



## **Schlussbericht**

Förderkennzeichen 02WA1075

Verbundprojekt INHAND:

Integriertes Wasserwirtschaftskonzept für Handwerksdörfer am Beispiel von Dai Lam in Vietnam, TP 1: Koordination und wissenschaftliche Begleitung

Laufzeit: 01.01.2011 – 31.03.2015

Bearbeitung: Dipl. Geol. Celia Hahn, Dipl. Biol. Helmut Lorbeer, Msc. Tran Thi Nguyet

# Inhalt

1	Aufgabenstellung.....	4
1.1	Koordinierung.....	4
1.2	Strukturierte Datenerhebung im Dorf (Situationsanalyse und Bestandsaufnahme).....	4
1.3	Ökonomische und Ökobilanzielle Untersuchungen, sowie die Abschätzung von CDM Finanzierung von Abwasseraufbereitungsanlagen in Handwerksdörfern.....	4
1.4	Strukturierte Datenerhebung von Handwerksdörfern in Bac Ninh .....	5
1.5	Wasser- und Landnutzung.....	5
1.6	Aufstellung eines allgemeinen Leitfadens zur technischen und betrieblichen Optimierung der Ver- und Entsorgung.....	5
1.7	Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen .....	5
2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	5
3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	6
4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere .....	8
4.1	Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden.....	8
4.2	Angaben der verwendeten Literatur sowie der benutzten Informationsdienste.....	8
5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	8
6	Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....	10
6.1	Koordinierung.....	10
6.1.1	Durchgeführte Projektbesprechungen: .....	10
6.1.2	Konferenzen und Workshops.....	14
6.1.3	Zusammenarbeit mit den Institutionen auf Kommunalen Ebene.....	16
6.1.4	Gestaltung der Homepage und einheitlicher Präsentationsvorlagen.....	21
6.1.5	Koordinierung der wissenschaftlichen Forschungstätigkeiten (Arbeitspaket 1) .....	22
6.2	Bestandsaufnahme der Situation im Dorf Dai Lam (Arbeitspaket 2) .....	23
6.2.1	Methodik der Datenerfassung .....	23
6.2.2	Geographische und geologische Einordnung des Untersuchungsgebietes .....	25
6.2.3	Bildung .....	29
6.2.4	Elektrizität .....	29
6.2.5	Verkehrswege und Kanalnetz: .....	29
6.2.6	Hydrogeologische Anbindung des Untersuchungsgebietes: .....	31
6.2.7	Klima:.....	31
6.2.8	Frühere Projekte: .....	32
6.3	AP 11 und 13: Wasser- und Landnutzung und die potentielle Gefährdung der Bevölkerung durch derzeitigen Nutzung am Beispiel der Arsenbelastung.....	33
6.3.1	Ursachen der Grundwasserkontamination.....	33
6.3.2	Vorkommen und Herkunft des Arsens im Delta des Roten Flusses.....	34
6.3.3	Mobilisierungsprozesse.....	35
6.3.4	As Mobilisierung in Reisfeldern .....	36
6.3.5	Die Rolle des Arsens im täglichen Leben .....	36
6.3.6	Arsen im Wasserkreislauf in Dai Lam.....	37
6.3.7	Wassernutzung in Dai Lam.....	42
6.3.8	Proben der Pilotanlage.....	44
6.3.9	Schweinemist .....	45
6.3.10	Arsen in Nahrungsmitteln .....	45
6.3.11	Diskussion der Ergebnisse .....	52

6.3.12	Abwasser und Klärschlamm .....	60
6.3.13	Tägliche Aufnahme von Arsen .....	61
6.3.14	Zusammenfassung .....	68
6.4	Ökobilanzielle Untersuchung des Behandlungskonzepts und von Teilprozessen zur umweltgerechten Verwertung und Beseitigung der relevanten Stoffströme (A9) .....	70
6.5	Untersuchungen zur Finanzierungsmodellen über die Entwicklung von Klimaschutzprojekten .....	71
6.6	Datenerhebung in weiteren Handwerksdörfern in der Provinz Bac Ninh (AP12) (Frau Tran Thi Nguyet).....	71
6.6.1	Anzahl und Produktionstypen der Handwerksdörfer in Bac Ninh .....	72
6.6.2	Untersuchungen zu vier exemplarischen Handwerksdörfern in Bac Ninh .....	76
6.6.3	Aus- und Weiterbildung .....	84
6.7	Literatur .....	87
7	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	96
8	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes.....	96
8.1	Des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschrittes auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	97
8.2	Der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach N. 6.....	98
9	Anlagen.....	99
9.1	Anlage 1 Schlussbericht Arbeitspaket 9A.....	99
9.2	Anlage 2 Schlussbericht Arbeitspakete 9B und 10.....	99

# **1 Aufgabenstellung**

## **1.1 Koordination**

Das Vorhaben wurde von insgesamt neun verschiedenen Institutionen in Deutschland und Vietnam bearbeitet und hat an die Koordination des Vorhabens aus verschiedenen Gründen erhöhte Anforderungen gestellt:

Viele wichtige vorhabenspezifische Dokumente wurden in den drei Sprachen erstellt, die Zusammenarbeit mit den vietnamesischen Partnern bedarf oft einer mehrmaligen Rücksprache und Rückversicherung mit der deutschen Projektkoordination.

Unvorhersehbare Entscheidungen auf politischer Ebene in dem Dorf Dai Lam zogen Entscheidungen nach sich, die das ganze Vorhaben betrafen und somit von der Projektkoordination aufgearbeitet werden mussten. Die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen, wie den Universitäten und den deutschen und vietnamesischen KMU's mit ihren unterschiedlichen Arbeitsweisen ist kommunikations- und vermittlungsintensiv. Personell gab es im Projekt mehrmalige Umbesetzungen. Aus Deutschland kamen mehrere Studenten, um in dem Projekt ihre Studien-, Master-, oder Diplomarbeit zu bearbeiten, auch sie mussten in den laufenden Betrieb eingebunden werden.

Es war Aufgabe der Koordination diesen Anforderungen gerecht zu werden. Zu den Grundaufgaben gehörten darüber hinaus die engmaschige Kommunikation in Deutschland, die Vorbereitung und Durchführung der Projekttreffen und Workshops in Vietnam und in Deutschland, die Organisation von Proben- und Materialtransport, die Erstellung von Berichten, Dokumentationen und Vorträgen und die Kommunikation mit der Projektträgerschaft. Des Weiteren wurden von der Projektkoordination die wissenschaftlichen Arbeiten, die Erstellung des Leitfadens und die Probennahmen und Analysen unterstützt.

## **1.2 Strukturierte Datenerhebung im Dorf (Situationsanalyse und Bestandsaufnahme)**

Die Durchführung einer Datenerhebung bildete die Grundlage der gesamten Projektkonzeption. Inhaltlich wurden die sozio-ökonomischen Daten, die Produktionsbedingungen und die Stoffströme ermittelt und ausgewertet.

## **1.3 Ökonomische und Ökobilanzielle Untersuchungen, sowie die Abschätzung von CDM Finanzierung von Abwasseraufbereitungsanlagen in Handwerksdörfern**

Diese Arbeitspakete hatten den Hintergrund, die ökonomische Seite des Vorhabens abzudecken und Finanzierungsmöglichkeiten wie CDM Projekte abzuschätzen. Die Arbeitspakete wurden also Unterauftrag an die Universität Witten/Herdecke vergeben.

#### **1.4 Strukturierte Datenerhebung von Handwerksdörfern in Bac Ninh**

Zur möglichen Übertragung der Ergebnisse und zur Verbesserung der Verwertbarkeit wurden die offiziell vorhandenen Daten zu Handwerksdörfern in der Region durch eigenen Erhebungen ergänzt.

#### **1.5 Wasser- und Landnutzung**

Eine wichtige Fragestellung bei der ganzheitlichen Betrachtung von Handwerksdörfern ist die Abschätzung der generellen Gefährdung der Umwelt und des Menschen durch die vorhandenen Strukturen der Wasser- und Landnutzung. Untersucht wurden die Böden, Wässer, Nahrungsmittel und Schlämme der Region.

#### **1.6 Aufstellung eines allgemeinen Leitfadens zur technischen und betrieblichen Optimierung der Ver- und Entsorgung**

Die gewonnenen technischen und gesellschaftlich-strukturellen Erkenntnisse sollten in die Erstellung eines Leitfadens einfließen, der künftigen Entscheidern und Betreibern bei der Entwicklung und Konzeptionierung von Anlagen eine grundlegende Unterstützung geben sollte. Dabei werden Daten des Modellstandortes Dai Lam und verallgemeinerbare Ergebnisse des Forschungsvorhabens einbezogen.

#### **1.7 Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen**

Beim Bau und beim Betrieb der Anlagen sollten örtliche Techniker und Ingenieure eingebunden werden, um diese on-the-Job auszubilden. Des Weiteren sollten Behördenvertreter und Wissenschaftler in regelmäßigen Abständen an Workshops und Informationsveranstaltungen teilnehmen, um künftig auf ausgebildetes Personal zurückgreifen zu können

## **2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Das Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten der Technischen Universität Dresden verfügt seit 2003 über eine enge Kooperation mit verschiedenen Institutionen in Vietnam. Im Fokus stehen seit Beginn der Umwelt- und Ressourcenschutz, vor allem im Wasserbereich. In dem Zeitraum wurde am Institut eine Reihe von wissenschaftlichen Projekten bearbeitet, die zum Teil von der EU, aber auch vom BMBF gefördert wurden. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang das Vorhaben „Projektstudie für ein nachhaltiges und umweltgerechtes Wasserressourcen- und Abfallmanagement für die Erschließung und Bewirtschaftung von Industrieparks in Vietnam“ (BMBF) und „Nachhaltige Sanierung Restaurierung und Stabilisierung des Hoan Kiem Sees in Hanoi“ (BMBF). Die Kontakte, die sich während dieser Zeit ergeben hatten, bildeten für das hier bearbeitete Projekt gute Voraussetzungen.

In dem BMBF-Förderschwerpunkt KORA war das Institut als Koordinator des Themenverbundes 2 eingebunden und hat somit über weit reichende Erfahrungen bei der Projektkoordinierung sammeln können.

Fachlich konnte das Vorhaben auf langjährige Erfahrungen des Institutes im Bereich der Phytoremediation von Schwermetallen zurückgreifen, sowie auf mikrobiologischen Stoffumsetzung, die auch in diesem Vorhaben eine wesentliche Rolle spielten. Die Aufbereitung von Feststoffproben und die Schwermetallanalytik durch ICP MS wurden in den vergangenen Jahren durch eine Reihe von Forschungsvorhaben aufgebaut und erweitert.

### **3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die Planung zum Ablauf des Vorhabens war schon Gegenstand des Antrages gewesen. In der Antragphase konnte der Projektverlauf jedoch nur abgeschätzt werden und deshalb mussten aufeinander aufbauende Aufgaben derart geplant werden, dass genügend Spielraum bleiben würde, den Ablauf entsprechend möglicher Verzögerungen anzupassen. Dies abzustimmen war Aufgabe der Koordinierung.

Das Projekt folgte im Wesentlichen einem Gantt-Diagramm, welches kontinuierlich angepasst werden musste. Entsprechend dem Projektfortschritt wurden Arbeitsbesprechungen durchgeführt, bei denen die anstehenden Schritte und gegebenenfalls die Probleme erörtert wurden (Auflistung der einzelnen Projektbesprechungen siehe 6.1.1). Einzelne Besprechungen wurden zudem zu spezifischen Fragestellungen durchgeführt, die nicht alle Teilnehmer betrafen und aus diesem Grunde nicht unter Beteiligung des vollständigen Teams durchgeführt wurden.

Die Laufzeit des Vorhabens für das Teilvorhaben der TU Dresden betrug insgesamt 51 Monate, die anderen Teilprojekte liefen über 48 Monate. Die ursprüngliche Planung hatte eine Laufzeit aller Teilprojekte von 42 Monaten vorgesehen, welche dann aus verschiedenen, in Berichtsteil in Abschnitt 2 erläuterten Gründen verlängert wurde. In Abständen von 2-3 Monaten wurden Projekttreffen mit den deutschen Partnern durchgeführt. Etwa einmal im Jahr wurde ein Treffen in Hanoi durchgeführt, bei dem auch die vietnamesischen Projektpartner teilnahmen.

Im Jahr 2011 hatte das Vorhaben begonnen. Im Vorfeld des Projektbeginns war schon der Standort bestimmt worden, dieser sollte das Dorf Dai Lam in der Provinz Bac Ninh sein. In diesem Dorf war schon drei Jahre zuvor ein neues Kanalnetz gebaut worden, welches die häuslichen und die Produktionsabwässer sammelte und über den Dorfteich dem Bewässerungssystem zuführte. Die Wahl war auf dieses Dorf gefallen, weil es sich um ein Dorf in der Provinz Bac Ninh handeln sollte, welche in naher Zukunft als Schlüsselregion für die industrielle Entwicklung ausgebaut werden sollte.

Am 21. März 2011 fand ein erstes Treffen der deutschen Projektteilnehmer mit den Akteuren in Vietnam statt, welches dazu diente, den weiteren Projektablauf abzustimmen. Als vietnamesischer Partner war am Anfang die Vietnam Water Academy eingebunden, die über die Abteilung für internationale Beziehungen vertreten war. Dieser Partner war vom BMBF Wasserbüro vorgeschlagen worden. Für die Zusammenarbeit ein ganz wesentlicher Punkt

war, dass CTIC beim Partnerministerium des BMBF, dem MOST, einen Counterpartantrag stellen sollte, um so eigene Forschungsgelder zu erhalten. Leider wurde seitens MOST kein Counterpartprojekt bewilligt, was für das INHAND Projekt grundlegend schwierig wurde. Ab 2012 wurde VAST Partner des INHAND Projektes, da diese Forschungseinrichtung über ein gut ausgestattetes Labor verfügt und auch thematisch dem Projekt näher stand. Auch für VAST wurde kein Counterpartprojekt bewilligt.

Ende 2011 wurde eine Umfrage und eine breit angelegte Untersuchung der Abwässer durchgeführt, sowie eine Baugenehmigung für die Pilotanlage erwirkt. Da nun die Rahmenbedingungen für den Anlagenbau in Dai Lam gegeben waren, wurde die dreistufige Anlage in Deutschland konzipiert, verschifft und Mitte 2012 in Dai Lam errichtet. Parallel fanden eine Reihe weiterer Untersuchungen des Abwassers und des Grundwassers statt und es wurde ein Konzept zur Abfalltrennung entwickelt, da in der zweiten Stufe der Anlage die biologischen Abfälle der Gemeinde kompostiert werden sollten. Die zweite Stufe der Anlage ging im Frühjahr 2013 in Betrieb und wurde bis Mitte 2014 betrieben.

Im Verlauf des Projektes wurden drei Workshops organisiert und abgehalten, die auf großes Interesse stießen (6.1.2).

Zur Bearbeitung des Leitfadens wurde ab Ende 2013, vor allem aber ab Frühjahr 2014 die Zusammenarbeit mit VEA intensiviert, die fachlich relevante Beiträge zu dem Leitfaden beisteuern sollten und darüber hinaus als Diskussionspartner dienen sollten.

Verzögerungen des Projektablaufes:

Kernstück des Forschungsverbundes war die dreistufige Pilotanlage. Die wissenschaftliche Begleitung, die Entwicklung von Optimierungsmöglichkeiten, Schulungen und Dokumentationen wurden parallel zum Arbeitspaket 5 (Planung und Bau der Anlage) durchgeführt. Im Verlauf des Vorhabens haben sich verschiedene Faktoren verzögernd auf den Betriebsablauf ausgewirkt, so dass sich bis Ende 2013 eine Verzögerung von 4 Monaten ergeben hat. Diese Faktoren waren:

Die qualitative und quantitative Analytik der Abwasserströme wurde aufgrund von labor-technischen (Verhandlungen über die Bereitstellung von Laborausstattung und Beschaffung von Verbrauchsmaterial) Problemen etwas verzögert durchgeführt, die Bemessungsgrundlage für die Anlagenkonzeption war dadurch etwa drei Monate später verfügbar.

Verengte Zufahrtswege machten eine Neuplanung des Anlagenbaus notwendig (Januar 2012) (siehe Erläuterung VIS International im nächsten Abschnitt)

Die dritte Stufe der Gärresttrocknung wird erst im Februar 2014 in Betrieb gehen, da die Gärrestproduktion verspätet angelaufen ist und die Trocknung einen kontinuierlichen Gärreststrom benötigt. Damit ergeben sich Konsequenzen für Arbeitspakete 6, 7, 8 und 14:

- AP 6: Die wissenschaftliche Begleitung sollte bis zum Ende der Versuchsdauer fortgeführt werden.
- AP 7: Die Identifizierung eines künftigen Trägers und damit die Verwertung der Anlage wird auf dem vollständigen Betrieb der Anlage basieren. Die Produktion von Dünger ist ein Hauptinteresse der Entscheidungsträger in Dai Lam und Bac Ninh.
- AP8: Da die Gärresttrocknung noch nicht in Betrieb war, konnten noch keine Erkenntnisse hinsichtlich des Potentials der Gärreste als Dünger gewonnen werden. Dies musste in einer Vegetationsperiode 2014 erfolgen.

- AP 14: Die aus dem Anlagenbetrieb gewonnenen Ergebnisse sollten in den Leitfaden eingehen.

## **4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere**

### **4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Die chemischen Analysen erfolgten nach bekannten und erprobten Methoden der Laboranalytik. Diese sind im Berichtsteil ausführlich unter „Methoden“ dargestellt.

### **4.2 Angaben der verwendeten Literatur sowie der benutzten Informationsdienste**

Die Literaturrecherche wurde überwiegend über die Präsenzbibliothek und die Onlinedatenbank der Sächsischen Landes- und Universitätsbibliothek, an der Präsenzbibliothek der Technischen Universität Berlin und an der Universitätsbibliothek in Hanoi durchgeführt. Desweiteren wurde auch über die einschlägigen Suchmaschinen im Internet recherchiert

Datenbanken: web of science, [BASE - Bielefeld Academic Search Engine](#)

## **5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Die Durchführung des Vorhabens erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Projektträger, KIT.

Des Weiteren wurde das Vorhaben in Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern durchgeführt:

Herbst Umwelttechnik GmbH  
Dr. Leonhard Fechter  
Goerzallee 305a, 14167 Berlin  
Tel.: 030 847 18 105  
L.Fechter@fechterumwelt.de

VIS  
Dr. Holger Appel  
Goerzallee 305a, 14167 Berlin  
Tel.: 030 847 18 105  
appel@vis-international.biz

Leibniz Universität Hannover

ISAH

Prof. Dr. Rosenwinkel, Dr. Dirk Weichgrebe und Dipl. Ing. Sebastian Meier

Am Welfengarten 2

Hannover

Im Unterauftrag war das Institut für Umweltmanagement der Universität Witten Herdecke beteiligt

In Vietnam waren direkt am Projekt beteiligt:

- Vietnam Academy for Science and Technology (VAST)
- Hanoi University of Science (HUS)
- MoNRE - VEA Vietnam Academy for Water Research
- DONRE Bac Ninh
- DARD Bac Ninh
- Bac Ninh Drinking water and sewage company
- Volkskomitee Tam Da

## **6 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse**

### **6.1 Koordination**

Die TU Dresden war in dem Forschungsverbund mit der Koordination des Vorhabens betraut. Dazu gehörten die Planung und Durchführung der Projektbesprechungen in Deutschland und Vietnam sowie die Planung und Durchführung von Workshops und Konferenzen.

Des Weiteren wurden die verschiedenen Reisen und Treffen der INHAND-Mitarbeiter nach und in Vietnam geplant und unterstützt. Damit einher ging immer auch die Koordination der wissenschaftlichen Tätigkeiten des Forschungsverbundes und damit auch die Abstimmung zwischen den Forschungseinrichtungen, den Industriepartnern und den vietnamesischen Partnern, allen voran dem Volkskomitee im Dorf und in der Provinz.

Insgesamt sind neben den wissenschaftlichen Mitarbeitern und Ingenieuren des Verbundvorhabens 11 Studierende aus Deutschland nach Vietnam gereist, um dort ihre Praktika zu absolvieren oder um Untersuchungen für ihre Studien-, Bachelor-, Master- oder Diplomarbeit durchzuführen. Zum Teil waren die Studenten intensiv in die Betreuung der Anlage eingebunden. Die Betreuung erfolgte über die TU Dresden und die Projektpartner VIS und LUH. Auch in Vietnam hat eine Reihe von Bildungsmaßnahmen stattgefunden, in die Schüler, Studenten, Dorfbewohner und Facharbeiter einbezogen worden sind. Auch diese Tätigkeiten wurden über die TU Dresden initiiert und koordiniert.

Für das Vorhaben wurde eine eigene zweisprachige (englisch und vietnamesisch) Homepage ([www.inhand.de](http://www.inhand.de)) entwickelt, die über ein CMS System auch als virtueller Schreibtisch des Projektes diente und über verschiedenen Aktivitäten des Projektes informierte.

#### **6.1.1 Durchgeführte Projektbesprechungen:**

(zu allen Besprechungen sind die Protokolle verfügbar)

Projektbesprechung: 17. Januar 2011 in Dresden

Zum Auftakttreffen des deutschen Teams in Dresden haben sich alle Partner vorgestellt. Alle Anwesenden haben ihre Aufgaben im Vorhaben erläutert. Des Weiteren wurde das offizielle Kick-Off Treffen in Vietnam erläutert und Dokumentationsmaterial ausgetauscht. Frau Hahn informierte über Organisatorisches und Informationsfluss im Verbundvorhaben.

Reise der Projektpartner nach Hanoi im März 2011

21. März 2011 in Bac Ninh Labor/Dorf

Die Projektpartner haben das Labor in Bac Ninh besichtigt und die künftige Zusammenarbeit diskutiert. Das Labor ist 2004 durch Kanada (CIDA) ausgestattet worden und es haben kontinuierliche Aus- und Weiterbildungsprogramme für die Belegschaft stattgefunden. Später

wurde das Labor weiter durch die GTZ betreut (im Rahmen des Programms "Wastewater and Solid Waste Management in Provincial Centres in Vietnam"). Eine Weiterführung der Aus- und Weiterbildungsaktivitäten und eine Nutzung der Laborkapazitäten wäre für alle Seiten wünschenswert.

22. März 2011 in Hanoi (CTIC)

Die Projektpartner trafen sich in den Räumlichkeiten von CTIC um das Kickoff Meeting am kommenden Tag zu erörtern, um die Aktivitäten der kommenden Monate festzulegen und um die Zielsetzung des Counterpartantrages zu diskutieren.

Projektbesprechung: 21. April in Hannover

Die Projektteilnehmer haben die Reise nach Hanoi bewertet. Die Teilnehmer wurden in die Handhabung des internen Bereichs der Homepage eingeführt. Es fanden erste Diskussionen zur Fragebogenaktion in Dai Lam statt und es wurde der Counterpart Antrag des vietnamesischen Partners diskutiert.

Projektbesprechung: 18. Juni in Hanoi

Bei einem Besuch von ISAH- Mitarbeiter Sebastian Meier wurde gemeinsam mit der Koordinatorin Dr. Leah Wollenberger ein Arbeitstreffen in Hanoi mit CTIC und HUS-Mitarbeitern (nicht offizielle Partner im Verbund) abgehalten. Hier wurden die künftigen Schritte beim Counterpart-Antrag, bei der Erteilung einer Genehmigung und zu detaillierten Untersuchungen zur Bioaktivität diskutiert.

Projektbesprechung: 27. Juli 2011 Hannover

Bericht von Sebastian Meier über seinen Besuch, nächste Schritte Counter part Antrag von CTIC, Labor in Bac Ninh hat offenbar Probleme bei der Einhaltung der Qualitätszielsetzung. Baugenehmigung in DAi Lam (Zuständigkeiten).

Projektbesprechung: 10. Oktober 2011 Berlin

Frau Wollenberger verlässt Hanoi und damit INHAND. Frau Pham Thuy Nga ist eine möglicher Kandidatin für die Stelle. Counterpart Antrag vom MOST abgelehnt, Diskussion um Gründe und Konsequenzen.

Masterarbeit von einer Studentin von HUS. Einbindung einer Studienarbeit. Frau Hahns Aufenthalt in Vietnam Ende des Jahres.

6. Projektbesprechung am 6. Januar 2012 in Hannover

Herr Appel informierte über den zukünftigen Standort der Pilotanlage im Dorf und über das Einfuhrprocedere. Der neue Partner VAST bereitete einen neuen Counterpartantrag vor. Diskutiert wurde ferner die Zusammenarbeit mit dem Labor in Bac Ninh und die Durchführung von Versuchen an der HUS.

7. Projektbesprechung am 12. März 2012 in Berlin

Herr Appel informierte über den Fortschritt bei der Entwicklung und dem Bau der Pilotanlage und über die Planungen. Diskutiert wurden die Messungen und die Zusammenarbeit mit

dem Labor in Bac Ninh. Ebenfalls anwesend war Herr Bergeron vom Projekt AIF vom IB/BMBF. Es wurden weitere Schritte zur Unterstützung der Implementierung der INHAND Ergebnisse diskutiert.

#### 8. Projektbesprechung am 7. Juli 2012 in Pirna

Information über den Lieferungs- und Bau-Zeitplan der Pilotanlage nach Dai Lam und die Bereitstellung der Stromversorgung. Es wurde über die zu installierende Messtechnik im Container diskutiert und über die Probenahme durch Juliane Fink und Daniel Baumann. Zur Sprache kamen auch Informationspfade bezüglich der Anlagenverwertung.

#### 9. Projektbesprechung am 17. Oktober 2012 in Berlin

Bericht über die Fertigstellungsphase der Anlage in Dai Lam durch Herrn Appel (Installation, Stromversorgung, Ausbaggern des Sammelbeckens). Herr Fechter informierte über die geplanten weiteren Ausbaustufen der anaeroben Stufe einschließlich Schlammfällung und Entwässerung. Diskussion der weiteren Bedingungen für den erfolgreichen Betrieb der Anlage: Gewinnung von Bedien- und Kontrollpersonal, Unterstützung durch den Dorfvorstand, Information der Schüler, dass das Gelände nicht betreten werden darf (Gefahren) bzw. Sicherung durch entsprechenden Zaun. Positiver Bericht von Herrn Meier über die geführten Interviews. Problem des fehlenden Counterpart-Projektes – die Möglichkeit einer Unterstützung durch MONRE ist zu prüfen.

#### 10. Projektbesprechung am 8. Februar 2013 in Berlin

Herr Appel informierte über den aktuellen Stand des Anlagenbetriebes. Der SBR ist in Betrieb, nach anfänglichen technischen Schwierigkeiten, lief der Betrieb unproblematisch. Überschüssiger Schlamm wurde in den Biogasreaktor gepumpt, der bald auch mit organischen Abfällen beschickt werden könnte. Die Sammlung der organischen Abfälle im Dorf wird organisiert, ebenso wie die Weiterführung der Aktivitäten in der Schule. Zwei Studentinnen werden vom März bis August nach Dai Lam gehen.

#### 11. Projektbesprechung 22. April 2013 in Berlin

Das Abwasseraufkommen in Dai Lam ist seit Februar mitunter zu gering, um die Anlage befriedigend betreiben zu können. Das Zulaufbecken enthält sehr viel Schlamm und zu viele Feststoffe, es kommt zu Verstopfungen. Die Datenübertragung weist Mängel auf, die in den kommenden Wochen zu beheben seien. Die Verwaltung der TUD führt die Mehrwertsteuer für Unteraufträge in Vietnam ab. Somit ergibt sich für die TUD eine doppelte Besteuerung. Herr Lorbeer würde an den entsprechenden Stellen prüfen lassen, welche Alternativen es geben kann. Möglichkeiten der Projektverlängerung und/oder Aufstockung wurden diskutiert. Arbeitsthemen zweier Studentinnen wurden erörtert.

#### 12. Projektbesprechung am 13. September 2013 in Berlin

Hauptthema der Projektbesprechung war der gemeinsame Workshop der Projekte AKIZ und INHAND. Die Finanzierung des Workshops ist nicht vollständig geklärt. Da Herr Rudolph Beteiligungszusage stark reduziert hat, müssen die KMU von INHAND einen Großteil überneh-

men. Diskutiert wurden Teilnehmerliste, Organisation und Ablauf der Veranstaltung am 8. Und 9. Oktober 2013 in Hanoi.

Die Abfallsammlung im Dorf Dai Lam wurde neu organisiert und läuft nun kontinuierlich. Eine Zusammenarbeit mit dem vietnamesischen Bauernverband wird in Erwägung gezogen und eine Projektzeitverlängerung wird angestrebt.

#### 13. Projektbesprechung am 27. November 2013 in Berlin

Der gemeinsame Workshop von INHAND und AKIZ ist durchgeführt worden. Zur wirklichen Kontaktaufnahme ist jedoch ein runder Tisch vorteilhafter. Die Anlage in Dai Lam läuft, die Belastbarkeit der Daten ist aber aufgrund von Programmierfehlern der Messeinheiten nicht gegeben. Der Fehler wird bald korrigiert. Ein Antrag auf Projektzeitverlängerung ist in Bearbeitung.

#### 14. Projektbesprechung am 20. Januar in Dresden

Herr Appel informierte den Betrieb der Pilotanlage in Dai Lam, die durch den Absolventen Dan-Tam Costa (aus Toulouse) betreut wird. Aufgrund der Trockenzeit und der derzeit rückläufigen Handwerksaktivitäten, gab es in den letzten Monaten sehr wenig Abwasser, was den Anlagenbetrieb zum Teil beeinträchtigt hat, da der Zulauf zur Anlage stark verschlammte ist. Die bislang in Frage kommenden Interessenten für die Nachnutzung sind WSSC, die Fachhochschule Gia Lam und der Bauernverband. Die Entscheidung wird in den kommenden Monaten in Absprache mit Dr. Knobel (PT) zu klären sein.

Der zu erstellende Leitfaden soll in Zusammenarbeit mit MoNRE erarbeitet werden. Eine gute Möglichkeit der Einbindung der Projektergebnisse in nationale Konzeption zum Abfall- und Abwassermanagements in Handwerksdörfern ist die Einbindung von VEA (MoNRE) in die Erstellung des Leitfadens. Frau Nguyen Hoang Anh von VEA ist schon seit Oktober mit C. Hahn im Dialog und hat bei den letzten beiden Workshops qualifizierte Vorträge zum Thema der Umweltsituation in Handwerksdörfern gehalten.

Im Anschluss an die Projektbesprechung ist die Ausstellung: UM die WELT – Kinderbilder aus Vietnam – eröffnet worden.

#### 15. Projektbesprechung 16. April 2014 in Berlin

Holger Appel und Celia Hahn berichteten über ihre jeweiligen Vietnamaufenthalte. Das Abwasseraufkommen in Dai Lam ist seit Februar mitunter zu gering, um die Anlage befriedigend betreiben zu können. Das Zulaufbecken enthält sehr viel Schlamm und zu viele Feststoffe, es kommt zu Verstopfungen. Dan-Tam Costa steht INHAND nur noch tageweise zur Verfügung, der Anlagenbetrieb soll zunehmend durch die lokalen Kräfte übernommen werden. Herr Hartwig ist in Hanoi gut aufgenommen worden und die nächsten Schritte wurden diskutiert (Recherche, Kontaktaufnahme mit NGO's, Treffen, Arbeitsorganisation). Es wurde über die Laufzeitverlängerung von INHAND beraten.

#### 16. Projektbesprechung am 7. Juli 2014 in Berlin

Sebastian Meier und Maximilian Fechter berichteten über ihre jeweiligen Aufenthalte in Dai Lam. In Dai Lam haben noch verschiedene Versuchsreihen zur Gärrestverwertung sowie zur Abwasserquantität und -qualität stattgefunden. Gärrestanalysen sollen über VAST laufen. Einige Teile des Leitfadens sollen von VEA geschrieben werden. Dies betrifft im Wesentlichen

die Kapitel über die aktuellen rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen, da es mitunter schwierig ist, für die Planung, den Bau und das Genehmigungsverfahren die Entscheidungsprozesse zu verstehen. Außerdem ist enge Kooperation für das Kapitel zur Organisation, Planung, Finanzierung und dem nachhaltigen Betrieb von integrierten Abfall- und Abwasser-Managementsystemen vorgesehen. In der Frage der Anlagenverwertung wird der WSSC als künftiger Anlagenbetreiber bevorzugt.

#### 17. Projektbesprechung am 4. September 2014 in Berlin

WSSC steht als künftiger Anlagenbetreiber fest, die Anlage soll zu Schulungszwecken auf dem Gelände des WSSC in Bac Ninh aufgebaut werden. Zur Demontage werden Holger Appel und Leonhard Fechter nach Dai Lam reisen.

Helmut Lorbeer wird zum ‚runden Tisch‘ nach Hanoi reisen und sich zuvor mit den interessierten Stellen in Verbindung setzen. Die Aufgaben der Leitfadenerstellung wurden auf die verschiedenen Partner verteilt.

Diskussion über mögliche weiterführende Projekte zu INHAND.

Rainer Wiedemann wird seine Diplomarbeit über „Dimensionierung und Implementierung einer dreistufigen Pilotanlage in einem Handwerksdorf in Vietnam schreiben“.

Trang Hoang Thi Quynh wird ihre Masterarbeit über “Arsenic fractionation in agriculture soil in Vietnam using sequential extraction procedure” schreiben.

#### 18. Projektbesprechung am 14. Dezember in Berlin

Abschließende Diskussion zum INHAND Projekt. Möglichkeiten der Weiterführung, Ergebnisverwertung.

### **6.1.2 Konferenzen und Workshops**

#### 23. März 2011 in Hanoi

Kickoffmeeting in Bac Ninh unter Teilnahme der deutschen Projektpartner und CTIC sowie von Vertretern der Provinzadministration: DONRE, DOST, Centre for clean water, water supply and drainage company, Kommune Tam Da und Dorf Dai Lam.

Während des Kick-Off Meetings haben sich die Projektpartner mit ihren Institutionen vorgestellt. Desweiteren wurden Inhalte und Ziele des Vorhabens präsentiert und mit den Interessensvertretern diskutiert.

Diskussionspunkte: zur Bearbeitung des Vorhabens ist ein Bewilligungsschreiben vom Volkskommittee notwendig. Dieses muss beim Volkskommittee von Bac Ninh beantragt werden.

Das Umweltbewusstsein in ländlichen Regionen ist gering. Es wird notwendig sein, die Dorfbevölkerung in die Entscheidungsprozesse einzubinden. Es wurden viele Fragen zu Größe und Auslegung der Anlagen gestellt, die jedoch zum damaligen Zeitpunkt schwer zu beantworten waren, da die Datenbasis gering war.



**Abbildung 1: Kick Off Meeting in Bac Ninh**

Am 12. und 13. November 2012 fand in in Bac Ninh der Workshop “Integrated management of waste, wastewater and energy In rural areas in Southeast Asia” statt.

Anzahl der Teilnehmer: 72

Zu der Konferenz waren die Interessensvertreter aus der Provinz und Hanoi eingeladen. Außerdem waren viele interessierte Wissenschaftler aus Hanoi angereist. Die deutsche Botschaft in Hanoi war nicht vertreten. Die GIZ wurde von Herrn Pogade (GFA) vertreten. Für die Konferenz wurde ein Abstrakt band erstellt, in dem zu allen Vorträgen Zusammenfassungen auf Englisch und auf Vietnamesisch abgedruckt sind.

Die Durchführung der Konferenz diente dazu, verschiedene Themen der Umweltsituation in den Handwerksdörfern in Vietnam zu beleuchten und zu diskutieren. Im Rahmen der Konferenz wurden auch die Inhalte und Ergebnisse des INHAND Projektes vorgestellt. Dazu dienten zum einen die Fachvorträge am ersten Tag, aber auch Postervorträge am Standort selber am zweiten Tag: an verschiedenen Stellen im Dorf wurden die relevanten Themen erklärt und mit Postern veranschaulicht. Stationen waren: Wilde Abfalldeponie am Fluss, Cassavaverarbeitender Betrieb, Reisweinverarbeitender Betrieb und die Pilotanlage. Des Weiteren wurde das aktuell laufende Vorhaben der vietnamesischen Regierung vorgestellt, in dem etwa 40 Handwerksdörfer in einem Monitoring Programm untersucht werden. Ziel der Konferenz war neben der fachlichen Diskussion die Kontaktbindung der am Vorhaben beteiligten und interessierten Personen und Institutionen zu intensivieren. Zudem wurden im Rahmen der Konferenz weitere Themen zur Problematik von Handwerksdörfern in Vietnam durch externe Referenten dargestellt. Im Anschluss an die Konferenz fand eine intensive Diskussion statt.

Nach wie vor gilt die Hauptfrage der Finanzierung einer solchen Anlage und dem Umgang damit im Anschluss an das Vorhaben. Darüber hinaus gibt es reges Interesse an unserem Aus- und Weiterbildungsprogramm, an einer Einbindung der Dorfbevölkerung und an einer Weiterführung der Aktivitäten durch die Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsbetriebe in Bac Ninh.

Am 8. und 9. Oktober 2013 fand in Hanoi im Konferenzsaal von VAST die Konferenz *“Technical planning and structure of solid waste and wastewater – management systems in industrial zones, craft villages and other commercially used areas”* statt.

Anzahl der Teilnehmer: 90

Die Veranstaltung richtete sich an Personen, die in die Planung von Abwasser- und Abfallsystemen in Vietnam einbezogen sind – Planungsbüros, Administrationen im Bereich Landmanagement und Anlagenbauer. Es hat sich gezeigt, dass es nicht einfach ist, diese Institutionen zu erreichen. Dennoch nahmen einige mit Interesse an dem Workshop teil.

Die Implementierung der Forschungsergebnisse, seien es nun die entwickelten Anlagenkomponenten, das spezifische Abwasser- und Abfallbewirtschaftungskonzept oder der zu erarbeitende Leitfaden, stellen zweiten Hälfte eines Forschungsvorhabens einen nicht zu unterschätzenden Aufgabenbereich dar. Es liegt auf der Hand, dass es in Vietnam in den kommenden Jahren einen hohen Bedarf an Abwasser- und Abfallbewirtschaftungslösungen geben wird. In Industriezonen wird bereits jetzt in verschiedenen Projekten gearbeitet, im ländlichen Raum gibt es noch sehr wenige Ansätze, die Umweltprobleme zu lösen, die mit dem zunehmenden Aufkommen an Abwasser einher gehen. Verschmutzte Böden und Oberflächengewässer wirken sich auf die Grundwasserqualität aus und die damit einhergehenden gesundheitlichen Risiken gelangen zunehmend in die öffentliche Wahrnehmung. Die derzeitigen Aktivitäten seitens der Regierung, die Probleme im ländlichen Raum zu beheben, sind gering, es ist aber zu erwarten, dass sich dies mittelfristig ändern wird, ähnlich wie es in China heute schon der Fall ist.

Derzeit fehlt in Vietnam der rechtliche und administrative Rahmen, um geeignete Bewirtschaftungskonzepte im ländlichen Raum umzusetzen. Die existierenden Masterpläne berücksichtigen sehr stark die Ausweitung von industriell genutzten Flächen und Wohngebieten, ohne die Entsorgungsinfrastruktur entsprechend anzupassen.

In dem Workshop wurden von vietnamesischer Seite die Probleme und von deutscher Seite Lösungsmöglichkeiten dargestellt. Die Intention war es, eine Diskussion anzuregen, um die Interessen der vietnamesischen Seite besser berücksichtigen zu können.

Der Workshop diente zudem dazu, die Projekte AKIZ und INHAND vorzustellen und die Ergebnisse mit Wissenschaftlern und Experten des öffentlichen und privaten Sektors zu diskutieren. Zudem wurden noch die Projekte EWATECH und NAVITECH vorgestellt.

Am 9. Oktober fand eine Exkursion nach Dai Lam statt. Es gab verschiedenen Exkursionsstationen, an denen über den Standort, die Produktionsstätten und die Pilotanlage informiert wurde. Die Resonanz der Teilnehmer war sehr gut.

### **6.1.3 Zusammenarbeit mit den Institutionen auf Kommunalen Ebene**

Die vier Jahre Zusammenarbeit mit Institutionen im ländlichen Raum haben gezeigt, dass eine gemeinsame Arbeit mitunter auf verschiedenen Ebenen von Schwierigkeiten geprägt ist. Zum einen sind die Entscheidungskompetenzen der Institutionen oft nebulös, zum ande-

ren fehlt die entsprechende Sachkompetenz bei den Entscheidungsträgern und Diskussionen sind aufgrund der Kulturunterschiede und Sprachbarrieren mitunter schwierig. Während die Gründe bei letzterem auf der Hand liegen und die sich Missverständnisse durch gute Übersetzer und interkulturelle Sozialkompetenz im Laufe der Jahre abschwächen lassen, bleiben die beiden ersteren Probleme bestehen und um sie zu verstehen, ist es notwendig, die politischen und kulturellen Strukturen im ländlichen Raum Vietnam zu betrachten.

Mit der Einführung der Erneuerungspolitik ‚Doi Moi‘, die dem Land seit 1986 einen stetigen Wirtschaftsaufschwung beschert hat, hat die Industrialisierung und Urbanisierung Vietnams stark zugenommen. Diese Entwicklung hat schon bald Planungsansätze zur Strukturierung des urbanen Raumes und der Industrieflächen nach sich gezogen. Im landwirtschaftlichen Sektor wurde durch die Erneuerungspolitik 1987 und 1988 die Landverteilung und –nutzung zulasten der kollektiven Bewirtschaftung geändert. Die Bauern konnten die eigenen Felder bewirtschaften und den Überschuss verkaufen (O’Rourke, 2003).

Planerische Aktivitäten, die die Infrastruktur und Neuansiedelung von Industrien regeln würden, blieben jedoch bis zur Verabschiedung der ‚Tam Nong‘ Strategie zur Entwicklung der ländlichen Regionen aus, obwohl hier bislang noch 70 % der Bevölkerung lebt.

Wirtschaftlich, gesellschaftlich und industriell stehen die ländlichen Regionen aufgrund der bisher mangelnden strukturgebenden politischen Rahmenbedingungen vor großen Herausforderungen: die Agrarflächen sind stark fragmentiert und beruhen auf einem komplizierten Verteilungs- und Klassifizierungssystem, die Bewirtschaftungsmethoden sind veraltet und verhindern eine Modernisierung der landwirtschaftlichen Anbaumethoden. Unter anderem aus diesen Gründen öffnet sich die Schere der ärmeren Landbevölkerung und der reicheren Stadtbevölkerung immer weiter, was nicht zuletzt Auswirkungen auf die technische Qualifizierung der ländlichen Bevölkerung und auf die Verfügbarkeit von Finanzmitteln und damit auf die Implementierung von Umweltprojekten hat. Die Besonderheit, dass Vietnams Wirtschaftssystem inzwischen wesentlich auf der freien Marktwirtschaft beruht, dass aber das Regierungssystem und damit die Verwaltung weiterhin durch die planwirtschaftlichen Strukturen geprägt ist, spiegelt sich klar in der Entwicklung des ländlichen Raumes in Form von 5-Jahresplänen und Masterplänen wider, welche in Vietnam als extrem bindend und vorrangig einzustufen sind. Bei der Umsetzung der 5-Jahrespläne sind bislang jedoch die lokalen Stakeholder nur unzureichend ausgebildet und eingebunden, weswegen eine Vielzahl an Maßnahmen nicht ausreichend umgesetzt wird. Hinzu kommt, dass eine Vielzahl von Ministerien und Agenturen an der Entwicklung des ländlichen Raumes beteiligt sind und dass dies bislang ihre eigenen Programme verfolgten.

Das im Jahr 2007 verabschiedete Programm Tam Nong, das „National Target Programm“ für das „New Rural Development“, setzt auf die Integration aller an der ländlichen Entwicklung beteiligten Ministerien und zugehörigen Agenturen. Bei der Ausarbeitung des Programmes und der zugehörigen Resolutionen und Entscheidungen wurden nur die staatlichen Institutionen einbezogen, nicht jedoch die Institutionen aus dem privaten Bereich (Bauern und KMU’s im ländlichen Raum).

Das Umweltbewusstsein der ländlichen Bevölkerung war über lange Zeit recht schwach ausgebildet und in der Prioritätensetzung recht weit hinten angesiedelt. Aufgrund der schlechten Versorgungslage in den 70, 80er und teilweise noch in den 90er Jahren ist dies auch nachvollziehbar. Inzwischen ist das Umweltbewusstsein stärker ausgeprägt, was einerseits

auf die höhere Schulbildung zurückzuführen ist, andererseits aber auch auf die nicht mehr zu leugnenden Umweltprobleme durch unzureichende Umwelttechnologien.

Über viele Jahre verlief die strukturelle Entwicklung in den ländlichen Regionen nahezu spontan. Dies machte sich vor allem in den Handwerksdörfern bemerkbar, in denen sich produzierend Haushalte ohne Genehmigung entwickeln konnten. Dies führte dazu, dass die vorhandene Infrastruktur nicht mehr adäquat war (Dang et al 2005, VACNE, 2004) und dass die produzierenden Haushalte und auch die Administration der Dörfer wenig Bewusstsein für Umwelt- und Arbeitsschutz entwickelt haben.

In der Konsequenz ergeben sich eine Reihe von regulativen und administrativen Defiziten, die von MONRE 2008 als Hauptursachen für die Umweltprobleme in den Handwerksdörfern identifiziert worden sind.

- i) Auch wenn die Provision No. 38 von 2005 die Umweltbedingungen in den Handwerksdörfern benennt, gibt es bislang nur recht unklare und schlecht angepasste umweltrechtliche Regularien für die produzierenden Haushalte.
- ii) Es gibt keine klaren Zuständigkeiten der Ministerien, lokalen Ämter und Agenturen für Umweltbelange in den Handwerksdörfern. Grundsätzlich sind das MARD und das MIT für die Handwerksdörfer zuständig, aber auch das MoNRE hat natürlich beim Umweltschutz eine maßgebende Rolle eingenommen. Die Kommunikation und Abstimmung zwischen den Ministerien ist schwierig und schlecht koordiniert. Dies setzt sich auch auf lokaler Ebene in den verschiedenen Umweltaufteilungen auf Provinz- und Kommunalebene fort.
- iii) Es gibt Bestrebungen, die produzierenden Ortsteile von den Wohngebieten zu trennen. Bislang wurde dieses Vorhaben in keinem Dorf umgesetzt, da in diesem Falle die Kommunen und Dörfer zuständig wären und hier schlicht die Finanzierung fehlt.
- iv) Die Infrastruktur beschränkt sich meist auf Straßenbau und Elektrizität. Weitreichendere Investitionen wie Wasserver- und Entsorgung ist Sache der Kommunen, die damit allein finanziell überfordert wären.
- v) Insgesamt finden die vorhandenen Umweltregularien wenig Beachtung. Dies wird mit dem Interessenskonflikt zwischen ökonomischen Wachstum und Umweltschutzinvestitionen begründet. Es gibt kaum Studien oder regelmäßige Umweltkontrollen. Die in den Dörfern im Jahr 2005 eingeführte Umweltabgabe reicht bei weitem nicht aus, um eine Abwasserbehandlung zu etablieren.
- vi) Es gibt kaum ausgebildetes Personal, welches die vorhandenen rechtlichen Umweltrahmenbedingungen in den Behörden umsetzen könnte. Auch hier fehlt es an finanziellen Mitteln, die Mitarbeiter weiterzubilden oder von vorneherein gut ausgebildeten Experten einzustellen. 95% der Mitarbeiter in den Provinz- und Kommunalämtern können keine fachliche Eignung vorweisen.
- vii) Die Einflussnahme der Bevölkerung oder Gruppen ist aufgrund von starren Strukturen gering. Letztlich beschränkt sich die Anteilnahme der Bevölkerung auf der Formulierung von Eingaben und Beschwerden. Das zum Teil noch recht geringe Bildungsniveau und die politische Zurückhaltung tut ihr Übriges.
- viii) Nicht im MoNRE-Bericht erwähnt bleibt die nach wie vor hohe Korruption auf allen Ebenen. So sind die Dorfbewohner hinsichtlich einer zusätzlichen Abgabe

für Abwasser- und Abfallbehandlung skeptisch, ob diese auch tatsächlich in die vorgesehenen Kanäle fließen würde. Nach dem GBC sind in der öffentlichen Wahrnehmung 88% der öffentlichen Angestellten korrupt. Gerade im Vergaberecht für Aufträge fließen in Vietnam hohe Korruptionsgelder in die Geldbörsen der Entscheidungsträger.

Die Struktur der vietnamesischen Dörfer unterliegt einer strengen hierarchischen Ordnung, die sich seit Jahrhunderten erhalten hat. Die Struktur, der sich alle unterzuordnen haben geht auf den Konfuzianismus zurück. Im Kommunismus wurden die dörflichen Strukturen belassen und der Partei untergeordnet. Auch in Dai Lam sind die Leiter des Dorfes ist der Dorfchef, der sich um die Entwicklung, die Gesundheitsversorgung, die Infrastruktur und die Bildungseinrichtungen kümmert und das Dorf gegenüber der Kommune vertritt. Der Dorfsekretär vertritt die Partei im Dorf. Ihnen ist jeweils ein Beigeordneter zugeordnet. Die Aufgaben im Dorf werden in wöchentlichen Sitzungen im Dorfrat diskutiert und anschließend umgesetzt oder gegebenenfalls an die Kommune weitergegeben (Abbildung 2).

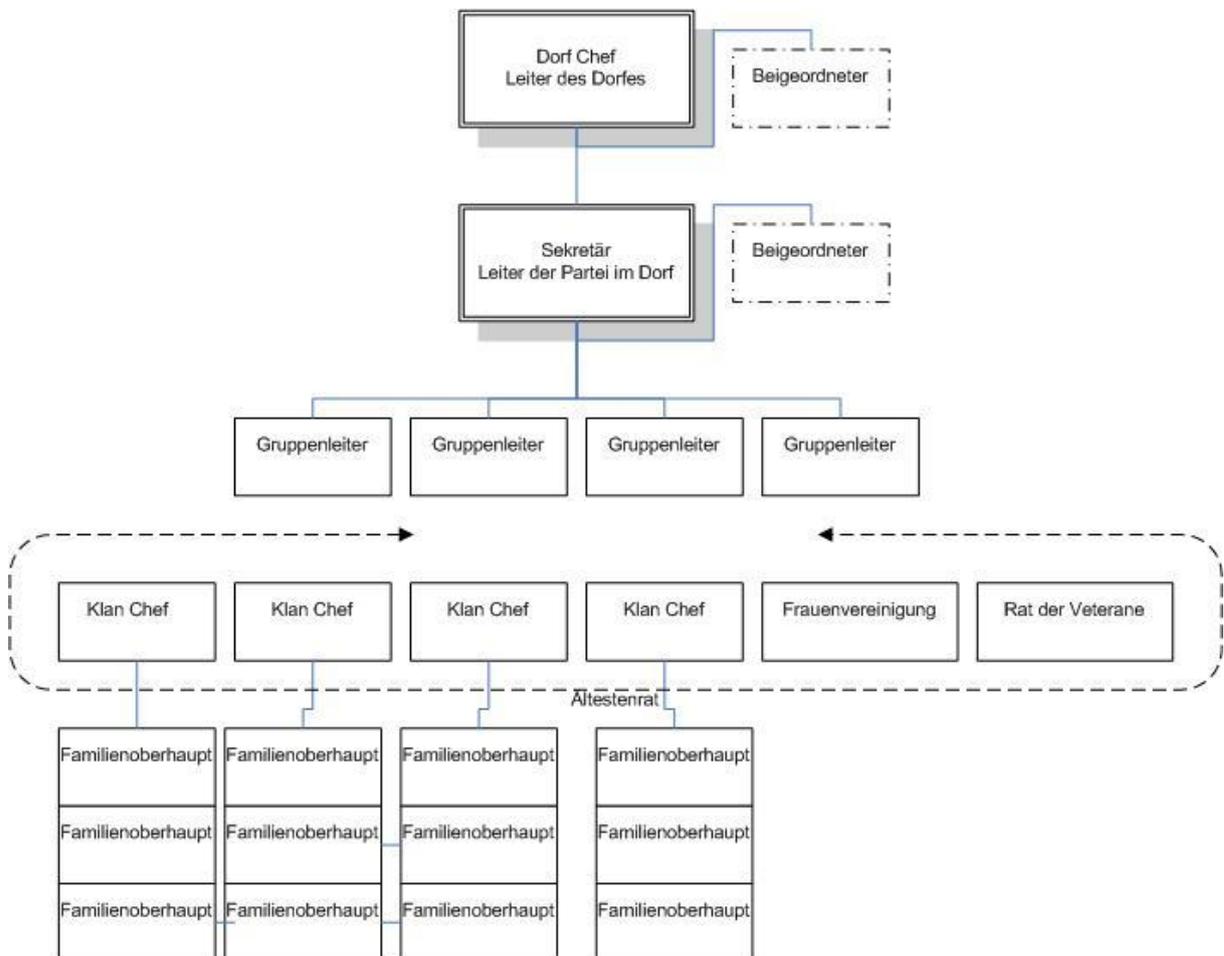


Abbildung 2: Entscheidungshierarchie in Dörfern in Vietnam

Auf Provinzebene (Abbildung 3) ist das Dorf dem Volkskomitee der Kommune (Tam Da) unterstellt, welches dem Volkskomitee des Distriktes (Yen Phong) unterstellt ist und dieses wiederum ist dem Volkskomitee der Provinz Bac Ninh untergeordnet. Die Kommunikation ist streng einzuhalten, so kann das Dorf beispielsweise nicht direkte Anfragen an das DONRE der Provinzregierung richten, dies kann nur das Volkskomitee der Provinz.

Hinsichtlich der für INHAND relevanten Unterstützung muss man die Bereitschaft in drei wichtige Bereiche aufteilen.

- 1) Administration: Hierzu zählen, der Leiter des Dorfes, der Leiter der Kommune, die Parteisekretäre und die Verantwortlichen für das Wasserwerk.

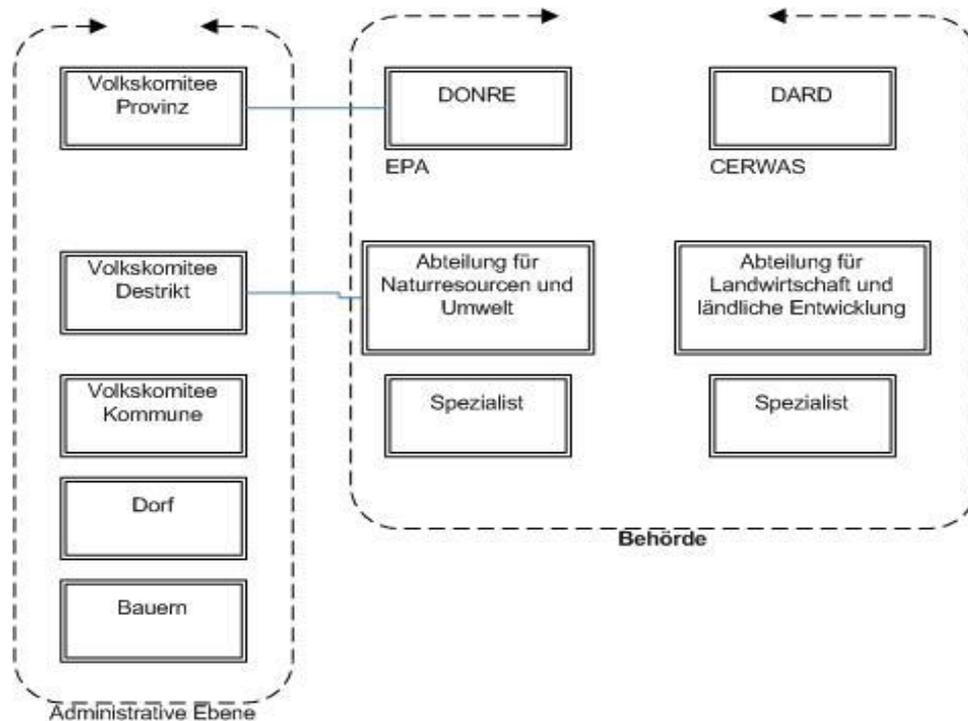
Zu Beginn des Vorhabens INHAND konnte der Kontakt zur Administration recht zügig aufgebaut werden. Zu Beginn des Vorhabens wurde diverse Male über den Standort der INHAND Pilotanlage diskutiert. Zur Debatte standen mehrere Grundstücke, die der Kommune zwar gehörten, für die es aber Pläne für eine anderweitige Nutzung gab. Nach einem Jahr wurde der Standort der Pilotanlage direkt am Hauptkanal festgelegt. Über den Projektverlauf wurde deutlich, dass die Kommunenverwaltung nur zurückhaltend an dem Projektfortschritt interessiert war. Die Gründe hierfür sind:

- a. Die Weiternutzung der Anlage nach Projektende wäre mit Kosten verbunden gewesen, für diese Kosten wollte die Kommune Tam Da nicht aufkommen. Es gibt laut Kommunenchef vorrangigere Projekte, wie den Ausbau verschiedener Straßen und die Errichtung eines Kindergartens.
- b. Der Kommunen Chef war fachlich überfordert.
- c. Die Anlage war nur eine Pilotanlage, die nicht den gesamten Abwasserstrom des Dorfes behandeln konnte. Eine Erweiterung der Anlage war aus der Sicht der Dorfadministration nicht finanzierbar.

- 2) Bürgerbeteiligung: Die Bürger im Dorf Dai Lam waren zu einem Großteil von Anfang an von dem INHAND Projekt überzeugt. Gerade die Behandlung der organischen Abfälle und die mögliche anschließende Nutzung der Gärreste stieß auf Interesse. Über die Projektlaufzeit hat es viele Gespräche über die Umweltsituation in Dai Lam gegeben, deren Kernaussage war, dass man sich große Sorge über die wachsenden Umweltprobleme durch wilde Müllkippen und die Verschmutzung des Grund- und Oberflächenwassers machen würde. Die Dorfbewohner sind grundsätzlich bereit für Umwelttechnologien Gebühren zu entrichten, befürchten aber, dass ein Teil der Gelder als nicht an den vorgesehenen Stellen ankommen würde. Auffällig war, dass die Bürger im Dorf nicht bereit waren, Einfluss zu nehmen, sich beispielsweise beim Volkskomitee für eine Umweltinfrastruktur einzusetzen.

Die INHAND Aktivitäten, wie beispielsweise die Säuberung des Dorfes von Abfällen stieß hingegen auf große Akzeptanz.

- 3) Auf Provinzebene war Interesse an den Aktivitäten von INHAND nur vereinzelt nennenswert. Zu den Workshops und zu Schulungsmaßnahmen wurden Abgeordnete der verschiedenen Stellen (DONRE, DOST, MARD, PC) gesandt, darüber hinaus wurde kaum Eigeninitiative sichtbar.



**Abbildung 3: Struktur der Entscheidungsträger in den Provinzen**

Bei einer Geländebegehung im März 2011, im Anschluss an das Kick-Off-Treffen wurde nach einem geeigneten Standort für die Pilotanlage gesucht und die Möglichkeit in Betracht gezogen, die Anlage in dem offenen Kanal zu platzieren.

Der Dorfvorsteher hat sich grundsätzlich einverstanden erklärt. In den anschließenden Monaten wurde mehrmals durch den Partner CTIC Versuche unternommen, eine Genehmigung zur Errichtung der Anlage zu bekommen. Erst im Herbst 2011 konnten im Rahmen des mehrwöchigen Aufenthaltes von Frau Hahn die Weichen gestellt werden und die entscheidenden Stellen haben ihr grundsätzliches Einverständnis zum Bau gegeben. Herr Appel von VIS hat das Dorf im Dezember 2011 besucht, sein Besuch diente auch der Vorstellung des Vorhabens im Dorf und der Einigung über den Anlagenstandort. Die notwendigen Unterlagen wurden inzwischen erstellt und eingereicht.

#### **6.1.4 Gestaltung der Homepage und einheitlicher Präsentationsvorlagen**

Für das Vorhaben wurde zusammen mit der Firma eGraphia eine Homepage entworfen und implementiert. Die Firma eGraphia hat im Februar 2011 drei Entwürfe vorgelegt, von denen einer ausgewählt wurde (Abbildung 4). Die inhaltlichen Beiträge wurden vom IAA erarbeitet und in die englische und vietnamesische Sprache übersetzt. Die Seite wurde nach den Vorgaben des BMBF barrierefrei gestaltet. Inhaltlich dient die Seite zur Information interessierter Personen und Institutionen über Inhalte und Ziele des Projektes, über die beteiligten Institutionen und über die Region. Zudem verfügt die Seite über zahlreiche Fotos aus dem Dorf und über Verweise zu anderen Internetseiten in Deutschland und Vietnam, die einen Bezug zu dem INHAND Vorhaben haben. Die Seite wird in regelmäßigen Abständen über das CMS System aktualisiert (d.h. dies wird direkt vom IAA ausgeführt und nicht über eGraphia).

Im passwortgeschützten internen Bereich der Homepage werden die erhobenen Daten und Dokumente des Vorhabens abgelegt. Diese Ablage wird vom IAA verwaltet. Desweiteren wurden mehrere Logos zum Vorhaben entwickelt und im Vorhaben abgestimmt. Das ausgewählte Logo entstammt der Feder von Dirk Weichgrebe (ISAH) und wurde vor allem von der vietnamesischen Seite bevorzugt. Daraufhin wurde die Homepage farblich an das Logo angepasst und Präsentationsvorlagen erstellt (eGraphia).

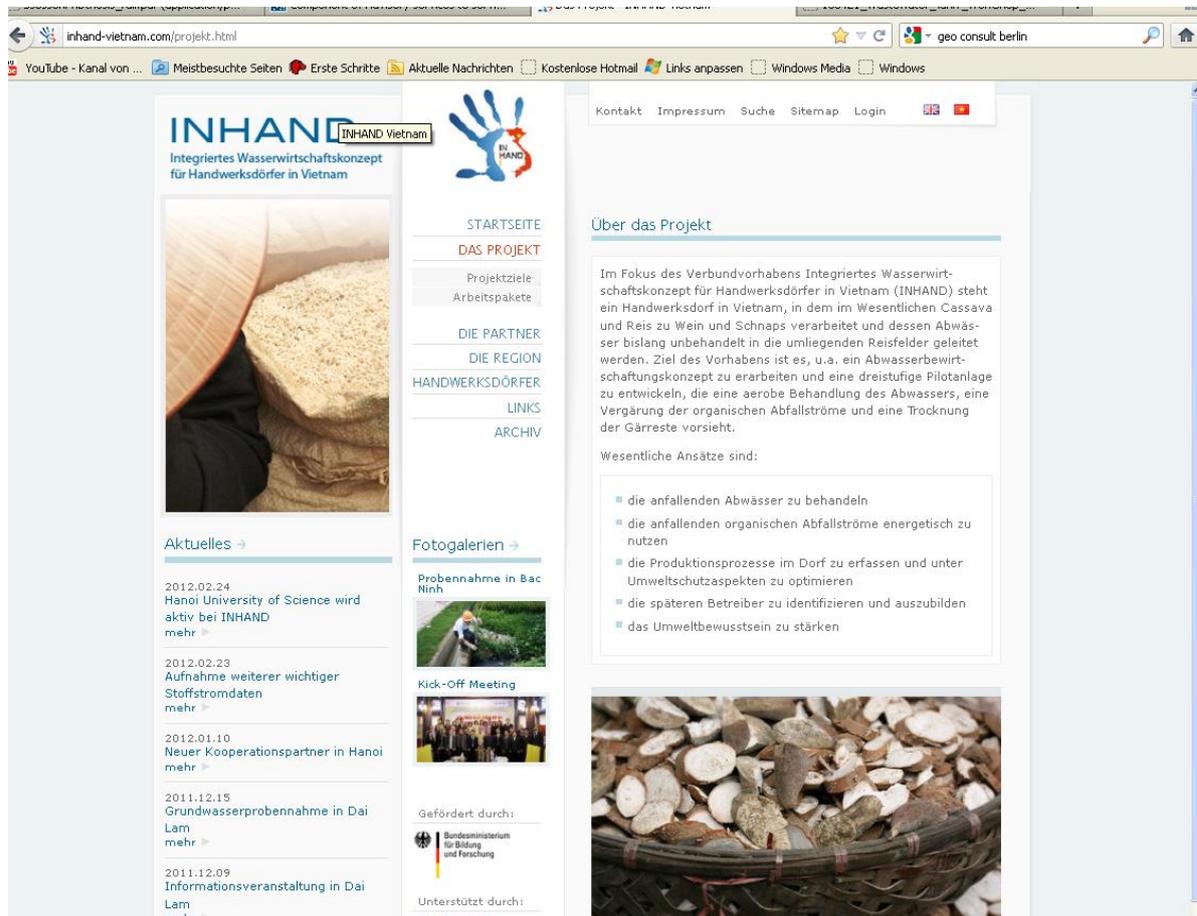


Abbildung 4: Startseite der Homepage: [www.inhand-vietnam.com](http://www.inhand-vietnam.com)

### 6.1.5 Koordinierung der wissenschaftlichen Forschungstätigkeiten (Arbeitspaket 1)

Die wissenschaftliche Begleitung ist ein integraler Bestandteil des Vorhabens. Im Berichtszeitraum stand die Bestandsaufnahme der aktuellen Situation im Mittelpunkt der Untersuchungen. Hier hat das IAA intensiv mit dem ISAH und mit den Mitarbeitern von CTIC zusammengearbeitet. Koordinierungsaufgaben waren:

- Recherche zu früheren Projekten mit internationaler Beteiligung
- Recherche zu früheren Projekten mit Bezug zu Umwelt/Ressourcenschutz-themen
- Recherche von Kartenmaterial

- Unterstützung der Versuchsplanungen bei HUS
- Einbindung von deutschen und vietnamesischen Studenten
- Betreuung von Masterarbeiten
- Versuchsdurchführungen bei HUS
- Abschätzung der Abwasser- und Abfallvorkommen
- Erarbeitung eines Fragebogens
- Durchführung der Befragung im Dorf
- Probennahme Hausbrunnen und Wasserwerk
- Trinkwasseranalytik
- Einbindung der Entscheidungsträger im Dorf und in der Kommune
- Ausarbeitung der Verträge mit den Partnern
- Netzwerkbildung zu weiteren internationalen Akteuren im Bereich Handwerksdörfer in Vietnam
- Kontakt zu den verschiedenen Wissenschaftlern aufbauen, die in Vietnam im Bereich Handwerksdörfer aktiv sind

## **6.2 Bestandsaufnahme der Situation im Dorf Dai Lam (Arbeitspaket 2)**

### **6.2.1 Methodik der Datenerfassung**

Die Erhebung der Daten für die Bestandsaufnahme im Dorf erfolgte durch

1. Recherche und Auswertung vorhandener Berichte und Dokumentationen (z.B.: Statistischer Erhebungen)
2. Befragung der Dorf und Kommunenchefs
3. Befragung der Dorfbevölkerung (Fragebogen)
4. Probennahme der Grundwasserbrunnen
5. Probennahme Abwasser (ISAH)

Zu 1.: Folgende Berichte und Dokumentationen lagen vor und wurden ausgewertet(

- Hoàn, 2008: Nguyen Van Hoan from Construction consultant company Hoan Hao, a stakeholder of Dai Lam water work construction project implemented in 2008, Report on "*Technical descriptions for water work in Dai Lam*".
- VAWR, 2007: Vietnam academy for water resources, KCO7 project
- CERWASS, 2006: Center for rural water and environmental sanitation, *pure watering station for Dai Lam* project.
- CERWASS, 2008: Center for rural water and environmental sanitation, *waste water treatment for Dai Lam* project.

- Tuan, 2010: Anh Tuan, “ Đại Lâm- Vẫn còn đó những nỗi lo làng nghề”, article on June 2, 2010 on <http://thanhgiong.vn/Home/To-quoc/NewsDetail.aspx?id=3863>
- TCVN2737- 1995: [http://ketcau.wikia.com/wiki/T%C3%ADnh\\_to%C3%A1n\\_t%E1%BA%A3i\\_tr%E1%BB%8Dng\\_gi%C3%B3](http://ketcau.wikia.com/wiki/T%C3%ADnh_to%C3%A1n_t%E1%BA%A3i_tr%E1%BB%8Dng_gi%C3%B3)
- Dai Lam, 2010: Report in the period 2008-2010 in Dai Lam village

Zu 2: Folgende Befragungen wurden vom Unterauftragnehmer CTIC durchgeführt

- Juni 2011: Nguyen Van Hung, Vizepräsident der Kommune Tam Da
- Juni 2011: Hai, Dorfcchef Dai Lam
- Juni 2011: Ha Minh Hoa, Bac Ninh Environment Protection Agency
- Nam, 2011: Vu Hai Nam, Center for training and international cooperation, interview on June, 2011 at CTIC

Zu 3: Das Ziel der Befragung war die Erhebung von Daten zu:

- Sozioökonomische Situation im Dorf
  - Einkommensverhältnisse, Bildungsstand, Personen/Haushalt, Beruf
- Abwasser und Abfallmengen
  - Bezogen auf die Produktionsstätten
- Umweltbewusstsein, Unterstützung des Projektes im Dorf
- Wassernutzung
  - Trinkwasser, Brauchwasser und Kosten

In Zusammenarbeit mit Sebastian Meier (ISAH) wurde ein Fragebogen entwickelt, der die verschiedenen Themenbereiche abdeckt (siehe Anhang). Der Fragebogen wurde ins Vietnamesische übersetzt. Da die zu befragenden Personen ausschließlich Bewohner des Dorfes waren, wurde statt der Verteilung des Fragebogens an die Bewohner eine Interviewkampagne durchgeführt. So wurde sichergestellt dass die Fragen von den Bewohnern verstanden worden sind und es sich um eine repräsentative Datenerhebung handelte.

Im Vorlauf zu der Befragung im Dorf Dai Lam wurde der Fragebogen an 4 Familien im Dorf erprobt und nachgebessert.

Die Befragung selber wurde durch acht Mitarbeiter (HUS, VAST, CTIC) unterstützt und an drei Tagen (24.- 26.12.11) durchgeführt. Insgesamt wurden 325 Haushalte befragt, was etwa 35% der Haushalte entspricht.

Die Antworten wurden in Hanoi ins Englische übertragen und in eine Exceltabelle eingegeben.

Die Auswertung erfolgte Anfang 2012 in Hannover (Produktionsdaten, Abwasserdaten, Abfalldaten) und an der TU Dresden (Sozioökonomische Daten, Gesundheit, Trinkwasser, Arsen).

Zu 4: am 14. Dezember 2012 wurde durch die TUD und den Unterauftragnehmer VAST eine Beprobung von 21 Hausbrunnen im Dorf durchgeführt. Im Fokus der anschließenden Analytik der Proben stand die Untersuchung der Schwermetallgehalte und Arsen (Siehe Abschnitt 6.3.6).

Zu 5: die Abwasser- und Abfallanalytik wurde zu mehreren Terminen im Jahr 2012 durchgeführt. Die Dokumentation der Aktivitäten wird im Bericht der LU Hannover erfolgen.

## **6.2.2 Geographische und geologische Einordnung des Untersuchungsgebietes**

Das Dorf Dai Lam befindet sich am östlichen Ufer des Cau Flusses in der Provinz Bac Ninh (Abbildung 5). Im Norden grenzt Dai Lam an das Dorf Phan Dong, im Westen an die Dörfer Thuy Hoa und Dong Phong und im Süden an die Provinzhauptstadt Bac Ninh. Das Dorf gehört zu der Kommune Tam Da, der noch drei weitere Dörfer untergeordnet sind. Die Kommune wiederum gehört zum Distrikt Yen Phong in der Provinz Bac Ninh und ist etwa 40 km von Hanoi entfernt.

Das Dorf ist als Straßendorf auf und hinter einem Damm entlang des Cau Flusses angelegt. Von der Hauptstrasse zweigen 13 Gassen ab, die alle ein Gefälle aufweisen, welches sich durch den Damm ergibt. Das Dorf liegt zwischen 3 und 10 m ü NN.

Die Umgebung des Dorfes hat ein sehr flaches Relief, der überwiegende Teil liegt auf etwa 0 bis 5 m ü NN. Etwa 3 km nördlich des Dorfes und zwei km östlich befinden sich 50-85 m hohe Erhebungen, die aus grobklastischen Sedimenten, wie Konglomeraten, groben weiß-grauen Quarzsandsteinen mit siltigen und kalkigen Zwischenlagen der Hòn Gai Formation gebildet werden. Es handelt sich um triassische Transgressionssedimente (Nor-Räth), die im Verbreitungsgebiet eine Mächtigkeit von bis zu 900 m einnehmen können.

Die mesozoischen Schichten werden von marinen Schichten des oberen Pleistozän diskordant überlagert. Die gelb-grau gescheckten Ton- und Siltschichten der Vinh Phuc Formation sind im Bereich des Arbeitsgebietes weit verbreitet, erreichen aber nur geringe Mächtigkeiten von bis zu 10 m.

Weit verbreitet sind ebenfalls die unteren-mittleren holozänen Schichten der Hai Hung Formation, die hier als lakrustine-sumpfige Sedimente vertreten sind. Sie bestehen überwiegend aus dunklen Ton und Siltlagen, die zum Teil Pflanzenreste enthalten. Zum oberen Holozän werden die Schichten der Thai Binh-Formation gezählt. Diese sind im Bearbeitungsgebiet in zwei Fazies ausgebildet: in der Nähe der größeren Flüsse als Sand und Lehm und als alluvialer dunkelbrauner Ton-Silt, der zur Ziegelsteinherstellung genutzt wird (HOANG NGOC, 2001).

Das Gebiet ist insgesamt stark anthropogen geprägt. Die jahrhundertlange intensive Reiskultivierung erfordert ein komplexes Bewässerungssystem, das aus vielen miteinander in Verbindung stehenden Kanälen, Dämmen und immer wieder überfluteten Feldern besteht (BAKKER et al., 2003)

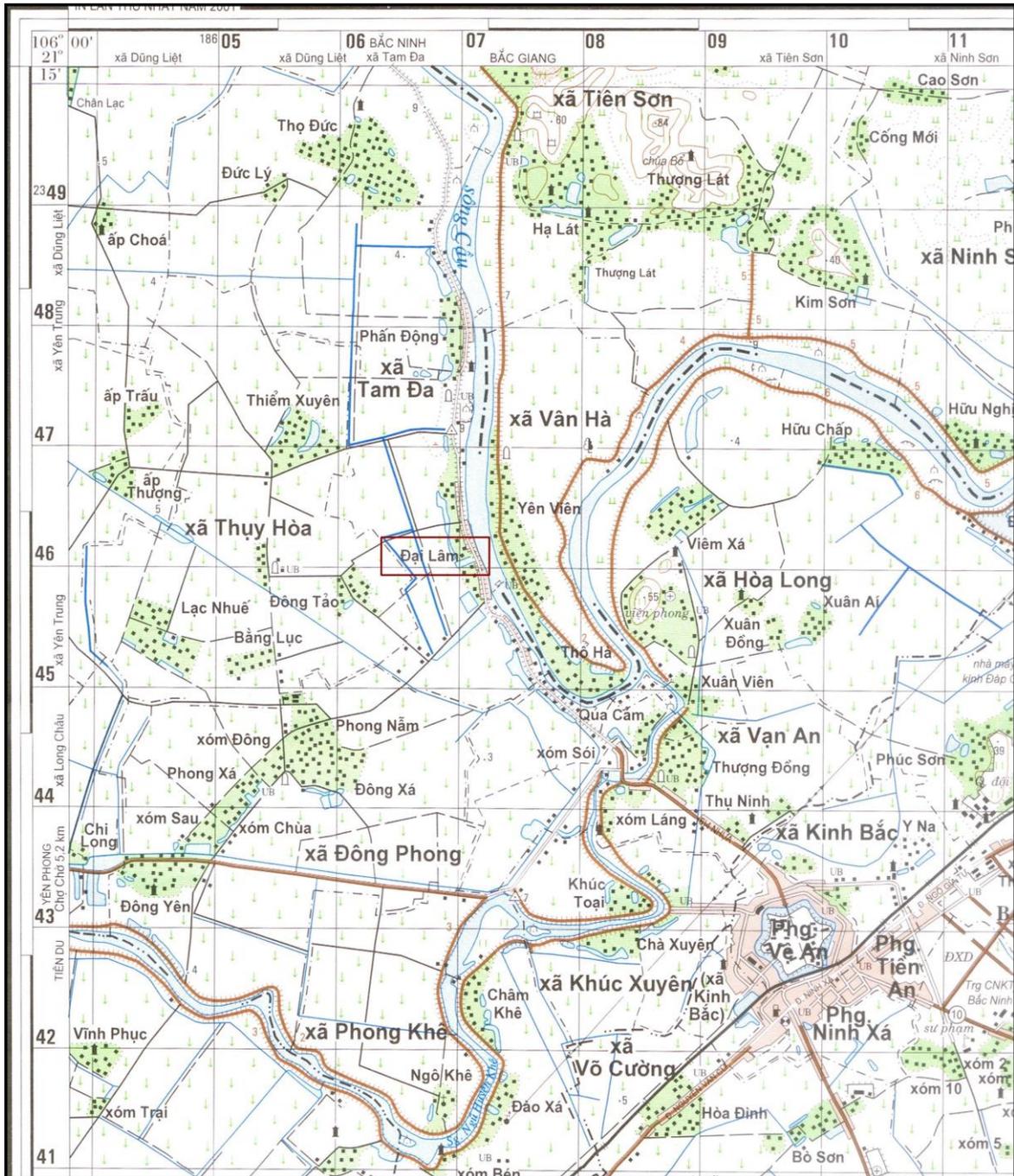


Abbildung 5: Lage von Dai Lam

## Song Cau (Cau Fluss)

Das Dorf Dai Lam liegt am Ufer des Cau Flusses, welcher zu dem Thai Binh Flusssystem gehört (Nordöstlicher Bereich des Deltas des Roten Flusses).

Der Cau Fluss ist die Lebensader dieser Region, die Quelle liegt in den Phia Deng Bergen auf 1527 m, der Einzugsbereich erstreckt sich auf 6230 km<sup>2</sup> und jährliche Abfluss beträgt 4200 km<sup>3</sup>. Im Einzugsbereich leben etwa fünf Millionen Menschen in sechs verschiedenen Provinzen (Bac Can, Vinh Phuc, Bac Giang, Bac Ninh, Ha Noi und Hai Duong). Entlang des Flusses liegen fünf größere Städte. Seit Beginn der Erneuerungspolitik und der damit einsetzenden Industrialisierung Vietnams sind im Einzugsbereich des Flusses eine Vielzahl von Produktionsstätten entstanden, deren Abwasser meist unbehandelt entwässert wird. Ein großes Problem stellen die etwa 100 Minen und die 35 erverarbeitenden Betriebe im Oberlauf des Flusses dar, darüber hinaus gibt es eine Vielzahl illegaler Bergbaubetriebe. Es wird geschätzt, dass die durch den Kohlebergbau entstehende Fracht an festen Abfällen etwa 1,5 Millionen t ausmacht. Die Eisenerzminen produzieren etwa 2,5 t Abfälle und die Zinnminen etwa 800.000 t. Entlang des Cau Flusses liegen insgesamt etwa 200 Handwerksdörfer, deren Abwasser unbehandelt in den Fluss entwässert wird. Der Cau Fluss gehört neben dem Nhue Day Fluss und dem Dong Nai Fluss zu den am schwersten belasteten Flüssen Vietnams. Erste Maßnahmen am Oberlauf des Flusses haben schon Wirkung gezeigt, jedoch sind die Belastungen gerade in den urbanen Gebieten zu hoch und infolge der zunehmenden Besiedlung und Industrialisierung unzureichend gelöst (ICEM, 2008).

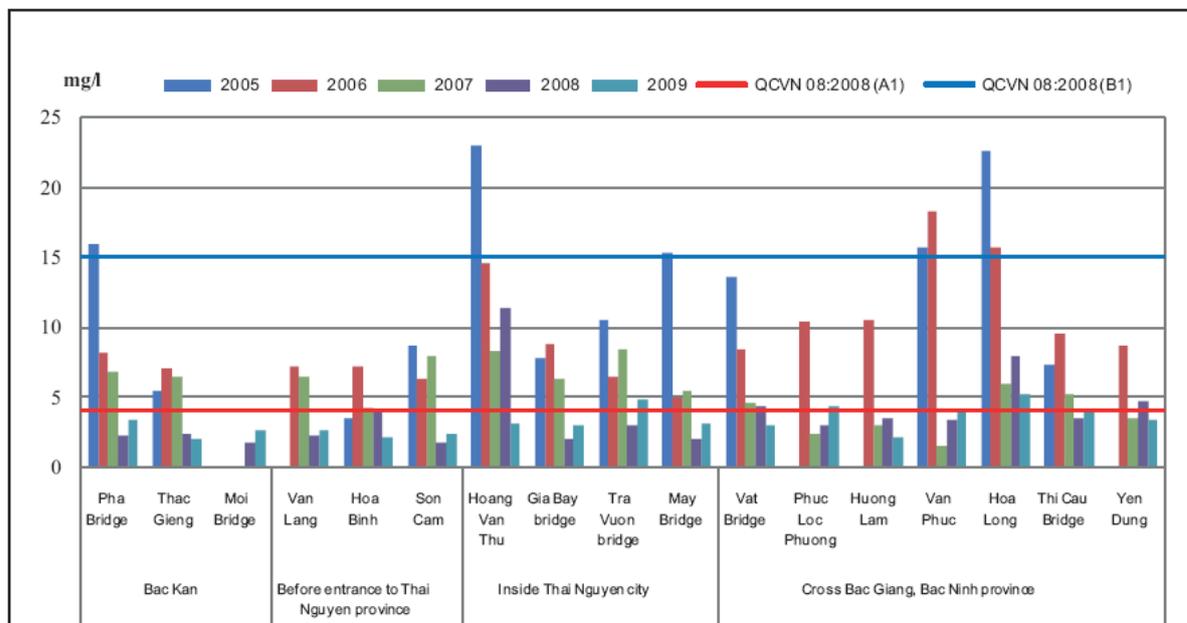


Abbildung 6: BSB<sub>5</sub> Werte für verschiedenen Abschnitte des Cau Flusses über mehrere Jahre

## Dorfstruktur

Die Karte des Dorfes, welche durch den Partner ISAH, der LU Hannover digitalisiert wurden, (Abbildung 7) zeigt die einzelnen Gassen und Gehöfte, die Kanäle, das Pumpwerk, den Marktplatz und die Tempel.



Abbildung 7: Karte des Dorfes Dai Lam (ISAH)

Dai Lam ist etwa 500 Jahre alt und ist ein traditionelles Handwerksdorf, in dem in vielen Haushalten seit mehreren hundert Jahren aus Cassava und Reis Schnaps hergestellt wird. Die Anzahl der Schnaps produzierenden Haushalte hat in den letzten Jahren stark abgenommen. Vor etwa 10 Jahren waren noch fast alle Haushalte an der Schnapsproduktion beteiligt, heute sind es nur noch etwa ein Drittel. Im Jahr 2008 wohnten im Dorf 4845 Einwohner, die in

etwa 1150 Haushalten wohnten. Die Produktion von Schnaps unterliegt infolge der Vegetationsperioden und Erntetermine Produktionsschwankungen über das Jahr. In Zeiten von Produktionspeaks sind 550 Haushalte an der Produktion beteiligt, kontinuierliche Produzenten sind hingegen nur 380 Haushalte. Desweiteren werden im Dorf auch Reismudeln hergestellt und Schweine gemästet (366 Haushalte). Das mittlere jährliche Einkommen liegt bei 10 Millionen Dong pro Person (~350 €). Die Haupteinnahmequelle ist die Produktion von Schnaps (etwa 60 %), die Tiermast (25%) und der Anbau von Reis (15%) (Hai, 2011).

Die Anbaufläche für Reis ist für die Dorfbewohner begrenzt, so dass weitere Einnahmequellen notwendig sind, um den Familien ihr Grundauskommen zu sichern. Aus diesem Grunde wird in dem Dorf Schnaps produziert aber auch in zunehmenden Maße Tiere gemästet. 400 bis 450 Haushalte mästen mindestens 10 Schweine. Etwa 30 % der Haushalte fangen den Schweinemist in Faulräumen (septic tanks) auf, um ihn energetisch zu nutzen. In der Mast werden auch die Abfallprodukte der Schnapsproduktion als Futtermittel eingesetzt. Im Dai Lam gibt es verschiedene handwerkliche Produktionen in den Haushalten, jedoch kein Industrieunternehmen.

### **6.2.3 Bildung**

In Dai Lam gibt es einen Kindergarten, eine Grundschule und eine weiterführende Schule. Für den Schulbesuch wird ein Schulgeld erhoben, es gibt aber auch staatliche Unterstützung für bedürftige Familien. Etwa 70 % der Schulabgänger absolvieren im Jahr das Eintrittsexamen für die Hochschulen.

### **6.2.4 Elektrizität**

Alle Haushalte nutzen elektrischen Strom. Etwa 30 % aller Haushalten nutzen einen Generator und etwa 15 % nutzen Biogas als zusätzliche Energiequelle, vor allem um Stromausfälle zu überbrücken. Im Dorf existiert ein lokaler Radiosender, der zur Kommunikation lokaler politischer, gesellschaftlicher, ökonomischer Nachrichten oder zu Erziehungszwecken genutzt wird und der überwiegend über Straßenlautsprecher wiedergegeben wird.

Gesundheitsversorgung: Im Dorf gibt es ein Gesundheitszentrum in dem sind staatlich finanzierte Ärzte/Pflegepersonal damit beschäftigt sind das nationale Gesundheitsprogramm umzusetzen. (vor allem Impfungen und Geburtenkontrolle).

### **6.2.5 Verkehrswege und Kanalnetz:**

über 90% der Straßen sind befestigt unter vielen der Straßen sind Abwasserkanäle angelegt, die jedoch durch Abfälle oder aufgespültes Erdreich verstopft sind (Abbildung 8). Die Zuständigkeiten zur Wartung des Kanalnetzes liegen beim Dorfcchef und die für das Projekt wichtigen Reinigungs- und Instandsetzungsarbeiten werden im Jahr 2012 durchgeführt.



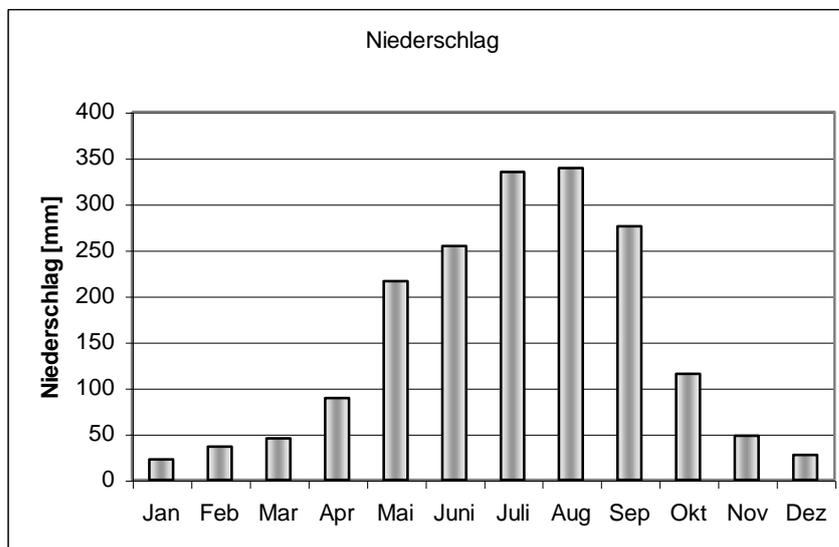
**Abbildung 8: zum Teil stark verschmutzte und beschädigte Abwasserkanäle in Dai Lam**

### 6.2.6 Hydrogeologische Anbindung des Untersuchungsgebietes:

Im Delta des Roten Flusses gibt es mehrere nutzbare Grundwasserleiter. Für die Wassergewinnung sind die mittel-obere pleistozäne Schichten der Vinh Phuc –Hanoi Formation die bedeutendsten. Die hangende Hanoi-Formation besteht vornehmlich aus grobklastischen Quarzkiesen und Sanden, die liegenden Schichten der Vinh Phuc Formation sind feiner ausgeprägt und enthält an der Basis Silt- und Tonlagen (BINNIE ET AL. 1994.)

### 6.2.7 Klima:

Vietnam liegt innerhalb der südostasiatischen, innertropischen Monsunzone. Das Wetter im Norden des Landes wird wesentlich von zwei Monsunen bestimmt. Der trockene, kühlere Wintermonsun kommt zwischen Oktober und März aus vornehmlich aus nordöstlichen Richtungen mit einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 3-4 m/s. Der feuchte und heiße Südwestmonsun tritt zwischen April oder Mai bis Oktober auf und weist durchschnittliche Windgeschwindigkeiten von 4-5 m/s auf. Die Winde dieses Monsuns kommen vom Indischen Ozean und vom Golf von Thailand, wo sie sich mit Feuchtigkeit aufgefüllt haben. Jährlich wird die Region in den Monaten Juni-September von 2 bis 5 Taifunen heimgesucht, die häufig Windgeschwindigkeiten von 45-50 m/s (WORLD BANK, 2003). In der Gegend von Hanoi fallen durchschnittlich 1678 mm Niederschlag im Jahr. Die jährliche Niederschlagsverteilung und Temperaturverteilung ist in Abbildung 9 dargestellt.



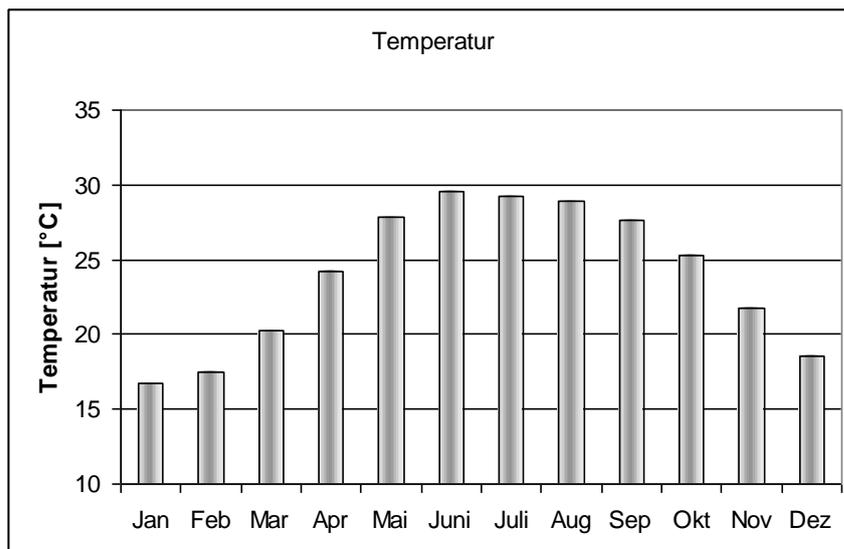


Abbildung 9: Tagesmitteltemperaturen der Region Hanoi (Daten: MCHMF, nationaler Hydrologischer Dienst)

### 6.2.8 Frühere Projekte:

- Project on research on waste water treatment for agricultural processing craft village by KC07 - Vietnam academy for water resource (*VAWR, 2007*)
- Project on pure watering station for Dai Lam by Center for rural water and environmental sanitation in Bac Ninh (*CERWASS, 2006*)
- Project on waste water treatment for Dai Lam by Center for rural water and environmental sanitation in Bac Ninh (*CERWASS, 2008*)
- Project on collecting and transiting rubbish by Yen Phong council in 2010

In Bac Ninh province:

Bac Ninh province with suitable investment attracting policies attracts many projects on research and development from both domestic and foreign investors. There are some projects on water resource such as:

- 'Waste water and solid rubbish in provinces in Vietnam' project by the cooperation of German KfW ,GTZ and a partner in Bac Ninh. The project is divided into 2 stages: the

first one from February in 2005 to July in 2008 and the other from August in 2008 to July in 2011.

- Project on waste water treatment for vermicelli processing craft village in Khan Niem commune, Bac Ninh city, Bac Ninh province by Institute of scientific water resource with the investment of Ministry of Agricultural and Rural Development. The project was in practice in 2008 and waste water treatment system has been in use in the craft village since then.
- 'Vietnam Province Environment Government – VPEG' funded by Canadian International Developing Associate (CIDA) from 2009 to 2013. ( source: [www.vpeg.vn](http://www.vpeg.vn))
- 

### **6.3 AP 11 und 13: Wasser- und Landnutzung und die potentielle Gefährdung der Bevölkerung durch derzeitigen Nutzung am Beispiel der Arsenbelastung**

In den Arbeitspaketen 11 und 13 sollten insbesondere die derzeitige Land- und Wassernutzung in der Region untersucht werden. Nach den ersten Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass ein Risiko für die Bevölkerung vor allem von den zum Teil hohen Arsenkonzentrationen im Grundwasser und durch den Eintritt in die Nahrungskette ausgeht. Daraufhin wurden die Untersuchungen der Böden, Pflanzen, Wässer, Tiere und Schlämme vor allem vor dem Hintergrund einer potentiellen Gefährdung durch Arsen durchgeführt.

#### **6.3.1 Ursachen der Grundwasserkontamination**

„Die Grundwasserkontamination in Bangladesh durch Arsen ist eine der größten Vergiftungen der Menschheitsgeschichte, die Millionen von Menschen betrifft“. Mit diesen Worten begann Allen H. Smith im Jahr 2000 die Vorstellung seiner Forschungsergebnisse zur Arsenbelastung des Grundwassers in Bangladesh (Smith et al. 2000). Seit den 1940ern sind im Ganges-Bramaputra Delta Tausende von Brunnen gebohrt hatten, um den Menschen einen Zugang zu sauberem und sicherem Grundwasser zu ermöglichen. Das Delta ist eines der größten Deltaregionen der Welt und wie viele Deltas, ist es sehr dicht besiedelt. Seit Anfang der 1980er Jahre wurde der Brunnenbau durch die WHO unterstützt.

Erste Hinweise auf Hauterkrankungen aufgrund von Arsenvergiftungen gab es 1983 (Saha 1984, Smith et al. 2000). Zu Beginn der 1990er Jahre wurden Grundwasseranalysen durchgeführt, durch welche eine hohe Arsenkonzentration in vielen der Brunnen festgestellt werden konnte. Nationale (Ahmad et al. 1997) und Internationale Studien (British Geological Survey 2001) belegten, dass in 30 % der Brunnen die internationalen Grenzwerte von 50µg/l überschritten wurden.

Ein im Jahre 2008 von der UNICEF veröffentlichter Bericht dokumentierte, dass von den 4,75 Millionen untersuchten Brunnen etwa 1,4 Millionen Brunnen kontaminiert waren woraus eine Anzahl von 20 Millionen Personen abgeleitet wurde, deren Trinkwasser durch Arsen kontaminiert war.

Ein ähnliches Brunnenbauprogramm zur Versorgung der ländlichen Bevölkerung mit sicherem Trinkwasser wurde seit den 1980er Jahren in Vietnam aufgebaut. Zwanzig Jahre später wurden von Michael Berg eine Reihe von Grundwasseruntersuchungen in Hanoi und Umgebung durchgeführt, die eine zum Teil sehr hohe Arsenbelastung des Grundwassers belegten. Durchschnittlich wurden Arsenkonzentrationen von 159 µg/l nachgewiesen und der höchste Wert betrug 3050 µg/l (Berg et al. 2001a). In den anschließenden Jahren wurden eine Reihe von weiteren Untersuchungen zur Arsenproblematik im Delta des Roten Flusses durchgeführt (Agusa 2002, Agusa et al. 2006, Jessen 2008a, Eiche 2008, Brammer et al. 2009, Eiche 2009).

2011 wurde von Winkel et al die Ergebnisse einer Studie veröffentlicht, durch die 510 Brunnen beprobt und analysiert worden waren. Auf dieser Grundlage wurde eine lokale Risikoabschätzung für das Rote Fluss Delta durchgeführt und eine Karte erstellt. Auf dieser Grundlage wurde geschätzt, dass etwa drei Millionen Personen Zugang zu kontaminierten Grundwasser haben, was etwa 27% der Bevölkerung ausmacht.

Im Vergleich zum Ganges-Brahmaputra Delta, gibt es vergleichbar wenig Veröffentlichung zu der Thematik im Roten Fluss Delta.

Berg et al. 2007a, Agusa et al. 2010, Agusa et al. 2014, Agusa et al. 2006 haben Haarproben von betroffenen Personen untersucht und fanden zum Teil deutliche Überschreitungen des Wertes von 1 mg/kg welcher als Grenzwert von chronischer Arsenvergiftung gilt. Die Untersuchungen zeigen zwar, dass offenbar ein großer Teil der Bevölkerung ein hohes Risiko einer Arsenvergiftung hat. Letztlich gibt es jedoch wenig Hinweise auf Arsen induzierte Krankheiten, wie die Arsenicosis. Als Erklärungsversuch führt Berg et al (2007) an, dass die Arsenicosis schwer zu diagnostizieren oder von anderen Krankheiten abzugrenzen ist. Zudem könnte die Ernährungssituation der Menschen etwas besser sein, als in Bangladesh. Agusa et al (2014) führten als Erklärungsversuch eine ethnische Resistenz der Vietnamesen an.

Die Problematik der Arsenvergiftung des Grundwassers ist auch aus anderen Regionen bekannt: Kambodscha (Berg et al. 2007a, Polya 2004, Feldman et al. 2007), Thailand (Williams 1996), Myanmar (Winkel 2008b), Sumatra (Winkel 2008a), China (Guo et al. 2003), Mongolei (Guo et al. 2001) und Laos (Chanpiwat et al. 2011)

### **6.3.2 Vorkommen und Herkunft des Arsens im Delta des Roten Flusses**

Hohe Arsen Konzentrationen in Grundwasserleitern des unteren Holozän und des unteren Pleistozän wurden in verschiedenen Studien dokumentiert (Berg et al. 2001b, Buschmann et al. 2007, Berg et al. 2007a, Berg 2008, Giger 2003, Winkel 2008a, Jessen 2008b, Postma 2007). Auch wenn grundsätzlich eine anthropogene Kontamination durch die Anwendung von Pestiziden oder durch Bergbauaktivitäten nicht vollkommen ausgeschlossen werden

kann, handelt es sich nach dem heutigen Wissensstand wohl um eine geogene Kontamination: die quartären fluviatilen und lakustrinen Sedimente enthalten Arsenverbindungen. Das Liefergebiet der Sedimente liegt im Himalaya Massiv; eine genauere Eingrenzung des Liefergebietes wurde bislang nicht durchgeführt. In Anlehnung an die Studien, die in Bangladesh und West-Bengal durchgeführt wurden, stammen die Arsenverbindungen vermutlich aus Arsenpyrit und Serpentinithaltigen Gesteinen (Li 2013). Mechanische Erosion, Lösungs- und Oxidationsprozesse führen zum Transport von Arsen in die Ebene am Golf von Tonkin, wo sie an Eisenhydroxiden als schwerlösliches fünfwertiges Arsen gebunden werden. Aufgrund der geringeren Toxizität und der geringeren Löslichkeit geht von  $As^{5+}$  ein geringeres Risiko für die Bevölkerung aus als bei  $As^{3+}$ . Werden die Redoxbedingungen im Sediment jedoch verändert, kann das toxischere  $As^{3+}$  freigesetzt werden.

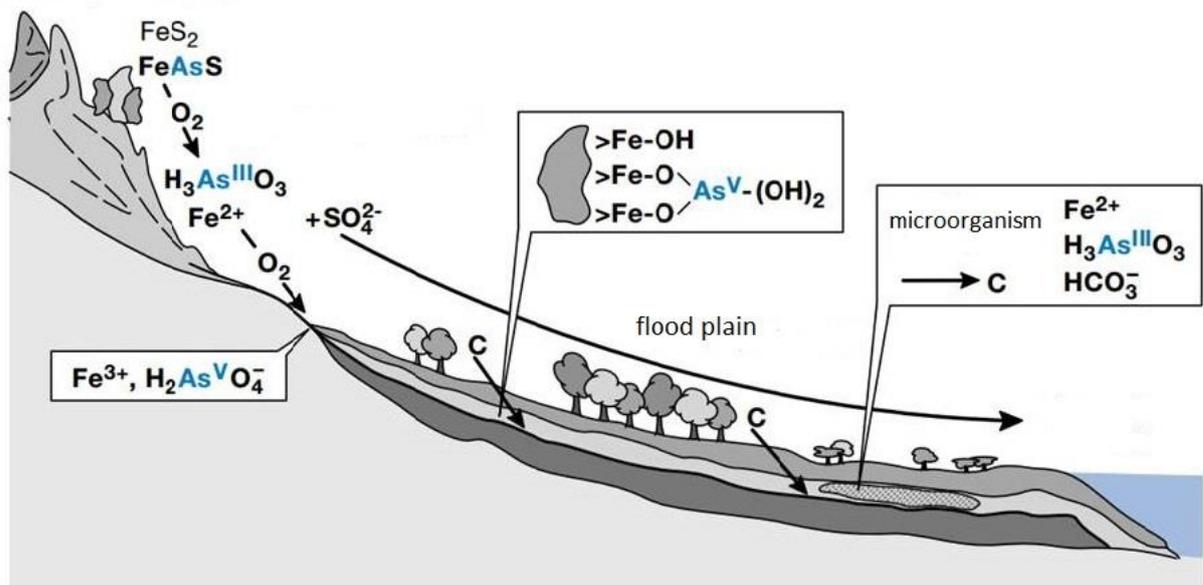


Abbildung 10: Development of the Red River flood plain sediments and arsenic dissolution and redeposition in the sediments (after(Hug 2001))

### 6.3.3 Mobilisierungsprozesse

Einer der wesentlichen Gründe für die Risiken, die von dem Element Arsen ausgehen liegt an den verschiedenartigen Charakteristika, die von den unterschiedlichen Spezies ausgehen und an den Transformationsprozessen, die in der Pedosphäre und Lithosphäre vonstattengehen. Seit der Erkenntnis, dass in Gebieten wie West Bengalen, Bangladesh und auch dem Delta des Roten Flusses in den oberflächennahen Grundwässern extrem hohe Arsenkonzentrationen vorliegen, hat es eine Vielzahl an Untersuchungen zu den möglichen Ursachen der Mobilisierung des Arsens gegeben. Grundsätzlich wird angenommen, dass das Arsen in den Böden an Eisenoxiden (Magnetit oder Hämatit), Eisenhydroxiden (Limonit, Goethit) oder amorphen Eisenoxiden (Dixit, Hering 2003) gebunden ist. Auch wenn es weitere Minerale gibt, die als Adsorbens in Frage kämen (Glimmer, Tonminerale, Sulfide oder Karbonate), so sind doch die Eisen(hydr)oxide die am besten untersuchtesten (Chakraborti et al. 2001, Goldberg 2002, Polizzotto 2006). Die von verschiedenen Autoren postulierten Mobilisierungsprozesse und -bedingungen tragen zur Klärung der Fragestellung bei, greifen vermutlich ineinander. Letzt-

lich sind die Prozesse bislang noch nicht hinreichend geklärt. Im Folgenden werden einige der Schlüsselaspekte genannt:

Die Oxidation der Arsenhaltigen Pyrite als Primärmineral ist vermutlich als initialer Prozess zu sehen. Grundwasserpegelschwankungen, wie sie durch die Nutzung von oberflächennahen Aquiferen entstehen, führen zu variierenden Redoxbedingungen und können damit an Desorptionsprozessen beteiligt sein. (Chakraborti et al. 2001, Sikdar 2001)

Die am häufigsten postulierte Theorie ist die der mikrobiellen Reduktion von Eisen(hydr)oxiden, wodurch Arsenverbindungen aus den Aquifersedimenten freigesetzt werden.

(Nickson et al. 1998, Harvey et al. 2002, McArthur 2001a, Dowling 2002). Oxidierende Bedingungen führen dazu, dass das an Eisenminerale gebundene Arsen gelöst wird, um dann an Eisenhydroxidkonkretionen von Bodenpartikeln zu adsorbieren. Durch mikrobielle Prozesse können die Eisenhydroxidkonkretionen wiederum gelöst werden und es kommt zu einer Freisetzung von  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$  und  $\text{As}^{5+}$ .

### **6.3.4 As Mobilisierung in Reisfeldern**

Der Reisanbau ist im Delta des Roten Flusses am weitesten verbreitete landwirtschaftliche Kultivierungsform. Etwa 9 Monate im Jahr werden die Reisfelder überflutet und seit über 5000 Jahren wurde so die Kulturlandschaft de Deltas geschaffen, die von dem Wechselspiel der Flutungs- und Entwässerungsaktivitäten geprägt ist.

Der Anbau von Nassreis führt zu starken Eingriffen in die Bodenstruktur, so dass die Nassreisböden eine eigene Klassifizierung erhalten haben. (Huang 2014, IUSS Working Group WRB 2007).

Im Gegensatz zu anderen Agrarböden sind die Nassreisfelde sauerstoffarm, was an der geringeren Diffusion von Sauerstoff im Wasser liegt. Bei den Böden handelt es sich um gestörte Böden mit hohen Sauerstoffanteilen und einem geringeren Verhältnis von Humin zu Fulvinsäuren und mit einem geringeren Aromatisierungsgrad der Huminstoffe, zudem sind die organischen Verbindungen generell kurzkettiger (Peng, Wu 1965). Die Böden der Nassreisfelder sind geprägt von Auswaschungsprozessen: Eisen und Mangan werden aus dem bearbeiteten Horizont gelöst und reichern sich im Liegenden an, ein Umstand der sich auch auf die Arsenverteilung in Böden auswirkt (Gong 2007).

Mikrobiologische Prozesse sind als wesentlicher Faktor für die Mobilisierung, Bioverfügbarkeit und Spezifizierung von Arsen im Boden anzusehen. Obwohl Arsen ein Zellgift ist, wird es durch einige Stoffwechselprozesse in die Zellen aufgenommen, wodurch die Verbindungen reduziert oder oxidiert werden. Die mikrobiologische Oxidation von  $\text{As}^{3+}$  zu  $\text{As}^{5+}$  wird als detoxifizierungsprozess angesehen (Paez-Espino et al. 2009). Darüber hinaus führt die bakterielle Methylierung zu einer Reihe von Methylarsenverbindungen und zur Volatilisierung (Yin et al. 2011).

### **6.3.5 Die Rolle des Arsens im täglichen Leben**

Obwohl die großen Veränderungen im täglichen Leben auch vor den Traditionen um ländlichen Raum nicht Halt machen, so folgen doch die Aktivitäten des täglichen Lebens nach wie

vor den Traditionen. Im INHAND Vorhaben wurden detaillierte Stoffstromuntersuchungen durchgeführt (Meier 2015). In die Analysen der Stoffströme fließen auch die Schwemetallanalysen der In- und Outputströme der SBR Pilotanlage ein. Ein schematischer Ansatz der relevanten Stoffströme ist in Abbildung 11 dargestellt.

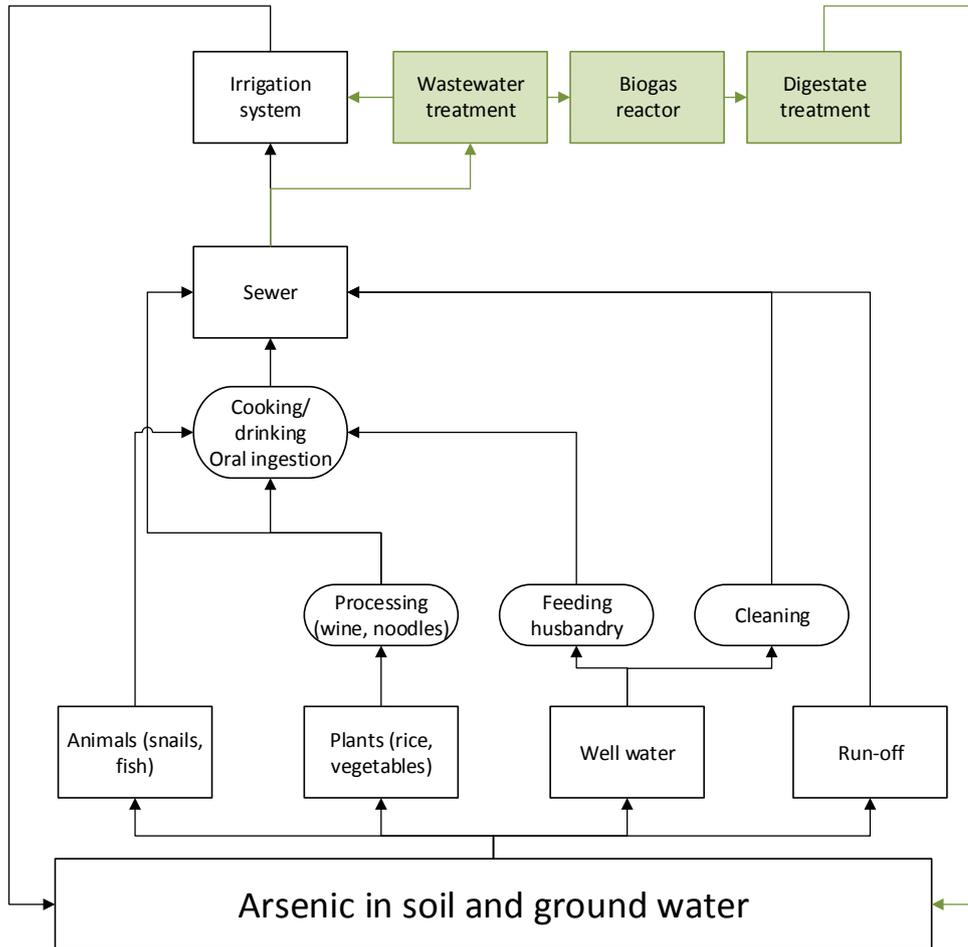


Abbildung 11: Stoffstromschema für die Schwermetallaufnahme

### 6.3.6 Arsen im Wasserkreislauf in Dai Lam

#### 6.3.6.1 Grundwasseranalysen

Die Grundwasserbrunnen wurden überwiegend seit dem Jahr 2008 abgeteuft und dienen der Versorgung der Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser. Die meisten Brunnen fördern Wasser aus einer Tiefe von 17-20 m und damit aus dem holozänen Aquifer. Laut der Umfrage aus dem Jahr 2011 sieht ein Großteil der Brunnennutzer das Wasser als nicht sicher ein, man beschwert sich über Fischgeruch des Wassers und eine gelbliche Färbung und viele Haushalte vermeiden die Nutzung des Wassers als Nahrungsmittel.

Die Beprobungskampagnen der Hausbrunnen wurden im Winter 2011 (Trockenzeit), im Sommer 2012 (Regenzeit) und im Frühjahr 2013 (gegen Ende der Trockenzeit) durchgeführt.

Im Jahr 2014 fanden fünf weitere Stichtagsbeprobungen im Zweimonatstakt statt, um auch die zeitlichen Schwankungen der Arsenkonzentrationen zu untersuchen.

Die statistischen Eckdaten der Messungen sind in Tabelle 1 aufgeführt und die Varianz der Messungen ist in Abbildung 12 dargestellt. Die räumliche Verteilung der beprobten Brunnen ist Abbildung 13 zu entnehmen. Die drei umfangreichen Untersuchungen aus den Jahren 2011, 2012 und 2013 weisen eine starke Varianz auf. Im Winter 2011 ergab der Durchschnitt der Messungen nur eine geringe Überschreitung der internationalen Standards von 10 µg/kg, im Sommer 2012 jedoch lag der Wert bei 44 µg/kg und im Frühjahr 2013 lag er wieder deutlich niedriger bei 17,1µg/kg. Neben den Schwankungen der Durchschnittswerte, zeigen auch die Messungen an den Stichtagen unterschiedliche Varianzen. Die Messung vom Sommer 2012 hatte die größte Varianz innerhalb der Messungen. Die Messungen aus dem Jahr 2014 wiederum zeigten wieder geringere Arsenbelastungen.

**Tabelle 1: Statistische Eckdaten der Arsenkonzentrationen [µg/l] in den Brunnenproben**

	2011	2012	2013	04/2014	06/2014	08/2014	10/2014
Durchschnitt	10.5	44	17.1	8.75	7	6	7.75
Median	8	45	8	8,5	5,5	4,5	7
Std. Abweichung	8.56	33.70	16.50	3.86	5.94	4.24	4.64
Min	1	6	1	5	2	3	3
Max	28	106	52	13	15	12	14
Anzahl der Proben	20	24	20	4	4	4	4

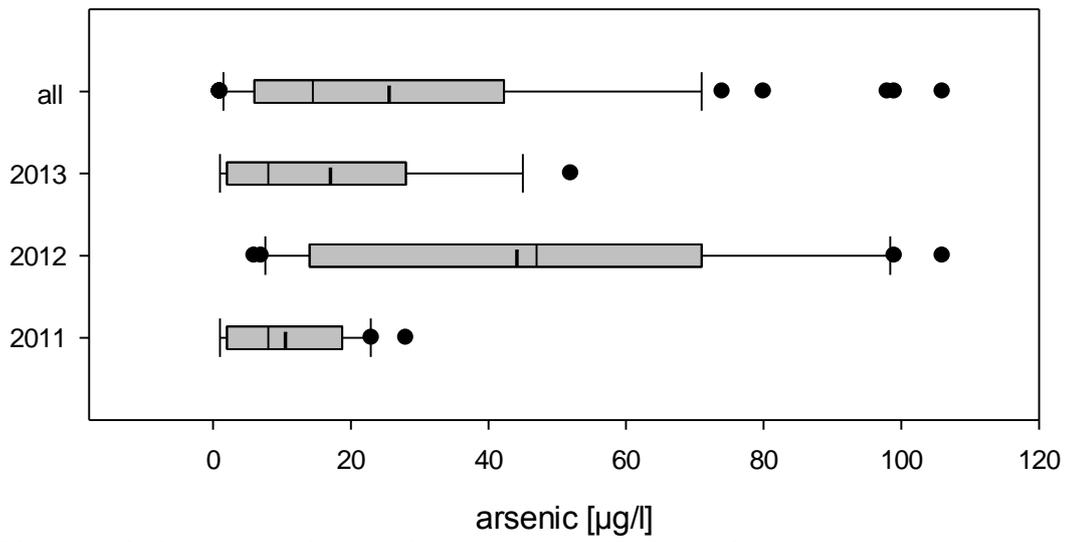


Abbildung 12: Block Diagramm der Arsenkonzentrationen der drei Stichtagsmessungen 2011, 2012 und 2013

## Arsenic concentration in Dai Lam 2011 - 2013

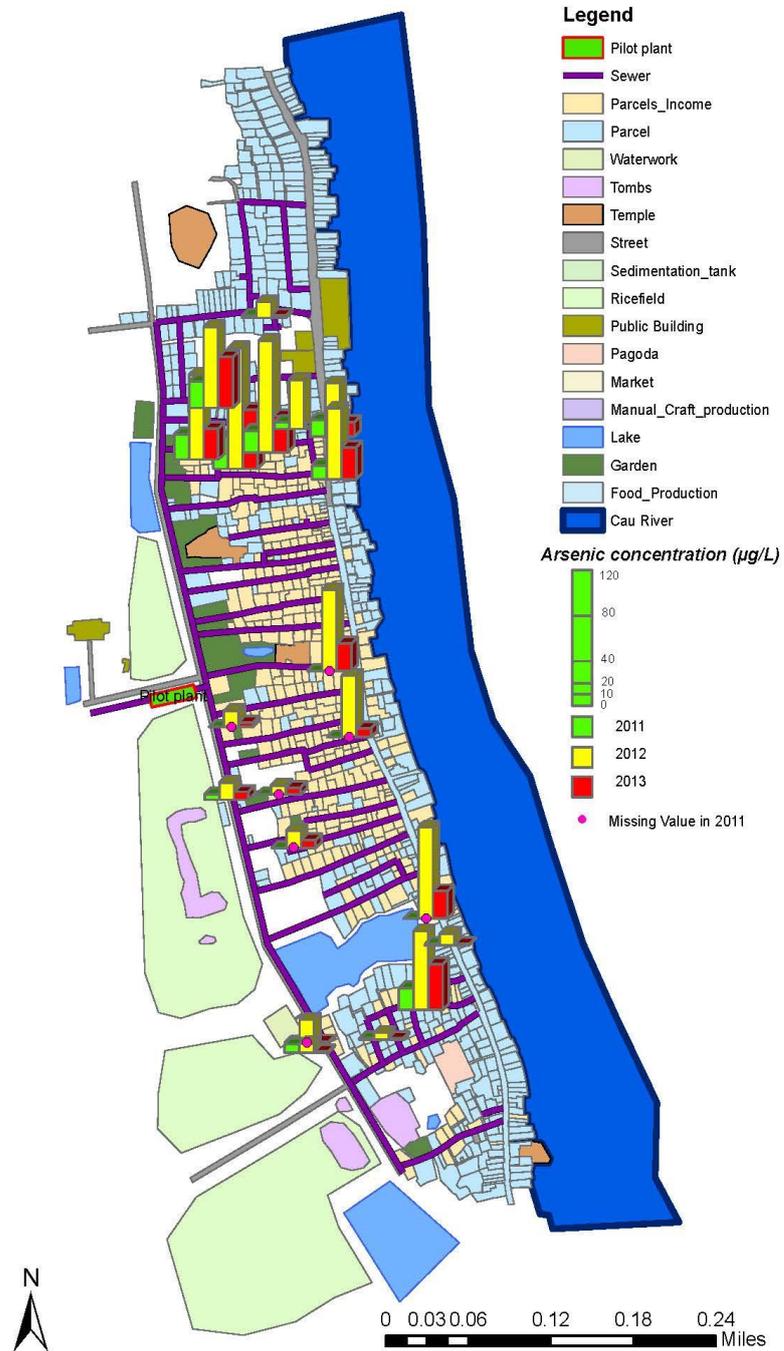


Abbildung 13: Arsenkonzentrationen in den Hausbrunnen in Dai Lam

Neben der Arsen sind auch weitere Parameter in den Wasserproben in Dai Lam bestimmt worden:  $\text{NH}_4^+$ , ORP, EC DO, TOC,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , Fe, Mn, Pb und coliforme.

Die wesentlichen Ergebnisse und die Standardabweichung der Messungen sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Ergebnisse der Messungen sind demnach folgendermaßen einzuordnen:

- Mit 23,8°C wurden die niedrigsten Temperaturen im Grundwasser im April 2013 und die höchsten Temperaturen im Sommer 2012 gemessen (25,9°C). Dieser Temperaturunterschied entspricht durchaus dem Jahresgang des holozänen Aquifers im Delta des Roten Flusses (Giang et al., 2014)
- Der pH-Wert variiert wenig aber signifikant zwischen 6,8 2011 und 7,1 2012. Diese Werte befinden sich jedoch im Erwartungsbereich.
- Der gelöste Sauerstoff ist recht niedrig, was auf Sauerstoffzehrende Prozesse hinweist.
- Die elektrische Leitfähigkeit war in allen drei Stichtagsmessungen bemerkenswert hoch, was auf anthropogene Verunreinigungen des Grundwassers schließen lässt.
- Das Redoxpotential zeigt reduzierende Bedingungen im Aquifer an
- Die Sulfatwerte liegen im Bereich der international zulässigen Werte.
- Die gemessenen Ammoniumwerte überschreiten die in Vietnam zulässigen Werte von 0,1 mg/l. Die hohen Werte deuten auf ein Hygienierisiko hin und lassen bestätigen die intensiven landwirtschaftlichen Aktivitäten in der Region.
- Die Ergebnisse der TOC Messungen waren sehr hoch im Jahr 2011. 2012 und 2013 wurden nur noch in 20% aller Brunnen Werte von über 10 mg/l nachgewiesen.
- In allen drei Stichtagsmessungen wurden sehr hohe Eisenkonzentrationen nachgewiesen. Die Messwerte überschreiten die EU Standards von 0,2 mg/kg und auch die vietnamesischen Standards von 5 mg/l. Hohe Eisengehalte treten häufig in Grundwasserleitern mit reduzierenden Bedingungen auf.
- Die Mangankonzentrationen überschreiten ebenfalls die internationalen Grenzwerte (WHO: 0.4 mg/l, Germany: 0.05 mg/l, Vietnam: 0.05 mg/l)

**Tabelle 2: Mittelwerte und Standardabweichung der Stichtagsmessungen in Dai Lam**

Year		2011	SD	2012	SD	2013	SD
T	[°C]	25.5	0.3	25.9	0.5	23.8	1.0
pH		6.8	0.1	7.1	0.2	6.9	0.3
DO	[mg/l]	1.17	0.79	1.28	1.49	1.77	0.77
EC	[µS/cm]	785	324	765	332	633	180
ORP	[mV]	-139	31	-149	32	-127	36

<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	[mg/l]	41.3	36.2	31.8	23.0	28.1	41.9
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	[mg/l]	5.4	1.8	6.6	3.4	5.0	3.6
<b>TOC</b>	[mg/l]	14.9	5.0	7.2	4.6	7.4	3.6
<b>As</b>	[µg/l]	10.5	8.6	44.2	32.3	17.2	16.5
<b>Fe</b>	[mg/l]	4.84	3.20	32.77	20.89	16.48	11.67
<b>Mn</b>	[mg/l]	0.15	0.12	1.01	0.46	0.45	0.42
<b>Coliform</b>	MPN/ 100mL	4		5.5		10.05	

### 6.3.7 Wassernutzung in Dai Lam

#### 6.3.7.1 Wasserversorgung

Das Trinkwasser der Einwohner von Dai Lam wird überwiegend durch das bestehende Wasserwerk gewonnen. Der Großteil der Haushalte ist an die öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen und hat somit Zugang zu sauberem Trinkwasser. Das Wasserwerk arbeitet nach den nationalen Standards (TCXDVN 33/2006). Es besteht aus einem Tank mit 180 m<sup>3</sup> Volumen. Laut der Umfrage in Dai Lam verwenden 89% der Bewohner von dem Wasser des Wasserwerkes zum Kochen und als Trinkwasser. Obwohl das Wasser des Wasserwerkes von öffentlicher Seite als hygienisch und gesundheitlich unbedenklich angesehen wird, wird es in 78 % der Haushalte vor dem Verzehr gefiltert, da die Bewohner sich aufgrund der gelblichen Färbung und des manchmal fischigen Geruches nicht sicher sind, ob das Wasser tatsächlich vollkommen unbedenklich ist. Die Arsenproblematik laut Umfrageergebnissen bei dem Einsatz der Filter keine Rolle.

Die verwendeten Filter bestehen aus Betontanks, die mit Sand gefüllt sind. Die Tanks machen die Haushalte zudem unabhängig von einer womöglich unregelmäßigen Wasserversorgung (Nunweiler 2012).

Das Wasser wird aus einem 45m tiefen Brunnen gefördert und wird dann im Wasserwerk aufbereitet. Das Wasserversorgungssystem besteht aus Hauptrohren mit einem Durchmesser von 90 cm mit einer Gesamtlänge von 4 km und Nebenrohren mit einem Durchmesser von 60 cm und einer Gesamtlänge von 7 km. An die Nebenrohre sind die einzelnen Verteiler angeschlossen (48 cm, 27 cm und 21 cm). Das Trinkwassernetz wird nicht genügend gewartet und so kommt es Leckagen und niedrigerem Wasserdruck. Die Gesamtförderung beträgt etwa 600 m<sup>3</sup> am Tag.

Im Jahr 2013 wurde die Organisation der Wasserversorgung umstrukturiert. Die Finanzierung erfolge nicht mehr über die Gemeinde, die die Gebühren erhob und einsammelte, sondern der Gebühreneinzug erfolgt seitdem durch die Arbeiter des Wasserwerkes, die sich so angemessener entlohnt sehen.

Im Masterplan von Tam Da werden die Wasserverbrauchszahlen wie folgt abgeschätzt:

**Tabelle 3: Wasser Verbrauch in Tam Da (Kommune) , Master plan, 2012**

Verbrauch	Supply standard		Unit	Total demand (m <sup>3</sup> /24h)	
	2015	2020		2015	2020
Häuslicher Verbrauch	100	120	l/person/24h	1310	1806
Öffentlicher Verbrauch	20	30	% LA	262	542
Löscharbeiten der Feuerwehr (1 fire/2h)	15	15	l/s	324	324
Bewässerung der Bäume und Straßensäuberung	10	12	% LA	131	217
<b>Total</b>				<b>2,027</b>	<b>2,889</b>
Reserve/Verlust	10	20	% of total	203	578

Im Masterplan wird der heutige Verbrauch pro Kopf und Tag mit 100 L angegeben, diese Angaben decken sich mit denen der Umfrage von 2011. Der tägliche Verbrauch in Dai Lam liegt bei etwa 2030 m<sup>3</sup> am Tag. Bis 2020 wird ein Anstieg des pro Kopf Verbrauches auf 120 l/d prognostiziert. Zudem wird mit einem Bevölkerungszuwachs um 1420 Personen gerechnet, woraus sich ein täglicher Gesamtverbrauch von 2890 m<sup>3</sup> ergeben würde. Ein zusätzlicher Verbrauch durch weitere öffentliche Gebäude und Einrichtungen ist hierbei nicht berücksichtigt.

Die Umfrage von 2011 hat ergeben, dass das im Dorf genutzte Wasser in den Haushalten zu 78,4 % aus der öffentlichen Wasserversorgung und aus den Hausbrunnen stammt, auch wenn einige Haushalte noch Regenwasser nutzen und zur Reinigung auch Flusswasser genutzt wird. Nur 16 % aller Haushalte nutzen nur das Brunnenwasser.

### **Wasserwendung in den Haushalten**

Abbildung 14 zeigt die verschiedenen Nutzungsformen für Wasser. Das Wasser der öffentlichen Versorgung wird vornehmlich zum Verzehr (Trinkwasser und Essenszubereitung) genutzt, während das Brunnenwasser zur Produktion und zum Waschen und Putzen verwendet wird.

25 % der Haushalte nutzen jedoch nach wie vor das Wasser der Hausbrunnen für die alltägliche Wasserversorgung einschließlich der Nahrungszubereitung und Trinkwasseraufnahme. 80 % dieser Haushalte verwenden vor der Nutzung einen Sand- oder Aktivkohlefilter. Die verbleibenden Haushalte unterziehen ihr Wasser keiner Behandlung, was auch auf die 19% der Haushalte zutrifft, die das Brunnenwasser für die Tierhaltung und Produktion verwenden. Aus den Umfragen geht klar hervor, dass die Wahl der Wasserquelle (Brunnenwasser oder öffentliche Wasserversorgung) einen finanziellen Hintergrund hat, da die Gewinnmargen der Haushalte sehr klein sind und eine Erhöhung des Wasserpreises sich stark im Familieneinkommen niederschlagen würde (Noel 2010). Die meisten Dorfbewohner würden das Wasser der öffentlichen Wasserversorgung bevorzugen. Dies muss bei einer etwaigen Mo-

dernisierung und damit einhergehender Versiegelung der Hausbrunnen berücksichtigt werden.

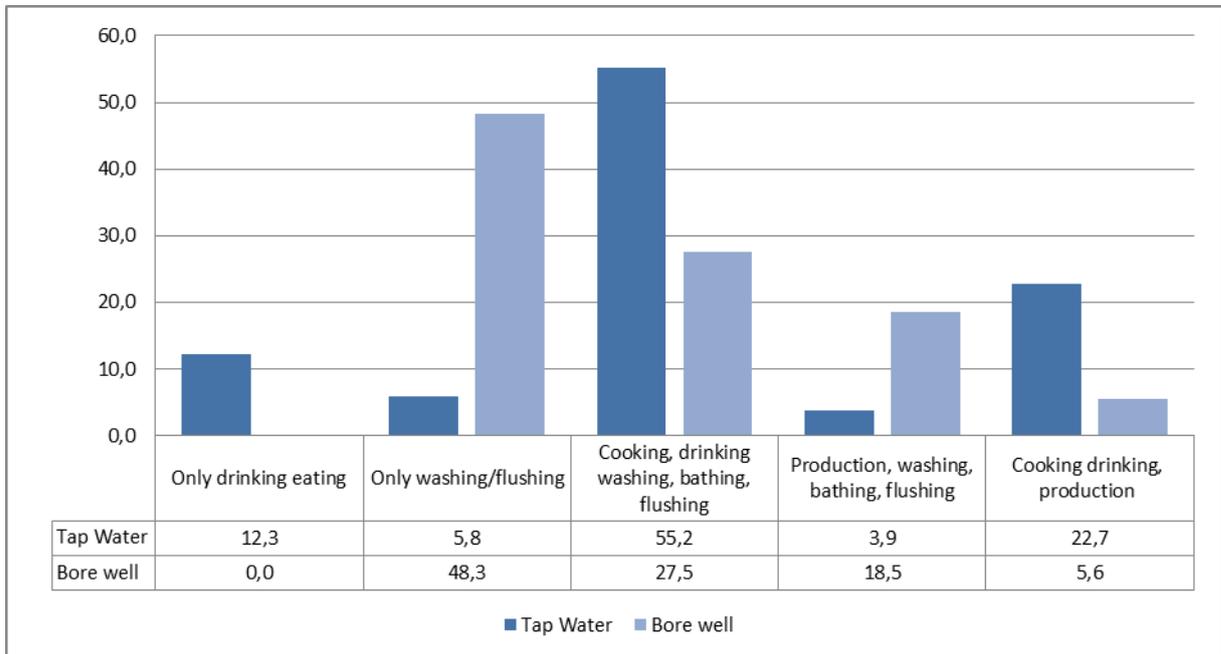


Abbildung 14: Wasserverwendung in den Haushalten (%)

### 6.3.7.2 Abwasser in Dai Lam

Im Berichtszeitraum wurden durch die LU Hannover drei maßgebliche Abwasserbeprobungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Analysen sind im Abschlussbericht der LU Hannover dargestellt.

Zwischen Dezember 2011 und Januar 2013 wurden vier Abwasserproben an der Stelle entnommen, wo die Abwässer des Dorfes zusammenfließen. Die Werte für Arsen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Arsen im Abwasser

		Dez-11	Apr-12	Okt-12	Jan-13
As	[µg/L]	7.9	12.5	10.3	15.6

### 6.3.8 Proben der Pilotanlage

Die während des INHAND Projektes betriebene Pilotanlage hat unterschiedliche Outputströme generiert, die in der Arbeit von ISAH (Hannover) genauer charakterisiert wurden. Abbildung 15 zeigt den schematischen Aufbau der Anlage und die Entnahmepunkte. Die Schlämme (Punkte C, F, G und H) wurden als Feststoff untersucht, die anderen Proben waren Flüssigkeiten

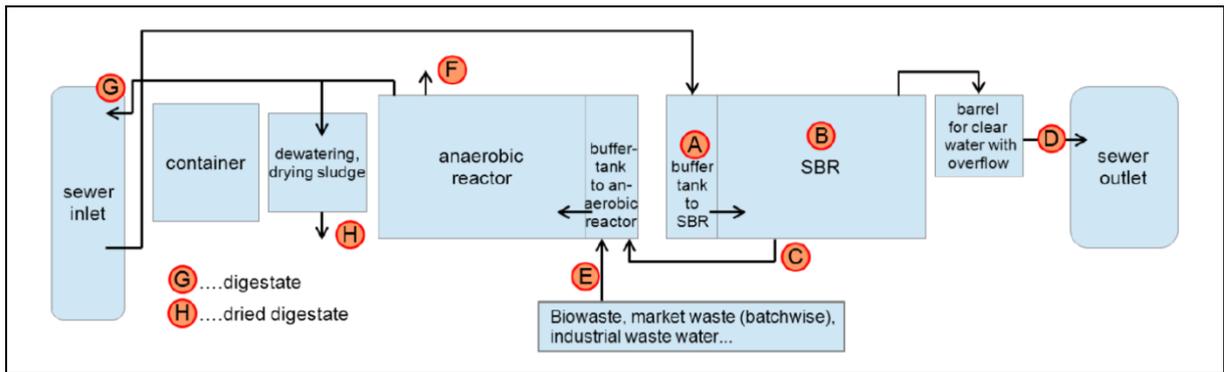


Abbildung 15: Schematische Darstellung der Pilotanlage und Probenahmeplätze (Meier, 2015)

Tabelle 5 zeigt die Analyseergebnisse der genommenen Proben.

Tabelle 5: As Konzentration der verschiedenen Outputströme

Sample	A	B	C	D	F	G	H
mg/kg and µg/l (liquid)	11.33 (l)	24.75 (l)	31.76	3.34 (l)	27.55	28.80	30.53
SD	0.62	0.52	1.83	0.14	1.75	1.04	1.14

### 6.3.9 Schweinemist

Durchschnittlich werden in jedem Haushalt im Dorf Dai Lam 10 Schweine gehalten, was hochgerechnet im Jahr etwa 10 000 aufgezogenen Schweine ergibt. Ursprünglich war die Schweinezucht ein Nebenprodukt der Weinproduktion, da sich die Reismaische hervorragend als Schweinefutter eignet. Inzwischen haben ein Teil der Haushalte die Weinproduktion aus wirtschaftlichen Gründen eingestellt, allerdings haben immer mehr Haushalte eine kleine Schweinezucht etabliert, da dies in der aufstrebenden Gegend um Hanoi ein lukratives Geschäft geworden ist. Die Schweinegülle/Schweinemist wird entweder über das Kanalnetz aus den Koben gespült, oder als Dünger verkauft. In dieser Studie wurden zwei Proben des Schweinemistes analysiert: Schwein 1 wurde im Wesentlichen mit zugekauftem industriellem Futter gemästet, Schwein 2 wurde mit Reismaische gefüttert (Tabelle 6)

Tabelle 6: As Konzentration uin Schweinemistproben

	Schwein 1	Schwein 2
As [mg/kg]	0.32	1.25

### 6.3.10 Arsen in Nahrungsmitteln

#### 6.3.10.1 Reis

Die Proben der Reiskörner wurden von sechs verschiedenen Standorten der Umgebung von Dai Lam entnommen. Vier der Proben wiesen Konzentrationen unter der Nachweisgrenze auf. Der Maximalwert beträgt 0,59 mg/kg und die durchschnittliche Konzentration ist 0,15 mg/kg. Die Proben der Pflanzenblätter ergab einen Maximalwert von 8,2 mg/kg und einen Durchschnittswert von 6,56 mg/kg. Die Pflanzenstiel hatten eine geringere Konzentration

(Maximum 6,1 mg/kg und eine Durchschnittskonzentration von 3,21 mg/kg). Mischproben aus Stielen und Blättern wiesen einen durchschnittlichen Wert von 2,3 mg/kg auf.

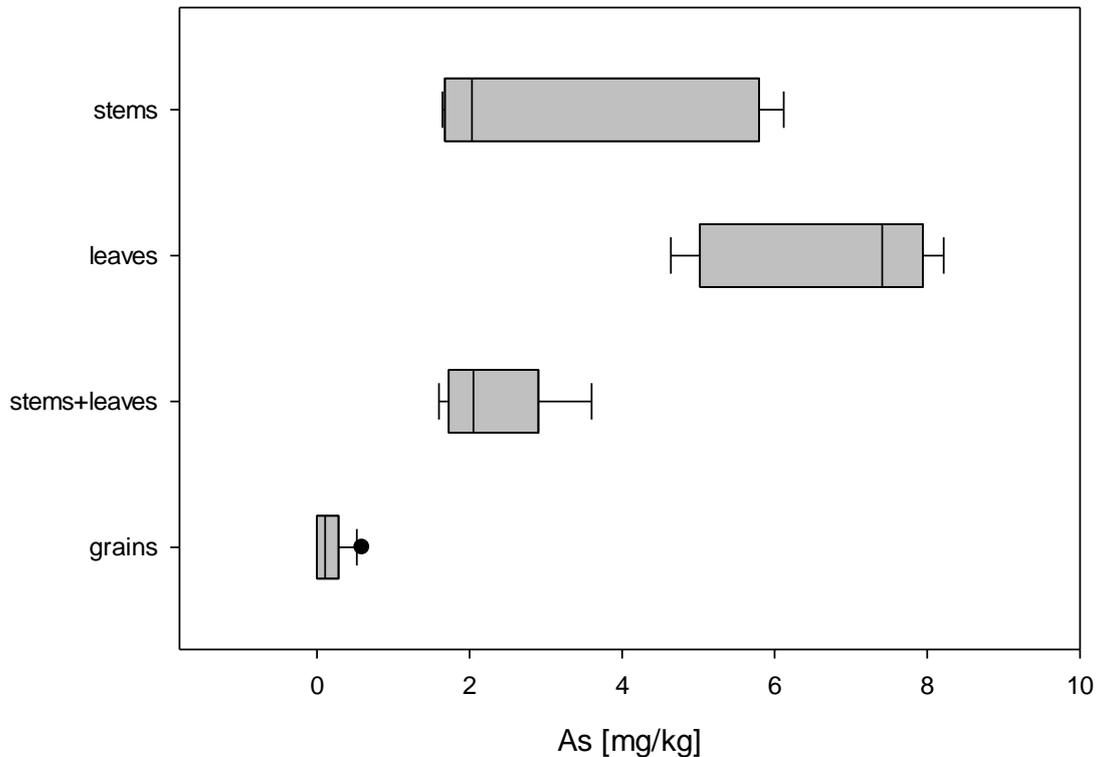


Abbildung 16: Blockdiagramm der Arsenkonzentration in Reispflanzen

	Durchschnitt [mg/kg] dw	SD [mg/kg]
<b>Reiskörner (n=11)</b>	0.16	0.18
<b>Blätter (n=9)</b>	6.56	1.53
<b>Stiele (n=9)</b>	3.21	2.03
<b>Mischproben Blätter und Stiele (n=8)</b>	2.30	0.70

### 6.3.10.2 Arsen in Blattgemüse

Das mit am häufigsten angebaute Blattgemüse in der Gegend von Dai Lam ist *Ipomoea reptans*, auch bekannt unter den Namen Wasserspinat, Morning Glory oder Kalmi. Zudem werden eine Reihe weiterer Blattgemüse in den Gärten angebaut (Abbildung 17). Der Anbau erfolgt überwiegend zum Eigenverbrauch.



Abbildung 17: Beete mit Wasserspinaat, Weißkohl, Kohlrabi und Blattsalat

Es wurden drei Beete des Wasserspinats beprobt. Die essbaren Teile wurden getrocknet und der Schwermetallgehalt wurde bestimmt. Der Wassergehalt der Stiele und Blätter beträgt 91,5 %. Zur Risikoabschätzung des Verzehrs von Wasserspinat aus der Region Dai Lam wurden die Blätter vor der Aufbereitung mit destilliertem Wasser abgewaschen. Zum Vergleich wurden auch ungewaschene Proben untersucht.

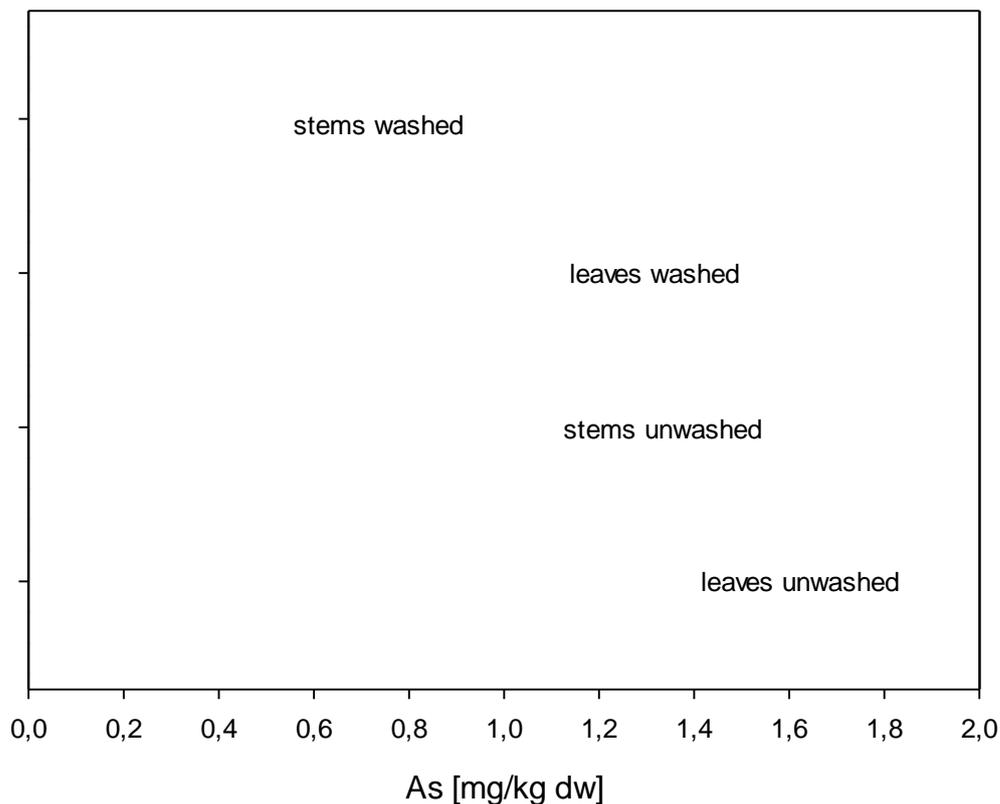


Abbildung 18: Arsenkonzentration der Wasserspinatproben (n=9)

Abbildung 18 zeigt, dass die ungewaschenen Proben deutlich höhere Arsenkonzentrationen aufweisen als die gewaschenen Proben. Die durchschnittliche Konzentration der ungewaschenen Proben (1,47 mg/kg) war um 43% höher als die der gewaschenen Proben (1,03 mg/kg).

Tabelle 7: Pearson's Korrelations Analyse von Arsen und Schwermetallen der Wasserspinatproben (C: correlation coefficient, p: Pearson's value)

		Al	Fe	Mn	Co	Cu	Cd
Gewaschene Stiele	C	-0.701	-0.354	0.996	-0.849	0.718	0.697
	p	0.0355	0.35	1.04E-08	0.00375	0.0293	0.0368
Gewaschene Blätter	C	-0.924	-0.928	0.986	0.83	-0.89	-0.895
	p	3.65E-04	3.05E-04	1.12E-06	5.60E-03	1.32E-03	1.11E-03
Ungewaschene Stiele	C	0.458	0.435	0.049	0.299	0.432	0.824
	p	0.215	0.242	0.9	0.434	0.245	0.0063

Ungewaschene Blätter	C	0.948	0.95	-0.712	-0.784	0.559	0.402
	p	9.92E-05	8.72E-05	0.0313	0.0125	0.118	0.284

Der Pearsons Korrelationsfaktor von Arsen mit mehreren Schwermetallen ist in Tabelle 7 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen nur für die gewaschenen Proben eine positive Korrelation von Mangan, Kupfer und Cadmium mit Arsen.

Die Weißkohlproben (*Brassica oleracea var. capitata f. alba*) zeigen Arsenkonzentrationen von unter der Nachweisgrenze bis 3,54 mg/kg (TG), für Blattsalat wurden Konzentrationen von 2,04 mg/kg (TG) nachgewiesen und für Kohlrabi wurden Werte unter der Nachweisgrenze bis 0,26 mg/kg (TG) bestimmt Tabelle 8.

**Tabelle 8: As concentrations in vegetable in dried and wet samples from Dai Lam**

	TG [mg/kg]	NG [mg/kg]
<b>Kohlrabi</b>	<0,002–0,026	<0,002–0,025
<b>Blattsalat</b>	1,92–2,28	0,13–0,16
<b>Weißkohl</b>	<0,002–3,3	<0,002–0,49
<b>Wasserspinat</b>	0,34–1,64	0,03–0,14

### 6.3.10.3 Arsen in Geflügelprodukten

Viele der Haushalte halten Hühner für den Eigenbedarf oder um die Produkte auf dem lokalen Markt zu verkaufen. In der Umfrage von 2011 gaben 88 der 280 befragten Haushalte an, Hühner zu halten. Die Tiere leben meist auf dem Hof und werden mit Essensabfällen der Bewohner oder mit Resten der Schweinezucht gefüttert. In den hier durchgeführten Untersuchungen wurde das Muskelfleisch, die Eier und die Leber von drei verschiedenen Hühnern auf den Arsen und Schwermetallgehalt untersucht (Tabelle 9).

Huhn 1 wurde mit täglich anfallenden Abfällen des Haushaltes gefüttert, hinzu kamen Reismaische, Weizenkörner und es wurde mit gefiltertem Wasser getränkt. Es wog zum Schlachtzeitpunkt 1,3 kg und wurde 5 Monate alt.

Huhn 2 wurde mit Resten der Schweinezucht gefüttert. Zum Zeitpunkt der Schlachtung war das Huhn 5 Monate alt und erschien recht unterernährt, es wog 0,95 kg. Huhn 3 lebte auch außerhalb des Hofes und ernährte sich von Insekten, Würmern, Getreidekörnern und Gräsern. Es wog 1,4 kg und war 4 Monate alt.

**Tabelle 9: As Geflügelprodukten [mg/kg] in Trocken Gewicht und Nassgewicht**

TG	Fleisch	Leber	Eierschale	Eiweiß	Eigelb
<b>Huhn 1</b>	ND	0,376	1 ND	0,256	0,028
<b>Huhn 2</b>	ND	0,496	2 ND	0,249	1,428
<b>Huhn 3</b>	ND	0,987	3 ND	0,112	0,134
<b>NG</b>	<b>Fleisch</b>	<b>Leber</b>	<b>Eierschale</b>	<b>Eiweiß</b>	<b>Eigelb</b>
<b>Huhn 1</b>	ND	0,135	1 ND	0.003	0,013
<b>Huhn 2</b>	ND	0,133	2 ND	0.028	0,675
<b>Huhn 3</b>	ND	0,261	3 ND	0.015	0,063

#### 6.3.10.4 Arsen in Schweinefleischproben

Untersucht wurden vier Proben von in Dai Lam aufgezogenen Schweinen – eine Schweinefleischprobe aus dem Muskelfleisch und drei Leberproben von drei verschiedenen Schweinen. Schwein 1 war vier Monate alt und wurde mit Reismaische gefüttert. Das Alter von Schwein 2 ist nicht bekannt und wurde mit Küchenabfällen und Reismaische gefüttert. Schwein 3 war dreieinhalb Monate alt und wurde mit zugekauftem industriell hergestelltem Futter gefüttert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt und weisen signifikante Unterschiede auf.

Die hohen Konzentrationen der Leber von Schwein 3 werden von den auch ansonsten hohen Schwermetallanalysen bestätigt (Annex).

**Tabelle 10: Arsen in Proben von Schweineleber und Schweinemuskelfleisch [mg/kg] NG**

Leber	Schwein 1	Schwein 2	Schwein 3	Schweinefleisch
As	0.42	0.01	0.79	0.07

#### 6.3.10.5 Arsen in Schnecken

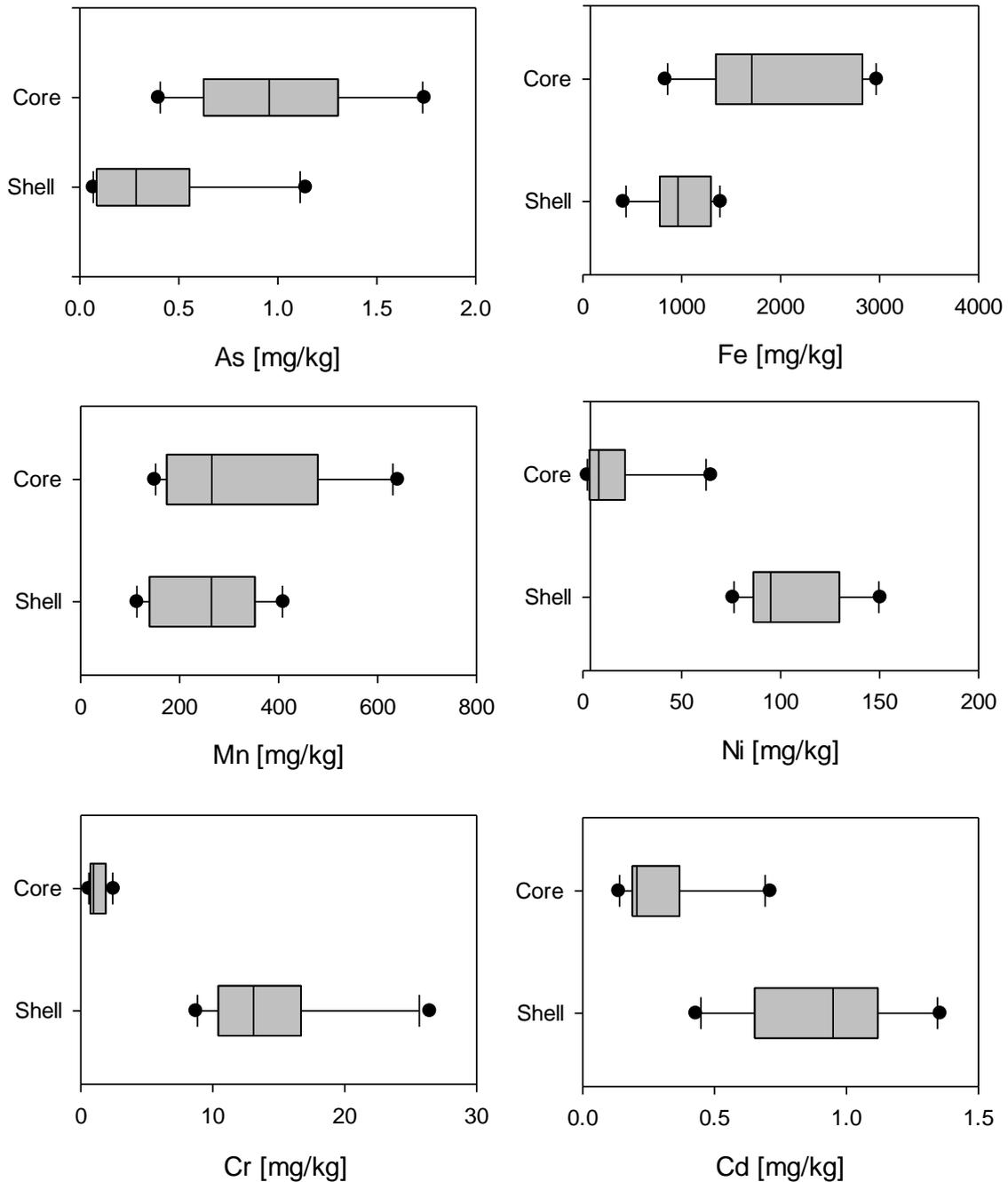
Auffällig ist in Dai Lam das hohe Vorkommen der Neozoen Golden Apple Snails. Lebensraum der Schnecken sind die Reisfelder, Teiche und andere nasse Beete (zB Wasserspinaat)( Abbildung 19). Proben wurden von 10 zufällig gewählten Reisfeldern in der Umgebung von Dai Lam entnommen und untersucht. Neben Arsen wurde auch Eisen, Mangan, Chrom, Cobalt und Nickel bestimmt (Tabelle 11). Alle Metalle wiesen hohe Konzentrationen auf. Die Konzentration zwischen Schneckenhaus und Schneckenfleisch differiert stark. 8 von 10 Proben hatten viel höhere Konzentrationen im Fleisch als in Schneckenhaus. Diese Ergebnisse



**Abbildung 19: Golden apple snails in den Reisfeldern**

**Tabelle 11: Statistische Daten Schneckenproben [mg/kg NG]**

	As		Fe		Mn		Cd		Cr		Ni	
	Shell	Core	Shell	Core	Shell	Core	Shell	Core	Shell	Core	Shell	Core
<b>Mean</b>	0.37	1.01	966	1966	256.6	331.7	0.92	0.29	14.1	1.2	105.3	16.4
<b>SD</b>	0.36	0.45	308	792	115.6	171.4	0.29	0.18	5.2	0.6	26.0	20.5
<b>Max.</b>	1.14	1.74	966	1966	409.2	640.6	1.35	0.71	26.4	2.5	150.3	64.7



**Abbildung 20: Arsen und Metallkonzentration in Schneckenhaus und Schneckenfleisch [mg/kg NG]**

## 6.3.11 Diskussion der Ergebnisse

### 6.3.11.1 Bodenproben

Die Analysen der Bodenproben ergaben, dass die Arsenkonzentration in den Böden recht gering ist (durchschnittlich 9,3 mg/kg). Die obere Schicht hat eine noch geringere Konzentration als der Wurzelbereich. Eine Pearson Analyse der beiden Bereiche zeigte recht unterschiedliche Ergebnisse: in der oberen Zone konnte keine Korrelation festgestellt werden, während die Korrelation in der Wurzelzone durchaus signifikant ist, was durch Auswaschungsprozesse zu erklären ist. Die sequentielle Fraktionierung wurde ausgeführt, um die potentielle Bioverfügbarkeit des Arsens in den Böden zu untersuchen (Hoang Trang, Hahn 2015). Um die Fraktionen F1 und F2 zu extrahieren, wurden sehr milde Extraktionsmittel verwendet ( $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  bzw.  $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ ) und eine Extraktionszeit von 4, bzw. 16 Stunden auf einem Schüttler. Die Fraktion F1 der Böden ist sehr gering (zwischen unter der Nachweisgrenze und 0,6% des Gesamtarsens. In der Fraktion F2 wurden ebenso relativ wenig (3,6-12,9 % ) analysiert. Das würde bedeuten, dass die bioverfügbare Fraktion des Arsens sehr gering ist, was wiederum den recht hohen Konzentrationen in den Pflanzen widersprechen würde. Letztlich ist es jedoch noch nicht abschließend geklärt, wie sich die Bioverfügbarkeit der verschiedenen Fraktionen verhalten Abbildung 21. Insbesondere die Fraktion F3, welche an amorphes und schwach kristallisiertes Eisen gebunden ist, kann durchaus unterschiedlich freigesetzt werden. Liu et al. (2015), Du et al. (2008), Tang et al. (2007) haben postuliert, dass die Fraktion F3 nicht bioverfügbar ist, wohingegen Hsu zu genau dem gegenteiligen Ergebnis kam. Tufano et al. (2008), Liu et al. (2015) haben herausgefunden, dass das Verhalten von F3 stark von den Redoxbedingungen abhängt. Da  $\text{As}^{3+}$  sehr viel mobiler ist als  $\text{As}^{5+}$  und da in den Reisfeldern unter reduzierenden Bedingungen mehr  $\text{As}^{3+}$  vorliegt, ist es wahrscheinlich, dass die Fraktion F3 der bioverfügbaren Fraktion zugerechnet werden sollte.

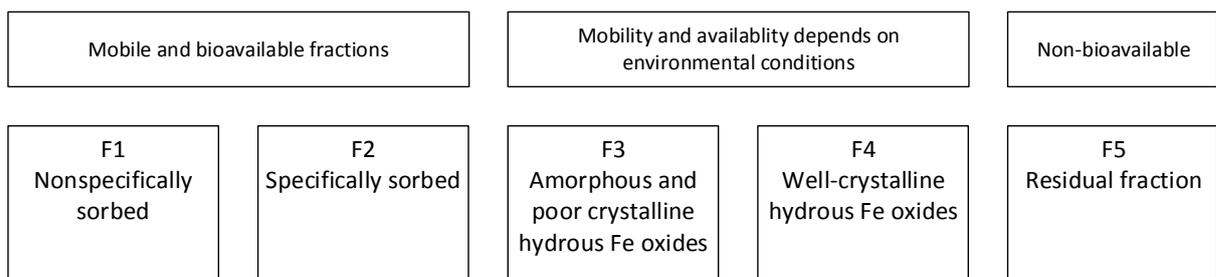


Abbildung 21: Bioverfügbarkeit der fünf Fraktionen

Diese Ergebnisse sollten hinsichtlich der besonderen Charakteristika der Untersuchungsregion betrachtet werden. Dai Lam liegt in einer Gegend die seit Jahrtausenden durch den Reis-anbau geprägt ist. Im Delta des Roten Flusses ist der Nassreisbau schon seit 5000 Jahren belegt (Higham 1984) und es ist erwiesen, dass der Reisanbau die Bodencharakteristika maßgeblich beeinflusst, so dass für die Nassreisböden sogar eine eigene Bodenklasse charakterisiert wurde (IUSS Working Group WRB 2007). Die landwirtschaftlichen Aktivitäten wie Pflügen, Überschwemmen, Entwässern, Düngen und Kalken haben eigene Bodenzusammensetzungen hervorgebracht, welche von internationalen Forscherteams untersucht wurden

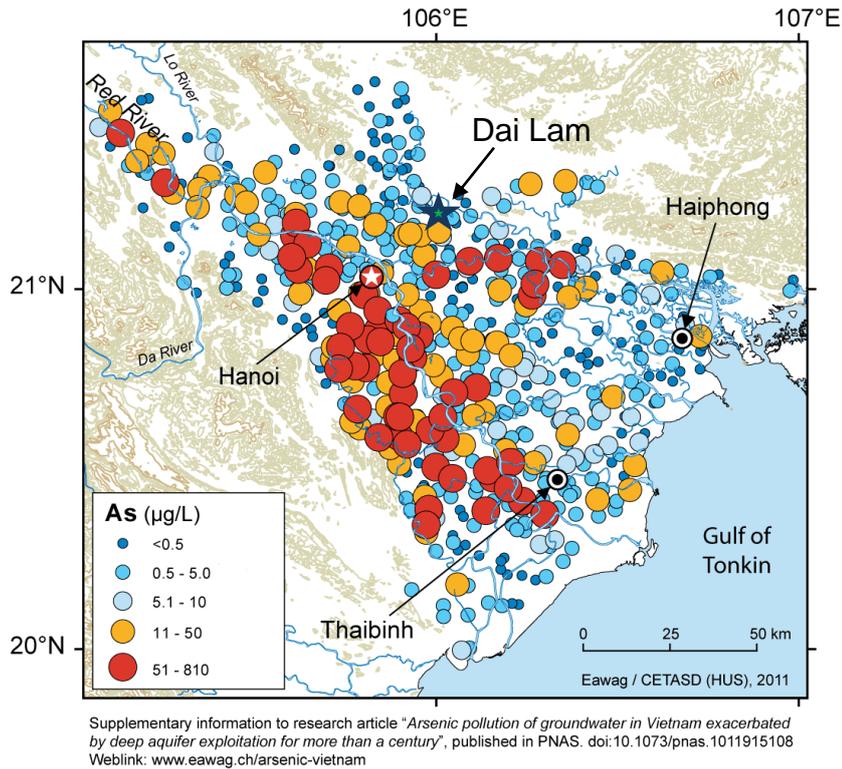
(Hao 2008, ZI-TONG 1983, Yang et al. 2005, Kirk 2004). Die Reisböden werden in drei verschiedenen Kategorien eingestuft, welche von den Bewässerungspraktiken abhängen: oxidierend, oxidierend-reduzierend und reduzierend (Huang 2015). Die Reisfelder in Dai Lam sind während 9 Monaten im Jahr überflutet und werden demnach in die Kategorie oxidierend-reduzierend eingestuft, wobei die reduzierenden Perioden überwiegen und die Mobilisierungsbedingungen über Jahrtausende beeinflusst haben.

### **6.3.11.2 Grundwasserbrunnen**

Ein genauerer Blick auf die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen läßt drei Besonderheiten erkennen, die in den Kapiteln Hohe Arsenkonzentrationen 6.3.11.3 und 6.3.11.4 genauer beleuchtet werden sollen.

### **6.3.11.3 Hohe Arsenkonzentrationen**

Nach den Erkenntnissen von Winckel et al (2011), liegt das Dorf Dai Lam außerhalb der Zone in der die hohen Arsenkonzentrationen im Grundwasser eine maßgebliche Gefährdung für die Bewohner darstellen. Die hohen Konzentrationen in weiten Teilen des Deltas sind im Südwesten des Deltas zu erwarten und sind an den Schichten des Holozän gebunden. Da sich der Aquifer in Dai Lam in den Pleistozänen Schichten befindet, sind nach Winckel die Arsengehalte im Grundwasser geringer als in den stark kontaminierten Gebieten (Abbildung 22). Die vorliegenden Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass die Arsenkonzentrationen in den Hausbrunnen in Dai Lam bis zu  $196\mu\text{g/L}$  betragen und dass der Durchschnittswert  $23\mu\text{g/L}$  beträgt. Laut Winckel könnte dies auf horizontale oder vertikale Leachingprozesse aus den holozänen Schichten zurückzuführen sein. Die Konzentration im Grundwasser ist demnach abhängig von den hangenden oder unmittelbar angrenzenden Schichten, aber auch von den Mobilisierungsbedingungen.



**Abbildung 22: Arsenkonzentration im Grundwasser des Red River Delta (Winckel et al, 2010)**

Eine Studie von Norman et al, (2006) in Nam Du, nahe Hanoi hat gezeigt, dass beide Aquifere klar von der Kontamination durch Arsen betroffen sind. Davon ausgehend, dass der holozäne Aquifer der maßgeblich betroffene ist, so ist doch sekundäre Querkontamination des Pleistozänen Aquifers offensichtlich.

#### **6.3.11.4 Zeitliche und lokale Schwankungen der Arsenkonzentrationen**

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass die Arsenkonzentration im Grundwasser starken zeitlichen und temporären Schwankungen unterliegt. Die großen Abstände zwischen den Probenentnahmen lässt keine Aussage über einen möglichen Jahresgang der Arsenkonzentrationen zu. Die Schwankungen werfen aber wichtige Fragen auf und deswegen wurden im Jahr 2014 Messungen in kürzeren Abständen durchgeführt.

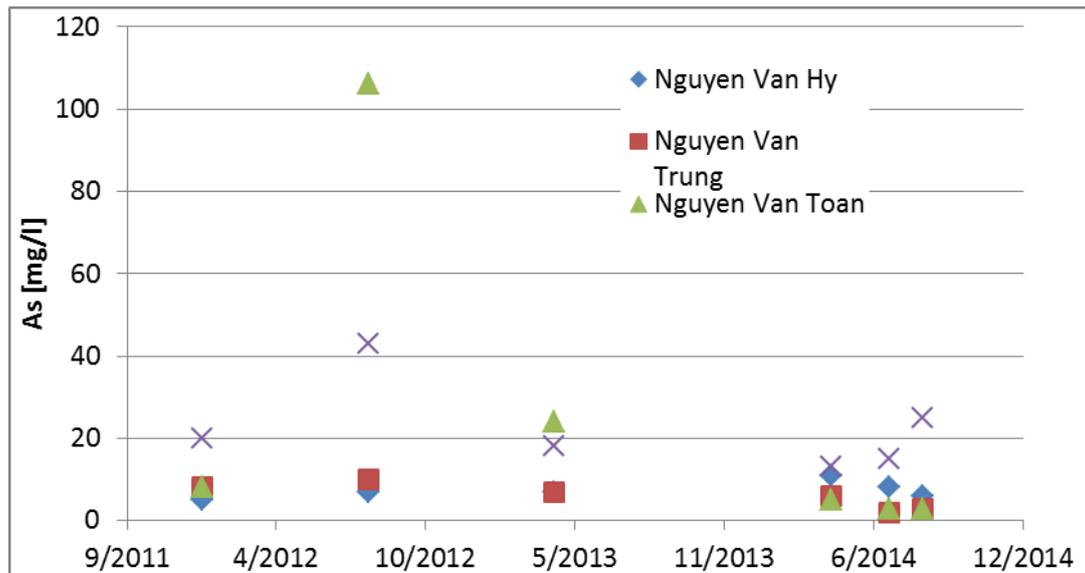


Abbildung 23: Zeitliche Konzentrationsvariation der Grundwassermessungen in Dai Lam

Eine Variationsanalyse der mehrfach untersuchten Brunnen wurde durchgeführt. Nur drei der elf Brunnen hatten einen Variationskoeffizienten von weniger als 1, was die hohe Varianz belegt, die auch schon in anderen Untersuchungen bestätigt wurde in Bangladesh und China (Cheng et al. 2005, Han et al. 2013).

Tabelle 12: Zeitlicher Variationskoeffizient in 11 Brunnen

Household name	Coefficient of variation	Number of samplings
1 Nguyễn Văn Hy	3.55	8
2 Nguyễn Văn Trung	1.98	8
3 <b>Nguyễn Văn Toan</b>	<b>0.6</b>	8
4 Tran Van Son	2.04	8
5 <b>Vũ Xuân Hiền</b>	<b>0.99</b>	3
6 Nguyễn Thị Tâm	1.03	3
7 <b>Trần Văn Giang</b>	<b>0.6</b>	3
8 Nguyễn Văn Vi	1.04	3
9 Nguyễn Văn Phúc	1.34	3
10 Nguyễn Văn Phương	1.18	3
11 Nguyễn Văn Nghi	1.01	3

Die Mobilisierungsprozesse von Arsen wurden bislang schon in einer Vielzahl von Studien untersucht (siehe Kapitel 6.3.3.) und die zeitlich und lokal variierenden Schwankungen wurden durch die Betrachtung der lokalen und anthropogenen Einflüsse erklärt.

Die temporären Schwankungen wurden in verschiedenen Ländern beobachtet: Spanien (Mayorga 2013), Innere Mongolei (Guo 2013, Farooq 2011), Indien (Farooq 2011, Ramesh Kumar, Riyazuddin 2012), Bangladesh (Cheng et al. 2005) und China (Han et al. 2013, Yu 2014). Die Studien belegen, dass diese Schwankungen vor allem in recht oberflächennahen

Grundwasserleitern vorkommen und dass die starken Schwankungen nur in etwa 20% der untersuchten Brunnen nachgewiesen wurden. In machen Studien schwanken neben die Arsenwerten auch redoxsensitiven Parameter wie P, gelöstes Mn und S, für Eisen konnte jedoch in keiner Studie eine Korrelation nachgewiesen werden (Cheng et al, 2005). Auch in Dai Lam konnte keine Saisonale Schwankung nachgewiesen werden, es ist jedoch wahrscheinlich, dass die hohen Schwankungen auf verschiedene lokale, klimatische und anthropogene Prozesse zurückzuführen sind, welche das Mobilisierungs-, Sorptions- und Transportverhalten maßgeblich beeinflussen und welche nachfolgend beschrieben werden.

Ein wichtiger Faktor ist der hydrologische Transport. Niederschläge, Bewässerungsaktivitäten und Flusswasser sorgen für eine ganz eigene, komplexe und sehr intensive Versickerungsrate, die über das Jahr stark schwankt und das Grundwasser aufgrund von variierenden Raten schubweise verdünnt. So könnte man annehmen, dass höhere Versickerungsraten zu einer geringeren Arsenkonzentration führen würden, was auch in der Literatur beschrieben worden ist. Farooq et al. (2011) hat in einer Studie in Bangladesch beobachtet, dass die Arsenkonzentrationen nach den Monsunregen geringer wurden, was er auf Verdünnungs- und Oxidationsprozesse zurückführt. Auch Savarimuthu et al. (2006) haben nach Monsunregenfällen geringere Arsenkonzentrationen im Grundwasser gemessen. Andererseits wurden in verschiedenen Studien genau der gegenteilige Effekt (Ramesh Kumar, Riyazuddin 2012, Savarimuthu et al. 2006, Yokota 2001, Guo 2013). Demnach gibt es einerseits Verdünnungseffekte, andererseits aber auch eine Erhöhung des Transportes von den hangenden Schichten durch die starken Niederschläge des Monsuns nach der Trockenzeit und/oder der die Änderungen der Redoxbedingungen, was wiederum die Lösung der Eisenhydroxide begünstigt, was zur Mobilisierung des gebundenen Arsens führen kann (Cheng et al. 2005).

Im der Region des Roten Fluss Deltas beginnt der Hauptmonsun im Mai und endet im August/September. Ein Großteil des Niederschlagswassers fließt oberflächlich in die Vorfluter ab. Der Kf Wert der Böden in der Region ist mit 0,02-1 m/Tag sehr hoch und es kann angenommen werden, dass das Niederschlagswasser die Schichten innerhalb von 1-4 Wochen durchströmt. Die Grundwasserpegel haben ihren Höchststand im September. Zudem ist das Grundwasser jahreszeitlichen Schwankungen von 4-5° unterworfen, die im Februar ihren niedrigsten Wert haben und im Mai-August ein Maximum erreichen (Giang 2014). Aus diesen Gründen wäre es plausibel, wenn die Arsenwerte einem jahreszeitlichen Trend folgen würden und im August einen Maximalwert erreichen.

Es ist aber davon auszugehen, dass die Schwankungen in Dai Lam nicht nur klimatisch beeinflusst sind, sondern auch stark durch anthropogene Aktivitäten, also durch die Emissionen von organischem Material, Stickstoff-, Phosphat – und Schwefelverbindungen geprägt sind. Die überwiegende Landnutzung ist der Nassreisbau, welcher über das Jahr unterschiedliche Kultivierungsstadien durchläuft, wodurch für den Boden unterschiedliche physikochemische Bedingungen entstehen. Im Delta des Roten Flusses werden derzeit im Jahr zwei Kultivierungsperioden durchgeführt, eine im Sommer/Herbst und eine im Frühjahr. (Abbildung 24). Die Samen werden zwischen dem 10. und dem 16. Dezember ausgesät, welche nach 10 bis 15 Tagen keimen, wenn sie in Betonbeeten vorgezogen werden. In den Reisfeldern setzt die Keimung nach 20-25 Tagen ein. Die Setzlinge werden dann per Hand in die Felder umgesetzt.

Zweieinhalb Monate nach der Aussaat beginnen die Pflanzen zu blühen und nach 110-120 Tagen (Frühjahr) oder 95-110 Tagen (Sommer/Herbst) beginnt die Ernte.

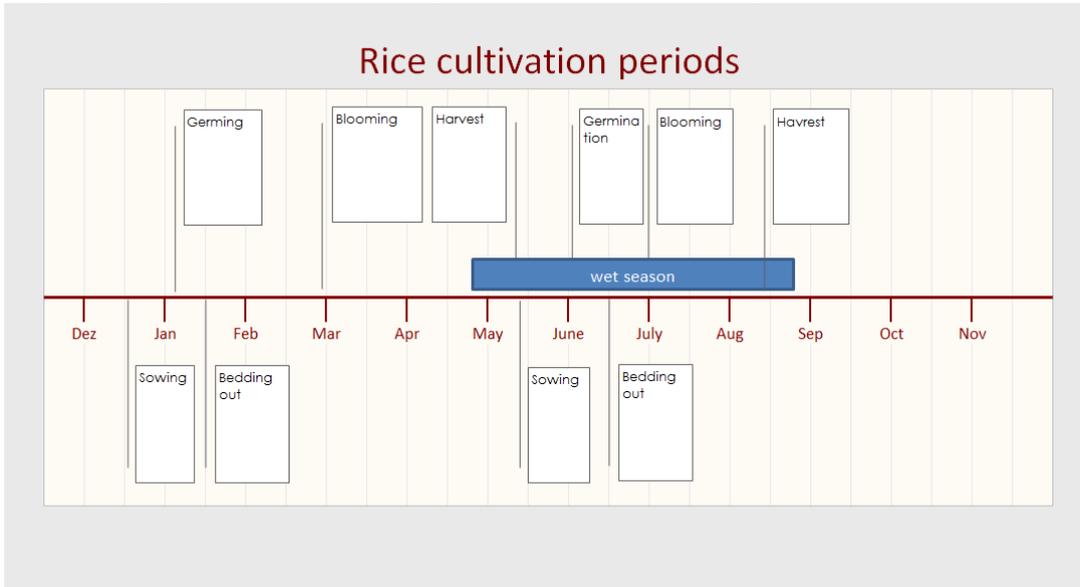
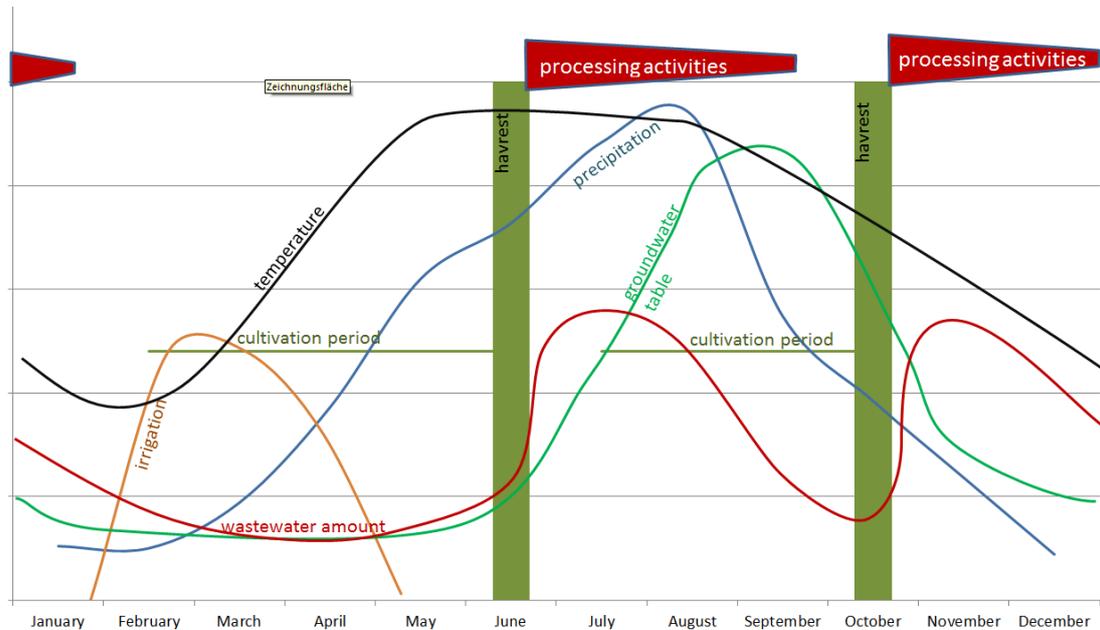


Abbildung 24: Reis Kultivierungsperioden im Delta des Roten Flusses

Die klimatischen und anthropogenen Aktivitäten und deren Auswirkungen auf die Arsen-spezifisierung sind in Abbildung 25 dargestellt. In den ersten Wochen des Pflanzenwachstums ist der Wasserverbrauch hoch. In den ersten 10 Wochen des Jahres, sind die Pumpen des Bewässerungssystems etwa 70 Stunden in Betrieb, was etwa 228 l/m<sup>2</sup> ausmacht (etwa 13% des jährlichen Niederschlages im Delta). Das Bewässerungswasser wird aus dem Fluss in das Bewässerungssystem gepumpt. In der Regenzeit wird als Bewässerungswasser das Regenwasser genutzt. In beiden Wasserquellen ist der Arsengehalt zu vernachlässigen, was bedeutet, dass jegliches Arsen, welches in den Pflanzen angereichert wird, im Boden vorliegen muss.

Vier Wochen vor der Ernte werden die Felder entwässert und fallen trocken. Von September bis Dezember sind die Felder generell trocken, da sie im Delta des Roten Flusses in der Zeit nicht bebaut werden. In dieser Zeit sind die Bedingungen in den Böden aerob. Unter diesen Bedingungen liegt überwiegend das relativ unmobile As<sup>5+</sup> vor, welches an Eisen und Manganhydroxiden sorbiert wird (Goldberg 2002b). Nach einer erneuten Flutung der Felder während der Kultivierungsperiode werden die Bedingungen wieder anaerob und die mikrobiell induzierte Prozesse führen zur Lösung der Hydroxide und damit zur Freisetzung von Arsen in das Bodenwasser, wo es in seiner reduzierten und mobileren Form als As<sup>3+</sup> vorliegt (Cumings 1999). Während der Wachstumsphase bilden die Reispflanzen an den Wurzeln Aerenchyme aus. Diese Mikrobilüftung führt in der Rhizosphäre wiederum zu aeroben Bedingungen (Li 2013b) und zur Fällung von Eisen- und Manganhydroxiden (Garnier et al. 2010) und zur Bildung von Eisen und Mangan Plaques an den Wurzeln der Reispflanzen. Die Plaquebildung intensiviert sich über die Vegetationsperiode (Mei et al. 2012) und es wurde festgestellt, dass das daran sorbierte Arsen überwiegend aus As<sup>5+</sup> besteht (Voegelin 2007). Am Ende der Vegetationsperiode nimmt die Plaquebildung ab (Schmidt 2011), was darauf

schließen lässt, dass die Sauerstoffzufuhr in die Rhizosphäre verringert wird und sich die Redoxbedingungen wieder in Richtung anaerob verschieben. Zum überwiegenden Teil ist der Nassreisanbau also während der Anbauphase von aneroben und reduzierenden Bodenbedingungen geprägt. Das Bewässerungswasser versickert durch die oberflächennahen Schichten und die reduzierenden Bedingungen in den Reisfeldern führen zu einer Freisetzung und zum Transport des Arsens und zu einer Anreicherung im oberflächennahen Grundwasser.



**Abbildung 25: klimatische und anthropogene Randbedingungen, die die Arsenspezifizierung beeinflussen (nicht skalierbar)**

Nach der Ernte verbleiben Reisstroh und Wurzeln in den Feldern, was zu einem erhöhten anaeroben Abbau führt, was wiederum die reduzierenden Bedingungen begünstigt (Farooq et al. 2010).

Neben reduzierenden Bedingungen sorgen diese Prozesse für eine Bildung von organischen Säuren, welche wiederum als Elektronendonatoren für die mikrobiologischen Prozesse in der ungesättigten Zone dienen und damit dort die Lösung von Eisen- und Manganhydroxiden unterstützen, wodurch Arsen freigesetzt wird (Farooq 2011).

Zusätzlich zu den geschilderten Prozessen und Bedingungen, werden die Felder regelmäßig gedüngt und die Mineralzusammensetzung hat sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die Arsenspezifizierung. Acharyya et al. (1999), Anawar (2011), Chowdhury et al. (2000) haben festgestellt, dass landwirtschaftliche Dünger und organische Abfälle und Abwässer die Mobilisierung des Arsens durch Substitution mit Phosphaten unterstützt. Die in den Düngern enthaltenen Nitrate wiederum führen zu einer Oxidation des Eisens zu  $Fe^{2+}$  und damit zu einer erhöhten Adsorption des Arsens (Mayorga 2013). Gelöste Karbonate können das Arsen von Sorptionsplätzen verdrängen und zur Mobilisierung des Arsens führen (Appelo et al. 2002), wohingegen Hydrogencarbonate Arsen unter aeroben und anaeroben Bedingungen extrahieren können (Anawar 2003). In Dai Lam, werden Dünger nur in der Wachstumsphase auf die Felder aufgebracht und deswegen variieren die Einflüsse der Düngemittel über das Jahr.

Die Auswirkungen des Nassreisbaus und des Grundwasserpegels werden durch die in Vietnam typische Einleitung des Abwassers verstärkt. In Dai Lam handelt es sich um ein traditionelles Nahrungsmittelverarbeitendes Handwerksdorf, dessen gesamtes Abwasser in einen Teich und anschließend ohne weitere Behandlung in das Bewässerungsnetz fließt. Die hohe organische Fracht der Abwässer beinhaltet einen hohen CSB Gehalt, sowie hohe Nitrat und Ammoniumkonzentrationen, deren Konzentrationen über das Jahr stark schwankt.

Bislang wurden nur sehr wenige wissenschaftliche Untersuchungen zu den Auswirkungen der Ableitung von Abwasser auf das Verhalten von Arsen im Boden veröffentlicht. Karczewska (2013) konnte zeigen, dass das Berieseln von Böden mit Abwasser die Verfügbarkeit von Arsen erhöht. Der Grund hierfür sind Sorptions- und Desorptionmechanismen und aufgrund des Eintrags von Verbindungen mit sehr leichtem molekularem Gewicht die Bildung von Chelaten. Ebenso gibt es wenig wissenschaftlich belegte Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen der Emission von unbehandeltem organischem Abwasser auf die Konzentration Arsenhaltiger Grundwässer. Lediglich Anawar et al. haben den Zusammenhang von landwirtschaftlichem Dünger organischem Material mit dem Vorkommen von Arsen in Grundwasser in Bangladesh verglichen (Anawar 2011, Anawar 2013). Burton (2007, 2013) hat festgestellt, dass die Sulphatreduktion im Kontext der Arsenmobilisierung bislang unterschätzt ist. Dithioarsenat und Monothioarsenat stellen den Großteil der Thiosulfate unter Sulfatreduzierenden Bedingungen und spielen möglicherweise eine große Rolle bei der Mobilisierung von Arsenverbindungen unter Sulfatreduzierenden Bedingungen (Burton 2013).

Die räumliche Varianz der Arsenkonzentration in Dai Lam wurde schon in anderen Untersuchungen in Vietnam festgestellt und wird durch kleinräumige geologische Strukturen erklärt, welche die hydrogeologische Situation lokal sehr unterschiedlich beeinflussen. Organisches Material kommt in deltaischen Ablagerungen zum Teil in abgrenzbare Linsen vor, was die Grundwasserchemie zum Teil auf kleinem Raum sehr unterschiedlich beeinflusst. Siltig-sandige Sedimente haben andere Sorptionskapazitäten als tonige und es ist eines der Charakteristika der deltaischen Sedimente, dass die Schichten eine hohe Varianz aufweisen.

(van Geen 2003, McArthur 2001b, Eiche 2008). Larsen (2008) erklärt die räumlichen Variationen durch die hydraulischen Charakteristika der hangenden Schichten. Mächtige Ton-schichten können den vertikalen Transport von Elektronenakzeptoren wie  $O_2$ ,  $NO_3^-$  and  $SO_4^{2-}$  vermindern, weswegen die Bedingungen in den darunter liegenden Grundwasserleitern reduzierend sind. Eisenhydroxide werden reduziert und Arsen freigesetzt. Demgegenüber steht eine Untersuchung von Larsen et al. (2008), welche kein  $O_2$ ,  $NO_3^-$  or  $SO_4^{2-}$  unter einem Bewässerungskanal nachweisen konnte. Dies führt er auf Sauerstoffzehrende Prozesse am Grunde des Kanals zurück. Zudem ist die Schnittstelle von Wasserkörper zu Pedosphäre geprägt von vielschichtigen biochemischen Prozessen, welche zum Teil starke Auswirkungen auf die Redoxbedingungen haben (Sophocleous 2002, Larsen 2008)

Die geschilderten Ergebnisse zeigen auf, wie wichtig das Erforschen und das Verständnis der Bedingungen und Prozesse der Hydrosphäre und Pedosphäre sind.

### 6.3.11.5 Korrelation der gemessenen Parameter

Zur Untersuchung der Korrelation der gemessenen Parameter wurde eine Pearsons Produkt Moment Korrelation durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 dargestellt. Die Analyse zeigt, dass es bei der Probennahme im Jahr 2011 durchaus Korrelationen gegeben hat, die sich aber in den darauf folgenden Jahren nicht wiederholt haben. Insofern lassen sich die räumlichen und zeitlichen Schwankungen nicht mit Änderungen der Redoxbedingungen in Einklang bringen.

Die Probennahme im Sommer 2012 zeigt mit Abstand die höchsten Werte und die stärksten Schwankungen am Stichtag. Der Durchschnittswert war 44,1 und die Standardabweichung betrug 33,2 µg/l, wohingegen die Durchschnittskonzentrationen im Winter 2011 und im Frühjahr 2013 10 µg/l, bzw. 17µg/l betragen.

**Tabelle 13: p-test of arsenic and appropriate parameters**

		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	ORP	EC	DO	TOC	Mn
2011	Correlation coefficient	-0.495	-0.455	-0.172	0.108	-0.517	-0.57
	p-value	0.0264	0.0437	0.468	0.651	0.019	0.004
2012	Correlation coefficient	-0.158	0.0741	-0.0991	-0.276	-0.083	-0.416
	p-value	0.451	0.725	0.637	0.181	0.692	0.068
2013	Correlation coefficient	-0.422	-0.102	-0.115	-0.515	0.392	-0.491
	p-value	0.0808	0.678	0.638	0.023	0.097	0.033

### 6.3.12 Abwasser und Klärschlamm

Das Kanalisationssystem in Dai Lam wurde im Jahr 2006 gebaut und besteht aus kleinen, abgedeckten Kanälen, die dem Straßenverlauf folgen und das Abwasser der Haushalte aufnehmen, um es dann zunächst in einen Teich und dann in das Bewässerungssystem zu leiten. Das Abwasser des Dorfes wird durch die landwirtschaftlichen Aktivitäten und die Prozesse der Nahrungsmittelherstellung geprägt. Im Tagesverlauf zeigen sich zwei Maxima, eines morgens zwischen 4 und 7 Uhr und eines nachmittags zwischen 15 und 18 Uhr. Das morgendliche Maximum ist auf die Produktion in den Haushalten zurückzuführen, das nachmittägliche Maximum entsteht durch die häuslichen Aktivitäten. Über das Jahr ist das Abwasseraufkommen nicht konstant, was sich aus den variierenden landwirtschaftlichen Tätigkeiten ergibt. Zudem ist die Abwasserzusammensetzung sehr unterschiedlich (siehe Abschlussbericht der LU Hannover).

Die Arsenkonzentrationen im Abwasser sind als gering bis mittel einzustufen und ist etwa so hoch wie der des Grundwassers. Die Abbaurate der SBR Pilotanlage ist 71 %. Auch wenn die SBR Technologie letztlich nicht als effektivste Technologie zur Arsenabscheidung dient, so sorgen doch die aeroben Bedingungen dafür, dass ein großer Teil des vorhandenen Arsens

ausgefällt und im Aktivschlamm akkumuliert werden. (Andrianisa et al. 2006). In Vietnam wird die Behandlung des Klärschlammes durch die Regulation TCVN 5298:1995 'General requirements for the use of wastewaters and their sludge for watering and fertilizing purposes' geregelt. Die Umsetzung der Regulation erfolgt derzeit nur marginal und besonders in den ländlichen Regionen werden die anfallenden Klärschlämme kaum behandelt.

Die Analysen des Klärschlammes in Dai Lam zeigt, dass die Schlämme eine moderate Kontamination von etwa 30 mg/kg enthalten. Dennoch muss der Umgang mit den Schlämmen überdacht werden, da sich sonst Arsen Senken bilden könnten und das organische Material die Redoxbedingungen verändern können.

### **6.3.12.1 Schweinegülle/Schweinemist**

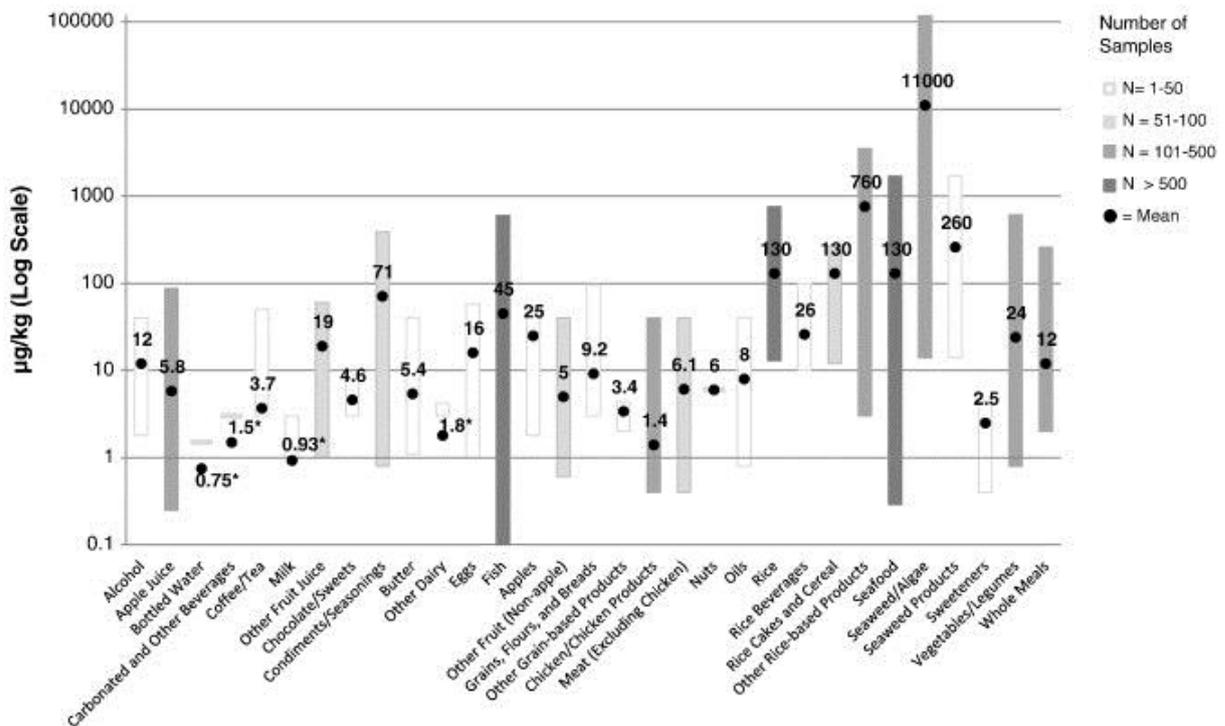
Die Untersuchungen der Schweinegülle/Schweinemist in Dai Lam zeigten einen klaren Zusammenhang zwischen den Arsenkonzentrationen und der Hauptfutterquelle. Es liegt auf der Hand, dass die Reismaische, die zur Herstellung des Reisweins produziert wird höhere Arsenwerte aufweist als das industrielle Futter. Die Schweinegülle spielt in Dai Lam einen wesentliche Rolle als Dünger für die Felder. Auch wenn die genommenen Proben keine statistisch belastbare Grundlage darstellt, so haben die Ergebnisse doch eine gewisse Relevanz und bilden möglicherweise die Grundlage für weitere Untersuchungen, da die Abfälle der Schweinezucht sehr häufig als Dünger verwendet werden und so möglicherweise Schwermetallsenken bilden.

Chinesische Studien haben gezeigt, dass die Schweinezucht in der Gegend von Peking Arsenemissionen von 2,7-57,2 t/ha/a Ackerland ergibt (Li, Chen 2005).

### **6.3.13 Tägliche Aufnahme von Arsen**

In Kapitel 6.3.10 wurden die nachgewiesenen Arsenkonzentrationen in Nahrungsmitteln vorgestellt. Auch wenn die Datenlage sicherlich nicht als statistisch belastbar anzusehen ist, so ergeben sich doch für die Bewohner signifikant erhöhte Werte für einige Nahrungsmittel. Die Konzentration variiert und hängt von der Pflanzenart und von dem Pflanzenteil ab, zudem ist die Konzentration des Arsens im Boden und das Mobilisierungspotential maßgeblich, was wiederum von den klimatischen Faktoren und von den anthropogenen Aktivitäten abhängt.

In dem folgenden Abschnitt werden die möglichen täglichen Dosen von Arsen durch die Nahrungsaufnahme der Bewohner von Dai Lam diskutiert. Hauptprodukte in Dai Lam beruhen auf dem Reisanbau und auf der Schweinezucht, weswegen die Daten zu Gemüse, Früchten und anderen Nahrungsmitteln limitiert sind und zum Teil auf Literaturdaten beruhen.



**Abbildung 26: Mean total inorganic arsenic in foods and beverages (µg/kg unless otherwise noted). Note: \* Because all or most of the samples were below the limit of detection (LOD), half the LOD was used. Thus, means are below the measured range (source: (Lynch et al. 2014))**

**Tabelle 14: potentielle Arsengehalte in Nahrungsmitteln in Dai Lam**

Reis
Die Arsenkonzentration in den Reisproben zeigen eine hohe Varianz. In vier Proben sind die Arsenkonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze, wohingegen fünf Proben den derzeitigen Grenzwert für Reis von 0,15 mg/kg in China überschreiten. Die Ergebnisse der Untersuchungen in Dai Lam spiegeln die Ergebnisse internationaler Studien wieder; der Durchschnitt beträgt 0,15 mg/kg und der Maximalwert ist 0,59 mg/kg. Das belegt, dass die mögliche Arsenaufnahme zu einem hohen Prozentsatz über den lokal angebauten Reis erfolgen kann. Das letztliche Risiko durch die Arsenaufnahme hängt jedoch von den aufgenommenen Arsenspezies ab, von dem Anteil des anorganischen Arsens, der nach Halder et al. (2014) für Reis zwischen 60 und 95% beträgt.
Gemüse
In der traditionellen vietnamesischen Küche überwiegt der Anteil der Blattgemüse den der anderen Gemüse. Blattgemüse wie Spinat und Weißkohl akkumulieren höhere Arsenwerte als Tomaten oder Kohlrabi. Die in Dai Lam beprobten Gemüse zeigten Arsenkonzentrationen von 0,49 mg/kg für Weißkohl und 0,16 mg/kg für Wasserspinaat, welche beide einen hohen Anteil in der täglichen Nahrung haben. Diese Ergebnisse werden von anderen Studien bestätigt (Baig, Kazi 2012, Das et al. 2004, Wang et al. 2013). Im Vergleich zu den durchschnittlichen europäischen Arsenkonzentrationen in Blattgemüsen sind die in Dai Lam dokumentierten Werte etwa fünfmal so hoch.
Im Untersuchungsgebiet konnten nur wenige Nicht-Blattgemüse beprobt werden (kohlrabi mit einem Arsengehalt von <0,002–0,025 mg/kg). In Nordthailand wurden in einer Studie

Tomaten und Chilischoten untersucht, die eine Konzentration von 0,035-0,074 mg/kg bzw 0,062-0,126 mg/kg aufwiesen. (Thaharn 2014).
Fleisch
Die Analysen der Fleischproben haben gezeigt, dass die Arsengehalte vom Futter abhängt. Die Schweine, die mit dem Reis gefüttert wurden, der in der Umgebung angebaut wird, hatten in der Leber relativ hohe Arsengehalte. (0,42-0,79 mg/kg). Das Muskelfleisch hatte einen Gehalt von 0,07 mg/kg. Die Geflügelproben hatten im Muskelfleisch keine nachweisbaren Arsenkonzentrationen, wohingegen in der Leber durchschnittlich 0,176 mg/kg gemessen worden sind. Aufgrund der wenigen Daten wurden Vergleichsdaten herangezogen. Aus dem EFSA Bericht geht hervor, dass in Europa die Innereien von Weidevieh durchschnittlich 0,007 mg/kg Arsen und die Innereien von Wildtieren 0,014 mg/kg. Eine Taiwanesische Studie zeigt 0,005 – 0,03 mg/kg Schweinefleisch, Geflügel dieser Studie haben generell höhere Arsenkonzentrationen als die anderen Fleischproben. Lynch (2014) hat festgestellt, dass der Anteil an anorganischem Arsen in Fleisch zwischen 30 und 66% variieren kann.
Früchte
Im Untersuchungszeitraum wurden in Dai Lam keine Früchte angebaut, zudem sind gibt es sehr wenig Daten zum Obstanbau für andere Regionen. In Europa wurden die Arsenkonzentrationen von Zitrus-, Kern- und Steinobst mit durchschnittlich 0,005-0,043 mg/kg angegeben (EFSA 2014). In Thailand wurden Bananen untersucht und dies ergab 0,002 mg/kg (Nookabkaew et al. 2013a) und auf Hainan, in China wurden in Mangos 0,0006-0,05 mg/kg gemessen (Liao 2014).
Fisch:
In Dai Lam gibt es vier Fischzuchtbetriebe mit unterschiedlichen Fischarten. In den Untersuchungen von INHAND wurden die Lebern von drei Schlangenkopffischen ( <i>channa argus</i> ) beprobt und untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Arsengehalte unterhalb der Nachweisgrenze liegt. Untersuchungen in China zum Arsengehalt in Fischen haben gezeigt, dass die Akkumulation von Arsen in Fischen sehr von der Spezies, dem Alter des Fisches und dem Lebensraum abhängt (Cheng et al. 2013). Der Gehalt an anorganischem Arsen in Fischen wird mit 3,5 – 10% bestimmt (Lynch et al. 2014, Phan et al. 2013).
Eier und Milch
In Europa sind die Arsenkonzentrationen in Eiern und Milch mit 0,0016 und 0,0584 mg/l. In unserer Studie wurden im Eigelb Werte zwischen 0,028 und 1,428 gemessen. Auch wenn die Rolle von Eiern und Milch Vietnam in der täglichen Nahrungsaufnahme untergeordnet ist, so kann die der Verzehr von Eiern zur Erhöhung der Arsenaufnahme beitragen. Zur Spezifikation des Arsens in Eiern und Milch gibt es keine belastbaren Daten.
Tofu
Es gibt nur sehr begrenzt Informationen zum Arsengehalt von Tofuprodukten, obwohl Tofu in der asiatischen Küche sehr oft Verwendung findet. Im EFSA Bericht wurden Tofuproben mit Arsenkonzentrationen zwischen 0,013-0,02mg/kg bestimmt. Zur Spezifikation des Arsens gibt es hingegen keine Angaben.
Weizen

In Dai Lam selber gibt es keinen Anbau von Weizen. Weizenbrot ist jedoch ein relative weit verbreitetes Nahrungsmittel in Vietnam. Der Gehalt an Arsen in Weizen ist gering, der EFSA Bericht gibt ihn mit 0,017mg/kg an. Lynch (2014) hat denselben Wert gemessen, wovon der Großteil anorganisch ist.

**Meeresfrüchte**

Meeresfrüchte gelten gemeinhin als eine der Hauptquellen für Arsen bei der Nahrungsaufnahme. Jedoch hängt die Konzentration starkt von der jeweiligen Spezies ab. Im EFSA Bericht haben die Cephalopoden die geringsten Arsenkonzentrationen, wohingegen die Molusceln die höchsten Konzentrationen aufweisen. Die Konzentrationen in Europa wurden mit 0,001 bis 0,013 mg/kg angegeben. Die Studie von Lynch et al (2013) ergab einen Mittelwert für Meeresfrüchte von 0,13 mg/kg. Die GAS, die in Dai Lam untersucht worden sind haben bis zu 1,01 mg/kg Arsen. In Schnecken ist der Gehalt an dreiwertigem anorganischem Arsen sehr hoch, im Gegensatz zu den anderen Meeresfrüchten die das recht harmlose Arsenobetain enthalten.

**Saucen**

In der traditionellen vietnamesischen Küche ist die Fischsauce ein nicht wegzudenkendes Ingredienz. Das Rohmaterial der Fischsauce ist Salz und Fisch (3:1), welches über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr fermentiert wird, bevor es abfiltriert und abgefüllt wird. Verwendung finden Austern, Schalentiere und andere kleine Fische, sowie Reste aus der Fischindustrie. Verschiedene Fischsaucen wurden von (Rodriguez 2009) auf ihren Arsengehalt hin untersucht. Die Konzentrationen lagen bei 0,69 bis 2,75 mg/kg, wobei der Großteil (89%) als Arsenobetain vorliegt.

**Öl**

Im Untersuchungsgebiet werden keine Ölpflanzen angebaut, allerdings wird viel Öl bei der Zubereitung von Speisen verwendet. In Europa hat man Arsenkonzentrationen von 0,008-0,013 mg/kg gemessen. Lynch gibt einen Mittelwert von 0,013 mg/kg an, dessen Anteil an anorganischem Arsen 0,008 mg/kg beträgt.

**Tabelle 15: Durchschnittliche tägliche Nahrungsaufnahme in Vietnam 2009 (National Institute of Nutrition (2009–2010) und das Potential der Arsenaufnahme**

Nahrungsmittel und durchschnittliche Aufnahme	Mögliche Aufnahme	Arsenaufnahme	Nahrungsmittel und durchschnittliche Aufnahme	Mögliche Aufnahme	Arsenaufnahme
375 g/d Reis	0–0.74 mg/d		20 g/d Tofu	0.00025–0.00038 mg/d	
160 g/d Blattgemüse	0–0.078 mg/d		20 g/d Weizen	0.0002–0.0005 mg/d	
84 g Fleischprodukte	0.006–0.066 mg/d		17 g/d Andere Getreide	0–0.0006 mg/d	
70 g/d Früchte	0–0.0035 mg/kg		15 g/d Saucen	0.01–0.041 mg/d	
70 g/d Fisch	0–0.033 (0.156) mg/d		10 g/ Meeresfrüchte	0.001–0.01 mg/d	
30 g/d Gemüse	0–0.0126 mg/kg		8 g/d Öle und Fette	0–0.0018	
25 g/d Eier und Milch	0–0.034 mg/kg		10 g/d andere		

Abbildung 27 zeigt Bandbreite der möglichen Arsenkonzentrationen (ohne Wasser), die sich durch die gemessenen Werte und die Literaturwerte ergeben. Den größten Anteil wird der Reis beitragen gefolgt von de Blattgemüsen und Fleischprodukten. In den Getreiden und in

den Pflanzen ist der Anteil an anorganischem Arsen sehr viel größer als der der organischen Verbindungen mit geringerer Toxizität. Legt man diese Werte zugrunde, so ergibt sich für die Dorfbevölkerung ein Minimaler Wert con 0,027 und ein Maxiimalwert con 0,353 mg am Tag, was den PTWI Wert einer 75kg wiegenden Person überschreiten würde (0,15 mg/d), ebenso wie den Codex Alimentarius Grenzwert con 0,2 mg/d ( $As_{in}$ ), bzw. 0,3mg/d ( $As_{tot}$ ).

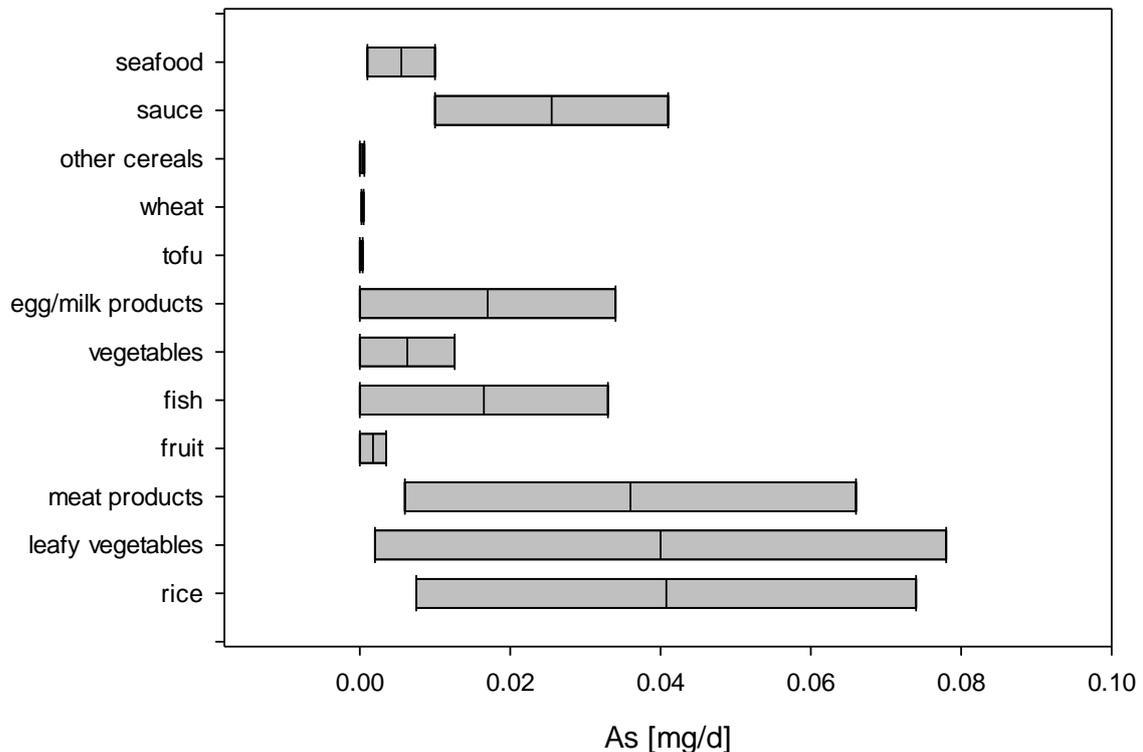


Abbildung 27: Bandbreiten der möglichen Arsenaufnahme durch die tägliche Nahrungsaufnahme

Der tatsächliche Wert hängt sehr von der Art und Weise der Ernährung ab. Da in Reis, Inne-reien, Schnecken und Blattgemüse mit den höchsten Konzentrationen zu rechnen ist, ha-ben die ärmeren Familien in Dai Lam vermutlich das höchste Risiko, zumal auch einige ärme-re Haushalte nicht an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen sind.

### 6.3.13.1 Auswirkungen der Land-und Wassernutzung auf die Wasserqualität und die Gesundheit

Mehr als 80% der Haushalte sind an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen, wel-ches eine Kapazität von 180m<sup>3</sup>/d hat, was nicht ausreichend ist. Ein geringer Wasserdruck und finanzielle Gründe führen dazu, dass es immer noch viele Haushalte gibt, in denen die Hausbrunnen zur Wasserversorgung genutzt werden. Die Umfrage und eigenen Messungen haben ergeben, dass etwa 2/3 des Wasserverbrauches durch die Hausbrunnen abgedeckt wird. Die Dorfbewohner sind sich sehr bewusst, dass das die Nutzung des Hausbrunnenwas-sers Gesundheitsrisiken birgt und nutzen es nicht zur häuslichen Nahrungsmittelzubereitung oder als Trinkwasser. Dennoch wird es sehr oft zur bei der Nahrungsmittelherstellung, für

die Tierzucht verwendet. Die unkontrollierte Entnahme großer Wasservolumina aus dem oberen Grundwasserleiter muss als zusätzlicher maßgeblicher Eingriff in das Hydrogeologische Regime und führt möglicherweise zu einem weiteren Eintrag von Arsen in den darunter liegenden Aquifer.

Auch wenn die Gegend von Dai Lam nicht im Zentrum der Arsenkontamination des Roten Fluss Deltas liegt, wurde gezeigt, dass es sich hier dennoch um recht hohe Arsenkonzentrationen handelt, deren Schwankungen im Sommer 2012 einen Maximalwert erreicht haben, was vermutlich auf die landwirtschaftlichen Aktivitäten zurückzuführen ist.

Die Landschaft im Delta wurde über Jahrtausende von Menschenhand geprägt. Die Đông Sơn Kultur (1000 BC to 100 AC) führte den Reisanbau ein und seitdem wird das Bewässerungssystem der Region immer weiter ausgebaut und intensiv als Transportwegenetz genutzt.

Im 20. Jahrhundert kam es zu wesentlichen Veränderungen, so sorgten die französischen Kolonialherren für einen Ausbau des Überlandverkehrs und durch die Einführung der Planwirtschaft konnten nicht ausreichend Grundnahrungsmittel produziert werden. Zudem kam es infolge von Industrialisierung zu Umweltverschmutzungen.

Seit der Einführung der Doi Moi Politik konnte die landwirtschaftliche Produktivität wieder gesteigert werden. Neben dem effizienteren Einsatz von Arbeitskräften, ist das Bewässerungssystem verbessert worden und die Anbaumethoden angepasst worden. Der Wasserverbrauch ist von 1980 bis 2000 um 70% gestiegen. Im gleichen Zeitraum ist die Wasserkapazität durch Chinesische Staudammprojekte verringert worden. Trotz der starken Veränderungen der Voraussetzungen sind die maßgeblichen Wassernutzungsstrukturen in den Dörfern und beim Reisanbau gleich geblieben.

### **6.3.13.2 Vor dem Hintergrund der Übergangsökonomie**

Am 25 Januar 2014 unterzeichnete der Premierminister die Decision 198/QĐ-TTg zu einem übergreifenden Masterplan für den sozio-ökonomischen Ausbau der ‚nördlichen wirtschaftlichen Schlüssel Zone‘ bis 2020 mit einem Ausblick bis 2030.

Bac Ninh gehört mit weiteren sechs Provinzen zu dieser Zone, welche zu einer führenden Wirtschaftszone ausgebaut werden soll. In den letzten 10 Jahren ist die Provinz einem radikalen soziologischen und wirtschaftlichen Wandel unterzogen worden und der Trend wird sich fortsetzen (Tabelle 16). Im Jahr 2003 waren in Bac Ninh nur 2.931 Arbeiter in lokalen Industriebetrieben tätig. Im Jahr 2012 waren es schon 117.445 Arbeiter und man erwartet, dass diese Zahl bis Ende 2015 auf 180.000 steigt, was auf die Ansiedelung einiger internationaler Großbetriebe zurückzuführen ist. Auch das BIP pro Person wird von 1.488 US \$ bis Ende 2015 auf 3.500 US\$ ansteigen und bis Ende 2030 vermutlich 11.000 US\$ erreichen. Dieser Umstand zieht aus den Umliegenden Regionen Bewohner an und so ist mit einem massiven Bevölkerungswachstum zu rechnen (Dung 2014).

**Tabelle 16: Economic data of the northern key economic center (Socialist Republic of Vietnam, the Prime Minister 2014)**

	2011–2015	2016–2020	2021–2030
<b>BIP Wachstumsrate</b>	7.5%	9%	8.7%
<b>BIP pro Kopf</b>	US\$3,200–3,500	US\$5,500	US\$10,500–12,000
<b>BIP Land-, Forst- und Fischwirtschaft</b>	7.7%	5.5%	2.2%
<b>BIP Industrie und Bau</b>	48.3%	49.1%	47.8%
<b>BIP Dienstleistung</b>	44%	45.4%	50%
<b>Bevölkerungswachstum</b>	1.2–1.3%	1.1–1.2%	1–1.1%
<b>Urbanisierungsrate</b>	40–45%	50–57%	60–70%

Die Bevölkerung in der 'northern key economic zone' wird in den kommenden 20 Jahren um 3,6 Millionen Personen wachsen und die Anzahl der Menschen, die im urbanen Raum leben werden, wird sich verdoppeln. Daraus ergibt sich eine maßgebliche Zunahme der versiegelten Flächen. Eine große Anzahl neue Straßen und andere Verkehrswege sind in Planung oder im Bau. Das Wirtschaftsinstitut prognostiziert, dass die vietnamesische gesellschaftliche Mittelklasse in keinem anderen Land so stark wachsen wird wie in Vietnam, und die Zone um Hanoi wird sicherlich sehr stark von dieser Entwicklung beeinflusst werden. So sehr auch diese Entwicklungen gut für Vietnam sein werden, so gibt es auch eine Reihe von negativen Begleiterscheinungen und Konsequenzen, die sich auch in Umweltfragen niederschlagen werden.

Das Wachstum der industriellen Zonen und der urbanen Zentren wird zu einer starken zusätzlichen Ausbeute des pleistozänen Grundwasserleiters führen und zu einer erhöhten Produktion von Abwasser. Die erhöhte Grundwasserentnahme kann zur Konzentrationszunahme des Arsens im oberen Aquifer führen. Das Problem der großen Abwassermengen ist nach wie vor ungelöst und die Redoxbedingungen im Boden werden zu einer weiteren Mobilisierung des Arsens führen.

Die zunehmende Besiedlung und Industrialisierung und der Ausbau der Forstwirtschaft werden in den kommenden Jahren zu einer Reduzierung des Agrarlandes führen. Die vietnamesische Regierung hält indes an der hohen Reisproduktion fest, auch wenn schon einige hochrangige Wissenschaftler auf die massiven Umweltrisiken aufmerksam gemacht haben (z. B. Professor Vo Tong Xuan, Acting Rector of Nam Can Tho University). Als weiteren Schritt auf dem Weg zu einer Industrialisierung wird Vietnam seine Anbaumethoden für Reis stark modernisieren müssen (Technologien, Dünger, Saatgut, Bewässerungssystem und Kapazitäten der Bauern), was sich zunehmend nachteilig auf die Ressourcen auswirken wird.

Zur Zeit mangelt es hingegen stark an dem Bewusstsein für die Arsenproblematik als solches. In vielen Gegenden führt der Bau von Wasserwerken durch die Enteisungsschritte zu einer Reduzierung des Arsens im Trinkwasser, aber dass auch in den Pflanzen und damit in den Zuchttieren zum Teil hohe Konzentrationen an Arsen enthalten sind, was ein ernsthaftes Risiko für die Bevölkerung darstellt, wird kaum beachtet.

### 6.3.14 Zusammenfassung

Unsere Wasser, Boden, Pflanzen, Abwasser und Aktivschlammuntersuchungen haben und der Vergleich, bzw. Einordnung in international veröffentlichte Daten hat gezeigt, wie komplex sich die Arsenproblematik in der Untersuchungsregion zusammensetzt. Der Ursprung des Arsens in den Sedimenten ist geogen, aber es gibt viele Hinweise, dass die Mobilisierung und der Transport anthropogen geprägt sind. Die Bioverfügbarkeit wiederum ist klar an die Spezifizierung und damit an die Bodenverhältnisse, bzw. an die Bodennutzung gebunden. Die künftige Entwicklung der Arsenmobilisierung wird ein Stück weit auch von den Auswirkungen des Klimawandels und der Sozioökonomischen Entwicklung in Vietnam geprägt sein. Bislang hat es keine vergleichbare Studie zur Arsenexposition der ländlichen Bevölkerung im Delta des Roten Flusses gegeben. Dies mag auch an den vergleichsweise schwierigen Randbedingungen bei der Durchführung der Untersuchungen liegen. Die Probenahme, -aufbereitung und -analytik ist technisch aufwendig und bedarf hoher Sachkompetenz, die nur in den Zentren des Landes zur Verfügung steht. Aus diesem Grunde sind die Wasserproben an der Vietnamesischen Akademie der Wissenschaften analysiert worden, die Feststoffproben wurden hingegen nach Pirna transportiert um dort im Labor aufbereitet und analysiert zu werden.

Die Grundwasserprobenahme hat gezeigt, dass das Grundwasser im Untersuchungsgebiet durch Arsen kontaminiert ist. Die durchschnittliche Konzentration liegt über dem von der WHO definierten Grenzwert von 10 µg/L, zudem sind die Konzentrationen hochvariabel und so ist eine Risikoabschätzung für die einzelnen Haushalte ohne ein kontinuierliches Monitoring nicht möglich. Die Umfragewerte haben gezeigt, dass 170 von 280 Haushalten, was 60% ausmacht, nach wie vor regelmäßig das Wasser der Hausbrunnen nutzen, welches als gesundheitlich bedenklich anzusehen ist. 20% dieser Haushalte verwenden das Wasser ohne die Anwendung von Filtern, welche nachgewiesenermaßen die Arsenkonzentrationen im Wasser reduzieren.

Dies zeigt, dass die Dorfbevölkerung allein durch das Grundwasser einem gewissen Risiko ausgesetzt ist, auch wenn es sich nach früheren Untersuchungen außerhalb der Risikozone der Arsenbelastung befindet. Die Schwankungen sind im Jahresverlauf im August 2012 am höchsten gewesen, was möglicherweise auf das Zusammenspiel der landwirtschaftlichen und handwerklichen Aktivitäten und der klimatischen Randbedingungen zurückzuführen ist: Die Reisernte und die darauf folgende intensive Produktion von Reisschnaps und Reismudeln führt zu einer Zunahme der Abwassermengen und der darin enthaltenen organischen Verbindungen. Bis 2012 wurde das Abwasser vollkommen unbehandelt über den Dorfteich in das Bewässerungssystem der Reisfelder geleitet, wo sich durch sauerstoffzehrende Prozesse anaerobe und reduzierende Bedingungen einstellen. Der Arsengehalt in den Böden ist nicht sehr hoch (6,34 – 33,0 mg/kg) und die Untersuchungen zur sequentiellen Fraktionierung haben gezeigt, dass die Fraktionen, die das größte Potential an bioverfügbarem Arsen haben nur 10% ausmachen. Die besonderen Bedingungen in den Reisfeldern jedoch führen dazu, dass auch das Arsen in der Fraktion F3 bioverfügbar ist und so werden große Mengen an Arsen bioverfügbar.

Organische Substanzen unterstützen und verstärken das Wachstum und den Stoffwechsel der Bodenmikrofauna, was einen ganz wesentlichen Beitrag zu den Oxidations-, Reduktions- und Methylierungsprozesse. Dies kann zur Mobilisierung, Volatilisierung und einer erhöhten Bioverfügbarkeit des vorhandenen Arsens führen. Niederschläge und hohe Temperaturen im Juli und August haben starke Auswirkungen auf den vertikalen und horizontalen Transport des Arsens.

Aufgrund der Inhomogenität der lakrustinen Sedimente (Ton/Siltlinsen) ist auch die Konzentration in den verschiedenen Hausbrunnen zum Teil kleinräumig sehr unterschiedlich.

Nachdem die Pilotanlage in Dai Lam errichtet und in Betrieb genommen worden ist, zeigten die Arsenwerte in den Hausbrunnen wesentlich geringere Konzentrationen, was möglicherweise auf die stark reduzierte Fracht an organischem Material in die Felder zurückzuführen ist.

Die Untersuchungen der Lebensmittelproben und der Vergleich mit internationalen Studien hat gezeigt, dass der Verzehr von lokal produzierten Nahrungsmitteln durchaus Risiken birgt. Resi, Fleisch und Blattgemüse enthalten am meisten Reis und können einen Maximalwert von 0,35 mg/d erreichen, was den PTWI (provisional tolerable weekly intake) Wert von 0,15 mg/d für eine Person mit 75kg maßgeblich überschreiten, abenso wie den Codex elementrius Grenzwert von 0,2 mg/d für anorganisches Arsen bzw. 0,3 mg/d für Gesamtarsen.

Vor allem ärmere Personen haben ein größeres Gesundheitsrisiko, da sich mehr von Blattgemüsen und den hochbelasteten GAS (Goldenen Apfel Schnecken) ernähren.

## **Die Transformationsökonomie und die möglichen Gesundheitsrisiken durch Arsen**

Das Untersuchungsgebiet ist ein typisches Nahrungsmittelproduzierendes Handwerksdorf im Delta des Roten Flusses. Das System der lokalen Produktion, Verarbeitung, Verwertung und Verbrauch ist in Vietnam weit verbreitet und birgt eine Reihe von Vorteilen: geringe Transport und Lagerungskosten und Arbeitsplätze für die lokale Bevölkerung. Die Handwerksdörfer werden als eine Säule der vietnamesischen Ökonomie angesehen. Die Entwicklung der Handwerksdörfer in den letzten Jahrzehnten hat zum beeindruckenden Wirtschaftswachstum Vietnams beigetragen. Dies erklärt, warum an dem System weiterhin festgehalten wird und es auch weiter unterstützt wird. Das Wachstum der Handwerksdörfer verläuft jedoch weitgehend ohne übergeordnete Kontrolle. Es gibt keine umsetzbaren Richtlinien beim Umgang mit den resultierenden Umweltproblemen. Die derzeitigen Direktiven beinhalten sehr strenge Grenzwerte, die derzeit nicht anwendbar sind. Ein weiteres Problem besteht im Fehlen von Verantwortlichkeiten. Die Infrastruktur der Handwerksdörfer ist den Ministerien für Investitionen, für ländliche Entwicklung für Umwelt und Ressourcen, für Bau und den zugehörigen Ämtern zugeordnet. In der Tam Nong Policy wurden die Aufgaben der verschiedenen Stellen konkretisiert, aber ein wesentlicher Erfolg ist bislang ausgeblieben.

Die derzeitige Situation stellt sich folgendermaßen dar: Der Nassreisanbau führt zu einer erhöhten Mobilisierung des Arsens im Boden. Das unzureichende Abwassermanagement hat zur Folge, dass zusätzlich große Mengen ungereinigten Abwassers der Nahrungsmittel produzierenden Betriebe in die Reisfelder geleitet werden, die diese Effekte verstärken. Mittelfristig werden die Ballungszentren von Hanoi und Saigon einem starken strukturellen Wan-

del bei der Wasser- und Landnutzung unterworfen werden, was möglicherweise die Problematik der Arsenkonzentrationen in Wasser und Pflanzen erhöhen wird.

#### **6.4 Ökobilanzielle Untersuchung des Behandlungskonzepts und von Teilprozessen zur umweltgerechten Verwertung und Beseitigung der relevanten Stoffströme (A9)**

Dieses Arbeitspaket wurde als Unterauftrag an das Institut für Umwelttechnik und Management der Universität Witten/Herdecke vergeben, welcher als Anlage an den vorliegenden Bericht vorliegt).

Zunächst wurde ein Einblick in die methodischen Ansätze für Ökobilanzen und Umweltverträglichkeitsuntersuchungen gegeben und der Stand der Gesetzgebung in der EU, Deutschland und Vietnam zur Umweltbewertung („Environmental Impact Assessment“) gegeben.

Im zweiten Teil des Berichtes wurde eine vereinfachte ökobilanzielle Untersuchung für die folgenden Verfahrenskonzepte erstellt und diese miteinander verglichen:

- INHAND Konzept mit
  - Aerober Behandlung des Abwassers in einem SBR,
  - Anaerobe Behandlung des Klärschlammes aus dem SBR und der biologischen Abfälle
  - Trocknung des Gärrestes und Verbringung in der Landwirtschaft
- Alternativkonzept mit
  - Aerober Behandlung des Abwassers in einem SBR (wie INHAND Konzept)
  - Kompostierung des entwässerten Gärrestes und der biologischen Abfälle
  - Verbringung des Kompostes in der Landwirtschaft.

Diese Untersuchungen wurden mit Hilfe von vorhandenen (gemessenen) Daten aus dem Betrieb der INHAND Versuchsanlage aber auch mit Hilfe von zahlreichen Annahmen erstellt, so dass endgültige Aussagen ggf. durch tatsächlich gemessene Werte verifiziert werden müssen. Bei der Untersuchung wurden nur die Betriebsphasen der einzelnen Verfahrenskonzepte (keine Bau- und Abrissphase) untersucht. Die folgenden Wirkungskategorien wurden untersucht: Treibhauspotential, Bildung von Photooxidantien (Sommersmog), Versauerungspotential und Eutrophierungspotential.

Die Ergebnisse aus der ökobilanziellen Untersuchung zeigen, dass das INHAND Verfahrenskonzept bei allen untersuchten Wirkungskategorien eine bessere Ökobilanz aufweist als das Verfahrenskonzept „Kompostierung“.

## **6.5 Untersuchungen zur Finanzierungsmodellen über die Entwicklung von Klimaschutzprojekten**

Das Arbeitspaket 9 beinhaltet die Untersuchung der Finanzierungsmöglichkeiten durch CDM Projekte. Das Arbeitspaket wurde als Unterauftrag des Institutes für Umwelttechnik und Management der Universität Witten/Herdecke bearbeitet und beinhaltet folgende Punkte:

- Untersuchungen der derzeitigen Rahmenbedingungen für CDM Maßnahmen, insbesondere in Vietnam
- Ansätze für kleine Projekte zu CDMs
- Perspektiven zur Ausführung kleiner CDM Projekte in Handwerksdörfern in Vietnam

Die zum Arbeitspaket 10 zählenden ‚technische und ökonomische Abschätzung für das zu erarbeitende Konzept und deren nachhaltige Finanzierung‘ beruht auf der Entwicklung von Finanzierungsmodellen, welche vergleichbar zu den Vorgaben der Banken sind und ‚weiche Parameter‘ einbeziehen, so zum Beispiel die Qualität der Maschinen, die Redundanz von Systemen, die Nachhaltigkeit.

Der vorliegende Bericht ist eingeteilt in eine Einführung und in nachfolgende spezifische Kapitel.

Kapitel 2 gibt einen Überblick über die CDM Mechanismen, insbesondere die Mechanismen für kleine Projekte, die Ergebnisse der ersten Phase und zu den Perspektiven der CDM Mechanismen.

Kapitel 3 beleuchtet die CDM Mechanismen und deren Implementierung in Vietnam und stellt die Herausforderungen und Perspektiven der CDM Projekte zu Abwasser- und Abfallthemen in Handwerksdörfern heraus.

Kapitel 4 beschreibt die allgemeinen Möglichkeiten der CDM Mechanismen zur Projektfinanzierung und vertieft die Transaktionskosten bei der Einführung von CDM Projekten.

Kapitel 5 beruht auf dem Arbeitspaket 10 und zeigt die Potentiale der Finanzierungsmodelle für CDM Projekte auf.

## **6.6 Datenerhebung in weiteren Handwerksdörfern in der Provinz Bac Ninh (AP12) (Frau Tran Thi Nguyet)**

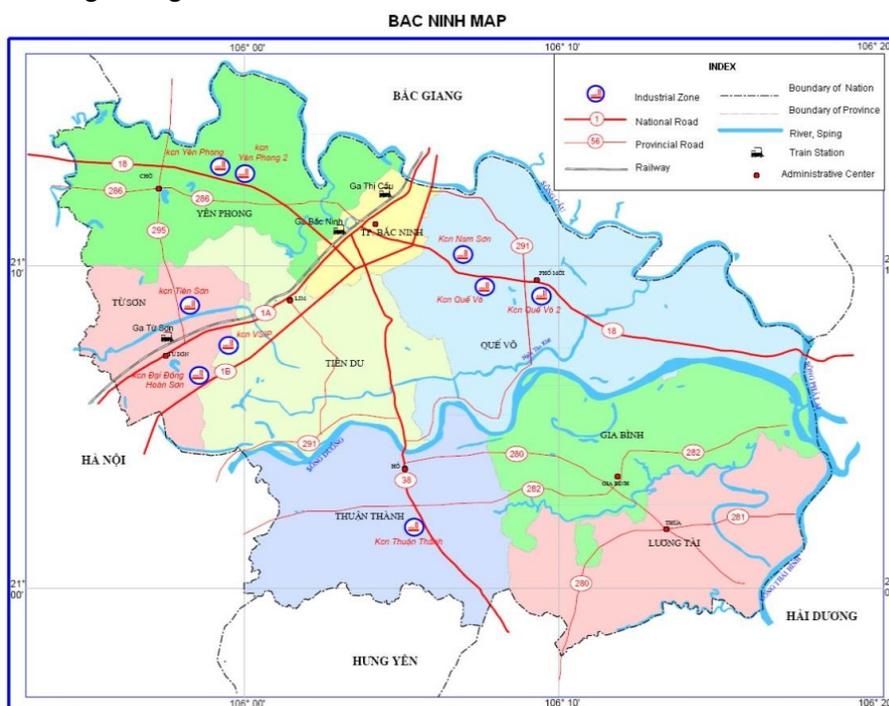
Die Provinz Bac Ninh gehört zu einer Region im Delta des Roten Flusses, welche per Entscheidung (Decision 198/QD-TTg) vom 25.01.2014 zur nördlichen wirtschaftlichen Schlüsselzone‘ Vietnams definiert wurde. Zentraler Ansatz ist die Entwicklung eines Masterplanes für die gesamte Region. In der Entscheidung finden die Handwerksdörfer keine Erwähnung, jedoch soll die ganze Region wirtschaftlich intensiv ausgebaut werden. Weitere Industriezonen sind geplant oder sind im Bau und man rechnet mit einem sozioökonomischen Zuwachs des Bruttoinlandproduktes von derzeit 3000 USD auf 5500US im Jahr 2020 und bis zu 12000 USD im Jahr 2030. Ökonomisch setzt man in der Region auf die Produktion von Informationstechnologie, Werften, Medizintechnologie und hochqualitativer Stahlprodukte. Auch wenn die

Handwerksdörfer in dem Programm nicht explizit erwähnt sind, so ist doch davon auszugehen, dass zumindest die Nahrungsmittelproduzierenden Dörfer in den kommenden 15 Jahren weiterhin Bestand haben werden. Das Nationale Rahmenprogramm (Decision No. 800/QĐ-TTg) zum Aufbau eines neuen ländlichen Raumes sieht weiterhin die infrastrukturelle und finanzielle Unterstützung der Handwerksdörfer vor. Aus diesem Grunde ist es wichtig zu betrachten, welche Handwerksdörfer in der Provinz von Bac Ninh gibt und welche Umweltrisiken von ihnen ausgehen.

### 6.6.1 Anzahl und Produktionstypen der Handwerksdörfer in Bac Ninh

Insgesamt gab es laut einer Erhebung des vietnamesischen Umweltamtes (VEA), welches dem Umweltministerium unterstellt ist Ende des Jahres 2013 landesweit 4.487 Handwerksdörfer. Von diesen gehören 588 zu den Nahrungsmittelproduzierenden Handwerksdörfern. Im Delta des Roten Flusses befindet sich mit 2.149 Handwerksdörfern etwa die Hälfte davon. Von diesen zählen wiederum 137 zu den Nahrungsmittelproduzierenden Dörfern. In der Provinz Bac Ninh gibt es laut Regierungsbericht über die Strategie und rechtliche Umsetzung der Umweltvorgaben in Handwerksdörfern etwa 90 Handwerksdörfer. Nach Angaben des Center for Environment and Analysis (CEA) gibt es jedoch nur 52 Handwerksdörfer. Diese Diskrepanz liegt vornehmlich an der unterschiedlichen Definition und Einstufung von Handwerksdörfern. Unter den von CEA berücksichtigten Handwerksdörfern gibt es 15 Dörfer, die Nahrungsmittel produzieren. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die derzeit in Bac Ninh vorhandenen Handwerksdörfer in den verschiedenen Distrikten (Abbildung 28).

Abbildung 28: Lage der Distrikte in Bac Ninh



Zum größten Teil wird in den Dörfern Reis als Rohstoff für die Herstellung verwendet. Untersuchungen ergaben, dies auch für die Nahrungsmittelproduktion in der Stadt Bac Ninh und in Hanoi zutrifft. Weitere Rohstoffe sind Sojabohnen und Maniok.

In der Provinz Bac Ninh gibt es nicht so viele Handwerksdörfer wie in anderen Provinzen, jedoch ist die Provinz gerade für die Herstellung von Nahrungsmitteln in Handwerksdörfern bekannt.

**Tabelle 17: Handwerksdörfer im Distrikt Yen Phong**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Nahrungsmittelproduktion	Cầu Giũa - Yên Phụ	1	Reisnudeln, getrocknete Vermicelli, Reisblätter für Frühlingsrollen o.ä.
		An Ninh - Yên Phụ	1	
		Cầu Gạo - Yên Phụ	1	
		Đức Lân - Yên Phụ	1	
		An Lập - Yên Phụ	1	
		Thôn Đoài - Tam Giang	1	
		Quan Đình - Văn Môn	1	Schnaps Reisschnaps, Maniokschnaps, Reisnudeln
<u>Đại Lâm - Tam Đa</u>	1			
2	Metallrecycling	Quan Độ - Văn Môn	1	Rohmetall
3	Holzverarbeitung	Đông Xuất - Đông Thọ	1	Pflüge, Harken, einfache Möbel
		Trung Bạ - Đông Thọ	1	
4	Seidenherstellung	Vọng Nguyệt - Tam Giang	1	Seidenstoffe
5	Aluminiumverarbeitung	Mẫn Xá - Văn Môn	1	Töpfe, Pfannen

**Tabelle 18: Handwerksdörfer im Stadt Bắc Ninh**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Papier Recycling	Dương Ổ - Phong Khê	1	Papier
		Đào Xá - Phong Khê	1	
2	Holzverarbeitung	Khúc Toại - Phúc Xuyên	1	Wohnmöbel
3	Nahrungsmittelproduktion	<u>Tiền Trong - Khắc Niệm</u>	1	frische Vermicelli, Reiskuchen
		<u>Tiền Ngoài - Khắc Niệm</u>	1	

**Tabelle 19: Handwerksdörfer im Distrikt Thuận Thành**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Kunsth Handwerk: Malerei, Papier	Đông Hồ - Song Hồ	1	traditionelle Zeichnungen und Gemälde, buntes Papier
2	Fischzucht, Nahrungsmittelpro-	<u>Mão Điền - Mão Điền</u>	1	Setzlinge, gedämpfte Reiskuchen

	duktion			
3	Nahrungsmittelproduktion	<u>Trà Lâm - Trí Quả</u>	1	Tofu
4	Seidenherstellung	Đại Mão - Hòa Thượng	1	Seidenstoffe, Seidenraupen

**Tabelle 20: Handwerksdörfer im Distrikt Gia Bình**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Kupfer- und Aluminiumverarbeitung	Đại Bái - Đại Bái	1	Kupfer- und Aluminiumprodukte
2	Holzverarbeitung	Cao Thọ (đúc) - Vạn Ninh	1	Möbel und landwirtschaftliche Geräte
3	Holzverarbeitung (Bambus)	Môn Quảng Phú - Lãng Ngâm	1	Bambushüte, Angelruten
		Ngâm Mạc - Lãng Ngâm	1	
		Lập Ái - Song Giang	1	
		Xuân Lai - Xuân Lai	1	
4	Stickarbeiten	Triệu Quang - Đại Lai	1	Stickereien (Export)
5	Instrumentenproduktion	An Quang - Lãng Ngâm		Trommeln

**Tabelle 21: Handwerksdörfer im Distrikt Lương Tài**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Kupfer- und Aluminiumverarbeitung	Quảng Bồ - Quảng Phú	1	Pfannen, Töpfe, Schlösser
2	Netzknüpferei	Lai Tê - Trung Chính	1	Fischnetze
3	Nahrungsmittelproduktion	Mi Xuyên - Mỹ Hương	1	Reisschnapp
4	Holzverarbeitung	Tuyên Bá - Quảng Phú	1	Möbel und landwirtschaftliche Geräte
5	Bootherstellung	Hoàng Kênh - Trung Kênh	1	Boote und Zubehör
6	Nahrungsmittelproduktion	Tử Nê - Tân Lãng	1	Reisnudeln und Reisfladen

**Tabelle 22: Handwerksdörfer im Distrikt Quế Võ**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Verarbeitung von Bambus, Riedgräse/Sauergrasgewächse	Quế Ổ - Chi Lăng	1	Bambus-, Riedgräsematte und Körbe
		Đức Lai - Chi Lăng		
2	Töpferei	Phấn Trung - Phù Lãng	1	Größe Keramikbecken
		Đoàn Kết - Phù Lãng	1	
3	Metallverarbeitung	Việt Vân - Việt Thống	1	Messer, Schaufeln, Scheren

**Tabelle 23: Handwerksdörfer im District Tiên Du**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Baumaterial, Weberei	Đình Cả - Nội Duệ	1	Baumaterialien, Webprodukte
2	Papierrecycling	Phú Lâm	1	Papier

**Tabelle 24: Handwerksdörfer im Distrikt Từ Sơn**

No	Branche			Hauptprodukt
		Dorf - Kommune	Anzahl	
1	Holzverarbeitung	Hương Mạc - Hương Mạc	1	Möbel und Kunsthandwerk
		Mai Động - Hương Mạc	1	
		Kim Thiều - Hương Mạc	1	
		Kim Bảng - Hương Mạc	1	
		Phù Khê Đông - Phù Khê	1	
		Dương Sơn - Tam Sơn	1	
		Phù Khê Thượng - Tương Giang	1	
2	Weberei	Hồi Quan - Tương Giang	1	Mückennetze, Handtücher, Decken

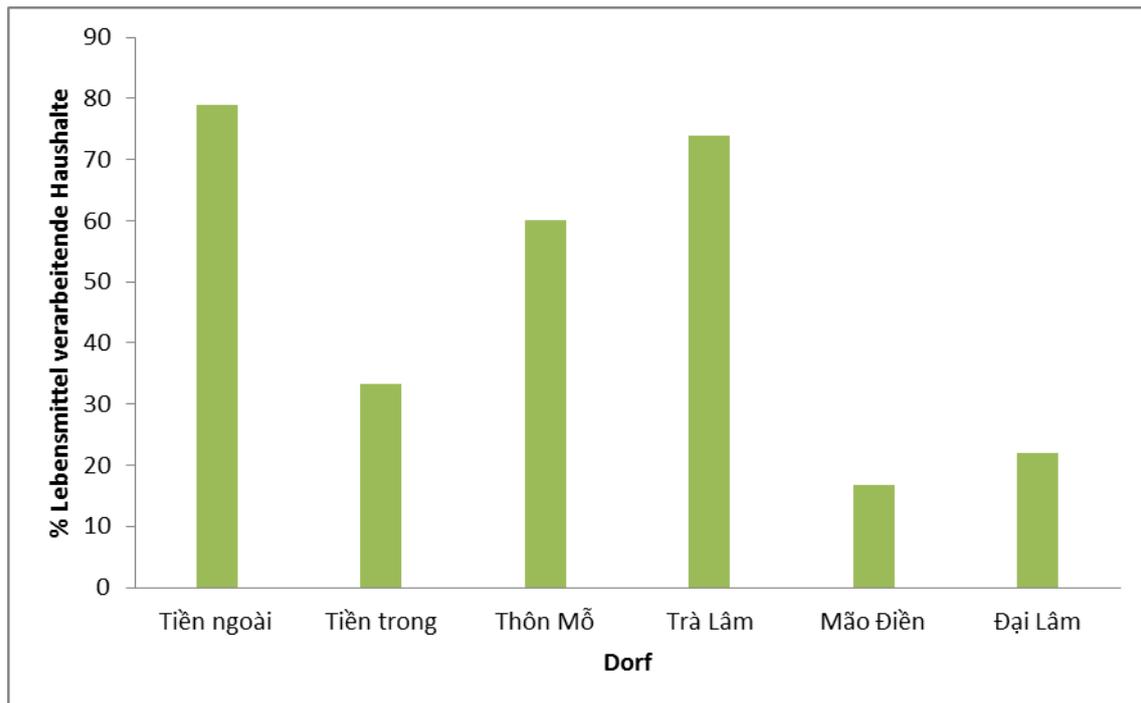
		Tiêu Long - Tương Giang	1	
		Tiên Sơn - Tương Giang	1	

### 6.6.2 Untersuchungen zu vier exemplarischen Handwerksdörfern in Bac Ninh

Zur genaueren Untersuchung der Abwasser- und Abfallsituation in der Provinz wurden vier Handwerksdörfer genauer untersucht. Die Handwerksdörfer der Lebensmittelverarbeitung in Bac Ninh haben alle eine recht hohe Einwohnerdichte (Tabelle 11). Als Handwerksdorf wird eine Gemeinde bezeichnet, deren Haupteinnahmequelle das angesiedelte Handwerk ist. Schon seit langem verdienen einige Haushalte oder Personen auch außerhalb des Dorfes ihr Geld, indem sie einer selbständigen oder nicht selbständigen Arbeit nachgehen. Dieser Trend hat sich in den letzten Jahren verstärkt.

**Tabelle 25: ausgewählte Nahrungsmittelverarbeitende Handwerksdörfer in Bac Ninh**

Nr.	Gemeinde	Dorf	Produkt	Anzahl der Haushalte	Anzahl der Personen	Handwerks-haushalte	Bevölkerungs-dichte
1	Khac Niem	Tien Ngoai	Riesnudeln	380	1400	300	13.15
		Tien Trong		388	1550	129	13.25
		Thon Mo		210	903	126	13.28
2	Tri Qua	Tra Lam	Tofu	541	2154	400	15.3
3	Mao Dien	Mao Dien	Reismehl-Crêpes	596	2400	100	6.6
4	Tam Da	Dai Lam	Schnaps (Nudel, Tofu)	1350	4850	300	12.94



**Abbildung 29: Anteil der produzierenden Haushalte in den verschiedenen Dörfern**

In den untersuchten Dörfern ist der Anteil an produzierenden Haushalten sehr unterschiedlich, Mao Dien hat mit 17% produzierenden Haushalten den geringsten Anteil und Tien Ngoai mit 79% den höchsten Anteil. Zudem ist die Produktivität in den Handwerksdörfern sehr unterschiedlich, wie aus der Tabelle 26 hervor geht.

**Tabelle 26: Produktivität der Handwerksdörfer**

Nr.	Handwerksdorf	Produkt	Anzahl der herstellenden Haushalte	Produktivität (kg/Tag/Haushalt)
1	Tien Trong	frische Vermicelli	129	25.1
2	Tien Ngoai		300	20.85
3	Thon Mo		126	24.7
4	Mao Dien	Reismehl- Crêpes	100	1240
5	Tra Lam	Tofu	400	100

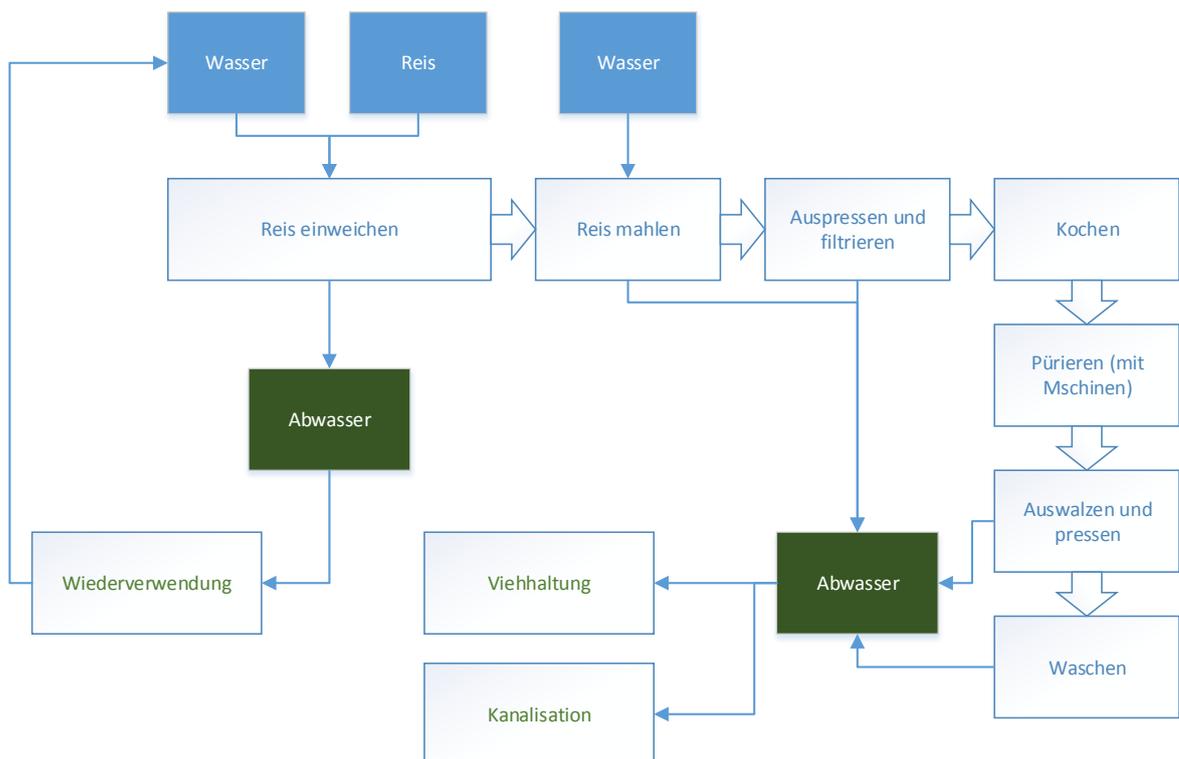
#### 1.4.2.1 Frische Vermicelliproduktionen in Khac Niem

Khac Niem ist eine Kommune, die aus den drei Dörfern Tien Ngoai, Tien Trong und Thon Mo besteht, in denen traditionell, in dem frische Vermicelli und Reismehl- Crêpes produziert werden. Die Gemeindeverwaltung unterstützt die Einwohner bei der Weiterführung der Handwerkstätigkeiten und so wurden verschiedene Produktionsprozesse schon durch maschinelle Fertigungsschritte effektiver gemacht. Letztlich sind es aber bislang nur einige Teilschritte, die durch den Einsatz von Maschinen verbessert werden konnten (Rühren, Schlagen etc). Die Herstellung von frischen **Vermicelli** erfolgt in den Haushalten nur in kleineren Men-

gen, die Optimierung von Prozessen (auch hinsichtlich der Einführung von umweltschonenderen Maßnahmen) beruht aber oft auf der Verarbeitung von größeren Mengen, weswegen meist keine Optimierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Khac Niem ist ein sehr altes Handwerksdorf, die Planung der Kanalisation ist über viele Jahre und kontinuierlich erfolgt und erscheint in der heutigen Betrachtung mitunter unsystematisch.

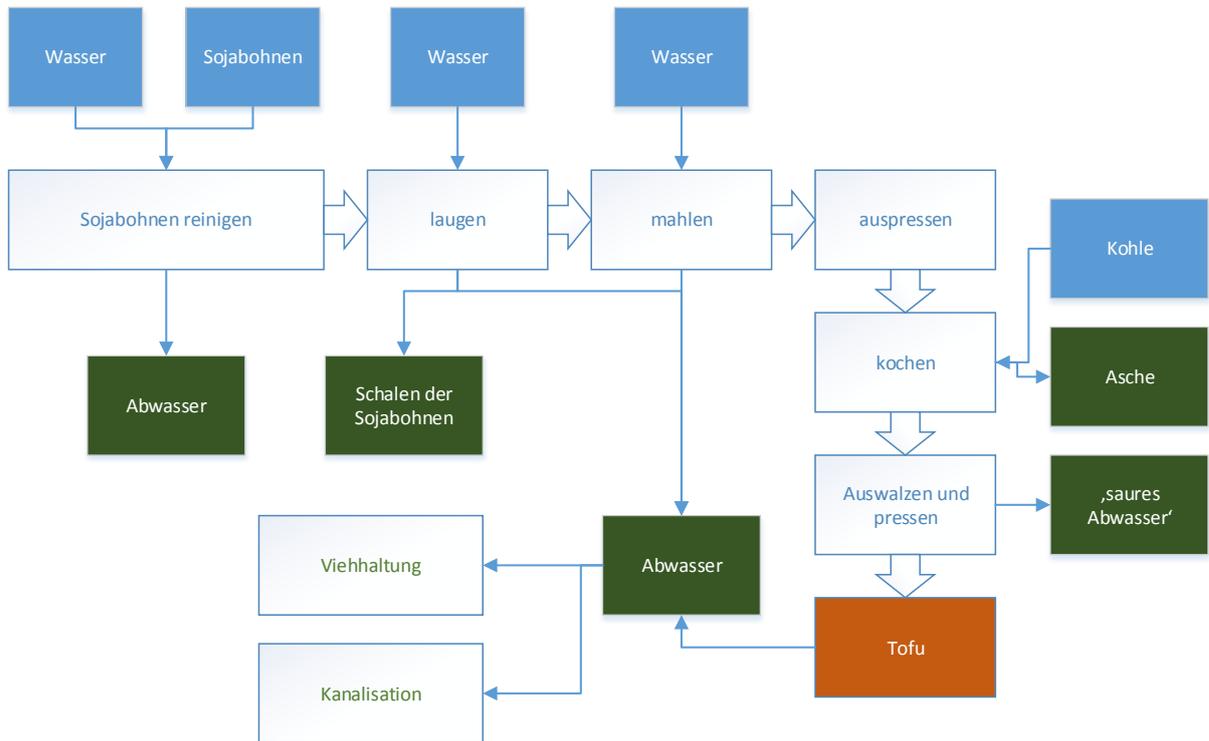
Die drei Dörfer produzieren zusammen große Mengen an Abwasser, welches nicht richtig abfließen kann und die Kanäle und Teiche der Gemeinde zusetzt. Die abwasserdominierten Teiche stellen eine Geruchsbelästigung und eine Umweltgefährdung dar.



**Abbildung 30: Fließschema Vermicelli produktion**

#### 1.4.2.2 Tofuproduktionen in Tra Lam

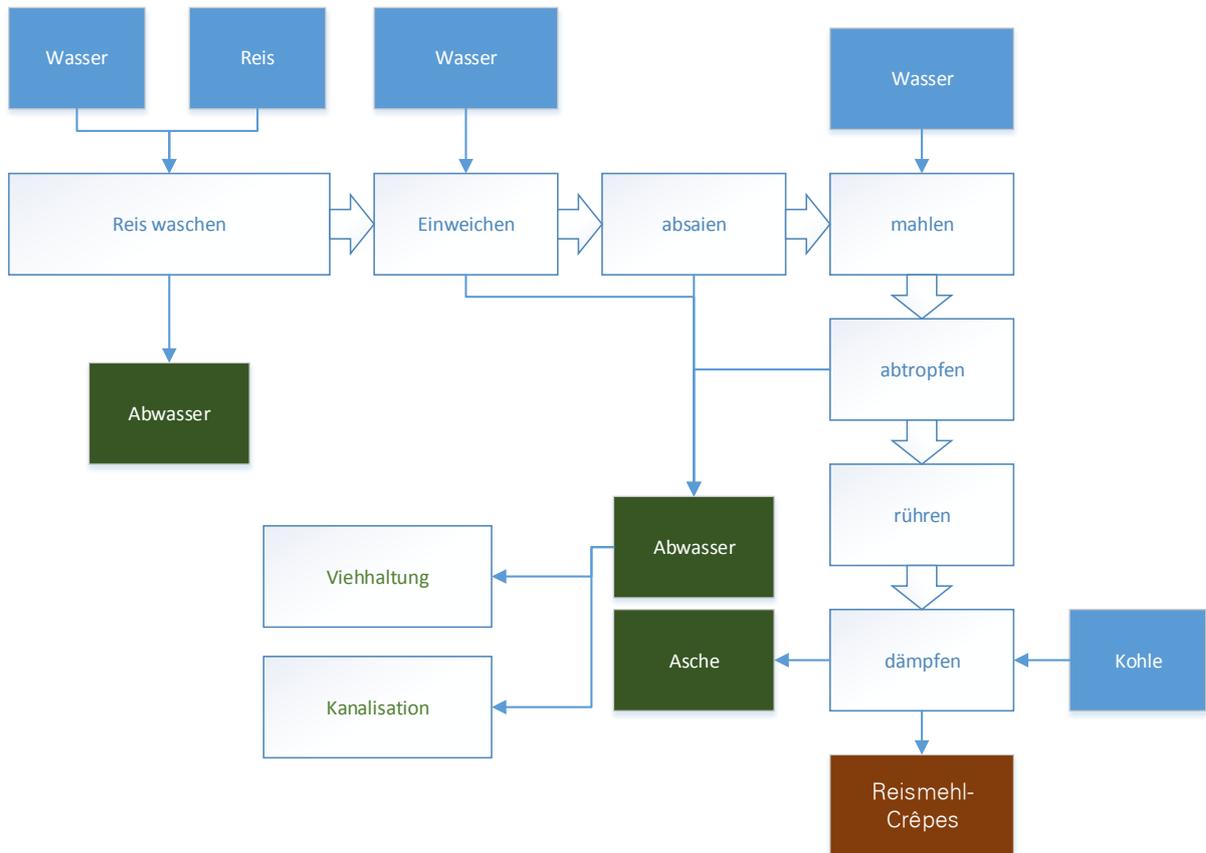
Die Gemeinde Tri Qua ist ein traditionelles Handwerksdorf in dem Tofu produziert wird. Schwerpunkt der Produktion ist das Dorf Tra Lam, in dem neben dem Tofu in den letzten Jahren auch zunehmend Schweine gezüchtet werden, da die Abfälle der Tofuproduktion sich gut als Schweinefutter eignen. Obwohl einige Haushalte schon kleine Biogasanlagen nutzen, ist das Problem der Abwasser- und Abfallentsorgung längst nicht gelöst, da immer noch ein großer Anteil des Abwassers direkt in das Kanalnetz geleitet wird und da es für die Gärreste keine Abfallkonzept gibt.



**Abbildung 31: Fließschema der Tofuproduktion**

#### 1.4.2.3 Gedämpft Reisrollenproduktionen in Mao Dien

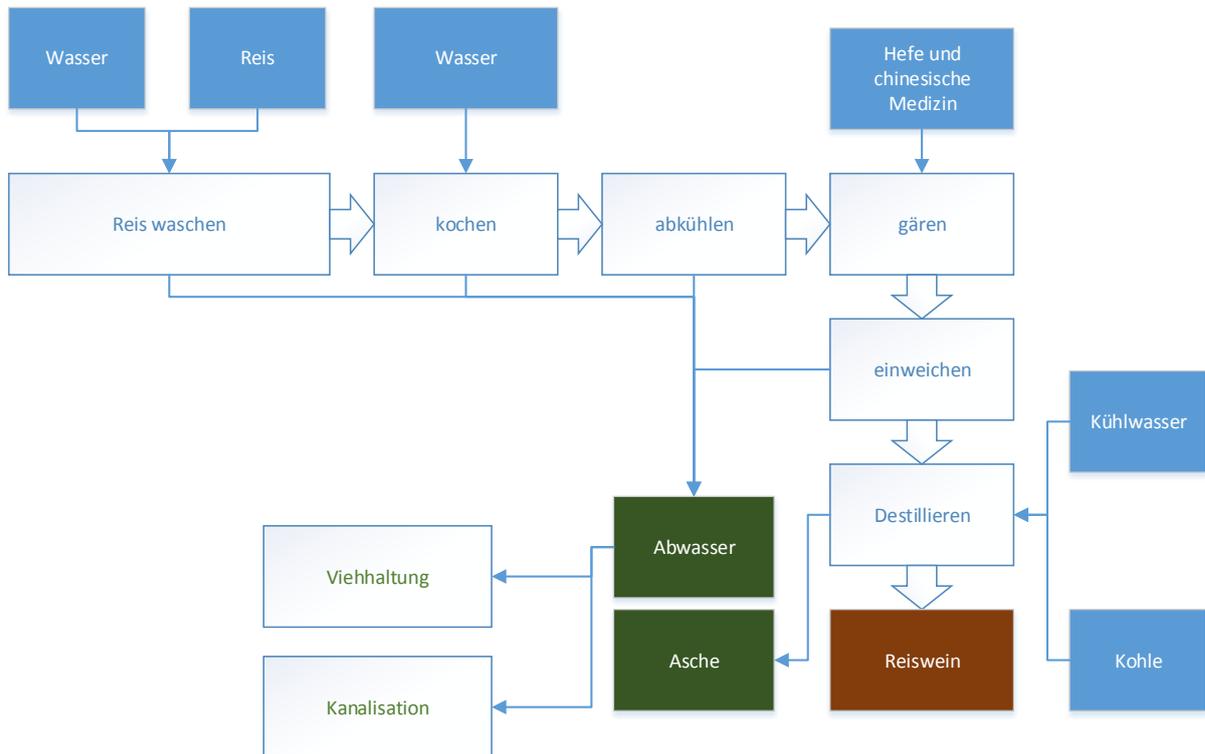
In dem Dorf Mao Dien werden traditionelle Reismehl- Crêpes produziert. Das Abwasser einiger Produktionsschritte wird wiederverwendet, dennoch ist die Produktion hinsichtlich umweltschonender Maßnahmen wenig strukturiert, weshalb die Menge des Abwassers in den Haushalten nicht effektiv vermindert wird. Ebenso wenig gibt es für die Abfallentsorgung ein bestehendes Konzept. Nach Auskunft der Bewohner nimmt die Produktion im Dorf zu und damit auch die Abwasser- und Abfallmengen.



**Abbildung 32: Fließschema der Reismehl-Crêpes Produktion**

#### 1.4.2.4 Reisschnapsproduktionen in Dai Lam

Die Abwassermenge der Reisschnapsproduktion ist vergleichsweise gering und wird meistens in der Tierhaltung verwendet. Das Abwasser der Maniokschnapsproduktion ist viel umweltschädlicher (z.B. großer Menge, niedrige pH-Wert, hoher CSB) und es kann nicht wieder verwendet werden. Die größte Verschmutzung resultiert aus der Schweinezucht, die die Sekundärprodukte der Schnapsproduktionen als Futter verwenden.



**Abbildung 33: Fließschema der Reisweinproduktion (siehe auch Abschlussbericht LUH)**

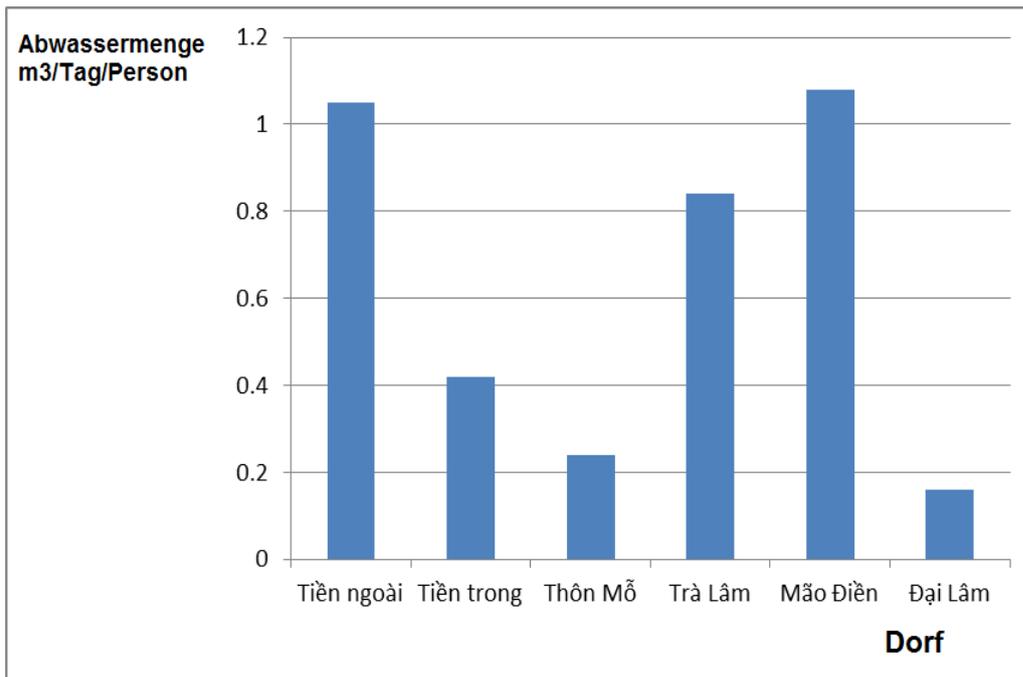
Das Dorf Dai Lam (in der Gemeinde Tam Da) ist ein Handwerksdorf, in dem traditionell Schnaps produziert wird. Neben der Reisschnapproduktion gibt es auch eine Maniokschaproduktion, die sich jedoch finanziell immer weniger lohnt und ein paar Haushalte mit einer Reismudelproduktion, sowie Tofuherstellung. Die Reisschnapsproduktion ist zusammen mit der Schweinezucht die Haupteinnahmequelle im Dorf. Das Abwasser aus der Produktion, der Schweinezucht und der Haushalte wurde bis 2011 nicht behandelt. Das INHAND Projekt hat eine Pilotanlage in Dai Lam zur Abwasserbehandlung gebaut, aber diese Pilotanlage konnte nicht das gesamte Abwasser in diesem Dorf behandeln und Ende 2014 wurde die Anlage an einen anderen Ort versetzt. Häuslicher Abfall und Produktionsabfall wurden vor der Projektlaufzeit nicht gesammelt. Seit 03/2013 werden sie gesammelt und sortiert: Organische Abfälle wurden in der Anaerobstufe der Pilotanlage zur Herstellung von Biogas behandelt, der Restmüll wird zu einer Abfallsammelstation transportiert. Diese wird soll vom provinzeigenen Entsorgungsunternehmen regelmäßig geleert werden. Durch die Lebensmittelverarbeitung entsteht in Dai Lam organisch belastetes Abwasser.

#### 1.4.2.5 Abwassermengen in den Dörfern

Zur Ermittlung der Abwasserquantität und Qualität wurden in den verschiedenen Dörfern Interviews mit sachkundigen Personen geführt (Tabelle 27). Dabei haben sich zwischen den Dörfern große Unterschiede ergeben (Abbildung 34). Die Abwassermengen eines Dorfs hängen von den Produktionstypen und der Kapazität der Herstellung ab.

**Tabelle 27: Übersicht Abwassermengen**

Nr.	Dorf	Produktion	Wohneinheiten	Wasser-verbrauch (m <sup>3</sup> /Tag/WE)	Gesamt-wasserverbrauch (m <sup>3</sup> /Tag)	Quelle
1	Tien Trong	Reisnudeln	259 (keine Herstellungsaktivität)	0,5	129,5	Vu Hai Nam (Wasserwirtschaft Institut)
			129 (Produktionshaushalte)	4	516	
					gesamt: 645,5	
2	Tien Ngoai	Reisnudeln	80 (keine Herstellungsaktivität)	0,5	40	
			300 (Produktionshaushalte)	5	1500	
					gesamt: 1540	
3	Thon Mo		210	1,03	216	
4	Tra Lam	Tofu	400 (Produktionshaushalte)	1	400	Hoang Thi Que (Tofuhandwerkerin)
			141 (keine Herstellungsaktivität)	0,4	56,4	
					gesamt: 456,4	
5	Mao Dien	Reismehl- Crêpes	100 (Produktionshaushalte)	4	400	Nguyen Duy Hoi (Reismehl-Crêpes-Handwerker)
			498 (keine Herstellungsaktivität)	0,5	249	
					gesamt: 649	
6	Dai Lam	Schnaps Nudeln, Tofu	1350	0,58	778,3	Herr Toan (Schnapshandwerker)



**Abbildung 34: Darstellung der Einwohnergleichwerte in den verschiedenen Dörfern**

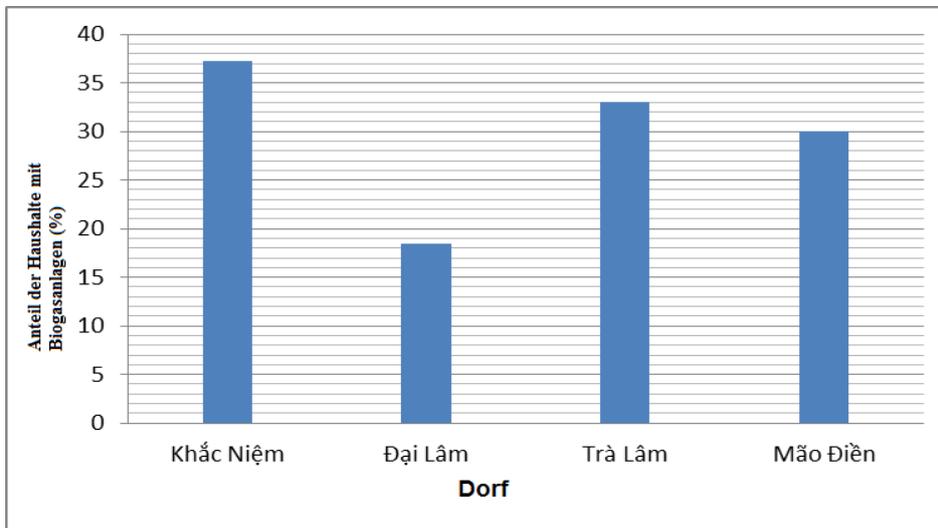
Das Abwasseraufkommen in den Dörfern ist sehr groß, ist aber von Dorf zu Dorf sehr unterschiedlich; das Vermicellidorf Tien Ngoai hat mit 1540 m³/Tag die höchste Abwassermenge zu verzeichnen, oder das Dorf Thon Mo hat offenbar nur ein Abwasseraufkommen von mit 216 m³/Tag.

Der pro Kopf-Wasserverbrauch des Dorfes Mao Dien ist am höchsten. Die Herstellung von gedämpften Reisrollen und Schweinehaltung sind die Hauptgründe dafür. Im Reisschnaps-Dorf Dai Lam ist das Wasserverbrauch pro Person gering, weil die Schnapsproduktion in den letzten Jahren zurückgegangen ist.

Die Abwässer werden meist nicht behandelt und direkt in das Kanalsystem geleitet. Das Abwasser aller Dörfer hat einen hohen CSB und BSB-Wert und coliforme und wird direkt in das Kanalsystem geleitet. Besonders auffällig ist die Situation in der Gemeinde Khac Niem, in der es kein Kanalnetz gibt. Hier fließt das Abwasser zum Teil durch die Gassen in die dörflichen (ehemaligen) Fischteiche. An warmen Tagen geht von dem Abwasser ein so starker Geruch aus, dass die Menschen Atemmasken tragen und ihre Haustüren nach Möglichkeit fest verschließen. An Tagen mit starkem Niederschlag steht das Abwasser in den Straßen und stellt ein ernsthaftes Gesundheitsrisiko dar.

In allen Dörfern sind die offenen Kanäle oft verstopft und aufgrund von nicht durchgeführten Wartungsarbeiten dringt das Abwasser an einigen Stellen ungehindert in die umliegenden Gemüse- und Reisfelder. Zum Teil werden die organischen Abfälle der Tierhaltung und der Nahrungsmittelherstellung als Dünger direkt auf die Felder ausgebracht, was einerseits die Reduktionsprozesse in den Feldern begünstigt, andererseits aber auch eine Kreislaufführung ist.

Günstiger wäre sicherlich eine Verwertung der organischen Abfälle für die Produktion von Biogas. Kleinstbiogasanlagen werden in den Haushalten zum Teil genutzt, jedoch ist deren Anzahl nicht ausreichend.



**Abbildung 35: Anteil der Haushalte mit Biogasanlagen in den befragten Dörfern**

### Zusammenfassung

Die Nahrungsmittelproduzierenden Handwerksdörfer machen in Vietnam etwa 13% der Handwerksdörfer aus. Zurzeit sind die Produktionsprozesse noch recht rückständig, zum Teil werden schon bei der traditionellen Verarbeitung Kreislaufführung betrieben. So zum Beispiel bei der Verwertung organischer Abfälle als Dünger oder bei der Wiederverwertung von Prozesswasser. Dennoch ist die derzeitige Situation problematisch, da es keine hinreichende Kanalisationsinfrastruktur gibt. Gerade aufgrund der klimatischen Umstände, fließen die Abwässer zum Teil knöcheltief durch die Dörfer oder stehen in Tümpeln. Das Ausbringen von organischen Abwässern und Abfällen auf die Felder verursacht zum einen weitere Mobilisierung von Arsen und eine Gefährdung der Reisbauern, zum anderen erfolgt das Ausbringen oft punktuell und verursacht eine lokale Überdüngung, die zu einem zu schnellen Wachstum der Reispflanzen führt, die dann von der Ernte umfallen und unbrauchbar werden.

### **6.6.3 Aus- und Weiterbildung**

Im Berichtszeitraum sind von den Universitäten Dresden, Hannover und Hanoi insgesamt (16 + Hannover) Studenten in das Projekt eingebunden worden. Zudem fanden über das Jahr hinweg begleitenden Schulungsmaßnahmen statt, die in die Bereiche der Laboranalytik und Anlagenbetreuung einzuordnen sind.

**Tabelle 28: Studentenarbeiten und Werkverträge, die durch die TU Dresden betreut wurden**

Elisabeth Nunweiler	Projektarbeit	Vietnam – Wasser- und Landmanagement in näherer Betrachtung des Handwerkerdorfes Dai Lam
Nguyen Hai Long	Projektarbeit	Arsenic in drinking and processwater in Dai Lam Village, Vietnam
Marco Weiß	Seminararbeit	Vergärungstechnologien Reisstroh
Franka Düsel	Seminararbeit	Arsen in Gärresten (in Dresden)
Niclas Taupitz und Kevin Kornhaas	Seminararbeit	Verarbeitung von Cassava zu Wein: Stoffstrom unter besonderer Berücksichtigung der Abwasserzusammensetzung
Franziska Rudisch	Projektarbeit	Betreuung einer dreistufigen Pilotanlage in Dai Lam zur Entwicklung eines Abwasser- und Abfallkonzeptes für Handwerksdörfer in Vietnam
Rainer Wiedemann	Projektarbeit und Diplomarbeit	Analysis on balance of material and energy of liquor production in craft village Dai Lam, Bac Ninh
Juliane Fink	Werk-vertrag	Chemische Analytik in Bac Ninh
Daniel Baumann	Projektarbeit	Kennwertermittlung und Stoffstrombilanz einer dreistufigen Behandlungsanlage in dem Handwerksdorf Dai Lam, Vietnam
Celia Hahn	Doktorarbeit	Review of arsenic contamination and human exposure through water and food in rural areas in Vietnam
Rainer Wiedemann	Diplomarbeit	„Dimensionierung und Implementierung einer dreistufigen Pilotanlage in einem Handwerksdorf in Vietnam schreiben“.
Dan Tam Costa	Praktikant	Praktikum als Absolvent Umweltingenieur (aus Toulouse)
Anton Hartwig (BTU)	Masterarbeit	„Integrated Water Management Concept for Food Processing Craft Villages in the Red River Delta“
Trang Hoang Thi Quynh	Masterarbeit	„Arsenic fractionation in agriculture soil in Vietnam using sequential extraction procedure“
Mathias Wilke (TU Berlin)	Studentisches Praktikum	

Im Rahmen eines DAAD Masterstudienganges war es möglich, mehrere Studierende aus Dresden nach Bac Ninh zu senden, die vor Ort ihre Projektarbeit bearbeiten konnten. Zudem konnte über den DAAD ein Student aus Hannover nach Bac Ninh gehen, um dort seine Bachelor Arbeit zu bearbeiten. Mit der Hanoi University of Science der Vietnam National University besteht ein sehr enger Kontakt. Eine Reihe vietnamesischer Studenten wurde im INHAND-Vorhaben eingebunden. In diesem Zusammenhang wurden fünf Projektarbeiten bearbeitet. Außerdem wurde Kontakt zu einer weiteren Universität geknüpft, der Hanoi University of Science and Technology, die mit Frankreich kooperiert. An der Universität wurde ein Bachelorstudiengang eingerichtet. 2013 wurden fünf der Studenten in das INHAND Projekt eingebunden.

Des Weiteren wurden zwei Dorfbewohner in die laufenden Arbeiten an der Anlage eingebunden und geschult und im Labor in Bac Ninh wurde ein Workshop zu Themen der Umweltanalytik abgehalten.

Der Kontakt zur Grundschule in Dai Lam wurde ausgebaut. Anfang Januar fand in der Schule eine Informationsveranstaltung für die Schüler statt. Nach Altersgruppen getrennt wurden die Schüler über die Aktivitäten des Vorhabens informiert und es wurden verschiedene Umweltthemen mit den Kindern besprochen. Anschließend haben die Kinder mit Stoffbeutel mit dem INHAND-Logo erhalten, die sie dann mit dem Handabdruck ihrer eigenen Hand verziert haben. Im Beutel befanden sich zudem Informationsmaterialien zu INHAND und zur Abfalltrennung, die für die Familien bestimmt waren.

Darüber hinaus hat INHAND einen Malwettbewerb organisiert. Die besten Bilder wurden prämiert und im Jahr 2014 in einer Ausstellung an der TU Dresden ausgestellt.



Abbildung 36: Veranstaltung an der Schule



**Abbildung 37: Ausstellung in Dresden, Juristische Fakultät**

Im Anschluss an das Vorhaben wurde die technische Anlage in Dai Lam abgebaut und zu Schulungszwecken auf dem Gelände der Kläranlage in der Stadt Bac Ninh wieder aufgebaut. Angehende Techniker und Ingenieure sollen die Anlage für ihre Ausbildung nutzen.

Der erstellte Leitfaden soll gleichsam an die angehenden Ingenieure und Techniker verteilt werden und damit für Schulungszwecke zur Verfügung stehen.

## **6.7 Literatur**

ACHARYYA, S.K., CHAKRABORTY, P., LAHIRI, S., RAYMAHASHAY, B.C., GUHA, S. and BHOWMIK, A., 1999. Arsenic poisoning in the Ganges delta. *Nature*, Oct 7, vol. 401, no. 6753, pp. 545; discussion 546-7 ISSN 0028-0836; 0028-0836. DOI 10.1038/44052 [doi].

AGUSA, T., 2002. Arsenic Pollution in Cambodia. *Biomed.Res.Trace Elem.*, vol. 13, pp. 254; 254-255; 255 WOS.

AGUSA, T., KUNITO, T., FUJIHARA, J., KUBOTA, R., MINH, T.B., KIM TRANG, P.T., IWATA, H., SUBRAMANIAN, A., VIET, P.H. and TANABE, S., 2006. Contamination by arsenic and other trace elements in tube-well water and its risk assessment to humans in Hanoi, Vietnam. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 20050711, Jan, vol. 139, no. 1, pp. 95-106 ISSN 0269-7491; 0269-7491. DOI S0269-7491(05)00250-2 [pii].

AGUSA, T., KUNITO, T., KUBOTA, R., INOUE, S., FUJIHARA, J., MINH, T.B., HA, N.N., TU, N.P., TRANG, P.T., CHAMNAN, C., TAKESHITA, H., IWATA, H., TUYEN, B.C., VIET, P.H., TANA, T.S. and TANABE, S.,

2010. Exposure, metabolism, and health effects of arsenic in residents from arsenic-contaminated groundwater areas of Vietnam and Cambodia: a review. *Reviews on Environmental Health*, Jul-Sep, vol. 25, no. 3, pp. 193-220 ISSN 0048-7554; 0048-7554.

AGUSA, T., TRANG, P.T., LAN, V.M., ANH, D.H., TANABE, S., VIET, P.H. and BERG, M., 2014. Human exposure to arsenic from drinking water in Vietnam. *The Science of the Total Environment*, 20131118, Aug 1, vol. 488-489, pp. 562-569 ISSN 1879-1026; 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2013.10.039 [doi].

AHMAD, S.A., BANDARANAYAKE, D. and KHAN, W.A., 1997. Arsenic contamination in ground water and arsenicosis in Bangladesh. *Int J Environ Health Res*, vol. 7, pp. 271-276.

ANAWAR, H., 2003. Geochemical occurrence of arsenic in groundwater of Bangladesh: sources and mobilization processes. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 77, no. 2-3, pp. 109; 109-131; 131 WOS. ISSN 0375-6742.

ANAWAR, H.M., 2011. Arsenic Contamination in Groundwater of Bangladesh: Perspectives on Geochemical, Microbial and Anthropogenic Issues. *Water*, vol. 3, no. 4, pp. 1050; 1050-1076; 1076 WOS. ISSN 2073-4441.

ANAWAR, H.M., 2013. Is organic matter a source or redox driver or both for arsenic release in groundwater?. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 58-60, pp. 49; 49-56; 56 WOS. ISSN 1474-7065.

ANDRIANISA, H.A., ITO, A., SASAKI, A., AIZAWA, J. and UMITA, T., 2008. Biotransformation of arsenic species by activated sludge and removal of bio-oxidised arsenate from wastewater by coagulation with ferric chloride. *Water Research*, 20080906, Dec, vol. 42, no. 19, pp. 4809-4817 ISSN 0043-1354; 0043-1354. DOI 10.1016/j.watres.2008.08.027 [doi].

APPELO, C.A., VAN DER WEIDEN, M.J., TOURNASSAT, C. and CHARLET, L., 2002. Surface complexation of ferrous iron and carbonate on ferrihydrite and the mobilization of arsenic. *Environmental Science & Technology*, Jul 15, vol. 36, no. 14, pp. 3096-3103 ISSN 0013-936X; 0013-936X.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)., 2007. *Toxicological Profile for Arsenic*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services.

BAIG, J.A. and KAZI, T.G., 2012. Translocation of arsenic contents in vegetables from growing media of contaminated areas. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 20111001, Jan, vol. 75, no. 1, pp. 27-32 ISSN 1090-2414; 0147-6513. DOI 10.1016/j.ecoenv.2011.09.006 [doi].

BAKKER, N., Chu Tuan Dat, P. SMIDT and C. STELEY. Developing a basin framework for prioritizing investments in water resources infrastructure in Vietnam's Red River Basin Anonymous *Proceeding 9th international draining workshop*. Wageningen, the Netherlands, 2003.

BAUER, M. and BLODAU, C., 2006a. Mobilization of arsenic by dissolved organic

BERG, M., STENGEL, C., PHAM, T.K., PHAM, H.V., SAMPSON, M.L., LENG, M., SAMRETH, S. and FREDERICKS, D., 2007a. Magnitude of arsenic pollution in the Mekong and Red River Deltas-- Cambodia and Vietnam. *The Science of the Total Environment*, 20061101, Jan 1, vol. 372, no. 2-3, pp. 413-425 ISSN 0048-9697; 0048-9697. DOI S0048-9697(06)00697-8 [pii].

BERG, M., TRAN, H.C., NGUYEN, T.C., PHAM, H.V., SCHERTENLEIB, R. and GIGER, W., 2001a. Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat. *Environmental Science & Technology*, Jul 1, vol. 35, no. 13, pp. 2621-2626 ISSN 0013-936X; 0013-936X.

BERG, M., 2008. Hydrological and sedimentary controls leading to arsenic contamination of groundwater in the Hanoi area, Vietnam: The impact of iron-arsenic ratios, peat, river bank deposits, and excessive groundwater abstraction. *Chemical Geology*, vol. 249, no. 1-2, pp. 91; 91-112; 112 UA. ISSN 0009-2541.

BRAMMER, H., RAVENSCROFT, P. and RICHARDS, K., 2009. *Arsenic Pollution: a global synthesis*. Royal Geographical Society-IBG Book Series ed., 1st ed. Walden, Oxford, West Sussex: Wiley Blackwell.

British Geological Survey., 2001. *Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh*.

BURTON, E.D., 2013. Coupling of arsenic mobility to sulfur transformations during microbial sulfate reduction in the presence and absence of humic acid. *Chemical Geology*, vol. 343, pp. 12; 12-24; 24 WOS. ISSN 0009-2541.

CHAKRABORTI, D., BASU, G.K., BISWAS, B.K., CHOWDHURY, U.K., RAHMAN, M.M., PAUL, K., CHOWDHURY, T.R., CHANDA, C.R., LODH, D. and RAY, S.L., 2001. Characterisation of arsenic-bearing sediments in Gangetic Delta of West Bengal, India. In: Chappell, W.R., Abernathy, C.O., Calderon, R.L. ed., *Arsenic Exposure and Health Effects* Elsevier, pp. 27-52.

CHANPIWAT, P., STHIANNOPKAO, S., CHO, K.H., KIM, K.W., SAN, V., SUVANTHONG, B. and VONGTHAVADY, C., 2011. Contamination by arsenic and other trace elements of tube-well water along the Mekong River in Lao PDR. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 20101124, Feb, vol. 159, no. 2, pp. 567-576 ISSN 1873-6424; 0269-7491. DOI 10.1016/j.envpol.2010.10.007 [doi].

CHEN, S.S., LIN, Y.W., KAO, Y.M. and SHIH, Y.C., 2013. Trace elements and heavy metals in poultry and livestock meat in Taiwan. *Food Additives & Contaminants. Part B, Surveillance*, 20130627, vol. 6, no. 4, pp. 231-236 ISSN 1939-3229. DOI 10.1080/19393210.2013.804884 [doi].

CHENG, Z., VAN GEEN, A., SEDDIQUE, A.A. and AHMED, K.M., 2005. Limited temporal variability of arsenic concentrations in 20 wells monitored for 3 years in Arai-hazar, Bangladesh. *Environmental Science & Technology*, Jul 1, vol. 39, no. 13, pp. 4759-4766 ISSN 0013-936X; 0013-936X.

CHOWDHURY, U.K., BISWAS, B.K., CHOWDHURY, T.R., SAMANTA, G., MANDAL, B.K., BASU, G.C., CHANDA, C.R., LODH, D., SAHA, K.C., MUKHERJEE, S.K., ROY, S., KABIR, S., QUAMRUZZAMAN, Q. and CHAKRABORTI, D., 2000. Groundwater arsenic contamination in Bangladesh and West Bengal, India. *Environmental Health Perspectives*, May, vol. 108, no. 5, pp. 393-397 ISSN 0091-6765; 0091-6765. DOI sc271\_5\_1835 [pii].

CUMMINGS, D., 1999. Arsenic mobilization by the dissimilatory Fe(III)-reducing bacterium *Shewanella alga* BrY. *Environmental Science & Technology*, vol. 33, no. 5, pp. 723; 723-729; 729 WOS. ISSN 0013-936X; 1520-5851.

DAS, H.K., MITRA, A.K., SENGUPTA, P.K., HOSSAIN, A., ISLAM, F. and RABBANI, G.H., 2004. Arsenic concentrations in rice, vegetables, and fish in Bangladesh: a preliminary study. *Environment International*, 5, vol. 30, no. 3, pp. 383-387 ISSN 0160-4120. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2003.09.005>.

- DOWLING, C., 2002. Geochemical study of arsenic release mechanisms in the Bengal Basin ground-water. *Water Resources Research*, vol. 38, no. 9, pp. ARTN 1173; 12-1 WOS. ISSN 0043-1397.
- DU, X., CUI, Y., WENG, L., CAO, Q. and ZHU, Y., 2008. Arsenic bioavailability in the soil amended with leaves of arsenic hyperaccumulator, Chinese brake fern (*Pteris vittata* L). *Environmental Toxicology and Chemistry / SETAC*, Jan, vol. 27, no. 1, pp. 126-130 ISSN 0730-7268; 0730-7268. DOI 06-635 [pii].
- EFSA., 2014. *Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population*. Parma, Italy: .
- EFSA CONTAM Panel, 2009. Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain)*, vol. 7, no. 10.
- EICHE, E., 2009. ***Arsenic mobilization processes in the red river delta, Vietnam.***
- EICHE, E., 2008. Geochemical processes underlying a sharp contrast in groundwater arsenic concentrations in a village on the Red River delta, Vietnam. *Applied Geochemistry*, vol. 23, no. 11, pp. 3143; 3143-3154; 3154 UA. ISSN 0883-2927.
- EPA., 2004. *Drinking Water Health Advisory for Manganese*.
- FAROOQ, S.H., 2011. Temporal variations in arsenic concentration in the groundwater of Murshidabad District, West Bengal, India. *Environmental Earth Sciences*, vol. 62, no. 2, pp. 223; 223-232; 232 UA. ISSN 1866-6280; 1866-6299.
- FAROOQ, S.H., CHANDRASEKHARAM, D., BERNER, Z., NORRA, S. and STUBEN, D., 2010. Influence of traditional agricultural practices on mobilization of arsenic from sediments to groundwater in Bengal delta. *Water Research*, 20100609, Nov, vol. 44, no. 19, pp. 5575-5588 ISSN 1879-2448; 0043-1354. DOI 10.1016/j.watres.2010.05.057 [doi].
- FELDMAN, P.R., ROSENBOOM, J.W., SARAY, M., NAVUTH, P., SAMNANG, C. and IDDINGS, S., 2007. Assessment of the chemical quality of drinking water in Cambodia. *Journal of Water and Health*, Mar, vol. 5, no. 1, pp. 101-116 ISSN 1477-8920; 1477-8920.
- GARNIER, J.M., TRAVASSAC, F., LENOBLE, V., ROSE, J., ZHENG, Y., HOSSAIN, M.S., CHOWDHURY, S.H., BISWAS, A.K., AHMED, K.M., CHENG, Z. and VAN GEEN, A., 2010. Temporal variations in arsenic uptake by rice plants in Bangladesh: the role of iron plaque in paddy fields irrigated with groundwater. *The Science of the Total Environment*, 20100625, Sep 1, vol. 408, no. 19, pp. 4185-4193 ISSN 1879-1026; 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2010.05.019 [doi].
- Giang, 2014. Hydrological and hydrogeological characterization of groundwater and river water in the North Hanoi industrial area, Vietnam. *Environmental Earth Sciences*, vol. 71, no. 11, pp. 4915; 4915-4924; 4924 WOS. ISSN 1866-6280; 1866-6299.
- GIGER, W., 2003. Environmental analytical research in Northern Vietnam - A Swiss-Vietnamese cooperation focusing on arsenic and organic contaminants in aquatic environments and drinking water. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, vol. 57, no. 9, pp. 529; 529-536; 536 UA. ISSN 0009-4293.
- GOLDBERG, S., 2002a. Competitive adsorption of arsenate and arsenite on oxides and clay minerals. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 66, no. 2, pp. 413; 413-421; 421 UA. ISSN 0361-5995; 1435-0661.

- GUO, H., WANG, Y., SHPEIZER, G.M. and YAN, S., 2003. Natural occurrence of arsenic in shallow groundwater, Shanyin, Datong Basin, China. *Journal of Environmental Science and Health.Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, vol. 38, no. 11, pp. 2565-2580 ISSN 1093-4529.
- GUO, H., 2013. Dynamic behaviors of water levels and arsenic concentration in shallow groundwater from the Hetao Basin, Inner Mongolia. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 135, no. SI, pp. 130; 130-140; 140 WOS. ISSN 0375-6742; 1879-1689.
- GUO, X., FUJINO, Y., KANEKO, S., WU, K., XIA, Y. and YOSHIMURA, T., 2001. Arsenic contamination of groundwater and prevalence of arsenical dermatosis in the Hetao plain area, Inner Mongolia, China. *Molecular and Cellular Biochemistry*, Jun, vol. 222, no. 1-2, pp. 137-140 ISSN 0300-8177; 0300-8177.
- HALDER, D., BISWAS, A., SLEJKOVEC, Z., CHATTERJEE, D., NRIAGU, J., JACKS, G. and BHATTACHARYA, P., 2014. Arsenic species in raw and cooked rice: implications for human health in rural Bengal. *The Science of the Total Environment*, 20140814, Nov 1, vol. 497-498, pp. 200-208 ISSN 1879-1026; 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2014.07.075 [doi].
- HAN, S., ZHANG, F., ZHANG, H., AN, Y., WANG, Y., WU, X. and WANG, C., 2013. Spatial and temporal patterns of groundwater arsenic in shallow and deep groundwater of Yinchuan Plain, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 12, vol. 135, no. 0, pp. 71-78 ISSN 0375-6742. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.11.005>.
- HAO, X.H., 2008. Effect of long-term application of inorganic fertilizer and organic amendments on soil organic matter and microbial biomass in three subtropical paddy soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 81, no. 1, pp. 17; 17-24; 24 WOS. ISSN 1385-1314; 1573-0867.
- HARVEY, C.F., SWARTZ, C.H., BADRUZZAMAN, A.B., KEON-BLUTE, N., YU, W., ALI, M.A., JAY, J., BECKIE, R., NIEDAN, V., BRABANDER, D., OATES, P.M., ASHFAQUE, K.N., ISLAM, S., HEMOND, H.F. and AHMED, M.F., 2002. Arsenic mobility and groundwater extraction in Bangladesh. *Science (New York, N.Y.)*, Nov 22, vol. 298, no. 5598, pp. 1602-1606 ISSN 1095-9203; 0036-8075. DOI 10.1126/science.1076978 [doi].
- HIGHAM, C., 1984. Prehistoric rice cultivation in Southeast Asia. *Scientific American*, vol. 250, pp. 138-146.
- Hoang Ngoc Ky., 2001. *Geology and Mineral Resources of Hai Phong sheet*. 1st ed. Hanoi: Department of Geology and Minerals of Vietnam.
- HOANG TRANG, T.Q. and HAHN, C., 2015. Arsenic fractionation in agricultural soil in Vietnam using the Sequential Extraction Procedure (in preparation). *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*.
- HUANG, J., 2014. Impact of Microorganisms on Arsenic Biogeochemistry: A Review. *Water, Air,&Soil Pollution*, vol. 225, no. 2, pp. ARTN 1848 WOS. ISSN 0049-6979; 1573-2932.
- HUANG, L., 2015. The use of chronosequences in studies of paddy soil evolution: A review. *Geoderma*, vol. 237-238, pp. 199; 199-210; 210 UA. ISSN 0016-7061; 1872-6259.
- HUG, S., 2001. Nutzung von arsenhaltigem Grundwasser - katastrophale Folgen für Bamgladesh. *EAWAG News*, vol. 48.

- JESSEN, S., 2008a. Palaeo-hydrogeological control on groundwater As levels in Red River delta, Vietnam. *Applied Geochemistry*, vol. 23, no. 11, pp. 3116; 3116-3126; 3126 WOS. ISSN 0883-2927.
- JONES, J.S. and Hatch S. H., 1945. Spray residues and crop assimilation contami
- KARCZEWSKA, A., 2013. EFFECTS OF SEWAGE SLUDGE APPLICATION ON ARSENIC SPECIES IN POLLUTED SOILS. *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 22, no. SI; 4, pp. 962; 962-967; 967 WOS. ISSN 1018-4619.
- KEON, N.E., SWARTZ, C.H., BRABANDER, D.J., HARVEY, C.F. and HEMOND,
- KIRK, G., 2004. *The Biogeochemistry of Submerged Soils*. WOS. ISBN 0470863013.
- LARSEN, F., 2008. Controlling geological and hydrogeological processes in an arsenic contaminated aquifer on the Red River flood plain, Vietnam. *Applied Geochemistry*, vol. 23, no. 11, pp. 3099; 3099-3115; 3115 WOS. ISSN 0883-2927.
- LI, S., 2013a. Enrichment of arsenic in surface water, stream sediments and soils in Tibet. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 135, no. SI, pp. 104; 104-116; 116 UA. ISSN 0375-6742; 1879-1689.
- LI, Y. and CHEN, T., 2005. Concentrations of additive arsenic in Beijing pig feeds and the residues in pig manure. *Resources Conservation and Recycling*, DEC 2005, vol. 45, no. 4, pp. 356-367 ISSN 0921-3449. DOI 10.1016/j.resconrec.2005.03.002.
- LI, Y., 2013b. Root-induced changes in radial oxygen loss, rhizosphere oxygen profile, and nitrification of two rice cultivars in Chinese red soil regions. *Plant and Soil*, vol. 365, no. 1-2, pp. 115; 115-126; 126 WOS. ISSN 0032-079X; 1573-5036.
- LIU, C., YU, H.Y., LIU, C., LI, F., XU, X. and WANG, Q., 2015. Arsenic availability in rice from a mining area: is amorphous iron oxide-bound arsenic a source or sink?. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 20150130, Apr, vol. 199, pp. 95-101 ISSN 1873-6424; 0269-7491. DOI 10.1016/j.envpol.2015.01.025 [doi].
- LYNCH, H.N., GREENBERG, G.I., POLLOCK, M.C. and LEWIS, A.S., 2014. A comprehensive evaluation of inorganic arsenic in food and considerations for dietary intake analyses. *The Science of the Total Environment*, 20140801, Oct 15, vol. 496, pp. 299-313 ISSN 1879-1026; 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2014.07.032 [doi].
- MAYORGA, P., 2013. Temporal variation of arsenic and nitrate content in groundwater of the Duero River Basin (Spain). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 58-60, pp. 22; 22-27; 27 UA. ISSN 1474-7065.
- MCARTHUR, J., 2001a. Arsenic in groundwater: Testing pollution mechanisms for sedimentary aquifers in Bangladesh. *Water Resources Research*, vol. 37, no. 1, pp. 109; 109-117; 117 WOS. ISSN 0043-1397.
- MEHARG, A., 2003. Arsenite transport into paddy rice (*Oryza sativa*) roots. *New Phytologist*, vol. 157, no. 1, pp. 39; 39-44; 44 WOS. ISSN 0028-646X; 1469-8137.
- MEI, X.Q., WONG, M.H., YANG, Y., DONG, H.Y., QIU, R.L. and YE, Z.H., 2012. The effects of radial oxygen loss on arsenic tolerance and uptake in rice and on its rhizosphere. *Environmental Pollution*

(*Barking, Essex : 1987*), 20120316, Jun, vol. 165, pp. 109-117 ISSN 1873-6424; 0269-7491. DOI 10.1016/j.envpol.2012.02.018 [doi].

MEIER, S., 2015. *Stoffstrommodellierung zur Bewertung regionaler Ver- und Entsorgungsstrukturen am Beispiel eines Handwerksdorfes in Vietnam*. Dr. Ing. ed. Leibniz Universität Hannover.

Monre, 2007. Day/Nhue River Basin Pollution Sources Study - Improving Water Quality in the Day/Nhue River Basin, Vietnam: Capacity Building and Pollution Sources Inventory. *ICEM- International Centre for Environmental Management*, vol. Final report.

NGUYEN, L.M., LIN, T., WU, Y., HUANG, B., CHANG, C., HUANG, W., LE, T.S., NGUYEN, Q.C. and DINH, V.T., 2012. The first peak ground motion attenuation relationships for North of Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1/1, vol. 43, no. 1, pp. 241-253 ISSN 1367-9120. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.09.012>.

NICKSON, R., MCARTHUR, J., BURGESS, W., AHMED, K.M., RAVENSCROFT, P. and RAHMAN, M., 1998. Arsenic poisoning of Bangladesh groundwater. *Nature*, Sep 24, vol. 395, no. 6700, pp. 338 ISSN 0028-0836; 0028-0836. DOI 10.1038/26387 [doi].

NOOKABKAEW, S., RANGKADILOK, N., AKIB, C.A., TUNTIWIGIT, N., SAEHUN, J. and SATAYAVIVAD, J., 2013a. Evaluation of trace elements in selected foods and dietary intake by young children in Thailand. *Food Additives & Contaminants. Part B, Surveillance*, 20120928, vol. 6, no. 1, pp. 55-67 ISSN 1939-3229. DOI 10.1080/19393210.2012.724089 [doi].

PAEZ-ESPINO, D., TAMAMES, J., DE LORENZO, V. and CANOVAS, D., 2009. Microbial responses to environmental arsenic. *Biometals : An International Journal on the Role of Metal Ions in Biology, Biochemistry, and Medicine*, 20090107, Feb, vol. 22, no. 1, pp. 117-130 ISSN 1572-8773; 0966-0844. DOI 10.1007/s10534-008-9195-y [doi].

PENG, F. and WU, C.H., 1965. Composition of humus in paddy spoils. *ACTA PEDOLOGICA SINI*, vol. 13, pp. 208; 208 WOS.

PHAN, K., STHIANNOPKAO, S., HENG, S., PHAN, S., HUOY, L., WONG, M.H. and KIM, K.W., 2013. Arsenic contamination in the food chain and its risk assessment of populations residing in the Mekong River basin of Cambodia. *Journal of Hazardous Materials*, 20120707, Nov 15, vol. 262, pp. 1064-1071 ISSN 1873-3336; 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2012.07.005 [doi].

POLIZZOTTO, M., 2006. Solid-phases and desorption processes of arsenic within Bangladesh sediments. *Chemical Geology*, vol. 228, no. 1-3, pp. 97; 97-111; 111 WOS. ISSN 0009-2541.

POLYA, D. Geochemistry of arsenic-rich shallow groundwaters in Cambodia Anonymous *GEOCHIMICA ET COSMOCHIMICA ACTA*, 2004.

POSTMA, D., 2007. Arsenic in groundwater of the Red River floodplain, Vietnam: Controlling geochemical processes and reactive transport modeling. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, vol. 71, no. 21, pp. 5054; 5054-5071; 5071 UA. ISSN 0016-7037.

RAMESH KUMAR, A. and RIYAZUDDIN, P., 2012. Seasonal variation of redox species and redox potentials in shallow groundwater: A comparison of measured and calculated redox potentials. *Journal of Hydrology*, 6/11, vol. 444-445, no. 0, pp. 187-198 ISSN 0022-1694. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.018>.

RODRIGUEZ, I.B., 2009. Arsenic speciation in fish sauce samples determined by HPLC coupled to inductively coupled plasma mass spectrometry. *Food Chemistry*, vol. 112, no. 4, pp. 1084; 1084-1087; 1087 WOS. ISSN 0308-8146.

SAHA, K.C., 1984. Melanokeratosis from arsenical contamination of tubewell water. *Indian Journal of Dermatology*, vol. 29, pp. 37-46.

SAVARIMUTHU, X., HIRA-SMITH, M.M., YUAN, Y., VON EHRENSTEIN, O.S., DAS, S., GHOSH, N., MAZUMDER, D.N. and SMITH, A.H., 2006. Seasonal variation of arsenic concentrations in tubewells in west Bengal, India. *Journal of Health, Population, and Nutrition*, Sep, vol. 24, no. 3, pp. 277-281 ISSN 1606-0997; 1606-0997.

SCHMIDT, H., 2011. Monitoring of root growth and redox conditions in paddy soil rhizotrons by redox electrodes and image analysis. *Plant and Soil*, vol. 341, no. 1-2, pp. 221; 221-232; 232 UA. ISSN 0032-079X; 1573-5036.

SIKDAR, P., 2001. Geochemical evolution of groundwater in the Quaternary aquifer of Calcutta and Howrah, India. *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 19, no. 5, pp. 579; 579-594; 594 UA. ISSN 1367-9120; 1878-5786.

SMEDLEY, P., 2002b. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, vol. 17, no. 5, pp. 517; 517-568; 568 WOS. ISSN 0883-2927.

SMITH, A.H., LINGAS, E.O. and RAHMAN, M., 2000. Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 78, no. 9, pp. 1093-1103 ISSN 0042-9686; 0042-9686.

SOPHOCLEOUS, M., 2002. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science (vol 10, pg 52, 2002). *Hydrogeology Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 348; 348-348; 348 UA. ISSN 1431-2174.

TANG, X.Y., ZHU, Y.G., SHAN, X.Q., MCLAREN, R. and DUAN, J., 2007. The ageing effect on the bioaccessibility and fractionation of arsenic in soils from China. *Chemosphere*, 20060911, Jan, vol. 66, no. 7, pp. 1183-1190 ISSN 0045-6535; 0045-6535. DOI S0045-6535(06)01065-4 [pii].

THAHARN, N., 2014. Determination of arsenic in chilli and tomato grown in North East Thailand. *ScienceAsia*, vol. 40, no. 1, pp. 53; 53-59; 59 UA. ISSN 1513-1874.

TUFANO, K.J., REYES, C., SALTIKOV, C.W. and FENDORF, S., 2008. Reductive processes controlling arsenic retention: revealing the relative importance of iron and arsenic reduction. *Environmental Science & Technology*, Nov 15, vol. 42, no. 22, pp. 8283-8289 ISSN 0013-936X; 0013-936X.

UNICEF., 2008. *Arsenic Mitigation in Bangladesh*.

VAN GEEN, A. Spatial variability of arsenic concentrations and sediment properties in Bangladesh aquifers. Anonymous *ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY*, 2003.

VOEGELIN, A., 2007. Distribution and speciation of arsenic around roots in a contaminated riparian floodplain soil: Micro-XRF element mapping and EXAFS spectroscopy. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, vol. 71, no. 23, pp. 5804; 5804-5820; 5820 UA. ISSN 0016-7037.

- WANG, H.S., STHIANNOPKAO, S., CHEN, Z.J., MAN, Y.B., DU, J., XING, G.H., KIM, K.W., MOHAMED YASIN, M.S., HASHIM, J.H. and WONG, M.H., 2013. Arsenic concentration in rice, fish, meat and vegetables in Cambodia: a preliminary risk assessment. *Environmental Geochemistry and Health*, 20130601, Dec, vol. 35, no. 6, pp. 745-755 ISSN 1573-2983; 0269-4042. DOI 10.1007/s10653-013-9532-0 [doi].
- WILLIAMS, M., 1996. Arsenic contamination in surface drainage and groundwater in part of the southeast Asian tin belt, Nakhon Si Thammarat Province, southern Thailand. *Environmental Geology*, vol. 27, no. 1, pp. 16; 16-33; 33 WOS. ISSN 0943-0105; 1432-0495.
- WINKEL, L.H., PHAM, T.K., VI, M.L., STENGEL, C., AMINI, M., NGUYEN, T.H., PHAM, H.V. and BERG, M., 2011a. Arsenic pollution of groundwater in Vietnam exacerbated by deep aquifer exploitation for more than a century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 20110118, Jan 25, vol. 108, no. 4, pp. 1246-1251 ISSN 1091-6490; 0027-8424. DOI 10.1073/pnas.1011915108 [doi].
- WINKEL, L., 2008a. Hydrogeological survey assessing arsenic and other groundwater contaminants in the lowlands of Sumatra, Indonesia. *Applied Geochemistry*, vol. 23, no. 11, pp. 3019; 3019-3028; 3028 WOS. ISSN 0883-2927.
- WINKEL, L., 2008b. Predicting groundwater arsenic contamination in Southeast Asia from surface parameters. *Nature Geoscience*, vol. 1, no. 8, pp. 536; 536-542; 542 WOS. ISSN 1752-0894; 1752-0908.
- World Bank, Monre and Danida, 2003. Vietnam environment monitor: water, vol. 32243.
- WU, C., YE, Z., SHU, W., ZHU, Y. and WONG, M., 2011. Arsenic accumulation and speciation in rice are affected by root aeration and variation of genotypes. *Journal of Experimental Botany*, 20110203, May, vol. 62, no. 8, pp. 2889-2898 ISSN 1460-2431; 0022-0957. DOI 10.1093/jxb/erq462 [doi].
- YANG, C.M., YANG, L.Z. and ZHU, O.Y., 2005. Organic carbon and its fractions in paddy soil as affected by different nutrient and water regimes. *Geoderma*, JAN 2005, vol. 124, no. 1-2, pp. 133-142 ISSN 0016-7061. DOI 10.1016/j.geoderma.2004.04.008.
- YIN, X.X., CHEN, J., QIN, J., SUN, G.X., ROSEN, B.P. and ZHU, Y.G., 2011. Biotransformation and volatilization of arsenic by three photosynthetic cyanobacteria. *Plant Physiology*, 20110511, Jul, vol. 156, no. 3, pp. 1631-1638 ISSN 1532-2548; 0032-0889. DOI 10.1104/pp.111.178947 [doi].
- YOKOTA, H., 2001. Arsenic contamination of ground and pond water and water purification system using pond water in Bangladesh. *Engineering Geology*, vol. 60, no. 1-4, pp. 323; 323-331; 331 WOS. ISSN 0013-7952.
- ZAVALA, Y.J. and DUXBURY, J.M., 2008. Arsenic in rice: I. Estimating normal levels
- ZI-TONG, Z., 1983. PEDOGENESIS OF PADDY SOIL AND ITS SIGNIFICANCE IN SOIL CLASSIFICATION. *Soil Science*, vol. 135, no. 1, pp. 5; 5-10; 10 WOS. ISSN 0038-075X.

## **7 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Handwerksdörfer nehmen in der wirtschaftlichen Entwicklung des Landes nach wie vor eine wichtige Rolle ein und es ist zu erwarten, dass dies auch mittelfristig so bleiben wird. Ein Großteil der in Vietnam sehr häufig auf dem Speiseplan stehenden Reisnudeln wird nach wie vor zu einem Großteil in familiären Handwerksbetrieben hergestellt und es entstehen landesweit große Mengen an Abwässern mit einer hohen organischen Fracht.

Bislang gab es kaum belastbare Untersuchungen zu den tatsächlichen sozioökonomischen Bedingungen in den Handwerksdörfern, die im Zuge dieser Studie erbracht wurden. Die Ergebnisse tragen zu einem eingehenden Verständnis der derzeitigen sozialen Strukturen, der Einkommensverhältnisse, des Umweltverständnisses, des Wasserbedarfs und der Wassernutzung bei und werden bei der Entwicklung von Lösungsstrategien von großem Nutzen sein.

Durch die Vielzahl der bestehenden Handwerksdörfer im Delta des Roten Flusses ist die Problematik der unbehandelten Abwässer von großer Bedeutung und wird auch künftig zunehmen, da sich die Einwohnerzahl und die Lebensverhältnisse in der Region stark in Richtung größerem Konsum und damit Ressourcennutzung verschieben werden. Die Untersuchung des Trink- und Grundwassers in Dai Lam hat gezeigt, dass der Genuss des Wassers zum Teil mit erheblichen Risiken verbunden ist und dass die Zuführung des unbehandelten Abwassers in die Reisfeldbewässerungssysteme nicht nur für die Reisbauern bei der Arbeit ein erhebliches Gesundheitsrisiko darstellt, sondern, dass es möglicherweise zu einer zunehmenden Mobilisierung des Arsens kommt, welches dann ins Grundwasser transportiert wird, aber auch hinsichtlich seiner Bioverfügbarkeit ein Problem darstellt.

Da es von Seiten der Regierung bislang nur recht unzureichende Anstrengungen gibt, die Umweltsituation in den Handwerksdörfern entscheidend zu verbessern, trägt die gemeinsame Erstellung des Leitfadens dazu bei, die Probleme zu benennen und Lösungsstrategien zu entwickeln.

## **8 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes**

Das Vorhaben INHAND stützte sich auf drei Säulen, die hinsichtlich der Verwertbarkeit eine eigene Stellung einnahmen: die technologische Entwicklung der Pilotanlage, die Aus- und Weiterbildung in Vietnam und in Deutschland und die Entwicklung eines Konzeptes zur Wasser- und Abfallbewirtschaftung in Nahrungsmittelproduzierenden Handwerksdörfern in Vietnam.

Im Zuge der Projektlaufzeit hat sich hinsichtlich der Verwertbarkeit der entwickelten Technologie folgendes herausgestellt: Der Bedarf an Abwasser- und Abfallinfrastruktur im ländlichen Raum ist hoch, zumal es künftig auch Probleme bei der Land- und Wassernutzung ge-

ben wird und geogene Aspekte wie die der Arsenproblematik derzeit noch gar nicht berücksichtigt werden. Zwar hat es im urbanen Raum in den letzten Jahren zunehmende Anstrengungen gegeben, die Abwasserprobleme zu lösen und es wurden verschiedene Projekte in Städten durchgeführt, deren Zielstellung es war, das anfallende Abwasser zu behandeln (z.B. Abwasserentsorgung und Abfallwirtschaft in Provinzstädten der GIZ), aber im ländlichen Raum gibt es bislang nur vage Pläne für die kommenden Jahre, obwohl schon lange bekannt ist, dass es gerade die Handwerkdörfer sind, die einen großen Teil der Emissionen verursachen. Die Pilotanlage, die während des Projektes konzipiert, gebaut und betrieben wurde verfolgte einen innovativen Ansatz, bei dem das anfallende Abwasser behandelt und anschließend der abgeschiedene Aktivschlamm zusammen mit organischen Abfällen in einem Biogasfermenter vergoren wird. In der dritten Stufe wurden die Gärreste getrocknet. Auf kommunaler Ebene bestand Interesse an der Anlagentechnologie, nur waren die Akteure von Anfang an hinsichtlich der Finanzierbarkeit skeptisch. Auch wenn gezeigt werden konnte, dass die SBR-Technologie für die Probleme, die sich durch die saisonalen Schwankungen der Abwassermengen und -qualitäten ergeben, geeignet ist, ist die Bereitschaft und Möglichkeit zur Finanzierung einer solchen Anlage durch die Kommune noch nicht ausreichend. Dennoch ist das Umweltbewusstsein der Bevölkerung deutlich höher als erwartet und aus unserer Sicht wird die Bereitschaft auf kommunaler Ebene mittelfristig steigen, wenn es auch von übergeordneter Stelle (Provinz) stärkere Signale geben würde. Aber diese Signale sind derzeit noch schwach, da der Fokus eher auf der Entwicklung des urbanen Raums liegt. Im Rahmen der Aus- und Weiterbildung konnten im Dorf Dai Lam durch verschiedene Aktionen wie die gemeinsame Säuberung des Dorfes oder der Umwelttag in der Grundschule, das Umweltbewusstsein entwickelt werden. Schulungsmaßnahmen der Techniker im Dorf und der Ingenieure in Bac Ninh haben für ein Verständnis der Anlagentechnik, der maßgeblichen Parameter und der Betriebsführung beigetragen. Die Vielzahl von vietnamesischen und deutschen Studenten haben fachliches Verständnis erlangt, was vor allem für die vietnamesischen Studenten von großer Wichtigkeit ist, da es in Vietnam recht wenig Gelegenheit zur praktischen Ausbildung gibt. Da die Pilotanlage nun als Schulungsanlage auf dem Gelände der Kläranlage von Bac Ninh steht, wird die Säule ‚Aus- und Weiterbildung‘ auch künftig wirksam bleiben.

Die konzeptionelle Arbeit, in der die das Handwerkdorf zunächst eingehend untersucht wurde, um anschließend ein Konzept zur integrierten Wasser- und Abfallbewirtschaftung zu entwickeln, wurde im Leitfaden aufgenommen und wird auch künftig zur Verfügung stehen, wenn der Fokus der Abfall- und Abwasserbehandlungsinfrastruktur auch in den ländlichen Raum wandert.

### ***8.1 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschrittes auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen***

Während der Projektlaufzeit sind keine relevanten Ergebnisse anderer Stellen bekannt geworden.

## **8.2 Veröffentlichungen der Ergebnisse**

Hahn, C., Werner, P.: Human exposure through water and food in rural areas in Vietnam. *Env. Res.*, (in prep) 2016

Hoang Trang, T.Q. and Hahn, C. Arsenic fractionation in agricultural soil in Vietnam using the Sequential Extraction Procedure . *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 82. 123-127. 2015

Nguyet, T. T., Meyer, S., Hahn, C., Weichgrebe, D., Werner, P., Rosenwinkel, K.-H.: Integrated management concept for craft villages in Vietnam regarding water, wastewater, waste and related energy. *International Conference on Sustainable Concept for Industrial Wastewater Treatment and Industrial Zone Management*, October 10-11, 2012, Hanoi (Vietnam).

Meier, S., Nguyet, T. T., Hahn, C., Nga. P. T., Weichgrebe, D., Rosenwinkel, K.-H., Werner, P.: Investigation of anaerobic biodegradability in the INHAND – project by using VDI 4630. *DAAD Alumni Workshop: ‘renewable Energy from Organic Waste and Biomass in Vietnam in Relation to Climate Change Mitigation’*, Hanoi, 18-19 October 2012

Hahn, C., Meier, S. Weichgrebe, D., Tran, T. N., Appel, H., Fechter, L., Werner, P.: integrated water management concept for craft villages – example from the food processing craft village Dai Lam in: *J. Viet. Env.* 2 (1): 54-57, 2012

Meier, S., Nguyet, T. T., Weichgrebe, D., Hahn, C., Rosenwinkel, K.-H., Werner, P.: Integrated management concept for craft villages in Vietnam regarding water, wastewater, waste and related energy. *The tenth international symposium on south east Asian Water Environment*. 8-10 November 2012, Hanoi.

Costa, D.T., Hahn, C., Meier, S., Appel, H.: Integrated waste and wastewater management for craft village. In Vietnam – approach and experience of the INHAND project. *Status Seminar ‘water and sustainability research under the German-Vietnamese cooperation in Science and Technology*, 2014. 19. March 2014. Hanoi.

Lorbeer, H., Hahn, C., Meier, S., Weichgrebe, D., Appel, H., Fechter. L., hartwig, A., Wiedemann, R.: *Guideline for Integrated waste and wastewater management concepts in food processing craft villages in Vietnam*. Dresden, Hanover, Hanoi. 2015. (in prep)

## **9 Anlagen**

### ***9.1 Anlage 1 Schlussbericht Arbeitspaket 9A***

**Ökobilanzielle Untersuchung  
des Behandlungskonzepts und von Teilprozessen  
zur umweltgerechten Verwertung und Beseitigung  
der relevanten Stoffströme**

Prof. Dr. mult. Karl-Ulrich Rudolph  
Dipl.-Ing. Sandra Kreuter

Beiliegende CD, Datei „Anhang 1 AP\_9A Ökobilanz Report\_INHAND.pdf“

### ***9.2 Anlage 2 Schlussbericht Arbeitspakete 9B und 10***

**Clean Development Mechanism -  
A feasible contribution for financing of  
wastewater infrastructure  
in craft villages in Vietnam?  
and Development of a Simplified Financing Model**

Prof. Dr. mult. Karl-Ulrich Rudolph  
Dipl.-Ing. Sandra Kreuter

Beiliegende CD, Datei „Anhang 2 AP\_9B\_10\_CDM\_Financing Report\_INHAND.pdf“