

Nutzungsbedingte Landschaftsveränderungen  
in Yangjuangou (Provinz Shaanxi, VR China)

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität  
zu Kiel

vorgelegt von  
Christine Dahlke

Kiel 2005

Referent: .....

Korreferent .....

Tag der mündlichen Prüfung: .....

Zum Druck genehmigt: Kiel, .....

Der Dekan

## Lieder aus Gaoxigou in Nord-Shaanxi, VR China

Im Shaanbei (Nord-Shaanxi), da gibt es ein Gaoxigou (gou: Tal),  
in dem Tal, da bin ich zu Hause.

Wir pflanzen Bäume und forsten auf, bauen Kanäle und Staubecken,  
eine Schicht nach der anderen steigen die Ackerterrassen in den Himmel hoch.  
Ein Berg kettet einen anderen an, ein Tal umhüllt ein anderes, so geht es unendlich zu,  
die rote Sonne am blauen Himmel lässt sich nicht abschirmen.

Wir meistern die Devisen der Partei,  
Ackerland weicht den Wäldern, dazu legen wir noch Wiesen an,  
Rinder und Schafe werden wohlgenährt, das ist sicher.  
Der Berg gegenüber ist grün und schön,  
aus den Staubecken schöpfen wir klares Wasser,  
Felder bewässern und Fische züchten, das können wir,  
Menschen erfreuen sich eines schönen Lebens im Dorf.

Quelle: MENG (2004): „gao xi gou ji shi“ (Aufzeichnungen aus Gaoxigou).

Übersetzung: Dr. Ning-ning Loh-John

Zur Erläuterung: Das erste Lied ist der Titelsong „Lobgesang an Gaoxigou“ aus dem Dokumentarfilm „Die roten Fahnen flattern überall“, über die bekannte Modellkommune Gaoxigou, der 1965 lief und sich großer Popularität erfreute. Das zweite Lied stammt von einer alten Dorfbewohnerin, aufgeschrieben von MENG, der die „Aufzeichnungen aus Gaoxigou“ Anfang 2004 schrieb und im Internet publizierte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Einleitung	1
1.2	Stand der Forschung und Ziele	2
1.3	Thesen	5
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>5</b>
2.1	Auswahl eines Schlüsseleinzugsgebiets und geeigneter Aufschlusstandorte	6
2.2	Geländearbeiten	6
	2.2.1 Profilaufnahmen	6
	2.2.2 Vermessungen	7
2.3	Definition einer prozessbasierten relativen Stratigraphie	8
2.4	Datierungen	8
	2.4.1 Radiokohlenstoffdatierung	9
	2.4.2 Cäsiumdatierung	9
	2.4.3 Archäologische Altersbestimmung	10
	2.4.4 Experteninterviews	10
2.5	Ergänzende Laboranalysen	11
2.6	Fertigstellung der prozessbasierten absoluten Stratigraphie	11
2.7	Quantifizierung der Bodenumlagerungen - Bilanzen	11
2.8	Analyse von Schriftquellen und weiteren Daten	13
2.9	Abschließende Interpretation	13
<b>3</b>	<b>Das nordchinesische Lößplateau</b>	<b>14</b>
3.1	Lage und Genese	14
3.2	Geologie und Geomorphologie	16
3.3	Klima	17
	3.3.1 Holozäne Klimageschichte	17
	3.3.2 Rezentenes Klima	19
3.4	Vegetation	20
	3.4.1 Holozäne Vegetationsgeschichte	20
	3.4.2 Rodung und Aufforstung im Kontext des „Großen Sprungs“	22
	3.4.3 Vegetation heute	23
3.5	Besiedlungs- und Landnutzungsgeschichte	23
	3.5.1 Besiedlungs- und Landnutzungsgeschichte vor Gründung der VR China	23
	3.5.2 Landnutzungswandel im Rahmen des „Großen Sprungs“	27
	3.5.3 Landnutzung heute	32

<b>4</b>	<b>Das Untersuchungsgebiet Yangjuangou</b>	<b>33</b>
4.1	Lage und Wahl des Untersuchungsgebiets Yangjuangou	33
4.2	Rezente naturräumliche Ausstattung des Gebiets Yangjuangou	34
	4.2.1 Geologie, Geomorphologie und Böden	34
	4.2.2 Klima	35
4.3	Besiedlung und Landnutzung	36
<b>5</b>	<b>Ergebnisse der Untersuchungen von Kolluvien der Ackerterrasse am Zhongzuimao</b>	<b>38</b>
5.1	Ergebnisse der Geländearbeiten	38
	5.1.1 Ergebnisse der Profilaufnahme	38
	5.1.2 Ergebnisse der Vermessungen	41
5.2	Ergebnisse der Datierungen	41
	5.2.1 Ergebnisse der Radiokohlenstoffdatierungen	41
	5.2.2 Ergebnisse der Cäsiumdatierungen	44
	5.2.3 Ergebnisse der archäologischen Datierungen	45
5.3	Interpretation der Untersuchungsergebnisse vom Zhongzuimao	47
	5.3.1 Holozäne Landschaftsgeschichte am Zhongzuimao	47
	5.3.2 Bilanzen der holozänen Bodenumlagerungen am Zhongzuimao	51
<b>6</b>	<b>Ergebnisse der Untersuchungen von Auensedimenten der Verlandungsdammfelder in Yangjuangou</b>	<b>53</b>
6.1	Ergebnisse der Geländearbeiten	53
	6.1.1 Geländebeobachtungen und Profile	53
	6.1.2 Ergebnisse der Vermessungen	58
6.2	Interpretation der Untersuchungsergebnisse der Verlandungsdammfelder	62
	6.2.1 Interpretation der Geländebeobachtungen und Profile	62
	6.2.2 Interpretation der Vermessungen	65
<b>7</b>	<b>Diskussion und Ausblick</b>	<b>66</b>
7.1	Diskussion der Thesen	66
7.2	Ausblick für das Gebiet Yangjuangou	75
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>78</b>
<b>9</b>	<b>Summary</b>	<b>79</b>

## **Chronologie der chinesischen Dynastien**

### **Literaturverzeichnis**

### **Abbildungsverzeichnis**

### **Tabellenverzeichnis**

# **1 Einführung**

## **1.1 Einleitung**

In den vergangenen Jahren wurde Bodenerosion als ein gravierendes ökologisches Problem weltweit identifiziert (PIMENTEL et al. 1995, PIMENTEL & KOUNANG 1998, BORK et al. 1998). In China, einem Land mit mehr als 1,2 Milliarden Einwohnern, stehen heute pro Kopf lediglich 0,08 ha Ackerland und 0,1 ha Wald zur Verfügung; das entspricht 33% bzw. 16% des Weltdurchschnitts (BETKE 2000: 325). Die Bodenerosion im Lößplateau Nordchinas trägt zu einer weiteren Verringerung der natürlichen Ressourcen bei. Der Verlust von kostbarem Ackerland, aber auch großflächige Überschwemmungen am Unterlauf des Gelben Flusses, die bis zu 150 Millionen Menschenleben gefährden (HESSEL 2002: 19), werfen immer wieder Fragen zur zeitlichen Dynamik der Bodenerosion, den Ursachen und zur Effektivität ihrer Eindämmung im Lößplateau auf. Nach Schätzungen liefert das Lößplateau aktuell etwa 90% der Sedimentfracht des Gelben Flusses (DOUGLAS 1989: 141, REN & ZHU 1994: 314, CHEN 1999: 89). Deshalb sind heute zahlreiche Anstrengungen auf die Reduktion der Bodenerosionsraten im Lößplateau gerichtet.

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit holozänen, nutzungsbedingten Landschaftsveränderungen im zentralen chinesischen Lößplateau in der Provinz Shaanxi auseinander. Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht eine qualitative und quantitative prozessbezogene Rekonstruktion der holozänen Bodenerosions- und Umweltgeschichte. Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigen ausschließlich fluviatile Bodenerosionsprozesse. Die seit Jahrtausenden bewirtschaftete Region des zentralen Lößplateaus bietet die seltene Möglichkeit, die Auswirkungen von anthropogenen Landnutzungsveränderungen auf verschiedenen Zeitskalen zu betrachten: lang-, mittel- und kurzfristig.

Die Ausführungen gliedern sich wie folgt: Zunächst werden der Stand der Forschung und die Ziele der Arbeit skizziert. Anschließend werden die Thesen der Arbeit formuliert. Im zweiten Kapitel wird die Methodik der durchgeführten pedologisch-sedimentologischen Analyse erläutert. Die naturräumlichen und landeskulturellen Besonderheiten des chinesischen Lößplateaus sind Gegenstand des dritten Kapitels. Das vierte Kapitel gibt einen Überblick zum Untersuchungsgebiet Yangjuangou mit seinen Teileinzugsgebieten Zhongzuimao und Guzhuangzi. Im fünften Kapitel werden die Untersuchungsergebnisse der Kolluvien am Zhongzuimao vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Verlandungsdammfelder in Yangjuangou werden in Kapitel sechs erläutert. Der erste Teil des siebten Kapitels diskutiert die in Kapitel 1.3 formulierten Thesen. Der zweite Teil des siebten

Kapitels skizziert die Bemühungen zur Eindämmung der fluviatilen Bodenerosion im Untersuchungsgebiet Yangjuangou. Eine deutsche und englische Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse schließt die Arbeit ab.

## 1.2 Stand der Forschung und Ziele

Das chinesische Lößplateau zeichnet sich aktuell durch sehr hohe Bodenerosionsraten aus (JIANG et al. 1981, FU & GULINCK 1994, CAI 2001). Die überwiegende Zahl der verfügbaren Studien stellt die rezente Bodenerosion im Lößplateau in den Mittelpunkt, d. h. die Wasser- und Winderosion. Auf die äolische Erosion, die vor allem im nördlichen Lößplateau und in der Inneren Mongolei auftritt (ZHANG Z. 1991), wird in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen. Sie spielt im Vergleich zur fluviatilen Erosion im zentralen und südlichen Lößplateau und im Untersuchungsgebiet Yangjuangou eine untergeordnete Rolle. Einen Überblick über den Formenschatz der Bodenerosion im Lößplateau gibt ZHANG Z. (1991). Die Forschung zur fluviatilen Bodenerosion und ihrer Folgen in China konzentriert sich auf die rezente oberirdische Erosion (z. B. ZHU et al. 1997, LI 2002) und die unterirdische Erosion (z. B. ZHU et al. 2002). Die Untersuchungen rezenter Bodenerosion basieren häufig auf Labor- und Feldexperimenten und umfassen selten Messperioden von mehr als einer Dekade. Eine Abschätzung der langfristigen Auswirkungen anthropogener Veränderungen von Böden und Relief erfordert jedoch ein möglichst umfassendes Verständnis der Umweltgeschichte des Standorts, die sich in zahlreichen Facetten der rezenten Landschaft widerspiegelt.

Die holozäne Landschaftsgeschichte, insbesondere die Dynamik der fluviatilen Bodenerosion im Einzugsgebiet Yangjuangou im zentralen Lößplateau, ist daher Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Das Untersuchungsgebiet in der Provinz Shaanxi stellt rezent einen „Brennpunkt“ der Bodenerosion im chinesischen Lößplateau dar. In der Arbeit werden zwei Termini durchgängig verwendet: die Begriffe der „Landnutzung“ und der „Bodenerosion“. Unter „Landnutzung“ wird in dieser Arbeit die Inwertsetzung der Geländeoberfläche durch den Menschen verstanden (vgl. BALDENHOFER 1999: 251). Die ländliche Bodennutzung, vor allem der Ackerbau in der Jahrtausende alten Kulturlandschaft, dominiert das zentrale chinesische Lößplateau. Mit „Bodenerosion“ werden in dieser Studie „durch Eingriffe des Menschen ermöglichte und durch auf die Geländeoberfläche aufprallende Regentropfen, durch fließendes Wasser oder durch den Wind ausgelöste Prozesse der Ablösung, des Transportes und der Ablagerung von Bodenpartikeln“ (BORK et al. 1998: 309) verstanden. Dieses Konzept der Bodenerosion unterscheidet *Abfluss ermöglichende Faktoren*, *Abfluss auslösende Faktoren* und *Abfluss fördernde Faktoren*.

*Abfluss ermöglichende Faktoren:* Das Konzept geht bei einer geschlossenen Vegetationsdecke von einer geomorphodynamischen Stabilitätsphase im Sinne ROHDENBURGS (1989) aus, in der keine Bodenerosion stattfindet. Wird die bodenschützende Vegetationsdecke weitgehend oder vollständig zerstört z. B. durch klimatische Veränderungen, beginnt eine geomorphodynamische Aktivitätsphase. Eine partielle Zerstörung, beispielsweise in Folge von Rodungen, Ackerbau oder Beweidung, ermöglicht Bodenabtrag an den nicht bzw. kaum durch eine Vegetationsdecke geschützten Standorten (geomorphodynamische Teilaktivitätsphase). In der gegenwärtigen Warmzeit wird Bodenerosion im Lößplateau durch die anthropogene Zerstörung der Vegetationsdecke ermöglicht.

*Abfluss auslösende Faktoren:* Besondere Bedeutung kommt extremen Witterungsereignissen, z. B. Starkniederschlagsereignissen (BORK et al. 1998, DREIBRODT 2005) oder Schneeschmelzen (BORK et al. 1998) zu. Niederschläge mit Abflussbildung und Bodenerosion zeichnen sich durch eine Mindestmenge an Gesamtniederschlag oder die Überschreitung einer Schwellenintensität aus, so dass Bodenpartikel aus ihrem Verband herausgelöst und transportiert werden können (ROTH 1996: 2). Bereits Tropfen schwacher Niederschläge können Bodenpartikel ablösen und über Distanzen von einigen Dezimetern transportieren.

*Abfluss fördernde Faktoren:* Dazu gehören die Bodeneigenschaften, das Relief und die Landnutzung. Die Bodeneigenschaften können den Abfluss direkt befördern, z. B. durch eine geringe Wasserinfiltrationskapazität per se oder nach einer Verschlammung der Oberfläche und Krustenbildung (ZHU et al. 1997, ROTH 1996). Die Erodierbarkeit des Bodens ist u. a. von der Korngrößenzusammensetzung des Substrats und dem Gehalt an organischer Substanz (ZHANG Z. 1991: 200) abhängig. Das Relief bedingt u. a. die Größe des oberirdischen Wassereinzugsgebiets und die Fließgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses und damit die Transportkraft des Wassers. Die Landnutzung, z. B. bestimmte Fruchtfolgen, wirken sich maßgeblich auf die Bodenbedeckung und somit die Erosionsgefährdung des Standorts aus. Die Landnutzung kann das Wasserinfiltrationsvermögen des Bodens beeinflussen (KANG & ZHANG 2000). Bodenbearbeitung, z. B. Pflügen verlagert direkt Bodensubstrat (tillage translocation) (vgl. LOBB et al. 2000).

Zur Rekonstruktion der Umwelt- und Bodenerosionsgeschichte stehen prinzipiell verschiedene Informationsquellen zur Verfügung: *Messungen, Schriftquellen und Geoarchive*. Sie unterscheiden sich in ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung und decken unterschiedliche Zeiträume ab. Für die letzten Jahrzehnte existieren zum Teil *Messungen der Bodenerosion* meist für kurze Hangabschnitte. Ein deutlich größeres Zeitfenster decken die



*historischen Schriftquellen* ab. Zur Agrargeschichte Chinas liegen Fragmente von Devinationsschriften aus der Shang-Yin-Periode (ca. 1200 v. Chr. bis ca. 1030 n. Chr., vgl. KOLB 1992) vor. Historische Schriftquellen deuten auf stark variierende Sedimentfrachten des Gelben Flusses (= Huang He) in den vergangenen Jahrtausenden und damit indirekt auf wechselnde fluviatile Bodenerosionsraten im Lößplateau hin. Die historischen Quellen liefern oft (lediglich) Anhaltspunkte für umwelthistorische Rekonstruktionen, da sie meist für einen anderen Zweck angefertigt wurden z. B. für Finanzverwaltungen. Aufgrund der geringeren inhaltlichen und räumlichen Auflösung ist eine Rekonstruktion langfristiger Umweltentwicklungen allein auf dieser Basis schwierig. Hinzu kommt, dass in jüngeren historischen chinesischen Berichten Daten auch aus politischen Gründen gezielt manipuliert wurden, so dass diese nicht unbedacht verwendet werden dürfen. Das potentiell größte Zeitfenster für umwelthistorische Rekonstruktionen bieten *Geoarchive*. Kolluvien (BORK et al. 1998, DREIBRODT 2005), die korrelierten Sedimente der Bodenerosion, und Seesedimente (DREIBRODT 2005) haben sich in jüngerer Zeit als ausgezeichnete paläoökologische und paläoklimatische Archive erwiesen. Im chinesischen Lößplateau wurden bisher vor allem paläoklimatische Untersuchungen durchgeführt (siehe KOHFELD & HARRISON 2001: 93-94).

Zur quantitativen Rekonstruktion der holozänen Bodenerosionsgeschichte des Lößplateaus mit Geoarchiven sind prinzipiell drei Grundideen umsetzbar: eine Erfassung des umgelagerten Materials a) möglichst nahe am jeweiligen Sedimentliefergebiet, d. h. direkt im Lößplateau, b) am Transportweg des Sediments, d. h. an einer hydrologischen Station am Flusslauf, c) im küstennahen Akkumulationsgebiet, d. h. im nord- und ostchinesischen Tiefland oder dem Gelben Meer. Eine räumlich und abhängig vom Standort auch zeitlich hoch aufgelöste Rekonstruktionsmöglichkeit bietet in erster Linie die Variante „a“. Je kleiner das betrachtete Einzugsgebiet ist, desto weniger potentielle Sedimentzwischenspeicher sind vorhanden, die eine Quantifizierung beeinträchtigen können (LANG & HÖNSCHEID 1999). Das Problem der Zwischenspeicher tritt bei den Varianten „b“ und „c“ aufgrund der Länge des Gelben Flusses und der räumlichen Dimension des Flussdeltas verstärkt auf. Bei Variante „b“ sind außerdem direkte Messungen der Sedimentfrachten nur für einen kurzen Zeitraum verfügbar (HE et al. 2004). MILLIMAN et al. (1987) legen dennoch eine holozäne Sedimentbilanz für das Einzugsgebiet des Huang He auf Basis von marinen Sedimenten vor (Variante c). Eine Auswertung von Hangkolluvien, d. h. terrestrischer, korrelierter Sedimente der fluviatilen Bodenerosion, im Kontext von Landnutzungsänderungen im chinesischen Lößplateau existiert bislang nicht. Kolluvien allgemein befinden sich an unterschiedlichen

Standorten. Nimmt die Fließgeschwindigkeit des feststoffreichen Oberflächenabflusses ab, kann das mitgeführte Material sedimentieren. Dominiert flächenhafte Bodenerosion (hillslope erosion), entstehen kolluviale Körper an konkaven Mittel- und Unterhängen oder an kleinen Strukturen im Gelände wie Feldgrenzen, Wegen oder Hecken. Überwiegt linienhafte Bodenerosion (gully erosion), kann es am Auslass von Schluchten zur Aufschüttung von Schwemmfächern kommen. Bodensedimente können ebenfalls in künstlichen Hohlformen, wie Verlandungsdammbecken im Lößplateau, akkumulieren. In der Arbeit werden sie in Ermangelung eines eigenen deutschen Fachbegriffs als Auen- oder Reservoirsedimente bezeichnet. Die durchgeführten pedologisch-sedimentologischen Untersuchungen an den Kolluvien einer Ackerterrasse am Zhongzuimao und die Analysen der Reservoirsedimente der Verlandungsdammfelder in Yangjuangou ermöglichen Aussagen zu den Ursachen und zu den langfristigen Auswirkungen der Bodenerosion auf Einzugsgebietsebene. Die Bilanzierung der Sedimente wurde in unmittelbarer Nähe des Sedimentliefergebiets vorgenommen (Variante a).

### **1.3 Thesen**

Für die Diskussion der Ergebnisse wurden folgende Thesen aufgestellt:

- 1) Die Analyse von Kolluvien und Auensedimenten ermöglicht eine prozessbezogene Rekonstruktion wichtiger Phasen und Elemente der mittel- und jungholozänen Landschaftsentwicklung des Einzugsgebietes Yangjuangou.
- 2) Die Analyse der Kolluvien und Auensedimente bietet neue Einblicke in die Umweltgeschichte des Untersuchungsgebietes und kann zum besseren Verständnis der rezenten Umweltsituation im zentralen Lößplateau beitragen.
- 3) Das heutige zentrale chinesische Lößplateau ist sehr stark durch die mehrtausendjährige Landnutzungsgeschichte geprägt.
- 4) Der „Große Sprung nach Vorne“ hat die bodenschonende Landnutzung im Untersuchungsgebiet abrupt beendet und die Bodenerosion befördert.

## **2 Methoden**

Grundlage der Forschungsarbeiten zur Rekonstruktion der mittel- und jungholozänen Bodenerosions- und Landschaftsgeschichte im chinesischen Lößplateau bildet der von der „Task Force on Long-term Effects of Land Use on Soil Erosion in a Historical Perspective“

der European Society for Soil Conservation (ESSC) erarbeitete Methodenkanon der „vierdimensionalen Landschaftsanalyse“ (BORK et al. 1998). Die „vierdimensionale Landschaftsanalyse“ zeichnet sich durch eine Kombination pedologischer, sedimentologischer und geomorphologischer Arbeitsweisen mit quartärgeologischen, archäologischen und historischen Arbeitstechniken aus. Die Bezeichnung „vierdimensional“ bezieht sich auf die Berücksichtigung der drei Raumrichtungen (x, y, z) und der Zeit (t). Die Analyse gliedert sich typischerweise in 9 Arbeitsschritte.

## **2.1 Auswahl eines Schlüsseleinzugsgebiets und geeigneter Aufschlussstandorte**

Zunächst fand die Auswahl des oberirdischen Wassereinzugsgebietes statt (vgl. Kap. 4.1). Dieses sollte möglichst komplexe Geoarchive bzw. Boden-Sedimentsequenzen aufweisen und oberirdisch gut abgrenzbar sein, so dass eine flächenbezogene Quantifizierung der Boden-erosion möglich ist. Die Auswahl der Aufschlussstandorte innerhalb des ausgewählten Untersuchungsgebietes erfolgt nach Geländebegehungen und vorbereitenden Sondierungsaufschlüssen. Bei Untersuchungen in Mitteleuropa werden häufig topographische Karten, Luftbilder oder alte Schriftquellen ergänzend ausgewertet (vgl. BORK et al. 1998). Im Falle dieser Studie war dies nur sehr eingeschränkt möglich. Auf die spezifische Situation der chinesischen Quellen wird in Kapitel 2.8 eingegangen.

## **2.2 Geländearbeiten**

### **2.2.1 Profilaufnahmen**

Im ausgewählten Untersuchungsgebiet schließen sich die Geländearbeiten mit pedologisch-sedimentologischen Untersuchungen an, die den Ausgangspunkt der weiteren Arbeitsschritte darstellen. Die Öffnung eines 85 m langen und über 8 m hohen Profils am Oberhang des Zhongzuimao an einer nach Osten exponierten Terrasse erfolgte mit dem Spaten. Für die Analyse der mehrschichtigen Kolluvien stand so ein ausreichend großer Aufschluss zur Verfügung, der die Basis der Kolluvialfolge und das Ausstreichen der Schichten dokumentierte und mithin eine vollständige Rekonstruktion der mittel- und jungholozänen Erosionsprozesse gewährleistet.

Nach Glättung des Profils mit dem Kratzer und der Säuberung der Profilwand konnte der große Terrassenaufschluss systematisch mit Feldmethoden aufgenommen und mit maßstabsgetreuen Zeichnungen und Fotografien dokumentiert werden. Bei der Detailaufnahme von Profilen werden einzelne stratigraphische Einheiten, d. h. Bodenhorizonte (als Ergebnis der

Pedogenese) und Schichten (als Ergebnis von Sedimentationsprozessen) differenziert. Im Falle des Aufschlusses Zhongzuimao eigneten sich zur Unterscheidung von autochthonem und allochthonem Material vor allem die Lagerungsverhältnisse, Substrateigenschaften, pedogene Strukturen und die im jeweiligen Sedimentkörper eingebetteten Funde (Holzkohle, Keramikfragmente, Mollusken). Erfasst wurden Gefüge, Textur und Lagerungsdichte der differenzierten stratigraphischen Einheiten in Anlehnung an die deutsche bodenkundliche Kartieranleitung (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE 2005). Aufgrund der sehr geringen Farbunterschiede innerhalb des Terrassenprofils wurde auf eine exakte Identifikation der Bodenfarben verzichtet.

Ergänzend zur kolluvialen Sequenz am Hang Zhongzuimao wurden kleinere Schürfe an den Verlandungsdammfeldern in den Trockentälern am Hangfuß des Zhongzuimao geöffnet. Sie liefern detaillierte Informationen zu der Mächtigkeit, der Textur und dem Gefüge der Reservoirsedimente oberhalb der Verlandungsdämme im Untersuchungsgebiet Yangjuangou.

### **2.2.2 Vermessungen**

Die rezente Größe des oberirdischen Teileinzugsgebiets der Gartenterrasse am Zhongzuimao wurde mit einem D(ifferential-)G(lobal-)P(ositioning-)S(ystem) ermittelt. Die Einzugsgebiete der Terrassenkerne zu den unterschiedlichen Zeitpunkten wurden auf Basis der jeweiligen Terrassenausdehnung rekonstruiert. Die Elemente des großen Terrassenprofils (verfüllte Schluchten etc.) wurden mit einem Maßband vermessen. Die gewonnenen Daten dienen der quantitativen Rekonstruktion der Terrassengenese.

Die Größe des oberirdischen Gesamtwassereinzugsgebiets von Yangjuangou und des Teileinzugsgebiets des Reservoirs Guzhuangzi (XI) wurden mit Hilfe eines DGPS ermittelt. Ebenfalls wurden die Oberflächen der Verlandungsdammfelder im Untersuchungsgebiet Yangjuangou (Reservoir I bis Reservoir X) mit Ausnahme des Reservoirs II für die Bilanzierung der Sedimentvolumina in den Speicherbecken vermessen. Der Ermittlung der Einzugsgebiete der Verlandungsdammbecken liegt eine Kartenauswertung zu Grunde (vgl. Kap. 6.1.2).

### 2.3 Definition einer prozessbasierten relativen Stratigraphie

Sind die Profile im Gelände untersucht, können die Erosions- und Akkumulationsprozesse sowie die Bodenbildungsprozesse benannt werden und unter Berücksichtigung weiterer Aufschlüsse eine relative Chronologie der identifizierten Prozesse für das Untersuchungsgebiet abgeleitet werden.

### 2.4 Datierungen

Es folgte die Beprobung des Profils zur Gewinnung absoluter Zeitmarken, die eine Berechnung historischer mittlerer jährlicher Mindestbodenerosionsraten erlaubt. Zuvor wurden mögliche Verfahren zur Altersbestimmung für den Standort ausgewählt. Einen Überblick über die potentiell verfügbaren Datierungsmethoden geben GEYH (2005) und WAGNER (1995). Die Auswahl der Datierungsmethode im Methodenkanon der „vierdimensionalen Landschaftsanalyse“ (BORK et al. 1998) ist prinzipiell abhängig von der Art des jeweiligen Geoarchivs, den Erhaltungsbedingungen des Geoarchivs, der Befundsituation und dem zu erwartenden Alter des zu datierenden Materials. Im Rahmen der Dissertation wurde kolluviales Material am Hang und in den Verlandungsdammbecken untersucht und datiert, weshalb hier ausschließlich auf Möglichkeiten der Datierung von Kolluvien bzw. historischer Bodenerosionsprozesse eingegangen wird.

Prinzipiell kann zwischen der indirekten Datierung und der direkten Datierung von Verlagerungsprozessen unterschieden werden. Bei der indirekten Datierung geben datierbare Funde, z. B. mit der Radiokohlenstoffmethode datierte Holzkohlen oder physikalisch und archäologisch datierte Keramikfragmente, Auskunft über mögliche Zeiträume der Umlagerungsprozesse. Um bereits bei der Probennahme fehlerhafte Alterszuordnungen der stratigraphischen Einheiten zu vermeiden, sollten in nachträglich stark veränderten Bereichen, z. B. in Tiergängen, keine Objekte oder Proben zur Datierung entnommen werden. Werden in situ Funde datiert, z. B. Brandhorizonte oder Siedlungsrelikte in ihrer Ausgangslage an der alten Geländeoberfläche, liefern sie das Minimalalter der ehemaligen Oberfläche und ein Maximalalter der darüber liegenden Kolluvien. Ex situ Funde, die im Kolluvium eingebettet sind, geben das Maximalalter des Kolluviums an. Werden mehrere dieser Funde aus einer Schicht datiert, gibt die jüngste Datierung das mögliche Maximalalter des Kolluviums an. Bei der Interpretation der Funde ist zusätzlich zur Altersangabe die stratigraphische Lage des Artefaktes im Aufschluss zu berücksichtigen.

Im Gegensatz zu den indirekten Datierungsverfahren, z. B. der Radiokohlenstoffmethode oder der archäologischen Altersbestimmung von Artefakten, können direkte Datierungsverfahren wie die O(ptisch)-S(timulierte)-L(umineszens)-Methode explizit ein Datum der Bodenumlagerung liefern (LANG & HÖNSCHEID 1999, MAUZ et al. 2003). Auch chinesische Lössen wurden bereits mit dieser Methode datiert (ROBERTS et al. 2001). Die Datierung hängt u. a. wesentlich von der Bestrahlungsdauer des Sediments durch Tageslicht während der Umlagerungsprozesse und den anschließenden Ablagerungsbedingungen des Sediments ab.

Zur Absicherung der zeitlichen Einordnung der Schichten und Horizonte wurden in der vorliegenden Arbeit verschiedene Datierungsverfahren parallel eingesetzt: die Radiokohlenstoffdatierung von Holzkohle, die Cäsiumdatierung von Sediment sowie die archäologische Altersbestimmung von Keramikfragmenten. Um die möglichen Zeitfenster der Umlagerungsprozesse weiter einzugrenzen, wurden Mehrfachdatierungen innerhalb einer Schicht vorgenommen. Das jüngste ermittelte Alter innerhalb einer Schicht bestimmt das wahrscheinlichste Datum des Erosions- und Akkumulationsprozesses.

#### **2.4.1 Radiokohlenstoffdatierung**

Das Datierungsverfahren von Holzkohle mittels Radiokohlenstoff wird in zahlreichen Publikationen beschrieben (GEYH 2005, WAGNER 1995). Aus dem Terrassenprofil am Zhongzuimao wurden in der Geländekampagne Holzkohleflitter geborgen und anschließend von Prof. Dr. P. M. Grootes vom Leibniz Institut für Isotopenforschung und Altersbestimmung an der Universität Kiel mittels der Radiokohlenstoffmethode datiert. Bei der Interpretation der  $^{14}\text{C}$ -Datierungsergebnisse ist allgemein auf das Altholzproblem zu achten (WAGNER 1995: 91).

#### **2.4.2 Cäsiumdatierung**

Die Bestimmung der  $^{137}\text{Cs}$ -Aktivität in unterschiedlichen Tiefen der Terrasse ermöglichte eine jüngere absolute Zeitmarke. Die  $^{137}\text{Cs}$ -Aktivitäten der Kolluvien der Terrasse wurden vom Team von Prof. Dr. Y. Li am Institute for Agricultural Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Agricultural Science (CAAS) in Beijing gemessen.  $^{137}\text{Cs}$  ist ausschließlich anthropogen und wurde weltweit vor allem durch oberirdische Atombombentests seit Mitte der 1950-er Jahre und durch den Unfall im Atomkraftwerk in Tschernobyl 1986 freigesetzt (WALLING & QUINE 1993: 16). Die freigesetzten Cäsiumisotope wurden aus der Atmosphäre „ausgewaschen“ und an der

Geländeoberfläche von Bodenpartikeln absorbiert. In der vorliegenden Studie hat die Cäsiumdatierung ausschließlich qualitativen Charakter. Das Isotop wird aber auch als Tracer zur Quantifizierung junger Bodenerosion eingesetzt (ZHANG et al. 1997, WALLING et al. 2002). Dabei wird davon ausgegangen, dass einmal von Bodenpartikeln absorbiertes Cäsium ausschließlich partikelgebunden transportiert wird und daher junge Bodenverlagerungen dokumentieren kann. Voraussetzung für eine Bilanzierung der Bodenerosion (z. B. LI et al. 2003c) auf Basis eines Vergleichs von  $^{137}\text{Cäsium}$ -Aktivitäten eines Referenzstandorts mit  $^{137}\text{Cäsium}$ -Aktivitäten an einem angereicherten Standort (Akkumulationsstandort) ist eine gleichmäßige Absorption des Cäsiumisotops auf der Geländeoberfläche (WALLING & QUINE 1993, BORK et al. 1998).

### **2.4.3 Archäologische Altersbestimmung**

Während der Geländekampagne am Zhongzuimao konnten ebenfalls Keramikfragmente freigelegt und zu Datierungszwecken entnommen werden. Die archäologische Altersbestimmung der Fragmente führte Prof. Dr. M. Wagner am Deutschen Archäologischen Institut (DAI) in Berlin durch. Sie stellt ein indirektes Datierungsverfahren dar. Es basiert auf Dekor- und Materialvergleichen und dem Vergleich von Gefäßformen. Dabei werden Funde bekannten Alters mit ihren Charakteristika mit Grabungsfunden unbekanntes Alters verglichen und zeitlich eingeordnet. Die im Rahmen dieser Studie datierten Scherben aus den Kolluvien waren sehr klein und ließen deshalb kaum Rückschlüsse auf Gefäßformen zu. Die Bestimmung erfolgte daher überwiegend mittels Dekor- und Materialvergleichen (Typologie).

### **2.4.4 Experteninterviews**

Zur Abschätzung der fluviatilen Bodenerosionsraten in Yangjuangou und in Ermangelung von Schriftquellen zum Verlandungsdammbau der letzten 50 Jahre in Yangjuangou, wurden die Dorfbewohner anhand einer Übersichtsdarstellung nach dem Jahr des jeweiligen Dammbaus und Jahr der ersten Reservoirverfüllung befragt. Informationen zur jungen Landnutzungsgeschichte in Guzhuangzi lieferte ein Interview mit dem lokalen Landwirtschaftsexperten in Yangjuangou, Herrn MA. Die Aussagen des Interviewpartners wurden durch Befragungen weiterer Dorfbewohner bestätigt. Das Interview wurde vom chinesischen Kooperationspartner Prof. Y. Li gedolmetscht.

## 2.5 Ergänzende Laboranalysen

Zur physikalischen und chemischen Charakterisierung der identifizierten Horizonte und Schichten der Profile werden die bei der Geländeansprache ermittelten Eigenschaften im Labor verifiziert. Auf die Durchführung bodenkundlicher Analytik, z. B. der Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung, des pH-Werts oder der spezifischen Dichte des Substrates, konnte im Rahmen dieser Arbeit aufgrund vorhandener Analysen der Bodeneigenschaften verzichtet werden. In der vorliegenden Studie wird Bezug auf die Bodenuntersuchungen von SCHINDLER et al. (2004) genommen.

## 2.6 Fertigstellung der prozessbasierten absoluten Stratigraphie

Ausgehend von den Geländebefunden, den absoluten Datierungen und Experteninterviews konnte eine absolute Stratigraphie erarbeitet werden. Übereinstimmungen und mögliche Widersprüche der Befunde wurden festgestellt. Für die Darstellung der Ergebnisse der prozessbasierten Landschaftsrekonstruktion am Zhongzuimao wurden Phasenzeichnungen mit dem Programm Corel Draw Version 11 erstellt (vgl. z. B. Abb. 11 a-i).

## 2.7 Quantifizierung der Bodenumlagerungen - Bilanzen

*Erosionsformen* wie z. B. Schluchten können für die Rekonstruktion von Bodenerosionsraten herangezogen werden. Dabei wird die Erosionsform im Gelände oder in Luftbildern vermessen und das Ausraumvolumen ermittelt. Die verbliebene Hangform beiderseits der Kerbe gestattet meist eine Rekonstruktion des Ausgangsreliefs vor der linienhaften Bodenerosion. Die Qualität der quantitativen Rekonstruktion der Bodenerosionsraten auf Basis der Erosionsformen kann durch die Einbeziehung der korrelativen Akkumulationsbereiche erhöht werden.

Eine weitere Bilanzierungsgrundlage stellen *Akkumulationsbereiche* beispielsweise am Unterhang, am Hangfuß oder in einer Senke dar. Die Analyse von Hangkolluvien und Auensedimenten (Reservoirsedimenten) liefert Mindesterosionsbeträge für die durch Bodensedimente nachgewiesenen Erosionsereignisse (BORK et al. 1998). Diese Bilanzen geben die mittlere jährliche fluviatile Mindestbodenerosionsrate bezogen auf das zugehörige oberirdische Wassereinzugsgebiet an. Kleine Einzugsgebiete eignen sich besonders für diese Feststoffbilanzen, da Mehrfachumlagerungen der Sedimente seltener auftreten (vgl. LANG & HÖNSCHEID 1999).



Die Massenbilanzen der vorliegenden Arbeit wurden vorgenommen auf Basis der Stratigraphien unter Berücksichtigung der zugehörigen Liefergebiete, d. h. kleinen oberirdischen Wassereinzugsgebieten. Die fluviatilen Feststoffbilanzen beziehen sich auf den absoluten Abtrag von Boden und die absolute Sedimentmasse. Die fluviatilen Bodenerosionsraten beschreiben den flächenbezogenen Bodenabtrag. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Kolluvien einer Ackerterrasse am Südhang des Riedels Zhongzuimao und die Reservoirsedimente der Verlandungsdammfelder im westlichen Tal des Einzugsgebietes Yangjuangou erfasst.

Die Bilanzen wurden in folgenden Arbeitsschritten berechnet:

1. Ermittlung der Volumina der identifizierten Schichten [ $\text{m}^3$ ]:  
Grundlage der Berechnung waren die in den Aufschlüssen bestimmten mittleren Mächtigkeiten der Schichten [m] und die räumliche Verbreitung der Schichten in den Sedimentationsgebieten [ $\text{m}^2$ ], vermessen mit einem DGPS.
2. Bestimmung der Masse der Schichten [t]:  
Die berechneten Schichtvolumina [ $\text{m}^3$ ] wurden mit der mittleren Lagerungsdichte [ $\text{g cm}^{-3}$ ] der jeweiligen Schicht multipliziert.
3. Bestimmung der mittleren jährlichen Bodenerosionsrate, volumenbezogen [ $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$ ]:  
Auf der Basis der zuvor erstellten absoluten, prozessbezogenen Stratigraphie wurden die wahrscheinlichsten Ablagerungszeiträume der Schichten [a] eingegrenzt und die mittleren jährlichen Bodenerosionsraten für jede Schicht kalkuliert.
4. Bestimmung der mittleren jährlichen Bodenerosionsrate, mengenbezogen [ $\text{t a}^{-1}$ ]:  
siehe 3.
5. Bestimmung der mittleren jährlichen Bodenerosionsrate, volumen- und flächenbezogen [ $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ]: Zur volumen- und flächenbezogenen Abschätzung der Bodenerosion wurden die Liefergebiete der Schichten [ha] festgestellt und deren Größe durch Auswertung von topographischen Karten und ergänzenden Vermessungen mit DGPS im Gelände bestimmt.
6. Bestimmung der mittleren jährlichen Bodenerosionsrate, mengen- und flächenbezogen [ $\text{t ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ]: Ausgehend von der volumen- und flächenbezogenen jährlichen Bodenerosionsrate wurde unter Einbeziehung der mittleren Lagerungsdichte des Substrates die mengen- und flächenbezogene Erosionsrate ermittelt.

## **2.8 Analyse von Schriftquellen und weiteren Daten**

Zeitgenössische Dokumente, d. h. historische Landkarten, Chroniken oder alte Tagebücher, können lokale Informationen zur historischen Landnutzung, ihrem Wandel und lokalen Ursachen enthalten. Dies gilt ebenfalls für lokale (extreme) Witterungsereignisse (BORK et al. 1998, ZHANG D. 1991). Die Analyse von Schriftquellen im Kontext der vorliegenden Arbeit gestaltete sich sehr schwierig: Zunächst bleibt anzumerken, dass zahlreiche Informationen bislang ausschließlich auf Chinesisch publiziert wurden und somit nur in Zusammenarbeit mit Sinologen ausgewertet werden können. Zum anderen ist die Verfügbarkeit in China publizierter, auch englischsprachiger Literatur, innerhalb und außerhalb Chinas stark eingeschränkt. Hinzu kommt die Qualität der Informationen, die Geheimhaltung oder bewusste Manipulation von Daten aus politischen Gründen. Besonders gilt dies für die neuere Geschichte, etwa für die Periode des „Großen Sprungs nach Vorne“, in der das statistische Berichtswesen nahezu vollständig zum Erliegen kam. Bis zum heutigen Tag sind parteiinterne Informationen in Archiven unter Verschluss. In dieser Arbeit wird daher überwiegend auf internationale, in westlichen Sprachen publizierte Studien Bezug genommen.

Bei Untersuchungen in Mitteleuropa (BORK et al. 1998, DREIBRODT 2005) werden häufig lokale paläoökologische Kenntnisse aus Pollenanalysen oder archäologischen Grabungen in die Rekonstruktion der holozänen Bodenerosionsgeschichte zur Identifikation der historischen Landnutzungstypen und zur Siedlungs- und Kulturgeschichte des Untersuchungsstandortes eingebunden. Bislang konzentrieren sich die chinesischen Untersuchungen im Gebiet Yangjuangou in der Provinz Shaanxi auf Fragen der rezenten Erosion, weshalb die vorgelegte Literatursauswertung zum Landschaftswandel im Lößplateau als ein Versuch der räumlichen und inhaltlichen Annäherung an das Untersuchungsgebiet zu verstehen ist.

## **2.9 Abschließende Interpretation**

Die Detailinformationen aus den Felduntersuchungen, den Datierungen und Experteninterviews werden zu einem Bild der vier-dimensionalen holozänen Landschaftsentwicklung des Untersuchungsstandortes zusammengefügt. Einen Überblick über die durchgeführten Arbeitsschritte gibt Tabelle 1.

Tab. 1: Durchgeführte Arbeiten im Untersuchungsgebiet Yangjuangou.

Methoden	Zhong-zuimao	Reservoir im westlichen Tal des Einzugsgebietes Yangjuangou											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Geländearbeiten	kleine Aufschlüsse	X		X	X	X					X		X
	Detailprofil-aufnahme	X											
	Vermessung (DGPS)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Vermessung (Maßband)	X		X									
Datierungen	Radiokohlenstoffdatierung	X											
	Cäsiumdatierung	X											
	archäologische Datierung	X											
	Experteninterview	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bilanzen	fluviatile Feststoffbilanz	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	fluviatile Boden-erosionsraten	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

### 3 Das nordchinesische Lößplateau

#### 3.1 Lage und Genese

Lösse bedecken in China das Lößplateau und kleine Inseln im Nordosten im Hochland von Tibet und in der großen nordchinesischen Tiefebene (MÜLLER 1997). Das Lößplateau (Abb. 1), die flächenmäßig größte Lößakkumulation erdweit, erstreckt sich im Norden Chinas, überwiegend nördlich 34° nördlicher Breite. Es umfasst weite Teile der Provinzen Shaanxi, Shanxi, Gansu und Ningxia. Im Osten begrenzen Taihang Shan, im Westen Qilian Shan und Qinghai-Nanshan, im Süden das Qinling Shan Gebirge das Lößplateau. Im Norden geht das Lößplateau in die Wüstengebiete der Inneren Mongolei über (DERBYSHIRE 1983:

172). Die Angaben zur Größe des Lößplateaus in der Literatur variieren z. B. zwischen 400000 km<sup>2</sup> (DERBYSHIRE & MENG 2000: 47) und 317000 km<sup>2</sup> (DERBYSHIRE 2001: 237). Lößmächtigkeiten von 50-100 m sind häufig. Die bislang größte identifizierte Mächtigkeit beträgt 505 m und wurde nördlich von Lanzhou in der Provinz Gansu kartiert (DERBYSHIRE & MENG 2000: 47). Das Lößplateau weist eine mittlere Höhe von 1000-2000 m ü. d. M. auf (CAI 2001: 53). Die mittleren Höhen des Lößplateaus nehmen von Nordwesten nach Südosten ab (CAI 2001: 53).

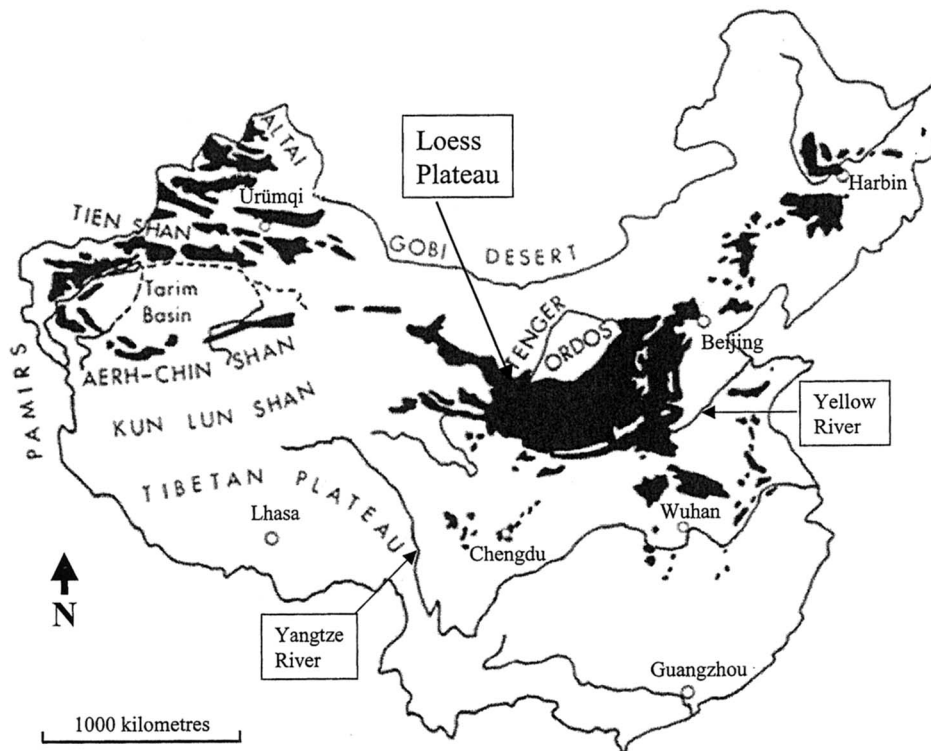


Abb. 1: Lage des chinesischen Lößplateaus und Verbreitung von Löß in China. (nach PYE 1987, aus: HESSEL 2002: 20)

Das Lößplateau wird vom zweitlängsten Fluss Chinas durchflossen. Der Huang He entspringt im tibetanischen Kunlun-Gebirge, durchfließt anschließend das Lößplateau, tritt in der Provinz Henan in die nordchinesische Ebene ein und mündet heute in der Nähe der Halbinsel Shandong an der Bo Hai Bucht ins Gelbe Meer (AMELUNG 2000: 3). Der Gelbe Fluss hat mehrmals seine Mündung verlagert. Die chinesische Geschichtsschreibung geht von mindestens sechs größeren Flussbettverlagerungen im Zeitraum von 602 v. Chr. bis 1855 n. Chr. aus (AMELUNG 2000: 6, siehe auch XU 1989, ZHANG et al. 1990). Der Gelbe Fluss transportiert jährlich eine Menge von etwa  $1,1 \times 10^9$  t Sediment (MILLIMAN et al. 1987: 752), was etwa 7% des jährlichen fluvialen Sedimenteintrags aller großen Flüsse weltweit in die Ozeane entspricht (MILLIMAN & MEADE 1983: 1). Etwa 90% der Schwebstoffe des Gelben Flusses werden im Lößplateau erodiert (REN & SHI 1991: 2, ZHANG et al. 1990: 207).

Die Korngrößenzusammensetzung des Malan-Lösses im chinesischen Lößplateau weist vergleichsweise hohe Sandgehalte im Nordwesten und nach Südosten hin zunehmende Tongehalte auf. Seine Mächtigkeit nimmt von Nordwesten nach Südwesten hin ab (LIU & CHANG 1964, DERBYSHIRE 1983, WEN et al. 1987). Dies lässt vermuten, dass der Löß seinen Ursprung im Nordwesten des heutigen Lößplateaus hat. Eine Übersicht zur Diskussion der Ursprungsgebiete der Lösses findet sich bei SUN (2002). Welche Faktoren zur Entstehung des Lößplateaus führten, ist bis heute nicht abschließend geklärt. ZHANG et al. (1991) nennen drei Faktorenkomplexe: a) den Ostasiatischen Monsun, b) die Topographie des Ablagerungsraumes, c) die Lage des Lößplateaus. Löß, ein äolisches Sediment, zeichnet sich durch hohe Gehalte an Schluff aus. Die genannten Autoren (ZHANG et al. 1991) benennen ebenfalls drei Prozesskomplexe für die Produktion des Schluffs: 1.) Schluff als Endprodukt der physikalischen Verwitterung von Festgestein in ariden Gebieten im Nordwesten Chinas 2.) Schluff, entstanden durch das Mahlen von Gletschern im Quartär 3.) Schluff als Ergebnis von Frost- und Tauprozessen in den periglazialen Gebieten (siehe auch DERBYSHIRE & MENG 2000).

### 3.2 Geologie und Geomorphologie

Im chinesischen Lößplateau lagert sich Löß seit dem Beginn des Pleistozäns, seit ca. 2,5 Millionen Jahren (AN et al. 1991: 29) auf der spätpliozänen Formation „Roter Ton“ ab (KUKLA 1987: 192). Während des Pleistozäns und des Holozäns akkumulierten verschiedene Lösses (Tab. 2). Die größte Verbreitung im Lößplateau weist der Malan-Löß auf, der bis zu 60% des heutigen Lößplateaus bedeckt (LIU 1985 zit. in DERBYSHIRE & MENG 2000: 49).

Tab. 2: Allgemeine Stratigraphie der chinesischen Lösses. (stratigraphische Einheiten nach KUKLA & AN 1989: 204, zeitliche Einordnung nach DERBYSHIRE & MENG 2000: 48-49)

Geologisches Alter		stratigraphische Einheit	weitere Bezeichnung
frühes Holozän	0,1 Ma-5 ka BP	Malan-Löß	gelber Löß, junger Löß
Jungpleistozän			
mittleres Pleistozän	1,15-0,1 Ma BP	Lishi-Löß	roter Löß, alter Löß
Ende frühes Pleistozän			
Anfang frühes Pleistozän	2,4-1,15 Ma BP	Wucheng-Löß	

Das Relief des Lößplateaus gliedert sich großräumig in drei Einheiten. Im Norden befindet sich das Ordosplateau, in der Mitte das Lößhügelland und der Süden des Plateaus ist durch das Becken des Wei-Flusses geprägt. Im Osten schließt das Plateau an die Nordchinesische Tiefebene eine große Schwemmlöbsebene an. Die Morphologie des Lößplateaus beschreiben die Chinesen traditionell mit den Begriffen „Yuan“, „Liang“ und „Mao“. In die ursprünglich unzerschnittenen Hochflächen schnitt Erosion scharfkantige tiefe Schluchten ein (Yuan-Relief). Findet weiterhin Erosion statt, können sich die Riedel zwischen den Tälern zu langgestreckten Rücken zurunden (Liang-Relief). Schreitet die Erosion weiter fort und ermöglicht das Ausgangsrelief eine kleinteilige Zerschneidung, können aus einem Rücken mehrere „Mao-Hügel“ entstehen (MÜLLER 1997: 33). Während des 7.-10. Jh. n. Chr. (Tang-Dynastie, Übersicht zu Dynastien als Anhang beigefügt) waren zahlreiche Hochflächen weniger zerschnitten als heute. Ein Beispiel ist Dongzhi Yuan im Osten der Provinz Gansu. Im 7. Jh. n. Chr. umfasste die Fläche dort 1051 km<sup>2</sup>, heute nur noch 412 km<sup>2</sup> (REN & ZHU 1994: 316). Aus dem Luochuan Yuan in der Provinz Shaanxi entwickelten sich sechs kleine Reliefeinheiten (REN & ZHU 1994: 316). Der Yuan-Relieftyp ist vor allem entwickelt im Süden Shaanxis und in West-Gansu (DERBYSHIRE & MENG 2000: 28-30). Das Liang-Relief prägt weite Teile Nord-Shaanxis und Shanxis. Der Mao-Relieftyp dominiert Bereiche in der Provinz Shanxi in der Nähe des Huang He (DERBYSHIRE & MENG 2000: 28-30).

### **3.3 Klima**

#### **3.3.1 Holozäne Klimageschichte**

Paläoklimatische Untersuchungen fehlen vollständig für das Untersuchungsgebiet Yangjuangou und Umgebung. Paläoklimatische Rekonstruktionen stützen sich allgemein auf die Auswertung verschiedener Archive, z. B. Geoarchive (Sedimente, Paläoböden), Bioarchive (Pollen) oder für die jüngste Zeit Schriftquellen (Chroniken). Die Auswertung von Geoarchiven im Lößplateau konzentriert sich auf die Analyse von Sedimenten und Paläoböden (z. B. KUKLA 1987, AN et al. 1991). Pollenprofile wurden aufgrund schlechter Erhaltungsbedingungen im Löß seltener erarbeitet. Die themenspezifische Auswertung von Schriftquellen ist nur eingeschränkt möglich und erfordert althilologische Kenntnisse der lokalen chinesischen Sprachen. Die mittel- und jungholozäne „regionale“ Klimageschichte des chinesischen Lößplateaus ist bislang nur in Ansätzen aufgearbeitet. Die Größe des Lößplateaus erschwert räumlich präzise Aussagen.

HE et al. (2004) haben die holozänen Klimaphasen im Lößplateau grob umrissen (vgl. auch Abb. 21). LIU (1988: 17) unterstreicht die Dreigliederung des Holozäns auf Basis von

Pollenanalysen aus Nord- und Nordost-China. Im Sinne einer Hintergrundinformation zum besseren Verständnis der vorgelegten Untersuchungen dient ihre Skizze als Grundlage und wird durch weitere Quellen fragmentarisch ergänzt. Für die Einordnung der holozänen Landschaftsrekonstruktion in Yangjuangou im zentralen Lößplateau sind Aussagen auf verschiedenen Zeitskalen von Bedeutung: langfristige Trends und mittelfristige Schwankungen (Jahrtausende bis Jahrhunderte) z. B. im Kontext von Phasen der Pedogenese ebenso wie kurzfristige Schwankungen (Jahre bis Stunden) bzw. Ereignisse im Kontext linienhafter Bodenerosion. Die folgende Darstellung konzentriert sich aufgrund der Datenlage auf die mittelfristigen Klimaveränderungen im Holozän.

Drei große Perioden werden von HE et al. (2004: 344) unterschieden:

**Frühholozän (~11000-8000 BP):** Auf Grundlage von Pollenanalysen im Mündungsbereich des Huang He vermuten YI et al. (2003: 626) eine Erwärmung im Einzugsgebiet des Gelben Flusses zu Beginn des Holozäns im Zeitraum von 11000-9800 cal BP. HE et al. (2004) charakterisieren das Frühholozän (10000-8000 BP) als kalt und trocken.

**Mittelholozän (~8000-4000 BP):** Im Zeitraum von 8000-7000 BP fand eine starke Zunahme der Temperatur und der Niederschläge statt (HE et al. 2004). Eine warme und feuchte Phase mit dem holozänen klimatischen Optimum um 5000 BP schloss sich an (HE et al. 2004). AN et al. (1991: 35) gehen auf Basis von Löß- und Paläobodensequenzen ebenfalls von einer Zunahme der Niederschläge und einer Erwärmung im Mittelholozän im Vergleich zum Frühholozän aus. HUANG et al. (2000) weisen eine regionale Ariditätsphase um 6000 BP bis 5000 BP für das Guanzhong Becken nahe Xi'an im südlichen Lößplateau nach.

**Jungholozän (~4000 BP - heute):** HE et al. (2004) charakterisieren das Jungholozän im Vergleich zum Mittelholozän allgemein als kühler und trockener. YI et al. (2003: 626) dokumentieren mehrere kleine sekundäre Klimaschwankungen im Jungholozän. Sie datieren kältere Phasen für die Zeiträume von 4500-2700 BP, von 2300-1700 BP und um 210 cal BP. Wärmere Zeiträume belegen sie für 2700-2300 cal BP und 1700-1300 cal BP. Zu sekundären Klimaschwankungen Chinas in den letzten 1000 Jahren wertete ZHANG (1991: 551) Schriftquellen aus. Er stellte dabei fest, dass „...die mittleren Jahrestemperaturen in den meisten Gebieten [Chinas; Anm. C. Dahlke] mehr als 3 °C unter der des [holozänen klimatischen; Anm. C. Dahlke] Optimums lagen, insbesondere im 12. Jh., 13. Jh., 17. Jh. und 19. Jh., die die kältesten der letzten 5000 Jahre waren.“

### 3.3.2 Rezenten Klima

Das rezente Klima des Lößplateaus wird wesentlich von der Ostasiatischen Monsunzirkulation bestimmt (ZHANG & LIN 1992, ROST 1998, DERBYSHIRE et al. 2000), deren Kennzeichen jahreszeitlich wechselnde Hauptwindrichtungen und damit verbunden saisonal unterschiedliche Witterungsbedingungen sind. Im Winter strömt kalte, trockene Luft aus dem Hochplateau von Tibet nach Nord-China (DERBYSHIRE et al. 2000: 37). Im Winter blasen trockene Winde schluffhaltiges Substrat aus dem Nordwesten Chinas auch heute noch in das Gebiet des Lößplateaus (DERBYSHIRE et al. 2000: 37). Im Lößplateau fällt in dieser Zeit nur wenig Niederschlag (ROST 1998: 22). Während des Sommermonsuns fließt warme, feuchte Luft vom Indischen Ozean und vom Südchinesischen Meer ins Landesinnere (ZHANG & LIN 1992). Im Lößplateau kommt es dann häufig zu Starkregenereignissen (ROST 1998). Die Summen der Jahresniederschläge (Abb. 2) nehmen generell von Südosten nach Nordwesten hin ab (ZHANG & LIN 1992, ROST 1998, HEILIG 1999).

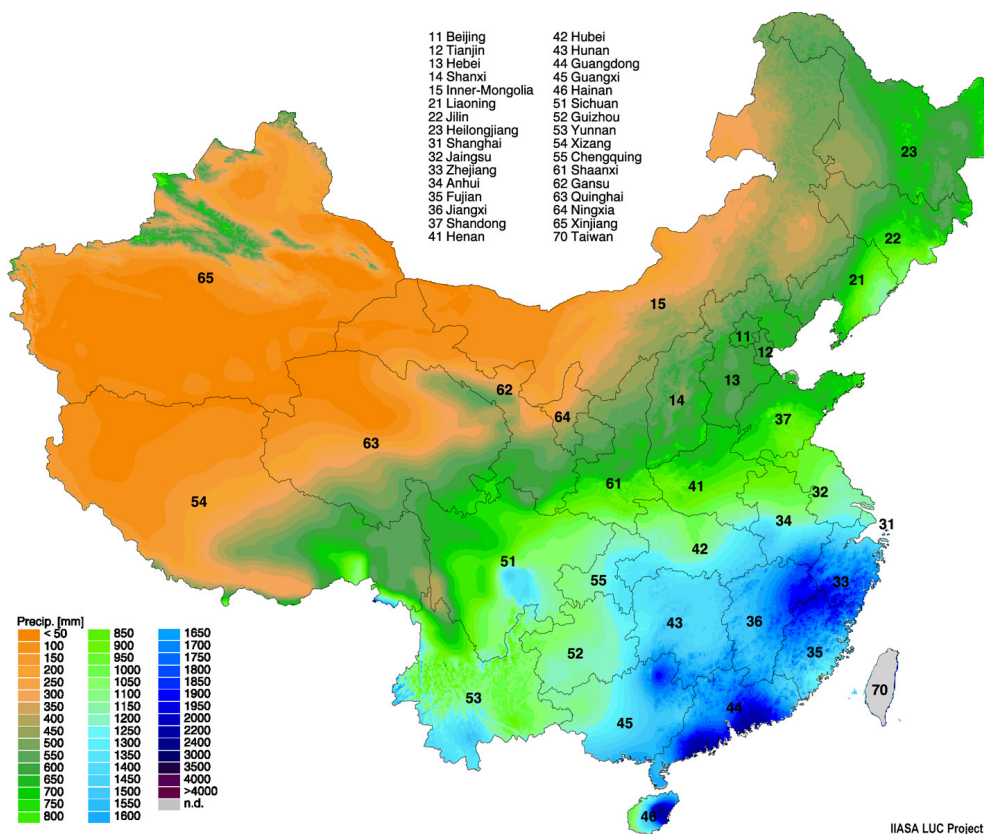


Abb. 2: Verteilung der mittleren Jahresniederschläge in China. (nach: LEEMANS & CRAMER 1991, BODENKUNDLICHES INSTITUT DER ACADEMIA SINICA 1986, aus: HEILIG 1999)



### 3.4 Vegetation

#### 3.4.1 Holozäne Vegetationsgeschichte

Die Art und die Dichte der Vegetationsbedeckung sind entscheidende Faktoren für das Auftreten von Bodenerosion (z. B. BORK et al. 1998, PIMENTEL & KOUNANG 1998, SHI & SHAO 2000, LI 1992). Bodenerosion ist nach der Definition von BORK (vgl. Kap. 1.2, BORK et al. 1998) an das Zusammentreffen von starken Niederschlägen und eine zumindest zeitweise schütterere Vegetationsbedeckung der Bodenoberfläche oder an eine vegetationsfreie Geländeoberfläche geknüpft; dies ermöglicht einen messbaren Bodenabtrag. SHI & SHAO (2000: 13) weisen diesen Sachverhalt explizit für die steilen Hänge des Lößplateaus nach. In Gebieten mit dichter Vegetationsbedeckung findet wenig bis keine Erosion statt (vgl. auch REN & ZHU 1994: 316, LI et al. 2003c). HESSEL (2002) unterstreicht dies für das Einzugsgebiet Danangou in der Provinz Shaanxi. LIU (1981: 139) dokumentiert eine Reduktion des Oberflächenabflusses im Lößplateau durch Waldbedeckung von etwa 30-50%.

Der Aspekt der Bewaldung des Lößplateaus ist bislang nur in Ansätzen erforscht und wird in der Literatur kontrovers diskutiert. REN & BEUG (2002: 1418-1419) gehen von einer Bewaldung des südöstlichen Lößplateaus und der nördlichen Nordchinesischen Ebene im Zeitraum 8000-6000 BP aus, die ca. 4000 BP endete. YI et al. (2003) vermuten auf Basis palynologischer Untersuchungen im Mündungsbereich des Gelben Flusses eine gräserdominierte Steppenlandschaft im Spätpleistozän (12000 cal BP) im Einzugsgebiet des Gelben Flusses. Im Zuge der Erwärmung kam es ihren Untersuchungen zufolge im Einzugsgebiet des Huang He zur Entstehung immergrüner und sommergrüner Laubwälder. Eine umfangreiche Auswertung von Pollenprofilen von 80 Standorten in Nord- und Nordost-China deutet ebenfalls auf die Existenz von Wäldern im Lößplateau hin (LIU 1988). Für das Vorhandensein von „Wäldern“ zumindest in Teilgebieten des Lößplateaus sprechen auch historische Schriftquellen (vgl. ELVIN 2004, FANG & XIE 1994). Für das Untersuchungsgebiet Yangjuangou in der Provinz Shaanxi liegen bisher keine lokalen vegetationskundlichen Erkenntnisse vor. Die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Untersuchungen von Kolluvien weisen jedoch auf eine zumindest partielle lokale Zerstörung der Vegetationsbedeckung vor mehr als 4700 Jahren am Zhongzuimao hin.

Geht man von einer partiellen oder vollständigen Bewaldung des Lößplateaus aus, stellt sich die Frage nach den Ursachen der Entwaldung und ihrer Chronologie. Nach REN (2000) begann die Abnahme der Waldflächen um etwa 5000 BP im Mittel- und Unterlauf des Gelben Flusses. Hingegen sei nördlich, nordöstlich und nordwestlich dieser Region der Rückgang der

Wälder, dokumentiert durch die Abnahme von Baumpollen in Profilen, deutlich später zu verzeichnen. Im nördlichsten Teil Nordost-Chinas und in einigen Gebieten West-Chinas sei (fast) keine Entwaldung in den letzten 5000 Jahren nachzuweisen. Aus Sicht von REN (2000) ist das zeitliche und räumliche Muster der Abnahme von mittel- bis spätholozänen Wäldern nicht mit klimatischen Veränderungen alleine erklärbar. Er vermutet einen Zusammenhang mit der Ausbreitung der Landwirtschaft und Entwaldung ausgehend vom Lößplateau um 5000 BP in Süd-Shaanxi und Süd-Liaoning. Diese These müsse, so REN (2000), jedoch infolge der schmalen Datenbasis mittels weiterer Profilanalysen überprüft werden. YI et al. (2003) vermuten eine anthropogene Veränderung der Vegetation im Einzugsgebiet des Gelben Flusses überwiegend um 4000 cal BP und 1300 cal BP, dokumentiert in Profilen im Deltagebiet des Huang He.

Die Auswertung historischer Schriftquellen erlaubt weitere Einblicke in die Vegetations- bzw. Entwaldungsgeschichte des chinesischen Lößplateaus. FANG & XIE (1994: 983) gehen von einer Bedeckung des Lößplateaus mit Gräsern und Bäumen bis mindestens zur Westlichen-Han-Periode (206 v. Chr. - 8 n. Chr.) aus. Im Anschluss daran konstatieren sie eine Zerstörung der Vegetationsdecke, überwiegend durch anthropogene Einflüsse. Auf der Basis historischer Dokumente führen sie ebenfalls vier Hauptgründe für die anthropogene, „nationsweite“ Zerstörung der Vegetationsdecke im vorindustriellen China an: Rodungen zur Gewinnung von Feuerholz für die Küche, Rodungen zur Herstellung von Holzkohle zu Heizzwecken im Winter, die Beseitigung der dichten Vegetationsdecke zur Schaffung von freien Flächen für Siedlungen und die Landwirtschaft und Rodungen zur Gewinnung von Holz für den Hausbau z. B. auch zur Herstellung von Ziegeln für die Reparatur der Großen Mauer (FANG & XIE 1994: 984-986).

In der Zhou-Dynastie (1100-256 v. Chr.) gab es historischen Schriftquellen zufolge Personen, die mit Rodungen und der „Beseitigung“ von Wiesen beauftragt waren (FANG & XIE 1994: 985). Der Bau und Reparaturen der Großen Mauer im Norden des Lößplateaus (EDITORIAL COMMITTEE OF CHINA'S PHYSICAL GEOGRAPHY 1982, zit. in FANG & XIE 1994: 986) und Kriege haben vermutlich ebenfalls zur Entwaldung beigetragen. REN & ZHU (1994: 315) weisen auf die Umbenennung des heute unter dem Namen „Gelber Fluss“ bekannten Gewässers hin. Ihrer Meinung nach sei der ehemalige „Da He“ (Große Fluss) erst seit dem 7. Jh. v. Chr. (Tang-Dynastie) als Folge seiner hohen Sedimentfracht in „Huang He“ (Gelber Fluss) umgetauft worden. ELVIN (2004: 24) vermutet die Umbenennung des Flusses in „Gelber Fluss“ ca. 2000 BP. Die Namensänderung eines Flusses vollzog sich auch in

unmittelbarer Nähe des Untersuchungsgebietes Yangjuangou. Der „Yan He“ (schlammiger Fluss) wurde um 2000 BP noch „klarer Fluss“ genannt (REN & ZHU 1994: 315).

Als Ursache für die massive Veränderung der Sedimentfracht des Huang He vermutet ELVIN (2004: 24) die Ausweitung der Landwirtschaft im Nordwesten Chinas in der Qin-Periode (221-206 v. Chr.) und der Han-Zeit (206 v. Chr. - 220 n. Chr.), sowie das Fällen von Holz für die Hauptstädte in Nordwest-China. CHEN (1999: 91) geht auf Basis von Schriftquellen davon aus, dass bereits 475-221 v. Chr. nur noch wenige Wälder auf dem Lößplateau existierten. CHEN (1999: 91) berichtet vom Beginn der Rodungen in den Qinling Bergen während der Qin- und Han-Zeit zum Bau von Palästen, ebenso wie Rodungen in den Luliang Bergen im Zusammenhang mit dem Wiederaufbau der Stadt Luoyang in der Wei-Dynastie und Jin-Dynastie. Weitere Entwaldungsphasen fanden statt. Beispielsweise war dies im 6. Jh. n. Chr. der Fall, als Bauern in den Süden wanderten. Auch um das 16. Jh. n. Chr. wurde umfangreich Wald gerodet für den Bau der Großen Mauer und Landerschließungen im Zusammenhang mit einem Bevölkerungsanstieg. In der Mitte des 18. Jh. n. Chr. kam es im Zuge erneuter Landerschließung und eines anhaltenden Bevölkerungsanstiegs zu weiteren Rodungen (FANG & XIE (1994: 991).

### **3.4.2 Rodung und Aufforstung im Kontext des „Großen Sprungs“**

In jüngerer Vergangenheit vor etwa 50 Jahren bedingten politische Entscheidungen während des „Großen Sprungs nach Vorne“ Rodungen. Am 18. November 1957 kündigte Mao Zedong in Moskau an, dass China England in der Produktion von Stahl und anderen Produkten in nur 15 Jahren überholen werde (YANG 1996: 34). Expandierende Hinterhofschemelzöfen für die Eisen- und Stahlerzeugung, die Ende Oktober 1958 bereits insgesamt 60 Millionen und drei Monate später schon 90 Millionen Menschen (ZHANG & LI 1998 und FRIEDMAN et al. 1991, zit. in SHAPIRO 2001: 81) beschäftigten, ließen den Energiebedarf kurzfristig rapide steigen. Ausgedehnte Wälder und selbst junge Windschutzpflanzungen wurden zum Befeuern der Hinterhofschemelzöfen gerodet (RICHARDSON 1990: 95).

Über den Rodungsumfang im Lößplateau in der Zeit des „Großen Sprungs nach Vorne“ liegen keine flächendeckenden, verlässlichen Angaben vor, da das statistische Berichtswesen beinahe zum Erliegen kam und Archive bis heute unter Verschluss sind. Ein Einzelbeispiel aus der Provinz Ningxia, im Kreis Guyuan, belegt lokal einen massiven Rückgang des Waldbestands um 20% auf insgesamt 3,6% der Gesamtfläche (BETKE 1987: 56). SHAPIRO (2001: 82) verweist auf Angaben chinesischer Wissenschaftler, wonach zumindest 10% der

chinesischen Wälder in wenigen Monaten gerodet worden waren. Der Bestand an Bäumen und anderen Gehölzen ging nach WANG (2004: 12) während des „Großen Sprungs nach Vorne“ von einem Zehntel in Sichuan bis zu einem Drittel in den Provinzen Hunan und Hubei zurück. Nach den oftmals ungenauen und auch definatorisch unpräzisen Statistiken waren im Jahr 1957 in der Provinz Sichuan 22% der Oberfläche bewaldet, 1993 hingegen nur noch 3% (SHI & XU 2004: 12). Nach WANG (2004: 10) sank der Waldanteil in Sichuan von 34% im Jahr 1937 über 20% im Jahr 1948 auf 11% im Jahr 1962. In der Provinz Fujian nahm die Bewaldung von 1957 bis 1962 um 1,7 Mio. ha ab, in der Provinz Guandong von 1956 bis 1963 um 0,6 Mio. ha.

Den Rodungen standen Aufforstungskampagnen gegenüber. Sie waren bereits Bestandteil des ersten Fünf-Jahresplans von 1953 bis 1957 (BUCHANAN 1960: 24, DÉMURGER & YANG 2004: 24). Nach DÉMURGER & YANG (2004: 24) erreichten die Aufforstungen in China im Jahr 1956 mit annähernd 6 Millionen ha einen ersten Höhepunkt. Einem leichten Rückgang im Jahr 1957 folgte eine erneute Forcierung im Jahr 1958. Im Jahr 1961 sank der Umfang der Aufforstungen erheblich. Weniger als zwei Millionen Hektar wurden 1961 mit Gehölzen bepflanzt. Obwohl in der Zeit nach 1962 die Aufforstungsbemühungen in China erneut intensiviert wurden (DÉMURGER & YANG 2004: 24), weist die Statistik von HE et al. (1997, zit. in SHI & XU 2004: 6) netto auf eine Entwaldung hin. Aufforstungskampagnen konnten die umfangreichen Rodungen nicht kompensieren.

### **3.4.3 Vegetation heute**

Die rezente Vegetation wird grob in vier Zonen gegliedert. Der Süden des chinesischen Lößplateaus gehört zur Kategorie „Laubbaum- und Hartholzzone“. Nördlich schließt sich die „Wald- und Graszone“ an, die im Norden in die „Graszone“ übergeht. Im nördlichsten und kontinentalsten Bereich des Lößplateaus schließen sich schütterere gräserdominierte Gebiete an (CAI 2001: 59). Die Zusammensetzung der Vegetation des Lößplateaus heute ist wesentlich anthropogen bestimmt. CAI (2001: 58) schätzt den Waldanteil des gesamten Lößplateaus auf etwa 7%. Im Lößhügelland stehen heute meist nur vereinzelte Bäume.

## **3.5 Besiedlungs- und Landnutzungsgeschichte**

### **3.5.1 Besiedlungs- und Landnutzungsgeschichte vor Gründung der VR China**

Obwohl das chinesische Lößplateau häufig als die „Wiege der chinesischen [Han-; Anm. C. Dahlke] Kultur“ (TANG & HE 1999: 100, HUANG et al. 2004: 2527) bezeichnet wird, sind bis

heute viele Aspekte der Besiedlungs- und Landwirtschaftsgeschichte des Lößplateaus nur in Ansätzen erforscht. Die in der Literatur vorhandenen Rekonstruktionen der Besiedlungs- und Landnutzungsgeschichte Chinas basieren überwiegend auf archäologischen Funden und historischen Schriftquellen. Eine Ursache für die fragmentarischen Erkenntnisse der neolithischen Besiedlungs- und Landwirtschaftsgeschichte des Lößplateaus ist die vergleichsweise geringe Anzahl archäologischer, systematischer Grabungen und datierter Funde, die sich im Lößplateau auf das Flusstal des Wei und des Fen konzentrieren (LU 1999: 28). Eine ausführliche Darstellung und Diskussion dieser Fundstätten und archäologischen Befunde findet sich bei LU (1999). Bei Verknüpfung von Informationen, gewonnen aus Grabungen und Schriftquellenauswertungen, ist allgemein zu beachten, dass sich diese Archive in ihrer zeitlichen Auflösung unterscheiden. Die bei archäologischen Sondierungen ergrabenen Funde decken im Vergleich zu den Schriftquellen ein größeres Zeitfenster (das Mittel- und Jungholozän) ab. Beide Archive können sich auch in der räumlichen Auflösung unterscheiden.

In diesem Teilkapitel werden zunächst chronologisch einige „Fragmente“ der Besiedlungs- und Landnutzungsgeschichte des Lößplateaus aus Grabungen und Schriftquellen vorgestellt. Im Anschluss daran wird anhand von drei Beispielen (Grabstock/Spaten, Pflug und Ackerterrasse) die Heterogenität der verfügbaren fragmentarischen Kenntnisse zur frühen Landnutzungsgeschichte Chinas aufgezeigt.

Im Kontext der Sedimentanalysen in Yangjuangou ist es interessant, etwas zu den Anfängen der Landwirtschaft im Lößplateau zu erfahren, die sich bisher jedoch nur sehr grob zeitlich und räumlich einordnen lassen. Eine integrative Studie auf Basis von archäologischen Befunden (z. B. Siedlungsresten und Werkzeugen) und paläobotanischen Daten (Pollen) geht davon aus, dass sich Landwirtschaft „...im mittleren gelben Becken nicht später als 8500 BP entwickelte“ (LU 1999: 133). Die neolithischen landwirtschaftlichen Bewohner des Lößplateaus gehörten zur Laoguantai-, Dadiwan- und Peiligang-Kultur. Archäologische Befunde weisen auf Hirseanbau im südlichen Lößplateau zwischen 8000-7000 BP hin (HUANG et al. 2004). Ein bekanntes frühes Zentrum der Siedlungsentwicklung, z. B. der Yangshao-Kultur, ist das Wei-Flusstal im südlichen Lößplateau, in der Nähe der heutigen Stadt Xi'an (LU 1999). Eine integrative Studie von HUANG et al. (2004) deutet auf folgende Besiedlungs- und Landnutzungsgeschichte im Lößplateau hin: In einer Phase ausreichender Niederschläge und fruchtbarer Böden nach 7000 BP besiedelten Menschen ausgehend vom südlichen Lößplateau das nördliche Lößplateau und den Süden des Mongolischen Plateaus. Seit etwa 3600 BP wandelte sich die Landnutzung im nördlichen Teil des Lößplateaus.

Weidewirtschaft oder weidewirtschaftlich dominierte Landnutzung traten in den Vordergrund. Eine Zunahme der Nordwestwinde am Ende des holozänen klimatischen Optimums und nachlassende Niederschläge bedingten im nördlichen Teil des Lößplateaus eine Abnahme des Trockenfeldbaus. Im Süden des Plateaus hingegen mit nach wie vor guten klimatischen Bedingungen blieb der Getreideanbau für die Nahrungsmittelversorgung erhalten und stützte die Expansion des Shang-Reichs im Süden. Während der letzten 3600 Jahre entstand zwischen Nomadenstämmen im Norden des Plateaus und sesshaften Agrargesellschaften im Süden des Plateaus ein Wettbewerb um die natürlichen Ressourcen. Um Migrationen der Nomaden ins südliche Plateau zu unterbinden, wurde in der Qin-Dynastie (221-207 v. Chr.) erstmalig eine große Mauer an der Nordgrenze des Lößplateaus errichtet (HUANG et al. 2004: 2526) aber ohne langfristigen Erfolg. Wanderungsbewegungen auf dem Lößplateau konnten trotz Befestigungsanlagen nicht aufgehalten werden. So siedelten Nomaden aus dem Norden in der Zeit vom Ende des 3. Jh. n. Chr. bis Anfang des 6. Jh. n. Chr. wieder in südlicheren Regionen und wandelten Ackerland in Weideland um (FANG & XIE 1994: 991). Im Zeitraum von 2500-1000 BP wechselten die Landnutzungstypen in weiten Teilen des Lößplateaus mehrfach. Die Grenzen der ackerbaulich und weidewirtschaftlich dominierten Bereiche verschoben sich von Südosten nach Nordwesten und umgekehrt (REN & ZHU 1994: 317).

Im Rahmen der Landschaftsveränderungen im zentralen Lößplateau spielen die Entwicklung von landwirtschaftlichen Arbeitstechniken und -werkzeugen und der Wandel der Feldfrüchte eine wichtige Rolle; jedoch sind regionale Informationen sehr selten verfügbar. Für die früheste historische Periode Chinas legt KOLB (1992) auf Grundlage von archäologischen und epigraphischen Daten Fragmente zur Landwirtschaftsgeschichte der Shang-Yin-Periode (~1200 v. Chr. bis 1030 v. Chr.) vor. Eine enzyklopädische Übersicht zur Landwirtschaftsgeschichte Chinas findet sich bei BRAY (1984), die jedoch kaum auf vor-han-zeitliche Quellen eingeht. Für eine allgemeine Darstellung der Landwirtschaft Chinas in der Han-Zeit (206 v. Chr. - 220 n. Chr.) sei auf HSU (1980) verwiesen. Eine themenbezogene und regionspezifische Auswertung dieser drei Werke ist aufgrund unvollständiger oder gänzlich fehlender geographischer Zuordnung der Informationen sehr schwierig. Diese Zuordnung ist jedoch von erheblicher Bedeutung, da die naturräumliche und kulturelle Heterogenität Chinas in der über 8000-jährigen Geschichte des Landes wesentlich zur Ausprägung regionaler Landnutzungsmuster führte.

Im Folgenden wird anhand von drei Beispielen, ausgewählt im Hinblick auf die Diskussion der eigenen Untersuchungsergebnisse, die Heterogenität der historischen fragmentarischen „Fakten“ zur chinesischen Landnutzung aufgezeigt.

Bei der Bearbeitung von Feldern gilt der *Grabstock* neben der Hacke als das älteste Gartenbaugerät (CHEN 1981 und CURWEN & HATT 1953, zit. in KOLB 1992: 120). Mit seiner Hilfe kann man das Erdreich lockern und Pflanzlöcher anlegen. Die frühesten Spuren eines Grabstocks, Abdrücke an einer Wand, wurden der Cishan-Kultur zugeordnet und in den Zeitraum zwischen 5405 v. Chr. ± 100 und 5110 v. Chr. ± 100 datiert (YANG 1989, zit. in KOLB 1992: 121). Auch in der yangshao-zeitlichen Siedlung Banpo in der Nähe von Xi'an wurden Wandabdrücke dieser Art gefunden (YANG 1989, zit. in KOLB 1992: 121). Der erste archäologische Befund eines Gabelspatens stammt aus der Provinz Henan aus der frühen Longshan-Periode (YANG 1989, zit. in KOLB 1992: 121). Im Unterschied zum Grabstock ist der *Spaten* durch ein deutlich abgesetztes Blatt mit waagerechten oder geneigten Schultern charakterisiert, das sich in einer Ebene mit dem Stiel befindet. Die frühesten Spatenblätter Chinas wurden der Peiligang-Kultur in Henan (nicht kalibriert ca. 5500 v. Chr. bis 4900 v. Chr.) zugeordnet (KOLB 1992: 124). Es stellt sich die Frage nach den räumlichen und zeitlichen Verbreitungsmustern der Garten- und Ackerbaugeräte im Lößplateau.

Welche Interpretationsschwierigkeiten bei der Auswertung der alten Schriften in China auftreten, zeigt das Beispiel des *Pfluges*. Die Schriftzeugnisse aus der Shang-Yin-Zeit sind vor allem Devinationsschriften, die der Kommunikation der Shang-Könige mit dem Jenseits dienten, eingeritzt in Schildkrötenpanzer oder Knochen. Sie schildern aus der Perspektive des Herrschers landwirtschaftliche Einzelaspekte und beziehen sich räumlich ausschließlich auf die jeweiligen Herrschaftsgebiete. Hinzu kommen sprachspezifische Schwierigkeiten bei der Interpretation shang-zeitlicher Grapheme. Das Aufkommen von Pflügen und Pfluggespannen in China wird kontrovers diskutiert und ein Zeitraum zwischen Yangshao-Periode (~4000 v. Chr. und 3000 v. Chr.) und der Westlichen-Han-Zeit (206 v. Chr. bis 23 n. Chr.) in Betracht gezogen (KOLB 1992: 127). BRAY (1984) deutet ein shang-zeitliches Schriftzeichen als „Pflügen mit Ochsen“ und führt es auf den Begriff „jang“ zurück. KOLB (1992: 130) vertritt jedoch die Auffassung, dass BRAYS Schreibweise des Schriftzeichens nicht in Beziehung zum Begriff „jang“ steht und erkennt in dem Schriftbild zwei „Gabelspaten-Radikale“ und zwei „Hunde-Radikale“. KOLB (1992: 130) deutet dies als Bauern, die ihre Hunde zur Feldarbeit mitnahmen. Die Existenz des von Ochsen gezogenen Pfluges in der Han-Dynastie (206 v. Chr. bis 220 n. Chr.) in der Provinz Shaanxi wird durch eine Gravur

eines Grabsteines angezeigt (HSU 1980: 115). Eine ausführliche Diskussion der technischen Entwicklung des Pfluges, soweit bekannt, findet sich bei BRAY (1984).

China ist berühmt für die Anlage von *Ackerterrassen* vor allem der Nassreisterrassen in Südchina (BRAY 1984: 123). Aber auch im Norden des Landes existieren Terrassen mit Trockenfeldbau. Es wird angenommen, dass der Terrassenbau im zentralen Lößplateau bereits vor mehr als 1100 Jahren eingeführt wurde (BRAY 1984: 12). ROBERTS et al. (2001) identifizierten eine angelegte 2500 bis 2100 Jahre alte Ackerterrasse in Duowa (35° 39' N, 102° 38' O) am äußersten westlichen Rand des Lößplateaus in der Provinz Qinghai. Sie erwähnen in diesem Zusammenhang die Wanderung von Han-Chinesen aus dem Lößplateau in das Ordosplateau und die Wüsten Mu Us und Hobq, insbesondere in der Westlichen-Han-Periode etwa zwischen 127-111 v. Chr. Nach BRAY (1984: 12) war im 20. Jh. bereits ein Drittel der bewirtschafteten Fläche im Lößplateau terrassiert. Die Anlage von Terrassen an steilen Hängen erhöhte die Ernteerträge im Nordwesten des Lößplateaus um 200-400% im Vergleich zu den nicht terrassierten semiariden Lößhängen (BRAY 1984: 125). In welchen Regionen und in welchem Zeitfenster bei der Anlage von Ackerterrassen kostbarer humoser Oberboden getrennt und nach Anlage der horizontalen Grundfläche neu verteilt wurde, wie es LEE-MING (1978: 34) beschreibt, ist unklar.

Für das Untersuchungsgebiet Yangjuangou im zentralen Lößplateau liegen bisher keine lokalen Informationen zur Besiedlungs- oder Landnutzungsgeschichte vor. Ursachen dafür könnten die mangelnde Aufmerksamkeit von Fachleuten für das heute vermeintlich rückständige Gebiet um Yan'an, verschlossene lokale Archive und die Vernichtung zahlreicher Dokumente während der Kulturrevolution sein.

### **3.5.2 Landnutzungswandel im Rahmen des „Großen Sprungs“**

Für die inhaltliche Einordnung der Untersuchungsergebnisse am Zhongzuimao und der Verlandungsdammfelder in Yangjuangou in der Provinz Shaanxi ist der gravierende Landnutzungswandel im Rahmen des „Großen Sprungs nach Vorne“ von herausragender Bedeutung. Die umfangreichen Landwirtschaftsreformen von 1958, die Veränderungen der landwirtschaftlichen Organisation und der Bodenbearbeitung im Zusammenhang mit der Kampagne des „Großen Sprungs“ werden deshalb in diesem Unterkapitel näher beleuchtet.

Der „Große Sprung“ hat seine Wurzeln in der politischen Entwicklung der Volksrepublik China. Ausgangspunkt war die Idee Mao Zedongs, das Agrarland China rasch in ein sozialistisches Industrieland zu überführen (YANG 1996: 21). Dabei präferierte er das



stalinistische Modell der raschen Kollektivierung der Landwirtschaft und der Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität zur Finanzierung des industriellen Fortschritts; eine Parallelentwicklung von Landwirtschaft und Industrie in sehr kurzer Zeit. Seine Ansichten setzten sich in der Partei durch. In der dritten Plenumsitzung des Achten Zentralkomitees vom 20. September bis zum 9. Oktober 1957 wurde ein Zwölfjahres-Plan für die Landwirtschaft bestätigt. Der „Große Sprung nach Vorne“ begann.

Im Kontext des „Großen Sprungs nach Vorne“ propagierte Mao Zedong einen Acht-Punkte-Plan mit außergewöhnlich weitreichenden Landwirtschaftsreformen. Diese umfassten der Planung gemäß: die Züchtung neuer Tierrassen und neuen Saatguts, die Einführung hoher Pflanzdichten, das Tiefpflügen von Böden, eine Intensivierung der Mineraldüngung, eine Verbesserung von Geräten für die Landwirtschaft, die Verbesserung der Landnutzungssysteme, die Eindämmung der „Vier Schädlinge“ (d. h. eine Bekämpfung von Spatzen, Ratten, Mücken und Fliegen), sowie eine Intensivierung des Wasserbaus (BECKER 1996: 70).

Welche Agrarreformen wurden in der Zeit des „Großen Sprungs nach Vorne“ von 1958 bis 1961 im Lößplateau umgesetzt und welche Konsequenzen folgten daraus? Während des „Großen Sprungs nach Vorne“ kam das statistische Berichtswesen in China beinahe zum Erliegen, weshalb fundierte quantitative Aussagen zur räumlichen und zeitlichen Umsetzung des Acht-Punkte-Plans und seiner Folgen nur in Ausnahmefällen möglich sind. In der Literatur befinden sich vereinzelt Beispiele für Landnutzungsänderungen im Kontext des „Großen Sprungs“ (BETKE 1987, BECKER 1996, SHAPIRO 2001); eine wissenschaftliche Aufarbeitung dieses umwelthistorischen Aspekts liegt bislang nur in Ansätzen vor (siehe SHAPIRO 2001). Die Gründe dafür sind vielfältig. Ein Mangel an Informationen, verstärkt durch die Sprachbarriere einerseits und die gezielte Steuerung des Informationsflusses durch die Akteure aufgrund der politischen Brisanz andererseits, be- und verhindert nicht selten bis heute fundierte Recherchen (vgl. BECKER 1996, YANG 1996, SHAPIRO 2001).

Zunächst änderte sich ab 1958 die *Organisationsstruktur der Landwirtschaft* in China grundlegend. Die Landwirtschaft wurde kollektiviert und „Volkskommunen“ wurden umfassend realisiert. Erste Nachbarschaftshilfen waren bereits 1949 etabliert worden. Im Jahr 1953 hatten sich Gruppen von 20 bis 40 Familien zu „elementaren landwirtschaftlichen Kooperativen“ zusammengeschlossen. Im Oktober 1955 umfassten die „höheren landwirtschaftlichen Produktionskooperativen“ bereits 100 bis 300 Haushalte (BECKER 1996: 50). Die Umwandlung der kleinen landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften in weitaus

größere Einheiten begann im März 1958. Anfang August 1958 begrüßte Mao Zedong die Idee der Volkskommunen offiziell. Sie wurde daraufhin sofort aufgegriffen und begierig umgesetzt. Kritiker der Reformen wurden kurzerhand als „Rechte“ diffamiert und starkem politischem Druck ausgesetzt. Die Kollektivierung der Landwirtschaft vollzog sich in einem atemberaubenden Tempo. Bereits Ende Oktober hatte auch die langsamste Provinz - Yunnan - die Veränderungen vollzogen. Am 1. November 1958 besaß China 26500 Volkskommunen mit durchschnittlich je 4756 Haushalten. Damit waren 99,1% der ländlichen Haushalte im Verlauf von kaum drei Monaten in Volkskommunen organisiert worden. (YANG 1996: 35 ff.)

Das traditionelle familiäre und dörfliche Leben endete abrupt. Zentralisiert waren neben der Erziehung die Zubereitung und die Einnahme von Essen in Kantinen sowie die Durchführung sämtlicher landschaftsstruktureller, agrarischer und kleinindustrieller Arbeiten. Erwartet wurden von der flächendeckenden Einführung der Kommunen kurzfristig geradezu utopische Erfolge der Landwirtschaft. Der Erfolgsdruck trug maßgeblich zur größten bislang bekannten Hungerkatastrophe der Menschheit von 1959-1961 (YANG 1996), die wahrscheinlich weit mehr als 30 Millionen Menschenleben forderte, bei (BECKER 1996: 266 f., SHAPIRO 2001: 89). Eine zusammenfassende Darstellung der großen Hungersnot und ihrer unmittelbaren Folgen für Umwelt und Gesellschaft findet sich bei DAHLKE & BORK (2004).

Der Acht-Punkte-Plan sah neben der *Verbesserung von Geräten für die Landwirtschaft*, die an vielen Stellen scheiterte (BECKER 1996: 75), auch *Tiefpflügen* vor. Aus der Provinz Liaoning wird berichtet, dass die Provinzführung 1958 fünf Millionen Menschen mit 10000 Tieren 45 Tage lang zum Tiefpflügen von drei Millionen Hektar Land anhielt (CHAN 1992, zit. in BECKER 1996: 73). Dabei nahm die Fruchtbarkeit der Böden an zahlreichen Standorten durch die Einmischung nährstoffarmen Unterbodensubstrats stark ab. Bauern erhielten die Anweisung, tief gepflügte Gebiete mit fruchtbarerem Substrat von angrenzenden Feldern zu verbessern. Ziel des Tiefpflügens war die Verdreifachung (sic!) der Erträge in Liaoning (CHAN 1992, zit. in BECKER 1996: 73). Das Gegenteil trat ein. Wenn auch im Lößplateau tiefgepflügt worden sein sollte, wäre der Verlust der Fruchtbarkeit aufgrund der Bodenverhältnisse vermutlich geringer als im benannten Beispiel. Dennoch wäre dies ein nicht zu unterschätzender Faktor im Hinblick auf Erosionsprozesse. Nach Aussagen lokaler Experten wurde im Untersuchungsgebiet Yangjuangou in der Provinz Shaanxi vor 1984 mit Rindern gepflügt (tief und langsam) und seit 1985 werden in Yangjuangou Esel vor die Pflüge gespannt. Das Pflügen wurde dadurch schneller und es wurde weniger tief gepflügt. Wann die Pflugtechnik in Yangjuangou eingeführt wurde, ist unklar. Experteninterviews folgend werden die steilen Hänge am Zhongzuimao erst seit 1983 mit dem Pflug bearbeitet.

Die Agrarreformen 1958 sahen ebenfalls die *Verbesserung der Landnutzungssysteme* vor. Nationale Prioritäten zwangen zur Ausdehnung des Anbaus von Getreide. Die Erweiterung der agrarischen Basis bezog keineswegs nur bislang wenig genutzte Standorte wie Wüsten ein (LUK 1983: 219, BETKE 1987: 49). Gleichzeitig fand eine Umnutzung zahlreicher Standorte statt. Beispielsweise wurden in den Provinzen Shaanxi, Shanxi und Gansu im Zeitraum von 1959 bis 1961 mehr als 660000 ha Dauergrünland mit dem Pflug umgebrochen (DERBYSHIRE et al. 2000: 39). Im Westen des Lößplateaus in der Provinz Ningxia, im Kreis Guyuan, der die „Kornkammer“, der „Ölkrug“ und das Viehzuchtzentrum der Region war, verschlechterten die Agrarreformen des Jahres 1958 die lokale Situation. Im Jahr 1976 konnten die Bauern lediglich ein Zehntel der Jahresmenge Pflanzenöl von 1956 an den Staat liefern. Besonders große Einbußen verzeichnete die Viehwirtschaft aufgrund der Umwandlung von Dauergrünland in Ackerland. Die verbliebenen Weideflächen besaßen eine geringe Qualität (BETKE 1987: 55). Der Wandel der Landnutzung umfasste offenbar auch im Lößplateau verbliebene Wälder. In der Provinz Ningxia, im Kreis Guyuan nahm der Waldbestand um 20% auf insgesamt 3,6% der Gesamtfläche ab (BETKE 1987: 56). BETKE (1987: 55) konstatiert eine Verdrängung tradierter, an naturräumliche Bedingungen angepasster Produktionssysteme, die eine wichtige Einkommensquelle der lokalen Bevölkerung bildeten. Die betroffenen Dörfer seien, so BETKE, ökonomisch geschwächt worden. Der Druck auf die Bodenressourcen sei gestiegen. BECKER (1996: 76) spricht von einem Anbauverbot traditioneller Feldfrüchte an ihren bewährten Standorten und stattdessen wurden neue Fruchtfolgen etabliert.

Die Landwirtschaftsreformen des Jahres 1958 betrafen auch eine *Intensivierung des (landwirtschaftlichen) Wasserbaus*. Ende des Jahres 1957 vollzog sich ein Paradigmenwechsel in der chinesischen Politik: Die Hochwasserkontrolle trat hinter die Anstrengungen zur Verbesserung der Wasserverfügbarkeit zurück; anstelle der geregelten Entwässerung wurde die Wasserbevorratung ausgeweitet (CHAO 1970: 125 f.). Den Wandel begründet CHAO (1970: 126) mit der Wasserknappheit im Norden und der besseren Verfügbarkeit von Arbeitskräften für Projekte nach der Kollektivierung und damit einer Minderung der Baukosten. Im Winter 1957/58 arbeiteten in China mehr als 100 Millionen Bauern an Wasserbaumaßnahmen (YANG 1996: 36). Im Winter 1957/58 und im Frühjahr 1958 entstanden in der Provinz Henan 30.000 Reservoirs und 1,1 Millionen Kanäle und Teiche (CHUNG-KUO NUNG-PAO, zit. in CHAO 1970: 128). Von 1949 bis 1959 wurden deshalb 800 Millionen Kubikmeter Substrat bewegt, 580 Millionen Kubikmeter alleine im Jahr 1958 (FU 1998: 22).

Verlandungsdämme (check-dams) gehören im Lößplateau heute zu den häufigsten technischen Maßnahmen zur Retention von Boden und Wasser im Einzugsgebiet. Diese Dämme liegen quer zum Hauptgefälle von größeren Schluchten oder Tälern. Sie stauen einen Großteil des sedimentreichen Oberflächenabflusses. Hinter den Dämmen befinden sich die sogenannten Verlandungsdammfelder, auf die in Kapitel sechs näher eingegangen wird.

In den letzten 50 Jahren wurden im Lößplateau insgesamt mehr als 100000 Dämme errichtet (XU et al. 2004: 83). Alleine im Herbst 1949 entstanden mehr als 30 Modelldämme z. B. in Kanghe Gou, Ma Gou und am Fluss Yaopu im Kreis Fenxi in der Provinz Shanxi (XU et al. 2004: 84). Im Einzugsgebiet Nianzhuang, in der Provinz Shaanxi, mit einer Größe von 54,2 km<sup>2</sup> wurde im September 1956 der erste von 192 Dämmen errichtet (LI & BAI 2003b). Im Untersuchungsgebiet Yangjuangou, welches ein Teileinzugsgebiet von Nianzhuang ist, schütteten Bauern im Kontext des „Großen Sprungs“ ebenfalls Verlandungsdämme auf. Nach Aussagen lokaler Experten wurde der erste Guzhuangzi-Damm im Jahr 1958 erbaut (Abb. 3). Er musste im Laufe der letzten fünf Jahrzehnte mehrfach erneuert werden.



Abb. 3: Guzhuangzi-Tal im Untersuchungsgebiet Yangjuangou. Foto: BORK 2001

### 3.5.3 Landnutzung heute

Die Landwirtschaft Chinas gliedert sich in eine südliche Zone mit Nassreisanbau und eine nördliche Zone mit Trockenfeldbau, vor allem von Weizen. Das chinesische Lößplateau hat großen Anteil an der „Weizenzone“. Es ist im Nordwesten durch Trockenfeldanbau mit geringen Erträgen der Hauptbaufrüchte Sommerweizen, Hafer, Kartoffeln, Hirse und Bohnen gekennzeichnet (MÜLLER 1997: 26). Das zentrale Lößplateau ist charakterisiert durch Trockenfeldbau mit den Hauptbaufrüchten Winterweizen, Hirse, Gaoliang und Mais (MÜLLER 1997: 26). Die Täler des Wei He im südlichen Lößplateau und des Fen He zeichnen sich ebenfalls durch Trockenfeldbau aus, werden allerdings vielfach zusätzlich bewässert (MÜLLER 1997: 26). Winterweizen, Mais, Baumwolle und Süßkartoffeln bilden dort den

größten Teil der Ernte (MÜLLER 1997: 26). Für weitergehende Informationen zu den noch sichtbaren „Relikten“ der unterschiedlichen Landnutzungssysteme und regionalen kulturlandschaftlichen Besonderheiten sei auf MÜLLER (1997) verwiesen. Informationen zur Situation der Ernährung und Landwirtschaft Chinas in den letzten 50 Jahren finden sich beispielsweise bei HEILIG (1999).

## 4 Das Untersuchungsgebiet Yangjuangou

### 4.1 Lage und Wahl des Untersuchungsgebiets Yangjuangou

Das Untersuchungsgebiet Yangjuangou ( $36^{\circ} 42' 6''$  N,  $109^{\circ} 31' 17''$  O) liegt im zentralen chinesischen Lößplateau. Es gehört zur Provinz Shaanxi und befindet sich etwa 25 km nördlich von Yan'an und ca. 300 km nördlich der alten Kaiserstadt Xi'an. Das Untersuchungsgebiet Yangjuangou besitzt eine Größe von insgesamt  $2,02 \text{ km}^2$  (LI & LINDSTRÖM 2001: 1501) und entwässert in den Yan He, der in den Gelben Fluss (Huang He) mündet (Abb. 4).

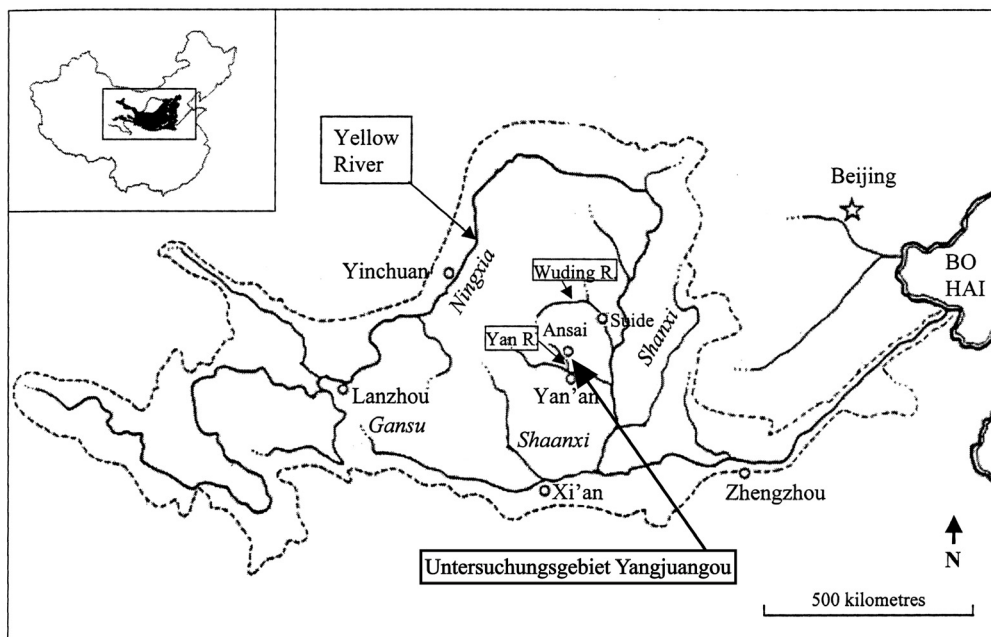


Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes Yangjuangou im Einzugsgebiet des Gelben Flusses. (nach: XU 1999 und PYE 1987, aus: HESSEL 2002: 21, verändert)

Dieses Gebiet eignet sich hervorragend zur Untersuchung der langfristigen nutzungsbedingten Landschaftsveränderungen und zur Rekonstruktion der Bodenerosionsgeschichte:

- Erste Voruntersuchungen wiesen auf eine mehrere Jahrtausende bestehende Landnutzung hin.
- Wie Voruntersuchungen zeigten, besitzt es eine relative geologische Homogenität, so dass innerhalb des Gebietes potentielle Einflussfaktoren begrenzt werden können.
- Die bereits existierenden Untersuchungen zur rezenten Bodenerosion in diesem Gebiet, beispielsweise von LI et al. (2003c), können in einen langfristigen Kontext eingeordnet werden. Dies ist von besonderem Interesse, da die Region um Yan'an auch aktuell zu den „Brennpunkten“ der fluviatilen Erosion im Einzugsgebiet des Gelben Flusses gehört.
- Informationen aus bereits abgeschlossenen Studien gewährleisten ein Mindestmaß an Hintergrundinformationen für die vorgelegten Untersuchungen.

## **4.2 Rezente naturräumliche Ausstattung des Gebiets Yangjuangou**

### **4.2.1 Geologie, Geomorphologie und Böden**

Die Geologie des Untersuchungsgebiet Yangjuangou lässt sich grob in zwei stratigraphische Einheiten gliedern: alt- und mittelquartärem roten Löß, der an den Unterhängen der Täler aufgeschlossen ist und jungquartärem gelben Löß, der die Oberhänge der Täler einnimmt. Geomorphologisch betrachtet liegt Yangjuangou im zentralen chinesischen Lößhügelland. Das Einzugsgebiet Yangjuangou (Abb. 5) ist gekennzeichnet durch Trockentäler. Prägend sind das größere westliche Haupttal und das kleinere östliche Haupttal, die durch den Rücken (Liang) „Zhongzuimao“ voneinander getrennt sind. Das Einzugsgebiet liegt etwa 1056 m ü. d. M. und weist Erhebungen mit einer maximalen Höhe von 1273 m ü. d. M. auf. Das alte Relief mit überwiegend V-förmigen Tälern ist heute durch Verlandungsdammfelder überprägt, die neue Terrassen in den Tälern entstehen lassen. Die Hänge im Untersuchungsgebiet besitzen eine Hangneigung von bis zu 40°.

Die typischen Böden im Einzugsgebiet sind heute schluffreiche, kalkhaltige Regosole mit geringem Anteil an organischer Substanz (SCHINDLER et al. 2004: 469). Diese Böden sind in gelbem Malan-Löß entwickelt (LI & LINDSTRÖM 2001: 1501). Nach Untersuchungen von SCHINDLER et al. (2004: 469) besitzen die Lößrohböden und damit der Malan-Löß an diesem Standort horizontal und vertikal eine große physikalische und chemische Homogenität. Das

Substrat der Böden hat einen hohen Anteil an Kalk (13-15%  $\text{CaCO}_3$ ). Es besteht zu mehr als 80% aus Schluff (2 bis  $< 63 \mu\text{m}$ ), zu 10-12% aus Ton ( $< 2 \mu\text{m}$ ) und zu geringen Mengen aus Sand ( $63 \mu\text{m}$  bis  $< 2000 \mu\text{m}$ ). Mehr als 60% der Partikel sind Grobschluff ( $20\text{-}50 \mu\text{m}$ ). Es fanden sich vereinzelt Relikte eines roten Paläobodens.

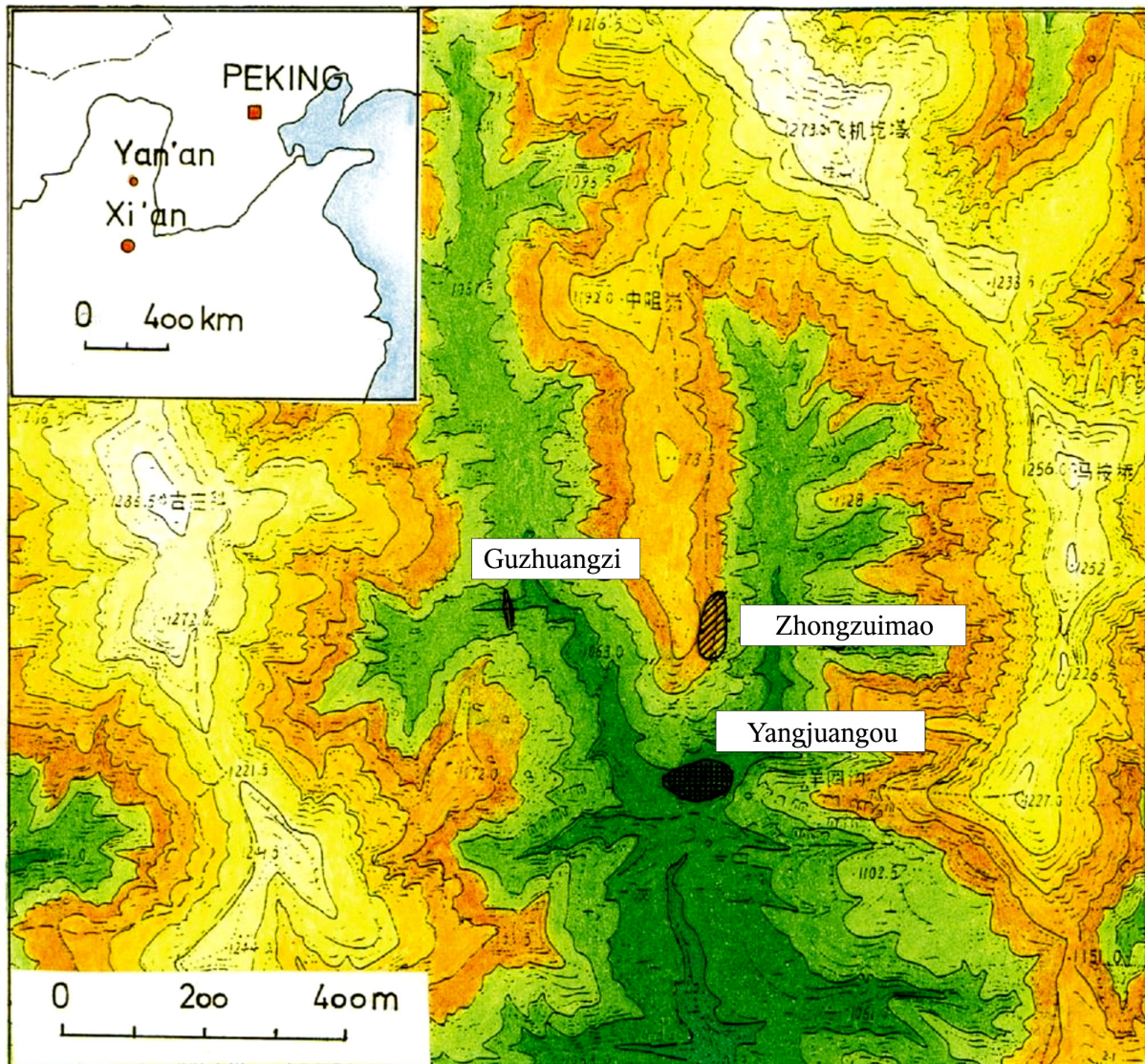


Abb. 5: Topographische Übersicht zum Untersuchungsgebiet Yangjuangou. Kartengrundlage: TK Blatt J-49-112-(57), Nianzhuang. Vermessungsjahr 1977, gedruckt 1979. Originalmaßstab 1: 10 000. SURVEYOR BUREAU OF REVOLUTION COMMITTEE IN SHAANXI PROVINCE. (dunkelgrüne Signatur = topographisch tiefste Bereiche, weiße Signatur = topographisch höchste Erhebungen)

#### 4.2.2 Klima

Das Klima im Untersuchungsgebiet Yangjuangou ist semiarid und kontinental. Für die 25 km entfernte Stadt Yan'an liegen Klimadaten vor. Im Sommer erreichen die Temperaturen dort bis  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ , im Winter hingegen können die Temperaturen bis auf  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  fallen. Die mittlere



Jahrestemperatur in Yan'an beträgt 10,1 °C. Das 30-jährige Mittel des Jahresniederschlags beträgt 564 mm. Die Niederschläge besitzen eine ausgeprägte Saisonalität. Etwa 70% des Jahresniederschlags fallen im Zeitraum von Juni bis September (FAO 2002, zit. in SCHINDLER et al. 2004: 469). Für die Entstehung von Schluchten und die Zerstörung von Verlandungsdämmen sind die typischen Starkregenereignisse von besonderer Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet Yangjuangou sind extreme Niederschlagsereignisse aus den Jahren 1968, 1974 (freundl. mündl. Mitteilung von Herrn MA), 1977, 1983 und dem Juli 1996 belegt (LI et al. 2003c: 113). REN & SHI (1991: 3) berichten von herausragenden Extremereignissen mit 100 mm Niederschlag pro Stunde und ca. 60 mm Niederschlag in 5 Minuten. Auf die Folgen extremer Niederschlagsereignisse im Sommer 1977 weisen REN & SHI (1991: 3) hin: "In Yan'an area, Shaanxi, 225 mm of rainfall occurred between the evening on 4 July and the morning on July 6, 1977, and daily sediment discharge at Gangouyi Station on the Yanhe River reached  $90.7 \times 10^6$  tons or 6 times that of annual sediment discharge of Gangouyi in 1976." Die im Zitat angegebenen Sedimentwerte müssen nicht ausschließlich die ereignisbezogene Bodenerosion in der Fläche angeben. Sie können auch remobilisiertes Sediment aus Zwischenspeichern beinhalten.

### 4.3 Besiedlung und Landnutzung

Im Untersuchungsgebiet, am Zusammenfluss beider Haupttäler liegt heute das kleine Dorf Yangjuangou (Abb. 5). FU et al. (2000: 72) nennen eine Einwohnerzahl von 130 für das Jahr 1984 und von 168 Personen für das Jahr 1996. Auffällig in dieser Region ist die Höhlenbauweise der Häuser. Die Räume werden direkt in die Lößwände der Täler getrieben und die Fassade mit Lehm oder Ziegeln verkleidet. Diese Bauweise trägt den klimatischen Gegebenheiten Rechnung. Sie bewirkt eine Kühlung der Wohnräume im Sommer und eine Wärmeisolation im Winter. Nach den Aussagen des Dorfältesten wurde das Dorf vom Hang Zhongzuimao an den heutigen Hangfuß verlegt. Der Zeitpunkt ist unbekannt.

Das Untersuchungsgebiet Yangjuangou ist eine jahrtausendealte Kulturlandschaft, in der die Zusammensetzung der Vegetation anthropogen bestimmt ist. Den Landnutzungswandel im Untersuchungsgebiet der letzten 20 Jahre dokumentieren FU et al. (2000) auf der Basis von Luftbildern (Abb. 6). Der Anteil von Grasflächen stieg von 44% im Jahr 1984 auf 48% im Jahr 1996. Eine ähnliche Entwicklung ist für die jungen Waldflächen zu verzeichnen. Besonders auffällig ist die Umwandlung von Ackerflächen in Obstanbauflächen, deren Anteil sich in den letzten 20 Jahren etwa verdreifachte. Ursache dafür sind vermutlich die im Vergleich zu den Feldfrüchten höheren Erlöse der Bauern aus dem Obstverkauf

(FU et al. 2000: 72) und staatliche Förderprogramme (siehe Kap. 7.2). Im Jahr 2003 befanden sich an den ost- und südexponierten Hängen des Zhongzuimaos Apfelplantagen und Aprikosen mit Gemüseanbau im Halbschatten der jungen Bäume.

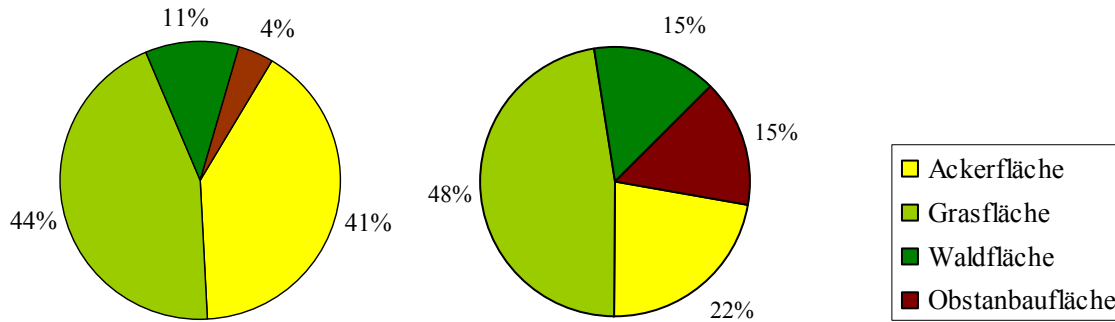


Abb. 6: Hauptlandnutzungstypen in den Jahren 1984 und 1996 im Einzugsgebiet Yangjuangou. (LI et al. 2003c: 114)

Im Jahr 2003 waren fast alle Verlandungsdammfelder mit Mais (*Zea mays* L.) (nach LI et al. 2005 in press) bepflanzt. Die vergleichsweise gute Versorgung mit Wasser und Nährstoffen könnte eine Ursache dafür sein. Hirse (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) (nach LI et al. 2005) war ebenfalls eine verbreitete Feldfrucht, die jedoch überwiegend auf den terrassierten Hängen wuchs. Es wurden auch Blattgemüse z. B. Kohl und Tomaten, Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) (nach LI et al. 2005 in press), Zwiebeln und Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) (nach LI et al. 2005 in press) in geringerem Umfang kultiviert. Auf kleinen Schlägen wurde auch Hanf angebaut. Besonders steile Abschnitte der Hänge sind mit einer schütterten Grasnarbe überzogen und wurden von Ziegen beweidet. In der Nähe der Wasserscheiden insbesondere des westlichen Haupttals wuchsen junge Bäume. Diese sollen langfristig der Erosion Einhalt gebieten. Die 5-30 Jahre alten Bäume sind überwiegend Kiefern (*Pinus tabulae formis*) und Robinien (*Robinia pseudoacacia*) (SCHINDLER et al. 2004: 468). Wichtiges Nutztier in der Landwirtschaft ist der Esel, der z. B. vor den Pflug gespannt wird.

## 5 Ergebnisse der Untersuchungen von Kolluvien der Ackerterrasse am Zhongzuimao

### 5.1 Ergebnisse der Geländearbeiten

#### 5.1.1 Ergebnisse der Profilaufnahme

Zur Rekonstruktion der holozänen Bodenerosionsgeschichte und der Reliefentwicklung im Untersuchungsgebiet Yangjuangou am ostexponierten Oberhang des Riedels Zhongzuimao wurde ein 85 m langer NNO-SSW ausgerichteter Aufschluss mit einer maximalen Tiefe von über 8 m geöffnet (Abb. 7). Er zeigt Kolluvien einer alten Ackerterrasse. Die Terrasse selbst und das zugehörige Einzugsgebiet werden landwirtschaftlich genutzt und sind bis in eine Tiefe von 3 m mit Wurzeln durchzogen. Die Terrassenwand war zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht ackerbaulich genutzt.



Abb. 7: Blick auf die untersuchte Ackerterrasse am Zhongzuimao (Aufschluss Bildmitte). Foto: BORK 2001

Das Terrassenprofil am Zhongzuimao zeigt folgende relative Stratigraphie (Abb. 8):

An der Basis des Aufschlusses steht kalkhaltiger, autochthoner Löß (Cc) an. Dieser enthält Mollusken und Lößkindel. Darüber befindet sich eine mächtige Schicht kolluvial umgelagerten kalkhaltigen Lösses (Mc) ohne Grundwasser- oder Stauwassereinfluss, die bis

zur Geländeoberfläche reicht. Das Substrat des anstehenden Lösses und des Kolluviums weist einen Schluffgehalt von mehr als 80% und einen Tongehalt von ca. 10-12% auf (SCHINDLER et al. 2004: 469). Die Mächtigkeit des Kolluviums (Mc) am Südrand der Aufschlusswand beträgt etwa 1 m, die maximale Mächtigkeit erreicht 8,5 m. An der Nordseite des Terrassenprofils streicht das Kolluvium aus. Das Kolluvium unterscheidet sich durch Gefüge, Farbe und Lagerungsverhältnisse vom anstehenden Löß. Ferner enthält das Kolluvium Holzkohle, Keramik, vereinzelt Steine und Mollusken, die häufig zerbrochen sind. Einige Holzkohleflitter und Keramikscherben, die in Abbildung 8 nummeriert sind, wurden dem Profil zu Datierungszwecken entnommen.

Im Kolluvium (Mc), im Nordteil des Profils (Abschnitt 71 bis 85 m), wurden drei kleine verfüllte Schluchten (Y) identifiziert. Die älteste Schlucht maß an der Terrassenprofilwand 1,6 m Tiefe und 2,5 m Breite, die zweitälteste im Schräganschnitt besaß eine Tiefe von 1,4 m und eine Mindestbreite von 6,7 m, die jüngste Schlucht hingegen nur 0,85 m Tiefe und 2,60 m Breite. Alle drei Schluchten weisen an ihrer Basis fein geschichtete fluviatile Ablagerungen (F) auf und wurden darüber mit eckigen Bodenblöcken verfüllt.

Die kastenförmige große Schlucht (Abb. 9) im Profil weist fluviatile Einzelablagerungen mit einer Mächtigkeit von 1-3 mm auf. Helle Schluffbändchen wechseln sich mit graubraunen und dunkelbraunen ab. Daneben befindet sich ein kleiner Körper mit homogenem, hellbraunem, schluffigem fluviatilem Sediment. Über 95% der Schlucht sind wie die beiden kleineren Schluchten mit Aggregaten (Y 1, Y 2, Y 3, Y 4) aus der näheren Umgebung verfüllt. Y 1 ist stark verdichtetes dunkelgraues humoses Material. Y 2 sind kräftig rotbraun gefärbte Aggregate. Y 3 besteht aus grauen Bodenaggregaten, die deutlich heller sind als Y 1 und bedeutend geringer verfestigt sind. Zur Altersbestimmung der Füllung der kastenförmigen Schlucht wurden aus Y 3 die Holzkohleprobe (HK 4) und die Keramikfragmente (K 12, K 13, K 14) entnommen. Y 4 ist umgelagerter kalkhaltiger Löß, der meist zerbrochene Aggregate aufweist. Neben den drei verfüllten Schluchten finden sich im Kolluvium ferner geringmächtige fein geschichtete fluviatile Sedimente, im Profilabschnitt 4 bis 5 m ca. 60 cm unter Geländeoberfläche und im Profilabschnitt 46 bis 48 m etwa 1,50 m unter der rezenten Geländeoberfläche. An der Südseite der Terrassenwand im Abschnitt 5 bis 13 m wurden an der Obergrenze des Lösses und damit an der Kolluvienbasis vereinzelt Relikte eines roten Bodens entdeckt.

SSW

NNO

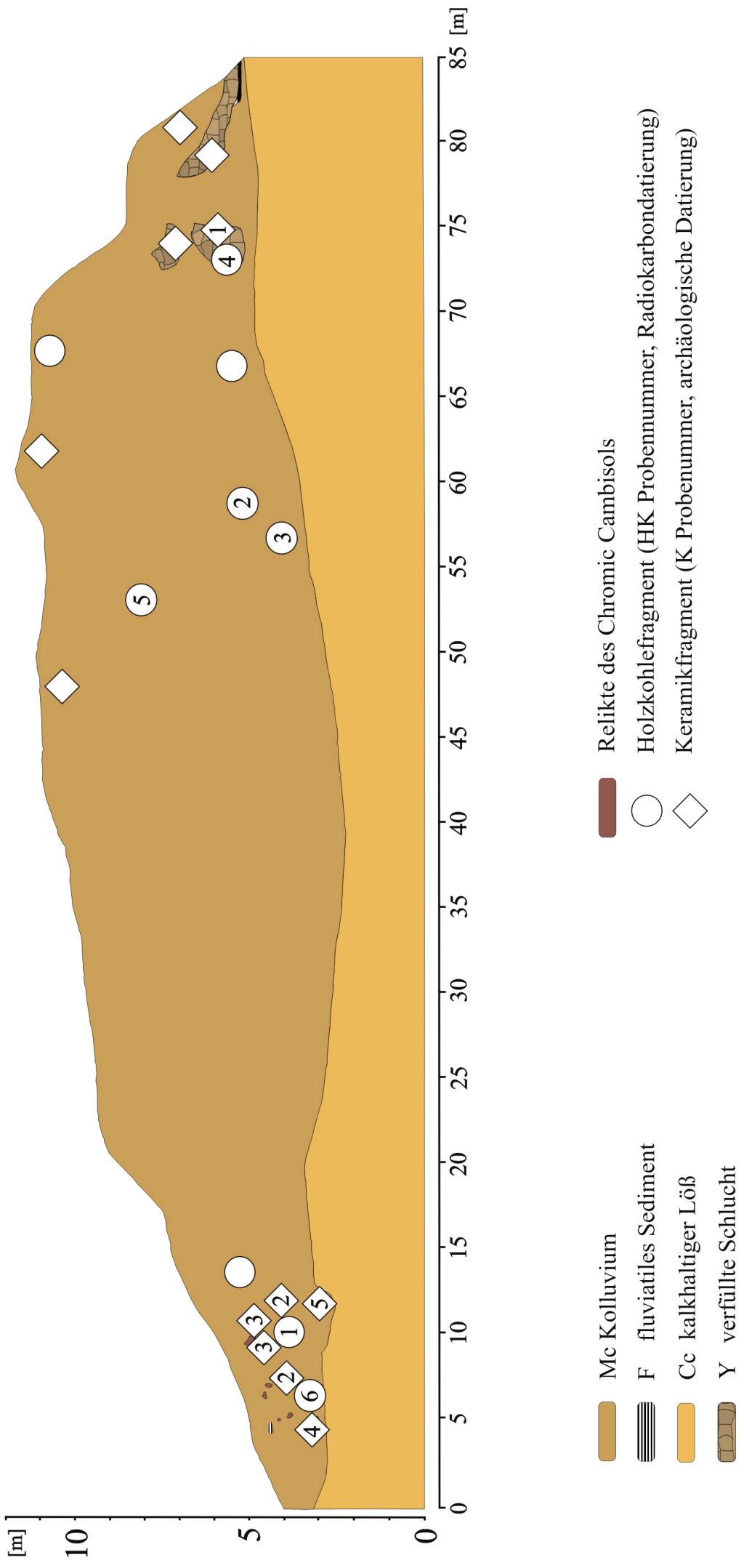


Abb. 8: Aufschluss der Ackerterrasse am Oberhang des Zhongzuimaos, 2-fach überhöht.

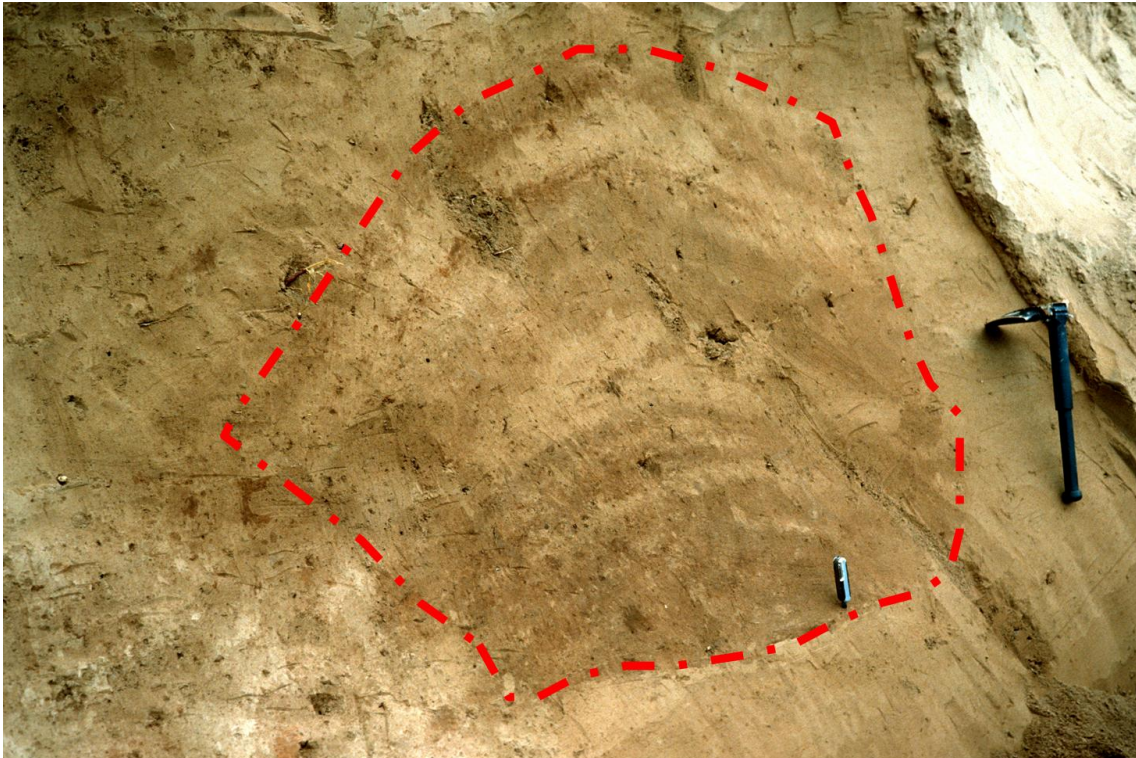


Abb. 9: Große kastenförmige verfüllte Schlucht in der Terrasse am Zhongzuimao. Foto: BORK 2001

### 5.1.2 Ergebnisse der Vermessungen

Die Vermessungen an der Ackerterrasse dienten vor allem der Ermittlung der jeweiligen Größen der Einzugsgebiete der Terrassenkerne zu den unterschiedlichen Zeitpunkten. Das oberirdische Wassereinzugsgebiet der Ackerterrasse Zhongzuimao betrug 2750 v. Chr. etwa 240 m<sup>2</sup> und stieg dann durch das ausgeprägte Nord-Südwachstum der Terrasse auf etwa 590 m<sup>2</sup> im Jahr 1850 v. Chr. und 1200 v. Chr. auf 1500 m<sup>2</sup> an. Dies deckt sich mit der heutigen Größe des Einzugsgebietes. Die mittlere horizontale Tiefe der Ackerterrassenkerne wurde festgestellt durch Prüfung des Schichtenverlaufs mit kleinen vertikalen Schnitten an der Hauptprofilwand. Das cäsiumhaltige Kolluvium dokumentiert ein mittleres Terrassenwachstum nach 1958 von 37 cm. Die Einzugsgebiete der Terrasse und die physikalisch und archäologisch gewonnenen absoluten Zeitmarken bilden die Grundlage der Bilanzierung der historischen Bodenerosion am Zhongzuimao (Kap. 5.3.2).

## 5.2 Ergebnisse der Datierungen

### 5.2.1 Ergebnisse der Radiokohlenstoffdatierungen

Zur Aufstellung einer absoluten Stratigraphie wurden aus dem Kolluvium (Mc) Holzkohleproben entnommen (vgl. Abb. 8) und mittels AMS-Radiokohlenstoffmethode

datiert. Die Ergebnisse der  $^{14}\text{C}$ -Datierungen sind in Tabelle 3 wiedergeben. Die Kalibrierung der Alter wurde mit dem Programm CALIB rev. 4.3, Datensatz 2 durchgeführt. Für die Probe HK 6 liegen aus technischen Gründen keine Wahrscheinlichkeiten innerhalb des 2-Sigmaalters vor.

Tab. 3: Ergebnisse der AMS-Radiokohlenstoffdatierungen von Holzkohlen aus dem Profil Zhongzuimao. (BP = Before Present, d. h. konventiongemäß vor 1950 n. Chr.; BC = Before Christ, d. h. v. Chr.)

Probennummer	Fundort	Labornummer	Konventionelles Alter	kalibrierte 2 $\sigma$ -Alter (Wahrscheinlichkeit %)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
HK 1	Mc/ Süd	KIA 22229	2945 $\pm$ 25 BP	1259-1231 cal BC (10,5) 1218-1048 cal BC (84,9)	-25,17 $\pm$ 0,06
HK 2	Mc/ Mitte Nord	KIA 22230	3490 $\pm$ 30 BP	1883-1739 cal BC (93,5) 1707-1696 cal BC (1,9)	-25,50 $\pm$ 0,08
HK 3	Mc/ Mitte Nord	KIA 22231	3590 $\pm$ 25 BP	2026-1994 cal BC (14,3) 1981-1881 cal BC (80,1) 1837-1832 cal BC (1,0)	-24,01 $\pm$ 0,21
HK 4	Y3 Schlucht/ Nord	KIA 22232	4165 $\pm$ 25 BP	2878-2835 cal BC (17,2) 2819-2663 cal BC (74,4) 2648-2630 cal BC (3,8)	-24,96 $\pm$ 0,11
HK 6	Mc Grenze zu Cc/ Süd	KIA 15082	2975 $\pm$ 30 BP	1368-1361 cal BC 1345-1345 cal BC 1315-1111 cal BC 1098-1080 cal BC 1060-1053 cal BC	-24,97 $\pm$ 0,08

Die Radiokohlenstoffdatierungen der Holzkohlen aus dem Profil (Tab. 3) dokumentieren die chronologische, horizontale Entwicklung der Garten- bzw. Ackerterrasse von Norden nach Süden (Abb. 10). Die in der Abbildung 10 angegebenen Altersspannen beziehen sich auf die

mittleren kalibrierten 2-Sigmaalter der Holzkohleproben und letztere auf die Cäsiumdatierung.

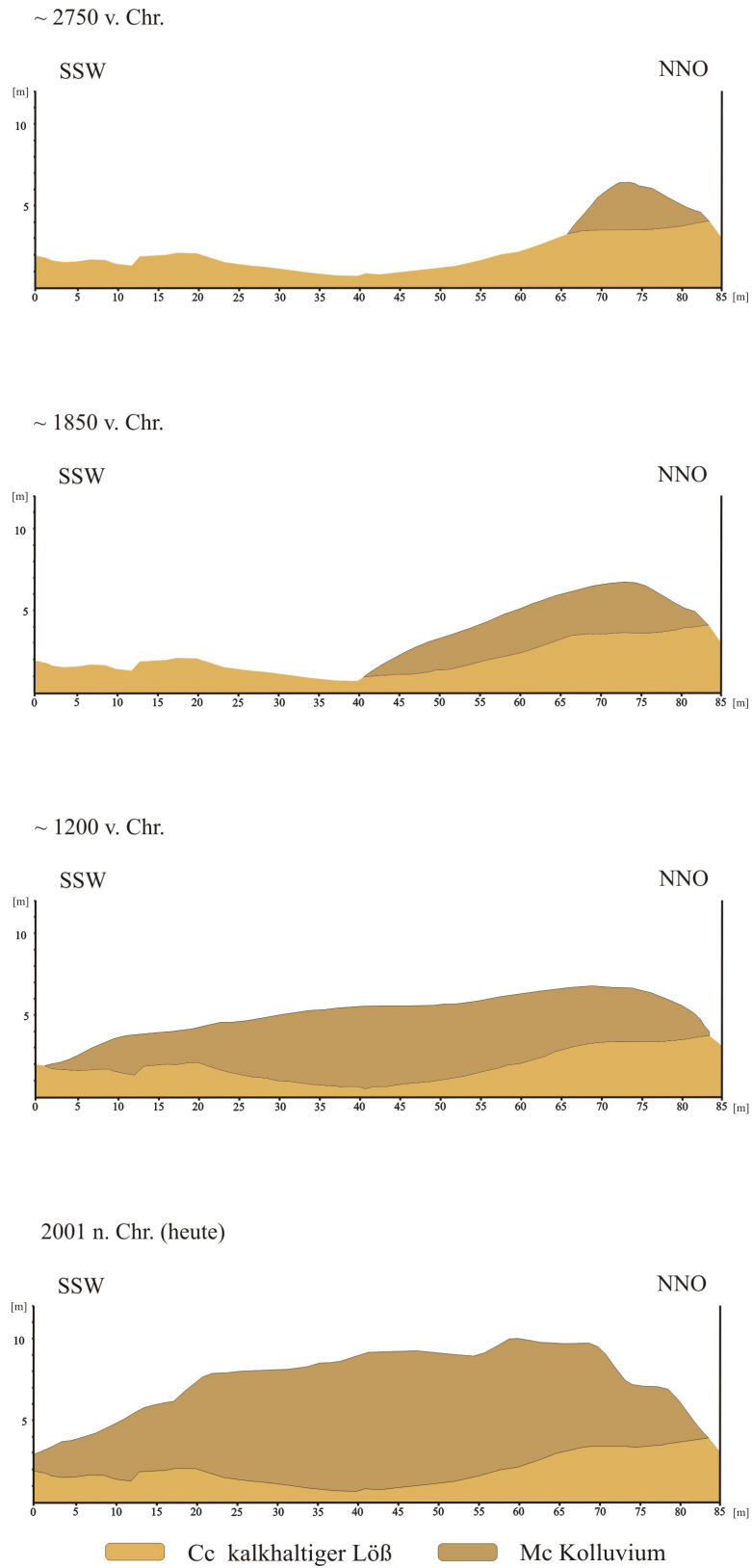


Abb. 10: Wachstum der Terrasse am Zhongzuimao in den letzten 5000 Jahren, 2-fach überhöht.



Im nördlichen Abschnitt des Profils weist die Probe HK 4 auf eine ~2900-2600 cal BC alte Basis der Terrasse hin. Im südlichen Mittelbereich der Terrasse befinden sich die deutlich jüngeren Zeitmarken HK 2 und HK 3, die auf eine um ~2000-1700 cal BC entstandene Basis im Mittelteil des Terrassenkörpers hindeuten. Am südlichen Ende der Terrasse schließen sich die Proben HK 1 und HK 6 an. Die Terrassenbasis in diesem Profilabschnitt ist mit ~1400-1000 cal BC erneut deutlich jünger. Die Radiokohlenstoffdatierungen bilden das Gerüst der Quantifizierungen der Bodenumlagerungen.

### 5.2.2 Ergebnisse der Cäsiumdatierungen

Zur Gewinnung einer jüngeren Zeitmarke im Terrassenprofil wurde der  $^{137}\text{Cs}$ -Gehalt des Kolluviums (Mc) in verschiedenen Tiefen des Terrassenkörpers gemessen. Nach Angaben von Prof. Dr. Y. Li am Institute for Agricultural Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Agricultural Science (CAAS) in Beijing liegt die analytische Genauigkeit der Messung bei  $\pm 6\%$ . Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tab. 4:  $^{137}\text{Cs}$ -Aktivität des Kolluviums (Mc) in verschiedenen Tiefen des Profils Zhongzuimao

Bodentiefe [cm]	$^{137}\text{Cs}$ -Aktivität [Bq/kg]
0-10	5,40
10-20	6,20
20-30	7,11
30-40	2,64
40-50	3,10
60-260	0,00

Die Messungen der  $^{137}\text{Cs}$ -Aktivität des Kolluviums im Terrassenkörper in unmittelbarer Nähe der Terrassenwand zeigen, dass in einer Tiefe ab 60 cm unter der rezenten Geländeoberfläche kein  $^{137}\text{Cs}$  mehr nachweisbar ist. Das cäsiumhaltige Kolluvium weist eine mittlere Mächtigkeit von 37 cm auf. Da das Cäsiumisotop nur partikelgebunden transportiert wird (vgl. WALLING & QUINE 1993), markiert der Übergang von  $^{137}\text{Cs}$ -haltigem Material zu  $^{137}\text{Cs}$ -freiem Substrat die Akkumulation von Kolluvium seit frühestens Mitte der 1950-er Jahre. Aufgrund von Expertenbefragungen im Untersuchungsgebiet Yangjuangou wird bei den Quantifizierungen der Bodenumlagerungen das Jahr 1958 zu Grunde gelegt, d. h. der Beginn der gravierenden Landschaftsveränderungen im Rahmen des „Großen Sprungs nach Vorne“.

### 5.2.3 Ergebnisse der archäologischen Datierungen

Die von Prof. Dr. Wagner vom DAI in Berlin vorgenommenen archäologischen Einordnungen der Keramikfragmente aus dem Terrassenprofil (Tab. 5) können eine zeitliche Groborientierung geben. Nach Angaben von Prof. Dr. Wagner sind die deutlich erkennbaren Stempelabdrücke mit einiger Sicherheit der Shang-Zeit zuzuweisen. Die auf den Scherben häufig vorkommenden Schnurabdrücke waren im gesamten nordchinesischen Raum vom mittleren Neolithikum bis zur Eisenzeit weit verbreitet. In Anlehnung an ergrabene Funde aus südwestlich und nördlich benachbarten Gebieten wurden die Scherben in die zweite Hälfte des 5. Jahrtausend vor Heute datiert. Das entspricht einer Zuweisung zum Longshan-Horizont, d. h. einer frühbronzezeitlichen Kulturrengruppe.

Welche Aussagekraft haben die Keramikfragmente für die Datierung des Terrassenprofils am Zhongzuimao? Sieht man sich die archäologischen Daten an, fällt auf, dass die Alter der Proben K 1(2), K 1(3) und K 1(4) auf ~3000-2000 v. Chr. eingeschätzt wurden. Diese befinden sich in unmittelbarer Nähe der Probe HK 4 mit einem Radiokohlenstoffalter um ~2900-2600 cal BC und waren ebenfalls in der Füllung der kastenförmigen Schlucht auf der Nordseite des Terrassenprofils eingebettet. Sie unterstreichen das wahrscheinliche Alter der Schluchtenfüllung. Der überwiegende Teil der datierten Scherben wurde im Südteil des Profils in einem archäologischen Fundzusammenhang in situ entdeckt. Die bei Siedlungsrelikten an der Kolluviumbasis eingebetteten Scherben schätzte Prof. Wagner aufgrund des Dekor- und Materialvergleichs jünger als die Scherben des Nordteils der Terrasse ein, was mit den Holzkohledatierungen der Proben HK 1 und HK 6 übereinstimmt. Eine besondere zeitliche Übereinstimmung der Proben HK 1 und HK 6 (~1400-1000 cal BC) ergibt sich mit den Proben K 5(1), K 5(2) und K 5(3), die in die Shang-Zeit auf etwa 1500-1000 v. Chr. datiert wurden. Die übrigen archäologisch datierten Keramikfragmente aus sekundären Lagerstätten im Südteil des Profils sind im Vergleich zu den physikalisch datierten Holzkohlen HK 1 und HK 6, gleichfalls aus dem Südteil des Profils, älter als das Kolluvium.

Tab. 5: Archäologische Datierung von Artefakten aus dem Profil Zhongzuimao

<b>Probennummer</b>	<b>Entnahmeort</b>	<b>Charakteristika der Proben</b>	<b>vermutliches Alter</b>
K 1(2)	Y3 verfüllte Schlucht/ Nord	Wandungsfragmente; grobsandig gemagerte, braune Keramik; unregelmäßige Abdrücke	~3000-2000 v. Chr.
K 1(3)	Y3 verfüllte Schlucht/ Nord	Wandungsfragment; sandgemagerte, braune, innen ziegelrote Keramik; unregelmäßiges Schnurimpresso	~3000-2000 v. Chr.
K 1(4)	Y3 verfüllte Schlucht/ Nord	Wandungsfragment; geschlammte, hart gebrannte, ziegelrote Keramik; Oberfläche abgeplatzt	~3000-2000 v. Chr.
K 2(1)	Mc/ Süd	Zwickelfragment eines Beutelfußtopfes; sandgemagerte graubraune Keramik; tiefer, grober Schnurabdruck	~2500-2000 v. Chr.
K 2(2)	Mc/ Süd	Wandungsfragment; fein geschlammte und hoch verdichtete hellbraune bis graue Keramik; weites Streifenimpresso	~2500-2000 v. Chr.
K 2(3)	Mc/ Süd	Wandungsfragment; geschlammte hellgraue Keramik; feines Schnurimpresso	~2500-2000 v. Chr.
K 2(4)	Mc/ Süd	Wandungsfragment; verbrannt, daher stark porös; ziegelroter bis grauer Scherben; mittelfeines Schnurimpresso	~2500-2000 v. Chr.
K 4(3)	Mc Grenze zu Cc/ Süd	Wandungsfragment; grobsandig gemagerte, hellgraue Keramik; unregelmäßiges Schnurimpresso	~2500-2000 v. Chr.
K 4(4)	Mc Grenze zu Cc/ Süd	Wandungsfragment; grob gemagerte, hellgraue Keramik; Gitterflechtwerkimpresso	~2000 v. Chr.
K 4(5)	Mc Grenze zu Cc/ Süd	Wandungsfragment; grob gemagerte, ziegelrote Keramik; Schnurimpresso	~2500-2000 v. Chr.
K 5(1) und K 5(2)	Mc/ Süd	Wandungsfragment; fein geschlammte hellgraue Keramik; Mäander-Stempelabdruck	Shang-Zeit, ~1500-1000 v. Chr.
K 5(3)	Mc/ Süd	Wandungsfragment; fein geschlammte hellgraue Keramik; Mäander-Stempelabdruck; gehört eventuell zu K 5(1)/ 5(2)	Shang-Zeit, ~1500-1000 v. Chr.
K 5(4)	Mc/ Süd	Wandungsfragment; grob gemagerte graubraune Keramik; Schnurabdruck	~2500-2000 v. Chr.

### **5.3 Interpretation der Untersuchungsergebnisse vom Zhongzuimao**

#### **5.3.1 Holozäne Landschaftsgeschichte am Zhongzuimao**

Ausgehend von den Geländebefunden, insbesondere den Ergebnissen der bodenkundlich-sedimentologischen Profilanalyse und den Datierungen, lassen sich mehrere Phasen der holozänen Landschaftsgeschichte des Standorts Zhongzuimao in der Provinz Shaanxi ableiten (Abb. 11 a-i):

Zunächst wurde im Untersuchungsgebiet Yangjuangou Löß akkumuliert (Abb. 11 a). Vor mehr als 5000 Jahren in einer vergleichsweise etwas feuchteren und wärmeren Klimaphase (AN et al. 1991: 35, ELVIN 1993: 30, HE et al. 2004: 344) entwickelte sich in der Nähe von Yan'an auf der Lößoberfläche ein rotbrauner Boden (Chromic Cambisol; FAO Klassifikation vgl. ZECH & HINTERMAIER-ERHARD 2002: 30) mit bis zu 1,5 m Mächtigkeit (Abb. 11 b). An besonders geschützten Standorten im Untersuchungsgebiet Yangjuangou blieben autochthone Bodenrelikte dieser geomorphologischen Stabilitätsphase bis heute erhalten.

Nach einer teilweisen oder vollständigen Zerstörung der natürlichen Vegetationsbedeckung durch Rodung (vgl. Kap. 3.5) bestand zumindest zeitweise kein Schutz der Geländeoberfläche vor Erosion. Erstmals in der Nacheiszeit ermöglichte (verstärkter) Abfluss infolge von Niederschlägen auf Standorten mit geringer Vegetationsbedeckung Bodenerosion. Der rotbraune Boden wurde quasi-flächenhaft (hillslope erosion) fast vollständig erodiert (Abb. 11 c). Im Südteil des Terrassenprofils finden sich heute nur noch vereinzelt Relikte des rotbraunen Bodens in primärer Position. Umgelagerte Blöcke und Aggregate des rotbraunen Bodens liegen in der Nähe von Siedlungsresten einer archäologischen Fundstätte an der Basis des Südrandes der Ackerterrasse und in den Schluchtenfüllungen im Nordteil der Terrasse. Die erneute Dominanz von Löß auf der Geländeoberfläche hatte erhebliche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Standorte. Kalkhaltiger, pedogen kaum veränderter Löß besitzt im Vergleich zum intensiv verbrauchten altholozänen Boden aufgrund seines geringeren Tongehalts ein geringeres Speichervermögen von pflanzenverfügbarem Wasser. Nahezu vollständige flächenhafte Abtragung der Böden mit deutlich höherem Wasserspeichervermögen verschob wahrscheinlich die Grenze des Trockenfeldbaus in niederschlagsreichere Gebiete Nord-Chinas in südöstlicher Richtung.

Vor etwa 5000 Jahren siedelten Menschen am Zhongzuimao und betrieben Gartenbau (Abb. 11 d). Infolge des Gartenbausystems entwickelte sich ein schwach bis mäßig humoser

Bodenbearbeitungshorizont an der Geländeoberfläche, der im Folgenden als Ahort-Horizont bezeichnet wird. Zu den regionalen Gartenbaumethoden liegen für den Standort keine Informationen vor. Auf eine ehemalige Siedlung am ostexponierten Oberhang des Zhongzuimaos weisen Keramikfunde und Gräber am Oberhang des Zhongzuimaos an der Wasserscheide in unmittelbarer Nachbarschaft des Terrassenaufschlusses und die mündliche Überlieferung durch den Dorfältesten hin. Nach Angaben der Dorfbewohner von Yangjuangou wurde die alte Siedlung aufgegeben und an den heutigen Standort, am Hangfuß verlegt. Bislang liegen hierzu keine archäologischen Untersuchungen vor. Die ältesten im Kontext der landschaftsgenetischen Untersuchungen von Prof. Dr. Wagner datierten Keramikfunde besitzen ein Alter von etwa 5000 Jahren.

Während der Niederschlagsereignisse fand am kurzen, steilen Oberhang am Zhongzuimao überwiegend fluviale schwache quasi-flächenhafte Erosion (hillslope erosion) statt. Von der Wasserscheide und dem Oberhang floss schwebstoffreicher Oberflächenabfluss hangabwärts. An einer höhenlinienparallelen Furche oder einem schmalen, mit Gras bewachsenen Streifen oder einer Feldgrenze oberhalb der heutigen Terrassenbasis infiltrierte das Wasser. Die mitgeführten Schwebstoffe sedimentierten während jeden Abflussereignisses um einige Millimeter; die Gartenterrasse begann aufzuwachsen (Abb. 11 e und Abb. 11 f).

Der Aufwuchs des ältesten Terrassenkerns mit einem Volumen von ca.  $115 \text{ m}^3$  vollzog sich nicht ohne Störung (Abb. 11 g), da das Bodenschutzsystem noch nicht ausgereift war oder außergewöhnlich intensive Starkregenereignisse auftraten. Letzteres ist sehr unwahrscheinlich, da der damalige Gartenterrassenkern nicht vollständig zerstört worden ist. Das Ackerterrassenprofil heute belegt das Einreißen von drei kleinen Schluchten auf verschiedenen Terrassenniveaus, d. h. zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Terrassenaufwuchses. Als die Terrasse etwa eine Höhe von 1,8 m und eine Breite von 27 m erreicht hatte, schnitt Abfluss eines Starkniederschlags eine erste ca. 1,5 m tiefe Schlucht in den Nordteil der Terrasse und den gartenbaulich genutzten Oberhang ein. An der flachen, nahezu horizontalen 2,2 m breiten Basis der Schlucht setzten sich am Ende des Niederschlagsereignisses bei verringerten Abflussmengen und -geschwindigkeiten einige Millimeter bis wenige Zentimeter mächtige Schluffe ab. Das Profil heute belegt, dass die „verborgenen“ Schluchten im Kolluvium (Mc) danach anthropogen verfüllt wurden (Abb. 11 h). Die Füllung der großen kastenförmigen Schlucht wurde auf  $\sim 2750 \text{ cal BC}$  datiert. Sie besteht aus Blöcken und Aggregaten unterschiedlichen Substrats: kalkhaltigem Löß (Cc oder Mc) und humosem Ahort-Material. Blöcke abgestochenen kalkhaltigen Lösses dominieren im oberen Teil der

Schluchtfüllung. Wahrscheinlich war zu diesem Zeitpunkt der Ahort-Horizont des Gartenbodens fast vollständig erodiert und anstehender kalkhaltiger Löß an die Abgrabungsfläche getreten. Die abgestochenen Blöcke in der Schlucht, die beim Aufprall häufig zu Bodenaggregaten zerfielen, sind abgeplattet. Dies ist ein Hinweis auf Verdichtung des Materials durch Stampfen. Die Schlucht wurde über das Niveau vor der linienhaften Bodenerosion hinaus aufgefüllt. Ein flacher Rücken verblieb. Stampfen und Aufwölben verhinderten negative Spätwirkungen wie starke Setzungsprozesse und erneuten Abfluss an der verfüllten Stelle. Zahlreiche schwächere Niederschlags- und Abflussereignisse bedingten kurzfristig fluviatile Erosion oberhalb der Terrasse. Die Akkumulation des Kolluviums und damit das Terrassenwachstum setzten sich fort (Abb. 11 i). Die aufgewölbte verfüllte Schlucht verschwand unter den neuen Sedimenten. Starkniederschläge rissen bald zwei kleinere Schluchten in den Terrassenkörper; sie wurden ebenfalls anthropogen verfüllt. Die ackerbauliche Nutzung des Hanges und das Terrassenwachstum setzten sich fort. Es gibt keine Hinweise, die auf eine temporäre Nutzungsaufgabe hindeuten.

In der langen Phase nach der Verfüllung der drei kleinen Schluchten zwischen ~1200 cal BC und 1958 n. Chr. hatten die Landnutzer ihre Wirtschaftsweise - wahrscheinlich auch die Wahl der Feldfrüchte und Fruchtfolgen - optimal an die naturräumlichen Gegebenheiten des erosionsgefährdeten Standorts angepasst. Es rissen keine neuen Schluchten mehr in den Terrassenkörper ein. Der durchschnittliche jährliche Bodenabtrag war besonders gering.

Die Cäsium-Datierungen des Kolluviums (Mc) in unterschiedlichen Tiefen belegen ein besonders ausgeprägtes Wachstum der Ackerterrasse, d. h. einen starken Anstieg der Bodenerosion seit Mitte der 1950-er Jahre. Expertenbefragungen gestatten eine weitere Präzisierung. Das geländeoberflächennahe cäsiumhaltige kolluviale Material wurde seit 1958 akkumuliert, seit dem Beginn des „Großen Sprungs nach Vorne“ (vgl. Kap. 3.5.2). Im Jahr 1958 endete die nachhaltige gartenbauliche Nutzung des Zhongzuimao. Die Bewirtschaftung der steilen Hänge des Zhongzuimao mit dem Pflug ab 1983 und die Intensivierung der Landwirtschaft forcierten die Bodenerosion. Das Ausmaß bodenbearbeitungsbedingter Bodenverlagerungen durch intensives Pflügen (tillage translocation) an diesem Standort demonstrieren Pflugexperimente unmittelbar unterhalb der Gartenterrasse (LI et al. 2003a, LI et al. 2004). Fünffzigmaliges höhenlinienparalleles Pflügen ließ auf einer Fläche, die im Hinblick auf Ausdehnung, Gefälle und Substratmerkmale dem Einzugsgebiet der Gartenterrasse entspricht, eine etwa 1,3 m hohe Geländestufe entstehen (LI et al. 2004: 910).

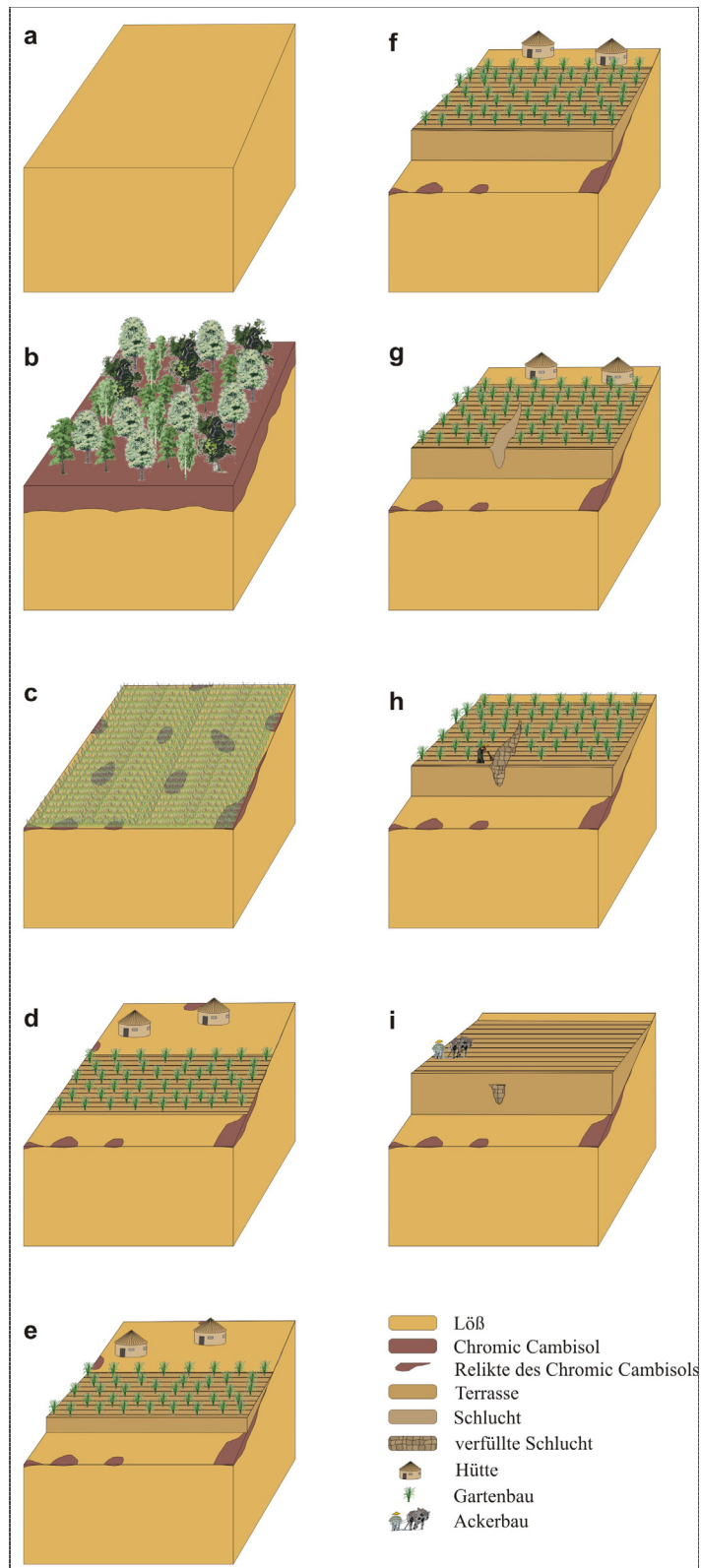


Abb. 11 a-i: Schematische Darstellung der Terrassengeneese am Zhongzuimao. Ausschnitt aus dem Nord-Süd-Profil ca. 65 bis 83 m. Tatsächlich wuchs die Terrasse asymmetrisch von NNO nach SSW auf (vgl. Abb. 10).

### 5.3.2 Bilanzen der holozänen Bodenumlagerungen am Zhongzuimao

Der Bilanzierung der Bodenumlagerungen an der Gartenterrasse am Zhongzuimao liegen die bodenkundlich-sedimentologischen Untersuchungen des großen Terrassenprofils, die Datierungen der einzelnen Terrassenkerne und die Bestimmung der jeweils zugehörigen kleinen Einzugsgebiete zu Grunde. Entsprechend der rekonstruierten Erosions- bzw. Akkumulationsphasen wurde folgendes Szenario quantifiziert (Abb. 12):

**Phase 1 (?-2750 cal BC):** Nach Untersuchungen der Sedimentkörper entstand vor 2750 cal BC in einer vermutlich Jahrzehnte bis wenige Jahrhunderte dauernden Gartenbauphase ein kleiner Terrassenkern. Für diesen Zeitraum liegt keine Datierung vor, so dass eine Berechnung der mittleren jährlichen Bodenerosion nicht möglich ist.

**Phase 2 (~2750-1849 cal BC):** In der etwa 900-jährigen Phase wurden im Mittel jährlich mindestens  $4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  Boden am kurzen Hang oberhalb der Gartenterrasse am Zhongzuimao erodiert. Der Terrassenkern besaß zu diesem Zeitpunkt ein Volumen von  $115 \text{ m}^3$  und das Einzugsgebiet umfasste ca.  $120 \text{ m}^2$ . In diesen Terrassenkern rissen drei kleine Schluchten ein. Da für das Einreißen der kastenförmigen Schlucht kein Datum vorliegt, wurde eine indirekte Datierung mittels in der Füllung eingebetteter, datierbarer Funde vorgenommen. Die angegebenen  $^{14}\text{C}$ -Alter beziehen sich auf die mittleren 2-Sigmaalter der jeweils datierten Holzkohlen. Bei der Bilanzierung der Erosionsrate dieser Phase wurde davon ausgegangen, dass die entstandene Schlucht rasch verfüllt und erneut Kolluvium darüber abgelagert wurde, d. h. es lag nur ein sehr kurzer Zeitraum zwischen Schluchtenreißen und Schluchtverfüllung.

**Phase 3 (~1850-1199 cal BC):** In den folgenden etwa sechseinhalb Jahrhunderten erhöhte sich, wie das Kolluvium dokumentiert, die Mindestbodenerosionsrate des zugehörigen Einzugsgebietes auf etwa  $9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

**Phase 4 (~1200 cal BC-1957 n. Chr.):** Die niedrigsten Erosionsraten prägten einen Zeitraum von mehr als 3100 Jahren. Für diese Periode belegen die im Terrassenkörper befindlichen Kolluvien Mindestbodenerosionsraten von lediglich  $1,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Im Anschluss an die sehr lange Phase mit offenbar an die naturräumlichen Bedingungen exzellent angepassten Wirtschaftweisen veränderte sich die Situation der Landnutzung und Bodenerosion an diesem Standort abrupt. Es finden sich keine Hinweise auf eine längerfristige Nutzungsaufgabe.



**Phase 5 (1958-2001 n. Chr.):** Wie die Cäsium-Datierungen dokumentieren, erreichte die fluviale Mindestbodenerosionsrate in Zhongzuimao einen Wert von etwa  $34 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Dies entspricht einem Anstieg der Bodenerosion um das 24-fache im Vergleich zur Phase 4. Die Änderungen der Landnutzung im Kontext des „Großen Sprungs“ haben wesentlich dazu beigetragen.

Die vorgelegte Rekonstruktion der holozänen Bodenerosionsraten für den Standort Zhongzuimao auf Basis von Hangkolluvien ermöglicht eine Bestimmung der fluvialen Mindesterosionsraten. Ein Teil des erodierten Materials, insbesondere das Feinmaterial, kann in die Täler und Vorfluter gespült werden. Wie sind die hier aufgeführten Bilanzen einzuordnen? Geländebefunde in den Tälern können darüber Auskunft geben. In der Zeit vor 1958 spiegeln die Wachstumsraten der Hang- bzw. Terrassenkolluvien annähernd die absoluten Bodenerosionsraten am kurzen Oberhang wider. Nahezu das gesamte, über Jahrtausende erodierte Material hatte sich auf der Terrasse abgelagert. In den Trockentälern und Senken am Hangfuß fanden sich keine korrelierten Sedimente. Geländebefunde auf den zugehörigen Tälern weisen darauf hin, dass erst seit ca. 1958 eine bedeutende Menge des erodierten Materials in die Täler und Vorfluter gespült wird. In den Trockentälern wurden Erdstaudämme auf dem Löß in situ aufgeschüttet, um Sediment in Verlandungsdammbecken im Einzugsgebiet direkt zurückzuhalten.

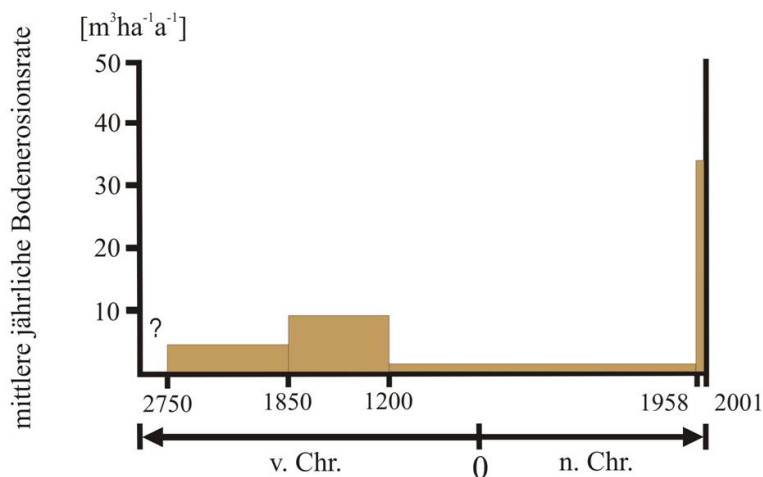


Abb. 12: Entwicklung der mittleren jährlichen Erosionsraten (Phasen 2-5) am Zhongzuimao auf Basis von bodenkundlich-sedimentologischen Untersuchungen sowie  $^{14}\text{C}$ -Datierungen und  $^{137}\text{Cs}$ -Datierungen

## 6 Ergebnisse der Untersuchungen von Auensedimenten der Verlandungsdammfelder in Yangjuangou

### 6.1 Ergebnisse der Geländearbeiten

#### 6.1.1 Geländebeobachtungen und Profile

Der an der Garten- und Ackerterrasse des Zhongzuimao identifizierte gravierende Anstieg der Bodenerosion nach 1958 wird anhand der Sedimente in den Reservoiren der Trockentäler des Einzugsgebietes Yangjuangou (Abb. 13) detaillierter betrachtet. Im westlichen Trockental des Untersuchungsgebietes Yangjuangou befindet sich eine Kaskade von elf Verlandungsdammfeldern (vgl. Kap. 6.1.2). Die folgenden Beispiele stammen aus diesem Tal und sind auf das kleinere Tal östlich des Zhongzuimao grundsätzlich übertragbar. Die Geländebeobachtungen thematisieren die Aspekte der *Dammkonstruktion*, der *Verfüllung der zugehörigen Speicherbecken* und der *Zerstörung der Dämme* durch Bodenerosion.



Abb. 13: Verlandungsdammfelder am Ursprung des westlichen Haupttals in Yangjuangou. Foto: DAHLKE 2003

Quer- und Längsschnitte durch Verlandungsdämme geben Auskunft über ihre *Konstruktion*. Zunächst fällt auf, dass die Dämme im Untersuchungsgebiet unabhängig von ihrer Größe ausschließlich aus umgelagertem Löß bestehen. Die Dämme weisen keine Überläufe auf. Abbildung 14 zeigt einen Ausschnitt eines typischen Verlandungsdammquerschnitts (check-

dam), der durch eine kleine Schlucht aufgeschlossen ist. An der Basis des Dammes steht rötlicher Löß in situ an. Sehr gut erkennbar ist das plattige Gefüge des 4,50 m hohen Erddammes. Eine genauere Betrachtung des Dammquerprofils zeigte „zwiebelschalenartig“ orientierte Lagen von verdichtetem Löß, insbesondere im Dammkern an der Basis.



Abb. 14: Ausschnitt eines Aufschlusses in einem Verlandungsdamm in Yangjuangou. Foto: BORK 2003

Weitere Aufschlüsse dokumentieren die *Verfüllung* der Reservoirbecken, die durch den Bau der Querdämme im Tal entstanden sind. Die Profile zeigen fein geschichtete Sedimente. In den Profilen sind mehrere stratigraphische Einheiten mit oberflächenparalleler Schichtung sichtbar. In einem Aufschluss (Abb. 15) erkennt man ein fein laminiertes mächtiges Schichtpaket mit einer lehmigen, schichtparallelen Kruste an seiner Oberseite. Darüber liegt eine zweite geringmächtigere Lage mit identischem Aufbau. Zwischen dieser Lage und der rezenten Geländeoberfläche erstreckt sich ein drittes Schichtpaket, welches im oberen Bereich ein krümeliges Gefüge aufweist und im unteren Teil fein geschichtet ist. In einigen Profilen sind auch wellenförmige Strukturen zwischen Sedimenten zu erkennen (Abb. 16), die auf Bodenbearbeitung zurückzuführen sind. Abbildung 16 zeigt ein 2 cm mächtiges braunes Lehmhändchen. Das Substrat der Reservoirfüllungen ist verlagerter gelbbrauner Löß, der in den höher gelegenen Bereichen des Tals ansteht.



Abb. 15: Detail eines Aufschlusses, Sedimente in einem Verlandungsdammfeld in Yangjuangou. Foto: BORK 2003



Abb. 16: Detail eines Aufschlusses, alte Geländeoberfläche eines Verlandungsdammfeldes im westlichen Haupttal des Gebietes Yangjuangou. Foto: BORK 2003

Die *Zerstörung von Erddämmen* und Feldern durch Bodenerosion ist im Gelände deutlich sichtbar. An dem im Jahr 2003 als Hirsefeld genutzten Reservoir X (Abb. 17) erkennt man Einbruchstrichter als Ergebnis unterirdischer Erosion. Oberhalb eines Seitentälchens hat sich ein Tunnel entwickelt, der bereits im Jahr 2003 etwa 20% des Damms unterhöhlte und einzubrechen drohte. Der Aufschluss im zerschnittenen Guzhuangzi-Damm in einem Seitental des westlichen Arms des Yangjuangou-Tals (Abb. 18) belegt mehrere Dammbürche und Dammreparaturen in unterschiedlichen Dammabschnitten. Der erste Guzhuangzi-Damm wurde nach Auskunft lokaler Experten 1958 errichtet; er brach bereits 4 Jahre später nach der vollständigen Verfüllung des Reservoirs XI oberhalb des Damms.



Abb. 17: Unterirdische Erosion am südlichen Verlandungsdamm des Reservoirs X in Yangjuangou. Foto: BORK 2003



Abb. 18: Zerschluchteter Guzhuangzi-Damm und mit Sediment verfülltes Reservoir XI in Yangjuangou. Foto: BORK 2001

### 6.1.2 Ergebnisse der Vermessungen

Die DGPS-Vermessungen der elf Verlandungsdammfelder im westlichen Haupttal (Reservoire II, III, V, VI, VIII, IX, X) mit seinen Nebentälern (Reservoire IV, VII, XI) und am Auslass des Einzugsgebietes (Reservoir I) Yangjuangou in Höhe des Dorfes (Abb. 19, Abb. 20) bilden den Ausgangspunkt für eine Quantifizierung der fluviatilen Sedimentation im Einzugsgebiet Yangjuangou während der letzten 50 Jahre.



Abb. 19: Übersicht untersuchter Reservoire (I-XI) in Yangjuangou. Kartengrundlage: TK Blatt J-49-112-(57), Nianzhuang. Vermessungsjahr 1977, gedruckt 1979. Originalmaßstab 1: 10 000. SURVEYOR BUREAU OF REVOLUTION COMMITTEE IN SHAANXI PROVINCE.

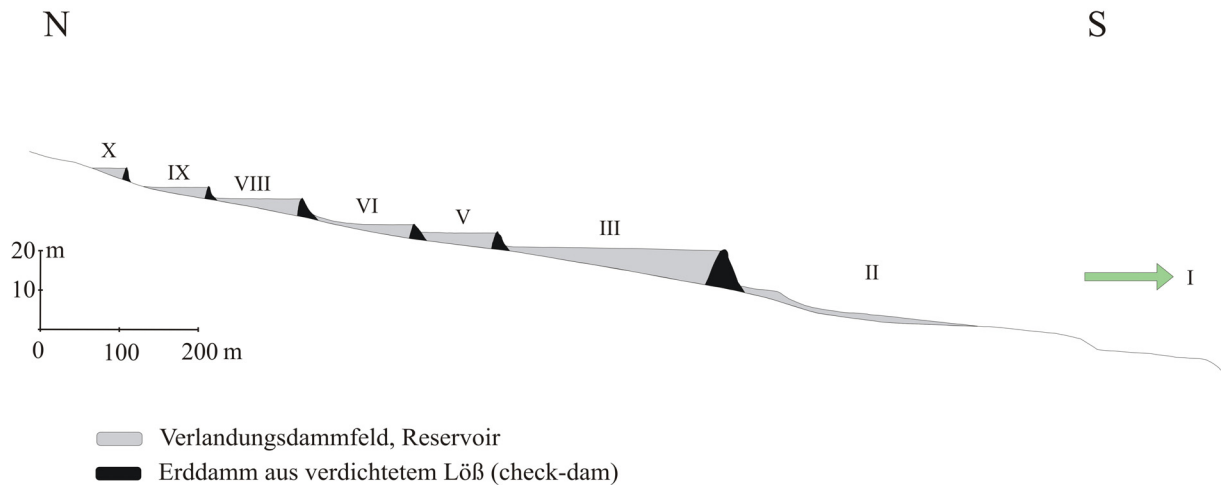


Abb. 20: Reservoirkaskade im westlichen Haupttal in Yangjuangou (2003). N-S Längsprofil, 5-fach überhöht.

Jede Reservoiroberfläche, d. h. jede Sedimentakkumulationsfläche im Tal, wurde im Gelände mit DGPS vermessen und im Maßstab 1:1000 gezeichnet. Eine Ausnahme bildet Reservoir II. Aufgrund der Talenge und damit fehlender GPS-Signale war hier keine satellitengestützte Vermessung möglich. Das kleine, fast rechteckige Reservoir II wurde daher mit dem Maßband vermessen. Reservoir II ist das einzige Reservoir ohne Begrenzung durch einen Staudamm senkrecht zum Gefälle der Haupttiefenlinie. Zur Berechnung der Sedimentationsbilanzen der Teileinzugsgebiete wurde zusätzlich die mittlere Mächtigkeit der jeweiligen Reservoirfüllung bestimmt. Grundlage der Abschätzung sind Rekonstruktionen der Talmorphologie vor der Anlage der Verlandungsdämme. Die Entwicklung der Hänge wurde anhand von Querprofilen rekonstruiert und das Längsprofil über eine Abschätzung der verschütteten Dammbereiche und kleiner Aufschlüsse im Dammland vorgenommen. Topographische Karten oder Luftbilder aus der Zeit vor Anlage der Dämme waren für das Untersuchungsgebiet nicht verfügbar. Die Kalkulation der gespeicherten Sedimentmasse basiert auf dem Sedimentvolumen und dem mittleren spezifischen Gewicht des Sediments an diesem Standort von  $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ .

Die Detailergebnisse der Reservoirvermessungen sind in Tabelle 6 und die Details der Erosions- und Akkumulationsbilanzen der Verlandungsdammfelder sind in Tabelle 7 aufgeführt. Die Reservoirs des westlichen Haupttals im Einzugsgebiet Yangjuangou und des Reservoirs I besitzen eine Oberfläche von insgesamt  $59700 \text{ m}^2$  und weisen mittlere Sedimentmächtigkeiten von etwa 0,5 bis 4,5 m auf. Die untersuchten Becken speichern ein Volumen von mehr als  $160000 \text{ m}^3$  umgelagertem Löß, das entspricht bei einer mittleren Dichte von  $1,5 \text{ g cm}^{-3}$  einer Masse von mehr als 250000 t Substrat. Im Mittel enthält ein Verlandungsdammfeld ein Volumen von mehr als  $15000 \text{ m}^3$  Substrat. Besonders große Sedimentmengen



wurden in den Reservoiren I, III und XI gespeichert. Reservoir X und Reservoir II hingegen zeichnen sich durch die geringsten Sedimentmengen aus. Die Verlandungsdämme im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind zwischen 3,5 und 11 m hoch. Der Damm des Reservoirs I ragt heute etwa 20 m über das Taltiefste (Li et al. 2003c: 110).

Tab. 6: Ergebnisse der Vermessung der Verlandungsdammfelder im westlichen Tal von Yangjuangou.

<b>Reservoirnummer</b>	<b>Reservoiroberfläche [m<sup>2</sup>]</b>	<b>mittlere Sedimentmächtigkeit [m]</b>	<b>Sedimentvolumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Sedimentmasse [t]</b>
I	22493	4,4	98969	148454
II	2363	0,6	1418	2127
III	12369	2,4	29686	44528
IV	4269	1,2	5123	7685
V	4444	1,4	6222	9333
VI	2713	0,9	2442	3663
VII	2156	0,9	1940	2910
VIII	2843	1,2	3412	5118
IX	1819	0,8	1455	2183
X	731	0,7	512	768
XI Guzhuangzi	3500	4,5	15750	23625

Der Größe des Gesamteinzugsgebietes und des Teileinzugsgebietes des Reservoirs XI liegen DGPS-Messungen im Gelände zu Grunde. Die Teileinzugsgebietsgrößen der übrigen Reservoirs (Tab. 6) wurden mit Hilfe der topographischen Karte Blatt J-49-112-(57) des SURVEYOR BUREAU OF REVOLUTION COMMITTEE OF THE SHAANXI PROVINCE 1977 bestimmt. Die Karte besitzt einen Originalmaßstab von 1:10000 und wurde vergrößert auf 1: 5000. Die Größe des Teileinzugsgebietes des Reservoirs X ist eine Abschätzung auf Basis eines Luftbildes, da die verwendete Karte aufgrund des Blattschnitts das Gebiet nicht vollständig abdeckt und die notwendige Anschlusskarte nicht verfügbar war. Bei der Bestimmung der Teileinzugsgebiete war darauf zu achten, dass die Lage und Anordnung der Reservoirs die Größe der Teileinzugsgebiete beeinflusst. Vier Reservoirs der Seitentäler (XI, VII, IV) und das nördlichste Reservoir der Kaskade (X) stehen jeweils am Anfang der Kaskade der Verlandungsdammfelder. Sie besitzen somit eindeutig abgrenzbare Sedimentliefergebiete. In

den übrigen Reservoiren der Kaskade wurde Material abgelagert, das die Reservoirre XI, VII, IV und X passiert hatte oder dort nach vorübergehender Ablagerung ausgelöst durch Damnbrüche oder das Überfluten der Dämme wieder erodiert oder an den benachbarten Hängen abgetragen worden war. Reservoir I an der Mündung der beiden Haupttäler speichert sowohl Material aus dem größeren westlichen Teileinzugsgebiet Yangjuangou mit einer Ausdehnung von ca. 168 ha Fläche, als auch aus dem kleineren östlichen Teileinzugsgebiet Yangjuangou mit einer Fläche von etwa 34 ha, das aus technischen Gründen nicht vermessen werden konnte. Die Größe der Teileinzugsgebiete der untersuchten Reservoirre liegt zwischen etwa 3 ha und ca. 75 ha. Reservoir I wird vom Gesamteinzugsgebiet Yangjuangou mit einer Fläche von 2,02 km<sup>2</sup> gespeist.

Tab. 7: Einzugsgebiete der Reservoirre (I-XI) in Yangjuangou.

<b>Reservoirnummer</b>	<b>Sedimentationszeitraum [a]</b>	<b>Sedimentationsdauer [a]</b>	<b>Teileinzugsgebiet [ha]</b>	<b>mittl. jährl. Mindesterosionsrate [t*a<sup>-1</sup>]</b>	<b>mittl. jährl. Mindesterosionsrate, flächenbezogen [t* ha<sup>-1</sup>*a<sup>-1</sup>]</b>
I	1979-2000	21	202	7069	35
II	1958-2003	45	75,4	47	0,6
III	1957-1964	7	54,5	6361	117
IV	1967-1970	3	14,5	2562	177
V	1965-1966	1	43,2	9333	216
VI	1967-1970	3	25,9	1221	47
VII	1972-1975	3	10,8	970	90
VIII	1963-1965	2	14,1	2559	181
IX	1972-1975	3	9,2	728	80
X	1972-1975	3	(3,3)	256	78
XI Gu- zhuangzi	1958-1962 und 1966-1968	6	17,3	3938	228

Für die Berechnung von Erosions- und Akkumulationsraten der Teileinzugsgebiete sind Angaben zu den Sedimentationszeiträumen notwendig, d. h. die Dauer von der Errichtung eines Dammes bis zur vollständigen Verfüllung des jeweils zugehörigen Verlandungsdammbeckens. Da keine Schriftquellen dazu existieren, basieren die Angaben zu der

Konstruktion der Dämme und Verfüllung der Reservoirs (I-XI) im Untersuchungsgebiet auf Aussagen lokaler Experten. Die mittleren jährlichen Mindestbodenerosionsraten der jeweiligen Reservoirs, die in den Sedimentmassen der Verlandungsdammfelder repräsentiert sind, liegen zwischen  $0,6$  und  $228 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Der höchste Wert findet sich in Guzhuangzi. Im ersten 1958 angelegten und 1962 vollständig mit Sedimenten verfüllten und im zweiten unmittelbar darüber liegenden, 1966 errichteten und 1968 verfüllten Guzhuangzi-Reservoir wurden insgesamt  $15750 \text{ m}^3$  Sediment akkumuliert. Unter Berücksichtigung des sechsjährigen Sedimentationszeitraums und der Größe des zugehörigen Sedimentliefergebiets von  $17,3 \text{ ha}$  ergibt sich eine flächenbezogene mittlere jährliche fluviatile Mindesterosionsrate von  $228 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Einzugsgebiet des Guzhuangzi-Damms. Die sehr geringe Rate von  $0,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  resultiert hauptsächlich aus der fehlenden Reservoirbegrenzung durch einen Damm am Süden des Reservoirs II. Eine kausale Analyse der Erosionsraten der jeweiligen Reservoirs bedarf weiterer Forschung.

## **6.2 Interpretation der Untersuchungsergebnisse der Verlandungsdammfelder**

### **6.2.1 Interpretation der Geländebeobachtungen und Profile**

In den späten 1950-er und den frühen 1960-er Jahren zur Zeit des „Großen Sprungs nach Vorne“ wurden im Lößplateau zahlreiche Staudämme und Reservoirs angelegt (XU et al. 2004). Der erste Verlandungsdamm im Einzugsgebiet Nianzhuang, zu dem das Untersuchungsgebiet Yangjuangou mit seinem Teileinzugsgebiet Guzhuangzi gehört, wurde im September 1956 erbaut. Der erste Verlandungsdamm in Yangjuangou wurde bereits 1957 am Süden des Reservoirs III errichtet. Nur ein Jahr später im Jahr 1958 legten Bauern den ersten ca.  $7 \text{ m}$  hohen Staudamm im V-förmigen Guzhuangzi-Tal im Rahmen des „Großen Sprungs“ an. In den 1960-er Jahren folgten weitere Dammbauten. Der jüngste Damm in Yangjuangou begrenzt Reservoir I im Süden; er wurde erst 1979 aufgeschüttet. Die Dämme in Yangjuangou sind aus anthropogen verdichtetem Löß *konstruiert* und besitzen keine Überläufe für extreme Abflussereignisse.

Die *Verfüllung der Reservoirs* spiegelt die junge fluviatile Bodenerosionsgeschichte in Yangjuangou. Die Profile in Yangjuangou weisen auf eine Verfüllung der Reservoirs ausschließlich mit fein geschichteten Sedimenten hin. Die Anlage der Dämme, jeweils senkrecht zum Gefälle der Tiefenlinie, bewirkte ein Aufstauen des schwebstoffreichen Oberflächenabflusses, der während stärkerer Niederschläge auftrat und das Tal erreichte. Deutlich sichtbar ist ebenfalls das Ergebnis rezenter Sedimentation. Am Ausgangspunkt des Reservoirs Guzhuangzi (XI) an der Geländeoberfläche am Hangfuß pflanzten Bauern im Jahr

1974 Bäume (freundl. mündl. Mitteilung von Herrn MA, Dorfbewohner), deren wurzelnaher Stamm im Jahr 2003 verschüttet war. Die Füllung der Reservoirbecken ermöglicht ferner Rückschlüsse auf die Liefergebiete der Sedimente. Die Sedimente in den Reservoirbecken bestehen aus gelbem Löß, der in den höher gelegenen überwiegend garten- und ackerbaulich genutzten Bereichen des Untersuchungsgebiets ansteht. An den steilen Unterhängen der Täler in Yangjuangou ist im Unterschied dazu rötlicher Löß aufgeschlossen. Die Vermutung einer zumindest teilweisen Verfüllung der Reservoirbecken mit abgestochenem Löß der unteren Talhänge, lässt sich für Yangjuangou auf der Basis der Sedimentuntersuchungen in den Reservoirbecken und an ihren Dämmen nicht bestätigen.

Infolge der Sedimentation verlieren die Verlandungsdämme einerseits ihre Funktion als Wasserspeicher und Überflutungsschutz nach Starkregenereignissen, andererseits wird ihre Funktion als Sedimentspeicher beeinträchtigt, bis sie schließlich zum Erliegen kommt (KÖNIG 1987: 41, XU et al. 2004). Aufgrund der Verfüllung der Staubecken entstehen innerhalb weniger Jahre neue Terrassensysteme in den Trockentälern des Lößplateaus. Aufschlüsse im Dammland in Yangjuangou dokumentieren ehemalige unregelmäßige, wellige Geländeoberflächen, die Resultate früherer Bodenbearbeitung sind. Geringmächtige Krusten, die einzelne Schichtpakete trennen sind das Ergebnis von Oberflächenverschlammungen durch die Planschwirkung von Niederschlagsereignissen (splash erosion). Das neue ebene Ackerland der Reservoirbecken aus Schwemmlöß wird von den Landwirten sehr geschätzt. Im Vergleich zu den Feldern auf dem Plateau und den Oberhängen ist es charakterisiert durch höhere Gehalte an Stickstoff, Phosphor und organischer Substanz (LI & BAI 2003b), eine höhere Bodenfeuchte (LI 1995, zit. in XU et al. 2004: 83) und eine bessere Erreichbarkeit. Untersuchungen in der Provinz Shanxi von FANG (1999, zit. in XU et al. 2004: 83) und WANG et al. (2000: 88) weisen auf höhere Getreideernten im Dammland im Vergleich zu den angrenzenden Hängen hin, dies gilt allerdings ausschließlich in den Jahren ohne Überschwemmung der Felder.

Die Zusammenhänge zwischen der Landnutzungsgeschichte eines Einzugsgebietes, der Bodenerosionsgeschichte und der *Zerstörung von Verlandungsdämmen* illustriert das Beispiel Guzhuangzi. Offenbar wurde das Teileinzugsgebiet Guzhuangzi wie die Hänge des Zhongzuimaos über einen sehr langen Zeitraum bodenschonend bewirtschaftet. Experteninterviews verweisen darauf, dass an besonders steilen Hangabschnitten und im Tal tiefsten ausschließlich eine extensive Beweidung mit Schafen und Ziegen stattfand. Die Wassererosionsraten in diesem Teileinzugsgebiet waren sehr gering. Dafür spricht, dass sich im zugehörigen Tal keine Relikte korrelater Sedimente befinden. Eine mehrtausendjährige

Periode ohne Starkniederschlagsereignisse kann ausgeschlossen werden. Die primäre vollständige Akkumulation des erodierten Materials in einem dem Verlandungsdammbecken vorgelagerten Zwischenspeicher oder der komplette direkte Austrag des Sediments in den Vorfluter ist aufgrund der topographischen Situation auszuschließen. Selbiges gilt für eine sekundäre vollständige Verlagerung korrelater Sedimente vom Speicherbecken in tiefer gelegene Bereiche infolge von Dammbürchen.

Im Zuge der Agrarreformen des Jahres 1958 wurde der erste etwa 7 m hohe Erddamm ohne Überlauf in Guzhuangzi angelegt; Art und räumliche Struktur der Landnutzung veränderten sich maßgeblich. Die schonende Bodenbewirtschaftung endete abrupt. Auf den vergrößerten, erstmals nach Jahrtausenden nicht länger aufmerksam betreuten Schlägen ermöglichte die lückenhafte Vegetationsbedeckung der Bodenoberfläche des Einzugsgebietes Guzhuangzi intensive Erosion. Extremniederschlagsereignisse lösten Schluchterrosion aus (rückschreitende Erosion). Bereits nach vier Jahren, im Jahr 1962 war das Reservoir XI sedimentationsbedingt weitgehend funktionslos. Der Oberflächenabfluss nach einem Niederschlagsereignis konnte vom Becken nicht mehr zurückgehalten werden, floss über die nördliche Dammkrone hinweg und verursachte einen partiellen Dammbuch. Folglich wurden angrenzende, tiefer gelegene Verlandungsdammfelder, überflutet und die Ernte auf diesen Schlägen wurde teilweise vernichtet.

Im Jahr 1966 errichteten Bauern an gleicher Stelle einen zweiten 11 m über das ehemalige Taltiefste aufragenden Erddamm - wiederum ohne Auslass. Gleichzeitig sollte die Aufforstung der Oberhänge im Westen des Einzugsgebietes Guzhuangzi die Bildung von Oberflächenabfluss verringern. Die Beweidung der jungen Aufforstungsflächen ließ jedoch die beabsichtigte Bodenstabilisierung scheitern. Nach einem kurzen Sedimentationszeitraum von nur zwei Jahren zerstörte starker Abfluss im Sommer des Jahres 1968 den Südteil des zweiten Damms und zog tiefer gelegene Dämme und Reservoirs erneut in Mitleidenschaft. Ein zweiter Aufforstungsversuch der Oberhänge im Westen des Einzugsgebietes Guzhuangzi mit Cihuai-Robinien war erfolgreich. Die Fortsetzung des Gartenbaus zwischen den jungen Bäumen verhinderte einen Verbiss der Setzlinge, aber nicht die Erosion. Erst mit der Einstellung des Gartenbaus in dem kleinen Aufforstungsbereich im Jahr 1971 endete dort das Schluchtreißen. Die übrigen genutzten Bereiche des Wassereinzugsgebietes waren weiterhin von Bodenerosion betroffen. Der erneuerte Erddamm wurde 1974 vom Abfluss eines Starkregenereignisses zerstört. Unterirdische Erosion hatte zuvor den unsachgemäß reparierten Damm unterhöhlt. Die entstandene Schlucht im Damm ist heute noch sichtbar. Weitere Dammbürchen folgten im Abstand von 3-4 Jahren. Die Geländebefunde aus

Yangjuangou belegen auch rezent eine Zerstörung von Staudämmen sowohl durch oberirdische Schluchterosion insbesondere im Zusammenhang mit Starkregenereignissen (vgl. auch LI et al. 2003c: 113) als auch die Zerstörung von Staudämmen durch Tunnelerosion.

### 6.2.2 Interpretation der Vermessungen

Die untersuchten Verlandungsdammfelder in Yangjuangou haben im Mittel ein Sedimentvolumen von mehr als  $15000 \text{ m}^3$  gespeichert. Dies entspricht der Mehrheit der Verlandungsdammfelder im Einzugsgebiet Nianzhuang mit einem Speichervermögen von  $5 \times 10^3 - 1 \times 10^5 \text{ m}^3$  (LI & BAI 2003b). In Yangjuangou fehlen jedoch die vor allem im Zeitraum von 1990-2000 in Nianzhuang angelegten sehr großen Verlandungsdammbecken mit mehr als  $1 \times 10^6 \text{ m}^3$  Fassungsvermögen (LI & BAI 2003b). Die topographische Situation bedingt ihre geringere Ausdehnung.

Das größte Sedimentvolumen in Yangjuangou ist in Reservoir I mit dem größten oberirdischen Wassereinzugsgebiet gespeichert. Es folgen Reservoir III und Reservoir XI. Das geringste Sedimentationsvolumen beinhaltet Reservoir II, das nur durch eine kleine Schwelle im Gelände nach Süden hin begrenzt ist. Die in den Becken jeweils vorhandenen Sedimentmassen werden bestimmt vom Sedimenteintrag, der Sedimentspeicherung und dem Sedimentaustrag.

Die für das Einzugsgebiet Guzhuangzi ermittelte Akkumulationsrate von  $228 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  in der Zeit von 1958-1962 und 1966-1968 entspricht der fluviatilen Bodenerosion des Bilanzzeitraums. Die Gründe dafür sind die ausschließliche Verfüllung des Reservoirs mit kolluvialem Material, die steilen Hänge ohne Zwischenspeicher und das Vorhandensein von Staudämmen ohne Überlauf, d. h., die vom Abfluss mitgeführten Feststoffe konnten im Bilanzzeitraum nahezu vollständig sedimentieren.

Zur Verdeutlichung der Dimension der fluviatilen Bodenerosion im Bilanzierungszeitraum in Guzhuangzi dient folgendes Szenario: Im Zeitraum von sechs Jahren wurde Material im Umfang von  $15750 \text{ m}^3$  sedimentiert. Nimmt man Schluchten mit einer mittleren Länge von 10 m, einer mittleren maximalen Tiefe von 7 m und einer mittleren maximalen Breite von 10 m an, entspricht die im Reservoir gespeicherte Sedimentmenge dem Ausraumvolumen von 45 Schluchten und bedeutet einen endgültigen Verlust von  $2250 \text{ m}^2$  zuvor fruchtbaren Ackerlandes. Berechnet man selbiges Szenario für alle Staubecken in Yangjuangou (I-XI) mit einem Gesamtsedimentvolumen von  $166929 \text{ m}^3$ , bedeutet dies die Entstehung von fast 477

Schluchten oder den Verlust von 23847 m<sup>2</sup> Ackerland, das durch fluviale Erosion seit 1958 verloren ging.

## 7 Diskussion und Ausblick

### 7.1 Diskussion der Thesen

These 1: Die Analyse von Kolluvien und Auensedimenten ermöglicht eine prozessbezogene Rekonstruktion wichtiger Phasen und Elemente der mittel- und jungholozänen Landschaftsentwicklung des Einzugsgebietes Yangjuangou.

Die im Rahmen der Arbeit untersuchten *Kolluvien* der Ackerterrasse ermöglichen eine Rekonstruktion der mittel- und jungholozänen Bodenerosionsprozesse und Reliefveränderungen am Zhongzuimao. Kolluvien allgemein gestatten eine hohe räumliche Auflösung des Erosionsgeschehens. Sie besitzen einen hohen Informationsgehalt. Nach den Altersbestimmungen (<sup>14</sup>C-Datierung von Holzkohle, <sup>137</sup>Cs-Datierung von Kolluvium, archäologische Datierung von Keramikfragmenten) und aufgrund der Probenzahl ist die zeitliche Einordnung der Phasen im Rahmen der methodischen Grenzen zuverlässig (vgl. Kap. 2.4 und Kap. 5.2).

Bei der Interpretation der berechneten fluvialen Erosionsraten der letzten 5000 Jahre am Zhongzuimao ist zu beachten:

- Die Rekonstruktion historischer Bodenerosionsraten auf Basis von Hangkolluvien liefert Mindesterosionsraten, weil ein Teil des erodierten Materials nicht am Hang sedimentiert, sondern in die Täler transportiert werden kann. Je geringer die Korngröße des Bodenpartikels, desto weniger Transportkraft wird zur Umlagerung des Partikels benötigt. Infolge dessen werden besonders einige der feinsten Partikel bis in die Senken transportiert.
- Bei der Interpretation des bilanzierten Szenarios am Zhongzuimao ist ebenfalls zu beachten, dass die Angaben Jahresmittelwerte sind. Die bei der Berechnung der mittleren jährlichen Mindestbodenerosionsraten berücksichtigten Zeitintervalle umfassen unterschiedliche Längen (ca. 900, 650, über 3100 Jahre und 45 Jahre).

Die *Auensedimente (Reservoirsedimente)* in Yangjuangou weisen eine geringere räumliche Auflösung als die Kolluvien der Terrasse am Zhongzuimao auf. Die Ergebnisse der Reservoirsedimente (temporäre Endspeicher bei erhaltenem Damm, Zwischenspeicher in Perioden des Dammbrochs) und der Hangkolluvien (Zwischenspeicher) können eine für das Gesamteinzugsgebiet Yangjuangou repräsentative Erosions- und Akkumulationsbilanz für die Zeit nach 1958 liefern. Terrassen und Reservoirs werden ackerbaulich genutzt und durch Bodenbearbeitung oberflächennah homogenisiert, so dass nur eine Identifizierung extremer Eintragsereignisse möglich ist. Unterhalb des nicht durch Bodenbearbeitung homogenisierten Bereichs sind vereinzelt noch Sedimentpakete als Ergebnis von Erosionsereignissen erkennbar.

In wie weit spiegeln die identifizierten Entwicklungen in Yangjuangou die Landschaftsveränderungen im Lößplateau wider? Die mittel- und jungholozäne Landschaftsrekonstruktion am Zhongzuimao ist zunächst für diesen Untersuchungsstandort gültig. Allerdings lassen sich einige am Zhongzuimao identifizierte Phasen auch in weiteren kleinen Aufschlüssen im Untersuchungsgebiet Yangjuangou erkennen (vgl. Kap. 6.1.1). Dies betrifft beispielsweise die Existenz des vor mehr als 5000 Jahren entstandenen roten Paläobodens und dessen weitgehende Abtragung. Die identifizierten Phasen der fluviatilen Erosions- und Landschaftsgeschichte in Yangjuangou weisen Übereinstimmungen mit und Abweichungen von anderen Daten zum chinesischen Lößplateau auf. Für die nähere Umgebung des Untersuchungsgebietes im zentralen chinesischen Lößplateau existieren keine regionalisierten Daten zur Entwicklung der fluviatilen Bodenerosion. Ein direkter Vergleich der (oft) weichen Literaturdaten ist nicht ohne weiteres möglich.

Die Entwicklung der holozänen fluviatilen Bodenerosionsraten im Gesamteinzugsgebiet des Gelben Flusses fassen HE et al. (2004) folgendermaßen zusammen (Abb. 21): Danach nahm seit Beginn des Holozäns die fluviatile Erosion bis ins 20. Jh. zu. In der Zeit von 10000-7000 BP war die Bodenerosion gering, vermutlich einerseits aufgrund geringer Niederschläge andererseits wahrscheinlich vor allem aufgrund der schützenden Vegetationsdecke. Im Zeitraum von ~7000-6000 BP verdoppelte sich die Erosion im Vergleich zur ersten Phase. Ab 7000 BP stieg die Erosion im Kontext der Besiedlung an. Die Erosion blieb auf höherem Niveau. Um 3000 BP verursachte kühleres und trockeneres Klima eine (zusätzliche) natürliche Zerstörung der Wälder und ein relatives Maximum der fluviatilen Erosion. Eine besonders große Zunahme der fluviatilen Bodenerosion ist in den letzten Jahrhunderten zu verzeichnen.



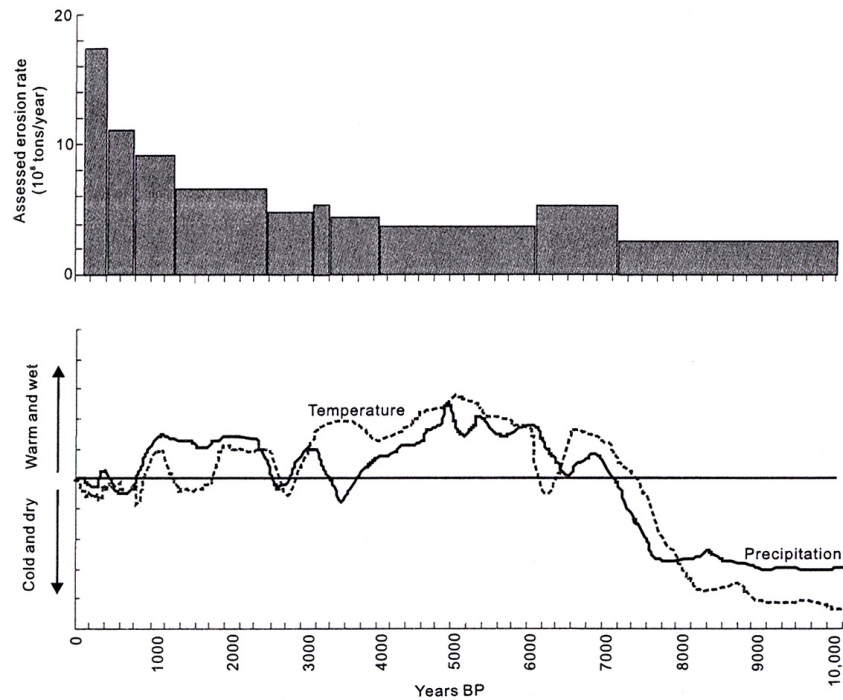


Abb. 21: Klimaveränderungen im Holozän (nach: SUN et al. 1991, HE 1995) und Dynamik der holozänen fluviatilen Bodenerosion im Einzugsgebiet des Huang He. (nach: REN & SHI 1986, YE 1990, ZHU 1990; aus: HE et al. 2004: 344)

SAITO et al. (2001) beschreiben die fluviatilen Bodenerosionsraten im Gesamteinzugsgebiet des Gelben Flusses der letzten 6000 Jahre (Abb. 22). In Übereinstimmung mit HE et al. (2004) stellen sie erhöhte Erosionsraten um 6000 BP fest. Übereinstimmung erzielen SAITO et al. (2001) und HE et al. (2004) vor allem in der Identifizierung des gravierenden Anstiegs der Bodenerosion in den letzten 1000 Jahren.

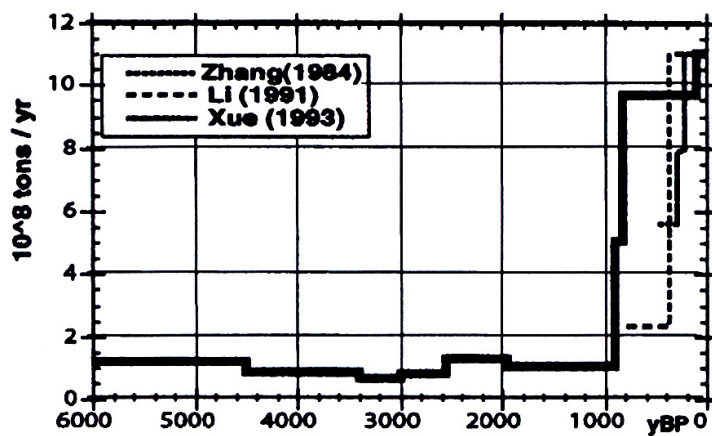


Abb. 22: Sedimentfracht des Huang He in den letzten 6000 Jahren auf Basis von Paläoküstenlinien. (nach: ZHANG 1984, LI 1991, XUE 1993; aus: SAITO et al. 2001: 227).

Für das 20. Jh. liegen genauere Messungen der Sedimentmengen des Gelben Flusses vor (HE et al. 2004). Diese belegen in der Zeit nach 1919 hohe Sedimentmengen des Huang He insbesondere in den 1930-er Jahren im Rahmen des Chinesisch-Japanischen Krieges und in den 1960-er Jahren im Kontext des „Großen Sprungs“ (HE et al. 2004, vgl. Abb. 23). MILLIMAN et al. (1987: 752) gehen ebenfalls von einer höheren Sedimentfracht des Gelben Flusses im Zeitraum von 1950-1970 im Vergleich zur heutigen Sedimentfracht aus. Der Rückgang der Sedimentfracht des Gelben Flusses nach ca. 1970 wird auf Maßnahmen im Ober- und Mittellauf des Gelben Flusses zurückgeführt (XIONG et al. 1989, MILLIMAN & MEADE 1983, MILLIMAN et al. 1987, MOU 1991).

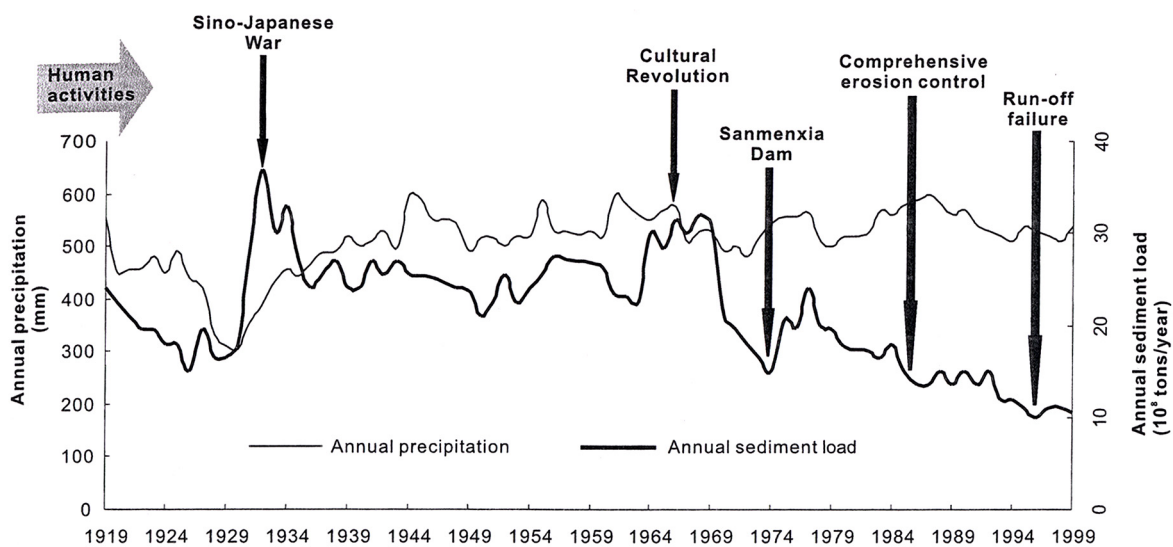


Abb. 23: Beziehung zwischen Jahresniederschlag, der jährlichen Sedimentfracht des Huang He an der Station Huayuankou und anthropogenen Eingriffen im Lößplateau im Zeitraum von 1919-1999. (nach: LIU et al. 1993, ZHANG 1999, aus: HE et al. 2004: 345)

Vergleicht man mit aller Vorsicht die „weichen“ Daten für das Lößplateau mit den in Yangjuangou gewonnenen „harten“ Daten, stellt man folgendes fest: Der von HE et al. (2004) und SAITO et al. (2001) dokumentierte Anstieg der Erosion um 7000-6000 BP ist auch in Yangjuangou erkennbar. Der altholozäne Boden, der Chromic Cambisol (ZECH & HINTERMAIER-ERHARD 2002), ist nahezu vollständig erodiert worden. Für das Gebiet Yangjuangou können jedoch Zeitraum und Raten dieser Erosionsphase nicht angegeben werden, da sie am Zhongzuimao außerhalb des datierbaren Zeitfensters liegen. Um 3000 BP gehen HE et al. (2004) von einem weiteren Anstieg der Bodenerosion für das Gesamteinzugsgebiet des Huang He aus, der sich für Yangjuangou nicht nachweisen lässt. Am Zhongzuimao verhinderte wahrscheinlich bodenschonende Landnutzung den Bodenabtrag. Der Anstieg der fluviatilen Bodenerosion in den 1930-er Jahren im

Einzugsgebiet des Huang He konnte in Yangjuangou ebenfalls lokal nicht identifiziert werden. Ganz deutlich hingegen ist der Anstieg der fluvialen Bodenerosionsraten Ende der 1950-er Jahre und in den 1960-er Jahren sowohl in Yangjuangou ab 1958 als auch im gesamten Einzugsgebiet des Lößplateaus.

These 2: Die Analyse der Kolluvien und Auensedimente bietet neue Einblicke in die Umweltgeschichte des Untersuchungsgebietes und kann zum besseren Verständnis der rezenten Umweltsituation im zentralen Lößplateau beitragen.

Die Untersuchungen des Terrassenprofils am Zhongzuimao belegen lokal ein aktives, erfolgreiches Bodenmanagement vor mehr als 4500 Jahren. Untersuchungen von VANWALLEGHEM et al. (2005) zeigen, dass sich Schluchten auf ackerbaulich genutzten Schlägen in Lößgebieten schnell ausweiten können. Die eingerissenen Schluchten am Zhongzuimao, die offenbar die Bearbeitung der Felder beeinträchtigten, wurden rasch mit abgestochenen Bodenaggregaten verfüllt und verdichtet. Dies verhinderte ein weiteres Einreißen der Schluchten und eine weitere Zerstörung der Felder. Nach Verfüllung der drei kleinen im Profil identifizierten Schluchten finden sich keine Hinweise auf eine weitere Zerstörung der Terrasse durch Schluchtenreißen. Die außergewöhnlich geringen jährlichen Mindestbodenerosionsraten im Zeitraum von 1200 cal BC bis 1958 n. Chr. weisen auf eine standortgerechte Bodenbearbeitung des erosionssensitiven Bereichs hin.

Die Kolluvialsequenz am Zhongzuimao erbrachte ein weiteres aus umwelthistorischer, kultureller Perspektive bemerkenswertes Ergebnis: die Genese der Terrasse. Weshalb? Das chinesische Lößplateau, die etwa 8000-jährige Kulturlandschaft (LU 1999: 133) wird heute von Ackerterrassen geprägt. VEECK et al. (1995: 455) unterscheiden zwei Terrassentypen: die von Hand errichteten Terrassen (rengong titian) und neuerdings mit großen Maschinen angelegte Terrassen (jixie titian). BRAY (1984: 12) vermutet, dass der Terrassenbau im zentralen Lößplateau bereits vor 1100 Jahren eingeführt wurde. ROBERTS et al. (2001) identifizierten eine 2500 bis 2070 Jahre alte Ackerterrasse in Duowa (35° 39' N, 102° 38' O) am äußersten westlichen Rand des Lößplateaus in der Provinz Qinghai.

Die untersuchte Terrasse am Zhongzuimao weist keine von VEECK et al. (1995) beschriebene Genese auf und ist deutlich älter. Die bodenkundlich-sedimentologischen Untersuchungen belegen, dass an einer alten Nutzungsgrenze seit etwa 4750 Jahren allmählich eine Ackerterrasse aufwächst, deren Bildung bis heute anhält. Sie ist damit eine der ältesten aktiven Ackerterrassen mit einer der längsten kontinuierlichen Nutzungsdauer der Erde.

Zunächst verursachte fluviatile Erosion das Aufwachsen eines Terrassenkerns. Während der letzten 50 Jahre wuchs die Terrasse infolge des Landnutzungswandels im Kontext des „Großen Sprungs nach Vorne“ und seit 1983 durch die Bearbeitung dieses Hanges mit dem Pflug durch bodenbearbeitungsbedingte Bodenverlagerung verstärkt auf. Sie ist demzufolge nicht das Ergebnis einer kurzfristigen technisch-landeskulturellen Konstruktion.

These 3: Das heutige zentrale chinesische Lößplateau ist sehr stark durch die mehrtausendjährige Landnutzungsgeschichte geprägt.

Das zentrale chinesische Lößplateau zeigt mehrere Facetten eines anthropogen modifizierten *Reliefs*: a) die Zerschneidung von Plateauflächen b) eine sukzessive Verfüllung von Trockentälern mit Dämmen und c) anthropogen bedingte Veränderungen der Hänge.

Zu a) Während im äußersten Westen des Lößplateaus über die gesamte Nacheiszeit in erheblichem Umfang Stäube eingetragen wurden (ROBERTS et al. 2001), gibt es nördlich von Yan'an keine Hinweise auf eine wesentliche Relief verändernde junge äolische Dynamik. Dagegen sind die Reliefveränderungen infolge der fluviatilen Erosion in Yangjuangou offensichtlich: Im Untersuchungsgebiet Yangjuangou fand eine Zerschneidung von Yuan-Flächen statt. Seit 1958 wurden alleine in Yangjuangou mehr als 160000 m<sup>3</sup> Material an den Hängen meist linienhaft erodiert. Die Zerschneidung von Plateauflächen belegen auch REN & ZHU (1994) am Beispiel von Yuan-Flächen in Ost-Gansu und Shaanxi.

Zu b) Die Anlage von Verlandungsdämmen verändert die Morphologie zahlreicher Täler im zentralen Lößplateau. Im Untersuchungsgebiet Yangjuangou entstanden nach 1958 aufgrund gespeicherter Sedimente in den Reservoirbecken (I-XI) fast 60000 m<sup>2</sup> junge Terrassenflächen, das entspricht ca. 3% der Fläche des Gesamteinzugsgebietes Yangjuangou. Stellt man die durch Sedimentation entstandenen ebenen Ackerflächen (60000 m<sup>2</sup>) dem in der Modellrechnung in Kapitel 6.2.2 ermittelten Verlust von Ackerflächen durch fluviatile Bodenerosion von ca. 24000 m<sup>2</sup> gegenüber, ergibt sich absolut ein Zuwachs von Ackerflächen. Diese Aussage ist mit der chinesischen Propaganda konform, jedoch in der Betrachtungsweise eindimensional. Eine fachlich fundierte Beurteilung der Folgen der Bodenerosion kann nur unter Einbeziehung von „on-site“ Auswirkungen und „off-site“ Wirkungen erfolgen.

Zu c) Im Untersuchungsgebiet Yangjuangou wurden vor allem in den letzten Jahrzehnten Hänge für Aufforstungsmaßnahmen terrassiert, beispielsweise im Teileinzugsgebiet Guzhuangzi. In mittelbarer Nähe des Untersuchungsgebiets wurden darüber hinaus in den letzten Jahren sehr viel breitere und tiefere Ackerterrassen mit Maschinen angelegt.

Die Böden im zentralen Lößplateau wurden und werden ebenfalls von anthropogenen Faktoren beeinflusst. Intensive flächenhafte *Bodenerosion* bedingte den (fast) vollständigen Abtrag des Chromic Cambisols, der sich vor mehr als 5000 Jahren in Yangjuangou entwickelt hatte. Heute dominieren weniger ertragreiche Lößrohböden im Untersuchungsgebiet. Linienhafte Erosion führt zu Schluchtenbildung und trägt regelmäßig zur Zerstörung der aufgeschütteten Verlandungsdämme aus umgelagertem Löß bei (vgl. Kap. 6.1.1).

Die *Vegetation* des Untersuchungsgebietes ist heute ebenfalls anthropogen geprägt (vgl. Kap. 4.3). Der überwiegende Teil des Untersuchungsgebiets und des zentralen Lößplateaus wird landwirtschaftlich genutzt. Der verbreitete Anbau von Feldfrüchten mit geringer Bodenbedeckung wie Mais ermöglicht Oberflächenabfluss und befördert bei ungeschützter Bodenoberfläche fluviale Bodenerosion.

Infolge der Zerstörung der dichten Vegetationsdecke und der Erosion des Chromic Cambisols veränderte sich auch der *Wasserhaushalt* in Yangjuangou. Niederschlagsereignisse verursachen heute verstärkt Oberflächenabfluss, der die Gefahr von Verlandungsdammbrüchen im Tal und der Überflutung der Reservoirfelder erhöht. Eine temporäre Überstauung der Reservoirfelder verursacht kurzfristig Ernteauffälle und kann langfristig zur Versalzung der Äcker in den semiariden Bereichen des Lößplateaus führen (vgl. auch WANG et al. 2000).

These 4: Der „Große Sprung nach Vorne“ hat die bodenschonende Landnutzung im Untersuchungsgebiet abrupt beendet und die Bodenerosion befördert.

In Yangjuangou beendeten die Agrarreformen im Zusammenhang mit dem „Großen Sprung nach Vorne“ ab 1958 eine mehrtausendjährige Periode bodenschonender Bewirtschaftung (vgl. Kap. 3.5.2). Erprobte standortgerechte Landnutzungstechniken wurden durch agrarpolitische Vorgaben substituiert. Die bodenkundlich-sedimentologischen Untersuchungen in Yangjuangou belegen, dass die mittlere Mindestbodenerosionsrate im Zeitraum von 1958 n. Chr. bis 2001 n. Chr. diejenige der bodenschonenden Landnutzungsphase von etwa 1200 cal BC bis 1958 n. Chr. um ein Vielfaches übertrifft. Die Vervielfachung der Erosion nach 1958 in Yangjuangou ist wie Experteninterviews zeigen, neben dem Anbau neuer Feldfrüchte, Veränderungen der Fruchtfolgen, der Agrartechnik und der Flurstruktur (größere Schläge) offenbar vor allem auf ein psychologisches Phänomen zurückzuführen, die mangelnde individuelle und kollektive Aufmerksamkeit für die Bewirtschaftung der Felder.

Der für das Einzugsgebiet Yangjuangou dokumentierte starke Anstieg der fluviatilen Bodenerosion im Kontext der Agrarreformen 1958 ist offenbar kein singuläres Phänomen. So nennt BETKE (1987: 56) für Guyuan in der Provinz Ningxia ein weiteres Beispiel eines gravierenden Landnutzungswandels um 1958 mit langfristigen Folgen für Mensch und Umwelt: „Diese Kahlschläge und die Urbarmachung von Weiden haben das Abflussregime verändert, die Bodenerosion nahm zu: 1970 betrug der Bodenabtrag in Teilen des Kreisgebiets [Guyuan; Anm. C. Dahlke] bereits das 25-fache der Menge von vor 1966“. WEIN (1986: 59) geht in seiner Aussage noch einen Schritt weiter, indem er formuliert: „Beide Prozesse [Wasser- und Winderosion; Anm. C. Dahlke] kumulierten möglicherweise während der Periode des ‚Großen Sprungs nach Vorne‘, als das Land [im Lößplateau; Anm. C. Dahlke] für Getreideanbau ausgeweitet wurde, ohne Rücksicht auf die ökologischen Bedingungen.“

Welches Ausmaß erreichte die Bodenerosion in der zweiten Hälfte des 20. Jh. im Einzugsgebiet Yangjuangou? Die Erosionsraten wuchsen von wenigen Tonnen pro Hektar und Jahr auf etwa 200 Tonnen pro Hektar und Jahr.

Eine Modellrechnung kann den Zusammenhang zwischen der fluviatilen Erosion im Lößplateau und der Dimensionen der Sedimentation in den Vorflutern seit 1958 veranschaulichen (Tab. 8):

Ausgangspunkt für die Szenarienberechnung sind:

- Nach LONG & XIONG (1981, zit. in MILLIMAN & MEADE 1983: 3) werden 33% der mitgeführten Feststoffe des Huang He in den Auen am Unterlauf, 43% der schwebstoffreichen Fracht in der Deltaregion des Gelben Flusses und weitere 24% der transportierten Feststoffe des Huang He im Gelben Meer sedimentiert.
- Das Einzugsgebiet des Gelben Flusses umfasst ca. 770000 km<sup>2</sup> (MILLIMAN et al. 1987: 752). Heute gelangen durchschnittlich im Jahr ca.  $1,1 \times 10^9$  t a<sup>-1</sup> Sediment aus dem Einzugsgebiet des Gelben Flusses ins Gelbe Meer (MILLIMAN et al. 1987: 752, ZHANG et al. 1990: 203). Daraus folgt, dass heute  $(1,1 \times 10^9 \text{ t a}^{-1} : 77000000 \text{ ha}) = \text{ca. } 15 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ca. 15 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> Sediment das Gelbe Meer erreichen.
- Wenn unter Berücksichtigung der Sedimentationszeiträume der Verlandungsdammbecken im Zeitraum von 1957-2003 während etwa 50% des 46-jährigen Zeitraums das in einem Einzugsgebiet erodierte Substrat in den Verlandungsdammbecken sedimentierte, resultiert ein Wert von etwa 70 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Unter der Voraussetzung der beschriebenen Randbedingungen und Annahmen wurde die Sedimentation für zwei Szenarien (A, B) untersucht.

Szenario A: „Angenommen die aus mehreren Teileinzugsgebieten in Yangjuangou ermittelte jährliche fluviatile Mindestbodenerosionsrate von ca.  $200 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  wäre repräsentativ für das gesamte Lößplateau **und** die aus allen Teileinzugsgebieten in Yangjuangou im ersten Damm auf dem Fließweg angenommene mittlere jährliche Mindestretentionsrate von ca.  $70 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  wäre ebenfalls repräsentativ für das gesamte Lößplateau im Einzugsgebiet des Huang He, dann würden ...“

Szenario B: „Angenommen die für mehrere Teileinzugsgebiete in Yangjuangou am ersten Damm auf dem Fließweg bestimmte mittlere jährliche fluviatile Mindestbodenerosionsrate von ca.  $200 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  wäre nicht repräsentativ für die mittlere jährliche fluviatile Mindestbodenerosionsrate des gesamten Lößplateaus im Einzugsgebiet des Huang He, sondern eine mittlere jährliche fluviatile Mindestbodenerosionsraten von  $125 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  wäre repräsentativ **und** die aus allen Teileinzugsgebieten in Yangjuangou im ersten Damm auf dem Fließweg angenommene mittlere jährliche Mindestretentionsrate von ca.  $70 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  wäre nicht repräsentativ, sondern die mittlere jährliche Mindestretentionsrate wäre  $35 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für das gesamte Lößplateau im Einzugsgebiet des Huang He , dann würden ...“

Tab. 8: Szenarien zur Sedimentretention am Gelben Fluss seit 1958.

Sze- nario	mittlere jährliche fluviatile Mindest- erosions- rate im Lößplateau [ $\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]	mittlere jährliche Retention in den ersten Reser- voiren am Fließweg im Lößplateau [ $\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]	Sedimen- tation in größeren Fluss- läufen [ $\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]	Auen- sedimen- tation Unterlauf/ Huang He [ $\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]	Delta- sedimen- tation/ Huang He [ $\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]	Sedimen- tation im Gelben Meer [ $\text{t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]
A)	200	70	<b>66</b>	22	27	15
B)	125	35	<b>26</b>	22	27	15

Welches Szenario (A, B) bildet die Verhältnisse der Sedimentspeicherung in den größeren Flussläufen im Einzugsgebiet des Huang He seit 1958 realistischer ab?

In Szenario A wird vermutlich der in den mittleren und größeren Flussläufen im Einzugsgebiet des Huang He gespeicherte Sedimentanteil überschätzt aus zwei Gründen: 1.) Die Einzugsgebiete in Yangjuangou besitzen über 30° steile, lange Hänge. Vielmehr existieren in der Region des Lößplateaus z. B. ebene Yuan-Flächen, in denen im Mittel sehr viel weniger erodiert werden dürfte. CHEN et al. (1989: 276-277) gehen für die Region nördlich von Yan'an auf Basis der mittleren jährlichen Sedimentfrachten vor 1983 von einer mittleren jährlichen fluviatilen Erosionsrate von 100-150 t ha<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> aus. Der Anteil der Flächen mit einer mittleren jährlichen fluviatilen Erosionsrate von 100-150 t ha<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> umfasst nach CHEN et al. (1989) ca. 11% der Fläche des Lößplateaus. 2.) Das Einzugsgebiet Yangjuangou weist vergleichsweise viele Verlandungsdammbecken auf. Hinzu kommt, dass die Verlandungsdammbecken einen großen Zeitraum innerhalb des Bilanzzeitraums abdecken.

In Szenario B wird vermutlich der in den mittleren und größeren Flussläufen im Einzugsgebiet des Huang He gespeicherten Sedimentanteil unterschätzt aus zwei Gründen: 1.) Die aus allen Reservoirs mit ihren unterschiedlichen Sedimentationszeiten und Einzugsgebietsgrößen bestimmten 125 t ha<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> dürften insgesamt für das Lößplateau zu gering sein. 2.) Die Bestückung des Lößplateaus mit Verlandungsdämmen könnte zu gering und der Sedimentationszeitraum zu kurz sein.

Um die Folgen des „Großen Sprungs nach Vorne“ für das Mensch-Umweltverhältnis im chinesischen Lößplateau langfristig in seinem vollen Umfang aufzeigen zu können, bedarf es weiterer interdisziplinärer natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Forschung. Sie kann zu einem umfassenderen Verständnis der rezenten Umweltsituation und ihrer gesellschaftlichen Auswirkungen beitragen.

## **7.2 Ausblick für das Gebiet Yangjuangou**

Im Zuge des wachsenden Sozial- und Umweltbewusstseins im Westen Chinas begann sich die Situation in den 1990-er Jahren im Lößplateau allmählich zu verändern (SAWG 1999: 19). Zahlreiche Programme und Pläne entstanden. So wurde im Jahr 1998 ein nationaler Plan zur „ökologischen Umweltrekonstruktion“ der staatlichen Planungskommission mit Leitlinien zur „ökologischen Wiederherstellung des Lößplateaus und Entwicklung“ herausgegeben (HAN 1999: 47). Ein mit internationalen Geldern unterstütztes „Loess Plateau Watershed Rehabilitation Project“ zielte einerseits auf eine Erhöhung der Agrarproduktion und der Einkommen der Bauern, sowie andererseits auf die Eindämmung der Erosion im Lößplateau (SHAOJUN 2004: 1).



Eine Kombination von Maßnahmen soll der Zielerfüllung dienen. Im Gebiet Yangjuangou werden schwerpunktmäßig drei Ansätze zur Eindämmung der fluviatilen Erosion verfolgt: *die Aufforstung von Äckern, die Anlage von Terrassen an Hängen und die Erhaltung und Erhöhung von Verlandungsdämmen.*

Die *Aufforstung von Feldern* findet in China vor allem im Rahmen nationaler Forstprogramme statt. Die folgenden Angaben sind DU (2005) entnommen: Sechs große „Waldschutz- und Aufforstungsprogramme“ (Priority Forestry Programs) wurden von der Regierung Ende der 1990-er Jahre initiiert. Das Programm „Conversion of Cropland to Forest“ beinhaltet staatliche Kompensationsleistungen für die Landwirte im Zusammenhang mit der Aufforstung ackerbaulich genutzter Flächen. Der chinesische Staat kompensiert den Ernteausfall mit mehrmaligen Lieferungen von Getreide und Geldzahlungen für Baumsetzlinge. Für den Ernteausfall erhalten die Bauern im Gebiet des Gelben Flusses 100 kg Getreide pro mu Ackerland (1 mu = 0,06 ha) Land. Die Wiederaufforstung wird mit 50 RMB Yuan für Baumsetzlinge und zusätzlichen 20 RMB Yuan (ca. 7,5 RMB Yuan = 1 Euro) für die Teilnahme am Programm vergütet. Die Ausgleichsleistungen werden 5 Jahre für die Anpflanzung „ökologisch intakter Bäume“ und 8 Jahre für die Anpflanzung „ökonomisch nutzbarer Bäume“ gezahlt. Die Fläche der „ökonomisch nutzbaren Bäume“ darf nicht mehr als 20% der gesamten Aufforstungsfläche betragen.

Die Bewaldung erosionssensitiver Schläge in Yangjuangou ist aus fachlicher Sicht zur Eindämmung der Erosion wirkungsvoll und ursachenorientiert. Die Bedeckung der Geländeoberfläche und die Erhöhung ihrer Rauigkeit durch Pflanzlöcher und kleine Pflanzterrassen reduzieren den Oberflächenabfluss. Die Wurzeln der Bäume können mittel- und langfristig gerade an stark geneigten Hängen den Lößrohoden fixieren. Im Jahr 2000 wurden die Oberhänge in Guzhuangzi terrassiert und aufgeforstet. Die 5-30 Jahre alten Bäume in Yangjuangou sind überwiegend Robinien und Kiefern (SCHINDLER et al. 2004: 468). Der Erfolg der Aufforstungen hängt maßgeblich von der Unterstützung der ortsansässigen Bevölkerung ab (vgl. Kap. 6.2.1). Die Beweidung der Aufforstungsflächen ist offiziell untersagt. Die Kompensationsleistungen bieten kurzfristig finanzielle Anreize für die Bauern (DU 2005: 116). Bei Aufforstungen in großem Umfang müssen jedoch langfristig alternative Einkommensquellen für die ländliche Bevölkerung erschlossen werden, um die ökonomischen Disparitäten innerhalb des Landes nicht weiter zu verstärken. Der Anbau von Obstbäumen, deren Anteil sich in den letzten 20 Jahren in Yangjuangou verdreifachte, ist vielleicht ein Ansatzpunkt zur Verbesserung der Situation (siehe auch MA & CAO 1999). Im

Jahr 2003 befanden sich an den ost- und südexponierten Hängen des Zhongzuimao Apfel- und Aprikosenplantagen.

Die *Ackerterrassen* können einen weiteren Beitrag zur Reduktion der fluviatilen Erosion leisten. Bereits am Hang wird die Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses verringert und ein Teil des Wassers am Hang zurückgehalten. Die Bauweise der Terrassen kann diesen Effekt durch Anlage von Grasstreifen oder „Randfurchen“ an Terrassenrändern noch verstärken (VEECK et al. 1995, FANG et al. 1981). Im Untersuchungsgebiet Yangjuangou wurden keine großen Terrassen angelegt, vielleicht weil die Täler für große Maschinen schwer zugänglich sind. In unmittelbarer Nähe des Einzugsgebietes, östlich des Reservoirs I wurden in den letzten Jahren mit Mitteln der Weltbank Hänge maschinell terrassiert.

Die *Verlandungsdämme* reduzierten nur kurzfristig die Sedimentfrachten der Vorfluter. Sie stellen eine „end-of-the-pipe“ Lösung dar. In Yangjuangou ist reliefbedingt keine Neuanlage von Verlandungsdammfeldern möglich, allenfalls können die vorhandenen Dämme stabilisiert und erhöht werden. Eine Erhöhung der Dammkronen geschah in jüngster Zeit mehrfach mit dem Ziel die Speicherkapazitäten der Reservoirbecken zu vergrößern. Eine Erhöhung der Dammkrone gewährleistet jedoch nur in Kombination mit einer Veränderung der Dammbasis und der Anlage befestigter Überlaufrippen eine verbesserte Dammsicherheit. Ergänzend ist anzumerken, dass die Verlandungsdämme nach wie vor aus umgelagertem Löß bestehen und sowohl für oberirdische als auch unterirdische Erosion anfällig sind (vgl. Kap. 6.1.1). Die Zerstörung eines Damms kann unterhalb gelegene Dörfer überfluten und die Ernte vernichten.

Wird eine langfristige Reduktion der fluviatilen Erosion angestrebt, kann dies nur durch eine Kombination kurz-, mittel- und langfristiger Maßnahmen geschehen. Die über Jahrtausende bis 1958 praktizierten und bewährten Bewirtschaftungstechniken und Bodenschutzmaßnahmen müssen in das aktuelle Konzept zur Verringerung der Erosion einbezogen und besonders erosionsgefährdete Bereiche aufgefördert werden. Landnutzungsbezogene Maßnahmen können durch kostenintensivere technische Maßnahmen kurzfristig ergänzt werden, bleiben aber für sich genommen langfristig wirkungslos. Die Verringerung des Oberflächenabflusses ist die einzige Möglichkeit, die Bodenerosion und damit die Überflutung und Schädigung der Talauen im Lößplateau entscheidend zu mindern.

## 8 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit analysiert die mittel- und jungholozänen nutzungsbedingten Landschaftsveränderungen im Einzugsgebiet Yangjuangou (36° 42' 6'' N, 109° 31' 17'' O). Das Untersuchungsgebiet liegt im zentralen chinesischen Lößplateau etwa 25 km nördlich von Yan'an in der Provinz Shaanxi. Kolluvien einer Ackerterrasse und Auensedimente, d. h. Sedimente in Verlandungsdammbecken, wurden in Yangjuangou bodenkundlich-sedimentologisch untersucht. Die Analysen basieren auf Geländearbeiten (Profilanalyse, Vermessung), absoluten Datierungen (<sup>14</sup>C, <sup>137</sup>Cs, archäologische Altersbestimmungen) und Experteninterviews. Ziel war eine qualitative und quantitative Rekonstruktion der mittel- und jungholozänen fluviatilen Bodenerosionsgeschichte und der Reliefveränderungen auf Einzugsgebietsebene.

Wichtige Ergebnisse der Studie sind:

- 1.) Die Kolluvien der Ackerterrasse weisen auf eine Phase fluviatiler Erosion im Untersuchungsgebiet bereits um ~5000 BP hin. Im Zeitraum von 1200 cal BC bis 1958 n. Chr. folgte eine Phase mit außergewöhnlich geringen jährlichen fluviatilen Mindestbodenerosionsraten, wahrscheinlich infolge standortgerechter Bodenbearbeitung des erosions-sensitiven Bereichs. Die im Rahmen des „Großen Sprungs nach Vorne“ 1958 initiierten Agrarmaßnahmen beendeten die bodenschonende Landnutzung in Yangjuangou abrupt und ein starker Anstieg der Bodenerosion war zu verzeichnen.
- 2.) Der Terrassenaufschluss belegt lokal aktives erfolgreiches Bodenmanagement vor mehr als 4500 Jahren.
- 3.) Im Unterschied zu den Nassreisterrassen in Südchina dokumentiert das Profil der Ackerterrasse eine Terrassenentwicklung aufgrund fluviatiler Erosion und bodenbearbeitungsbedingter Bodenverlagerungen.
- 4.) Die Untersuchungen der Auensedimente erlauben eine Abschätzung der fluviatilen Bodenerosion nach 1958 im Untersuchungsgebiet Yangjuangou.

Die Sedimentanalysen und die ergänzenden Literaturrecherchen dokumentieren für das Untersuchungsgebiet einen starken Einfluss sowohl der mehrtausendjährigen Landnutzungsgeschichte, als auch insbesondere der Landnutzungsveränderungen der letzten 50 Jahre auf die heutigen Standortbedingungen.

## 9 Summary

The study is focussing on mid- and late Holocene anthropogenic landscape changes in the Yangjuangou catchment (36° 42' 6'' N, 109° 31' 17'' O). The study area is situated on the central Chinese Loess Plateau about 25 km north of Yan'an City in Shaanxi Province. Based on detailed investigations of colluvia of an agricultural terrace and alluvial sediments in Yangjuangou, i.e. reservoir sediments of check-dams, the history of water erosion and changes of the geomorphology in Yangjuangou during the last 5000 years have been reconstructed. By using different methods as field work (profile analysis, DGPS measurements), absolute dating methods ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and archaeological dating of pottery) and expert interviews, the historical water erosion in Yangjuangou was quantified on a catchment scale.

Important results of the study are:

- 1) The colluvia of the agricultural terrace are documenting that, after a period of more than 4500 years a major change in agriculture occurred. An agricultural reform under Mao Zedong in 1958 stopped the traditional farming methods. The average annual soil erosion rates after 1958 increased dramatically. As a consequence, check dam systems, i.e. small water and sediment storage basins, have had to be implemented.
- 2) The discovery of buried gullies within an old agricultural terrace provided an insight into soil conservation strategies of early farmers on the Loess Plateau.
- 3) In contrast to the well known Chinese rice terraces, the investigated terrace is a result of soil erosion processes.
- 4) By using the recent check-dams, small water and sediment storage basins, water erosion for the study area since 1958 was estimated.

Sediment analysis and literature research are documenting the strong influence of the long land use history, as well as the very strong influence of short-term land use changes during the last 50 years on the landscape development in the study area.

## Chronologie der chinesischen Dynastien

1600-1100 v. Chr.	Shang	
1100-771 v. Chr.	Westliche Zhou	
770-256 v. Chr.	Östliche Zhou 770-476 v. Chr. 481-222 v. Chr.	Frühlings- und Herbstperiode Periode der „Streitenden Reiche“
221-206 v. Chr.	Qin	
206 v. Chr. - 220 n. Chr.	Han 206 v. Chr. - 8 n. Chr. 9-24 n. Chr. 25-220	Frühere (Westliche) Han  Interregnum Wang Mang Östliche Han
221-280	Periode der „Drei Reiche“ 222-280 Wu 220-280 Wei 221-263 Shu (Han)	
265-316	Westliche Jin	
317-419	Östliche Jin	
420-588	Periode der nördlichen und südlichen Dynastien <i>Süden</i> 420-479 Song 479-502 Südliche Qi 502-557 Liang 557-589 Chen <i>Norden</i> 386-534 Nördliche (Tuoba) Wei 534-550 Östliche Wei 534-556 Westliche Wei 550-577 Nördliche Qi 557-581 Nördliche Zhou	
589-618	Sui	
618-907	Tang	
907-960	Periode der „Fünf Dynastien“ 907-923 Spätere Liang 923-936 Spätere Tang 936-946 Spätere Jin 947-950 Spätere Han 951-960 Spätere Zhou	
960-1279	Song-Dynastie <i>chinesische Dynastien</i> 960-1126 Nördliche Song 1127-1279 Südliche Song	<i>fremde Dynastien im Norden</i> 1125-1201 Westliche Liao 1032-1226 Xixia 1115-1234 Jin (Jurchen)
1280-1367	Yuan	
1368-1644	Ming	
1644-1911	Qing	
1912-	Republik China (seit 1949 auf Taiwan)	
1949-	Volksrepublik China	

## Literaturverzeichnis

- AMELUNG, I. (2000): Der Gelbe Fluss in Shangdong (1851-1911). Überschwemmungskatastrophen und ihre Bewältigung im China der späten Qing-Zeit. Opera sinologica 7. Wiesbaden. 455 S.
- AN, ZH., KUKLA, G., PORTER, ST. C. & J. XIAO (1991): Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of Central China during the last 130,000 years. Quaternary Research 36: 29-36.
- BALDENHOFER, K. (1999): Lexikon des Agrarraums. Gotha. 445 S.
- BECKER, J. (1996): Hungry ghosts. China's secret famine. London. 380 p.
- BETKE, D. (1987): Geschichte der Landentwicklungsprogramme im Wuding-Gebiet und am Mittellauf des Huang He seit Ende des 19. Jahrhunderts. In: BETKE, D., KÜCHLER, J. & K. P. OBENAUF [Hrsg.]: Wuding und Manas: Ökologische und sozio-ökonomische Aspekte von Boden- und Wasserschutz in den Trockengebieten der VR China. Urbs et Regio. Kasseler Schriften zur Geographie und Planung 43: 44-59.
- BETKE, D. (2000): Umweltkrise und Umweltpolitik. In: HERRMANN-PILLATH, C. & M. LACKNER [Hrsg.]: Länderbericht China. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft im chinesischen Kulturraum. Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung Bd. 351: 325-357.
- BORK, H.-R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P. & TH. SCHATZ (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Gotha. 328 S.
- BRAY, F. (1984): Agriculture. In: NEEDHAM, J. [ed.]: Science and civilisation in China. Volume 6 = Biology and biological technology. Part II. Cambridge. 724 p.
- BUCHANAN, K. (1960): The changing face of rural China. Pacific Viewpoint I,1: 11-38.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE [Hrsg.] (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover. 5. Auflage. 438 S.
- CAI, Q. (2001): Soil erosion and management on the Loess Plateau. Journal of Geographical Sciences 11,1: 53-70.
- CHAO, K. (1970): Agricultural Production in Communist China: 1949-1965. Madison. 357 p.
- CHEN, G. (1999): Land use change of Loess Plateau and its environmental influence. In: LIU, J. & Q. LU [eds.]: Land use and sustainable development in Loess Plateau, Northwest China = Proceedings of the annual international workshop of the Sustainable Agriculture Working Group (SAWG) and the China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED). Beijing: 88-98.

- CHEN, Y., JING, K., LU, J. & X. ZHANG (1989): The temporal and spatial variation of erosion and sediment yield on the Loess Plateau. In: BRUSH, L. M., WOLMAN, M. G. & B.-W. HUANG [eds.]: Taming the Yellow River: Silt and floods = Proceedings of a bilateral seminar on problems in the lower reaches of the Yellow River, China. Dordrecht: 275-288.
- DAHLKE, C. & H.-R. BORK (2004): Der „Große Sprung nach Vorne“ - Chinas verschwiegene Gesellschafts- und Umweltkrise. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 148,2: 54-63.
- DÉMURGER, S. & W. YANG (2004): Economic change and afforestation incentives in rural China. Preliminary version. <http://www.cerdi.org/pperso/demurger/Afforestation.pdf>. [04.01.2004].
- DERBYSHIRE, E. (1983): On the morphology, sediments, and origin of the loess plateau of Central China. *Mega-geomorphology: papers presented at a conference of the British Geomorphological Research Group*. Oxford: 172-194.
- DERBYSHIRE, E., MENG, X., BILLARD, A., MUXART, T. & T. A. DIJKSTRA (2000): The environment: geology, geomorphology, climate and land use. In: DERBYSHIRE, E., MENG, X. & T. A. DIJKSTRA [eds.]: *Landslides in the thick loess terrain of North-West China*. Chichester: 21-46.
- DERBYSHIRE, E. & X. MENG (2000): Loess as a geological material. In: DERBYSHIRE, E., MENG, X. & T. A. DIJKSTRA [eds.]: *Landslides in the thick loess terrain of North-West China*. Chichester: 47-90.
- DERBYSHIRE, E. (2001): Geological hazards in loess terrain, with particular reference to the loess regions of China. *Earth-Science Reviews* 54: 231-260.
- DOUGLAS, I. (1989): Land degradation, soil conservation and the sediment load of the Yellow River, China: review and assessment. *Land Degradation and Rehabilitation* 1: 141-151.
- DREIBRODT, ST. (2005): *Integrative Analyse von Kolluvien und Seesedimenten zur Rekonstruktion der Bodenerosionsgeschichte im Einzugsgebiet des Belauer Sees (Schleswig-Holstein)*. Dissertation. Universität Kiel. 252 S.
- DU, Q. (2005): Six priority programs and legal issues on conservative forestry development in the PRC. In: *Strategies, science and law for the conservation of the world resources. International Workshop Selfoss, Iceland 14.-18.9.2005*. AUI Publication 4: 115-124.
- ELVIN, M. (1993): Three thousand years of unsustainable growth: China's environment from archaic times to the present. *East Asian History* 6: 7-46.

- ELVIN, M. (2004): The retreat of the elephants. An environmental history of China. New Haven. 564 p.
- FANG, J. & ZH. XIE (1994): Deforestation in preindustrial China: The Loess Plateau region as an example. *Chemosphere* 29,5: 983-999.
- FANG, ZH., ZHOU, P., LIU, Q., LIU, B., REN, L. & H. ZHANG (1981): Terraces in the Loess Plateau of China. In: MORGAN, R.P.C. [ed.]: Soil conservation. Problems and prospects = Proceedings of conservation 80, international conference on soil conservation, National College of Agricultural Engineering, Silsoe, Bedford 21.-25.7.1980. Chichester: 481-514.
- FISCHER, D. (2000): Die chinesischen Dynastien. In: HERRMANN-PILLATH, C. & M. LACKNER [Hrsg.]: Länderbericht China. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft im chinesischen Kulturraum. Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung 351: 568.
- FU, B. & H. GULINCK (1994): Land evaluation in an area of severe erosion: the Loess Plateau of China. *Land Degradation & Rehabilitation* 5: 33-40.
- FU, B., CHEN, L., MA, K., ZHOU H. & J. WANG (2000): The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the loess plateau in northern Shaanxi, China. *Catena* 39: 69-78.
- FU, S. (1998): A profile of dams in China. In: DAI, Q. [ed.]: The river dragoon has come! Three Gorges Dam and the fate of China's Yangtze River and its people. New York: 18-24.
- GEYH, M. A. (2005): Handbuch der physikalischen und chemischen Altersbestimmung. Darmstadt. 211 S.
- HAN, CH. (1999): Rebuilding vegetation in Loess Plateau: the eco-agriculture approach. In: LIU, J. & Q. LU [eds.]: Land use and sustainable development in Loess Plateau, Northwest China = Proceedings of the annual international workshop of the Sustainable Agriculture Working Group (SAWG) and the China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED). Beijing: 42-50.
- HE, X., TANG, K. & X. ZHANG (2004): Soil erosion dynamics on the Chinese Loess Plateau in the last 10,000 years. *Mountain Research and Development*: 24,4: 342-347.
- HEILIG, G. K. [ed.] (1999): China Food. Can China feed itself? Laxenburg. [CD-ROM, Version 1.1].
- HESSEL, R. (2002): Modelling soil erosion in a small catchment on the Chinese Loess Plateau. *Netherlands Geographical Studies* 307. Utrecht. 317 p.



- HSU, CH. (1980): Han Agriculture. The formation of early chinese agrarian economy (206 B.C. - A.D. 220). In: DULL, J. L. [ed.]: Han Dynasty China. Volume II. 377 p.
- HUANG, CH. CH., ZHOU, J., PANG, J., HAN, Y. & CH. HOU (2000): A regional aridity phase and its possible cultural impact during the Holocene Megathermal in the Guanzhong Basin, China. *The Holocene* 10,1: 135-142.
- HUANG, CH. CH., PANG, J., ZHOU, QU. & S. CHEN (2004): Holocene pedogenic change and the emergence and decline of rain-fed cereal agriculture on the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* 23: 2525-2535.
- JIANG, D., QI, L. & J. TAN (1981): Soil erosion and conservation in the Wuding River Valley, China. In: MORGAN, R.P.C. [ed.]: Soil conservation. Problems and prospects = Proceedings of conservation 80, international conference on soil conservation, National College of Agricultural Engineering, Silsoe, Bedford, 21.-25.7.1980. Chichester: 461-479.
- KANG, SH. & SH. ZHANG (2000): Surface conditions and infiltration distribution in a small watershed in the Loess Area of China. In: LAFLEN, J. M., TIAN, J. & C.-H. HUANG [eds.]: Soil erosion and dryland farming. Boca Raton: 51-62.
- KOHFELD, K. E. & S. P. HARRISON (2001): DIRTMAP: the geological record of dust. *Earth-Science Reviews* 54: 81-114.
- KOLB, R. TH. (1992): Landwirtschaft im Alten China. Teil I Shang-Yin. Berlin. 228 S.
- KÖNIG, A. (1987): Landwirtschaftlicher Wasserbau. In: BETKE, D., KÜCHLER, J. & K. P. OBENAUF [Hrsg.]: Wuding und Manas: Ökologische und sozio-ökonomische Aspekte von Boden- und Wasserschutz in den Trockengebieten der VR China. *Urbs et Regio. Kasseler Schriften zur Geographie und Planung* 43: 37-43.
- KUKLA, G. (1987): Loess stratigraphy in Central China. *Quaternary Science Reviews* 6: 191-219.
- KUKLA, G. & ZH. AN (1989): Loess stratigraphy in Central China. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology* 72: 203-225.
- LANG, A. & S. HÖNSCHEIDT (1999): Age and source of colluvial sediments at Vaihingen-Enz, Germany. *Catena*: 38: 89-107.
- LEEMING, F. (1978): New farmland terracing in contemporary China. *The China Geographer* 10: 29-39.

- LI, G. (2002): Analysis and assessment of water erosion and soil productivity on the sloping cultivated lands in the Southern Loess Plateau (P. R. China). Dissertation. Universität Wien. 186 S.
- LI, Y. & M. J. LINDSTRÖM (2001): Evaluating soil quality - soil redistribution relationship on terraces and steep hillslope. *Soil Science Society of America Journal* 65,5: 1500-1508.
- LI, Y., BAI, L., ZHANG, X., LINDSTRÖM, M. J. & H.-R. BORK (2003a): Profile Variation of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  and SOM as affected by Intensive tillage on steep slope. *Journal of Soil and Water Conservation* 17,3: ? [Chinesisch mit englischer Zusammenfassung].
- LI, Y. & L. BAI (2003b): Variations of sediment and organic carbon storage by check-dams of the Chinese Loess Plateau. *Journal of Soil and Water Conservation* 17,2: ? [Chinesisch mit englischer Zusammenfassung].
- LI, Y., POESEN, J., YANG, J. C., FU, B. & J. H. ZHANG (2003c): Evaluating gully erosion using  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}/^{137}\text{Cs}$  ratio in a reservoir catchment. *Soil and Tillage Research* 69: 107-115.
- LI, Y., TIAN, G., LINDSTRÖM, M. J. & H.-R. BORK (2004): Variation of surface soil quality parameters by intensive donkey-drawn tillage on steep slope. *Soil Science Society of America Journal* 68,3: 907-913.
- LI, Y., ZHANG, Q. W., REICOSKY, D. C., BAI, L. Y., LINDSTRÖM, M. J. & L. LI (2005 in press): Using  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$  for quantifying soil organic carbon redistribution affected by intensive tillage on steep slopes. *Soil and Tillage Research*.
- LI, Z. (1992): The effects of forest in controlling gully erosion. In: *Erosion, debris flows and environment in mountain regions = Proceedings of the Chengdu Symposium, July 1992*. IAHS Publication 209: 429-437.
- LIU, C. (1981): The influence of forest cover upon annual runoff in the Loess Plateau of China. In: MA, L. J. C. & A. G. NOBLE [eds.]: *The environment: Chinese and American views*. New York: 131-142.
- LIU, D. S & T.-H. CHANG (1964): The huangtu (loess) of China. Report of the Sixth INQUA Congress 4: 503-24.
- LIU, K. (1988): Quaternary history of the temperate forests of China. *Quaternary Science Reviews* 7: 1-20.
- LOBB, D. A., LINDSTRÖM, M. J., QUINE, T. A. & G. GOVERS (2000): Tillage erosion-processes. Tillage at the threshold of the 21st century: New directions in response to tillage

- translocation and tillage erosion. 15th Conference of the International Soil Tillage Research Organization. Forth Worth, Texas, July 2000: 1-15.  
[http://www.umanitoba.ca/outreach/tillage\\_erosion/processes.shtml](http://www.umanitoba.ca/outreach/tillage_erosion/processes.shtml) [09.07.2004]
- LU, T. L. D. (1999): The transition from foraging to farming and the origin of agriculture in China. BAR International Series 774. Oxford. 233 p.
- LUK, SH. (1983): Recent Trends of Desertification in the Maowusu Desert, China. *Environmental Conservation* 10,3: 213-224.
- MA, F. & L. CAO (1999): The construction of the agriculture and regional advantages and specialities in Yan'an. In: LIU, J. & Q. LU [eds.]: Land use and sustainable development in Loess Plateau, Northwest China = Proceedings of the annual international workshop of the Sustainable Agriculture Working Group (SAWG) and the China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED). Beijing: 122-126.
- MAUZ, B., LANG, A. & R. DIKAU (2003): Optical dating of colluvia and gully-fill sediments using quartz. In: BORK, H.-R., SCHMIDTCHEN, G. & M. DOTTERWEICH [Hrsg.]: Bodenbildung, Bodenerosion und Reliefentwicklung im Mittel- und Jungholozän Deutschlands. *Forschungen zur Deutschen Landeskunde* 253: 291-298.
- MENG, L. (2004): gao xi gou ji shi. (Aufzeichnungen aus Gaoxigou). [Chinesisch]  
<http://www.xyl.gov.cn> [Sommer 2005]
- MILLIMAN, J. D. & R. H. MEADE (1983): World-wide delivery of river sediment to the oceans. *Journal of Geology* 91: 1-21.
- MILLIMAN, J. D., QIN, Y.-SH., REN, M. & Y. SAITO (1987): Man's influence on the erosion and transport of sediment by Asian rivers: The Yellow River (Huanghe) example. *Journal of Geology* 95: 751-762.
- MOU, J. (1991): The impact of environmental change and conservation measures on erosion and sediment loads in the Yellow River Basin. In: Sediment and stream water quality in a changing environment: Trends and explanation = Proceedings of the Vienna Symposium, August 1991. IAHS Publication 203: 47-52.
- MÜLLER, J. (1997): Kulturlandschaft China. Gotha. 343 S.
- PIMENTEL, D., HARVEY, C., RESOSUDARMO, P., SINCLAIR, K., KURZ, D., MCNAIR, M., CRIST, S., SHPRITZ, L., FITTON, L., SAFFOURI, R. & R. BLAIR (1995): Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267: 1117-1123.
- PIMENTEL, D. & N. KOUNANG (1998): Ecology of soil erosion in ecosystems. *Ecosystems* 1: 416-426.

- REN, G. (2000): Decline of the mid- to late Holocene forests in China: Climatic change or human impact? *Journal of Quaternary Science* 15,3: 273-281.
- REN, G. & H.-J. BEUG (2002): Mapping Holocene pollen data and vegetation of China. *Quaternary Science Reviews* 21: 1395-1422.
- REN, M. & Y. SHI (1991): Sediment discharge of the Huanghe River and its effect on sedimentation of the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Chinese Geographical Science*. 1,1: 1-18.
- REN, M. & X. ZHU (1994): Anthropogenic influences on changes in the sediment load of the Yellow River, China, during the Holocene. *The Holocene* 4,3: 314-320.
- RICHARDSON, S. D. (1990): *Forests and forestry in China*. Washington, D.C. 352 S.
- ROBERTS, H. M., WINTLE, A. G., MAHER, B. A. & M. HU (2001): Holocene sediment-accumulation rates in the western Loess Plateau, China, and a 2500-year record of agricultural activity, revealed by OSL dating. *The Holocene* 11,4: 477-483.
- ROHDENBURG, H. (1989): *Landschaftsökologie-Geomorphologie*. Cremlingen-Destedt. 220 S.
- ROTH, C. H. (1996): Physikalische Ursachen der Wassererosion. In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H.-G., HORN, R., STAHR, K. [Hrsg.]: *Handbuch der Bodenkunde*. Landsberg/Lech. Kapitel 6.3.1.1.
- ROST, T. (1998): *Geomorphologische und paläoklimatische Untersuchungen in zentralchinesischen Gebirgen und Gebirgsvorländern*. Göttinger Geographische Abhandlungen Bd. 105 = Habil. Schrift Universität Göttingen 1997. 168 S.
- SAITO, Y., YANG, Z. & K. HORI (2001): The Huanghe (Yellow River) and Changjiang (Yangtze River) deltas: a review on their characteristics, evolution and sediment discharge during the Holocene. *Geomorphology* 41: 219-231.
- SAWG (Sustainable Agriculture Working Group) (1999): Annual working report. In: LIU, J. & Q. LU [eds.]: *Land use and sustainable development in Loess Plateau, Northwest China = Proceedings of the annual international workshop of the Sustainable Agriculture Working Group (SAWG) and the China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED)*. Beijing: 8-27.
- SCHINDLER, U., LI, Y. & R. FUNK (2004): Soil properties and soil water conditions in the Yangjuangou catchment of the chinese Loess Plateau. *Archives of Agronomy and Soil Science* 50: 467-476.

- SHAOJUN, CH. (2004): The Loess Plateau Watershed Rehabilitation Project. A case study from reducing poverty, sustaining growth- What works, what doesn't, and why. A global exchange for scaling up success. Scaling up poverty reduction: a global learning process and conference. Shanghai, May 25-27, 2004: 1-23  
<http://www.worldbank.org/wbi/reducingpoverty/does/FullCases/China%20PDF/China%20Loess%20Plateau.pdf>. [10.2.2005].
- SHAPIRO, J. (2001): Mao's war against nature. Politics and the environment in revolutionary China. Cambridge. 287 p.
- SHI, H. & M. SHAO (2000): Soil and water loss from the Loess Plateau in China. *Journal of Arid Environments* 45: 9-20.
- SHI, P., & J. XU (2004): Deforestation in China.  
<http://www.ccap.org.cn/englishtalk/WP-00-E16.pdf>. [26.01.2004].
- SUN, J. (2002): Provenance of loess material and formation of loess deposits on the Chinese Loess Plateau. *Earth and Planetary Science Letters* 203: 845-859.
- TANG, K. & X. HE (1999): Characteristics of modern soil erosion in Loess Plateau of China and its controlling countermeasures. In: LIU, J. & Q. LU [eds.]: Land use and sustainable development in Loess Plateau, Northwest China = Proceedings of the annual international workshop of the Sustainable Agriculture Working Group (SAWG) and the China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED). Beijing: 99-109.
- VANWALLEGHEM, T., BORK, H.-R., POESEN, J., SCHMIDTCHEN, G., DOTTERWEICH, M., NACHTERGAELE, J., BORK, H., DECKERS, J., BRÜSCH, B., BUNGENEERS, J. & M. DE BIE (2005): Rapid development and infilling of a buried gully under cropland, central Belgium. *Catena* 63: 221-243.
- VEECK, G., LI, ZH. & L. GAO (1995): Terrace construction and productivity on loessal soils in Zhongyang County, Shanxi Province, PRC. *Annals of the Association of American Geographers* 85,3: 450-467.
- WAGNER, G. A. (1995): Altersbestimmung von jungen Gesteinen und Artefakten. Stuttgart. 277 S.
- WALLING, D. E. & T. A. QUINE (1993): Use of Caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation: Handbook for the application of the Caesium-137 technique. Department of Geography. University of Exeter. 196 p.

- WALLING, D. E., RUSSELL, M. A., HODGKINSON, R. A. & Y. ZHANG (2002): Establishing sediment budgets for two small lowland agricultural catchments in the UK. *Catena* 47: 325-353.
- WANG, H. (2004): Deforestation and desiccation in China. A preliminary study. <http://www.library.utoronto.ca/pcs/state/chinaeco/forest.htm> [09.09.2004].
- WANG, ZH., HU, ZH., WEI, ZH., XU, J., WANG, CH. & ZH. REN (2000): Soil erosion control and damland system agriculture in Weijiayu watershed. In: LAFLEN, J. M., TIAN, J. & HUANG, C.-H.: Soil erosion and dryland farming. Boca Raton: 81-91.
- WEN, Q., DIAO, G. & S. YU (1987): Geochemical environment of loess in China. In: M. PÉCSI [ed.]: Loess and environment. Braunschweig. *Catena Suppl.* 9: 35-46.
- WEIN, N. (1986): Agriculture and forestry in the Loess Plateau Region of China. The example of the Chung-hua District. *GeoJournal* 12,1: 57-64.
- XIONG, G., XU, J., GU, B. & X. DONG (1989): Assessment of sediment reduction due to upland water and soil conservation works in the Yellow River. In: BRUSH, L. M., WOLMAN, M. G. & B.-W. HUANG [eds.]: Taming the Yellow River: Silt and floods = Proceedings of a bilateral seminar on problems in the lower reaches of the Yellow River, China. Dordrecht: 275-288.
- XU, F. (1989): Evolution of the course of the lower Yellow River in past history. In: BRUSH, L. M., WOLMAN, M. G. & B.-W. HUANG [eds.] Taming the Yellow River: Silt and floods = Proceedings of a bilateral seminar on problems in the lower reaches of the Yellow River, China. Dordrecht: 545-555.
- XU, X., ZHANG, H. & O. ZHANG (2004): Development of check-dam systems in gullies on the Loess Plateau, China. *Environmental Science & Policy* 7,2: 79-86.
- YANG, D. L. (1996): Calamity and reform in China. State, rural society, and institutional change since the Great Leap Famine. Stanford. 351 p.
- YI, S., SAITO, Y., OSHIMA, H., ZHOU, Y. & H. WEI (2003): Holocene environmental history inferred from pollen assemblages in the Huanghe (Yellow River) delta, China: climatic change and human impact. *Quaternary Science Reviews* 22: 609-628.
- ZECH, W. & G. HINTERMAIER-ERHARD (2002): Böden der Welt. Heidelberg. 120 S.
- ZHANG, D. (1991): Historical records of climate change in China. *Quaternary Science Reviews* 10: 551-554.

- ZHANG, J., HUANG, W. W. & M. CH. SHI (1990): Huanghe (Yellow River) and its estuary: Sediment origin, transport and deposition. *Journal of Hydrology* 120: 203-223.
- ZHANG, J. & ZH. LIN (1992): *Climate of China*. New York. 376 p.
- ZHANG, L., DAI, X. & ZH. SHI (1991): The sources of loess material and the formation of the loess plateau in China. In: OKUDA, S., RAPP, A. & L. ZHANG [eds.]: *Loess. Geomorphological Hazards and Processes*. *Catena Suppl.* 20: 1-14.
- ZHANG, X., WALLING, D. E., QUINE, T. A. & A. WEN (1997): Use of reservoir deposits and Caesium-137 measurements to investigate the erosional response of a small drainage basin in the rolling loess plateau region of China. *Land Degradation and Development* 8: 1-16.
- ZHANG, Z. (1991): Soil erosion processes in the Loess Plateau of Northwestern China. *GeoJournal* 24,2: 195-200.
- ZHU, T. X., CAI, Q. G. & B. Q. ZENG (1997): Runoff generation on a semi-arid agricultural catchment: field and experimental studies. *Journal of Hydrology* 196: 99-118.
- ZHU, T. X., LUK, S. H. & Q. G. CAI (2002): Tunnel erosion and sediment production in the hilly loess region, North China. *Journal of Hydrology* 257: 78-90.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lage des chinesischen Lößplateaus und Verbreitung von Löß in China	15
Abb. 2:	Verteilung der mittleren Jahresniederschläge in China	19
Abb. 3:	Guzhuangzi-Tal im Untersuchungsgebiet Yangjuangou	32
Abb. 4:	Lage des Untersuchungsgebietes Yangjuangou im Einzugsgebiet des Gelben Flusses	33
Abb. 5:	Topographische Übersicht zum Untersuchungsgebiet Yangjuangou	35
Abb. 6:	Hauptlandnutzungstypen in den Jahren 1984 und 1996 im Einzugsgebiet Yangjuangou	37
Abb. 7:	Blick auf die untersuchte Ackerterrasse am Zhongzuimao	38
Abb. 8:	Aufschluss der Ackerterrasse am Oberhang des Zhongzuimaos	40
Abb. 9:	Große kastenförmige verfüllte Schlucht in der Terrasse am Zhongzuimo	41
Abb. 10:	Wachstum der Terrasse am Zhongzuimao in den letzten 5000 Jahren	43
Abb. 11 a-i:	Schematische Darstellung der Terrassengenese am Zhongzuimao	50
Abb. 12:	Entwicklung der mittleren jährlichen Erosionsraten (Phasen 2-5) am Zhongzuimao auf Basis von bodenkundlich-sedimentologischen Untersuchungen sowie <sup>14</sup> C-Datierungen und <sup>137</sup> Cs-Datierungen	52
Abb. 13:	Verlandungsdammfelder am Ursprung des westlichen Haupttals in Yangjuangou	53
Abb. 14:	Ausschnitt eines Aufschlusses in einem Verlandungsdamm in Yangjuangou	54
Abb. 15:	Detail eines Aufschlusses, Sedimente in einem Verlandungsdammfeld in Yangjuangou	55
Abb. 16:	Detail eines Aufschlusses, alte Geländeoberfläche eines Verlandungsdammfeldes im westlichen Haupttal des Gebietes Yangjuangou	55
Abb. 17:	Unterirdische Erosion am südlichen Verlandungsdamm des Reservoirs X in Yangjuangou	57
Abb. 18:	Zerschluchteter Guzhuangzi-Damm und mit Sediment verfülltes Reservoir XI in Yangjuangou	57



Abb. 19:	Übersicht untersuchter Reservoire (I-XI) in Yangjuangou	58
Abb. 20:	Reservoirkaskade im westlichen Haupttal in Yangjuangou	59
Abb. 21:	Klimaveränderungen im Holozän und Dynamik der holozänen fluviatilen Bodenerosion im Einzugsgebiet des Huang He	68
Abb. 22:	Sedimentfracht des Huang He in den letzten 6000 Jahren auf Basis von Paläoküstenlinien	68
Abb. 23:	Beziehung zwischen Jahresniederschlag, der jährlichen Sedimentfracht des Huang He an der Station Huayuankou und anthropogenen Eingriffen im Lößplateau im Zeitraum von 1919-1999	69

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Durchgeführte Arbeiten im Untersuchungsgebiet Yangjuangou	14
Tab. 2:	Allgemeine Stratigraphie der chinesischen Löss	16
Tab. 3:	Ergebnisse der AMS-Radiokarbondatierungen von Holzkohlen aus dem Profil Zhongzuimao	42
Tab. 4:	<sup>137</sup> Cs-Aktivität des Kolluviums (Mc) in verschiedenen Tiefen des Profils Zhongzuimao	44
Tab. 5:	Archäologische Datierung von Artefakten aus dem Profil Zhongzuimao	46
Tab. 6:	Ergebnisse der Vermessung der Verlandungsdammfelder im westlichen Tal von Yangjuangou	60
Tab. 7:	Einzugsgebiete der Reservoirs (I-XI) in Yangjuangou	61
Tab. 8:	Szenarien zur Sedimentretention am Gelben Fluss seit 1958	74

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork für seine Begeisterung, sein Engagement für dieses Projekt und die stets offenen Ohren für meine Ideen. Die gemeinsame Forschungsreise nach China war ein fachlich und persönlich prägendes Erlebnis.

Herrn Prof. Dr. Klaus Dierssen danke ich sehr herzlich für die Übernahme des Korreferats.

Dem Evangelischen Studienwerk Villigst e.V. danke ich für drei Jahre Promotionsstipendium und die Möglichkeit zur Teilnahme an zahlreichen anregenden Veranstaltungen über das enge Fachgebiet hinaus.

Für die Cäsiumdatierungen des Kolluviums und die Unterstützung während meines Chinaaufenthalts möchte ich Herrn Prof. Dr. Yong Li am Institute for Agricultural Environment and Sustainable Development der Chinese Academy of Agricultural Science in Beijing meinen Dank aussprechen. Dabei möchte ich insbesondere Frau Dr. Ling-yu Bai für ihre fachliche und organisatorische Unterstützung in Beijing in den Dank einschließen. Für die Mithilfe bei den Geländearbeiten möchte ich mich bei Herrn Ding-hui Liu, Frau Helga Bork und Herrn Sebastian Bork sehr herzlich bedanken.

Für die Datierungen der Holzkohlen möchte ich Dank aussprechen an Prof. Dr. Pieter Meiert Grootes und seine Arbeitsgruppe. Für die von Frau Prof. Dr. Mayke Wagner am Deutschen Archäologischen Institut in Berlin durchgeführten archäologischen Altersbestimmungen der chinesischen Keramikfragmente möchte ich mich gleichfalls bedanken.

Für die gute Zusammenarbeit am Ökologie-Zentrum der Universität Kiel danke ich insbesondere Herrn Dr. Stefan Dreibrodt, Herrn Christian Russok und Herrn Dr. Stefan Reiss.

Sehr herzlich möchte ich mich bei meiner Chinesischlehrerin Frau Dr. Ning-ning Loh-John am Landessprachen Institut, Sinicum in Bochum für die Unterstützung bei der Recherche und Übersetzung der einleitenden Liedtexte bedanken.

Ganz persönlich sage ich Danke für die offenen Ohren und die tatkräftigen Hände meiner Familie und Freunde.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit abgesehen von der Beratung meines Doktorvaters von mir selbstständig angefertigt wurde.

Die Arbeit wurde keiner anderen Institution vorgelegt und ist der erste Promotionsversuch.

Kiel, den 16.12.2005

---

(Christine Dahlke)