

02.18

Lizenziert für Herrn Dr. Michael Kerth.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

27. Jahrgang
April 2018
Seiten 41 – 80

altlasten spektrum

Herausgegeben vom
Ingenieurtechnischen Verband für Altlastenmanagement
und Flächenrecycling e.V. (ITVA)

www.ALTLASTENDigital.de



Organ des ITVA

Natural Attenuation – Monitoringverfahren und Sanierungskonzepte – ein Fortschrittsbericht (Teil 1)

H. Eisenmann, A. Fischer

Einsatz mobiler Röntgen- fluoreszenzspektroskopie zur Altlastenuntersuchung in Vietnam

M. Kerth, S. Kovac, T. Mansfeldt



ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

20565



Foto: M. Kerth

Einsatz mobiler Röntgenfluoreszenzspektroskopie zur Altlastenuntersuchung in Vietnam

Michael Kerth, Sarah Kovac, Tim Mansfeldt

1. Einleitung

In Vietnam haben die unsachgemäße Entsorgung von Abfällen und Produktionsrückständen [1], die Ableitung belasteten Abwassers, Handhabungsverluste in der Produktion und der Metall-Bergbau zu lokal teilweise erheblichen (Schwer-)Metallbelastungen von Boden [2] und Wasser geführt. Dies stellt die noch im Aufbau befindliche Umweltverwaltung in Vietnam aktuell vor erhebliche Herausforderungen [3]. Neben den anthropogen verursachten Belastungen treten in Vietnam auch geogene Belastungen insbesondere durch Arsen auf, die vor allem in Reisanbauflächen kritisch sein können [4].

Eine besondere Rolle bei der Verursachung von Umweltbelastungen in Vietnam spielen die mehr als 1450 Handwerkerdörfer, eine traditionelle, vorindustrielle Produktionsform. Diese stehen in harter Konkurrenz zu modernen industriellen Produktionsformen, die insbesondere seit der (welt-)wirtschaftlichen Öffnung Vietnams Mitte der 1980er-Jahre Einzug gehalten haben. In den meist auf bestimmte Erzeugnisse spezialisierten Handwerkerdörfern werden kunstgewerbliche Gegenstände, aber auch Gegenstände des täglichen Bedarfs, von den im jeweiligen Dorf lebenden Familien gemeinsam, aber meist arbeitsteilig hergestellt. In vielen dieser Dörfer erfolgt mittlerweile auch ein Recycling von Metallabfällen als Grundlage für die nachgelagerte Produktion.

Bisher sind in Vietnam nur wenige altlast- bzw. kontaminationsverdächtige und kontaminierte Flächen erfasst und auch nur wenige der entsprechenden Flächen näher untersucht. Dies birgt einerseits das Risiko gesundheitlicher Gefährdungen für die Bewohner bzw. Flächennutzer, andererseits ist aber auch ein Bruchfall von solcher Flächen festzustellen. Damit bleibt im dicht besiedelten Vietnam ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme weitgehend ungenutzt [5].

Gründe für die noch wenig vorangeschrittene Erfassung und Untersuchung kontaminationsverdächtigter Flächen sind u. a. die mangelnde Ausstattung der Umweltbehörden, insbesondere mit Laborkapazitäten, aber auch unzureichende Kenntnisse der Behör-

denmitarbeiter in der Methodik der Altlastenuntersuchung, inklusive Analysetechniken [6].

Die von der Exportinitiative Umwelttechnologien des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit geförderten Projekte *AnaViet* [7] und *CapaViet* [8] unterstützen vietnamesische Behörden und Forschungseinrichtungen im Aufbau von Kapazitäten zur Altlastenerfassung und -untersuchung. Der aktuell stattfindenden pilothaften Aufstellung eines Katasters insbesondere für Schwermetall-Altlasten in der Provinz Bắc Ninh vorausgehend wurden schon 2016 im Rahmen des *AnaViet*-Projektes zwei mobile Röntgenfluoreszenzspektrometer (mRFS) der Umweltverwaltung in Vietnam zur Verfügung gestellt. 2016 und 2017 wurden dann in Vietnam Schulungsmaßnahmen zum Einsatz dieser Geräte durchgeführt.

Mittels mRFS ist es möglich, sowohl direkt vor Ort als auch im Labor relativ schnell und kostengünstig Feststoffe, also Böden oder feste Abfälle, zumindest orientierend auf ihren Metallgehalt hin zu untersuchen. Im Rahmen von Schulungen vietnamesischer Fachkräfte zur Nutzung der mRFS wurden die Handwerkerdörfer Biền Yên und Đa Hội, eine Tagebaufläche in der Provinz Thái Nguyên sowie das Ufer des Roten Flusses bei Yên Mỹ nahe Hanoi auf Metallbelastungen untersucht. Die Ergebnisse geben einen Einblick in einige Kontaminationsprofile und -pfade bei Altlasten in Vietnam und veranschaulichen beispielhaft mögliche Messdifferenzen bei der Bestimmung von Metallgehalten direkt vor Ort und nach Trocknung und Aufbereitung der Proben im Labor.

2. Ablauf der Schulungsmaßnahmen

Im Rahmen der jeweils einwöchigen Schulungsmaßnahmen wurden nach einer theoretischen Einführung in die Methodik der Röntgenfluoreszenzspektroskopie und einer Sicherheitsunterweisung im Hinblick auf den Strahlenschutz gemeinsam mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern an verschiedenen Standorten mit potentieller (Schwer-)Metallbelastung Boden-, Abfall- und Gesteinsproben genommen und direkt vor Ort Messungen an feldfeuchten Proben mittels mRFS

Röntgenfluoreszenzspektroskopie zur Altlastenuntersuchung in Vietnam



Abbildung 1: Durchführung der Vor-Ort-Messungen mit mRFS (mit Probenkammer) durch Schulungsteilnehmer (Foto: Kerth).

durchgeführt. Dabei erfolgten die Messungen durch Kunststofftüten (Gefrierbeutel), in die das feldfeuchte Probenmaterial eingefüllt worden war.

Aus Strahlenschutzgründen kam bei den Messungen eine Probenkammer zum Einsatz, welche die Umgebung vollständig gegen die aus dem mRFS austretende Röntgenstrahlung abschirmt.



Abbildung 2: Aufbereitung der entnommenen Bodenproben im Labor der VEA (Foto: Kerth).

Im Anschluss an die Vor-Ort-Messungen erfolgte im Labor der vietnamesischen Umweltbehörde (VEA) in Hanoi eine Einführung in die Laboraufbereitung der Feldproben, d. h. in die Durchführung der Trocknung und Homogenisierung sowie in die Herstellung von Pulvertabletten.

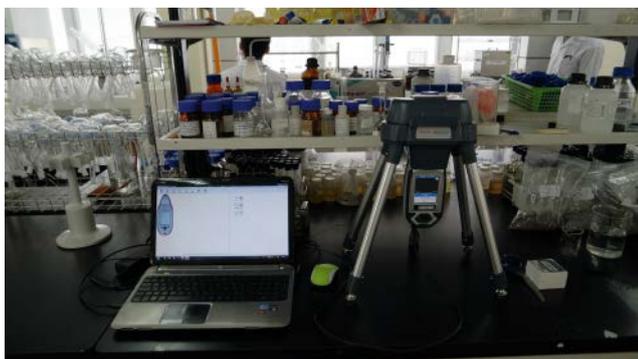


Abbildung 3: Labormessung mit dem mRFS, das an ein Notebook angeschlossen ist (Foto: Kerth).

Die Messung der Proben im Labor erfolgte ebenfalls mit dem in die Probenkammer eingebauten mRFS, das dabei aber direkt an ein Notebook angeschlossen wurde. Die Bedienung erfolgt dabei weitgehend über das Notebook. Mit dem Notebook wurden außerdem die Daten aus dem Gerätespeicher ausgelesen und damit gesichert.

Zum Abschluss der Schulungsmaßnahme erfolgte gemeinsam mit den Teilnehmern eine Interpretation der Messergebnisse. Zunächst wurde dabei der Einfluss der Bodenfeuchte auf die Messergebnisse, d. h. die „Dämpfung“ der Messwerte, ermittelt. Weiterhin wurde betont, dass die Messergebnisse generell nur einen orientierenden Charakter haben können, da die mRFS nicht spezifisch auf die jeweiligen Böden bzw. Materialien kalibriert war.

Anhand der Messergebnisse wurde außerdem herausgearbeitet, für welche (Schwer-)Metalle unter den spezifischen Messbedingungen und bei den gegebenen Konzentrationen in den untersuchten Materialien belastbare Messergebnisse erzielt werden konnten. Dabei zeigte die Auswertung der ermittelten Daten, dass ohne eine spezifische Kalibrierung und unter Berücksichtigung der Nachweisgrenzen belastbare Ergebnisse vor allem für Blei und Zink sowie Arsen, teilweise auch für Kupfer, erzielt werden konnten.

3. Untersuchungen im Rahmen der Schulungsmaßnahmen

3.1 Yên Mỹ bei Hanoi, Ufer des Roten Flusses unterhalb einer Abwassereinleitungsstelle

3.1.1 Beschreibung der Untersuchungsfläche und der entnommenen Proben

Am Ufer des Roten Flusses wurden in Hochflutlehm und im Uferbereich direkt unterstromig der Einmündung eines großen offenen Abwasserkanals, der einen großen Teil des in Hanoi anfallenden Abwassers ungeklärt in den Roten Fluss ableitet, gemeinsam mit den Teilnehmern Proben genommen.

Die Verhältnisse im Umfeld der Untersuchungsfläche zeigen die Abbildungen 4 bis 6.



Abbildung 4: Einmündung des Abwasserkanals in den Roten Fluss (Foto: Kerth).

Abbildung 5: Uferbereich des Roten Flusses unterstromig der Einmündung des Abwasserkanals mit Spülsaum aus Kunststoffabfällen und Holz. Rechts im Bild ist Kürbis- und Maisanbau und dahinter eine Bananenplantage zu erkennen (Foto: Kerth).



Abbildung 6: Situation im Umfeld der Probenahmeplätze 1 und 2. Diese befinden sich an einer Baugrubenböschung, die hinter dem in der Bildmitte erkennbaren Erdhaufen liegt (Foto: Kerth).

Die Proben 1 und 2 wurden in der Böschung einer Baugrube (für den Wegebau) entnommen, die sich auf einer etwa 10 m über dem aktuellen Wasserstand liegenden Hochfluterrasse befindet (Abbildungen 6 und 7). Die an die Baugrube angrenzende Fläche wird für den Banananbau genutzt. Probe 1 entstammt dabei aus einer Tiefe von 0,00–0,05 m unter Geländeoberkante und spiegelt damit die aktuelle Belastung des sich bei jedem Hochwasserereignis ablagernden Hochflutlehms wider. Probe 2 wurde in einer Tiefe von 0,50–0,55 m unter Geländeoberkante entnommen und spiegelt damit die Belastungssituation des Hochwasserseiments vor geschätzt einigen Jahrzehnten wider. Proben 3 und 4 wurden unmittelbar am Ufer des Roten Flusses entnommen (Abbildungen 8 und 9). Probe 3 entstammt aus einer hier lokal vorhandenen, wenige Zentimeter mächtigen Sandablagerung, Probe 4 aus dem darunter anstehenden feinkörnigem Sediment. Dieses Sediment ist lagen- und bereichsweise wechselnd braun und dunkelgrau gefärbt und weist einen fäkalischen Geruch auf. Es ist daher davon auszugehen, dass dieses Sediment sehr stark durch die wenige Meter stromaufwärts erfolgende Abwassereinleitung beeinflusst ist.



Abbildung 7: Baugrubenböschung im Hochflutlehm (Proben 1 und 2) (Foto: Kerth).



Abbildung 8: Umfeld der Probenahmepunkte 3 und 4. Diese befinden sich in der Sandfläche vor den Müllsäcken (rechte Bildhälfte) (Foto: Kerth).



Abbildung 9: Bodenaufbau an den Probenahmepunkten 3 und 4 (Foto: Kerth).

3.1.2 Messergebnisse und Interpretation

In Tabelle 1 sind die Messergebnisse der Vor-Ort- und Laboruntersuchungen beispielhaft für die Metalle Arsen, Blei, Zink und Kupfer zusammengestellt.

Die Messergebnisse können dabei wie folgt interpretiert werden:

- Die Messergebnisse im Labor (nach Aufbereitung und Trocknung) sind generell höher als die an den feldfeuchten Proben erzielten Messergebnisse (Hanoi 1, 2 und 4).
- Alle drei Bodenproben mit hohem Lehmanteil (Proben 1, 2 und 4) weisen mit Gehalten zwischen 19 und 33 mg/kg (getrocknete Proben) gegenüber dem vietnamesischen Bodengrenzwert für Arsen von 15 mg/kg deutlich erhöhte Gehalte auf. Da diese erhöhten Gehalte auch im „alten“ Hochflutsediment auftreten, ist eine geogene Ursache für diese erhöhten Werte zu vermuten, wobei ein zusätzlicher Abwassereinfluss nicht auszuschließen ist.
- Wie generell bei natürlichem sandigem Material zu erwarten, ist die Belastung der Probe Hanoi 3 (Flusssand) gering.
- Probe 4, die nach Geruchsbefund einen starken Abwassereinfluss aufweist, weist mit mehr als 300 mg/kg Zink deutlich erhöhte Gehalte auf. Dabei ist Zink ein guter Indikator für Abwasser aus bebauten Bereichen (vielfältige Verwendung von Zink zur Verminderung der Metallkorrosion z. B. im Baubereich).
- Der Vergleich der Zinkgehalte in den Proben Hanoi 1 und 2 zeigt, dass diese in der Probe Hanoi 1 deutlich höher als in der Probe Hanoi 2 sind. Zu vermuten ist daher, dass die erhöhten Zinkgehalte in dem jungem Hochflutsediment durch Abwassereinleitungen verursacht wurden. Dementsprechend können erhöhte Zinkgehalte als „Abwasser-Indikator“ angesehen werden.

Tabelle 1: Messergebnisse der Untersuchungsfläche 1 (Mittelwerte von Mehrfachmessungen). N: Anzahl der Messungen. STD: Standardabweichung.

Probe	N	Feuchte	Einheit	As	As STD	Pb	Pb STD	Zn	Zn STD	Cu	Cu STD
Hanoi 1	5	feldfeucht	mg/kg	26	4	52	6	92	11	60	8
Hanoi 1	2	aufbereitet und getrocknet	mg/kg	29	2	60	1	103	1	70	5
Hanoi 2	7	feldfeucht	mg/kg	16	2	44	6	65	11	58	9
Hanoi 2	2	aufbereitet und getrocknet	mg/kg	20	1	52	1	75	4	62	5
Hanoi 3	5	feldfeucht	mg/kg	6	2	16	2	23	2	20	4
Hanoi 4	5	feldfeucht	mg/kg	25	9	46	10	269	85	82	22
Hanoi 4	2	aufbereitet und getrocknet	mg/kg	33	1	57	4	334	25	94	6



Abbildung 10: Schmelzofen für Aluminiumdosen im Handwerkerdorf (Foto: Kerth).

3.2 Handwerkerdorf Biên Yên, Provinz Nam Định

3.2.1 Beschreibung der Untersuchungsfläche und der entnommenen Proben

Im dem in der Provinz Nam Định im Norden Vietnams liegenden Handwerkerdorf Biên Yên, das Teil einer größeren Gemeinde bildet, erfolgt Metallrecycling, insbesondere ein Recycling von Aluminiumdosen. Diese werden eingeschmolzen und zur Herstellung von Blechgeschirr (u. a. Wok-Schüsseln) wiederverwendet. Das Umweltamt der Provinz und das Volkskomitee der Gemeinde möchten das Handwerkerdorf erhalten, sind aber an einer Verbesserung der als kritisch eingestuften, aber bisher nicht näher untersuchten, Umweltsituation im Bereich des Handwerkerdorfes interessiert.

Bei der im Rahmen der örtlichen Untersuchungen gemeinsam mit vietnamesischen Partnern durchgeführten Begehung konnten folgende Feststellungen getroffen werden:

- Im Handwerkerdorf werden Blechschüsseln und Blechtöpfe aus Aluminiumangefertigt.



Abbildung 11: Am Handwerkerdorf vorbeiführende Straße. Links der Straße werden die Schlacken am Rand eines Entwässerungsgrabens abgelagert. Der teilweise starke Verkehr führt zu einer ständigen Staubentwicklung (Foto: Kerth).

- Neben Aluminiumdosen werden auch andere metallhaltige Abfälle/Materialien (konkret: Metallschnittreste aus der Produktion) beim Handwerkerdorf angeliefert.
- Nachweislich der sehr hohen Bleigehalte in den abgelagerten Schlacken (siehe unten) erfolgt offen-

Röntgenfluoreszenzspektroskopie zur Altlastenuntersuchung in Vietnam



Abbildung 12: Wilde Ablage-
rung von hoch bleihaltiger
Schlacke in Tierfutter- und Dün-
gersäcken an den Wegrändern
im Nordosten des Handwerker-
dorfs (Foto: Kerth).



Abbildung 13: Händische Schlackenaufbereitung (Heraussammeln von stark metallhaltigen Schlackenbestandteilen)
(Foto: Kerth).



Abbildung 14: „Wilde“ Ablagerung von Schlacke aus dem Wiedereinsmelzen von Metallabfällen im Uferbereich des westlich des Handwerkerdorfes gelegenen Entwässerungskanals (Foto: Kerth).

sichtlich auch ein Einschmelzen von Blei und bleihaltigen Produkten.

- Für die hoch bleihaltigen Schlacken besteht offensichtlich derzeit keine geregelte Entsorgungsmöglichkeit. Diese werden randlich in einem Entwässerungsgraben sowie in Kunststoffsäcken an Wegrändern abgelagert.

3.1.2 Messergebnisse und Interpretation

Die Messergebnisse sind in *Tabelle 2* zusammengestellt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Vor-Ort-Messungen im Bereich des Handwerkerdorfes (N: Anzahl der Messwerte, STD: Standardabweichung).

		Gehalte in [mg/kg]			
		As	Pb	Zn	Cu
Reisfeld-Böden	N	4	4	4	4
	Mittelwert	7	61	50	22
	Median	6	53	49	27
	STD	4	21	5	14
	Min	4	46	47	1
	Max	12	91	57	33
Schlacke	Anzahl	11	11	11	11
	Mittelwert	64	9368	1677	608
	Median	1	9288	1727	456
	STD	86	4349	1180	381
	Min	1	5146	315	291
	Max	219	18914	3344	1448

Die untersuchten Reisfeld-Böden im Umfeld des Handwerkerdorfes weisen keine erhöhten (Schwer-)Metallgehalte auf.

Die untersuchten Schlacken weisen generell sehr hohe Blei- und Zinkgehalte und hohe Kupfergehalte, teilweise auch hohe Arsengehalte auf. Dabei treten, wie in einem handwerklichen Recyclingprozess mit unterschiedlichen Eingangsstoffen zu erwarten, starke Schwankungen der Metallgehalte auf.

Bei den am Standort vorhandenen extrem hohen Belastungen der Schlacken in der Größenordnung von

z.T. mehr als 10 g/kg Blei reichen die mittels mobiler mRFS erzielten Ergebnisse für eine erste Standortbewertung aus. Die Untersuchungsfläche ist damit ein sehr gutes Beispiel dafür, dass durch mRFS-Messungen mit einem geringen Messaufwand entscheidungsrelevante Informationen gewonnen werden können.

Nach den ermittelten Bleigehalten in der Schlacke und den Beobachtungen zu den Produktionsprozessen ist in dem Handwerkerdorf von einer extrem hohen Exposition der dort lebenden Familien gegenüber Blei auszugehen. Dies insbesondere deswegen, weil es aufgrund der vergleichsweise hohen Flüchtigkeit von Blei beim Schmelzprozess zu einem teilweisen Verdampfen des Bleis kommt. Außerdem führt die nicht sachgemäße, umweltgefährdende Ablagerung von hoch bleihaltigen Schlacken direkt am Straßenrand zu einer ständigen Entwicklung von bleihaltigem Staub durch den Verkehr.

Als Sofortmaßnahme wurde die Entfernung und Entsorgung der bleihaltigen Schlacken insbesondere im Bereich der Straßen dringend angeraten. In der gegenwärtigen Produktionsform und der unmittelbaren Nachbarschaft von Produktion und Wohnen ist eine für die Gesundheit der Bevölkerung in dem Handwerkerdorf unschädliche Weiterführung des Schmelzbetriebs – zumindest was die anzunehmende Bleischmelze betrifft – nicht vorstellbar.

Zu hoffen ist, dass die erzielten Messergebnisse zur Umsetzung von entsprechenden Maßnahmen führen und dabei auch soziale Gesichtspunkte, d. h. der Erhalt oder Neuschaffung von Arbeitsplätzen für die auch nach vietnamesischem Standard nur über ein sehr geringes Einkommen verfügenden Bewohner des Handwerkerdorfes, berücksichtigt werden.

3.3 Handwerkerdorf Đa Hội, Provinz Bắc Ninh

3.3.1 Beschreibung der Untersuchungsfläche und der entnommenen Proben

Das Handwerkerdorf Đa Hội liegt in der Provinz Bắc Ninh und ist Teil der Gemeinde Tù Sơn. Das Dorf liegt etwa 16 km nordöstlich von Hanoi an der Grenze der Provinzen Hanoi und Bắc Ninh.

Entsprechend Informationen einer Mitarbeiterin des Umweltamtes der Provinz Bắc Ninh sind in Đa Hội metallverarbeitende Betriebe angesiedelt, die u. a. Metallkabel und -rohre herstellen. Die Flächen am Rande des Dorfes (Nordosten, Norden und Nordwesten) werden landwirtschaftlich genutzt, u. a. für den Anbau von Wasserspinat, Lotus und Reis.

Insgesamt wurden neun Proben aus den an das Handwerkerdorf angrenzenden Agrarflächen entnommen. Hierbei wurden an der Verbindungsstraße zwischen Dorf und Friedhof im Norden von Đa Hội insgesamt zwei mal drei Proben genommen, davon drei auf einem Reisfeld und drei auf einem trockengelegten Lotusteich. Die Proben wurden vor der Vor-Ort-Messung im Kunststoffbeutel aus Plastik jeweils per Hand gut durchmischt. Auch an einem weiteren Entnahmepunkt, einer Weidefläche im Nordosten des Hand-

Röntgenfluoreszenzspektroskopie zur Altlastenuntersuchung in Vietnam



Abbildung 15: Trockengelegter Lotusteich im Norden von Đà Hội. (Foto: Kovac).



Abbildung 16: Blick von der Zufahrtsstraße im Norden von Đà Hội auf das Handwerkerdorf. Auf der rechten Bildseite Anbaufläche für Wasserspinat (Foto: Kovac).

werksdorfes, wurden insgesamt drei Proben genommen.

3.3.2 Messergebnisse und Interpretation

Eine Erstauswertung der Daten im Feld zeigte ausschließlich auffällige Zinkgehalte. Die entsprechenden Messergebnisse für Zink sind in *Tabelle 3* zusammengestellt.

Die Messergebnisse können dabei wie folgt interpretiert werden:

- Bereits bei den Messungen der feldfeuchten Proben war eine erhebliche Zinkbelastung festzustellen.
- Bei den sehr hohe Wassergehalte aufweisenden feldfeuchten Proben aus dem Reisfeld und dem trockengelegten Lotusteich liegt zwischen den Mittelwerten der feldfeuchten Proben und den Mittelwerten der getrockneten und aufbereiteten Proben ein Faktor um 3. Hieran wird die sehr starke Dämpfung der Messwerte durch hohe Wassergehalte im untersuchten Boden deutlich.

Tabelle 3: Zinkgehalte an den drei Probenahmestandorten im direkten Umfeld des Handwerkerdorfes (N: Anzahl der Proben, STD: Standardabweichung).

		Zn-Gehalte in [mg/kg]		
		N	Mittelwert	STD
Reisfeld	feldfeucht	3	1197	266
	getrocknet und aufbereitet	3	3479	1444
Trockengelegter Lotusteich	feldfeucht	3	495	212
	getrocknet und aufbereitet	3	1752	377
Viehweide	feldfeucht	3	441	191
	getrocknet und aufbereitet	3	513	306

- Die hohen Zinkgehalte in den untersuchten Böden im Umfeld des Handwerkerdorfs sind mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass hoch zinkhaltiges Abwasser aus der Metallverarbeitung über das Bewässerungssystem in die landwirtschaftlichen Produktionsflächen gelangt.

3.4 Rekultivierte Abraumhalde, Nui Phao Mining, Provinz Thái Nguyên

3.4.1 Beschreibung der Untersuchungsfläche und der entnommenen Proben

Bei der Fläche handelt es sich um eine rekultivierte Halde von Abraummaterial, das bei der Aufschließung einer Wolfram-Lagerstätte angefallen ist. Auf der Fläche läuft im Rahmen eines Untersuchungsvorhabens ein Anbauversuch verschiedener Energiepflanzen (Süßhirse, Akazien, Chinaschilf, VA06 – Varisme Gras Nr. 6, ein Hybrid aus Elefantengras und Pennisetum americanum). Die Untersuchungen erfolgten in einem Teilbereich der Anbaufläche für VA06.

Das den Boden der Fläche bildende Abraummaterial weist einen hohen Grobbodenanteil (Grus, Steine) auf. Grus und Steine bestehen im Wesentlichen aus natürlichem Gestein (gabbroide Gesteine). In geringem Umfang tritt aber auch Ziegelbruch auf.



Abbildung 17: Energiepflanzenanbau-Testfläche. Teilfläche mit Anbau von VA06 (Varisme Gras Nr. 6, ein Hybrid aus Elefantengras und Pennisetum americanum). Im Hintergrund ist die Erzaufbereitung und -weiterverarbeitung der Nui Phao Mining Company zu erkennen (Foto: Kerth).

Neben drei Bodenproben wurden auch Messungen an einer aufgesehenen Gesteinsprobe und einem Ziegelsteinbruchstück durchgeführt.

3.4.2 Messergebnisse und Interpretation

Die Messergebnisse der untersuchten, feldfeuchten Proben sind in *Tabelle 4* aufgeführt.

Für die Energiepflanzenanbau-Testflächen liegen die Ergebnisse von Laboruntersuchungen, die durch die Nui Phao Mining Company durchgeführt wurden, vor. Diese zeigen insbesondere mit Werten zwischen 135 und 437 mg/kg auffällige Arsengehalte. Zwar liegen die hier an feldfeuchten Proben erzielten Ergebnisse deutlich unter diesen Werten, aber die ermittelten

Tabelle 4: Messergebnisse.

Probe	Einheit	As	Pb	Zn	Cu
Boden 1	mg/kg	157	19	55	45
Boden 2	mg/kg	86	17	49	36
Boden 3	mg/kg	59	15	44	36
Gestein (Gabbro)	mg/kg	236	20	1069	56
Ziegelstein, rot	mg/kg	43	16	48	16

Arsengehalte sind zumindest als auffällig einzustufen und zeigen zumindest eine größenordnungsmäßige Übereinstimmung. Dies belegt die grundsätzlich gute Anwendbarkeit der mRFS für eine Ersteinschätzung von Metallbelastungen.

Durch gleichzeitige Messung auch an Gesteinsproben vom Standort kann überprüft werden, ob es sich um eine anthropogene oder um eine geogene Bodenbelastung handelt. Im vorliegenden Fall ist von einer hohen geogenen Belastung im weiteren Umfeld auszugehen. Die zum Vergleich ebenfalls durchgeführten Messungen an einer Ziegelstein-Probe, die auf der Fläche aufgesammelt wurden, zeigen, dass auch der Rohstoff für die Ziegelsteinherstellung mit etwa 40 mg/kg Arsen erhöhte Gehalte aufweist.

4. Fazit

Die mit mRFS durchgeführten Messungen zeigen, dass trotz eines nur halbquantitativen Charakters der Messungen insbesondere bei Messungen an feuchten Proben mit dieser Methode eine schnelle Ersteinschätzung der Belastungssituation an einem Standort möglich ist. Mit den Messungen können Umweltbelastungen durch (Schwer-)Metalle erkannt und es kann eine erste Einschätzung der räumlichen Belastungsverteilung und, zumindest der Größenordnung nach, der Belastungshöhe erfolgen. Dies ist insbesondere in einem Land wie Vietnam, das noch nicht über eine Logistik für den schnellen und zuverlässigen Probentransport und insbesondere auch noch nicht über ausreichende Laboranalysen-Kapazitäten verfügt, von großem Wert.

Vor-Ort-Messungen mit mRFS erlauben außerdem eine gezielte, „vorinformierte“ Beprobung für eine entsprechend genaue Laboruntersuchung. Damit kann ohne Informationsverlust die Zahl der im Labor zu untersuchenden Proben reduziert werden. Intelligent eingesetzt und fachkundig ausgewertet steigt sogar der Informationsgehalt durch eine Kombination von Vor-Ort- und Laboruntersuchungen, weil neben den Laborergebnissen eine größere Zahl von Vor-Ort-Messergebnissen vorliegt. Damit sind vorhandene räumliche Verteilungsmuster ggf. deutlich klarer erkennbar.

Ohne spezifische Kalibrierung nicht geeignet sind die mit mRFS erzielten Messergebnisse für eine Beurteilung, ob entsprechende Bodengrenzwerte eingehalten werden oder nicht. Dabei orientieren sich die in Vietnam gesetzlich festgelegten Bodengrenzwerte an internationalen Standards. Die Unsicherheiten der (nicht kalibrierten) Messungen mit mRFS sind generell zu hoch, um ein Unterschreiten der entsprechenden Bodengrenzwerte sicher beurteilen zu können, für Elemente wie zum Beispiel Cadmium sind die Nachweisgrenzen der mRFS auch höher als die entsprechenden Grenzwerte.

Dennoch sind die Autoren der Auffassung, dass es den lokalen und regionalen Umweltbehörden in Vietnam durch Messungen mit den mRFS ermöglicht wird, zeitnah und mit vergleichsweise geringem Aufwand erste Informationen zu Bodenbelastungen und zu Belastungen von nicht sachgerechten und auch nach vietnamesischen Standards illegalen Abfallablagerungen zu erzielen. Weitergehende, aufwändige Untersuchungen unter Einschluss von Laboranalytik können dann zielgerichtet auf die identifizierten Problemfälle beschränkt werden.

Die im Rahmen der Schulungsmaßnahmen durchgeführten Messungen belegen, dass es in Vietnam lokal erhebliche Schwermetallbelastungen gibt. Insbesondere in Handwerkerdörfern ist wegen der extremen räumlichen Nähe zwischen umweltbelastenden Produktionsprozessen und der Wohnnutzung von einer teilweise extremen Exposition gerade auch der dort lebenden Kinder auszugehen. Dabei zeigen die durchgeführten Untersuchungen, dass die Exposition vermutlich sowohl über Inhalation und Ingestion als auch über die Nahrungsaufnahme erfolgt, da auch landwirtschaftliche Nutzflächen im Umfeld durch Einträge schwermetallbelasteter Abwässer beaufschlagt werden.

Die Umweltprobleme Vietnams stehen dabei im Kontext der noch relativ jungen, sich rapide entwickelnden Industrialisierung des Landes, aber auch der in den vergangenen Jahrzehnten fortschreitenden Verlagerung von besonders umweltbelastenden industriellen Prozessen in den globalen Süden, und somit auch nach Vietnam. Nicht vergessen werden sollte auch, dass es in den heutigen Industriestaaten Jahrzehnte in Anspruch genommen hat, eine Umweltgesetzgebung zu entwickeln, eine funktionsfähige Umweltver-

Röntgenfluoreszenzspektroskopie zur Altlastenuntersuchung in Vietnam

waltung aufzubauen und Umweltstandards im Vollzug durchzusetzen.

Die exemplarische Erstellung eines Altlastenkatasters in der Provinz Bắc Ninh im Rahmen des vom Bundesministerium für Bauen, Umwelt und Reaktorsicherheit geförderten Projektes *CapaViet* kann in Vietnam zu einer besseren Planungsgrundlage für den Umgang mit schwermetallbelasteten Flächen beitragen. Zusammen mit den hier vorgestellten Schulungen sind diese Maßnahmen erste Schritte hin zum Aufbau einer leistungsfähigen Umweltverwaltung und somit zu einem besseren Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor Gefahren, die von kontaminierten Flächen ausgehen können.

Internationale Schulungen zum Technologietransfer und Erfahrungsaustausch im Umgang mit Altlasten stoßen vorwiegend bei den jungen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus der vietnamesischen Umweltverwaltung und -forschung auf ein großes Interesse. Dies lässt hoffen, dass die junge Generation in Vietnam die Lösung der bestehenden Umweltprobleme schrittweise in Angriff nehmen und angepasste Lösungen finden wird.

Literatur

- [1] VN Express (2016): Vietnam suffers 50 major toxic waste scandals in 2016. VN Express 30/12/2016. [Online] Verfügbar unter: <https://e.vnexpress.net/news/news/vietnam-suffers-50-major-toxic-waste-scandals-in-2016-3521238.html>
- [2] Chu T. (2011): Survey on heavy metals contaminated soils in Thai Nguyen and Hung Yen provinces in Northern Vietnam. *Journal of Vietnamese Environment* Vol. 1 (1), 34–39.
- [3] Vietnam Environment Administration (2013): Heavy metal pollution remain a major challenge. [Online] Verfügbar unter: <http://vea.gov.vn/en/EnvirStatus/StateOfEnvironmentNews/Pages/Heavy-metal-pollution-remain-a-major-challenge.aspx>
- [4] Henke, K. (2009): Arsenic. *Environmental Chemistry, Health Threats and Waste Treatment*. USA: University of Kentucky Center for Applied Energy Research.
- [5] Zschiesche, M (2012): Umweltschutz in Vietnam: Eine vorläufige Bilanz und Herausforderungen. *UFU Themen und Informationen* Heft 72, 2/2012, 9–17
- [6] Mark, H. & Zschiesche, M. 2016: Vietnams Altlasten – eine Bestandsaufnahme. *Geographische Rundschau*, 2/2016, Braunschweig, 46–51.
- [7] AnaViet – Umweltanalytik Vietnam: Capacity Building und Demonstrationsmaßnahmen für die Bearbeitung umweltbedingter Altlasten – Teil 1: Schwermetalle (Laufzeit: 06/2016 – 12/2016), www.ufu.de/en/projekt/anaviet/
- [8] CapaViet – Capacity Building und Infrastrukturaufbau zur Erstellung eines Bodenbelastungskatasters in Vietnam am Beispiel der Provinz Bac Ninh. (Laufzeit: 09/2017 – 08/2019) www.ufu.de/projekt/capaviet/

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bauen, Umwelt und Reaktorsicherheit für die Mittel zur Durchführung der Projekte AnaViet und CapaViet. Bei der vietnamesischen Seite, allen voran der Vietnam Environmental Agency und den Umweltämtern der Provinzen Bắc Ninh und Nam Định, möchten wir uns für die Bereitstellung der Probenflächen und die gute Zusammenarbeit bedanken.

Autorenschaft

Dr. Michael Kerth

Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH
Walter-Bröker Ring 17
32758 Detmold
E-Mail: m.kerth@dr-kerth-lampe.de

Sarah Kovac

UFU Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V.
Greifswalder Straße 4
10405 Berlin
E-Mail: sarah.kovac@ufu.de

Prof. Dr. Tim Mansfeldt

Universität zu Köln
Bodengeographie / Bodenkunde
Albertus-Magnus-Platz
50923 Köln
E-Mail: tim.mansfeldt@uni-koeln.de

English Summary

In the context of environmental technology transfer projects funded by the German Federal Ministry of Environment, Nature Protection, Building and Nuclear Safety training courses for the application of mobile X-ray fluorescence analyzers (mXRF) were held in Vietnam. Part of these training courses were field and laboratory measurements of soil samples from potentially (heavy) metal contaminated sites. Investigations were carried out at the embankment of the Red River near Hanoi immediately downstream of a major sewage water disposal, in the surroundings of two craft villages with metal processing and at a reclaimed mine waste heap of a operating tungsten mine.

The measurements carried out proof the capability of mXRF to quickly identify (heavy) metal contaminated sites. In a country as Vietnam, which up to now does not have the logistics and laboratory capacities needed to process high numbers of environmental samples mXRF can be a valuable tool for the environmental authorities to efficiently tackle the contaminated sites issue mainly caused by the rapid industrialization of Vietnam since the 1980s.