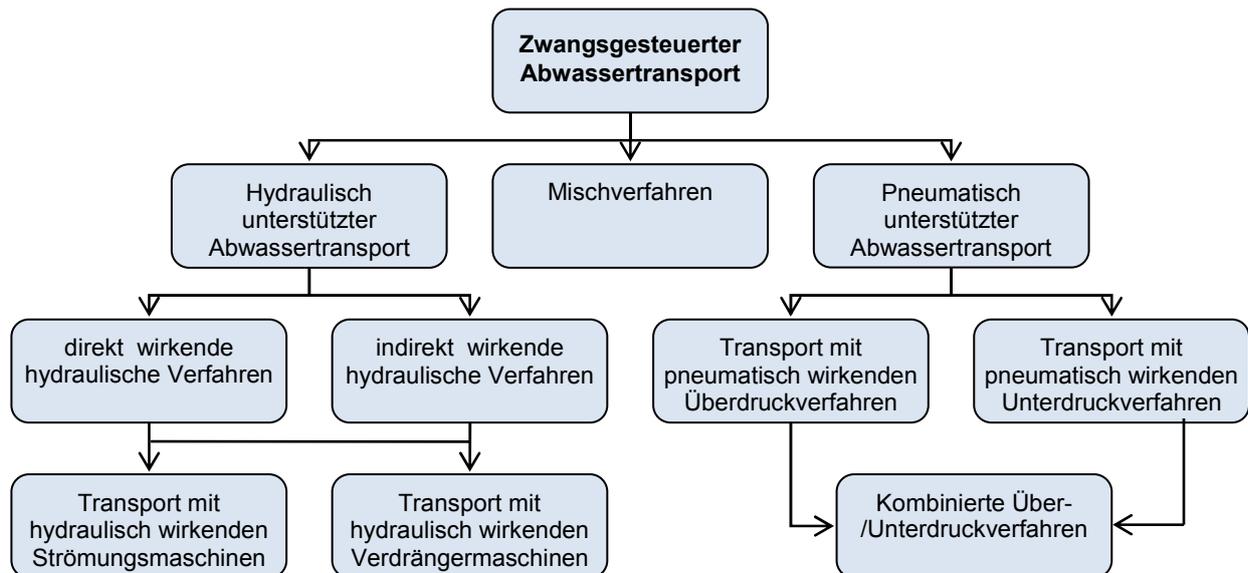


Abbildung 3-10: Verfahrensgliederung der kommunalen Abwasserförderung (adaptiert nach WEISSMANN und GUTZEIT, 2006)

Folgend werden die unterschiedlichen Systeme der zwangsgesteuerten Abwasserförderung kurz beschrieben.

3.5.1 Pneumatisch unterstützter Abwassertransport

Bei dieser Art der Förderung wird Abwasser mit Hilfe von Druckluft im positiven oder negativen Druckbereich nach dem physikalischen Prinzip der Verdrängung gefördert.

Hier werden die Verfahren im positiven und negativen Druckbereich mit grundsätzlich völlig unterschiedlichen Wirkprinzipien unterschieden. In bestimmten Fällen ist eine Kombination dieser Wirkprinzipien möglich und sinnvoll.

3.5.1.1 Pneumatische Unterdruckverfahren

Die Anfänge der Unterdruckentwässerung, auch Vakuum- oder Saugkanalisation genannt, gehen bereits in das 19. Jahrhundert zurück, wo dieses Verfahren vereinzelt, vor allem in Großstädten wie Amsterdam, Paris und Berlin eingesetzt wurde. Die Komponenten wurden in den letzten Jahrzehnten wesentlich weiterentwickelt und finden unter bestimmten Bedingungen ihre Anwendung.

Die Unterdruckentwässerung wird in der Regel im Trennverfahren ausgeführt. Durch den Unterdruck im System, ist ein Austritt von Schmutzwasser ausgeschlossen. Unterdruckleitungen dürfen deshalb mit Trinkwasserleitungen in einem gemeinsamen Graben sowie in Wasserschutzgebieten ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen verlegt werden (DWA-A 116-1, 2005).

Besondere Einsatzbedingungen für die Unterdruckentwässerung neben den allgemein bevorzugten Einsatzbedingungen des zwangsgeführten Abwassertransportes sind demnach:

- hoher Grundwasserstand
- ungünstige Untergrundverhältnisse
- Wasserschutzgebiete

Bei der Unterdruckentwässerung wird im geschlossenen Rohrsystem ein für den Betrieb erforderlicher Unterdruck von üblicherweise 0,6 bis 0,7 bar (0,4 bis 0,3 bar Absolutdruck) aufrecht erhalten. Dies erfolgt in der Regel durch eine im Entsorgungsgebiet zentral angeordnete Unterdruckstation. Von dieser Station ergibt sich ein Verästelungsnetz zu den einzelnen Hausanschlüssen (DWA-A 116-1, 2005).

Abbildung 3-11 zeigt eine schematische Darstellung eines Unterdruckentwässerungssystems.

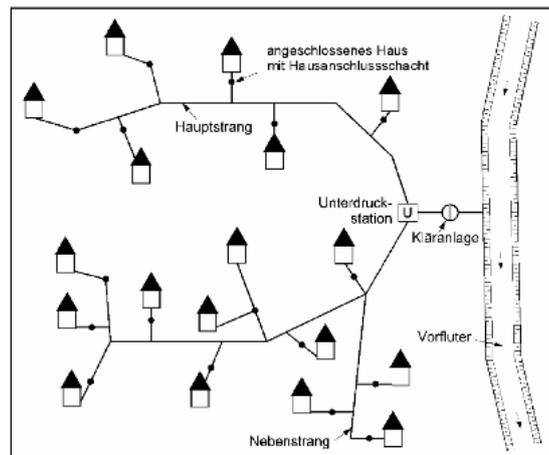


Abbildung 3-11: Schema eines Unterdruckentwässerungssystems (DWA-A 116-1, 2005)

Für weitere Dimensionierungshinweise wird auf die ÖNORM EN 1091 (1997) „Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ und das Arbeitsblatt DWA-A 116-1 (2005) „Besondere Entwässerungsverfahren, Teil 1: Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ hingewiesen.

3.5.1.2 Pneumatische Überdruckverfahren

Bei dieser Form der Ableitung gelangt das Abwasser im freien Zulauf in Druckbehälter, welche mittels Druckluft entleert werden. Die Druckluft ist dabei das alleinige Fördermittel.

Durch die Anreicherung mit Luft, kann das Abwasser aerob gehalten werden, was sich positiv sowohl bezüglich Geruchsbelästigung als auch für die folgende biologische Abwasserreinigung auswirkt. Außerdem kann mittels Nachblasetechnik die gesamte Druckleitung entleert werden (z.B. 1-mal Täglich in den Nachtstunden), um eine zu lange Aufenthaltszeit des Abwassers in der Rohrleitung zu verhindern. Gleichzeitig ist es auch möglich die Druckleitung zu spülen. (HOELSCHERTECHNIK, 2011)

Das Verfahren findet aufgrund seines physikalischen Förderprinzips seine Anwendung:

- bei unregelmäßig anfallendem Abwasser
- bei langen Druckleitungen und damit lange Verweilzeiten des Abwassers in der Druckleitung
- großen geodätischen Förderhöhen auch bei kleinen Fördermengen (z.B. Gebirgsregionen)

Abbildung 3-12 zeigt das Ablaufschema der Pneumatischen Förderung mit Überdruck.

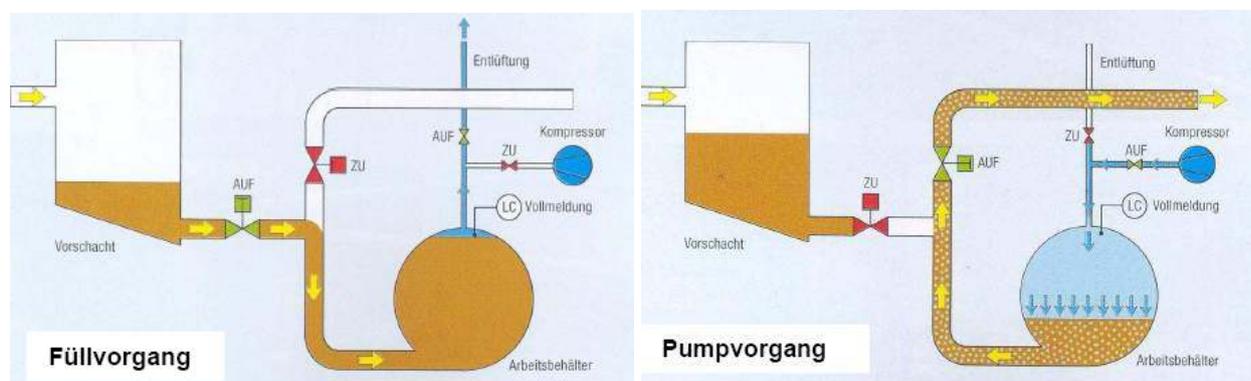


Abbildung 3-12: Funktionsschema einer pneumatischen Überdruckförderung System GULLIVER® (HOELSCHERTECHNIK, 2011)

Als weitere Möglichkeit der pneumatischen Abwasserförderung werden u. a. auf Kläranlagen auch Mammutpumpen eingesetzt. Das Funktionsschema wird in Abbildung 3-13 dargestellt.

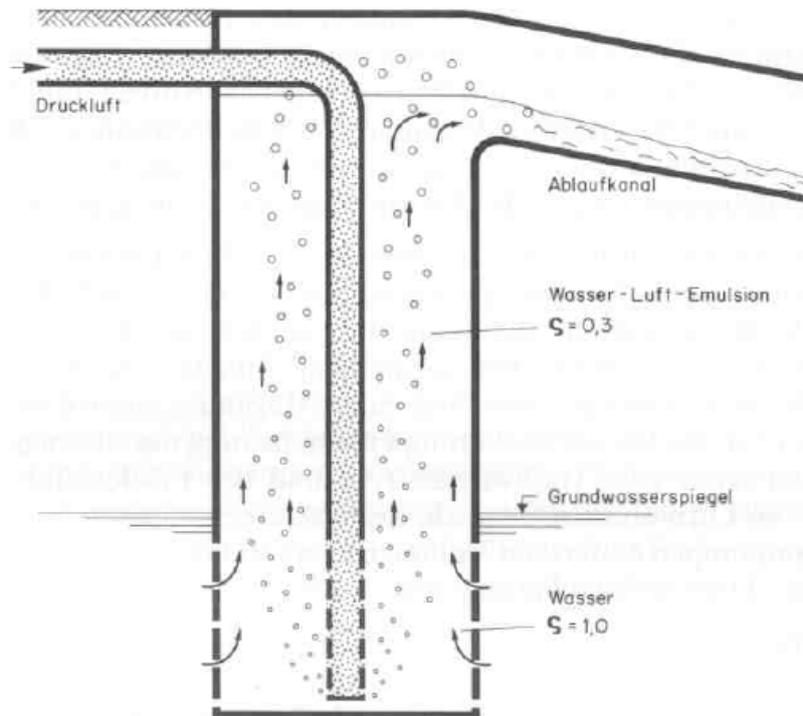


Abbildung 3-13: Mammutpumpe bzw. Lufthebewerk (TU-DRESDEN, 2007)

3.5.2 Hydraulische Abwasserförderung

Die hydraulisch unterstützte Abwasserförderung ist die Förderung auf mechanisch unterstützter Grundlage mit dem Ziel, einen höheren Druck zu erreichen, um das Abwasser zu einem Übergabepunkt zu befördern. Sie ist das am weitesten verbreitete Verfahren der Abwasserförderung, da sie sowohl eine robuste als auch Investitionskosten günstige Technik beinhaltet. Der landläufige Begriff „Pumpen“ geht mit der hydraulischen Förderung am ehesten konform (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Abbildung 3-14 zeigt eine Auflistung von unterschiedlichen Möglichkeiten der hydraulischen Abwasserförderung.

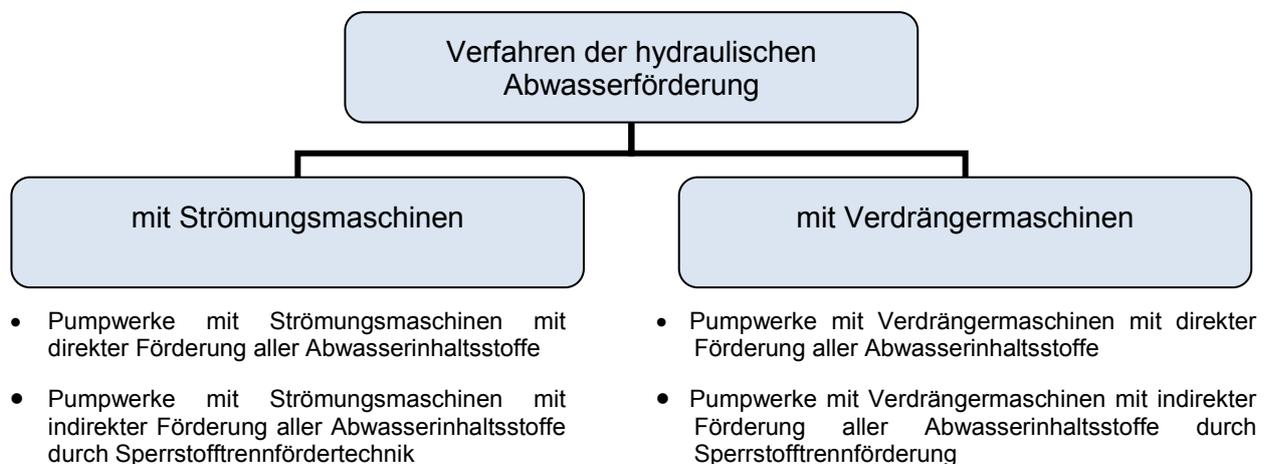


Abbildung 3-14: Verfahren der hydraulischen Abwasserförderung (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006)

3.5.2.1 Förderung nach dem Strömungsprinzip

Bei Kreiselpumpen erfolgt die Energieerhöhung der Förderflüssigkeit mittels eines rotierenden Laufrades. Deshalb sind Kreiselpumpen Strömungsmaschinen, bei denen im Gegensatz zum hydrostatischen Förderprinzip der Verdrängerpumpen hier das hydrodynamische Förderprinzip genutzt wird. Bei diesem Prinzip wird nicht direkt Druckkraft umgesetzt, sondern mit und in dem rotierenden Laufrad wird ein Impulsaustausch vorgenommen (SIG, 2008).



Abbildung 3-15:
Strömungsprinzip
(MORAUF, 2011)

Die Wirkungsweise einer Kreiselpumpe kann man gut mit dem Rühren eines Löffels in einer Kaffeetasse, wie in Abbildung 3-15 gezeigt, vergleichen. Durch das Rühren wird die Flüssigkeit von der Mitte aus zum Rand nach oben steigen. Das Ansteigen der Flüssigkeit kann man durch schnelleres oder langsames Drehen beeinflussen. Die Förderhöhe hängt also von der Umfangsgeschwindigkeit ab. Umgelegt auf die Kreiselpumpe können durch einen größeren Laufraddurchmesser oder durch höhere Drehzahl die Umfangsgeschwindigkeit und damit eine größere Förderhöhe erreicht werden.

Bei der Betrachtung der Wirkungsweise von Kreiselpumpen kommen zwei entscheidende Kriterien zum Tragen. Zum einen das Pumpengehäuse und zum anderen das Laufrad.

Das Pumpengehäuse hat die Aufgabe, die vom Saugstutzen kommende Flüssigkeit in Ausrichtung dem Laufradmund zuzuführen. Die Flüssigkeit wird nach dem Austritt aus dem Laufrad im rechten Winkel (radial) zur Laufradachse gegen die Gehäusewand geschleudert und über einen spiralförmigen Kanal dem Druckstutzen zugeführt. Man spricht daher auch von einem Spiralgehäuse als Pumpengehäuse bzw. von einem Radialrad als Laufrad. (FRENZ, T., 2011)

Abbildung 3-16 zeigt die Wirkungsweise bzw. einen Schnitt durch eine Kreiselpumpe.

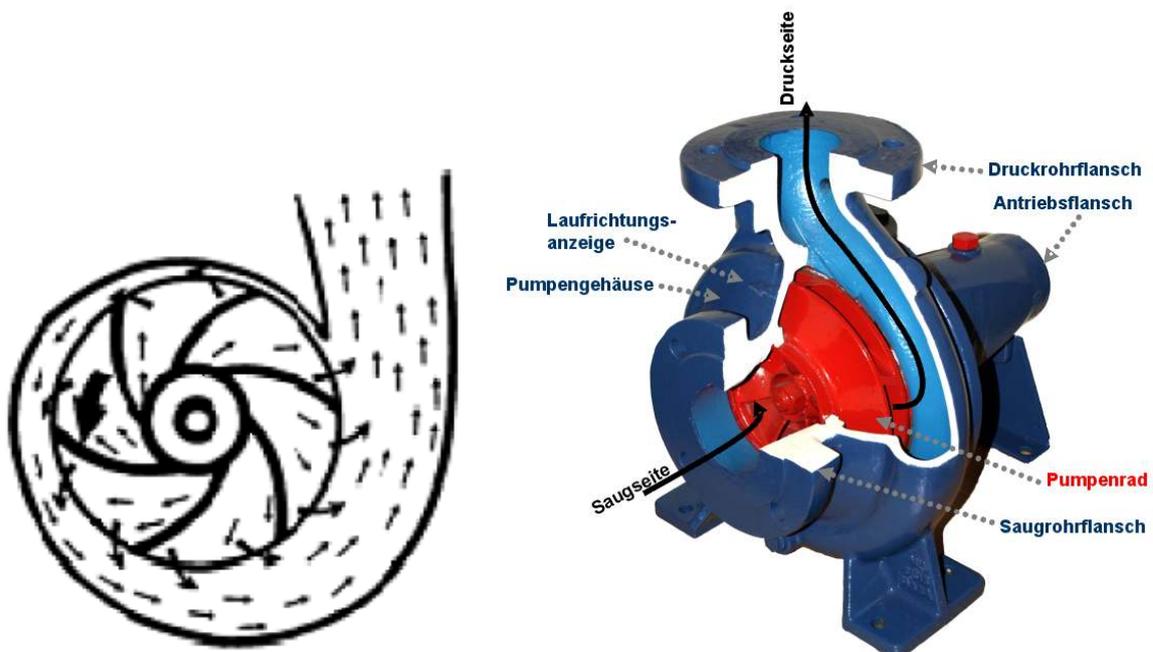


Abbildung 3-16: Wirkungsweise von Kreiselpumpe (MORAUF, 2011, WIKIPEDIA, 2011b)

Genauere Betrachtungen bezüglich der Auslegung, Betriebspunkt, Laufradformen, etc. von Kreiselpumpen, werden im Kapitel 4 gemacht.

Als weitere Form der Förderung mittels Strömungsprinzip, werden u. a. auf Kläranlagen für große Wassermengen oder bei Regenwasserpumpwerken Propellerpumpen eingesetzt.

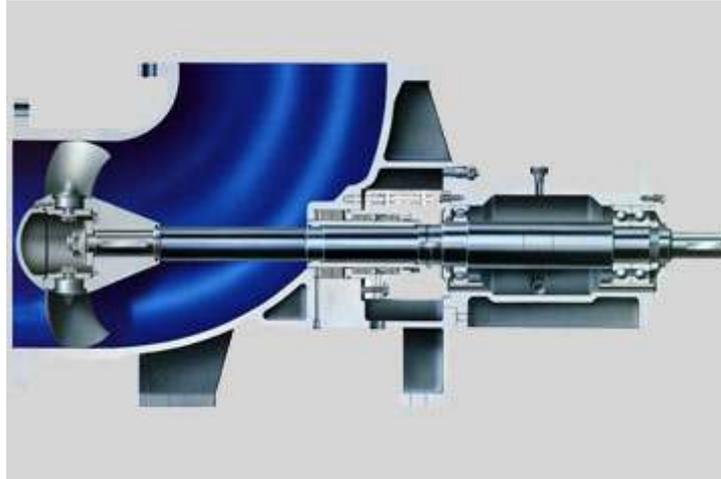


Abbildung 3-17: Propellerpumpe (SCHUBAG, 2011)

3.5.2.2 Förderung nach dem Verdrängungsprinzip

Bei Verdrängerpumpen erfolgt die Energieerhöhung in abgegrenzten Arbeitsräumen, die sich abwechselnd vergrößern (Saughub) und verkleinern (Druckhub), sodass einzelne Teilvolumina gefördert werden. Die Veränderung der Arbeitsräume wird durch eine oder mehrere hin- und hergehende (oszillierende, pulsierende) oder umlaufende Verdränger erzielt. Die Arbeitsräume (Saugseite / Druckseite) sind durch Trennelemente voneinander getrennt bzw. die Ein- und Ausgänge durch Ventile gesteuert (SIG, 2008).

3.5.2.2.1 Oszillierende Verdrängerpumpen:

Hier wird das Wirkprinzip des menschlichen oder tierischen Herzens als Vorbild genommen. Durch Vergrößern und Verkleinern einer Kammer (Herzkammer), wird das Fördermedium einmal angesaugt und einmal gedrückt. Zur Gruppe der oszillierenden Verdrängerpumpen gehören

- Plungerpumpen
- Kolbenpumpen
- Membrankolbenpumpen
- Membranpumpen
- Flügelpumpen

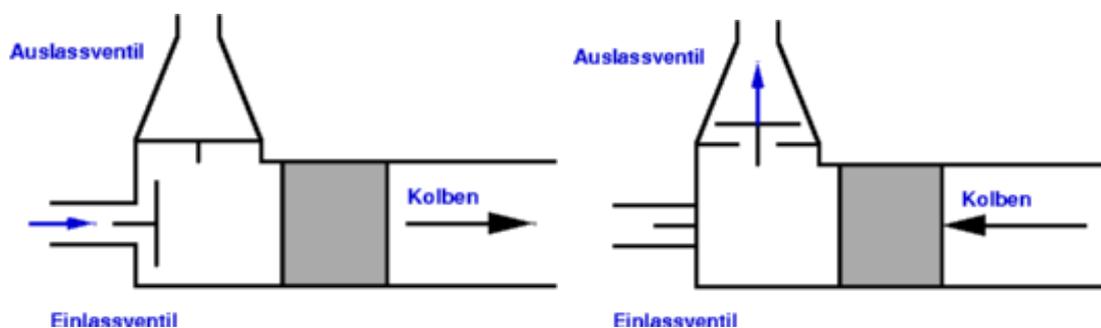


Abbildung 3-18: Wirkungsprinzip einer Kolbenpumpe (SIG, 2008)

3.5.2.2 Rotierende Verdrängerpumpen:

Die Funktion dieser Pumpen beruht auf der Bildung von sich gleichmäßig vergrößernden (saugen) und verkleinernden (drücken) Arbeitsräumen durch einen oder mehrere rotierenden (sich um die eigene Achse drehende) Verdränger. Folgende Pumpen arbeiten nach diesem Prinzip:

- Zahnradpumpen
- Schraubenspindelpumpen
- Kreis-, Drehkolbenpumpen
- Exzentrerschneckenpumpen
- Schneckenpumpen
- Schlauchpumpen

In der Abwasserentsorgung kommen wie in Abbildung 3-19 gezeigte Schneckenpumpen zur Hebung des Abwassers auf Kläranlagenniveau zum Einsatz. Für die Förderung von Schlämmen auf Kläranlagen werden auch wie in Abbildung 3-20 gezeigte Exzentrerschneckenpumpen (Monopumpen) und in Abbildung 3-21 gezeigte Drehkolbenpumpen verwendet.



Abbildung 3-19: Schneckenpumpe (Photo: Schitter)



Abbildung 3-20: Exzentrerschneckenpumpe (NETZSCH, 2011)

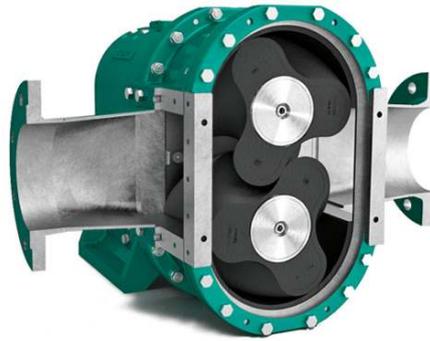


Abbildung 3-21: Drehkolbenpumpe (NETZSCH, 2011)

3.5.2.3 Sperrstofftrennförderung

Bei der Sperrstofftrennförderung werden die im Abwasser enthaltenen Sperrstoffe (Grobstoffe, Sedimente, etc.) in einer mechanisch oder physikalisch arbeitenden Abscheidekammer bzw. im Sperrstoffsammelraumsystem vom flüssigen Teil getrennt und damit nur vorgereinigtes Abwasser hydraulisch gefördert. Nach der Pumpe wird das Abscheidegut durch das vorgereinigte Abwasser wieder aufgenommen und in die Druckleitung transportiert. Dadurch ergibt sich eine Schonung der Fördereinrichtung (STRATE, 2011).

Abbildung 3-22 zeigt das Wirkungsprinzip dieses Verfahrens. Anwendung findet das System je nach Bedarf mit einer, zwei oder mehreren Kreiselpumpen.

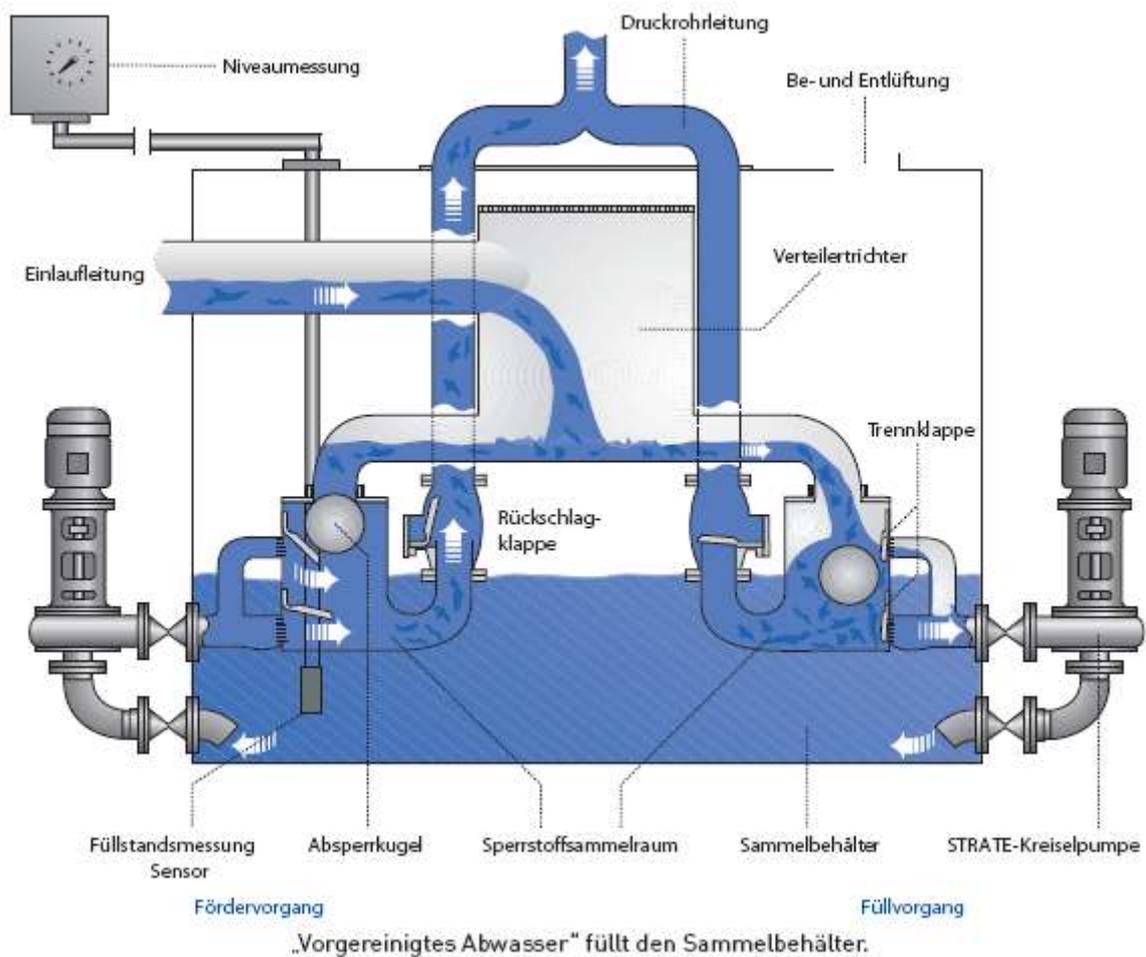


Abbildung 3-22: Prinzip der Sperrstofftrennförderung (STRATE, 2011)

3.6 Definition des Begriffes „dezentral“

Der Begriff „dezentral“ wird in der Abwasserentsorgung meist als Synonym für den ländlichen Raum verwendet. Für diesen gibt es verschiedene Definitionsversuche, von denen jedoch keiner als allgemeingültig anerkannt wird (HABERL R. und ERTL T., 1996).

Folgende Kriterien können lt. DWA Arbeitsblatt A 200 (1997) zur Orientierung für den Begriff „ländlich strukturiert“ herangezogen werden:

- *Kleine, manchmal auch weit auseinander liegende Ortschaften und Ortsteile.*
- *Große Grundstücksflächen aufgrund lockerer, offener Bebauung, Einzelgehöfte, Weiler, Streusiedlungen.*
- *Geringe Siedlungsdichte, bis etwa 25 E/ha Siedlungsfläche.*
- *Geringer Anteil befestigter Flächen, bis etwa 20 % der Siedlungsfläche einschließlich der Straßen und Wege.*
- *Kleine zusammenhängende, ggf. lückenhafte Kanalnetze*
- *Wenig vorhandene entwässerungstechnische Anlagen, vielfach Kleinkläranlagen; Kanäle oft nur als Regenwasserkanäle zu nächsten Gewässer, häufig jedoch mit Einleitungen aus Kleinkläranlagen.*
- *Primär landwirtschaftliche Struktur und in der Regel wenig Industrie und Gewerbe.*
- *Oftmals kleine und leistungsschwache, vielfach durch diffuse Einträge vorbelastete oberirdische Gewässer.*
- *Häufig Freizeiteinrichtungen mit saisonal stark schwankendem Abwasseranfall.*

Aufgrund des zunehmenden Anschlussgrades an zentrale Kläranlagen in den letzten Jahren, müssen einige dieser angeführten Orientierungshilfen, wie z.B.: *lückenhafte Kanalnetze* bzw. *wenig vorhandene entwässerungstechnische Anlagen*, für die Anwendung des Begriffes bei dezentralen Abwasserpumpstationen verworfen werden.

Als „dezentrale“ Abwasserpumpstationen können jene Pumpstationen betrachtet werden, die als entwässerungstechnische Anlagen im ländlich strukturierten Raum dabei helfen, trotz der topografisch ungünstigen Situation für Freispiegelentwässerungen zusammenhängende Kanalnetze für zentrale Kläranlagen zu schaffen.

4. Planung und Bau von Abwasserpumpenanlagen

Klassische Abwasserpumpenanlagen, bestehend aus Abwasserpumpstation und Abwasserdruckleitung, sind im Rahmen der Abwasserleitung eine wichtige Alternative zur Freispiegelkanalisation. Ihre Bedeutung besteht darin, dass ihre Verwendung in vielen Fällen die Wirtschaftlichkeit eines Entwässerungssystems verbessern kann.

„Während dicht besiedelte Gebiete verhältnismäßig kostengünstig entwässert werden können, kann ein Schwerkraftentwässerungssystem für weniger dicht besiedelte Gebiete wegen hoher Kosten unwirtschaftlich sein, sodass der Einsatz eines Druckentwässerungssystems in Betracht gezogen werden sollte“ (ÖNORM EN 1671, 1997).

Ein zwangsgesteuerter Abwassertransport kann im Gegensatz zur Ableitung von Abwasser im freien Gefälle notwendig oder sinnvoll sein,

- wenn Kanäle mit größerem Gefälle als die Geländeneigung verlegt werden und dadurch immer größere Einbautiefen und damit immer höhere Baukosten entstehen. Ab einer gewissen Tiefe ist man gezwungen Pump- bzw. Hebewerke einzubauen.
- als Einzelanlagen in Gebäuden mit tief liegenden Kellergeschoßen
- zum Anschluss von tiefer liegenden Entwässerungsgebieten an ein Entwässerungssystem
- zur Hebung auf die Zulaufhöhe zur Kläranlage
- bei Hochwasser des Vorfluters

Folgende Punkte werden in ÖNORM EN 752 (2008) angegeben, welche bei der Planung von Pumpenanlagen berücksichtigt werden müssen:

- *Gesamtnutzungskosten;*
- *Energieverbrauch;*
- *Anforderungen des Betriebs und des Unterhalts;*
- *Risiko und Auswirkungen von Störungen;*
- *Gesundheit und Sicherheit der Allgemeinheit und des Betriebspersonals;*
- *Auswirkungen auf die Umwelt;*
- *Beschaffenheit des Abwassers, dies kann*
 - *aggressiv, korrosiv und/oder Abrieb verursachend sein;*
 - *einen hohen Feststoffanteil aufweisen, verbunden mit erhöhter Verstopfungsgefahr;*
 - *giftig sein;*
 - *zu einer Explosionsgefahr führen.*

Das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 134 „Planung und Bau von Abwasserpumpenanlagen“ ergänzt die ÖNORM EN 752 und gibt weitergehende Hinweise und Anregungen, wie Pumpenanlagen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten geplant und gebaut werden können.

4.1 Generelle Anforderungen an Abwasserpumpstationen - Serviceability

„Die Pumpanlage muss so bemessen werden, dass bei Berücksichtigung ausreichender Reserven die gleiche Entsorgungssicherheit wie bei Ableitung im freien Gefälle erreicht wird.

Die an eine Abwasserpumpanlage zu stellenden Grundanforderungen sind ein automatischer, störungsarmer Betrieb, bei dem die unhygienischen und gefährlichen Wartungsarbeiten auf ein Minimum beschränkt bleiben.“ (ATV-DVWK-A 134, 2000)

Um diese Forderung der „kanaläquivalenten Förderzuverlässigkeit“ erfüllen zu können, sind kommunale Abwasserpumpstationen in der Regel grundsätzlich mit einer robusten und langlebigen Technik auszurüsten. Dabei wird die Wahl des objektrelevanten Förderverfahrens durch drei vorrangige Entscheidungsfaktoren, nämlich der technischen Lösung, den Investitionskosten und den Betriebskosten beeinflusst (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Die ÖNORM EN 752 (2008) listet folgende Anforderungen an Pumpanlagen auf, die neben den generellen Funktionalanforderungen von Entwässerungssystemen (siehe Kapitel 3.4) bei der Planung von Pumpanlagen besonders berücksichtigt werden sollten:

- Anforderungen zur Begrenzung der Auswirkungen von Störungen, einschließlich des Einsatzes von Reservepumpen, Notstromaggregaten, doppelten Pumpendruckleitungen, Notüberläufen, Rechen, Vorkehrungen zum Abpumpen, Speicherbecken, die auch die Auflagen in nationalen oder lokalen Vorschriften oder der zuständigen Stelle erfüllen;
- Anforderungen in nationalen oder lokalen Vorschriften oder der zuständigen Stelle an Regentlastungsbauwerke und Notüberläufe
- Begrenzung von Lärm- und Geruchsbelästigungen;
- Begrenzung der Verweilzeit, um Anfaulung und/oder Ablagerungen zu vermeiden;
- Einrichtungen und Ausrüstungen für Betrieb und Unterhalt;
- Anforderungen an zukünftige Erweiterungen;

4.2 Größenklassen und Pumpwerksarten

4.2.1 Größenklassen

In Abhängigkeit des Bemessungsförderstroms wird lt. ATV (1982) zwischen folgenden Größenklassen unterschieden:

Tabelle 4-1: Pumpwerks-Größenklassen lt. ATV (1982)

Größenklasse	Förderstrom [l/s]
A	bis 100
B	100 bis 1.000
C	1.000 bis 10.000
D	über 10.000

4.2.2 Pumpwerksarten

Kommunale Abwasserpumpwerke werden größtenteils in bestimmten Verfahrenstypen angeboten. Eine Grobunterteilung ist in Abbildung 4-1 gegeben. Daraus ist zu entnehmen, dass zu jedem Hauptverfahren eine Reihe von Unterverfahren und/oder Kombinationen möglich sind (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

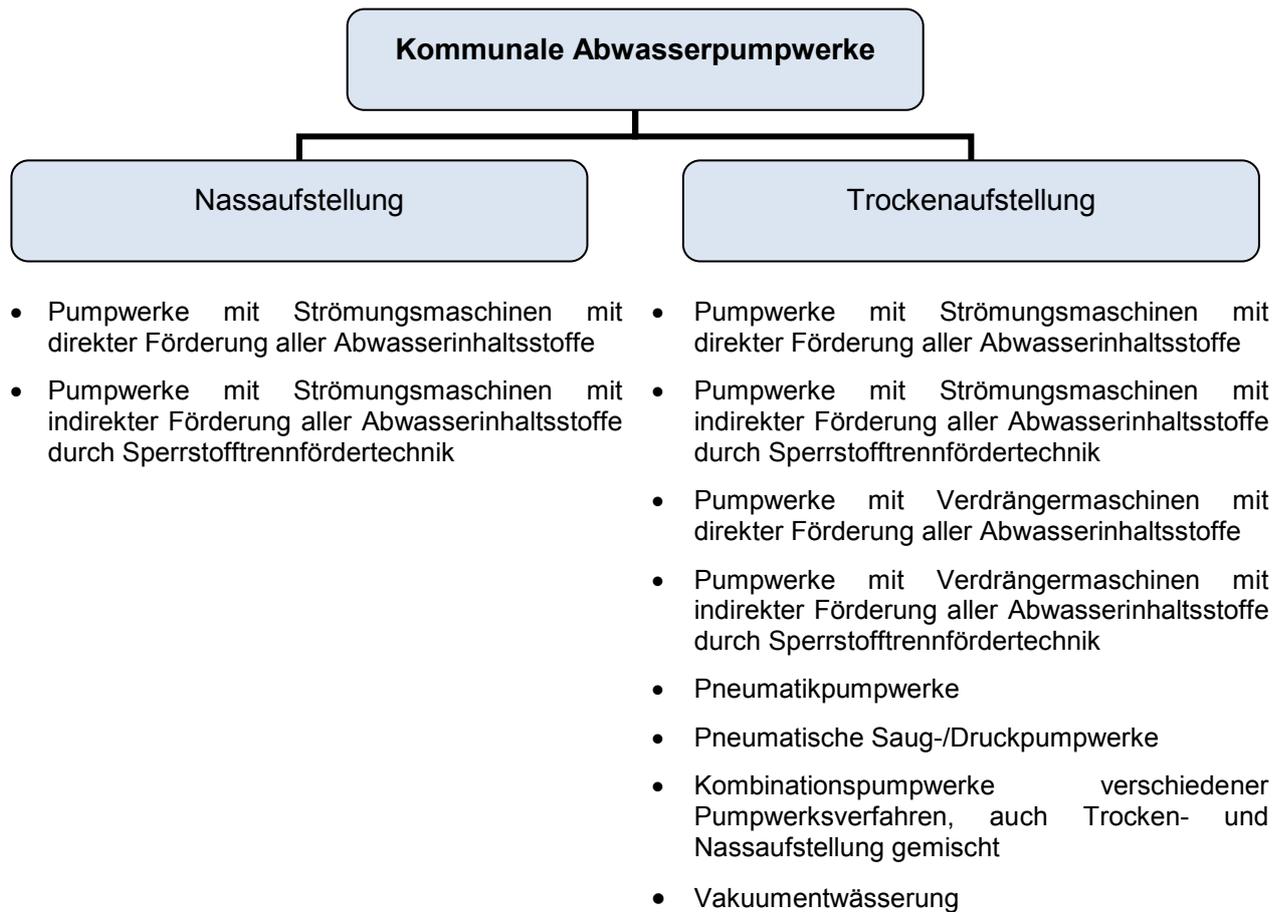


Abbildung 4-1: Pumpwerkstypen nach Aufstellungsarten nach WEISSMANN und GUTZEIT (2006)

Folgend wird das Augenmerk auf die am meisten verbreiteten Verfahren, nämlich die der Förderung mittels Strömungsmaschinen mit direkter Förderung aller Abwasserinhaltsstoffe durch Kreiselpumpen gelegt.

„In der Regel werden Abwasserpumpstationen mit Kreiselpumpen ausgerüstet“. (ATV-DVWK-A134, 2000)

Die Aussagen gelten jedoch gleichermaßen für Pumpanlagen mit anderen Förderaggregaten, soweit sie nicht andere technische Lösungen bedingen.

4.2.2.1 Pumpwerke mit nass aufgestellten Pumpen

Bei diesem Verfahren sitzt die Fördereinrichtung (Pumpe) im Abwassersammelrau. Da sie vom Abwasser voll oder teilweise umgeben wird, sind alle Maschinen wie in Abbildung 4-2 gezeigt, mit überflutbaren und explosionsgeschützten Tauchmotoren ausgerüstet. Dabei wird die Umströmung zum gewissen Teil oder ganz als Kühlung des Motors benutzt. Bei bestimmten Typen ist eine interne Ölkühlung zusätzlich vorgesehen (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).



Abbildung 4-2: Tauchmotorpumpe (KSB, 2011)

Der Vorteil dieser Aufstellungsart liegt in den niedrigen Investitionskosten gegenüber aufwändigeren Pumpwerkskonstruktionen für trocken aufgestellte Pumpen. Meist wird hier auf ein oberirdisches Bauwerk und bei geringen Tiefen auf einen Zwischensockel bzw. Podest verzichtet. (WILO, 2008)

Nachteile dieser Aufstellungsart sind die dem Abwasser und dadurch der Korrosion ausgesetzten Aggregate, die unhygienischen Wartungsbedingungen, ein hoher Verschleiß der Förderhydraulik sowie die Einsatzbegrenzungen aus Druckgründen und aus Gründen des Kugeldurchganges (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Grundsätzlich werden Pumpstationen mit 2 Pumpen ausgerüstet, welche alternierend geschaltet sind. Eine besondere Schaltung kann vorgesehen werden, in dem die beiden Pumpen in Extremsituationen parallel laufen, was die Fördermenge kennlinienspezifisch erhöht. Bei Pumpstationen zur Entsorgung von Einzelobjekten (Hauspumpwerke) ist es üblich auch nur eine Pumpe einzubauen.

„Es sollten grundsätzlich mindestens zwei Pumpen eingebaut werden.“ (ATV-DVWK-A134, 2000)

Abbildung 4-3 zeigt Beispiele von Pumpstationen mit nass aufgestellten Pumpen.

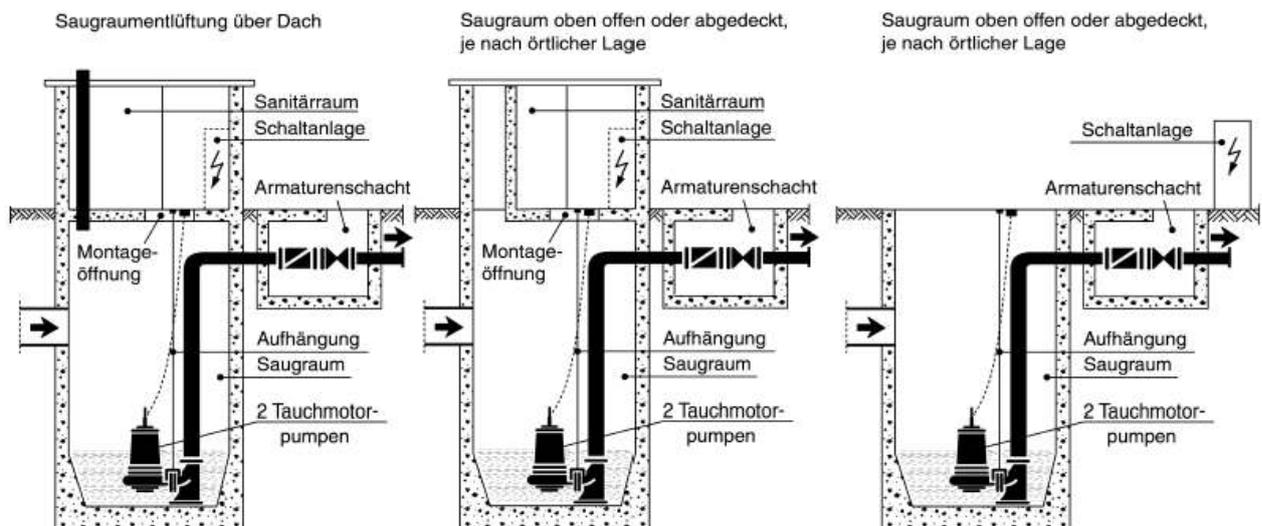


Abbildung 4-3: Pumpwerksbauarten mit Pumpen in Nassaufstellung (ATV-DVWK-A134, 2000)

Eine Weitere Variante zeigt Abbildung 4-4 mit nassaufgestellten Pumpen und einem extra trockenen Bereich für Rohrleitungen und Armaturen.

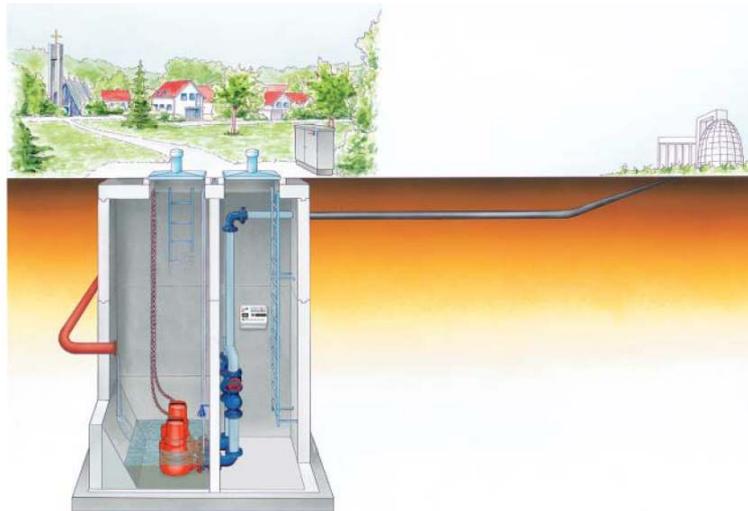


Abbildung 4-4: Pumpstation mit nassaufgestellten Pumpen und trocken aufgestellten Armaturen (KORDES, 2011)

4.2.2.2 Pumpwerke mit trocken aufgestellten Pumpen

Bei dieser Art von Pumpwerken sitzt die Fördereinrichtung (Pumpe) in einem abwasserfreien, trockenen, vom Abwassersammelschacht getrennten Maschinenraum. Dabei sind alle Maschinen mit separat Luft oder Fremdmittel gekühlten, lediglich spritzwassergeschützten Motoren ausgerüstet. Abbildung 4-5 zeigt Beispiele von Pumpstationen mit trocken aufgestellten Pumpen.

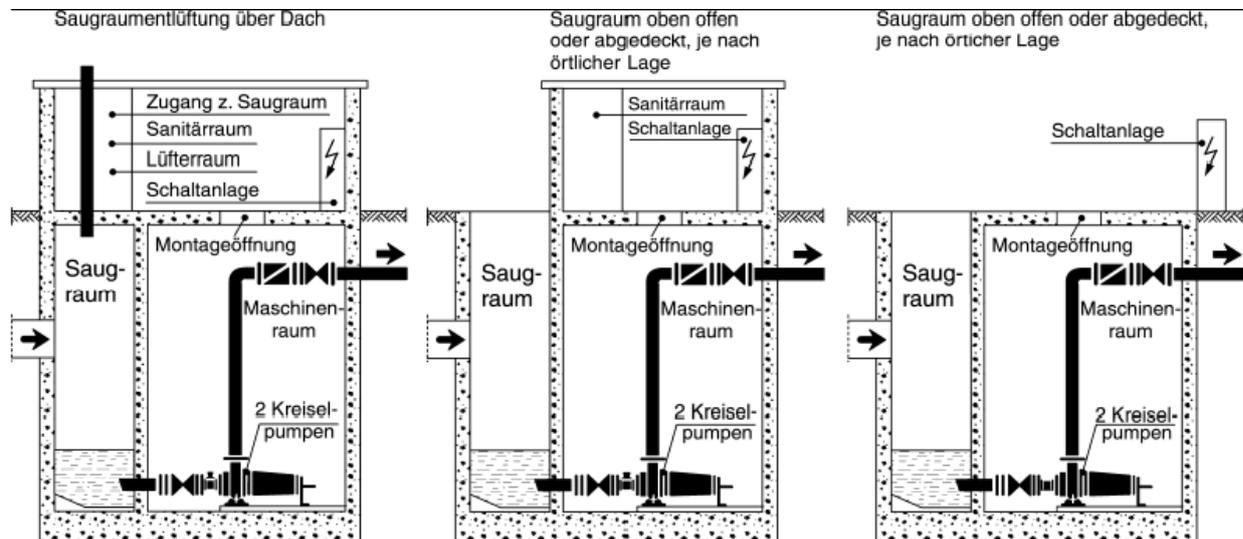


Abbildung 4-5: Beispiele für Pumpwerksbauarten mit Pumpen in Trockenaufstellung (ATV-DVWK-A134, 2000)

4.3 Bemessungsgrundlagen

Folgende Angaben sind für die Planung und Bemessung von Pumpenanlagen von besonderer Bedeutung (JABERG H., 2004):

- Abwasserzufluss
- Standort der vorgesehenen Pumpenanlagen im Netz und Förderaufgabe
- Ordinaten und Förderhöhen
- Mindestkugeldurchgang
- Strömungsgeschwindigkeit und lichte Weite der Druckleitung
- Schalthäufigkeit der Pumpe zur Bemessung des Saugraumes
- Anfaulung des Abwassers
- Erweiterungsmöglichkeiten bzw. Erweiterungserfordernisse

4.3.1 Abwasserzufluss

Um die Größe einer Pumpstation festzulegen, ist der tägliche Abwasserzufluss zu ermitteln. Beeinflusst wird dieser durch die Art des Entwässerungsverfahrens (Misch- oder Trennverfahren), der Größe und Struktur des Einzugsgebietes, der Anzahl der Einwohner sowie der Anzahl und Art der angeschlossenen Industrie- und Gewerbebetriebe.

Für die detaillierte Bemessung wird hier auf das ÖWAV-Regelblatt 11 (2009) „Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen“ und auf die ATV-A 118 (1999) „Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“ hingewiesen.

Für die Ermittlung des Gesamtabflusses (Q_{ges}) gilt bei Trennsystemen für Schmutzwasserpumpstationen:

$$Q_{ges} = Q_t + Q_{r,Tr} \text{ [l/s]}$$

Der Trockenwetterzufluss (Q_t) setzt sich aus häuslichem, gewerblichem und industriellem Schmutzwasser, sowie Grund- und Sickerwasser (Fremdwasser) zusammen. $Q_{r,Tr}$ bezeichnet den unvermeidbaren Regenabfluss im Schmutzwasserkanal von Trenngebieten. Das ÖWAV-Regelblatt 11 (2009) gibt hier einen spezifischen Wert von 2 l/(s.1000 E), lt. ATV (1982) reicht hier ein Zuschlag von 100% des Schmutzwasserabflusses.

Für den Regenwasserkanal bzw. für Regenwasserpumpwerke gilt:

$$Q_{ges} = Q_r \text{ [l/s]}$$

Wobei für die Ermittlung des maßgeblichen Regenwetterabflusses (Q_r) verschiedene Methoden zur Verfügung stehen. Anwendung finden Fließzeitverfahren, Hydrodynamische Verfahren und Hydrologische Verfahren (ÖWAV-Regelblatt 11, 2009).

Die maximale Überflutungshäufigkeiten werden lt. ÖNORM EN 752 (2008) je nach Situierung des Pumpwerkes in einem Entwässerungssystem von 1-mal je 1 bis 50 Jahren empfohlen.

In Mischsystemen ergibt sich der maßgebende Abfluss als:

$$Q_{ges} = Q_t + Q_r \text{ [l/s]}$$

Für die Auslegung der Förderaggregate (Ermittlung der Betriebspunkte, Auswahl der Pumpenart, Entscheidung zum Einsatz von Antrieben mit einer, mehreren oder variablen Drehzahlen) ist außerdem die Ganglinie des Abwasserzuflusses zur Pumpenanlage heranzuziehen (ATV-DVWK-A 134, 2000).

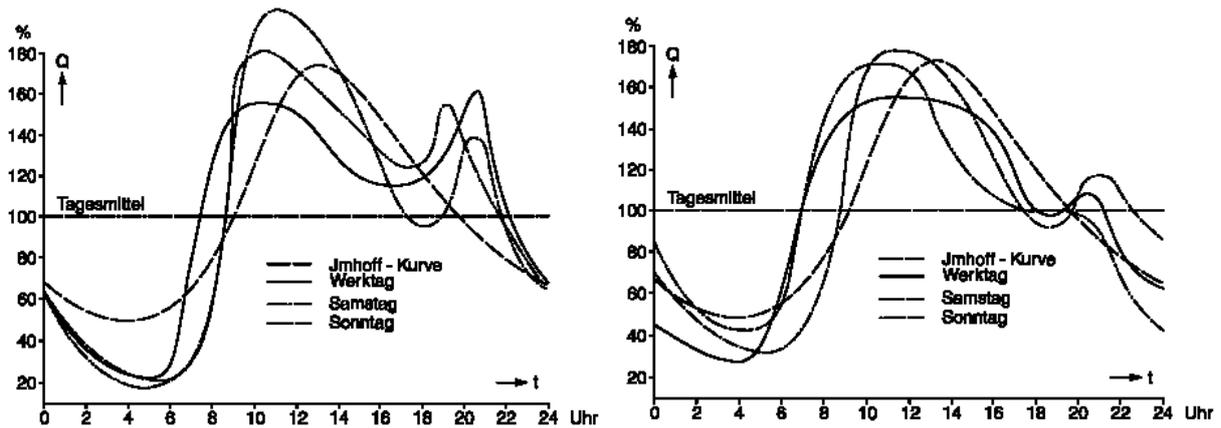


Abbildung 4-6: Beispiele von Zuflussganglinien bei Trockenwetter; l. vorwiegend Wohngebiet, r. starker Industrieinfluss (ATV-DVWK-A 134, 2000)

4.3.2 Standort der vorgesehenen Pumpanlage im Netz und Förderaufgabe

Aufgrund der Entwässerungsplanung ergeben sich der Standort, sowie die Aufgabe einer Pumpanlage in einem Entwässerungssystem (die Förderaufgabe). Bezeichnungen von Abwasserpumpwerken sind oft auf ihren Standort oder auf ihren Aufgabenschwerpunkt zurückzuführen. Es werden folgende Typen unterschieden (ATV, 1982):

- Kanalisationspumpwerke
- Zwischenpumpwerke oder Überpumpwerke
- Zubringerpumpwerke
- Regenwasserpumpwerke
- Schmutzwasserpumpwerke
- Kläranlagenpumpwerke
- Hochwasserpumpwerke
- Bachpumpwerke

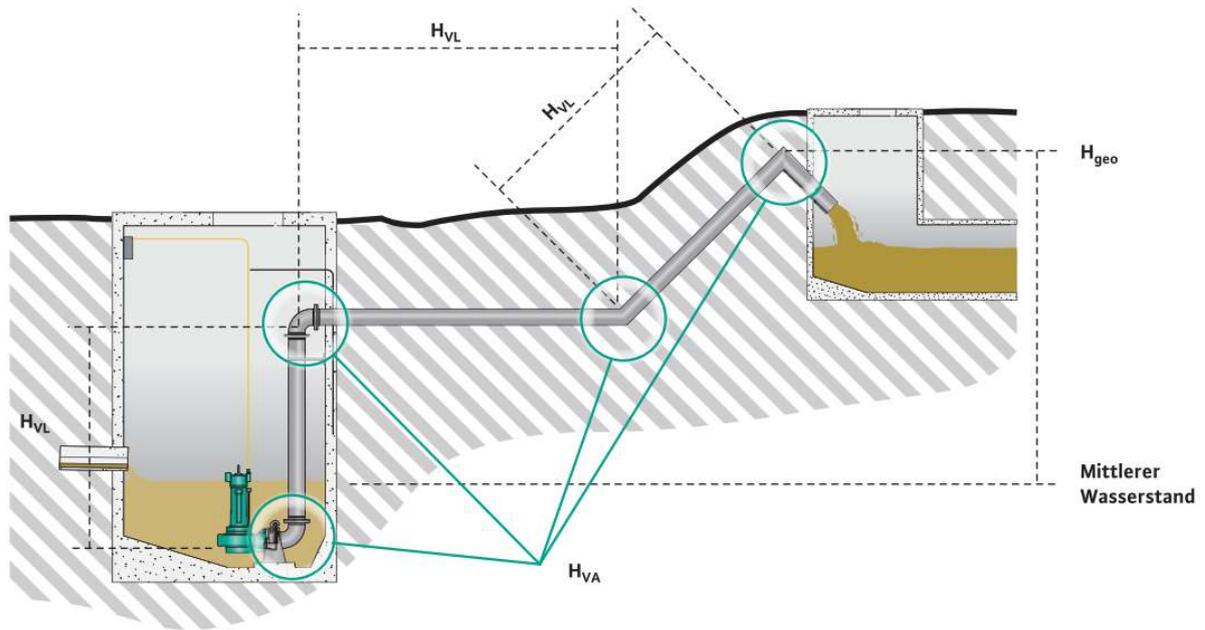
4.3.3 Ordinate und Förderhöhen

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ergeben sich die Höhenlagen des Zulaufkanals sowie des Förderziels. Außerdem erhält man nach der Planung des Saugraumes die Ein- und Ausschaltordinate der Pumpe.

Zur Ermittlung der Förderhöhe sind neben der statischen Höhe auch die Reibungsverluste aufgrund des Druckleitungsverlaufes zu berücksichtigen (ATV-DVWK-A 134, 2000).

Die von einer Pumpe zu erbringende Förderhöhe ergibt sich somit als Summe aus geodätischem Höhenunterschied (H_{geo}) sowie den Druckverlusten der Rohrleitungen (H_{VL}) und Armaturen (H_{VA}).

$$H_{max} = H_{geo} + H_{VL} + H_{VA}$$



- H_{VL} = Druckverluste in Rohrleitungen
- H_{VA} = Druckverluste in Armaturen und Bögen
- H_{geo} = Druckverlust durch Höhenunterschied

Abbildung 4-7: Anteile der Förderhöhe (WILO, 2008)

4.3.4 Mindestkugeldurchgang

Eine Textil-Ballenbildung ist in Kanalnetzen nicht auszuschließen. Dennoch kann lt. ATV-DVWK-A134 (2000) auf Rechenanlagen verzichtet werden, sofern die geeignete Pumpenart und genügend große freie Querschnitte in der gesamten Fördereinrichtung gewählt werden. Abbildung 4-8 zeigt eine Erklärungsskizze zum Kugeldurchgang einer Kreiselpumpe.

Ein freier Kugeldurchgang von mind. 100 mm wird empfohlen, und eine lichte Weite von 80 mm für die Druckleitung sollte nicht unterschritten werden (ATV-DVWK-A134, 2000).

In DWA-A 116-2 (2007) heißt es dazu:

„Pumpen mit freiem Kugeldurchgang von mindestens 40 mm oder mit Schneideinrichtung haben sich in der Praxis bewährt.“

...

Die Sammeldruckleitungen bestehen bei Verwendung von Pumpen ohne Schneideinrichtungen aus Rohren mit Mindestnennweite DN 65, bei Pumpen mit Schneideinrichtungen aus Rohren mit Mindestnennweite DN 32.“

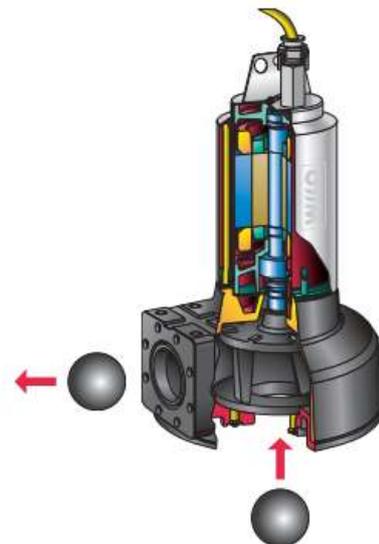


Abbildung 4-8: Kugeldurchgang (WILO, 2008)

Weitere Erläuterungen zu den Laufradformen und Kugeldurchgang werden in Kapitel 4.5 gegeben.

4.3.5 Strömungsgeschwindigkeit und lichte Weite der Druckleitung

Lt. ATV-A 200 (1997) erlaubt die Technik der Druckentwässerung den wirtschaftlichen Anschluss größerer Gebiete mit geringer Siedlungsdichte sowie den Anschluss von Einzelhäusern, Gehöften oder kleinen Hausgruppen mit Rohrdurchmessern auch kleiner DN 50, wobei bei Druckleitungen kleiner DN 80 Pumpen mit Schneideeinrichtungen eingesetzt werden müssen.

Eine Mindestströmungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s bei größerer bzw. von 1,0 m/s bei geringerer täglicher Gesamtförderzeit der angeschlossenen Pumpstationen sollte lt. ATV-DVWK-A 134 (2000) eingehalten werden.

Mindestgeschwindigkeiten lt DWA-A 116-2 (2007):

- Hausanschlussdruckleitungen und Sammeldruckleitungen bis DN 100: 0,7 m/s
- Sammeldruckleitungen bis DN 150: 0,8 m/s
- Sammeldruckleitungen bis DN 200: 0,9 m/s

Weiters werden in der ATV-DVWK-A 134 (2000) für die Höchstgeschwindigkeiten des Förderstroms in Abhängigkeit der Nennweite, für Leitungslängen bis ca. 500 m, folgende Werte angegeben:

Tabelle 4-2: Höchstgeschwindigkeiten des Förderstroms (ATV-DVWK-A 134, 2000)

lichte Weite	[mm]	80	100	150	200
Geschwindigkeit	[m/s]	2,0	2,0	2,2	2,4
Förderstrom	[l/s]	10	16	40	75

Darüber hinaus sollten Strömungsgeschwindigkeiten größer 2,5 m/s vermieden werden.

4.3.6 Bemessung des Saugraumes

Nach ÖNORM EN 752 (2008) sollte der Saugraum so bemessen sein, dass:

- der Pumpensumpf tiefer liegt als der Zulaufkanal;
- der Saugraum abgetrennt, entleert und gereinigt werden kann (z.B. durch Abtrennung oder durch Anordnung von zwei Saugräumen);
- Tot-Zonen Vermieden werden, um Ablagerungen zu verhindern
- die Gestaltung des Zulaufbereiches eine stetigen Pumpenzulauf sicherstellt, um insbesondere Lufteinschlüsse zu vermeiden ;
- der Abstand zwischen Pumpensaugstutzen und der Sohle bzw. den Wänden ausreichend groß ist;
- Vorkehrungen gegen das Anfaulen des Abwassers zu treffen sind;
- der erforderliche Explosionsschutz sichergestellt ist;

„Die Größe des Saugraumes und dessen Ausbildung im Detail werden durch die maximale und minimale Zulaufspitze bestimmt. Das Saugraumvolumen zwischen Ein- und Ausschaltpunkt ist so festzulegen, dass die Schalthäufigkeit entsprechend den Empfehlungen des Antrieherstellers begrenzt wird. Der Einschaltpunkt muss so gewählt werden, dass die Pumpen beim Anlaufen überstaut werden.“ ÖNORM EN 752 (2008)

Aufgrund der Zufluss- Abpumpbeziehung errechnet sich das verfügbare Saugraumvolumen für den Einsatz von Kreiselpumpen mit fester Drehzahl zwischen Ein und Ausschaltpegel wie folgt (ATV, 1982):

$$V = 0,9 \cdot Q_p / Z$$

V = Volumen in m³
Q_p = Pumpenförderstrom in l/s
Z = Schaltzahl pro Stunde

Als übliche Schalthäufigkeiten werden angegeben:

<i>für Pumpen bis</i>	<i>7,5 kW</i>	<i>7,5 kW</i>	<i>Z≤15</i>
<i>für Pumpen bis</i>	<i>30 kW</i>	<i>50 kW</i>	<i>Z≤12</i>
<i>für Pumpen über</i>	<i>30 kW</i>	<i>50 kW</i>	<i>Z≤10</i>

(WAGNER, 1994) (ATV, 1982)

4.3.7 Anfaulung des Abwassers

Bei vergleichsweise geringem Abwasseranfall bzw. Fördermengen und langen Druckleitungen ergeben sich längere Verweilzeiten des Abwassers in der Druckleitung bzw. im Saugraum. Dadurch kann es zum Anfaulen des Abwassers kommen, was zur stärkeren Geruchsentwicklung und zur Erhöhung der Aggressivität des Abwassers führt. Dieser Zusammenhang sollte bei der Planung berücksichtigt werden.

Abhilfe bieten Belüftungen des Saugraumes und/oder das Entleeren von Druckleitungen mittels Druckluft (Nachblasetechnik).

4.3.8 Erweiterungsmöglichkeiten bzw. Erweiterungserfordernisse

Auf die zukünftige Entwicklung der Zuflussmenge zum Pumpwerk und auf die sich daraus ergebenden Erweiterungserfordernisse sollte bereits bei der Planung des Pumpwerkes Rücksicht genommen werden (ATV-DVWK-A 134, 2000).

4.4 Bauliche Gestaltung von Pumpwerken

4.4.1 Allgemeines

„Grundsätzlich ist auf ausreichende überflutungssichere Zugänge zu allen und Freiräume um die Betriebseinrichtungen zu achten, die bedient, gewartet bzw. instandgesetzt werden müssen.“ (ATV-DVWK-A134, 2000)

„Pumpenräume müssen wirksame Be- und Entlüftung haben. Über- und Unterdrücke in Pumpenschächten sind durch geeignete Maßnahmen zu verhindern.“

Leitern, Zwischenpodeste, Gitterroste und Geländer sind in korrosionsbeständigem Werkstoff auszuführen (bei Stahl mindestens W.NR. 1.4301), Befestigungsmaterial wie Dübel, Schrauben und Zubehör mindestens Qualität A2

Wenn der Schalt- und Steuerschrank nicht im unmittelbaren Bereich der Pumpen situiert ist, muss für jede Pumpe ein örtlicher Revisionsschalter vorhanden sein.

Im Bereich der Pumpanlage ist die Möglichkeit eines Wasseranschlusses vorzusehen (mindestens 2“).“ (ÖWAV Regelblatt 32, 2000)

4.4.2 Einlauf

„Einlaufbauwerke sind bei Abwasserpumpwerken nicht üblich. Sie werden lediglich aus besonderen örtlichen, betrieblichen oder bautechnischen Gründen angeordnet.“ (ATV, 1982)

4.4.3 Rechen

„Aus Kostengründen und zur Vermeidung von Emissionen wird heute allgemein ein rechenfreier Betrieb angestrebt. Auf Einrichtungen für eine vorherige Zerkleinerung von Grobstoffen ist zu verzichten, weil diese betriebliche und wassergütewirtschaftliche Nachteile haben.“ (ATV, 1982)

4.4.4 Saugraum – Pumpensumpf

Grundsätzlich ist der Saugraum so auszubilden, dass keine Toträume entstehen und Ablagerungen vermieden werden (ATV-DVWK-A134, 2000).

„Zur Vermeidung von Gefahren durch im Abwasser enthaltene Stoffe müssen Pumpensümpfe einen Zugang von außen haben und dürfen nicht mit anderen Betriebsräumen der Abwasserablenungsanlage in Verbindung stehen.“ (ÖWAV Regelblatt 32, 2000)

„Sammelräume müssen sowohl wasserdicht als auch auftriebsicher sein und eine Be- und Entlüftung haben.“ (DWA-A 116-2, 2007)

4.5 Maschinentechnik

4.5.1 Pumpen

Pumpen sind Arbeitsmaschinen, die dem Fördermedium (Wasser etc.) Energie zuführen. Sie sollen einen bestimmten Förderstrom Q [l/s, m³/h, ...] auf eine bestimmte Förderhöhe H [m] bringen. Die Pumpenleistung wird durch die Leistungsdaten Q und H festgelegt (SIG, 2008).

Dieses Kapitel beschränkt sich auf die Beschreibung der wichtigsten Informationen zur Planung und Verwendung von Kreiselpumpen.

„In der Regel werden Abwasserpumpstationen mit Kreiselpumpen ausgerüstet. Sie sind nicht selbstansaugend und sollten deshalb zur Vermeidung von Störanfälligkeiten so tief aufgestellt werden, dass ihnen das Wasser im freien Gefälle zuläuft. Es sollten grundsätzlich mindestens zwei Pumpen eingebaut werden.“ (ATV-DVWK-A134, 2000)

4.5.1.1 Aufbau und Wirkungsweise von Kreiselpumpen

Kreiselpumpen sind kontinuierlich arbeitende Strömungsmaschinen zur Förderung von reinen Flüssigkeiten oder Mehrstoffgemischen mit Anteilen von Gasen und Feststoffteilchen. Ein oder mehrere mit Schaufeln besetzte Laufräder übertragen die Antriebsenergie auf die Förderflüssigkeit und erhöhen damit Druck und Geschwindigkeit (WAGNER, 1994)

Der Energieumsatz beruht grundsätzlich auf hydrodynamischen Vorgängen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass alle Druck- und Energiedifferenzen proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit sind (GÜLICH, 2010).

Eine Kreiselpumpe besteht im Wesentlichen aus einem Gehäuse, einer Lagerung für die Pumpenwelle und einem Laufrad. Die zu fördernde Flüssigkeit strömt durch den Saugstutzen zum Laufrad, welches über eine Kupplung von einem Motor angetrieben wird. Das Laufrad überträgt die zur Förderung notwendige Energie, auf die Flüssigkeit. Durch die Beschleunigung der Flüssigkeit in Umfangsrichtung steigt aus kinetischen Gründen der Druck, weil die Strömung auf gekrümmten Bahnen verläuft (GÜLICH, 2010).

Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 zeigen einen Schnitt durch eine einstufige Kreiselpumpe mit Beschriftung der Anlagenteile.

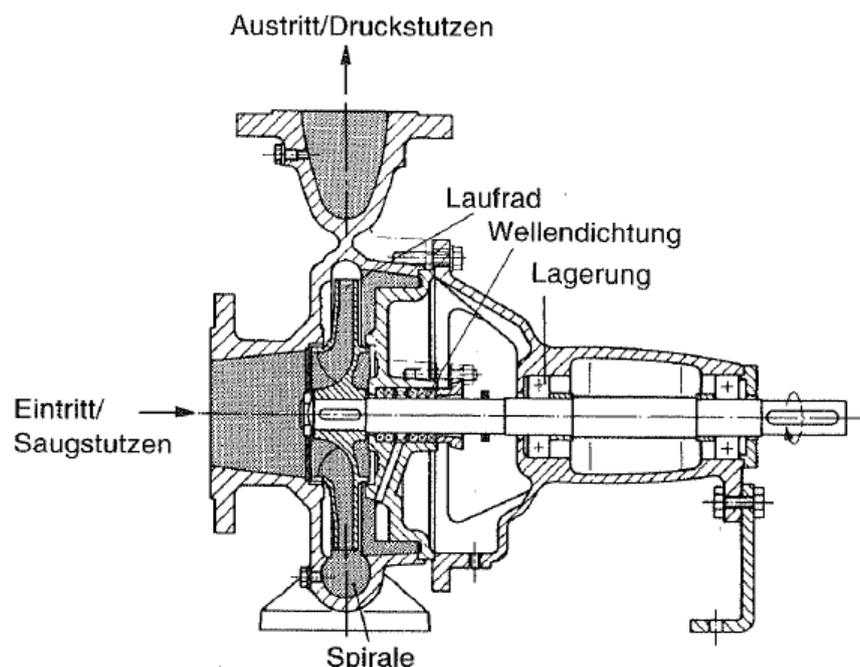


Abbildung 4-9: Einstufige Kreiselpumpe (WAGNER, 1994)

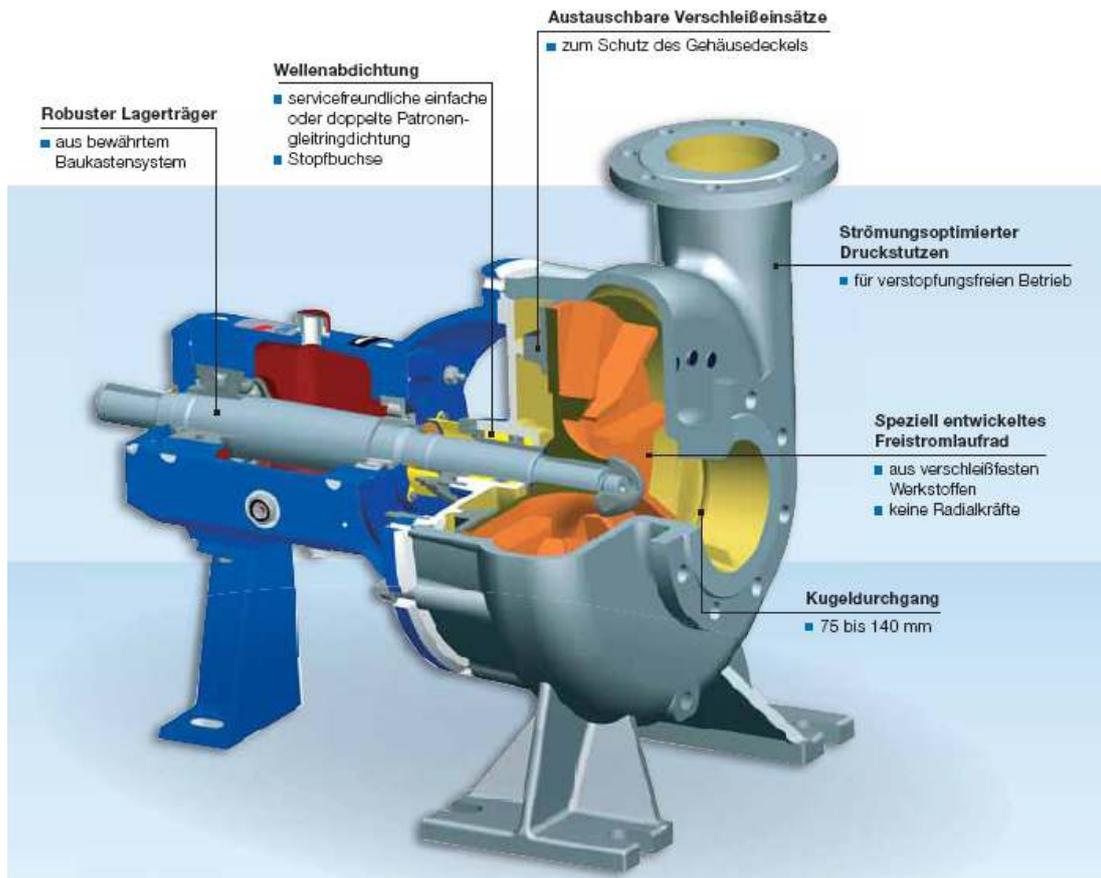


Abbildung 4-10: Aufbau einer Kreiselpumpe (ANDRITZ, 2011)

4.5.1.2 Leistungsdaten von Kreiselpumpen

4.5.1.2.1 Förderstrom Q [l/s, m³/h, ...]

Der Förderstrom Q ist das pro Zeiteinheit durch eine Pumpe geförderte nutzbare Volumen. Flüssigkeitsströme, die vor dem Austrittsstutzen (Druckstutzen) für Fremdzwecke entnommen werden, müssen bei der Ermittlung berücksichtigt werden. (z.B. Spülventil). Kreiselpumpen haben einen von der Förderhöhe H abhängigen Förderstrom Q . Die Funktion $Q = f(H)$ wie in nennt man Drosselkurve oder auch Förderhöhenlinie (WAGNER, 1994)

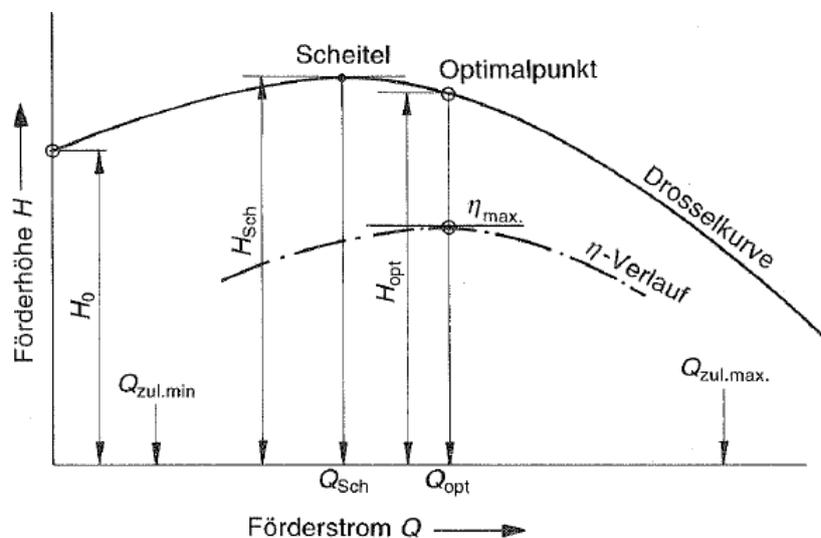


Abbildung 4-11: Förderhöhenlinie bzw. Pumpenkennlinie (WAGNER, 1994)

Folgende Punkte des Förderstroms sind speziell definiert:

- Bestförderstrom Q_{opt}
- Mindestförderstrom $Q_{zul.min}$
- Größtförderstrom $Q_{zul.max}$
- Scheitelförderstrom Q_{sch}

4.5.1.2.2 Spezifische Förderarbeit, Förderhöhe H [m]

Die spezifische Förderarbeit Y ist die der Flüssigkeit durch die Pumpe zugeführte nutzbare Totalenergie pro Masseneinheit, die zwischen Saug- und Druckstutzen gemessen wird.

$$Y = \Delta h_{tot} = (p_{2,tot} - p_{1,tot}) / \rho = g \cdot H$$

In der Praxis wird meist mit der Förderhöhe $H = Y / g$ gearbeitet (GÜLICH, 2010).

Die Förderhöhe H in Meter bezeichnet die von der Pumpe auf das Fördermedium übertragene nutzbare Energie ($Q \cdot \rho \cdot g$) des Fördermediums. Die Dichte ρ bestimmt den Druck in der Pumpe

$$p = \rho \cdot g \cdot H$$

und geht in den Leistungsbedarf P der Pumpe ein (WAGNER W., 1994).

Die Förderhöhe kann entweder durch die Daten im Druck- und Saugstutzen der Pumpe (Pumpendaten) oder durch die Werte im saug- und druckseitigen Behälter und in der Rohrleitung (Anlagendaten) festgelegt werden. Die Förderhöhe aus den Pumpendaten errechnet sich aus:

- der Höhenkotendifferenz zwischen Druck- und Saugstutzen $y = z_2 - z_1$;
- der Differenz der Druckhöhe $(p_2 - p_1) / \rho \cdot g$;
- Differenz der Geschwindigkeitshöhe $(v_2 - v_1)^2 / 2g$;

$$H = (p_2 - p_1) / \rho \cdot g + (v_2 - v_1)^2 / 2g + y \text{ [m]}$$

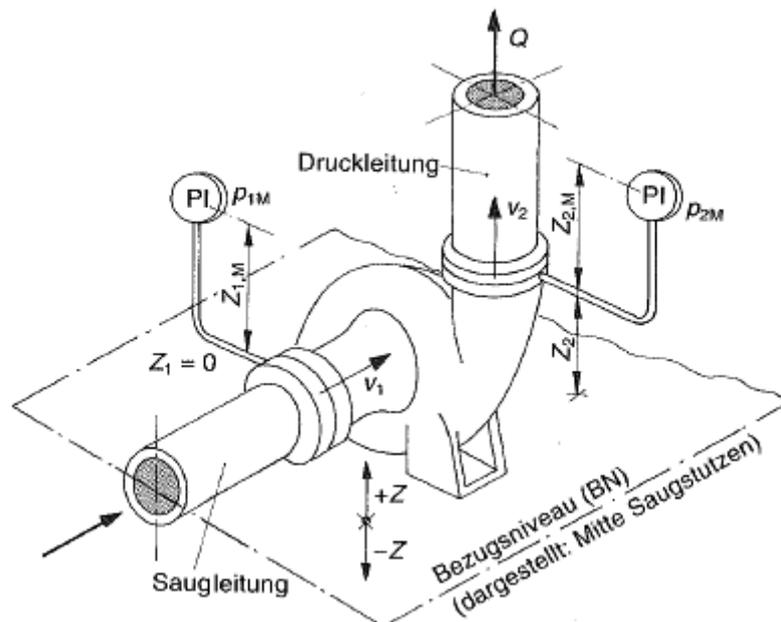


Abbildung 4-12: Pumpendaten zur Festlegung der Förderhöhe (WAGNER, 1994)

Die Förderhöhe aus den Daten der Pumpenanlage umfasst:

- geodätische Förderhöhe $H_{\text{geo}} = z_{\text{II}} - z_{\text{I}}$
- Höhe der zusätzlichen Druckdifferenz auf den oberen/unteren Wasserspiegel $(p_{\text{II}} - p_{\text{I}}) / \rho \cdot g$
- die Reibungsverluste in den Rohrleitungen $H_{\text{Vtot}} = H_{\text{J1,1}} - H_{\text{J2,II}}$
- Differenz der Geschwindigkeitshöhe zwischen Ein- und Auslaufpunkt der Anlage $(v_{\text{II}} - v_{\text{I}})^2 / 2g$; (bleibt üblicherweise unberücksichtigt)

$$H = H_{\text{geo}} + (p_{\text{a}} - p_{\text{e}}) / \rho \cdot g + H_{\text{Vtot}} + (v_{\text{a}} - v_{\text{e}})^2 / 2g \text{ [m]}$$

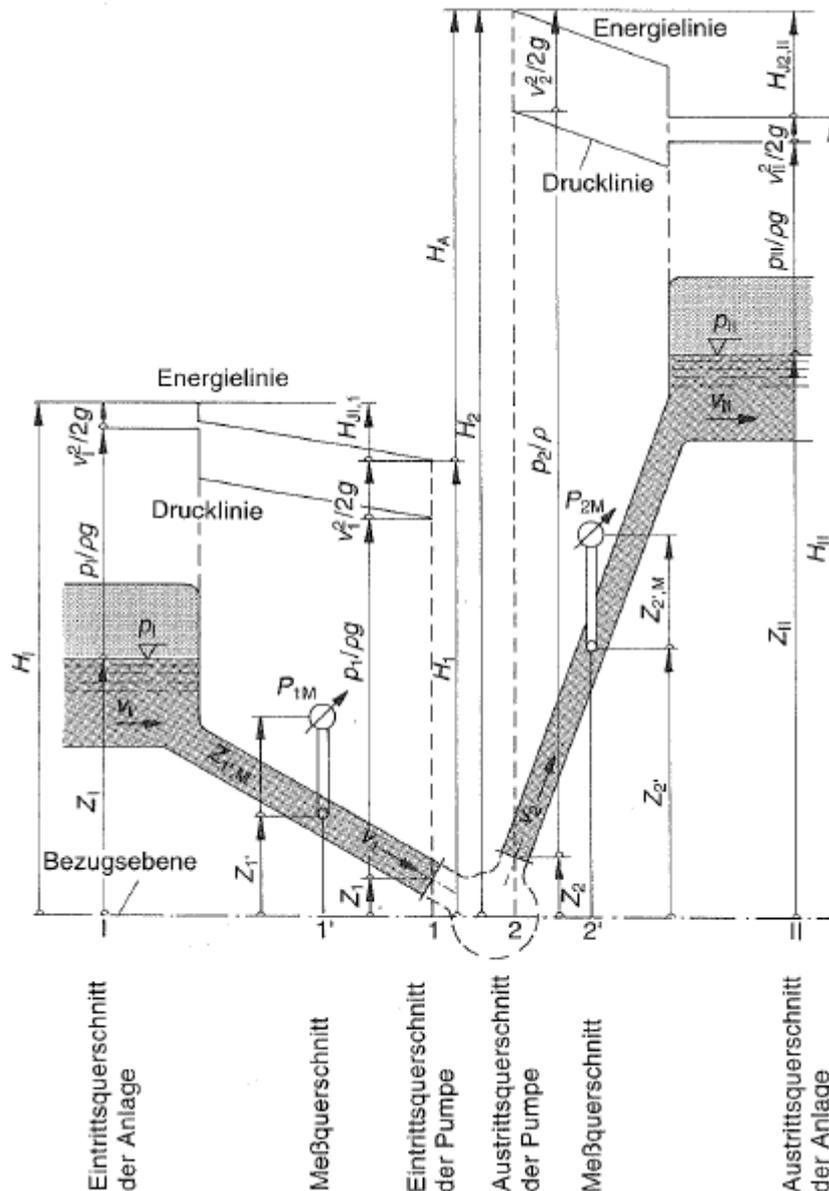


Abbildung 4-13: Anlagendaten zur Ermittlung der Förderhöhe (WAGNER, 1994)

4.5.1.2.3 Haltedruckhöhe (NPSH-Wert)

Die Haltedruckhöhe, auch NPSH Wert genannt (Net Positive Suction Head) dient zur Beurteilung des Saugverhaltens der Pumpe. Dafür wird die Erscheinung der Kavitation herangezogen.

Unter Kavitation versteht man die Bildung und das schlagartige Zusammenfallen (Stoßkondensation) dampfgefüllter Hohlräume (Dampfblasen) in strömenden Flüssigkeiten. Diese Dampfblasen bilden sich an den Stellen, an denen der statische Druck den zur Temperatur der Flüssigkeit gehörenden Dampfdruck erreicht bzw. unterschreitet (Saugseite der Pumpe). Die Dampfblasen werden mit der Strömung mitgerissen und implodieren in den Zonen mit höherem Druck (WAGNER, 1994).

Mit zunehmendem Ausmaß der Kavitationszonen werden Förderhöhe und Wirkungsgrad der Pumpe beeinträchtigt, Lärm und Schwingungen angeregt und unter Umständen, wie in Abbildung 4-14 gezeigt, Bauteile durch Kavitationserosion beschädigt. Bei der Verwendung des Begriffes „Kavitation“ ist zwischen „Kavitationsströmung“ – lokale Gebiete mit Zweiphasenströmung – und „Kavitationserosion“ bzw. Kavitationsschäden zu unterscheiden (GÜLICH, 2010).

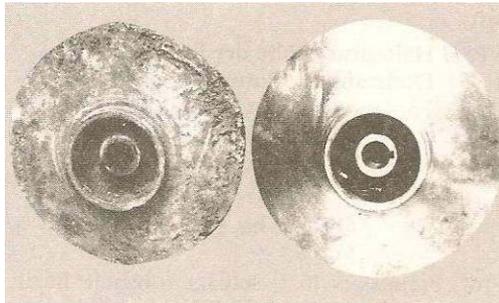


Abbildung 4-14: Kavitationsschäden an Laufräder (WAGNER W., 1994)

Bei der Haltedruckhöhe wird zwischen dem experimentell bestimmten erforderlichen NPSH-Wert der Pumpe $NPSH_R$ (NPSH - required) und der in der Anlage vorhandene $NPSH_A$ (NPSH – available) unterschieden. Um einen sicheren Betrieb einer Kreiselpumpe zu gewährleisten, sind die Zulaufverhältnisse in einer Anlage so zu gestalten, dass $NPSH_A > NPSH_R$.

Mit Ausnahme von Sonderbauarten können Kreiselpumpen nur angefahren werden, wenn sie mit Flüssigkeit gefüllt sind. Was bedeutet, dass sie nicht „selbstansaugend“ sind und der Wasserspiegel oberhalb der Maschine liegen muss (GÜLICH, 2010).

„Da die Luftförderleistung gering ist, können Kreiselpumpen in der Regel nicht selbst ansaugen.“ (WAGNER W., 1994)

4.5.1.2.4 Leistung und Wirkungsgrad

Die Förderleistung P_u (Nutzleistung) ist die von der Pumpe auf den Förderstrom übertragene nutzbare Leistung. Sie ergibt sich durch die Multiplikation des geförderten Massenstromes $m = \rho \cdot Q$ mit der spezifischen Förderarbeit Y

$$P_u = \rho \cdot Y \cdot Q = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

Die notwendige Antriebsleistung P (Leistungsbedarf) an der Pumpenkupplung ist um die Verluste größer als die Nutzleistung. Das Verhältnis der beiden Größen ist als Pumpenwirkungsgrad η definiert.

$$P = P_u / \eta$$

$$\eta = P_u / P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q / P$$

Der Wirkungsgrad einer Kreiselpumpe ist nicht konstant, sondern ändert sich mit dem Betriebspunkt. Die maximalen Werte liegen je nach Größe und Bauform zwischen 0,4 und 0,9 (WAGNER, 1994).

Bei der Angabe der Leistungsdaten von Pumpen ist darauf zu achten, dass Pumpenhersteller unterschiedliche Leistungsdaten zur Verfügung stellen. P_1 bezeichnet die elektrische

Aufnahmeleistung die dem Motor zugeführt werden muss, also jene Leistung die auch der Stromzähler zählt. P2 bezeichnet die mechanische Abgabeleistung des Antriebmotors (Motornennleistung).

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Pumpensystems hängt vom Gesamtwirkungsgrad der Pumpenanlage ab. Dieser beinhaltet die Verluste wie in Abbildung 4-15 dargestellt von Rohrleitung, Pumpe, Getriebe, Motor und eventuell dem Frequenzumrichter. Bei dem Versuch ein Pumpensystem zu optimieren, ist auf diesen Energiefluss zu achten (DENA, 2010)

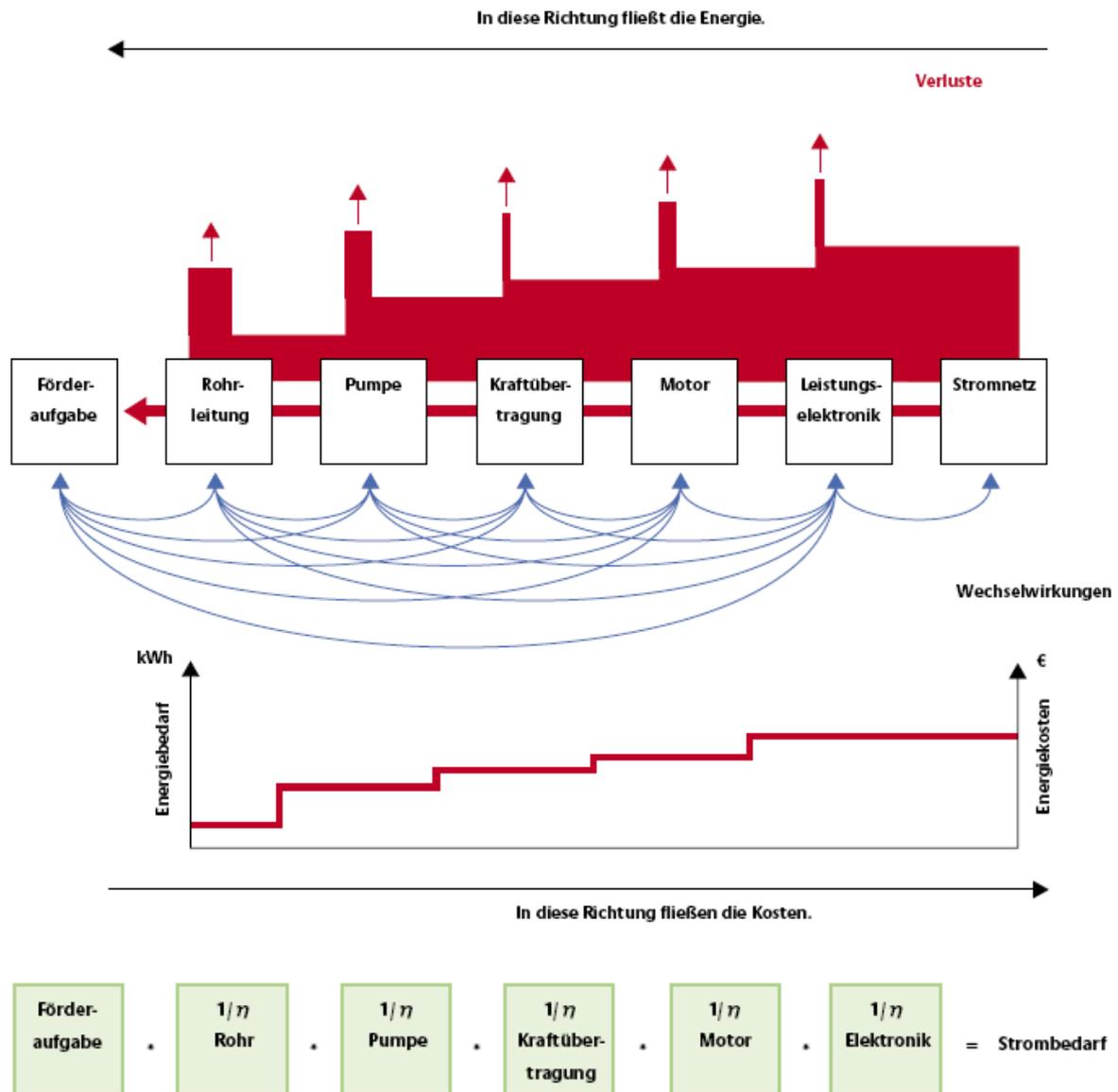


Abbildung 4-15: Energiefluss und Gesamtwirkungsgrad einer Pumpenanlage (DENA, 2010)

4.5.1.2.5 Kennlinien

Wie schon erwähnt sind die Leistungsdaten von Kreiselpumpen nicht konstant. Im Gegensatz zu Verdrängerpumpen liefern Kreiselpumpen bei konstanter Drehzahl einen veränderlichen Förderstrom. Das bedeutet, dass Kreiselpumpen die Fähigkeit der Selbstregelung besitzen (WAGNER, 1994).

Variiert der Förderstrom einer Pumpe, verändern sich Förderhöhe, Leistungsbedarf, Wirkungsgrad und Haltedruckhöhe. Werden diese Größen über dem Förderstrom aufgetragen, erhält man die Pumpenkennlinie, welche das Betriebsverhalten beschreibt (GÜLICH, 2010).

Abbildung 4-16 zeigt unterschiedliche Formen von Pumpenkennlinien und Abbildung 4-17 zeigt ein Beispiel einer Pumpenkennlinie mit den dazugehörigen Kennwerten.

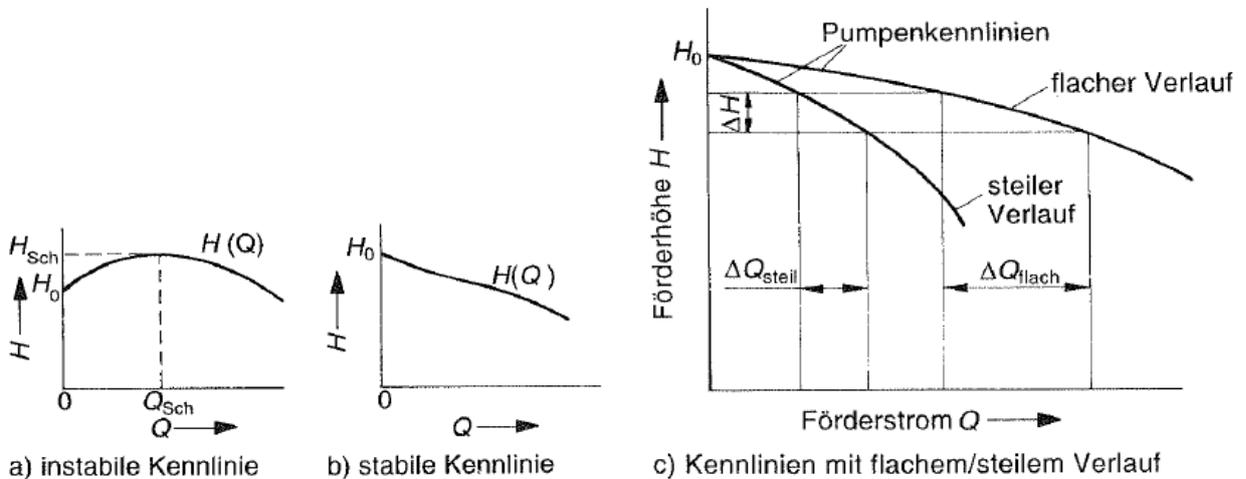


Abbildung 4-16: Kennlinienformen (WAGNER, 1994)

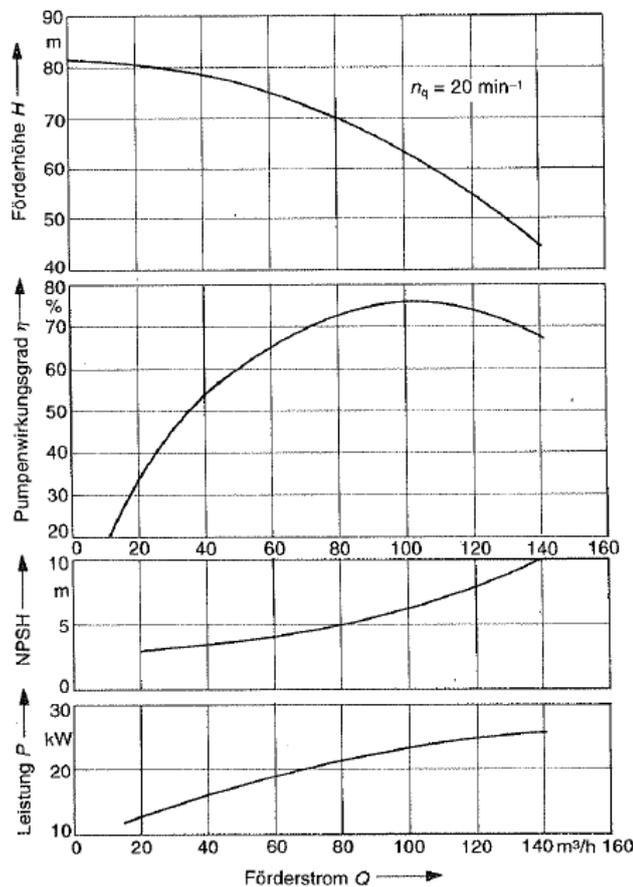


Abbildung 4-17: Beispiel einer Pumpenkennlinie (WAGNER W., 1994)

Der von Kreiselpumpen erzielbare Förderstrom Q stellt sich entsprechend dem Verlauf der Drosselkurve je nach der zu überwindenden Förderhöhe selbsttätig ein. Diese Förderhöhe H setzt sich aus einem statischen Anteil, bestehend aus dem geodätischen, vom Förderstrom unabhängigen Anteil H_{geo} und dem Druckhöhenunterschied, und einem dynamischen Anteil, bestehend aus dem mit zunehmendem Förderstrom quadratisch ansteigenden Druckhöhenverlust und der Differenz der Geschwindigkeitshöhen zusammen. Die Funktion $H = f(H)$ wie in Abbildung 4-18 dargestellt, wird als Anlagen- oder Rohrleitungskennlinie bezeichnet (WAGNER, 1994).

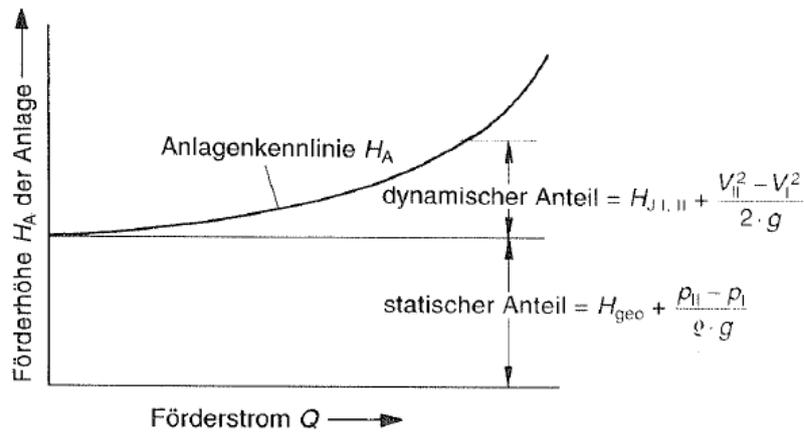


Abbildung 4-18: Anlagenkennlinie bzw. Rohrleitungskennlinie (WAGNER, 1994)

Als Betriebspunkt ergibt sich der Schnittpunkt zwischen Anlagenkennlinie und Pumpenkennlinie (Drosselkurve). Abbildung 4-19 zeigt die sich ergebenden Betriebspunkte, u.a. bei Veränderung der Drehzahl bzw. bei Veränderung der Anlagenkennlinie durch öffnen oder schließen eines Schiebers. Es ist ersichtlich, dass sich der Betriebspunkt nicht unbedingt bei optimalem Wirkungsgrad einstellt.

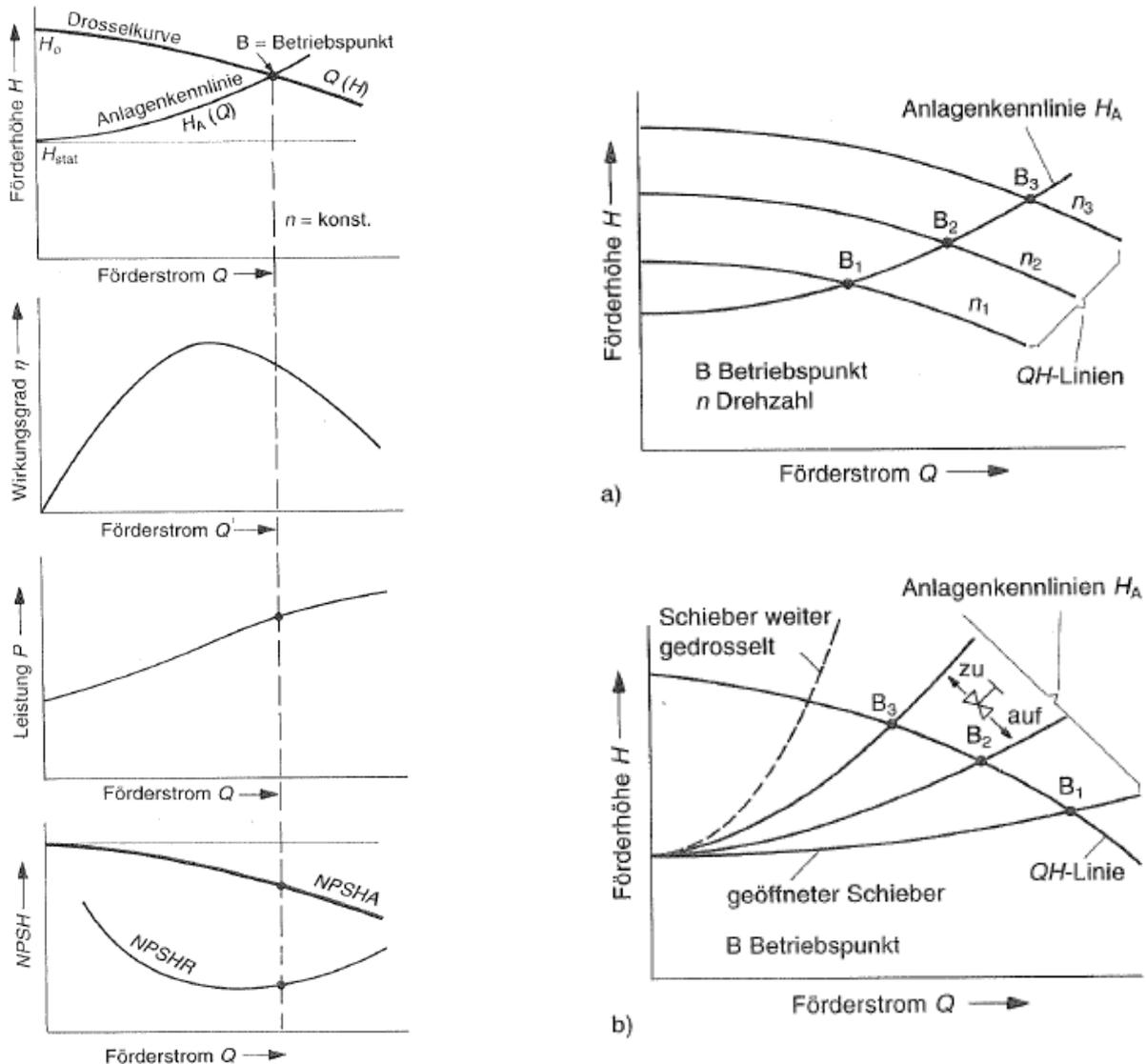


Abbildung 4-19: Ermittlung des Betriebspunktes (WAGNER, 1994)

Durch Pegeländerungen im Auslauf und im Saugraum sowie durch die Schwankung des Vordruckes ergibt sich ein Bereich der Rohrleitungskennlinien. Der Betriebsbereich einer Pumpe liegt wie in Abbildung 4-20 dargestellt, zwischen den Schnittpunkten der Drosselkurve mit der höchsten und niedrigsten Rohrleitungs-kennlinie (ATV-DVWK-A 134, 200).

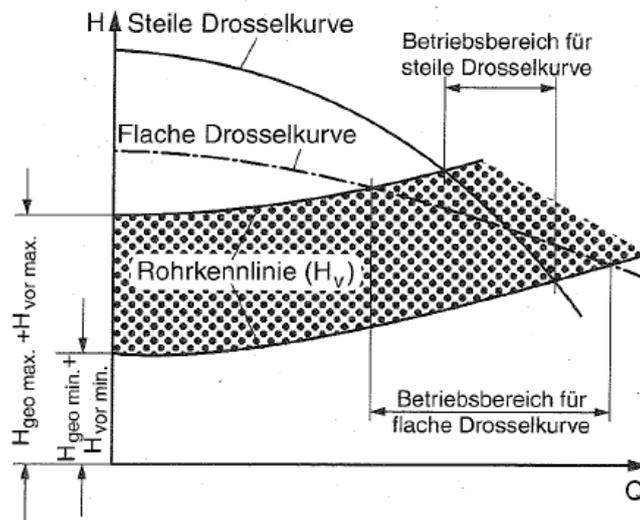


Abbildung 4-20: Förderdiagramm Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000)

Bei Abwasserpumpstationen, insbesondere im Mischsystem, bei Hauptpumpwerken oder Regenwasserpumpwerken kommt es vor, dass zwei oder mehrere Pumpen im Parallelbetrieb arbeiten. Dabei ist zu beachten, dass sich dadurch nicht der doppelte Volumenstrom fördern lässt. Durch die neue Einstellung des Betriebspunktes, wie in Abbildung 4-21 gezeigt, liegt die tatsächliche Mehrleistung meist unter 50% (PRILLER, 2007).

„Bei der Auswahl der Pumpe ist im Fall eines Verbund- oder Parallelbetriebes auf eine möglichst steile Drosselkurve zu achten.“ (ATV-DVWK-A 134, 200)

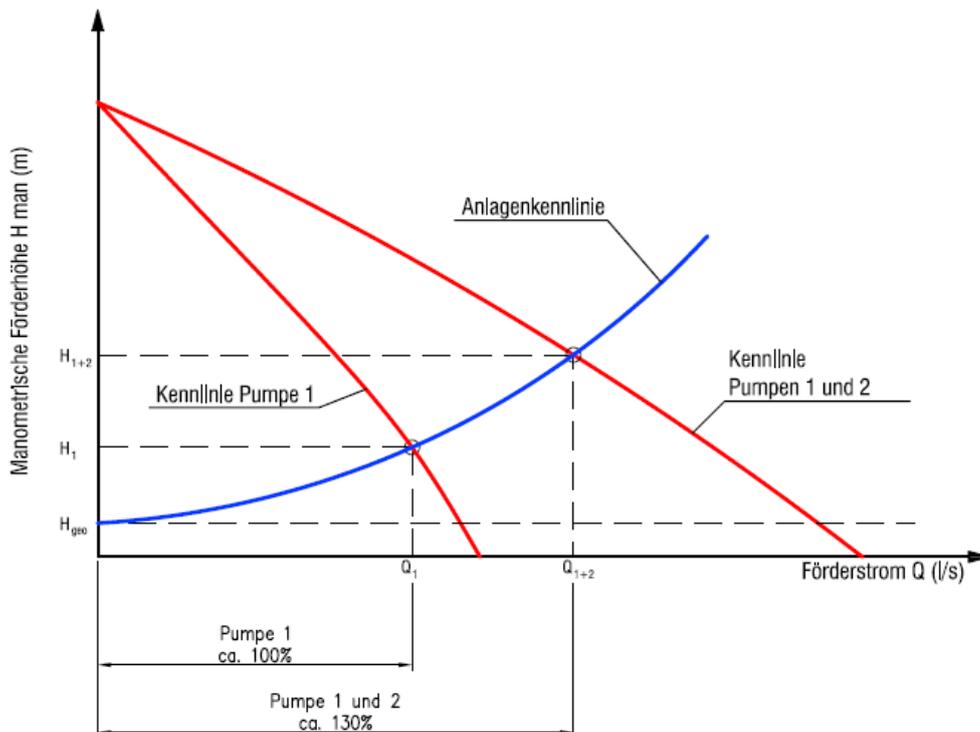


Abbildung 4-21: Kennlinien beim Parallelbetrieb von zwei Pumpen (PRILLER, 2007)

4.5.1.3 Laufradformen

Kreiselpumpen lassen sich nach der Laufradform, in Abbildung 4-22 gezeigte Gruppen zuordnen. Es werden radial-, diagonal- oder axial- durchströmte Kreiselpumpen verwendet. Radialräder kommen im Bereich kleiner Förderströme und/oder großer Förderhöhen zum Einsatz. Mit zunehmendem Förderstrom und abnehmender Förderhöhe weicht das Laufrad immer mehr von der radialen Form ab, bis es zum axial durchströmten Propeller wird. Darüber hinaus finden bei Kreiselpumpen zur Integration der Selbstansaugfähigkeit und Gesamtförderung unterschiedliche Systemkombinationen ihre Anwendung (WAGNER, 1994).

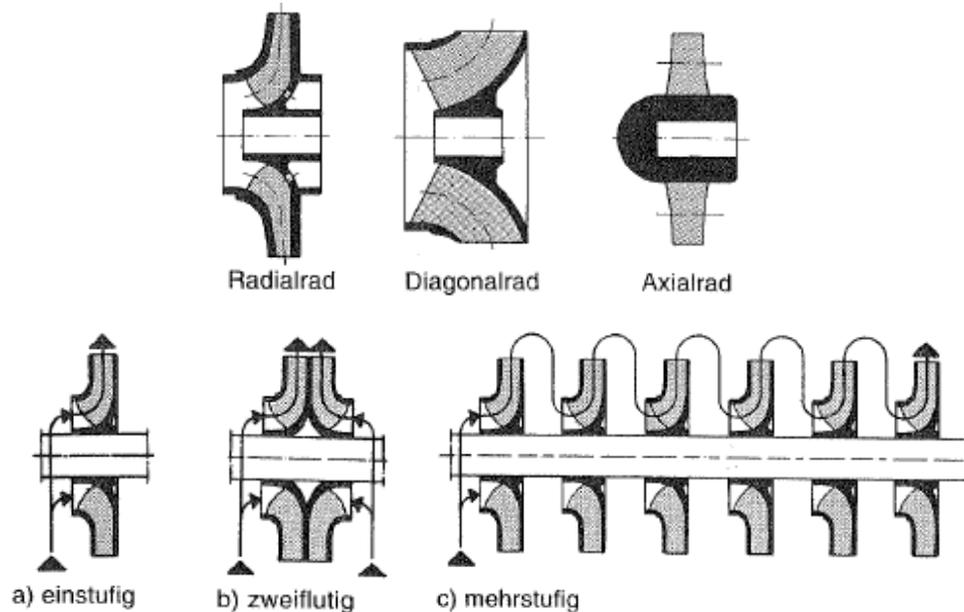


Abbildung 4-22: Laufradformen von Kreiselpumpen (WAGNER W., 1994)

Zur Förderung von rohem Abwasser werden speziell geformte Laufräder eingesetzt, die Verstopfung und Zopfbildungen weitgehend vermeiden sollen. Es haben sich sogenannte Kanalräder herausgebildet und bewährt (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Folgend werden die für Abwasserpumpen am meisten verwendeten Laufräder näher erläutert.

4.5.1.3.1 Einkanalrad

Das Einkanalrad ist ein geschlossenes Kanalrad mit einer einfachen Stromführung und hat folgende Eigenschaften (ATV-DVWK-A 134):

- „gleich bleibender freier Kugeldurchgang vom Eintritt Saugstutzen bis Ausgang Druckstutzen der Pumpe entsprechend dem Kugeldurchgang des Laufrades,
- Wirkungsgrad in der Regel niedriger als bei Mehrkanalrädern,
- hydraulische Unwucht, die nur bezogen auf einen definierten Betriebspunkt weitgehend, aber aufwändig, kompensiert werden kann. Eine Drehzahl über 1450 min^{-1} sollte vermieden werden, bei großen Laufrädern sollte die Drehzahl 1000 min^{-1} nicht überschreiten.“

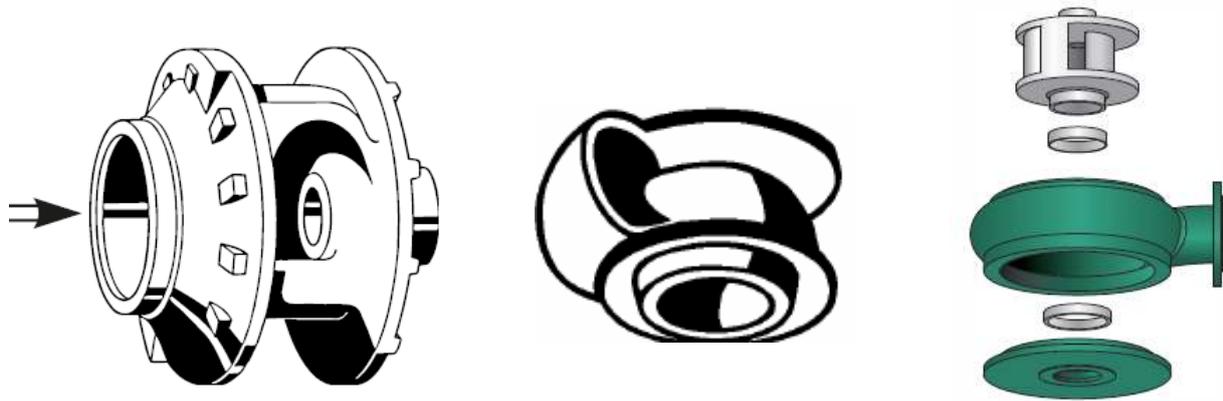


Abbildung 4-23: Einkanalrad (ATV-DVWK-A 134, 2000, JABERG, 2003; WILO, 2008)

4.5.1.3.2 Mehrkanalrad

Das Mehrkanalrad, welches in der Regel als Zwei- oder Dreikanalrad ausgeführt wird, ist ein geschlossenes oder offenes Kanalrad, in dem die Stromführung in mehreren Kanälen geführt wird. Folgende Merkmale können im Vergleich zum Einkanalrad angeführt werden:

- „Es werden größere Förderhöhen erreicht.
- Ein statisches und dynamisches Auswuchten ist relativ einfach durchzuführen. Höhere Drehzahlen und dadurch bedingt auch größere Förderhöhen sind möglich.
- Ein drehzahlvariabler Betrieb ist problemloser.
- Geräusch- und schwingungsarmer Lauf sind leichter zu erreichen.
- Es ist jedoch verstopfungsanfälliger als das Einkanalrad, weil bei gleichem Förderstrom die freien Kugeldurchgänge der Laufradkanäle kleiner sind.“ (ATV-DVWK-A 134)

Durch die flache Kennlinie ergibt sich ein relativ großer Bereich des optimalen Wirkungsgrades. Als Haupteinsatzgebiete finden sich Pumpstationen von vorgereinigtem Abwasser, z. B. bei der Sperrstofftrennfördertechnik oder auch bei Regenwasserpumpwerken (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

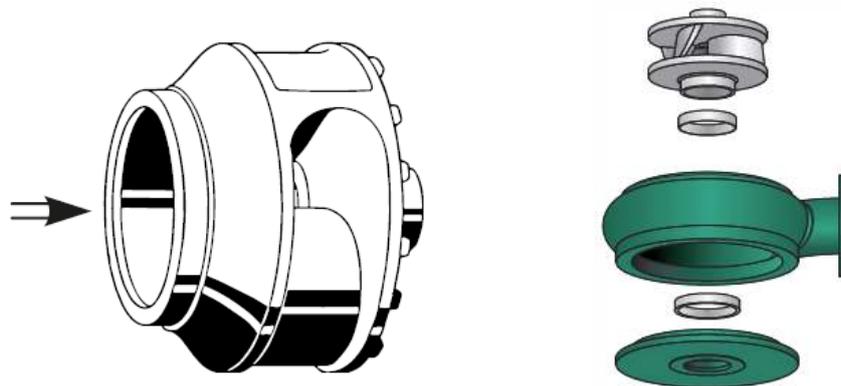


Abbildung 4-24: Mehrkanalrad (ATV-DVWK-A 134, 2000; WILO, 2008)

4.5.1.3.3 Schraubenkanalrad

Das Schraubenkanalrad (auch Schneckenkanalrad oder Schraubenzentrifugalrad) vereint das Prinzip der archimedischen Schraube und das Kanalradprinzip. Dadurch ist eine Förderung von schlammbehaftetem Abwasser bis zu einem Trockenstoffanteil (TS) von 15 – 18 % möglich. Die Kennlinie ist relativ steil, was eine Fördermengenstabilität bei wechselndem Druckbereich ergibt (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Das Schneckenkanalrad ist sehr laufruhig und wird deshalb bis zu Drehzahlen von 3000 min^{-1} eingesetzt (ATV-DVWK-A 134).

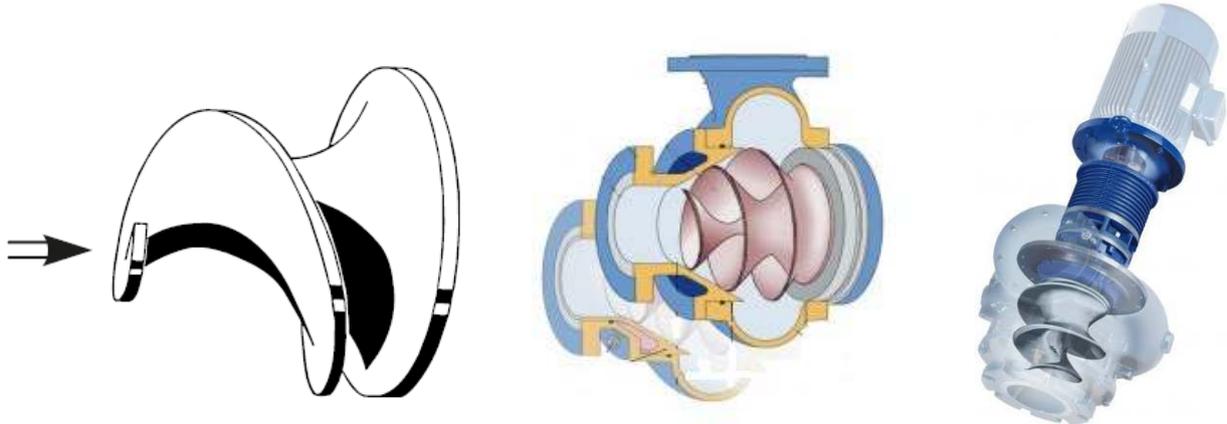


Abbildung 4-25: Schraubenzentrifugalrad (ATV-DVWK-A 134, 2000; HIDROSTAL, 2011)

4.5.1.3.4 Freistromrad

Das Freistromrad ist ein halb offenes Kanalrad, welches nur indirekt auf das Fördermedium einwirkt. Das Laufrad arbeitet in einem mehr oder minder übergroßen Spalt zum Spiralgehäuse. Der erzeugte Drall wird bis zum Gehäuseboden übertragen, wobei hier ein Großteil der Energie verloren geht (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Das Freistromrad hat einen geringeren Wirkungsgrad im Vergleich zum Kanalrad, ist aber sehr Verstopfungsunempfindlich auf Grund seines optimalen Kugeldurchgangs (WILO, 2008).

Die Kennlinie ist immer sehr flach, sodass der Dimensionierungsbereich festgelegt ist und die entsprechende Hydraulik ausgewählt werden muss (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).



Abbildung 4-26: Freistromrad (ATV-DVWK-A 134, 2000; JABERG, 2003; WILO, 2008)

4.5.1.3.5 N-Laufrad

Das N-Laufrad ist eine Mischung verschiedener Laufräder, welches speziell hinsichtlich Unanfälligkeit in Bezug auf Verstopfungen und Energieoptimierung konzipiert wurde. Durch die Formgebung und Bauart ergibt sich ein selbstreinigender Effekt. Es ergibt sich ein guter Wirkungsgrad (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).



Abbildung 4-27: N-Laufrad (FLYGT, 2011)

4.5.1.3.6 Laufrad mit Schneideinrichtung

Pumpen mit Zerkleinerungseinrichtungen wurden entwickelt, um über wirtschaftlich kleine Druckleitungen zu fördern, um Verstopfungsgefahren auszuschließen und um einen Teilbereich der Abwassertechnik, der vor allem für kleinere Einleiter und die Nahrungsmittelindustrie interessant geworden ist, bedienen zu können (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Zerkleinerer sollten lt. ATV-DVWK-A 134 (2000) aber nur in Sonderfällen zur Anwendung kommen, „z.B. für die Entsorgung einzelner Liegenschaften, für die aus wasserwirtschaftlichen, technischen oder wirtschaftlichen Gründen der Anschluss an eine zentrale Anlage angestrebt wird.“

Als Begründung der notwendigen besonderen Betrachtung heißt es:

„Zerkleinertes Gut kann zu verstärkten Ablagerungen in Kanälen und Druckleitungen führen. Auch in den Kläranlagen können bei verstärktem Anfall zerkleinerten Gutes vielfältige Probleme auftreten. Der Einsatz von Zerkleinerern sollte daher bereits bei der Planung mit dem Betreiber und gegebenenfalls mit der Zulassungsbehörde geklärt werden.“ (ATV-DVWK-A 134)

In der ATV-A 200 (1997) heißt es dazu:

„Bei Druckleitungen kleiner DN 80 müssen Pumpen mit Schneideinrichtungen (nicht zu verwechseln mit den nicht zulässigen Küchenabfallzerkleinerern) eingesetzt werden, wobei ggf. deren Auswirkungen auf die Kläranlage zu beachten sind.“



Abbildung 4-28: Laufrad mit Schneideinrichtung (JABERG, 2003; MALL, 2011; WILO, 2008)

4.5.1.4 Aufstellungsarten

Neben der schon erwähnten Unterscheidung zwischen nass und trocken aufgestellten Pumpen muss bei der Aufstellung der Pumpen zwischen horizontaler und vertikaler Pumpe unterschieden werden. Als bezeichnend wird hier die Lage der Antriebswelle herangezogen.

Bei nassaufgestellten Pumpen spricht man von sogenannten Tauchmotorpumpen. Da der Saugraum als Aufstellungsort als explosionsgefährdeter Bereich gilt, muss der Motor bei diesen Pumpen explosionsgeschützt sein (ATV-DVWK-A 134, 2000).

Aufgrund der Platzverhältnisse in Pumpwerken und aufgrund der Anforderung, dass Pumpen ohne Entleerung des Saugraumes und ohne Verbinden bzw. Lösen von Schrauben an ihrem Druckstuten ein- und ausgebaut werden können sollten, findet man fast ausschließlich wie in Abbildung 4-29 gezeigte vertikal aufgestellte Tauchmotorpumpen.

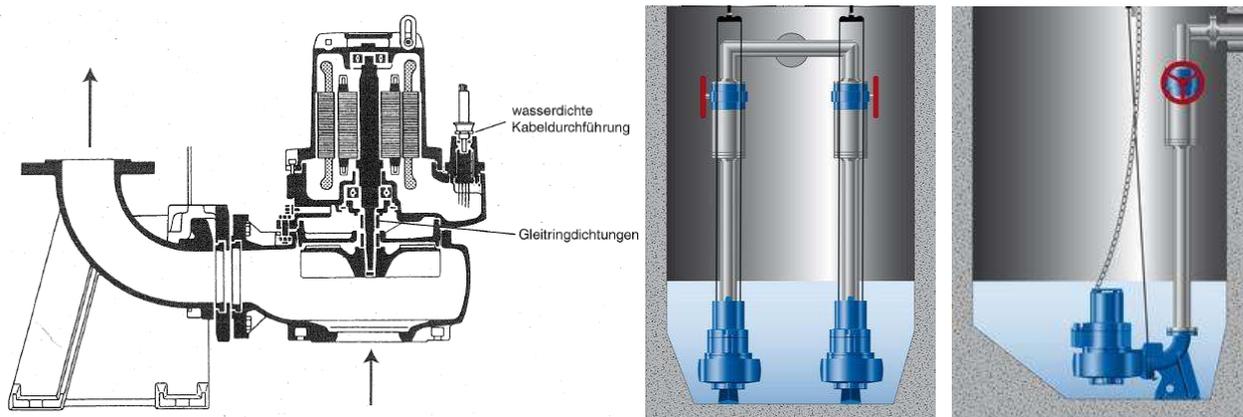


Abbildung 4-29: Nass und vertikal aufgestellte Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000; KSB, 2011,

Bei trocken aufgestellten Pumpen ist es nicht notwendig Anlagenteile überflutungssicher auszuführen, wenn der Maschinenraum, in dem sie aufgestellt sind, gegen Überflutung geschützt ist (ÖNORM EN 752, 2008).

Es kommen sowohl horizontale als auch vertikale Pumpen zum Einsatz. Abbildung 4-30 zeigt trocken und horizontal aufgestellte Kreiselpumpen.



Abbildung 4-30: Trocken und horizontal aufgestellte Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000; ABS, 2011; Schitter)

Die in Abbildung 4-31 gezeigte vertikale Aufstellungsart bietet eine größere Überflutungssicherheit durch den höher gesetzten E-Motor. Es werden auch Tauchmotorpumpen in Trockenaufstellung zum Einsatz und somit bei entsprechender Ausführung der elektrischen Anschlüsse die Abwasserförderung auch bei Überflutung des Pumpenraumes sichergestellt ist. Bei Einsatz von Tauchmotorpumpen in Trockenaufstellung ist die Frage der Wärmeabfuhr des Motors mit dem Pumpenhersteller zu klären (ATV-DVWK-A 134, 2000).



Abbildung 4-31: Trocken und vertikal aufgestellte Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000; ABS, 2011; WILO, 2008; Schitter)

4.5.1.5 Betriebsstörungen von Abwasserpumpen

Abwasserpumpwerke sind direkt für den ordnungsgemäßen Abtransport von Abwässern verantwortlich. Ein Ausfall einer ganzen Pumpstation hat eine Überflutung zur Folge, welche auch gravierende Auswirkungen auf die Umwelt haben kann (siehe Schadensfall Stadt Renningen in Kapitel 1).

Eine Pumpenstörung ist definiert, als die Unfähigkeit einer Pumpe die Aufgaben für einen dafür ausgelegten Bereich durchführen zu können.

KORVING et. al. (2005) haben die Daten zweier Abwasserbetreiber in Holland mit insgesamt 199 Pumpen in 117 Pumpstationen untersucht. Dabei wurden folgende Typen an Pumpenstörungen ermittelt.

- Thermische Defekte entweder durch Überhitzung des Motors der Pumpe, oder durch Stromüberlastung der Pumpeneinrichtung
- Mechanische Defekte, die entstehen wenn das Absperrventil bzw. das Rückflussventil nicht öffnet, obwohl der Motor gestartet wurde. Dies passiert bei zu geringem Druck oder Durchfluss aufgrund von Verstopfungen in der Ansaugung oder auch durch Lufteintritte in die Pumpe aufgrund von Leckstellen oder Luftpölster im gedrückten Abwasser
- Elektrische Defekte aufgrund fehlerhafter Schalter von Abwasserpumpen
- Kombinierte Defekte von thermischen, mechanischen und elektrischen Fehlern
- Warnung „Hoher Wasserstand“ entweder aufgrund von Starkregen Ereignissen oder durch ungenügend gelieferter Pumpenleistung aufgrund von Verstopfung, Lufteintritte oder eines beschädigten Laufrades der Pumpe.
- Installationsfehler bestehend aus „nicht dringenden“ Fehlern wie z.B. Anzeige eines nicht durchgeführten Schaltzustandes oder falsche Messergebnisse.

Das Ergebnis der ausgewerteten Daten ergibt eine große Streuung bei den Pumpenstörungen pro Jahr und Pumpe von 4 bis 13. Das ergibt sich nicht zuletzt auch aus der unterschiedlichen Interpretation einer Pumpenstörung der Betreiber. Es konnten keine Korrelationen zwischen Störungen und Pumpentypen bzw. Pumpenfunktionen gezeigt werden.

4.5.2 Rohrleitungen und Armaturen

„Auf der Druckseite der Pumpen sind in Fließrichtung gesehen ein Rückflussverhinderer und danach ein Absperrschieber vorgesehen.“ (ATV-DVWK-A 134, 2000)

„Neben den üblicherweise für Pumpen und Armaturen eingesetzten Graugussmaterialien müssen alle weiteren Einbauteile aus korrosionsbeständigen Materialien hergestellt sein. Feuerverzinkte Ausführungen sind in Sonderfällen möglich.“ (DWA-A 116-2, 2007)

Bei trocken aufgestellten Pumpen sollte die Saugleitung mit dem Mindestdurchmesser des Saugmundes der Pumpe und nicht kleiner als DN 100, leicht steigend zur Pumpe verlegt werden. Darüber hinaus ist in dieser immer ein Absperrschieber einzubauen (ATV-DVWK-A 134, 2000).

„Die Einbindungen der Pumpen-Druckleitungen müssen immer horizontal in die Hauptleitung erfolgen, da sich sonst die senkrechte Rohrleitung durch absetzbare Stoffe zusetzt.“ (ATV-DVWK-A 134, 2000)

Abbildung 4-32 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Armaturen und Rohrleitungsführung einer Pumpstation mit trocken aufgestellter Pumpe.



Abbildung 4-32: Armaturen in einer Pumpstation (Schitter)

Bezüglich Durchmesser der Druckleitungen siehe Kapitel 4.3 Bemessungsgrundlagen.

4.6 Elektro-, Mess-, Steuer-, und Regelungstechnik

„Um Pumpen der neuesten Generation zuverlässig und wirtschaftlich betreiben zu können, ist die dazugehörige Schaltanlage/Steuerung ebenso wichtig wie die Pumpe selbst.“ (WILO, 2008)

Für den Betrieb und der automatisierten Betriebsführung von kommunalen Abwasserpumpwerken sind grundsätzlich folgende Teile der Schalt-, Steuer- und Automatisierungstechnik notwendig (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

- Einspeisung
- Leistungsteil Gebäudetechnik
- Leistungsteil Pumpentechnik
- Steuerung Pumpentechnik

Die einzelnen Teile sind entweder separat oder in einem gemeinsamen Schaltschrank untergebracht. Je nach Anforderung eines konkreten Objektes ist eine Erweiterung von Hausanschluss- und Zählerteil, Fernüberwachung, Fernwirkteil und Fernwartungsteil möglich.

Der Umfang des Ausbaugrades hängt von den Forderungen des Betreibers, den Forderungen des Energieversorgers, den Anforderungen aus der Anlagentechnik heraus, sowie den allgemein gültigen Regeln und Vorschriften der Elektrotechnik ab (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Tabelle 4-3 zeigt eine Übersicht der Bestandteile der Schalt- Steuer- und Automatisierungstechnik.

Tabelle 4-3: Übersicht EMSR-Technik eines Pumpwerkes (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006)

Schalt-, Steuer- und Automatisierungstechnik			
Die EMSR – Technik ist das „Herz“ eines jeden PW. Eine intelligente Steuerung kann MTA – technische Problemstellungen kaschieren und enorm vermindern, aber auch enorm verstärken			
Leistungstechnik	Steuertechnik	Messtechnik und Signalisierungstechnik	Fernwirktechnik
<ul style="list-style-type: none"> - Hausanschluss-/ Zählleinrichtung - Hauptschalter - Absicherungen - Leistungsschütze - Motorschutzgeräte - Schalter - Verriegelungseinrichtungen (kann auch in Steuertechnik sein) - Anzeigeinstrumente - Zählinstrumente - Steckdosen - Zusatzausrüstungen 	<p>Die Steuerung kann konventionell oder per Mikroprozessor aufgebaut werden!</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schütze - Relais (mechan./ pneum.) - SPS modular oder kompakt oder 19" - Koppelrelais - Trennverstärker - Potentialfreie Klemmen 	<ul style="list-style-type: none"> - Niveaumessung - Druckmessung - Durchflussmessung - Leistungsmessung - Messung der Stromaufnahme - Optische und akustische Signalgeber 	<ul style="list-style-type: none"> - SPS – Anbindeteile (BUS – Module, Übertragungsprozessoren) - Separate Fernwirkleinrichtungen – komplette Stationen - Telefonsignaleinrichtungen - Funkeinrichtungen
	<p>Für die Steuer-, mess- und Signalisierungstechnik, sowie die Fernwirktechnik ist eine unterbrechungsfreie Stromversorgung zu gewährleisten !!!</p> <p>Varianten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dezentrale Kurzzeit – USV bis ca. 30 sec. Mit Kondensatoren - dezentrale Langzeit – USV Zeitlänge je nach Auslegung - Zentrale Langzeit – USV Zeitlänge je nach Auslegung 		
<ul style="list-style-type: none"> - Netzersatzeinspeisung - Netzersatzanlage 	<p>Schaltschränke für Innen- und Außenaufstellung in erforderlichem Schutzgrad (IP XX) Wartungs- und Notschalter Verkabelung Gebäudetechnik Potentialausgleich</p>		

4.6.1 Niveauerfassung

Zur Feststellung des Wasserstandes im Zulauf sowie zur Steuerung der Förderaggregate werden Niveauerfassungssysteme benötigt. Zur Anwendung kommen (WILO, 2008):

- Schwimmerschalter:
In Abhängigkeit des Neigungswinkels eines Schwimmkörpers wird ein Schaltkontakt geschlossen oder geöffnet.
- Staudrucksystem (Messung des hydrostatischen Drucks)
Mittels einer Messglocke/Staudruckglocke wird der Druck am Einbauort gemessen. Der durch die Füllhöhe des Mediums hervorgerufene Druck wird über einen Schlauch zum Auswertegerät geleitet und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dadurch ist eine kontinuierliche Füllstandsmessung möglich.
- Drucksonde (elektronischer Druckaufnehmer)
Auch hier wird der hydrostatische Druck gemessen, allerdings direkt über eine Membran im Druckaufnehmer in ein elektrisches Signal umgewandelt.
- Leitfähigkeitsmessung (konduktives Messverfahren)
Tauchelektroden werden an ein Auswertereleais angeschlossen, welches anhand des Widerstandes erkennt, ob ein Medium vorhanden ist oder nicht.
- Ultraschall
Durch Laufzeitmessung wird der Abstand zur Füllstandoberfläche des Mediums ermittelt.

4.6.2 Durchflussmessungen

„Fest eingebaute Durchflussmessenrichtungen sind dann einzusetzen, wenn eine fortlaufende Messung des Förderstromes für eine genaue Ermittlung der Förderleistung der Pumpstation notwendig ist.“ (ATV-DVWK-A 134, 2011)

Zur Anwendung kommen wie in Abbildung 4-33 dargestellte MIDs (Magnetisch-Induktive Durchflussmessung), wobei diese aus Kostengründen meist nur bei übergeordneten Pumpstationen zu finden sind.

Aufgrund der Möglichkeit mit Hilfe einer Durchflussmessung die tatsächlich geförderte Abwassermenge mit der errechneten Fördermenge der Pumpe vergleichen zu können, sind hier das frühzeitige Erkennen von Problemen oder Abnutzungserscheinungen der Pumpen möglich.



Abbildung 4-33: Magnetisch-Induktive Durchflussmessung (Schitter)

4.7 Fernüberwachung - Fernwirkung

Um die Entsorgungssicherheit zu gewährleisten, ist es notwendig Betriebsstörungen so schnell wie möglich zu erkennen und darauf in entsprechender Weise zu reagieren. Zur Signalisierung von Störungen bzw. anderen Betriebszuständen und Informationen sind weitere Techniken zusätzlich zur pumpwerksinternen Steuerung und Regelung notwendig.

Diese technischen Einrichtungen zur Übermittlung von Signalen werden im Allgemeinen als Fernüberwachungs- oder Alarmierungseinrichtungen bezeichnet. Das Grundprinzip besteht darin, dass verschiedenste Betriebsmeldungen, Störmeldungen oder erfasste Daten zu einer separaten, zentralen Stelle bzw. an das Bereitschaftspersonal übertragen werden. Ist es zusätzlich möglich, Anlagen von einer Zentrale oder einer Station abseits der eigentlichen Anlage zu schalten, spricht man von Fernwirkeinrichtungen.

Alle eingesetzten technischen Einrichtungen einer Pumpstation sind den Grundforderungen der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit unterworfen. Diese Anforderungen sind nur durch die Einbindung modernster Technik zu erfüllen. In diesem Bereich spielt die Fernwirk- und Fernwartungstechnik eine große Rolle, die bereits jetzt zu einem großen Teil, jedoch in Zukunft nicht mehr von der Schalt-, Steuer- und Regeltechnik zu trennen ist. (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006).

Die Art der Datenübertragung und die Ausrüstung an zusätzlichen technischen Geräten (z.B. Mess-Sonden, SPS Steuerung, etc.) sind dafür verantwortlich, welche Art und Menge an Daten übermittelt werden können, bzw. ob und in welchem Umfang in die Steuerung von Pumpen von der Ferne eingegriffen werden kann.

Lt. WEISSMANN und GUTZEIT (2006) bieten automatisierte kommunale Abwasserpumpwerke den Vorteil, dass sie vollautomatisch betrieben werden können. Dadurch entsteht ein für Betreiber freundliches und damit kostengünstiges Anlagenkonzept.

Im folgenden Kapitel wird versucht, die Möglichkeiten der Fernwirkung aufzuzeigen und in groben Zügen zu beschreiben. Dabei wird zum einen auf die Unterschiede in Datenübertragungsmöglichkeit und zum anderen auf die Unterschiede in der Steuerungsmöglichkeit eingegangen.

4.7.1 Art der Datenübertragung

Grundsätzlich werden bei jeder Schaltanlage zur Übertragung von digitalen Datenpunkten potentialfreie Klemmen zur Abnahme und Weiterverarbeitung von Signalen unterschiedlicher Art verwendet. Ein potentialfreier Kontakt besteht, wenn die elektrischen Stromkreise der zu verbindenden Geräte galvanisch voneinander getrennt sind (WEISSMANN und GUTZEIT 2006).

Folgende Möglichkeiten der Übertragung von Störmeldungen und/oder Daten können unterschieden werden:

- Örtliche Signalisierung
 - Akustische Signale
 - Optische Signale
- Drahtlose Kommunikation
 - GSM-Netz (Mobilfunknetz)
 - Eigenes Funknetz
 - Satellitenübertragung
- Drahtgebundene Kommunikation
 - Tele- Kabel
 - sonstige Datenkabel

Abbildung 4-35 zeigt eine Entscheidungshilfe für die Festlegung der Art der Datenübermittlung.

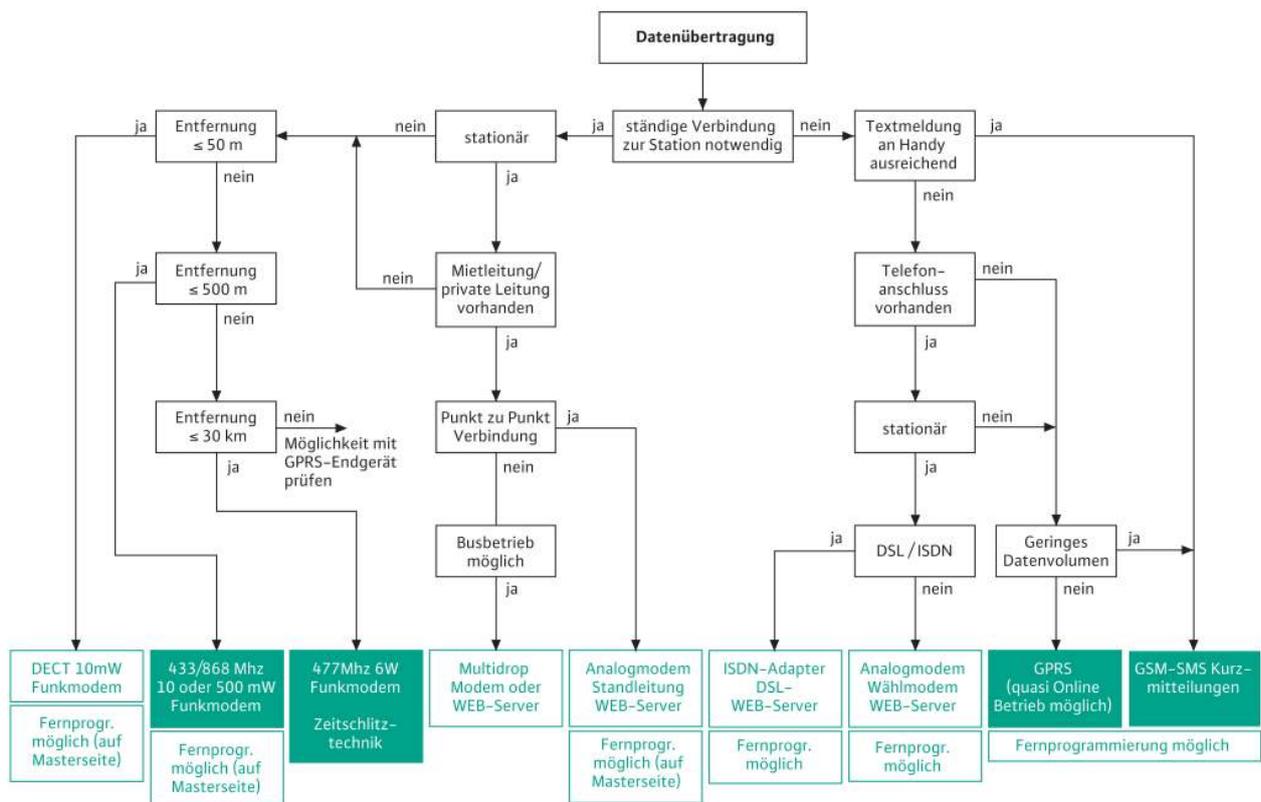


Abbildung 4-34: Entscheidungs-Organigramm der Datenübertragungsmöglichkeiten (WILO, 2008)

4.7.1.1 Örtliche Signalisierung

Die Örtliche Signalisierung durch optische oder akustische Signale, wie in Abbildung 4-35 dargestellt, ist die einfachste Art um auf Störungen aufmerksam zu machen. Hier bedarf es der Mithilfe von Anrainern, um den Informationsfluss an die zuständige Stelle zu gewährleisten.



Abbildung 4-35: Möglichkeiten der örtlichen Signalisierung durch Drehleuchte, Hupe oder Kombination (PATLITE, 2011)

Weit verbreitet findet man wie in Abbildung 4-36 gezeigt, die Anordnung von Drehleuchten am Freiluftschaltschrank der Pumpstation.



Abbildung 4-36: Drehleuchte zur Signalisierung von Störungen an Schaltkasten angebracht (Schitter)

4.7.1.2 Drahtlose Kommunikation

In Abhängigkeit der notwendigen Übertragungsentfernung werden unterschiedliche Funksysteme bzw. Funktechnologien in verschiedenen Frequenzbereichen eingesetzt. Abbildung 4-37 zeigt die Vielfalt der Möglichkeiten einer drahtlosen Datenübertragung.

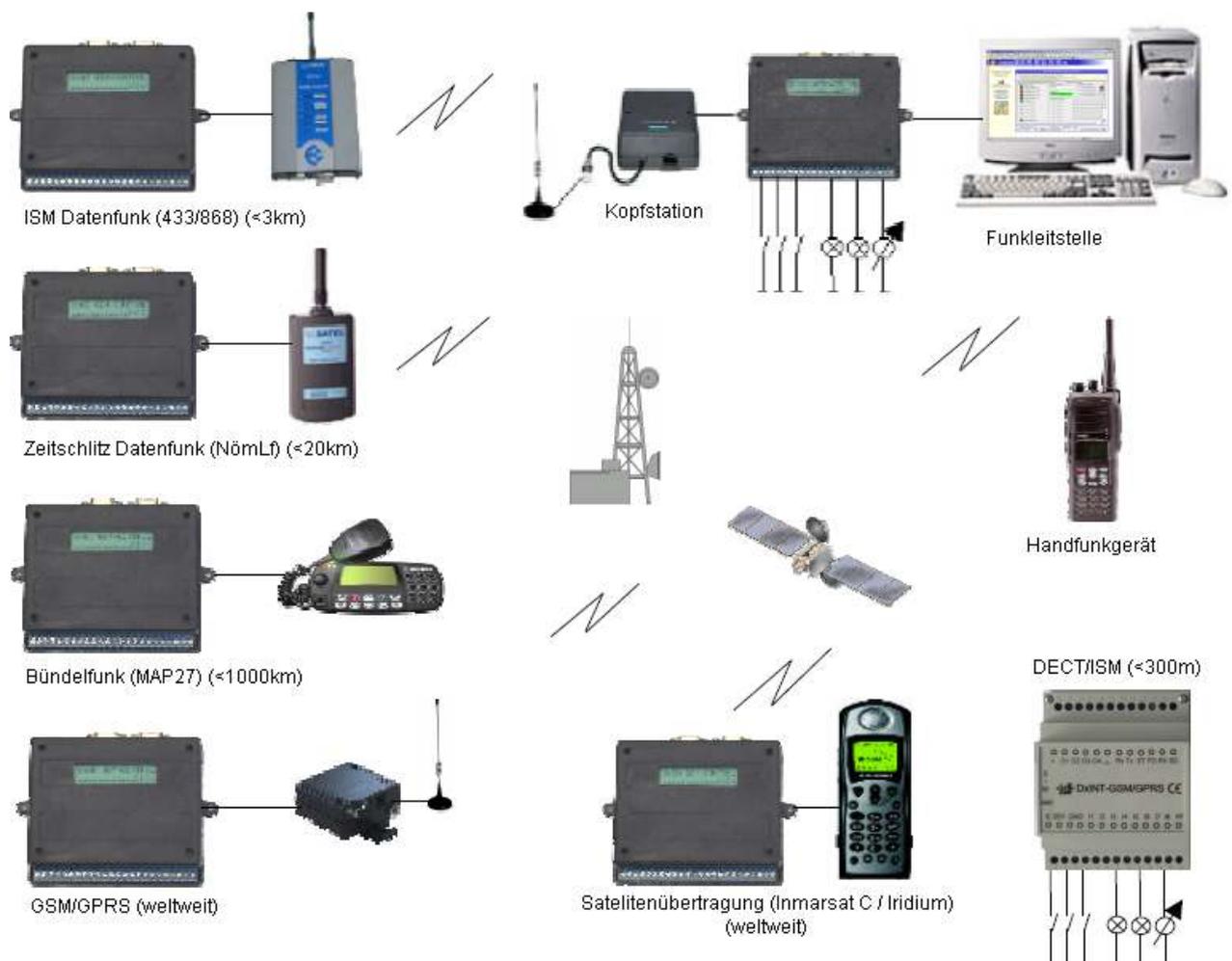


Abbildung 4-37: Möglichkeiten der Datenübertragung mittels Funk adaptiert nach DÖBELT (2010)

Für die Datenübertragung von Entfernungen bis wenige hundert Meter, d.h. im Kläranlagenbereich und damit nicht für die Überwachung von dezentralen Pumpstationen geeignet, werden die Bluetooth-, WLAN- (Wireless Local Area Network) und DECT- (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) Technologie, sowie Betriebsfunk im Frequenzbereich von 433 MHz angewendet (WILO, 2008)

Für größere Entfernungen werden andere Funk-Technologien und Frequenzbereiche eingesetzt. Der Betriebsfunk im Frequenzbereich von 868 MHz kann bei Sichtkontakt bis Entfernungen von 10 km eingesetzt werden. Für noch weitere Entfernungen bieten sich die Möglichkeiten des Richtfunkes, des Bündelfunkes und des Datenfunkes mit Zeitschlitztechnik (WILO, 2008).

Für uneingeschränkte Entfernungen können Mobilfunknetze (GSM-Netze) und Satellitengestützte Funkssysteme verwendet werden.

Folgend werden die am weitest verbreiteten Arten der Fernüberwachung bzw. Fernwirkung von Abwasserpumpstationen, nämlich die Möglichkeit der Nutzung von fremdbetriebenen GSM-Netzen, sowie die Möglichkeit des Aufbaues von selbst betriebenen Funknetzen etwas näher beschrieben.

4.7.1.2.1 GSM- und GSM-Aufbauende Systeme

Diese Art der Fernwirkung nutzt die in Siedlungsgebieten meist flächendeckend vorhandenen Mobilfunk- bzw. GSM-Netzwerke. (GSM - Global System for Mobile Communications). Die Gewährleistung der Übertragung ist somit von der Funktionsfähigkeit des GSM-Netzes bzw. vom Netzbetreiber abhängig.

Jede Außenstation, welche zur Übermittlung von Meldungen oder Daten ausgerüstet werden soll, wird mit einem Bauteil inkl. SIM Karte versehen. Die Übertragung erfolgt dann entweder periodisch oder bei Bedarf. Hierbei bieten sich unterschiedliche Möglichkeiten der Datenübertragung.

Das heute nicht mehr dem Stand der Technik entsprechende CSD- (Circuit Switched Data) Verfahren übermittelt Meldungen durch den Aufbau einer Wählverwindung. Mittels dem SMS-Verfahren (Short Message Service) werden Textmitteilungen (SMS) übermittelt, und mittels der GPRS – Anwendung (General Packet Radio Service = Allgemein paketerorientierter Funkdienst) mit event. EDGE-Erweiterung (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) werden Datenpakete über das GSM-Netz versendet und Online über Internet zugänglich gemacht (SAUTER, 2011).

Die UMTS-Technologie (Universal Mobile Telecommunications System) ist nach GSM und GPRS der nächste Schritt der Entwicklung mobiler Telekommunikationsnetzwerke. Sie vereint die Eigenschaften eines leitungsvermittelnden Sprachnetzwerkes mit denen eines paketvermittelnden Datennetzwerkes. Durch die Weiterentwicklung des UMTS Radio-Netzwerkes in den letzten Jahren, werden heute Übertragungsraten im Megabitbereich erreicht. Diese Erweiterung wird oft mit dem Begriff HSPA (High Speed Packet Access) zusammengefasst. Doch auch hier gibt es aufgrund des Erreichens der Systemgrenzen, mit LTE- (Long Term Evolution) und LTE-Advanced bereits neue Ansätze um das Mobilfunknetzwerk beständig weiterzuentwickeln (SAUTER, 2011).

Die Anwendung der UMTS-Technologie bei dezentralen Pumpstationen bzw. Anlagen sollte jedoch geprüft werden, da hier höhere Kosten anfallen und die Flächendeckung zurzeit nur in Ballungsräumen gewährleistet wird. (WILO, 2008)

Aufgrund der beschriebenen ständigen Weiterentwicklung der GSM- und GSM-Aufbauenden Technologien der letzten Jahrzehnte und dadurch entstandenen Reduzierung der Anschaffungs- sowie Betriebskosten von GSM-Fernwirkanlagen, stellt diese Technologie eine äußerst attraktive Form der Fernüberwachung oder der Fernwirkung von Abwasserpumpstationen dar.

Die Abrechnung jeder Station erfolgt aufgrund der Einwahldauer ins Mobilfunknetz oder aufgrund des übertragenen Datenvolumens. Hier steht die ganze Palette an Tarifen der unterschiedlichen Netzanbieter zur Verfügung. Durch angepasste Auswahl der Übertragungsart und des Vertragspartners an die individuellen Bedürfnisse können Einsparungen bei den Datenübertragungskosten erzielt werden.

Abbildung 4-38 zeigt eine Funktionsskizze eines Fernwirksystems mittels GSM mit den möglichen Empfangsgeräten.

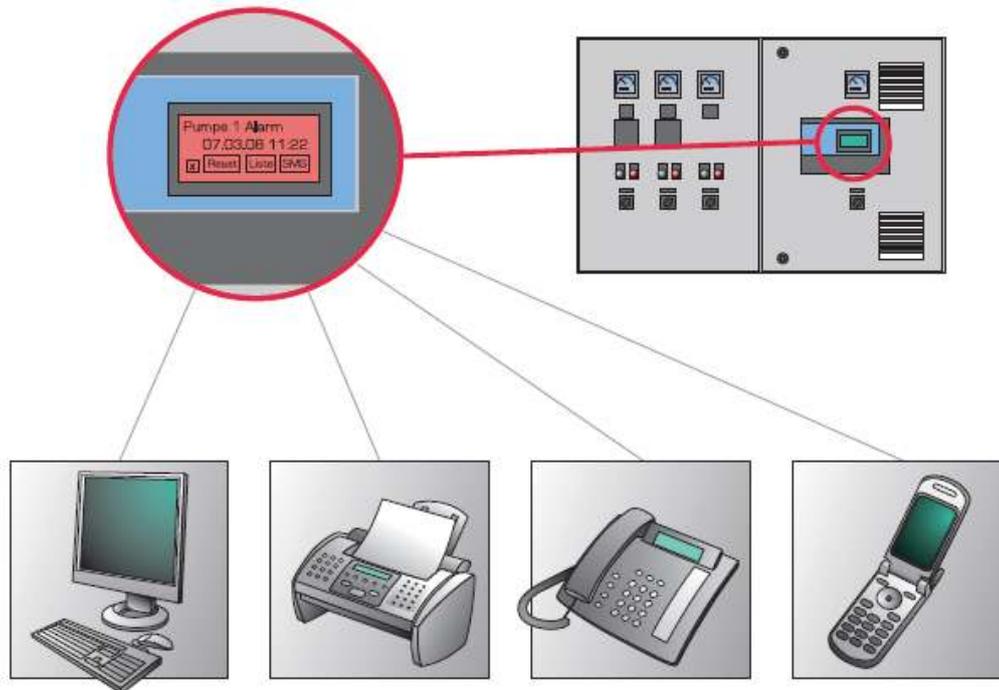


Abbildung 4-38: Funktionsschema eines Fernwirksystems mittels GSM (WILO, 2008)

4.7.1.2.2 Eigenes Funknetz

Wenn keine ausreichende Netzabdeckung eines bestehenden Funknetzes vorhanden ist, bzw. wenn die Unabhängigkeit bezüglich eines Netzanbieters erwünscht ist, gibt es die Möglichkeit ein eigenes Funknetz aufzubauen. Dabei ist zu beachten, dass es sowohl einen öffentlichen Frequenzbereich, als auch einen geschlossenen bzw. bewilligungspflichtigen Frequenzbereich gibt. Gesetzliche Bestimmungen und Richtlinien sind in jedem Fall einzuhalten. Der Betrieb von Funkanlagen ist im Telekommunikationsgesetz 2003 (TKG, 2003), sowie in der Betriebsfunkverordnung 2004 (BFV, 2004) geregelt.

Grundsätzlich werden alle Stationen mit einem eigenen Funkgerät und einer Antenne ausgerüstet. Hier werden wie in Abbildung 4-39 gezeigt, sowohl Richtfunkantennen, als auch Rundstrahlantennen eingesetzt.



Abbildung 4-39: Antennentypen bei Funk-Fernwirkanlagen

Die Betriebsdaten der Außenstationen werden durch eine zentrale Funkstation in kontinuierlichen Abständen abgefragt. Bei Störfällen können Außenstationen auch selbst aktiv werden und Alarmmeldungen an die Zentrale senden.

Je nach räumlicher Ausdehnung des Funknetzes werden unterschiedliche Technologien mit der Übertragung in unterschiedlichen Frequenzbereichen verwendet. Zum Einsatz kommen Richtfunk, Bündelfunk bzw. Zeitschlitztechnologie. Durch die Errichtung von Relaisstationen kann bei Bedarf über größere Distanzen im Funknetz gesendet werden.

Abbildung 4-40 zeigt einen schematischen Aufbau einer Funkfernwirkanlage.

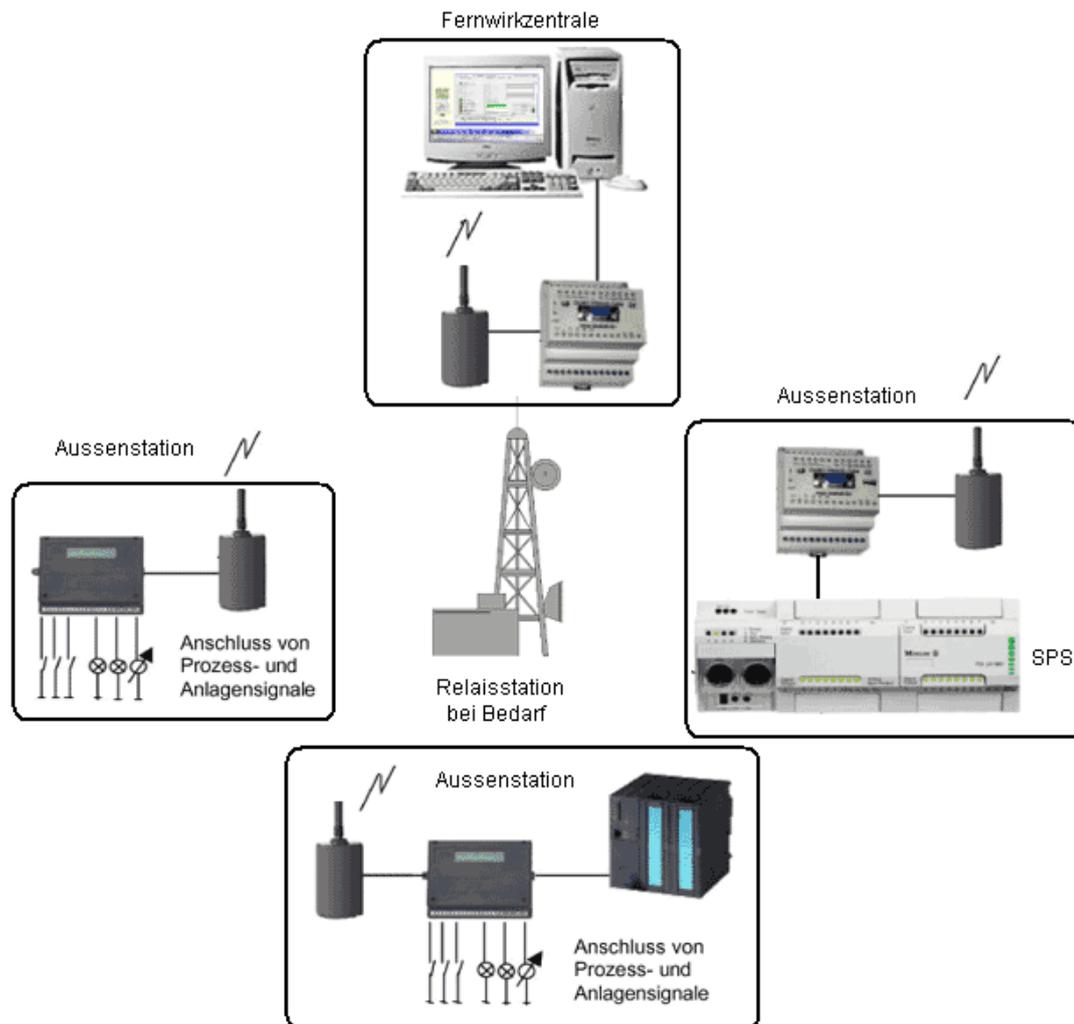


Abbildung 4-40: Funktionsschema einer Funkfernwirkanlage adaptiert nach DÖBELT (2010)

Folgende Probleme können bei einem Funk-Fernwirksystem entstehen:

- Funkstörung durch elektrische Felder (Schweiß-Trafo kann Funk stören)
- Bewuchs von Bäumen kann den Funk stören (1 Meter zur Antenne sollte frei sein)
- Antennen sind sturmanfällig
- Probleme durch Vandalismus (Entfernung der Antenne)

4.7.1.3 Drahtgebundene Kommunikation

Die drahtgebundene oder leitungsgebundene Übertragung ist die älteste, jedoch nach wie vor aktuelle Art und Weise der elektronischen Nachrichtenübertragung. Hier kann zwischen metallischen und nichtmetallischen Leitern unterschieden werden. Die Entwicklung erfolgte von den Zweidrahtleitungen über die Koaxialkabel hin zu den Lichtwellenleiter (LWL). Nachteil aller

Leitungen ist der Aufwand für das Verlegen sowie den Unterhalt der Trassen (HÄCKELMANN, H. et al., 2000; MAYER, M., 2002).

Für die Anbindung von dezentralen Pumpstationen sollte geprüft werden, ob eine Verlegung von Datenkabel im Zuge der Druckleitungsverlegung sinnvoll ist, bzw. ob die Verwendung von bereits bestehenden Leitungsnetzen (z.B. Telefon- oder Fernsehkabel) möglich ist.

4.7.2 Dynamische Kostenvergleichsrechnung der Informationsübertragung (PLIHAL et al., 2011)

PLIHAL et al. (2011) hat eine dynamische Kostenvergleichsrechnung durchgeführt, um eine Entscheidungshilfe hinsichtlich der Art der Datenübertragung zu liefern. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

- „Fahrzeit zu und zwischen den Pumpstationen 10 – 20 Minuten
- Überprüfung der APS vor Ort zwischen 10 – 20 Minuten
- durchschnittliche Geschwindigkeit mit KFZ 40 km/h
- Verbrauch KFZ = 10 l / 100km
- Treibstoffkosten = 1 € / l
- Stundensatz pro Person = € 40
- Anzahl der Personen für die Kontrolle der APS = 2
- laufende Kosten Funk = € 670 pro Quartal (Funkgebühr)
- laufende Kosten GSM = € 20 pro Jahr und pro APS (€ 20 für GSM-Wertkarte)
- Zeitaufwand für die Kontrolle einer Ganmlinie und APS pro Monat = 5 bis 10 Minuten
- Investitionskosten Funk pro APS zwischen € 4.000 – 6.000
- Investitionskosten GSM pro APS zwischen € 1.500 – 2.000
- Untersuchungszeitraum = 20 Jahre“ (PLIHAL et al., 2011)

Die Kosten für eine konventionelle Vor-Ort-Kontrolle mit den o.a. Annahmen wurde für 3 bzw. 10 Abwasser-Pumpstationen (APS) ermittelt. Abbildung 4-41 veranschaulicht die Kosten in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Fahrzeit zu den Stationen.

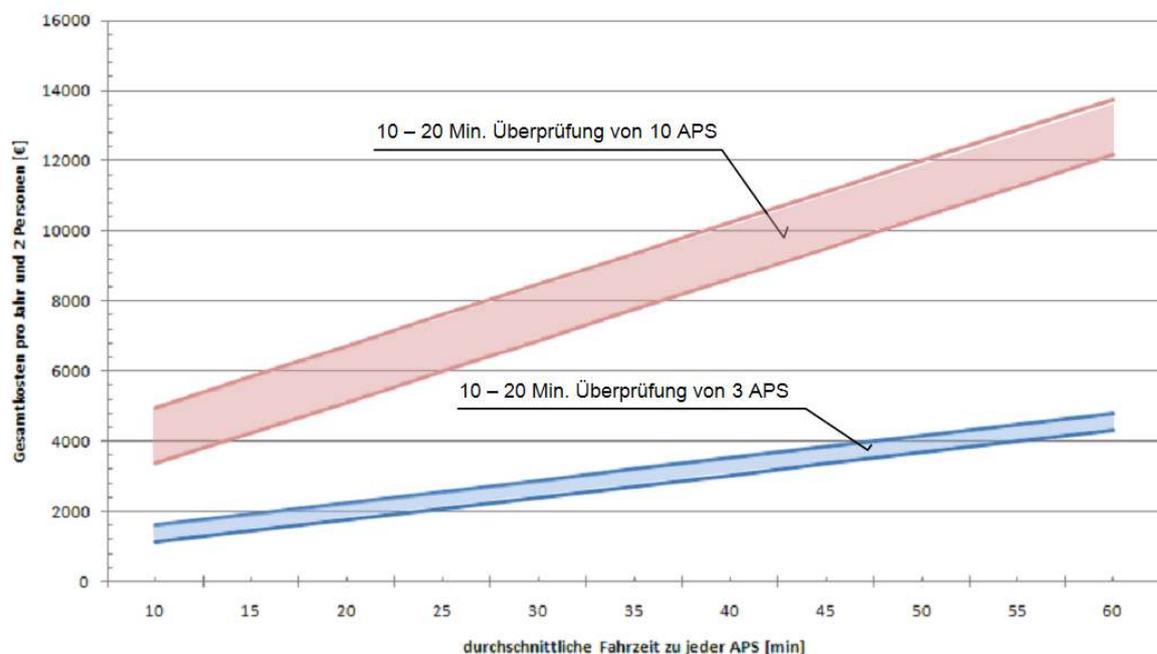


Abbildung 4-41: Gesamtkosten für die monatliche Überprüfung von APS in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Fahrzeit (PLIHAL et al., 2011)

Diese Kosten werden in Relation zur Anzahl der Pumpstationen gestellt. Durch die Variierung der Fahrt- und Überprüfungsdauer ergibt sich ein in Abbildung 4-42 dargestellter keilförmiger Bereich zwischen jeweils 10 und 20 Minuten für Fahrzeit und Überprüfung.

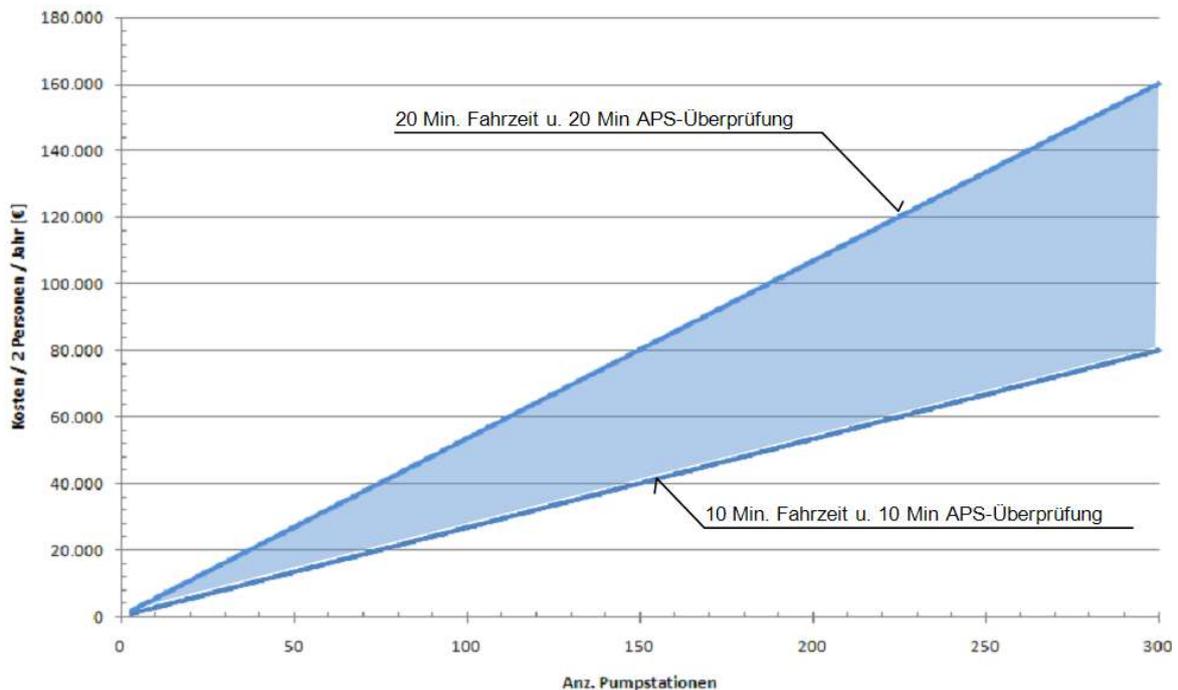


Abbildung 4-42: Jährliche Gesamtkosten in Abhängigkeit von der APS-Anzahl bei 10-maliger vor-Ort-Überprüfung pro Jahr (PLIHAL et al., 2011)

Für die weiteren Auswertungen wurde angenommen, dass durch eine Fernüberwachung max. 10 Mal pro Jahr die Vor-Ort-Überprüfung eingespart werden kann. Abbildung 4-43 zeigt die unterschiedlichen Bereiche der Projektkosten sowohl für eine Funk- bzw. eine GSM-Fernüberwachung. Dargestellt sind auch jene Kosten, die ohne Fernüberwachung (FÜW) entstehen.

„Zu erkennen ist hier, dass für den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren die Projektkosten für eine GSM-Fernüberwachung am kostengünstigsten sind, unabhängig von der Anzahl der APS (beginnend ab 10 APS). Eine Funk-Fernüberwachung zahlt sich, in Abhängigkeit von den jeweils vorhandenen Randbedingungen, erst ab einer Mindestanzahl von ca. 15 APS aus. Ab dieser Anzahl überschneidet sich der Bereich der Funk-Projektkosten immer mehr mit dem Bereich ohne FÜW. Ab einer Anzahl von 100 APS deckt sich der gesamte Bereich der Funk-Projektkosten mit dem Bereich ohne FÜW. Ab welcher APS-Anzahl eine Funk-Fernüberwachung sinnvoll ist, hängt von den jeweiligen Rahmenbedingungen ab. Da sich die beiden Bereiche Funk-Projektkosten und Kosten ohne FÜW sehr schleifend schneiden (zu erkennen an den oberen Abgrenzungen der jeweiligen Bereiche), ist nach diesen Annahmen eine genauere Betrachtung der Funk-Projektkosten ab ca. 30 APS auf jeden Fall sinnvoll.“ (PLIHAL et al., 2011)

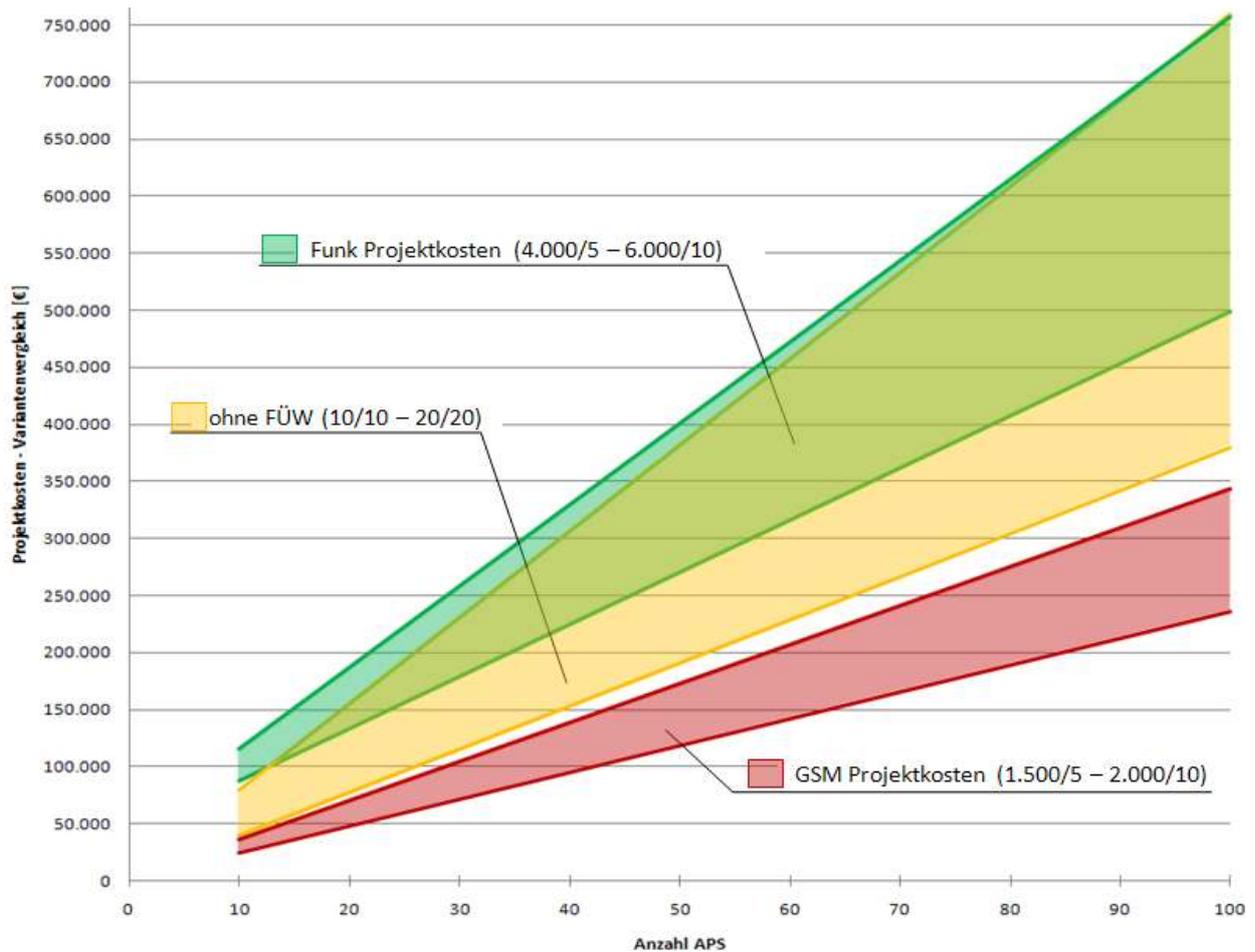


Abbildung 4-43: Projektkosten und Variantenvergleich (PLIHAL et al., 2011)

Bei der Ausstattung von weniger als ca. 15 Pumpstationen ist lt. PLIHAL et al (2011) die GSM-Anlage eine kostengünstigere Alternative. Abbildung 4-44 zeigt als Beispiel den Kostenverlauf über die Jahre nach Anschaffung einer GSM-Anlage bei 3 Abwasserpumpstationen. Je nach Annahme der Randbedingungen amortisiert sich die Fernüberwachung nach 7 bis 12 Jahren. (PLIHAL et al., 2011)

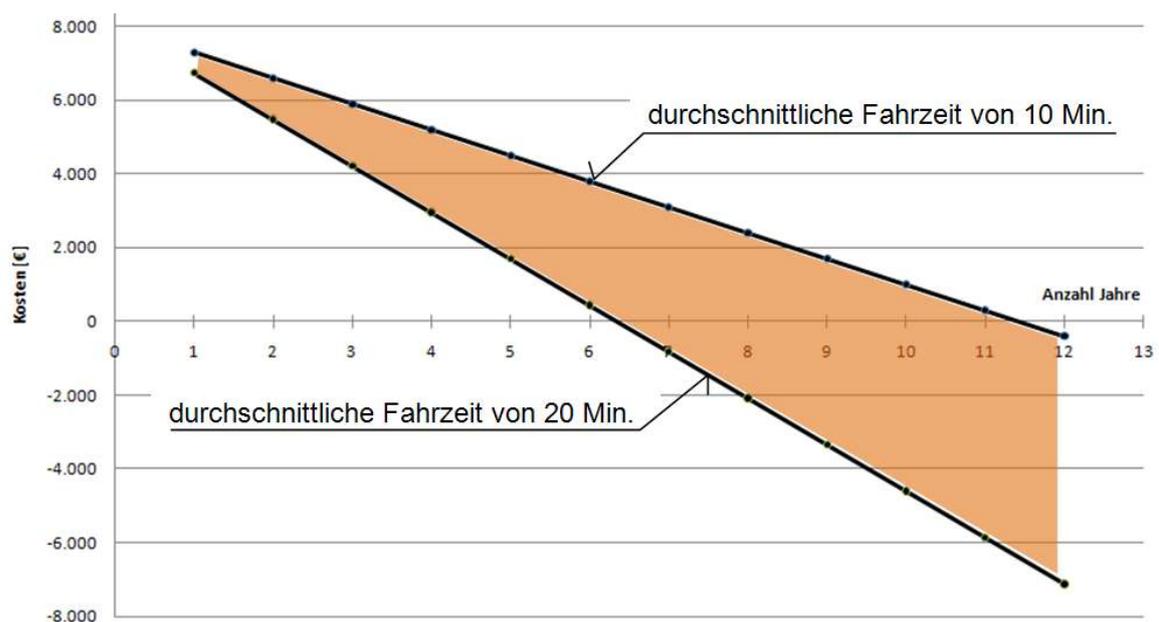


Abbildung 4-44: Amortisation einer GSM-Anlage bei 3 Pumpstationen (PLIHAL et al., 2011)

4.7.3 Möglichkeit der Fernwirkung

Unabhängig von der Art der Datenübertragung können verwendete Technologien die Möglichkeit bieten, unterschiedliche Aggregate (z.B. Pumpen) von einer Leitzentrale oder von einer ins Netz eingebundenen mobilen Station aus zu steuern bzw. zu schalten. In diesem Fall spricht man von Fernwirkssystemen.

Da bestimmte Störfälle unter Umständen durch diese Fernschaltmöglichkeit zu beheben sind, wird hier auch von Fernwartung gesprochen.

Hierfür sind speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) notwendig, welche aus einer zusätzlichen Hardware und einer dazu passenden Software bestehen. In welchem Ausmaß und Umfang diese Technik eingebaut wird, hängt von den Wünschen und Bedürfnissen des Betreibers ab. Die dadurch erzielbaren Erleichterungen und Einsparungen in der Betriebsführung sollten die zusätzlich anfallenden Investitionskosten aufwiegen.

Eine Erweiterung zur Ein- und Ausschaltmöglichkeit der Pumpen stellt ein in Abbildung 4-45 gezeigtes Bauteil zur automatischen Quittierung des Motorschutzschalters dar.



Abbildung 4-45: Automatische Quittierung des Motorschutzschalters

5. Instandhaltung von Pumpwerken

In Österreich ist die Instandhaltungspflicht von Abwasserentsorgungsanlagen im Wasserrechtsgesetz-WRG (1959) verankert. Darin heißt es in §50. (1) *„Sofern keine rechtsgültigen Verpflichtungen anderer bestehen, haben die Wasserberechtigten ihre Wasserbenutzungsanlagen einschließlich der dazugehörigen Kanäle, künstlichen Gerinne, Wasseransammlungen sowie Vorrichtungen in dem der Bewilligung entsprechenden Zustand und, wenn dieser nicht erweislich ist, derart zu erhalten und zu bedienen, dass keine Verletzung öffentlicher Interessen oder fremder Rechte stattfindet.“* (WRG, 2006)

Die ÖNORM EN 13306 (2010) „Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung“ definiert die Grundbegriffe der Instandhaltung und des Instandhaltungsmanagements, unabhängig von der Art der Betrachtungseinheit. Darin wird Instandhaltung als *„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustandes dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann“* definiert (ÖNORM EN 13306, 2010).

In der DIN 31051 (2003) „Grundlagen der Instandhaltung“ wird zwischen den in Abbildung 5-1 dargestellten Grundmaßnahmen der Instandhaltung unterschieden.

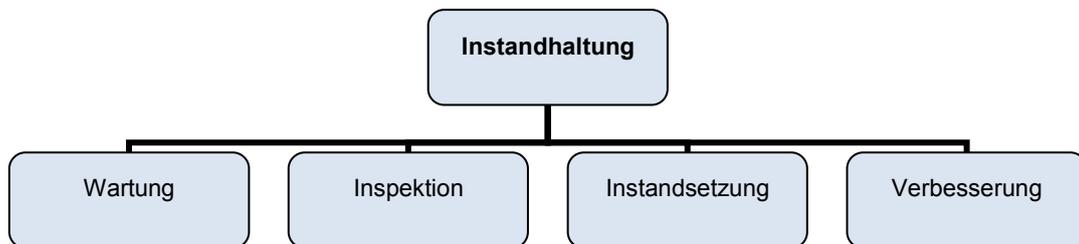


Abbildung 5-1: Unterteilung der Instandhaltung (DIN 31051, 2003)

Als Hauptziele der Instandhaltung gelten:

- *„die Sicherung der Verfügbarkeit der Einheit in der geforderten Funktion zu günstigsten Kosten*
- *die Beachtung der mit der Einheit einhergehenden Sicherheits- und aller anderen obligatorischen Anforderungen*
- *die Beachtung aller Einflüsse auf die Umwelt*
- *die Aufrechterhaltung der Haltbarkeit der Einheit und/oder Qualität der gelieferten Produkte oder der erhaltenen Dienstleistung, wenn notwendig, unter Beachtung der Kosten“* (ÖNORM EN 13306, 2010)

Bevor auf die Unterteilung in die vier Grundmaßnahmen der Instandhaltung näher eingegangen wird, werden die Begriffe Abnutzung, Abnutzungsvorrat und Abnutzungsgrenze beschrieben und in Abbildung 5-2 dargestellt, da diese Begriffe bei den Definitionen der Grundmaßnahmen verwendet werden.

Als Abnutzungsvorrat versteht man den *„Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt.“* Abnutzung ist demnach der *„Abbau des Abnutzungsvorrates, hervorgerufen durch chemische und/oder physikalische Vorgänge“* und die Abnutzungsgrenze ist *„der vereinbarte oder festgelegte Mindestwert des Abnutzungsvorrates“* (DIN 31051, 2003).

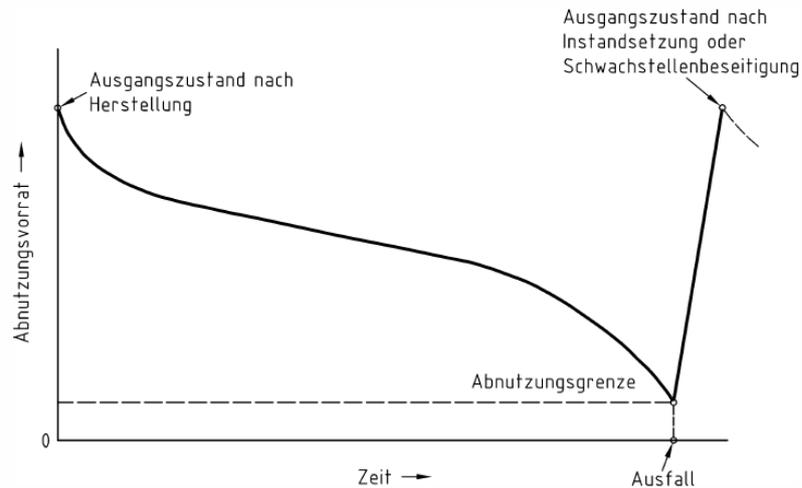


Abbildung 5-2: Abbau des Abnutzungsvorrates und seine Erstellung durch Instandsetzung oder Verbesserung (DIN 31051, 2003)

5.1 Wartung

Die DIN 31051 (2003) definiert Wartung als „Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats.“

In der Praxis wird darunter das regelmäßige Reinigen, Schmieren, Nachstellen, Prüfen von Flüssigkeitsständen und manchmal auch den Austausch von Verschleißteilen verstanden (DENA, 2010).

In der DIN 31051 (2003) werden außerdem folgende möglichen Inhalte der Wartungsmaßnahmen, welche sich als Teilaspekt der präventiven Instandhaltung nach ÖNORM EN 13306 (2010) verstehen, angegeben:

- Auftrag, Auftragsdokumentation und Analyse des Auftragsinhaltes
- Erstellen eines Wartungsplanes, der auf die spezifischen Belange des jeweiligen Betriebes oder der Betrachtungseinheit abgestellt ist und hierfür verbindlich gilt; Dieser Plan soll u.a. Angaben über Ort, Termin, Maßnahmen und zu betrachtende Merkmalswerte enthalten.
- Vorbereitung der Durchführung
- Vorwegmaßnahmen wie Arbeitsplatzausrüstung, Schutz- und Sicherheitseinrichtungen usw.
- Überprüfung der Vorbereitung und der Vorwegmaßnahmen einschließlich der Freigabe zur Durchführung
- Durchführung
- Funktionsprüfung
- Rückmeldung

Laut ÖWWV Regelblatt 22 (1989) umfassen die Wartungsarbeiten Pflege, Reinigung und Instandhaltung des Pumpwerkes einschließlich der Räumlichkeiten bzw. des Pumpenschachtes und Pumpensumpfes.

Es ist zu sehen, dass die Begriffsbestimmungen hier noch etwas ineinander verschwimmen.

5.2 Inspektion

Inspektion wird in der DIN 31051 (2003) als *„Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Ursache der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung.“* definiert.

In der ÖNORM EN 13306 (2010) findet der Begriff Inspektion keinen Eingang. Hier wird „Konformitätsprüfung“ verwendet, welcher ein Teilaspekt der Inspektion darstellt (DIN 31051, 2003)

Für die Beurteilung des Istzustands ist die Kenntnis des Sollzustands wichtig. Dazu sollten Referenzwerte der ordnungsmäßig in Betrieb genommenen Anlage aufgenommen und dokumentiert werden. Das Abnahmeprotokoll stellt hierfür den notwendigen Rahmen. (DENA, 2010).

Die Ziele der Inspektion im Sinne der DWA-A 147 (2005) sind u. a.:

- Erkennen von Funktionsstörungen
- Frühzeitiges Erkennen von baulichen Schäden
- Verminderung von Fremdwassereinleitungen
- Vermeidung von Grundwasserverunreinigungen
- Ermöglichen einer wirtschaftlichen Kanalstandhaltung

Im ÖWWV Regelblatt 22 (1989) wird neben der richtigen Planung und fachgerechten Ausführung, die regelmäßige Überprüfung der Kanalisationsanlagen (Kanäle, Pumpwerke, Regenüberläufe, Regenbecken, usw.) als wichtige Voraussetzung für einen störungsfreien Betrieb angeführt. Sie soll dazu beitragen, *...„Reparaturkosten auf ein Minimum zu senken, weil frühzeitig erkannte Mängel mit einem geringeren Aufwand behoben und spätere, hohe Kosten verursachende Schäden vielfach vermieden werden können.“*

Diese Aussage würde einer vorausbestimmten (präventiven) Wartungsstrategie den Vorteil geben. Weitere Beschreibungen unterschiedlicher Wartungsstrategien mit Vor- und Nachteilen, werden nachfolgend in dieser Arbeit diskutiert.

5.2.1 Inhalte der Inspektion

Lt. DIN 31051 (2003) können die Maßnahmen der Inspektion folgendes beinhalten:

- *Auftrag, Auftragsdokumentation und Analyse des Auftragsinhaltes*
- *Erstellen eines Planes zur Feststellung des Istzustandes, der auf die spezifischen Belange des jeweiligen Betriebes oder der Betrachtungseinheit abgestellt ist und hierfür verbindlich gilt; Dieser Plan soll u.a. Angaben über Ort, Termin, Methode, Gerät, Maßnahmen und zu betrachtende Merkmalswerte enthalten.*
- *Vorbereitung der Durchführung*
- *Vorwegmaßnahmen wie Arbeitsplatzausrüstung, Schutz- und Sicherheitseinrichtungen usw.*
- *Überprüfung der Vorbereitung und der Vorwegmaßnahmen einschließlich der Freigabe zur Durchführung*
- *Durchführung, vorwiegend die quantitative Ermittlung bestimmter Merkmalswerte*
- *Vorlage des Ergebnisses der Istzustandsfeststellung*
- *Auswertung der Ergebnisse zur Beurteilung des Istzustandes*
- *Fehleranalyse*

- *Planung im Sinne des Aufzeigens und Bewertens alternativer Lösungen unter Berücksichtigung betrieblicher und außerbetrieblicher Forderungen*
- *Entscheidung für eine Lösung (Instandsetzung, Verbesserung oder andere Maßnahmen)*
- *Rückmeldung*

Als Hilfe zur Fehlerdiagnose wird in der DIN 31051 (2003) in Abbildung 5-3 dargestelltes Organigramm angegeben.

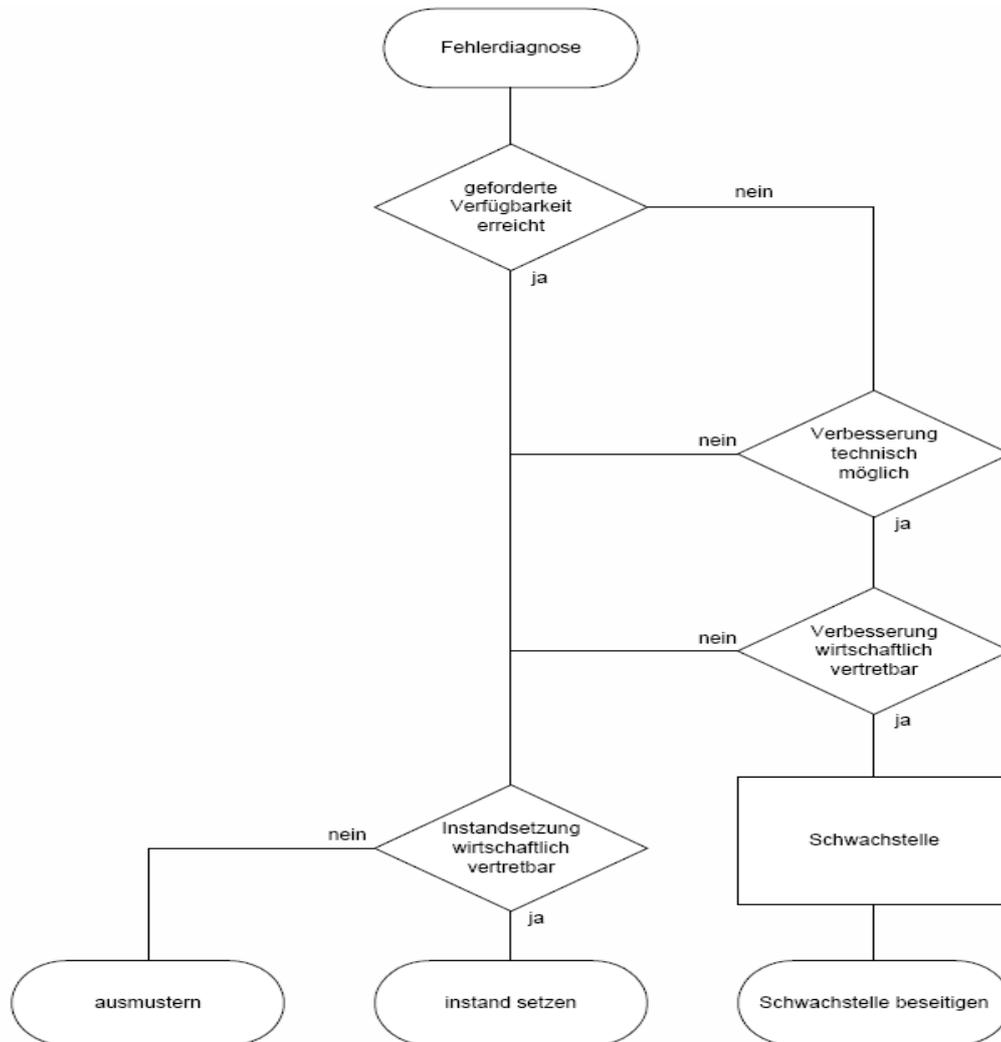


Abbildung 5-3: Fehleranalyse (DIN 31051, 2003)

Als Inhalt einer Inspektion bzw. Überprüfung von Abwasserpumpwerken sollten lt. ÖWWV Regelblatt 22 (1989) folgende Punkte beachtet werden:

- *Prüfung des Pumpenlaufes*
- *Untypische Geräusche, Lagererwärmung machen ein unverzügliches Pumpenservice notwendig*
- *Prüfung der Wellendichtungen (Stopfbüchsen bzw. Sperrwasser) auf richtige Funktion*
- *Stromaufnahme bzw. Stromverbrauch*
- *Abweichungen von den Normalwerten deuten auf Störungen bei den Pumpen oder Schalteinrichtungen hin*
- *Überprüfung des Pumpensumpfes auf angesammelte Ablagerungen und Schwimmstoffe*

- Ablagerungen können zum Verschluss der Ansaugöffnungen führen, die Schaltanlage stören und Geruchsbelästigungen verursachen. Verfestigte Ablagerungen sind schwerer zu beseitigen.
- Schwimmstoffe können ebenfalls die Schaltanlage stören und zu einem Leerlauf der Pumpen und dadurch zu Schäden infolge Überhitzung führen
- Überprüfung der elektrischen Ausrüstungen einschließlich der Steuer- und Alarmeinrichtungen sowie Absperrorgane, Rückschlagklappen u.Ä. auf Funktionsfähigkeit

5.2.2 Häufigkeit der Inspektion - Wartungsintervall

Die Häufigkeit der Überprüfung von Pumpwerken ist im ÖWWV Regelblatt 22 (1989) „je nach Bedeutung und Art der technischen Ausstattung“ vorgesehen.

Andere Vorschriften wie z.B. die Bestimmungen des AMTES DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2010), fordern eine Inspektion von Sonderbauwerken (Pumpwerke, Regenbecken, Regenüberlauf etc.) durch eine wiederkehrende Kontrolle vor Ort in einem Intervall von einem Monat.

Die Häufigkeit von betrieblichen Inspektionen von Sonderbauwerken, z.B. Düker und Wirbelfallschächten, wird in der DWA-A 147 (2005) mit 12-mal pro Jahr, also 1-mal im Monat angegeben. In Punkt 3.1.17 wird die Häufigkeit für die Inspektion von Pumpwerkgebäuden und Außenanlagen mit 1-mal pro Jahr angegeben. In Punkt 3.2.10 wird für die Reinigung von Pumpensämpfen mit Saug- und Spülfahrzeug für Schachtpumpwerke (ohne Begehung) und Pumpensämpfe (mit Begehung) eine Häufigkeit von 1-mal pro Jahr und bei Bedarf häufiger empfohlen.

Die Ablesung und Erfassung von Betriebswerten (Pumpenlaufzeit, Förderstrom, Energieverbrauch, Anfall von Abfallstoffen und Hilfs- und Betriebsstoffen) wird nach ATV-A 148 (1994) bei kleinen Pumpwerken in monatlichen Abständen empfohlen. Dazu ergänzend sollten mindestens einmal jährlich Leistung und Wirkungsgrad der in Betrieb befindlichen Pumpen überprüft werden.

Diese vorgeschriebenen Inspektions- bzw. Wartungsintervalle werden durch die weiteren Erhebungen und Auswertungen in dieser Arbeit auf ihre praktische Anwendung überprüft.

5.3 Instandsetzung

Instandsetzung sind „Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen“. (DIN 31051, 2003)

5.4 Verbesserung

Verbesserung ist die „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderten Funktion zu ändern.“ (DIN 31051, 2003)

5.5 Instandhaltungsarten - Instandhaltungsstrategien

Instandhaltungsstrategie ist die „Vorgehensweise des Managements zur Erreichung der Instandhaltungsziele“. (ÖNORM EN 13306, 2010)

Lt. ÖNORM EN 13306 (2010) kann in die in Abbildung 5-4 dargestellten Instandhaltungsarten unterschieden werden:

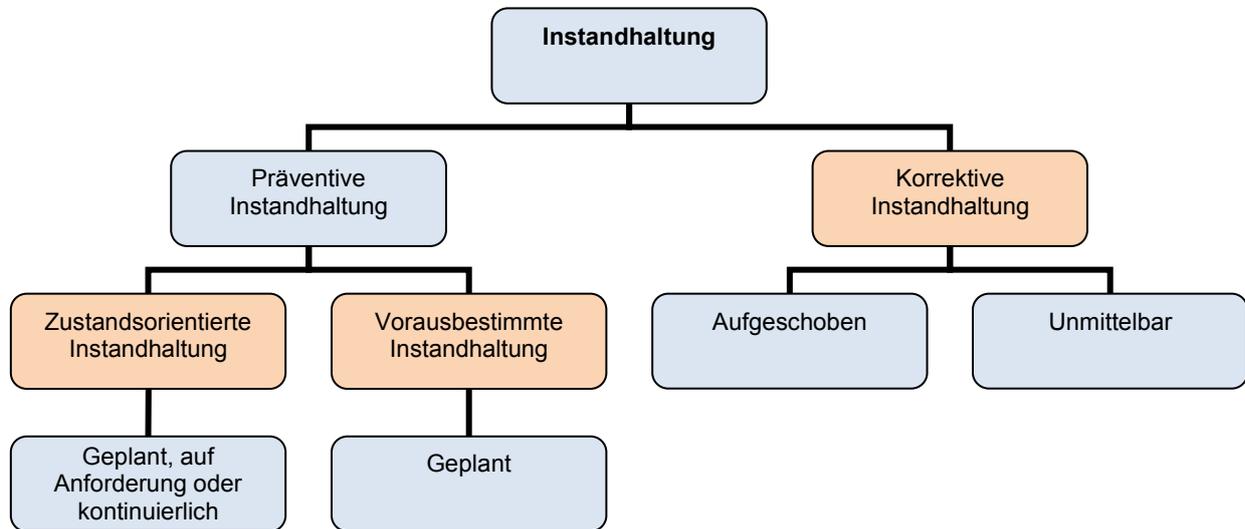


Abbildung 5-4: Instandhaltungsarten nach ÖNORM EN 13306 (2010)

Folgend werden die Grundzüge einiger Instandhaltungsarten bzw. -strategien beschrieben.

5.5.1 Korrektive Instandhaltung

Unter korrekativer Instandhaltung versteht die ÖNORM EN 13306 (2010) eine „*Instandhaltung, ausgeführt nach der Fehlererkennung, um eine Einheit in einen Zustand zu bringen, in dem sie eine geforderte Funktion erfüllen kann.*“

Dies bedeutet eine schadensbedingte Instandhaltung, bei der eine Anlage erst repariert wird, wenn ein Defekt sichtbar wurde. Dabei stehen dem Vorteil, dass die Lebensdauer der Bauteile dabei bis zum Ende ausgenutzt wird, ganz gravierende Nachteile gegenüber (DENA, 2010).

(Nähere Erläuterungen dazu, werden im Vergleich der Instandhaltungsarten gegeben.)

Die ÖNORM EN 13306 (2010) unterscheidet die korrektive Instandhaltung noch weiter in eine aufgeschobene korrektive Instandhaltung, „*die nicht unmittelbar nach der Fehlererkennung ausgeführt, sondern entsprechend vorgegebenen Instandhaltungsregeln zurückgestellt wird*“ und in eine sofortige korrektive Instandhaltung, „*die ohne Aufschub nach der Fehlererkennung ausgeführt wird, um unannehmbare Folgen zu vermeiden.*“

5.5.2 Präventive Instandhaltung

Als präventiv (vorbeugend) definiert die ÖNORM EN 13306 (2010) eine „*Instandhaltung, ausgeführt in festgelegten Abständen oder vorgeschriebenen Kriterien zur Verminderung der Ausfallwahrscheinlichkeit oder der Wahrscheinlichkeit einer eingeschränkten Funktionserfüllung einer Einheit.*“

Dabei wird in eine vorausbestimmte und eine zustandsorientierte Instandhaltung unterschieden.

5.5.2.1 Vorausbestimmte Instandhaltung

Vorausbestimmte Instandhaltung ist eine „präventive Instandhaltung, durchgeführt in festgelegten Zeitabständen oder nach einer festgelegten Zahl von Nutzungseinheiten, jedoch ohne vorherige Zustandsermittlung.“ (ÖNORM EN 13306, 2010)

Durch den Austausch der Verschleißteile in vorgegebenen Zeitabständen, wird versucht dem Verschleiß zuvorzukommen. Eine wesentliche Bedeutung für die Gesamtkostenbetrachtung dieser Strategie kommt der Auswahl der Wartungsintervalle zu. Zu kurze Intervalle erhöhen die Kosten durch häufige Reparaturen und zu lange Intervalle erhöhen das Risiko des ungeplanten Ausfalles. Abbildung 5-5 zeigt den Zusammenhang der Kosten mit dem Wahl des Wartungsintervalls. Die starke Varianz der Lebensdauer von vielen Bauteilen erschwert weiters die Wahl der optimalen Wartungsintervalle (DENA, 2010).

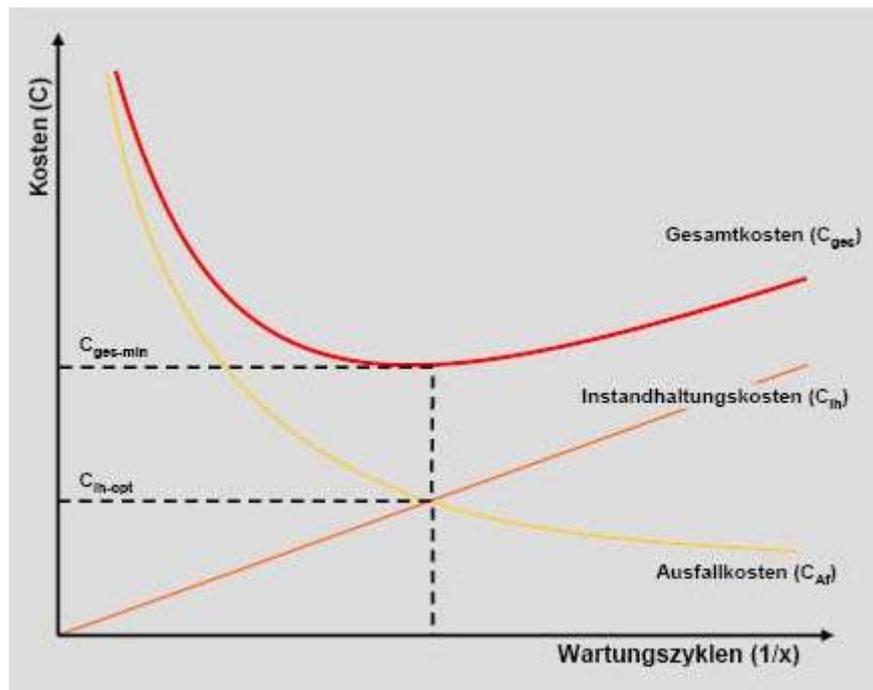


Abbildung 5-5: Optimaler Wartungsintervall in Abhängigkeit der Instandhaltungskosten (KÖRPERT, 2010)

Sinnvoll ist die intervallabhängige Instandhaltung an den Stellen, wo kein Diagnosesystem verfügbar oder wirtschaftlich einsetzbar ist und wo ein redundanter Einbau der Pumpen zu teuer ist oder trotz Redundanz teure Folgeschäden entstehen könnten. (DENA, 2010)

5.5.2.2 Zustandsorientierte Instandhaltung

Zustandsorientierte Instandhaltung oder manchmal auch selektive Instandhaltung genannt (PLIHAL et al., 2011) ist eine „präventive Instandhaltung, die eine Kombination aus Zustandsüberwachung und/oder Komformitätsprüfung und/oder Prüfverfahren, Analysen und die daraus resultierenden Instandhaltungsmaßnahmen beinhaltet.“ (ÖNORM EN 13306, 2010)

Bei dieser zustandsorientierten Instandhaltung ergänzen sich die spezifischen Vorteile der korrektiven und der vorausbestimmten Instandhaltung, nämlich die volle Ausnutzung der Komponentenlebensdauer mit den geringeren Instandsetzungs- und Folgekosten der geplanten Instandhaltung. Für die Gesamtbetrachtung müssen die Einsparungen den Kosten für die Überwachung gegenübergestellt werden (DENA, 2010).

5.5.3 Vergleich der Instandhaltungsstrategien

Tabelle 5-1 listet Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Instandhaltungsstrategien auf und Abbildung 5-6 zeigt einen Kostenvergleich dieser unterschiedlichen Strategien. Es ist zu

erkennen, dass eine zustandsorientierte Instandhaltung nur Vorteile gegenüber den anderen Instandhaltungsarten aufweist. Der einzige Nachteil, der Aufwand für die Zustandsüberwachung wird durch die Reduzierung der Gesamtkosten wieder weggemacht.

Tabelle 5-1: Vor- und Nachteile von Instandhaltungsstrategien (nach WENCKENBACH, 2010)

Strategie	Vorteile	Nachteile
Korrektive Instandhaltung Reparatur nach Ausfall	+ optimale Ausnutzung der Pumpenlebensdauer	- hohe Folgeschäden - hoher Ersatzteilbestand - lange ungeplante Stillstände
Vorausbestimmte Instandhaltung Reparatur/Wartung nach Zeitplan	+ weniger Folgeschäden + geplante Stillstände	- Lebensdauer der Pumpe nicht optimal genutzt - hohe Kosten für Instandhaltung
Zustandsorientierte Instandhaltung Reparatur/Wartung nach Zustand	+ Ausnutzung der Lebensdauer der Pumpe + Wartung/Reparatur nach Zustand + weniger Folgeschäden + geplante Stillstände + Prozessoptimierung	- Aufwand für Zustandsüberwachung

A) Korrektive Instandhaltung:



B) Vorausbestimmte Instandhaltung:



C) Zustandsorientierte Instandhaltung:



- Ausfallkosten** (Erstellung Provisorium, Aufgebote ausserhalb Arbeitszeit, ...)
- Ungeplante Instandstellungskosten** (lange Lieferzeiten, kein Preisvergleich)
- Geplante Instandstellungskosten** (kurze Revisionszeiten, optimale Preise, ...)
- Zustandserfassung** (z.B. mittels Trendanalyse)

Abbildung 5-6: Kostenvergleich der unterschiedlichen Instandhaltungsstrategien (BAUMANN, 2010)

6. Kosten von Abwasserpumpwerken

6.1 Lebenszykluskosten

Eine Möglichkeit zur Beurteilung der Gesamtwirtschaftlichkeit von Pumpstationen bzw. anderen technischen Anlagen bietet das sogenannte Life-Cycle-Costing. Der aus den USA stammende Begriff beinhaltet die gesamte Betrachtung aller in unterschiedlichen Lebensphasen einer Anlage anfallenden Kosten – die Lebenszykluskosten (LCC), oder klassischerweise auch TCO (Total Cost of Ownership) genannt (ULMSCHNEIDER, 2006; DENA, 2010).

Diese Kosten entstehen in unterschiedlichen Phasen, und setzen sich aus folgenden Kostenblöcken zusammen:

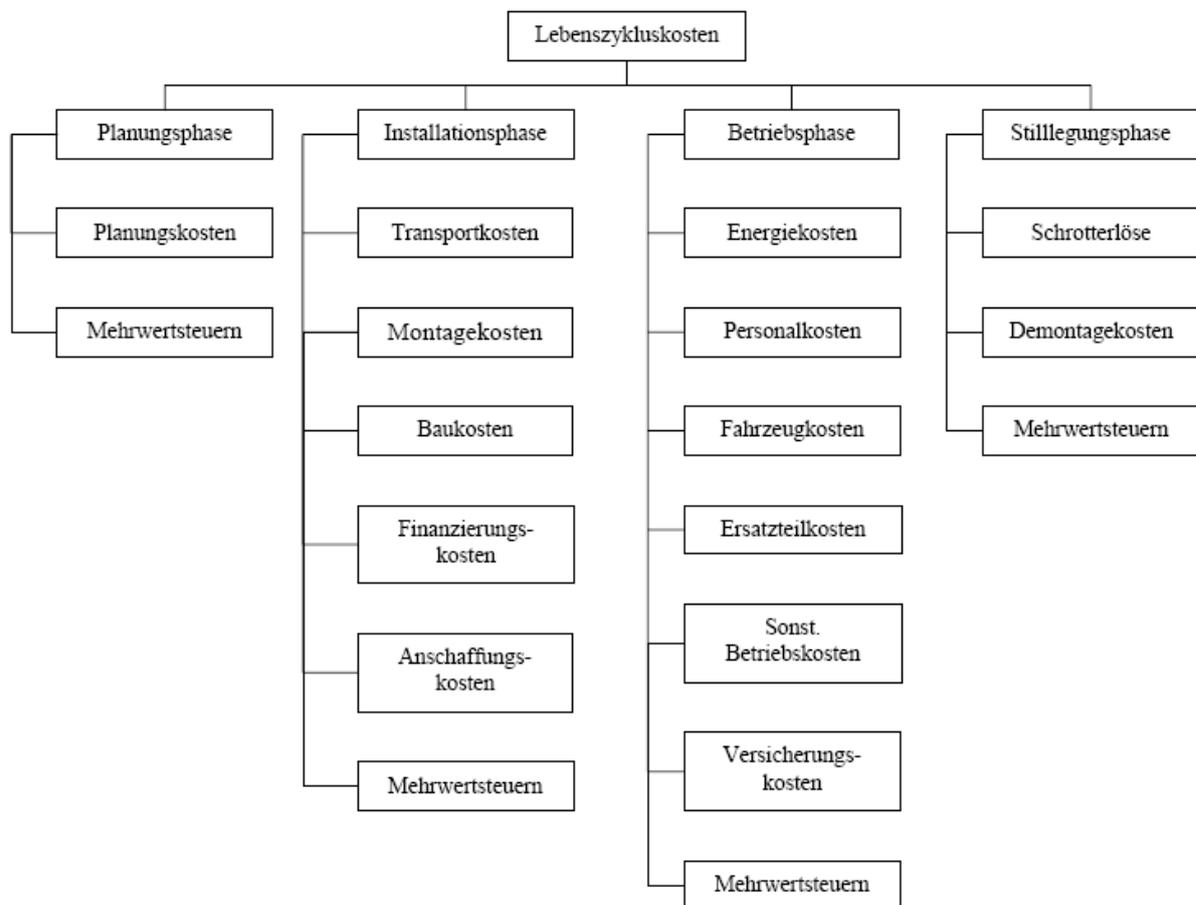


Abbildung 6-1: Kostenblöcke der Lebenszykluskosten (ULMSCHNEIDER, 2006)

Meist wird folgende Formel angegeben, in der die wichtigsten Kostenarten zusammengefasst sind.

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d$$

- C_{ic} Investitionskosten investment costs
- C_{in} Installationskosten installation costs
- C_e Energiekosten energy costs
- C_o Bedienungskosten operation costs
- C_m Instandhaltungskosten maintenance costs
- C_s Produktionsausfallkosten downtime costs
- C_{env} Umweltschutzkosten environmental costs
- C_d Außerbetriebnahmekosten disposal costs

In welchem Verhältnis sich die Kostenarten anteilmäßig verteilen, hängt von der Lebenszyklusdauer und von den Betriebsstunden der Pumpen ab. Hier sind in der Literatur unterschiedliche Angaben bzw. Ergebnisse von Untersuchungen zu finden.

ULMSCHNEIDER (2006) hat eine Lebenszykluskostenanalyse einer gesamten Abwasserpumpstation erstellt, bei der die beiden eingesetzten Pumpenaggregate mit einer maximalen Leistungsaufnahme von 22,27 kW_{el} und einer Lebenszyklusdauer von 13 Jahren betrieben werden. Die Betriebsstunden werden aufgrund der Variation des Schaltspieles bei Variante a mit ca. 25 h pro Pumpe und Jahr, und bei Variante b mit ca. 2925 h pro Pumpe und Jahr angenommen. Daraus ergeben sich die in Abbildung 6-2 dargestellten Verteilungen der Kostenarten.

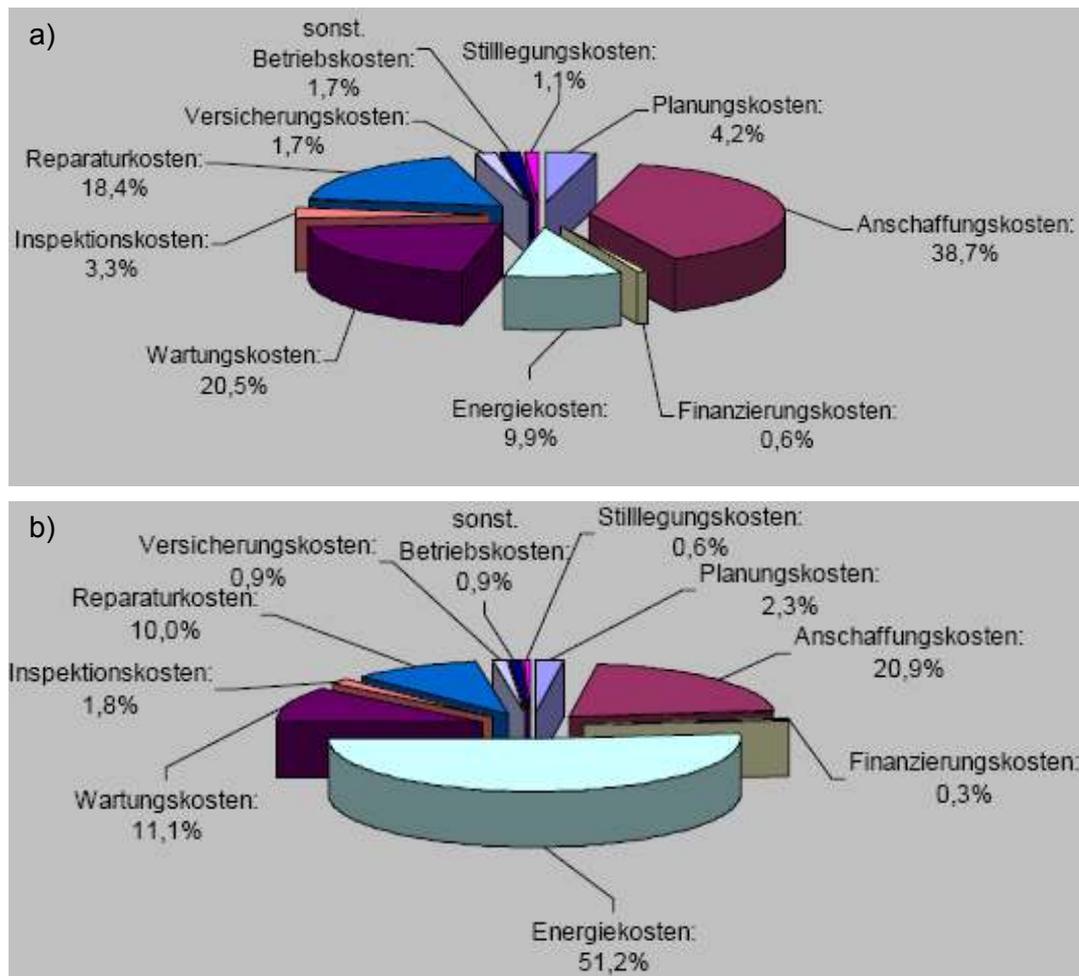


Abbildung 6-2: Anteile an den Lebenszykluskosten je nach unterschiedlicher Betriebsdauer (ULMSCHNEIDER, 2006)

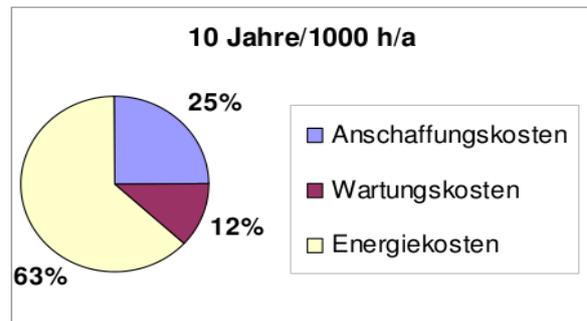
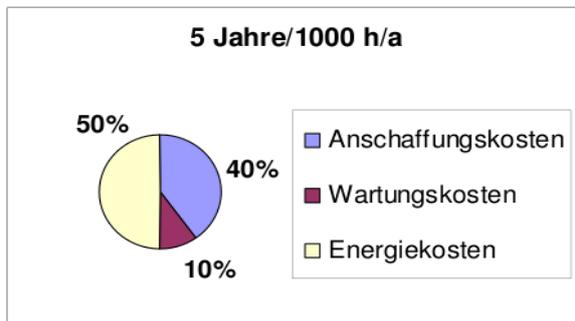
Als Handlungsempfehlung lässt sich daraus ableiten, dass bei Pumpwerke mit niedriger Betriebszeit insbesondere der Wartungsaufwand im weiteren Sinne zu optimieren ist, während bei Pumpwerken mit höherer Betriebszeit die Energieaufnahme optimiert werden sollte (ULMSCHNEIDER, 2006).

TORNOW (2010) zeigt im Gegensatz zur gesamten Betrachtung der Pumpstation bei ULMSCHNEIDER (2006), die anteilmäßige Verteilung der Lebenszykluskosten einer einzelnen Abwasserpumpe mit 14 kW Anschlussleistung, bei einer Druckleitung DN 150 mit unterschiedlichen Betriebsdauern und mit Unterschiedlichen Lebenszyklusdauern. Auch hier ist in Abbildung 6-3 zu erkennen, dass bei Verlängerung der Lebenszyklusdauer und/oder bei der Erhöhung der Betriebsstunden die Energiekosten verhältnismäßig ansteigen (PLIHAL et al., 2011).

Der Energiekostenanteil ist jedoch deutlich höher als bei der Betrachtung des gesamten Pumpwerkes.

a) intermittierender Betrieb (1000 h p.a.)

1 a = 8760 h



b) Dauerbetrieb (5000 h p.a.)

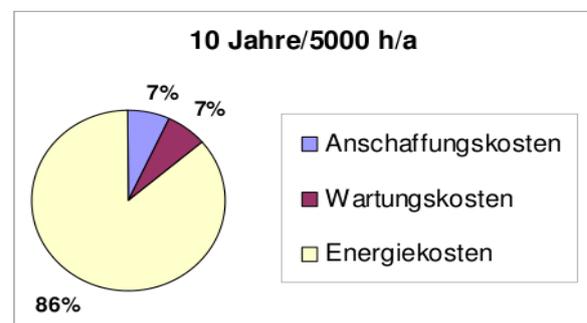
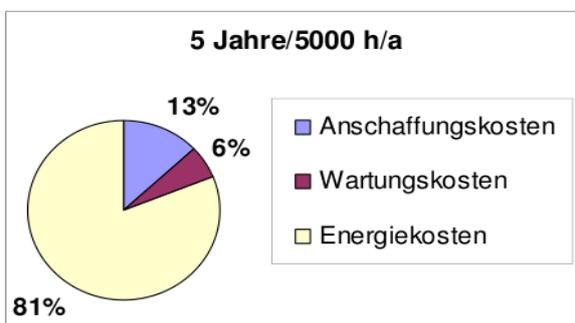


Abbildung 6-3: Kostenartenverteilung der Lebenszykluskosten (KSB zit. bei TORNOW, 2010)

Folgend werden die wichtigsten Kostenarten etwas näher betrachtet.

6.2 Investitionskosten

In diesem Kapitel werden einige in der Literatur gegebene Beispiele angeführt, um eine Idee über Investitionskosten von Abwasserpumpstationen zu bekommen. Diese werden lt. MLUR (2003) innerhalb des Kanalnetzes besonders von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Trockenaufstellung
- Förderhöhe
- Fördermenge
- Standort
- Tiefenlage
- Abwasserbeschaffenheit

„Die Nassaufstellung ist in jedem Fall kostengünstiger als die Trockenaufstellung, da die entstehenden Aufwendungen für das Bauwerk entsprechend niedriger sind.“ MLUR (2003)

Beispiele für aufzuwendende Investitionskosten bei Fertigteilpumpwerken werden in Abbildung 6-4 gezeigt. Die dargestellten Kurven beziehen sich auf Pumpwerke mit zwei installierten Pumpen in Nassaufstellung und dem entsprechenden maximal 4 m tiefen Pumpenschacht. Die zweite Pumpe dient der Redundanz. Die Investitionskosten für Pumpwerke mit nur einer installierten Pumpe liegen lt. MLUR (2003) in der Regel ca. 15 bis 20% unter den dargestellten Kosten.

Für Hauspumpwerke kommen üblicherweise „Fertigteil-Kompaktpumpwerke“ zum Einsatz. Dabei handelt es sich oft um Fertigteilerschächte, die mit einer Tauchpumpe geringer Fördermenge, meist ≤ 5 l/s und einer Förderhöhe $\leq 10 \dots 15$ m ausgerüstet sind. Die Investitionskosten solcher Fertigteilpumpwerke betragen ca. 5 T€.“ MLUR (2003)

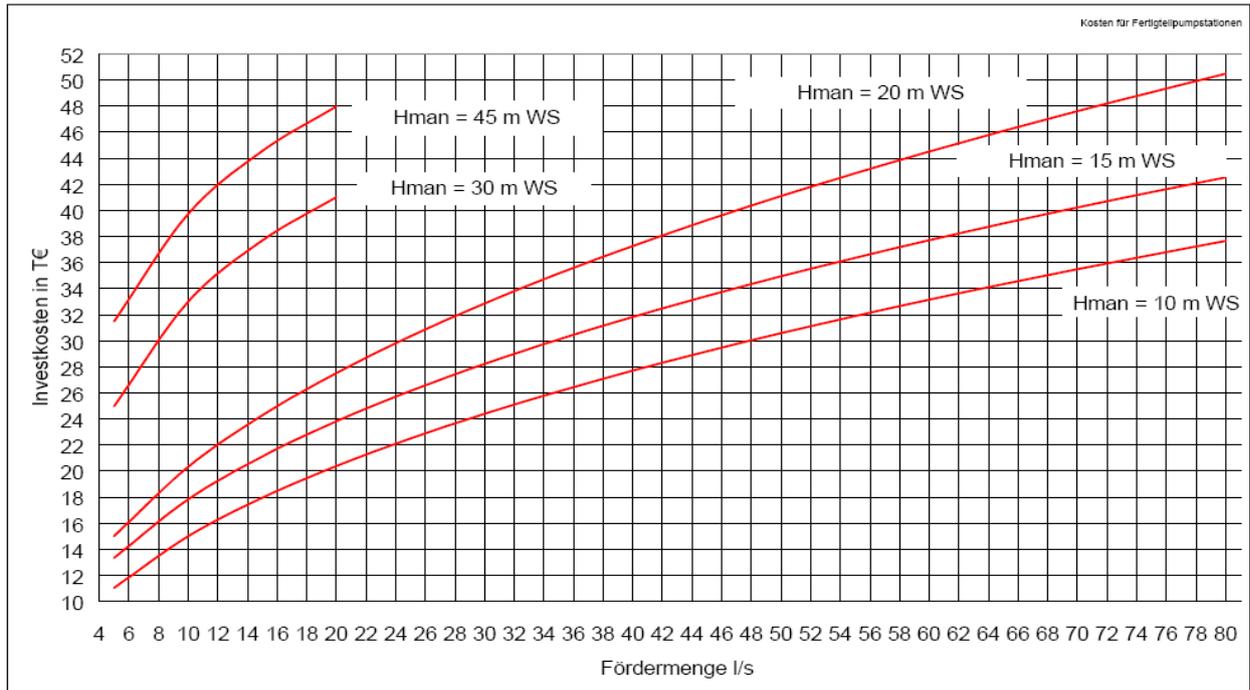


Abbildung 6-4: Investitionskosten für Fertigteilpumpwerke (MLUR, 2003)

BAUMBACH et al (2001) werteten in einer Untersuchung 120 Pumpwerke aus und ermittelten zu diesen die Gesamtinvestitionskosten [GK]. Zum Stichprobenumfang ist zu sagen, dass 68% der Pumpstationen mit nass aufgestellten Pumpen ausgestattet sind und 32% mit trocken aufgestellten. Nur 11% der Pumpwerke haben einen Hochbauteil, die meisten (89%) besitzen nur einen unterirdischen Baukörper.

Abbildung 6-5 zeigt als Ergebnis dazu den Bereich der Netto-Gesamtinvestitionskosten dieser Abwasserpumpwerke in Abhängigkeit zum Förderstrom. Die dicke Linie stellt die Regressionsgerade über die Kosten aller ausgewerteten Anlagen dar. Die dünnen Linien sind die Trendlinien für die Kostenwerte, die diese „Mittelwerte“ überschreiten bzw. unterschreiten. Zwischen diesen beiden äußeren Linien befinden sich die meisten Kostenkennwerte (BAUMANN et al, 2001)

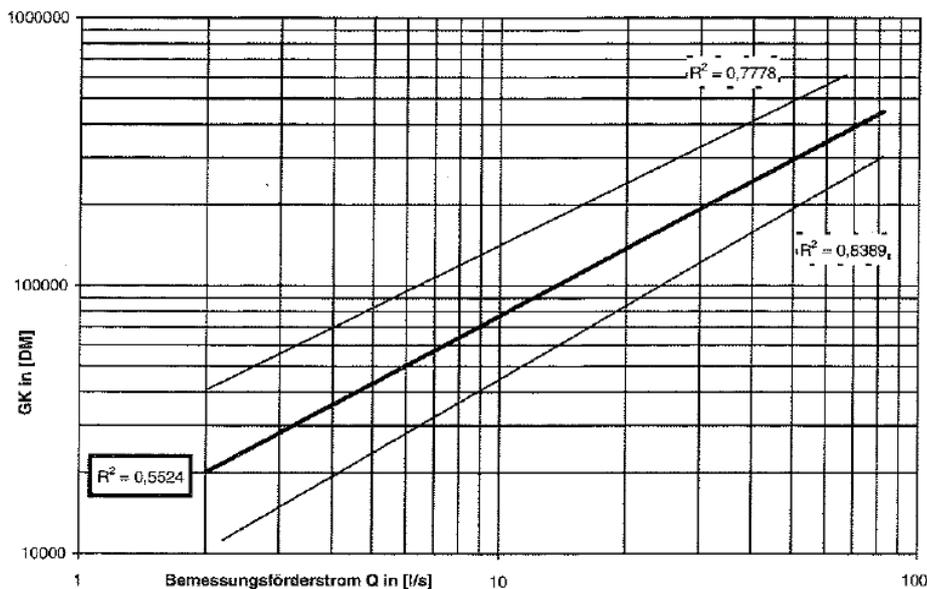


Abbildung 6-5: Gesamtinvestitionskosten [DM] in Abhängigkeit vom Bemessungsförderstrom Q [l/s] (BAUMBACH et al., 2001)

Die Ergebnisse einer Aufteilung der Gesamtkosten auf einzelne Kostenpositionen in dieser Untersuchung werden in Tabelle 6-1 gezeigt.

Tabelle 6-1: Prozentuale Verteilung der Investitionskosten (BAUMBACH et al, 2001)

Los	Alle Pumpwerke		Nur Nassaufstellung		Nur Trockenaufstellung	
	Anteil an Gesamtinvestitionskosten [%]	Anteil im Mittel (arithm.) [%]	Anteil an Gesamtinvestitionskosten [%]	Anteil im Mittel (arithm.) [%]	Anteil an Gesamtinvestitionskosten [%]	Anteil im Mittel (arithm.) [%]
Bauliche Hülle	15–94	50	15–94	46	28–89	60
Ausrüstung gesamt	6–83	45	6–83	48	11–64	37
davon Elt-Anschluss	1–30	4	1–30	5	1–17	2
Außenanlagen	0– 9	1	0– 9	1	0– 9	1

Folgende Gründe werden für den Unterschied zwischen den Aufstellungsarten gegeben:

- „Trocken aufgestellte Pumpwerke sind häufig Hauptpumpwerke, bei denen erhöhte Anforderungen an die Betriebssicherheit gestellt werden, deshalb kommt dort eine wesentlich kostenintensivere Anlagentechnik zum Einsatz.
- Die bauliche Hülle bei Trockenaufstellung ist aufwendiger ausgeführt.
- Zusätzlich besitzen viele der Pumpwerke mit trocken aufgestellten Pumpen neben dem Tiefbauteil noch ein Hochbauteil, wodurch erhöhte Kosten entstehen.“ (BAUMBACH et al, 2001)

Eine getrennte Auswertung der Gesamtinvestitionskosten der beiden Aufstellungsarten (nass bzw. trocken) in Bezug zum Bemessungsförderstrom Q [l/s] zeigt Abbildung 6-6. Die dünnen Linien zeigen wieder die Trendlinien jener Kostenwerte, die diese „Mittelwerte“ überschreiten bzw. unterschreiten.

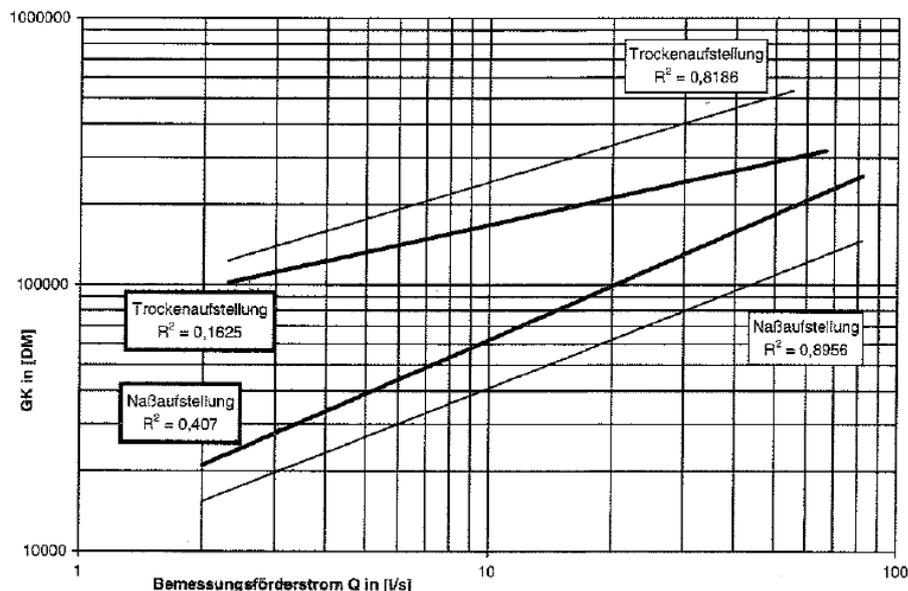


Abbildung 6-6: Gesamtinvestitionskosten GK [DM] in Abhängigkeit vom Bemessungsförderstrom Q [l/s] (BAUMBACH et al, 2001)

Eine Gesamtbetrachtung der Investitionskosten eines Druckentwässerungssystems und Vergleich mit einer Freispiegelkanalisation hat KÄMPF (2009) durchgeführt.

Bei dieser Untersuchung wird davon ausgegangen, dass eine Siedlung mit 50 Häusern und 200 Einwohnern an ein zentrales Klärwerk angeschlossen werden soll. Dabei werden die in Tabelle 6-2 dargestellten Werte angenommen.

Tabelle 6-2: Angenommene Randbedingungen für den Investitionskostenvergleich (KÄMPF, 2009)

Freigefällekanal	Druckentwässerung
Verlegetiefe des Abwasserkanals DN 200 in 2,5 m Tiefe	Verlegetiefe des Druckrohres DN 65 frostfrei in 1,5 m Tiefe
Offene Bauweise Bodenklasse 3 – 5, Sand- und Kiesboden	Rohrpflug, parallele Verlegung im Gelände
Baukosten – Freispiegelkanal ca. 275 €/m, inclusive Kanalschächte alle 50 m	Baukosten – Druckleitung ca. 60 €/m
Baukosten – Anschlusschacht ca. 1900 €, (inclusive Schacht Ø 1m und 10 m Hausanschlussleitung DN 150)	Baukosten – Hauspumpstation ca. 3600 € (kleines Projekt), inclusive Einbau, Montage und 10 m Hausanschlussleitung
	Druckrohrspülstation 10.000 €

Abbildung 6-7 zeigt als Ergebnis die Investitionskosten für beide Varianten in Abhängigkeit der Entfernung zwischen Siedlung und Kläranlage. Bereits ab etwa 500m Entfernung zwischen Siedlung und Klärwerk, weist die Druckentwässerung finanzielle Vorteile auf.

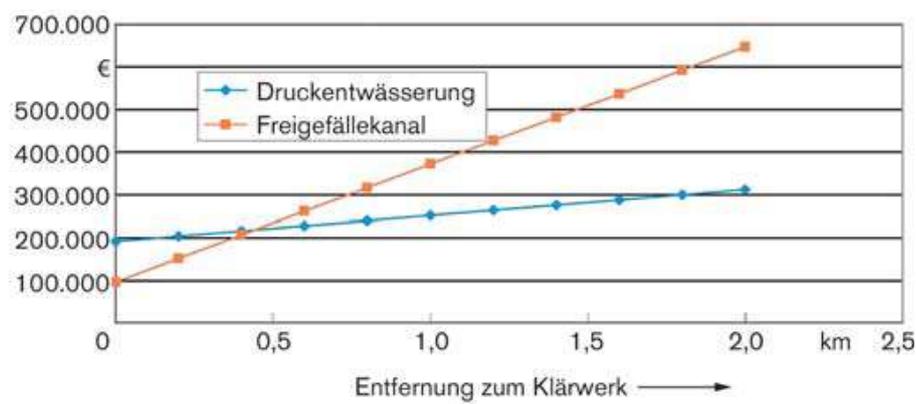


Abbildung 6-7: Investitionskostenvergleich Freigefällekanalisation vs. Druckentwässerung (KÄMPF, 2009)

6.3 Betriebs- und Instandhaltungskosten

Nach SANDER (2003) sind Betriebs- und Instandhaltungskosten jene Kosten, „die zum Betrieb, zur Wartung, zur Unterhaltung und Überwachung von Anlagen erforderlichen, in der Betriebsphase regel- oder unregelmäßig wiederkehrenden Aufwendungen“ notwendig sind. „Es erfolgt eine weitere Aufschlüsselung in Personalkosten einschließlich Personalebenen- und Verwaltungskosten, Sachkosten in Form von Betriebs- und Hilfsmitteln sowie Energiekosten.“

Von DWA (2007) wurden 44 Pumpstationen aus 8 Unternehmen mit Fördermengen von 4m³/d bis 24.000m³/d über einen Zeitraum von sechs Jahren für eine Auswertung der Betriebskosten herangezogen. Die Betriebskosten setzen sich dabei aus den laufenden Kosten sowie aus den Kosten der Instandsetzung der Pumpstationen zusammen. Folgende Kosten bleiben jedoch bei dieser Untersuchung unberücksichtigt:

- „Kosten für den Energiebezug
- kalkulatorische Kosten
- Aufwand für Fahrzeiten
- Aufwand für Betriebshöfe, Ersatzteillager, Werkstätten
- Aufwand für zentrale Anlagenfernüberwachung
- Kosten für sonstige anlagenübergreifende Tätigkeiten“ (DWA, 2007)

Abbildung 6-8 zeigt die Betriebskosten in Abhängigkeit von der Fördermenge bei Trockenwetter in [m³/d].

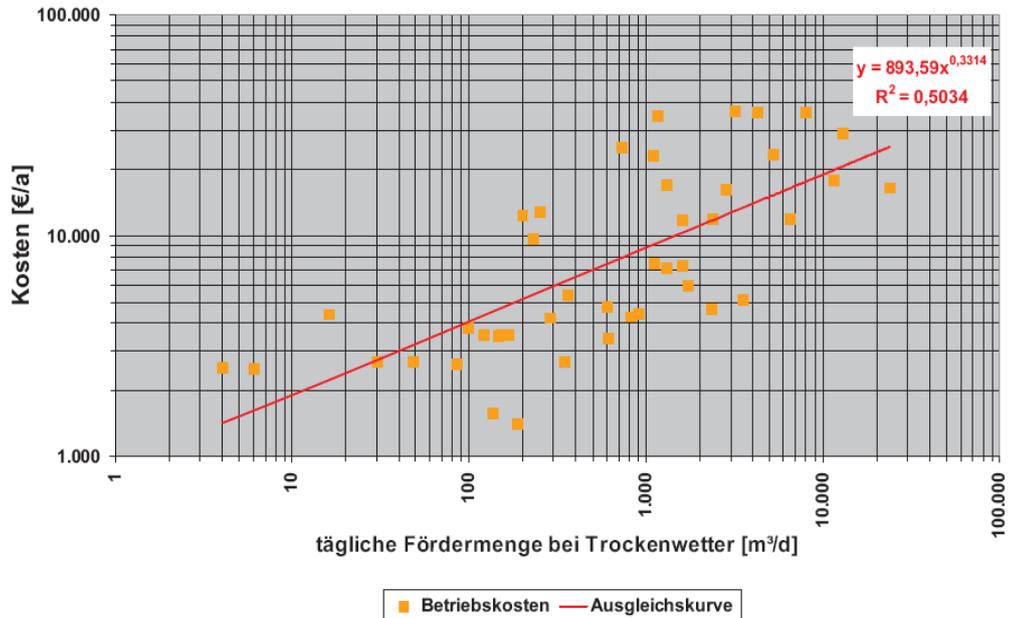


Abbildung 6-8: Betriebskosten von Abwasserpumpstationen in Abhängigkeit von der Fördermenge (DWA ,2007)

„Aus der Darstellung wird die große Schwankungsbreite der Ergebnisse insbesondere in der mittleren und oberen Leistungsklasse deutlich. Bei den laufenden Kosten sind sie durch die unterschiedliche Häufigkeit und Dauer der Vor-Ort-Kontrollen sowie die unterschiedliche Personalstärke der Gruppen bedingt. Die Pumpstationen wurden in Intervallen von einmal je Woche bis einmal je Monat vor Ort kontrolliert. Deutlich wird, dass sich bei kleinen Pumpstationen durchgängig vergleichbare Betriebskosten ergeben, da sie in Bezug auf Bauart, Ausrüstung und betriebliche Randbedingungen bei allen Unternehmen nur geringe Abweichungen aufweisen.“ (DWA, 2007)

Der entsprechende Personalbedarf [h/a] bei dazugehöriger installierter Pumpenleistung wird in Abbildung 6-9 gezeigt.

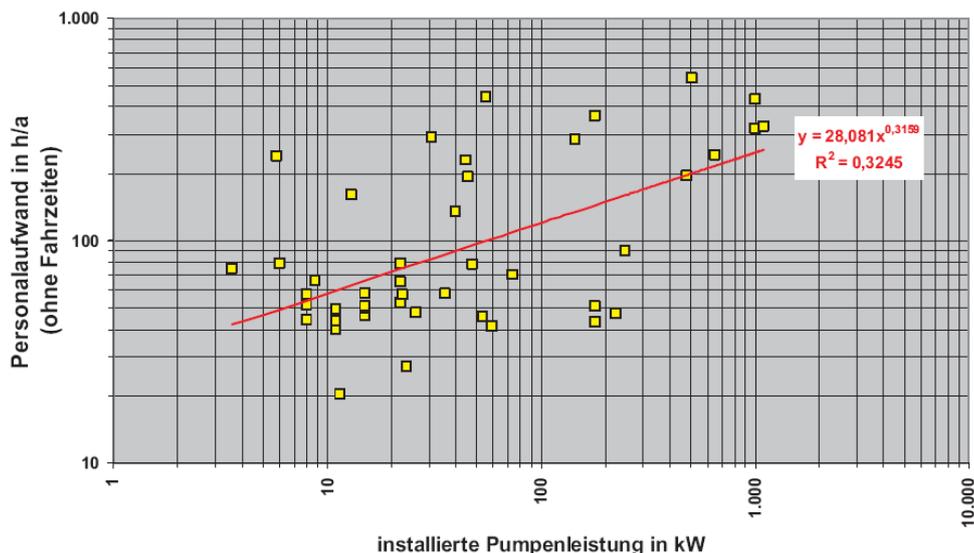


Abbildung 6-9: Personalaufwand für laufenden Betrieb in Abhängigkeit von der installierten Pumpenleistung (DWA, 2007)

Auch von ATV (1998) wurde der Personalaufwand für den Betrieb von Abwasserpumpenanlagen eruiert. Dabei wurde die untere Grenze des Personalbedarfs bei 50 h/a zur Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen und mit 100 h/a zur Berücksichtigung von

Empfehlungen gem. ATV-Arbeitsblatt A 148 gesehen. Ein Personaleinsatz von 50 Stunden pro Jahr ergibt sich, wenn monatlich 2 Mann 2h ein Pumpwerk warten.

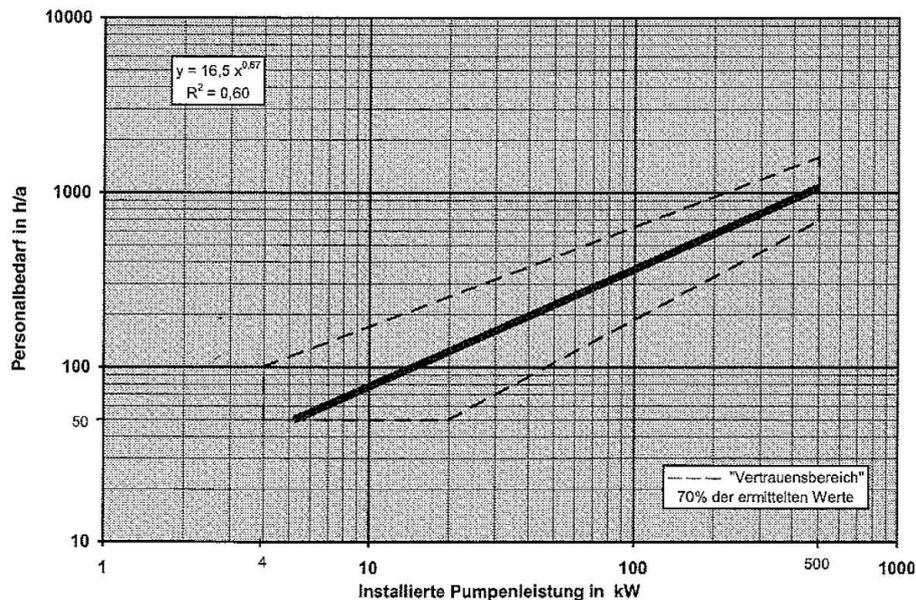


Abbildung 6-10: Personalbedarf von Abwasserpumpwerken (ATV, 1998)

Eine Gegenüberstellung der Ausgleichsgeraden zeigt Abbildung 6-11.

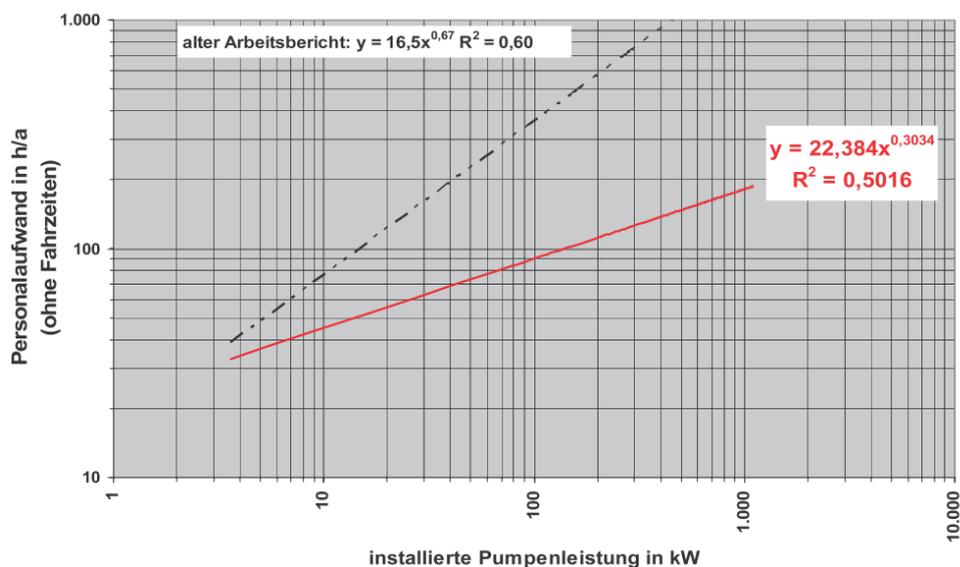


Abbildung 6-11: Personalaufwand, Vergleich der Ausgleichskurven (DWA, 2007)

Für einen überdurchschnittlichen Personalbedarf bei Abwasserpumpstationen kann es folgende Gründe geben:

- „Die Ausführung des Pumpwerkes entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik, z.B. gemäß ATV-Handbuch "Bau und Betrieb der Kanalisation", ATV-Arbeitsblatt A 134 bzw. der Euro-Norm EN 752-6 "Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 6 Pumpanlagen". Damit sind personalintensive Arbeiten extra zu berücksichtigen, wie z.B. Rechengutentfernung, häufigere Beseitigung von Verstopfungen durch ungeeignete Förderaggregate.
- Bedienungspersonal wird zusätzlich benötigt, weil das Pumpwerk nicht im automatisierten Betrieb arbeitet bzw. wenn durch fehlende Fernüberwachung häufige Kontrollgänge erforderlich werden.

- *Hohes Alter und schlechter Zustand der maschinellen und elektrotechnischen Ausrüstungen können zu häufigen Störungen führen und erfordern dadurch ggf. eine personalintensive Betreuung.*
- *Die Anlage ist aufwendig oder unzuweckmäßig gestaltet (z. B. durch städtebauliche Vorgaben, weitläufiges oder pflegeintensives Gelände) oder muss besondere Anforderungen erfüllen (z. B. Biofilter zur Abluftbehandlung).*
- *Es fällt problematisches Abwasser mit hohen Anteilen, die leicht zu Verstopfungen führen, an (z. B. Fett, Textilien ...).*
- *Das Personal ist nicht optimal qualifiziert.“ (ATV, 1998)*

Als Möglichkeiten der Reduktion des Personalbedarfs können folgende Maßnahmen angeführt werden:

- *„Organisatorische Maßnahmen*
- *Umbaumaßnahmen*
- *Typisierung*
- *Fernüberwachung*
- *Kosten-/Nutzen- Betrachtung“ (ATV, 1998)*

6.4 Energiekosten

Wie schon in Kapitel 6.1 ersichtlich bzw. erwähnt wurde, sind neben den Investitions- und Wartungskosten, die Energiekosten ein weiterer dominierender Faktor bei Betrachtung der Lebenszykluskosten. Dabei hängen die Energiekosten laut REINOLD (2008) u.a. von den folgenden Faktoren ab:

- Rohrleitungsdurchmesser
- Rohrleitungslänge
- Fließgeschwindigkeit
- Schalthäufigkeit der Pumpe

„Der tatsächliche Energieverbrauch eines Pumpensystems setzt sich aus der nominalen Leistung der Pumpe und der Mehrleistung die zur Deckung von Verlusten in Rohrleitung, Pumpe, Getriebe, Motor und eventuell dem Frequenzumwandler notwendig ist.“ (DENA, 2011)

Eine Darstellung der Energieverluste durch die jeweiligen Systemkomponenten einer Abwasserpumpstation und dadurch entstehenden Erhöhung der Energiekosten zeigt Abbildung 4-15 in Kapitel 4.5.1.2.4.

Abbildung 6-12 zeigt aus der bereits zuvor zitierten Untersuchung von BAUMBACH et al, (2001) die Kostenkennlinien für den Bezug von Elektroenergie, getrennt für $h_{\text{man}} \leq 20\text{m}$ und $h_{\text{man}} > 20\text{m}$. Es ist deutlich erkennbar, dass sowohl mit steigendem Förderstrom als auch mit zunehmender Förderhöhe die Stromkosten ansteigen.

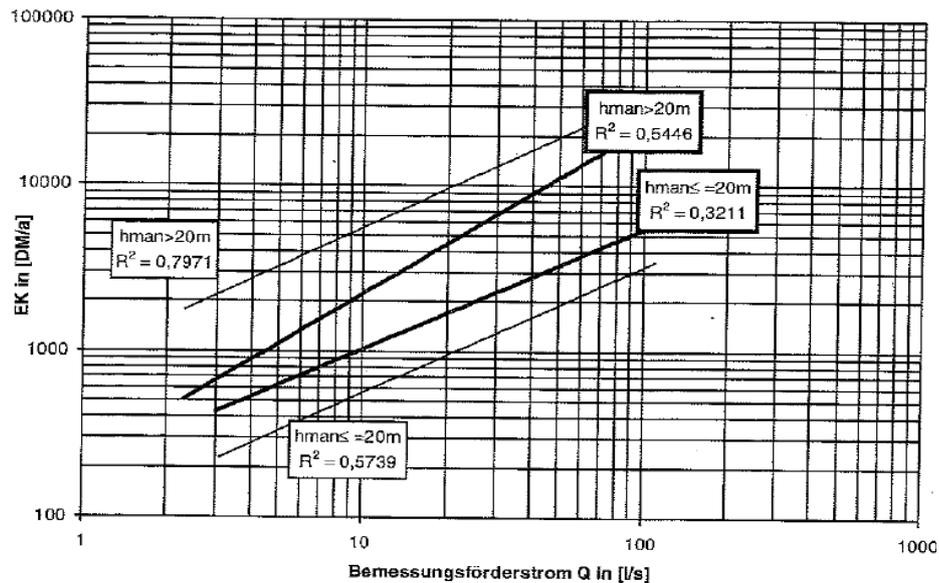


Abbildung 6-12: Elektroenergiekosten EK [DM/a] in Abhängigkeit vom Förderstrom Q [l/s] und Förderhöhe h_{man} [m] (BAUMBACH et al, 2001)

Energiekosten von Hauspumpstationen betragen nur einen Bruchteil der Kosten von kommunalen Abwasserpumpstationen. „Der Energiebedarf für Hauspumpstationen pro Jahr beträgt im Durchschnitt 8 kWh/E (einschließlich Druckluftspülung). D.h. die Pumpstation für einen Haushalt mit 4 Personen erzeugt jährlich Energiekosten von ca. 8 €. Der jährliche Aufwand für Wartungsarbeiten an der Pumpstation wird mit ca. 100 € beziffert.“ (KÄMPF, 2009)

Die Energiekosten sind oftmals der größte Ausgabenposten eines Pumpensystems. Darüber hinaus stellen Pumpen nicht nur in der Wasser Ver- und Abwasser Entsorgung eine wichtige Rolle dar.

„Etwa 20% der weltweit erzeugten elektrischen Energie wird in Pumpensystemen umgewandelt. Je nach Expertenmeinung lassen sich 10 % bis 20 % dieser Energie ohne Zusatzinvestition durch Betriebsoptimierung einsparen.“ (ULMSCHNEIDER, 2006)

Deshalb gibt es in der Literatur eine Menge an Ansätze und Vorschläge über die Optimierung des Betriebes und des Einsatzes von Pumpensystemen hinsichtlich des Energiebedarfs bzw. der Energiekosten zu finden. Als Beispiel wird hier das „Handbuch zur Energieeinsparung - bei Pumpensystemen für Abwasser“ herausgegangen 2003 aus dem PSO-Forschungs- und Entwicklungsprojektes 336-055 angeführt.

7. Material und Methoden

Als Fallstudien wurden die Pumpstationen von vier repräsentativen Kanalisationsanlagen besichtigt und die Betreiber zum Pumpwerksbetrieb sowie zur Pumpwerkswartung befragt. Vorhandene betriebswirtschaftliche und betriebstechnische Daten wurden zur weiteren Auswertung übermittelt. Mittels Literaturstudie wurden fehlende Informationen ergänzt und Ergebnisse der Auswertung auf Plausibilität kontrolliert. Tabelle 7-1 zeigt die Grunddaten der untersuchten Kanalbetreiber.

Tabelle 7-1: Grunddaten der untersuchten Kanalnetzbetreiber

Betreiber	A	B	C	D
Betreiber-Form	Verband (11 Mitglieder)	Verband (7 Mitglieder)	Verband (17 Mitglieder)	Gemeinde
Größe des Entsorgungsgebiets	274 km ²	133 km ²	189 km ²	79 km ²
Auslegung (ARA)	150 000 EGW	30 000 EGW	120 000 EGW	17 000 EGW (Ableitung zu Verbandskläranlage)
System	Mischsystem z.T. Trennsystem	Trennsystem z.T. Mischsystem	Trennsystem	Trennsystem
Kanalnetzlänge (ohne Hausanschluss)	406 km	220 km	575 km	180 km
Anzahl der Pumpwerke (PW)	101	91	330	51
Aufstellungsart	Nass- und Trocken- Aufstellung	Nass- Aufstellung	Nass- und Trocken- Aufstellung	Nassaufstellung 2 Haupt PW - trocken
Zusätzliche technische Ausstattungen	Rührwerke; Pumpensumpf- Belüftung; Sand- und Schotterfang	keine	keine nennenswerten	keine
Fernüberwachung	Fernwirksystem mittels eigenem Datenfung	Störfall- Alarmierung über GSM	Fernwirksystem mittels eigenem Datenfung	Fernwirksystem der 3 Haupt-PW

7.1 Datengrundlage

Die Datengrundlage der Auswertungen beruht auf den von den untersuchten Betreibern zur Verfügung gestellten Daten. Dabei handelt es sich sowohl um technische Grunddaten der Pumpstationen und des Kanalnetzes, als auch um betriebswirtschaftliche Daten.

7.1.1 Technische Grunddaten

Es wurden jene Informationen verwendet, welche von den Betreibern in elektronischer Form oder als Listen zur Verfügung gestellt wurden. Die Vollständigkeit der technischen Grunddaten war nicht immer gegeben. So konnten zum Beispiel bei einem Betreiber Informationen zu installierten Pumpentypen oder Pumpenleistungen nicht für alle Pumpstationen ausfindig gemacht werden.

7.1.2 Betriebswirtschaftliche Daten

In Tabelle 7-2 werden die Daten beschrieben, welche zur weiteren Auswertung sowohl zur Kostenermittlung, als auch zur Ermittlung von Instandhaltungstätigkeiten verwendet wurden.

Tabelle 7-2: Verwendete Datengrundlage für die Kostenermittlung

Betreiber	Daten
A	Abrechnung Kläranlagenpersonal (über 3 Jahre) Abrechnung Kanalspülwagen (über 3 Jahre)
B	Elektronisch aufgezeichnete Wartungsprotokolle mit Tätigkeitsart und -dauer je Pumpwerk (über 5 Jahre)
C	Detaillierte Abrechnung aller Kostenstellen, welche auf die Position Pumpstation gebucht sind (über 4 Jahre)
D	Mündliche Angaben über den Wartungsaufwand

7.2 Datenauswertung

Aufgrund von fehlenden Daten bzw. der teilweisen Inkonsistenz von Daten, musste die Datenreihe bei verschiedenen Auswertungen reduziert werden. Die Anzahl der Datensätze wird jeweils mit „n=Anzahl“ angegeben.

Die Auswertung erfolgte über das Programm Microsoft Excel, mit welchem auch sämtliche Diagramme erstellt wurden.

8. Ergebnisse

Zur statistischen Darstellung einer Datenreihe wird, wie in Abbildung 8-1 gezeigt, ein Boxplot bzw. Box-Diagramm verwendet. Zum besseren Verständnis und zur richtigen Interpretation dieser, werden hier die Kennwerte beschrieben.

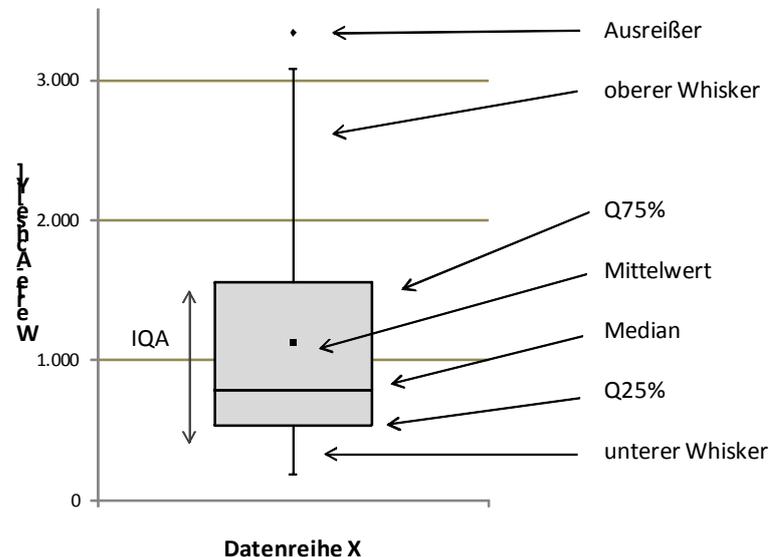


Abbildung 8-1: Boxplot-Darstellung

Tabelle 8-1: Beschreibung der Boxplot-Kennwerte

Kennwerte	Beschreibung
Median	Trennt die Datenreihe in 2 Hälften (entspricht $Q_{50\%}$)
Q25%	25% Quantil bzw. unteres Quartil (Q_1) genannt 25% der Werte in der Datenreihe liegen unter diesem Wert (75% darüber)
Q75%	75% - Quantil bzw. oberes Quartil (Q_3) genannt 75% der Werte in der Datenreihe liegen unter diesem Wert (25% darüber)
IQA	Der Inter-Quartil-Abstand stellt den Bereich zwischen unterem und oberem Quartil dar. 50% der Werte einer Datenreihe befinden sich in diesem Bereich
Whisker	Die Whisker stellen entweder den von den Quartilen ausgehenden 1,5-fachen IQA dar, oder den Bereich bis zum Min- bzw. Maxwert, wenn diese Werte innerhalb des 1,5-fachen IQA liegen. Manchmal werden als Außenwerte auch die 5% bzw. 95% Quantile verwendet
Mittelwert	Entspricht dem arithmetischen Mittel
Ausreißer	Stellt Datenpunkte außerhalb des Box und Whisker-Bereiches dar

Eine Gegenüberstellung eines Boxplot mit einer Normalverteilung zeigt Abbildung 8-2.

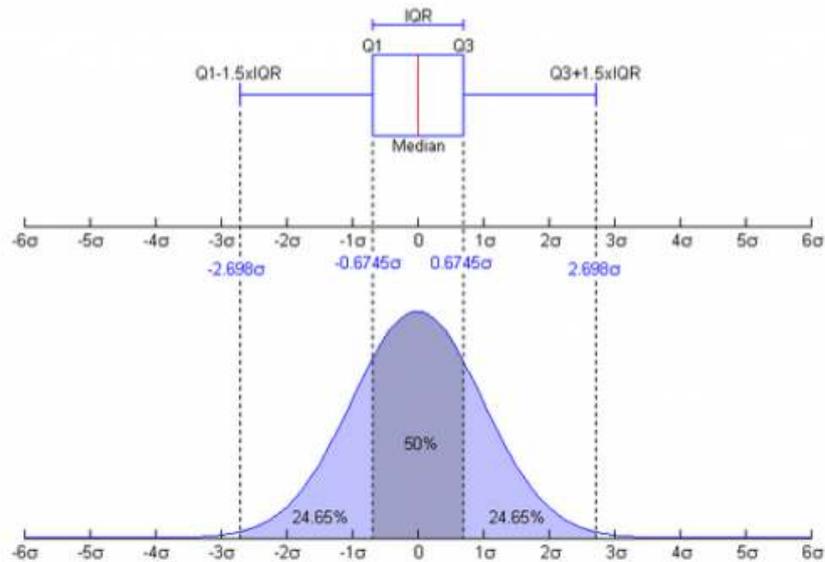


Abbildung 8-2: Gegenüberstellung Boxplot – Normalverteilung (BOWMAN; 2010)

Bei der Interpretation der Boxplot-Whisker Darstellung ist darauf zu achten, dass unterschiedliche Datenverteilungen, das gleiche Boxplot Bild ergeben können. Zur Veranschaulichung werden in Abbildung 8-3 unterschiedliche Histogramm-Beispiele einem Boxplot-Diagramm gegenübergestellt.

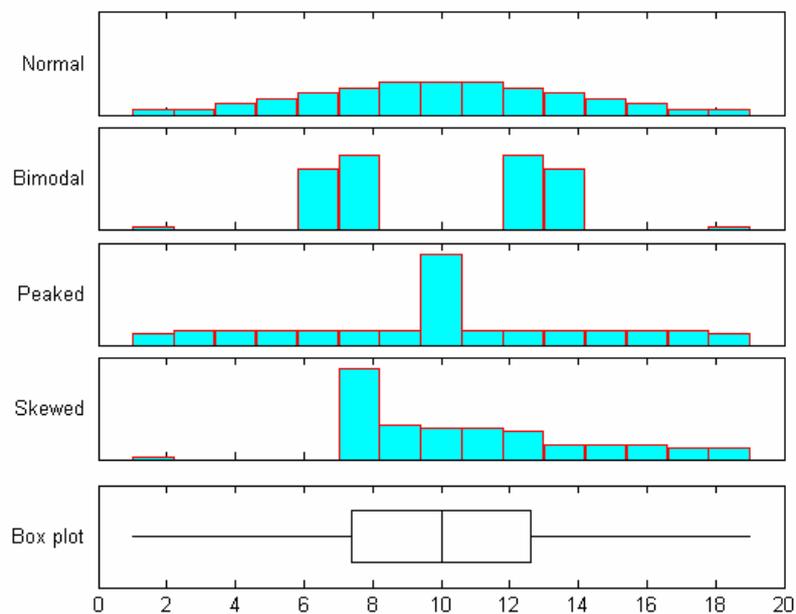


Abbildung 8-3: Gegenüberstellung Boxplot und Histogramm-Beispiele (CHOONPRADUB C. und MCNEIL D., 2004):

8.1 Zusammenfassung der Betreiber-Befragung

Die Befragung der untersuchten Pumpwerksbetreiber erfolgte prinzipiell nach den in Tabelle 8-2 aufgelisteten Punkten. Gespräche wurden mittels Diktiergerät aufgezeichnet und anschließend ausgewertet.

Ergebnisse

Die Tabelle gibt einen Überblick über Unterschiede und Ähnlichkeiten der Fallstudien. Genauere Informationen aus der Befragung der Betreiber werden in den unterschiedlichen Kapiteln erläutert.

Tabelle 8-2: Zusammenfassung der Befragung der Fallstudien

Betreiber	A	B	C	D
Allgemeine Informationen				
Betreiberform	Verband (11 Mitglieder)	Verband (7 Mitglieder)	Verband (17 Mitglieder)	Gemeinde
Größe des Entsorgungsgebiets	274 km ²	133 km ²	189 km ²	79 km ²
Auslegung (ARA)	150 000 EGW	30 000 EGW	120 000 EGW	17 000 EGW (Ableitung zur Verbandskläranlage)
System	Mischsystem z.T. Trennsystem	Trennsystem z.T. Mischsystem	Trennsystem	Trennsystem
Kanalnetzlänge (ohne Hausanschluss)	406 km	220 km	575 km	180 km
Anzahl der Pumpwerke (PW) bzw. Pumpstationen	101	91	330	51
Pumpenaufstellung	Nass- und Trockenaufstellung	Nassaufstellung	Nass- und Trockenaufstellung	Nass aufstellung 2 Haupt PW - trocken
Zusätzliche technische Ausstattung der PW	Rührwerke Pumpensumpfbelüftung Sand- und Schotterfang	keine	nicht nennenswert	keine
Aktuelle Praxis der APS-Wartung				
Wird eine kurative (Feuerwehr-Strategie) oder proaktive (vorbeugende) Wartung bei den APS durchgeführt?	gemischt	gemischt	gemischt	gemischt
Reinigung				
Wie oft erfolgt die Reinigung der APS?	grundsätzlich 2 mal / Jahr	grundsätzlich 2 mal/Jahr	ca 2 mal/Jahr	grundsätzlich 2 mal/Jahr Haupt-PW monatlich
Wird die Reinigung von einer Fremdfirma durchgeführt?	Nein	1x/a und PW mit Spülfahrzeug	Ja im Mittel alle 8 Monate je PW	Nach Bedarf Fremdfirma mit Spülwagen
Eigene Reinigung	Eigenes Spülfahrzeug	i.d.R. 1-mal/a und PS mit Tankfahrzeug	Nein	Tankfahrzeug
Welche Informationen können durch die Reinigung ermittelt werden?	Funkt.fähigk. von Fettscheidern Schneidrad, Lauftrad	1 eigener Mann wird bei Fremdreinigung mitgeschickt	Auffälligkeiten Laufradzustand	Auffälligkeiten Laufradzustand
Kontrolle				
Wie oft erfolgt die Überprüfung der APS?	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten	tägl. Überprüfung der 3 Haupt - PW
Wie viele Personen sind für die Wartung zuständig?	3 Personen im Reinigungsfahrzeug	2 Mann	2 Mann ständig im Außendienst	2 Mann für Kanal und PW Zusatzmann bei Reinigung
Wird ein Wartungsformular für die APS verwendet? [JA / NEIN]	nein	nein	nein	nein
Störfallbehebung				
Wird die Störungsbehebung der APS durch eine Fremdfirma durchgeführt?	wenn Fachfirma notwendig	wenn Fachfirma notwendig	wenn Fachfirma notwendig	wenn Fachfirma notwendig
Pumpenreparaturen?	nur geringfügige Reparaturen	Pumpenreparaturen selbst (keine Wicklungen)	keine Pumpenreparaturen selbst	kleine Reparaturen
Wird eine Störfallvorbeugung (z.B. durch ein Fernwerkssystem) bei den APS durchgeführt?	nein	nein	nein	nein
Details zu Störungen				
Wie oft treten APS-Störungen auf?	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten
Welche Arten von APS-Störungen treten auf?	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten	vgl. Auswertung Tätigkeiten
Ist die Ursache der APS-Störung bekannt?	meistens	meistens	meistens	meistens
Welche APS sind besonders störanfällig und warum?	eher kleine Stationen	Einkanalradpumpen	standortabhängig	standortabhängig
Gibt es Unterschiede bei den eingesetzten Pumpen hinsichtlich Zuverlässigkeit?	nein	nein	nein	nein
Details zur Fernüberwachung				
Welche Systeme werden verwendet?	Funk	GSM	Funkfernwerkssystem	Funkfernwerkssystem
Referenzen zum APS-Fernüberwachungs- system (falls vorhanden)	Centerfunk	Telenot, Rittmeyer	Sicam 1703 (Siemens)	Fa. Rittmeyer
Wie funktioniert das System?	Funkzentrale, Funkgeräte	Alarmmeldungen über GSM	Funkzentrale, Funkgeräte	Funkzentrale, Funkgeräte
Was kann von der Zentrale geschaltet werden?	Pumpen Ein/Aus z.T. Motorschutz	-	Pumpen Ein/Aus	Pumpen Ein/Aus
Falls nur tlw. ein Fernwerkssystem bei den APS angewendet wird, welche sind diese	alle bis auf einige wenige Stationen wo Funkverbindung nicht möglich	42 Stationen GSM 5 Stationen Rittmeyer	220 Stationen im Fernwerkssystem integriert	3 Haupt- PW
Kosten für den Einsatz des Fernwerkssystem				
Investitionskosten	2000€ ohne SPS + ca. 4500 für Steuerungseinbindung	2000	6000 - 7000 €/Station	ca 10 000 €/Station
laufende Kosten	686.70 € pro Quartal (ganzes System)	ca. 20 €/a.Station	ca. 7€/Monat und Station	?
Datenübertragung über GSM oder Funk?	Funk	GSM	Funk	Funk
Welche Daten werden beim Fernwerkssystem übermittelt?	Niveau bzw. Wasser Max/Min Pumpenstörungen (unterschiedl) Stromüberwachung Messungen Funkstörung	Netz- bzw. Akkustörung Wasser-Max Pumpenstörung	Niveau bzw. Wasser Max/Min Pumpenstörungen (unterschiedl) Stromüberwachung Messungen Funkstörung	Niveau bzw. Wasser Max/Min Pumpenstörungen (unterschiedl) Stromüberwachung Messungen Funkstörung
Werden APS-Störungen, bevor sie auftreten, erkannt (z.B. aus Ganglinien)?	nein	nein	Ganglinienuntersuchung erst nach Eingang von Störmeldung	nein
Welcher Zeitaufwand wird für die Überwachung des Fernwerkssystems aufgewendet?	?	?	?	?
Was sind die Stärken und Schwächen bei diesem Fernüberwachungssystem?	keine Beschwerden	GSM Netzabdeckung	ständige Information externer Spezialist ist notwendig	ständige Information
Gibt es Änderungs- bzw. Erweiterung- wünsche zum System?	keine Verbesserungswünsche	Anwender ist zufrieden	Vernetzungen? Datenflut für den Betrieb minimieren	Einbindung anderer PW
Was würden Sie heute ändern, wenn Sie dieses Fernüberwachungssystem nochmals errichten könnten?	-	-	-	-
Ermittlung der Kosten für APS-Wartung				
Werden die Kosten über jedes APS ermittelt?	ja	ja	ja	nur Haupt-PW
Wenn JA, wie erfolgt die Kostenermittlung pro PW?	Benchmarking	Wartungsprotokoll	Kostenstellen Pumpwerke	-

8.2 Arten von Abwasserpumpstationen

Im Kapitel „Allgemeine Grundlagen“ wurde bereits auf die grundsätzlichen Möglichkeiten des zwangsgesteuerten Abwassertransports hingewiesen. Bei den untersuchten Anlagen sind ausschließlich Kreiselpumpen installiert, welche nach dem Strömungsprinzip arbeiten. Doch auch hier finden sich unterschiedlichste Ausführungen. Neben der allgemein bekannten und auch bereits im allgemeinen Teil erwähnten Einteilungsmöglichkeit nach der Aufstellungsart der Pumpen, welche übrigens zum überwiegenden Teil (mit Ausnahme von Hauptpumpwerken und sehr vereinzelt Standardpumpwerken) als nass aufgestellte Pumpen ausgeführt sind, können die Pumpstationen der Fallstudien grundsätzlich nach ihrer Wichtigkeit bzw. Stellung im Entsorgungssystem in folgende 3 Arten unterteilt werden:

- **Pumpstation für Einzelobjekte (Hauspumpwerk)**
- **Standardpumpwerk**
- **Hauptpumpwerk**

Als Hauspumpwerk oder Pumpstation für Einzelobjekte werden jene Pumpstationen bezeichnet, welche direkt einem Gebäude oder einem Gebäudekomplex zuzuordnen sind. Das ermöglicht eine Energieversorgung über den Hausanschluss. Diese Art von Pumpwerken ist aus Kostengründen meist mit nur einer Pumpe ausgestattet. Durch die direkte Betroffenheit der Objektbewohner im Störfall ist eine Störmeldung durch eine Drehleuchte ausreichend. Die Anschaffungskosten einer Ausstattung zur Fern-Alarmierung oder die Einbindung in ein Fernwirkssystem stehen nicht in Relation zur Wichtigkeit im System. In Abbildung 8-4 ist die Gestaltung eines PW für Einzelobjekte dargestellt.

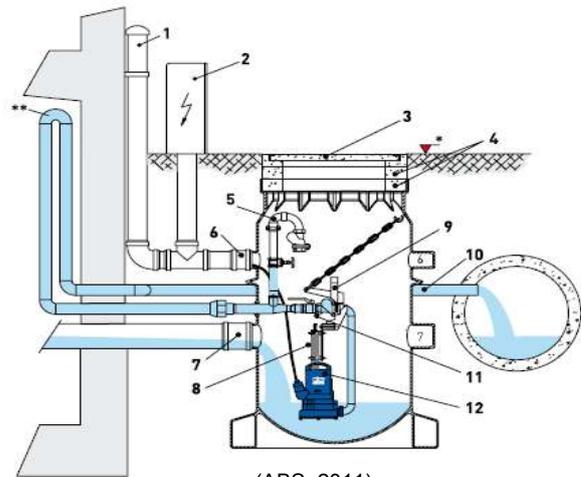


Abbildung 8-4: Pumpstation für Einzelobjekte

Als Standardpumpstationen werden Pumpstationen mit redundanter (also 2-facher) Pumpenbestückung bezeichnet. Dies sind lt. Abbildung 8-7 die am häufigsten vorkommenden Pumpstationen. Auch hier finden sich unterschiedlichste Gestaltungsformen. Allen gemeinsam ist eine notwendige Zugangsmöglichkeit entweder durch ein, zwei oder drei Kanaldeckel. In dieser Größenordnung ist ein Hochbauteil zur Unterbringung von Schaltkästen noch nicht üblich. Daher wird meistens ein freistehender Schaltkasten mit eventueller Antenne zur Übermittlung von Störmeldungen bzw. Betriebsdaten über ein Funknetz oder GSM eingesetzt.

In Abbildung 8-5 sind unterschiedliche Gestaltungsformen im Pumpenschacht ersichtlich. Manche Betreiber haben Podeste schon bei geringeren Tiefen eingebaut, andere erst ab einer Schachttiefe von ca. 6 m.



(MALL, 2011)

Abbildung 8-5: Standardpumpstation

Meistens sind in einem Entsorgungsgebiet ein bis mehrere Hauptpumpwerke mit besonderer Bedeutung notwendig. Aufgrund von größeren Abwassermengen kommen hier größere und mehrere Pumpen zum Einsatz, welche aus wartungstechnischen Gründen oft trocken aufgestellt sind. Ein zusätzlichen Hochbau-Teil, welcher die Schaltanlagen und den Abgang zu den Maschinenräumen sowie eine integrierter Krananlage zum Ausbau der Pumpen beinhaltet, ist bei dieser Größenordnung von Vorteil. Aufgrund der Wichtigkeit im Abwasser-Entsorgungsnetz sind diese Pumpwerke mit Fernwirkeinrichtungen und z.T. mit einer stationären Notstromversorgung ausgerüstet. Abbildung 8-6 zeigt eine mögliche Ausführung eines Hauptpumpwerkes.



Abbildung 8-6: Hauptpumpwerk

8.2.1 Anzahl der installierten Pumpen

Von 360 Pumpstationen waren die Anzahl, Art und Leistung der installierten Pumpen bekannt. Abbildung 8-7 zeigt die Verteilung der Pumpstationen nach der Anzahl an installierten Pumpen.

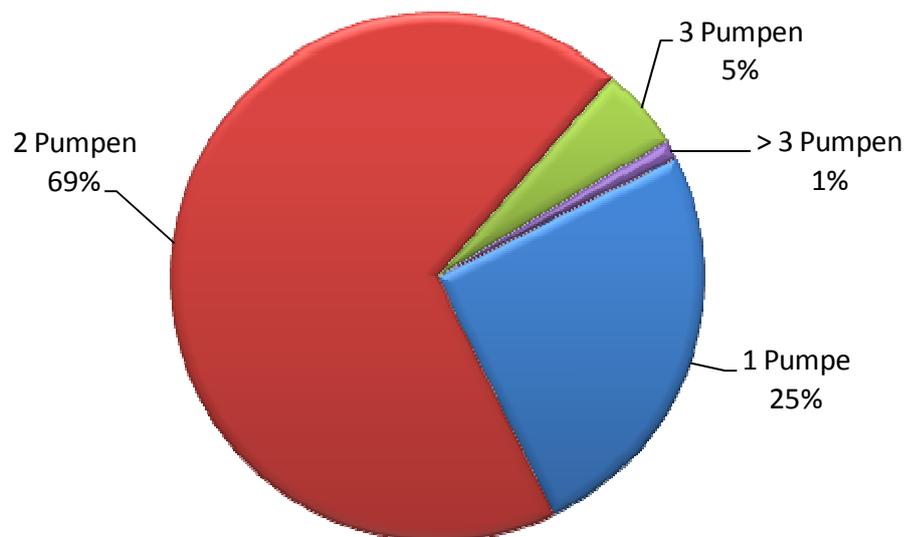


Abbildung 8-7: Anzahl an eingebauten Pumpen je PW (n=360)

Die meisten dieser Pumpstationen (69%) sind mit 2 Pumpen ausgestattet. Deshalb wurde für diese Art der PW der Begriff „Standardpumpwerke“ gewählt. Ein Viertel der Stationen sind nur mit einer Pumpe ausgestattet. Diese Pumpstationen dienen in den meisten Fällen der Entsorgung von Einzelobjekten. Bei 6% der untersuchten Pumpwerke sind 3 oder mehrere

Pumpen eingebaut. Diese können bei den untersuchten Betreibern als Haupt- oder Sonderpumpwerke eingestuft werden.

Wie sich diese Aufteilung bei den unterschiedlichen Fallstudien darstellt, wird in Abbildung 8-8 gezeigt. Dabei ist zu erkennen, dass bei Betreiber D, welcher aus Tabelle 7-1 als der Betreiber des kleinsten Entsorgungsgebietes hervorgeht, die Anzahl der Pumpstationen mit nur einer eingebauten Pumpe dominiert. Betreiber A hat einen verhältnismäßig großen Anteil an Pumpwerken mit 3 oder mehr als 3 eingebauten Pumpen.

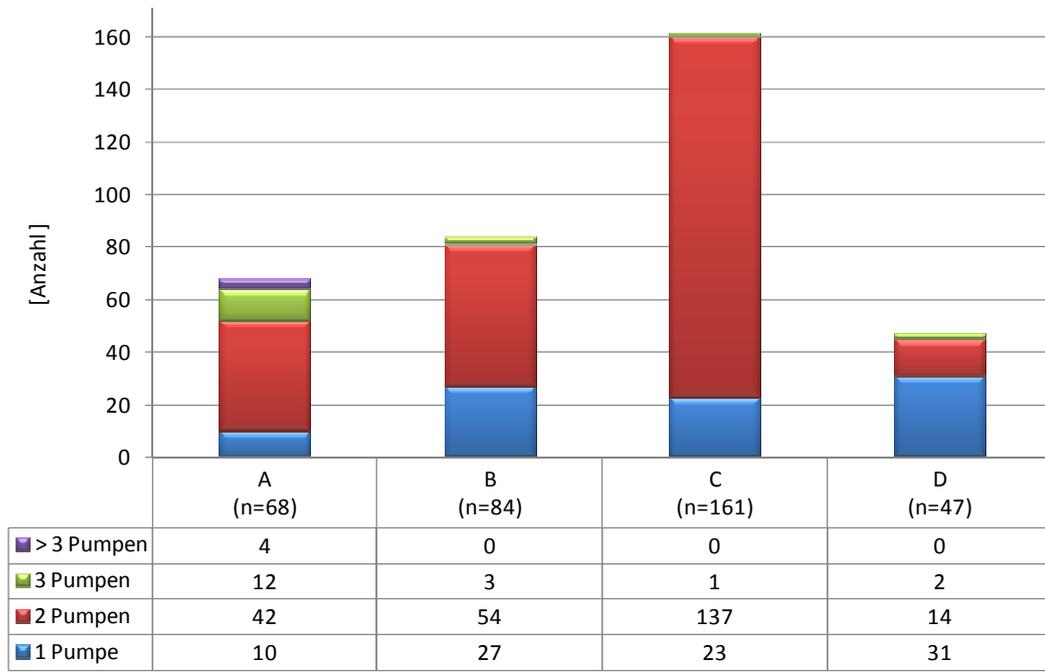


Abbildung 8-8: Anzahl an eingebauten Pumpen nach Fallstudien

8.2.2 Pumpenarten

Bezüglich der Pumpenarten, Laufradformen, etc. konnte keine detaillierte Auswertung erfolgen. Die eingesetzten Pumpen konnten bei Betreiber A, B und D aufgrund des Pumpenherstellers unterschieden werden. Abbildung 8-9 zeigt die Anteile der eingesetzten Pumpenfirmer.

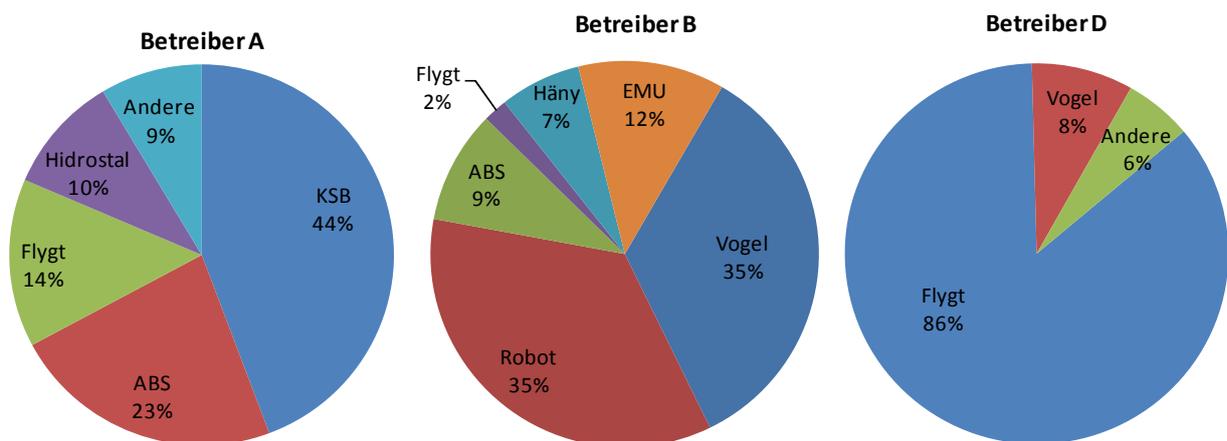


Abbildung 8-9: Eingesetzte Pumpen nach Pumpenhersteller

Es ist erkennbar, dass die untersuchten Betreiber einen bzw. zwei Pumpenherstellern den Vorzug geben.

8.2.3 Installierte Pumpenleistung

Von 360 Pumpstationen war die installierte Pumpenleistung bekannt. Die Unterteilung in unterschiedliche Klassen erfolgte nach einer logarithmischen Skalierung, wobei sich die Klassenbreiten bis zur vierten Klasse, gegenüber der vorherigen Klasse immer verdoppeln. Die letzten beiden Klassen wurden so angesetzt, dass alle Daten sinngemäß eingebunden werden konnten.

Die Aufteilung der Pumpstationen in diese Größenklassen wird in Abbildung 8-10 gezeigt. 23% der APS haben eine installierte Pumpenleistung unter 2,4 kW, wobei die geringste Pumpenleistung bei 0,9 kW liegt. Der größte Teil der Stationen (38%) liegt im Bereich von 2,5 bis 4,9 kW, 24% sind in der Klasse 5,0 bis 9,9 kW und 9% in der Klasse von 10,0 bis 19,9 kW vertreten. Nur 6% der Stationen sind mit einer Summe von mehr als 20 kW installierter Leistung versehen. 4% mit 20,0 bis 49,9 kW und 2% mit 50,0 bis 250 kW.

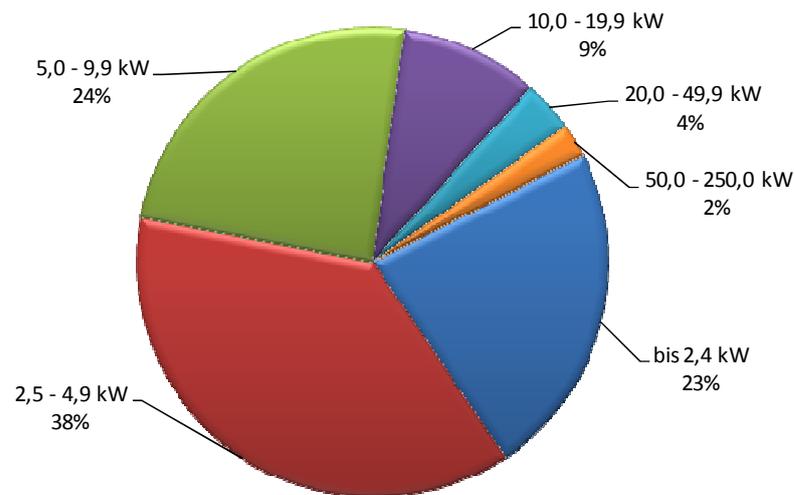


Abbildung 8-10: Installierte Pumpenleistung (n=360)

Wie sich diese Aufteilung nach installierter Pumpenleistung bei den einzelnen Fallstudien gestaltet, zeigt Abbildung 8-11. Auf der Y-Achse (Ordinate) werden dabei nicht die Prozentwerte, sondern die Absolutwerte dargestellt.

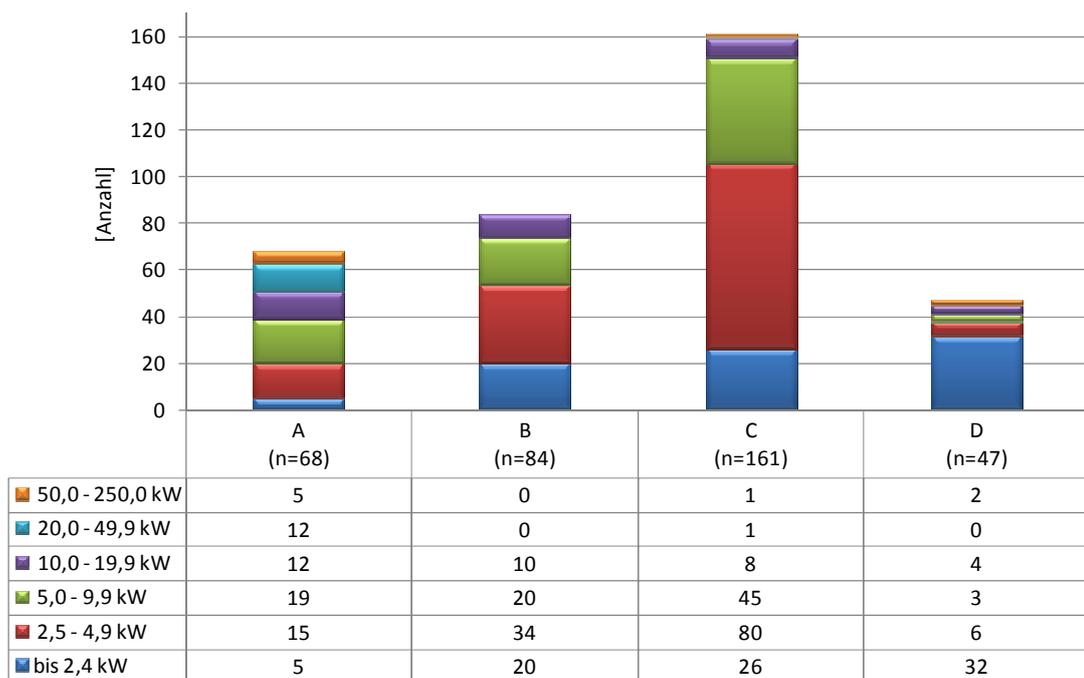


Abbildung 8-11: Installierte Pumpenleistung nach Fallstudien

8.2.4 Pumpenanzahl mit dazugehöriger Leistung

Eine Kombination der vorherig gezeigten Unterteilungen zeigt Abbildung 8-12.

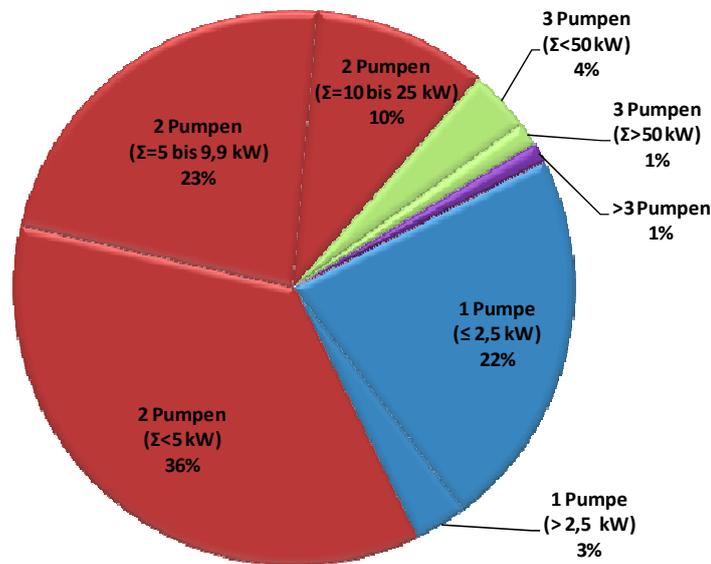


Abbildung 8-12: Aufteilung der PW in Anzahl Pumpen und installierter Pumpenleistung

Pumpstationen, welche nur mit einer Pumpe ausgestattet sind, haben in den meisten Fällen eine Nennleistung $\leq 2,5 \text{ kW}$. Bei den Pumpstationen mit 2 installierten Pumpen beträgt die Summe der Leistung meist weniger als 10 kW. Nur ein kleiner Anteil dieser Stationen hat eine Leistung bis 25 kW. Ca. 75% der PW mit 3 Pumpen haben im Fall der untersuchten Betreiber in Summe eine installierte Pumpenleistung kleiner als 50 kW. Diese sind nur bei Betreiber A und B, welche ein Mischsystem haben zu finden. Die restlichen 25% der Pumpwerke mit 3 Pumpen haben eine installierte $> 50 \text{ kW}$ und können als Hauptpumpwerke gesehen werden.

Pumpwerke mit mehr als 3 Pumpen sind nur bei Betreiber A zu finden. Die genaue Verteilung bei den untersuchten Betreibern wird in Abbildung 8-13 gezeigt.

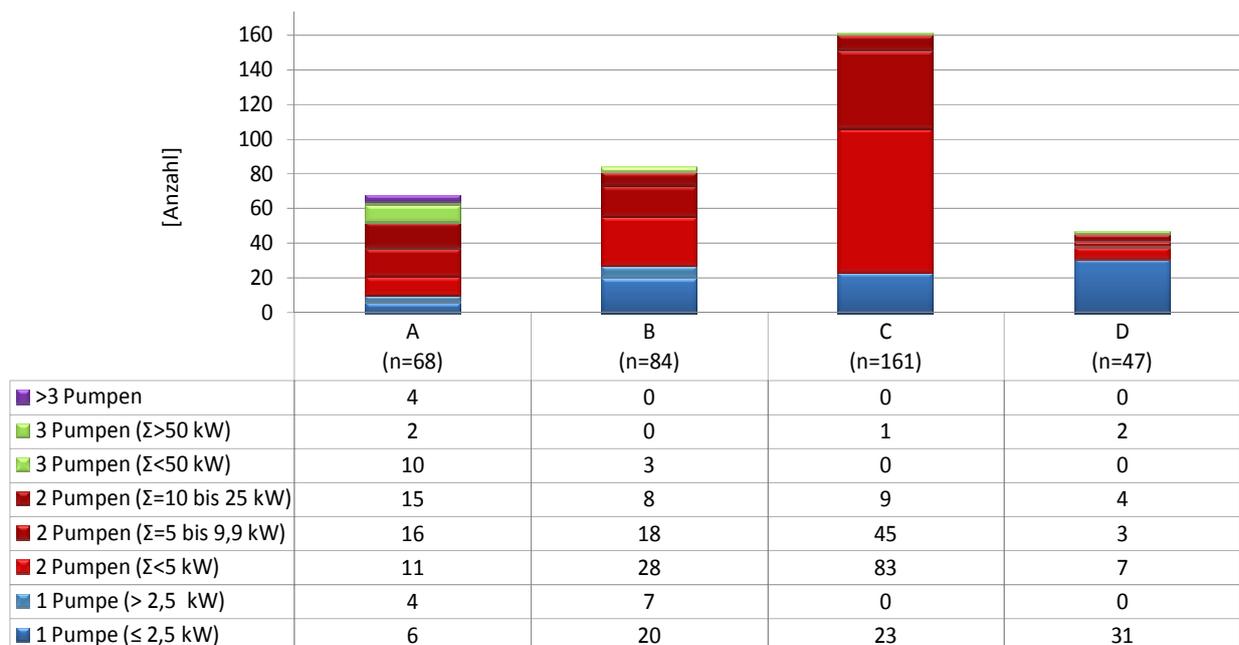


Abbildung 8-13: Aufteilung der PW in Anzahl Pumpen und installierter Pumpenleistung nach Betreiber

8.3 Instandhaltung

Vorneweg wird hier angemerkt, dass alle vier untersuchten Kanalnetzbetreiber ihre Pumpstationen in einer Art und Weise betreiben, dass die prinzipielle Entsorgungssicherheit gewährleistet wird. Trotzdem gibt es erhebliche Unterschiede in der ausgeführten Strategie. Durch Beschreibung der unterschiedlichen Instandhaltungspraktiken und Gegenüberstellung von aussagekräftigen Parametern wird versucht, in diesem Kapitel Vor- und Nachteile der jeweiligen Strategien ersichtlich zu machen.

Bevor auf die aktuelle Praxis der PW-Wartung bei den untersuchten Betreibern eingegangen wird, werden die Unterschiede in der verwendeten Fernüberwachung und Fernwirkung aufgezeigt, da diese mit der jeweiligen Strategie zusammenwirken.

8.3.1 Fernüberwachung und Fernwirkung

Als groben Überblick zeigt Tabelle 8-3 die Unterschiede der Fernüberwachung bei den untersuchten Kanalnetzbetreibern.

Tabelle 8-3: Beschreibung der Fernüberwachung der untersuchten Kanalnetzbetreiber

Betreiber	A	B	C	D
Anzahl der Pumpwerke (PW)	101	91	330	51
Fernüberwachung	Fernwirksystem mittels eigenem Datenfunk	Störfall-Alarmierung über GSM	Fernwirksystem mittels eigenem Datenfunk	Fernwirksystem der 3 Haupt-PS
Fernwirkungsmöglichkeit	Ja (auch Motorschutz)	Nein	Ja (Motorschutz nicht)	Ja

8.3.1.1 Betreiber A

Betreiber A verwendet zur Überwachung und Steuerung der PW überwiegend ein eigenes Datenfunknetz. Zwei Pumpwerke bei denen eine Funkverbindung aufgrund einer Tallage nicht möglich ist, sind mit einer Alarmierungseinrichtung über das GSM-Netz ausgerüstet, und liefern im Bedarfsfall eine Sprachmitteilung auf das Bereitschaftshandy. Einige Hauspumpwerke sind nur mit einer Meldelampe (gelbes Drehlicht) ausgerüstet.

Das Funk-Fernwirksystem funkt in einem geschützten Frequenzbereich mit 441,35 MHz (eine ehemalige NATO-Frequenz). Die Pumpstationen sind mit einer Richtantenne (siehe Abbildung 4-39) ausgerüstet und entweder direkt oder bei zu großen Entfernungen über eine Relaisstation mit der Funkzentrale, welche mit einem Rundstrahler ausgerüstet ist, am Kläranlagengelände verbunden.

Durch zyklische Abfrage der Betriebsdaten aller Außenstationen durch die Zentrale, ergibt sich ein Abfrageintervall von ca. 5 Minuten. Bei Bedarf kann der Status einer Station auch unmittelbar abgefragt werden.

Gesendet werden folgende Daten:

- Wasserstand (Max., Min., Messfehler)
- Durchfluss (falls MID vorhanden) bzw. MID-Messfehler
- Pumpenstatus (Ein, Aus, Ortsschaltung) → Betriebsstunden werden aufgezeichnet
- Pumpenstörungen wie z.B. Laufzeitfehler wenn Pumpe über eine definierte Zeit läuft, Störung Stromüberwachung (High Alarm), Ausgelöster Thermofühler in der Pumpe oder ausgelöstes Thermorelais im Schaltschrank
- Spannungsüberwachung – (z.B. FI1- oder FI2-Ausfall)
- Funkstörung (bei 10 nicht erfolgreichen Versuchen eines Verbindungsaufbaues)
- Batteriespannung min. (für Funkanlage)

Störmeldungen werden sowohl in der Zentrale (Betriebsgebäude der Kläranlage) über eine Software visualisiert dargestellt, als auch über Sprachmeldungen auf das Bereitschaftshandy übermittelt. Bei Trockenwetter werden ca. 10 Meldungen pro Tag und PW gesendet.

Von der Zentrale bzw. über mobile Notebooks die im Netzwerk eingebunden sind, können sowohl Pumpen als auch Motorschutzschalter geschaltet werden.

Als Probleme bezüglich des Betriebes des Funk-Fernwirksystems werden vom Betreiber die Störungen in der Funkverbindung durch starken Bewuchs von Bäumen erwähnt.

8.3.1.2 Betreiber B

Bei Betreiber B sind die 5 wichtigsten Pumpwerke im Fernüberwachungssystem der Trinkwasserversorgung desselben Verbandes integriert. Dieses System der Fa. Rittmeyer überträgt die Meldungen über das Max-Data Netz von T-Mobile und kostet pauschal 6 € pro Monat und PW. Eine Fernwirkmöglichkeit ist hier nicht gegeben.

Da die Einbindung einer Pumpstation in dieses Fernüberwachungssystem lt. Angaben des Betreibers ca. 10.000 € kosten würde, wurde auf eine Alternative ausgewichen. 42 Pumpwerke sind mit einer Alarmierungseinrichtung der Fa. Telenot wie in Abbildung 8-14 dargestellt, ausgerüstet. Hier liegen die Investitionskosten pro Station bei ca. 2.000 €.



Abbildung 8-14: Übertragungseinrichtung comXline 2516 GSM (TELENOT, 2010)

Durch die Alarmierungseinrichtung werden 3 verschiedene Fehlermeldungen (Netz-Akkustörung, Wassermax, Pumpenstörung) über die Einwahl in das GSM-Netz als Sprachmitteilungen übermittelt und zusätzlich auf einem Papierstreifen in der Zentrale (Kläranlage) aufgezeichnet. Es sind 4 verschiedene Nummern hinterlegt, falls die Bereitschaft nicht erreichbar ist. Dabei wird vom System nicht auf die Sprachbox gesprochen.

Durch tägliche Anrufe jeder Station zur Übermittlung des Status ergeben sich laufende Kosten pro Jahr von ca. € 20 pro PW, die durch Telefon-Wertkarten abgerechnet wird.

Der Betreiber ist mit diesem System sehr zufrieden. Ein Nachteil ist, dass nicht jede Pumpstation im Sendebereich des GSM-Funkbereiches liegt, sodass nicht alle PW an eine GSM-Fernüberwachung angeschlossen werden können.

8.3.1.3 Betreiber C

Bei Betreiber C sind 220 der ca. 330 Pumpstationen an ein Fernwirkssystem über Funk angeschlossen. Rund 20 Stationen, bei der aufgrund ihrer topografischen Lage keine Funkverbindung möglich ist, oder die eine untergeordnete Stellung im Netz haben, bei denen aber eine Störmeldung gewünscht war, sind durch eine Alarmierungseinrichtung mittels GSM in das Fernüberwachungssystem eingebunden. Diese in Abbildung 8-15 gezeigte Variante stellt mit ca. 2000 € Investitionskosten pro Station eine kostengünstigere Variante der Fernüberwachung dar, welche in diesem Fall jedoch keine Möglichkeiten der Fernwirkung beinhaltet. Die restlichen PW sind lediglich mit einer Signallampe zur Alarmierung ausgerüstet.

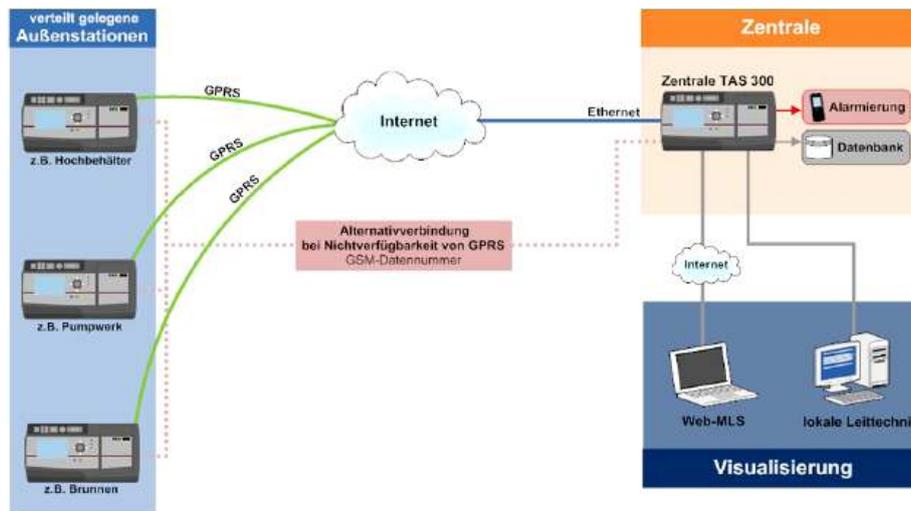


Abbildung 8-15: TAS X30 GSM (RSE, 2010)

Begonnen wurde mit dem Aufbau des eigenen Datenfunk-Netzes im Jahre 2000. Zuvor wurde ein TeleNot-System zur Fernüberwachung der Pumpstationen verwendet, welches die Meldungen auf einem Anrufbeantworter hinterlegte und diese an einen Pager weiterleitete.

Ein Grund für die Wahl des Funk-Fernwirksystems war lt. Betreiber die Ausfallsicherheit gegenüber einem GSM-System. Durch redundant ausgeführte Funkköpfe (2 Funknetze), können die Ausfälle verringert werden. Dabei wird automatisch immer jener Funkkopf mit besserer Funkverbindung verwendet.

Durch die periodische Abfrage von Betriebsdaten der Außenstationen ergibt sich ein Überwachungs raster der PW von ca. 5 Minuten. Die anfallenden Daten werden mit einem Zeitstempel gepuffert, sodass die Aufzeichnung in Echtzeit erfolgt (dies kann bei Streitfragen relevant sein).

Aufgrund der vorherrschenden Topografie und der Ausdehnung des Verbandsgebietes können 70% der APS nicht direkt per Funk von der Zentrale erreicht werden. Daher werden die Meldungen der APS über 2 Relaisstationen gesendet.

Die Betriebsdaten werden in der Zentrale (Kläranlage) mittels einer Software visualisiert dargestellt. Alarmmeldungen werden auch über Sprachmeldungen auf das Bereitschaftshandy übermittelt. Über die Arbeitsplätze in der Zentrale sowie mittels Laptop besteht die Möglichkeit der Fernsteuerung der APS.

Abbildung 8-16 zeigt die schematische Darstellung des Datenfunk-Netzes von Betreiber C.

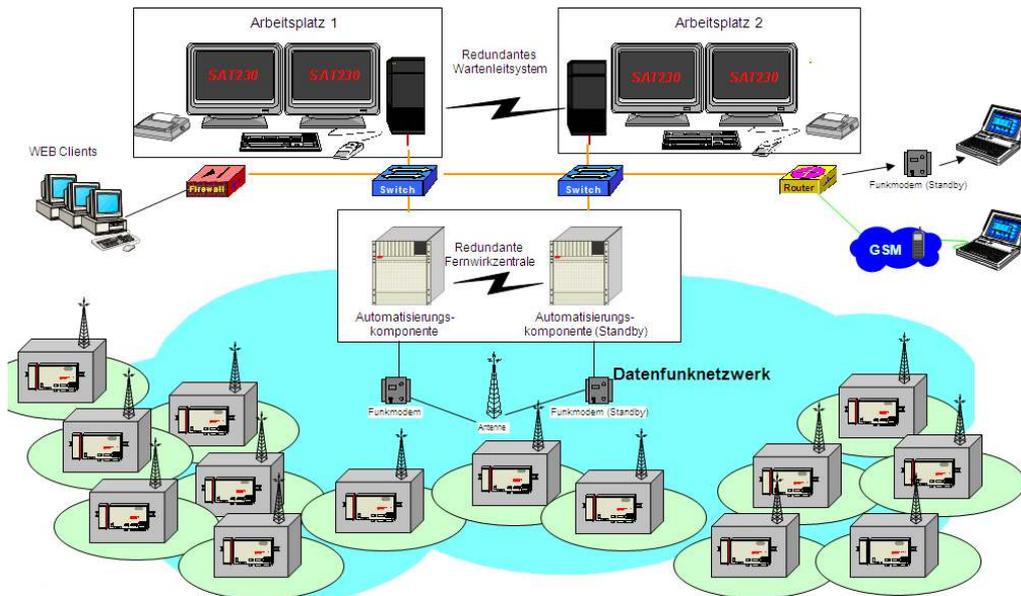


Abbildung 8-16: Schematische Darstellung der Funkfernwirkanlage von Betreiber C

Mit der derzeitigen Schnittstellengestaltung des Systems ist die Erweiterung auf bis zu 250 Stationen möglich. Die Einbindung eines zusätzlichen PW in das System kostet lt. Betreiber ca. 6.000 bis 7.000 €. Für die laufenden Kosten gibt es zum einen die mündliche Information, dass ca. 7 € pro Gerät und Monat anfallen. Die Kostenermittlung aus den Abrechnungsunterlagen ergibt zum anderen einen Durchschnittswert von 16,3 € pro PW und Jahr.

Die von den Pumpstationen übermittelten und in der Zentrale aufgezeichneten Betriebsdaten werden über eine Software visualisiert. Das erfolgt über die Darstellung der Wasserstands-Ganglinien sowie der Pumpenschaltzeiten.

Wenn eine Alarm- oder Warnmeldung einer APS im System einlangt, wird als erstes ein Blick auf diese Ganglinien geworfen und eine Fehleranalyse durchgeführt. Der Zeitaufwand für die Kontrolle pro APS am PC beträgt ca. 5 Minuten.

Welche Informationen bzw. Betriebszustände aus diesen Ganglinien gewonnen werden können hängt stark von der Erfahrung desjenigen ab, der die Analyse macht. Einige Ganglinien wurden mit Betreiber C diskutiert und die möglichen Betriebszustände dazu erläutert.

Um eine Idee davon zu bekommen, welche Informationen aus solchen Ganglinien gewonnen werden können, werden im Folgenden einige Ganglinien mit typischen Betriebszuständen bzw. Fehlern dargestellt.

Abbildung 8-17 zeigt vorneweg die Beschriftung aller Informationen einer Ganglinie, wie sie von Betreiber C verwendet werden.

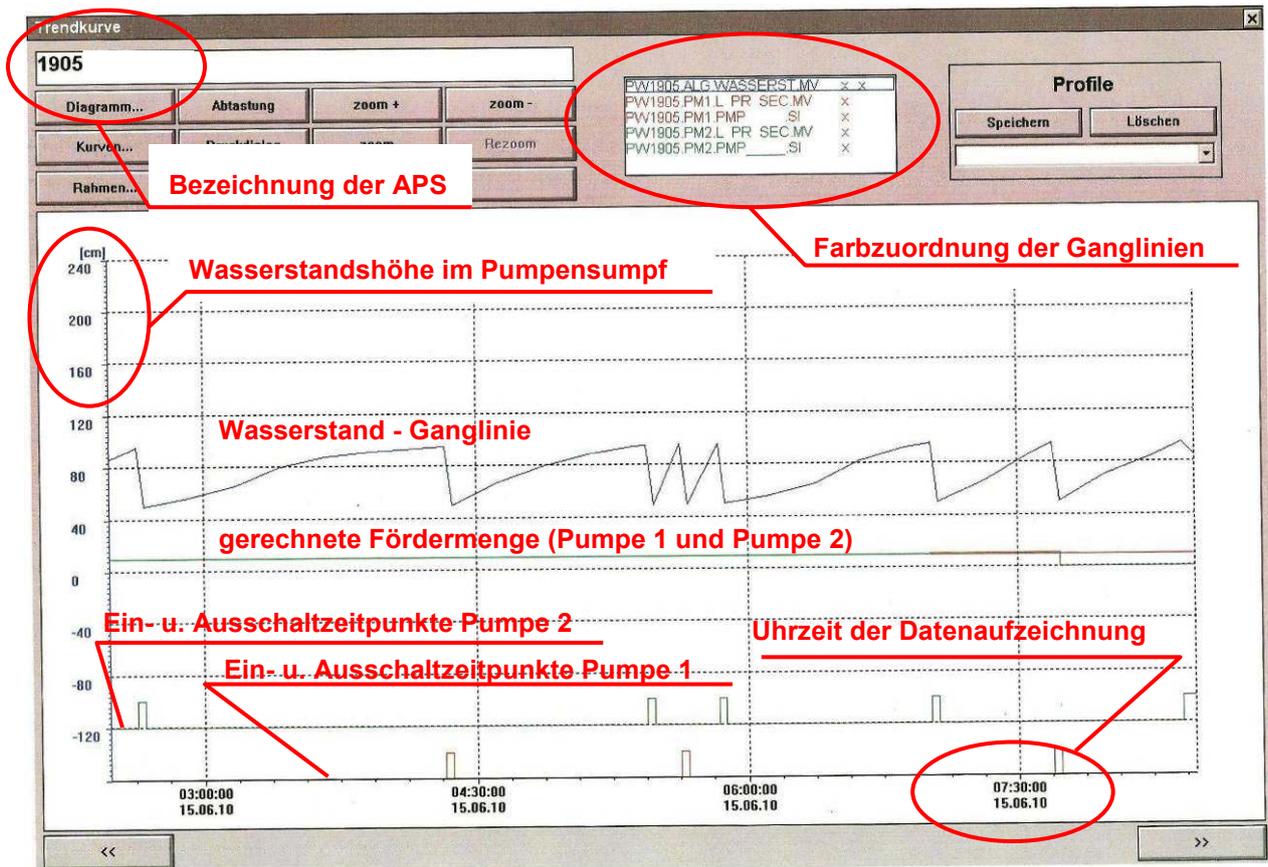


Abbildung 8-17: Informationen einer Ganglinie durch Fernwirkssystem

8.3.1.3.1 Regenereignis

Abbildung 8-19 und Abbildung 8-18 zeigen unterschiedliche Ganglinien bei Regenereignissen. Die Wasserstands-Ganglinie zeigt dabei eine typische Verkürzung der Pumpintervalle.

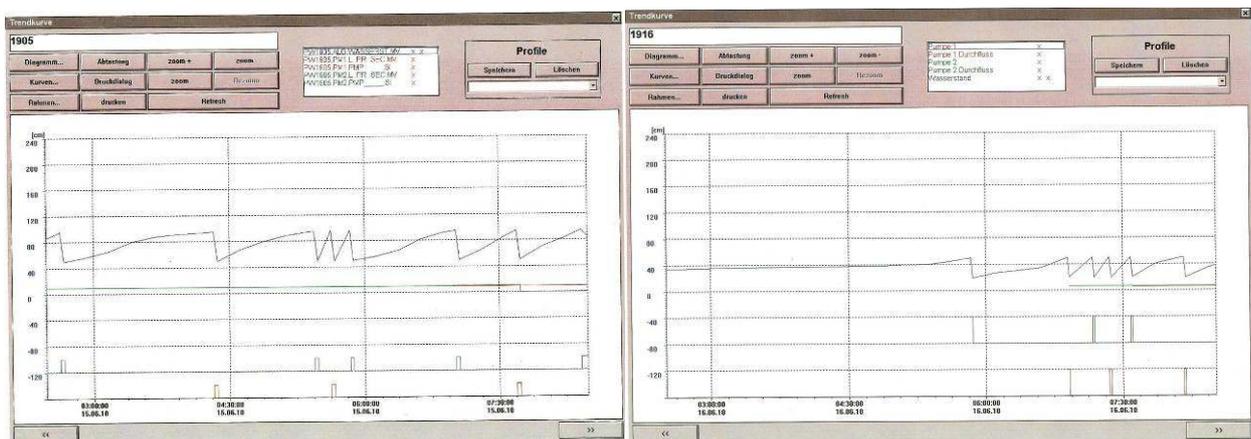


Abbildung 8-18: Ganglinien bei Regenereignissen (1/2)

Das letzte Bild zeigt ein Extremereignis, bei dem eine Wasserstandserhöhung trotz laufender Pumpen zu erkennen ist.

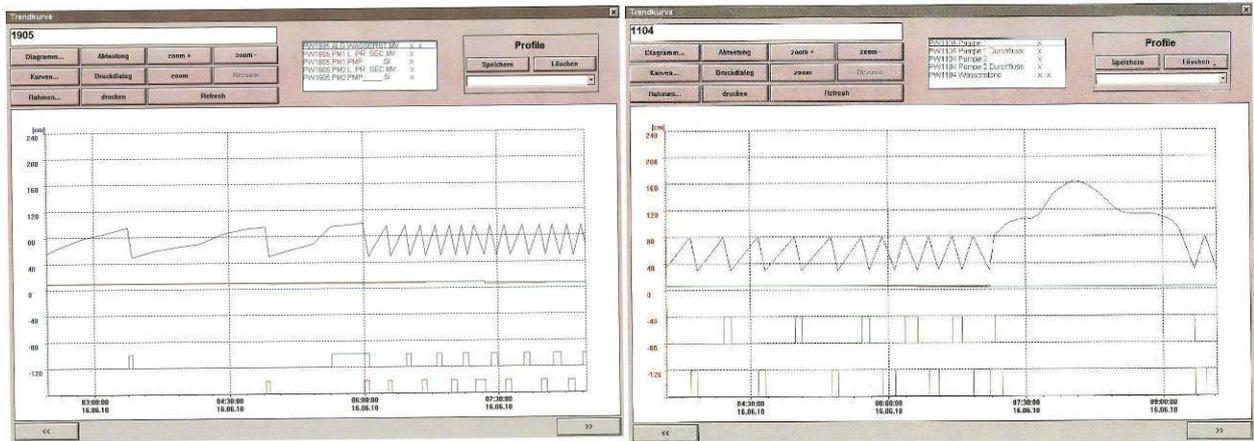


Abbildung 8-19: Ganglinien bei Regenereignissen (2/2)

8.3.1.3.2 Unterschiedliche Pumpenlaufzeiten

Abbildung 8-20 zeigt Ganglinien mit unterschiedlichen Pumpenlaufzeiten. Pumpe 2 benötigt ein Vielfaches der Zeit von Pumpe 1 zur Entleerung des Pumpensumpfes. Ursachen können z.B. ein Laufradverschleiß, eine teilweise Verstopfung von Pumpe 2 oder ein sonstiger Defekt bei Pumpe 2 sein. Mit der erhöhten Laufzeit ist auch ein erhöhter Energieverbrauch und damit höhere Energiekosten verbunden.

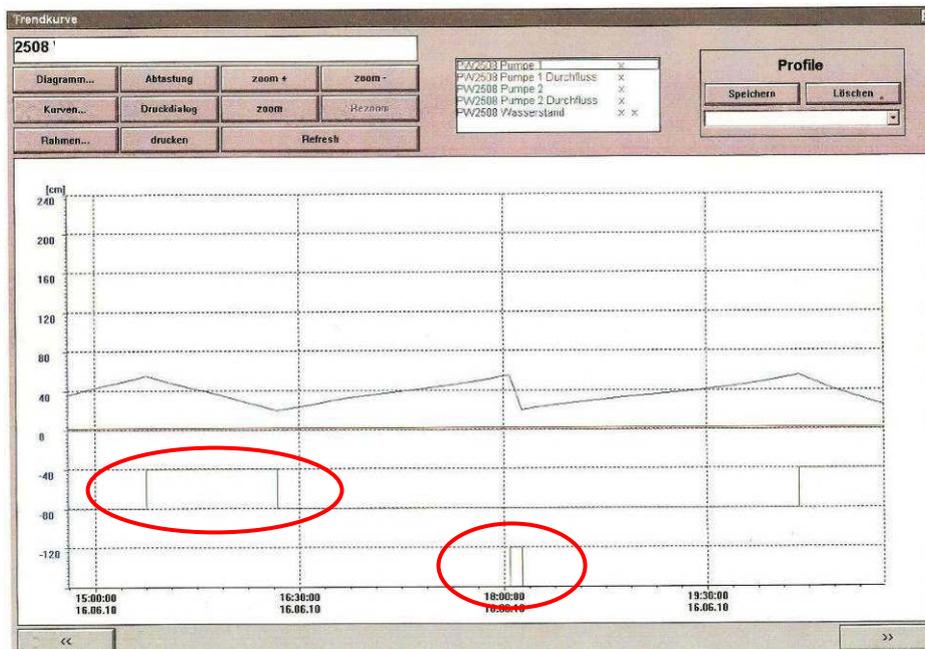


Abbildung 8-20: Ganglinie mit unterschiedlichen Pumpenlaufzeiten

8.3.1.3.3 Verstopfung / Verzopfung

Durch die Betrachtung der Pumpeneinschaltzeiten kann eine mögliche Verstopfung erkannt werden. Das Bild der Ganglinien kann dabei unterschiedlich aussehen.

In Abbildung 8-21 ist im ersten Bild eine kurze Spitze in der Wasserganglinie mit zeitgleichen Schaltzeiten der Pumpen erkennbar. Im zweiten Bild ist die Pumpe 1 in Dauerbetrieb und kann aber den Wasserspiegel nicht absenken.

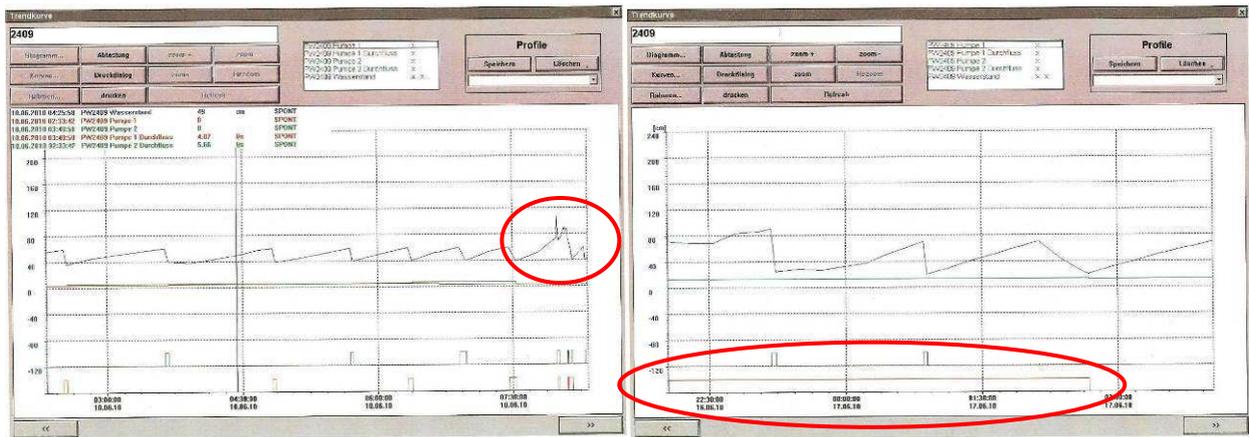


Abbildung 8-21: Ganglinien von möglichen Verstopfungen

Der Dauerbetrieb könnte durch richtige Wahl des Schaltniveaus bzw. durch den Einbau eines Zeitrelais verhindert werden.

8.3.1.3.4 Defekter Thermoschalter

Abbildung 8-22 zeigt eine Ganglinie bzw. das Pumpenschaltspiel bei möglichem defektem Thermoschalter. Die Ganglinie zeigt einen regelmäßigen und unscheinbaren Verlauf mit Füllung und Entleerung des Pumpensumpfes. Beim Wechselspiel der Pumpen erkennt man, dass sich in den meisten Fällen bei der Abschaltung von Pumpe 2 für einen kurzen Zeitpunkt auch Pumpe 1 ein- und sofort wieder ausschaltete. Dies kann ein Hinweis für einen defekten Thermoschalter sein.

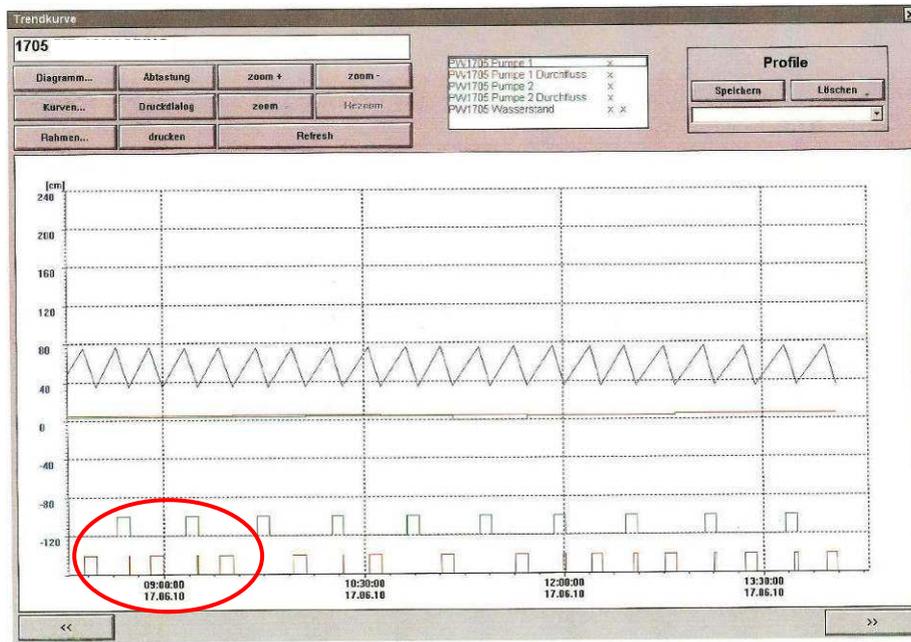


Abbildung 8-22: Ganglinie bei einem möglichen defekten Thermoschalter

8.3.1.3.5 Sonstige Betriebszustände

Darüber hinaus können je nach Erfahrungen der Betrachter unterschiedlichste Betriebszustände und Informationen aus Ganglinien ermittelt werden. Dies können u.a. Fremdwasserzutritt, defekte Armaturen wie Rückschlagklappen oder Pumpen, etc. betreffen.

8.3.1.4 Betreiber D

Betreiber D hat die 3 wichtigsten seiner 51 Pumpstationen im Fernwirkssystem der Wasserversorgung eingebunden. Alle anderen Pumpstationen sind mit einer Signallampe ausgerüstet, welche bei maximal-Wasserstand im Pumpensumpf anspringt und alarmiert.

Das Fernwirkssystem der Wasserversorgung bzw. der 3 Haupt-Abwasserpumpwerke ist ein System der Fa. Rittmeyer, welches über Funk kommuniziert.

Aufgrund der praktischen Erfahrungen des Betreibers werden zwar eingehende Alarm- bzw. Warnmeldungen beobachtet, doch werden diese Pumpwerke auch täglich angefahren und Vor-Ort kontrolliert.

8.3.2 Aktuelle Praxis der PW-Wartung bei den untersuchten Betreibern

8.3.2.1 Pumpwerksreinigung

Die Pumpwerksreinigung ist ein Teil der kontinuierlichen Pumpwerkswartung, welche bei allen untersuchten Betreibern in regelmäßigen Abständen durchgeführt wird. Als grober Richtwert kann gesagt werden, dass die Pumpwerke bei allen Betreibern ca. 2-mal im Jahr gereinigt werden. Die genauere Auswertung dazu ist im darauffolgenden Kapitel „Anzahl der Tätigkeiten pro PW“ ersichtlich.

Die unterschiedliche Art und Weise der Reinigung wird hier etwas näher beschrieben. In Tabelle 8-4 sind vorneweg die wichtigsten Punkte zusammengefasst.

Tabelle 8-4: Beschreibung der Reinigung der untersuchten Kanalnetzbetreiber

Betreiber	A	B	C	D
Anzahl der Pumpwerke (PW)	101	91	330	51
Reinigung Fremdfirma	Nein	1-mal /a und PS mit Spülfahrzeug	Ja (im Mittel alle 8 Monate je PS)	Bei Bedarf
Eigene Reinigung	Eigenes Spülfahrzeug	i.d.R. 1-mal/a und PS mit Tankfahrzeug	Nein	Tankfahrzeug

Betreiber A reinigt seine Pumpwerke mittels eigenem Kanalspülwagen. Wie oft durchschnittlich eine Reinigung durchgeführt wird, ist in Abbildung 8-24 dargestellt. Für den „laufenden Betrieb und Wartung“, in dem auch die Reinigung reinfällt, werden Pumpwerke pro Jahr im Median 2,7-mal angefahren. Es ist jedoch eine starke Streuung erkennbar.

Betreiber B lässt seine Pumpwerke 1-mal im Jahr durch eine Fremdfirma mit Spülfahrzeug reinigen. Dabei wird jedoch zum Informationsgewinn ein eigener Mann des Betriebspersonals mitgeschickt. Zusätzlich werden 1-mal pro Jahr die Pumpwerke selbst gereinigt. Dafür wird entweder ein Hydrant welcher bei diesem Betreiber üblicherweise bei jedem Pumpwerk angebracht ist, oder ein Tankfahrzeug als Wasserquelle genutzt.

Betreiber C hat die gesamte Pumpwerksreinigung einer Fremdfirma übergeben. Aufgrund der großen Anzahl an Pumpstationen hat diese jedoch einen Spülwagen nur für diesen Betreiber im Einsatz und auch am Betriebsgelände der Kläranlage eingestellt. Durch den ständigen Einsatz des Spülwagens für den Kanal inkl. Pumpstationen, ergibt sich eine durchschnittliche Reinigung der Pumpwerke von 1,5-mal pro Jahr. Die Auswertung dazu ist in Abbildung 8-30 ersichtlich.

Betreiber D reinigt seine 3 Hauptpumpwerke monatlich durch Abspritzen und Abputzen der trocken aufgestellten Pumpen. Die restlichen PW werden 2-mal jährlich mittels Unimog mit 2000 Liter Wasserfass und Druckpumpe gereinigt. Abgesaugt wird durch die stationär installierte Pumpe. Bei Bedarf wird ein Spülfahrzeug einer Fremdfirma angefordert.

Ergebnisse

Bei Betreiber C wurde eine typische Pumpwerksreinigung besichtigt und mittels Foto-Kamera dokumentiert. Abbildung 8-23 zeigt diese Bilder.

Grundsätzlich besteht der Arbeitstrupp zur Pumpwerksreinigung aus 2 Personen und erfolgt mit Kanalspülfahrzeug inkl. Frischwassertank mit Hochdruckstrahler. Der Ablauf der Reinigung stellt sich wie folgt dar:

- Öffnen der Einstiegsmöglichkeit und aller anderen Öffnungen des Pumpenschachtes
- Aussaugen des Pumpensumpfes durch das Sauggerät (Kombiniertes Spül- und Saugfahrzeug)
- Freimessen des Pumpenschachtes mittels Gaswarngerät
- Einsteigen in den Pumpenschacht unter Einhalten der Sicherheitsmaßnahmen (gesichert mittels Sicherheitsgurt und Fallsicherung und Personenwinde am Dreibein)
- Bei Bedarf wird der Zulaufschieber (falls vorhanden) geschlossen, oder das Zulaufgerinne durch Absperrkissen verschlossen
- Reinigen des Pumpensumpfes mittels Hochdruckdüse unter gleichzeitigem Absaugen des Pumpensumpfes
- Vom-Netz-Nehmen der stationären Pumpen durch Betätigen des FI-Schalters und anschließende Kontrolle der Laufräder → Entfernung eventueller Verstopfungen
- Nach Beendigung der Reinigungsarbeiten und Öffnung des Zulaufgerinnes, manuelle Betätigung der Pumpenschalter und Kontrolle ob diese richtig laufen







Abbildung 8-23: Foto-Dokumentation einer Pumpwerksreinigung

8.3.2.2 Tätigkeiten pro Pumpwerk

In den folgenden Kapiteln werden die Auswertungen bezüglich unterschiedlicher Tätigkeiten bei den Pumpwerken dargestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Dokumentationspraxis der Betreiber, gibt es hier keine einheitliche Unterteilungsstruktur. Es ist darauf hinzuweisen, dass laut mündlichen Angaben von Betreibern, sogar innerhalb desselben Betriebes verschiedene Mitarbeiter für gleiche Tätigkeiten z.T. unterschiedliche Bezeichnungen bei der Dokumentation verwenden. So verwenden auch die verschiedenen Betreiber für dieselben Tätigkeiten z.T. unterschiedliche Bezeichnungen.

Die Auswertung der ausgeführten Tätigkeiten bei den Pumpstationen erfolgt sowohl hinsichtlich der Anzahl der Tätigkeiten pro Pumpwerk und Jahr, als auch hinsichtlich des Zeitaufwandes pro Pumpwerk und Jahr.

8.3.2.2.1 Betreiber A

Von 101 Pumpstationen wurden die Abrechnungsaufzeichnungen aus den Jahren 2006 bis 2009 ausgewertet. Das sind in Summe 3.631 Tätigkeitsaufzeichnungen unterteilt in die Kategorien „laufender Betrieb, Wartung“, „Reparatur“ und „Störung“. Diese verwendete Unterteilung des Betreibers wurde bei der Darstellung beibehalten.

Abbildung 8-24 zeigt die Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro Pumpstation. Der Median liegt für den laufenden Betrieb bei 2,7, für Reparatur bei 0,7 und für Störung bei 2,0. Die Spanne zwischen unterem und oberem Quartil erstreckt sich dabei von 1,7 bis 4,7 für den laufenden Betrieb, von 0,3 bis 1,3 für die Reparatur und von 1,0 bis 4,7 für Störfall-Tätigkeiten.

Auffällig sind Ausreißer, welche bei manchen Pumpstationen bis knapp über bzw. knapp unter 50 Tätigkeiten pro PW für Wartung bzw. Störung zeigen. Das bedeutet einen durchschnittlichen wöchentlichen Einsatz in dieser Kategorie bei diesen Pumpstationen.

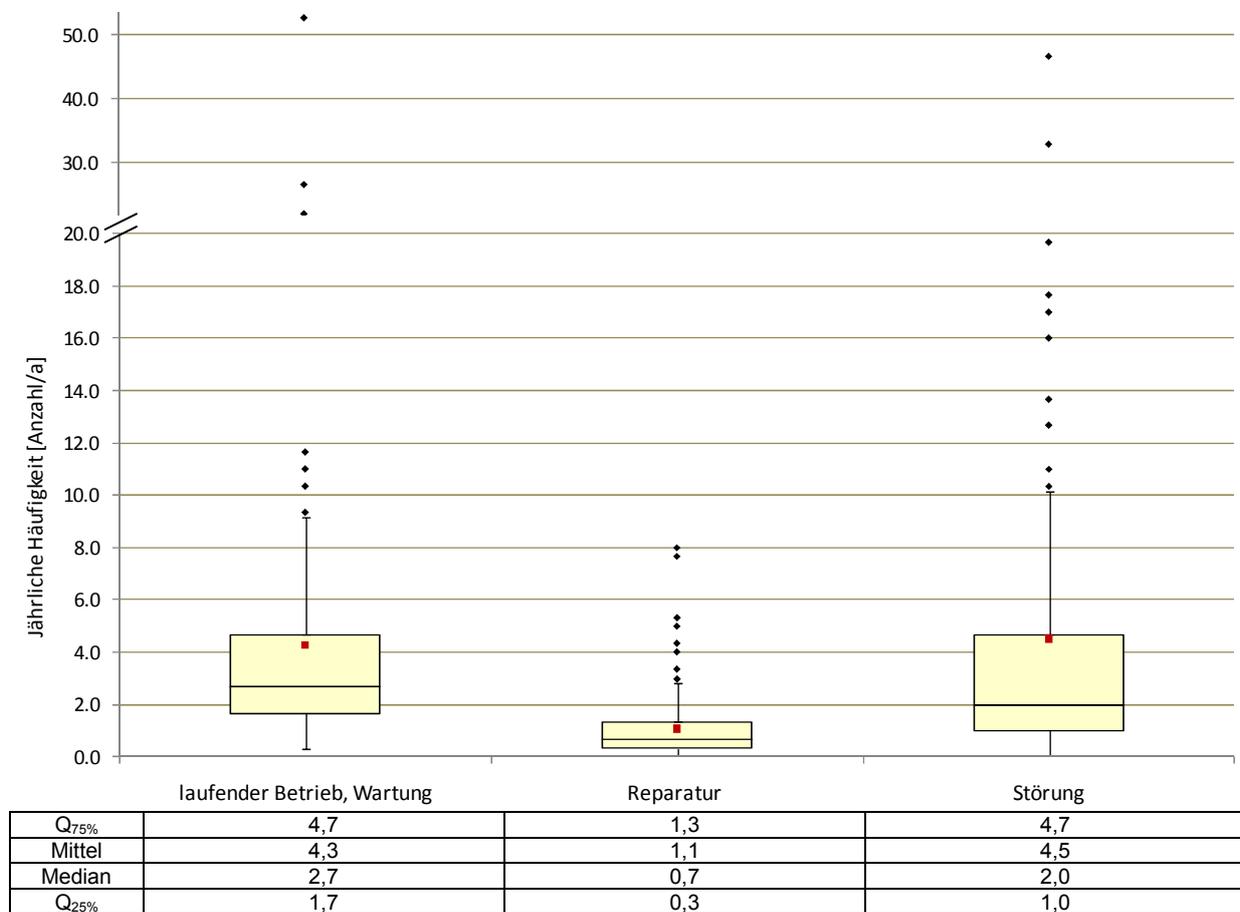


Abbildung 8-24: Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro PW von Betreiber A (n = 101)

Der jährliche Stundenaufwand entsprechend der Tätigkeiten wird in Abbildung 8-25 gezeigt. Fahrtzeiten zu den Pumpstationen sind lt. Betreiber in den für die Auswertung verwendeten Aufzeichnungen bereits eingerechnet. Der Median liegt bei 4,7 h pro Jahr für die Wartung, bei 1,3 h/a für die Reparatur und bei 3,6 h/a für Störfall-Tätigkeiten. Die Spanne bis zum 75% Quantil reicht dabei bis 7,7 h/a, 3,5 h/a bzw. 8,5 h/a

Die höchsten Werte von Ausreißern liegen bei knapp 70 h/a Zeitaufwand für die Wartungs- als auch für Störungseinsätze bzw. bei knapp 30 h/a für Reparatur-Tätigkeiten bei einzelnen Pumpstationen. Das Minimum in allen drei Kategorien liegt bei 0 Stunden, d.h. einige Pumpstationen benötigten zwischen 2006 und 2009 weder ein Service noch eine Reparatur.

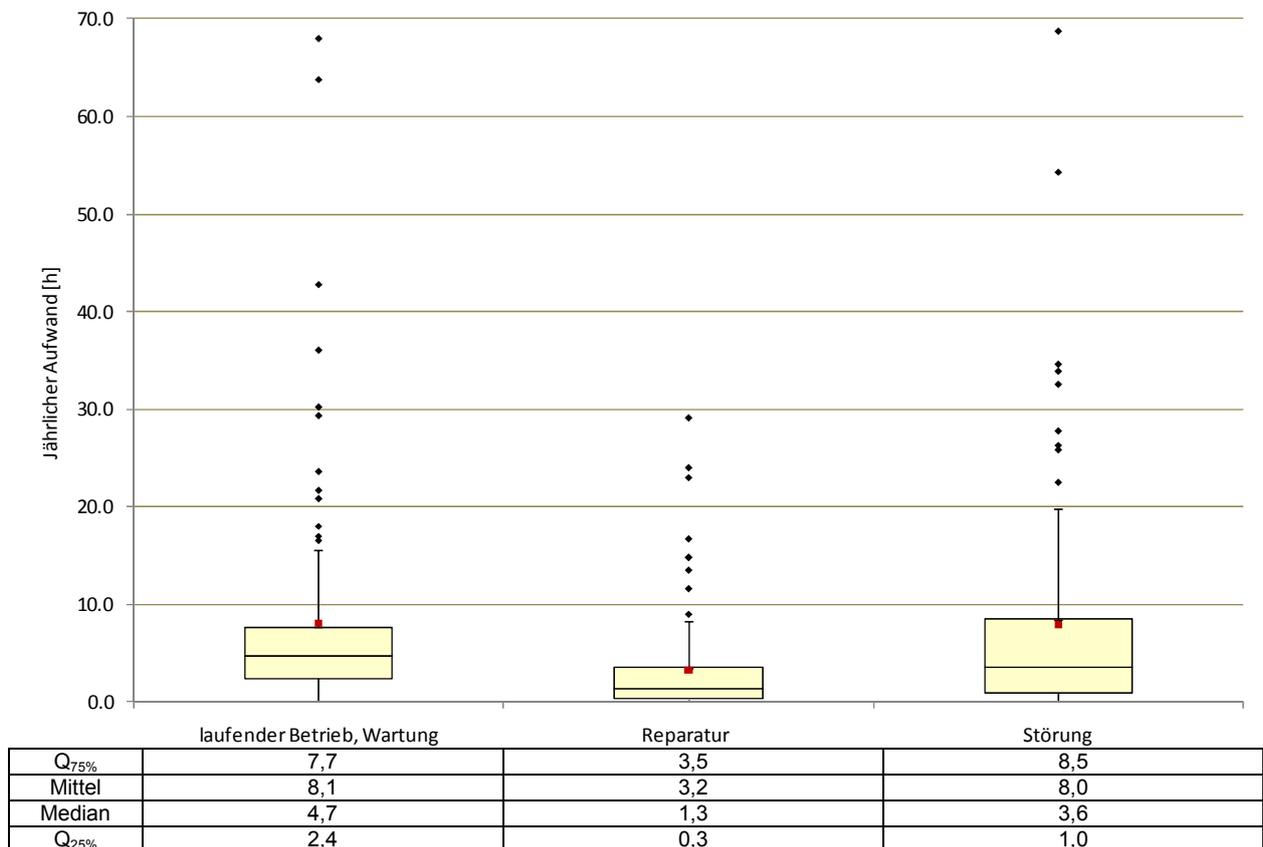


Abbildung 8-25: Jährlicher Stundenaufwand pro PW von Betreiber A (n = 101)

Eine prozentuelle Aufteilung der Tätigkeiten bezüglich der Häufigkeit und des Zeitaufwandes zeigt Abbildung 8-26. In den Jahren 2006 bis 2009 wurden 46% der Tätigkeiten bzw. 41% des Zeitaufwandes bei den Pumpstationen aufgrund von Störungen durchgeführt, 43% der Tätigkeiten bzw. 42 % des Zeitaufwandes fielen auf den laufenden Betrieb und 11 % der Tätigkeiten bzw. 17 % der Zeit wurden für Reparaturen verwendet.

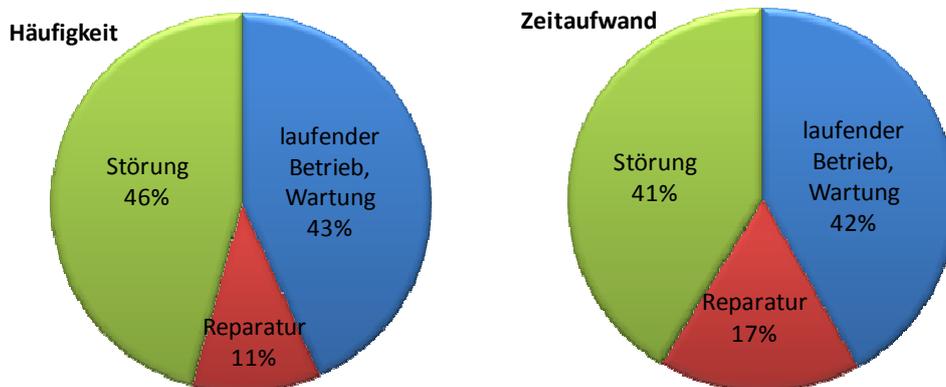


Abbildung 8-26: Aufteilung der Instandhaltungstätigkeiten von Betreiber A

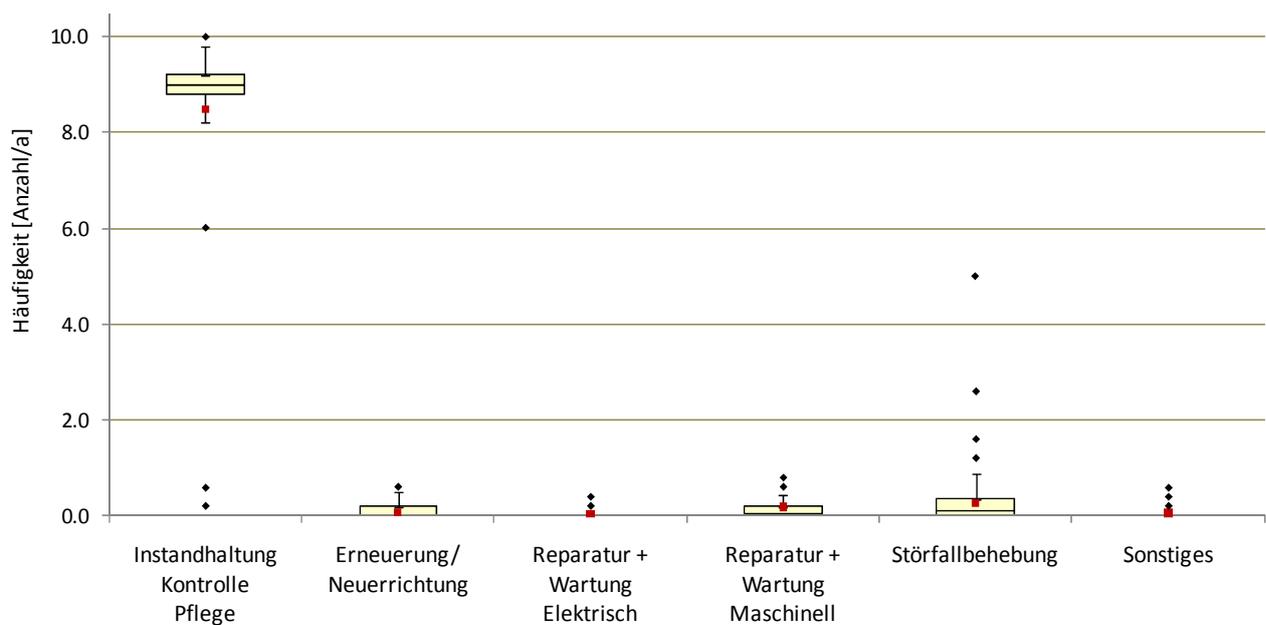
8.3.2.2.2 *Betreiber B*

Von 82 der 91 Pumpstationen wurden die elektronisch aufgezeichneten Wartungsprotokolle aus den Jahren 2005 bis 2009 ausgewertet. In Summe sind das 4316 aufgezeichnete Tätigkeiten, ohne einheitliche Bezeichnungen. Deshalb war zu Beginn der Auswertung eine „Generalisierung“ der Datensätze erforderlich. Die Einteilung der unterschiedlich dokumentierten Tätigkeiten erfolgte in folgende Kategorien:

- Instandhaltung, Kontrolle, Pflege
- Erneuerung / Neuerrichtung
- Reparatur + Wartung Elektrisch
- Reparatur und Wartung Maschinell
- Störfallbehebung
- Sonstiges

Abbildung 8-27 zeigt die Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro Pumpstation. Die meisten Tätigkeiten sind der Kategorie „Instandhaltung, Kontrolle, Pflege“ zugeordnet. Der Median liegt hier bei 9 Tätigkeiten pro PW und Jahr, mit eine sehr dichten Verteilung und einer Spanne zwischen unterem und oberem Whisker zwischen 8 und 10.

Alle anderen Kategorien zeigen mit Ausnahme von einigen Ausreißern von Störfallbehebungs-Tätigkeiten, Häufigkeiten durchschnittlich unter 1-mal pro Jahr.



Q _{75%}	9,2	0,2	0,0	0,2	0,4	0,0
Mittel	8,5	0,1	0,0	0,2	0,3	0,1
Median	9,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0
Q _{25%}	8,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0

Abbildung 8-27: Anzahl der jährliche Tätigkeiten pro PW von Betreiber B (n = 82)

Den entsprechenden jährlichen Stundenaufwand in den unterschiedlichen Kategorien veranschaulicht Abbildung 8-28. Dabei werden nur die Zeitaufwendungen des eigenen Personals ohne Fahrtzeiten berücksichtigt.

Hier ist anzumerken, dass die Zeitaufzeichnungen lt. Angaben des Betreibers in einem elektronischen Wartungsprotokoll als Zeitsumme eines 2-Mann Arbeitsplatzes geführt wurden. Da aber viele Einträge mit 15 min Zeitaufwand für eine Kontroll- oder Wartungstätigkeit vorhanden sind, was einen Arbeitseinsatz von 7,5 min pro Person bedeuten würde, und die Angabe des Betreibers auch mit Unsicherheit behaftet war, muss die Plausibilität der Zeitaufzeichnung in Frage gestellt werden.

Ergebnisse

Wenn die Aufzeichnung der tatsächlichen Tätigkeitsdauer entspricht, würde sich der Zeitaufwand aufgrund des 2-Mann Arbeitsplatzes verdoppeln. Diese Möglichkeit sollte beim Vergleich der Betreiber berücksichtigt werden.

Auch hier ist eine eindeutige Gewichtung auf die Kategorie „Instandhaltung, Kontrolle, Pflege“ zu erkennen. Der Median liegt hier bei 4,1 h/a, wobei sich die Spanne zwischen unterem und oberem Whisker von ca. 3 bis ca. 5 h/a erstreckt. Wenige Ausreißer zeigen einen Zeitaufwand von bis zu 14 h/a. Alle anderen Kategorien zeigen mit Ausnahme einiger Ausreißer einen jährlichen Zeitaufwand von bis zu 2 h pro PW.

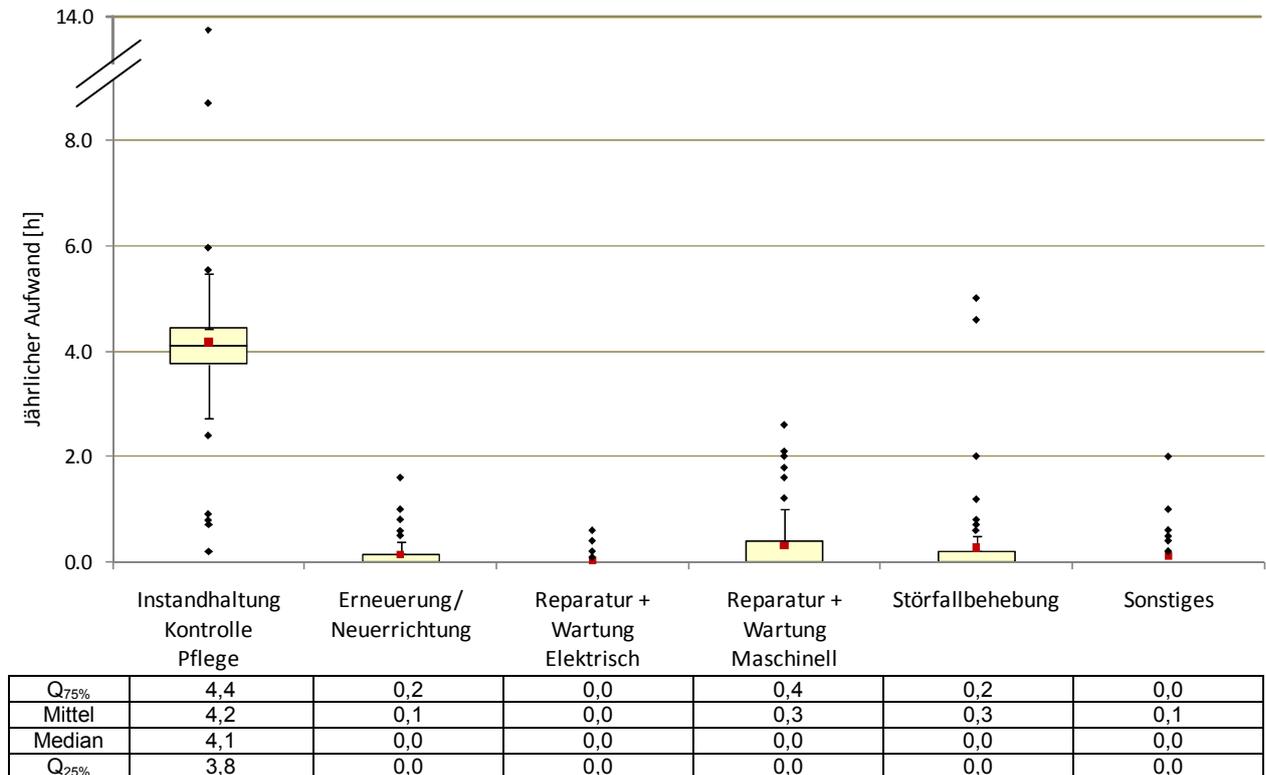


Abbildung 8-28: Jährlicher Stundenaufwand pro PW von Betreiber B (n = 82)

Die prozentuelle Aufteilung der unterschiedlichen Tätigkeiten hinsichtlich Häufigkeit und Zeitaufwand zeigt Abbildung 8-29. 93 % der durchgeführten Tätigkeiten, was einem Zeitaufwand von 83 % entspricht, kann der „Instandhaltung, Kontrolle, Pflege“ zugeschrieben werden. Die restlichen 7% der Tätigkeiten, was 17% des Zeitaufwandes entspricht, sind den anderen Kategorien zugeordnet.

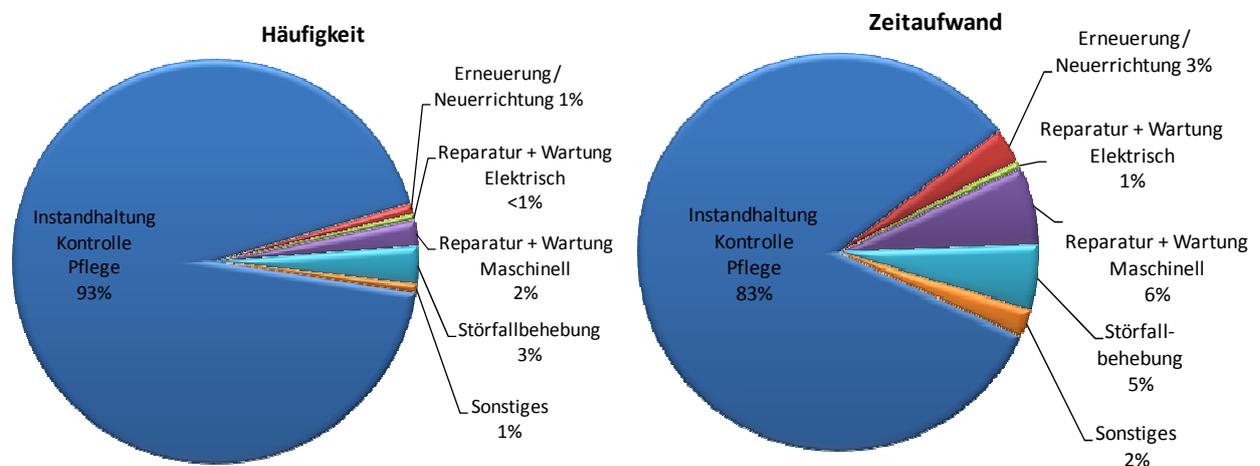


Abbildung 8-29: Aufteilung der Instandhaltungstätigkeiten von Betreiber B

8.3.2.2.3 *Betreiber C*

Von Betreiber C wurden die Abrechnungsaufzeichnungen von 268 Pumpstationen aus den Jahren 2006 bis 2009 ausgewertet. In Summe sind das 3652 Datensätze (Aufzeichnungen) von Tätigkeiten des eigenen Betriebspersonals und 1630 Einsätze der Fremdfirma zur Pumpwerksreinigung in dieser Zeit.

Die Aufzeichnungen der Instandhaltungstätigkeiten des eigenen Betriebspersonals waren in die lt. Tabelle 8-5 aufgelisteten Kategorien unterteilt, und wurden aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit mit den anderen Fallstudien in die Kategorien der untersten Zeile der Tabelle zusammengefasst. Lt. Anmerkungen des Betreibers ist die Anwendung dieser Unterteilung nicht immer konsistent. So werden von verschiedenen Arbeitern für gleiche Arbeiten unter Umständen unterschiedliche Bezeichnungen bei der Dokumentation verwendet. Es werden z.B. Störfallbehebung und Reparatur als Bezeichnung für gleiche Tätigkeiten verwendet.

Tabelle 8-5: Unterteilung der Instandhaltungstätigkeiten von Betreiber C

Instandhaltung	Neuerrichtung	Reparatur Elektrisch	Reparatur Maschinell	Störfallbehebung	Sonstiges
Kontrolle		Wartung Elektrisch	Wartung Maschinell		Verfahrenstechnik
Pflege					Ersatz bzw. Weiterverrechnung
					Versicherungsfall
Instandhaltung Kontrolle Pflege	Erneuerung/ Neuerrichtung	Reparatur und Wartung Elektrisch	Reparatur und Wartung Maschinell	Störfallbehebung	Sonstiges

Zuzüglich der Kategorie „Reinigung durch Fremdfirma“ ergeben sich die in Abbildung 8-30 gezeigten jährlichen Häufigkeiten (Anzahl) an Tätigkeiten pro Pumpstation.

Reinigung durch Fremdfirma weist eine sehr dichte Verteilung mit einem Median von 1,5 und einem Interquartil-Abstand von 1,3 bis 1,8 Tätigkeiten pro Jahr und Pumpwerk auf. Die Kategorien „Erneuerung/Neuerrichtung“ sowie „Sonstiges“ zählen so wenige Aufzeichnungen, dass die Werte für die Box-Darstellung bei der vorhandenen Datenreihe Null ergeben.

Bei allen anderen Kategorien liegen der Median unter 1, d.h. 50% der Pumpstationen werden pro Jahr weniger als 1 Mal in der jeweiligen Kategorie aufgesucht. Der obere Whisker bei diesen Kategorien liegt bei einem Wert von ca. 2,0 bzw. 2,5.

Einige Pumpstationen, welche als Ausreißer zu sehen sind, werden bis zu 8-mal pro Jahr, in manchen Fällen sogar über 10-mal pro Jahr in den jeweiligen Kategorien aufgesucht.

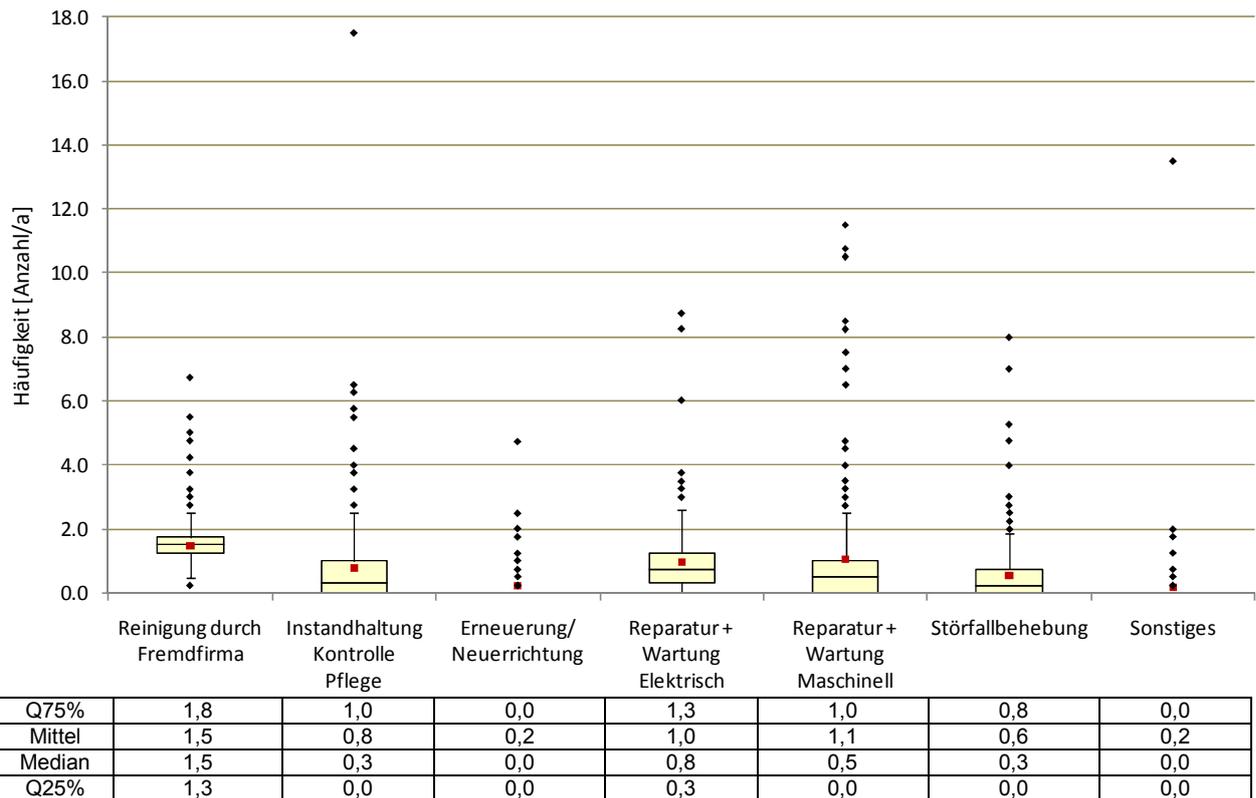
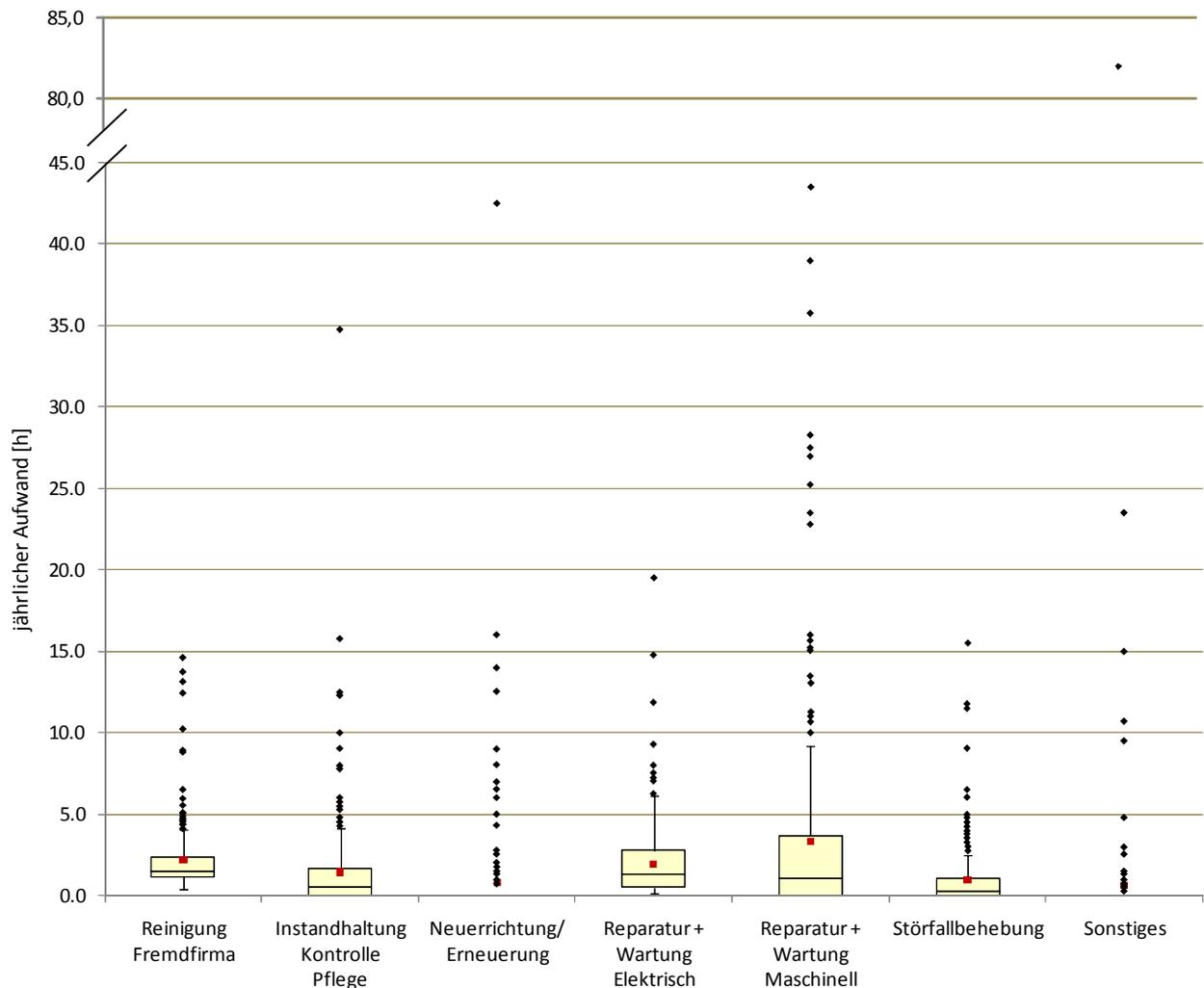


Abbildung 8-30: Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro PW von Betreiber C (n = 268)

Den jährlichen Stundenaufwand in den einzelnen Kategorien zeigt Abbildung 8-31. Die für die Auswertung verwendeten Kostenaufstellungen haben die Fahrtzeiten zu den Pumpstationen bereits inkludiert.

Keine Box-Darstellungen ergeben sich aus denselben Gründen wie zuvor für die Kategorien „Erneuerung/Neuerrichtung“ und „Sonstiges“. Bei allen anderen Kategorien liegen die mittleren 50% der Datenreihe zwischen 0 und 4 Stunden Zeitaufwand pro PW und Jahr.

Ausreißer-Pumpwerke mit bis ca. 15 Stunden pro Jahr, gibt es für alle Arten von Tätigkeiten. Extreme Ausreißer sind in den Kategorien „Sonstiges“ (über 80 Stunden), „Reparatur + Wartung Maschinell“ und „Neuerrichtung / Erneuerung“ (über 40 Stunden) und „Instandhaltung, Kontrolle, Pflege“ (über 30 Stunden) vorzufinden.



Q75%	2,3	1,7	0,0	2,8	3,7	1,0	0,0
Mittel	2,2	1,4	0,8	1,9	3,3	1,0	0,6
Median	1,5	0,5	0,0	1,3	1,0	0,3	0,0
Q25%	1,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0

Abbildung 8-31: Jährlicher Stundenaufwand pro PW von Betreiber C (n = 268)

Die prozentuelle Aufteilung bezüglich der Häufigkeiten und des Zeitaufwandes der durchgeführten Tätigkeiten zeigt Abbildung 8-32. Den größten Anteil halten die Kategorien „Wartung + Reparatur Maschinell“ mit 27% bzw. 37% und „Reparatur + Wartung Elektrisch“ mit 25% bzw. 20%. 20% der Häufigkeit bzw. 16% der Zeit wurden für „Instandhaltung, Kontrolle und Pflege“ aufgewendet und 15% bzw. 10% für Störfallbehebungen. Sowohl Häufigkeit als auch Zeitaufwand der „Reinigung durch die Fremdfirma“ betragen 7%, und 3% der durchgeführten Tätigkeiten bzw. 5% des Zeitaufwandes entfallen auf „Erneuerung/Neuerrichtung“ und „Sonstiges“.

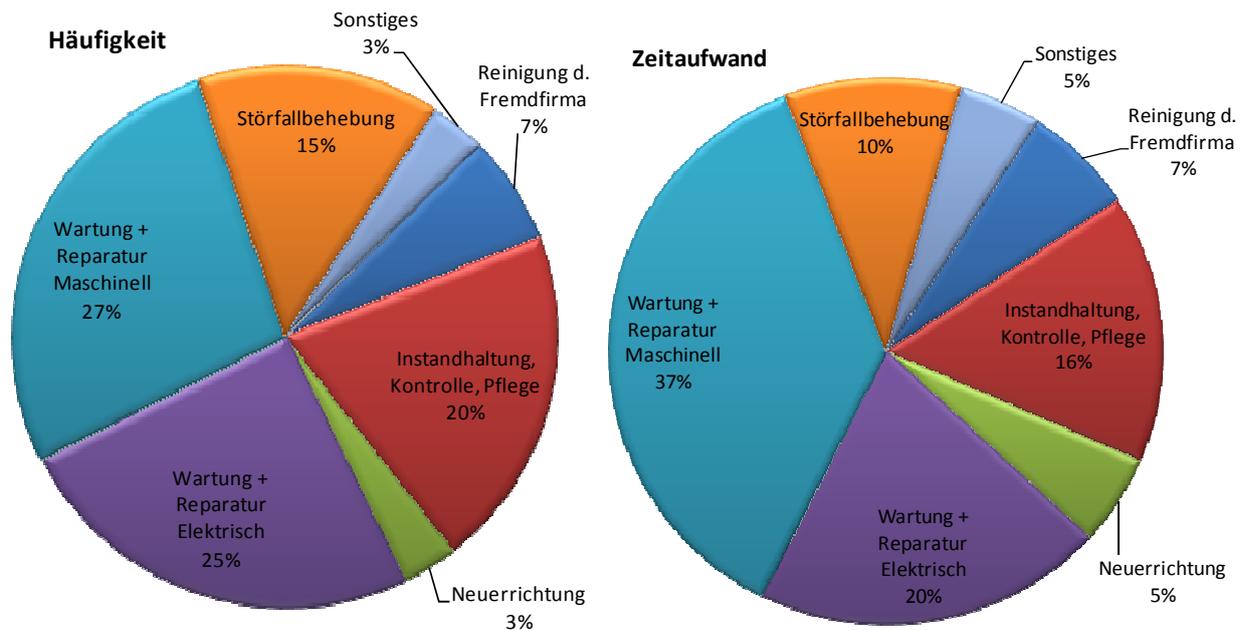


Abbildung 8-32: Aufteilung der Instandhaltungstätigkeiten von Betreiber C

8.3.2.2.4 Zusammenfassung und Vergleich der Betreiber

Die unterschiedlichen Tätigkeitsarten der Betreiber werden zum Vergleich in Abbildung 8-33 dargestellte Positionen für den Mittelwert der jährlichen Tätigkeiten pro PW zusammengefasst. Die Abbildung zeigt deutliche Schwerpunkte der durchgeführten Tätigkeiten bei einzelnen Betreibern.

Am deutlichsten ist die Gewichtung von Betreiber B bei der Kategorie „Instandhaltung, Kontrolle Reinigung“ mit durchschnittlich ca. 8,5 Tätigkeiten pro Jahr und PW erkennbar. „Reparatur“, „Störfallbehebung“ und „Sonstiges“ zeigen im Vergleich sehr geringe Werte mit einem Mittelwert unter 0,5 Tätigkeiten pro Pumpstation und Jahr.

Betreiber C zeigt eine recht gleichmäßige Aufteilung der protokollierten Tätigkeitsarten, mit durchschnittlich 2 Einsätzen pro Jahr jeweils für „Instandhaltung“ und „Wartung“ bzw. mit durchschnittlich 0,5 jährlichen Tätigkeiten jeweils für „Störfallbehebung“ und „Sonstiges“.

Bei Betreiber A ist verglichen mit den anderen Betreibern eine auffällig hohe Häufigkeit der Tätigkeiten in der Kategorie „Störfallbehebung“ mit durchschnittlich 4,5 Einsätzen je PW und Jahr erkennbar. Zur „Instandhaltung“ werden PW im Schnitt 4,3-mal und für „Reparatur“ 1,1-mal aufgesucht.

Für Betreiber D konnte keine derartige Auswertung durchgeführt werden.

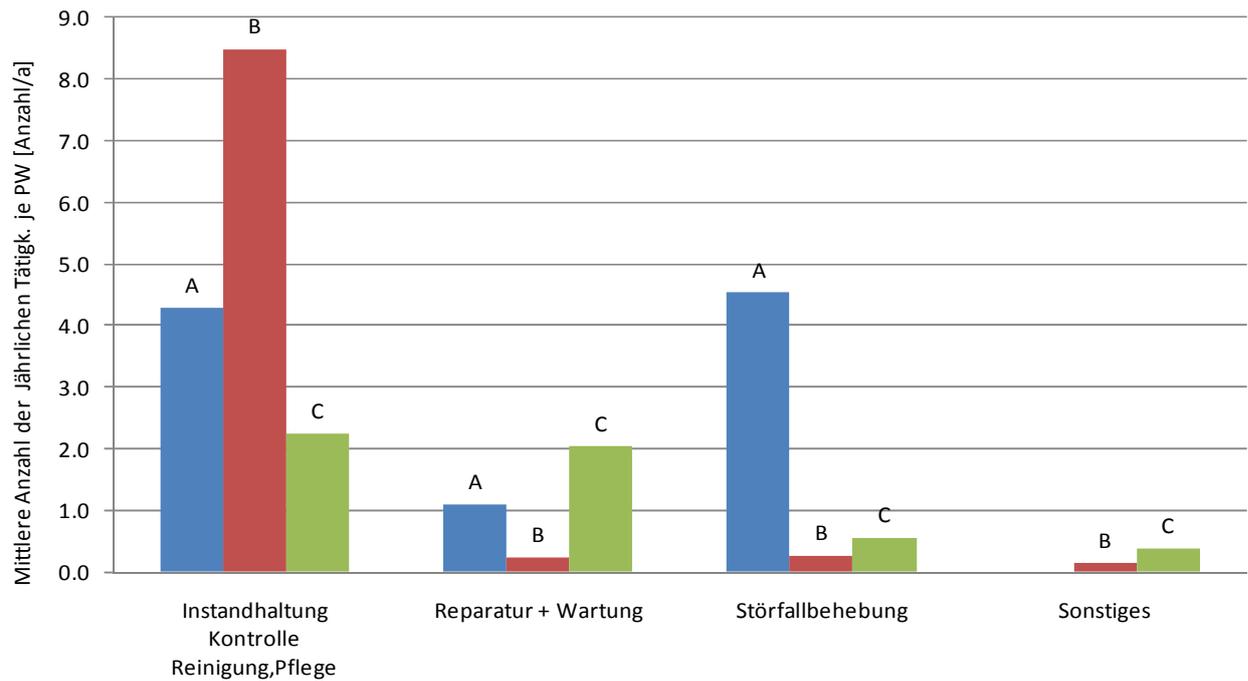


Abbildung 8-33: Vergleich des Mittelwertes der jährlichen Anzahl an unterschiedlichen Tätigkeiten

Abbildung 8-34 zeigt die Zusammenfassung in unterschiedliche Kategorien für den Median der jährlichen Tätigkeit pro PW. Die Position „Sonstiges“ wurde für weniger als 50% der Pumpstationen als Tätigkeitsbezeichnung verwendet, sodass diese Kategorie bei der Darstellung des Median wegfällt. Aufgrund der Stabilität des Median gegenüber Ausreißer sind die Schwerpunkte bzw. Unterschiede der verschiedenen Betreiber der unterschiedlichen Tätigkeiten noch stärker ersichtlich.

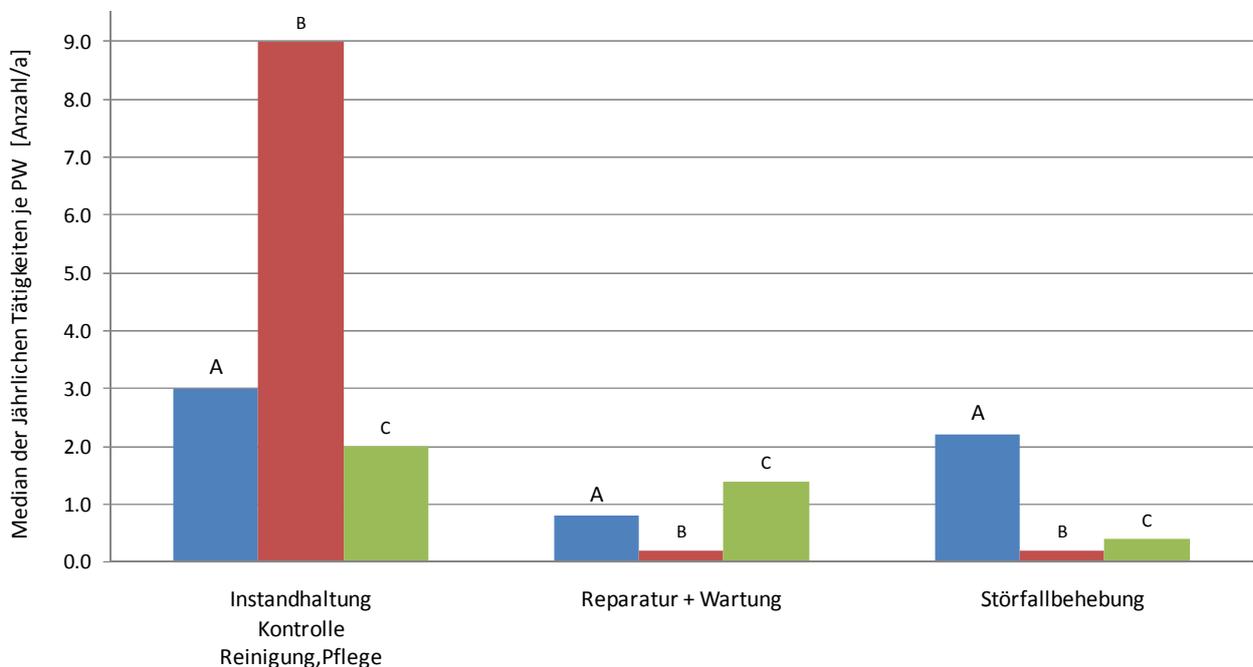


Abbildung 8-34: Vergleich des Median der jährlichen Anzahl an unterschiedlichen Tätigkeiten

Einen Vergleich der gesamten mittleren jährlichen Anzahl an Tätigkeiten pro Pumpstation, ohne Unterscheidung in unterschiedliche Tätigkeitsarten, zeigt Abbildung 8-35.

Betreiber D, von dem keine detaillierte Auswertung bezüglich unterschiedlicher Kategorien durchgeführt werden konnte, wurde aufgrund mündlicher Angaben hinzugefügt.

Im Mittel werden von Betreiber A bei jeder Pumpstation 10 Tätigkeiten pro Jahr durchgeführt, wobei der Median hier deutlich darunter bei 6 Tätigkeiten pro Jahr liegt. D.h. 50% der PW werden im Schnitt alle 2 Monate angefahren. Extremwerte, welche in diesem Fall bis zum 95%-Quantil dargestellt sind, gehen hier bis 25, was bedeutet, dass bei manchen Stationen im Schnitt alle 2 Wochen eine Tätigkeit durchzuführen ist. In diesem Zusammenhang wird auf die vielen Pumpstationen mit 3 oder mehr installierten Pumpen bei diesem Betreiber, wie in Abbildung 8-8 ersichtlich, als mögliche Ursache dieser vermehrten Tätigkeiten hingewiesen.

Bei Betreiber B liegen Median und Mittelwert der jährlichen Tätigkeiten je Pumpstation knapp über 9. Hier ist eine sehr dichte Verteilung mit einem Interquartil-Bereich von 9,0 bis 9,8 Tätigkeiten pro Jahr erkennbar. Der obere Whisker reicht bis 10,2 Tätigkeiten pro Jahr.

Bei Betreiber C ergibt sich ein Mittelwert von 5,2 und ein Median von 3,8 Tätigkeiten pro Jahr. Der Interquartil-Bereich geht von 2,5 bis 6,0 und die Maximal-Werte reichen bis 12,3 Tätigkeiten pro Jahr.

Die 3 Hauptpumpwerke von Betreiber D werden täglich, d.h. 365-mal im Jahr vor Ort kontrolliert. Die Spanne von 2 bis 10 Tätigkeiten pro Jahr für alle anderen PW dieses Betreibers, ergibt sich durch eine regelmäßige Reinigung zweimal im Jahr und der dazukommenden Bedarfsfälle.

Bei allen Betreibern liegen die kleinsten Werte (5% Quantil) bei etwa 2. Das bedeutet, dass diese Stationen zumindest 2-mal im Jahr angefahren werden.

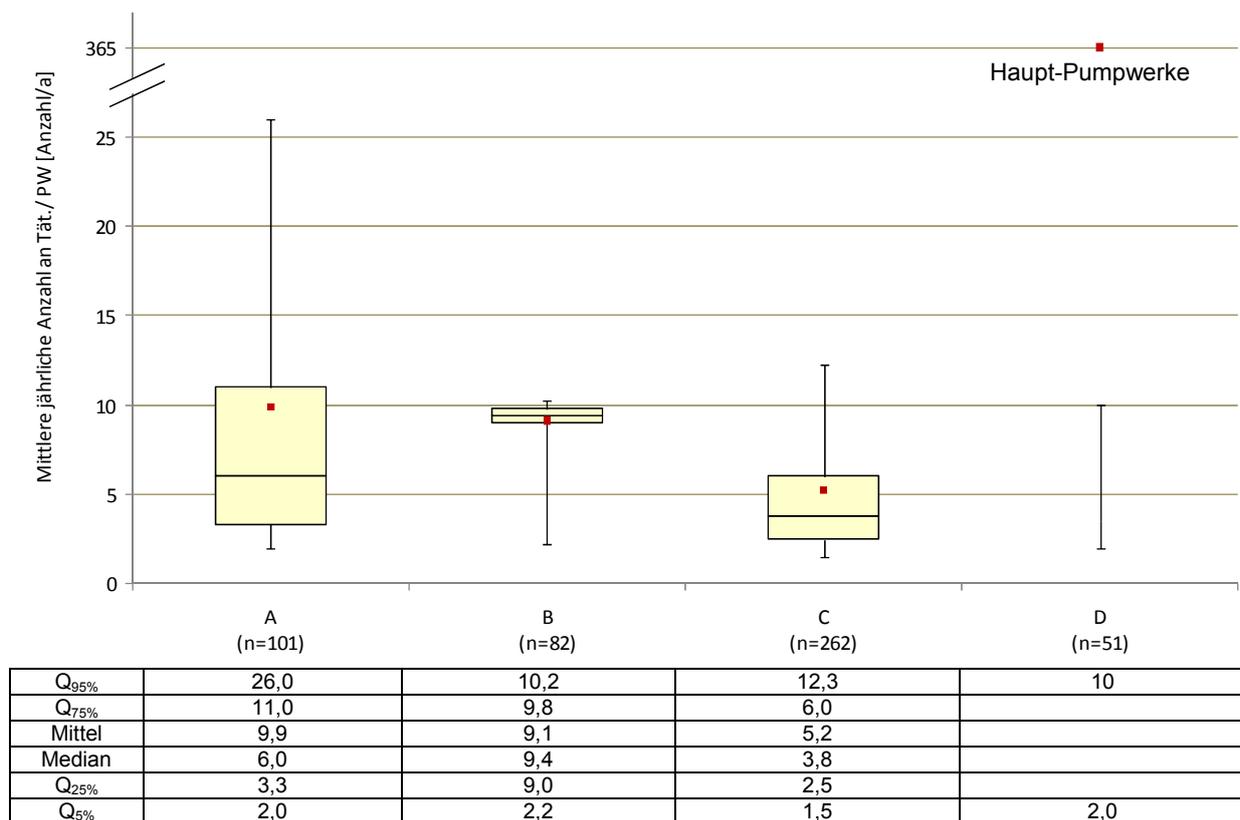


Abbildung 8-35: Mittlere Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro Pumpwerk der Fallstudien

Den Vergleich des mittleren jährlichen Zeitaufwandes pro Pumpstation der unterschiedlichen Betreiber, zeigt Abbildung 8-36. Zur Vergleichbarkeit wurden bei Betreiber B zu den in Kapitel 8.3.2.2.2 dargestellten Personalaufwendungen noch 2 Stunden Fahrzeiten pro Station und Jahr sowie die Zeitaufwendungen der Fremdfirma für die Pumpwerksreinigung hinzugefügt. Der geschätzte Fahrzeitaufwand von 2 Stunden entspricht bei 9 Tätigkeiten ca. ¼ Stunde pro Einsatz.

Auffällig ist ein verhältnismäßig hoher Zeitaufwand von Betreiber A verglichen mit der Anzahl an Tätigkeiten je PW.

Errechnet man sich den mittleren spezifischen Zeitaufwand pro Tätigkeit für die Kategorie „Instandhaltung, Kontrolle, Reinigung, Pflege“ durch Division des mittleren Zeitaufwandes je PW mit der mittleren Anzahl an Tätigkeiten aus Abbildung 8-33, ergeben sich folgende Werte:

- Betreiber A: $15,5/4,3 = 3,6$ h/Instandhaltung
- Betreiber B: $9,7/8,5 = 1,1$ h/Instandhaltung
- Betreiber C: $3,6/2,2 = 1,6$ h/Instandhaltung

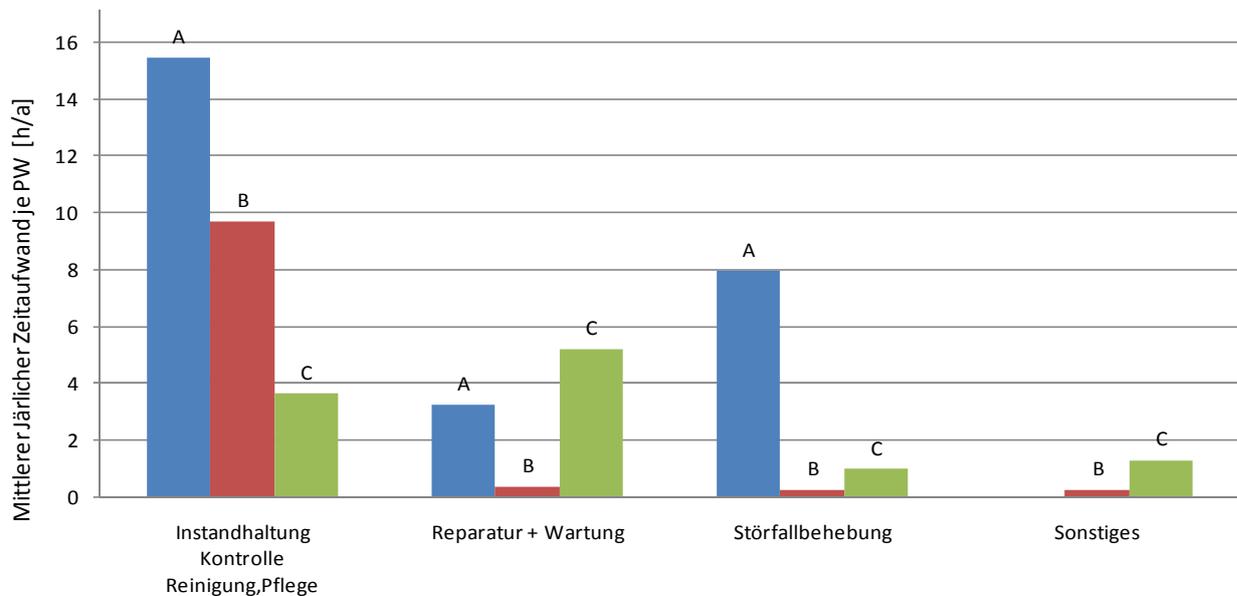


Abbildung 8-36: Vergleich des mittleren jährlichen Zeitaufwandes unterschiedlicher Tätigkeiten

Die Gegenüberstellung des Median der jährlichen Zeitaufwendungen pro Pumpwerk der unterschiedlichen Betreiber in Abbildung 8-37 zeigt wieder ein ähnlicheres Bild verglichen mit der Anzahl an Jährlichen Tätigkeiten, da der Median stabiler gegenüber Ausreißern ist. Ein spezifischer Zeitaufwand pro Instandhaltungstätigkeit wie zuvor, nur mit dem Median errechnet, ergibt folgende Werte:

- Betreiber A: $7,5/3,0 = 2,5$ h/Instandhaltung
- Betreiber B: $8,3/9,0 = 0,9$ h/Instandhaltung
- Betreiber C: $2,8/2,0 = 1,4$ h/Instandhaltung

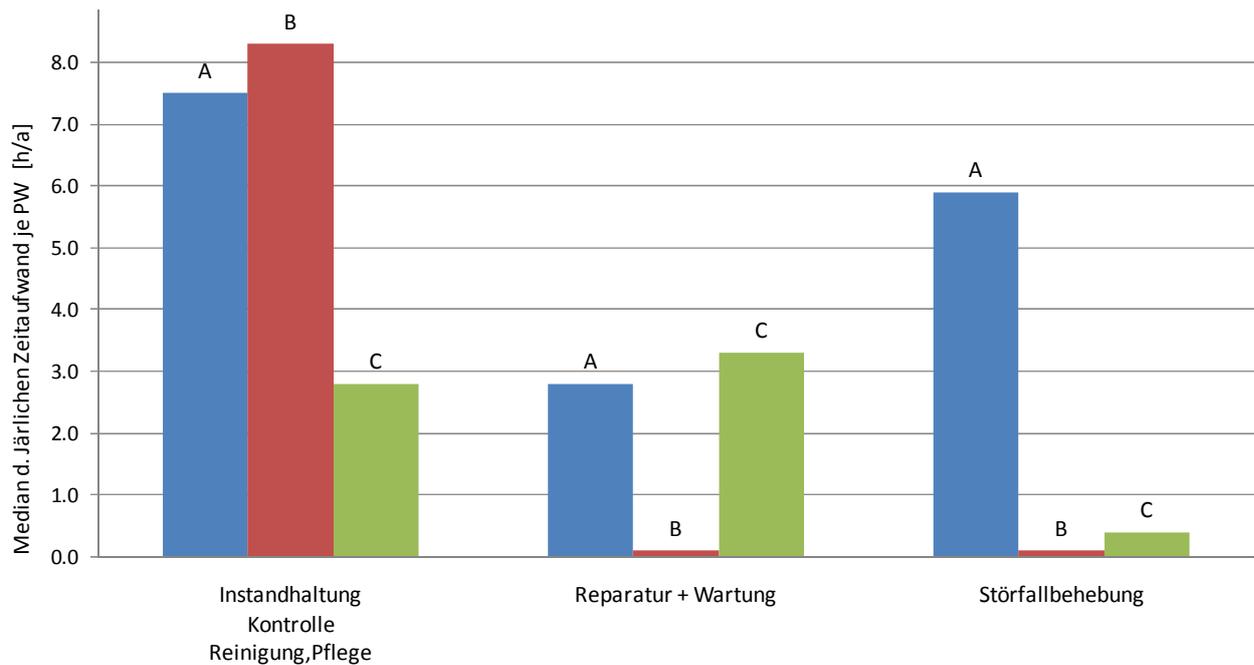


Abbildung 8-37: Vergleich des Median des jährlichen Zeitaufwandes unterschiedlicher Tätigkeiten

Die Datenreihen der Mittelwerte des jährlichen Zeitaufwandes unabhängig unterschiedlich dokumentierter Tätigkeitsarten, zeigt Abbildung 8-38. Betreiber D wurde wieder aufgrund mündlicher Angaben hinzugefügt.

Bei Betreiber A liegt der Mittelwert bei 26,7 h Arbeitseinsatz je PW und Jahr, wobei der Median deutlich darunter bei 16,2 liegt. Die mittleren 50% der Stationen benötigen jeweils einen Zeitaufwand von 8,9 bis 33 Stunden pro Jahr. Maximalwerte (95%-Quantil) reichen dabei bis über 80 h pro Jahr.

Bei Betreiber B ist eine sehr dichte Verteilung im Bereich von 7,5 bis 10,4 h pro Jahr, mit einem Median von 8,5 ersichtlich. Dabei wird hier noch einmal auf die bereits erwähnte unplausible Datenaufzeichnung und dadurch Möglichkeit der Verdoppelung des Zeitaufwandes von Betreiber B hingewiesen.

Betreiber C mit der größten Anzahl an Pumpstationen weist den geringsten Median des jährlichen Zeitaufwandes je PW, von 6,5 h/a auf. D.h. 50% der Pumpstationen benötigen zur Instandhaltung weniger als 6,5 Stunden pro Jahr. Der Interquartil-Bereich geht von 3,4 bis 11,8 und Maximalwerte bis zum 95%-Quantil reichen bis 33,8 Stunden pro Jahr.

Bei Betreiber D sind wiederum die Hauptpumpwerke, welche täglich kontrolliert werden extra gekennzeichnet. Die 150 h pro Jahr ergeben sich durch einen täglichen Einsatz von 20 min und einer monatlichen Reinigung von ca. 2,5 Stunden. Der Zeitaufwand der restlichen Pumpwerke wurde lt. Betreiber mit durchschnittlich 10 h/a angegeben.

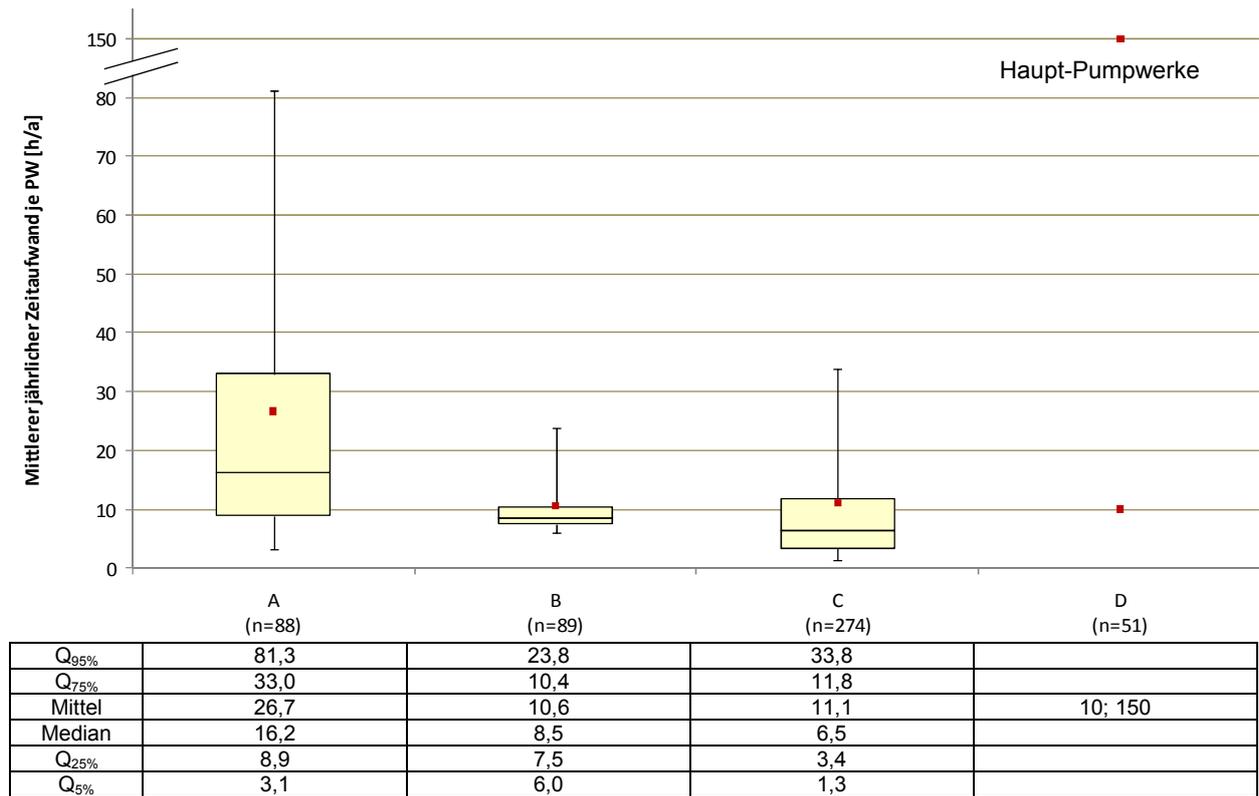


Abbildung 8-38: Mittlerer jährlicher Zeitaufwand pro Pumpwerke der Fallstudien

8.4 Pumpwerksstörungen

Die Auswertung der unterschiedlichen Störfallarten konnte nur von Betreiber A und B durchgeführt werden, da nur bei diesen eine ausreichende Dokumentation vorlag. Die Datengrundlage waren jene Tätigkeiten, welche lt. Abbildung 8-33 der Position Störfallbehebung zugeteilt wurden.

Zur Auswertung der Betriebsdaten von Pumpwerksstörungen wurden die Datensätze wie folgt in Gruppen bzw. Untergruppen unterteilt:

- Störung Allgemein:

Fehler und Störungen an Pumpwerken, die keiner der nachfolgenden Kategorien zugeordnet werden konnten, wurden in dieser Kategorie zusammengefasst. Nachfolgend einige Beispiele:

- Störung Sonntag 12:00 – 13:30
- Hochwasser – Störung
- Störung P1
- Störungssuche – Mat. besorgt
- Störung-PC Quitt.

- Störung Niveaumessung:

Dieser Kategorie wurden jene Störmeldungen zugeordnet, die aufgrund von Fehlern bei der Niveaumessung aufgetreten sind, wie z.B.:

- Störung, Wasser max.
- Störung, Min - Schwimmer umgeklemmt
- Wasser max 22:00 - 22:30
- Störung Min Schwimmer durchgemessen
- Störung Niveau
- Schwimmer tauschen

- Verstopfung / Verzopfung:

Hier sind jene Störmeldungen zugeordnet, die eine Verstopfung bzw. Verzopfung als Ursache hatten, z.B.:

- gereinigt Pumpe verst., Pumpenhalt. Rep.
- gereinigt+P1 verstopft
- Störung P2 (verstopft, Schneidw.fehlt) 00:30-02:00
- Pumpe 1 und 2 Verzopfung entfernt
- Pumpe 1, Fetzen aus Schneidwerk entfernt
- Pumpe 1, Schotter entfernt

- E-Technik-Störung:

In dieser Kategorie sind alle Fehler aufgelistet, die eine elektrische Störung als Ursache hatten. Da diese Störungen sehr mannigfaltig sind, wurde diese Kategorie wie folgt weiter unterteilt:

- E-Technik Allg.: Jene Störungen, die entweder nicht genauer zugeordnet werden konnten bzw. sehr selten aufgetreten sind, wie z.B.:
 - Frostalarm, Lüfter Störung
 - Heizung defekt
 - Störung-Ladegerät
 - Störung Steuerung Sonntag

- Gleichrichterstörung
- Relais tauschen
- Störung Schütz P2 17:00-24:00
- Störung - Sanftanlauf
- EVN-Störung / Strom- od. Spannungsausfall: Jene Störungen, die vom externen Stromversorger verursacht wurden, wie z.B.:
 - Störung EVN-Abschaltung
 - Störung Stromausfall
 - Spannungsausfall
 - EVN Kabelmesswagen-Fehlersuche
 - Stromausfall d. Sturm Emma
- Funk- / SPS-Störung: Störungen aufgrund von Funk- bzw. SPS-Störungen wie z.B.:
 - SPS, Funk Störung
 - SPS Sammelfehler-STOP
 - SPS defekt
 - Störung Übertragung
 - GSM-Station Ausfall
 - Austausch GSM Modul Blitzschlag vom 18.8.07
- Störung FI: In dieser Kategorie sind all jene Störungen zusammengefasst, die aufgrund eines defekten FI-Schalters bzw. Motorschutzschalters zustande gekommen sind, wie z.B.:
 - Störung FI2, Fehlersuche
 - Störung FI, Sicherungen getauscht P5
 - Störung-Spannungsüberw. FI 2,P2 Thermorelais
 - Störung FI+Magnetventil
 - Motorschutz Pumpe 1 gefallen
- Störung Thermo: Diese Kategorie umfasst alle Störungen, die mit dem Thermorelais in Verbindung stehen, wie z.B.:
 - Störung P1 Thermo
 - P1 Thermo, Wasser max.(mehrmals) 22:00-23:00
 - Störung Thermofühler
 - Störung Pumpe 1 Thermorelais

8.4.1 Betreiber A

Bei Betreiber A konnten 1360 Störfälle (4,5 Störfälle je PW und Jahr für 101 PW über 3 Jahre) ausgewertet und anteilmäßig in die lt. Abbildung 8-39 dargestellten Arten unterschieden werden.

Bei 16% der Störfälle konnte Verstopfung bzw. Verzopfung als Ursache festgestellt werden. Rund ein Viertel (24%) der Störungen war auf die Störung der Niveaumessung, und ein Viertel (25%) auf die der E-Technik zurückzuführen. 35% der Störfälle konnten keiner speziellen Störart zugeordnet werden, und wurden daher als „Störung Allgemein“ zusammengefasst.

Weiter konnten Die E-Technik Störungen in 35% „Störung Thermo“, 22% „Störung FI“, 19% „E-Technik Allgemein“, 13% Strom- oder Spannungsausfall“ und 11% „Funk- / SPS- Störung“ unterteilt werden.

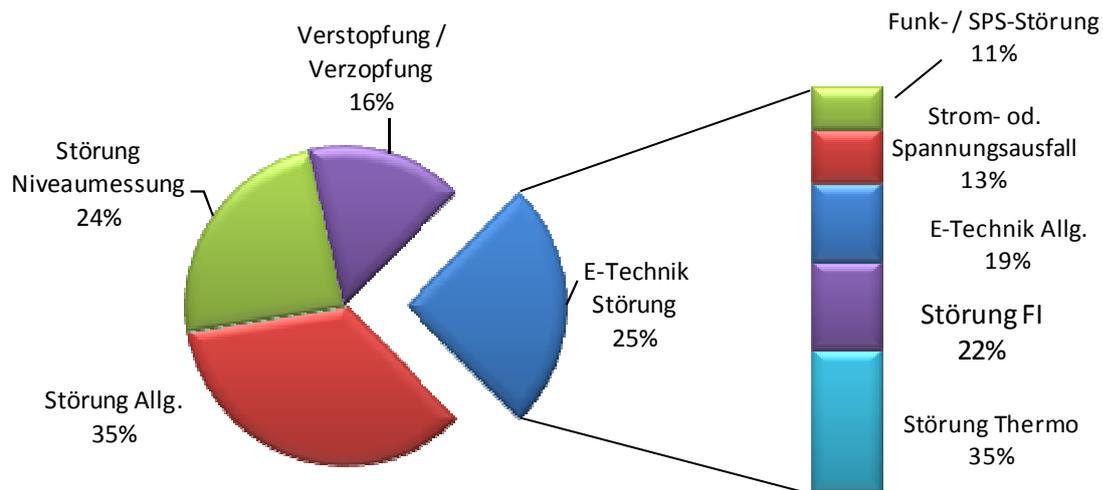


Abbildung 8-39: Pumpwerksstörungen von Betreiber A

8.4.2 Betreiber B

Bei Betreiber B konnten 132 Störfälle (0,3 Störfälle je PW und Jahr für 82 PW über 5 Jahre) in unterschiedliche Arten differenziert werden. Die unterschiedlichen Störarten und ihre anteilmäßige Verteilung werden in Abbildung 8-40 gezeigt. Aufgrund des geringen Datenumfanges verglichen mit dem von Betreiber A mit 1360 Störungen wird auf die möglicherweise herabgesetzte Aussagekraft hingewiesen.

Es ist zu sehen, dass über die Hälfte (51%) der Störungen als E-Technik Störungen ausgewiesen sind. 30% der Störungen sind auf „Verstopfung bzw. Verzopfung“ und 9% auf eine Störung der Niveaumessung zurückzuführen. Ein Zehntel der Störungen wurde als „Störung Allgemein“ zusammengefasst.

Innerhalb der E-Technik Störungen ist der größte Anteil (73%) auf eine Störung des FI- bzw. des Motorschutzschalter zurückzuführen. Die restlichen E-Technik Störungen sind mit 19% als „E-Technik Allgemein“, mit 5% als „GSM-Probleme“ und mit 3% als „Störung Thermo“ definiert.

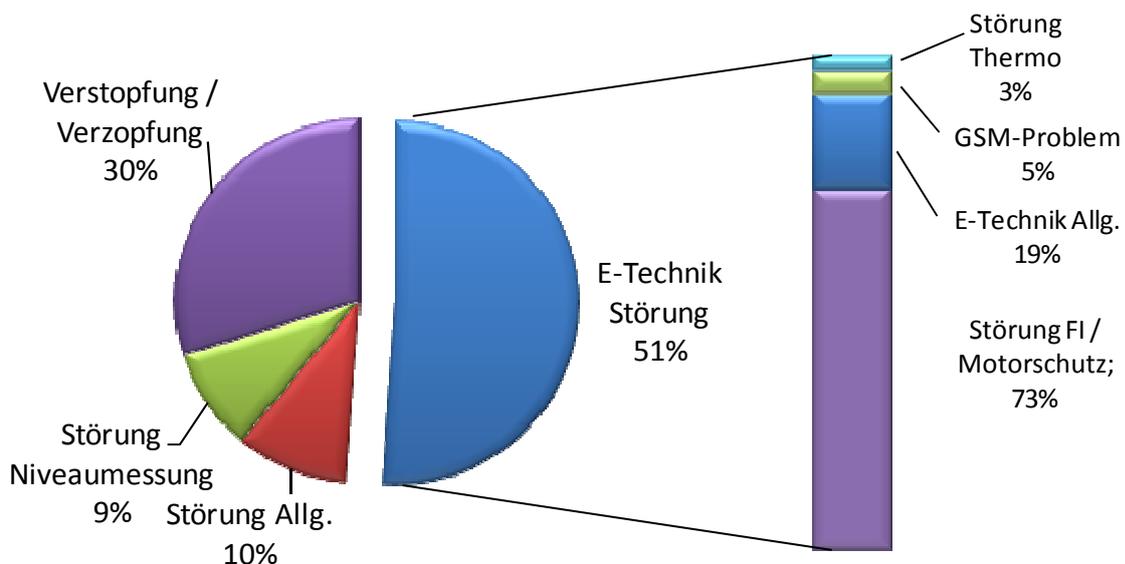


Abbildung 8-40: Pumpwerksstörungen Betreiber B

8.5 Betriebskosten

In diesem Kapitel werden zuerst die Betriebskosten der einzelnen Betreiber dargestellt und im nächsten Schritt miteinander verglichen. Abschließend werden die Auswertungen der in einer Gesamtliste zusammengefassten Pumpstationen unabhängig des Betreibers veranschaulicht.

Die Darstellung der Kosten erfolgt in Box-Plot Diagrammen, wobei die Unterteilung in Pumpwerksklassen mit unterschiedlicher installierter Pumpenleistung gewählt wurde.

8.5.1 Betreiber A

Von Betreiber A konnte von 90 der 101 Pumpstationen eine Auswertung der Betriebskosten durchgeführt werden. Bei den restlichen Stationen wurde keine Dokumentation der Betriebskosten zur Verfügung gestellt. Da nur von 9 dieser Pumpstationen die Stromkosten bekannt sind, wurde auf die Einbindung der Stromkosten in den Betriebskosten aufgrund der zu kleinen Datenreihe und dadurch geringen Aussagekraft, in den weiteren Darstellungen verzichtet.

Die Betriebskosten beinhalten somit die Kostenstellen „Fernwirkanlage“, „Wartung Personal“ und „Reinigung“. Die Kosten der Fernwirkanlage wurde durch die Aufteilung aller für die Fernwirkanlage anfallenden Kosten auf die Anzahl der Pumpstationen ermittelt. Die Personalkosten für die Wartung wurde aus den Personalabrechnungsaufzeichnungen, und die Reinigungskosten aus den Abrechnungsunterlagen des Kanalspülwagens ermittelt.

Im Mittel ergeben sich die in Abbildung 8-41 dargestellten Anteile der Betriebskosten. Ein sehr geringer Anteil von 4% der fällt auf die Fernwirkanlage. Der Rest teilt sich jeweils zur Hälfte in Personalkosten und Reinigungskosten. Ein Durchschnitt über alle 90 PW ergibt bei Betreiber A einen Betriebskostenbedarf ohne Strom von 1.194 €.

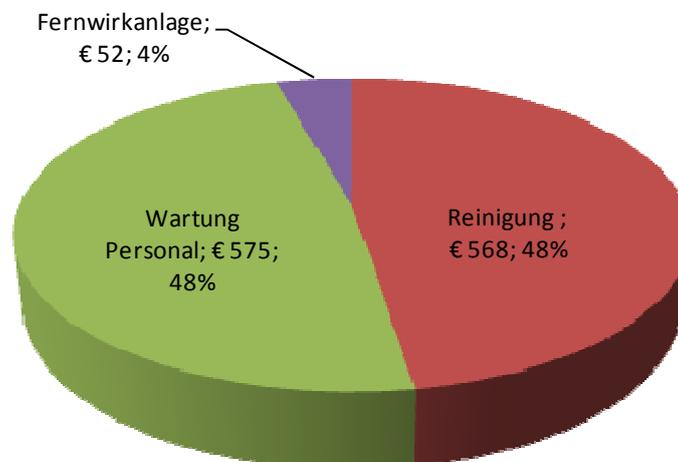


Abbildung 8-41: Anteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber A (n = 90; Gesamt: € 1.194)

Abbildung 8-42 zeigt die Datenreihen dieser Kosten bei den unterschiedlichen PW-Klassen. Es ist deutlich der Anstieg der durchschnittlichen jährlichen Betriebskosten mit steigender Pumpenleistung zu erkennen. Damit ist auch ein Anstieg der Streuung der Datenreihe erkennbar, d.h. der Bereich zwischen unterem und oberem Quantil bzw. Minimal- und Maximalbetrag wird größer.

Der Median steigt von ca. € 500 bei einer installierten Pumpenleistung bis 2,4 kW bis ca. € 2.800 bei einer Leistung zwischen 50 und 250 kW. Der Interquartil-Bereich liegt bei der untersten PW-Klasse bei ca. € 350 – € 650 und bei der obersten PW-Klasse bei ca. € 1.300 - € 3.100. In fast allen PW. Klassen gibt es Stationen, die Betriebskosten.

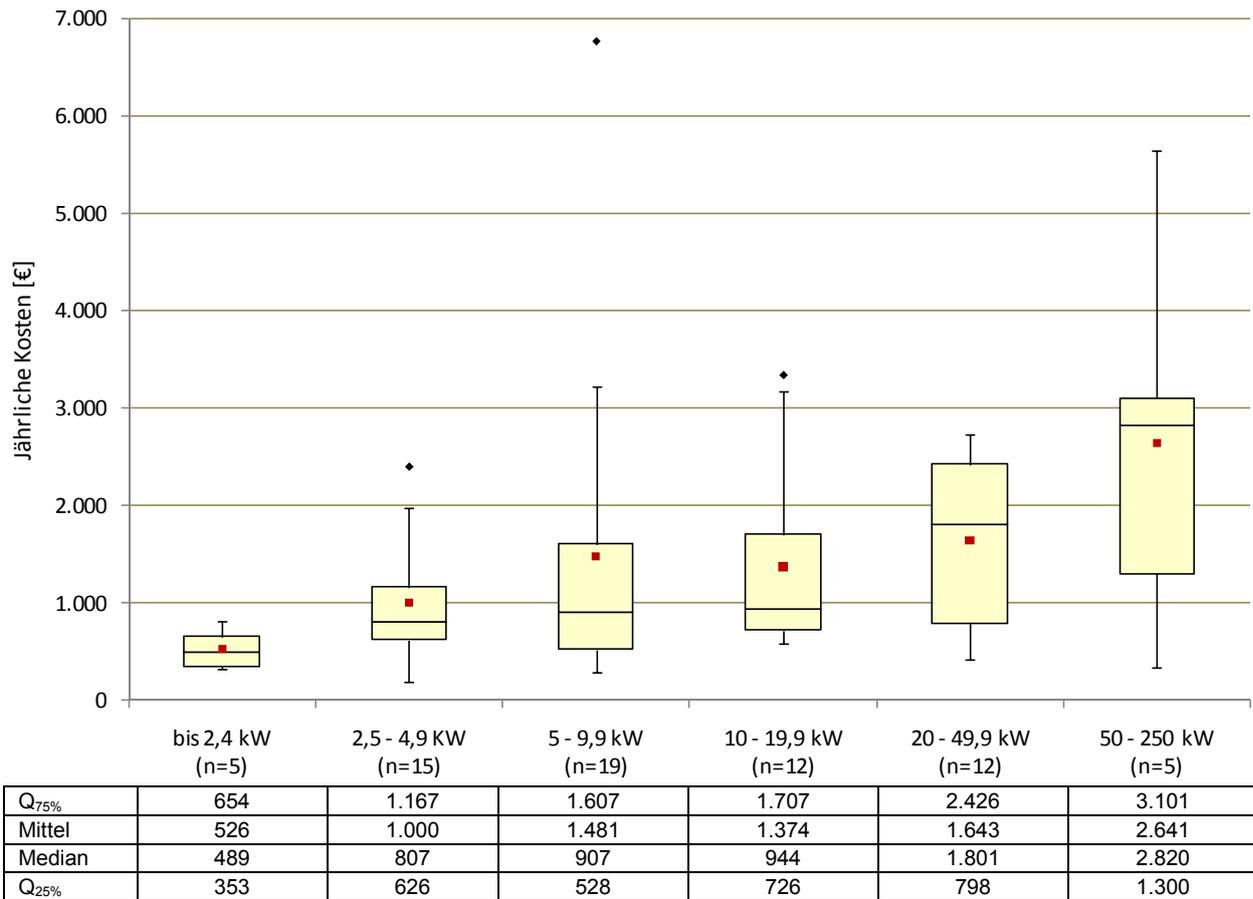


Abbildung 8-42: Betriebskosten ohne Strom – Betreiber A

Eine Aufgliederung in die unterschiedlichen Kostengruppen bei den einzelnen PW-Klassen zeigt Abbildung 8-43. Dabei ist eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen Wartung und Reinigung mit einem größeren Anteil der Reinigungskosten bei geringer installierten Pumpenleistung, hin zu einem größeren Anteil der Wartungskosten bei größerer installierten Pumpenleistung erkennbar.

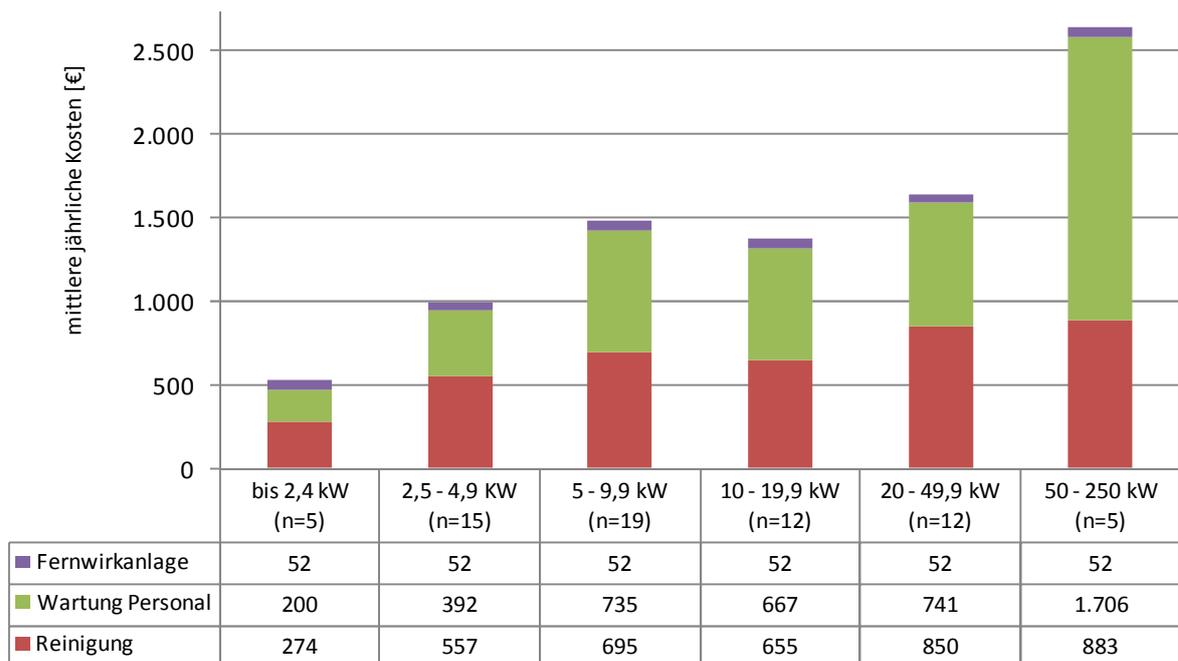


Abbildung 8-43: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber A

8.5.2 Betreiber B

Von Betreiber B konnte von 84 der 91 Pumpstationen eine Auswertung der Betriebskosten durchgeführt werden. Bei den restlichen Stationen war dies aufgrund einer fehlenden oder unvollständigen Aufzeichnung nicht möglich.

Die Betriebskosten beinhalten die Kostenstellen „Fernwirkanlage“, „Wartung Personal“, „Reinigung Fremdfirma“ und „Strom“. Die Kosten der Fernwirkanlage wurde durch die Aufteilung Kosten auf die Anzahl der eingebundenen Pumpstationen ermittelt. Die Personalkosten für die Wartung und die Kosten für die Reinigung durch die Fremdfirma wurden aus den Aufzeichnungen der elektronisch geführten Wartungsprotokollen aus den Jahren 2005 bis 2009 ermittelt. Die in diesem Zusammenhang in Kapitel 9.3 erwähnten Plausibilitätszweifel sollten berücksichtigt bleiben. Stromkosten wurden aus den übermittelten Stromverbrauchszahlen je PW aus den Jahren 2006 bis 2009 mit einem durchschnittlichen Stromkostenbetrag lt. STATISTIK AUSTRIA (2010) von 9 Cent/kWh ermittelt.

Im Mittel ergeben sich die in Abbildung 8-44 dargestellten Anteile der Betriebskosten. Als Durchschnittswert über alle 84 Pumpstationen ergeben sich 541 € Betriebskosten pro Jahr und PW. Diese setzen sich zusammen aus 45% für das Wartungspersonal, 26% für die Reinigung durch die Fremdfirma, 24% Strom und 5% für die Fernüberwachung.

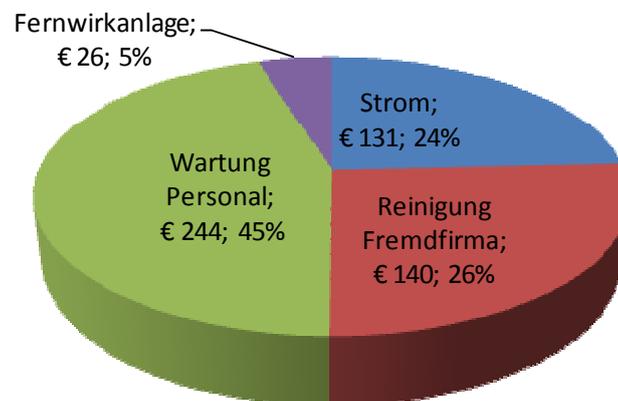


Abbildung 8-44: Anteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber B (n = 84; Gesamt: € 541)

Abbildung 8-45 zeigt die durchschnittlichen jährlichen Betriebskosten pro Pumpstation inkl. Stromkosten in Abhängigkeit der installierten Pumpenleistung. Zu erkennen ist ein deutlicher und gleichmäßiger Anstieg der durchschnittlichen jährlichen Betriebskosten mit steigender Pumpenleistung sowie ein Anstieg der Spanne zwischen unterem und oberem Quantil bzw. zwischen unterem und oberem Whisker.

Der Median steigt von ca. 270 € bei einer Pumpenleistung bis 2,4 kW auf ca. 810 € bei einer Leistung zwischen 10 und 19,9 kW. Der Bereich zwischen unterem und oberem Quantil beträgt bei ersterem ca. 210 € – 310 € und bei letzterem ca. 470 € - 2.020 €. Der Minimalwert steigt nur sehr leicht mit steigender installierten Pumpenleistung von ca. 160 € bei einer Leistung bis 2,4 kW bis ca. 400 € bei 10 – 19,9 kW.

Die Maximalwerte befinden sich im Bereich von ca. 400 € bei einer Pumpenleistung bis 2,4 kW und ca. 2.740 € bei einer installierten Leistung zwischen 10 – 19,9 kW. Ausreißer sind nur unbedeutend und vereinzelt vorhanden.

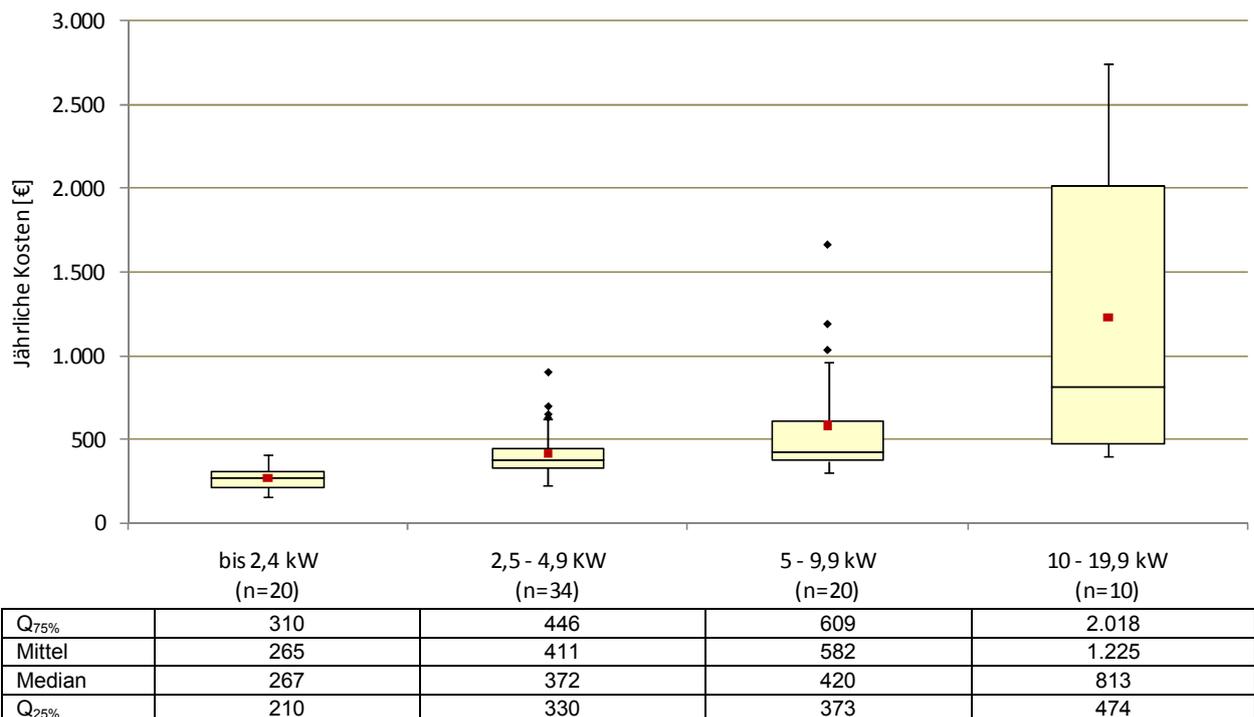


Abbildung 8-45: Betriebskosten Betreiber B

Die Verteilung der durchschnittlichen Betriebskosten auf Strom, Reinigung, Wartung Personal und Fernwirkanlage in den einzelnen PW-Klassen zeigt Abbildung 8-46.

Es ist eine sehr deutliche Erhöhung der Stromkostenanteile mit steigender installierter Pumpenleistung auffällig. Diese betragen bei der PW-Klasse bis 2,4 kW ca 10% und steigen bis zur PW-Klasse 10 – 19,9 kW auf ca. 50% der Betriebskosten.

Die Kosten für die Wartung der Pumpwerke erhöhen sich von der ersten bis zur vierten PW-Klasse um den Faktor 3,5.

Bei Betrachtung der Reinigungskosten zeigt sich zwar eine Verdoppelung der Kosten von Abwasserpumpwerken mit einer Leistung bis 2,4 kW und jenen mit 10 - 19,9 kW, was aber gegenüber der Steigerung der Stromkosten und Wartungskosten recht konstant erscheint. Dies gilt auch für den Kostenanteil der Fernwirkanlage.

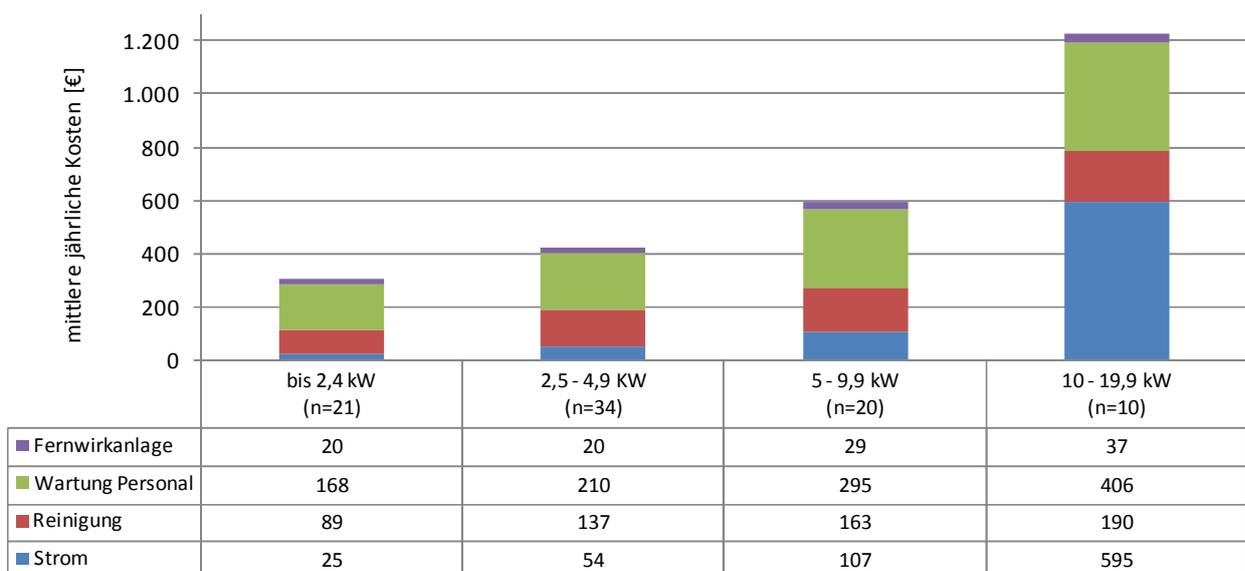


Abbildung 8-46: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber B

Zum Vergleich mit den anderen Betreibern wird hier weiters auch eine Darstellung der Auswertung ohne Stromkostenanteile gezeigt. In Abbildung 8-47 sind die Anteile der Betriebskosten ohne Strom dargestellt. Der Mittelwert der 84 Pumpstationen ergibt 410 € Betriebskosten pro Jahr. 60% davon fallen auf das Personal für die Wartung, 34 % auf die Reinigung durch die Fremdfirma und 6% auf die Fernüberwachung.

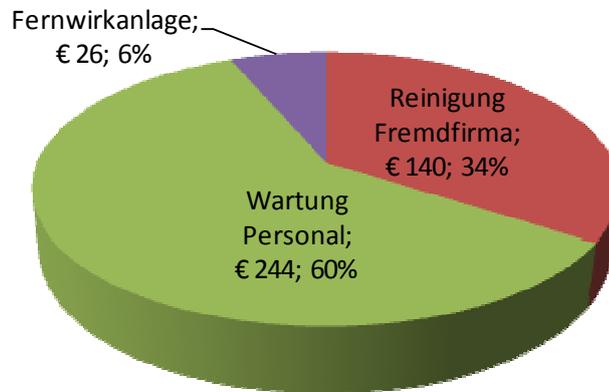


Abbildung 8-47: Anteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber B (n = 84; Gesamt: € 410)

Die Datenreihen innerhalb der unterschiedlichen PW-Klassen sind in Abbildung 8-48 ersichtlich. Die Verteilung zeigt ähnliche Charakteristiken wie zuvor inkl. Stromkosten. Der Median liegt im Bereich von 240 € bis 460 € pro Jahr. Der Mittelwert entfernt sich mit steigender Pumpenleistung vom Median nach oben, da die Spanne nach oben hier auch zunimmt.

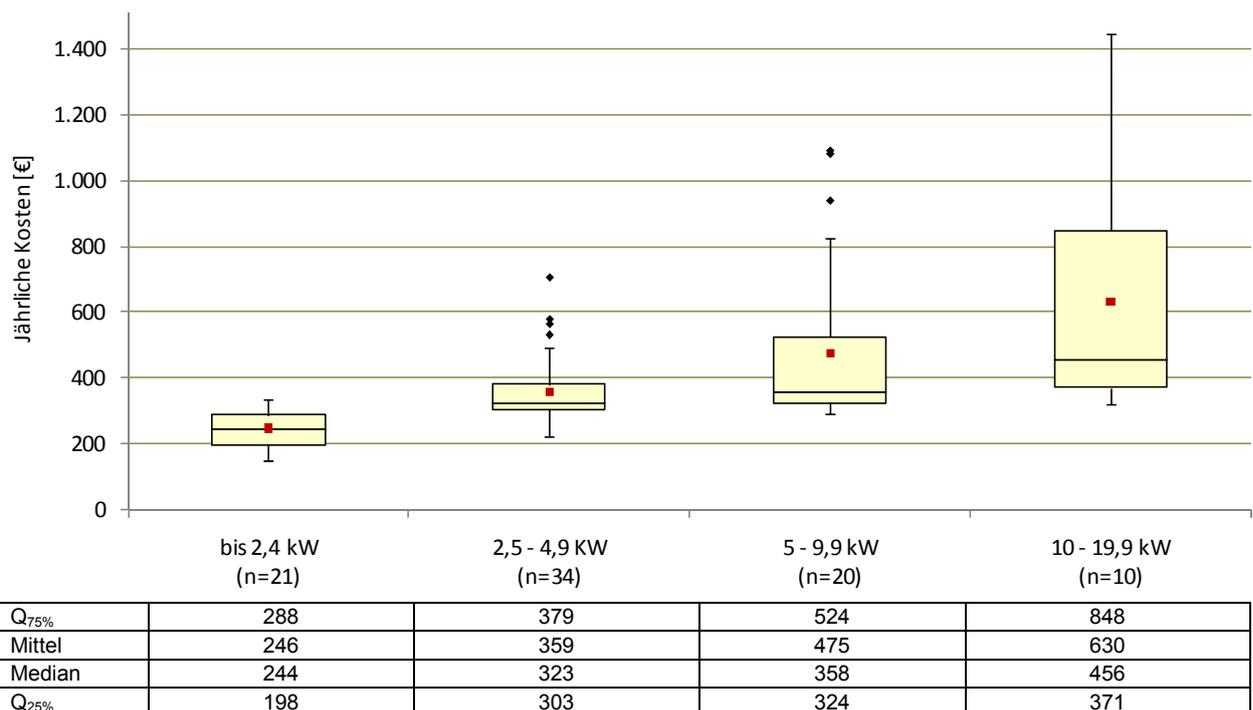


Abbildung 8-48: Betriebskosten ohne Strom - Betreiber B

Die Kostenanteilsverteilung der jeweiligen PW-Klassen-Mittelwerte zeigt Abbildung 8-49.

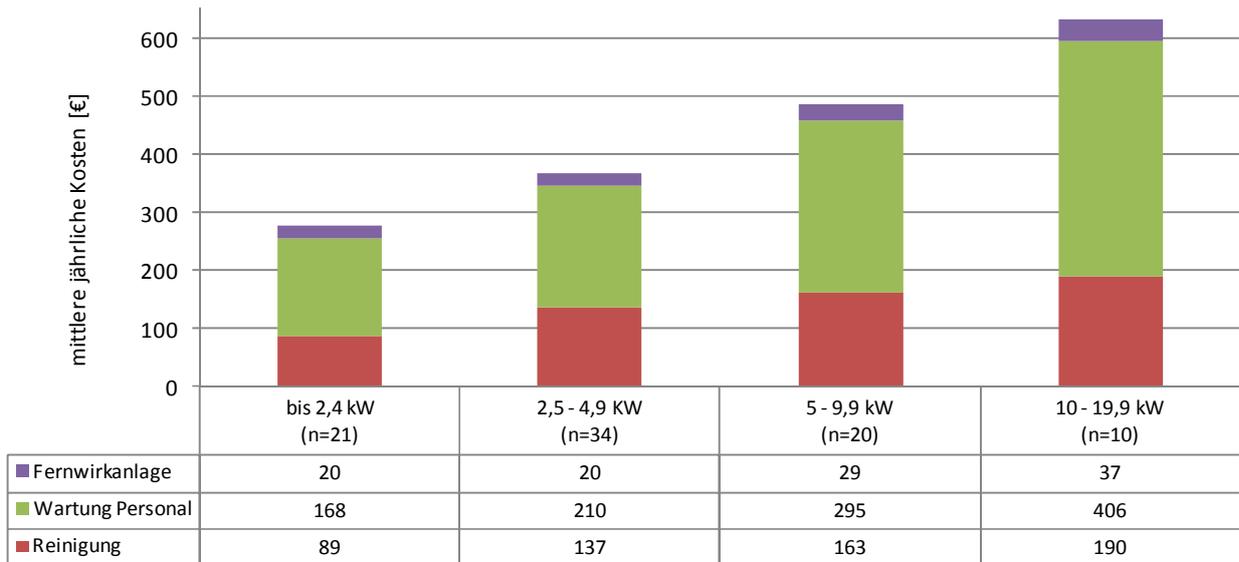


Abbildung 8-49: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber B

8.5.3 Betreiber C

Von Betreiber C konnte von 274 der ca. 330 Pumpstationen eine detaillierte Auswertung der Abrechnungsaufzeichnungen durchgeführt werden. Diese Aufzeichnung beinhaltet sämtliche Kosten der einzelnen Pumpstationen als eigene Kostenstellen. Die Kostenart „Fernwirkanlage“ wurde zusätzlich durch die Aufteilung aller anfallenden Kosten der Fernwirkanlage auf die eingebundenen Pumpstationen ermittelt. Die Gesamtkosten werden somit in folgende Kostenarten unterteilt.

- Wartung Personal (Personalkosten)
- Reinigung (durch Fremdfirma)
- Strom (Energiekosten)
- Zusätzliche Kosten (Leistungen von Dritte, Pumpenerneuerungen, Schaltkastenerneuerung, Kleinmaterial)

In der Kostenstelle „Zusätzliche Kosten“ werden also auch Kapitalkosten durch die Neuanschaffung von Pumpen oder Schaltschränken miterfasst. Die prozentuelle Aufteilung des Mittelwertes der unterschiedlichen Kostenarten ist in Abbildung 8-50 dargestellt.

Der Durchschnitt aller Aufzeichnungen über 4 Jahre von 274 Pumpstationen ergibt einen Gesamtbetrag von 1080 € pro Jahr. 28% dieser Kosten fallen auf die Position „Zusätzliche Kosten“, 26% auf „Strom“, 25% auf „Wartung Personal“ und 19% auf die Position „Reinigung Fremdfirma“.

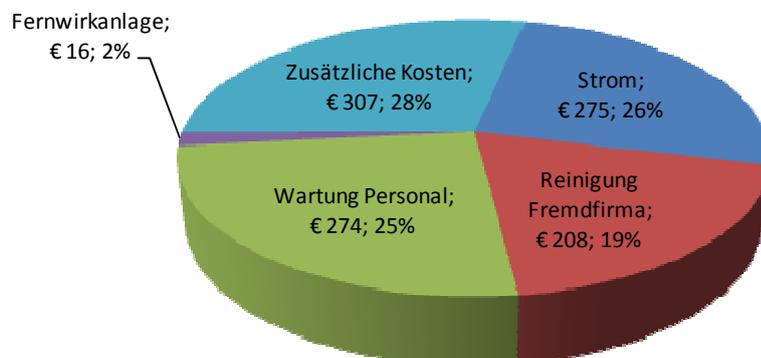


Abbildung 8-50: Anteile der Gesamtkosten – Betreiber C (n = 274; Gesamt: € 1080)

Von 159 Pumpstationen waren alle Informationen vorhanden, um diese in der in Abbildung 8-51 gezeigten Auswertung bezüglich der Unterscheidung in unterschiedliche PW- Klassen einzubeziehen. Der Median liegt im Bereich von 330 € pro Jahr und PW in der Klasse bis 2,4 kW installierter Pumpenleistung und 2020 € pro Jahr und PW in der Klasse 10 – 19,9 kW. Der Mittelwert liegt aufgrund einer schiefen Verteilung im Bereich höherer Kosten immer darüber und beträgt ca. 550 € bei der untersten PW-Klasse bzw. ca. 2820 € pro Jahr bei der obersten Klasse.

Die Spanne befindet sich mit Ausnahme von Ausreißern bei PW bis 5 kW gleichbleibend im Bereich von 100 € bis 1800 € Gesamtkosten pro Jahr. Bis 20 kW installierter Pumpenleistung sind Gesamtkosten bis ca. 6000 € pro Jahr möglich.

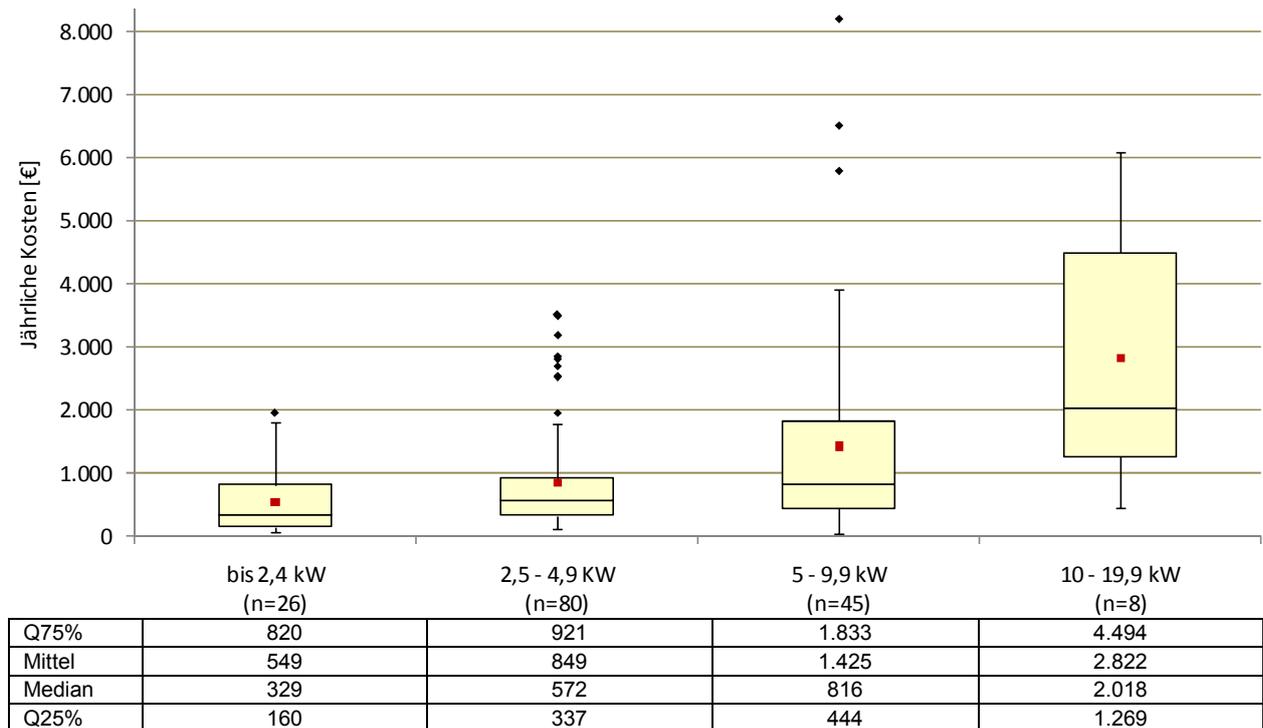


Abbildung 8-51: Gesamtkosten – Betreiber C

Die Kostenartenverteilung des Mittelwertes der Gesamtkosten innerhalb der unterschiedlichen PW-Klassen zeigt Abbildung 8-52.

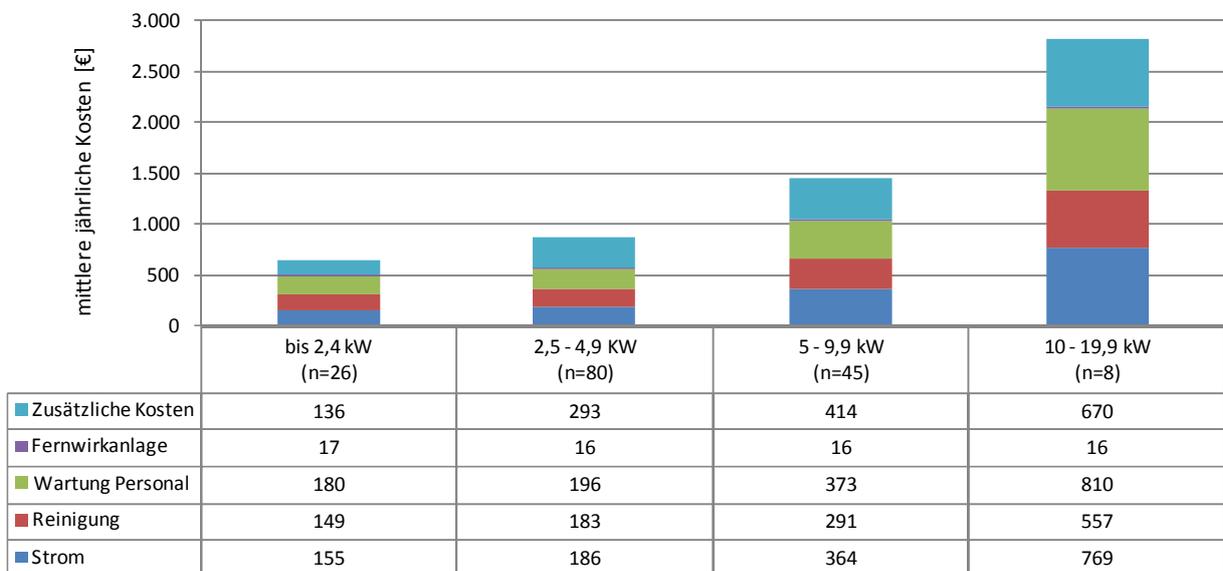


Abbildung 8-52: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten inkl. Zusatzkosten – Betreiber C

Zur Vergleichbarkeit mit den anderen Betreibern wird die Position der „Zusatzkosten“ für die weiteren Betrachtungen vernachlässigt. Als Mittelwert der 274 Pumpstationen ergeben sich Betriebskosten von 773 € pro Jahr. Die Aufteilung dieser Kosten in die unterschiedlichen Kostenarten zeigt Abbildung 8-53.

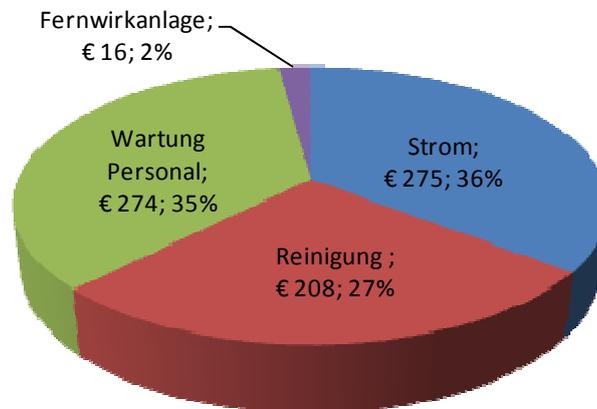
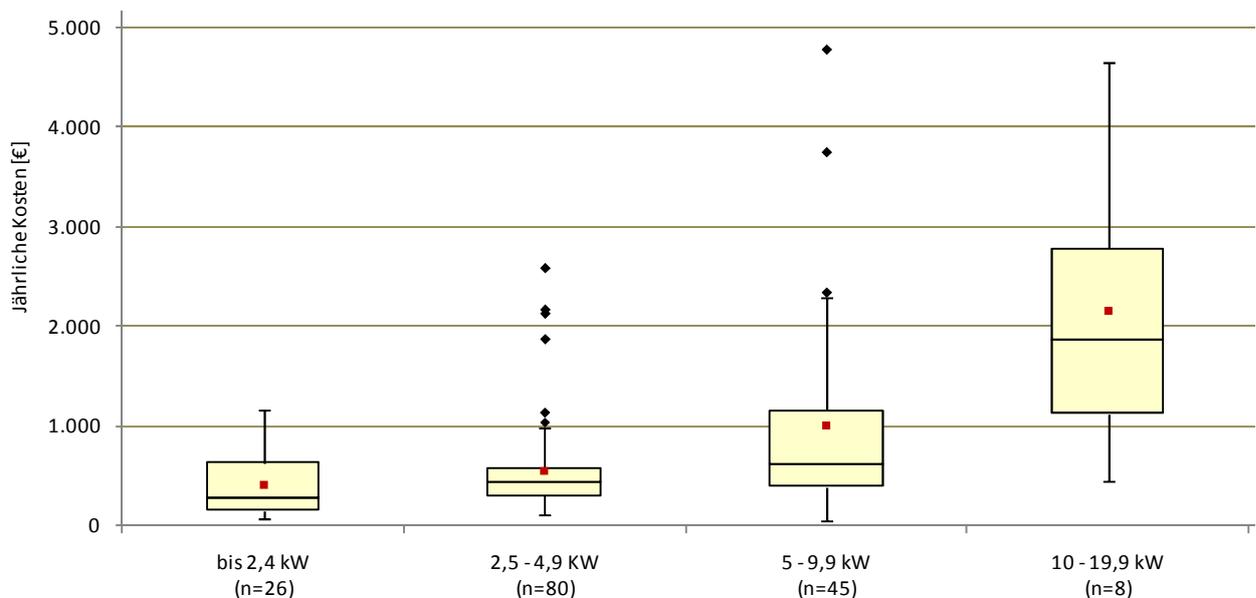


Abbildung 8-53: Anteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber C (n = 274; Gesamt: € 773)

Die Datenreihen der Betriebskosten innerhalb der unterschiedlichen PW-Klassen zeigt Abbildung 8-54.



Kategorie	bis 2,4 kW (n=26)	2,5 - 4,9 kW (n=80)	5 - 9,9 kW (n=45)	10 - 19,9 kW (n=8)
Q _{75%}	638	584	1.155	2.783
Mittel	413	556	1.011	2.152
Median	280	443	626	1.858
Q _{25%}	157	311	398	1.131

Abbildung 8-54: Betriebskosten – Betreiber C

Die Kostenartenverteilung des Mittelwertes der Betriebskosten innerhalb der unterschiedlichen PW-Klassen zeigt Abbildung 8-55.

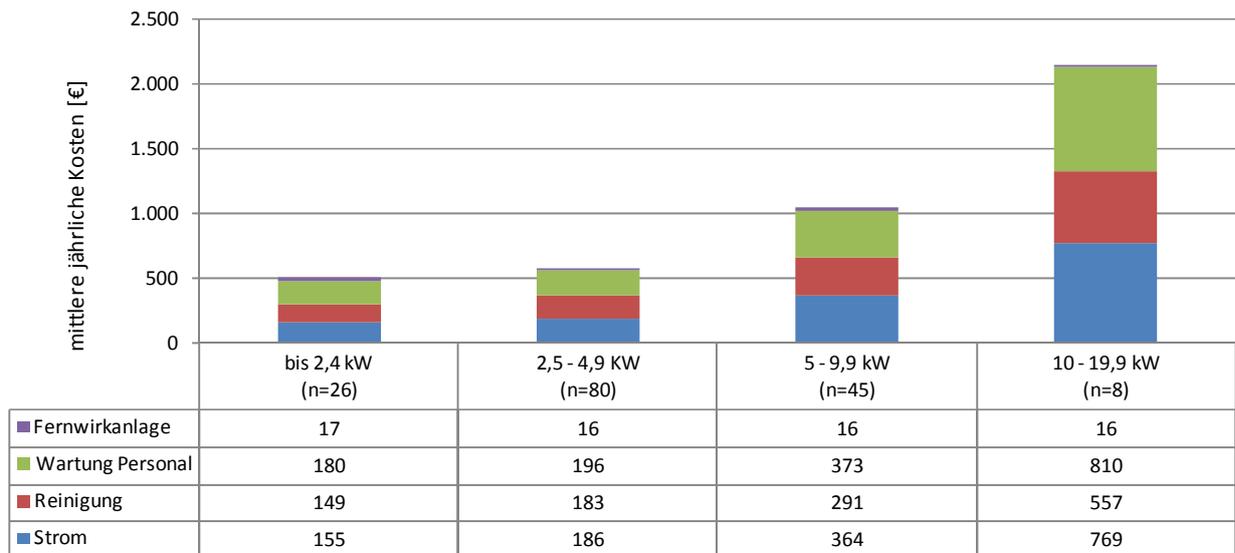


Abbildung 8-55: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber C

Weiters wird auch der Stromkostenanteil vernachlässigt. Die Betriebskostenanteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom wird in Abbildung 8-56 dargestellt. Im Durchschnitt über die 274 Pumpstationen ergeben sich 498 € Betriebskosten ohne Strom. Die Kosten fallen zu 55% auf die Wartung, zu 42% auf die Reinigung und zu 3% auf die Fernwirkanlage.

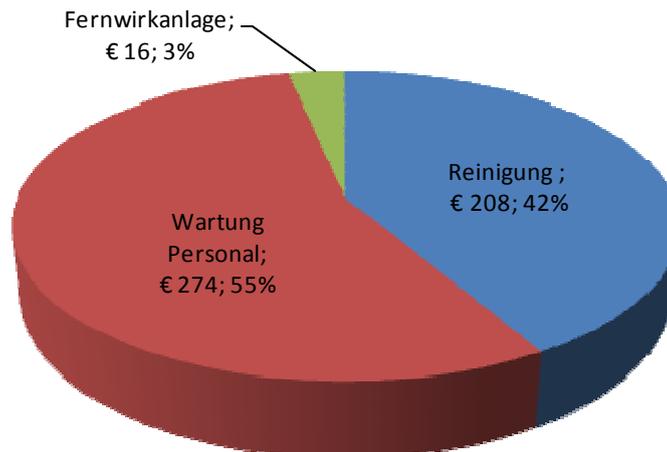


Abbildung 8-56: Anteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber C (n = 274; Gesamt: € 498)

Wie sich diese Kosten bei den unterschiedlichen PW-Klassen darstellt, zeigt Abbildung 8-57. Der Median liegt hier bei 250 € bis 430 € bis 10 kW installierter Pumpenleistung und bei 1170 € bis 20 kW. Die Charakteristik der Verteilung und die Streuung gestalten sich wie zuvor.

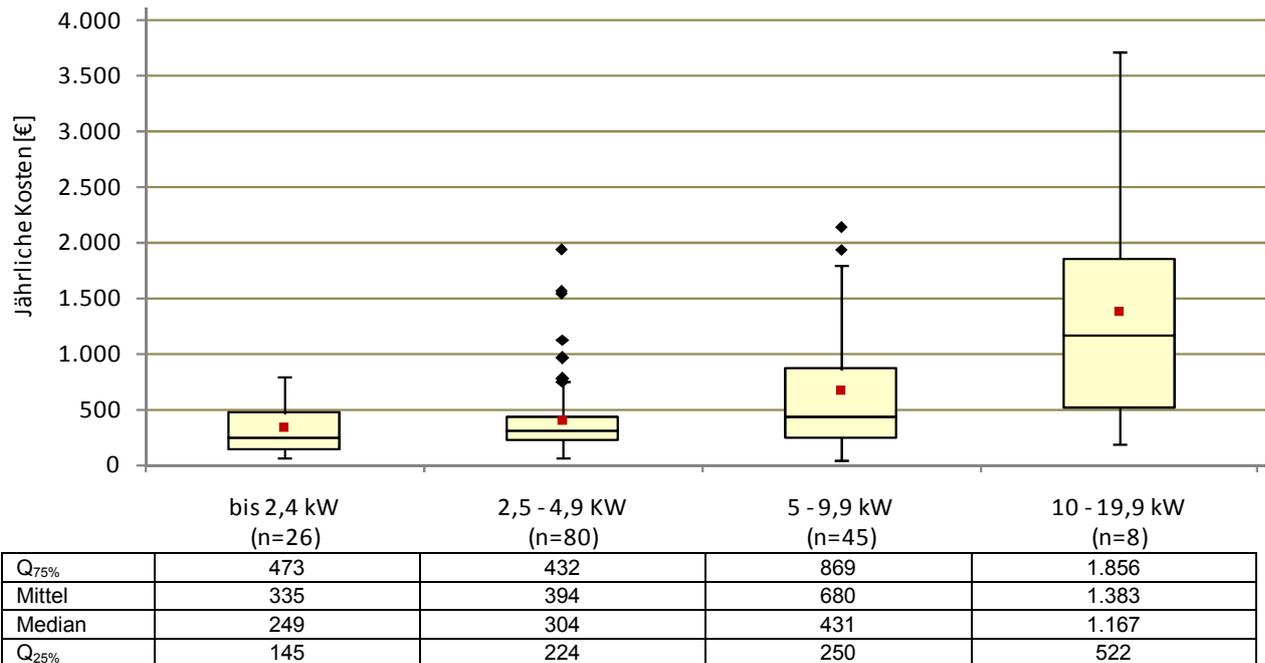


Abbildung 8-57: Betriebskosten ohne Strom – Betreiber C

Die Kostenartenverteilung des Mittelwertes der Betriebskosten ohne Strom innerhalb der unterschiedlichen PW-Klassen zeigt Abbildung 8-58.

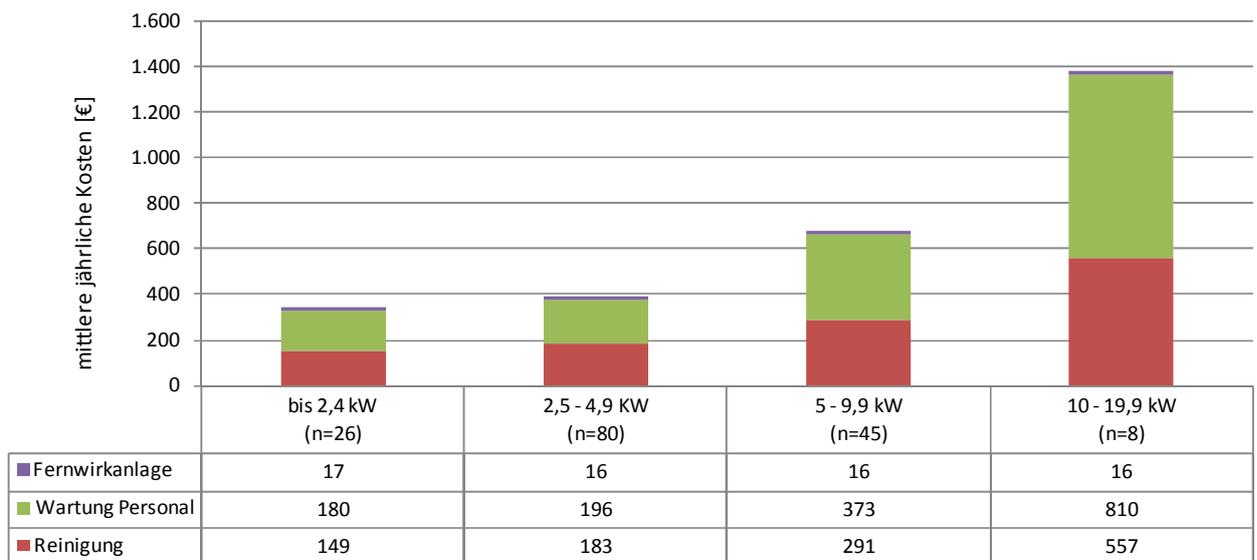


Abbildung 8-58: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber C

8.5.4 Vergleich der untersuchten Betreiber

Die Unterschiede bei den untersuchten Betreibern werden in Abbildung 8-59 bis Abbildung 8-61 dargestellt. Dabei werden die Stromkosten sowie die „zusätzliche Kosten“ von Betreiber C nicht berücksichtigt. Betreiber D, bei dem keine detaillierte Auswertung möglich war, wurde aufgrund mündlicher Angaben hinzugefügt. Der mittlere Zeitaufwand von 10 h/a bei den kleinen Pumpstationen und 120 bzw. 150 h/a bei den Hauptpumpwerken wurde mit einem Stundensatz von 32 € multipliziert.

Zur korrekten Interpretation des Vergleiches, wird hier auf die in Kapitel 8.3.2 bereits erwähnte Unsicherheit der von Betreiber B verwendeten Datengrundlage hingewiesen. Da hier nicht Abrechnungsaufzeichnungen wie bei Betreiber A und C, sondern Wartungsaufzeichnungen mit

in Frage zu stellenden Zeitangaben verwendet werden, könnte es sich tatsächlich um einiges höhere Betriebskosten handeln.

Bei der PW-Klasse bis 2,4 kW installierter Pumpenleistung befindet sich der Median von Betreiber B und C bei ca. 250 € und steigt bei 2,5 bis 4,9 kW auf ca. 320 € bzw. 300 € an. Betreiber D liegt hier mit dem Mittelwert in etwa im selben Bereich. Betreiber A liegt mit dem Median in diesen Klassen deutlich darüber bei ca. 490 € in der Klasse bis 2,4 kW bzw. bei ca. 810 € in der Klasse 2,5 bis 4,9 kW. Betreiber A weist außerdem eine deutlich höhere Spanne seiner Pumpstationen auf, was jedoch u.a. auf den geringen Stichprobenumfang zurückzuführen ist. Die Pumpstationen mit den geringsten jährlichen Betriebskosten sind bei Betreiber C zu finden.

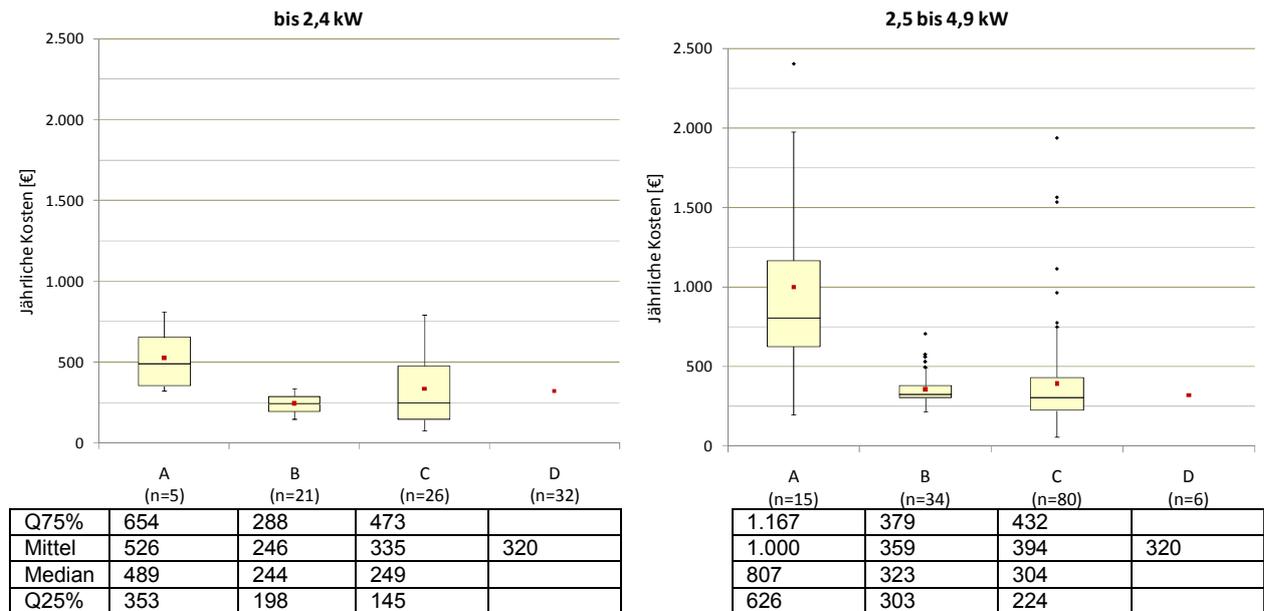


Abbildung 8-59: Kostenvergleich der PW-Klassen bis 2,4 kW und 2,5 bis 4,9 kW

In den Pumpwerksklassen 5 bis 9,9 kW und 10 bis 19,9 kW steigen die Kosten grundsätzlich an und die Streuung der Daten werden bei allen Betreibern größer. Ein Grund dafür ist u.a. der kleiner werdende Stichprobenumfang. Der Median liegt von Betreiber A bei ca. 910 € bzw. ca. 940 €, von Betreiber B bei ca. 360 € bzw. 460€ und von Betreiber C bei ca. 430 € bzw. 1170 €. Betreiber D bleibt aufgrund derselben Annahmen wie schon zuvor erwähnt unverändert bzw. wird bei der PW-Klasse von 10 bis 19,9 kW eine seiner 3 Hauptpumpwerke mit einem Arbeitsaufwand von geschätzten 120 Stunden zugefügt. Dieser Aufwand ergibt Betriebskosten von ca. 3.800 € pro Jahr.

Betreiber B weist in diesen PW-Klasse die dichteste Verteilung und die geringsten Werte des Median auf. Die Pumpstationen mit den geringsten Betriebskosten (unterer Whisker) sind wieder bei Betreiber C zu finden.

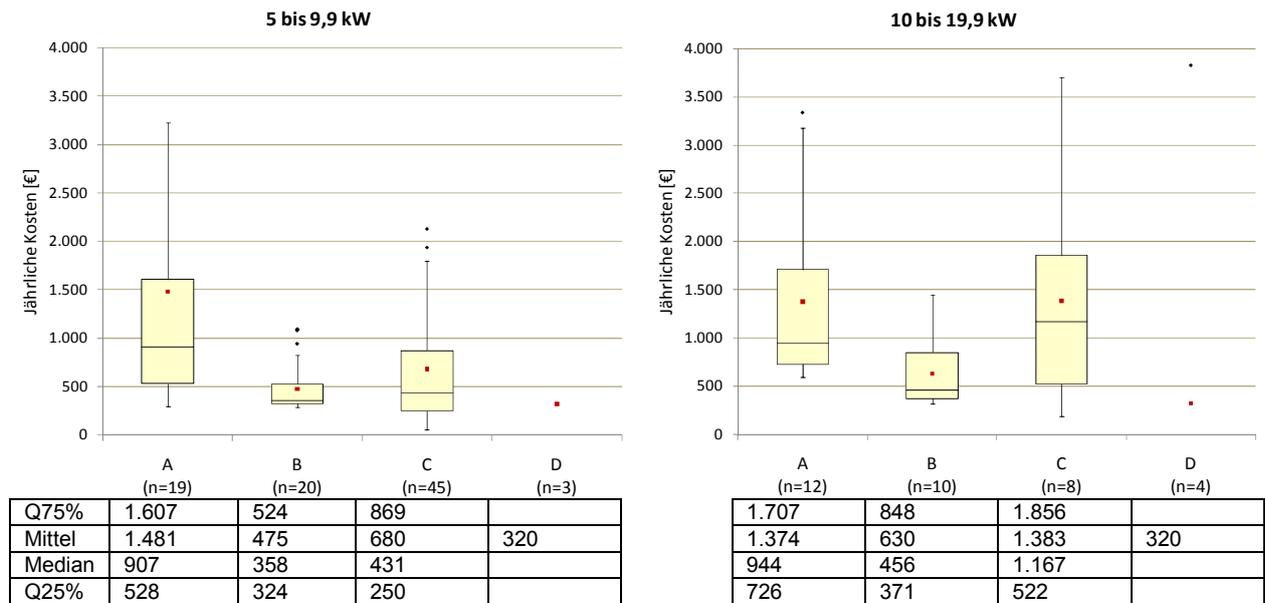


Abbildung 8-60: Kostenvergleich der PW-Klassen 5 bis 9,9 kW und 10 bis 19,9 kW

Die PW-Klassen von 20 bis 49,9 kW und von 50 bis 250 kW sind für den Vergleich nicht aussagekräftig, da hier nur sehr wenige Pumpstationen vorhanden sind. Zur Vollständigkeit werden diese jedoch auch dargestellt.

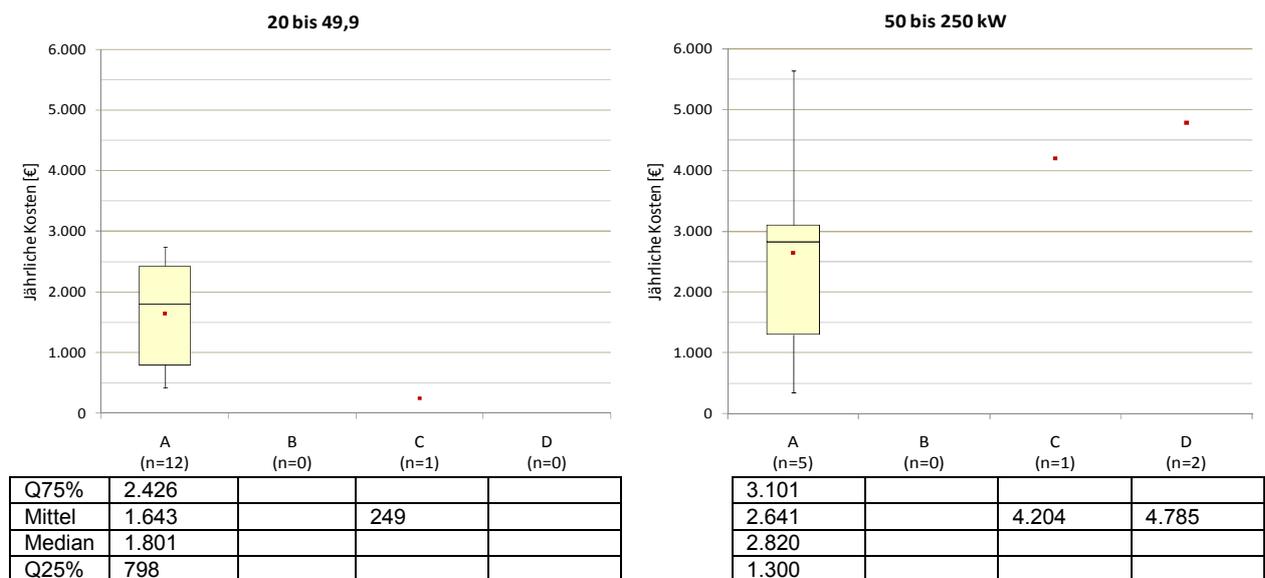
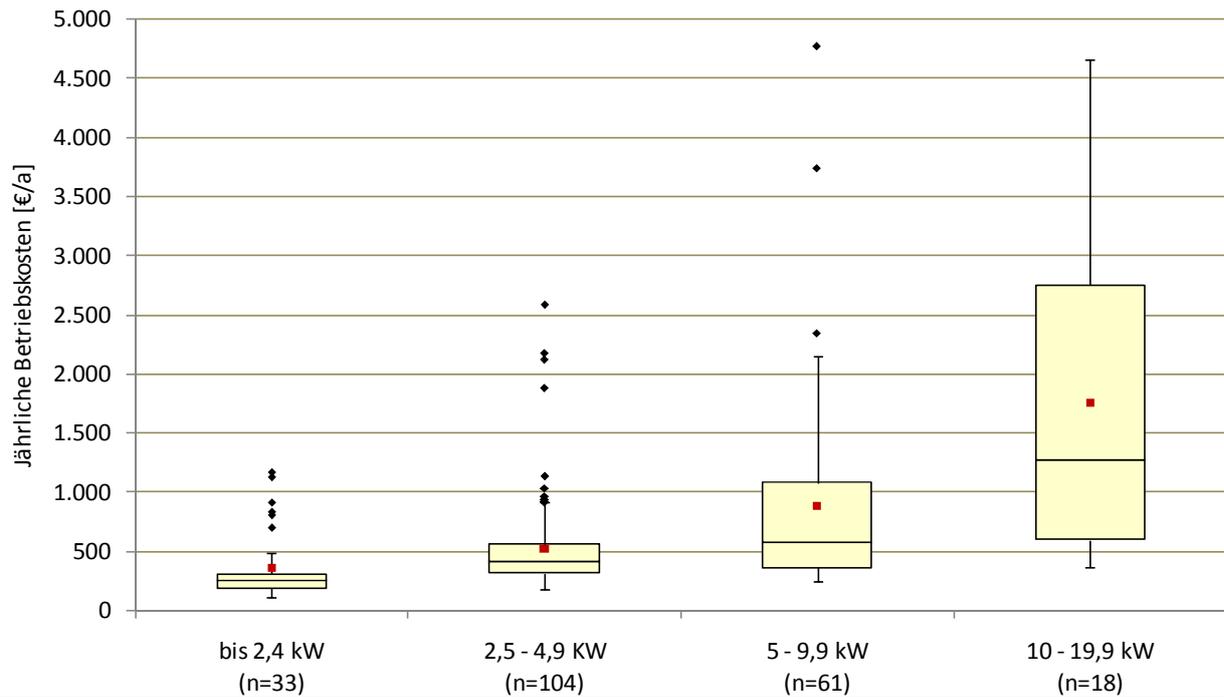


Abbildung 8-61: Kostenvergleich der PW-Klassen 20 bis 49,9 kW und 50 bis 250 kW

8.5.5 Auswertung aller Pumpstationen

Zur Darstellung der Betriebskosten inkl. Strom konnten die Daten von 216 PW herangezogen werden. Die Pumpwerksklassen über 20 kW werden hier nicht dargestellt, da der Stichprobenumfang hier nicht repräsentativ ist. Abbildung 8-62 zeigt die Box-Darstellung der Datenreihen der unterschiedlichen Pumpwerksklassen.

Es ist ein klarer Trend erkennbar, bei dem die jährlichen Betriebskosten mit höherer installierter Pumpenleistung ansteigen. Bei der Klasse bis 2,4 kW liegt der Median bei 249 € und steigt bis zur Klasse 10 – 19,9 kW auf 1267 € an. Verursacht durch Ausreißer, liegt der Mittelwert bei allen Klassen höher als der Median. Auch eine größere Streuung, sowohl des IQA als auch der gesamten Datenreihe innerhalb einer Klasse, ist mit steigender Pumpenleistung zu erkennen.

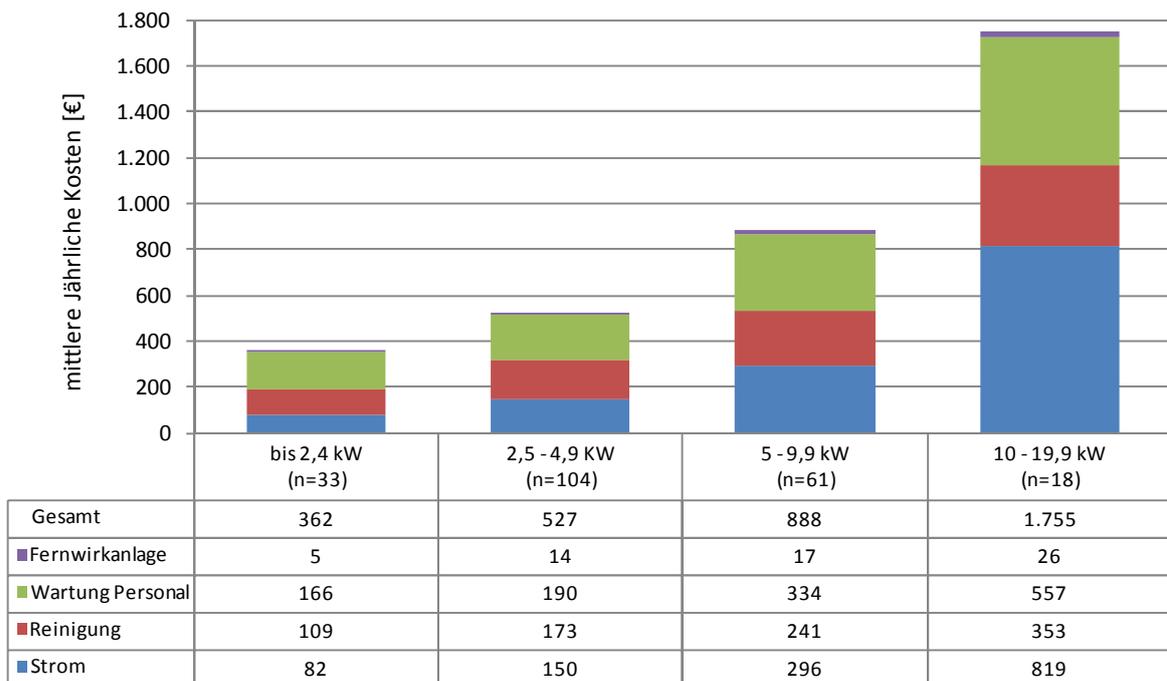


	bis 2,4 kW (n=33)	2,5 - 4,9 kW (n=104)	5 - 9,9 kW (n=61)	10 - 19,9 kW (n=18)
Q75%	308	555	1.084	2.751
Mittel	362	527	888	1.755
Median	249	412	572	1.267
Q25%	190	317	367	597

Abbildung 8-62: Jährliche Betriebskosten inkl. Strom

Die unterschiedlichen Kostenartenanteile zeigt Abbildung 8-63. Für diese Darstellung wurde der jeweilige Mittelwert herangezogen. Die Kostenart „Zusätzliche Kosten“, wie sie bei Betreiber C zu finden ist, wurde hier nicht mit einbezogen.

Es ist zu erkennen, dass die Energiekosten mit zunehmender installierter Pumpenleistung anteilmäßig ansteigen. So stellen diese bei der Klasse bis 2,4 kW nur 23% der Gesamtkosten dar, steigen bis zur Klasse 10 – 19,9 kW aber auf 47% der Gesamtkosten an.

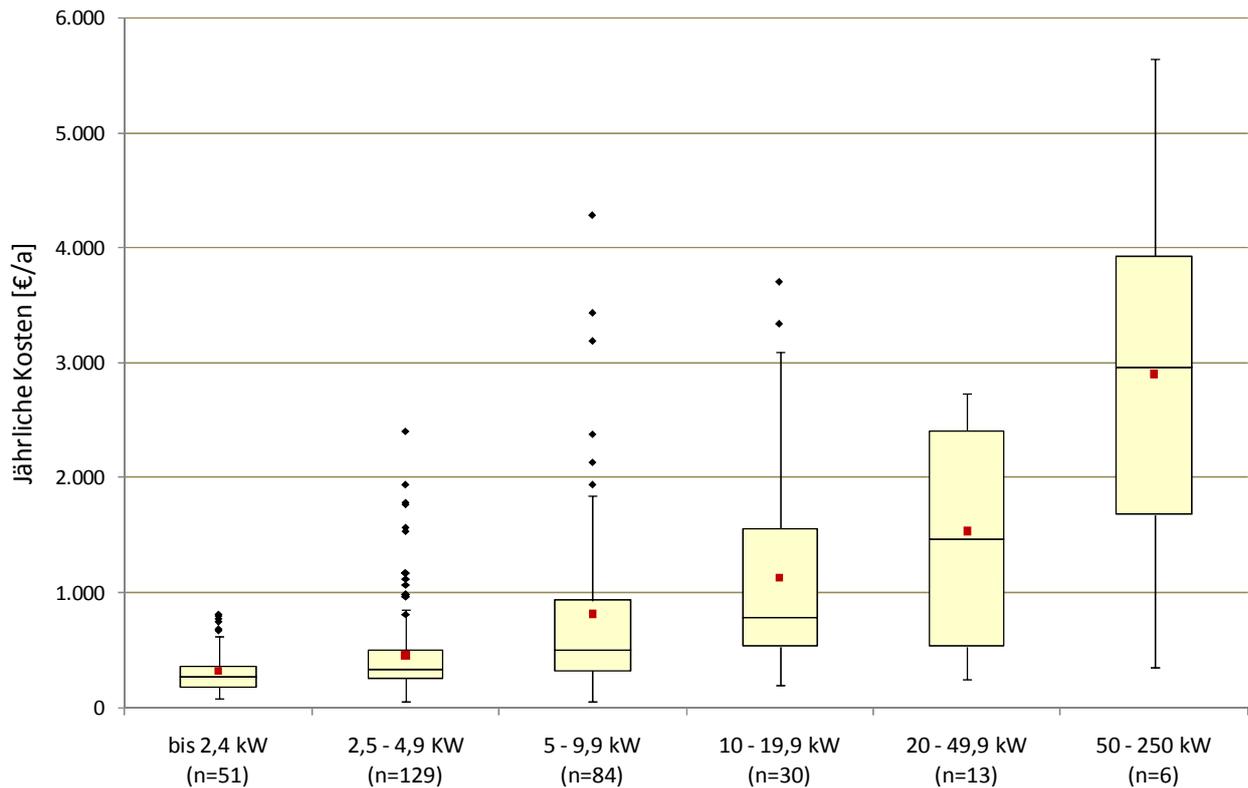


	bis 2,4 kW (n=33)	2,5 - 4,9 kW (n=104)	5 - 9,9 kW (n=61)	10 - 19,9 kW (n=18)
Gesamt	362	527	888	1.755
■ Fernwirkanlage	5	14	17	26
■ Wartung Personal	166	190	334	557
■ Reinigung	109	173	241	353
■ Strom	82	150	296	819

Abbildung 8-63: Kostenartenaufteilung inkl. Stromkosten

Da nicht bei allen PW die Energiekosten dokumentiert waren, wurde auch eine Auswertung ohne den Stromanteil durchgeführt, wodurch die Datenreihe vergrößert werden konnte. Abbildung 8-64 zeigt die Betriebskosten ohne Stromkosten der unterschiedenen Pumpwerksklassen. Die Datentabelle beschränkt sich mit den Angaben der Box-Werte (unteres Quantil, Median und oberes Quantil, sowie dem Mittelwert).

Mit Erhöhung der installierten Pumpenleistung ist eine Steigerung der Instandhaltungskosten pro Jahr erkennbar. Bei Pumpstationen bis 20 kW installierter Pumpenleistung liegt der Median zwischen 250€ und 800€. Der Mittelwert liegt hier immer darüber. Bei den oberen beiden PW-Klassen steigt der Median bzw. Mittelwert auf bis ca. 3000€ an.



Q75%	352	498	932	1.556	2.409	3.928
Mittel	319	455	812	1.129	1.536	2.901
Median	267	333	496	788	1.470	2.960
Q25%	148	235	284	495	533	1.680

Abbildung 8-64: Jährliche Betriebskosten ohne Strom

Aus welchen Kostenarten sich der Mittelwert zusammensetzt, zeigt Abbildung 8-65. Die Position „Fernwirkanlage“ beinhaltet jede Fernüberwachung, auch wenn es sich nur um eine Alarmierung handelt. Hier ist anzumerken, dass es innerhalb der Fallstudien keine Unterschiede zwischen größeren oder kleineren Pumpstationen gibt. Die steigenden Kosten der Fernwirkanlage bei steigender PW-Klasse ergeben sich rechnerisch durch Darstellung des Mittelwertes bei steigender Anzahl an PW mit Fernüberwachungs-Einrichtungen. Die Position Reinigung beinhaltet nur die Reinigung mittels Spülfahrzeug, ob Eigenleistung oder Fremdfirma.

Bis zu 50 kW teilen sich „Reinigung“ und „Wartung Personal“ den Gesamtbetrag. Die Kosten zur Fernüberwachung sind vernachlässigbar. Bei der letzten PW-Klasse steigt der Anteil der Wartungskosten gegenüber dem der Reinigung.

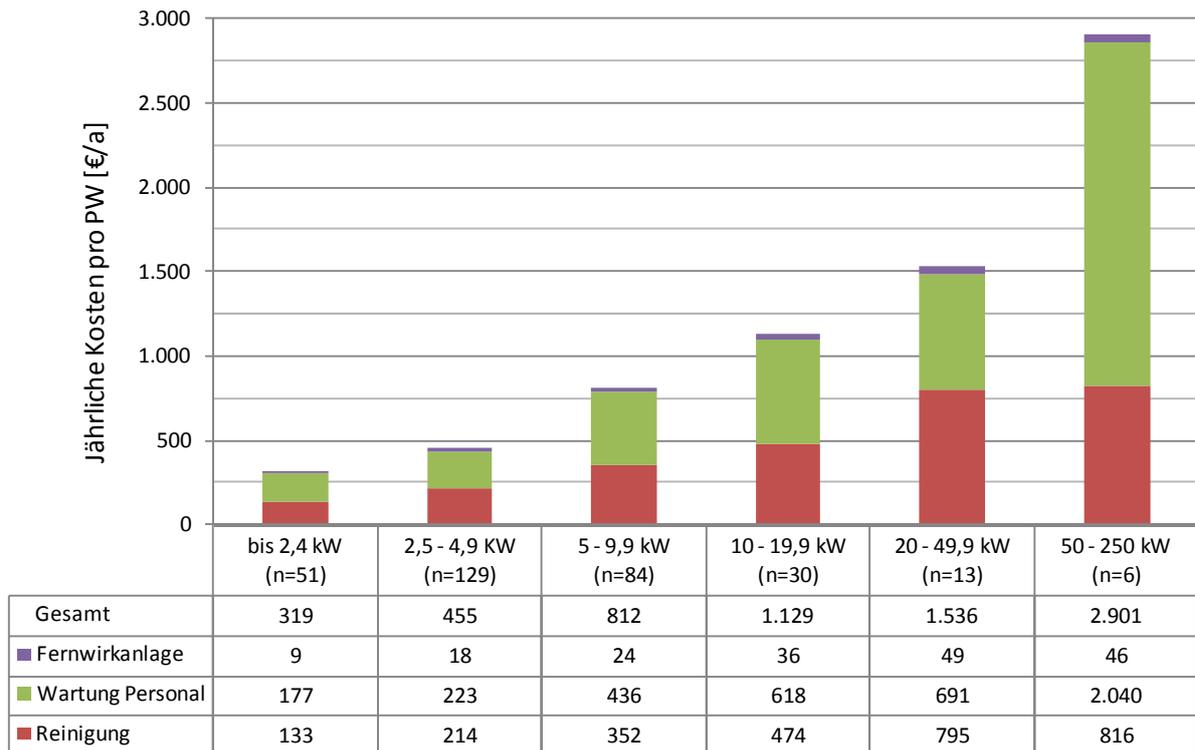


Abbildung 8-65: Kostenartenaufteilung ohne Stromkosten

8.5.6 Stromkosten

Die Stromkosten werden in diesem Kapitel noch einmal im Detail betrachtet. Zu den Grunddaten ist zu sagen, dass in den meisten Fällen direkt die Stromkosten vorlagen. In den Fällen, in denen nicht die Stromkosten sondern der Stromverbrauch aufgezeichnet war, wurde ein durchschnittlicher Netto-Strompreis für Österreichs Industrie laut STATISTIK AUSTRIA (2010) von 9 Cent/kWh angesetzt um die Daten vergleichbar zu machen. Dies entspricht auch in etwa dem von den Betreibern genannten Strompreis.

Abbildung 8-66 zeigt das Streudiagramm der Stromkosten aller 216 Pumpstationen. Es ist zu sehen, dass mit steigender installierter Pumpenleistung nicht unbedingt höhere Stromkosten entstehen.

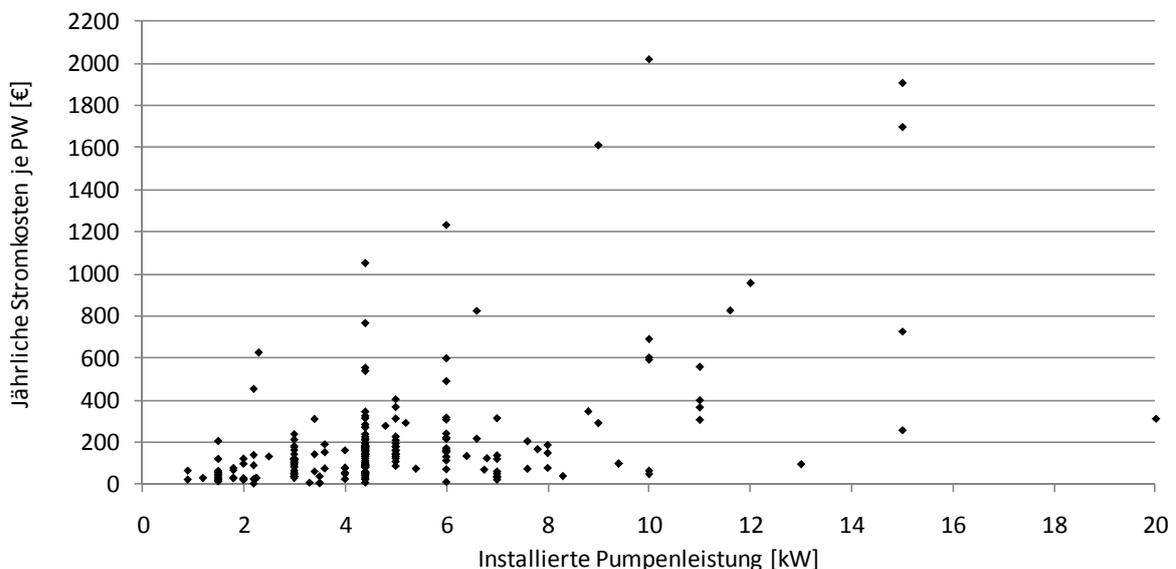


Abbildung 8-66: Streudiagramm der jährlichen Stromkosten pro PW (n = 216)

Der entsprechende Stromverbrauch wird in Abbildung 8-67 gezeigt.

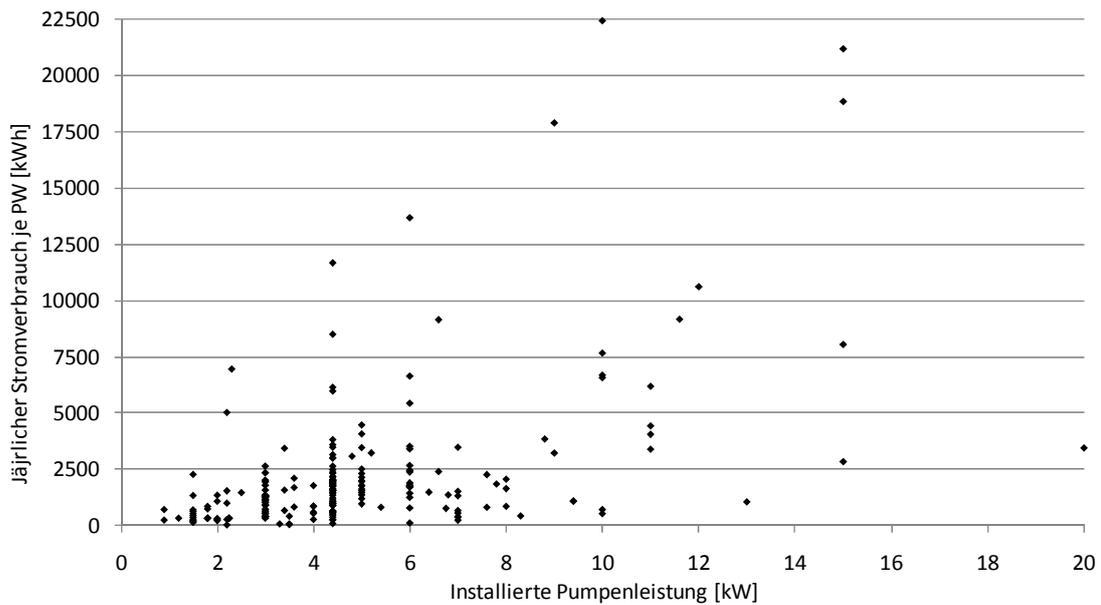
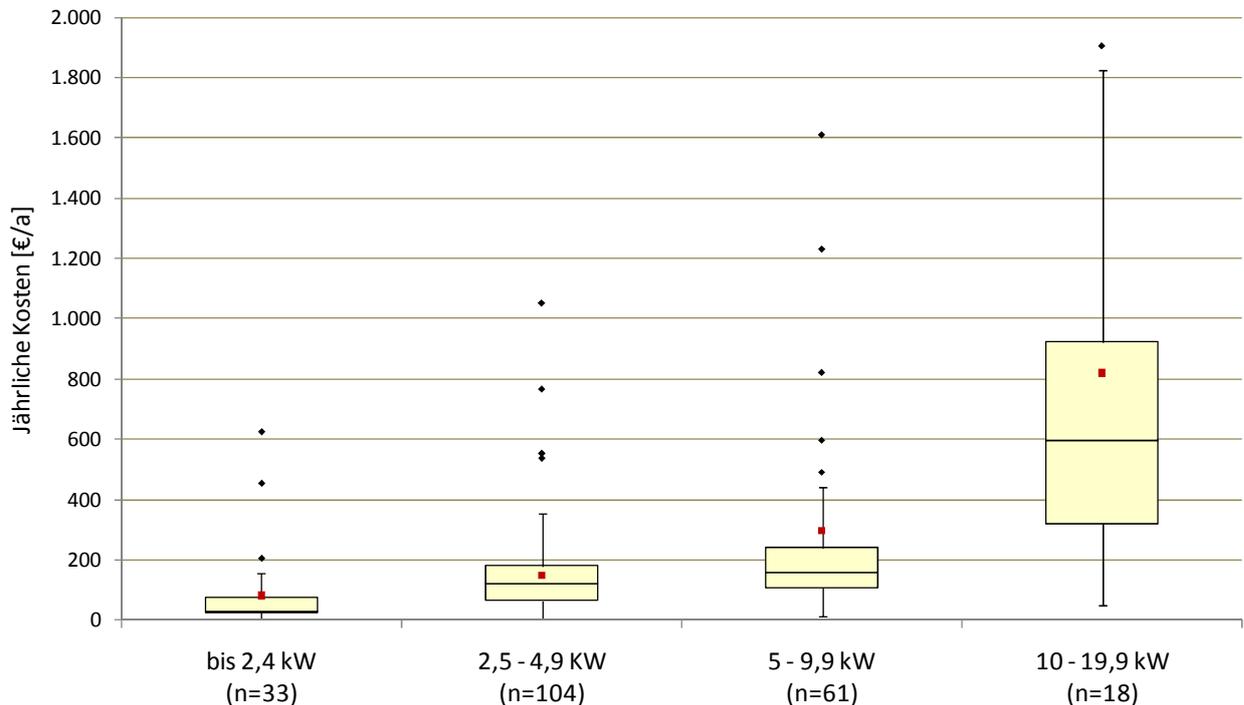


Abbildung 8-67: Streudiagramm des jährlichen Stromverbrauches pro PW (n = 216)

Abbildung 8-68 zeigt die Verteilung der Stromkosten innerhalb der unterschiedlichen PW-Klassen. Hier ist ein deutlicher Anstieg der Kosten bei steigender installierter Leistung zu erkennen. Der Median liegt im Bereich von ca. 30 € bei Pumpstationen bis 2,4 kW und ca. 600 € bei Stationen von 10 bis 19,9 kW installierter Pumpenleistung.



	bis 2,4 kW (n=33)	2,5 - 4,9 kW (n=104)	5 - 9,9 kW (n=61)	10 - 19,9 kW (n=18)
Q75%	77	181	241	923
Mittel	82	150	296	819
Median	31	121	159	596
Q25%	25	64	108	321

Abbildung 8-68: Mittlere Jährliche Stromkosten [€/a]

9. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

9.1 Dokumentation von Anlagendaten

Im Sinne der Instandhaltungspflicht des §50 WRG und der dafür notwendigen Erfassung, Abbildung und Dokumentation der Anlagenteile der Wasserver- und Abwasserentsorgung, wird an dieser Stelle der Appell angebracht, eine entsprechende Dokumentation der Pumpstationen zu führen.

Aufgrund der in dieser Arbeit gemachten Erfahrungen mit der Datenauswertung und dem Versuch des Vergleiches von Pumpstationen wird hier kurz angeführt, welche Daten bei der Dokumentation der technischen Grundausrüstung von Pumpstationen angegeben werden sollten.

- Name der Station (eventuell Nummerierung)
- Lageinformation (Adresse und Koordinaten)
- Baujahr der Station
- Angeschlossene EW
- Anzahl der eingebauten Pumpen mit Aufstellungsart (nass oder trocken)
- Pumpenkenndaten der einzelnen Pumpen (Leistung, Fördermenge, Einbaudatum)
- Beschreibung der zusätzlichen technischen Ausrüstung (Rührwerke, Belüftung, Fernwirkeinrichtung etc.)

Zusätzlich sollten die Pläne der Pumpwerke vom Planer an den Betreiber weitergegeben und gespeichert werden.

9.2 Zweckmäßige technische Ausstattung von Pumpstationen

Basierend auf den Auswertungen bzw. Befragungen der vier Betreiber zu zweckmäßigen technischen Einrichtungen von Abwasser-Pumpstationen (APS), sowie unter Einbeziehung von Angaben in der Literatur, können folgende Punkte zusammengefasst werden:

- Vor Pumpstationen angeordnete Schotter- bzw. Sandfänge können dazu beitragen, besonders bei Erwartung eines erhöhten Anteils an Feststoffen insbesondere bei Mischsystemen, Abnutzungserscheinungen an Pumpen sowie Verstopfungen vorzubeugen. Betreiber A hat diese vermehrt in Verwendung und ist damit sehr zufrieden.
- Rührwerke im Pumpensumpf sind bei den untersuchten Betreibern kaum im Einsatz. Aufgrund erhöhter Störanfälligkeit wurden diese bei einem Defekt oft ausgebaut und nicht mehr in Betrieb genommen.
- Ein einheitlicher Schaltkastenaufbau vereinfacht und erleichtert besonders beim Betrieb von vielen Pumpstationen die Kontrolle, Wartung, Störfallfindung, Reparatur, etc. für das Betriebspersonal. Bei Neuerrichtung der elektrischen Anlagen von PW sollte darauf geachtet werden.
- Die Verwendung von einheitlichen Pumpen bei APS wird empfohlen um einen Pumpenaustausch zu vereinfachen bzw. den Ersatzteilbestand gering zu halten.

- Pumpen mit einem Einkanalrad als Laufrad können schon nach geringer Abnutzung zu vermehrten Verstopfungen neigen. Durch den Ersatz mit Freistromrädern konnte lt. Angaben mehrerer Betreiber, die Verstopfungshäufigkeit merkbar reduziert werden. Daher ist den Freistromrädern trotz geringerem Wirkungsgrad der Vorzug gegenüber Einkanalrädern zu geben. Bezüglich der Verstopfungsanfälligkeit anderer Laufradtypen kann keine Aussage gemacht werden.
- Schneidwerkzeuge sind bei den Pumpen der untersuchten Betreiber nur vereinzelt in Betrieb. Eine Untersuchung über die Wirksamkeit und Zweckmäßigkeit von Schneidlaufrädern konnte in diesem Projekt nicht durchgeführt werden.
- Aus der Literaturstudie geht hervor, dass trocken aufgestellten Pumpen verglichen mit nass aufgestellten Pumpen wartungs- und bedienungsfreundlicher sind. Die 4 untersuchten Betreiber haben mit Ausnahme einiger Hauptpumpstationen und einzelner anderer Pumpstationen, nass aufgestellte Pumpen. Das zeigt, dass Pumpstationen die im Entsorgungsnetz eine übergeordnete Rolle spielen und deshalb öfter kontrolliert werden, gerne mit trocken aufgestellten Pumpen ausgestattet werden. Über betriebswirtschaftliche Vorteile kann keine Aussage getroffen werden.
- Bezüglich dem Einbau von Wartungspodesten im Pumpensumpf einer APS können keine Empfehlungen für oder wider gegeben werden. Betreiber B hat diese vermehrt im Einsatz und ist damit sehr zufrieden. Betreiber C hat diese aufgrund der Gefahr von Verlegungen bei Überflutung bewusst nicht im Einsatz, und ist auch damit sehr zufrieden.
- Eine Fernüberwachung ist besonders bei Pumpstationen mittlerer und übergeordneter Bedeutung im Entsorgungsnetz eine nicht mehr wegzudenkende Einrichtung um auf Störmeldungen rasch reagieren zu können, und so die Entsorgungssicherheit zu gewährleisten und in weiterer Folge den Gewässerschutz zu sichern. Weiters bietet eine Fernüberwachung durch Kenntnis des Ist-Zustandes von Pumpstationen die Möglichkeit einer zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie.
- Durch zusätzliche Ausrüstung von SPS Bauteilen unter Einbindung einer entsprechenden Software, kann die Möglichkeit zur Fernwirkung geschaffen werden. Aufgrund der dadurch entstehenden Möglichkeiten der Fernwartung und wegen der immer günstiger werdenden Anschaffungs- und Erhaltungskosten solcher Systeme durch die rasche Entwicklung der Nachrichtentechnik in den letzten Jahren, sollte ein solcher Einsatz in Erwägung gezogen werden.
- Beim Betrieb einer Fernwirkanlage sollte auch die Möglichkeit bestehen, den Motorschutzschalter quittieren zu können, wie es derzeit Betreiber A in Verwendung hat. Laut dessen Erfahrungen konnten dadurch Fahrten zu den einzelnen APS eingespart werden, was wiederum Zeit und damit Kosten spart.

9.3 Dokumentation und Nutzung von Betriebsdaten

9.3.1 Allgemeines

Oft werden Aufzeichnungen von Wartungstätigkeiten nur für die Kostenverrechnungsstelle verwendet. Aber auch für den Betrieb und die Instandhaltung sind diese Aufzeichnungen von Interesse. Zu einer sinnvollen Kommunikation und Vernetzung, bzw. der Weitergabe von Betriebsdaten der einzelnen Stellen eines Betriebes wird hier geraten.

Über die Möglichkeit einer digitalen Erfassung von Instandhaltungstätigkeiten und Arbeitszeiten sollte nachgedacht werden. Die nachträgliche Digitalisierung von handschriftlich geführten Wartungsprotokollen oder –heften zur besseren Auswertung scheitert lt. Angaben der Betreiber an zu geringen freien Kapazitäten.

Als mögliches Beispiel eines Kontroll- und Reinigungsblattes wird in Abbildung 9-1 der Vorschlag des AMTES DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2010) dargestellt.

Kontroll- und Reinigungsblatt PUMPWERK											
Gemeinde/Verband				Jahr							
Pumpwerk				Strang				Blatt			
Technische Daten											
Betriebsstunden											
					Pumpenlauf	Stromaufnahme	Steuerung, Alarm	Rückschlagklappe	Schwimmstoffe	Ablagerungen	
Datum	Pumpe 1	Pumpe 2	Pumpe 3	Summe	1	2	3	4	5	6	Anmerkung
Unterschrift										Datum	

Abbildung 9-1: Kontroll- und Reinigungsblatt Pumpwerke (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 2010)

Aus diesem Kontroll- und Reinigungsblatt, aber auch durch die Untersuchungen der Fallstudien ist ersichtlich, dass Aufzeichnungen von Betriebsstunden von Pumpen und der dazugehörigen Stromverbrauchszahlen eine einfache Weise darstellen, um durch deren Gegenüberstellung auf Probleme schließen zu können.

Auch wenn Stromkosten z.B. bei Gemeindepumpwerken nicht über den Betreiber (Abwasserverband oder Reinhaltverband) abgerechnet werden, sollte der Stromverbrauch zur möglichen Auswertung vom Betreiber dokumentiert werden.

9.3.2 Störungen

Bei der Auswertung der Arten von Pumpwerksstörungen (siehe 8.4) wurden die vorhandenen Datensätze der Betreiber in folgende Haupt- bzw. Unterkategorien zusammengefasst:

- Störung Allgemein
- Störung Niveaumessung
- Verstopfung / Verzopfung
- E-Technik-Störung
 - E-Technik Allgemein
 - Strom- / Spannungsausfall
 - Funk- / SPS Störung
 - Störung FI / Motorschutz
 - Störung Thermo

Durch diese Kategorisierung wurde versucht alle vorhandenen Störfälle gleicher Art in Gruppen zusammenzufassen. Aufgrund unterschiedlichster Störfallbezeichnungen ist dies nicht immer gelungen. Um diese Kategorisierung weiter empfehlen zu können, muss diese noch hinsichtlich der Mängel zur eindeutigen Störfallzuordnung verbessert werden.

Angelehnt an den ÖWAV Arbeitsbehelf 37 (2010) sollten Stör- bzw. Schadensfälle zur weiteren möglichen Auswertung den folgenden Bereichen zugeordnet werden:

- Bau und betriebliche Einrichtung
 - Bauliche Schäden
 - Verstopfung / Verzopfung
- Maschinelle Ausrüstung (MA)
 - Pumpe
 - Verrohrung inkl. Armaturen
 - Event. Belüftung, Mischer, Rührwerk
 - Event. mechanische Reinigung (Rechen, Sand- und Schotterfang)
- Elektrotechnische und messtechnische Ausrüstung (EMSR)
 - Schaltanlage (Schaltschrank, Verteiler)
 - E-Installation
 - Messtechnik (Niveaumessung, MID,...)
 - Steuerung-Leitsystem

Vergleicht man diesen Vorschlag mit der verwendeten Unterteilung, sind einige Parallelen aber auch Unterschiede ersichtlich. Die Empfehlung des ÖWAV Arbeitsbehelf 37 (2010) ist in der Kategorisierung eindeutiger und sollte zur Dokumentation von Stör- bzw. Schadensfällen herangezogen werden.

9.3.3 Informationsgewinn durch Fernüberwachung

Sind Pumpstationen mittels einer Fernüberwachungs- bzw. einer Fernwirkeinrichtung ausgerüstet, können durch Auswertung der übermittelten Daten, Informationen über den Betriebszustand gewonnen werden. Je nach Ausführungsart der Fernüberwachung werden unterschiedlich viele Daten ermittelt, übertragen und aufgezeichnet.

Es stellt sich die Frage für welche Daten es sinnvoll ist, diese zu übermitteln bzw. für weitere Auswertungen zur Verfügung zu haben und auf welche Daten verzichtet werden kann. Im Gespräch mit den Betreibern wurde klar der Wunsch nach Einfachheit und Vermeidung einer (meist wegen Zeitmangel) nicht genutzten Datenflut geäußert.

Durch den Einsatz einer reinen Alarmierungseinrichtung, was abgesehen von örtlichen Signalisierungen (siehe Kapitel 4.7) die Minimalvariante einer Fernüberwachung darstellt und wie es sie Betreiber B für die meisten seiner Pumpstationen in Verwendung hat, werden folgende 3 Betriebsstörungen (siehe Kapitel 8.3.1) übermittelt:

- Wasser-Max
- Pumpenstörung
- Akku- bzw. Netzstörung

Diese Meldungen reichen aus, um auf Störsituationen reagieren zu können und so in weiterer Folge die Funktionalanforderungen aufrecht zu erhalten. Für einen Informationsgewinn bezüglich des Zustandes von Pumpen, Armaturen, etc. sind diese Daten bzw. Alarmmeldungen nicht ausreichend.

Aufgrund der Möglichkeiten der heutigen Nachrichtentechnik sind der Übertragung weiterer Daten fast keine Grenzen gesetzt. Auf eine Nutzbarkeit der Informationen sollte jedoch geachtet werden.

Folgende Störmeldungen werden mittels der Fernwirkeinrichtung von Betreiber A und Betreiber C zusätzlich übermittelt (siehe Kapitel 8.3.1)

- Ausgelöster Motorschutz (durch Thermo-Relais bzw. Thermo-Fühler)
- Messfehler (z.B.: Störung Niveaumessung, MID-Messfehler, falls vorhanden)
- Stromüberwachung (Störung bzw. High-Alarm)
- Pumpen – Laufzeitfehler
- Funkstörung
- Minimale Batteriespannung

Darüber hinaus können durch die Betrachtung und Interpretation von visualisierten Ganglinien des Wasserstandes bzw. der Pumpenschaltzeiten (siehe Kapitel 8.3.1) wertvolle Informationen gewonnen werden. Je besser geschult bzw. je mehr Erfahrung das Betriebspersonal mit der Auswertung von Ganglinien hat, desto mehr Informationen können daraus gewonnen werden. Bei der Besichtigung von Betreiber C konnte aus den Ganglinien u.a. folgende Informationen gewonnen werden.

- Verstopfung / Verzopfung
- Laufradabnutzung aufgrund unterschiedlicher Pumpenlaufzeiten
- Störung Thermo-Schalters
- Fremdwassereintritte

Durch eine eingebaute Durchfluss-Messung (z.B. MID), wie sie bei den untersuchten Betreibern aus Kostengründen nur bei übergeordneten Pumpstationen zu finden ist, kann bei Übertragung der Messdaten die tatsächlich geförderte Wassermenge und die aufgrund der Förderleistung der Pumpen errechneten Fördermenge gegenübergestellt werden. Durch Abweichung dieser, können bereits geringe Abnutzungen der Pumpe oder sonstige Probleme erkannt werden. Der Einsatz von Durchflussmessungen sollte hinsichtlich des entstehenden Informationsgewinnes nicht nur bei Hauptpumpwerken in Erwägung gezogen werden.

9.4 Kostenermittlung

Bei der Art und Weise der Kostenrechnung eines Betriebes, sollte darauf geachtet werden, möglichst einfach und mit wenig Aufwand, sämtliche Kosten eines Pumpwerkes auflisten zu können. Dies bietet die Möglichkeit eines Vergleichs mit anderen gleichartigen Stationen und dem Erkennen eventueller Mängel.

Für die Kostenrechnung wird hier auf den Arbeitsbehelf „Kosten- und Leistungsrechnung der Siedlungswasserwirtschaft“ von HEISS und PILZ (2005) hingewiesen. Dabei werden die Kostenstellen Kanal, Kläranlage und Verwaltung unterschieden. Pumpwerke sollten als Teil des Kanals, jedoch als einzelne Kostenstellen behandelt werden. Bei den Kostenarten wird prinzipiell in Kapitalkosten und Betriebskosten unterschieden.

9.4.1 Betriebskosten

Von Betreiber C konnte eine detaillierte Abrechnungsaufzeichnung über einen Zeitraum von 4 Jahren und mit einem Stichprobenumfang von 274 Pumpstationen ausgewertet werden. Dabei sind sämtliche Kosten welche den Kostenstellen Pumpstationen zugeordnet wurden berücksichtigt.

Aufgrund der großen Datenreihe und der Vollständigkeit der Aufzeichnungen kann der daraus errechnete Mittelwert, als Richtwert für Planer und Betreiber weitergegeben werden.

Ca. 1100 € wird im Durchschnitt für den Betrieb einer Pumpstation pro Jahr aufgewendet. Diese Summe beinhaltet die Kostenarten Wartung, Reinigung, Strom, zusätzliche Kosten und Fernwirkanlage in den wie sie in Abbildung 9-2 gezeigten Anteilen. Unter „Zusätzliche Kosten“ fallen Neuanschaffungen von Pumpen oder Schaltschränken, Kleinmaterial, etc.

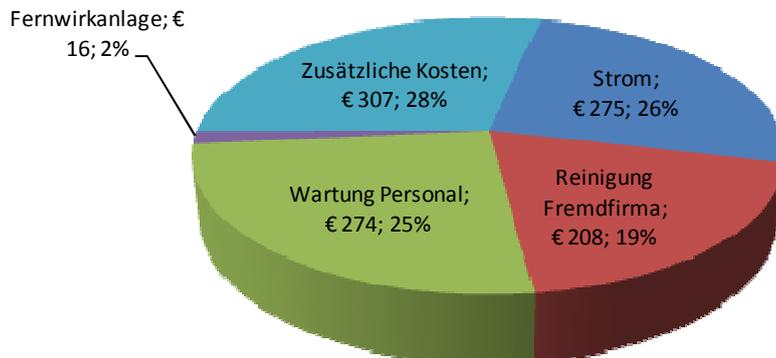


Abbildung 9-2: Mittlere jährliche Kosten von Pumpstationen (n = 274; Gesamt: € 1080)

159 dieser Pumpstationen konnte aufgrund der dokumentierten Pumpenleistung in unterschiedliche Pumpwerksklassen (PW-Klassen) eingeteilt werden und sind in Abbildung 9-3 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass mit steigender installierter Pumpenleistung auch die jährlichen Kosten ansteigen. Anteilsmäßig erhöhen sich dabei die Strom- und die Wartungskosten.

Es ergeben sich mittlere jährliche Kosten pro Pumpstation und Jahr von ca. 600 € für Stationen bis 2,4 kW Leistung, und steigen an auf ca. 2800 € für Stationen mit 10 bis 19,9 kW installierter Pumpenleistung.

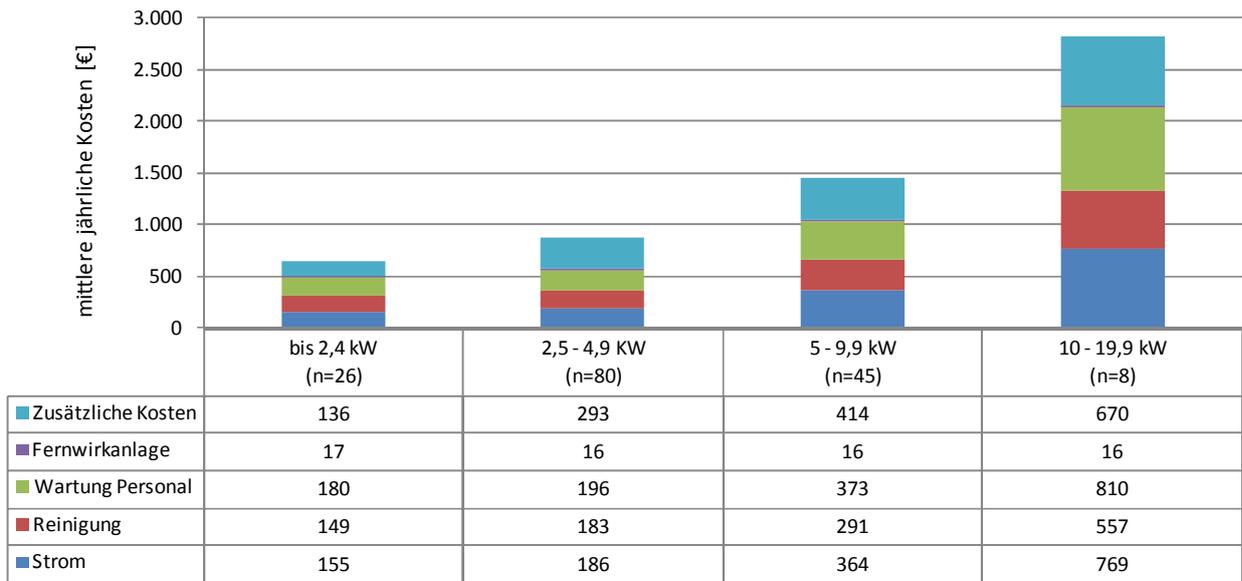


Abbildung 9-3: Mittlere jährliche Kosten von Pumpstationen nach PW-Klassen

Ohne der Strom- und zusätzlichen Kosten konnten die Pumpstationen der anderen Betreiber auch in die Auswertung aufgenommen werden. Insgesamt 313 Pumpstationen konnten aufgrund von Informationen über die installierte Pumpenleistung in Abbildung 9-4 gezeigte PW-Klassen eingeteilt werden. Dargestellt ist der Mittelwert der jährlichen Betriebskosten ohne Strom je Pumpstation. Es ergeben sich Kosten von ca. 320 € bei Stationen bis 2,4 kW bis zu Kosten von ca. 2900 € bei Stationen von 50 bis 250 kW installierter Pumpenleistung. Details dazu sind in Kapitel 8.5 zu finden.

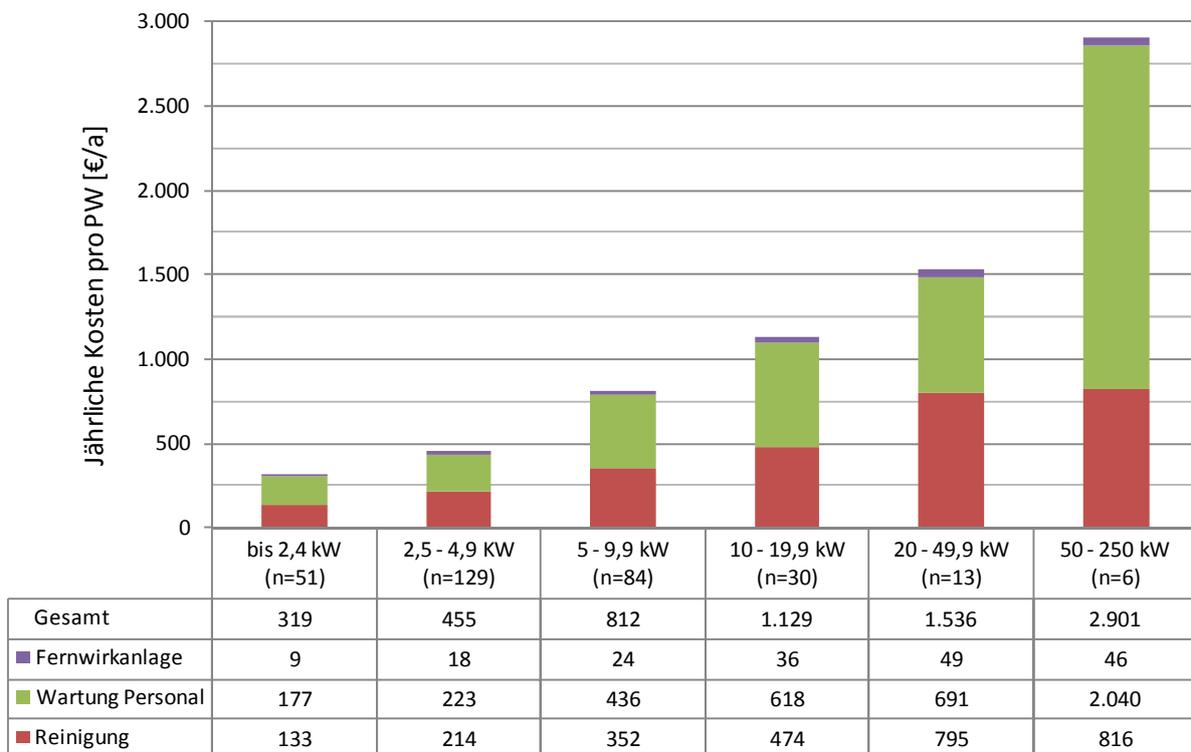


Abbildung 9-4: Kostenartenaufteilung ohne Stromkosten

Bezüglich der verwendeten Aufteilung in Kostenarten wird hier noch auf eine Aufgliederung von Instandhaltungstätigkeiten in Unterprozesse nach BURKHARD (2003) lt. Abbildung 9-5 hingewiesen. Dies würde eine zusätzliche Aufgliederung der in dieser Arbeit verwendeten Wartungskosten in „Inspektion und Wartung“, „Schadensbehebung“ und „Stör- und Notfälle“

bedeuten. Bei der Auswertung der Tätigkeiten (siehe Kapitel 8.3.2) konnte eine ähnliche Unterteilung verwendet werden. Zur Kostenauswertung wäre diese Unterteilung jedoch zu detailliert gewesen.

Grundsätzlich ist bei einer Unterteilung in Unterprozesse darauf zu achten, möglichst Eindeutigkeiten zu schaffen. Die Erfahrung zeigt, dass unterschiedliche Mitarbeiter des Betriebspersonals für dieselben Tätigkeiten z. T. unterschiedliche Benennungen verwenden.

	Messen Steuern Regeln	Inspektion und Wartung	Reinigung	Schadens- behebung	Stör- und Notfälle
Freispiegelkanal begehbar					
Freispiegelkanal nicht begehbar					
Schächte					
Strassenwassereinläufe					
Pumpwerke und Druckleitungen					
Abscheideanlagen					

Abbildung 9-5: Relevante Elemente und Unterprozesse der Benchmarking Studie (BURKHARD, 2003)

Den Vergleich der Betriebskosten bei den unterschiedlichen Betreibern für die PW-Klassen bis 19,9 kW installierter Pumpenleistung zeigt Abbildung 9-6. Die Anlagen von Betreiber B weisen bei den Klassen ab 5 kW die geringsten Betriebskosten auf. Da es aber bei den verwendeten Aufzeichnungen wie in den vorigen Kapiteln bereits erwähnte Unsicherheiten gibt, könnten auch höhere Kosten die Realität sein.

Unabhängig dessen, weist Betreiber C bei den PW-Klassen bis 5 kW gleich geringe Werte des Median, wie Betreiber B auf. Darüber hinaus zeigen die Darstellungen der Whisker, dass dieser Betreiber in allen Klassen jene Pumpstationen mit den geringsten Betriebskosten hat.

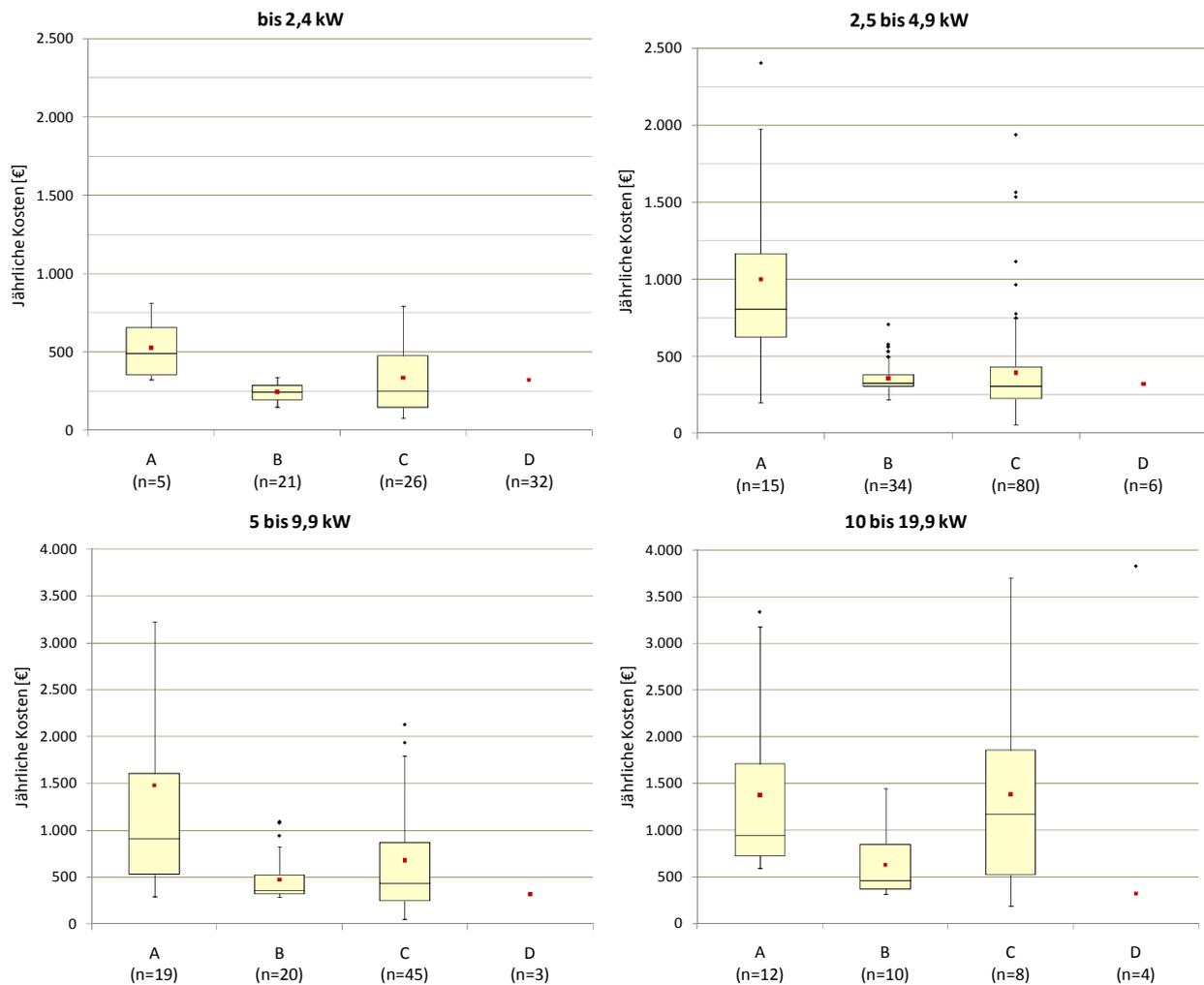


Abbildung 9-6: Vergleich der Betriebskosten bei Pumpstationen bis 19,9 kW

9.4.2 Stromkosten/Stromverbrauch

Alle Pumpstationen deren Stromkosten bekannt waren, sind in Abbildung 9-7 gezeigtem Streudiagramm zusammengefasst. Darin und in weiteren Auswertungen in Kapitel 8.5.6 ist ersichtlich, dass die meisten Pumpstationen Stromkosten von ca. 100 bis 800 € aufweisen.

Liegen die Stromkosten bei Pumpstationen über diesen Werten, sollte die Ursache dafür eruiert werden. Dafür wurden im Streudiagramm der Stromkosten unterschiedliche Bereiche eingefügt.

Im grünen Bereich befinden sich etwa 90% der Werte. Es wird angenommen, dass diese Werte, obwohl auch hier große Streuungen erkennbar sind, als übliche Stromkosten bzw. Stromverbrauch gesehen werden können. Der rote Bereich zeigt etwa 5% der Daten, welche die höchsten Werte aufweisen. Es wird empfohlen, die Ursachen dieser erhöhten Werte zu eruieren. Werte in diesem Bereich müssen nicht unbedingt Problemstationen sein. So weisen z.B. unterschiedliche Mischwasserpumpstationen eines Betreibers einen stark unterschiedlichen Energieverbrauch auf, da einige mit Entlastungsbauwerk ausgerüstet sind, während andere das gesamte Abwasser aus dem vorgeschalteten Speicherkanal ohne Entlastung pumpen müssen.

Als gelb gekennzeichnet, wurde ein Übergangsbereich eingefügt. Auch hier kann eine Ursachen-Analyse Sinn machen.

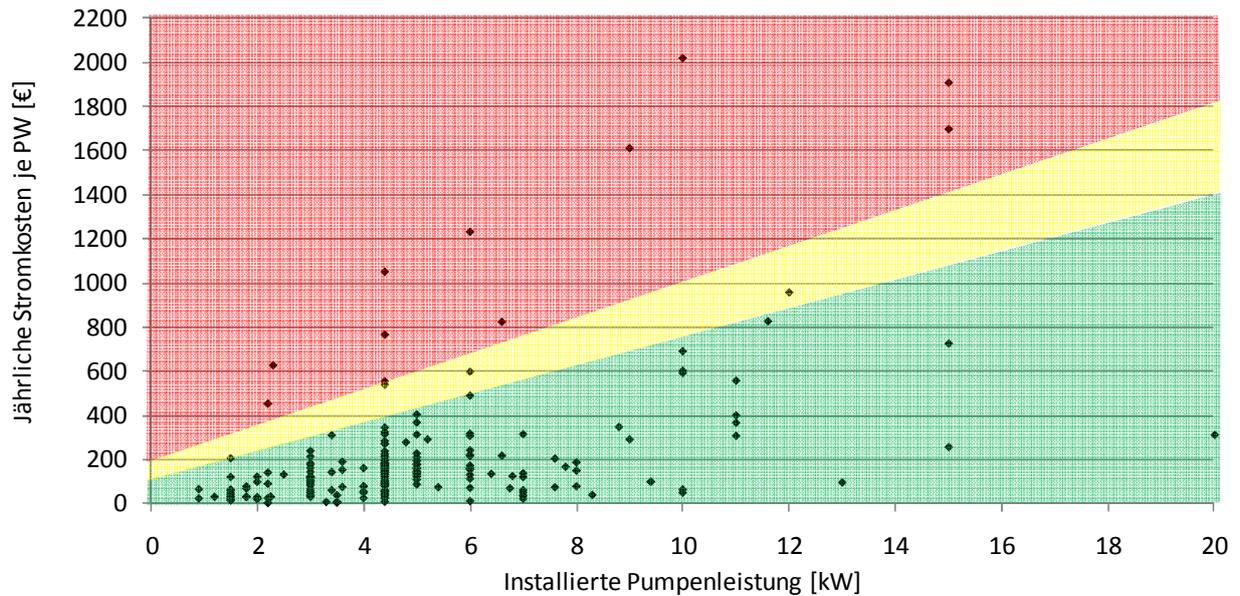


Abbildung 9-7: Streudiagramm Stromkosten mit Kontrollbereichen (n = 216)

Aufgrund des variablen Strompreises zeigt Abbildung 9-8 ein Streudiagramm mit derselben Datengrundlage an Pumpstationen wie zuvor, nur mit dem jährlichen Stromverbrauch auf der Ordinate dargestellt. Bei der Umrechnung wurde mit einem durchschnittlichen Strompreis lt. STATISTIK AUSTRIA (2010) von 9 Cent/kWh gerechnet. Die eingezeichneten Kontroll-Bereiche sind Äquivalent zum vorigen Diagramm.

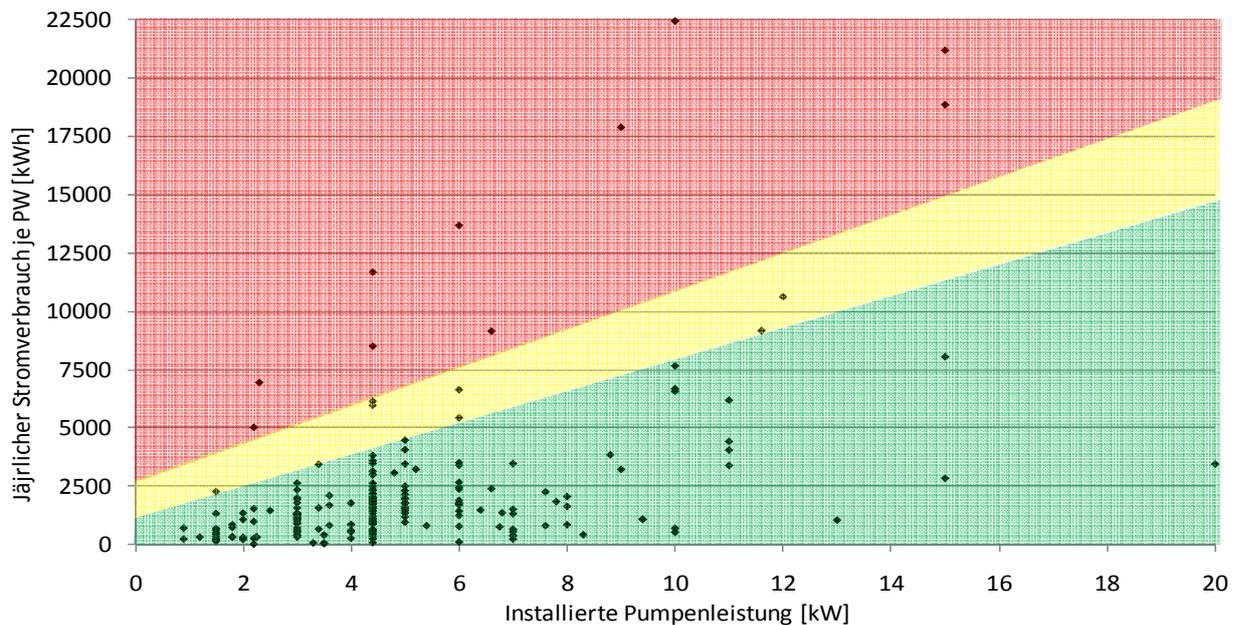


Abbildung 9-8: Streudiagramm Stromverbrauch mit Kontrollbereichen (n = 216)

9.5 Instandhaltungsstrategien

9.5.1 Allgemeines

Grundsätzlich kann zwischen folgenden 3 Instandhaltungsstrategien unterschieden werden:

- Korrektive Instandhaltung
- Vorausbestimmte Instandhaltung
- Zustandsorientierte Instandhaltung

Als korrektive Instandhaltung ist eine auf Störungen bzw. Ausfällen reagierende manchmal auch als „Feuerwehrstrategie“ bezeichnete Strategie definiert. Durch Ausdehnung der Zeit ohne Instandhaltungstätigkeiten bis zum Ausfall, was einer maximalen Ausnutzung der Lebensdauer der Pumpe entspricht, können zwar Wartungskosten eingespart werden, jedoch können sehr hohe Folgekosten bzw. Instandsetzungskosten entstehen (siehe dazu Kapitel 5.5).

Im Gegensatz dazu ist die vorausbestimmte Instandhaltung eine mit fixen Wartungsintervallen geplante Instandhaltungsstrategie. Dies verursacht zwar zusätzliche Wartungskosten, jedoch können dadurch Ausfallkosten und Instandsetzungskosten soweit reduziert werden, dass lt. BAUMANN (2010) in Summe gegenüber der korrektiven Instandhaltung Kosten eingespart werden können.

Die zustandsorientierte Instandhaltung setzt voraus, dass Informationen über den Ist-Zustand von den instandzuhaltenden Anlagen vorhanden sind. Aufgrund dieser werden dann weitere Wartungstätigkeiten geplant. Zwar ist für die Zustandserfassung ein gewisser Aufwand bzw. Kosten notwendig, jedoch können dadurch Wartungskosten, Instandsetzungskosten und Ausfallkosten soweit reduziert werden, dass diese Strategie in Summe lt. BAUMANN (2010) als kostengünstigste Instandhaltungsstrategie zu sehen ist.

9.5.2 Wartungsintervalle

Die Häufigkeit der Überprüfung von Pumpwerken ist im ÖWWV Regelblatt 22 (1989) welches derzeit überarbeitet wird, „je nach Bedeutung und Art der technischen Ausstattung“ vorgesehen. Andere Vorschriften wie z.B. die Bestimmungen des AMTES DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2010), fordern eine Inspektion von Sonderbauwerken (Pumpwerke, Regenbecken, Regenüberlauf etc.) durch eine wiederkehrende Kontrolle vor Ort in einem Intervall von 1 Monat.

Die Praktische Anwendung von Wartungsintervallen bei den untersuchten Betreibern gestaltet sich folgendermaßen:

- Alle 4 Betreiber reinigen Ihre Pumpstationen planmäßig ca. 2-mal pro Jahr. (siehe Kapitel 8.3.2.1).
- Zusätzlich der weiteren Kontroll-, Wartungs- oder Instandsetzungstätigkeiten ergeben sich bei Betreiber A im Median 6 Tätigkeiten pro Jahr und Pumpstation, bei Betreiber B 9,4 Tätigkeiten pro Jahr und APS und bei Betreiber C 3,8 Tätigkeiten pro Jahr und APS. Betreiber D kontrolliert seine 3 Hauptpumpwerke täglich und bei den restlichen Stationen ergeben sich lt. mündlicher Aussagen 2 bis 10 Tätigkeiten pro Jahr. (siehe dazu Kapitel 8.3.2.2)
- Daraus ergeben sich durchschnittlich angewendete Zeitintervalle der Wartung von 1 bis 4 Monate. Dieses Zeitintervall von Vor-Ort Tätigkeiten, kann für verschiedene Pumpstationen allerdings zwischen 1 Tag und 1 Jahr schwanken. Grund dafür sind notwendige Tätigkeiten aufgrund von Störungen und Unterschiede in den folgend diskutierten Instandhaltungsstrategien.

9.5.3 Instandhaltungsstrategien der Betreiber

Betreiber A hat durch die Einbindung der meisten seiner Pumpstationen in ein Fernwirkssystem sowohl die Möglichkeit Informationen über den Zustand der Stationen zu erhalten, als auch die Möglichkeit Pumpen von der Ferne zu schalten bzw. Motorschutzschalter zu quittieren. Aufgrund dieser Einrichtungen ist es nicht notwendig, abgesehen der geplanten Reinigungseinsätze zusätzliche Kontrollen durchzuführen. Weitere Einsätze werden aufgrund der erhaltenen Informationen bzw. Alarmierungen getätigt. Dies entspricht einer Mischung aller 3 Instandhaltungsstrategien, mit Schwerpunkt auf eine zustandsorientierte und korrektive Instandhaltung.

Betreiber B kontrolliert seine Pumpstationen in einem mehr oder weniger gleichmäßigen Zeitintervall von 1 Monat. Zwar ist ein Großteil der Stationen mit einer Alarmierungseinrichtung ausgerüstet was bei Störungen sehr wertvoll ist, jedoch können dadurch keine ausreichenden Informationen über den Zustand gewonnen werden um eine zustandsorientierte Wartung zu planen. Die praktizierte Instandhaltung entspricht einer präventiven vorausbestimmten Strategie.

Betreiber C hat durch das verwendete Funk-Fernwirkssystem einen kontinuierlichen Informationsgewinn über den Zustand der Pumpstationen. Abgesehen von den regelmäßig durchgeführten Pumpwerksreinigungen werden aufgrund dieser erhaltenen Informationen die Wartungseinsätze geplant. Dies würde hauptsächlich einer zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie entsprechen. Aufgrund der geringen Zeitkapazitäten werden jedoch nicht alle möglichen Informationen aus Ganglinien ermittelt. Dadurch verschiebt sich die Betriebsführung z.T. hin zum Reagieren auf Störmeldungen, was einer korrektiven Instandhaltungsstrategie entspricht.

Betreiber D praktiziert eine geplante vorausbestimmte Instandhaltungsstrategie bei den Hauptpumpwerken. Diese werden täglich kontrolliert und 1-mal im Monat gereinigt. Die restlichen Pumpstationen werden planmäßig 2-mal im Jahr gereinigt und ansonsten nur aufgrund Störungen aufgesucht. Das entspricht einer Mischung zwischen korrektiver und vorausbestimmter Strategie

9.5.4 Best Management Practices (BMP)

Eine optimale Strategie für die Instandhaltung (Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung) von dezentralen Abwasserpumpstationen ist durch hohe Betriebssicherheit bei minimalem Ressourcenverbrauch definiert. Nachfolgend werden die wichtigsten Punkte zusammengefasst, welche zum Erreichen dieser Ziele beitragen können.

- In Kapitel 9.1 zusammengefasste zweckmäßigen technischen Ausstattungen von Pumpwerken, können positive Auswirkungen auf den Betrieb haben und zu einer Vereinfachung der damit verbundenen Instandhaltungstätigkeiten führen. Zwar konnte in dieser Arbeit keine wirtschaftliche Überprüfung zu allen dieser Punkte durchgeführt werden, jedoch sind die angeführten Punkte aus den Erfahrungen der Betreiber als zweckmäßig zu sehen.
- Aus der in Kapitel 5.5 behandelte Literatur geht hervor, dass eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie gegenüber den anderen Betriebsweisen einen klaren Vorteil hinsichtlich der Kosten aufweist. Da diese Strategie die Kenntnis des Zustandes voraussetzt, bedeutet das eine erforderliche Fernüberwachung der Pumpstationen.
- Eine Fernüberwachung mit integrierter Software zur Darstellung der Wasserstandganglinien und Pumpenschaltzeiten, stellt eine gute Möglichkeit der Zustandserhebung bzw. Fehlererkennung dar. Diese kann durch den Einsatz von Durchflussmessungen bzw. durch die Gegenüberstellung der daraus gewonnenen Daten mit den errechneten geförderten Abwassermengen aufgrund der Pumpenlaufzeiten, noch verbessert werden. Diese Kombination stellt eine optimale Fernüberwachung dar.

- Der zusätzliche Einsatz von SPS-Bauteilen bringt den Vorteil Pumpen, Armaturen oder andere Aggregate von der Ferne aus schalten zu können. Dies kann dazu beitragen Störungen zu beheben, ohne die Pumpstation Vor-Ort aufsuchen zu müssen. Das bedeutet eine Möglichkeit der Fernwirkung.
- Für untergeordnete Pumpstationen ist es ausreichend mit Hilfe von Alarmierungseinrichtungen (siehe Kapitel 4.7) auf Störungen reagieren zu können.

9.5.5 Fazit

Aufgrund der in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen bezüglich dem Betrieb und der Instandhaltung von Abwasserpumpstationen, sowie der dargestellten und diskutierten Ergebnisse kann gesagt werden:

- Bei Standard- und Hauptpumpstationen kann der Zustand durch die regelmäßige Übertragung von aussagekräftigen Betriebsdaten mittels Fernüberwachungseinrichtung in einer Weise erfasst werden, dass auf eine regelmäßige Vor-Ort-Kontrolle verzichtet werden kann.
- Aufgrund der untergeordneten Bedeutung von Hauspumpstationen (siehe Kapitel 8.2) ist eine Alarmierung von Störungen ausreichend.
- Eine ca. halbjährliche Reinigung inkl. visueller Kontrolle scheint aber unabhängig der Größe bzw. Wichtigkeit der Pumpstation im Entsorgungsnetz eine notwendige Ergänzung zur Fernüberwachung zu sein, die von allen untersuchten Betreibern praktiziert wird.
- Bei Gegenüberstellung der Betriebskosten mit den angewendeten Instandhaltungsstrategien wird ersichtlich, dass eine Strategie welche auf eine regelmäßige Vor-Ort-Kontrolle verzichtet, keine signifikanten Kostennachteile, sondern im Gegenteil z.T. klare Kostenvorteile aufweist.
- **„Es gibt eine Alternative zur regelmäßigen Vor-Ort-Kontrolle von dezentralen Abwasser-Pumpstationen unter optimaler Erfüllung der Funktionalanforderungen und minimaler Instandhaltungskosten (Wartung, Inspektion und Sanierung).“**

10. Zusammenfassung

Bei der Erschließung des ländlichen Raumes mit Kanalisationen und zentralen Kläranlagen, ist besonders in flachen und hügeligen Gebieten die Ableitung der Abwässer allein durch Freispiegelkanäle oft nicht möglich. Als besondere Maßnahmen sind hierfür zum Teil eine große Anzahl an Abwasserpumpstationen (APS) bzw. Abwasserhebeanlagen notwendig, deren Betrieb einen erheblichen Aufwand mit sich bringt.

Eine anlassbezogene (korrektive) Instandhaltung (Kontrolle, Wartung und Sanierung) bzw. Störfallbehebung, welche auch als „Feuerwehrstrategie“ bezeichnet wird, ist nicht im Sinne eines planbaren und effizienten Pumpwerkbetriebes. Abgesehen davon sind die Betreiber von Kanalisationsanlagen (inklusive der dazugehörigen Abwasserpumpwerke) auch gesetzlich zur Instandhaltung ihrer Infrastruktur in regelmäßigen Zeitabständen verpflichtet

So ist z.B. laut Bestimmungen des AMTES DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2010), eine Inspektion von Sonderbauwerken (Pumpwerke, Regenbecken, Regenüberlauf etc.) durch eine wiederkehrende Kontrolle vor Ort in einem Intervall von 1 Monat gefordert.

Mit dieser vorbeugenden (präventiven) Anlagenwartung mit kurzen Intervallen ist aber auch ein erheblicher Aufwand an Arbeitsleistung und damit entstehende Kosten verbunden. Deshalb wird in der Arbeit u.a. untersucht, ob bei der Instandhaltung von Pumpstationen unter gewissen Voraussetzungen das Wartungsintervall bei weiterhin bestehender Betriebssicherheit dehnbar ist.

Im ersten Teil der Arbeit werden aufgrund einer Literaturrecherche die rechtlichen, technischen und wirtschaftlich relevanten Punkte hinsichtlich der Ausstattung, des Betriebes und der Instandhaltung von Pumpstationen erläutert.

Der zweite Teil der Arbeit ist eine Fallstudienuntersuchung, in der vier repräsentative Kanalnetzbetreiber aus dem ländlichen, kleinstrukturierten Gebiet bezüglich des Betriebes und der Instandhaltung ihrer Abwasserpumpstationen beleuchtet werden. Durch die Gegenüberstellung der Betriebsdaten wird auf Unterschiede in den praktizierten Betriebs- bzw. Instandhaltungsstrategien und ihren Auswirkungen auf Betriebssicherheit und Betriebswirtschaftlichkeit eingegangen.

Zu Beginn werden in Kapitel 8.1 die wichtigsten Informationen eines Fragenkataloges zusammengefasst, welcher mit den zuständigen Personen der Betreiber vor Ort durchgegangen wurde. In der zusammenfassenden Ergebnisliste werden die wichtigsten Kenndaten gegenübergestellt, um so eine Beschreibung der Betreiber für den Vergleich der folgenden Auswertungen zu liefern.

Als Nächstes werden die Pumpstationen der Betreiber hinsichtlich unterschiedlicher Merkmale in Kategorien unterteilt. U.a. werden aufgrund der installierten Pumpenleistung unterschiedliche Pumpwerks-Klassen definiert und die Stationen bei Kenntnis dieser, dementsprechend zugeordnet.

Einen Schwerpunkt bilden sämtliche Auswertungen bezüglich der Instandhaltung der Pumpstationen in Kapitel 8.3. Darin werden zuerst die unterschiedlichen Fernüberwachungs- bzw. Fernwirkeinrichtungen der untersuchten Betreiber beschrieben. In diesem Zusammenhang wird auch die Möglichkeit einer Zustandserfassung durch die Auswertung von Ganglinien aufgezeigt, welche für eine zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie die Voraussetzung ist. Weiters werden sämtliche durchgeführten Instandhaltungsarbeiten aufgrund unterschiedlicher Tätigkeiten ausgewertet und gegenübergestellt. Dies erfolgt sowohl hinsichtlich der Anzahl an Tätigkeiten als auch des Zeitaufwandes pro Pumpstation und Jahr. Daraus sind Unterschiede in der angewendeten Wartungsstrategie erkennbar.

Als nächster Punkt werden Pumpwerksstörungen von zwei Betreibern in unterschiedliche Störungsarten eingeteilt und ihre prozentuelle Häufigkeit dargestellt.

Einen weiteren Schwerpunkt bildet die folgende Auswertung der Betriebskosten von APS. Darin werden die Ergebnisse der verschiedenen Anlagenbetreiber zuerst einzeln dargestellt und anschließend miteinander verglichen. Der Vergleich zeigt deutlich, wie sich die zuvor ausgewerteten Tätigkeiten in den Kosten widerspiegeln. Abschließend werden die Betriebskosten aller Pumpstationen in einer Gesamtliste dargestellt. Darin ist ein klarer Trend von höheren Kosten bei steigender installierter Pumpenleistung erkennbar.

Im Kapitel „Interpretation und Diskussion der Ergebnisse“ werden basierend auf den Auswertungen folgende Punkte behandelt:

- Auf die Grundvoraussetzung einer klaren und einheitlichen Dokumentation sämtlicher Anlagenteile inkl. Pumpstationen und deren Kenndaten wird nicht nur im Sinne des Katasterwesens, sondern auch zur weiteren innerbetrieblichen Auswertung und Optimierung hingewiesen.
- Aufgrund zweckmäßiger technischer Ausstattungen von Pumpwerken werden Möglichkeiten aufgezeigt, den Betrieb und die Instandhaltung dieser Anlagen zu vereinfachen und so Ressourcen bzw. Kosten einzusparen.
- Weiters werden allgemeine Hinweise über die Dokumentation von Betriebsdaten und/oder Störmeldungen gegeben, die Unterschiede von Fernüberwachungsanlagen dargestellt und die daraus entstehenden Möglichkeiten zum Informationsgewinn erläutert.
- Die Anteile bzw. Gestaltung der Betriebskosten von Abwasserpumpstationen werden diskutiert und für Stromkosten bzw. Stromverbrauch wird ein Kontrollbereich festgelegt. Bei Stationen innerhalb dieses Bereiches wird eine Ursachenfindung des hohen Stromverbrauchs empfohlen.
- Verschiedene Instandhaltungsstrategien werden aufgezeigt und die Verwendung dieser bei den untersuchten Anlagenbetreibern diskutiert. Dabei wird auf die Einhaltung bzw. Notwendigkeit von Wartungsintervallen eingegangen.
- Einige Punkte, welche zum Erreichen einer hohen Betriebssicherheit und einem geringen Verbrauch an Ressourcen beitragen können, werden als Best Management Practices (BMP) zur Wartung dezentraler Abwasserpumpstationen zusammengefasst.

Als Fazit der Diskussion kann die der Arbeit vorausgestellte These bestätigt werden:

„Es gibt eine Alternative zur regelmäßigen Vor-Ort-Kontrolle von dezentralen Abwasser-Pumpstationen unter optimaler Erfüllung der Funktionalanforderungen und minimaler Instandhaltungskosten (Wartung, Inspektion und Sanierung).“

11. Ausblick

Aufgrund der Untersuchungen und Auswertungen in dieser Arbeit haben sich weitere Fragen ergeben, welche zur Optimierung von Instandhaltungsstrategien dezentraler Abwasserpumpstationen hilfreich sein könnten, jedoch genauere Untersuchungen erfordern. Folgend werden einige dieser Punkte aufgelistet:

- Hinsichtlich der verwendeten Instandhaltungsstrategie konnte zwar nachgewiesen werden, dass eine zustandsorientierte bzw. anlassbezogene Instandhaltung keine Kostennachteile gegenüber der intervallmäßigen Strategie hat, jedoch konnte das genaue betriebswirtschaftliche Einsparungspotential aufgrund zu weniger Fallstudien nicht eruiert werden.
- Eine Ursachenanalyse der Betriebskostenausreißer wurde aufgrund mangelnder Informationen nicht durchgeführt. Durch genauere Betrachtung dieser, könnten Maßnahmen für bestimmte Problemsituationen empfohlen werden.
- Die betriebswirtschaftlichen Vorteile bzw. Auswirkungen von Zusatzeinrichtungen wie z.B. Schneideinrichtungen, Sand- und Schotterfänge vor Pumpstationen oder Belüftungseinrichtungen konnte aufgrund zu weniger Informationen nicht nachgewiesen werden.
- Auch der Vergleich zwischen trocken und nass aufgestellten Pumpen lässt Fragen offen, z.B. ob der zusätzliche Aufwand der Einrichtung einer trocken aufgestellten Pumpe wirtschaftlich sinnvoll ist.
- Die Möglichkeit durch Ganglinienauswertung Mängel im Vorfeld erkennen und eventuell beheben zu können, wird von den untersuchten Betreibern nicht bzw. nur in sehr geringem Ausmaß genutzt. Durch die Erstellung eines Musterkataloges an Ganglinien könnten Störungen bzw. Mängel kategorisiert und zusammengefasst werden. Durch die Fehlererkennung einer entsprechenden Software könnten so automische Warnungen erstellt werden.

12. Literaturverzeichnis

- AAEVO (1996): Allgemeine Abwasseremissionsverordnung 1996, BGBl. 186/1996, Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien
- ABS (2011): ABS Abwasserpumpen, Online im Internet: URL: <http://www.absdeutschland.de>, Abruf am 12.03.2011
- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGOERUNG (2010): Kanalwartung, Online im Internet: URL: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/SID-2B078084-9A328B18/ooe/hs.xsl/27083_DEU_HTML.htm; Abruf am 29.03.2010
- ANDRITZ (2011): ANDRITZ Freistrompumpe Serie VP/CP, Online im Internet: URL: www.andritz.com/pumps, Abruf am 29.03.2011
- ATV (1982): Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, dritte Auflage, Band II, Abwassertechnische Vereinigung e.V. in St. Augustin, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin – München
- ATV (1998): Arbeitsbericht der ATV- Arbeitsgruppe 1.7.4, Personalbedarf für den Betrieb von Abwasserpumpenanlagen, Korrespondenz Abwasser, Jg. 45, 5: 967 – 970
- ATV-A 118 (1999): Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, ATV-Regelwerk Abwasser – Abfall, Hennef
- ATV-DVWK-A 134 (2000): Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 134, Planung und Bau von Abwasserpumpenanlagen, ATV-DVWK-Regelwerk, GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef
- ATV-A 148 (1994): Dienst- und Betriebsanweisungen für das Personal von Abwasserpumpwerken, -druckleitungen und Regenbecken (Anleitung zu Aufstellung einer Anweisung), ATV – Regelwerk Abwasser – Abfall, Hennef
- ATV-A 200 (1997): Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten, ATV – Regelwerk Abwasser – Abfall, Hennef
- BAUMANN R. (2010): Pumpen-Unterhalt (Kreiselpumpen), Weiterbildungskurse 2010 - Schweizerischer Brunnenmeister-Verband, Häny AG, Jona
- BAUMBACH A., SÄGEBRECHT D. und HEINE A. (2001): Kostenkennziffern für Abwasserpumpwerke, KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 2001 (48) Nr. 11, GFA, Hennef
- BOWMAN (2010): Bowman`s Website; Statistics Notes – Measures of Positions, Quartiles, Box-and Whisker Plot; Online im Internet: URL: <http://rchsbowman.wordpress.com/2010/09/09/statistics-notes-measures-of-positions-quartiles-box-and-whisker-plot/>; Abruf am 08.02.2011)
- BFV (2004): Betriebsfunkverordnung 2004, BGBl. 264/2004, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
- BGLD-KAG (1989): Burgenländisches. Kanalanschlussgesetz, Gesetz vom 22. Jänner 1990 über den Anschluss an öffentliche Kanalisationsanlagen und deren Benützung sowie über Aufhebung einer Bestimmung der Bgld. Bauordnung, LGBl. Nr. 27/1990 idgF. LGBl. Nr. 32/2001
- BMLFUW (2010): Kommunale Abwasserrichtlinie der EU – 91/271/EWG Österreichischer Bericht 2010, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft – Sektion VII, Wien

- BURKHARD R. (2003): Optimierung des Betriebes der Pumpwerke in Zürich, Wiener Mitteilungen Band 182, Wien
- CHOONPRADUB C. und MCNEIL D. (2004): Can the Box Plot be Improved?; Research Papers, Department of Statistics, Macquarie University, Sydney, Online im Internet: URL: http://www.stat.mq.edu.au/Stats_docs/research_papers/2004/Can_the_Box_Plot_be_Improved.pdf, Abruf am 08.02.2011
- DENA (2010): Ratgeber "Pumpen und Pumpensysteme für Industrie und Gewerbe", Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Energiesysteme und Energiedienstleistungen, Berlin
- DIN 31051 (2003): Grundlagen der Instandhaltung, Deutsche Norm, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
- DOEBELT (2010): Döbelt Datenkommunikation; Online im Internet: URL: <http://www.doebelt.de>; Abruf am 22.10.2010
- DWA (2007): Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-7.4: Betriebskosten von Abwasserpumpstationen, Korrespondenz Abwasser, Jg. 54, 12: 1232 – 1236
- DWA (2011): DWA Homepage, Online im Internet: URL: <http://www.dwa.de>, Abruf am 08.03.2011
- DWA-A 116-1 (2005): DWA Regelwerk, Besondere Entwässerungsverfahren Teil 1: Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
- DWA-A 116-2 (2005): DWA Regelwerk, Besondere Entwässerungsverfahren Teil 2: Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
- DWA-A 147 (2005): DWA Regelwerk, Betriebsaufwand für die Kanalisation, Betriebsaufgaben und Häufigkeiten, ISBN 3-937758-13-5, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
- EBS (2010): Hauptkläranlage Wien, Zahlen, Online im Internet: URL: <http://www.ebs.co.at/index.php?id=325>, Abruf am 13. 04. 2010
- EU (1991): Richtlinie 91/271/EWG – des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser
- EU (2000): Richtlinie 2000/60/EG - des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- EU (2006): Richtlinie 2006/118/EG – des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung
- ERTL, T. (2007): Entwicklung einer Methode für den technisch-wirtschaftlichen Vergleich von Kanalisationsunternehmen als Grundlage zur Optimierung ihrer Betriebsführung, Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien
- FLYGT (2011): Flygt N-Baureihe, Online im Internet: URL: <http://www.flygt.de>, Abruf am 13.03.2011
- FRENZ, T. (2011): PUMPEN-INFOS.DE, Online im Internet: URL: <http://www.pumpen-infos.de>, Abruf am 15.3.2011
- GUJER, W. (2007): Siedlungswasserwirtschaft, 3., bearbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- GÜLICH, J.F. (2010): Kreiselpumpen, Handbuch für Entwicklung, Anlagenplanung und Betrieb, Springer Verlag, Berlin Heidelberg

- HABERL R. und ERTL T. (1996): Stand und Entwicklung der Abwasserentsorgung in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des ländlichen Raumes, in Wiener Mitteilungen Band 130 „Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung“, Wien
- HÄCKELMANN, H. et. al. (2000): Kommunikationssysteme, Technik und Anwendungen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- HEISS R. und PILZ D. (2005): Kosten- und Leistungsrechnung der Siedlungswasserwirtschaft, Schriftenreihe [RFG] 2/2005, Wien
- HIDROSTAL (2011): Hidrostal AG, Online im Internet: URL: <http://www.hidrostal.com>, Abruf am 31.003.2011)
- HOELSCHERTECHNIK (2011): Homepage der Firma hoelschertechnik-gorator®, Online im Internet: UR: <http://www.hoelschertechnik.de>, Abruf am 07.02.2011
- IEV (1998): 222. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft betreffend Abwasserleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen (Indirekteinleitungsverordnung-IEV), Wien
- JABERG, H. (2003): Pumpen in der Verfahrenstechnik und Abwassertechnik, Beiträge zum achten Praktiker-Seminar vom 28. bis 30. April 2003 an der technischen Universität Graz, Fortschritt - Berichte VDI Reihe 7 Nr. 446, VDI Verlag, Düsseldorf
- JABERG, H. (2004): Praktiker-Konferenz „Pumpen in der Verfahrens- und Abwassertechnik“ 19. – 21. April 2004 in Graz, Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen Technische Universität Graz, Verlag und Bildarchiv W.H. Faragallah, Sulzbach
- KÄMPF, A. (2009): Die Vorteile der Druckentwässerung, wasserwirtschaft wassertechnik 05/2009, HUSS-MEDIEN GmbH, Berlin
- K-GKG (1999): Kärntner Gemeindekanalisationsgesetz, LGBl. Nr. 62/1999 idGF. LGBl. Nr. 42/2010
- KKG (1978): Kanalräumungs- und Kanalgebührengesetz 1978, Landesgesetzblatt für Wien
- KORDES (2011): Pumpstationen der Firma. Kordes, Online im Internet: URL: <http://www.kordes.de/produkte/pumpst.html>, Abruf am 10.04.2011
- KORVING, H., GEISE, M. und Clemens, F. (2005): Failure of sewage pumps: Statistical modeling and impact assessment, In: Proceeding of the 10th International Conference on Urban Drainage, 21.-26. August 2005, Copenhagen
- KORVING, H., OTTENHOFF, E. C. (2008): Analysis of the causes of pump failure and differences of failure characteristics, Water Science & Technology – WST, Jg. 57, 8: 1271 – 1276
- KÖRPERT, K. (2010): Instandhaltung – Stellenwert im Betrieb, Fachkonferenz Sichere Instandhaltung am 14. Oktober 2010, Wien
- KSB (2011): KSB Abwassertechnik, Online im Internet: URL: <http://www.ksb.com>, Abruf am 29.03.2011
- LABER J. (2009): Siedlungswasserwirtschaft Förderung/Finanzierung, Komunkredit, Abteilung Wasser und Altlasten, Powerpoint Präsentation
- LEBENS MINISTERIUM (2010): Daten & Zahlen der Wasserwirtschaft, Online im Internet: URL: <http://duz.lebensministerium.at/duz/duz/category/actual/5>; Abruf am 01.03.2011
- MALL (2011): Mall Umweltsysteme, Online im Internet: URL: <http://www.mall.info>, Abruf am 16.03.2011
- MAYER, M. (2002): Kommunikationstechnik, 2. Auflage, Konzepte der modernen Nachrichtenübertragung, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden

- MLUR (2003): Abwasserentsorgung in Brandenburg - Orientierungswerte Jahr 2003 – Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (MLUR), Potsdam
- MORAU (2011): MORAU Armaturen & Pumpen Service Center, Online im Internet: URL: <http://www.morau.at/>, Abruf am 15.03.2011
- NETZSCH (2011): NETZSCH Pumpen & Systeme, Online im Internet: URL: <http://www.netzsch-pumpen.de>, Abruf am 15.03.2011
- NÖKG (1977): Niederösterreichisches Kanalgesetz 1977 idF. 2009, Landesgesetz Niederösterreich
- ÖNORM EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Europäisches Komitee für Normung, Brüssel
- ÖNORM EN 12723 (2000): Flüssigkeitspumpen – Allgemeine Begriffe für Pumpen und Pumpenanlagen – Definitionen, Größen, Formelzeichen und Einheiten, Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- ÖNORM EN 13306 (2010): Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung, Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- ÖNORM EN 1671 (1997): Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Österreichisches Normungsinstitut, Wien
- OÖAWEG (2001): Oberösterreichisches Abwasserentsorgungsgesetz, LGBL. Nr. 27/2001 Landesgesetz Oberösterreich
- ÖWAV (2011): ÖWAV Homepage, Online im Internet: URL: <http://www.oewav.at>, Abruf am 08.03.2011
- ÖWAV-Arbeitsbehelf 37 (2010): Überprüfung des Betriebszustandes von Abwasserreinigungsanlagen (>50 EW), ÖWAV Regelwerk, Wien
- ÖWAV-Regelblatt 9 (2008): Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien
- ÖWAV-Regelblatt 11 (2009): Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien
- ÖWAV-Regelblatt 32 (2000): Sicherheit auf Abwasserableitungsanlagen (Kanalisationsanlagen) Bau und Einrichtungen, Ausrüstung und Betrieb, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien
- ÖWAV-Regelblatt 36 (2002): Dienstanweisung für das Personal von Abwasseranlagen, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien
- ÖWWV-Regelblatt 22 (1989): Kanalwartung und Kanalerhaltung, Regeln des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes, Bohmann Druck und Verlag GmbH, Wien
- PATLITE (2011): Homepage der Firma PATLITE, Online im Internet: URL: <http://de.patlite.eu>, Abruf am 15.04.2011
- PLIHAL H., SCHITTER W. und ERTL T. (2011): Planerische Aspekte bei dezentralen Abwasserpumpstationen, Kanalmanagement 2011, Wiener Mitteilungen Wasser Abwasser Gewässer, Band 223, Wien
- POLLINGER, R. (2009): Multikriterielle, funktionale Bewertung von Hauskanälen in Entwässerungssystemen, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien

- PRILLER R. (2007): Projektierung von Abwasserhebeanlagen, Grundlagen und Praxisempfehlungen für die Planung und Ausführung, IKZ Fachplaner Heft 10/2007, Online im Internet: URL: <http://www.ikz.de/ikz-fachplaner/jahrgang-2007.html>, Abruf am 15.03.2011
- REINOLD, J. (2008) Einflussmöglichkeiten auf die Kosten von Abwasserpumpstationen, KompetenzCenter Abwasser – Jung Pumpen GmbH
- REKONEN, D. (2008): Geldstrafe für Stadtbaumeister, Leonberger Kreiszeitung, 20.09.2008, Stuttgart
- RUDOLPH, K.-U., NELLE, Th. (1996): Kosten von Abwasserpumpwerken, Korrespondenz Abwasser, Jg. 43, 5: 824 – 832
- RSE (2010): Homepage der Firma RSE Informationstechnologie GmbH, Online im Internet: URL: <http://www.rse.at>, Abruf am 04.11.2010
- SANDER, T. (2003): Ökonomie der Abwasserbeseitigung – Wirtschaftlicher Betrieb von kommunalen Abwasseranlagen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- SAUTER, M. (2011): Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme, UMTS, HSDPA und LTE, GSM, GPRS und Wireless LAN, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden
- SBG (1976): Anliegerleistungsgesetz, Gesetz vom 7. Juli 1976 über bestimmte Versorgungsaufgaben der Gemeinde und Anliegerleistungen, LGBl. Nr. 77/1976 idgF. LGBl Nr. 118/2009
- SCHUBAG (2011): Schubag AG, Online im Internet: URL.: <http://www.schubag.ch>, Abruf am 15.03.2011
- SIG (2008): Vorlesungsskript VU 811.108, Siedlungswasserwirtschaft und Gewässerschutz, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz, Universität für Bodenkultur Wien
- STATISTIK AUSTRIA (2008): Jahresdurchschnittspreise und – Steuern 2008 für die wichtigsten Energieträger, Online im Internet: URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/preise_steuern/index.html, Abruf am 14. 12. 2010
- StKG (1988): Gesetz vom 17. Mai 1988 über die Ableitung von Wässern im bebauten Gebiet für das Land Steiermark (Kanalgesetz 1988), LGBl. Nt. 79/1988 idgF. LGBl. Nr. 49/2010
- STRATE (2011): TRATE Technologie für Abwasser GmbH, Online im Internet: URL: <http://www.strate.com>, Abruf am 15.03.2011
- TELENOT (2010): Homepage der Firma Telenot, Online im Internet: URL: <http://www.telenot.de>, Abruf am 04.11.2010
- TiKG (2000): Tiroler Kanalisationsgesetz 2000, Landesgesetz Tirol
- TKG (2003): Telekommunikationsgesetz 2003, BGBl. NR. 70/2003, Erlassung eines Telekommunikationsgesetzes und Änderung des Bundesgesetzes über die Verkehrs-Arbeitsinspektion und des KommAustria-Gesetzes, Wien
- TORNOW, M. (2010): Vortrag „Maschinentchnik“ im Rahmen des DWA Seminars „Abwasserpumpanlagen“ am 23.06.2010 in Freiburg
- TU-DRESDEN (2007): Technische Universität Dresden, Professur für Industrierwasserwirtschaft, Lehrveranstaltungsunterlagen Grundlagen der Industrierwasserwirtschaft, Online im Internet: URL: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/isiw/iww, Abruf am 15.03.2011

- UMSCHNEIDER, M. (2006): Life Cycle Costing (LCC) und Life Cycle Assessment (LCA) - eine Übersicht bestehender Konzepte und deren Anwendungen am Beispiel von Abwasserpumpstationen, Professur für Betriebswirtschaftslehre Betriebliche Umweltökonomie, Dresden
- UFG (2008): Umweltförderungsgesetz in der Fassung vom 4. Juni 2008, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- VBG-KanalG. (1989): Gesetz über öffentliche Abwasserbeseitigungsanlagen (Kanalisationsgesetz – KanalG.), LGBl. Nr. 5/1989 idGF. LGBl. Nr. 58/2001, Vorarlberger Landesgesetz
- WAGNER W. (1994): Kreiselpumpen und Kreiselpumpenanlagen, Vogel Verlag, Würzburg
- WEISSMANN, D., GUTZEIT, T. (2006): Kommunale Abwasserpumpwerke, 2. Auflage, Vulkan Verlag, Essen
- WENCKEBACH D (2010): Optimierung der Instandhaltungskosten von Pumpen durch den Einsatz innovativer Zustandsüberwachungssysteme, Vortrag im Rahmen der Praktikerkonferenz 2010 in Graz
- WIEN KANAL (2011): Geschichte der Wiener Kanalisation, Online im Internet: URL: <http://www.wien.gv.at/umwelt/kanal/geschichte.html>, Abruf am 19.02.2011
- WIKIPEDIA (2011a): Archimedische Schraube, Online im Internet: URL.: http://de.wikipedia.org/wiki/Archimedische_Schraube, Abruf am 15.03.2011
- WIKIPEDIA (2011b): Kreiselpumpe, Online im Internet: URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kreiselpumpe>, Abruf am 15.03.2011
- WILO (2008): Abwassertechnik für die Wasserwirtschaft, Planungshandbuch – Grundlagen der Hydraulik und Elektrotechnik, Online im Internet: URL: http://www.wilo.com/cps/rde/xbcr/de-de/2099046_PLH_hydr_elek_tech.pdf, Abruf am 19.03.2011
- WRG (2006): Wasserrechtsgesetz 1959, BGBl. Nr. 215/1959 (idF.: BGBl. I Nr. 123/2006), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung I/4 – Wasserlogistik und –ökonomie, Wien

13. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Entwicklung des Anschlussgrad an eine komm. Kläranlage > 50 EW ₆₀ (BMLFUW, 2010)	6
Abbildung 3-2: Anschlussgrad an öffentliche Abwasserentsorgung 2006 (LABER, 2009)	6
Abbildung 3-3: Relevante Rechtsblöcke für den Abwassertransport in Österreich (POLLINGER, 2009)	7
Abbildung 3-4: Kontroll- und Reinigungsblatt PUMPWERKE (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 2010)	14
Abbildung 3-5: Schema Mischsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)	18
Abbildung 3-6: Schema modifiziertes Mischsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)	18
Abbildung 3-7: Schema Trennsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)	19
Abbildung 3-8: Schema modifiziertes Trennsystem (ÖWAV-Regelblatt 9, 2008)	19
Abbildung 3-9: Abwasserhebewerk in Form einer Archimedischen Schraube (WIKIPEDIA, 2011a)	21
Abbildung 3-10: Verfahrensgliederung der kommunalen Abwasserförderung (adaptiert nach WEISSMANN und GUTZEIT, 2006)	22
Abbildung 3-11: Schema eines Unterdruckentwässerungssystems (DWA-A 116-1, 2005)	23
Abbildung 3-12: Funktionsschema einer pneumatischen Überdruckförderung System GULLIVER® (HOELSCHERTECHNIK, 2011)	23
Abbildung 3-13: Mammutpumpe bzw. Lufthebewerk (TU-DRESDEN, 2007)	24
Abbildung 3-14: Verfahren der hydraulischen Abwasserförderung (WEISSMANN und GUTZEIT, 2006)	24
Abbildung 3-16: Wirkungsweise von Kreiselpumpe (MORAUF, 2011, WIKIPEDIA, 2011b)	25
Abbildung 3-15: Strömungsprinzip (MORAUF, 2011)	25
Abbildung 3-17: Propellerpumpe (SCHUBAG, 2011)	26
Abbildung 3-18: Wirkungsprinzip einer Kolbenpumpe (SIG, 2008)	26
Abbildung 3-19: Schneckenpumpe (Photo: Schitter)	27
Abbildung 3-20: Exzentrerschneckenpumpe (NETZSCH, 2011)	27
Abbildung 3-21: Drehkolbenpumpe (NETZSCH, 2011)	28
Abbildung 3-22: Prinzip der Sperrstofftrennförderung (STRATE, 2011)	28
Abbildung 4-1: Pumpwerkstypen nach Aufstellungsarten nach WEISSMANN und GUTZEIT (2006)	33
Abbildung 4-2: Tauchmotorpumpe (KSB, 2011)	34
Abbildung 4-3: Pumpwerksbauarten mit Pumpen in Nassaufstellung (ATV-DVWK-A134, 2000)	34
Abbildung 4-4: Pumpstation mit nassaufgestellten Pumpen und trocken aufgestellten Armaturen (KORDES, 2011)	35
Abbildung 4-5: Beispiele für Pumpwerksbauarten mit Pumpen in Trockenaufstellung (ATV-DVWK-A134, 2000)	35

Abbildung 4-6: Beispiele von Zuflussganglinien bei Trockenwetter; I. vorwiegend Wohngebiet, r. starker Industrieinfluss (ATV-DVWK-A 134, 2000)	37
Abbildung 4-7: Anteile der Förderhöhe (WILO, 2008).....	38
Abbildung 4-8: Kugeldurchgang (WILO, 2008)	38
Abbildung 4-9: Einstufige Kreiselpumpe (WAGNER, 1994)	42
Abbildung 4-10: Aufbau einer Kreiselpumpe (ANDRITZ, 2011)	43
Abbildung 4-11: Förderhöhenlinie bzw. Pumpenkennlinie (WAGNER, 1994)	43
Abbildung 4-12: Pumpendaten zur Festlegung der Förderhöhe (WAGNER, 1994).....	44
Abbildung 4-13: Anlagendaten zur Ermittlung der Förderhöhe (WAGNER, 1994)	45
Abbildung 4-14: Kavitationsschäden an Laufräder (WAGNER W., 1994)	46
Abbildung 4-15: Energiefluss und Gesamtwirkungsgrad einer Pumpenanlage (DENA, 2010)..	47
Abbildung 4-16: Kennlinienformen (WAGNER, 1994).....	48
Abbildung 4-17: Beispiel einer Pumpenkennlinie (WAGNER W., 1994).....	48
Abbildung 4-18: Anlagenkennlinie bzw. Rohrleitungskennlinie (WAGNER, 1994)	49
Abbildung 4-19: Ermittlung des Betriebspunktes (WAGNER, 1994)	49
Abbildung 4-20: Förderdiagramm Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000)	50
Abbildung 4-21: Kennlinien beim Parallelbetrieb von zwei Pumpen (PRILLER, 2007).....	50
Abbildung 4-22: Laufradformen von Kreiselpumpen (WAGNER W., 1994).....	51
Abbildung 4-23: Einkanalrad (ATV-DVWK-A 134, 2000, JABERG, 2003; WILO, 2008).....	52
Abbildung 4-24: Mehrkanalrad (ATV-DVWK-A 134, 2000; WILO, 2008).....	52
Abbildung 4-25: Schraubenzentrifugalrad (ATV-DVWK-A 134, 2000; HIDROSTAL, 2011).....	53
Abbildung 4-26: Freistromrad (ATV-DVWK-A 134, 2000, JABERG, 2003; WILO, 2008)	53
Abbildung 4-27: N-Laufrad (FLYGT, 2011).....	54
Abbildung 4-28: Laufrad mit Schneideinrichtung (JABERG, 2003; MALL, 2011; WILO, 2008)..	54
Abbildung 4-29: Nass und vertikal aufgestellte Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000; KSB, 2011,	55
Abbildung 4-30: Trocken und horizontal aufgestellte Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000; ABS, 2011; Schitter).....	55
Abbildung 4-31: Trocken und vertikal aufgestellte Kreiselpumpe (ATV-DVWK-A 134, 2000; ABS, 2011; WILO, 2008; Schitter)	56
Abbildung 4-32: Armaturen in einer Pumpstation (Schitter)	57
Abbildung 4-33: Magnetisch-Induktive Durchflussmessung (Schitter).....	59
Abbildung 4-34: Entscheidungs-Organigramm der Datenübertragungsmöglichkeiten (WILO, 2008).....	61
Abbildung 4-35: Möglichkeiten der örtlichen Signalisierung durch Drehleuchte, Hupe oder Kombination (PATLITE, 2011).....	61
Abbildung 4-36: Drehleuchte zur Signalisierung von Störungen an Schaltkasten angebracht (Schitter)	62
Abbildung 4-37: Möglichkeiten der Datenübertragung mittels Funk adaptiert nach DÖBELT (2010).....	62

Abbildung 4-38: Funktionsschema eines Fernwirksystems mittels GSM (WILO, 2008)	64
Abbildung 4-39: Antennentypen bei Funk-Fernwirkanlagen.....	64
Abbildung 4-40: Funktionsschema einer Funkfernwirkanlage adaptiert nach DÖBELT (2010) .	65
Abbildung 4-41: Gesamtkosten für die monatliche Überprüfung von APS in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Fahrzeit (PLIHAL et al., 2011).....	66
Abbildung 4-42: Jährliche Gesamtkosten in Abhängigkeit von der APS-Anzahl bei 10-maliger vor-Ort-Überprüfung pro Jahr (PLIHAL et al., 2011)	67
Abbildung 4-43: Projektkosten und Variantenvergleich (PLIHAL et al., 2011).....	68
Abbildung 4-44: Amortisation einer GSM-Anlage bei 3 Pumpstationen (PLIHAL et al., 2011)...	68
Abbildung 4-45: Automatische Quittierung des Motorschutzschalters.....	69
Abbildung 5-1: Unterteilung der Instandhaltung (DIN 31051, 2003).....	71
Abbildung 5-2: Abbau des Abnutzungsvorrates und seine Erstellung durch Instandsetzung oder Verbesserung (DIN 31051, 2003).....	72
Abbildung 5-3: Fehleranalyse (DIN 31051, 2003).....	74
Abbildung 5-4: Instandhaltungsarten nach ÖNORM EN 13306 (2010)	76
Abbildung 5-5: Optimaler Wartungsintervall in Abhängigkeit der Instandhaltungskosten (KÖRPERT, 2010).....	77
Abbildung 5-6: Kostenvergleich der unterschiedlichen Instandhaltungsstrategien (BAUMANN, 2010).....	78
Abbildung 6-1: Kostenblöcke der Lebenszykluskosten (ULMSCHNEIDER, 2006).....	79
Abbildung 6-2: Anteile an den Lebenszykluskosten je nach unterschiedlicher Betriebsdauer (ULMSCHNEIDER, 2006)	80
Abbildung 6-3: Kostenartenverteilung der Lebenszykluskosten (KSB zit. bei TORNOW, 2010)	81
Abbildung 6-4: Investitionskosten für Fertigteilpumpwerke (MLUR, 2003).....	82
Abbildung 6-5: Gesamtinvestitionskosten [DM] in Abhängigkeit vom Bemessungsförderstrom Q [l/s] (BAUMBACH et al., 2001).....	82
Abbildung 6-6: Gesamtinvestitionskosten GK [DM] in Abhängigkeit vom Bemessungsförderstrom Q [l/s] (BAUMBACH et al, 2001)	83
Abbildung 6-7: Investitionskostenvergleich Freigefällekanalisation vs. Druckentwässerung (KÄMPF, 2009)	84
Abbildung 6-8: Betriebskosten von Abwasserpumpstationen in Abhängigkeit von der Fördermenge (DWA ,2007)	85
Abbildung 6-9: Personalaufwand für laufenden Betrieb in Abhängigkeit von der installierten Pumpenleistung (DWA, 2007)	85
Abbildung 6-10: Personalbedarf von Abwasserpumpwerken (ATV, 1998).....	86
Abbildung 6-11: Personalaufwand, Vergleich der Ausgleichskurven (DWA, 2007).....	86
Abbildung 6-12: Elektroenergiekosten EK [DM/a] in Abhängigkeit vom Förderstrom Q [l/s] und Förderhöhe h _{man} [m] (BAUMBACH et al, 2001)	88
Abbildung 8-1: Boxplot-Darstellung	91
Abbildung 8-2: Gegenüberstellung Boxplot – Normalverteilung (BOWMAN; 2010).....	92
Abbildung 8-3: Gegenüberstellung Boxplot und Histogramm-Beispiele (CHOONPRADUB C. und MCNEIL D., 2004):	92

Abbildung 8-4: Pumpstation für Einzelobjekte	94
Abbildung 8-5: Standardpumpstation.....	95
Abbildung 8-6: Hauptpumpwerk	96
Abbildung 8-7: Anzahl an eingebauten Pumpen je PW (n=360)	96
Abbildung 8-8: Anzahl an eingebauten Pumpen nach Fallstudien	97
Abbildung 8-9: Eingesetzte Pumpen nach Pumpenhersteller	97
Abbildung 8-10: Installierte Pumpenleistung (n=360).....	98
Abbildung 8-11: Installierte Pumpenleistung nach Fallstudien	98
Abbildung 8-12: Aufteilung der PW in Anzahl Pumpen und installierter Pumpenleistung	99
Abbildung 8-13: Aufteilung der PW in Anzahl Pumpen und installierter Pumpenleistung nach Betreiber	99
Abbildung 8-14: Übertragungseinrichtung comXline 2516 GSM (TELENOT, 2010).....	101
Abbildung 8-15: TAS X30 GSM (RSE, 2010).....	102
Abbildung 8-16: Schematische Darstellung der Funkfernwirkanlage von Betreiber C.....	103
Abbildung 8-17: Informationen einer Ganglinie durch Fernwirkssystem	104
Abbildung 8-18: Ganglinien bei Regenerenignissen (1/2).....	104
Abbildung 8-19: Ganglinien bei Regenerenignissen (2/2).....	105
Abbildung 8-20: Ganglinie mit unterschiedlichen Pumpenlaufzeiten	105
Abbildung 8-21: Ganglinien von möglichen Verstopfungen.....	106
Abbildung 8-22: Ganglinie bei einem möglichen defekten Thermoschalter	106
Abbildung 8-23: Foto-Dokumentation einer Pumpwerksreinigung	110
Abbildung 8-24: Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro PW von Betreiber A (n = 101).....	111
Abbildung 8-25: Jährlicher Stundenaufwand pro PW von Betreiber A (n = 101)	112
Abbildung 8-26: Aufteilung der Instandhaltungstätigkeiten von Betreiber A	112
Abbildung 8-27: Anzahl der jährliche Tätigkeiten pro PW von Betreiber B (n = 82).....	113
Abbildung 8-28: Jährlicher Stundenaufwand pro PW von Betreiber B (n = 82)	114
Abbildung 8-29: Aufteilung der Instandhaltungstätigkeiten von Betreiber B	114
Abbildung 8-30: Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro PW von Betreiber C (n = 268).....	116
Abbildung 8-31: Jährlicher Stundenaufwand pro PW von Betreiber C (n = 268).....	117
Abbildung 8-32: Aufteilung der Instandhaltungstätigkeiten von Betreiber C	118
Abbildung 8-33: Vergleich des Mittelwertes der jährlichen Anzahl an unterschiedlichen Tätigkeiten.....	119
Abbildung 8-34: Vergleich des Median der jährlichen Anzahl an unterschiedlichen Tätigkeiten	119
Abbildung 8-35: Mittlere Anzahl der jährlichen Tätigkeiten pro Pumpwerk der Fallstudien.....	120
Abbildung 8-36: Vergleich des mittleren jährlichen Zeitaufwandes unterschiedlicher Tätigkeiten	121
Abbildung 8-37: Vergleich des Median des jährlichen Zeitaufwandes unterschiedlicher Tätigkeiten.....	122

Abbildung 8-38: Mittlerer jährlicher Zeitaufwand pro Pumpwerke der Fallstudien	123
Abbildung 8-39: Pumpwerksstörungsarten von Betreiber A.....	126
Abbildung 8-40: Pumpwerksstörungen Betreiber B	126
Abbildung 8-41: Anteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber A (n = 90; Gesamt: € 1.194).....	127
Abbildung 8-42: Betriebskosten ohne Strom – Betreiber A.....	128
Abbildung 8-43: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber A	128
Abbildung 8-44: Anteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber B (n = 84; Gesamt: € 541)..	129
Abbildung 8-45: Betriebskosten Betreiber B	130
Abbildung 8-46: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber B	130
Abbildung 8-47: Anteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber B (n = 84; Gesamt: € 410).....	131
Abbildung 8-48: Betriebskosten ohne Strom - Betreiber B.....	131
Abbildung 8-49: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber B	132
Abbildung 8-50: Anteile der Gesamtkosten – Betreiber C (n = 274; Gesamt: € 1080).....	132
Abbildung 8-51: Gesamtkosten – Betreiber C.....	133
Abbildung 8-52: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten inkl. Zusatzkosten – Betreiber C	133
Abbildung 8-53: Anteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber C (n = 274; Gesamt: € 773)	134
Abbildung 8-54: Betriebskosten – Betreiber C	134
Abbildung 8-55: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten – Betreiber C	135
Abbildung 8-56: Anteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber C (n = 274; Gesamt: € 498)	135
Abbildung 8-57: Betriebskosten ohne Strom – Betreiber C.....	136
Abbildung 8-58: Kostenanteile der mittleren Betriebskosten ohne Strom – Betreiber C	136
Abbildung 8-59: Kostenvergleich der PW-Klassen bis 2,4 kW und 2,5 bis 4,9 kW	137
Abbildung 8-60: Kostenvergleich der PW-Klassen 5 bis 9,9 kW und 10 bis 19,9 kW	138
Abbildung 8-61: Kostenvergleich der PW-Klassen 20 bis 49,9 kW und 50 bis 250 kW	138
Abbildung 8-62: Jährliche Betriebskosten inkl. Strom.....	139
Abbildung 8-63: Kostenartenaufteilung inkl. Stromkosten.....	139
Abbildung 8-64: Jährliche Betriebskosten ohne Strom	140
Abbildung 8-65: Kostenartenaufteilung ohne Stromkosten	141
Abbildung 8-66: Streudiagramm der jährlichen Stromkosten pro PW (n = 216)	141
Abbildung 8-67: Streudiagramm des jährlichen Stromverbrauches pro PW (n = 216).....	142
Abbildung 8-68: Mittlere Jährliche Stromkosten [€/a].....	142
Abbildung 9-1: Kontroll- und Reinigungsblatt Pumpwerke (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 2010).....	145
Abbildung 9-2: Mittlere jährliche Kosten von Pumpstationen (n = 274; Gesamt: € 1080)	148
Abbildung 9-3: Mittlere jährliche Kosten von Pumpstationen nach PW-Klassen	149
Abbildung 9-4: Kostenartenaufteilung ohne Stromkosten	149

Abbildung 9-5: Relevante Elemente und Unterprozesse der Benchmarking Studie (BURKHARD, 2003).....	150
Abbildung 9-6: Vergleich der Betriebskosten bei Pumpstationen bis 19,9 kW	151
Abbildung 9-7: Streudiagramm Stromkosten mit Kontrollbereichen (n = 216).....	152
Abbildung 9-8: Streudiagramm Stromverbrauch mit Kontrollbereichen (n = 216).....	152

14. Lebenslauf