



## Projekt unter Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

FKZ 24550/35

„Wissens- und Technologietransfer: Integrierte Ansätze zur Optimierung von Siedlungsentwässerungssystemen in regionalen Zentren der westlichen Ukraine am Beispiel der Stadt Chervonohrad“

- Abschlussbericht -

### Antragsteller

DREBERIS GmbH, Heinrich-Zille-Str. 2, 01219 Dresden

### Projektpartner

Dr. Pecher AG, Klinkerweg 5, 40699 Erkrath

Stadtentwässerung Dresden GmbH, Scharfenberger Str. 152, 01139 Dresden

Technische Universität Dresden, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft,  
Helmholtzstr. 10, D-01069 Dresden

DREBERIS TOV, Prospekt Svobody 47-3, 79008 L'viv, Ukraine

Dresden, Januar 2015

## Dokumenteninformation

Thema: Handlungsansätze zur Optimierung von Siedlungsentwässerungssystemen in regionalen Zentren der Ukraine

Förderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Förderkennzeichen: Az. 24550/35

Projektpartner: DREBERIS GmbH  
Heinrich-Zille-Str. 2, 01219 Dresden

DREBERIS TOV  
Prospekt Svobody 47-3, 79008 L'viv, Ukraine

Dr. Pecher AG  
Klinkerweg 5, 40699 Erkrath

Stadtentwässerung Dresden GmbH  
Scharfenberger Str. 152, 01139 Dresden

Technische Universität Dresden  
Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft  
Helmholtzstr. 10, D-01069 Dresden

Beteiligte Autoren: Frank Blumensaat, Technische Universität Dresden

Anna Girol, Technische Universität Dresden

Gert Graf-van Riesenbeck, Dr. Pecher AG

Stefan Grüner, Technische Universität Dresden

Michael Janzen, Dr. Pecher AG

Norbert Lucke, Stadtentwässerung Dresden GmbH

Cathleen Matthies, Stadtentwässerung Dresden GmbH

Volodymyr Motyl, DREBERIS TOV

Stephan Wegert, DREBERIS GmbH

Corinna Weigelt, DREBERIS GmbH

Datum: 31.01.2015

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>24550/35</b>	Referat	<b>23</b>	Fördersumme	<b>159.762 €</b>
<b>Antragstitel</b>	<b>Wissens- und Technologietransfer: Integrierte Ansätze zur Optimierung von Siedlungsentwässerungssystemen in regionalen Zentren der westlichen Ukraine am Beispiel der Stadt Chervonohrad</b>				
<b>Stichworte</b>	Abwasser, Ausland Abwasser				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>1 Jahr 9 Monate</b>	<b>18.03.2013</b>	<b>05.12.2014</b>	<b>1</b>		
Zwischenberichte					
<b>Bewilligungsempfänger</b>	DREBERIS GmbH Heinrich-Zille-Str. 2 01217 Dresden			Tel 0351/86 26-430 Fax 0351/86 26-4310	
				Projektleitung Stephan Wegert	
				Bearbeiter Corinna Weigelt, Volodymyr Motyl	
<b>Kooperationspartner</b>	Technische Universität Dresden Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft, 01062 Dresden Dr. Pecher AG, Klinkerweg 5, 40699 Erkrath Stadtentwässerung Dresden GmbH, Scharfenberger Straße 152, 01139 Dresden				

### **Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**

Ziel des Projektes war es, die Stadtverwaltung und das Wasserunternehmen der Stadt Chervonohrad zu unterstützen, eigene Strukturen und Wissen zur nachhaltigen Entwicklung der Abwasserentsorgung in der Stadt Chervonohrad aufzubauen. Gemeinsam wurde ein Konzept mit Handlungsoptionen für die Erhöhung der Abwasserentsorgung erarbeitet werden, das für eine Beantragung nationaler bzw. internationaler Fördermittel und Finanzierungen geeignet ist. Das Vorgehen in der Stadt Chervonohrad kann als Beispiel einer Projektvorbereitung (nachhaltiges Abwasserbeseitigungskonzept bzw. Umsetzungsstrategie für eine schrittweise Sanierung und Modernisierung der Anlagen) für vergleichbar große Städte der Ukraine dienen und wurde entsprechend übertragbar gestaltet.

### **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Auf Grundlage einer zielgerichteten System- und Defizitanalyse gekoppelt mit einer multikriteriellen Bewertung vielversprechender Handlungsoptionen wurde für das Siedlungsentwässerungssystem der Stadt Chervonohrad der Sanierungsbedarf ermittelt. Die Defizitanalyse diente zur Aufnahme des bestehenden Zustandes und zur Feststellung der wesentlichen Ursachen aktueller Probleme. Dabei wurden nicht nur die technischen Anlagen zur Abwasserableitung bzw. -behandlung, sondern auch der konkrete finanzielle und gesetzliche Handlungsspielraum des Wasserunternehmens erfasst. Auf Basis der so identifizierten Problemstellungen wurden Prioritäten definiert und Maßnahmenpakete mit kurz-, mittel- und langfristigen Umsetzungshorizont zusammengestellt. Die Maßnahmen wurden hinsichtlich einer möglichen Erreichung von EU-Standards, der Umsetzungsleistungsfähigkeit der Stadt und der Senkung der Betriebs- und Wartungskosten beurteilt. Die konkrete Bewertung verschiedener Lösungsansätze wurde über vereinfachte Bilanzierungsansätze und prozessbasierte Modellierung realisiert. Es sollten vor allem kosteneffiziente und robuste Handlungsoptionen entwickelt werden, die den gegebenen Randbedingungen entsprechen. Dies wurde von regelmäßigen Workshops begleitet, um die Basis für eine Entscheidungsfindung im Sinne einer ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit zu legen. Im Ergebnis wurde ein Paket aus Maßnahmen mit höchster Priorität zusammengefasst. Dieses wurde als erstes Investitionsprojekt zur Beantragung einer Finanzierung aufgearbeitet.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse der Systemanalyse zeigen, dass bereits im Betrieb des Unternehmens erhebliche Defizite bestehen. Diese lassen sich überwiegend auf Mängel in den regulatorischen und finanziellen Rahmenbedingungen der ukrainischen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung zurückführen. Die Tarife der Abwasserentsorgung haben in den vergangenen 10 Jahren permanent unter den Selbstkosten der Leistung gelegen, so dass die Ausgaben für den Betrieb immer weiter gesenkt wurden. Gleichzeitig bestehen unrealistisch niedrige Emissionsgrenzwerte als auch hohe Anforderungen an Energieeffizienz, die mit der bestehenden Anlagentechnik nicht erzielt werden können. Das Fehlen einer umfassenden Datenbasis, z.B. einer kontinuierlichen Bestimmung der Ablaufwerte, trägt dazu bei, dass der tatsächliche Zustand in der Regel nicht transparent und objektiv bewertet werden kann. Die Ergebnisse der Systemanalyse und die Modellierung der Anlage haben diese Einschätzung jedoch eindeutig bestätigt, wobei die Situation in Chervonohrad exemplarisch für die Mehrzahl der Abwasserentsorgungssysteme in der Ukraine interpretiert werden kann.

Vor diesem Hintergrund wurden die Erhöhung der Belüftungsleistung und die Anhebung des Rücklaufschlammverhältnisses als primär zu ergreifende Sofortmaßnahmen identifiziert. Hierdurch wird zunächst der Energiebedarf der Anlage erheblich steigen. Mit einer automatischen Regelung der Belüftung, der Einführung einer Denitrifikation, der Umrüstung der Nachklärbecken und der Errichtung einer Phosphorentfernung können kurzfristig investive Maßnahmen ergriffen werden, die eine Verbesserung der Reinigungsleistung bei gleichzeitiger Energieeinsparung ermöglichen. Mittelfristig sollten mit der Vergleichmäßigung des Zulaufes durch Steuerung der Kanalpumpwerke und dem Aufbau einer Schlammbehandlung mit Klärgasverwertung weitere Maßnahmen umgesetzt werden, die den Energiebedarf und die Emissionsbelastung weiter verringern. Da die ukrainischen Abwasseranlagen in der Vergangenheit als Typenprojekte geplant und umgesetzt wurden, ist davon auszugehen, dass diese Handlungsempfehlungen auch auf eine Vielzahl vergleichbarer Städte übertragen werden können.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen setzt voraus, dass das Unternehmen in der Finanzplanung und Tarifikalkulation Fortschritte erzielt, die eine angemessene Anhebung der Betriebsausgaben und insbesondere des spezifischen Energieaufwandes ermöglichen. Eine transparente Kommunikation des Zustandes und der betrieblichen Anforderungen sowohl gegenüber der Tarifregulierungsbehörde als auch gegenüber der Stadtverwaltung als Eigentümerin des Unternehmens sind hierfür geboten. Für das Unternehmen wurde ein Finanzmodell erstellt, um die Dynamik der Kostenentwicklung und die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der empfohlenen Maßnahmen mittel- und langfristig abschätzen zu können. Eine Finanzierung der Investitionsmaßnahmen kann aufgrund der gegebenen Finanzsituation des Unternehmens aktuell nur über eine Förderung erfolgen. Bislang bestehen in der Ukraine jedoch keine geeigneten Finanzierungsprogramme, die gezielt den Bedarf der kleineren und mittleren Wasserunternehmen adressieren. Das Handlungskonzept, das dem Unternehmen zur schrittweisen Implementierung der Maßnahmenempfehlungen übergeben wurde, kann jedoch zukünftig als Grundlage für die Beantragung möglicher Förderungen dienen.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Die Inhalte und Ergebnisse des Projektes wurden auf einem gemeinsam mit dem Verband der Wasserunternehmen der Ukraine „Ukrvodokanalekologija“ am 25.11.2014 in Lviv organisierten Seminar vorgestellt. Darüber hinaus sind die Ergebnisse und Erfahrungen dieses Pilotprojektes anderen Kommunen und Wasserunternehmen über einen Leitfaden zugänglich, der sie bei der Formulierung des Sanierungsbedarfs und der Akquirierung zusätzlicher Mittel unterstützen soll. Dieser Leitfaden kann online über die Webseite der DREBERIS GmbH auf Ukrainisch und Deutsch abgerufen werden und wird ebenfalls über den Verband der ukrainischen Wasserunternehmen zur Verfügung gestellt.

## **Fazit**

Das Projekt hat eine umfassende wissenschaftliche Bewertung des Abwasserentsorgungssystems eines mittleren Zentrums der Ukraine ermöglicht. Hierbei wurden erhebliche Defizite in der Betriebsführung festgestellt, die vorrangig durch die finanziellen und regulatorischen Rahmenbedingungen der Wasserwirtschaft in der Ukraine verursacht werden. Für eine nachhaltige Sanierung der Abwasserentsorgung wurden am Beispiel der Stadt Chervonohrad konkrete Handlungsempfehlungen entwickelt, die sowohl die Optimierung des Anlagenbetriebes als auch Fragen der Unternehmensplanung adressieren und die auch auf andere Städte übertragbar sind. Um diese Maßnahmen umsetzen zu können, müssen die weiterhin bestehenden Defizite in der Tarifregulierung und der Finanzierung von Maßnahmen in kleineren und mittleren Städten der Ukraine auf nationaler und internationaler Ebene stärker adressiert werden.

## Inhaltsverzeichnis

Dokumenteninformation .....	2
Projektkennblatt .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	5
Abbildungsverzeichnis .....	7
Tabellenverzeichnis .....	8
1 Zusammenfassung .....	9
2 Anlass und Zielsetzung des Projektes .....	10
3 Darstellung der Arbeitsschritte .....	11
4 Bestandsaufnahme .....	13
4.1 Allgemeines .....	13
4.2 Bevölkerung .....	14
4.3 Industrie .....	14
4.4 Urbane Struktur, Flächennutzung .....	15
4.5 Wasserversorgung .....	15
4.6 Abwasserentsorgung .....	17
4.7 Wirtschaftliche Lage des Unternehmens .....	18
5 System- und Defizitanalyse .....	22
5.1 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes .....	22
5.2 Anlagenkonfiguration .....	23
5.3 Datenerhebung und -analyse .....	25
5.4 Bemessung und Modellierung der Kläranlage .....	27
5.5 Kanalnetzmodellierung .....	29
6 Handlungsempfehlungen .....	32
6.1 Betriebstagebuch .....	32
6.2 Optimierung der Belüftung .....	32
6.3 Rücklaufschlammförderung .....	33
6.4 Denitrifikation .....	34
6.5 Umrüstung Nachklärbecken .....	35
6.6 Phosphorentfernung .....	36
6.7 Vergleichmäßigung Zulauf .....	36
6.8 Schlammbehandlung .....	36
6.9 Zusammenfassung .....	37
7 Capacity Development .....	39
7.1 Regulatorisches Umfeld .....	39

7.2	Arbeit mit dem Unternehmen .....	41
7.3	Leitfaden für ukrainische Unternehmen.....	43
8	Ergebnisse .....	44
	Quellen und Literatur .....	45
Anhang 1:	Programm Abschlussworkshop .....	46
Anhang 2:	Teilnehmerliste des Abschlussworkshops .....	47
Anhang 3:	Leitfaden .....	49
Anhang 3:	Fotos.....	50

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Stadt Chervonohrad im Einzugsgebiet des Westlichen Bug.....	10
Abbildung 2: Arbeitsschritte .....	11
Abbildung 3: Positionskarte der Ukraine und der Stadt Chervonohrad .....	13
Abbildung 4: Karte vom Stadtzentrum Chervonohrads.....	13
Abbildung 5: administrative Aufteilung der Stadt Chervonohrad .....	13
Abbildung 6: Verwaltungsstruktur der Gemeinde Chervonohrad.....	14
Abbildung 7: Flächenverteilung im Stadtgebiet Chervonohrads.....	15
Abbildung 8: Schematische Darstellung des Wasserversorgungsnetzes. ....	16
Abbildung 9: Struktur des Trinkwasserabsatzes in 2012. ....	17
Abbildung 10: Kosten und Preise der Abwasserentsorgung. ....	18
Abbildung 11: Struktur und Entwicklung der Kosten der Abwasserentsorgung.....	19
Abbildung 12: Anzahl der Beschäftigten 2013. ....	19
Abbildung 13: Historische Entwicklung von Elektrizitätsverbrauch und Elektrizitätsausgaben. ....	20
Abbildung 14: Realisierte Investitionen 2002-2010. ....	20
Abbildung 15: Tarif für Trinkwasser und Abwasser in der Region Lviv, 2013 .....	21
Abbildung 16: geographische Einordnung des Abwassersystems Chervonohrad.....	22
Abbildung 17: schematische Darstellung des Abwassersystems Chervonohrad.....	22
Abbildung 18: Luftbild der Kläranlage in Chervonohrad .....	23
Abbildung 19: Durchfluss im Anlagenzulauf am Beispiel des Messtages vom 1. Oktober 2013.....	25
Abbildung 20: Zulaufganglinie für 20 Trockenwettertage im April 2013.....	26
Abbildung 21: Zulaufganglinie für 28 Allwettertage im Messzeitraum September–November 2013.....	26
Abbildung 22: Zulaufganglinie für die CSB-Zulaufkraft für 20 Trockenwettertage im April 2013. ....	26
Abbildung 23: Zulaufganglinie für die CSB-Zulaufkraft für 28 Allwettertage im September– November 2013. ....	26
Abbildung 24: bereinigte und geglättete CSB-Konzentrationen im Kläranlagenzulauf von September bis Dezember 2013.....	26
Abbildung 25: modelltechnische Umsetzung der Kläranlage Chervonohrad in SIMBA classroom .....	27
Abbildung 26: schematische Darstellung der Arbeitsabfolge zur Entwicklung geeigneter Optimierungskonzepte durch dynamische Modellierung.....	28
Abbildung 27: Übersicht für Betriebstagebuch .....	32
Abbildung 28: Rücklaufschlammführung.....	34
Abbildung 29: Denitrifikation. ....	35

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bevölkerungszahlen der Stadt Chervonohrad (ohne Hirnyk, Sosnivka).....	14
Tabelle 2: Kennzahlen zu Wasserförderung und -absatz. ....	16
Tabelle 3: Entwicklung der Länge der Hauptsammler in Chervonohrad. ....	17
Tabelle 4: Gesamtabwassermenge im System Chervonohrad (Chervonohrad, Sosnivka und Hirnyk). ....	18
Tabelle 5: Abnutzungsgrad wesentlicher Anlagen .....	21
Tabelle 6: Anlagenkonfiguration .....	23
Tabelle 7: Überblick verwendeter Daten zur Simulation in SIMBA classroom .....	28
Tabelle 8: Ergebnisse für die jeweiligen Handlungsoptionen bei unterschiedlich gewählten Eingangsdaten zur Simulation .....	29
Tabelle 9: Kenndaten der Pumpwerke der Stadt Chervonohrad. Die vier markierten Pumpwerke sind die Hauptpumpwerke und zugleich die Leistungs- und Laufzeitintensivsten.....	30
Tabelle 10: Grundlegende Angaben zu Modellentwicklung .....	31
Tabelle 11: Übersicht der Maßnahmenempfehlungen. ....	38



## 1 Zusammenfassung

Die Abwasserentsorgung in regionalen Zentren der Westukraine ist aufgrund des desolaten Zustands der Abwasserinfrastruktur besorgniserregend. Der defizitäre Zustand stellt bereits zum jetzigen Zeitpunkt ein erhebliches Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung dar. Die Entsorgungssicherheit sowie eine adäquate Abwasserreinigung können oft nicht mehr gewährleistet werden. Die damit verbundene Gewässerverschmutzung des Westlichen Bugs (Grenzfluss zu Polen) trägt zu einem grenzübergreifenden Umweltproblem bei. Aufgrund der aktuellen wirtschaftlichen und politischen Entwicklung muss darüber hinaus von einer Verschärfung der Problematik in naher Zukunft ausgegangen werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Systemzustand, sowie die Reinigungsleistung der Kläranlage in Chervonohrad (Ukraine) zu dokumentieren, um so die Grundlage für weitere Untersuchungen hin zur Entwicklung eines nachhaltigen Konzepts zur Ertüchtigung der örtlichen Abwasserreinigungsanlagen zu liefern. Ein Vergleich mit anderen ukrainischen Anlagen ermöglicht die Einschätzung der Notwendigkeit von Investitionen im Hinblick auf die technische Modernisierung der Anlagen.

Das Projekt wurde durch Workshops und intensive Diskussionen mit dem leitenden Management des Unternehmens Chervonohrad-Vodokanal begleitet. Diese waren darauf ausgerichtet, die Methodik und die Ergebnisse der Analyse als zeitgemäße Planungsgrundlage zu vermitteln. Darüber hinaus wurden Handlungsbedarf und Handlungsmöglichkeiten der Unternehmensleitung diskutiert. Dem Unternehmen wurde ein Handlungskonzept zur Lösung der vorrangigen technischen Probleme übergeben.

Ferner wurde ein Leitfaden als Handreichung für ukrainische Wasserunternehmen in gleichen Situationen erstellt, der die technischen und betriebswirtschaftlichen Handlungsempfehlungen dokumentiert. Inhalte und Empfehlungen des Leitfadens wurden am 25.11.2015 in einer gemeinsamen Veranstaltung mit dem Verband der ukrainischen Wasserunternehmen „Ukrvodokanalekologija“ in Lviv vorgestellt.

Der vorliegende Bericht dokumentiert wesentliche Inhalte Ergebnisse der Projektbearbeitung.

## 2 Anlass und Zielsetzung des Projektes

Ziel des Projektes ist es, die Stadtverwaltung und das Wasserunternehmen der Stadt Chervonohrad zu unterstützen, eigene Strukturen und Wissen zur nachhaltigen Entwicklung der Abwasserentsorgung in der Stadt Chervonohrad aufzubauen. Gemeinsam soll ein Konzept mit Handlungsoptionen für die Ertüchtigung der Abwasserentsorgung erarbeitet werden, das für eine Beantragung nationaler bzw. internationaler Fördermittel und Finanzierungen geeignet ist. Das Vorgehen in der Stadt Chervonohrad soll als Beispiel einer Projektvorbereitung (nachhaltiges Abwasserbeseitigungskonzept bzw. Umsetzungsstrategie für eine schrittweise Sanierung und Modernisierung der Anlagen) für vergleichbar große Städte der Ukraine dienen und entsprechend übertragbar gestaltet sein.

Die Stadt Chervonohrad (ukrainisch: Червоноград, Oblast Lwiw, Ukraine) befindet sich im oberen Teil des Einzugsgebiets des Westlichen Bugs (siehe Abbildung 1), der durch seinen grenzüberschreitenden Verlauf einen unmittelbaren Einfluss auf die ökologische Situation in der Europäischen Union hat. Mit ihren ca. 75.000 Einwohnern steht Chervonohrad exemplarisch für 47 weitere ukrainische Städte mit 50.000 bis 100.000 Einwohnern. Ähnlich wie Chervonohrad haben auch diese Städte ein veraltetes, sanierungsbedürftiges Abwasserentsorgungssystem, verfügen über geringe finanzielle Mittel und eine unzureichende Abwasserentsorgung in den umliegenden dörflichen Gemeinden.



Abbildung 1: Lage der Stadt Chervonohrad im Einzugsgebiet des Westlichen Bug.

Die Sanierung und der Ausbau der Anlagen zur Abwasserableitung und -reinigung sind nur mit Unterstützung durch nationale oder internationale Hilfsgelder realisierbar. Aussicht auf Finanzierung besteht jedoch nur dann, wenn eine Umsetzungsstrategie für die schrittweise Sanierung und Modernisierung der Anlagen vorliegt. In dieser müssen der Bedarf nachgewiesen, nach Prioritäten aufgeschlüsselt und Wege zur schrittweisen Implementierung aufgezeigt werden. In kleineren Kommunen fehlen dafür sowohl die notwendigen personellen und finanziellen Ressourcen, als auch die erforderlichen Werkzeuge zur Analyse der gegenwärtigen Situation (z.B. Messgeräte) und zur Prognose für zukünftige Situationen (z.B. numerische Modelle). Das vorliegende Vorhaben trägt dazu bei, passende Werkzeuge und Methoden bereitzustellen, um den Entwicklungsprozess voranzutreiben.

### 3 Darstellung der Arbeitsschritte

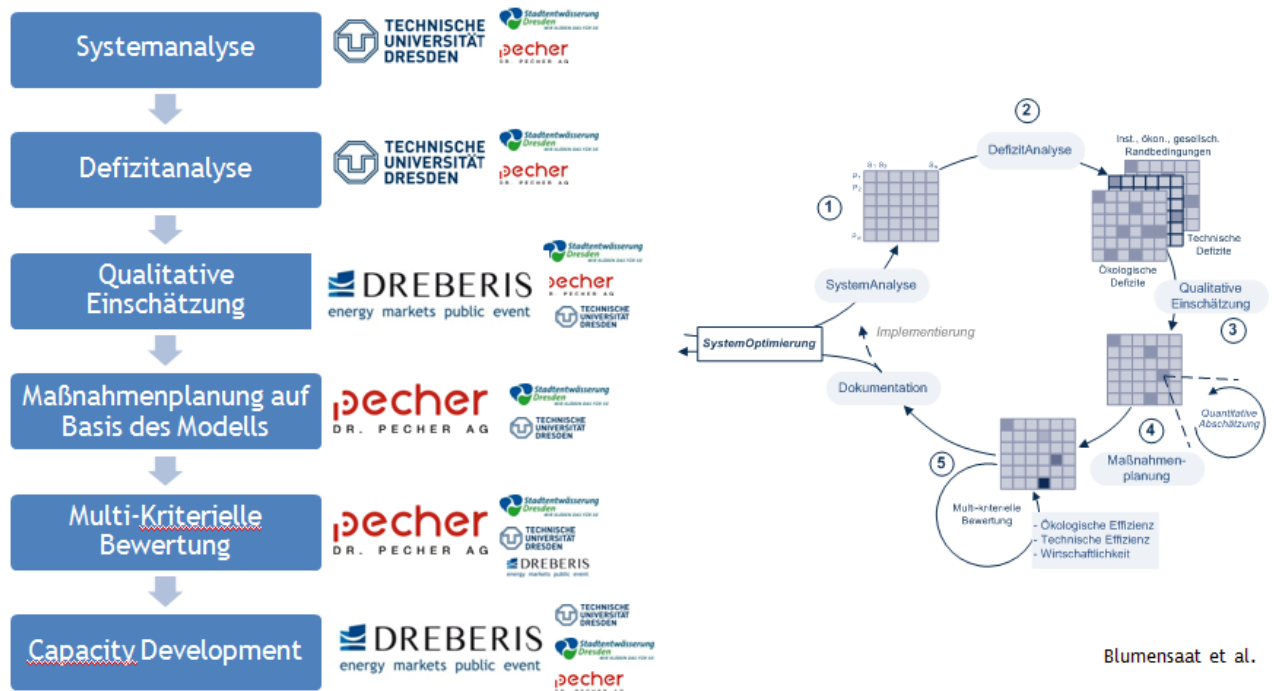


Abbildung 2: Arbeitsschritte

Das Projekt wurde im Juli 2013 mit Kick-off-Treffen in Chervonohrad und Dresden begonnen.

Im Zeitraum von September bis Dezember 2013 wurde für die Datenaufnahme ein online Monitoring-System installiert. Die gewonnen Messwerte/Daten konnten mit einer im Rahmen des Projektes IWAS von Oktober bis Dezember 2009 durchgeführten Messkampagne abgeglichen und ergänzt werden. Gleichzeitig wurden vom Unternehmen wirtschaftliche Berichte und betriebliche Kennzahlen angefordert und ausgewertet.

In der Systemanalyse wurde die urbane Wasserbilanz, die Umweltsituation im angrenzenden Gewässer, die lokale Entwässerungssituation und der Zustand als auch die Leistung der Kläranlage bewertet. Hierfür wurde ein dynamisches Modell der Anlage mit Hilfe der Software „SIMBA classroom“ implementiert.

In einem Workshop im Wasserunternehmen Chervonohrad-Vodokanal wurden am 15./16. Januar 2014 die Methodik der Systemanalyse und bisherigen Ergebnisse vorgestellt und mit der Unternehmensleitung diskutiert. Gemeinsam mit dem Unternehmen wurden die technischen Parameter und Annahmen der Simulation abgeglichen. Weiterhin wurden die finanzielle Situation des Unternehmens und Fragen der Tarifregulierung behandelt. Zu einem Termin in der Stadtverwaltung wurde das Projekt gegenüber dem Bürgermeister der Stadt vorgestellt.

Im Anschluss an den Besuch wurden durch das Projektteam die Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für den zukünftigen Betrieb und das Management des Siedlungsentwässerungssystems entwickelt und bewertet. Weiterhin wurden Vorschläge zur Verbes-

serung der Unternehmensplanung und der Tarifikalkulation entworfen. Im Juni 2014 wurde das leitende Management des Unternehmens zu einem viertägigen Studienbesuch nach Dresden eingeladen. Auf einem zweitägigen Workshop wurden die Ergebnisse der System- und Defizitanalyse sowie die daraus abgeleiteten Maßnahmenempfehlungen vorgestellt und diskutiert. Ferner wurden kaufmännische und organisatorische Themen der Unternehmens- und Finanzplanung besprochen. Der Besuch diente ferner der Besichtigung von Kläranlagen in der Region um Dresden und in der Stadt Zgorzelec/Polen.

Die Ergebnisse des Workshops sind in die Überarbeitung und Anpassung der Handlungsempfehlungen für das Unternehmen eingeflossen, die als Handlungskonzept an das Unternehmen übergeben wurden.

Zur Veranschaulichung der mittel- und langfristigen finanziellen Auswirkungen der Unternehmensentwicklung, wurde ein Finanzmodell des Unternehmens erstellt, das für eine Abschätzung des notwendigen Tarifniveaus genutzt werden kann.

Am 25. November 2014 wurde mit Unterstützung des Verbandes der ukrainischen Wasserwirtschaft „Ukrvodokanalekologija“ der Abschlussworkshop zur Vorstellung der Projektergebnisse in der Ukraine durchgeführt. Der Workshop wurde am Vormittag abgehalten und durch den Präsidenten von „Ukrvodokanalekologija“ eröffnet; am Nachmittag fanden sich die Mitglieder der Wasserunternehmen aus den Oblastgebieten Lviv, Volynya, und Rivne zusammen, um eine Regionalgruppe „West“ des ukrainischen Verbandes „Ukrvodokanalekologija“ zu gründen. Somit konnten die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Projekt unmittelbar auch an kleinere und mittlere Wasserunternehmen der Region weitergegeben werden.

## 4 Bestandsaufnahme

### 4.1 Allgemeines

Chervonohrad (ukrainisch Червоноград, bis 1951 Кристинопіль/Krystynopil; russisch Chervonograd, polnisch Krystynopol) liegt im Westen der Ukraine im Oblast Lviv (Lemberg) und befindet sich ca. 80 km nördlich der Gebietshauptstadt Lemberg sowie ca. 20 km von der polnischen Grenze entfernt (siehe Abb. 3). Zum Verwaltungsgebiet der Stadt gehört auch die Stadt Sosnivka sowie die Siedlung städtischen Typs Hirnyk (siehe Abb. 5).



Abbildung 3: Positionskarte der Ukraine und der Stadt Chervonohrad  
([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

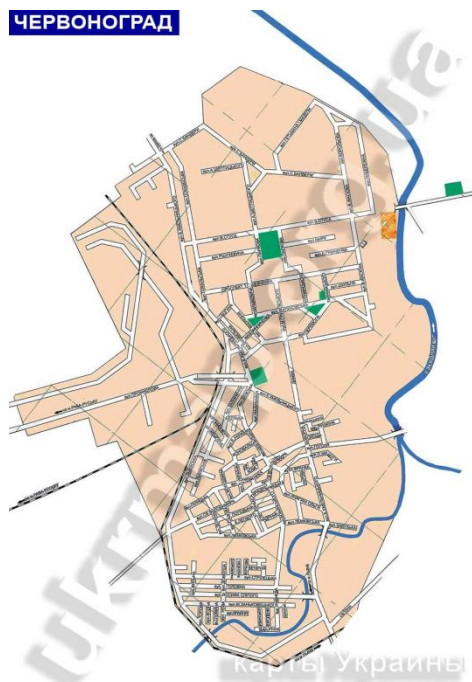


Abbildung 4: Karte vom Stadtzentrum Chervonohrads  
([http://ukrmap.org.ua/Maps/Chervonograd/Chervonograd\\_\(1028x1500\).jpg](http://ukrmap.org.ua/Maps/Chervonograd/Chervonograd_(1028x1500).jpg)).

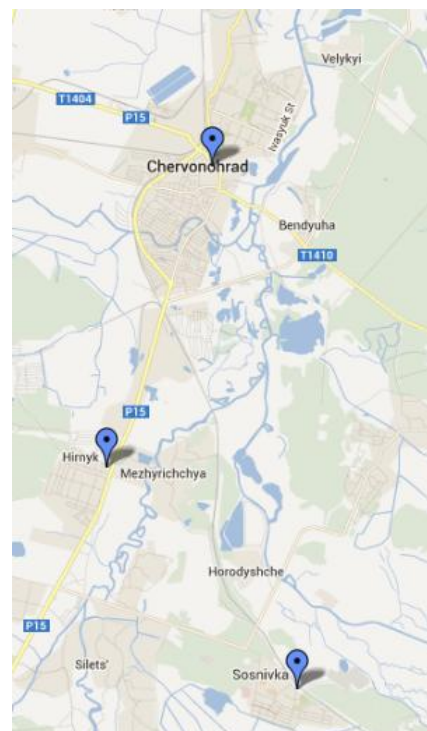


Abbildung 5: administrative Aufteilung der Stadt Chervonohrad  
([www.google.de](http://www.google.de)).

Die Verwaltungsstruktur der Gemeinde Chervonohrad, einschließlich der Körperschaften relevant für Wasserver- und Abwasserentsorgung und Stadtplanung, kann wie folgt dargestellt werden:



Abbildung 6: Verwaltungsstruktur der Gemeinde Chervonohrad.

## 4.2 Bevölkerung

Insgesamt 82.800 Einwohner (Stand: 01.05.2013) leben im Verwaltungsgebiet der Stadt Chervonohrad<sup>1</sup>. Die Einwohner verteilen sich wie folgt auf die drei Hauptsiedlungen:

- Chervonohrad: 68.300,
- Sosnivka: 11.600,
- Hirnyk: 2.900.

Die Bevölkerungsdichte liegt bei 3.924 Einwohnern je km<sup>2</sup>.<sup>2</sup> Chervonohrads Anteil an der Gesamtbevölkerung im Oblast Lviv beträgt 3.3% (Stand: 01.01.2011). Die historische Bevölkerungsentwicklung kann wie folgt dargestellt werden:

Tabelle 1: Bevölkerungszahlen der Stadt Chervonohrad (ohne Hirnik, Sosnivka).

<i>Jahr</i>	<b>2011</b>	<b>2001</b>	<b>1991</b>	<b>1981</b>	<b>1974</b>	<b>1970</b>	<b>1959</b>
<b>Bevölkerungszahlen [in Tausend E]</b>	68,3	71,0	74,0	58,0	51,0	44,0	12,0

(<http://populstat.info/Europe/ukrainet.htm>, 31.07.2013)

## 4.3 Industrie

In 1951 wurde die Stadt das Zentrum des neu entstandenen Steinkohlenbergbaus. Andere Unternehmen, neben dem Bergbau waren eine Gießerei zur Herstellung von Eisen-Beton-Erzeugnissen, Holzverarbeitungsbetriebe, eine Molkerei und die Textilindustrie.

Gegenwärtig sind in etwa 23 Unternehmen, die in 10 Industriezweigen tätig sind, in der Region angesiedelt. Darunter befinden sich 3 Bergbauunternehmen, 3 Energie- und Gasversorger, ein Wasserversorgungsunternehmen (\*\*\*) und 17 Unternehmen der verarbeitenden Industrie (Lebensmittel-, chemische und petrochemische Industrie, Zellstoff- und Papierin-

<sup>1</sup>Quelle: Official web-page of the city of Chervonohrad, About the city, <http://www.chervonograd-city.gov.ua/nmisto.php>

<sup>2</sup>Quelle: Main Statistical Office of Lviv Region, [http://lv.ukrstat.gov.ua/eng/main\\_eng.php](http://lv.ukrstat.gov.ua/eng/main_eng.php)

dustrie, metallverarbeitende Industrie, Holz- und Maschinenbau). Der Bergbau trägt ca. zwei Drittel zur Bruttowertschöpfung in der Stadt bei.

Die Stadt liegt an der Bahnstrecke von Kowel nach Lemberg, hier zweigt eine Strecke nach Rawa-Ruska ab.

#### 4.4 Urbane Struktur, Flächennutzung

Die Angaben zur Gesamtfläche der Stadt schwanken zwischen 17,0 km<sup>2</sup> und 21,0 km<sup>2</sup>, wobei hier die eingerechneten Verwaltungsgebiete maßgebend sind. Demnach entfallen die Flächenanteile auf die Siedlungsgebiete wie folgt:

- Chervonohrad: 17.8 km<sup>2</sup>
- Sosnivka: 2 km<sup>2</sup>
- Hirnyk: 1.2 km<sup>2</sup>

Die Flächenverteilung, bzw. Landnutzung im urbanen Raum der Stadt Chervonohrad kann wie folgt quantifiziert werden<sup>3</sup>:

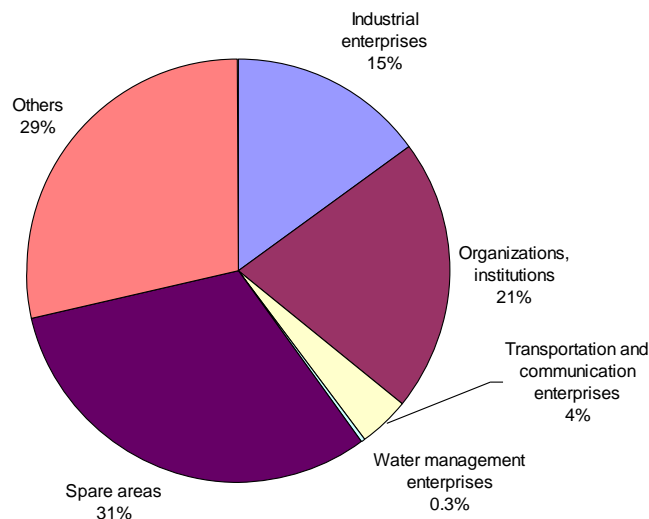


Abbildung 7: Flächenverteilung im Stadtgebiet Chervonohrads.

#### 4.5 Wasserversorgung

Die Wasserversorgung wird durch das kommunale Unternehmen Chervonohrad-Vodokanal sichergestellt. Abbildung 8 zeigt eine schematische Darstellung des Wasserverteilungsnetzes der Stadt. Es werden 5 Wassererfassungen betrieben mit der projektierten Kapazität von 52 Tsd. m<sup>3</sup>/Tag. Die gesamte Länge des Rohrnetzes beträgt 307,4 km.

Die gesamte tatsächliche Leistung aller Wassererfassungen beträgt zurzeit ca. 32,3 Tsd. m<sup>3</sup>/Tag. In der Stadt Chervonohrad wird die Wasserversorgung nahezu im gesamten Stadtgebiet für 24 Stunden gewährleistet. In der Stadt Sosnivka für ca. 18,5 Stunden.

<sup>3</sup> Quelle: Official web-page of the city of Chervonohrad, About the city, <http://www.chervonograd-city.gov.ua/nmisto.php>



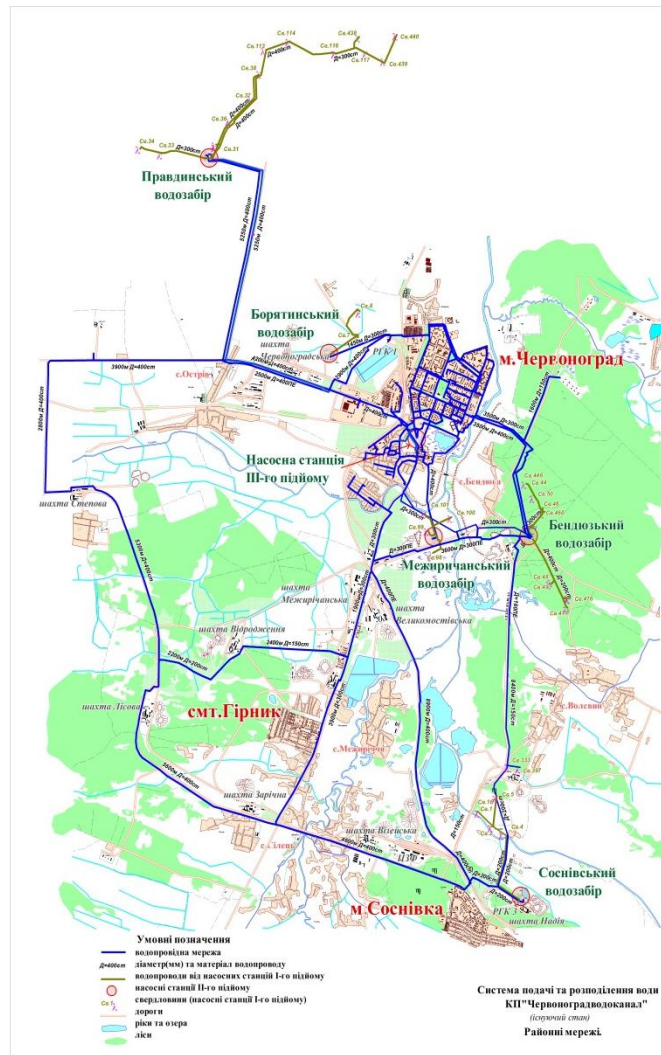


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Wasserversorgungsnetzes.

Chervonohrad-Vodokanal versorgt 30.677 Haushalte, von denen ca. 70% mit Wasserzählern ausgestattet sind (Stand 2014); außerdem 772 Unternehmen, von denen 98% über Zähler abgerechnet werden.

Von den geförderten und in das Leitungsnetz abgegebenen Mengen werden aktuell nur ca. 70% abgerechnet. Circa 30% der Menge gehen als Leitungsverluste, technischer Bedarf oder nicht abgerechneter Verbrauch verloren.

Tabelle 2: Kennzahlen zu Wasserförderung und -absatz.

	2010	2011	2012	2013 (1.HJ)
<b>Wasserförderung [Tsd. m³]</b>	5.421	5.797	5.797	2.745
<b>Wasserverkauf [Tsd. m³]</b>	4.170	4.142	3.994	1.963
<b>Technischer Bedarf und Verluste [%]</b>	23%	29%	31%	28%



Hauptabnehmer der Leistungen von Chervonohrad-Vodokanal ist die Bevölkerung der Stadt bzw. der Gemeinden im Versorgungsgebiet, die ca. 70% des gesamten Wasserverbrauches bezieht. Der Pro-Kopf-Verbrauch liegt bei ca. 100 Litern pro Tag.

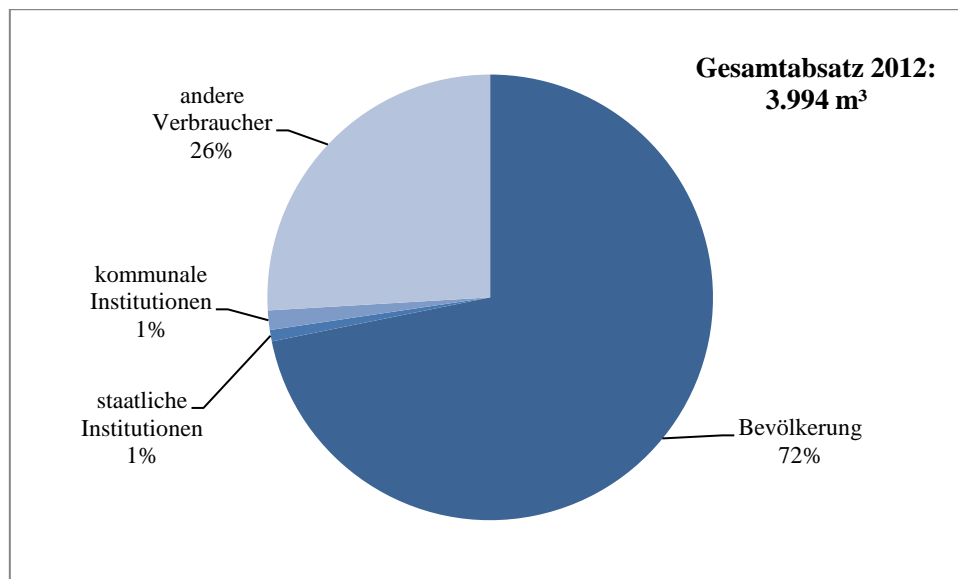


Abbildung 9: Struktur des Trinkwasserabsatzes in 2012.

Problematisch bei der Qualität des Leitungswassers in Chervonohrad ist ein sehr hoher Eisengehalt, der gelegentlich den Grenzwert übersteigt. Die Errichtung einer Anlage zur Enteisung wurde bereits konzipiert. Allerdings werden die Projektkosten mit 6,5 Mio. UAH veranschlagt, deren Finanzierung bislang offen ist.

#### 4.6 Abwasserentsorgung

##### Entwässerung

Das Entwässerungssystem ist als Trennsystem ausgeführt. Drei Hauptpumpwerke fördern kommunales und industrielles Schmutzwasser zur Kläranlage (KA). Die Entwässerung hin zu den Pumpwerken erfolgt im Freigefälle (PW3 über DN250 770m zu PW2; PW1 (915m DN500) und PW2 (2x840m DN 500) fördern zu Vereinigungsbauwerk; dann über 3x1870m DN500 zur KA). Die Entwicklung der Länge der Hauptsammler in Chervonohrad ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Entwicklung der Länge der Hauptsammler in Chervonohrad.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Haupt-sammler [km]</b>	120.8	121.6	126.1	126.1	126.5	126.9	126.9	126.9	126.9	129.9	129.9	129.9	129.9

##### Abwasserreinigung

Das Kommunalunternehmen "Chervonohrad-Vodokanal" betreibt drei Kläranlagen in Chervonohrad, Sosnivka und Hirnyk. Das gereinigte Abwasser Chervonohrads und Sosnivkas wird in den Westlichen Bug, das Abwasser von Hirnyk in den Fluss Rata abgeschlagen, der in den Westlichen Bug mündet.

Die Anlagenkapazität der drei Anlagen beträgt:

- Chervonohrad: 35.000 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>
- Sosnivka: 5.800 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>
- Hirnyk: 3.200 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>

Die Gesamtmenge an behandeltem Abwasser in Chervonohrad, Sosnivka und Hirnyk ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Gesamtabwassermenge im System Chervonohrad (Chervonohrad, Sosnivka und Hirnyk).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Gesamt-abwassermenge [1000 m<sup>3</sup>]</b>	9993	7976	6871	6344	5802	5777	5315	5050	4919	3827	3730	3829	3699

#### 4.7 Wirtschaftliche Lage des Unternehmens

Das Wasserunternehmen „Chervonohrad Vodokanal“ wurde 1969 gegründet und befindet sich im Eigentum der Stadt Chervonohrad. Es erbringt die mit der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung auf dem Stadtgebiet verbundenen Leistungen. Das Vermögen des Unternehmens umfasst die Anlagen und die gesamte Infrastruktur des kommunalen Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssystems.

Die wirtschaftliche Situation des Unternehmens ist von chronischer Unterfinanzierung geprägt. Die mit der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung verbundenen Selbstkosten wurden im den vergangenen 15 Jahren nie vollständig gedeckt. Die Tarife des Unternehmens lagen regelmäßig mehr als 30% unter den tatsächlichen Kosten, wie Abbildung 10 zeigt.

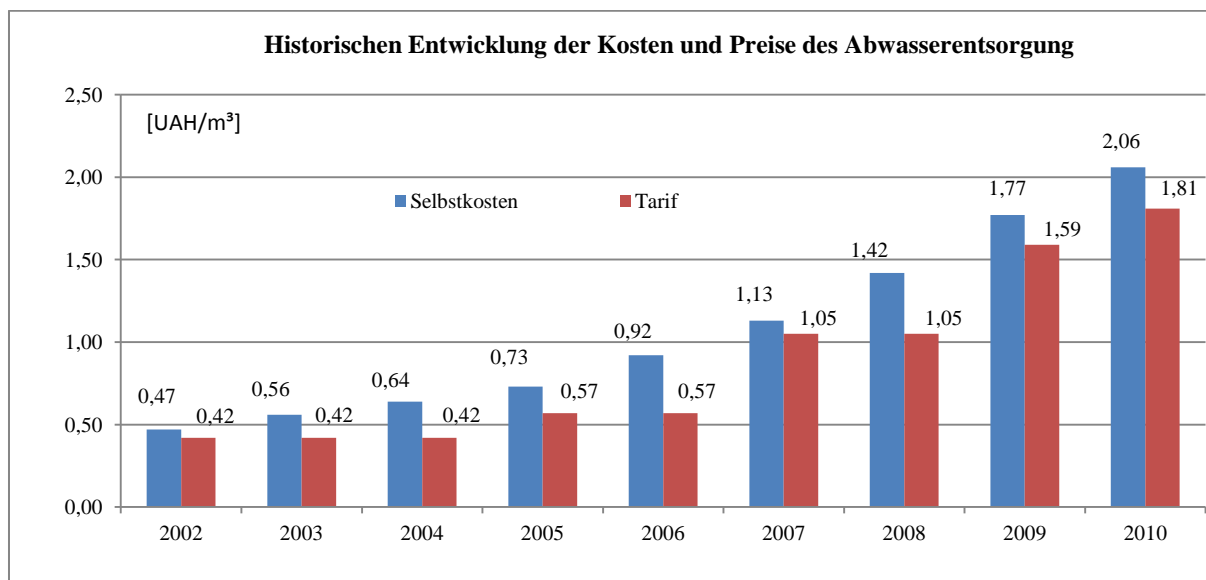


Abbildung 10: Kosten und Preise der Abwasserentsorgung.

Die Liquidität des Unternehmens ist daher ständig bedroht. Der wirtschaftliche Betrieb konnte nur aufrechterhalten werden durch:

- die Aufzehrung der Mittel aus Abschreibungen und weitgehender Verzicht auf Reparaturen, Instandsetzungen und Ersatzinvestitionen,
- die Reduzierung der Materialausgaben für Instandhaltungen,
- die Reduzierung der Personalausgaben durch die Streichung von die Prämien und Sonderzahlungen sowie die schrittweise Verringerung des Personalbestandes,
- die Verschuldung gegenüber Lieferanten, insb. dem Energieversorger,
- außerplanmäßige Energieeinsparungen durch Drosselung der Anlagen oder die Abschaltung nicht zwingend betriebsnotwendiger Gebäude,
- Zuschüsse aus dem nationalen oder lokalen Budget (nur teilweise und sporadisch).

Diese Situation ist Folge der restriktiven, auf niedrige Wasserpreise ausgerichteten Tarifpolitik der Ukraine. In den Jahren 2010 bis 2013 wurden trotz erheblicher Steigerungen der Produktionskosten für keines der ukrainischen Wasserunternehmen neue Tarife genehmigt. Für einige Unternehmen wurde lediglich eine Anpassung der Preise zum teilweisen Ausgleich höherer Energiepreise und steigender öffentlicher Gehälter gebilligt.

Wesentlicher Werttreiber für die Kosten der Leistung sind der Personalaufwand und der Energieaufwand des Unternehmens (zusammen ca. 80% der Selbstkosten). Diese sind in den vergangenen Jahren deutlich über Inflation gestiegen. Sonstige Betriebs- und Materialausgaben sowie Abschreibungen sind hingegen auf niedrigem Niveau weitgehend konstant gehalten worden.

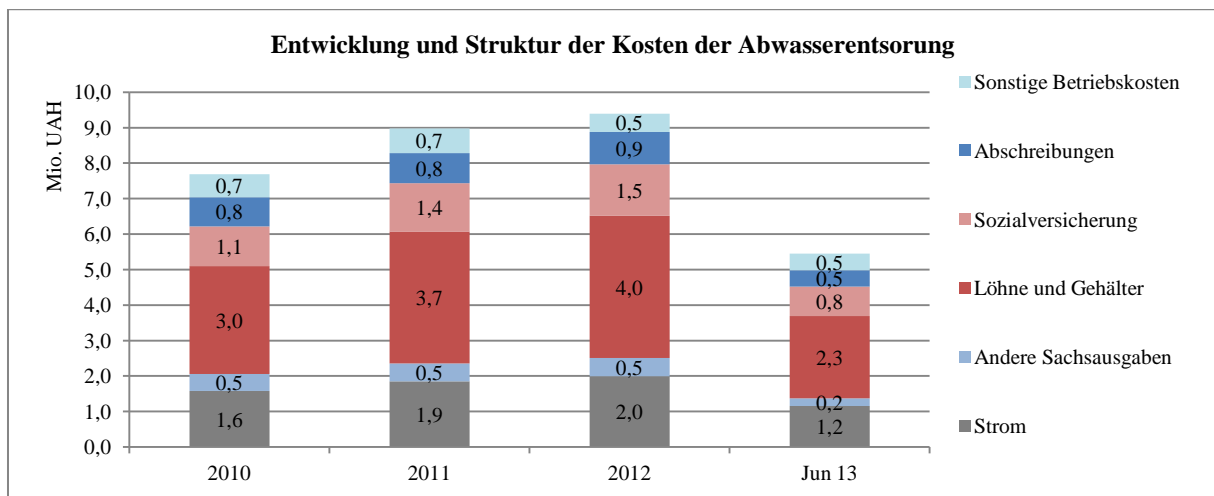


Abbildung 11: Struktur und Entwicklung der Kosten der Abwasserentsorgung.

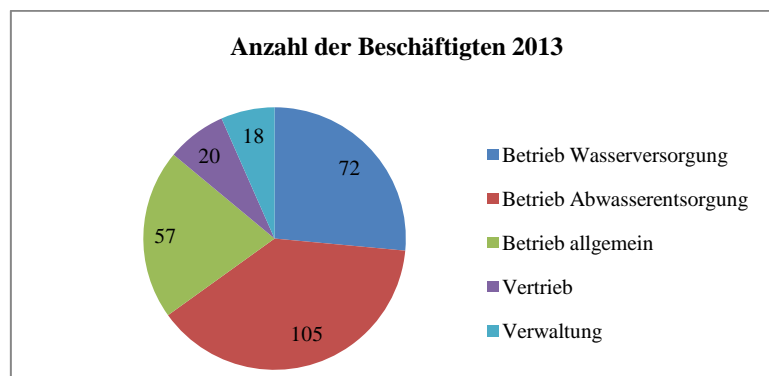


Abbildung 12: Anzahl der Beschäftigten 2013.

Im Unternehmen wurde in den vergangenen 15 Jahren bereits massiv Energie eingespart. Gegenüber dem Niveau der Jahre 1999/2000 wurde der Elektroenergieverbrauch um mehr als 50% gesenkt. Gleichzeitig sind jedoch die Strompreise so stark angestiegen, dass sich die Ausgaben des Unternehmens für Elektroenergie dennoch mehr als verdoppelt haben.

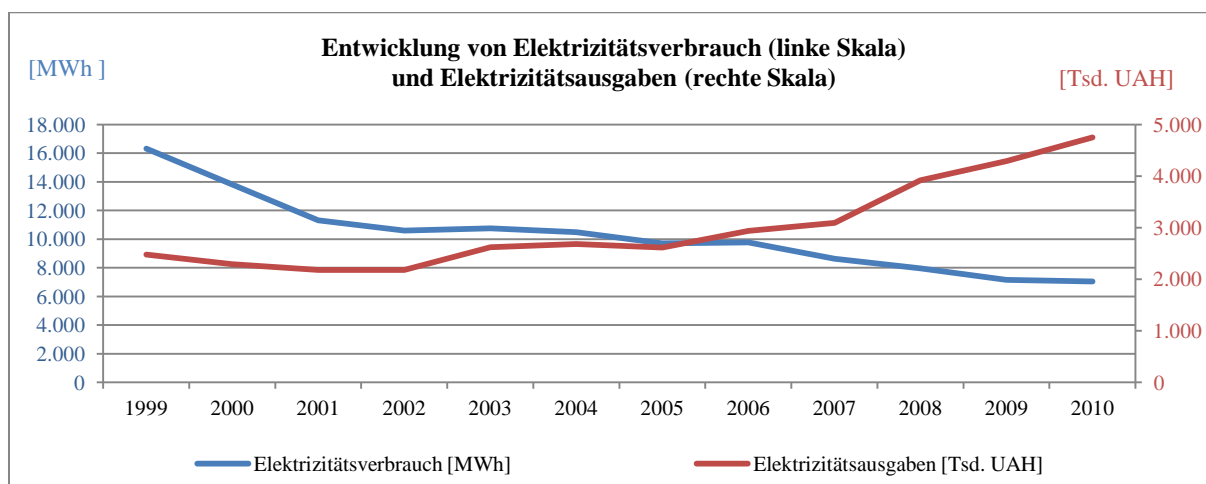


Abbildung 13: Historische Entwicklung von Elektrizitätsverbrauch und Elektrizitätsausgaben.

Durch die dargestellte Finanzlage konnten Investitionen bislang ausschließlich mit Hilfe öffentlicher Zuwendungen finanziert werden. In den Jahren 2004-2008 wurden zumindest noch Mittel im Umfang von ca. 15,8 Mio. UAH aus dem nationalen und städtischen Budget zur Verfügung gestellt. Öffentliche Zuwendungen für Investitionen sind seit 2009 jedoch weitgehend ausgeblieben.

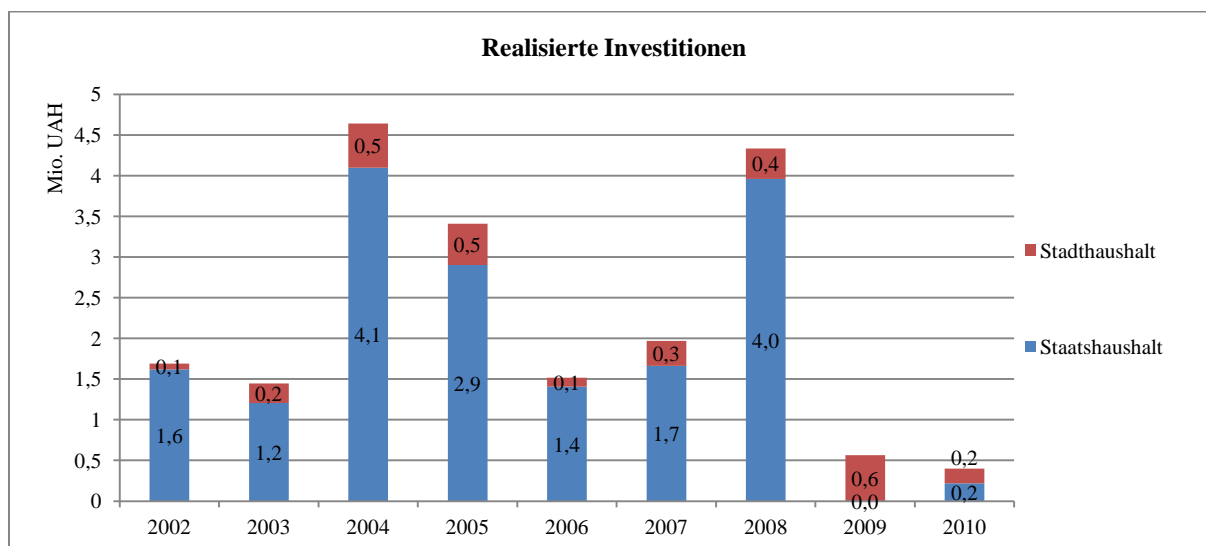


Abbildung 14: Realisierte Investitionen 2002-2010.

Durch mangelnde Instandsetzung und ausbleibende Investitionen in den Ersatz oder die Sanierung der Anlagen ist der Wert des Vermögens des Unternehmens beständig gesunken. Gemäß Buchwert sind mehr als zwei Drittel des Anlagevermögens abgeschrieben. Es kann

davon ausgegangen werden, dass bei einer realistischen Bewertung des technischen Zustandes und der Restnutzungsdauer der Anlagen dieser Anteil noch höher ausfallen wird.

Der Abnutzungsgrad der Kläranlagen und Wasserfassungen wurde vom Unternehmen zum 01.01.2013 wie folgt angegeben:

Tabelle 5: Abnutzungsgrad wesentlicher Anlagen

	Jahr des Anschlusses	Abnutzungsgrad, %
Kläranlage in Sosnivka und Hirnyk	1958	75
Kläranlage in Chervonohrad	1977	69
Wasserfassung Boriatyn	1962	85
Wasserfassung Benyuha	1957	64
Wasserfassung Pravdyn	1970	90
Wasserfassung Mezhyriccja	1991	58

Im Vergleich zu anderen Städten im Gebiet Lviv liegt der Preis für Wasser- und Abwasser in Chervonohrad sehr niedrig. Bei einem Verbrauch von ca. 100 Litern pro Kopf und Tag und einer Haushaltsgröße von durchschnittlich 2,75 Personen, betragen die monatlichen Ausgaben eines Haushaltes für die Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung ca. 50 - 60 UAH. Dies entspricht bei einem durchschnittlichen Haushaltseinkommen von 4000 UAH ca. 1,2% (Angaben für 2013). Dennoch wird vom Unternehmen die bereits als hoch eingeschätzte Belastung der Bevölkerung als wesentliches Argument gegen eine stärkere Erhöhung der Tarife angeführt.

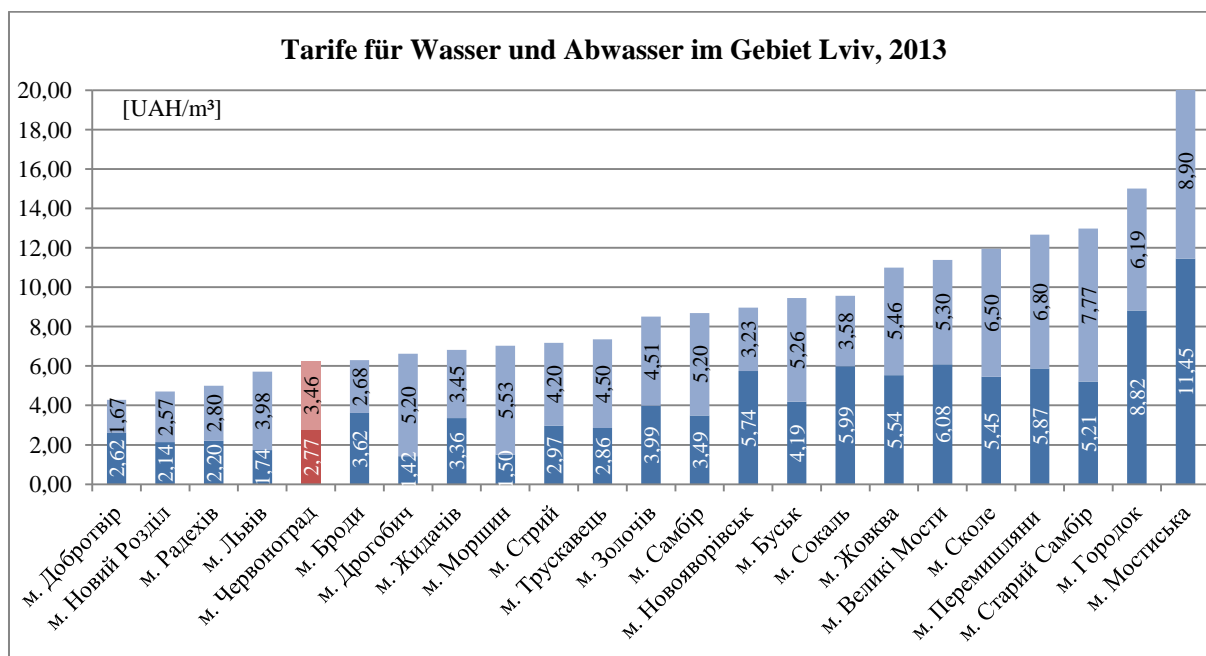


Abbildung 15: Tarif für Trinkwasser und Abwasser in der Region Lviv, 2013

## 5 System- und Defizitanalyse

### 5.1 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Im Folgenden liegt der Untersuchungsschwerpunkt auf dem Abwassersystem Chervonohrads. Dieses ist charakterisiert durch ein abgegrenztes Einzugsgebiet, das im Trennsystem entwässert wird. Das Abwasser wird über Pumpwerke gehoben und in einer Zentralkläranlage (80 000 EW) behandelt. Das gereinigte Abwasser wird in den Westlichen Bug abgeschlagen. Die geographisch-räumliche Eingrenzung ist in Abbildung 16 dargestellt.

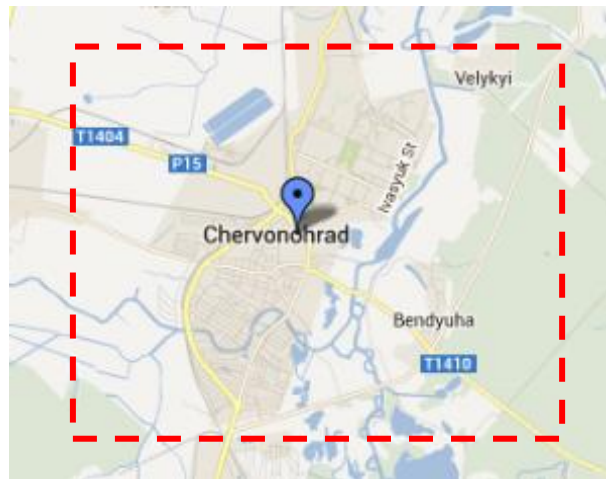


Abbildung 16: geographische Einordnung des Abwassersystems Chervonohrad

([www.google.de](http://www.google.de)).

Eine schematische Darstellung des Abwassersystems Chervonohrad einschließlich der zu untersuchenden Systemkomponenten ist nachfolgend abgebildet.

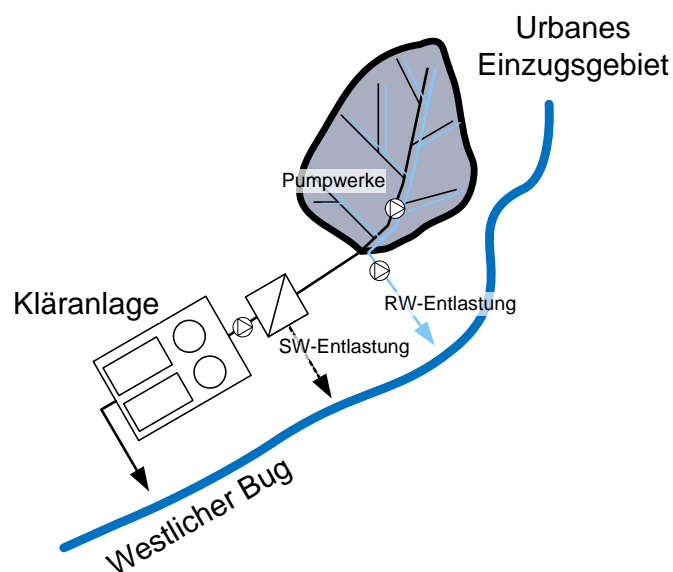


Abbildung 17: schematische Darstellung des Abwassersystems Chervonohrad.

## 5.2 Anlagenkonfiguration

Abbildung 18 zeigt ein Luftbild der Kläranlage Chervonohrad (WWTP Ch.), die sowohl kommunales als auch industrielles Abwasser aus der Region behandelt. Ein Prozessschema der Anlage existiert nicht. Die Anlage befindet sich auf einem Gelände nördlich des Stadtzentrums und wird im Belebtschlammverfahren für biologische Nährstoffelimination betrieben. Ein Großteil der baulich vorhandenen Strukturen (Becken, etc.) sind nicht in Betrieb. Die erste Ausbaustufe wurde 1971, die zweite 1976, eine dritte 1987 in Betrieb genommen.



Abbildung 18: Luftbild der Kläranlage in Chervonohrad

(Quelle: Google Earth, Bild aufgenommen am: 24.03.2005).

Die Dimensionierungen einzelner Anlagenteile nach den Angaben von Chervonohrad-Vodokanal sind in Tabelle 6 aufgeführt. 2009 waren zwei Vorklärbecken, vier Belebungsbecken mit je zwei Korridoren und zwei Nachklärbecken in Betrieb. Weitere physisch vorhandene Belebungsbecken sind in einem derart desolaten Zustand, sodass diese nicht mehr in Betrieb genommen werden können. Dem Luftbild nach (siehe Abb. 18) sind alle Absetzbecken, jedoch nur zwei der vier Sektionen der Belebung in Betrieb.

Tabelle 6: Anlagenkonfiguration

<b>Vorklärung</b>		
2 Becken	Durchmesser	20 m
	projektierte Kapazität (pro Becken)	586 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
	Nutzvolumen (pro Becken)	1228 m <sup>3</sup>
	Maximale Tiefe	4 m
1 Becken	Durchmesser	30 m
	projektierte Kapazität (pro Becken)	1.710 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
	Nutzvolumen (pro Becken)	3470 m <sup>3</sup>
	Maximale Tiefe	5 m

<b>Belebung</b>		
4 Sektionen mit je 2 Korridoren	Breite einer Sektion	9 m
	Korridorbreite	4.5 m
	Länge	46 m
	Tiefe	4.5 m
	Beckenvolumen (4x 1863 m <sup>3</sup> )	7450 m <sup>3</sup>
<b>Nachklärung</b>		
2 Becken	Durchmesser	20 m
	projektierte Kapazität (pro Becken)	586 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
	Nutzvolumen (pro Becken)	880 m <sup>3</sup>
	Maximale Tiefe	4 m

Das Abwasser passiert die Anlage im Freispiegelabfluss. Es gibt keine kontinuierliche Mengemessung.

### **Mechanische Vorbehandlung**

Zur mechanischen Vorbehandlung des Abwassers ist ein Grobrechen installiert, der im Jahr 2010 saniert wurde. Das anfallende Siebgut wird manuell entfernt und entwässert vor Ort. Ein ordentlicher Sandfang ist nicht vorgesehen. Stattdessen passiert das Abwasser vor dem Rechen eine fließberuhigte Zone (Aufweitung der offenen Gerinneleitung) in der sich mineralisches Material absetzen kann.

### **Vorklärung**

Der Abwasserstrom wird nachfolgend in zwei Straßen aufgeteilt. Die Abmessungen der Absetzbecken (Vor- und Nachklärbecken) sind hinsichtlich Volumina und Oberfläche identisch. Die Aufteilung der Abwasserströme erfolgt manuell über Schieber. Zur Zeit der Messungen 2009 befand sich ein Vorklärbecken außer Betrieb, d.h. ein Drittel der VK-Kapazität war ungenutzt. Der Primärschlamm entwässert auf Schlamm-trockenplätzen und stabilisiert schätzungsweise nach 80 bis 100 Tagen.

### **Biologische Stufe & Nachklärung**

Die Sektionen der Belebung werden kontinuierlich über ein Verteilerbauwerk beschickt. Es gibt keine Angaben zu Feststoffkonzentration, Sauerstoffkonzentration, Säurekapazität und pH im Belebungsbecken. Menge und Zusammensetzung des Rücklauf- und Überschussschlammes sind gleichfalls unbekannt.

### **Schlammbehandlung**

Die Schlammbehandlung, bzw. -entsorgung wird als Hauptproblem angesehen. Der Primärschlamm und Überschussschlamm werden zusammen auf Schlamm-trockenplätze (3,4 ha) gefördert. Dies führt zu einer erheblichen Geruchsbelästigung, da der Schlamm unstabilisiert abgelagert wird. Die Entwässerung funktioniert nach Angaben des Betreibers schlecht, da vermutlich die Drainageschichten der Entwässerungsplätze kolmatiert sind. Anaerobe Umsatzprozesse finden statt, ohne dass eine Faulgasverwertung stattfindet. Die Stabilisierungszeit beträgt schätzungsweise 80 - 100 Tage. Eine Landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes ist nicht möglich, da Grenzwerte für Schadstoffe überschritten



sind. In einer Studie des Planungsbüros L'viv Prokomunbud von 2006 wurde die Möglichkeit einer Kompostierung des Schlammes untersucht, ohne das die Ergebnisse bekannt sind.

### 5.3 Datenerhebung und -analyse

Die Erhebung von Daten und deren Analyse bildet die Grundlage zur Bewertung und Planung von Abwasserbehandlungsanlagen. Für die Kläranlage der Stadt Chervonohrad sind generell wenige Informationen zum Abwasseranfall sowie -zusammensetzung und zur Betriebsweise vorhanden. Außer der täglichen Dokumentation einer Stichprobenanalyse im Betriebstagebuch gibt es keine Aufzeichnungen zur Zu- und Ablaufmenge, bzw. -qualität und Betriebskenngrößen.

Aus diesem Grund wurden bereits im Zeitraum Oktober bis Dezember 2009 Durchflussmessungen im Zulauf und Qualitätsmessungen im Zu- und Ablauf der Anlage durchgeführt. Diese wurden durch Wiederholungsmessungen im März bis April und September bis November 2013 verifiziert (Blumensaat, Weigelt, Lucke, Grüner, & Girol, 2014).

Der zeitliche Verlauf des Zuflusses, bzw. die hydraulische Belastung der Anlage, ist ganz klar durch das Pumpenregime der Hauptpumpwerke geprägt. Demnach erfolgt eine diskontinuierliche Beschickung, wobei der Zulauf im Bereich von 0 und 200-300  $\text{Ls}^{-1}$  variiert. Zwischen Förderzeiten von etwa 30-50 Minuten ergeben sich Förderpausen von 10-20 Minuten (siehe Abb. 19). Aufgrund der geringeren hydraulischen Belastung während der Nacht verlängern sich die Pausenzeiten auf 30-50 Minuten während dieser Stunden.

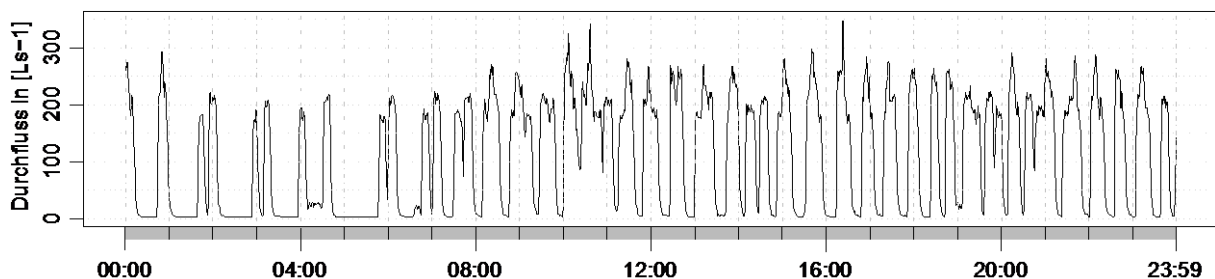


Abbildung 19: Durchfluss im Anlagenzulauf am Beispiel des Messtages vom 1. Oktober 2013.

Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen den mittleren Zulauftagesgang, jeweils für April und Oktober 2013. Dabei ist klar zu erkennen, dass i) die Tagesvariation für beide Zeiträume einer ähnlichen Dynamik folgt, ii) lokale Extrema in zeitlichem Auftreten und absoluter Größe ähnlich sind und iii) der mittlere Tagesgang im Oktober 2013 etwa  $10\text{-}20 \text{ Ls}^{-1}$  niedriger liegt. Geht man von einer exakten Messung aus, dann lässt sich für den Herbstzeitraum auf einen geringeren Fremdwasseranfall schließen. Diese Vermutung wird dadurch gestärkt, dass die analysierte Zeitreihe im Oktober 2013 alle erfassten Tage, die Zeitreihe im April 2013 nur Trockenwettertage berücksichtigt. Demnach müsste der Zufluss im Oktober 2013 im Mittel höher liegen, da auch Regenwettertage berücksichtigt wurden (Regeninformation nicht verfügbar). Dennoch: die Änderung des mittleren Abwasseranfalls liegt im Fehlertoleranzbereich der Durchflussmessungen.

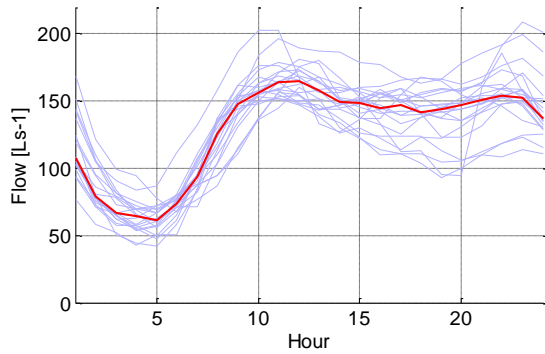


Abbildung 20: Zulaufanglinie für 20 Trockenwettertage im April 2013.

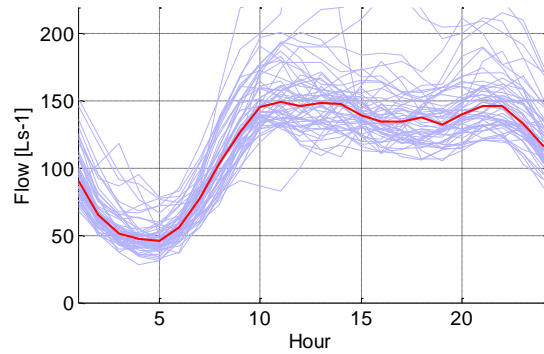


Abbildung 21: Zulaufanglinie für 28 Allwettertage im Messzeitraum September–November 2013.

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen die CSB-Zulaufkraft jeweils für April 2013 und Oktober 2013. Hier sind deutliche Unterschiede im mittleren Tagesverlauf zu erkennen, die auf die unterschiedliche Bestimmung der CSB-Konzentration (April: 2h-Mischprobe, Oktober: Online-Messungen mittels UV-VIS-Spektrometersonde) zurückzuführen sind.

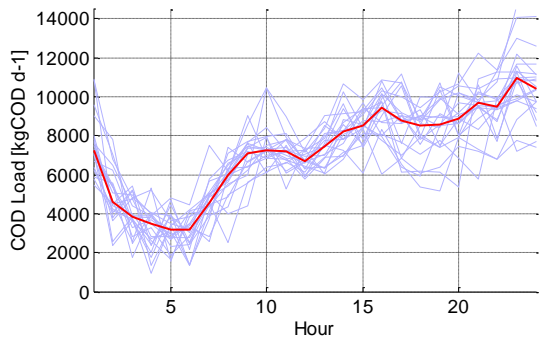


Abbildung 22: Zulaufanglinie für die CSB-Zulaufkraft für 20 Trockenwettertage im April 2013.

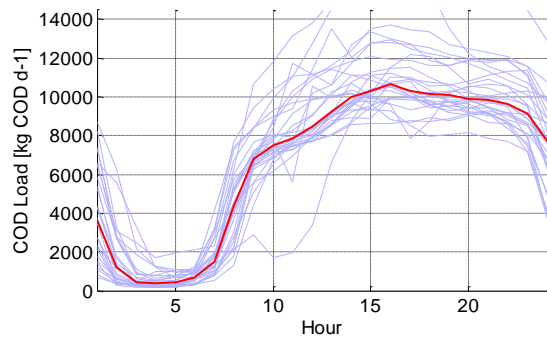


Abbildung 23: Zulaufanglinie für die CSB-Zulaufkraft für 28 Allwettertage im September– November 2013.

Gestützt wurde sich bei weiteren Betrachtungen auf die Messwerte aus dem Zeitraum September bis Dezember 2013, da diese dem aktuellsten Datensatz entstammen und in höherer Auflösung vorlagen als die im Frühjahr erhobenen Daten. Es blieben dabei Aufzeichnungen unberücksichtigt, die während regelmäßiger Kontrollen der Messgeräte und Peripherie als fehlerbehaftet eingestuft wurden (siehe Abbildung 24).

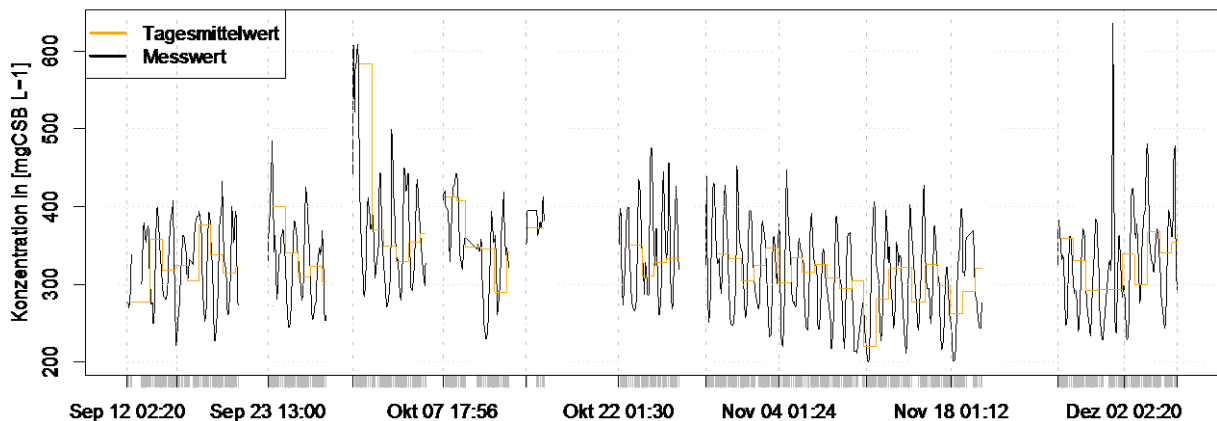


Abbildung 24: bereinigte und geglättete CSB-Konzentrationen im Kläranlagenzulauf von September bis Dezember 2013

#### 5.4 Bemessung und Modellierung der Kläranlage

Die Durchführung einer dynamischen Anlagendimensionierung bzw. Simulation erlaubt eine detailreiche Abbildung des Kläranlagenbetriebs in Chervonohrad. Durch die Verwendung der aufgezeichneten Zulaufparameter kann so das Gesamtsystem und dessen einzelne Verfahrensstufen differenziert betrachtet werden.

Zur Abbildung relevanter Prozessgrößen der Kläranlage Chervonohrad wurde die Software „SIMBA classroom“ verwendet (Ifak System GmbH, 2014). Es erfolgte eine Umsetzung aller Verfahrensstufen der Kläranlage (siehe Abbildung 25) anhand der gegebenen Informationen und Randbedingungen nach Betreiberangaben. Diese Abbildung des Ist-Zustandes bildet die Grundlage zur Durchführung und Bewertung weiterer modelltechnischer Verbesserungsvorschläge.

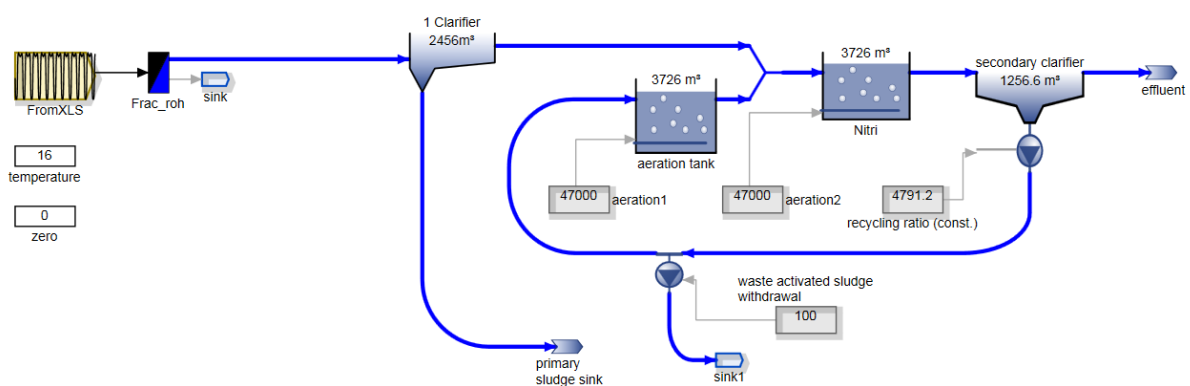


Abbildung 25: modelltechnische Umsetzung der Kläranlage Chervonohrad in SIMBA classroom

Zur realitätsnahen, simulativen Umsetzung der Kläranlagenprozesse ist die Qualität der Eingangsparameter für den Zulauf im Modell von großer Bedeutung. Hierfür wurden die, während der Messkampagne von September bis Dezember 2013, aufgezeichneten Daten des Kläranlagenzulaufs verwendet (siehe Abschnitt 5.3). Dabei wurde anhand der CSB-Konzentration und des Durchflusses die CSB-Fracht in einer zwei-minütigen Auflösung berechnet. Es konnte somit sichergestellt werden, dass die Auswirkungen der Durchflussschwankungen im Zulauf bei der Simulation abgebildet werden können. Diese werden durch den diskontinuierlichen Betrieb der Pumpstationen verursacht und führen teilweise zu erheblichen Spitzenbelastungen in kurzen Zeitintervallen. Ebenfalls lässt sich so überprüfen, ob eine Vergleichmäßigung dieser Spitzenlast innerhalb der Anlage bis zum Erreichen des Ablaufs stattfindet.

Für die Simulationsdurchführung wurden hochaufgelöste Zeitreihen als Zulaufparameter verwendet. Dabei sind Frachten für den CSB, Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor in  $\text{g}/\text{m}^3$  sowie der Durchfluss in  $\text{m}^3/\text{d}$  eingelesen und verarbeitet worden. Lediglich der Wert für Phosphor wurde nach ATV-DVWK-A 131 berechnet, da hierfür keine Messwerte vorlagen (DWA, 2000). Tabelle 7 gibt einen Überblick über die verwendeten Daten für die Simulation.

Da es bei der Aufzeichnung der Messwerte am Zulauf zu Ausfällen der Messtechnik kam, entstanden Lücken innerhalb der Zeitreihen. Um dennoch konsistente Zulaufparameter

bereitzustellen wurden vorhandene Fehlstellen durch die zugehörigen Bereiche des errechneten Tagesmittels aus Abbildung 21 aufgefüllt.

Tabelle 7: Überblick verwendeter Daten zur Simulation in SIMBA classroom

Parameter:	CSB	N <sub>ges</sub>	P <sub>ges</sub>	Q
Einheit:	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /d
Auflösung:	2-minütig	2-minütig	-	2-minütig
Ursprung:	Monitoring Sept.- Dez. 2013	Monitoring Sept.- Dez. 2013	ATV-DVWK-A 131 (Tabelle 1)	Monitoring Sept.- Dez. 2013
Anpassung:	bereinigt, gleitendes Mittel über 4 h, Reduzierung auf mittleren Tagesgang	bereinigt, gleitendes Mittel über 4 h, Reduzierung auf mittleren Tagesgang	berechneter Einzel- wert	bereinigt, Lückenfü- llung mit Tagesgang

Um belastbare Simulationsergebnisse zu erzeugen, musste das Modell im Vorfeld auf einen stabilen Anlagenbetrieb eingefahren werden. Hierfür wurde vor einem Simulationslauf eine 80-tägige Vorlaufzeit berücksichtigt, um den Schlammhaushalt auf vorherrschende Zulauf- und Betriebsbedingungen einzustellen (ifak e.V., 2012).

Anhand des erstellten Ist-Zustandes der Modellierung wurde ein Maßstab geschaffen, für alle folgenden Modelldurchläufe. Basierend auf den Ergebnissen des Ist-Zustandes der Simulation wurden mögliche Handlungsoptionen erstellt, um die Ablaufwerte der Kläranlage zu verbessern. Es handelt sich dabei um die Anpassung bestehender bzw. die Implementierung weiterer Verfahrensschritte zur Abwasseraufbereitung. Jede Handlungs-option wurde ebenfalls mit unterschiedlichen Konfigurationen simuliert, um eine bestmögliche Optimierung im Sinne des Kosten-Nutzen-Verhältnisses zu erreichen (siehe Abbildung 26).

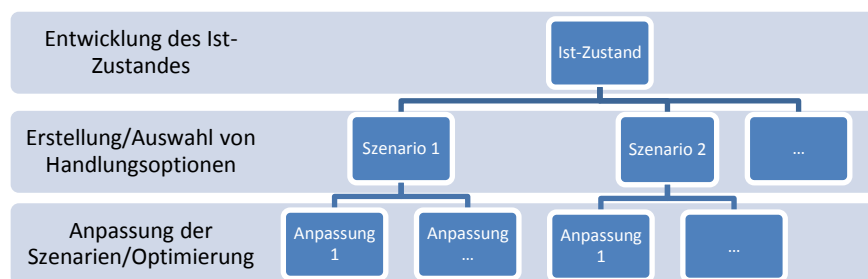


Abbildung 26: schematische Darstellung der Arbeitsabfolge zur Entwicklung geeigneter Optimierungskonzepte durch dynamische Modellierung

Die Handlungsoptionen sind individuell für die zu untersuchende Kläranlage zu erstellen. Im folgenden handelt es sich um anlagenspezifische und individuelle Handlungsoptionen für die Kläranlage in Chervonohrad. Es finden dabei bereits installierte Verfahrensstufen, der bauliche Zustand der Anlage, einzuhaltende Grenzwerte sowie die Umsetzbarkeit durch den Anlagenbetreiber Berücksichtigung. Für die Kläranlage in Chervonohrad wurden daher die folgenden, primären Handlungsoptionen näher untersucht:

- Anhebung des Rücklaufschlammverhältnisses
- Erhöhung und Regulierung des Sauerstoffeintrags
- Erhöhung und Regulierung des Sauerstoffeintrags mit vorgeschalteter Denitrifikation

Ziel dieser Optionen war die verbesserte Grenzwerteinhaltung bzw. Stickstoffelimination am Kläranlagenablauf. Die Ergebnisse ausgewählter Simulationsdurchläufe sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Ergebnisse für die jeweiligen Handlungsoptionen bei unterschiedlich gewählten Eingangsdaten zur Simulation

Handlungsoptionen	Variante	Eingangsdaten				Ergebnisse der Ablaufwerte		
		VBB m3	QLuft m3/d	QRS m <sup>3</sup> /d	ISV ml/g	CSB kg/d	NH4-N kg/d	N-Fracht kg/d
Ist-Zustand	0	7.452	94.000	-	80			
Anhebung des Rücklaufschlammverhältnisses	1	7.452	94.000	4.791	80	540	137	137
	2	7.452	94.000	11.978	80	690	105	114
Erhöhung und Regulierung des Sauerstoffeintrags	3	7.452	94.000	11.978	150	1.078	174	177
	4	7.452	117.500	11.978	150	901	46	99
	5	7.452	141.000	11.978	150	870	18	210
	6	7.452	164.500	11.978	150	857	8	303
	7	10.922	94.000	11.978	150	875	170	173
Erhöhung und Regulierung des Sauerstoffeintrags mit vorgeschalteter Denitrifikation	8	10.922	117.500	11.978	150	730	21	77
	9	10.922	141.000	11.978	150	709	10	96
	10	10.922	164.500	11.978	150	690	6	115
	11	10.922	188.000	11.978	150	696	5	124
	12	10.922	141.000	11.978	120	650	10	94

VBB... Volumen des Belebungsbeckens  
 QLuft... Luftvolumenstrom in Belebungsbecken  
 QRS... Rücklaufschlammmenge  
 ISV... Schlammvolumenindex

Aufgrund eines zu geringen Nachklärbeckenvolumens und zu geringer Rücklaufschlammförderung, führt der erhöhte Schlammanfall bei einer verbesserten Reinigungsleistung zu einem Austrag von Feststoffen (Schlammabtrieb). Dies hat einen Anstieg des CSB und der Stickstofffracht im Kläranlagenablauf zur Folge und wirkt sich negativ auf eine Verbesserung der Grenzwerteinhaltung aus. Zur Durchführung einer Optimierung im Sinne des Kosten-Nutzen-Verhältnisses wurde daher Variante 4 gewählt. Es wird hierbei eine signifikante Verbesserung der Reinigungsleistung im Bereich der Stickstoffelimination erzielt, wobei die dafür durchzuführenden Maßnahmen im Vergleich zu anderen Optimierungen gering ausfallen.

### 5.5 Kanalnetzmodellierung

Aufgrund des demographischen Wandels, sowie wirtschaftlicher, technischer und gesetzlicher Veränderungen entsteht für Abwasserentsorgungssysteme mittelgroßer Städte (ca. 60.000 - 100.000 Einwohner) häufig eine Reihe von Problemen. In Chervonohrad geht hier ein sinkender Abwasseranfall von Haushalt und Industrie mit hohen Anforderungen an die Abwasserreinigung, als auch dem Verschleiß technischer Anlagen und dem Anstieg des Sanierungsbedarfs einher (Tränckner, Franz, Frehmann, Jathe, Obermayer, & Winkler, 2014). Um die hydraulischen und technologischen Probleme des Kanalnetzes zu bewerten und die Auswirkungen auf den Kläranlagenzulauf ermitteln, ist daher eine detaillierte Untersuchung des Kanalsystems erforderlich.

Die Pumpwerkstechnik der Stadt Chervonohrad ist gekennzeichnet durch zumeist veraltete Pumpen aus den siebziger Jahren, die zur Entwässerung des Trennsystems eingesetzt werden. Die momentan betriebenen Anlagen sind in hohem Maße verschlissen, der Wirkungsgrad der Pumpen hat sich dadurch stark gemindert und der Betrieb wird zunehmend unwirtschaftlicher. Um einen Überblick des Optimierungspotentials einzelner Pumpwerke zu erlangen, wurde für die Stadt Chervonohrad eine Gegenüberstellung dieser in Tabelle 9 vorgenommen. Ausschlaggebend hierfür sind die jeweiligen Kennwerte eines Pumpwerks bezüglich Förderstrom, Leistung und Tageslaufzeit bzw. Betriebsintervall. Anhand der gemessenen Energieverbräuche installierter Pumpen oder der Verwendung zugehöriger Herstellerangaben, lassen sich die Energieverbräuche der Einzelnen Pumpanlagen abschätzen.

Tabelle 9: Kenndaten der Pumpwerke der Stadt Chervonohrad. Die vier markierten Pumpwerke sind die Hauptpumpwerke und zugleich die Leistungs- und Laufzeitintensivsten

Name des Pumpwerks	Pumpenbezeichnung	Förderstrom <sup>1</sup> [m <sup>3</sup> /h]	Druckhöhe <sup>1</sup> [m]	Pumpenleistung <sup>1</sup> [kW]	Tageslaufzeit <sup>2</sup> [h]
<b>RAPW</b>	<b>2CM 250-200-400/6</b>	<b>400</b>	<b>20</b>	<b>55</b>	<b>8 h 47 min</b>
PW-5	2CM 150-125-315/6	100	12,5	11	25 min
<b>PW-28</b>	<b>ФГ-450</b>	<b>450</b>	<b>22,5</b>	<b>55</b>	<b>6 h 29 min</b>
PW-Schewtschenka	AP-100.100.61	120	11	7,5	5 h 10 min
PW-Sokalska	AP-70.80.24	60	9	3,1	7 h 15 min
PW-Hruschewska	AP-100.100.61	120	11	7,5	5 h 05 min
PW-MRA	AP-100.100.61	120	11	7,5	1 h 50 min
PW-3	2CM 150-125-315/6	100	12,5	11	5 h 46 min
<b>PW-6</b>	<b>6272-CR-4-74<sup>3</sup></b>	<b>≈420<sup>3</sup></b>			<b>9 h 15 min</b>
PW-4	СД-250/22.5	250	22,5	37	4 h 27 min
PW-7	СД-250/22.5	250	22,5	37	3 h 05 min
<b>PW-8</b>	<b>СД-250/22.5</b>	<b>250</b>	<b>22,5</b>	<b>37</b>	<b>6 h 45 min</b>
PW-32	2CM 150-125-315/6	100	12,5	11	7 h 20 min
PW-9	2CM 150-125-315/6	100	12,5	11	14 h 10 min

<sup>1</sup> Daten des Pumpenherstellers.

<sup>2</sup> Tageslaufzeit wurde einmalig vom Betriebsdienst des Pumpwerkes gemessen.

<sup>3</sup> Genaue Daten liegen dem Betriebsdienst nicht vor.

Es zeigt sich, dass die vier Hauptpumpwerke für etwa 70 % des Gesamtenergieverbrauchs verantwortlich sind. Unter den gegebenen Randbedingungen liegt hier bereits ein hohes Optimierungspotential in den vier ausgewählten Hauptpumpwerken.

Basis für eine Optimierung bildet die Charakteristik des Zulaufs einer jeden Pumpstation. Diese muss wechselnde Tagesmengen, Arbeits- und arbeitsfreie Tage, sowie eine Abschätzung zum Niederschlagswasser (für Mischsysteme) berücksichtigen. Für eine Modellentwicklung des Schmutzwasserkanalnetzes sind zusätzlich die in Tabelle 10 angegebenen Informationen erforderlich.

Tabelle 10: Grundlegende Angaben zu Modellentwicklung

Modellelement	Parameter
Knotenpunkte	Höhenlage, Durchfluss
Pumpenvorlage	Volumen, Höhenlagen (minimaler & maximaler Füllstand)
Pumpen	Pumpenkennlinie, Betriebsregime
Rohrleitungen	Durchmesser, Rauigkeit
Kläranlage	Höhenlage

Unter Berücksichtigung vorliegender Kenndaten und Informationen über das Kanalsystem und die Pumpanlagen der Stadt Chervonohrad, wurden drei Optimierungsvarianten erstellt. Deren gemeinsames Ziel ist die Verringerung der Energiekosten und eine Vergleichmäßigung des Abwasserzuflusses zur Kläranlage.

**Variante 1:** *Steuerung des Pumpenregimes (V1)*

Beeinflussung der Schalthäufigkeit der vierzehn Pumpwerke zur besseren Ausnutzung der Vorlagevolumen und einer gleichförmigeren Abwasserförderung zur Kläranlage.

**Variante 2:** *Austausch der Pumpentechnik (V2)*

Steigerung der Energieeffizienz der vier Hauptpumpwerke durch Verwendung neuer, an den aktuellen Abwasseranfall angepasster Pumpen.

**Variante 3:** *Steuerung des Pumpenregimes + Austausch der Pumpentechnik (V3)*

Kombination der Varianten 1 + 2

Für die Modellierung des Kanalnetzes wurde die Software „STORM & SANITARY ANALYSIS 2013“ verwendet (Autodesk Inc., 2014). Hierbei wurde das 74,5 km lange Druckleitungssystem der Stadt Chervonohrad inklusive aller Pumpwerke, Höhendaten und Knotenpunkte implementiert. Mittels der vorhandenen Ausgangsdaten wurde ein Basismodell erstellt und kalibriert. Dabei standen im Ergebnis die Größe einer jeden Pumpenvorlage in m<sup>3</sup>, sowie der minimale und maximale Füllstand im Vorlagebehälter zur Verfügung. Durch die Anhebung der maximalen Füllstände an das verfügbare Volumen der Vorlagebehälter (lt. Betreiberangaben), wurde eine Simulation für *Variante 1* durchgeführt. Für den Pumpenaustausch in *Variante 2*, basierend auf den zugehörigen Pumpenkennlinien, sind aktuelle Geräte mit höherem Wirkungsgrad ausgewählt worden, die auf dem ukrainischen Markt verfügbar sind.

Im Ergebnis zeigt sich ein erhebliches Energieeinsparungspotential für Variante 2 und 3. Der Grund liegt primär am Einsatz effizienterer Pumpen mit geringerer Leistung als bisher. Dies verlängert die Förderzeiten des betreffenden Pumpwerks, verringert die Einschalthäufigkeit und vermeidet so große Anlaufströme beim Pumpenstart. Es wird dabei zusätzlich eine bessere Vergleichmäßigung des Zulaufs zur Kläranlage erreicht. Dies wirkt sich auf die Konzentrationswerte im Ablauf der Anlage aus und führt zu einer Verringerung der durchschnittlichen CSB-, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>- und NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Konzentrationen von 9-12 %. Es kann so eine bessere Grenzwerteinhaltung im 24h-Mittel erreicht werden.

## 6 Handlungsempfehlungen

### 6.1 Betriebstagebuch

Eine ausreichend abgesicherte Grundlagenermittlung ist für eine wirtschaftliche Sanierungsplanung unerlässlich. Daher sollte die Betriebsüberwachung einschließlich qualitativer und quantitativer Abwassermessungen ausgebaut werden. Dies wird wertvolle Hinweise für die anstehenden Sanierungsarbeiten liefern und Fehlinvestitionen verhindern.

Die nachfolgenden Analysen und Messungen sollten durchgeführt werden:

<b>Zulaufbereich</b> pH-Wert und Leitfähigkeit: täglich Stichprobe CSB, TKN, Pges wöchentlich als 24 h-Mischprobe
<b>Belebungsbecken</b> O <sub>2</sub> -Gehalt, TS-Gehalt, Temperatur, pH-Wert: täglich Stichproben
<b>Nachklärbecken</b> Sichttiefe TS-Gehalt Rücklaufschlamm: täglich Stichproben
<b>Ablaufbereich</b> CSB, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, Pges wöchentlich als 24 h-Mischproben Durchfluss: kontinuierlich
<b>Schlammbehandlung</b> Überschussschlamm: Menge kontinuierlich, TS-Gehalt Eingedickter Schlamm: TS-Gehalt, Glühverlust und Menge, wöchentlich

Abbildung 27: Übersicht für Betriebstagebuch

Darüber hinaus sollten auch die Energieverbräuche und Laufzeiten der wichtigsten Aggregate dokumentiert werden (Gebläse, Pumpwerke etc.).

Ziel sollte das Führen eines aufschlussreichen Betriebstagebuchs sein, sodass Neuplanungen und Sanierung auf realistische Werte zurückgreifen können.

### 6.2 Optimierung der Belüftung

Das „Herzstück“ der Kläranlage Chervonohrad ist die biologische Reinigungsstufe. Obwohl die Beckengröße eine Nitrifikation (Stickstoffoxidation) zulassen würde, konnte während der durchgeführten Messkampagne nur ein Kohlenstoffabbau festgestellt werden. Dies wird auf einen zu geringen Sauerstoffeintrag zurückgeführt. Vermutlich wird die Belüftung gedrosselt, um den Energieverbrauch zu minimieren.

Da NH<sub>4</sub>-N im Gewässer sehr sauerstoffzehrend ist, sollte die o.a. Nitrifikation unbedingt angestrebt werden. Dazu ist die Belüftung zu erhöhen. Als Zielwert ist ein Sauerstoffgehalt in der Belebung von 1,5 bis 2,0 mg/l anzustreben.



Dadurch wird sich der Stromverbrauch der Kläranlage erhöhen. Gemäß den durchgeführten Berechnungen wird der Mehrverbrauch rd. 220.000 kWh/a betragen.

Diese Maßnahme wird im o.a. Leitfaden als Sofortmaßnahme 1 bezeichnet.

Aktuell stehen 3 alte Gebläse und ein neues Drehkolbengebläse zur Verfügung. Eine automatische Regelung in Abhängigkeit des Sauerstoffgehalts in der Belebung ist nicht möglich. Die Gebläse werden jeweils manuell zu- und abgeschaltet. Diese Vorgehensweise führt dazu, dass entweder zu viel oder zu wenig Luft der Belebung zugeführt wird. Effektiver ist eine automatische Zu- und Abschaltung der Gebläse in Abhängigkeit des aktuellen Sauerstoffwertes in der Belebung. Darüber hinaus ist zu überprüfen, ob die vorhandenen Belüfter durch neue Kunststoffelemente mit einem hohen Wirkungsgrad ausgetauscht werden sollten. Zur Verbesserung der aktuellen Situation werden die folgenden Maßnahmen vorgeschlagen (im Leitfaden K1):

- Ersatz der 3 alten Gebläse durch 3 moderne Gebläse
- Ausstattung der 4 Gebläse mit Frequenzumrichter
- Einbau von kontinuierlich arbeitenden Sauerstoffmessgeräten

Komplette Modernisierung der elektrotechnischen Anlagenteile der Gebläsestation und Realisierung einer neuen Regelstrategie

Bei Bedarf: Austausch der vorhandenen alten Belüftungselemente durch effizientere Elemente

Die benötigten Investitionskosten (einschließlich neuer Belüfterelemente) werden zu rd. 850.000 EUR (ohne Umsatzsteuer) abgeschätzt. Die Maßnahme wird zu einer deutlichen Reduzierung des Stromverbrauchs betragen. Aktuell wird das Einsparpotenzial zu rd. 20 % (= 220.000 kWh/a) abgeschätzt.

Zu dieser Maßnahme wurde in der Anlage auch eine Projektskizze verfasst, die bei Bedarf Fördereinrichtungen vorgelegt werden kann.

### **6.3 Rücklaufschlammförderung**

Bei der Auswertung der Betriebsdaten wurde festgestellt, dass das Rücklaufverhältnis (RV-Verhältnis) des Belebungschlammes vom Nachklärbecken zur Belebung sehr gering ist (rd. 0,4). Dies führt dazu, dass der TS-Gehalt in der Belebung insbesondere bei erhöhten Zuflüssen stark absinkt und Schlamm in die Nachklärung verlagert wird. Dadurch entstehen Rücklösungen von z.B. Phosphor und Ammoniums sowie eine sehr starke Trübung. Letztendlich kann auch ein Schlammabtrieb auftreten. Insgesamt verursacht das geringe Rücklaufverhältnis eine Verschlechterung der Reinigungsleistung. Die entsprechenden verfahrenstechnische Zusammenhänge sind in der folgenden Grafik dargestellt.

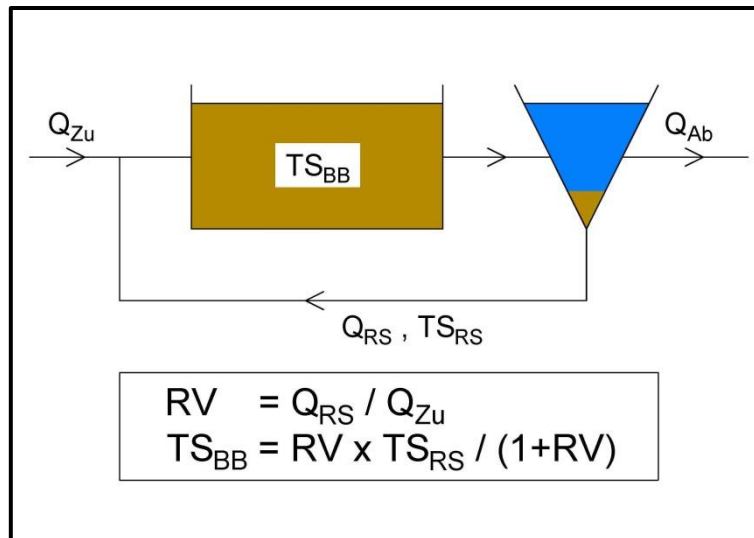


Abbildung 28: Rücklaufschlammführung.

Es wird daher eine Anhebung des RV-Verhältnisses auf den allgemein angestrebten Wert von rd. 0,75 bis 1,00 vorgeschlagen (im Leitfaden S2). Es ist zu prüfen, ob die vorhandenen Pumpen eine ausreichende Leistungsfähigkeit besitzen, um dieses RV-Verhältnis zu gewährleisten. Sollte dies nicht der Fall sein, so sind entsprechende Investitionen zu tätigen. Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass die vorhandenen Pumpen ausreichend sind. Der Energieverbrauch wird durch die verfahrenstechnische Umstellung ansteigen (rd. 30.000 kWh/a). Das höhere RV-Verhältnis wird sich positiv auf die Reinigungsleistung auswirken, eine exakte Aussage dazu ist jedoch nicht möglich.

#### 6.4 Denitrifikation

Eine gezielte Denitrifikation bietet erhebliche Vorteile. Durch die Reduktion von  $\text{NO}_3\text{-N}$  zu  $\text{N}_2$  erhalten die Mikroorganismen Sauerstoff, der dann nicht mehr technisch zur Verfügung gestellt werden muss (z.B. über eine Gebläsestation). Die Denitrifikation senkt daher die Energiekosten. Darüber hinaus ergeben sich auch betriebliche Vorteile. Bei Kläranlagen mit Nitrifikation aber ohne Denitrifikation können Schwimmschlammprobleme in den Nachklärbecken durch ungezielte Denitrifikationserscheinungen auftreten. Dies ist nicht nur „unschön“, sondern kann bei einem Abtrieb auch im Extremfall zu einer Verschlechterung der Ablaufwerte beitragen.

Vor diesem Hintergrund wird die Realisierung einer gezielten Denitrifikation vorgeschlagen. Die nachfolgend beschriebene Maßnahme zielt auf eine weitgehende Ausnutzung vorhandener Becken ab. Insgesamt muss bei der Einführung einer Denitrifikation jedoch überlegt werden, wie die zukünftige biologische Reinigungsstufe der Kläranlage Chervonohrad aussehen wird, da auch das vorhandene Belebungsbecken in baulicher Hinsicht sanierungsbedürftig ist. Diese Grundsatzentscheidung muss zu einem geeigneten Zeitpunkt getroffen werden.

Zur kurzfristigen Einführung einer Denitrifikation wird vorgeschlagen, das aktuell nicht genutzte Vorklärbecken zu einem Denitrifikationsbecken umzugestalten. Schematisch ist diese Maßnahme in der folgenden Grafik dargestellt (im Leitfaden K2).

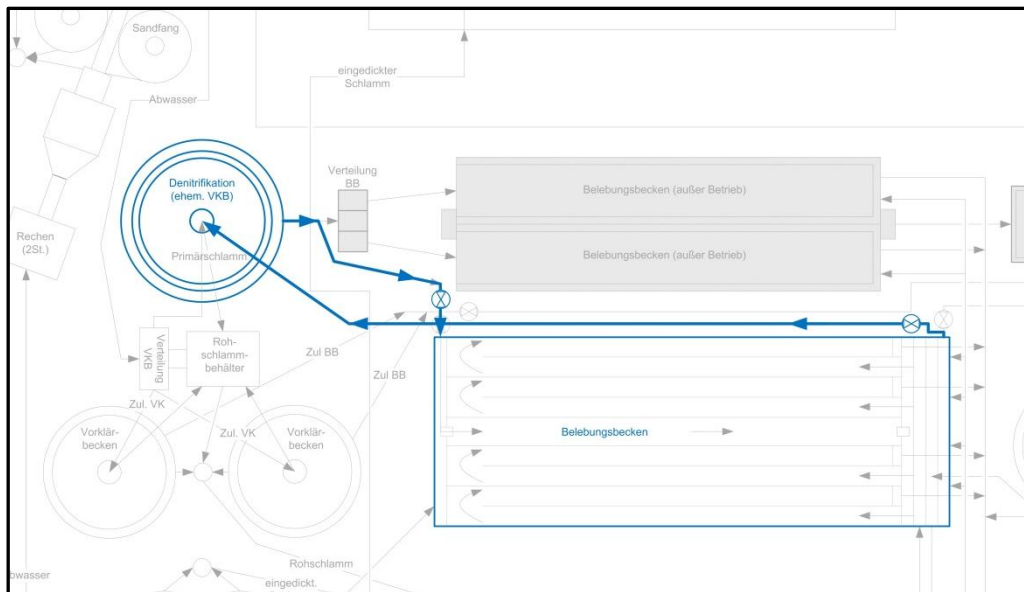


Abbildung 29: Denitrifikation.

Die wesentlichen Elemente dieser Maßnahme sind nachfolgend aufgelistet:

Realisierung einer Pumpstation im Ablaufbereich der vorhandenen Belebungsbecken (z.B. Tauchmotorpumpen)

- Realisierung einer Druckleitung von der o.a. Pumpstation zu dem vorhandenen Vorklärbecken
- Umrüstung des vorhandenen Vorklärbeckens zu einem Denitrifikationsbecken
- Realisierung einer Ablaufleitung vom neuen Denitrifikationsbecken zu den Belebungsbecken

Die benötigten Gesamtinvestitionskosten werden zu rd. 900.000 EUR (ohne Umsatzsteuer) abgeschätzt. Die Energieersparnis wird unter Berücksichtigung des erhöhten Pumpaufwandes rd. 150.000 kWh/a betragen.

### 6.5 Umrüstung Nachklärbecken

Als Nachklärbecken stehen 2 runde, horizontal durchströmte Nachklärbecken zur Verfügung. Die Einlaufkonstruktion ist sehr ungewöhnlich, da keine gerichtete Umwandlung der Vertikal- in eine Horizontalströmung erfolgt. In Deutschland haben sich 3-dimensionale Simulationsberechnungen zur Optimierung von Einlaufbauwerken dieser Nachklärbeckentypen durchgesetzt.

Durch eine Verbesserung der Einlaufbauwerke wird der Schlammabtrieb verringert und die Ablaufwerte (insbesondere bzgl. CSB und Phosphor) werden besser. Letztendlich führt dies auch zu einer erheblichen Reduzierung der Gewässerbelastung.

Die Durchführung einer entsprechenden Simulationsberechnung und die Anpassung der Nachklärbecken werden daher vorgeschlagen (im Leitfaden K3).

Die Simulationsberechnungen kosten rd. 20.000 EUR (zuzüglich Umsatzsteuer) und die Investitionskosten zur Anpassung der 2 Einlaufbauwerke betragen voraussichtlich rd. 300.000

EUR (zuzüglich Umsatzsteuer). Die Betriebskosten verändern sich durch diese Maßnahme nicht direkt.

### **6.6 Phosphorentfernung**

Zur Vermeidung von Eutrophierungserscheinungen ist eine gezielte Phosphorentfernung auf Kläranlagen sehr wichtig. Sehr effektiv kann Phosphor aus Abwasser mit Hilfe einer Eisen- oder Aluminiumfällung entfernt werden. In der Regel wird eine sogenannte Simultanfällung angewendet. Dabei wird das Fällmittel direkt der biologischen Reinigungsstufe zugeführt (z.B. im Zu- oder Ablauf der Belebungsbecken).

Für diese Verfahrenstechnik werden im Wesentlichen die folgenden Anlagenteile benötigt:

- 1 doppelwandiger Fällmittelbehälter (Nutzvolumen rd. 25 m<sup>3</sup>) einschließlich Sicherheitstechnik (Überfüllschutz, Füllstandsmessung etc.)
- Dosierpumpen und Steuerungstechnik
- Geeignete Aufstellfläche für Fällmittelanlieferung

Für die Kläranlage Chervonohrad wird eine Dosierung in Abhängigkeit einer Zeitganglinie vorgeschlagen, die auf der Grundlage von konkreten Betriebserfahrungen noch zu ermitteln ist und bei Bedarf angepasst werden kann.

Die Investitionskosten diese Kurzfristmaßnahme betragen rd. 200.000 EUR (ohne Umsatzsteuer). Die Kosten für Fällmittel sind sehr ortsabhängig, da Transportkosten von großer Bedeutung sind. In Deutschland wären jährliche Betriebskosten von rd. 30.000 EUR/a zu erwarten.

### **6.7 Vergleichmäßigung Zulauf**

Die Kläranlage Chervonohrad wird über Pumpwerke beschickt. Der Betrieb der Pumpwerke erfolgt ohne eine übergeordnete Steuerung oder Regelung, sodass der Zulaufvolumenstrom der Kläranlage starken Schwankungen unterliegt. Dies ist für die mechanischen und biologischen Prozesse auf der Kläranlage ungünstig. Darüber hinaus könnte nach Realisierung einer Zuflussregelung mehr Abwasser bei Regenwetterverhältnissen behandelt werden.

Vor diesem Hintergrund wird daher eine Vergleichmäßigung des Zulaufvolumenstroms vorgeschlagen (Maßnahme M1). Die Investitionskosten werden zu rd. 200.000 EUR (zuzüglich Umsatzsteuer) je Pumpwerk und zu 200.000 EUR (zuzüglich Umsatzsteuer) für die übergeordnete Regelstrategie einschließlich Datenfernübertragung abgeschätzt. Die Betriebskosten verringern sich durch diese Maßnahme nicht. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die „Stromspitzen“ erheblich reduziert werden.

### **6.8 Schlammbehandlung**

Der anfallende Überschussschlamm wird aktuell statisch in 3 runden Schlammbehältern voreingedickt. Danach wird der Schlamm auf Trockenbeete aufgebracht. Da der anfallende Überschussschlamm nicht stabilisiert ist, werden im Bereich der Trockenbeete Faulungsprozesse mit entsprechenden Methanemissionen stattfinden. Dies ist nicht nur ungünstig für den eigentlichen Trocknungsprozess und geruchsproblematisch, sondern auch im hohen Maße klimaschädlich, da Methan einen CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 25 besitzt.

Vor diesem Hintergrund muss die gesamte Schlammbehandlung einschließlich der Schlammverwertung oder -entsorgung neu durchdacht werden. Die Realisierung einer modernen Schlammbehandlung kann in Stufen erfolgen, wenn die entsprechenden benötigten finanziellen Mittel nur in Etappen zur Verfügung gestellt werden können. Im Wesentlichen sind die folgenden Teilschritte denkbar:

### **Realisierung einer anaeroben Klärschlammfäulung**

In diesem Teilschritt würde zunächst eine anaerobe mesophile Klärschlammfäulung realisiert (Faulraumtemperatur rd. 35 °C). Das im Prozess entstehende Klärgas wird thermisch zur Beheizung des Faulbehälters und der Betriebsräume genutzt. Der so stabilisierte Schlamm kann auf Trocknungsbeete aufgebracht werden.

### **Klärschlammverwertung oder -entsorgung**

Die Verwertung und/oder Entsorgung des getrockneten Klärschlammes muss geklärt werden. Hier sind u.a. entsprechende Analysen zur Qualität des getrockneten Klärschlammes durchzuführen. Sollten Grenzwerte überschritten werden, so sind die Ursachen zu erforschen, Lösungsmöglichkeiten auszuarbeiten und umzusetzen (z.B. Ersatz von Hilfsstoffen in der Industrie). Darüber hinaus sind Verwertungs- und Entsorgungswege auszuarbeiten (z.B. landwirtschaftliche Verwertung als Dünger, Ablagerung auf Deponie, Mitverbrennung in Kohlekraftwerken).

### **Realisierung einer Klärgasverstromung**

Das bei der Fäulung entstehende Klärgas kann wirtschaftlich in einer Kraft-Wärme-Koppelungsanlage (Blockheizkraftwerk) verwendet werden. Der elektrische Wirkungsgrad dieser Anlagen beträgt rd. 33 %. In thermischer Hinsicht sind Wirkungsgrade von rd. 55 % üblich. Die erzeugte Strommenge kann in das Stromnetz der Kläranlage eingespeist werden und reduziert somit den externen Strombezug. Die Abwärme der Motoren und der Verbrennungsgase kann zurückgewonnen werden und zur Beheizung der Fäulung und der Betriebsräume eingesetzt werden. Üblicherweise reicht die so zur Verfügung stehende Wärmemenge zur Abdeckung des Wärmebedarfs. Sollte dies zu Spitzenlastzeiten nicht gewährleistet sein, so muss das Klärgas dann wieder „rein thermisch“ verwertet werden.

Die Investitionskosten (zuzüglich Umsatzsteuer) für die beschriebene Maßnahme werden wie folgt abgeschätzt:

- Anaerobe Schlammfäulung: rd. 2.000.000 bis 3.000.000 EUR
- Klärgasverstromung: rd. 600.000 bis 800.000 EUR

Nach der Realisierung der anaeroben Schlammfäulung wird der Energiebezug zur Gebäudeheizung und zur Warmwasseraufbereitung erheblich zurückgehen. Eine Wärmeselbstversorgung ist möglich. Im Falle der Klärgasverstromung wird sich zusätzlich der externe Strombezug verringern (geschätzt: 750.000 bis 1.000.000 kWh/a).

## **6.9 Zusammenfassung**

Im Rahmen der Erstellung des Leitfadens „Handlungsansätze zur Optimierung von Siedlungsentwässerungssystemen in regionalen Zentren der Ukraine“ wurden detaillierte Opti-

mierungsmaßnahmen für die Kläranlage Chervonohrad erarbeitet. Diese sind in der u.a. Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 11: Übersicht der Maßnahmenempfehlungen.

Maßnahme	Investitionskosten (ohne Umsatzsteuer)	Auswirkungen Betriebskosten	Auswirkungen Gewässer	Auswirkungen Klimaschutz
Erhöhung Belüftungsleistung	0	Negativ	Sehr Positiv	Negativ
Anhebung Rücklaufschlammverhältnis	0	Negativ	Positiv	Negativ
Regelung Belüftung	850.000 EUR	Sehr positiv	Neutral	Positiv
Einführung Denitrifikation	900.000 EUR	Positiv	Positiv	Positiv
Umrüstung Nachklärbecken	320.000 EUR	Neutral	Positiv	Neutral
Phosphorentfernung	200.000 EUR	Negativ	Positiv	Neutral
Vergleichmäßigung Zulauf	200.000 EUR (je Pumpwerk) plus 200.000 EUR für Steuerung	Neutral	Positiv	Neutral
Schlammbehandlung	2.000.000 bis 3.800.000 EUR	Neutral	Neutral	Sehr positiv

Bei der Ausarbeitung der o.a. Maßnahmen lag der Schwerpunkt auf der verfahrenstechnischen Verbesserung der biologischen Reinigungsstufe und der Schlammbehandlung. Zusätzlich zu diesen Maßnahmen bedarf es weiterer Anstrengungen und Investitionen, um auch die übrigen Anlagenteile (Vorklärung, Schlamm Speicher etc.) in einen guten baulichen und verfahrenstechnischen Zustand zu halten bzw. zu versetzen. So muss auch zu gegebener Zeit geklärt werden, wie zukünftig die Belebungsbeckenanlage aussehen soll, da das vorhandene Becken mittelfristig baulich saniert werden muss.

Darüber hinaus wird eine intensivere Betriebsanalytik und Betriebsdokumentation ange-regt. Dies verbessert die Wissenslage für spätere Optimierungsmaßnahmen erheblich. Fehl-investitionen können so wirkungsvoll verhindert werden.

## **7 Capacity Development**

### **7.1 Regulatorisches Umfeld**

Capacity Development ist darauf ausgerichtet, die Kenntnisse und Fähigkeiten des Wasserunternehmens und des leitenden Managements zu erhöhen, um eine schrittweise Verbesserung des Zustandes des Unternehmens und des Wasserversorgungs- und Siedlungsentwässerungssystems in Chervonohrad zu erreichen.

Hierfür war es im Rahmen des Projektes zunächst notwendig die institutionellen Rahmenbedingungen und Herausforderungen als auch den Handlungsspielraum des Unternehmens zu bestimmen.

#### **Unrealistische Einleitergrenzwerte**

In der Ukraine werden je nach Flussgebiet und Gewässerklasse Einleitergrenzwerte für die Wasserunternehmen definiert. Kontrollen werden durch die Umweltinspektion der Oblastverwaltungen durchgeführt. Die definierten Einleitergrenzwerte sind sehr niedrig und betreffen zum Teil Stoffe, die mit der aktuellen Anlagenkonfiguration nicht abgebaut werden können (z.B. Phosphor). Die für Chervonohrad-Vodokanal geltenden Grenzwerte können mit der bestehenden Anlagentechnik grundsätzlich nicht erreicht werden.

Für die Überschreitung der Grenzwerte drohen Strafzahlungen, die nicht als Kosten in der Tarifregulierung geltend gemacht werden können. Das Unternehmen ist regelmäßig mit der Umweltinspektion in Kontakt und um eine einvernehmliche Lösung bemüht. Eine kontinuierliche transparente und objektive Bestimmung der Ablaufwerte liegt jedoch aufgrund der Unzulänglichkeiten des Systems derzeit nicht im Interesse des Unternehmens.

Eine dringend benötigte Reform des Systems zur Bestimmung und Überprüfung der Grenzwerte für Einleiter kann nur im nationalen Dialog erreicht werden. Unternehmen kleiner und mittlerer Zentren der Ukraine haben hierauf nur bedingt Einfluss.

Nichtdestotrotz kann durch die vorgeschlagenen Optimierungsmaßnahmen eine deutliche Verbesserung der Emissionskennwerte erreicht werden. Im Projekt wurden die in der EU üblichen Grenzwerte als Standards für die Optimierung herangezogen.

#### **Restriktive Tarifregulierung**

Die aktuelle Praxis der Tarifregulierung erlaubt es den meisten Unternehmen in der Ukraine nicht, kostendeckend zu arbeiten. Die Preise für Wasser und Abwasser werden von einer nationalen Kommission auf Basis begründeter Kosten (cost plus) bestimmt, aber nur unzureichend an die dynamischen Kostenentwicklungen von Energie und Personal angepasst.

Die Tarifikalkulation wurde im Jahr 2010 auf eine nationale „Cost plus“-Regulierung umgestellt. Deren Anwendung wurde jedoch bis 2013 verzögert, so dass im Zeitraum von 2010 bis 2013 keine neuen Tarifgenehmigungen ausgegeben wurden. Es erfolgte lediglich eine Indizierung der Ausgaben für Energie und Personal für einige ausgewählte Unternehmen. 2014 wurden erstmals wieder neue Tarife für alle Unternehmen genehmigt, allerdings sind diese durch die hohen Preissteigerungen des Krisenjahres 2014 bereits wieder überholt.

Die finanziellen Planungen der Unternehmen richten sich primär an den Erfordernissen der Tarifregulierungsbehörde aus. Die Tarifikalkulation bildet den Finanzplan des Unternehmens ab, wodurch die Planung nicht mehr durch den betrieblichen Bedarf sondern vielmehr durch Standards, Normen und Koeffizienten der Tarifregulierung bestimmt wird.

Reformbemühungen der Tarifregulierung richten sich auf die Einführung einer neuen nationalen Methodik, die durch die Anerkennung von Effizienzgewinnen und Kapitalkosten Investitionen stimulieren soll, oder die Rückkehr zu dezentraler Bewilligung der Tarife auf kommunaler Ebene, wie sie vor 2010 bereits bestand.

### **Fehlende Finanzierungsprogramme für kleine und mittlere Städte**

Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Recherche hat ergeben, dass weder nationale noch internationale Programme bestehen, die gezielt die Finanzierungsanforderungen der Wasserunternehmen in kleineren und mittleren Zentren der Ukraine adressieren.

Die Wasserunternehmen der Gebietshauptstädte profitieren bereits teilweise durch zinsgünstige, langfristige Darlehen der Weltbank (Urban Infrastructure Programm I/II). Außerdem erhalten diese Unternehmen teilweise auch technische Hilfe um investitionsvorbereitende und -begleitende Planungs- und Beratungsleistungen zu finanzieren.

Das nationale Programm „Pitna Voda“ (dt. Trinkwasser) bildet die wichtigste nationale Quelle für die Finanzierung von Investitionen in die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Für den Zeitraum von 2011 bis 2020 wurden Ausgaben in Höhe von insgesamt 9,5 Mrd. UAH veranschlagt. 3,0 Mrd. UAH sollen hiervon aus dem nationalen Budget übernommen werden; die verbleibenden 6,5 Mrd. UAH aus Eigenmitteln und Unternehmen und der Stadtverwaltungen. Allerdings wurden aus diesem Programm in den vergangenen Jahren Mittel bewilligt, die nicht ausgezahlt wurden. Im Rahmen des Programmes aufgenommene Arbeiten mussten daher wieder eingestellt werden.

### **Mangelnde Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung**

In der Öffentlichkeit und bei der Bevölkerung besteht teilweise mangelndes Verständnis für den Bedarf und die Preise der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Wie in der Zustandsbeschreibung dargestellt, liegen die Preise für Wasser und Abwasser absolut betrachtet und im Vergleich zu anderen Unternehmen im Oblast auf sehr niedrigem Niveau.

Die mangelnde öffentliche Unterstützung und niedrige Zahlungsbereitschaft beruht gemäß den aus Gesprächen mit der Unternehmensleitung und eigenen Beobachtungen gewonnenen Erkenntnissen auf vielfältigen Ursachen:

- fehlendes Verständnis für die mit der Wasseraufbereitung und der Abwasserentsorgung verbundenen Betriebsaufwendungen und Kosten der Infrastruktur
- der in der Sowjetunion geprägten Auffassung, dass kommunale Dienstleistungen in den Bereich der staatlichen Aufgaben fallen und kostenlos oder preisgünstig zu gewähren sind;
- eine als niedrig wahrgenommene Servicequalität, die aus Sicht der Verbraucher keine höheren Preise rechtfertigt;



- Angst vor hohen Steigerungen der monatlichen Ausgabenbelastung, insbesondere bei sozial schwachen Bevölkerungsgruppen;
- unklare Informationen über den Zustand der Gewässer und den Einfluss des Wasserunternehmens auf die Umweltsituation in der Stadt bzw. Region.

Nichtsdestotrotz kann das Wasserunternehmen durch transparente Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit und Marketing dazu beitragen, dass Informationsdefizite auf Seiten der Bevölkerung abgebaut werden und die Wahrnehmung des Wasserunternehmens als kommunaler Umweltdienstleister, der im Auftrag der Bürger tätig ist, gestärkt wird.

## **7.2 Arbeit mit dem Unternehmen**

Im Rahmen von unternehmensinternen Workshops und Diskussionen wurden die Handlungsmöglichkeiten des Unternehmens vor dem Hintergrund der dargestellten Rahmenbedingungen erörtert. Auf Seiten des Unternehmens Chervonorad-Vodokanal wurde die technische und kaufmännische Leitungsebene vertreten durch:

- Stepan Makutra, Direktor,
- Volodymyr Soldat, Hauptingenieur,
- Mariia Heriak, Leiterin Umwelta Abteilung,
- Liudmyla Syrota, Leiterin Finanzplanung.

Die Workshops dienten ferner der regelmäßigen Abstimmung der Projektarbeiten. Folgende technischen und kaufmännischen Fragen wurden adressiert.

### **Technische Fragestellungen:**

- Erläuterung der methodischen Grundlagen der Modellierung der Kläranlage,
- Vorstellung der Ergebnisse der Messkampagne, Abgleich mit Werten und Erfahrungen des Unternehmens (Probenentnahmen und Analysen werden täglich per Hand vorgenommen),
- Abgleich der Annahmen hinsichtlich der Modellierung des Kanalnetzes,
- Vorstellung und Diskussion der Optimierungsmaßnahmen,
- Einleitergrenzwerte und Kontrollen.

### **Kaufmännische Themen:**

- Aktuelle wirtschaftliche und finanzielle Lage des Unternehmens,
- Finanzplanung und Tarifregulierung,
- Energiekostenentwicklung,
- Lohn- und Gehaltsniveau,
- Anlagenbuchhaltung und Abschreibungen,
- Berichterstattung.

### **Besichtigungen**

Im Rahmen des Aufenthaltes in Dresden, wurden neben einem zweitägigen Workshop auch verschiedene Objekte in Dresden und der näheren Umgebung besichtigt:

- Kläranlage in Ottendorf-Okrilla - 30.06.2014

- Kläranlage der Stadtentwässerung Dresden - 01.07.2014
- Kläranlage in Zgorzelec (Polen) - 02.07.2014

Die Besichtigung der Anlage von PWiK Zgorzelec hat den ukrainischen Kollegen gezeigt, dass in Polen inzwischen ähnliche Entwicklungen und Erfahrungen wie in Deutschland bestehen. Mit der Umsetzung europäischer Anforderungen einerseits und durch umfangreiche Investitionsbeihilfen andererseits haben sich die polnischen Unternehmen wie PWiK Zgorzelec zu modernen Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsdienstleistern entwickelt, die über Kläranlagenpartnerschaften auch vom Erfahrungsaustausch mit deutschen Betrieben der Grenzregion profitieren.

### **Vermittlung der Maßnahmen**

In der Optimierungsstrategie wurden Maßnahmen identifiziert, die keine bzw. nur sehr geringe investive Ausgaben erfordern und dennoch bereits wesentlich zu einer Verbesserung der Ablaufwerte beitragen können. Hierzu zählen die Steigerung der Belüftungsleistung zur Erhöhung des Sauerstoffeintrages (K1) und die Erhöhung der Rücklaufschlammführung (M1).

Die hierfür notwendigen Mehrkosten für Elektroenergie wurden von der Unternehmensleitung zur Kenntnis genommen. Von Seiten der Projektgruppe wurde Wert darauf gelegt zu vermitteln, dass die Planung der operativen Ausgaben nicht auf Basis einer Fortschreibung historischer Werte, sondern auf einer regelmäßigen realistischen Bewertung des Zustandes und Energiebedarfes der Abwasserreinigung erfolgen sollte. Nur nach einer vorherigen Anpassung an den tatsächlichen Energiebedarf können Energieeffizienzmaßnahmen zu Einsparungen des Betriebsaufwandes führen.

### **Prioritäten für Investive Maßnahmen**

Anhand der im Projekt entwickelten Maßnahmen wurden dem Unternehmen geeignete Schritte zur Optimierung der Anlagentechnik aufgezeigt sowie klare Prioritäten aus Sicht der Emissionsbelastung bestimmt und gegenüber der Unternehmensleitung vermittelt.

Momentan mangelt es jedoch an Finanzierungsprogrammen, die eine Umsetzung entsprechender Maßnahmen ermöglichen. Auf Basis des bestehenden Tarifniveaus und der restriktiven Tarifregulierung kann das Unternehmen zeitnah auch keine Eigenmittel erwirtschaften, die für eine Umsetzung dieser Maßnahmen eingesetzt werden könnten.

Dabei ist die Situation in Chervonohrad charakteristisch für die Mehrheit der kleinen und mittleren Städte in der Ukraine. Die Ergebnisse des Projektes zeigen exemplarisch den gravierenden Bedarf eines Finanzierungsprogrammes, das den Erhalt, die Optimierung und schrittweise Sanierung der Abwasseranlagen in kleinen mittleren Städten der Ukraine unter Anwendung zeitgemäßer Planungsgrundlagen fördert.

### **Mehrjährige Wirtschafts- und Finanzplanung**

Die Wirtschaftsplanung des Unternehmens basiert aktuell auf den jährlichen Budgetplanungen, die auf Basis der Fortschreibung des Vorjahres erstellt werden. Die Bestimmung der einzelnen Positionen erfolgt in Anlehnung an die Vorgaben der Tarifkalkulation. Dadurch die Fortschreibung historischer Werte und die Anwendung von Koeffizienten und Standards wird ein realistisches Bild auf den tatsächlich bestehenden Betriebsaufwand verhindert.

Eine langfristige Perspektive zur Entwicklung der Betriebskosten und des Vermögens des Unternehmens fehlt.

Im Rahmen des Projektes wurde daher ein Finanzmodell erstellt, welches die Entwicklung der maßgeblichen Kostenpositionen und Werttreiber des Unternehmens abbildet und zur Bestimmung des betriebsnotwendigen Tarifniveaus bis 2020 genutzt werden kann. Das Modell wurde an die Leiterin der Finanzplanung übergeben.

### **Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit**

Die Bedeutung der Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit wurde mehrfach thematisiert, da das Unternehmen darauf angewiesen ist, dass sowohl bei Politikern als auch den Bürgern der Stadt Chervonohrad wachsendes Verständnis für den Wert und die Kosten der mit der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung verbundenen Leistungen besteht. Der Handlungsbedarf zur Aufrechterhaltung des Betriebes wird bislang zu wenig artikuliert. Eine offene und transparente Berichterstattung und die Arbeit mit der Öffentlichkeit sind wesentliche Instrumente, was auch am Beispiel der Stadtentwässerung Dresden im Rahmen des Besuches in Deutschland veranschaulicht wurde.

### **7.3 Leitfaden für ukrainische Unternehmen**

Die Ergebnisse und Empfehlungen des Projektes, die exemplarisch für die Situation in anderen kleineren und mittleren Städten der Ukraine sind, wurden in einem Leitfaden zusammengefasst. Der Leitfaden ist darauf ausgerichtet, einerseits die Methodik und Ergebnisse der Systemanalyse zu vermitteln und die daraus abgeleiteten Maßnahmen zur Optimierung der Anlagentechnik und Betriebsführung vorzustellen. Andererseits werden auch die Maßnahmen und Empfehlungen zur kaufmännischen Unternehmensführung im Hinblick auf Unternehmensplanung, Tarifikalkulation, Berichterstattung, Öffentlichkeitsarbeit und Personalplanung thematisiert.

Die Inhalte und Ergebnisse des Projektes wurden auf einem Seminar für ukrainische Wasserunternehmen am 25.11.2014 in Lviv / Westukraine vorgestellt, das gemeinsam mit dem Verband der ukrainischen Wasserunternehmen „Ukrvodokanalekologija“ organisiert wurde. Von einer ursprünglich avisierten Präsentation auf der Messe Aqua Ukraine (04.11.-07.11.2014), auf der regelmäßig nur größere und national bzw. international aktive Unternehmen vertreten sind, wurde abgesehen, da die Zielgruppe eher regional organisiert ist.

## 8 Ergebnisse

Das Projekt hat eine umfassende wissenschaftliche Bewertung des Abwasserentsorgungssystems eines mittleren Zentrums der Ukraine am Beispiel der Stadt Chervonohrad ermöglicht. Die Ergebnisse der Zustands- und Systemanalyse haben gezeigt, dass bereits im Betrieb des Unternehmens erhebliche Defizite bestehen. Diese lassen sich überwiegend auf Mängel in den regulatorischen und finanziellen Rahmenbedingungen der ukrainischen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung zurückführen. Die Tarife der Abwasserentsorgung haben seit mehr als 10 Jahren permanent unter den Selbstkosten der Leistung gelegen, so dass die Ausgaben für den Betrieb immer weiter gesenkt wurden. Gleichzeitig bestehen unrealistisch niedrige Emissionsgrenzwerte als auch hohe Anforderungen an Energieeffizienz, die mit der bestehenden Anlagentechnik nicht erzielt werden können. Das Fehlen einer umfassenden Datenbasis, z.B. einer kontinuierlichen Bestimmung der Ablaufwerte, trägt dazu bei, dass der tatsächliche Zustand in der Regel nicht transparent und objektiv bewertet werden kann. Die Ergebnisse der Systemanalyse und die Modellierung der Anlage haben diese Einschätzung jedoch eindeutig bestätigt, wobei die Situation in Chervonohrad exemplarisch für die Mehrzahl der Abwasserentsorgungssysteme in der Ukraine interpretiert werden kann.

Vor diesem Hintergrund wurden die Erhöhung der Belüftungsleistung und die Anhebung des Rücklaufschlammverhältnisses als primär zu ergreifende Sofortmaßnahmen identifiziert. Hierdurch wird zunächst der Energiebedarf der Anlage erheblich steigen. Mit einer automatischen Regelung der Belüftung unter Einsatz permanenter online Messtechnik, der Einführung einer Denitrifikation, der Umrüstung der Nachklärbecken und der Errichtung einer Phosphorentfernung können kurzfristig investive Maßnahmen ergriffen werden, die eine Verbesserung der Reinigungsleistung bei gleichzeitiger Energieeinsparung ermöglichen. Mittelfristig sollten mit der Vergleichmäßigung des Zulaufes durch Steuerung der Kanalpumpwerke und dem Aufbau einer Schlammbehandlung mit Klärgasverwertung weitere Maßnahmen umgesetzt werden, die den Energiebedarf und die Emissionsbelastung weiter verringern. Da die ukrainischen Abwasseranlagen als in der Vergangenheit als Typenprojekte geplant und umgesetzt wurden, ist davon auszugehen, dass diese Handlungsempfehlungen auch auf eine Vielzahl vergleichbarer Städte übertragen werden können.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen setzt voraus, dass das Unternehmen in der Finanzplanung und Tarifikalkulation Fortschritte erzielt, die eine angemessene Anhebung der Betriebsausgaben und insbesondere des spezifischen Energieaufwandes ermöglichen. Eine transparente Kommunikation des Zustandes und der betrieblichen Anforderungen sowohl gegenüber der Tarifregulierungsbehörde als gegenüber auch der Stadtverwaltung als Eigentümerin des Unternehmens sind hierfür geboten. Für das Unternehmen wurde ein Finanzmodell erstellt um die Dynamik der Kostenentwicklung und die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der empfohlenen Maßnahmen mittel- und langfristig abschätzen zu können.

Eine Finanzierung der Investitionsmaßnahmen kann aufgrund der gegebenen Finanzsituation des Unternehmens aktuell nur über eine Förderung erfolgen. Bislang bestehen in der Ukraine jedoch keine geeigneten Finanzierungsprogramme, die gezielt den Bedarf der kleineren und mittleren Wasserunternehmen adressieren. Das Handlungskonzept, das dem Unternehmen zur schrittweisen Implementierung der Maßnahmenempfehlungen übergeben wurde kann jedoch zukünftig als Grundlage für die Beantragung möglicher Förderungen dienen.

## Quellen und Literatur

Autodesk Inc. (2014). <http://www.autodesk.de>.

Blumensaat, F., Weigelt, C., Lucke, N., Grüner, S., & Girol, A. (2014). *Systemanalyse - Optimierung der Abwasserentsorgung in regionalen Zentren der Ukraine*. Technische Universität Dresden, Siedlungswasserwirtschaft, Dresden.

DREBERIS. (2009). *Grenzüberschreitendes Wassermanagement in der ukrainisch-polnischen Grenzregion von Bug und San*. Umweltbundesamt. Umwelt.

DWA. (2000). *Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Girol, A. (2011). Aktualität der Probleme der Abwasserreinigung. *Wasserversorgung und Abwasserentsorgung*.

Girol, A. (2014). *Modellbasierte Optimierung der Abwasserentsorgung am Beispiel der Stadt Tschernowohrad*. Technische Universität Dresden: Masterarbeit.

ifak e.V. (2012). Handbuch SIMBA classroom. *SIMBA classroom 1.0.10*. Magdeburg: ifak e.V.

Ifak System GmbH. (5. April 2014). *SIMBA classroom 1.0.30*. Von <http://www.ifak-system.com/umwelttechnik/simba-classroom/>. abgerufen

Internationale WasserforschungsAllianz Sachsen (IWAS). (2013). *IWAS Ukraine Abschlussveranstaltungen*. Von <http://www.ufz.de/iwas-sachsen/index.php?de=31851> abgerufen

Lvivoblenergo. (5. August 2014). *Preise der Stromversorgung für Unternehmen*. Von [http://www.loe.lviv.ua/ua/dlia\\_firm/firm\\_taryfy](http://www.loe.lviv.ua/ua/dlia_firm/firm_taryfy) abgerufen

Mertes, T. (2013). Jahresabschluss der GmbH: korrekt erstellen, feststellen, offenlegen. In *"Lexware gmbh wissen"*. Haufe-Lexware.

Ministerium für Regionalentwicklung, Bauwesen und Wohnungs- und Kommunalwirtschaft der Ukraine. (2014). *Passport der Wohnungs- und Kommunalwirtschaft der Ukraine 2013*. Abgerufen am Januar 2015 von <http://www.minregion.gov.ua>

Ministerium für Regionalentwicklung, Bauwesen und Wohnungs- und Kommunalwirtschaft der Ukraine. (2013). *Nationaler Bericht über die Trinkwasserqualität und den Zustand der Wasserversorgung in der Ukraine 2012*. Von <http://minregionbud.gov.ua> abgerufen

Tränckner, J., Franz, T., Frehmann, T., Jathe, R., Obermayer, A., & Winkler, U. (September 2014). Wirtschaftliche Auswirkungen sich überlagernder Entwicklungstrends auf Abwasserentsorgungsunternehmen. *KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall*.

Weber, B., Alfen, W., & Maser, S. (2006). *Projektfinanzierung und PPP: Praktische Anleitung für PPP und andere Projektfinanzierungen*. Bank-Verlag.

## Anhang 1: Programm Abschlussworkshop



German Water  
Partnership



Ukrvodokanalekologija

Seminar zum Thema "Kostensoptimierung der Wasser- und Abwasserwirtschaft durch Einführung von Maßnahmen zur Ressourcenschonung"

### - Programm -

Datum: 25. November 2014

Ort: Hotel „Dnister“, Saal Lviv, Mateika Street, 6, Lviv, Ukraine, 79007

Zeit: 09.30 – 16.00 Uhr

Geplanter Ablauf:

<u>Zeiten</u>	<u>Themen</u>
09.30-10:00	Registrierung der Teilnehmer
10.00-10:15	Begrüßung Yurii Zherlytzy, Präsident der Vereinigung „Ukrvodokanalekologija“ Stephan Wegert, Projektleiter
10:15-10:30	Vorstellung des Projektes <b>„Handlungsansätze zur Optimierung von Siedlungsentwässerungssystemen in regionalen Zentren der Ukraine“</b> , Norbert Lucke, Stadtentwässerung Dresden GmbH
10:30-11:10	Bestandsanalyse und Bewertung von Kläranlage und Kanalnetz Anna Girol, Stefan Grüner, Technische Universität Dresden
11:10-11:30	<i>Kaffeepause</i>
11:30-12:00	Maßnahmen zur Ertüchtigung der Kläranlage, Gert Graf-von Riesenbeck, Dr. Pecher AG
12:00-12:30	Unternehmensplanung und Finanzierung, Stephan Wegert, DREBERIS GmbH
12.30 - 13.30	<i>Mittagessen</i>
13:30 -14:00	<b>Gründung des regionalen Abteilung der Vereinigung „Ukrvodokanalekologija“</b> Yurii Zherlytzy, Präsident des Vereinigung
14:00 - 14.30	Diskussionsbeiträge der Leiter der Wasserunternehmen von Lutsk, Rivne, Uzhgorod - Mitglieder der Assoziation „Ukrvodokanalekologija“
14:30 - 15:00	Abstimmung zur Gründung der regionalen Abteilung, Wahl des Leiters
15:00 - 16:00	Beiträge von Unternehmensvertretern

Gefördert durch:



Die Präsentationen können unter folgender Adresse abgerufen werden:

<http://www.dreberis.com/artikul.php?cid=38&id=928>

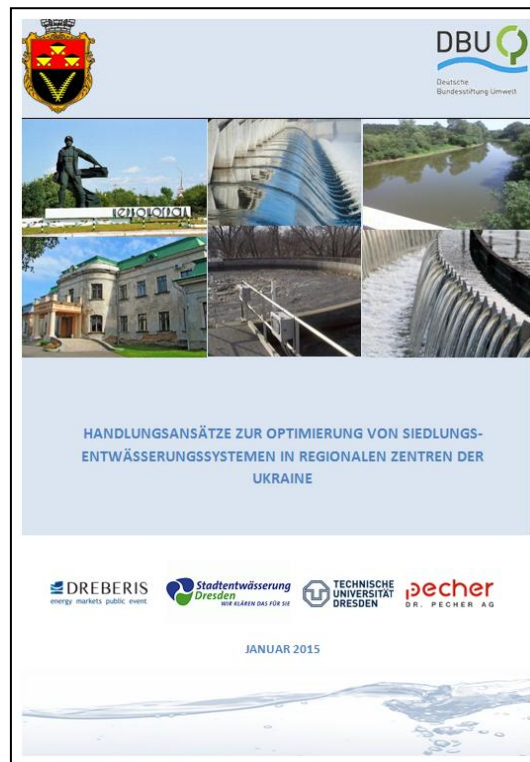
## Anhang 2: Teilnehmerliste des Abschlussworkshops

<b>Name der Veranstaltung:</b> "Kostenoptimierung der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung durch Umsetzung von Energiesparmaßnahmen"		
<b>Zeit und Ort:</b> Premier Hotel "Dniester", Hall Lviv, st. Matejko, 6 m. Lviv		
<b>Teilnehmerliste</b>		
<b>№</b>	<b>Institution und Position</b>	<b>Name</b>
1	"Bibrs'kiy KOMUNAL'NYK" / Direktor	Ivas'kiv Ol'ha Andriyivna
2	"Borislavodokanal" / Direktor	Vynar Orest Vasyl'ovych
3	"Borislavodokanal" / Hauptbuchhalter	Mykhalevych Liliya Leonidivna
4	"Brodivodokanal" / Direktor	Zaytsev Yuriy Yevheniyovych
5	"Brovary Plastmas"	Korniienko V.O.
6	"Bus'kvodokanal"	Oliynyk Zoryana Bohdanivna
7	"Chervonohradvodokanal"	Heryak Mariya
8	"Chervonohradvodokanal" / Direktor	Soldat Volodymyr Bohdanovych
9	"Drohobychvodokanal" / Direktor	Shahala Roman Mykolayovych
10	"DUBNOVODOKANAL"	Bondarchuk Oleksandr Tymofiyovych
11	"Horodokvodokanal" / Stellv. Direktor	Mykhalevych Myroslava Mykhaylivna
12	"Kostopil'vodokanal"	Zatulivetrov Oleh Yevhenovych
13	"Kovel'vodokanal" / Stellv. Direktor	Martynyuk Roman Oleksiyovych
14	"Kovel'vodokanal" / Stellv. Direktor	Sterniychuk Andriy Vasyl'ovych
15	"Kuznetsov's'k MKP" / Direktor	Saushkin Roman Yuriyovych
16	"Kuznetsov's'k MKP" / Hauptingenieur	Krushevs'kiy Oleksandr Ivanovych
17	"Luts'kvodokanal" / Direktor	Ryadkiv Serhiy Borysovych
18	"Luts'kvodokanal" / Stellv. Direktor	Chupun Volodymyr Anatoliyovych
19	"Mizhhir'ya OZHK-H" / Direktor	Kupets'kiy Yaroslav Vasyl'ovych
20	"Mostis'kavodokanal" / Hauptingenieur	Horak Ihor Volodymyrovych
21	"Mukachevovodokanal" / Direktor	Kopyn Ihor Mykhaylovych
22	"Novator"	Kubasov A.A.
23	"Novovolins'kvodokanal"	Kitayhorods'kiy Petro Petrovych
24	"Novovolins'kvodokanal"	Semenchuk Svitlana Vasylivna
25	"Radekhivvodokanal"	Fedorus' Dmytro Ihorovych
26	"Radekhivvodokanal" / Direktor	Kret Ihor Tadeyovich
27	"Rivneoblvodokanal" / Hauptingenieur	Chaban Anatoliy Andriyovych
28	"Sambirvodokanal" / Direktor	Kul'chyts'kyi Stepan Illich
29	"Skolivs'kyi vodokanal" / Hauptingenieur	Markiv Yuriy Ivanovych
30	"Sokal's'kyi vodokanal"	Lahoda Stepan Vasyl'ovych
31	"Striyvodokanal"	Stetsyk Ihor Myronovych
32	"Truskavets'kyi vodokanal"	Tumak Mykhaylo Lyubomyrovych
33	"Yavorivvodokanal" / Direktor	Shuliha Anton Ivanovych
34	"Zdolbunivvodokanal" / Direktor	Mel'nyk Vasyl' Ivanovych
35	"Zolochivvodokanal" / Direktor	Venher Mykhaylo Bohdanovych
36	DP "Vodokanal" m. Khodoriv / Direktor	Martiinyak Ivan Ivanovych
37	DP "Vodokanal" m. Khodoriv / Hauptbuchhalter	Dovha Iryna Dem'yanivna
38	KP "Nashe Selo" / Hauptbuchhalter	Klemeyko-Sapiha Tetyana Petrivna
39	KP "Obroshyno"	Zherebets'kyi Orest Stepanovych
40	KP "Striyvodokanal" / Direktor	Kozak Volodymyr Mykolayovych
41	KP "Zhovkivs'ke VU VKF" / Direktor	Hnatyuk Viktor Stepanovych
42	LMKP "L'vivvodokanal"	Svizins'kiy Yuriy Pavlovych
43	LODA / Direktor ZHK-H	Tatsiy Yuriy Volodymyrovych
44	MKP "L'vivvodokanal" / Sekretär des Direktors	Tatukh Nataliya
45	MKP "Zhidachivvodokanal" / Hauptingenieur	Bukhalov Vasyl' Petrovych
46	PP "Instalplast KHV"	Avchinnikov Oleksandr Leonidovych
47	PP "Instalplast KHV"	Kosmyna Myroslav Stepanovych
48	PP PF "Lapayivka"	Mateychuk Oleksandr Anatoliyovych
49	PZHK-H "Morshyn" / Hauptingenieur	Zazulyak Vitaliy Bohdanovych
50	TD "Yevrotrubplast" / Stellv. Direktor	Kozak Oleksandr Vasyl'ovych

51	TOV "VILO UKRAYINA"	Barabolya Serhiy Mykhaylovych
52	TOV "VILO UKRAYINA"	Shcherbakov Vadym Volodymyrovych
53	TOV "Vodokanal Karpatviz" / Direktor	Halayda Yosyp Stepanovych
<b>Referenten und Organisatoren:</b>		
54	"Ukrvodokanalekologiya" / Präsident	Zherlytzy, Yurii Ivanovich
55	DREBERIS GmbH / Projektleiter	Wegert Stephan
56	DREBERIS TOV / Direktor	Motyl Volodymyr
57	DREBERIS TOV / Assistentin	Motyl Halyna
58	Technische Universität Dresden / Wiss. MA	Hirof' Anna Mykolayivna
59	Technische Universität Dresden / Wiss. MA	Grüner Stefan
60	Stadtentwässerung Dresden GmbH / Leiter Labor	Lucke Norbert
61	Dr. Pecher AG / Prokurist	Graf-van Riesenbeck Gert
62	Dolmetscher	Halema Olha
63	Dolmetscher	Terebushko Yurii



## Anhang 3: Leitfaden



Dokumenteninformation	
Thema:	Handlungsansätze zur Optimierung von Siedlungsentwässerungssystemen in regionalen Zentren der Ukraine
Förderer:	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Förderkennzeichen:	Az. 24550/35
Projektpartner:	DREBERIS GmbH Heinrich-Zille-Str. 2, 01219 Dresden  DREBERIS TOV Prospekt Svobody 47-3, 79008 Lviv, Ukraine  Dr. Pecher AG Klinkerweg 5, 40699 Erkrath  Stadtentwässerung Dresden GmbH Scharfenberger Str. 152, 01139 Dresden  Technische Universität Dresden Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft Helmholtzstr. 10, D-01069 Dresden
Beteiligte Autoren:	Frank Blumensaat, Technische Universität Dresden  Anna Girol, Technische Universität Dresden  Gert Graf-von Riesenbeck, Dr. Pecher AG  Stefan Grüner, Technische Universität Dresden  Michael Janzen, Dr. Pecher AG  Norbert Lucke, Stadtentwässerung Dresden GmbH  Cathleen Matthies, Stadtentwässerung Dresden GmbH  Volodymyr Motyl, DREBERIS TOV  Stephan Wegert, DREBERIS GmbH  Corinna Weigelt, DREBERIS GmbH
Datum:	31.01.2015

Inhalt	
1	Einleitung ..... 4
1.1	Inhalte und Ziele des Projektes in Chervonohrad ..... 4
1.2	Herausforderungen der Abwasserwirtschaft in der Ukraine ..... 5
1.3	Bedeutung der kommunalen Abwasserreinigung im Gewässerschutz ..... 7
2	Moderne Methoden zur Bewertung und Planung von Abwasseranlagen am Beispiel der Stadt Chervonohrad ..... 10
2.1	Datenerhebung und -analyse ..... 10
2.2	Bestimmung und Modellierung der Kläranlage ..... 12
2.3	Kanalnetzmodellierung am Beispiel Chervonohrad ..... 14
3	Wesentliche Maßnahmen zur Betriebsoptimierung der Kläranlagen ..... 18
3.1	Allgemeines ..... 18
3.2	Regulierung des Sauerstoffeintrags ..... 19
3.3	Regulierung des Rücklaufschlammes ..... 21
3.4	Einführung einer Denitrifikation ..... 22
3.5	Umrüstung Nachklärbecken ..... 23
3.6	Phosphorentfernung ..... 23
3.7	Vergleichmäßigung Zulauf ..... 24
3.8	Schlammbehandlung ..... 24
3.9	Zusammenfassung ..... 26
4	Unternehmensplanung ..... 27
4.1	Entwicklungsziele und Strategie ..... 27
4.2	Mehrwähriger Wirtschafts- und Finanzplanung ..... 28
4.3	Transparente Berichterstellung ..... 30
4.4	Tarifikalkulation ..... 32
4.5	Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit ..... 35
4.6	Aus- und Weiterbildung ..... 39
5	Finanzierungsmöglichkeiten ..... 43
5.1	Innere und äußerer Finanzierung ..... 43
5.2	Finanzierungsvoraussetzungen ..... 44
5.3	Ukrainische Finanzierungsprogramme ..... 44
5.4	Finanzierungsprogramme internationaler Geber ..... 45
5.5	Überblick zur Fördermöglichkeiten ..... 48
6	Ausblick ..... 49
	Quellen und Literaturhinweise ..... 50

abrufbar unter:

[http://www.dreberis.com/admin/dbImages/fileFileTable/Leitfaden\\_CHEWAS\\_DE.pdf](http://www.dreberis.com/admin/dbImages/fileFileTable/Leitfaden_CHEWAS_DE.pdf)

Anhang 3: Fotos



Besuch in Chervonohrad vom 10.09.2013 – 13.09.2013



Installation der Messgeräte am 11.09.2013





Pumpenstation in Chervonohrad



Kläranlage in Chervonohrad



Gespräch mit dem Oberbürgermeister, Ihor Chudijovuch, von Chervonohrad am 15.01.2014



Besichtigung der Kläranlage in Dresden am 01.07.2014





Abschlussworkshop am 25.11.2014 in Lviv



Abschlussbesuch bei Chervonohrad-Vodokanal am 26.11.2014