

Kurze Darstellung zu

1. Aufgabenstellung

Das Gesamtziel des Verbundvorhabens bestand in der Entwicklung und Implementierung eines wissenschaftlich fundierten Managementsystems zur Reduktion von diffusen und punktuellen Stoffeinträgen in das Miyun-Trinkwasserreservoir bei Peking.

Die Aufgaben des Teilprojektes „*Ingenieurtechnik*“ (*Universität Rostock*) bestanden in:

(1) Bestandsaufnahme und Bewertung der Abwasserreinigung im ländlichen Raum in ausgewählten Zielgebieten im Einzugsgebiet des Miyun Reservoirs

(2) Konzeption und beispielhafte Durchführung von Maßnahmen und technischen Lösungen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge sowohl aus landwirtschaftlichen Nutzflächen als auch Siedlungen im ländlichen Raum

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Professur für Hydromechanik und Siedlungswasserwirtschaft der Universität Rostock verfügt über langjährige Erfahrungen im Bereich der Abwasserreinigung im ländlichen Raum. Es bestehen Kontakte und Projekte auf internationaler Ebene u.a. auf dem Gebiet neuartiger und alternativer Sanitärkonzepte (Ecological Sanitation). Des Weiteren ist die Professur seit Juli 2006 eine durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) benannte Prüfstelle für Kleinkläranlagen.

Die Erfahrungen in den Bereichen: ländliche Abwasserentsorgung, Ecological Sanitation und Kleinkläranlagen dienten der Untersuchung des aktuellen Zustandes der Abwasserentsorgung sowie der Konzeptionierung von zwei unterschiedlichen Sanitärkonzepten im Untersuchungsgebiet. Aufgrund der Unzugänglichkeit einiger Abwassersysteme konnten nicht alle Daten der Zu- und Abläufe im vollen Umfang ermittelt werden. Dies führte zu Einschränkungen in der Beurteilung über die Reinigungsleistung der gegenwärtigen Abwassersysteme. Auch die Datenbeschaffung über die Behörden bezüglich Wasserverbräuche, Abwassermengen und – qualität erwies sich als schwierig, denn es lagen nur wenige Daten vor, die wiederum zum Teil widersprüchlich waren.

Die Planung und Konzeption der Toilettenanlage nach Ecosan Prinzipien erfolgte vorwiegend auf der Basis des bei den Bearbeitern vorhandenen Kenntnissen. Anhand von Satellitenbildern wurde die Position und Lage ausgewiesen. Baugrund- und Vermessungsdaten lagen nicht vor und wurden auch bei Nachfrage nicht erhoben. Aufgrund dessen wurde die Verantwortung bezüglich des Fundamenttyps (Streifen- oder Plattenfundament) und der Gründungstiefe (mit Berücksichtigung der frostfreien Zone) der Baufirma überlassen. Nach Abschluss der Planungen und erfolgter Übergabe der Planungsunterlagen an die chinesischen Projektpartner, fand eine schnelle Bauausführung statt, die auch in der Qualität überzeugte.

Bei der Auswahl des geeigneten Verfahrens und Kleinkläranlagentyps für die Projektregion wurde auf vorangegangene Untersuchungen und vergleichende Versuche des Instituts für Umweltingenieurwesen

auf dem Kleinkläranlagen - Demonstrationsfeld Dorf Mecklenburg (seit 2002 in Betrieb) bei Wismar und dem Prüf- und Demonstrationsfeldes für Kleinkläranlagen Altentreptow (seit 2005 in Betrieb) zurück gegriffen. In den vom Institut, als vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) benannte Prüfstelle für Kleinkläranlagen im bauaufsichtlichen Zulassungsverfahren (seit 2006), wurden in den durchgeführten Untersuchungen Erkenntnisse bezüglich der Reinigungsleistung, des Energieverbrauchs und der Wartung erlangt. Im Vergleich der unterschiedlichen Verfahrenstechniken erwies sich das Rotationstauchkörperverfahren als besonders geeignet für die Ansprüche in der Untersuchungsregion. Dabei stellte sich die RTK Anlage des Typs HB der Firma IBB Umwelttechnik aus Barth als besonders effizient in der Reinigungsleistung und im Energieverbrauch heraus. Aus diesen Gründen wurde dieser Anlagentyp als Pilot- und Demonstrationsanlage für das Miyun - Projektgebiet ausgewählt.

Aufgrund der Praxisrelevanz und Aktualität fand das Vorhaben reges Interesse bei Studierenden. In diesem Sinne konnten zwei studentische Qualifikationsarbeiten ausgegeben und erfolgreich abgeschlossen werden. Frau Xu erstellte im Rahmen des Projektes 2011 ihre Masterthesis zum Thema „Untersuchung der Situation und Leistungsfähigkeit der Abwasserbehandlung in ländlich geprägten Siedlungen am Beispiel von zwei Dörfern im Einzugsgebiet des Miyun – Reservoirs, China“. Im darauffolgenden Jahr 2012 erstellte Frau Dreier ihre Bachelorthesis zum Thema „Untersuchungen zur Validierung und Optimierung der Leistungsfähigkeit eines Rotationstauchkörpers im ländlichen Raum des Miyun Einzugsgebietes, China“, als ein ebenfalls relevantes Thema zugehörig zum Projekt.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

1. VI/2009: Bestandaufnahme der Wasserver- und Entsorgungssituation im Einzugsgebiet des Miyun – Reservoirs; quantitative Abschätzung der Menge und der Qualität des Abwassers in zwei Zielgebieten
2. VIII/2009: Bewertung bestehender innovativer Technologien im Hinblick auf den Einsatz im chinesischen Zielgebiet
3. VII/2010: Erarbeitung von Konzepten für die Zielgebiete
4. IV/2010: Auswahl geeigneter Restaurants und Haushalte bzw. öffentlicher Gebäude für Detailstudien, auch im Hinblick auf eine Verwertung von Abwasser und Fäkalien im landwirtschaftlichen Bereich
5. XII/2010: Erarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung der Abwasserbehandlung für die Detailstudien mit Kosten-Nutzen Analysen und integrativer Betrachtung des Nährstoffkreislaufes für den Haushalt und die landwirtschaftlichen Flächen
6. V/2011: Realisierung von zwei Pilotanlagen auf Grundlage der Detailstudien gemeinsam mit den chinesischen Partnern

7. X/2011: Versuche anhand der Pilotanlagen, vornehmlich im Hinblick auf die Aufbereitung und Verwertung von Urin und Fäkalien für einen Einsatz in der Landwirtschaft
8. XII/2011: Aufbau eines Konzepts zur Schulung und Öffentlichkeitsarbeit sowie zur Übertragung der Erkenntnisse auf andere Bereiche und Zielgebiete

Gegenüber dieser Planung hatten sich die Mittelfreigabe und der Projektstart um neun Monate verzögert. Im Bearbeitungsverlauf des Gesamtprojektes sind Verzögerungen aufgetreten, diese wurden dem Zuwendungsgeber in den Zwischenberichten rechtzeitig mitgeteilt. Das Projekt wurde auf Antrag der deutschen Projektpartner vom Zuwendungsgeber bis XII/2012 finanzneutral verlängert. Positiver Nebeneffekt der finanzneutralen Verlängerung war die Präsentation der Ergebnisse auf der IWRM XI/2012 in Karlsruhe durch einen Ausstellungsstand auf der Messe und einen Vortrag, der im Tagungsband der IWRM veröffentlicht wurde.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Während die Abwässer der chinesischen Megastädte größtenteils in modernen vollbiologisch arbeitenden Anlagen behandelt werden, ist der Zustand der Abwasserbehandlung im ländlichen Raum desolat. Im Untersuchungsgebiet existieren bisher nur wenige Kläranlagen, meist in den größeren Siedlungen; schätzungsweise werden 80-90 % des Abwassers im Einzugsgebiet unkontrolliert abgeleitet. Neben Mehrkammer-Absetzgruben werden in größeren Siedlungen einige wenige Membranbioreaktoranlagen (MBR) als Vorzeiganlagen betrieben, die jedoch aufgrund unzureichender Wartung und Überlastung häufig nicht die gewünschte Reinigungsleistung erbringen. In China bestehen bisher so gut wie keine Erfahrungen in der Wasserver- und -entsorgung im ländlichen Raum. So fehlt auch das Wissen zu Planung, Bau und Betrieb kleinmaßstäbiger Kläranlagen. Um den aktuellen Stand in der ländlichen Abwasserentsorgung und -reinigung zu erfassen fand eine Erhebung von Daten zu Wasserverbräuchen, Abwassermengen und -qualität in ausgewählten Referenzgebieten statt. Neben der Aufnahme der aktuellen Situation der Abwasserbehandlung erfolgte ebenfalls eine Konzeption zweier unterschiedlicher Sanitärkonzepte für den ländlichen Raum, als praxisnahe technische Lösungen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge aus Siedlungen in Form von Pilot- und Schulungsanlagen. Die Installation einer Rotationstauchkörperkläranlage diente zur Veranschaulichung der Effizienz von biologischen Kleinkläranlagen. Mit dem Bau eines öffentlichen Komposttoilettenhauses wird der nachhaltige Umgang mit Ressourcen demonstriert, in dem Urin und Fäkalien separat voneinander getrennt und anschließend ihre Nährstoffe in der Landwirtschaft wieder verwertet werden. Die erhobenen Daten der Abwasseruntersuchung und Bestandsaufnahme der Abwasserbehandlungssysteme in den Referenzstandorten wurden dem Projektpartner GALF (Gesellschaft für Angewandte Landschaftsforschung bR; TP III) übergeben und für die Modellbildung mit STOFFBILANZ zur Nährstoffbilanzierung der punktuellen Eintragspfade im Untersuchungsgebiet herangezogen. Zur Überprüfung des flächenmäßigen Effektes der installierten Pilotanlagen im Untersuchungsgebiet,

wurde die vor Ort validierte Reinigungsleistung der Rotationstauchkörperanlage sowie die voraussichtlichen zu erwartenden Düngemittelmengen der Komposttoilettenanlage für die Bildung von Szenarien zur Minderung von Nährstoffeinträgen in das Stoffbilanzmodell mit integriert.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Vorhaben war eingebettet in ein Verbundprojekt, das von der AG Prof. Meißner (TP I) vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung- UFZ GmbH koordiniert wurde. Ein weiterer Projektpartner auf deutscher Seite war die bereits genannte Firma GALF. Die chinesischen Forschungspartner waren die Beijing Water Authority (BWA), das Soil and Water Conservation Center und die Capital Normal University, College of Resources, Environment and Tourism, Beijing. Sämtliche Reisen ins Untersuchungsgebiet und zu den chinesischen Projektpartnern wurden langfristig geplant und so organisiert, dass ein möglich hoher Gewinn für den Projektfortschritt erzielt werden konnte. Zwischen den deutschen und chinesischen Projektpartnern eine enge Zusammenarbeit und ein ausgiebiger Informationsaustausch statt. Die Projektergebnisse und der Arbeitsfortschritt wurden in regelmäßigen Abständen in Beisein aller Projektpartner in Form von Meetings und Konsultationen vorgestellt. Die enge Zusammenarbeit zwischen den Partnern drückt sich vor allem in gemeinsamen Publikationen aus. Neben dem Kontakt zu den Projektpartnern bestand ebenfalls ein guter Kontakt zum mittelständischen Kleinkläranlagenbauer IBB Umwelttechnik in Barth.

II Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Einleitung

Das Miyun Reservoir ist eines der wichtigsten Trinkwasserlieferanten für den Großraum von Beijing. Es ist ca. 100 km nördlich der Hauptstadt gelegen und umfasst ein Einzugsgebiet von 15.654 km². Davon gehören ca. 70 % zur Hebei Provinz, während der Stausee selbst sich im Beijing Distrikt befindet. Im Einzugsgebiet leben rund 380.000 Einwohner. Der 1960 fertiggestellte Miyun - Stausee besitzt ein Speichervolumen von 4,4 Milliarden Kubikmeter bei einer Wasseroberfläche von 188 km². Ursprünglich wurde der Stausee zum Zwecke des Hochwasserschutzes und zur ländlichen Bewässerung konzipiert. Die Wasserversorgung der Hauptstadt Chinas erfolgte in den 1950'er Jahren durch das 80 km nordwestlich von Beijing gelegene Guanting Reservoir. Durch die Einleitung der Abwässer aus Zhangjiakou und Datong sowie aus den ländlichen Gebieten verschlechterte sich die Wasserqualität des Guanting Stausees zunehmend und wurde 1997 hinsichtlich der Oberflächenwasser-klassifizierung mit Klasse V evaluiert, worauf hin die Trinkwasserversorgung der Stadt aus diesem Reservoir untersagt wurde (Brown, 2001). Nach den Richtlinien darf das Oberflächenwasser bis zur Klasse III für die Trinkwasserversorgung und ab Klasse IV nur noch für die landwirtschaftliche Nutzung verwendet werden (MEP, 1997). Seit dieser Entwicklung gewann der Miyun Stausee für die Trinkwasserversorgung von Beijing immer mehr an Bedeutung. Bereits 1995 erließ die Regierung in Beijing eine detaillierte Verwaltungsvorschrift, in den Wasserschutzonen im Miyun Einzugsgebiet errichtet und in ihnen die Tätigkeiten begrenzt wurden (Sternfeld & Peisert, 2004). Die drei Wasserschutzonen erfassen ein Gebiet von 4.500 km², in denen ca. 140.000 Einwohner leben (Enders, 2005). Doch auch beim Miyun-Stausee führte die zunehmende Bevölkerungsdichte, eine nicht auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Landbewirtschaftung im Einzugsgebiet und mangelnde Abwasserbehandlung im ländlichen Raum zu einer permanenten Verschlechterung der quantitativen und qualitativen Bereitstellung von Trinkwasser für die Stadt Beijing. Durch sinkende Niederschlagsmengen in Verbindung mit einer übermäßigen Wasserentnahme sank der Wasserspiegel in den letzten 20 Jahren um etwa zehn Meter. Der gegenwärtige Gewässerzustand des Miyun Stausees wird von Zhengjun et al. (2008) als mesotroph mit einer Tendenz zur Eutrophierung eingestuft. In der Gewässergütekategorie wurde der Stausee von Klasse II auf III herabgestuft (Enders, 2005; Zhengjun et al., 2008). Noch darf das Wasser aus dem Reservoir zur Trinkwasserversorgung verwendet werden. Dies ist jedoch nicht mehr der Fall wenn sich die Gewässergüte weiter verschlechtert. Zur Sicherung der Wasserversorgung im Ballungsgebiet von Beijing ist daher ein ressourcenschonenderes und integriertes Management des Miyun Einzugsgebietes unumgänglich. Zum Aufbau eines skalenübergreifenden Monitoringansatzes wurden vom UFZ Analysen zur Identifikation von Wasser- und Stoffströmen im Einzugsgebiet vorgenommen. Dabei standen vor allem die diffusen Stoffeinträge aus den Landwirtschaftsflächen im Fokus. Ergänzt

wurden diese Untersuchungen durch den Aufbau eines hydrologischen Messnetzes in repräsentativen Teileinzugsgebieten. Dieser Monitoringansatz wird zur Quantifizierung wichtiger Elemente des Gebietswasserhaushaltes genutzt und dient gleichzeitig als Grundlage zur Kalibrierung des prozessbasierten hydrologischen Modells IWAN für Teileinzugsgebiete. In Kombination mit dem vom GALF auf Mesoskala angewandten Web-GIS basierten Modell STOFFBILANZ wurde eine Quantifizierung der Wasser- und Stoffströme für das gesamte Miyun Einzugsgebiet vorgenommen. Dieser „bottom up“ - Ansatz ermöglicht die Testung von differenzierten Bewirtschaftungsmethoden und schuf die Voraussetzung zur Entwicklung eines nachhaltigen Managementsystems für das Miyun-Reservoir.

Neben den diffusen Stoffeinträgen wurden in den Testgebieten auch Abwassereinleitungen als punktuelle Eintragspfade stichprobenartig untersucht. Dabei wurden die Abwasserquellen erfasst und die vor Ort existierenden Behandlungssysteme auf ihre Effizienz hin beurteilt. Nach Aufnahme und Bewertung der ländlich geprägten Struktur des Untersuchungsgebietes sind zur Behandlung von Abwasserströmen zwei unterschiedliche Konzepte, als praxisnahe technische Lösungen erarbeitet und in Form von Pilot- und Schulungsanlagen umgesetzt worden, mit dem Ziel die Nährstoffeinträge aus Siedlungen zu reduzieren.

(1) Bestandsaufnahme und Bewertung der Abwasserreinigung im ländlichen Raum in ausgewählten Zielgebieten im Einzugsgebiet des Miyun Reservoirs

Abwasserreinigungssysteme im ländlichen Raum - Stand der Technik vor Ort

Erste Untersuchungen in 2010 zur Bestandsaufnahme und Bewertung der im ländlichen Raum des Miyun Einzugsgebietes vorzufindenden Abwasserreinigungsanlagen zeigten, dass je nach Grad der Infrastruktur unterschiedliche Behandlungssysteme vorzufinden sind. Die vorwiegend im Norden des Einzugsgebietes vorkommenden kleinen traditionellen, landwirtschaftlich geprägten, kaum erschlossenen Dörfer besitzen zwar eine schwach ausgebaute Infrastruktur aber keine Entwässerungssysteme. Größtenteils erfolgt die Abwasserentsorgung in diesen Ortschaften über Sickergruben. Bei diesen Systemen versickert das Abwasser nach Zulauf in die Grube direkt in den Boden, dabei findet außer der Abtrennung von Feststoffen keine weitere Reinigung des Abwassers statt. In Siedlungen mit einfacher Infrastruktur, in denen schlecht ausgebaute Entwässerungsnetze existieren, werden die Abwässer vorwiegend in einfachen 3-Kammer-Absetzgruben behandelt. Hier werden die Feststoffe von Kammer zu Kammer durch Sedimentation abgetrennt. Außer der mechanischen erfolgt in diesem System zum Teil auch eine anaerobe Behandlung des Abwassers. Das behandelte Abwasser wird nach der dritten Kammer zur Versickerung gebracht oder direkt in den Vorfluter eingeleitet.

In ländlichen Ortschaften mit gut entwickelter Infrastruktur und erhöhter Bevölkerungsdichte wird das Abwasser über eine Freigefälleentwässerung gesammelt, abgeleitet und in einer modernen Kläranlage mit biologischer Reinigungsstufe behandelt. Das Niederschlagswasser der versiegelten Oberflächen wird meist lokal versickert oder wenn vorhanden, in einer Regenkanalisation unbehandelt dem nächsten Vorfluter zugeführt. Eine gezielte Regenwasserbewirtschaftung oder -reinigung existiert nicht.

Zur Auswahl und Festlegung von Siedlungsgebieten unterschiedlicher Größe und Siedlungsstruktur, als repräsentative Vergleichs- und Referenzstandorte, wurden im Untersuchungsgebiet 3 Ortschaften (

Tab. 1 und Abb. 1) in der Großgemeinde Shicheng ausgewählt. Die Shicheng Großgemeinde ist ein wichtiges Tourismusgebiet im Kreis Miyun. Im Jahr 2007 besuchten ca. 1,625 Mio. Touristen die Großgemeinde, der durch Tourismus erwirtschaftete Ertrag betrug 85,41 Mio. Yuan (Baidu, 2008a).



Abb. 1: Lagekarte der Referenzstandorte (Quelle: Google)

Tab. 1: Detailinformationen der Referenzstandorte über Einwohner, Einnahmequellen und Abwassersysteme

	Einwohner	Infrastruktur	Hauptein- nahmequelle	Abwasser- systeme
Shicheng	700	Gut entwickelte Infrastruktur mit Schule,	Tourismus, Einzelhandel	Drei-Kammer- Absetzgruben,

		Polizei, Krankenhaus und Hotels		MBR-Anlagen
Huangyukou	400	kaum entwickelte Infrastruktur	Forstwirtschaft, Gartenbau, Tierzucht	Sickergruben, Drei-Kammer-Absetzgruben
Xiwanzi	100	kaum entwickelte Infrastruktur	Forstwirtschaft, Gartenbau, Tierzucht	Sickergruben, Drei-Kammer-Absetzgruben

Das Dorf Shicheng (Abb. 2) ist das Zentrum der Gemeinde Shicheng und ist infrastrukturell gut ausgebaut mit Krankenhaus, Schule, Polizeistation und Hotelanlagen. Die Haupteinkommensquelle für die ca. 700 Bewohner ist der Tourismus, denn unmittelbar in der Nähe des Dorfes befinden sich zwei Sehenswürdigkeiten (Tao Yuan Xian Gu und Jiu Dao Wan). Ca. 80 % der Bewohner leben vom Tourismus (Baidu, 2008b).



Abb. 2: Luftbild vom Dorf Shicheng (Quelle: Google)

Das im Dorf anfallende Abwasser wird am Ort des Abwasseranfalls (Krankenhaus, Hotels, Familienhäuser usw.) in Drei-Kammer-Absetzgruben vorbehandelt und anschließend in einem Leitungsnetz gesammelt und zu einer der vier Kläranlagen im Ort geleitet. Alle vier Anlagen basieren auf dem Membranbelebungsreaktor (MBR)-Verfahren und besitzen zusammen eine

Reinigungsleistung von 220 t/d. Hierzu ist anzumerken, dass in China die Kapazität einer Kläranlage in Tonnen pro Tag gereinigtes Abwasser angegeben wird. Die Angabe einer Fracht und der daraus resultierenden Schadstoffbelastung ist nach Auskunft der chinesischen Partner nicht üblich (Duan, 2011). Die größte der Kläranlagen in Shicheng besitzt eine Reinigungsleistung von 110 t/d. Das gereinigte Abwasser wird in das Flussbett des Jiudaowan abgeschlagen. Bei der Untersuchung zur Feststellung des Zustandes der Abwassersysteme in dieser Ortschaft wurde jedoch ein unzureichender Zustand der Kläranlagen festgestellt. So musste eine MBR-Anlage, die 2005 fertiggestellt wurde, 2010 aufgrund von starken Beschädigungen wieder stillgelegt werden. Es lagen größere Schäden an Beton- und Metallteilen vor, welche ein Resultat der schlechten Qualität der Baustoffe sind. Die anderen Anlagen, wiesen in weiteren Untersuchungen mangelnde Reinigungsleistungen auf. Hinsichtlich der schlechten Umsetzung in der Bauausführung sowie der schlechten Qualität der Baustoffe ist anzunehmen, dass auch das Entwässerungssystem sich in einem dementsprechend ähnlichen Zustand befindet. Ein Eintrag von Nährstoffen aus dem Entwässerungssystem in den Bodenkörper und Grundwasser wird vermutet.

Die Dörfer Huangyukou (Abb. 3) und Xiwanzi (Abb. 4) sind zwei nordöstlich vom Miyun Stausee gelegene traditionelle Bergdörfer. Huangyukou besitzt 400 und Xiwanzi 100 Einwohner. Im Allgemeinen leidet die ländliche Region an einer überalterten Bevölkerung, aufgrund der Landflucht der Jugend, die es in die Städte zieht. Beide Dörfer befinden sich im Tal des Sheyuchuan Flusses. Die Haupteinkommensquellen in diesen Ortschaften sind die Forstwirtschaft, der Pflanzen- und Gartenbau (z.B. Kastanienbaum, Nussbaum) und die Viehwirtschaft (hauptsächlich Geflügelfarmen). In diesen Dörfern gibt es keine Industrie und kaum Tourismus. In beiden Dörfern gibt es kein Entwässerungssystem und keine zentrale Abwasserbehandlungsanlage. Das Abwasser wird vor Ort durch Drei-Kammer-Absetzgruben oder Sickergruben mechanisch behandelt. Bei den Sickergruben erfolgt lediglich eine Abtrennung der festen und flüssigen Phase des Abwassers, weshalb der gelösten Nährstoffe in den Boden versickern und so ins Grundwasser gelangen. Durch die Drei – Kammer – Absetzgruben erfolgt zwar eine bessere Abwasserbehandlung, jedoch werden die Absetzgruben statt aus wasserundurchlässigem Stahlbeton oft aus Ziegelstein gefertigt, ohne im Nachhinein mit Putz abgedichtet zu werden. Folglich findet auch in diesem Abwassersystem ein Eintrag von Nährstoffen aus unbehandeltem Abwasser in den Boden bzw. Grundwasserleiter statt.



Abb. 3: Luftbild vom Dorf Huangyukou (Google)

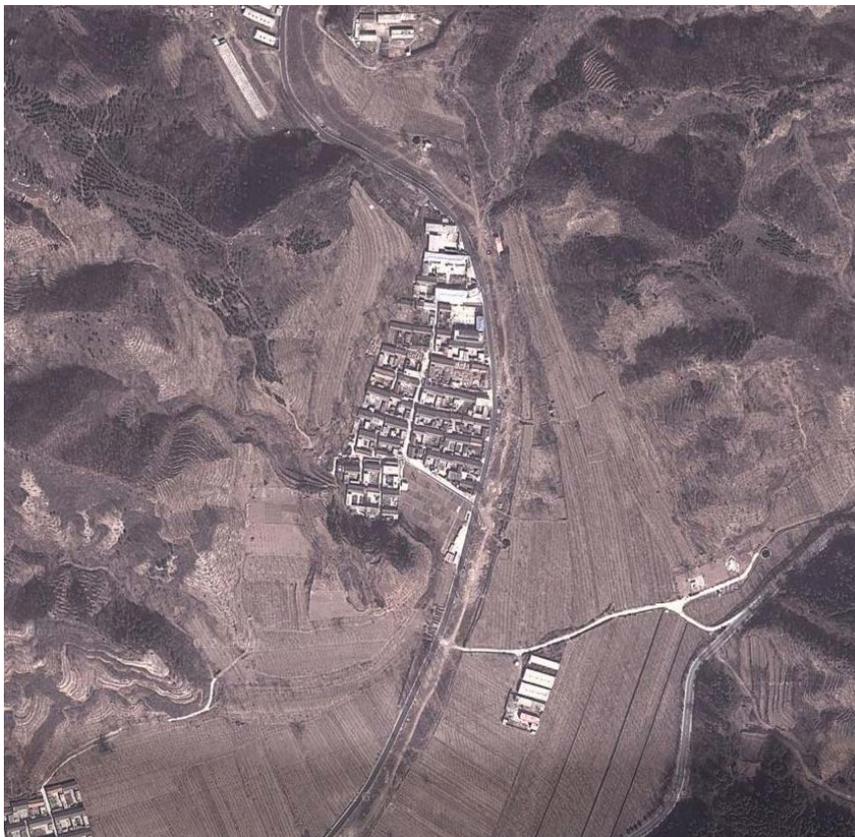


Abb. 4: Luftbild vom Dorf Xiwanzi (Google)

Datenerhebung über die Wasserversorgung, den Wasserverbrauch, Abwasserquellen, Abwasseraufkommen und Abwasserqualitätsparameter

Für die Datenerhebung bezüglich des Wasserverbrauchs und des Abwasseraufkommens wurden im April 2011 in den drei für die Bestandsaufnahme ausgewählten Ortschaften der Gemeinde Shicheng Interviews mit den Bewohnern sowie den lokalen Behörden durchgeführt. Untersuchungen zur qualitativen Abwasserzusammensetzung wurden im Hinblick auf die unterschiedlichen Abwasserarten (häusliches und gewerbliches Abwasser) sowie auf die in der Gemeinde vorkommenden Abwassersysteme an fünf ausgewählten Standorten getätigt. Eine Datenerhebung des Wasserverbrauchs und Abwasseraufkommens war erforderlich, da im ländlichen Raum von Nordchina diesbezüglich kaum Daten vorliegen (Ongley et al., 2010). Bereits vorliegende Daten und Angaben der zuständigen Behörden waren schwierig einzuschätzen, da nur wenige Daten vorlagen und die vorhandenen Angaben über Abwassermengen und deren Zusammensetzung teilweise widersprüchlich waren. Hinzu kommt, dass die Datenbeschaffung in China sich im Allgemeinen als schwierig erweist.

Wasserverbrauch

In den ländlichen Ortschaften wie Huangyukou und Xiwanzi wird neben Leitungswasser auch Brunnenwasser zur Wasserversorgung genutzt. Deshalb wird der über die öffentliche Trinkwasserversorgung erfasste Wert deutlich niedriger sein als der tatsächliche Verbrauch. Der Wasserverbrauch im Kreis Miyun lag im Jahr 2005 bei rund 105 l/(E*d). Da dieser Kreis unterschiedliche Siedlungsstrukturen beinhaltet, sind beim Wasserverbrauch im Vergleich zwischen der Stadt Miyun und den abseitsgelegenen Dörfern große Unterschiede zu erwarten. Durch den Tourismus kommt es besonders in den Monaten von April bis Oktober zu höheren Wasserverbräuchen. Der gesamte Wasserverbrauch im Kreis Miyun betrug 2005 ca. 78,45 Mio. m³, davon gingen 21 % an die Haushalte, Tourismus und Gewerbe, 46 % an die Produktion und Industrie, 15 % an die Forstwirtschaft, Viehhaltung und Fischerei (Fischteiche), 11 % an die Agrarwirtschaft und 7 % an die Grünflächenbewässerung (Jiao Mengni & Liu Jiagang, 2010). Laut einer Umfrage von 85 Haushalten der Stadt Miyun im Jahr 2009 stieg der Wasserverbrauch pro Kopf von 1978 bis 2009 um 26 % auf ca. 77 l/(E*d). Bei der Umfrage stellte sich heraus, dass je höher das Familieneinkommen ist, desto größer ist die Wasserverbrauchsmenge der Familie. Das durchschnittliche Haushaltseinkommen in der Stadt Miyun beträgt 4.652 Yuan. Für einen Kubikmeter Wasser bezahlen die Einwohner inklusive Abwassergebühr 4 Yuan (ca. 0,50 Euro), bei einem durchschnittlichen Haushalt beträgt der Wasserverbrauch 5,80 m³, die Gesamtwasserkosten belaufen sich auf 23,20 Yuan (ca. 2,90 Euro). Die Wasserkosten sind demnach für die Verbraucher als gering einzuschätzen, da die Wasserkosten nur 0,5 % des durchschnittlichen Haushaltseinkommens ausmachen (Miyun statistical information net, 2009).

Abwasseranfall

Die Abwassermengen werden in China wie in Deutschland über den Trinkwasserverbrauch ermittelt. In China wird angenommen, dass etwa 80 bis 85 % des Trinkwasserverbrauches als Abwasseraufkommen anzusetzen ist (Zhang 2005). Die durchschnittliche Abwassermenge in abgelegenen kleinen Ortschaften wie Huangyukou und Xiwanzi beträgt nach Jie (2009) rund 26 l/(E*d). Hierbei ist auch wieder zu beachten, dass viele Haushalte sich zusätzlich mit Grundwasserbrunnen selbst versorgen. Aufgrund der Viehzucht und der schlechten Reinigungsleistung der Abwassersysteme kommt es zu hohen Nährstoffeinträgen. So wird zum Beispiel in der Geflügelzucht das Spülwasser zur Reinigung der Geflügelfarmen oberflächlich versickert. Die Abwässer der Haushalte werden in 3-Kammer-Absetzgruben und Sickerschächten durch Sedimentation mechanisch vorbehandelt und anschließend im Boden zur Versickerung gebracht. Die gelösten Stoffe gelangen somit dennoch in das Grundwasser. Das Abwasser aus den Haushalten besteht zu 60 % aus Bade-/Duschabwasser. In den vom Tourismus geprägten Dörfern, wie Shicheng, beträgt der Anteil von Bade-/Duschabwässern 37 %. Weitere 39 % der Abwassermengen stammen aus der Fischzucht, die sich in dem Gebiet aufgrund des Tourismus und der daraus resultierenden gestiegenen Nachfrage an Fisch weiter ausdehnt und zu einer wichtigen Einnahmequelle für die Bevölkerung, aber auch zu einer Belastung für die anliegenden Gewässer wurde. Der durchschnittliche Abwasseranfall liegt im Dorf Shicheng bei 118l/(E*d) (Jie, 2009).

Wasserwirtschaftlicher Gesetzesrahmen

Zu den wichtigsten Gesetzen auf nationaler Ebene zählen das Wassergesetz der Volksrepublik China (CN GOV 1, 2000) und das Gesetz zur Verhütung und Kontrolle der Wasserverschmutzung (CN GOV 2, 1996). Zur Umsetzung dieser Gesetze wurde auf nationaler Ebene der Emissionsstandard zur Einleitung behandelter kommunaler Abwässer (GB18918-2002, siehe Tab. 2) geschaffen. Diese Wasserrichtlinie ist ähnlich der deutschen Abwasserverordnung (AbwV, 2012) aufgebaut und beinhaltet ebenfalls chemische, physikalische und mikrobiologische Parameter. Der entscheidende Unterschied besteht in Kategorisierung. Nach dem chinesischen Abwasser-Emissionsstandards (GB8978-1996, 1998) erfolgt eine Kategorisierung in Abhängigkeit vom Gewässerzustand des einzuleitenden Gewässers. Dabei wird die Gewässergüte in drei Klassen unterteilt, wobei Klasse I in A und B unterteilt ist und den Trinkwasserschutzzonen zugeordnet werden um gegebenenfalls einer Verschlechterung der Wasserqualität vorzubeugen. Eine Unterteilung der Emissionswerte nach Größenklassen der Kläranlagen in Abhängigkeit zu Einwohnergleichwerten oder der täglichen BSB₅-Fracht gibt es in China nicht.

Tab. 2: Nationaler chinesischer Schadstoff-Emissionsstandard für kommunales Schmutzwasser in Abhängigkeit von der Gewässergüteklasse (GB 18918-2002,2003)

Parameters	Einheit	Klasse I		Klasse II	Klasse III
		A	B		
CSB	[mg/l]	50	60	100	120
BSB ₅		10	20	30	60
SS		10	20	30	60
Anionische Tenside		0.5	1	2	5
TN		15	20	-	-
NH ₄ -N *		5(8)	8(15)	25(30)	-
TP		0.5	1	3	5
pH	[-]	6~9			
Fäkalcoliforme	[/l]	10 ³	10 ⁴	10 ⁴	-

* Bei Wassertemperaturen unter 12°C sind die Werte in Klammern zulässig

Auf administrativer Ebene der Provinzen, Sonderverwaltungszone sowie regierungsunmittelbarer Städte können auf lokaler Ebene Verordnungen zur Einleitung von kommunalen Abwässern beschlossen werden. Diese Verordnungen müssen mindestens dem nationalen Emissionsstandard entsprechen. Somit sind die einzuhaltenen Grenzwerte auf lokaler Ebene mindestens genauso wenn nicht sogar strenger als die auf nationaler Ebene. Das Untersuchungsgebiet gehört zur Provinz von Beijing. In diesem Gebiet unterliegt die Einleitung von kommunalem Abwasser dem lokalen Standard für Wasserschadstoffemissionen von Beijing (DB11/307-2005, s. Tab. 3).

Tab. 3: Lokaler Standard für Wasserschadstoffemissionen von Beijing für kommunales Schmutzwasser in Abhängigkeit von der Gewässergüteklasse (DB11/307-2005)

Parameters	Einheit	Klasse I		Klasse II	Klasse III
		A	B		
CSB	[mg/l]	15	50	60	100
BSB ₅		5	15	20	30
TN		15	20	-	-
NH ₃ -N		2	5	10	15
TP		0.1	0.5	0.5	1
pH	[-]	6,5 ~ 8,5			

Die Anforderungen an das behandelte kommunale Abwasser in der Region von Beijing sind als streng zu werten, besonders im Bereich der Wasserschutzzone. Für Kleinkläranlagen (< 50 EWG) ist die Einhaltung solcher Emissionswerte nicht realistisch, da die Systeme meist klein sind und daher eine geringere Reinigungsleistung als größere Anlagen aufweisen. Kleinkläranlagen zählen in Deutschland zur Größenklasse 1 (entspricht 60kg/d BSB₅ bzw. < 1000 EWG) der deutschen Abwasserverordnung (AbwV, 2004) und werden für einen CSB-Wert von 150 mg/l bzw. BSB₅-Wert von 40 mg/l ausgelegt.

Neben CSB/BSB₅ können die Anlagen auf weitere Prüfkriterien beurteilt und geprüft werden um neben den Grenzwerten der Klasse 1 der Abwasserverordnung auch spezielleren Anforderungen (wie z.B. in Wasserschutzzonen) gerecht zu werden. Die in Tab. 4 dargestellten Prüfkriterien zeigen jedoch das deutsche Kleinkläranlagen dem lokalen Emissionsstandard (DB11/307-2005) ab Klasse II nicht gerecht werden können.

Tab. 4: Prüfkriterien für die Zuordnung von Ablaufklassen DIBt (2012)

Ablauf- klasse	CSB [mg/l]	BSB ₅ [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	Nanorg. [mg/l]	Pges [mg/l]	Faecal coli- forme Keime bzw. E. coli*** je 100 ml	SS [mg/l]
C	150*/100**	40*/25**					75*
N	90*/75**	20*/15**	10**				50*
D	90*/75**	20*/15**	10**	25**			50*
+ P					2**		
+ H						100*	

Ablaufklasse C Anlagen mit Kohlenstoffabbau
 Ablaufklasse N Anlagen mit Kohlenstoffabbau und zusätzlicher Nitrifikation
 Ablaufklasse D Anlagen mit Kohlenstoffabbau, Nitrifikation und zusätzlicher Denitrifikation
 Ablaufklasse C/N/D/+P Anlagen mit zusätzlicher Phosphorelimination
 Ablaufklasse C/N/D/+H Anlagen mit zusätzlicher Hygienisierung

- * ermittelt aus der qualifizierten Stichprobe, bei faecal coliformen Keimen bzw. E. Coli einfache Stichprobe
- ** ermittelt aus der 24-h Mischprobe; NH₄-N und Nanorg bei Abwassertemperaturen T ≥ 12°C (mind. 9 verwertbare Untersuchungsergebnisse)
- *** Nachweisverfahren für Faecal coliforme Keime s. Badegewässerrichtlinie 76/160/EWG; Nachweisverfahren für E.coli s. Badegewässerrichtlinie 2006/7/EG

Chinas Emissionsstandards sind vergleichsweise streng, doch finden diese vor allem in der ländlichen Region kaum Beachtung. In den Dörfern werden auch die größeren, modernen Kläranlagen weder gewartet noch instand gehalten oder auf deren Ablaufwerte kontrolliert. Oft wird das Abwasser in ländlichen Gebieten unbehandelt in die Vorflut geleitet. Selbst bei den Kläranlagen der größeren Kommunen, wie in der Stadt Miyun, mangelt es an der Umsetzung und Kontrolle der gesetzlichen Vorschriften. Die Kläranlagenplaner und -bauer sind für die Kontrolle der Ablaufwerte der eigenen Anlagen verantwortlich. Es fehlt die Fremdüberwachung der Anlagen und eine regelmäßige staatliche Kontrolle hinsichtlich der Einhaltung des Emissionsstandards. In Anbetracht des gegenwärtigen Zustandes haben die strengen Vorschriften und Grenzwerte keinen Effekt auf die Verbesserung der Wasserqualität der Oberflächengewässer.

Abwasserqualität:

Zur qualitativen Bestimmung der Abwassereinträge aus den vorherrschenden Abwasserbehandlungssystemen im Untersuchungsgebiet sowie zur Ermittlung von deren Reinigungsleistungen, wurden 5 Probeentnahmestellen innerhalb der 3 Ortschaften im

Teileinzugsgebiet Seychuan ausgewählt. Im Dorf Shicheng wurde eine Drei-Kammer- Absetzgrube eines Familienhotels mit 50 Betten und eine Membranbioreaktor (MBR)-Anlage mit einer Kapazität von 60 t/d untersucht. In Huangyukou wurden folgende Abwässer näher betrachtet: Das aus einer Sickergrube eines Familienhaushaltes mit 4 Personen und das einer Hühnerfarm (Zyklus von 3000 Hühnern je 50 Tage) mit Wohnkomplex für 2 Personen, wobei das Abwasser des Haushaltes ebenfalls über eine Sickergrube und das Spülwasser der Hühnerfarm oberirdisch versickert wird. Das Abwasser der Drei-Kammer-Absetzgrube des Badehauses in Xiwanzi wurde als fünfte Probeentnahmestelle ausgewählt. Eine Zusammenstellung aller untersuchten Probeentnahmestellen und ihre Charakteristika enthält Tab. 5.

Tab. 5: Probeentnahmestellen im Untersuchungsgebiet

Probeentnahmestelle	Ort	Abwasserquelle	Abwassersystem
1	Dorf Shicheng	Abwassernetz der Ortschaft	MBR – Anlage
2	Dorf Shicheng	Familienhotel mit 50 Betten	3 Kammergrube
3	Huangyukou	Familienhaushalt (4 Pers.)	Sickergrube
4	Huangyukou	Spülwasser Geflügelfarm	Oberirdisch
5	Xiwanzi	Badehaus	3 Kammergrube

Die Untersuchung der 5 Probeentnahmestellen fand an 8 bzw. 9 aufeinander folgenden Tagen vom 01.04. - 15.04.2011 statt, dabei wurden alle Proben auf Temperatur, pH-Wert, Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Gesamt-Stickstoff (TN), Gesamt-Phosphor (TP), Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) und Nitrat-Stickstoff (NO₃-N) untersucht. Temperatur und pH-Wert wurden mit einer Sonde vom Typ 340i der Firma WTW ermittelt. Für die Ermittlung der weiteren Parameter CSB, TN, NH₄-N, NO₃-N, und TP kamen Küvetten-Tests der Firma Hach Lange zum Einsatz. Diese wurden mit dem Photometer des Typs DR 2800 der gleichen Firma analysiert. Zur Bestimmung von CSB, TN und TP ist ein Aufschluss der Proben notwendig. Dafür wurde der Thermoblock LT100, ebenfalls von der Firma Hach Lange, verwendet. Für die Messung der gelösten Stoffe Nitrat und Ammonium mussten die Proben mit Cellulose-Acetat-Filtern filtriert werden, um den Einfluss suspendierter Stoffe auszuschließen. Aufgrund der kurzen und einfachen Handhabung wurden die in der heutigen Praxis weit verbreiteten Küvetten-Tests für die Abwasserqualitätsanalyse herangezogen. Sie erzielen präzise Ergebnisse und werden für die gesetzlich vorgeschriebene Eigenkontrolle und bei der behördlichen Überwachung verwendet (HACH LANGE, 2006). Laut dem internationalen Ringversuch von 2007 des niederländischen Kiwa Instituts sind mehr als 94 % der Hach Lange Küvetten-Test Ergebnisse als richtig einzustufen (HACH LANGE, 2008).

Probeentnahmestelle 1: MBR - Anlage

Bei der für 60 t/d ausgelegten MBR-Anlage in Shicheng wurden Proben im Zu- und Ablauf der Anlage entnommen. Das der Anlage zuströmende Abwasser wird zuerst mechanisch durch einen Sandfang behandelt, anschließend folgt ein belüftetes MBR-Becken, in dem durch den phasenweisen Lufteintrag nitrifizierende und denitrifizierende Mikroorganismen wachsen. Durch die

Membranfilter werden aus dem biologisch gereinigten Abwasser Schwebstoffe, Keime, Mikroorganismen sowie ein Großteil der Viren zurück gehalten. Bevor das behandelte Abwasser über den Ablauf in den Fluss Jiudaowan eingeleitet wird, erfolgt zuvor eine Zugabe von Desinfektionsmittel und eine Verdünnung mittels Frischwasser. Zur Bestimmung der Effizienz der Biologie wurde die zur Analytik herangezogenen Proben des Ablaufs, an dem dafür vorgesehenen Entnahmepunkt entnommen. Dieser befindet sich zwischen MBR-Becken und der Desinfektionsmittelzugabe. Die direkte Entnahme am Ablauf hätte durch die Verdünnung mit Frischwasser zu Verfälschungen geführt.

Bei den Untersuchungen wurde, dass obwohl die Anlage noch neueren Ursprungs ist (Baujahr 2005), eine sehr begrenzte Reinigungsleistung nachgewiesen. An 2 von 8 Tagen überschritten die Ablaufwerte des CSB die nationalen Vorgaben (GB 11/307-2005). Der Grenzwert der lokalen Vorgaben (DB11/307-2005) von 15 mg/l wurde an keinen Tag eingehalten. Im Durchschnitt wurde die CSB Konzentration um 87% reduziert. Bei Stickstoff und Phosphor konnte jedoch keine Reduzierung nachgewiesen werden. Die Ablaufwerte von TN, TP und NH₄-N überschritten die lokalen als auch die nationalen Grenzwerte an allen Tagen um ein Vielfaches, wie in Abb. 5 dargestellt.

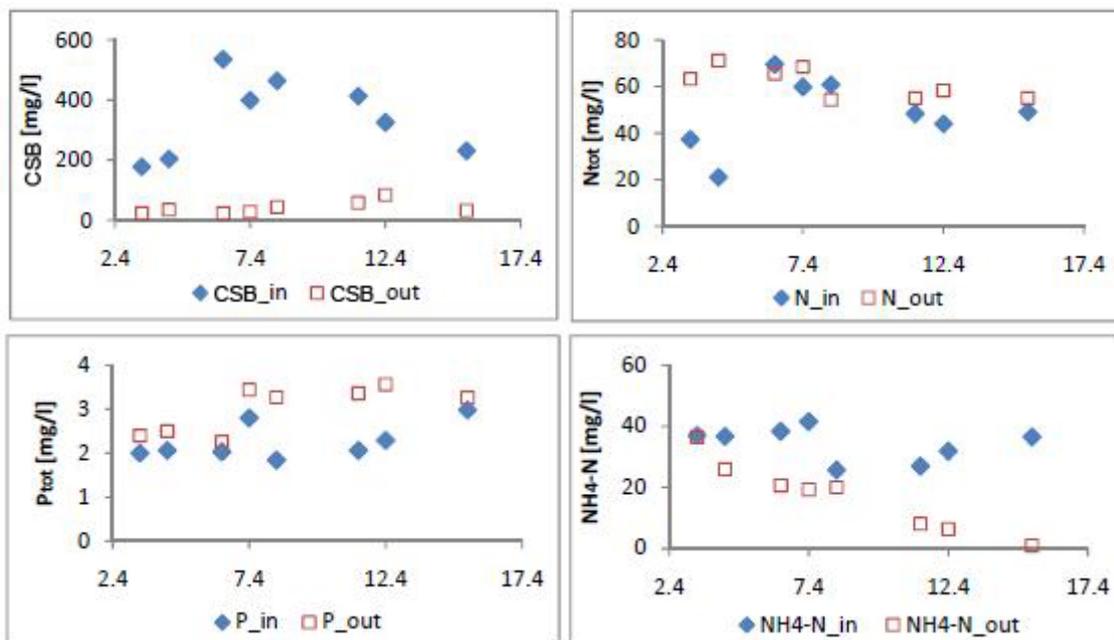


Abb. 5: Zu- und Ablaufwerte von CSB, TN, TP und NH₄-N der MBR-Anlage in Shicheng

Anhand der Ergebnisse ist davon auszugehen, dass keine denitrifizierenden Prozesse in der MBR-Anlage ablaufen, da es zu keiner Reduzierung des totalen Stickstoffs kommt. Auch die Nitrifikation scheint nur eingeschränkt zu funktionieren. Es findet zwar eine Umwandlung von Ammonium zu Nitrat statt, was an Hand der Abnahme der Ammonium- und der Zunahme der Nitratwerte im Ablauf zu erkennen ist. Doch beträgt die Reduzierung von Ammonium nur 50 %. Dies bestätigt die Aussage der Behörde, dass die Anlage aufgrund des gestiegenen Abwasseranfalls überlastet zu sein scheint.

Denn durch das höhere Abwasseraufkommen steigt die Durchlaufzeit des Abwassers in der Anlage, dadurch sinkt die Kontaktzeit des Abwassers mit den Mikroorganismen, was wiederum eine Verringerung der Umsatzrate von Ammonium zu Nitrat nach sich zieht.

Probeentnahmestelle 2: Familienhotel

Um den Einfluss des Tourismus in Bezug auf die Abwassermengen und –qualität zu erfassen wurde das Familienhotel im Dorf Shicheng als zweite Probeentnahmestelle ausgewählt. Das anfallende Abwasser des Familienhotels wird in einer Drei-Kammer-Absetzgrube aufgefangen und anschließend im Boden versickert. Aufgrund eingeschränkter Probeentnahmebedingungen konnte lediglich aus der ersten der drei Kammern Abwasserproben entnommen werden. Diesbezüglich kann zwar keine Aussage über die Reinigungsleistung gemacht werden, jedoch geben diese Messungen einen Aufschluss über die Zusammensetzung des anfallenden Abwassers in Hotelanlagen in dieser Region.

Tab. 6: Zulaufwerte der Drei-Kammer-Absetzgrube des Familienhotels in Shicheng

	pH [-]	CSB [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]
03.04.2011	7,32	1911	71,60	15,50	168,00	10,10
04.04.2011	7,23	2534	49,85	2,55	198,80	11,30
06.04.2011	8,06	1858	57,60	0,53	129,60	8,80
07.04.2011	7,73	1582	96,25	0,46	167,20	15,22
08.04.2011	8,23	2260	111,30	0,54	247,80	16,76
11.04.2011	9,24	1408	126,30	2,80	200,00	10,48
12.04.2011	9,66	1808	202,50	1,63	202,37	15,91
15.04.2011	4,98	2138	208,50	1,48	302,57	24,64

Das Abwasser des Familienhotels setzt sich aus dem Grauwasser (Abwaschwasser, Dusch-/Badeabwasser, Wasser zur Gebäudereinigung und Textilsäuberung) und dem Schwarzwasser (Toilettenabwasser bestehend aus Urin und Fäkalien) zusammen. Dabei ist der Grauwasseranteil mengenmäßig am größten. Auffällig sind die hohen Messwerte von Phosphor und Stickstoff. Der pH-Wert liegt hauptsächlich im stark basischen Bereich. Die hohen Phosphorwerte stehen in Abhängigkeit zu den Lebensgewohnheiten und zur Ernährung. Ein weiterer Grund könnten phosphathaltige Waschmittel sein. Die hohen Gesamt -Stickstoffwerte in Verbindung mit den hohen Ammoniumwerten zeigen, dass sich in der Absetzgrube auch große Mengen an Urin befinden, was auf ein hohes Besucheraufkommen schließen lässt. In der zweiten Kammer der Absetzgrube liegt offenbar noch kein Abbau von Ammonium zu Nitrat vor, was wiederum die geringen Nitratwerte belegen. Aufgrund der geringen Nitratwerte kann nur vermutet werden, dass hier eine schlechte Reinigungsleistung vorliegt.

Probeentnahmestelle 3: Vier Personen Haushalt

Aufgrund der Unzugänglichkeit der Sickergrube des Einfamilienhauses in Huangyukou, konnten keine direkten Proben entnommen werden. Stattdessen wurde das Grauwasser auf dessen Zusammensetzung untersucht. Diesbezüglich wurden das Küchenabwasser und das Abwasser aus der Textilreinigung täglich in einem Behältnis bei einem Mischungsverhältnis von 1:1 gesammelt und untersucht worden. Die Ergebnisse sind in Tab. 7 wiedergegeben.

Tab. 7: Untersuchungsergebnisse des Grauwassers einer Familienhaushaltes in Huangyukou

	pH [-]	CSB [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	NO ₃ -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]
03.04.2011	6,71	2725	28,10	7,02	288,78	11,70
04.04.2011	6,53	2126	27,40	1,44	273,78	17,70
06.04.2011	7,13	1672	9,09	3,06	218,78	2,57
07.04.2011	7,66	2305	11,80	0,77	73,90	0,87
08.04.2011	7,31	3708	8,86	1,70	69,90	1,92
11.04.2011	6,69	3492	23,50	0,95	121,78	5,53
12.04.2011	7,74	4172	44,00	4,66	158,38	9,42
15.04.2011	6,73	3610	14,50	1,67	51,90	3,51

Hinsichtlich der großen Schwankungen in den Konzentrationen der einzelnen Parameter sind kaum Aussagen zu treffen. Das CSB : TN : TP ist über den Zeitraum der Probenentnahmen nahezu gleichbleibend und beträgt im Mittel 438 : 23 : 1.

Probeentnahmestelle 4: Hühnerfarm

Als vierte Probeentnahmestelle wurde eine Geflügelfarm in Shanshenmiao, einer Siedlung die zum Dorf Huangyukou gehört, ausgewählt. Geflügel gehört zu den Lebensmitteln die in Nordchina im großen Umfang konsumiert werden. Durch die hohe Nachfrage an Geflügelfleisch existieren auch in der touristischen Gemeinde Shicheng zahlreiche Geflügelfarmen. Aufgrund der mangelnden Abwasserbehandlung im ländlichen Raum, sind besonders Viehzuchtanlagen ein bedeutender Eintragspfad von Nährstoffen in Böden, Grundwasser und somit auch in die anliegenden Bäche und Flüsse. Bei der Geflügelfarm in Shanshenmiao werden in einem Zyklus von 50 Tagen ca. 3000 Hühner aufgezogen. Nach DLG (2009) fallen bei der Aufzucht von 3000 Hühnern innerhalb von drei Zyklen von je 50 Tagen insgesamt 360 kg Stickstoff und 74 kg Phosphor an. Nach einer Zyklusphase wird in der Hühnerfarm von Shanshenmiao der Stall zuerst entmistet und anschließend mit Wasser ausgespült. Der Hühnermist wird getrocknet und als Dünger auf die Ackerflächen aufgebracht. Das Spülwasser zur Reinigung des Farmgeheges tritt an der Außenseite des Gebäudes aus und wird anschließend oberflächlich versickert. Dem zu Folge gelangen große Mengen an Nährstoffen in den

Boden. Neben einer hohen Belastung an CSB, Stickstoff und Phosphor (Tab. 8) war das Spülwasser auch mit Desinfektionsmittel belastet (wurde analytisch jedoch nicht nachgewiesen).

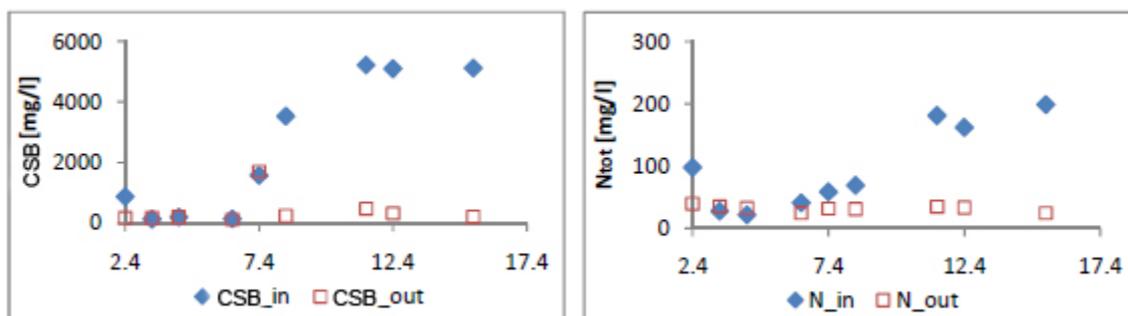
Tab. 8: Untersuchungsergebnisse des Spülwassers einer Geflügelfarm bei Huangyukou

	pH [-]	CSB [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	TN [mg/l]	TP [mg/l]
03.04.2011	8,15	2302	64,40	233	10,60
04.04.2011	8,55	694	13,62	204	7,00
06.04.2011	8,59	2186	57,20	270	11,60

Das Farmgehege wurde an drei aufeinanderfolgenden Tagen zur Beseitigung von Rückständen der letzten Aufzucht gereinigt. Für die Untersuchung wurden an jedem Tag 30 l des Spülwassers in einer Tonne gesammelt, vor der Entnahme gründlich durchmischt und anschließend mit einer Probenflasche entnommen. Aufgrund der nicht bekannten Menge des für die Reinigung verwendeten Spülwassers an jedem Tag, ist der Verdünnungsgrad des Spülwasser-Geflügelkot-Gemisches nicht abschätzbar. Denn obwohl in den Proben höhere Werte an CSB, NH₄-N, TN und TP nachgewiesen wurden, so ist besonders bei Hühnerkot mit noch höheren Werten zu rechnen.

Probeentnahmestelle 5: Badeanstalt

Das Badehaus von Xiwanzi ist eine öffentliche vom Staat subventionierte Einrichtung. Badehäuser gehören zum normalen Bild in derartigen Siedlungen. Das Badehaus hat an 4 Tagen in der Woche (Dienstag, Donnerstag, Samstag und Sonntag) von 14:00 Uhr bis 18:00 Uhr geöffnet. Die Nutzung kostet 4.00 Yuan (ca. 0,50 €) pro Person. Das Badehaus ist in einen männlichen und weiblichen Bereich unterteilt. Jeder Bereich ist für maximal 30 Personen ausgelegt. Sämtliches Abwasser der Badeanstalt wird in einer Drei-Kammer-Absetzgrube gefasst, behandelt und anschließend im Boden versickert. Den größten Abwasseranteil macht das Grauwasser aus, bestehend aus Bade- und Duschwasser. Neben dem Grauwasser wird auch das Schwarzwasser (Toilettenabwasser) in die Grube geleitet. Aufgrund der großen anfallenden Abwassermengen ist das Badehaus eine wichtige Abwasserquelle in dem Ort. In Abb. 6 sind die Werte der Messungen grafisch dargestellt.



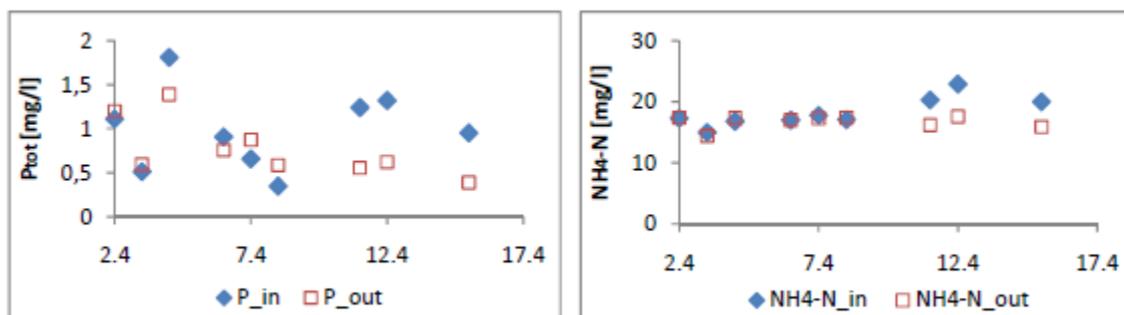


Abb. 6: Zu- und Ablaufwerte von CSB, TN, TP und $\text{NH}_4\text{-N}$ der Drei-Kammer-Absetzgrube einer Badeanstalt in Xiwanzi

Zwar wird in der Drei-Kammer-Absetzgrube durch die mechanische Reinigung ein prozentual hoher CSB Abbau von durchschnittlich 96 % erreicht, jedoch liegt dies an den sehr hohen Zulaufwerten von bis zu 5214 mg/l, die Ablaufwerte liegen jedoch um ein vielfaches über den gesetzlichen Emissionsgrenzwerten. Denn mit stark belastetem Abwasser wird prozentual eine bessere Reinigungsleistung erreicht als bei weniger stark belastetem Abwasser. Da hier keine biologische Stufe vorliegt, wird der Reinigungseffekt überwiegend durch die Sedimentation der Schmutzstoffe gewährleistet. Allerdings ist die Abbaurate nicht ausreichend um die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten. Die Ablaufwerte schwanken an den 9 Tagen zwischen 122 – 1573 mg/l und damit wurden an keinem Tag die nationalen Grenzwerte mit 50 mg/l bzw. die lokalen Grenzwerte mit 15 mg/l unterschritten. Des Weiteren ist zu erkennen, dass kein Abbau von $\text{NH}_4\text{-N}$ stattfindet, da die Zu- sowie Ablaufwerte nahezu unverändert sind. Anscheinend ist der aerobe Umsatzprozess von Ammonium zu Nitrat durch die Mikroorganismen nicht gegeben, weshalb die Nitratwerte unverändert niedrig bleiben. Zwischen Zu- und Ablauf findet dennoch eine durchschnittliche Stickstoffzehrung von 56 % statt. Bei der Untersuchung wurde der gebundene Stickstoff betrachtet, worauf zu schließen ist, dass die Minderung durch die Sedimentation des überwiegend an Feststoffen gebundenen Stickstoffs zurückzuführen ist. Auch schichtweise anoxische Verhältnisse könnten vorgelegen haben, jedoch hätten diese nicht einen solch großen Effekt bewirkt. Mit Ablaufwerten bei Stickstoff zwischen 21,60 bis 80,83 mg/l werden weder die nationalen noch lokalen Grenzwerte mit 15 mg/l eingehalten. Bei den Auslaufwerten von TP kommt es zu Schwankungen, mal sind die Auslaufwerte niedriger und mal höher als die Zulaufwerte. Dies steht einerseits im Zusammenhang mit der Durchlaufzeit, die das Abwasser vom Zulauf der Drei-Kammer-Absetzgrube bis zum Auslauf benötigt. Andererseits hat auch die Akkumulation und Rücklösung von Phosphor des abgelagerten Schlammes in der Vor- und Nachklärung einen Einfluss auf diesen Effekt. Im Gegensatz zu den anderen Probeentnahmestellen sind die Phosphatkonzentrationen hier sehr gering. Woraufhin an zwei von neun Tagen die nationalen Grenzwerte für Phosphor mit 0,5 mg/l eingehalten werden konnten. An allen anderen Tagen wurden die nationalen wie auch die lokalen Grenzwerte mit 0,1 mg/l überschritten. Bei den anderen Parametern, wie CSB, TN, und $\text{NH}_4\text{-N}$ wurden die Grenzwerte an jedem Tag überschritten. Der pH-Wert lag mit Werten zwischen 7,81 und 8,84 zwar im Bereich der nationalen Grenzwerte (pH = 6 bis 9), überschritt jedoch die lokalen Grenzwerte (pH = 6,5 bis 8,5) an fünf Tagen.

Zusammenfassung des Gesamtbildes der Untersuchung

Das Gesamtbild der Untersuchung zeigt, dass große Defizite in der ländlichen von Miyun existieren und die jetzigen Abwasserbehandlungssysteme von der Reinigungsleistung nicht ausreichend sind. Auffällig ist ebenfalls die schlechte Qualität der Baustoffe. Schächte und Absetzgruben werden oft aus Ziegelsteinen gefertigt ohne anschließende Versiegelung mit wasserdichtem Putz. Dadurch gelangt das unbehandelte Abwasser direkt ins Grundwasser. Ein weiteres Problem scheint die mangelnde staatliche Kontrolle der Emissionswerte zu sein. Chinas Umweltgesetze sind vergleichsweise streng, aber ineffizient durch unwirksame Kontrollinstrumente (Wang, 2008). Grundsätzlich werden die Ablaufwerte von privaten Unternehmen gemessen, die auch verantwortlich für die Planung und den Bau der Anlage sind. Es erfolgt keine staatliche Überwachung. Hinzu kommen die unzureichenden Kenntnisse des Anlagenpersonals, wenn es überhaupt zuständiges Personal gibt, über den Anlagenbetrieb und der ablaufenden Prozesse. Die mangelhafte Wartung der Anlagen ist die Ursache für den insgesamt schlechten Zustand der Abwasserbehandlungsanlagen. Neben der großen Belastung der Oberflächengewässer im Einzugsgebiet durch fehlende effektive Abwasserbehandlungssysteme, wird der Stressfaktor auf die Wasserqualität des Stausees durch den Tourismus in diesem Raum noch zusätzlich verstärkt. In Anbetracht der Tatsachen scheint ein widersprüchliches Vorgehen der Behörden zu existieren. Einerseits wird versucht mit strengen Vorschriften die Nährstoffeinträge in den Miyun Stausee zu reduzieren, doch fehlt andererseits das engagierte Handeln, in dem eine staatliche Kontrolle der Abwasserbehandlungssysteme erfolgt und die Abwasserinfrastruktur verbessert wird. Stattdessen wird innerhalb der Wasserschutzzonen der Tourismus weiter ausgebaut.

Implementierung der erhobenen Abwasserdaten aus den Referenzstandorten in das STOFFBILANZ - Modell

Die erhobenen Daten über die Abwasserqualität und -quantität der Referenzstandorte wurden dem GALF übergeben und für die Modellbildung auf Teileinzugsgebietsebene herangezogen. Weitere Details sowie Ergebnisse die mit STOFFBILANZ über die Nährstoffbilanzierung der diffusen und punktuellen Eintragspfade im Untersuchungsgebiet ermittelt worden sind, sind dem Abschlussbericht des Partners GALF (TP III) zu entnehmen.

(2) Konzeption und beispielhafte Durchführung von Maßnahmen und technischen Lösungen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge sowohl aus landwirtschaftlichen Nutzflächen als auch Siedlungen im ländlichen Raum

Während des Besuchs der deutschen Projektpartner in China vom 21.02. bis 26.02.2010 wurden für die Installation von Pilotanlagen, zusammen mit den chinesischen Projektpartnern, mehrere Standorte in den Ortschaften der Voruntersuchungen hinsichtlich der technischen Machbarkeit begutachtet. Als Vorzugstandort wurde für die Installation einer biologischen Kleinkläranlage eine öffentliche Toilette ausgewählt, die am Parkplatz des touristischen Ausflugsziels des Taoyuan Wasserfalls (nahe des

Dorfes Shicheng) gelegen ist. Der zweite Standort zur Errichtung einer sanitären Anlage nach den Ecosan (ecological sanitation) Prinzipien, kam das naturwissenschaftliche Bienenmuseum in Huangyukou in Frage. Im November 2010 wurden bei einem Besuch der chinesischen Projektpartner in Deutschland, die Variantenvorschläge für die zwei unterschiedlichen Konzepte präsentiert und Detailfragen diskutiert. Der Aufenthalt wurde genutzt um den chinesischen Projektpartnern unterschiedliche Konzepte der Abwasserbehandlung aufzuzeigen. Es wurden Exkursionen zum Null - Emission - Haus auf Rügen, zur Rotationstauchkörper – Anlage der DJH – Ibenhorst, zum Kleinkläranlagenprüffeld in Altentreptow, zur zentralen Kläranlage und zur Komposttoilette des Ökohaus e.V. in Rostock, unternommen. Mit Hilfe der Exkursionen konnte das Interesse für biologische Kleinkläranlagen sowie für die nachhaltigen, umweltfreundlichen, alternativen und neuartigen Sanitäranlagen geweckt werden. Nach Auswertung der Standortdaten und weiteren Gesprächen mit den chinesischen Projektpartnern, stellte sich aufgrund der örtlichen Bedingungen das Rotationstauchkörperverfahren als geeignetes Verfahren heraus, um die Effektivität von biologischen Kleinkläranlagen in Form einer Pilotanlage zu demonstrieren. Als sanitäre Anlage in Huangyukou, wurde zusammen mit den chinesischen Projektpartnern sich für den Bau einer Komposttoilettenanlage entschieden. Die Reduzierung des Wasserverbrauchs durch eine wasserlose Entsorgung der Exkremente und der nachhaltige Umgang mit Ressourcen durch die Schließung von Nährstoffkreisläufen, in dem die Stoffströme Urine und Fäkalien voneinander getrennt und als Dünger wieder verwendet werden können, fand positives Interesse bei den Chinesen.

Rotationstauchkörperanlage

Der ausgewählte Standort für die Rotationstauchkörperanlage gehört zum Dorf Shicheng und befindet sich Nahe des Taoyuan Wasserfalls (Shichengxiang-Teileinzugsgebiet). Aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Miyun Reservoir (ca. 1 km) befindet sich der Standort der Pilotanlage in der Trinkwasserschutzzone 1. Innerhalb dieser Zone gelten die lokalen Grenzwerte der Abwasserschadstoffemissionsklasse 1A (DB11/307-2005 Class A).



Abb. 7: Luftbild – Lage RTK - Anlage (Quelle: Google)

Die umgrenzende Landschaft sowie der Wasserfall gelten als beliebtes Naherholungsgebiet der Beijinger Bevölkerung, besonders an Wochenenden und Feiertagen während der Zeit von Mai bis Oktober. Im Jahr 2010 wurden 170.000 Besucher registriert. Das Besucheraufkommen der Toilettenanlage am Rande des Parkplatzes zum Wasserfall unterliegt wochentäglichen sowie auch jahreszeitlichen Schwankungen. Innerhalb der Woche nutzen ca. 50 – 100 Personen am Tag, an Wochenenden steigt die Zahl der Nutzer bis zu 400 an. Speziell an nationalen Feiertagen kann die Anzahl der Benutzer bis auf 800 Personen pro Tag ansteigen. Für die Auswahl eines geeigneten Verfahrens waren neben den stark schwankenden Abwassermengen auch die Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter und die strengen Anforderungen in Bezug auf die Emissionswerte für kommunale Abwässer, ausschlaggebend. Die Temperatur ist eine entscheidende Größe wenn es um biologische Prozesse geht. Durch sie werden die ablaufenden Prozesse in der Abwasserbehandlung bestimmt. So hat die Temperatur einen Einfluss auf die Löslichkeit verschiedener Substanzen sowie auf die Produktivität und die Wachstumsrate von den Mikroorganismen. Demnach steigt die Stoffwechselaktivität der Zellen mit zunehmender Temperatur und erreicht bei einer bestimmten Temperatur ihr Optimum (BLANK, 2009). Bakterien unterschiedlicher Temperaturansprüche sind in der Lage sich durch physiologische Adaption anzupassen, jedoch stellen viele Organismen (z.B. Nitrifikanten) bei 35 °C ihre Lebenstätigkeit ein. Andererseits wird das Wachstum durch niedrige Temperaturen begrenzt. Hinsichtlich der Lage des Miyun Einzugsgebietes in der gemäßigten Klimazone ist das Klima geprägt durch warme, feuchte Sommer und kalte, trockene Winter mit Jahreszeitlichen Temperaturunterschieden zwischen -20 °C und 40 °C (WMO, 2012). Dem zu Folge können in Bezug auf die Temperaturen besonders die Winter – und Sommermonate für biologische Reinigungsverfahren kritisch sein.

Auswahl des geeigneten Behandlungsverfahrens

Hinsichtlich der Bedingungen vor Ort wurde mit der Rotationstauchkörperanlage ein Verfahren gewählt, welches für den Betrieb bei schwankenden Abwassermengen und Temperaturen geeignet ist. Im Vergleich zu anderen Verfahren besitzt das RTK-Verfahren einen guten CSB und Stickstoff Abbau bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch (FLASCHE, K. ,2002). Besonders die stabile Betriebsweise der RTK-Anlagen im Vergleich zu anderen technisch aufwendigen Verfahren ist positiv zu nennen. Unter anderem ist dies aufgrund der geringen Anzahl an Verschleißteilen zurück zu führen. RTK-Anlagen bestehen aus wenigen Komponenten, weshalb nur der Motor und die Antriebswelle des Rotationstauchkörpers sowie, falls optional mit integriert, die Rückförpumpen dem Verschleiß unterliegen. Aufgrund der simplen Funktionsweise bedarf es vergleichsweise geringes technisches Wissen über den Betrieb und zur Wartung. In Anbetracht der Tatsache, dass es kaum ausgebildetes Personal für Kläranlagen in China gibt, ist dies ein weiterer Vorteil für den Einsatz dieses Verfahrens in der Region. Im Rahmen, der auf den Demonstrationsfeldern für Kleinkläranlagen von der Professur für Hydromechanik und Siedlungswasserwirtschaft durchgeführten Versuche bezüglich Reinigungsleistung, Energieverbrauch und Wartung wurde im Vergleich zu anderen Anlagen, die Rotationstauchkörperanlage des Typs-HB der Firma IBB Umwelttechnik aus Barth (Mecklenburg/Vorpommern) ausgewählt. Zudem ist das eingesetzte Verfahren auch im Rahmen der Prüfung zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) von der Universität Rostock als Prüfinstitut positiv bewertet worden (Prüfbericht DIBt, 2009). Während der bautechnischen Prüfung wurden Abbauleistungen mit einem durchschnittlichen Abbaugrad bei CSB von 92 % und bei BSB₅ von 97% erreicht.

Aufbau und Funktionsprinzip der RTK - Pilotanlage

Die Anlage wurde anhand der übergebenen Angaben für ein Besucheraufkommen dimensioniert, welches 40 Einwohnergleichwerten (EWG) entspricht. In der Planung wurden dafür vier Module des RTK Typs-HB mit einer Reinigungsleistung von je 10 EWG vorgesehen. Im April 2011 wurden die Module sowie sämtliche Materialien für den Aufbau der Kleinkläranlage per Schiff nach China transportiert. Im Juni wurde die RTK-Anlage in Shicheng am Auslauf der Toilettenanlage installiert. Der Anlagenaufbau ist in Abb. 8 schematisch dargestellt.

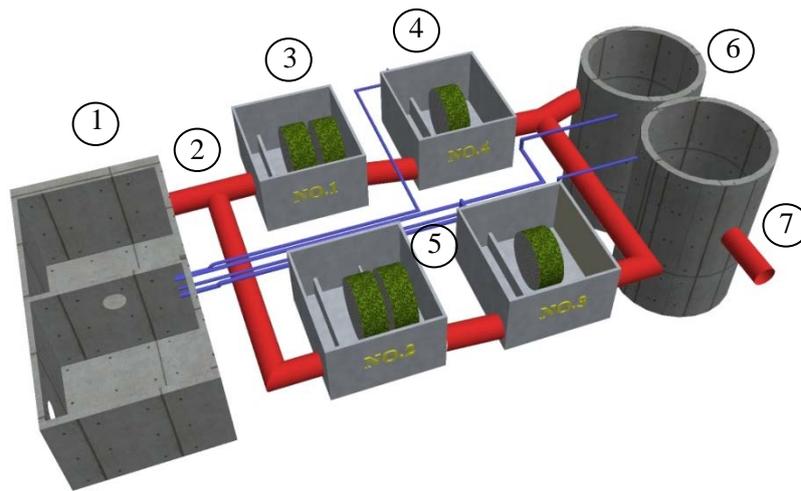


Abb. 8: Schematische Darstellung der Pilot-RTK-Anlage am Taoyuan Wasserfall: (1: Vorklärschächte; 2: Verbindungsleitungen zwischen den Modulen; 3: RTK Modul mit zwei Rotationswalzen; 4: RTK Modul mit einer Rotationswalze; 5: Pumpenleitungen für die Abwasser-/Schlammrezirkulation; 6: Nachklärschächte; 7: Ablauf zur Versickerung in den Boden)

Zuvor floss das Abwasser der Toilettenanlage in eine gemauerte Sammelgrube, diese wurde bereits im Mai 2011 durch zwei neue wasserdichte Sammelgruben aus Beton ersetzt. Die zum Zeitpunkt der Installation der RTK vorhandenen neuen Sammelgruben wurden umgebaut und in das Fließschema des RTK Anlagenkonzeptes integriert, in dem sie als nacheinander geschaltete Vorklärbecken fungieren. Nach der Vorklärung (VK) folgt die biologische Reinigungsstufe bestehend aus vier RTK-Modulen. Entsprechend der saisonalen Schwankungen der Abwassermengen, wurde die Anlage für einen optionalen zweistraßigen Betrieb konzipiert, in dem zwei vorgeschaltete Module parallel zueinander angeordnet und zwei weitere in Reihe nachgeschaltet sind. Durch diese Anordnung ist es möglich, bei geringen Abwassermengen, den Betrieb einstraßig bei zwei in Reihe geschalteten Modulen laufen zu lassen. Zur Trennung des geklärten Abwassers vom Schlamm der biologischen Stufe sowie feinsten Feststoffe, wurden für die Nachklärung (NK) zwei hintereinander geschaltete Betonfertigteilschächte errichtet. Zusätzlich werden um eine bessere Reinigungsleistung zu erzielen zwei Pumpen in die nachgeschalteten RTK-Module sowie zwei Pumpen in die Nachklärschächte zur Rezirkulation des Abwasser-Schlammgemisches integriert. Das Abwasser-Schlammgemisch der vier Pumpen wird in die VK zurückgeführt. Durch die Rückführung ist ein höherer CSB- und Stickstoffabbau möglich.

Installation der RTK – Pilotanlage

Die Installation der Anlage erforderte Flexibilität und Einfallsreichtum. Obwohl Absprachen mit den Projektpartnern vorab getroffen wurden, waren die Gegebenheiten vor Ort oft anders als zuvor beschrieben. Auch die Verfügbarkeit von Dreiphasenwechselstrom wurde zunächst zugesichert, was sich jedoch nicht bewahrheitete. Der Dreiphasenwechselstrom wird für den Antrieb der Tauchkörpermodule benötigt. Zur Kompatibilität der vorhandenen einphasigen Stromleitung mit dem

Motor wurde mit Hilfe eines herkömmlichen Kondensators eine Steinmetzschtaltung installiert. Hierfür wurde der Kondensator an den dritten noch freien Anschluss des Motors in Verbindung zum Neutralleiter angeschlossen. Zusammen mit dem Außenleiter kann mit dieser Erweiterung ein Drehstrom erzeugt werden. Neben den technischen Bedingungen vor Ort mangelte es ebenso an geeigneten Baustoffen und Werkzeugen. Auch die Bauausführung der chinesischen Arbeitskräfte entsprach nicht den Forderungen. Bei der Verlegung der Verbindungsleitungen wurde zwischen den einzelnen Bauelementen kein Füllmaterial verwendet. Stattdessen wurde der Aushub ungesiebt als Füllmaterial verwendet. Des Weiteren wurden bei der Anfertigung der Grundplatte, die als Planum zur Ausrichtung und Stabilität der RTK-Module dient, die vorgegebenen Höhen nicht eingehalten. Durch die genannten Mängel kam es einerseits zu Verzögerungen und Komplikationen im Aufbau und andererseits zu Einschränkungen in der Betriebsweise der Anlage.

In Abb. 9 bis Abb. 14 sind ausgewählte Arbeitsstände während der Installation der RTK-Anlage abgebildet.

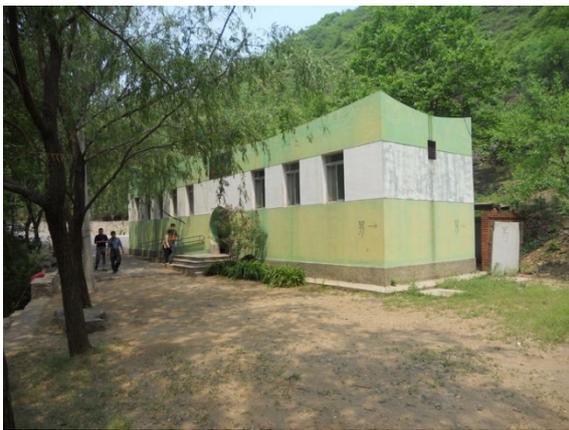


Abb. 9: Toilettenanlage am Parkplatz zum Taoyuan -Wasserfall



Abb. 10: Grundplatte für die Installation der RTK - Anlage



Abb. 11: Ausrichtung der RTK - Module



Abb. 12: Nach Montage der Verbindungs- und Pumpenleitungen



Abb. 13: Anschlussherstellung zur Stromversorgung der Antriebsmotoren und Pumpen



Abb. 14: Nach Installation der RTK – Anlage und Fertigstellung der Oberflächengestaltung

Behebung von Mängeln in der Funktionsweise der TRK – Anlage während der Testphase

Während der Testphase wurde festgestellt, dass sich der Biofilm auf den Bewuchskörpern der RTK-Anlage nur spärlich ausbildete. Ebenso wurde eine starke Trübung des geklärten Abwassers im zweiten Nachklärschacht beobachtet. Durch Untersuchungen im Oktober 2011 wurde festgestellt, dass es zu einem Rückfluss aus der VK durch die zu tief installierten Leitungen der Schlamm-/Abwasserrezirkulation kommt. Die Anbindung an den ersten Schacht der VK erfolgte unterhalb des Konus, denn oberhalb erfolgte keine Versiegelung mit wasserdichtem Putz. An Tagen mit großen Abwassermengen stieg der Wasserstand im Schacht bis zur Einbindehöhe der Leitungen bzw. darüber hinaus. Bei Förderung der Pumpen des Abwassers stieg der Wasserstand in der VK über das kalkulierte Maß an, wobei es zum Überstau der Auslässe der Schlamm-/Abwasserrezirkulationsleitungen kam. Nach dem Abschalten der Pumpen und dem Leerlaufen der Leitungen erfolgte durch den Überstau ein Rücklauf des Abwasser/ Schlammgemisches in die hinteren RTK-Module und in die Schächte der NK. Dabei gelangt eine Mischung aus Schlamm und unbehandeltem Abwasser in die NK, was wiederum die starke Trübung des Abwassers in der NK erklärt. Der spärliche Bewuchs der Tauchkörper lässt sich aus dem zeitweisen Stillstand der Anlage bei Sturm erklären. Aus sicherheitstechnischen Gründen schaltet das Toilettenpersonal den Hauptsicherungsschalter bei Sturm ab. Die Inbetriebnahme jedoch kann sich um einige Tage hinauszögern, unter anderem um Strom zu sparen oder aber weil das Personal sich nicht dafür verantwortlich fühlt. Aus technischer Sicht kann die Anlage wegen des vorhandenen Überspannungsschutzes bedenkenlos auch bei Sturm in Betrieb bleiben.

Im April 2012 erfolgte die Korrektur der Einbindehöhe der Schlamm-/Abwasserrezirkulationsleitungen sowie die Behebung von vor Ort festgestellter Rohrschäden (Abb. 15 bis Abb. 18). Da in China nicht dieselben Verbindungsstücke erhältlich sind wie in Deutschland, wurden für die Reparatur die benötigten Materialien zuvor in Deutschland gekauft. Um die Reparaturen vornehmen zu können, musste ein Teil der Rohrleitungen freigelegt werden. Dabei wurde ersichtlich, dass auch die Verbindungsrohre durch das kantige und grobe Schüttmaterial zwischen den

RTK-Modulen beschädigt waren und Leckagen aufwiesen. Nach Abstellen der Schäden und Mängel wurden die Einstellungen der Anlage überprüft. Anschließend konnte die Anlage wieder funktionstüchtig in Betrieb genommen werden.



Abb. 16: Verlegung der neuen Pumpenleitungen zur Korrektur der Anbindungshöhe in die VK



Abb. 17: Maße nehmen und zurecht schneiden der PVC-Rohre



Abb. 18: Nach Fertigstellung der neuen Einmündung der Pumpenleitungen

Validierung und Optimierung der Reinigungsleitung

Zur Validierung der Reinigungsleistung und Optimierung der RTK-Anlage wurden Untersuchungen im August 2012 getätigt. Die Probenentnahmen fanden über einen Zeitraum von 10 Tagen (09.08.2012 bis zum 18.08.2012) statt. Bereits bei Ankunft wurde festgestellt, dass die Anlage außer Betrieb war. Über den genauen Zeitraum konnte keine Aussage gemacht werden. Für die Untersuchungen bedeutete dies, dass sich der Biofilm erst wieder regenerieren musste. Für die Untersuchung wurden täglich zur Zeit des höchsten Besucheraufkommens um 11.00 Uhr qualifizierte Stichproben, jeweils aus dem ersten Schacht der VK sowie aus dem zweiten Schacht der NK

entnommen. Im Verlauf der Probennahmen wurden verschiedene Einstellungen an den Pumpen zur Schlammrückführung vorgenommen. Die Proben wurden auf die Parameter pH, Temperatur, CSB, NH₄-N, NO₃-N, TN und TP untersucht.

Chemischer Sauerstoffbedarf – CSB

Über den Zeitraum der Messungen konnte ein durchschnittlicher CSB Abbau von 64 % nachgewiesen werden. Die prozentual geringe Reinigungsleistung von 64 %, im Gegensatz zu den 92 % während der bautechnischen Prüfung, resultiert aus dem gering belasteten Abwasser im Zulauf. Die Zulaufwerte des CSB lagen in einer Spannweite zwischen 80,90 bis 228,00 mg/l (siehe Abb. 19).

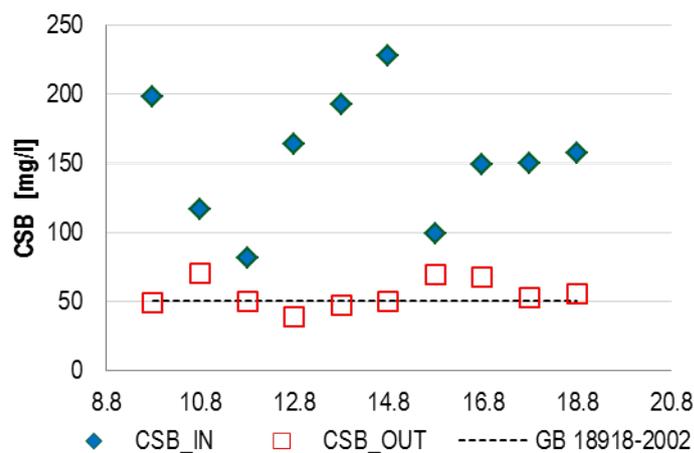


Abb. 19: CSB Zu- und Ablaufwerte der Pilot – RTK – Anlage am Taoyuan Wasserfall

Der chinesische nationale Emissionsstandard (GB 18918 - 2002, 2003) für CSB wurde an fünf von zehn Tagen überschritten, wobei die überschrittenen Ablaufwerte nur gering über dem Grenzwert lagen. Im Mittel betrug der Ablaufwert für CSB 54,76 mg/l. Kleinkläranlagen werden in Deutschland für einen CSB-Grenzwert von 150 mg/l ausgelegt (AbwV, 2004). Die erzielten Ablaufwerte sind somit weit unterhalb des Bemessungswertes für Kleinkläranlagen. Im Vergleich zu den CSB Ablaufkonzentrationswerten von Rotationstauchkörperanlagen gleicher Größenklasse, die laut umfangreichen Literaturlauswertung von Flasche (2002) in einer Spanne zwischen 68 mg/l und 144 mg/l lagen, unterschreitet die installierte Anlage auch diese Werte. Jedoch wurden von Blank (2009) auch Werte von 25,8 mg/l, bei seinen Untersuchungen einer Scheibentauchkörperanlage in Indien, die ebenfalls der Größenklasse der installierten RTK-Anlage entsprach, nachgewiesen. Die geringeren CSB Ablaufwerte stehen hier im engen Zusammenhang mit den höheren Temperaturen in Indien. Auch bei der installierten Anlage in Shicheng könnten die CSB Werte im Ablauf verringert werden. In dem die Kontaktzeit des Abwassers mit dem Biofilm verlängert wird, erhöht sich auch die Reduktion der gelösten organischen Substanzen. Auf die Kontaktzeit kann mit dem Rückführungsverhältnis der Abwasserpumpen Einfluss genommen werden. Wird das Rückführungsverhältnis erhöht kann durch die erhöhte Kontaktzeit mehr organischer Kohlenstoff aus dem Abwasser eliminiert werden. Zu

beachten ist allerdings, dass der CSB auch den biologisch inerten Substanzgehalt erfasst und ein vollständiger Abbau somit nicht erreicht werden kann (Hartmann, 1992).

Ammonium – Stickstoff ($NH_4 - N$), Nitrat – Stickstoff ($NO_3 - N$) und Gesamtstickstoff (TN)

Obwohl die RTK-Anlage längere Zeit außer Betrieb war, wurde dennoch durch nitrifizierende Prozesse ein guter Ammonium-Abbau erzielt. Bei der Nitrifikation findet eine Umwandlung von Ammonium zu Nitrat statt, dies war auch bei der Anlage durch die Abnahme der Ammonium- und der Zunahme der Nitratwerte im Ablauf zu erkennen (siehe Abb. 20 und Abb. 21).

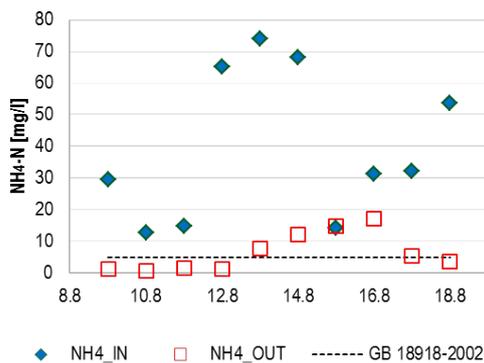


Abb. 20 NH4-N Zu- und Ablaufwerte der Pilot RTK – Anlage am Taoyuan Wasserfall

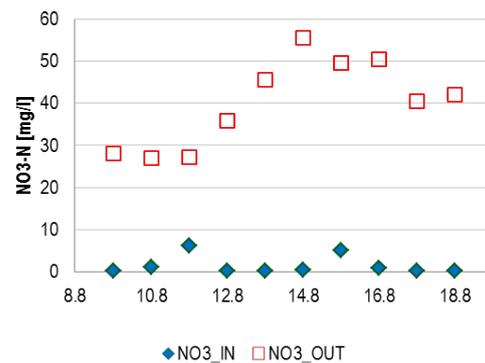


Abb. 21: NO3-N Zu- und Ablaufwerte der Pilot RTK – Anlage am Taoyuan Wasserfall

Über die 10 Tage betrug die Reduzierung von Ammonium im Durchschnitt 77 %. Die Zulaufwerte wiesen im Mittel eine Konzentration von 39,54 mg/l bei Schwankungen von 12,60 mg/l bis 73,9 mg/l auf. Während die Ablaufkonzentrationen im Durchschnitt bei 6,52 mg/l bei einer Spannweite zwischen 0,64 bis 17,1 mg/l lagen. Durch die Nitrifikation stiegen die Nitratwerte gegenüber der Vorklärung im Durchschnitt von 1,54 mg/l auf 40,19 mg/l in der NK an. Die Nitratablaufwerte schwankten zwischen 27,08 bis 55,60 mg/l. Der Gesamtstickstoff unterlag Schwankungen, wobei die Ablaufwerte zum Teil höher waren als die des Zulaufs. An den anderen Tagen lagen die Zu- und Ablaufwerte nahe beieinander weshalb hier von keiner gezielten Reduktion ausgegangen und somit geschlussfolgert werden kann, dass keine denitrifizierenden Prozesse stattfinden (siehe Abb. 22).

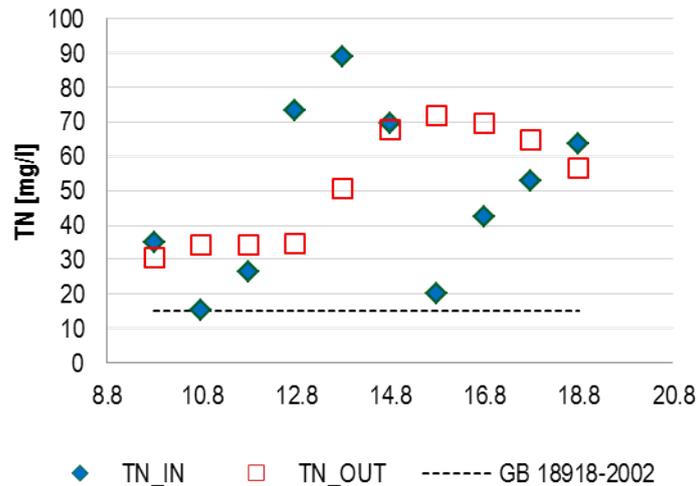


Abb. 22: NH₄-N Zu- und Ablaufwerte der Pilot RTK – Anlage am Taoyuan Wasserfall

Ein Grund für die nicht funktionierende Denitrifikation könnte unter anderem das nährstoffarme Abwasser im Zulauf sein, denn die Denitrifikation wird durch das Angebot an organischen Kohlenstoffquellen begrenzt (ATV-Handbuch, 1997). Aber auch die Tatsache, dass die RTK-Anlage für ungenaue Zeit still stand und erst zu Beginn der Untersuchungen wieder eingeschaltet wurde, könnte eine nicht ausreichend stabile Population an Denitrifikanten zur Folge gehabt haben. Das Wachstum der Denitrifikanten benötigt wegen des komplexeren Energiestoffwechsels mehr Zeit als das der Nitrifikanten (WW HB, 2012). Unter der Annahme, dass die Bakterienpopulation, wie zuvor beschrieben, noch in der Entwicklung begriffen war, kann eine Verbesserung der Stickstoffelimination zu einem späteren Zeitpunkt angenommen werden.

Gesamtphosphor (TP)

Die Ablaufwerte des Gesamtphosphors liegen im Durchschnitt bei einer Konzentration von 4,40 mg/l bei Schwankungen von 2,44 bis 6,07 mg/l. Des Öfteren haben die Ablaufwerte eine höhere Konzentration an Phosphor als die Werte des Zulaufs (siehe Abb. 23). Dies ist bedingt durch die Durchlaufzeit, die das Abwasser vom Zulauf bis zum Ablauf benötigt. Demnach waren die Zulaufwerte am entsprechenden Tag niedriger als die Werte die ein bis zwei Tage zuvor aufgenommen wurden.

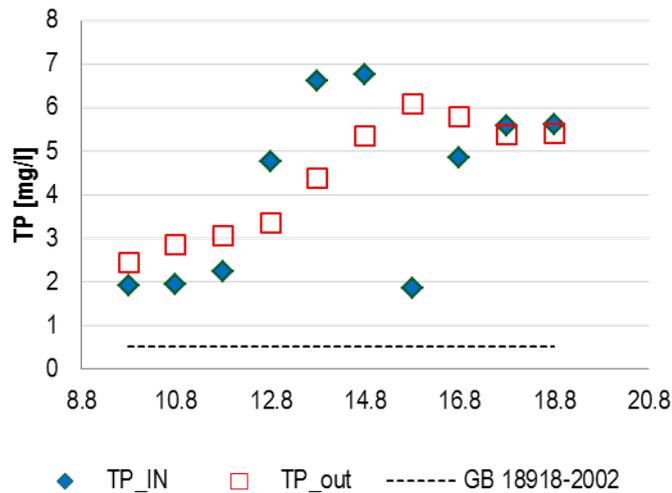


Abb. 23: NH₄-N Zu- und Ablaufwerte der Pilot RTK – Anlage am Taoyuan Wasserfall

Bei Kleinkläranlagen kann nur ein geringer Teil des gelösten Phosphates von den Mikroorganismen zur Synthese von Zellverbindungen aufgenommen werden (Bever et al., 2002). Diese Mengen sind marginal. Um eine effiziente Phosphorelimination bei Kleinkläranlagen zu gewährleisten bedarf es einer chemischen Fällung. Neben den zusätzlich anfallenden Kosten muss bei der chemischen Phosphat-Fällung die Aufsalzung des Vorfluters bzw. des Klärschlammes beachtet werden. Hier müsste im Sinne der Umweltverträglichkeit abgewogen werden ob die Phosphorwerte zu signifikanten Beeinträchtigungen der umliegenden Gewässer führen oder die Aufsalzung mit Eisensulfaten bzw. -chloriden hingenommen wird. Für die Abwägung des jeweiligen Kompromisses ist die Fracht an Phosphor ausschlaggebend. Eine chemische Phosphatelimination wäre bei der RTK-Anlage des Typs RTK-HB umsetzbar, doch wurde dieser Anlagentyp nicht im Rahmen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen nach DIN EN 12566 daraufhin geprüft. Da die Zugabe von chemischen Mitteln einer regelmäßigen Kontrolle, Wartung sowie Prozesskenntnisse abverlangt wurde bei der Auswahl der Pilotanlage bewusst darauf verzichtet. An oberster Stelle stand die Veranschaulichung des RTK-Verfahrens als Pilotanlage und dem Nachweis der damit erzielbaren hohen Reinigungsleistung.

Zusammenfassung der RTK Untersuchungsergebnisse und Einschätzung eines flächenmäßigen Einsatzes des Verfahrens im Miyun Einzugsgebiet

In Anbetracht des chinesischen Schadstoff-Emissionsstandards für kommunales Schmutzwasser aus Kläranlagen (GB 18918 - 2002, 2003) konnten die Grenzwerte von CSB und NH₄-N weitestgehend eingehalten werden. Bei einer stabileren Betriebsführung, die nach ca. 10 bis 14 Tagen nach der Inbetriebnahme einsetzt, können niedrigere Ablaufkonzentrationen erwartet werden. Bei beiden Parametern wurden die Anforderungen des nationalen Emissionsstandards an fünf von zehn Tagen nicht erfüllt. Für TN und TP konnten die Grenzwerte aufgrund nicht vorhandener denitrifizierender Prozesse sowie fehlender chemischer Phosphatfällung nicht eingehalten werden. Unter optimalen

Voraussetzungen, könnte die RTK-Anlage den nationalen Emissionsstandard der Klasse 1A für CSB erfüllen. Die Einhaltung der lokalen Grenzwerte (DB11/307-2005) scheint jedoch nicht realisierbar. Sämtliche Parameter übertrafen die lokalen Grenzwerte um ein Vielfaches. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass Deutsche Kleinkläranlagen für solche Ablaufwerte nicht ausgelegt sind. Die strengen lokalen Grenzwerte könnten nur mit großtechnischen Anlagen realisiert werden. Aufgrund der großen Distanzen zwischen den einzelnen Hausanschlüssen, wären die Kosten für eine zentrale Kläranlage jedoch zu hoch. Unter Berücksichtigung der strengen gesetzlichen Vorgaben käme als dezentrale Lösung nur eine abflusslose Sammelgrube in Frage, in der das anfallende Abwasser aufgefangen, gesammelt und durch Pumpfahrzeuge in regelmäßigen Zeitabständen entsorgt wird. Anschließend müsste das Abwasser der Pumpfahrzeuge in einer großen kommunalen Kläranlage mitbehandelt werden. Da diese bereits überlastet und teils gar nicht im Betrieb sind, scheint auch dieses Konzept als nicht wirklich realistisch. Hierfür müssten neue Kläranlagen gebaut bzw. bereits bestehende ausgebaut und außer Betrieb genommene Anlagen instandgesetzt werden. Aufgrund der strengen Gesetze gäbe es kaum weitere Alternativen. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass die Gesetze selbst angepasst werden. Durch die Einführung von Emissionswerten, die den Größenklassen von Kläranlagen angepasst sind, würde gesetzlich die Möglichkeit geschaffen Kleinkläranlagen (< 50 EWG) großflächig für die Abwasserreinigung im ländlichen Raum zu integrieren und zu vermarkten.

Komposttoilettenanlage

Mit der Errichtung einer Pilot-Komposttoilettenanlage nach den Ecosan-Prinzipien soll der Bevölkerung der nachhaltige Umgang mit Ressourcen nähergebracht werden. Der Schwerpunkt liegt in der Senkung des Wasserverbrauchs und Abwasseranfalls sowie der Schließung von Nährstoffkreisläufen (Abb. 24). Dafür werden Urin und Fäkalien separiert und ohne Gebrauch von zusätzlichem Spülwasser abgeleitet. Durch die Trennung von Urin und Fäkalien, wird die Bildung von Gerüchen vermieden. Zusätzlich lassen sich beide Ausscheidungsprodukte getrennt besser verwerten. Nach der Behandlung kann der Urin als Dünger und die Fäkalien als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft genutzt werden.

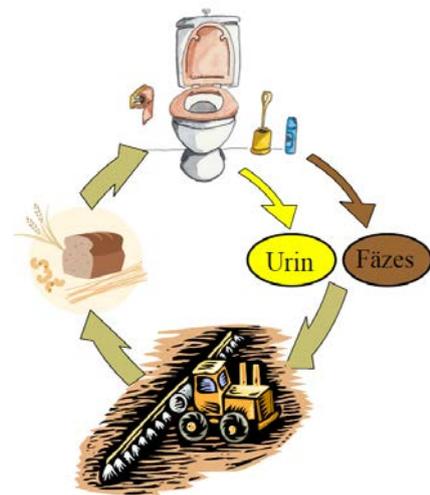


Abb. 24: Nährstoffkreislauf - Schema von der Düngergewinnung aus Exkrementen bis zur Rückführung in die Landwirtschaft

Auswahl des geeigneten Sanitärtyps, Vorplanung und Bauausführung

Während des Projektmeetings zwischen deutschen und chinesischen Projektpartnern vom 20.11. bis 26.11.2011 in Dresden, wurden die Details zur Planung der Komposttoilettenanlage überarbeitet. Unter kritischer Betrachtung und Abwägung der zahlreichen unterschiedlichen Systeme, wurde sich auf das einfache Zwei-Kammer UDDT- (Urine Diversion Dry Toilet) Verfahren geeinigt. Dieses Verfahren ist in seiner Handhabung einfach, bedarf aber dennoch regelmäßiger Wartung. Die Einarbeitung des Wartungspersonals bedarf keiner technischen Kenntnisse oder einer spezifischen Ausbildung. Eine Schulung bzw. Einweisung ist ausreichend. Hierfür wurden die zuständigen Personen der Behörde in der Handhabung und Wartung der Komposttoilettenanlage instruiert. An Ihnen liegt die Aufklärungsarbeit und Einweisung des Wartungspersonals.

Das Augenmerk bei der Komposttoilette lag im Design. Es wurde eine Bauweise ohne den Import zusätzlicher Materialien angestrebt. Im Hinblick auf Ökonomie und Ökologie sollte die Errichtung der Toilettenanlage ausschließlich mit lokalen Baustoffen erfolgen. Dies ermöglicht bei Akzeptanz dieses Konzeptes der Bevölkerung in weitgehender Eigenleistung solche Anlagen selber zu planen, zu bauen und zu betreiben. Dadurch kann ein schrittweiser Ausbau ermöglicht werden. Der Erfolg für die Verbreitung solcher Anlagen in der ländlichen Region wird durch die Öffentlichkeits- und Aufklärungsarbeit bestimmt. Aus diesem Grund wurde das sehr ländlich geprägte Dorf Huangyukou für die Errichtung dieser Pilottoilettenanlage ausgewählt. Denn neben der Abgeschiedenheit und dürftigen Infrastruktur eignet sich die Ortschaft vor allem wegen der geplanten Tourismusintegration in der Region. Im Dorf wurde zu diesem Zweck ein naturwissenschaftliches Bienenmuseum errichtet, welches zukünftig den Touristenstrom fördern soll. Dies ist eine optimale Voraussetzung für den Standort der Komposttoilette, denn er fungiert als Schnittstelle zwischen Touristen und der Landbevölkerung. Die Landbevölkerung hat die Möglichkeit das Prinzip und die Funktionsweise einer solchen Toilettenanlage kennenzulernen. Es besteht die Möglichkeit, sich mit den Vorteilen einer solchen Anlage vertraut zu machen und eventuell bestehende Vorurteile zu beseitigen. Durch die Touristen kann das Konzept mit Hilfe des positiven Feedbacks in anderen ländlichen Gemeinden ebenfalls Anklang finden und somit zu einer flächendeckenden Anwendung beitragen.

Der Besuch deutscher Projektpartner in Miyun zur Reparatur der RTK-Anlage wurde gleichzeitig für ein Meeting zur letzten Detailabsprache bezüglich der Konstruktion der Komposttoilettenanlage genutzt, bevor es in die Ausführung der Planung ging. Die bereits aus den Gesprächen des Dresdner Treffens geänderten Pläne wurden erneut vorgestellt und den Änderungswünschen der chinesischen Projektpartner angepasst. Nach den letzten Änderungen wurde im Juni 2012 mit dem Bau der Toilettenanlage begonnen. In Abb. 25 bis Abb. 28 ist der Aufbau der Komposttoilettenanlage zu sehen.



Abb. 25: Draufsicht - Arbeiten am Rohbau



Abb. 26: Frontsicht - Arbeiten am Rohbau



Abb. 27: Rückansicht des Rohbaus mit Einsicht auf die Trockenkammern



Abb. 28: Frontansicht des Rohbaus nach Aufbringung der Putzschicht

Anfang Juli 2012 war die Komposttoilettenanlage mit Innenausstattung fertiggestellt. In den folgenden Abbildungen (Abb. 29 bis Abb. 32) ist das Toilettengebäude nach der Fertigstellung in verschiedenen Ansichten zu sehen.



Abb. 29: Fronansicht des Toilettengebäudes



Abb. 30: Seitenansicht mit Blick auf die Rampe



Abb. 31: Rückansicht mit Blick auf die Trockenkammertüren und Lüftungsrohre



Abb. 32: Seitenansicht mit Blick auf die Treppe

Im August 2012 erfolgte die gemeinsame Besichtigung und Bauabnahme im Beisein der für das Teilprojekt zuständigen chinesischen und deutschen Projektpartner (Abb. 33).



Abb. 33: Besichtigung und Bauabnahme des Toilettengebäudes in Huangyukou mit chinesischen und deutschen Projektpartnern: (von links nach rechts) Bo Zhang (Projektbearbeiter vom Soil and Water Conservation Centre, Miyun), Xue-Dong Ma (Leiter der Water Resource Management Station, Shicheng town, Miyun), Dr. Shi-Rong Li (Mitarbeiter des Soil and Water Conservation Centre of Beijing), Prof. Dr. – Ing. habil. Hartmut Eckstädt (Projektleiter Teilprojekt II, Universität Rostock), M.Sc. Mathias Gießler (Projektbearbeiter, Universität Rostock), Janina Dreier (Studentin, Universität Rostock)

Design und Funktionsweise des Komposttoilettengebäudes

Das Toilettengebäude besitzt drei Toilettenräume, einen für Frauen, einen für Männer und eine für behinderte Menschen. Zusätzlich gibt es einen Raum für das Wartungspersonal, in dem Platz für Tisch und Stühle ist. An den Außenwänden des Gebäudes sowie in den Toilettenräumen wurden, zur

Erläuterung der Funktionsweise und Handhabung der Komposttoilettenanlage, Hinweisschilder angebracht (Abb. 34 und Abb. 35). An den Türen zu den Toilettenräumen sind mechanische Zähler montiert, um die genaue Besucherzahl in den nächsten Jahren ermitteln zu können.



Abb. 34: An der Außenwand angebrachtes Erläuterungsschild



Abb. 35: Im Innenraum angebrachtes Hinweisschild für die Nutzung und Handhabung

Jeder Toilettenraum ist mit einem Waschbecken und der Wartungsraum (Abb. 36) mit einem zusätzlichen Ausgussbecken ausgestattet. Das über die Waschbecken anfallende gering belastete Grauwasser wird über eine Sammelleitung in einen vertikalen Sand-Kiesfilter zur Versickerung gebracht. Der Filter hat eine Maße von 2,40 m x 1,20 m und eine Tiefe von 1,30 m. Die Layer des Filters bestehen aus einem 30 cm tiefen 2/8 Korn Kiesgemisch, einem 50 cm tiefen 0/4 Korn Sandgemisch und anschließend wieder einem 30 cm tiefen 2/8 Korn Kiesgemisch. Abgedeckt ist der Filter mit 20 cm des ursprünglichen Bodenmaterials. Damit aus dem geschlitzten Verteilungsrohr das Grauwasser nicht horizontal wegläuft, ist der Filter in seiner gesamten Höhe mit einer Folie an den Außenseiten abgedichtet.

In den Räumen für Männer und Frauen sind jeweils zwei Hocktoiletten vorhanden (Abb. 37). Die Hocktoiletten besitzen im vorderen Bereich eine Fassung, in der der Urin aufgefangen und abgeleitet wird und im hinteren Bereich ist eine kreisrunde Öffnung für die Defäkation. Auch wenn in öffentlichen Gebäuden, Hotelanlagen und Restaurants Sitztoiletten immer mehr Anklang finden, ist die Hocktoilette landesüblich und noch weitgehend verbreitet. Für die Trennung von Urin und Fäkalien eignen sich Hocktoiletten gut und sind im Gegensatz zu Sitztoiletten, mit Trennverfahren in dieser

Region erhältlich. Im Toilettenraum für Männer sind neben den zwei Hocktoiletten zusätzlich zwei herkömmliche Urinale installiert, die jedoch ohne Spülwasser betrieben werden. Der Toilettenraum für Behinderte ist mit einer aus Edelstahl selbstgebauten Sitztoilette mit integrierter Urinfassung sowie einem Urinal ausgestattet (Abb. 38). Für eine behindertengerechte Nutzung sind am Urinal und an der Sitztoilette Handhalterungen montiert. Unterhalb der Toiletten befinden sich Trockenkammern, in der die Fäkalien aufgefangen, gesammelt und kompostiert werden (Abb. 39).



Abb. 36: Frontansicht auf den Wartungsraum



Abb. 37: Toilettenraum mit zwei Hocktoiletten



Abb. 38: Toilettenraum für Behinderte mit Urinal und selbstkonstruierter Sitztoilette aus Edelstahl



Abb. 39: Eine der 5 Trockenkammern unterhalb der Toiletten mit Lüftungsrohr (vorderes Rohr)

Von den zwei Hocktoiletten im Raum für Männer und in dem für Frauen ist jeweils nur eine Hocktoilette in Betrieb. Dies hängt mit den zyklischen Phasen der Akkumulation und der Kompostierung der Fäkalien zusammen. Die Toilette für Behinderte besitzt nur eine Trockenkammer, da von chinesischer Seite von einer sehr geringen Nutzung ausgegangen wird. In der Handhabung der Toilettenanlage bedeutet dies, dass die in der Trockenkammer der Behindertentoilette anfallenden Fäkalien, auf die anderen Kammern, bevor die Hauptrottenphase beginnt, verteilt werden. Bei den Räumen mit Hocktoiletten ist jeweils nur eine Hocktoilette in Nutzung, denn während die darunterliegende Kammer in der Akkumulationsphase ist, ist die zweite Kammer in der Hauptrottenphase. Während dieser Phase dürfen keine neuen Fäkalien eingebracht werden, weshalb

die Kammer über diesen Zeitraum versiegelt und die darüber liegende Hocktoilette nicht in Nutzung ist. Sind die Trockenkammern bis zu 80 % gefüllt, werden diese versiegelt und es beginnt die Hauptrottenphase. Die anschließende Verweilzeit in den Kammern beträgt nach WHO (2006) bei einer Umgebungstemperatur zwischen 2 - 20 °C ca. 2 Jahre. Entsprechend der Verweilzeit sind die Trocknungskammern so ausgelegt, dass während der Hauptrottenphase von 2 Jahren, die über den Zeitraum anfallenden Mengen an Fäkalien, in der anderen Kammer gesammelt und gespeichert werden können. Nach Aussage der chinesischen Projektpartner wird mit einem Besucheraufkommen von 50 Personen pro Tag gerechnet. Das Volumen der Trockenkammern beträgt je 1,30 m³. Das Hauptziel der Lagerung ist es, durch den Kompostierungsprozess, einen hygienisch unbedenklichen Zustand der Fäkalien zu erlangen. Durch die schichtweise Zugabe von Sägemehl, Stroh oder Asche-Sand-Gemischen in der Kammer, erhöht sich der pH-Wert und bewirkt somit ein Absterben von Krankheitserregern. Zusätzlich wird dadurch eine Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes bewirkt und verringert somit Gerüche und festigt die Konsistenz. Das Absterben der Krankheitserreger steht außer dem pH-Wert noch im engen Zusammenhang mit der Temperatur und der Feuchtigkeit. Je höher die Temperatur und geringer die Feuchtigkeit desto höher ist die Sterberate der Keime. Während der Kompostierungsphase (inklusive Hauptrottenphase) werden die meisten pathogenen Bakterien, Viren, Protozoen und Parasiten abgetötet. Allerdings kann das Kompostendprodukt E-coli und Salmonellen enthalten (WHO 2006, Stintzing 2007).

Über eine Leitung DN 80 wird der Urin von den Urinalen und den Urinfassungen der Hock- sowie Sitztoilette gefasst und in einen der zwei Urinspeichertanks geleitet. Damit keine Ablagerungen und somit Gerüche oder Inkrustationen entstehen, wurde die Leitung mit einem Gefälle von 1 % installiert. Die Leitungen, die in den Tanks münden, reichen bis kurz vor der Bodenplatte um einen zusätzlichen Eintrag von Sauerstoff im gespeicherten Urin zu vermeiden. Zusätzlich wird damit auch die Ammoniak-Strippung verhindert und verringert die Gefahr von Stickstoffverlusten (Stintzing 2007, Deegener et al. 2009). Um eine zyklische Beschickung der Urintanks zu ermöglichen wurde eine Apparatur bestehend aus einem T-Formstück und zwei Schiebern, außerhalb des Gebäudes in einem Schacht nahe den Tanks, montiert (Abb. 40).



Abb. 40: Armatur für die manuelle Regelung zur Beschickung eines der zwei Urintanks

Es ist jeweils nur ein Tank für die Speicherung in Betrieb. Sinngemäß der Trockenkammern findet auch bei den Urintanks ein zyklischer Wechsel zwischen einer Speicher- und Entkeimungsphase statt. Die Speichertanks besitzen ein Volumen von je 1,25 m³, sind wasserundurchlässig und wurden so ausgelegt, dass jeder Tank den über 6 Monate anfallenden Urin speichern kann (nach Vorgabe von Deegener et al. 2009). Dieser Zeitraum entspricht der von der WHO für gemäßigtes kontinentales Klima empfohlenen Speicherzeit um die im Urin enthaltenen Krankheitserreger abzutöten (WHO, 2006). Urin eines gesunden Körpers ist an und für sich keimfrei, jedoch können im Urin auch Bakterien und Viren enthalten sein. Das Absterben wird beeinflusst durch hohe pH-Werte, hohe Temperaturen und hohen Ammoniumkonzentrationen. Die meisten Bakterien sterben innerhalb von Tagen ab – unbeachtet der Temperatur – während sich die Anzahl von Viren bei geringeren Temperaturen nicht vermindert. Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass nach einer Speicherzeit von 6 Monaten immer noch Viren enthalten sind. Um dieser Tatsache gerecht zu werden, ist die Art der landwirtschaftlichen Nutzung des Urins abhängig von der Lagerungstemperatur, der Dauer und dem Verdünnungsgrad. Findet die Lagerungszeit von sechs Monaten hauptsächlich in kalten Monaten (November bis März) statt, kann der Urin zur Düngung von Futterpflanzen und Nahrungspflanzen, die verarbeitet, verwendet werden. Jedoch sollte keine Düngung bei Grasland erfolgen dessen Erzeugnisse ohne Verarbeitung an Tiere weiter verfüttert wird. Bei einer Lagerung des Urins die hauptsächlich in warmen Monaten stattfindet (April bis Oktober) kann der Urin unbedenklich bei allen Feldfrüchten als Dünger aufgetragen werden. Für Nahrungspflanzen, die ohne Verarbeitung verzehrt werden, ist es empfehlenswert, dass die Düngung mit Urin mindestens ein Monat vor der Ernte geschieht, damit der Urin in den Boden infiltrieren kann (WHO 2006, Stintzing 2007).

Nutzung von Urin und Fäkalien als Dünger bzw. Bodenverbesserer

Nach erfolgter Kompostierung der Fäkalien und Entkeimung des Urins können die Ausscheidungsprodukte mit ihren enthaltenen Nährstoffen in die Landwirtschaft zurückgeführt werden. Urin enthält mehrere Makronährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Kalium und Schwefel. Vor

allem Stickstoff und Phosphor sind für das Pflanzenwachstum essentiell. Im Gegensatz zu Fäkalien enthält Urin mehr Nährstoffe (Jönsson 2004). Der Mensch scheidet pro Jahr ca. 550 Liter Urin und 50 kg an Fäkalien aus. In der Summe der Ausscheidungsprodukte sind 4 - 5 kg an Stickstoff, 1,2 kg an Kalium und 0,7 kg an Phosphor enthalten. Davon werden 80 % des Stickstoffs, 80 % des Kaliums und 55 % des Phosphors durch den Urin ausgeschieden. Der Nährstoffgehalt im Urin beträgt 7 g N / l, 3,5 g K / l und 0,7 g P / l (Jönsson et al. 2004). Im Vergleich zu Mineraldüngern beträgt der Düngereffekt des Urins in Bezug auf Stickstoff 90 % und der Düngereffekt bezüglich Phosphors ist gleichzusetzen mit dem von chemischen Düngemitteln (Kirchmann & Pettersson 1995, Stintzing 2001). Mit der Annahme, dass je nach Pflanzenart 100 - 200 kg/ha (Stintzing 2007) an reinem Stickstoff benötigt wird, können mit dem Inhalt eines Urintanks der Komposttoilettenanlage ca. 450 - 900 m² gedüngt werden. Würde dieses Konzept flächendeckend auf alle Haushalte im Miyun Einzugsgebiet Anwendung finden, kann allein durch die Einwohner 1.330 t Stickstoff und 152 t Phosphor aus dem Urin gewinnen. Damit ließen sich 6.650 bis 13.300 ha Ackerfläche düngen. Je nach Verwendung wird der Urin verdünnt oder unverdünnt als Dünger aufgetragen. Unverdünnt kann Urin vor der Aussaat direkt auf den Boden aufgebracht werden. Mit Verdünnungsverhältnis 1:10 bis 4:10 werden Nutzpflanzen gedüngt, die gerade begonnen haben zu wachsen. Ein gutes Verdünnungsverhältnis für alle Pflanzen ist 1:8 (Deegener et al. 2006).

Verglichen mit dem Nährstoffgehalt des Urins sind in Fäkalien weniger Nährstoffe enthalten. Jedoch besitzen Fäkalien einen höheren Gehalt an organischen Stoffen und lassen sich somit gut als Bodenstrukturverbesserer einsetzen. Die kompostierten Fäkalien können in der Landwirtschaft in gleicher Menge und Weise wie tierische Gülle auf die Felder aufgetragen werden (Stintzing 2007). Mit dem auf der Komposttoilette generierten Kompost könnten je nach Mischungsverhältnis (Anteil Kompost zu Boden) 800 - 1500 m² bewirtschaftet werden. Für eine großangelegte Landwirtschaft sind diese Mengen zu gering. Doch zur Demonstration der Toilettenanlage oder bei Vervielfältigung dieses Sanitärkonzepts für Familienhaushalte mit Grundstücken, könnte der Kompost für die Produktion von Pflanzenerde oder im Gartenbau verwendet werden.

In Anbetracht des zunehmenden Konsums von Medikamenten und pharmazeutischen Produkten steigt die Belastung von Hormonen und mikrobiellen Schadstoffen in Exkrementen an. Winker (2009) bestätigte, dass durch das Auf- oder Eintragen des Urins bzw. Kompost in den Boden ein Abbau pharmazeutischer Substanzen durch biologische Prozesse erzielt wird. Abgesehen davon, ist der menschliche Konsum an Pharmazie minimal im Vergleich zu den in der Viehzucht verwendeten antibiotischen Substanzen als Wachstumsförderer. Demnach ist die hormonelle und pharmazeutische Belastung beim Auftragen von Gülle größer als beim Aufbringen von menschlichen Urin und Fäkalien. Zusätzlich kommt beim Ackerbau neben der Düngung auch der Einsatz von pharmazeutischen Substanzen, wie Insektizide, Fungizide, Bakterizide und Herbizide zur

Schädlingsbekämpfung, die eine zusätzlich höhere Belastung für den Boden erwirken (GTZ 2001). Bei Abwägung der Fakten und unter Berücksichtigung der WHO Richtlinien zur Verwendung von Urin und Fäkalien als Düngemittel, können die durch den Menschen aufgenommenen und zum Teil wieder ausgeschiedenen Nährstoffe, auch unter Vorbehalt einer geringen hormonellen und pharmazeutischen Belastung ihrer Umwelt zurückgeführt werden.

Implementierung der Pilotanlagendaten in das STOFFBILANZMODELL zur Simulation der Minderungseffekte bezüglich der Stoffeinträge in das Miyun -Reservoir

Im Rahmen zur Überprüfung des Minderungseffektes der zwei Sanitärkonzepte wurden die erhobenen als auch die kalkulierten Daten vom GALF in das Stoffbilanzmodell integriert um deren Effektivität auf eine N- bzw. P-Reduktion aufzuzeigen. Für die Einschätzung der maximal möglichen Reduzierung durch eine im Einzugsgebiet flächendeckende Abwasserreinigung mit RTK-Anlagen, wurde in einem Szenario angenommen, dass 100 % der Direkteinleiter einer RTK-Anlage vorgeschaltet werden. Bei einer angenommenen Reinigungsleistung von 68,5% beträgt die N-Reduzierung dann 168 t a⁻¹. In einem weiteren Szenario wurde angenommen, dass alle Direkteinleiter im ländlichen Raum mit Komposttoilettenanlagen ausgestattet werden. Die dabei gesammelten Fäkalien werden zu 100% als Dünger verwendet und die derzeit eingesetzte Mineraldüngermenge für N und P durch dieses Nährstoffäquivalent ersetzt. Demnach könnten im Vergleich zum Ist-Zustand ca. 3 % des Stickstoff- und ca. 19 % des Phosphoreintrages ins Reservoir vermindert werden.

Weitere Details sowie Ergebnisse der mit STOFFBILANZ simulierten Szenarien und die daraus resultierenden Minderungsmaßnahmen sind dem Abschlussbericht des Partners GALF (TP III) zu entnehmen.

Verwendete Literatur

AbwV (2012): Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer in der Fassung und Bekanntmachung vom 17.06.2004, zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 8 G vom 24.02.2012, BGBl. I S. 212.

ATV-HANDBUCH (1997): Biologische und weitergehende Abwasserreinigung. 4. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin

Baidu (2008a) : Baidu Enzyklopädie - Informationen zur Großgemeinde Shicheng.
URL:<http://baike.baidu.com/view/1144051.htm> (Stand Sept. 2011)

Baidu (2008b): Baidu Enzyklopädie - Informationen zum Dorf Shicheng.
URL:<http://baike.baidu.com/view/182440.htm> (Stand Sept. 2011)

Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung (2007): Ländliche Räume Chinas.
Online-Handbuch Demografie. URL: <http://www.berlin-institut.org/onlinehandbuchdemografie.html>
(Stand Sept. 2011)

- Bever, J.; Stein, A.; Teichmann, H. (2002): Weitergehende Abwasserreinigung. 4. Auflage, Oldenbourg Industrieverlag, München.
- Blank, A. (2009): Einfluss der Abwassertemperatur auf Bemessung, Auslegung und Reinigungsleistung von Scheibentauchkörpern. Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe.
- Brown, L. (2001): How water scarcity will shape the new century. *Water Science and Technology* (43), pp. 17–22.
- CN GOV 1 (2000): Nationaler ständiger Ausschuss des Volkskongresses der VR China. Wassergesetz der VR China, URL: http://news.xinhuanet.com/zhengfu/2002-08/30/content_543914.htm (Stand Sept. 2012)
- CN GOV 2 (1996): Nationaler ständiger Ausschuss des Volkskongresses der VR China. Gesetz zur Verhütung und Kontrolle der Wasserverschmutzung, URL: http://www.zhb.gov.cn/law/law200802/t20080229_118802.htm (Stand Sept. 2012)
- DB11/307-2005 (2005): Lokaler Standard für Wasserschadstoffemissionen von Beijing für kommunales Schmutzwasser. URL: <http://www.bjepb.gov.cn/bjhb/Portals/0/fujian/zwgk/flfg/gfxwj2010/%E6%B0%B4%E6%B1%A1%E6%9F%93%E7%89%A9%E6%8E%92%E6%94%BE%E6%A0%87%E5%87%86DB11-307-2005.pdf> (Stand Aug. 2012)
- Deegener, S.; Wendland, C.; Samwel, A.; Samwel, M. (2009): Sustainable and Safe School Sanitation – How to provide hygienic and affordable sanitation in areas without a functioning wastewater system. Women in Europe for a Common Future - WECF. URL: http://www.wecf.eu/download/2009/wecf_school_sanitation_english.pdf (Stand Nov. 2011)
- Deegener, S.; Samwel, M.; Gabizon, S. (2006): Urine Diverting Toilets – Principles, Operation and Construction. Women in Europe for a Common Future - WECF. URL: http://www.wecf.eu/cms/download/urine_divert_toi.pdf (Stand Nov. 2011)
- DIBt (2012): Zulassungsgrundsätze für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Kleinkläranlagen – Stand Mai 2012. Deutsches Institut für Bautechnik. URL: http://www.dibt.de/en/Divisions/data/Aktuelles_II_3_ZG_KKA_Stand_Mai_2012.pdf (Stand Feb. 2013)
- DIBt (2009): Prüfbericht Kleinkläranlage Typ RTK-HB der Firma IBB Umwelttechnik GmbH für die bautechnische Zulassung. Universität Rostock, Institut für Umweltingenieurwesen.
- DIN EN 12566 (2009): Kleinkläranlagen für bis zu 50 EW. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth, Berlin.
- DLG (2009): Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. Bilanzierung der Nährstoffaus-scheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere – Hähnchenmast. Arbeiten der DLG/Band 199 des DLG Arbeitskreises Futter und Fütterung. URL: http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/Haehnchenmast-Aktualisierung_2009.pdf. (Stand Aug. 2011)
- Duan, S. (2011): persönliche Mitteilungen mit Prof. Shuhuai Duan, Beijing Soil and Water Conservation Center.
- Enders, S. (2005): Miyun - Integrated watershed management for the protection of Beijing's drinking water. Research Experience for Undergraduates, Yale Universität. URL: <http://forestry.msu.edu/China/New%20Folder/S.Enders-Miyun.pdf> (Stand Mrz. 2011)

Flasche, K. (2002): Einsatzmöglichkeiten und Leistungsfähigkeit von Kleinkläranlagen. Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Heft 120, Leibnitz Universität, Hannover.

GB 18918-2002 (2003): Umweltministerium der VR China. Schadstoff-Emissionsstandard für kommunales Schmutzwasser aus Kläranlagen. URL:http://english.mep.gov.cn/standards_reports/standards/water_environment/Discharge_standard/200710/t20071024_111808.htm (Stand Aug.2012)

GB 8978-1996 (1998): Umweltministerium der VR China. Staatlicher Abwasser-Emissionsstandard. URL: http://english.mep.gov.cn/standards_reports/standards/water_environment/Discharge_standard/200710/t20071024_111803.htm (Stand Aug. 2012)

GIZ (2011): Technology Review - Urine diversion components. URL: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib-2011/giz2011-0270en-urine-diversion.pdf> (Stand Nov. 2011)

Hach Lange (2008): Praxisbericht. Geprüfte Qualität: Ringversuche mit LANGE Küvetten -Tests. URL: <http://www.hach-lange.de/view/content/facetsearch?query=aqs&defaultvalue-clone-aab9=Suche...&type=All#> (Stand Okt. 2012)

Hach Lange (2006): Produkt-Information. LANGE Küvetten -Tests – das Original. URL: <http://www.hach-lange.de/view/content/facetsearch?query=k%C3%BCvetten+test+original&defaultvalue-cloneae8a=Suche...&type=Document> (Stand Okt. 2012)

Hartmann, L. (1992): Biologische Abwasserreinigung. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin.

Jie, Y. (2009): Discharge features of rural domestic wastewater from different types of villages in water source protection area in Miyun reservoir of Beijing. *RDA Journal of Agro-Environment Science* 28 (6), pp. 1200–1207.

Jönsson, H.; Stinzing, A.R.; Vinnerås, B.; Salomon, E. (2004): Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production. EcoSanRes Publications Series, Report 2004-2, Sweden, URL:http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf (Stand Nov. 2011).

Mengni, Jiao & Jiagang, Liu (2010): Forschung für Zustand und Optimierung der Einsetzung für Wasserressourcen. *Beijing Water*, 2010, Vol.2, Artikel-Nr: 1673-4637 (2010) 02-0015-03.

MEP (1997): Ministry of Environmental Protection of the PRC: The National Standards of the People's Republic of China - Environmental Quality Standards for Surface Water. <http://english.mep.gov.cn/SOE/soechina1997/water/standard.htm> (Stand Mai 2011)

Miyun statistical information net (2009): Untersuchungsbericht für die kommunale Wasserverbrauchssituation in Miyun - 2009, URL:<http://www.my.bjstats.gov.cn/Page/272/InfoID/9696/SourceId/651/PubDate/2010-02-11/default.aspx> (Stand Sept. 2001)

Ongley, E.; Xiaolan, Z.; Tao, Y. (2010): Current status of agricultural and rural non-point source Pollution assessment in China. *Environmental Pollution* 158 (5), pp. 1159–1168.

Sternfeld, E. & Peisert, C. (2004): Quenching Beijing's Thirst: The Need for Integrated Management for the Endangered Miyun Reservoir. *China Environmental Series* 7, pp. 33–46.

Stinzing, A.R. (2007): Urine Diverting Toilets in Climates with Cold Winters - Technical considerations and the reuse of nutrients with a focus on legal and hygienic aspects. *WECF Women in*

Europe for a Common Future, http://www.wecf.eu/cms/download/2007/WP-26_web-07.pdf (Stand Nov. 2011).

WHO (2006): Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume IV – Excreta and Greywater Use in Agriculture. URL: http://www.who.int/watersanitation_health/wastewater/gsuweg4/en/index.html (Stand Nov. 2011)

Winker, M. (2009): Pharmaceutical residues in urine and potential risks related to usage as fertiliser in agriculture, PhD thesis, Technical University of Hamburg-Harburg, Institute of Wastewater Management and Water Protection, Germany, <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2009/557>

WMO (2012): World Meteorological Organization. World Weather Information Service. URL: <http://worldweather.wmo.int/001/c00237.htm> (Stand Okt. 2012)

WW HB (2012): Das Internetportal für Wasser und Abwasser. Institut für Umweltverfahrenstechnik - Universität Bremen. URL: <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/d/denitrifikanten.htm> (Stand Sept. 2012)

Zhang, C. (2009): Decentralized sewage remediation in drinking water source protection zones of rural areas in Beijing. China University of Mining and Technology.
URL: http://www.ecosan.org.cn/wp-content/uploads/Zhang_descentralised_sewage_Beijing_October_20091.pdf (Stand Aug. 2011).

Zhang, W. (2005) Ökologische Siedlungswasserwirtschaftliche Konzepte für urbane Räume Chinas unter Berücksichtigung deutscher Techniken und Erfahrungen. PhD thesis. TU Darmstadt, Darmstadt.

Zhao, S., Wong, K. (2002): The sustainability dilemma of China's township and village enterprises: an analysis from spatial and functional perspectives. *Journal of Rural Studies*, (18), pp. 257-273.

Zhengjun, W.; Jianming, H.; Guisen, D. (2008): Use of satellite imagery to assess the trophic state of Miyun Reservoir, Beijing, China. *Environmental Pollution* 155, pp. 13–19.

1. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Eine detaillierte Abrechnung des Vorhabens wird durch die Zentrale Universitätsverwaltung der Universität Rostock vorgenommen und an den Zuwendungsgeber fristgemäß übergeben. Basierend auf den von dort abgeforderten Zahlen enthält Tab. 9 eine Übersicht über die wesentlichsten ökonomischen Kennziffern.

Tab. 9: Soll-Ist-Vergleich der wesentlichen ökonomischen Kennziffern

Position	Soll	Ist	Differenz
0812 Personalausgaben	77.304,00 €	78.023,72 €	-719,72 €
0822 Beschäftigungsentgelte	11.883,00 €	8.303,18 €	3.579,82 €
8035 Vergabe von Aufträgen	5.000,00 €	3.534,04 €	1.465,96 €
0843 Verbrauchsmaterial	10.000,00 €	11.373,57 €	-1.373,57 €
0846 Dienstreisen (In-/Ausland)	20.744,00 €	15.460,93 €	5.283,07 €
0850 Geräte ab 400 €	13.256,00 €	15.116,27 €	-1.860,27 €
Summe Zuwendung	145.405,70 €	131.811,71 € + 6.581,17 €(PP)	4.086,14 €

Aus Tab. 9 ist ersichtlich, dass der veranschlagte Kostenrahmen für das Projekt eingehalten und ein Kassenbestand von ca. +4.086,14 € erzielt wurde. Dieser Kassenbestand wurde bereits im Februar 2013 an den Zuwendungsgeber zurückgegeben. Die genehmigte Laufzeitverlängerung bis Ende Dezember 2012 führte zu einem geringen Fehlbetrag bei den Personalausgaben. Auch bei den Positionen Geräte ab 400 € und Verbrauchsmaterial wurde der vorgesehene Soll-Betrag überzogen, einerseits ergaben sich Reparaturkosten die zuvor nicht voraussehbar waren und des Weiteren waren die Anschaffungskosten der Geräte (Rotationstauchkörperanlage, Spektralphotometer) höher als erwartet. Sämtliche Überziehungen der einzelnen Positionen konnten durch Einsparungen in anderen Positionen kompensiert werden. Zusammenfassend wird eingeschätzt, dass die Zuwendungssumme ausreichend war, um die im Projektantrag fixierten Leistungen in quantitativer und qualitativer Hinsicht zu erfüllen.

2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das Ziel des deutsch-chinesischen Forschungsprojektes bestand in der Entwicklung und Implementierung eines wissenschaftlich fundierten Managementsystems zur Reduktion von diffusen Stoffeinträgen in das Miyun-Trinkwasserreservoir, dem derzeit wichtigsten Trinkwasserlieferanten für den Großraum Beijing. Überdüngung, Monokulturen, intensive Viehhaltung, unkontrollierte Abfallbeseitigung, mangelnde Abwasserreinigung und zu hohe Wasserentnahme in Verbindung mit rückläufigen Niederschlägen führten zur zunehmenden Verschlechterung der Wasserqualität des Miyun Reservoirs. Zur Sicherung der Wasserversorgung im Ballungsgebiet von Beijing ist daher ein ressourcenschonenderes und integriertes Management des Miyun-Einzugsgebietes unumgänglich. Im laufenden Projekt standen neben den diffusen Stoffeinträgen aus der Landwirtschaft auch die punktuellen Eintragspfade aus und Siedlungen im Fokus. Obgleich die Abwässer der chinesischen

Megastädte größtenteils in modernen vollbiologisch arbeitenden Anlagen behandelt werden, ist der Zustand der Abwasserbehandlung im ländlichen Raum desolat. Schätzungsweise 47 % der Bevölkerung Chinas leben in ländlichen Siedlungen (Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung 2007). Nach Zhao und Wong (2002) werden nur bei etwa 5 % der im ländlichen Raum anfallenden Abwässer die erlaubten Einleitungsgrenzwerte eingehalten. Meist wird das Abwasser ohne oder nach rein mechanischer Behandlung in den Boden oder ein Gewässer geleitet (Zhang 2009). Biologische Abwasserbehandlungsverfahren sind auf dem Lande weitgehend unbekannt (Zhang 2005). Für das Einzugsgebiet des Miyun-Reservoirs existieren bisher nur wenige Kläranlagen, wenn dann nur in großen Siedlungen. Zur beispielhaften Durchführung von Maßnahmen und Konzeption technischer Lösungen, mit dem Ziel der Reduktion der Nährstoffeinträge, wurden zwei unterschiedliche Sanitärkonzepte in Form von Pilotanlagen errichtet. Dabei wurden die im Projektantrag beschriebenen Verfahrensweisen auf den Standort hin sondiert und angepasst. Die in der Nähe der Touristenattraktion, am Ablauf einer öffentlichen Toilette installierte Rotationstauchkörperanlage wurde zur Demonstration der Reinigungsleistung von biologischen Kleinkläranlagen und zu Schulungszwecken genutzt. Das technische Verständnis über die mechanischen und biologischen Prozesse sowie das Interesse der chinesischen Projektpartner für diesen Anlagentyp konnten geweckt werden. Als zweites Sanitärkonzept wurde im landwirtschaftlich geprägten Dorf Huangyukou eine Pilottoilettenanlage nach den Ecosan (ecological sanitation) Prinzipien errichtet. Der Schwerpunkt dieser Prinzipien liegt auf der Schließung der Nährstoffkreisläufe sowie der Senkung des Wasserverbrauchs und des Abwasseranfalls. Bei dieser alternativen Sanitärösung sind keine technischen Prozessverständnisse notwendig, das Wartungspersonal kann schnell und einfach geschult werden. Beide Konzepte lassen sich flächendeckend realisieren und würden zu einer starken Minderung von punktuellen Nährstoffeinträgen aus Siedlungen beitragen. Der ausschlaggebende Punkt für die Bevorzugung eines der beiden Konzepte ist die Finanzierung, denn die technische Lösung mit der RTK-Anlage ist weit kostenintensiver als die alternative Lösung mit der Komposttoilette. Hier ist auch die Regierung gefragt, ob der Bau solcher Systeme auch im privaten Bereich subventioniert wird. Das Einkommen der ländlichen Bevölkerung ist zu gering um die Kosten einer KKA zu finanzieren. Zwar ist der Bau bzw. Umbau einer herkömmlichen Toilette zu einer Komposttoilette im Vergleich zu den Kosten einer RTK-Anlage wesentlich geringer jedoch sind es zusätzliche Kosten und Mehraufwand, dieser muss erst einmal von der Bevölkerung geleistet und akzeptiert werden. Hierfür ist die Einbeziehung der Einwohner in solche Vorhaben unumgänglich, denn durch Aufklärungsarbeit kann Akzeptanz und Verständnis geschaffen werden. Eine Umfrage in den Referenzortschaften Shicheng, Huangyukou und Xiwanzi zeigte, dass die ländliche Bevölkerung ein Bewusstsein für den Wasserschutz besitzt und die Notwendigkeit von Wassereinsparungen versteht. Auf diesem Verständnis aufbauend könnten sich solche Konzepte flächendeckend durchsetzen.

3. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes

Im Forschungsantrag wurden zwei Komponenten bezüglich der Verwertbarkeit des Ergebnisses besonders hervorgehoben:

1. Bestandsaufnahme und Bewertung der Abwasserreinigung im ländlichen Raum in ausgewählten Zielgebieten - wurden genutzt um einen Überblick über den Ist-Zustand der Abwasserreinigungssysteme im Untersuchungsgebiet zu erhalten. Aufgrund fehlender Daten der Behörden über Abwasserqualität und -mengen erfolgte diese Bestandsaufnahme. Dabei wurden auf diesem Weg die Abwasserreinigungssysteme evaluiert. Somit konnte ein Überblick über die Leistungsfähigkeit dieser Systeme sowie über die Inhaltsstoffe des Rohabwassers gegeben werden. Die erhobenen Daten wurden für die Nährstoffbilanzierung der punktuellen Eintragspfade aus Siedlungen in STOFFBILANZ-Modell mit integriert. Es können damit Minderungsmaßnahmen für den Bereich des Nährstoffeintrags durch die Errichtung von Abwasserbehandlungsanlagen im ländlichen Raum prognostiziert werden.

2. Konzeption und beispielhafte Durchführung von Maßnahmen und technischen Lösungen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge aus Siedlungen - es wurden zwei Konzepte in Form von Pilotanlagen umgesetzt, sie veranschaulichen die unterschiedlichen sanitären Lösungsansätze, beide mit dem Ziel der Minderung von Nährstoffeinträgen aus Siedlungsflächen. Die RTK-Anlage dient der Demonstration des Stands der Technik in Deutschland und der Effizienz von biologischen Kleinkläranlagen. Das zweite Konzept, die Komposttoilette, wurde als alternatives Sanitärkonzept zur technischen Variante errichtet. Beide sanitären Lösungen erzielen eine Minderung der Nährstoffeinträge aus Siedlungsflächen. Aus Gründen des Komforts und Hygiene sind auch in der ländlichen Region hauptsächlich die Spültoiletten gefragt. Besonders in den touristischen Gebieten. Aufgrund der zerklüfteten Siedlungsstruktur, der daraus resultierenden langen Anschlusswegen ist eine zentrale Kläranlage aus ökonomischen Gründen nicht sinnvoll. Die als Pilotanlage vorgestellte dezentrale Lösung ist ein Ansatz um die Abwässer aus Hotelanlagen, öffentlichen Toiletten, Gewerbeflächen oder Wohnhäusern effizient zu reinigen. Jedoch gibt es zwei hemmende Faktoren, die einem großen Absatz von Kleinkläranlagen hemmen könnten. Ein hemmender Faktor sind die chinesischen Umweltgesetze und deren Emissionswerte für kommunale einzuleitende Abwässer, die vergleichsweise sehr streng sind und hinsichtlich der fehlenden Kategorisierung in Größenklassen keinen rechtlichen Rahmen für den Einsatz von Kleinkläranlagen schaffen. Der zweite Faktor sind die Kosten für Kleinkläranlagen. Bei einer ausreichenden Subventionierung durch den Staat und gleichzeitiger Anpassung der Umweltgesetze, würde besonders in der ländlichen Region von Miyun ein großer Absatzmarkt für Kleinkläranlagen entstehen. Die Entsorgung von Exkrementen ohne Spülwasser bietet nicht den hohen Komfort eines Wasserklosets, jedoch ergeben sich daraus viele andere Vorteile. Einerseits wird der Wasserverbrauch reduziert und somit auch Wasserkosten eingespart. Durch die Separierung von Urin und Fäkalien werden einerseits Gerüche vermieden und

zusätzlich kann der Urin als Dünger und Die Fäkalien als Bodenverbesserer verwertet werden. Besonders in der Landwirtschaft oder im Gartenanbau ist neben einer umweltgerechten Nährstoffkreislaufschließung ein weiterer positiver Nebeneffekt die eingesparten Kosten für Düngemittel. Für die Landbevölkerung ist dieses Konzept in der Umsetzung besonders geeignet, da es in Eigeninitiative umsetzbar und kostengünstig ist.

4. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZW bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens an anderen Stellen

Forschungsvorhaben, mit einem vergleichbaren Technologietransfer im Bereich der Kleinkläranlagen, wie im vorliegenden Projekt, waren für die Region Nordchina nicht recherchierbar. Bezüglich der Umsetzung von alternativen Sanitärsystemen nach Ecosan Prinzipien gab es im Vorfeld des Forschungsvorhabens bereits Projekte mit der Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) in Kunming und Guanxi - Südchina. Aber auch in Nordchina liefen diesbezüglich Projekte wie z.B. in Dongsheng (innere Mongolei). Die GIZ und die Ecological Sanitation Research (EcoSanRes) als Partner der Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA) veröffentlichen zahlreiche Broschüren und Merkblätter über deren Tätigkeiten im Bereich der Ecosan. In Berichten wurden Zusammenfassungen über die Projekte sowie gesammelte Erfahrungen im Bau und in der Wartung geschildert. Neben der Problematik mit Keimen und Krankheitserregern bei der Verwendung von Urin und Fäkalien als Dünger, sind seit einigen Jahren die hormonelle und pharmazeutische Belastung von Exkrementen und die Risiken bei deren Verwendung in der Landwirtschaft, im Fokus. Diesbezüglich gibt es noch Forschungsbedarf, vor allem unter dem Gesichtspunkt für eventuelle Konsequenzen für Umwelt und Mensch. Dabei steht vor allem die Abbauleistung der Böden in Bezug auf diese Substanzen im Vordergrund. Neben der Verunreinigung der Böden mit Mikroschadstoffen durch den Menschen, kommt der Großteil der Belastungen durch das Auftragen von Gülle, Klärschlämmen und Pestiziden.

Recherche der relevanten neuen Publikationen im Web of Science

Haq, G. und Cambridge, H. (2012): Exploiting the co-benefits of ecological sanitation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(4), 431–435.

Lamichhane, K., Babcock Jr., R. (2013): Survey of attitudes and perceptions of urine-diverting toilets and human waste recycling in Hawaii. *Science of The Total Environment*, 443: 749–756.

Lamichhane, K., Babcock Jr., R. (2012): An economic appraisal of using source separation of human urine to contain and treat endocrine disrupters in the USA. *Journal of Environmental Monitoring*, 14 (10), 2557-2565.

Winker, M. (2009): Pharmaceutical residues in urine and potential risks related to usage as fertiliser in agriculture, PhD thesis, Technical University of Hamburg-Harburg, Institute of Wastewater Management and Water Protection, Germany, <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2009/557>

5. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

- Giessler, M.; Meissner, R.; Engelke, P.; Eckstädt, H. (2013): Decentralized wastewater treatment concepts for mitigation of the nutrient input from rural settlements into the Miyun reservoir, China. *Water Science Technology – Water Supply*. (fullpaper submitted)
- Giessler, M.; Meissner, R.; Gebel, M.; Eckstädt, H.; Wang, X.; Duan, S. (2013): Mitigation of nutrient inputs from diffuse and point sources into the Miyun reservoir, China. 16th International Conference on Diffuse Pollution and Eutrophication, Beijing 18.-23.08.2013 (abstract submitted)
- Gießler, M.; Engelke, P.; Eckstädt, H.; Hagenau, J.; Meissner, R. (2012): Concepts for decentralized wastewater treatment in the Miyun catchment, China. Oral presentation and paper on the International Conference on IWRM: Interactions of Water with Energy and Materials in Urban Areas and Agriculture: BMBF-Session – Transfer of Water Technologies, 21.-22. November 2012, Karlsruhe.
- Gießler, M.; Engelke, P.; Eckstädt, H.; Meissner, R.; Hagenau, J.; Gebel, M. (2012): Concepts for Decentralized Wastewater Treatment for Reducing Nutrient Loads in the Miyun Reservoir. Poster – Presentation on the International Conference on IWRM: Interactions of Water with Energy and Materials in Urban Areas and Agriculture, 21.-22. November 2012, Karlsruhe.
- Kröger, C., Xu, A., Duan, S., Zhang, B., Eckstädt, H., Meissner, R. (2012): Situation of sanitary systems in rural areas in the Miyun catchment, China. In: *Water Science and Technology*. 66 2012, Nr. 6, S. 1178 - 1185.
- Kröger, Christina; Han, Fugui; Engelke, Paul (2011): Technical approach for decentralized wastewater treatment concepts in rural areas in China. In: International Conference on IWRM ; BMBF, FONa (Hrsg.): *Management of Water in a Changing World: Lessons Learnt and Innovative Perspectives - Technologies and implementation*. Dresden, S. 142 - 143.
- Meißner, Ralph; Ollesch, Gregor; Kröger, Christina; Engelke, Paul; Gebel, Michael; Halbfaß, Stefan (2011): Einzugsgebietsbezogenes Wassermanagement im Miyun-Reservoir Ein Beitrag zur Sicherung der Trinkwasserversorgung von Peking. In: *KW - Korrespondenz Wasserwirtschaft*. 2011, Nr. 12/11, S. 674 - 679.
- Ollesch, G.; Gebel, M.; Halbfaß, S.; Bürger, S.; Uhlig, M.; Kröger, C.; Engelke, P.; Meißner, R. (2011): IWRM implementation in China – Monitoring and modelling concept to mitigate nutrient input in the Miyun catchment area : *Regio Resources* 2011.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Endbericht
3. Titel Verbundprojekt: „Entwicklung und Implementierung eines wissenschaftlich fundierten Managementsystems zur Reduktion von diffusen Stoffeinträgen in das Miyun-Trinkwasserreservoir bei Peking/China“ Teilprojekt II: „Ingenieurtechnik“	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Eckstädt, Hartmut, Prof. Dr.- Ing. habil. Engelke, Paul, Dr. Gießler, Mathias, M. Sc. Kröger, Christina, M. Sc.	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2012
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Universität Rostock Professur für Hydromechanik und Siedlungswasserwirtschaft Satower Straße 48 18059 Rostock	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 02WM1048
	11. Seitenzahl 50
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 42
	14. Tabellen 9
	15. Abbildungen 40
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Das Miyun-Reservoir ist der bedeutendste Trinkwasserlieferant für den Großraum Pekings. Zunehmende Bevölkerungsdichte, eine nicht auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Landbewirtschaftung im Einzugsgebiet und mangelnde Abwasserbehandlung im ländlichen Raum führten zu einer permanenten Verschlechterung der quantitativen und qualitativen Bereitstellung von Trinkwasser für die Stadt Peking. Zur Sicherung der Wasserversorgung ist daher ein ressourcenschonendes und integriertes Management des Miyun-Einzugsgebietes unumgänglich. Neben den diffusen Stoffeinträgen wurden auch die punktuellen Eintragspfade aus Siedlungsflächen in einem repräsentativen Teileinzugsgebiet untersucht. Diesbezüglich wurden Abwasserquellen erfasst und die vor Ort existierenden Abwasserbehandlungssysteme auf ihre Effizienz hin beurteilt. Nach erfolgter Bestandsaufnahme der gegenwärtigen Situation der Abwasserbehandlung im ländlichen Raum wurden zwei unterschiedliche Konzepte zur beispielhaften Durchführung von technischen Maßnahmen, mit dem Ziel der Reduktion von Nährstoffeinträgen erarbeitet und in Form von Pilot- und Schulungsanlagen umgesetzt. In diesem Sinne wurde, als ein technischer Lösungsansatz zur Veranschaulichung der Reinigungsleistung und Betriebsweise von biologischen Kleinkläranlagen, am Ablauf einer öffentlichen Toilette nahe dem Taoyuan Wasserfall eine Rotationstauchkörperanlage installiert. Als zweites Konzept wurde im Sinne eines nachhaltigen Ressourcen Umgangs eine Komposttoilette nach den Ecosan (ecological sanitation) - Prinzipien in Huangyukou am Parkplatz eines naturwissenschaftlichen Museums errichtet.	
19. Schlagwörter China, Ecosan, Komposttoilette, punktuelle Nährstoffeinträge, Rotationstauchkörper, sanitäre Systeme	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Joint research project: "Development and implementation of a scientific based management system for non-point source pollution control in the Miyun basin near Beijing / China"	
4. author(s) (family name, first name(s)) Eckstädt, Hartmut, Prof. Dr.- Ing. habil. Engelke, Paul, Dr. Gießler, Mathias, M. Sc. Kröger, Christina, M. Sc.	5. end of project 31/12/2012
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) University of Rostock Department for Hydromechanics and Sanitary Engineering Satower Straße 48 18059 Rostock	9. originator's report no.
	10. reference no. 02WM1048
	11. no. of pages 50
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 42
	14. no. of tables 9
	15. no. of figures 40
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract The Miyun reservoir is the main drinking water supply source for the Beijing agglomeration. Increasing population density, an unsustainable land use in the catchment area and the lack of wastewater treatment in rural areas led to a permanent deterioration of the quantitative and qualitative supply of drinking water for Beijing. For securing the water supply, an integrated management of the resources in the Miyun catchment area is called for. Besides diffuse pollution sources from agricultural areas also the point sources from settlements in a representative sub-catchment were investigated. Wastewater sources were detected and the existing treatment systems were evaluated for their efficiency. After determination of the current situation of the wastewater treatment in rural areas, two different methods to reduce pollution from wastewater especially with the respect to nutrients were elaborated and pilot plants were erected which further intended as a training facility. In this context, a rotational biological contactor plant was installed at the outflow of a public toilet near the Taoyuan waterfall as a technical approach to demonstrate the cleaning performance and the technical processes of small biological treatment plants. As a second sanitary concept with the respect to the sustainable use of resources, a composting toilet according to the EcoSan (ecological sanitation) principles was built near the car park of the science museum in Huangyukou.	
19. keywords China, Ecosan, composting toilet, point sources, rotational biological contactor, sanitary systems	
20. publisher	21. price

