

## Prozessoptimierung von Kläranlagen in Jordanien

Jörn Einfeldt<sup>1\*</sup>, Hans-Otto Günter<sup>1</sup>, Mustafa Al-Jaar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Privatinstitut für Klärtechnik GmbH  
Botterstieg 1, 23611 Bad Schwartau, Germany*

<sup>2</sup> *AEEIC Al-Jaar Establishment for Environmental & Industrial Consultations  
Jordan, Amman - Al-Youbeel Sq. (Al-Waha Circle) - Al-Kesswani Complex (No. 211)*

*\*Verantwortlicher Autor, e-mail einfeldt@pik-net.de*

### ZUSAMMENFASSUNG

Jordanien zählt zu den zehn wasserärmsten Ländern der Welt. Die aktuelle Situation im Wassersektor ist u.a. durch Abnahme der Wasserreserven auf Grund von Übernutzung, Senkung des Grundwasserspiegels, Versalzung von Brunnen und die unkontrollierte Einleitung von ungenügend behandelten Abwässern gekennzeichnet. Das hohe Bevölkerungswachstum, die Zuwanderung irakischer Flüchtlinge, die rasche Verstädterung und das bisher hohe Wirtschaftswachstum verstärken das Problem der knappen Wasserressourcen.

Die Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser kann daher als wichtige sekundäre Wasserressource betrachtet werden. Deren Nutzungspotential wird derzeit jedoch nicht oder nur unter gesundheitlichen Risiken ausgeschöpft. Grund hierfür ist u.a. ein meist ineffektiver und ineffizienter Betrieb der meisten zentralen biologischen Kläranlagen Jordaniens. Dadurch ergeben sich erhebliche Schwankungen in der Qualität der gereinigten Abwässer und hohe Betriebskosten, und die Wiederverwertung aufbereiteter Abwässer in der Landwirtschaft wird erheblich erschwert.

Das im Folgenden beschriebene Public-Private-Partnership (PPP) - Projekt, durch die Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH (DEG) aus Mitteln des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung mitfinanziert, zielt auf den Know-How-Transfer im Bereich der betrieblichen Optimierung von Kläranlagen in Jordanien. Am Beispiel von drei jordanischen Kläranlagen wird seit Anfang 2010 gemeinsam mit der Water Authority of Jordan (WAJ) als Anlagenbetreiber gezeigt, auf welche Art die nationalen Abwasserstandards und Bewässerungsstandards durch einen adaptierten Betrieb erreicht werden und die Abwässer in der Landwirtschaft wieder verwendet werden können. Das Know-how zur entsprechenden Betriebsoptimierung von Kläranlagen soll im Rahmen dieses Projektes bei den Projektbeteiligten WAJ und der Universität Al-Balqa verankert werden.

Im Vortrag wird auf die wesentlichen Betriebsschwierigkeiten der beteiligten Kläranlagen eingegangen. Ergebnisse der aktuellen Messprogramme, Vorschläge zu technischen Maßnahmen und bereits erzielte Betriebsverbesserungen werden vorgestellt.

### KEYWORDS

Verfahrenstechnische Prozessoptimierung, Prozesseffizienz, adaptierte Systeme, Exportchancen

## **EINLEITUNG**

Auf Grund der klimatischen Bedingungen und des hohen Bevölkerungswachstums ist die Wasserknappheit in Jordanien in den letzten Jahren weiter gewachsen. Die Wasserressourcen in Jordanien können der Nachfrage nicht mehr gerecht werden. Für 90% der Landfläche betragen die jährlichen Niederschlagsmengen weniger als 200 mm. Darüberhinaus gehen etwa 90% der jährlichen Regenmenge durch Verdunstung wieder verloren. (World Bank, 2007).

Die ständige Wasserknappheit in Jordanien hat praktisch schon jetzt zu einer umfangreichen Wiedernutzung von behandeltem Abwasser aus Kläranlagenabläufen geführt, überwiegend für Bewässerungszwecke. Viele Kläranlagen jedoch weisen erhebliche betriebliche Probleme auf. Eine Verbesserung der Ablaufqualität von Kläranlagen kann helfen, die vorhandenen Grundwasserressourcen zu schonen sowie Ackerland und die Qualität der angebauten Nahrungsmittel zu schützen.

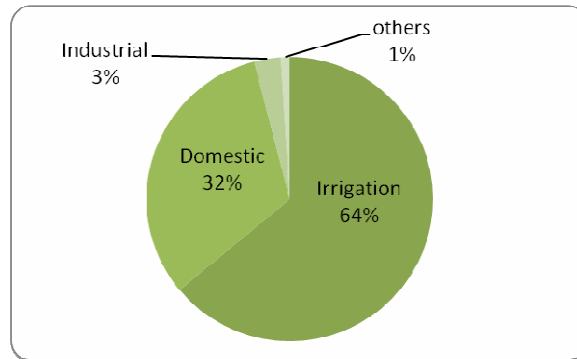
Das Public-Private-Partnership-Projekt "TOP - Treatment Optimization for Wastewater Plants in Jordan", mitfinanziert durch die DEG und öffentliche Mittel des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, zielt auf den Technologie-Transfer im Bereich der Optimierung von Kläranlagen unter Berücksichtigung neuester Betriebsstrategien. Die berufliche Fortbildung öffentlicher Entscheidungsträger sowie des Betriebspersonals der Kläranlagen spielt eine Schlüsselrolle in der Umsetzung moderner und effizienter Wasserschutzstrategien. Die am Beispiel von drei verschiedenen Kläranlagen herausgearbeiteten Verbesserungen im Kläranlagenbetrieb sollen später modellhaft auf andere Kläranlagen in Jordanien übertragen werden. In einem ersten Schritt erfolgten bislang eine Bestandsaufnahme auf den drei Kläranlagen, ein dreimonatiges Intensivmessprogramm sowie die Durchführung mehrerer Workshops in Amman und direkt bei den beteiligten Kläranlagenbetreibern. Dabei wurden zusammen mit der Al-Balqa' Applied University (BAU) die jeweiligen aktuellen Betriebsparameter auf den Kläranlagen diskutiert und Anregungen für Änderungen dieser betrieblichen Parameter gegeben.

## **WASSERNUTZUNG UND -WIEDERVERWENDUNG IN JORDANIEN**

Die Wasserreserven Jordaniens bestehen in erster Linie aus Oberflächen- und Grundwasserressourcen, dabei wird auch behandeltes Abwasser in zunehmendem Maße für Bewässerungszwecke genutzt, überwiegend im Jordantal. Diese Wasserressourcen sind abhängig von den Niederschlagsmengen, die sich in einer Größenordnung von 50 bis 600 mm/Jahr bewegen. Der größte Teil der Niederschläge entfällt auf das an das Jordantal grenzende Hochland im Nordosten des Landes. Im Mittel fallen weniger als 200 mm/Jahr Regen. 5 Prozent des Regenwassers versickern im Untergrund und speisen die Grundwasserleiter, 3 Prozent fließen oberflächlich ab. Der größte Teil, über 90 Prozent des jährlichen Regens, geht durch Verdunstung wieder verloren (MWI, 2007).

Gegenwärtig beträgt die Bevölkerungszahl in Jordanien rd. 6 Millionen Menschen. Das Bevölkerungswachstum liegt bei 2,1 Prozent. 80% der Bevölkerung konzentrieren sich auf der jordanischen Seite des Jordanbeckens in den Städten Amman, Zarqa, Irbid, Mafraq, Jerash and Ajloun (DOS, 2008). Hier liegen auch die landwirtschaftlichen Betriebe, die etwa 64% der gesamten Wasserressourcen benötigen. Diese Betriebe weisen eine Fläche von 30.300 ha im Jordantal und 44.000 ha im Hochland auf. (MOA, 2006).

Trotzdem trägt die Landwirtschaft nur zu 4 Prozent zum Bruttoinlandsprodukt bei. (DOS, 2006). Der öffentliche und private Verbrauch (Hotels, Krankenhäuser, Schulen, häuslicher Verbrauch, öffentliche Einrichtungen und private Organisationen) liegen mit 32 % an zweiter Stelle bei der Wassernutzung, während der industrielle Bedarf bei nur 3 % liegt, vgl. Abbildung 1 (MWI, 2007).



**Abb. 1:** Wassernutzung in Jordanien (MWI, 2007)

## ABWASSERBEHANDLUNG IN JORDANIEN

In 2009 existierten 24 Kläranlagen in Jordanien, die jährlich mehr als 110 Mio. m<sup>3</sup> behandeltes Abwasser produzierten (WAJ, 2009). Einige Kläranlagen werden noch innerhalb der Bemessungsgrößen betrieben, andere sind extrem unterdimensioniert und der Abwasserzufluss übersteigt den Bemessungszufluss um mehr als 100%, vgl. Tabelle 1. Im Allgemeinen ist der häusliche Wasserverbrauch in Jordanien gering, dies führt zu hohen organischen Konzentrationen im Abwasser. Dadurch können Kläranlagen schon unterhalb der hydraulischen Nennbelastung biologisch überlastet sein.

Ungefähr 10% der biologischen Belastung stammen aus industriellen Abwässern. Das Abwasser in Jordanien ist nach Auskunft der WAJ vergleichsweise gering mit umweltschädigenden Substanzen wie Schwermetallen und giftigen organischen Verbindungen belastet (Uleimat, 2010). Das behandelte Abwasser wird in offene Wadis und Flüsse, zu den Ackerflächen für die Wiederverwendung oder in Staudämme abgeleitet. Es gibt drei Stauseen (King Talal Reservoir, Shu'aeb und Kafraïn), die u.a. mit Abwässern aus Kläranlagen gespeist werden. Das gesamte Wasser dieser Stauseen wird für die landwirtschaftliche Wiederverwendung im Jordantal genutzt. Der King Talal Stausee (KTR) ist die wichtigste Wasserquelle für die Landwirtschaft im Jordantal, hierhin gelangen die Abläufe der Kläranlagen As'samra, Baq'a, Jerash and Abu-Nusier. Außerdem wird das Wasser einiger Quellen und von den Regenfällen im Winter gesammelt. Insgesamt gelangen rd. 56 Mio. m<sup>3</sup> Wasser in diese drei Staudämme, davon allein 53 Mio. m<sup>3</sup> in den KTR (WAJ, 2007). Abbildung 2 zeigt die durchschnittlichen Ablaufwerte der größeren kommunalen Kläranlagen in Jordanien (WAJ, 2007).

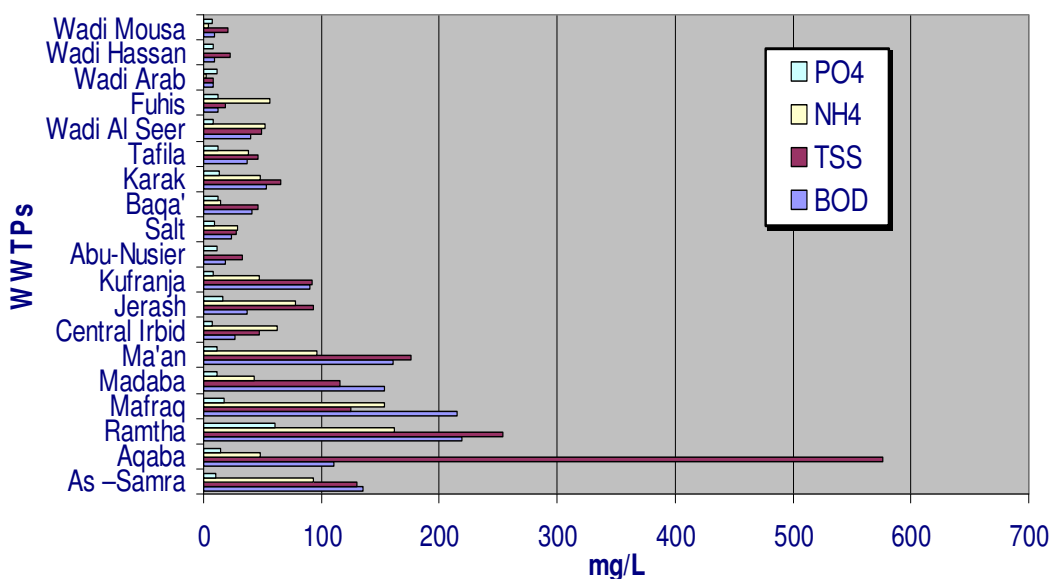
## PROZESSOPTIMIERUNG AM BEISPIEL VON DREI KLÄRANLAGEN

Im ersten Schritt wurde eine Bestandsaufnahme auf den drei Kläranlagen KA Ain Al Basha, KA Irbid und KA Jerash durchgeführt. Dabei wurden sowohl vorhandene Betriebsdaten ausgewertet wie auch ein zusätzliches Messprogramm zur Ermittlung fehlender Daten durchgeführt. Bei mehreren Ortsterminen und in Gesprächen mit dem Betriebspersonal wurden die wesentlichen Betriebsparameter und Sollwerteneinstellungen erfragt. In einem ersten Zwischenbericht im Juni 2010 wurden diese Ergebnisse zusammengefasst. Auf einem Workshop in Amman im Dezember 2010 wurden die bisherigen Schlussfolgerungen und Vorschläge für die Änderung von Betriebseinstellungen diskutiert. Ergänzende Hinweise und Vorschläge, insbesondere auch zur Abluftbehandlung auf der KA Ain Al Basha liegen seit Ende Januar 2011 mit dem zweiten Zwischenbericht vor.

**Tabelle 1:** Kläranlagen in Jordanien, (WAJ 2007), ergänzt

Nr.	Name der Kläranlage	Start	Verfahren	Design m <sup>3</sup> /d	Derzeitige Belastung m <sup>3</sup> /d	Design kgBOD/d	Ablauf
1a	AS SAMRA	1985	unbelüftete Teiche	68000	178903	525	Wadi
1b	AS SAMRA (neu)	2008	Belebung	276000			Wadi
2	IRBID (CENTRAL)	1987	Tropfkörper und Belebung	11023	6364	800	Wadi
3	AS SALT	1981	Belebung	7700	4481	1090	Wadi
4	TAFILA	1988	Tropfkörper	1600	1181	1050	Wadi
5	WADI AL ARAB	1999	Belebung	22000	10702	995	Bewäss.
6	WADI HASSAN	2001	Oxidationsgraben	1600	964	800	Bewäss.
7	WADI MOUSA	2000	Belebung	3400	1984	800	Bewäss.
8	WADI ALSIER	1997	aerated lagoons	4000	3113	780	Wadi
9	ALEKEDER	2004	unbelüftete Teiche	4000	3700	1500	Bewäss.
10	ALAJOUN	2005	unbelüftete Teiche	1000	518	1500	Wadi
11	TEALMENTEH	2004	Tropfkörper und Belebung	400	290	2000	Bewäss.
12	JARASH (Ost)	1983	Belebung	3500	3392	1090	Bewäss.
13	AL KARAK	1988	Tropfkörper	786	1550	800	Wadi
14	KUFRANJA	1989	Tropfkörper	1800	3931	850	Wadi
15	MADABA	1989	Belebung	7600	4711	950	Bewäss.
16	MAFRAQ	1988	unbelüftete Teiche	1800	1991	825	Bewäss.
17	MA'AN	1989	unbelüftete Teiche	1590	2417	920	Bewäss.
18	ABU NUSEIR	1986	Belebung und Scheibentauchkörper	4000	2358	1100	Wadi
19	RAMTHA	1987	Belebung	5400	3393	1000	Bewäss.
20	AQABA (alt)	1987	unbelüftete Teiche	9000	5516	900	Bewäss.
21	AQABA(neu)	2005	Belebung	12000	7630	420	Bewäss.
22	AL- BAQA (Ain Al Basha)	1987	Tropfkörper	14900	11714	800	Wadi
23	FUHEIS	1997	Belebung	2400	1792	995	Wadi

**Ablaufqualität einiger jordanischer Kläranlagen**



**Abb. 2:** Durchschnittliche Ablaufqualität jordanischer Kläranlagen (WAJ, 2007).

### Kläranlage Ain Al Basha

Die Kläranlage Ain Al Basha wurde 1988 in Betrieb genommen. Sie liegt in der Nähe von Wohnbebauung und an einer größeren Ausfallstraße, die täglich von mehreren tausend Fahrzeugen genutzt wird. Die Kläranlage hat einen erhöhten Anteil industrieller Zuflüsse. Auf Grund der häufigen Geruchsprobleme dieser Kläranlage gibt es mehrere Abluftbehandlungsstationen auf der Kläranlage.

Die sich bildenden Überschussschlämme der Tropfkörper werden in sogenannten Kontaktbecken („solid contact tank“) nachbelüftet, um das Absetzverhalten zu verbessern, vgl. Abbildung 3.

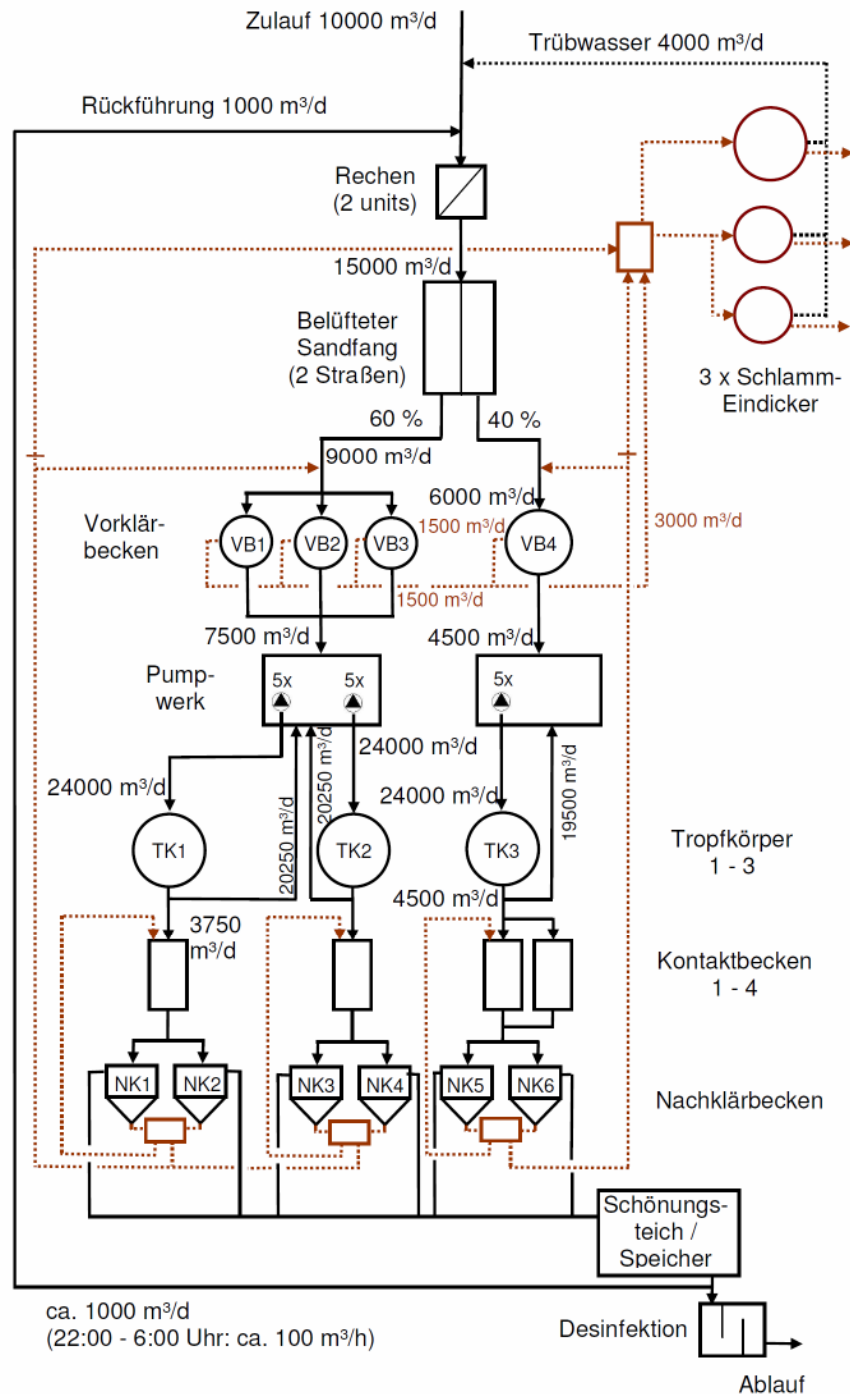


Abb. 3: Kläranlage Ain Al Basha, Fließschema

Das behandelte Abwasser wird auf dem Gelände der Kläranlage Ain Al Basha und überwiegend von landwirtschaftlichen Betrieben in der näheren Umgebung genutzt. Außerdem wird ein Teil des Wassers zum King Talal Staudamm abgeleitet.

#### *Betriebsparameter*

Nach deutschen Bemessungsrichtlinien werden für Tropfkörper mit spezifischen Füllkörperoberflächen von mehr als 100 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> BSB<sub>5</sub>-Raumbelastungen von 0,4 kgBSB<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d) bis 0,6 kgBSB<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d) angesetzt (ATV-DVWK-A 281E, 2001). Neuere Veröffentlichungen zeigen eine deutlich höhere Leistung bei höheren Wassertemperaturen (Ruhr-Universität Bochum, 2010), Raumbelastungen bis zu 1,0 kgBSB<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d) scheinen möglich zu sein. Auf der KA Ain Al Basha lag die Raumbelastung mit 0,48 kgBSB<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d) als 85% Unterschreitungshäufigkeit innerhalb dieser Bereiche. Allerdings wächst mit der erhöhten Raumbelastung die Biofilmdicke, und die Gefahr von Verstopfungen und Kanalbildung innerhalb des Tropfkörperfüllmaterials steigt. Um anaerobe Zonen bei höheren Raumbelastungen zu vermeiden und einen ausreichenden Schlammaustrag zu gewährleisten sollten für die Spülkraft höhere Betriebsparameter eingestellt werden als die im DWA-Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 281E vorgegebenen Werte von 4 - 8 mm. Als Orientierungshilfe können die in den USA für Raumbelastungen von 0,5 kgBSB<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d) häufig angesetzten Werte von 15 bis 45 mm (Metcalf und Eddy, 2003) angesehen werden.

In der Regel ist durch Rückpumpbetrieb die BSB<sub>5</sub>-Konzentration am Drehsprenger auf C<sub>BSB,ZB,RF</sub> kleiner 150 mg/l einzustellen. Hierfür, wie auch für einen teilweisen Ausgleich größerer Schwankungen des Zuflusses, genügt unter durchschnittlichen mitteleuropäischen Verhältnissen, d.h. BSB<sub>5</sub>-Konzentrationen im Zulauf < 400 mg/l, ein Rückführverhältnis  $RV_i < 1$ . Aufgrund des geringen spezifischen Abwasseranfalls in Jordanien und der erhöhten Zulaufkonzentrationen zur Kläranlage sind hierzu auf der KA Ain Al Basha Rückführverhältnisse von über 2 erforderlich. In 2010 wurden die Rückführverhältnisse erhöht, was zu leicht verbesserten Betriebsergebnissen (s.u.) führte. Tatsächlich lagen die Rückführverhältnisse Ende 2010 jedoch im Bereich von 4 bis 6, und die Spülkraft hatte einen Wert von rd. 25 mm. Um die hohen Flächenbeschickungen zu verringern und das Risiko von Kurschlussströmungen zu vermeiden, wurde ein Versuchsbetrieb ab 3/2011 mit geringerer Rezirkulation und ein Betrieb von 2 statt 4 Drehsprengerarmen angeregt. Dadurch kann gleichzeitig die Spülkraft weiter erhöht werden. Messergebnisse zu diesem Versuchsbetrieb werden ab Mai/Juni 2011 erwartet.

#### *Betriebsergebnisse*

Die CSB-Ablaufwerte der KA Ain Al Basha lagen in 2009 im Bereich von 90 bis 186 mg/l (bei einem Mittelwert von 136 mgCSB/l). Während des Messprogramms in 2010 sanken diese Werte auf einen Bereich von 80 bis 112 mgCSB/l.

#### *Abluftbehandlung*

Vorschläge zur Verbesserung der Abluftbehandlung im Bereich des belüfteten Sandfanges wurden unterbreitet. Die Abluftabsaugung an den drei Eindickern sollte auf eine Einzelabsaugung umgestellt werden. Hierzu kann eine Verlagerung der Abluftbehandlung von den Tropfkörpern, die derzeit keinen praktischen Nutzen hat, zu den Eindickern erfolgen.

#### **Kläranlage Irbid**

Die Kläranlage Irbid wurde 1986 in Betrieb genommen. Sie liegt in der Nähe von Wohnbebauung und neben einem fleischverarbeitenden Betrieb. Ein Abluftbehandlungssystem ist nicht vorhanden. Ein Fließbild der KA Irbid zeigt Abbildung 4.

Bei den Tropfkörpern war bis Ende 2010 keine ausreichend gleichförmige Wasserverteilung gewährleistet. Auf Grund mangelnder Wartung waren viele Öffnungen des Drehsprengers verstopft, und der Drehsprenger lief erheblich zu schnell. Außerdem gab es keine gezielte regelmäßige Spülung des Tropfkörpers. Dadurch kam es etwa alle 10 bis 12 Tage zu einem ungezielten stoßweisen Austrag erheblicher Mengen an Tropfkörperschlamm, der zu einer Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes der nachgeschalteten Belebungsstufe von durchschnittlich 5 bis 7 g/l auf bis zu 15 g/l. Die vorhandene Schlammfäulung wurde bis 2010 ohne Schlamm-aufheizung betrieben, das bei Außentemperaturen von 15 bis 35°C entstehende Biogas wurde abgefackelt. Eine Reparatur des vorhandenen Schlammwärmehaushalters soll im 1. Halbjahr 2011 erfolgen.

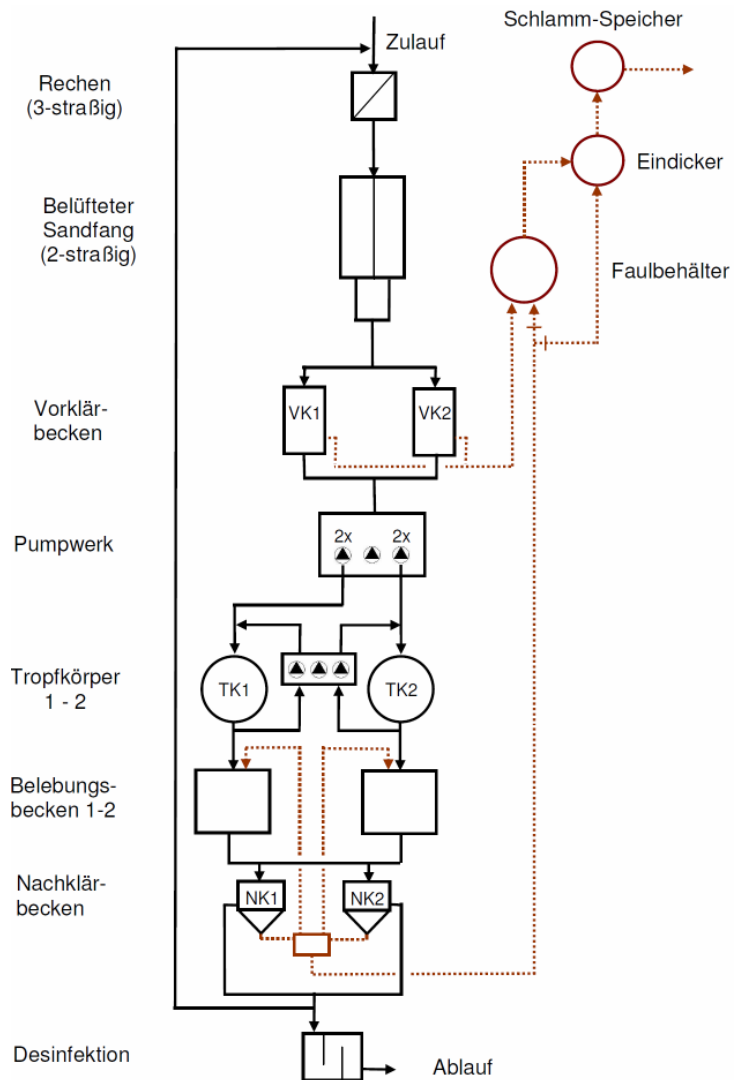


Abb. 4: Fließbild KA Irbid

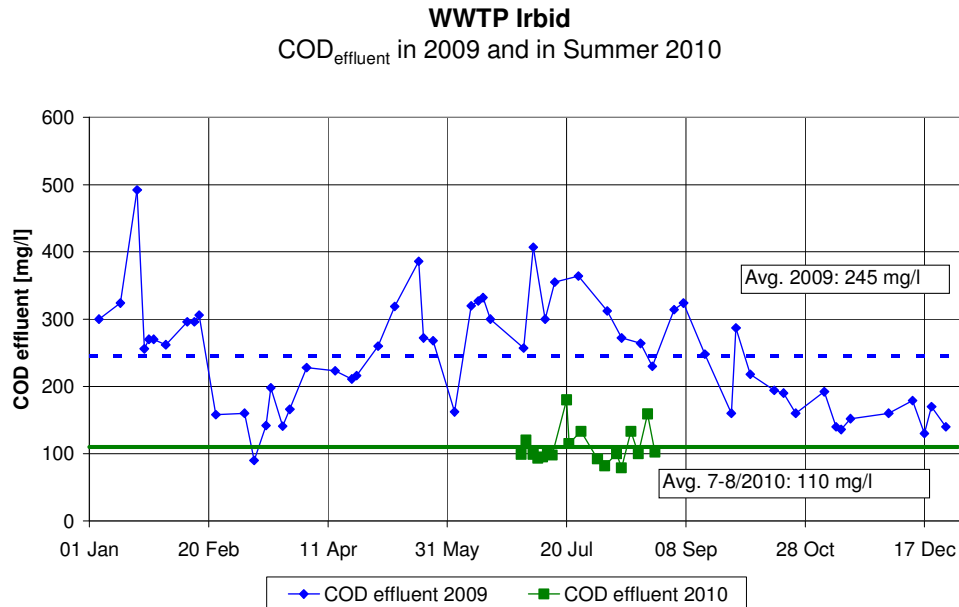
#### Betriebsparameter

Der auf den Nachklärbecken vorgefundene Schwimmschlamm wird zwar durch Tauchwände zurückgehalten, in 2009 war jedoch ein erheblicher Feststoffabtrieb von 30 bis 170 mg/l zu verzeichnen gewesen. Durch Rücknahme der externen Rezirkulation und Absenkung des TS-Gehaltes in den Belebungsbecken konnte jedoch die Schlammvolumenbeschickung der Nachklärbecken während der Sommer-Messreihe des Jahres 2010 auf unter 500 l/(m<sup>2</sup>·h) gesenkt werden. Eine weitere Entlastung erfolgte durch die Reduzierung des Rücklaufschlammverhältnisses auf rd. 0,7.

Die aktuelle BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung der Tropfkörper auf der KA Irbid liegt bei 0,8 kgBSB<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d). Im Sommer scheint dieser Wert unter Berücksichtigung der nachgeschalteten Belebung ausreichend zu sein. Berücksichtigt man die schlechte Wasserverteilung in den Tropfkörpern, sind allerdings bei niedrigen Abwassertemperaturen im Winter Überlastungszustände nicht auszuschließen. Ein weiteres Messprogramm in 2011 soll dies prüfen.

#### Betriebsergebnisse

Die CSB-Ablaufwerte der KA Irbid lagen in 2009 im Bereich von 90 bis 490 mg/l (bei einem Mittelwert von 240 mgCSB/l). Während des Messprogramms in 2010 sanken diese Werte auf einen Bereich von 80 bis 180 mgCSB/l (bei einem Mittelwert von 110 mg/l), vgl. Abbildung 5.



**Abb. 5:** CSB- Ablaufwerte KA Irbid in 2009 und im Sommer 2010

Seit Januar 2011 gibt es auf der KA Irbid eine Betriebsanweisung zur regelmäßigen Kontrolle der Drehsprengerarme. Um das Tropfkörperfüllmaterial nicht zu beschädigen und um dadurch verursachte Blockaden auf der Oberfläche zu vermeiden, bietet sich z.B. die Verlegung von einfachen Fußmatten auf der Oberfläche an, vgl. Abbildung 6.

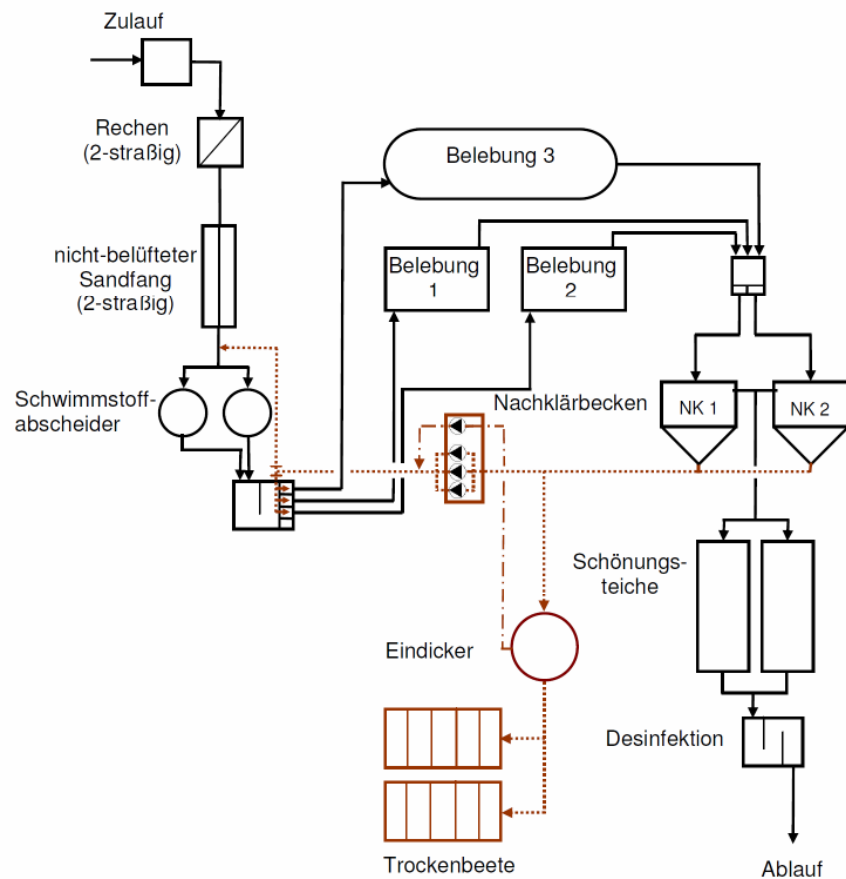


**Abb. 6:** Tropfkörperoberfläche KA Irbid (links) und KA Ain Al Basha (rechts)

Im Dezember 2010 wurden weitere Möglichkeiten zur Verbesserung des Tropfkörperbetriebes angeregt. Dazu gehören z.B. die Nutzung einer Reservepumpe als zusätzliche Beschickungspumpe, täglich wechselnd für einen der beiden Tropfkörper. Zusammen mit einer deutlichen Verringerung der Drehsprengergeschwindigkeit sollte sich die Spülkraft für die Tropfkörper noch deutlich verbessern lassen.

### Kläranlage Jerash

Die Kläranlage Jerash wurde 1984 in Betrieb genommen. Ein Fließbild der Kläranlage Jerash zeigt Abbildung 7. Die ursprüngliche Kapazität von rd. 1.150 m<sup>3</sup>/d wurde 1995 auf 3.250 m<sup>3</sup>/d erweitert. Ein Teil des zulaufenden Abwassers stammt aus der Lebensmittelindustrie.



**Abb. 7::** KA Jerash, Fließschema

### *Betriebsparameter*

Hydraulisch ist die KA Jerash ausgelastet, biologisch ist sie um den Faktor 2 bis 3 überlastet. Die Nachklärbecken sind mit einer Randtiefe von 2,20 m sehr flach, bei Schlammindexwerten von 60 - 80 ml/g aber ausreichend. Dennoch gibt es eine starke gelblich braune Trübung im Ablauf mit Feststoffgehalten von 60 bis 160 mg/l (im Mittel 100 mg/l). Für diese erhöhten Feststoffgehalte sind vermutlich die stark eingedrosselten Rücklaufschlammumpfen verantwortlich. Inwieweit ggf. auch eine zu geringe Säurekapazität und Störungen des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts eine Rolle spielen, vgl. auch (Schönherr, 2010), wird derzeit in Zusammenarbeit mit der Al-Balqa' Applied University in Al-Salt untersucht.

### *Betriebsergebnisse*

Die in 2009 stark schwankenden Ablaufwerte zwischen 200 und 600 mgCSB/l konnten in 2010 zwar stabilisiert werden, allerdings auf sehr hohem Niveau. Es wird voraussichtlich nicht möglich sein, die derzeitigen Ablaufwerte von 300 bis 400 mgCSB/l und rd. 100 mgBSB<sub>5</sub>/l ohne Erweiterungsmaßnahmen oder eine teilweise Umleitung zu einer derzeit in Bau befindlichen zweiten neuen Kläranlage in Jerash weiter abzusenken.

## **ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

Die Betriebsbegehungen und Diskussionen mit dem Betriebspersonal, die durchgeführten Workshops und die Anpassung bestimmter Betriebsparameter haben auf zwei jordanischen Kläranlagen zu deutlichen Leistungsverbesserungen geführt. Die Auswirkungen der zuletzt im Dezember 2010 vorgeschlagenen Maßnahmen werden während der Erstellung dieses Manuskripts durch ein weiteres Messprogramm überprüft. Die dritte im Projekt beteiligte

Anlage erwies sich als so stark überlastet, dass Verbesserungen voraussichtlich nur durch Erweiterungs- oder Entlastungsmaßnahmen möglich sind.

Dieses Projekt zur betrieblichen Optimierung von Kläranlagen wird in 2011 fortgesetzt mit weiteren Trainingsmodulen für das Betriebspersonal, der Zusammenstellung geeigneter Schulungsmaterialien für die WAJ und für die Universität Al-Balqa, sowie insbesondere mit der Erstellung eines verfahrenstechnischen Betriebshandbuchs für die drei Kläranlagen.

Die Water Authority of Jordan befindet sich derzeit in einem starken Umstrukturierungs- bzw. Dezentralisierungsprozess. Es werden zukünftig neue Organisationsstrukturen erforderlich werden, um die Qualität der beruflichen Aus- und Fortbildung im Bereich Wasser in Jordanien zu sichern und den zukünftigen Kläranlagen-Betreibergesellschaften (bzw. dem von ihnen eingesetzten Betriebspersonal) das benötigte Betriebs-Know-How zur Verfügung zu stellen. Erfahrungen aus Deutschland können hier eine wichtige Rolle spielen. Erste Gespräche über eine zukünftige Einbindung der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) sind bereits erfolgt.

## **DANKSAGUNG**

Die Autoren danken der Deutsche Entwicklungsgesellschaft (DEG) und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung für die Mitfinanzierung des Projektes.

## **LITERATUR**

- ATV-DVWK-A 281E (2001): Standard "Dimensioning of Trickling Filters and Rotating Biological Contactors", Publisher: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (German Association for Water, Wastewater and Waste), September 2001
- DOS (2008): The Hashemite Kingdom of Jordan Department of Statistics (DOS), Annual Report of Statistics, Jordan
- DOS (2006): The Hashemite Kingdom of Jordan Department of Statistics (DOS), Annual Report of Statistics, Jordan.
- Metcalf and Eddy (2003): Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4. Auflage, McGraw-Hill, New York
- MOA (2006): Annual report of Agricultural sector statistics, The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Agriculture
- MWI (2007): Jordan's Water strategy and use, operation report database, The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Water & Irrigation
- Uleimat A., (2010): Presentation "Reclaimed water Management and Reuse in Jordan", Kick-off-meeting of the German Public Private Partnership PPP project "Operation optimization of wastewater treatment plants in Jordan" February 2010, Amman, Jordan
- Ruhr-Universität Bochum (Editor, 2010): Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil 2 Abwasserbehandlung und Wiederverwendung, Band 2, Leitfaden zur Abwassertechnologie in anderen Ländern
- Schoenherr, F. (2009): Halbtechnische Untersuchungen zum Einfluss des pH-Wertes auf die Nitrifikation beim Belebungsverfahren in Abhängigkeit des Kohlensäuresystems, Mitteilungen des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 101/2009
- WAJ (2009): The operation report for the water and wastewater reuse management, The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Water & Irrigation
- WAJ (2007): The operation report for the sewer system. S. department, The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Water & Irrigation
- World Bank (2007): The Hashemite Kingdom of Jordan. Database Statistics (2001 - 2007)