



Aktenzeichen IV-7 – 042 600 003 D

# Entwicklung von Sparmaßnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation

KURZBERICHT

Im Auftrag von:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Projektpartner:







Aktenzeichen IV-7 – 042 600 003 D

## Entwicklung von Sparmaßnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation

KURZBERICHT

Aachen, im März 2013  
FiW an der RWTH Aachen

*Felix M. Bolle*

Dr.-Ing. F.-W. Bolle



---

## Projektbearbeitung

### Institution

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft  
an der RWTH Aachen (FiW) e.V.

Kackertstraße 15-17  
52056 Aachen

TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für  
Wasser-, Abwasser- und Energiewirtschaft mbH

Universitätsstraße 74  
44789 Bochum

IBR Ingenieurbüro Redlich und Partner GmbH

Rheingauer Straße 9  
65388 Schlangenbad

Emschergenossenschaft

Kronprinzenstraße 24  
D-45128 Essen

EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen

Pflanzschulstraße 2  
CH-8400 Winterthur

Ryser Ingenieure AG

Engestr. 9  
CH-3000 Bern 9

### Bearbeiter

Prof. Dr.-Ing. Karsten Müller  
Dipl.-Biol. Karl Billmaier  
Dipl.-Ing. Marko Siekmann

Dipl.-Ing. Stefan Koenen  
Dipl.-Ing. Tim Boudewins

Dipl.-Ing. Dirk Schrader

Dr.-Ing. Matthias Weilandt  
Dipl.-Ing. Heinz Brockmann

Dipl.-Geogr. Ernst A. Müller  
Dipl.-Wirt.-Ing. Eliane Graf

Dipl.-Ing. Beat Kobel  
Dipl.-Ing. Gottfried Eyer

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zielsetzung .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Energieverbräuche von Pumpwerken in NRW .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Energieeffizienz von Abwasserpumpwerken durch vorausschauende Planung ...</b>	<b>11</b>
4.1	Pumpwerksmodell.....	11
4.2	Lebenszykluskosten.....	14
<b>5</b>	<b>Betriebssicherheit energetisch optimierter Pumpwerke.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Pflichtenheft für Betriebs- und Energieanalysen.....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Konsequenzen für die Auswahl der Pumpen und die Gestaltung von Pumpwerken.....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Empfehlungen .....</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>23</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Fördermengen, Stromverbräuche, Förderhöhen sowie die Energieverbräuche ausgewählter Pumpwerke .....	7
Tabelle 3-2:	Abschätzung des Energieverbrauchs von Regenbecken .....	10
Tabelle 4-1:	Zusammenstellung der Lebenszykluskosten .....	16

## Bildverzeichnis

Bild 3-1:	Energiebedarf von Pumpwerken in Abhängigkeit der Ausbaugröße.....	8
Bild 4-1:	Pumpwerksmodell Pumpwerk Gelsenkirchen-Polsum.....	13
Bild 4-2:	Verteilung der Lebenszykluskosten des Referenz-Zustandes .....	14
Bild 4-3:	Anteil der Energiekosten an den Jahreskosten der maschinen- und elektrotechnischen Einbauten eines Pumpwerks .....	15
Bild 5-1:	Wahrscheinlichkeits-/Ausmaß-Diagrammen (BAFU, 2006) .....	17
Bild 6-1:	Grundlegende Darstellung der Wirkungsgrade von Motor und Pumpe in Verbindung mit der Förderhöhe einer Abwasserpumpe.....	20

## Abkürzungsverzeichnis

Kürzel	Erläuterung
BAFU	Bundesamt für Umwelt, Schweiz
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
IKT	Institut für Unterirdische Infrastruktur
LCC	Lebenszykluskosten (life cycle costing)
M	Merkblatt, Maschine
max.	maximal
min.	minimal
Mio.	Million, 10 <sup>6</sup>
MKULNV	Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
PW	Pumpwerk
RKB	Regenklärbecken
RRB	Regenrückhaltebecken
RÜB	Regenüberlaufbecken
SK	Stauraumkanal
WHG	Wasserhaushaltsgesetz



## 1 Zusammenfassung

Nach den Kläranlagen tragen maschinentechnische Aggregate in den Sonderbauwerken der Abwasserableitung einen erheblichen Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Abwasserentsorgung bei. Geprägt wird dieser Energieverbrauch im besonderen Maße durch Pumpen in Abwasserpumpwerken sowie Reinigungseinrichtungen in Regenbecken, über deren Energiebedarf oder das Energieeinsparpotenzial nur wenige Informationen vorlagen.

Im Projekt wurden für rund 200 Pumpwerke Betriebsdaten erhoben, analysiert und bewertet. Hierbei zeigte sich, dass bei lediglich 64 Pumpwerken die notwendigen Daten für eine Energieeffizienzanalyse (Auszug Tabelle 3-1) zur Verfügung standen. Bei den ausgewerteten Pumpwerken lag der Energieverbrauch zwischen rund 4 – 15 Wh/(m<sup>3</sup> • m), in drei Pumpwerken sogar über 23 Wh/(m<sup>3</sup> • m). Damit wurde der theoretische Energiebedarf (Bild 3-1), der benötigt wird, um einen Kubikmeter Wasser um einen Meter anzuheben, von rund 2,7 Wh/(m<sup>3</sup> • m) deutlich überschritten.

Dabei ist zu beachten, dass der Energieverbrauch alle Komponenten beinhaltet und eine differenzierte Betrachtung, welche Anteile einer möglichen Energieeinsparung auf die Qualität der elektrischen Aggregate und Bauteile bzw. Bauteile für die Hydraulik entfallen, nur andeutungsweise geschehen kann. So sank der Energieverbrauch des Pumpwerks Gelsenkirchen-Polsum (Lippeverband) nach einer Reinigung der Druckleitung bzw. nach Beseitigung von hydraulischen Hemmnissen (Tabelle 3-1) von rund 7,2 Wh/(m<sup>3</sup> • m) auf rund 4,4 Wh/(m<sup>3</sup> • m). Hieraus wird deutlich, dass eine Optimierung der hydraulischen Verhältnisse einen großen Einfluss auf die Energieeffizienz der Anlage hat, aber gleichzeitig die Anteile der Optimierungspotenziale schwer in Anteile für Elektrotechnik und Hydraulik differenziert werden können.

Ein Vergleich mit den Richtwerten aus der Schweiz (Abschlussbericht, Kapitel 3.4.2) zeigt, dass von den 64 untersuchten Pumpwerken in NRW lediglich zwei Anlagen im Wertebereich des optimalen Richtwertes aus der Schweiz von 4,0 Wh/(m<sup>3</sup> • m) liegen. Im Mittel resultiert mit rund 10 Wh/(m<sup>3</sup> • m) bei den untersuchten Pumpwerken ein Stromverbrauch, der um den Faktor 2,5 über dem Richtwert von 4,0 Wh/(m<sup>3</sup> • m) liegt. Dieses Ergebnis liegt in der gleichen Größenordnung, welche auch in der Schweiz festgestellt wurde. Untersuchungen in der Schweiz zeigten, dass für Motor-Pumpe-Systeme Wirkungsgrade von 30 % bis 75 % möglich sind (BFE, 2008; Abschlussbericht Tabelle 3-15)). Bei einem theoretischen Energiebedarf von 2,714 Wh/(m<sup>3</sup> • m) entsprechend einem Wirkungsgrad von 100 % entspricht die dargestellte Bandbreite der Gesamtwirkungsgrade einem Energiebedarf von 3,6 Wh/(m<sup>3</sup> • m) bis 9,0 Wh/(m<sup>3</sup> • m). Von den 64 untersuchten Pumpwerken liegen 48 Pumpwerke exakt in diesem Wertebereich. Die restlichen 16 Pumpwerke liegen mit Energiewerten von über 9,0 Wh/(m<sup>3</sup> • m) jedoch über den Vergleichswerten.

In Nordrhein-Westfalen werden nach den Angaben von Kommunen und Wasserverbänden insgesamt rund 7.000 Abwasserpumpwerke sowie rund 5.850 Regenbecken (RÜB, RRB, RKB, SK) betrieben (MKULNV, 2011).

Gemäß der Erhebung der DWA Nord (2009) liegt der Energieverbrauch in der Abwasserab-  
leitung derzeit bei rund 8,8 kWh/E. Auf NRW bezogen bedeutet dies bei rund 18 Mio. Ein-  
wohnern ein Jahresenergieverbrauch von rund 158 Mio. kWh/a. Bei einem Anteil des Ener-  
gieverbrauchs der Abwasserab-  
leitung von rund 12 % (DWA Nord, 2009) am gesamten  
Energieverbrauch der Abwasserentsorgung ergibt sich für NRW ein Gesamtenergiebedarf in  
der Abwasserentsorgung von rund 1.265 Mio. kWh/a.

Im Zuge der Verbrauchsprognose wurde der Energieverbrauch für die rund 5.850 Regenbe-  
cken in NRW (MKULNV, 2011) mit rund 51,7 Mio. kWh/a (Tabelle 3-2) und für die Pumpwer-  
ke mit rund 158 Mio. kWh/a abgeschätzt. Bei einem Einsparpotenzial von 40 % könnten so-  
mit rund 63 Mio. kWh/a an elektrischer Energie im Bereich Abwasserpumpwerke und Re-  
genbecken eingespart werden.

Wie sich die Möglichkeiten eines energetisch optimierten Betriebs gestalten, wurde am Bei-  
spiel des Pumpwerks Gelsenkirchen-Polsum ausgearbeitet.

Hier zeigte sich, dass sich eine kritische Bewertung der Energieeffizienz bestehender und  
vor allem neu zu planender Pumpwerke, auf Basis einer fundierten Datenerhebung als erster  
Arbeitsschritt, lohnt. Es wurde ein Referenz-Zustand mit 11 Variantenberechnungen hinsicht-  
lich der Energieeffizienz geprüft. Die wirtschaftlichste Variante wurde weiter untersucht. Er-  
hebliches Optimierungspotenzial versprachen folgende Maßnahmen:

- Genaue Ermittlung des Bedarfes und richtige Dimensionierung der Motoren und Pumpen
- Einrichtung einer Drehzahlregelung, mindestens für die häufig betriebenen Maschinen
- Kombinationen mehrerer Pumpen(-stufen)
- Mittels Simulation oder durch Erfahrung optimiertes Steuerungskonzept der Pumpen
- Nutzung verminderter Fließgeschwindigkeiten in der Druckleitung
- Vergleichmäßigung des Rohabwasserzuflusses durch ausreichende Größe des Pumpensumpfes
- Betriebliche und technische Überwachung

Durch die Optimierung der Steuer- und Regelkreise sowie der richtigen Dimensionierung  
können folgende Energieeinsparungen erzielt werden:

- **Energieeinsparung bis zu 8 %** bei einer „Direkteinschaltung der Abwasserpumpe/n“ durch die Verringerung der Förderhöhe
- **Energieeinsparung bis zu 10 %** durch den Einsatz von Frequenzumrichtern zur Regelung der Förderleistung/-menge der Abwasserpumpe/n in Abhängigkeit des Füllstandes im Pumpensumpf
- **Energieeinsparung bis zu 20 %** durch den Einsatz von Frequenzumrichtern zur Regelung der Förderleistung/-menge der Abwasserpumpe/n in Abhängigkeit des Füllstandes im Pumpensumpf in Verbindung mit einer Verringerung der Förderhöhe

Inwieweit Maßnahmen zur Energieeinsparung auch wirtschaftlich sind, wurde unter Ansatz der Lebenszykluskosten geprüft. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich um ein bestehendes Pumpwerk handelt, in dem verschiedene Umbauten sich erst dann wirtschaftlich darstellen lassen, wenn sie im Rahmen üblicher Austauschzyklen stattfinden, oder ob zu erstellende Anlagen betrachtet werden.

Die Verteilung der Lebenszykluskosten verdeutlicht unter Einbeziehung aller Kostenpositionen einschließlich der Kosten zur Anpassung des Pumpwerks, der Druckleitung, etc., dass bereits ein Großteil der Gesamtkosten in den Investitionen enthalten ist (Bild 4-2). Betrachtet man ausschließlich die elektrotechnischen Einbauten eines Pumpwerkes, so ist die Hauptkostenposition der Energiebedarf der Pumpen (Bild 4-3).

Für die Beurteilung der Betriebssicherheit und der Risikobewertung von Pumpwerken gibt es derzeit keine standardisierte Vorgehensweise. Für eine hohe Betriebssicherheit gilt es bei der Pumpenwahl das Optimum zwischen Energieeffizienz und Betriebssicherheit zu finden. Die Schwierigkeit ergibt sich aus dem Zusammenhang zwischen Wirkungsgrad, Volumenstrom und Durchflussquerschnitt. Weiteres Augenmerk sollte darauf gelegt werden, dass der Grundlastbetrieb möglichst effizient dimensioniert wird. Dies setzt eine validierte Datengrundlage voraus. Da der große Teil des Jahresbetriebs im Trockenwetterfall stattfindet, steckt hier konsequenterweise das größte Energiesparpotenzial.

Die Ermittlung und die Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung in den Sonderbauwerken der Abwasserableitung wird durch das Förderprogramm "Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW" (ResA) unterstützt.

Darüber hinaus kann die Umsetzung der energetisch ausgerichteten Optimierungsmaßnahmen einen Beitrag leisten

- zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und damit zum Umweltschutz,
- zur Steigerung der Energieeffizienz in der Abwasserentsorgung und
- zur Kostenreduzierung in der Abwasserentsorgung.

Abschließend hat das Vorhaben auch gezeigt, dass der Energieeffizienz von Sonderbauwerken eine stärkere Beachtung in der Planung als auch im Betrieb geschenkt werden muss, als dies bisher der Fall ist.

## 2 Zielsetzung

Im Rahmen des Vorhabens sollten der Energieverbrauch und mögliche Einsparpotenziale, die Netzfunktionen und die Betriebsstrategien, die Konzeption und die Dimensionierung neu zu erstellender Pumpwerke und die Möglichkeiten des energetisch optimierten Betriebs an ausgewählten Pumpwerk aufgezeigt werden.

Ebenfalls sollten die mit der energetischen Optimierung möglicherweise einhergehenden Ausfallrisiken und die zu erwartenden Betriebskosten in technischer Hinsicht bewertet werden. Die Ergebnisse sollten abschließend von Pumpen in Abwasserpumpwerken auf Pumpen in Regenbecken (Reinigung, Entleerung) übertragen werden.

Vor diesem Hintergrund waren die Ziele des Vorhabens:

- den Energiebedarf und die Energieeinsparpotenziale von Sonderbauwerken in der Siedlungsentwässerung mit dem Schwerpunkt Abwasserpumpwerke zu ermitteln,
- ein Konzept für die Planung und Dimensionierung neu zu erstellender energetisch optimierter Pumpwerke zu erarbeiten,
- die Möglichkeiten eines energetisch optimierten Betriebs bestehender Pumpwerke darzustellen,
- die Ausfallrisiken energetischen optimierter Pumpwerke zu bewerten
- und abschließend die Betriebskosten energetisch optimierten Lösungen auf basis der Lebenszykluskosten (LCC) aufzuzeigen.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden im Folgenden dargestellt.

### 3 Energieverbräuche von Pumpwerken in NRW

Für die Abschätzung des Energiebedarfs von Pumpwerken in der Abwasserableitung in NRW wurden anlagenspezifische Daten mittels Recherchen bei unterschiedlichen Abwasserzweckverbänden und kommunalen Betreibern erhoben.

Im Ergebnis zeigt sich, dass nur für wenige Pumpwerke bei den Betreibern eine hinreichende Datengrundlage bestand, um den Energieverbrauch für die Pumpwerke darstellen zu können (Tabelle 3-1). Der Grund lag hier, wie bei der Datenerhebung über die Energieverbräuche von Regenbecken darin, dass eine anlagenscharfe Aufzeichnung der Energieverbräuche nicht erfolgt. In der Regel wird der Energieverbrauch der Pumpwerke summarisch über die Kläranlagen erfasst.

Desweiteren ist innerhalb von Pumpwerken eine differenzierte Aufzeichnung des Energieverbrauchs der unterschiedlichen maschinentechnischen, mess-, steuer- und regeltechnischen sowie anderer energieverbrauchender Anlagenteile nicht Stand der Anlagenausrüstung. Eine detaillierte Betrachtung der Effizienz einzelner energieverbrauchender Anlagenteile ist deshalb nicht möglich.

Sofern die erhobenen Daten eine Berechnung des Energieverbrauchs zuließen, wurden diese für die entsprechenden Pumpwerke ermittelt (Tabelle 3-1). Der Energieverbrauch bildet nicht nur die Güte aller Energieverbraucher einer Anlage bzw. eines Pumpwerks ab, vielmehr sind auch alle hydraulisch wirksamen Komponenten auf der Saug- und Druckseite enthalten, so dass der Energieverbrauch ein Maß für die Effizienz des Systems ist (Tabelle 3-1).

Die Energieanalyse für die ausgewählten Pumpwerke (Tabelle 3.1) ergab Energieverbräuche zwischen  $4,05 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  (Pumpwerk Gelsenkirchen Picksmühlenbach) und  $25,87 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  (Pumpwerk Bottrop Mühlenflöte).

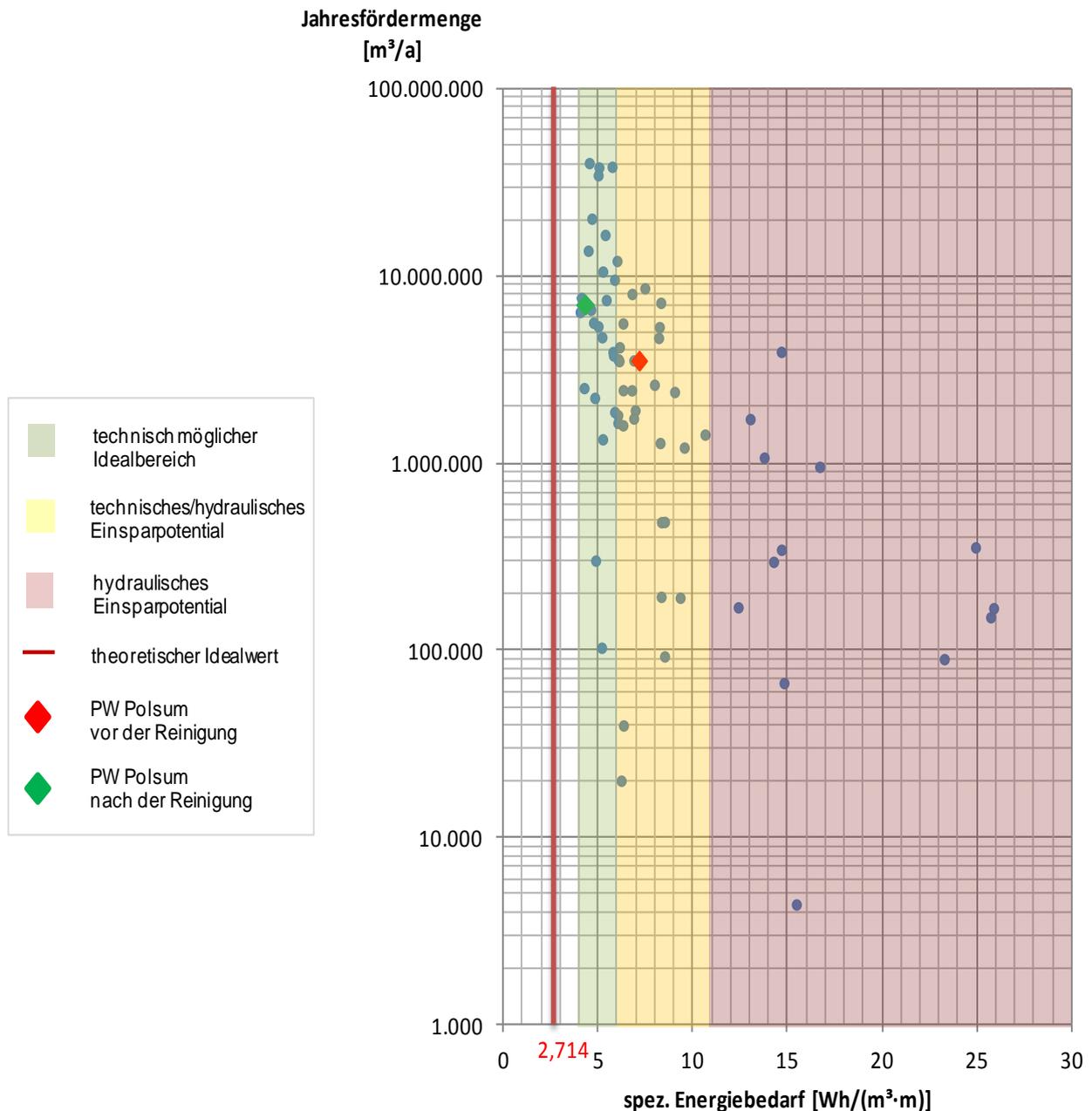
Für das Musterpumpwerk Gelsenkirchen-Polsum lagen für die Auswertung sowohl Jahresfördermengen als auch Tagesfördermengen vor. Diese wurden im Rahmen der durchgeführten Sondermessung erhoben, auf deren Basis die rechnerische Ermittlung der Jahresfördermengen und der Energiebedarfe erfolgte (Tabelle 3-1) (rote und grüne Kennzeichnung). Der Vergleich der Energiebedarfe ( $W_p$ ) vor (rote Raute) und nach (grüne Raute) der Reinigung lassen den Einfluss der Betriebszustände des hydraulischen Systems am Musterpumpwerk und damit den Einfluss der Wartung erkennen (Bild 3-1).

Durch die Molchung der Verrohrung konnte der Energiebedarf (Basis der Tagesmesswerte) von  $7,2$  auf  $4,4 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  und damit um rund  $40 \%$  gesenkt werden, was eine beachtlichen Minderung darstellt.

**Tabelle 3-1: Fördermengen, Stromverbräuche, Förderhöhen sowie die Energieverbräuche ausgewählter Pumpwerke**

Pumpwerk	Fördermenge [m³/a]	Wirkarbeit [kWh/a]	Blindarbeit [kWh/a]	W <sub>ges</sub> [kWh/a]	Förderhöhe [m]	W <sub>p</sub> [Wh/(m³·m)]
Bochum-S.-Lohne	485.659	101.267	-	101.267	25,0	8,34
Bot.-Feldhausen	298.321	69.658	12.007	81.665	19,20	14,26
Bot.-Kirchhellen	1.809.261	160.382	40.001	200.383	18,33	6,04
Dorsten-Östrich	150.844	92.015	43.736	135.751	35,00	25,71
Ge.-Picksmühlenbach	6.441.286	208.751	-	208.751	8,00	4,05
<b>Ge.-Polsum</b>	<b>1.725.895</b>	<b>150.032</b>	<b>90.479</b>	<b>240.511</b>	<b>10,70</b>	<b>13,02</b>
<b>Ge.-Polsum vor der Reinigung (Messwert vom 12.04.11)</b>	<b>3.467.067</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>7,2</b>
<b>Ge.-Polsum nach der Reinigung (Messwert vom 20.07.11)</b>	<b>4.944.844</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4,4</b>
Haltern Bossendorf	90.098	24.878	-	24.878	11,87	23,27
Haltern Flaesheim	170.404	78.484	-	78.484	37,17	12,39
Haltern Freiheit	346.023	92.384	-	92.384	18,20	14,67
Haltern Große Mersch	3.551.687	287.570	51.225	338.795	13,87	6,88
Haltern Mersch	5.645.922	445.700	80.167	525.867	19,59	4,75
Haltern Strandbad	20.198	2.109	-	2.109	16,80	6,22
Hamm Bockum Hövel	3.596.220	239.665	-	239.665	11,00	6,06
Herten Westerholt	2.240.727	234.308	17.822	252.130	23,35	4,82
Lünen Brambauer	1.345.920	206.409	7.258	213.667	30,30	5,24
Lünen Süggebach	3.946.620	825.077	-	825.077	14,26	14,66
Welver Borgeln	193.944	64.587	-	64.587	40,00	8,33
Soest-Ampen	302.722	58.941	-	58.941	40,00	4,87
Bottrop Abwasserkanal	38.443.734	3.411.014	888.200	4.299.214	19,50	5,73
Bottrop Mühlenflötte	168.592	20.299	1.509	21.808	5,00	25,87
Duisburg Fahrn	20.300.395	2.710.356	660.060	3.370.416	35,60	4,66
Köln Am Dammsteg	67.147	-	-	8.950	9,00	14,81
Köln Am Spaltwerk	191.736	-	-	8.943	5,00	9,33
Köln Angermunder Str.	487.229	-	-	31.483	7,60	8,50
Köln Am Gieb	39.841	-	-	7.067	28,00	6,34
Köln Christophstr.	93.177	-	-	7.529	9,50	8,51
Köln Erbacher Weg	4.409	-	-	675	9,90	15,46
Köln Am Straußenkreuz	103.673	-	-	3.707	6,90	5,18
<b>Mittel</b>						<b>9,99</b>

Um die Einsparpotenziale der Sonderbauwerke in NRW abschätzen zu können, wurden die im Rahmen des Projektes in NRW erhobenen Daten (Tabelle 3-1) ausgewertet. Das Bild 3-1 zeigt den Energieverbrauch für die bereits in Tabelle 3-1 dargestellten Pumpwerke. Im Vergleich zu den bereits in Tabelle 3-1 dargestellten Werten ist ebenfalls der Energiekennwert von  $2,714 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  angegeben, der bei einer verlustfreien Hebung eines Kubikmeters Wasser um einen Meter benötigt wird (rote Linie). Bild 3-1 zeigt, dass hohe Energiebedarfs- werte nicht in Abhängigkeit von der Jahresfördermenge stehen.



**Bild 3-1: Energiebedarf von Pumpwerken in Abhängigkeit der Ausbaugröße**

Das Handbuch Energie in ARA (BFE, 2008) gibt bei technisch optimalen Betrieb ein Richtwert von  $4 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  für das Heben an.

Bei den untersuchten Pumpwerken in NRW lagen lediglich zwei Anlagen im Wertebereich der Richtwerte aus der Schweiz. Im Mittel resultiert mit rund  $10 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  bei den untersuchten Pumpwerken ein Stromverbrauch, der um den Faktor 2,5 über dem Richtwert von  $4,0 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  liegt.

Dieses Ergebnis liegt in der gleichen Größenordnung, welche auch in der Schweiz festgestellt wurde. Untersuchungen in der Schweiz zeigten, dass für Motor-Pumpe-Systeme Wirkungsgrade von 30 % bis 75 % möglich sind (BFE, 2008; vgl. Abschlussbericht Tabelle 3-15). Bei einem theoretischen Energiebedarf von  $2,714 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  entsprechend einem Wirkungsgrad von 100 % entspricht die dargestellte Bandbreite der Gesamtwirkungsgrade einem Energiebedarf von  $3,6 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  bis  $9,0 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$ . Von den 64 untersuchten Pumpwerken liegen 48 Pumpwerke exakt in diesem Wertebereich. Die restlichen 16 Pumpwerke liegen mit Energiewerten von über  $9,0 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  jedoch über den Vergleichswerten.

Bei einer möglichen Reduzierung des Stromverbrauchs von  $10 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  auf  $4,0 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  berechnet sich ein Energieeinsparpotenzial von 60 %. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen konkrete Detailuntersuchungen an Pumpanlagen in der Schweiz. Dort konnten ebenfalls Energieeinsparpotenziale von über 40% aufgezeigt werden.

In der Abwasserableitung wird der größte Teil der Energie für den Transport des Abwassers eingesetzt. Der Anteil am Gesamtenergieverbrauch liegt bei rund 12 %, wobei der spezifische Energieverbrauch in Nordrhein-Westfalen rund  $8,8 \text{ kWh}/\text{E}$  beträgt (DWA Nord, 2009). Im Prozess Abwasserbehandlung liegt der Energieverbrauch bei rund  $70,3 \text{ kWh}/\text{E}$ . Die Hochrechnungen für NRW ergeben mit rund 18 Mio. Einwohnern einen Stromverbrauch von rund 158 Mio. kWh/a. Das Einsparungspotenzial liegt auf Basis eines gleichbleibenden Energieeinsparpotenzials von rund 40 % bei rund 63 Mio. kWh/a. Wäre das gesamte Energieeinsparpotenzial bei den Pumpwerken vorhanden, ergäbe sich für jedes Pumpwerk ein Einsparpotenzial über die Lebensdauer von rund 45.000 Euro.

Analog zu den Pumpwerken kann eine Prognose des möglichen Einsparungspotenzials für die rund 5.850 Regenbecken (RÜB, RRB, RKB, SK) in NRW (MKULNV, 2011) auf Basis der Jahresenergieverbrauchswerte aus der Abwasserableitung abzüglich der Verbrauchswerte der Abwasserpumpwerke erfolgen. Demnach beträgt der Jahresenergieverbrauch aller Regenbecken in NRW rund 51,7 Mio. kWh. Ein vergleichbares Ergebnis zeigt die nachfolgende Abschätzung (Tabelle 3-2).

Im Zuge einer möglichen energetischen Optimierung stehen hier die Reinigungsaggregate der rund 1.870 Regenüberlaufbecken (RÜB), der rund 1.780 Regenrückhaltebecken (RRB) sowie der rund 760 Regenklärbecken (RKB) in NRW im Mittelpunkt. Als Nutzer elektrischer Energie sind Reinigungsaggregate mit einem geschätzten Anschlusswert von rund 15 kW

pro Sonderbauwerk sowie die Mess-, Regel- und Steuerelektronik, als sogenannte Hilfsenergieverbraucher einschließlich der zugehörigen Heizungen zu nennen.

Unter den genannten Bedingungen kann für den Verbrauch der Reinigungsaggregate in den Regenbecken ohne Stauraumkanäle ein Verbrauch an elektrischer Energie von rund 13,2 Mio. kWh/a geschätzt werden (Tabelle 3-2). Für den Verbrauch der Mess-, Regel- und Steuerelektronik einschließlich der dazugehörigen Heizungen lässt sich für alle Regenbecken unter Einbeziehung der Stauraumkanäle ein Verbrauch an elektrischer Energie von rund 38,4 Mio. kWh/a darstellen (Tabelle 3-2).

**Tabelle 3-2: Abschätzung des Energieverbrauchs von Regenbecken**

Regenbecken ohne SK	Leistungsaufnahme Reinigungsaggregat	Anzahl Lastfälle	Betriebsdauer je Lastfall	Verbrauch kWh/a
4.416 Stück	15 kW	25/a (Schätzwert)	8 h/Ereignis (Schätzwert)	13.248.000
Regenbecken	Mess- und Regelelektronik incl. Heizung	Betriebszeit	Betriebszeitraum	Verbrauch kWh/a
5.853 Stück	0,75 kW	24 h/d	365 d/a	38.454.000

Ein mögliches Einsparpotenzial kann aufgrund fehlender Daten über Minderungsmöglichkeiten des Energiebedarfs nur unter Anwendung von Erfahrungswerten abgeschätzt werden und wird mit 20 % veranschlagt. Rechnerisch lassen sich wiederum auf Basis der geschätzten Verbrauchszahlen (Tabelle 3-2) und der geschätzten Minderung für Regenbecken ein Einsparpotenzial an elektrischer Energie in Höhe von rund 10 Mio. kWh/a darstellen. Bei einem Bezugspreis von 0,25 Euro/kWh kann dies auf rund 2,5 Mio. Euro/a bzw. mit 440 Euro/Sonderbauwerk/a beziffert werden. Über die Lebensdauer von 20 Jahren ergibt das insgesamt in NRW 50 Mio. Euro Einsparungen oder in Bezug auf ein Sonderbauwerk einen Betrag von 8.800 Euro.

## 4 Energieeffizienz von Abwasserpumpwerken durch vorausschauende Planung

### 4.1 Pumpwerksmodell

Wenn es um die Energieeffizienz von Sonderbauwerken in der Siedlungsentwässerung geht, gilt es zunächst, über einen Energiecheck mögliche Potenziale und Ansätze für eine elektrotechnische, möglicherweise auch hydraulische Verbesserung aufzuzeigen.

Da zum Zeitpunkt der energetischen Analysen der Sonderbauwerke in der Siedlungsentwässerung das Arbeitsblatt DWA - A 216 noch nicht fertiggestellt war, wurden diese auf Basis des Handbuchs „Energie in Ara“ durchgeführt. Gleichlautend zum Arbeitsblatt DWA - A 216 werden nachfolgend die Begriffe Energiecheck statt Grobcheck und der Begriff Energieanalyse statt Feinanalyse verwendet. Ein Energiecheck beinhaltet eine energetische Bestandsaufnahme und Bewertung einer Abwasseranlage anhand von Kennwerten. Daraus ergeben sich Hinweise auf die Dringlichkeit einer Energieanalyse und auf eventuell erste Maßnahmen. Sofern der Energiecheck ergibt, dass wirtschaftliche Verbesserungen darstellbar sind, kann über eine Energieanalyse im Detail die notwendigen Maßnahmen und die damit verbundenen Änderungen herausgearbeitet werden. Eine Energieanalyse enthält eine detaillierte Erhebung und Bewertung der Energiesituation, sowie eine Darstellung von Optimierungsmaßnahmen einschließlich Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.

Zur Feststellung und Validierung der Wirkungsgrade der Pumpen und Pumpenkennlinien wurden zwei Messkampagnen am Pumpwerk Gelsenkirchen-Polsum durchgeführt. Bereits in dieser Projektphase erfolgte eine qualitative Bewertung des Pumpwerks, die dazu diente, Anhaltspunkte für alle weiteren Untersuchungen zu finden. Überdies wurde deutlich, dass erhebliche Energieverluste vermutlich auf Verstopfungen in der saug-/druck-seitigen Verrohrung des Pumpwerks Gelsenkirchen-Polsum zurückzuführen sind.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde mit den vorliegenden Betriebsdaten für das Pumpwerk ein Standardlastfall definiert und der zugehörige Energiebedarf ermittelt.

Für die Definition des Standardlastfalls wurde unterstellt, dass die Förderganglinie des Pumpwerks annähernd der Belastungsganglinie entsprach, so dass sich aus den Betriebsdaten des Pumpwerks Gelsenkirchen-Polsum für das Betriebsjahr 2010 (Bezugszeitraum) ein Standardlastfall in Form einer repräsentativen Ganglinie herleiten lies.

Für die Erstellung des Pumpwerksmodells, dessen Berechnungsschritte jeweils den Zeitraum einer Minute umfassten, war eine weitere Aufschlüsselung der Zulaufganglinie bis hinab in den Minutenbereich notwendig.

Um den sich ständig ändernden Wasserstand im Pumpensumpf zeitnah zu modellieren und die Zuschaltung der Pumpenstufen in Abhängigkeit dieses Wasserstandes realistisch wie-

derzugeben, durften die Berechnungsschritte eine Dauer von jeweils einer Minute nicht überschreiten. Mit dem Pumpwerksmodell wurden für das betrachtete Beispieljahr somit 525.000 Datensätze dargestellt (365 d, 24 h/d, 60 min/h).

Die Druckverluste der einzelnen Pumpenstufen, die sich in den Druckrohrleitungen zwischen der Pumpensumpfsohle und ihren Mündungen ergaben, gingen in das Pumpwerksmodell ein. Die dem Pumpwerk nachgeschalteten Druckrohrleitungen wurden für den IST-Zustand, den Referenz-Zustand und alle weiteren Varianten rechnerisch durch jeweilige Druckrohrleitungsberechnungen abgebildet.

Die Druckrohrleitungsberechnung diente in Verbindung mit den Pumpenkennlinien überdies dazu, die Förderleistungen einzelner Pumpenstufen und deren Aufteilung bei zwei Pumpenstufen pro Druckrohrleitung abzuschätzen. Der Arbeitsschritt war iterativ und es galt, Anlagenkennlinie und Pumpenkennlinie zum Schnittpunkt zu bringen sowie die Druckhöhen bei zwei Pumpenstufen pro Druckrohrleitung abzugleichen.

Bei gefundener Förderleistung schließlich können die zugehörigen Wirkungsgrade abgelesen und ebenfalls dem Pumpwerksmodell zugrunde gelegt werden.

Ergebnisse des Berechnungsmodells waren pro Rechenschritt der Wasserstand im Pumpensumpf, die zugehörige Pumpenkombination, die Anzahl der Schaltspiele und das wesentliche Ergebnis der Untersuchungen, den jeweiligen Energieverbrauch. Dargestellt wurden alle Schaltungen, sowohl die Zu-, als auch die Abschaltungen der Maschinen (Bild 4-1).

Anhand des mit dem Referenz-Zustand abgeglichenen Pumpwerkmodells wurden nun im Hinblick auf Energieeffizienz Verbesserungsvorschläge geprüft. Dazu wurden 11 Variantenberechnungen durchgeführt und anschließend die wirtschaftlichsten Varianten in fünf weiteren Kombinationen gebündelt und ebenfalls abgebildet.

Einige Verbesserungsvorschläge sind nur mit geringem Einsparvolumen verbunden; erhebliches Optimierungspotenzial versprechen die folgenden Energieeffizienzmaßnahmen:

- Einrichtung einer Drehzahlregelung, mindestens für die häufig betriebenen Maschinen.
- Bedarfsorientierte Kombinationen mehrerer Pumpen(-stufen).
- Validierung des Pumpen-Steuerungskonzeptes durch Pumpwerkssimulation unter Einbeziehung von Erfahrungen.
- Verminderung der Fließgeschwindigkeiten.
- Vergleichmäßigung des Rohabwasserzuflusses durch ausreichende Größe des Pumpensumpfes.
- Ausreichende betriebliche und technische Überwachung.

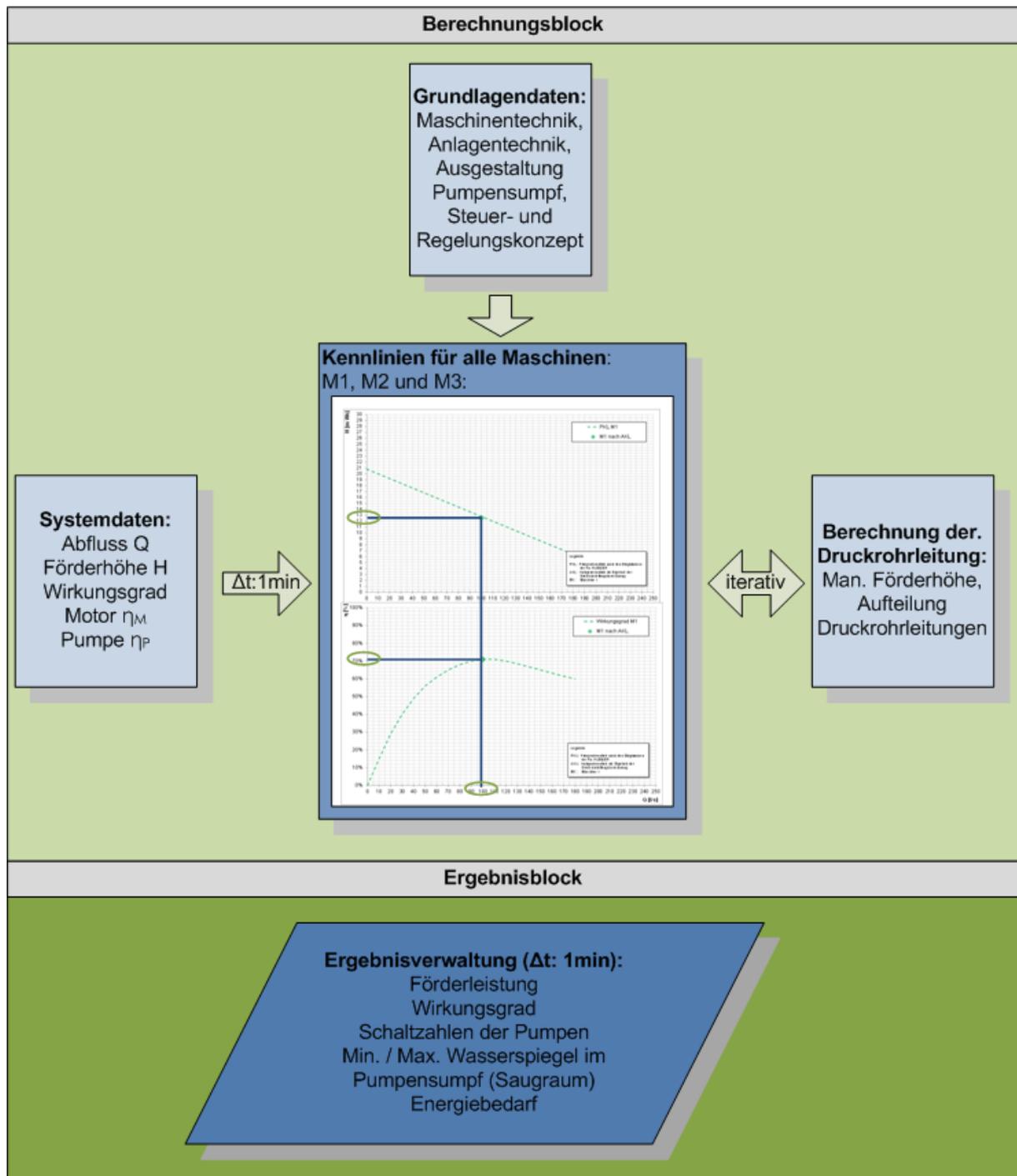


Bild 4-1: Pumpwerksmodell Pumpwerk Gelsenkirchen-Polsum

## 4.2 Lebenszykluskosten

Für eine umfassende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Abschätzung aller Lebenszykluskosten wichtig. Maßgeblich für die Entscheidungsfindung sind dabei vor allem die Anschaffungskosten, die Einrichtungs- und Inbetriebnahmekosten, die Energiekosten, die Betriebskosten und die Instandhaltungs-/Reparaturkosten. Die Ermittlung der Lebenszykluskosten stellt die vollständige Betrachtung aller während der Betriebszeit einer Anlage anfallenden Kosten dar.

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

**C<sub>ic</sub>:** Anschaffungskosten

**C<sub>in</sub>:** Einrichtungs-/Schulungs-/Inbetriebnahmekosten

**C<sub>e</sub>:** Energiekosten

**C<sub>o</sub>:** Betriebskosten (z.B. Arbeitskosten für Systemüberwachung)

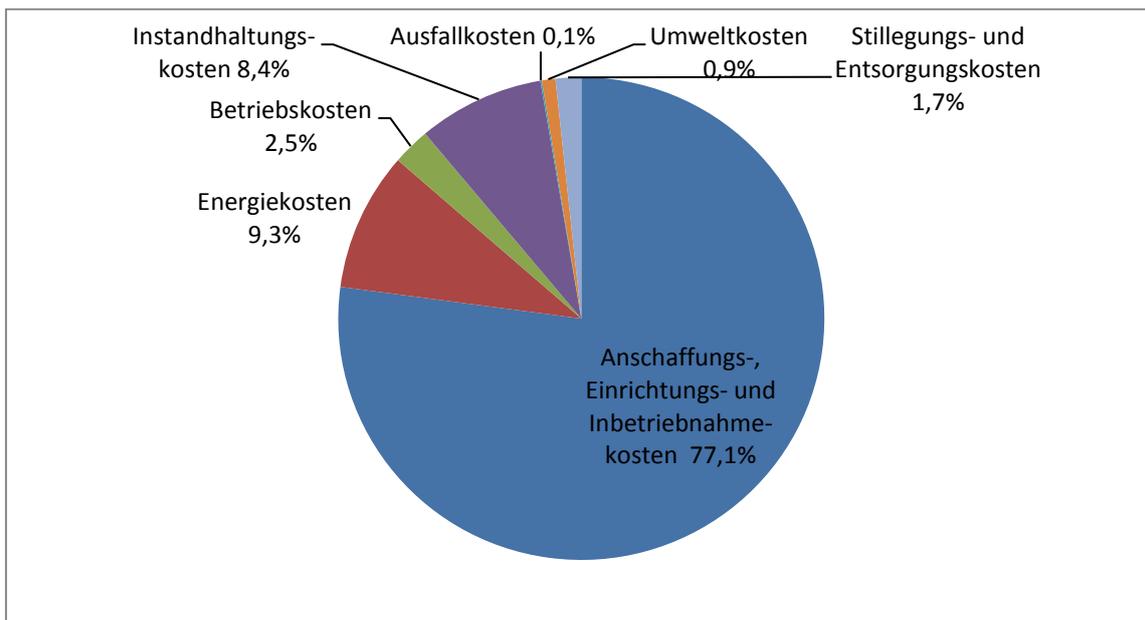
**C<sub>m</sub>:** Instandhaltungs- und Reparaturkosten

**C<sub>s</sub>:** Ausfallkosten

**C<sub>env</sub>:** Umweltkosten (Verschmutzung durch Förderflüssigkeit)

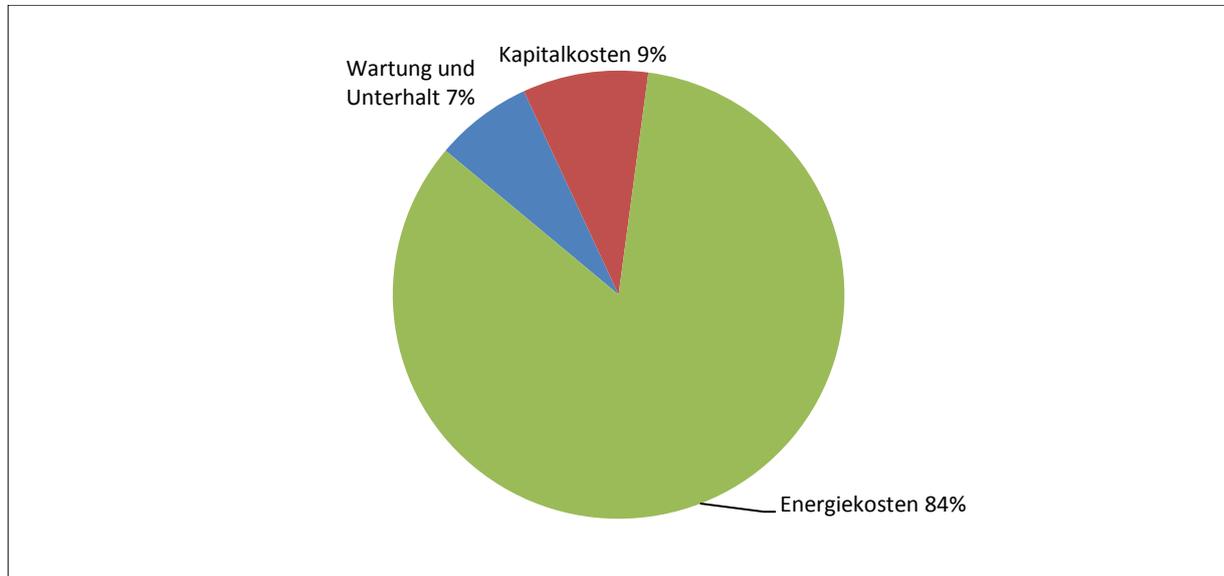
**C<sub>d</sub>:** Stilllegungs-/Entsorgungskosten bzw. Verkaufserlös der gebrauchten Pumpen

Bei einer umfassenden Betrachtung der Lebenszykluskosten für das Gesamtbauwerk Pumpwerk Gelsenkirchen-Polsum sind die Anschaffungs-, Einrichtungs- und Inbetriebnahmekosten mit Abstand die größte Kostenposition (Bild 4-2). Hierbei sind die Energiekosten von geringer Bedeutung.



**Bild 4-2: Verteilung der Lebenszykluskosten des Referenz-Zustandes, Gesamtbauwerk**

Betrachtet man bei den Jahreskosten ausschließlich die maschinen- und elektrotechnischen Einbauten eines Pumpwerkes, so bilden die Energiekosten die mit Abstand größte Kostenposition (Bild 4-3).



**Bild 4-3: Anteil der Energiekosten an den Jahreskosten der maschinen- und elektrotechnischen Einbauten eines Pumpwerks**

Zum Abschluss der Untersuchungen fand eine wirtschaftliche Bewertung der Verbesserungsvorschläge für sämtliche Varianten und Kombinationen anhand der Berechnung der Lebenszykluskosten statt (Tabelle 4-1).

Für das Pumpwerk Gelsenkirchen-Polsum konnte die Vielzahl möglicher Verbesserungsvorschläge energetisch und wirtschaftlich bewertet und auf konkrete verfahrenstechnische Empfehlungen eingegrenzt werden. Aufgrund der umfassenden Betrachtung der technischen Varianten und Kombinationen wird hier auf die Ausführungen in der Langfassung verwiesen.

Die Bearbeitung verdeutlichte, dass sich eine kritische Bewertung der Energieeffizienz bestehender und vor allem neu zu planender Pumpwerke lohnt. Im Sanierungsfall sind die Varianten mit den geringsten Investitionskosten am wirtschaftlichsten.

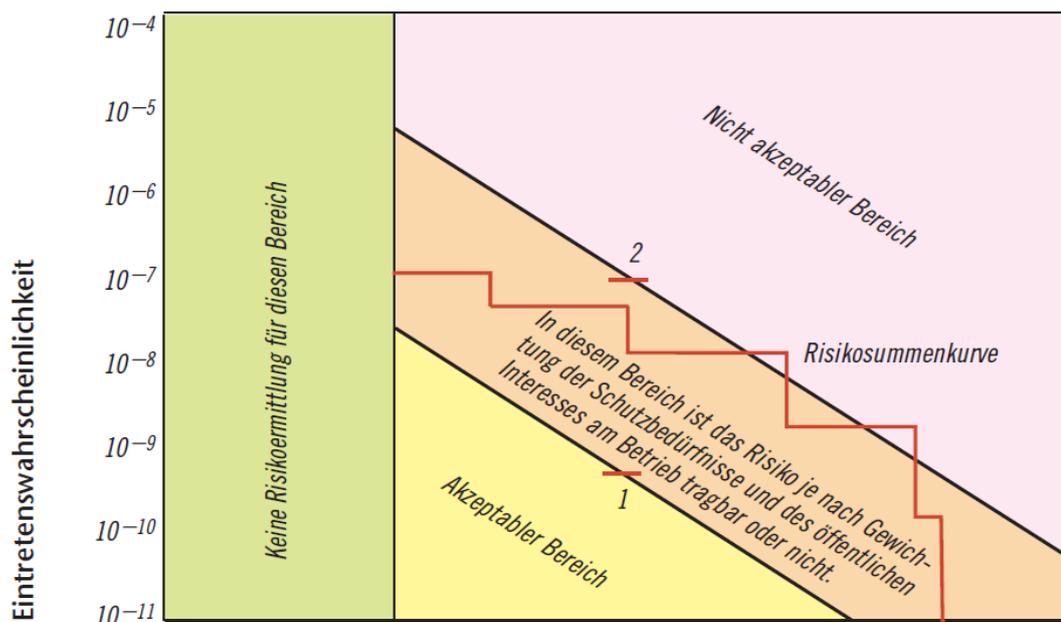
**Tabelle 4-1: Zusammenstellung der Lebenszykluskosten**

	Jahreskosten, brutto [Euro]	%
Referenzzustand	267.429	100,0
Variante V1	271.149	101,4
Variante V2	277.374	103,7
Variante V3	261.338	97,7
Variante V4	268.719	100,5
Variante V5	269.581	100,8
Variante V7	270.550	101,2
Variante V8	265.465	99,3
Variante V9	267.186	99,9
Variante V10	267.204	99,9
Variante V11	266.925	99,8
Variante V12	263.199	98,4
Kombination K1	267.010	99,8
Kombination K2	265.162	99,2
Kombination K3	268.029	100,2
Kombination K4	267.991	100,2
Kombination K5	267.820	100,1

## 5 Betriebssicherheit energetisch optimierter Pumpwerke

Derzeit gibt es kein verbindliches Vorgehen für eine Risikobeurteilung für Pumpwerke. Dies liegt an der Tatsache, dass neben internen Faktoren viele externe Faktoren eine Rolle bei der Beurteilung spielen, wie beispielsweise der Zustand der Verbindungsleitungen, der Stellenwert des Pumpwerks für die regionale Siedlungsentwässerung, die Menge und Verteilung der Niederschläge, die Art des Entwässerungssystems (Trennsystem, Mischsystem), die Lage des Pumpwerks und dessen ökologische Priorisierung, die Siedlungs- bzw. Bebauungsstruktur, etc. Darüber hinaus ist eine Risikobewertung für ein Pumpwerk ausgerichtet und lässt in der Regel eine allgemeine Betrachtung nicht zu.

Die Darstellung von Risiken erfolgt in Wahrscheinlichkeits-/Ausmaß-Diagrammen (F/N-Diagramme) (Bild 5-1), wie sie durch das Bundesamt für Umwelt der Schweiz (BAFU, 2006) Anwendung finden. Auf internationaler Ebene erfolgt eine Risikobeurteilung unter Beachtung des Berichts der (OECD, 2003). In Deutschland kann man die Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden – Württemberg aufführen, welche diverse Publikationen im Bereich Risikobewertung publizierte (Zwick/Renn 2002).



### Schadenausmass (ausgewählte Kriterien)

Todesopfer	10	100	1000
Verunreinigte Oberflächengewässer (km <sup>2</sup> )	1	10	100
Sachschaden in Mio. Franken	50	500	5000

**Bild 5-1: Wahrscheinlichkeits-/Ausmaß-Diagrammen (BAFU, 2006)**

Die Studie zeigt auf, dass es keine standardisierte Vorgehensweise für eine generelle Risikobeurteilung eines Pumpwerks gibt. Dies liegt an der Tatsache, dass neben internen Faktoren auch viele externe Faktoren betrachtet werden müssen. Eine Pauschalisierung würde hier zu einer völligen Fehlinterpretation der Sachlage führen. Ein anspruchsvoller Teil bei der

Pumpenwahl besteht darin, das Optimum zwischen Energieeffizienz und Betriebssicherheit zu finden. Die Schwierigkeit ergibt sich aus dem Zusammenhang zwischen Wirkungsgrad, Volumenstrom und Durchflussquerschnitt einer Pumpe. Weiteres Augenmerk sollte darauf gelegt werden, dass der Grundlastbetrieb möglichst effizient dimensioniert wird. Da der große Teil des Jahresbetriebs im Trockenwetterfall stattfindet, steckt hier konsequenterweise das größte Energiesparpotenzial. Ein erster Schritt für die Erhöhung der Betriebssicherheit ist die kontinuierliche Überwachung der Pumpwerke über qualifizierte Messungen.

## 6 Pflichtenheft für Betriebs- und Energieanalysen

Durch eine energetische Optimierung, insbesondere durch die Optimierung der Steuer- und Regelkreise von Abwasserpumpwerken in den Sonderbauwerken der Siedlungsentwässerung, können Energieeinsparungen von bis zu 40 % erzielt werden.

Grundlage für eine belastbare Effizienzanalyse ist eine hinreichende und belastbare Ermittlung der für den Abwassertransport erforderlichen Ressourcen bzw. des (energetischen) Aufwandes. Als Bemessungsgrößen dienen hierzu der Bedarf an elektrischer Energie und die geförderte Abwassermenge.

In vielen Sonderbauwerken in der Siedlungsentwässerung fehlen die für eine Effizienzbeurteilung erforderlichen Messungen oder sie sind so aufgebaut, dass keine genauen Messwerte zur Verfügung stehen.

Um eine verifizierbare Energieanalyse in Verbindung mit einer Betriebsoptimierung in den Abwasserpumpwerken der Sonderbauwerke der Siedlungsentwässerung durchführen zu können, ist es erforderlich, dass mindestens folgende wesentlichen Betriebsdaten ermittelt werden:

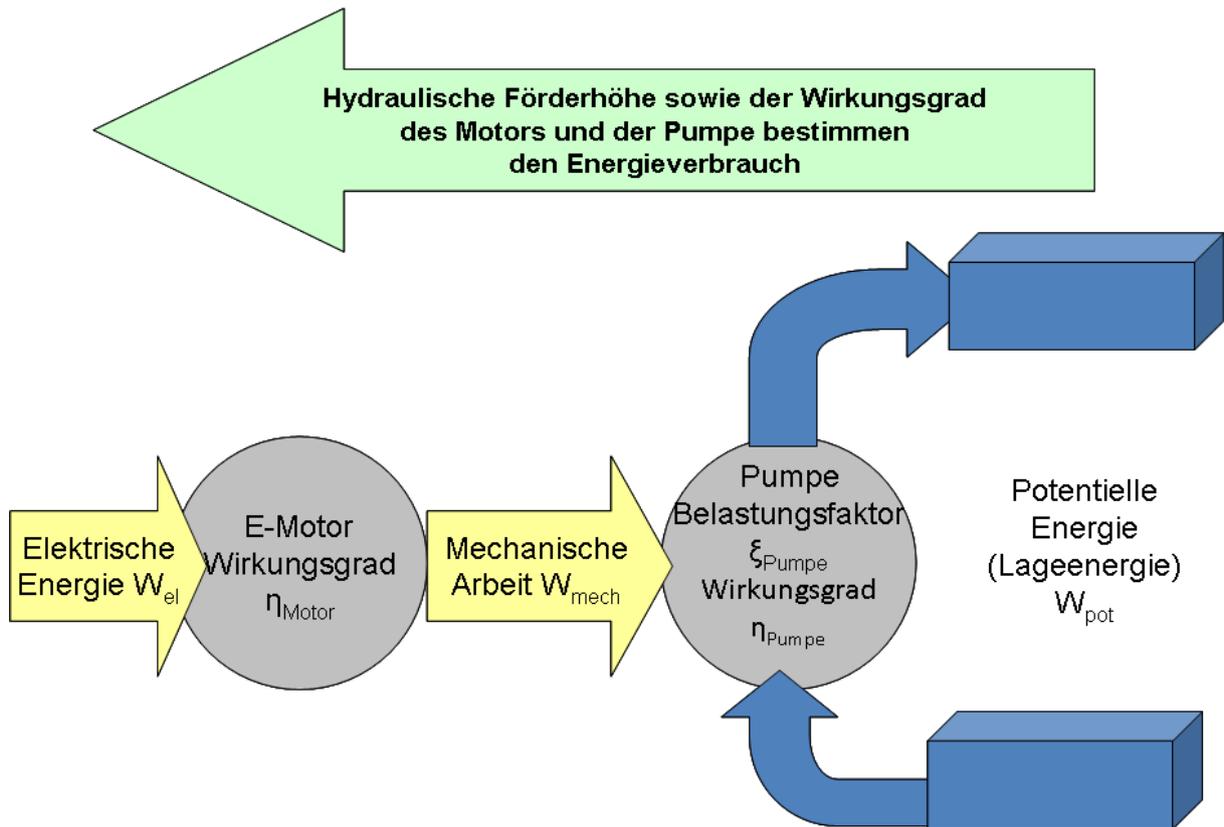
- Energieverbrauch der Abwasserpumpe/n
- Durchflussmenge der Abwasserpumpe/n
- Füllstand im Pumpensumpf

Wesentlich ist der Einsatz von geeigneten Messungen mit geringen Messfehlern, richtiger Dimensionierung sowie dem richtigen Einbauort der Messapparaturen.

Häufig wird mittels einer Strommessung und der Abwasserpumpenlaufzeit der elektrische Energieverbrauch der Abwasserpumpen ermittelt. Hierbei bleiben häufig wesentliche Beurteilungskriterien (z. B. Wirkungsgrad des Motors, Wirkungsgrad der Pumpe beim Betriebspunkt) unberücksichtigt (siehe Bild 6-1). Erfolgt eine Effizienzanalyse ohne umfassende Ermittlung aller relevanten Betriebsgrößen, resultieren Ungenauigkeit in der Größenordnung des Energieeinsparpotenzials.

Ein sinnvolles Instrument zur kontinuierlichen Energieanalyse sowie zur Betriebsoptimierung der Sonderbauwerke in der Siedlungsentwässerung ist eine EDV-gestützte, kontinuierliche Energie- und Datenanalyse.

Hierbei werden Wirkleistungsmesseinrichtungen für Abwasserpumpen und sonstige größere Aggregate zur Erfassung der elektrischen Arbeit installiert. Die Messsignale zur Erfassung der Fördermenge und der Wirkleistung werden über eine im Sonderbauwerk installierte Automatisierungsstation in Verbindung mit einer Datenübertragungseinrichtung zu einem übergeordneten Auswertesystem (Prozessleitsystem) übertragen.



**Bild 6-1:** Grundlegende Darstellung der Wirkungsgrade von Motor und Pumpe in Verbindung mit der Förderhöhe einer Abwasserpumpe

Hierbei sind folgende wesentliche Betriebsdaten zu ermitteln und nach Kennwerten auszuwerten:

- Energieverbrauch der Abwasserpumpe/n (kWh),
- Gesamtfördermenge der Abwasserpumpe/n ( $m^3$ ),
- Energieverbrauch bezogen auf die geförderte Abwassermenge ( $kWh/m^3$ )
- Abweichung des Energieverbrauchs zum Vorjahr in Prozent (%) bezogen auf die geförderte Abwassermenge ( $kWh/m^3$ ).

Die so durchgeführte Energieauswertung gewährleistet, dass Abweichungen, insbesondere ein Ansteigen des Energieverbrauchs in den Sonderbauwerken der Siedlungsentwässerung frühzeitig erkannt und Maßnahmen zur Energiereduzierung eingeleitet werden können.

## 7 Konsequenzen für die Auswahl der Pumpen und die Gestaltung von Pumpwerken

Die durchgeführten Untersuchungen verdeutlichen, dass durch den Einsatz hoch effizienter Systeme (Motor-Pumpe-Druckrohrleitung) Energieeinsparungen in der Siedlungsentwässerung möglich sind. Mittels hocheffizienter Motoren, Antriebe, Pumpen sowie entsprechender Gesamtsysteme mit optimal aufeinander abgestimmten Komponenten kann der Energieverbrauch für den Abwassertransport um bis zu 40 % gesenkt werden. Dabei ist sowohl darauf zu achten, dass hocheffiziente Antriebssysteme entsprechend der alten Effizienzklasse EFF 1 oder Antriebe nach der aktuellen Spezifikation IE 2 (EN 60034-30:2009) oder besser Verwendung finden. Allein der Einsatz hoch effizienter Systeme garantiert aber nicht die Ausnutzung des vollständigen Optimierungspotentials bei der Sanierung vorhandener Pumpwerke oder der Konzeptionen neuer Anlagen. Vielmehr sind die folgenden Fragestellungen bei der Planung der Ersatzmaßnahme oder dem Neubau zu berücksichtigen:

Da der größte Teil des zu fördernden Abwassers mit Hilfe der Grundlastpumpe weiter gefördert wird, ist die entsprechende Auslegung dieser Pumpe von entscheidender Bedeutung für die Gesamteffizienz des Pumpwerks. Das heißt, dass die Dimensionierung dieser Pumpe exakt auf diesen Abwasseranfall abzustimmen ist.

Weitere Pumpenstufen sind lastabhängig zu gestalten. Eine Drehzahlregulierung der Pumpen kann dabei einen Beitrag zur weiteren Energieeinsparung leisten. Hier sind die jeweiligen Randbedingungen im Pumpwerk jedoch maßgebend. Eine Vergleichmäßigung des Zuflusses und damit die Optimierung der Schaltspiele bei gleichzeitiger optimaler Anpassung der jeweiligen Förderstufe birgt weiteres Optimierungspotential.

Daneben ist aber die Reduzierung des Abwasseranfalls, hier insbesondere bei erhöhtem Fremdwasserabfluss, ein weiterer bedeutender Schritt. Ebenso kann durch die Reduzierung der Förderhöhe durch höheren Einstau im Pumpensumpf oder bei entsprechenden Möglichkeiten eine Verkürzung der Druckrohrleitung eine mögliche bauliche Anpassungsmaßnahme. Durch Wahl größerer Fließquerschnitte bzw. die hydraulisch günstige Ausgestaltung sowohl auf der Druckseite der Pumpen wie auf der Saugseite kann weitere Energie eingespart werden. Bei der Verringerung der Fließgeschwindigkeiten ist aber weiterhin ein ablagerungsfreier Betrieb zu gewährleisten.

Sowohl bei Neubauten, aber auch bei Nachrüstungen ist der Einsatz entsprechender Messtechnik im Pumpwerk (Förderleistung, elektrische Leistungsaufnahme, manometrische Förderhöhe) ein weiter Schritt zur Optimierung des Pumpwerkes und zum Auffinden möglicher Betriebsstörungen.

## 8 Empfehlungen

Für eine Umsetzung in Nordrhein-Westfalen wird eine Bestandsaufnahme für Pumpwerke und deren Energieverbraucher eingebettet in ein Aktionsprogramm "Energieoptimierung von Pumpen in der Abwasserableitung" empfohlen.

Unabdingbar für den Erfolg ist, dass die Zielgruppen aktiv angesprochen und konkrete Anreize geschaffen werden. Es wäre auch zu prüfen, inwieweit die Einbeziehung von akkreditierten Fachbetrieben, möglicherweise in Zusammenarbeit mit den Pumpenherstellern als Know-how-Träger und ein Förderprogramm für Energieanalysen als Multiplikatoren zielorientiert wirken könnten. Denn das größte Hindernis zur Umsetzung der Potenziale ist nicht die fehlende Wirtschaftlichkeit, sondern das fehlende Wissen der Entscheidungsträger über die möglichen Energieeinsparungspotenziale und die entsprechende Gewichtung des Themas. Wichtig ist generell, dass ein solches Programm nicht kurzfristig, sondern über mehrere Jahre angelegt ist und die Kombination von wirkungsvollen Maßnahmen im Bereich Information, Ausbildung und Förderanreizen eingesetzt wird.

In "Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung" hält das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV, 2011) fest, dass bei der Ableitung und Reinigung des Abwassers gemäß dem Wasserhaushaltgesetz auch die Energieeffizienz nach dem Stand der Technik zu erfolgen hat. Daraus kann abgeleitet werden, dass angesichts der offensichtlich ungenügenden energetischen Qualität der Pumpen in der Abwasserableitung in NRW Handlungsbedarf besteht.

Hierauf wird auch im neuen Arbeitsblatt DWA-A 216 Energiecheck und Energieanalyse - Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen (Stand: Entwurf April 2013) hingewiesen. Im Arbeitsblatt DWA-A 216 werden die Ansätze zur energetischen Bewertung auch für Pumpen in der Abwasseranleitung sowie die Vorgehensweise vom Energiecheck zur Energieanalyse als Grundlage zur Umsetzung vorgestellt.

Darauf aufbauend können die Optimierungsmaßnahmen zur Beurteilung der Energieeffizienz der elektrischen Verbraucher in einem Pumpwerk erfolgen. Mit den erhobenen Daten lassen sich die für eine Bewertung wesentlichen Größen ableiten und eine Leistungsbeurteilung der Aggregate sowie des Pumpwerks vornehmen. Durch eine Zusammenführung der ermittelten Benchmarks ist ein Anlagenvergleich – Benchmarking möglich.

Die Zeit für ein Programm „Energiecheck Pumpen“ ist momentan günstig, denn Energieeffizienz ist nicht nur in der Politik positiv besetzt, sondern auch gefragt wie noch nie.

Die Erstellung von Energieanalysen und die Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung in den Sonderbauwerken der Abwasserableitung fördert Nordrhein-Westfalen im Rahmen des Programms "Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW" (ResA).

## 9 Literatur

BAFU (2006): Technik - Risiko - Sicherheit. Umwelt 2/06, Bern

BFE (2008): Handbuch Energie in ARA. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) und Bundesamt für Energie. Bern/Zürich

EN 60034-30 (2009): Drehende elektrische Maschinen - Teil 30: Wirkungsgrad-Klassifizierung von Drehstrommotoren mit Käfigläufern, ausgenommen polumschaltbare Motoren (IE-Code) (IEC 60034-30:2008); Deutsche Fassung EN 60034-30:2009

DWA Nord (2009): Benchmarking Abwasser DWA Nord. Öffentlicher Bericht über das Projektjahr 2008. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Landesverband Nord, Hildesheim

DWA-Regelwerk (2013): Arbeitsblatt DWA-A 216 Energiecheck und Energieanalyse - Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen, Entwurf April 2013

Farmer, F.R. (1967): Siting Criteria – A New Approach; Proceedings of a Symposium On Containment And Siting of Nuclear Power Plants. IAEA-SM-89/34. International Atomic Agency, Vienna

FSK (2010): Fremdwassersanierungskonzept (FSK), Beschreibungen zur Aufstellung und zu den Mindestinhalten, Stand 11. Juni 2010

IKT (2003): Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwVKan) bei den kommunalen Netzbetreibern und wasserverbänden in NRW. Institut für unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen

MKULNV (2011): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. 15. Auflage, Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

OECD (2003): Emerging risks in the 21<sup>st</sup> Century. An OECD International Futures Project

Schmitt Theo G. (2011): Risikomanagement statt Sicherheitsversprechen. KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall. Nr. 1; Januar 2011

Zwick, M.M. und Renn, O. (Hg.) 2002: Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des »Risikosurvey Baden-Württemberg 2001«, Arbeitsbericht 202 der TA-Akademie, Stuttgart.