



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

FLUSSBETTVERÄNDERUNG DES FLUSSES LAM PHACHI, THAILAND

DEFORMATION OF RIVER BED IN THE LAM PHACHI RIVER, THAILAND

Masanobu Kimura¹, Tomomi Marutani², Hideji Maita³ und Kosit Lorsirirat⁴

ZUSAMMENFASSUNG

Durch Luftbildinterpretation wurden die morphologischen Veränderungen des Flussbetts vom Lam Phachi seit Anfang der Erschließung im Einzugsgebiet untersucht, um ihre Größe und auftretenden Bereiche sowie die Ursachen zu erklären. Infolge der Luftbildanalyse und Geländebegehung konnten die Flussbettveränderungen in folgende vier Typen klassifiziert werden; Seitenerosion, Mäanderabschnürung, Flussbettverbreiterung durch Sedimentation und Terrassenüberformung. Jeder Typ kam abhängig von Sohlenneigung und Ausmaß des Abflusses örtlich gehäuft vor. Im Mündungsbereich gab es überwiegend Seitenerosion, dann Mäanderabschnürung, dann Flussbettverbreiterung durch Sedimentation und am Flussoberlauf Terrassenüberformung. Das größte Ausmaß der Veränderung wurde im Bereich der Flussbettverbreiterung vorgefunden, deren Sedimente offenbar vom benachbarten Bereich der Terrassenüberformung abtransportiert worden waren. Im Vergleich zur Flussform des Jahres 1974 verschob sich im Jahr 1998 der Bereich der stärksten Veränderung vom Flussbett als Sedimentquelle um etwa 13 km flussabwärts. Deswegen sind zum Schutz des Lebensraums vor überhöhter Sedimentzufuhr technische Maßnahmen zur Verhinderung der Terrassenüberformung und Retention des mobilen Feststoffs im Sedimentumlagerungsbereich erforderlich.

Key words: Terrassenüberformung, Flussbettverbreiterung, Sedimentumlagerung

ABSTRACT

Comparing the aerial photographs the changes of river bed forms since the beginning of colonization and cultivation in Lam Phachi River were analyzed to consider the magnitude and site of deformation and its causes. Morphologic features of river bed changes can be grouped mainly into the following types; bank erosion, bend cutoff in meander, lateral migration of flow caused by massive sedimentation and terrace deformation. The spatial

¹ Assoc. Prof., Gifu University, Gifu 501-1193, Japan (Fax: +81-58-293-2859; email: kimura@cc.gifu-u.ac.jp)

² Prof., Shinshu University, Nagano 399-4598, Japan

³ Assoc. Prof., University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

⁴ Senior Hydrological Engineer, Royal Irrigation Department, Bangkok 10300, Thailand

distributions of reaches for each type were mapped out with respect to channel slope and the discharge amount. The largest magnitude of change among them was indicated in the site with lateral migration located around the middle reaches in the study area, and sediment flooding there suggested that it had removed from upstream where terrace deformation occurred. Compared with the channel's morphologic feature in 1974, the major source area of sediment yield in 1998 has shifted and expanded from upstream to about 13 km downstream so that it is necessary for watersheds stabilization to prevent reactivation of sediment load existing in these reaches.

Key words: terrace deformation, lateral migration, sediment reactivation

EINFÜHRUNG

Die Flussform wird nicht nur von der Zu- und Abnahme des Abflusses sondern auch vom Sedimenttransport beherrscht. Die morphologische Eigenschaft des Flusses ist von der Rate der Sedimentproduktion und der Frequenz der geschiebeführenden Hochwässer erheblich abhängig. Der Sedimenttransport vom Oberlauf bis zur Tiefebene wurde als "Sedimentaustrag" bezeichnet (Walling, 1983). Die Erschließung eines Einzugsgebiets beschleunigt sowohl qualitativ als auch quantitativ den Feststofftransport und verändert die Flussmorphologie.

In diesem Artikel wird ein Flussbereich des Lam Phachi in West-Thailand behandelt, wo die Erschließung sowie Besiedlung im wesentlichen erst vor 30 Jahren eingesetzt hat. Heute sind jedoch etwa Dreiviertel des Einzugsgebiets landwirtschaftlich oder als Siedlungsraum genutzt. Durch Luftbilderinterpretation und Geländebegehung wurde die seit Beginn der Erschließung vorkommende morphologische Veränderung des Flussbetts untersucht, um ihre Ursachen zu identifizieren. Mit den gewonnenen Daten wurden der Feststofftransport und dadurch gebildete Flussformen erklärt, um geeignete Maßnahmen zu treffen.

UNTERSUCHUNGSGBIET UND –METHODE

Das Einzugsgebiet des Lam Phachi, dessen Flusslänge etwa 130 km beträgt, hat eine Fläche von ca. 2.600 km² und liegt zwischen 1.160 und 30 m ü. M. (Abb. 1). Der Fluss Lam Phachi ist ein Nebenfluss des Mae Khlong, der in die Thai Bucht mündet. Den größten Teil der Lithologie machen Granit, Quarzit und Sedimentsgesteine wie Sandsteine aus. Die Gebirgsform im Oberlauf deutet ein Greisensalter an; im Unterlauf dagegen dehnt sich eine umfassende Schwemmebene aus.

Begehung sowie Geländeaufnahmen entlang des Flusses sind schwierig durchzuführen, weil das Straßennetz im

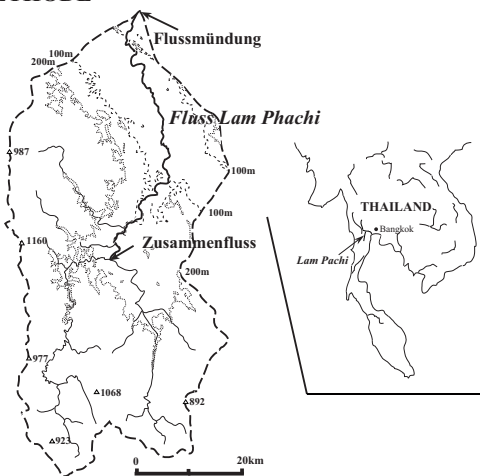


Abb.1 Untersuchungsgebiet
Fig.1 Study area

Einzugsgebiet noch nicht ausreichend entwickelt ist. Zudem existieren weder eine Hochwasserchronik noch geomorphologische Messdaten des Flussabschnitts. Zwei Luftbilderserien aus verschiedenen Jahren wurden ausgewählt, um die Flussverlegung zu analysieren und vergleichen, da diese Methode zur Erkennung und Interpretation der morphologischen Flussentwicklung in der Zeit geeignet ist, falls andere Daten nicht verfügbar sind (Kellerhals et.al., 1976). Die Luftbilder sind im Jahr 1974 im Maßstab 1:15.000 und 1998 im Maßstab 1:50.000 aufgenommen worden. Parallel zu Luftbildanalyse wurden oberhalb der 14 Brücken, die über den Lam Phachi führen, der Flussquerschnitt, die Fließgeschwindigkeiten und die Sohlenneigung gemessen, um das Abflussvermögen zu kalkulieren.

Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt im Mittel- und Unterlauf und umfasst den Bereich zwischen der Flussmündung bis zum Zusammenfluss mit dem Hauptnebenfluss, der sich etwa 74 km oberhalb der Mündung befindet. Dieser Bereich gehört zur Schwemmebene mit vereinzelt Siedlungen und weitläufigen Ackerflächen und liegt unter 100 m ü.M. Hier treten mit hoher Häufigkeit Überschwemmungen mit Geschiebetransport auf. Der Untersuchungsbereich umfasst ca. 1.447 km², das 54% vom gesamten Einzugsgebiet ausmacht. Auf dem Luftbild von 1974 war das Flussufer zum großen Teil mit Wald und Gehölz bedeckt und nur vereinzelte Siedlungspartellen den Erschließungswegen entlang waren vorhanden. Jedoch wurde 1998 der Uferbereich abgeholzt und zu Ackerflächen, teilweise Siedlungsgebieten, konvertiert.

MORPHOLOGIE DES FLUSSBETTS

Gerade, mäandrierende oder verzweigte Flussformen ändern sich, wenn der Feststofftransport variiert (Schumm, 1977). Harvey (1987) klassifizierte die von Hochwasser verursachten Flussbettveränderungen in diese Flussformen in bezug auf den Feststoffhaushalt in Nordengland. Der Vergleich der Luftbilder von 1974 und 1998 zeigt, dass im Untersuchungsbereich die Flussbettveränderungen, die während 24 Jahren aufgetreten sind, in folgende vier Typen klassifiziert werden können.

Typ A: Seitenerosion

In einer Flussbiegung verlagert sich der Stromstrich nach aussen zum Prallhang und führt zur Ufererosion. Diese Seitenerosion tritt im Untersuchungsgebiet meistens an unbewaldeten Flussbiegungen auf. Der Unterlauf des Flusses Lam Phachi, etwa 3 km vor der Mündung, ist in Abb. 2 für beide Aufnahmejahre abgebildet. Die mit Kreisen markierten Uferstellen zeigen, wo hohe Seitenerosionsraten aufgetreten sind. Das rechte Ufer wurde teilweise erodiert und das Flussbett verbreiterte sich während 24 Jahren um 30-50 m durch Uferrückverlegung auf über 100 m.

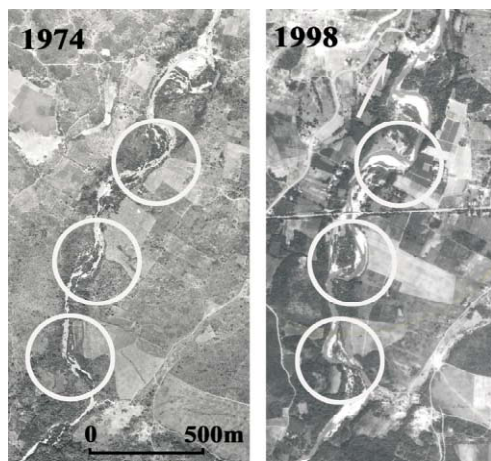


Abb.2 Entstehungsbereiche der Seitenerosion
Fig.2 The site of the bank erosion

Geländebefunde zeigen, dass sich ein senkrechter Prallhang bildete, dessen Länge 80-350 m und Höhe 5-20 m beträgt. Dort reichen meistens Ackerfelder wie z.B. Maniokfelder gerade bis an den Prallhang heran. Durch linienhaften Oberflächenabfluss aus den Feldern haben sich an den Uferhängen zahlreiche Rillen gebildet (Abb.3). Diese linienhafte Erosion spielt als Sedimentquelle eine Rolle und beschleunigt die Rückverlegung.



Abb.3 Senkrechter Uferhang mit Rillenerosion
Fig.3 Vertical bank cliff with rill erosion

Typ B: Mäanderabschnürung

Flüsse mäandrieren im Flachland, weil dort das Sohlengefälle gering ist und sich damit die Fließgeschwindigkeit vermindert (Laronne & Duncan, 1992). Im Gegensatz zum mittleren Abfluss, bei dem das Gewässer dem gewundenen Lauf folgt, richtet sich bei Hochwasser die allgemeine Strömung nicht mehr nach der Krümmung des Flussbetts, sondern fließt geradlinig dem Gefälle des Talbodens entsprechend und schnürt Mäander ab. Infolgedessen wird ein neuer, geradliniger Flusslauf gebildet. Luftbilder der Flussstrecke, etwa 17 km von der Mündung, sind in Abb. 4 gezeigt. Obwohl der Flusslauf dort 1974 mäandriert, ist an derselben Stelle 1998 ein geradliniger Flusslauf zu beobachten, weil der Mäander zwischenzeitlich abgeschnürt wurde. Der im Jahr 1974 vorhandene Mäander war auf dem Luftbild 1998 noch als Altwasserarm erkennbar. Im Vergleich zur Seitenerosion tritt Mäanderabschnürung bevorzugt an Stellen mit geringem Sohlengefälle und auch relativ niedrigem Uferhang auf.

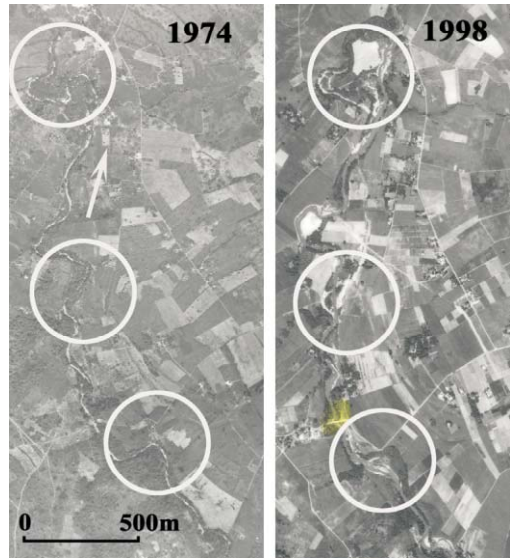


Abb.4 Entstehungsbereiche der Mäanderabschnürung
Fig.4 The site of bend cutoff

Typ C: Flussbettverbreiterung durch Sedimentation

Sedimentablagerung bei Hochwasser ist vor allem auf Veränderung der Flussneigung sowie -breite zurückzuführen. Wo sich das Flussbett verbreitert und die Neigung vermindert, nimmt die Transportkapazität ab, und Geschiebe wird abgelagert. Reduzierung des Abflusses durch Versickerung in das Flussbett verursacht Sedimentation und fördert die Verlagerung des Gerinnes mit Flussbettverbreiterung. Wie in Abb. 5 gezeigt, ist auf dem Luftbild von 1998 zwischen 38 und 40 km flussaufwärts von der Mündung ein verbreitertes Flussbett mit der Breite von 200-250 m zu sehen. Dort wurde das verzweigte Gerinne verlagert, das Flussbett

gegenüber 1974 weitgehend mit frischem Geschiebe überdeckt und ihre Breite verdreifachte sich in diesem Abschnitt. Die Verbreiterung des Flusslaufs durch massive Sedimentation setzt sich etwa 2.2 km lang fort und macht die umfangreichste Flächenveränderung im Untersuchungsbereich aus.

Typ D: Terrassenüberformung

Im Gegensatz zum Abfluss wird Geschiebe periodisch transportiert und nach der örtlichen Flussmorphologie abgelagert (Reid und Frostick, 1994). Bei Hochwasser wird Sediment abgelagert und teilweise wiederum durch Tiefenerosion mobilisiert. Das Flussbett wird dadurch eingetieft und terrassiert. Wie in Abb. 6 dargestellt, befinden sich durchgehend zwei- oder dreistufige Terrassen mit einer Breite von 20-100 m zwischen 44 und 49 km flussaufwärts von der Mündung. Auf dem Luftbild vom 1974 waren die Terrassen weitgehend mit Vegetation bedeckt, was eine vorübergehende Stabilität der Terrasse andeutet. Die Vegetationsbedeckung war im Jahr 1998 fast völlig abgespült, so dass eine kilometerlange, offene Oberfläche entstand. Dabei wurde auch die mit Vegetation bedeckte höchste Terrasse durch Hochwasser zum großen Teil umgebildet, was zur Verbreiterung des Gerinnes führte. Die Umformung und damit auch die Erosion und Sedimentation spielte sich nur zwischen den beiden Ufer ab.

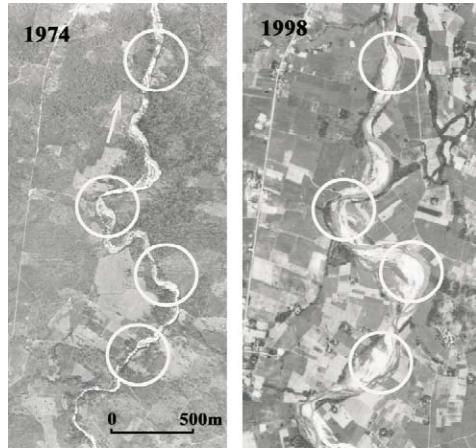


Abb.5 Entstehungsbereiche der Flussbettverbreiterung
Fig.5 The site of the lateral migration of flow

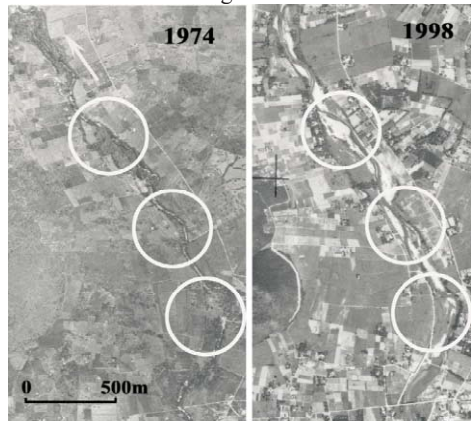


Abb.6 Entstehungsbereiche der Terrassenüberformung
Fig.6 The site of terrace deformation

FLUSSBETTVERÄNDERUNG UND DEREN URSACHEN

In Tab. 1 werden die Typen, deren Bereiche, das Ausmaß und die Uferseite der Flussbettveränderung zwischen 1974 und 1998 aufgrund der Luftbildanalyse zusammengefasst dargestellt. Die Fläche der Terrassenüberformung ist im Vergleich zu anderen Typen bedeutender, wobei ihre durchschnittliche Größe zwischen 10 und 50 ha in einzelnen Segmenten beträgt. Ähnliche Werte zeigt der Bereich der Flussbettverbreiterung. Die Bereiche zwischen 33 und 40 km sowie 44 und 49 km sind daher die Räume mit den größten morphologischen Schwankungen während des letzten Vierteljahrhunderts. Im Vergleich zu den Flächen der Terrassenüberformung betrug die der Seitenerosion und der Mäander-

Tab.1 Flussbettveränderungsbereiche und deren Ausmaß

Tab.1 Type and magnitude of deformed areas along the river

Abstand von der Flussmündung (km)	Typ	Ausmaß			Uferseite
		Länge (m)	mittlere Breite (m)	Fläche (ha)	
2.2	S	100	30	0.3	R
3.0	S	350	50	1.8	R
3.7	F,M	250	80	2.0	R
4.0	S	200	50	1.0	R
4.8	S	100	30	0.3	L
5.2	S	130	60	0.8	L
7.0	S	80	30	0.2	L
7.5	M	400	80	3.2	R
12.2	F,M	80	30	0.2	L
12.5	T	100	50	0.5	R
13.5	M	200	70	1.4	L
15.2	M	100	40	0.4	L
16.5	M	150	50	0.8	R
16.7	F,M	400	50	2.0	L
17.5	M	600	50	3.0	L,R
19.0	F	150	100	1.5	R
20.5	M	500	50	2.5	R
22.0	S	200	30	0.6	L
22.5	M	200	40	0.8	R
24.0	M	150	50	0.8	L
25.0	S	150	50	0.8	R
27.0	M	60	40	0.2	L
27.2	S	150	50	0.8	R
29.0	M	150	40	0.6	L
30.0	F	250	100	2.5	R
31.0	F	600	100	6.0	L,R
33.0	F	400	200	8.0	L
35.5	F	450	60	2.7	R
36.0	S,F	400	100	4.0	R
37.2	F	600	220	13.2	R
38.0	F	700	180	12.6	R
38.5	F	1500	200	30.0	L,R
43.0	T,F	500	80	4.0	L
43.5	T	350	120	4.2	L,R
44.0	T	5000	100	50.0	L,R
50.0	S,T	300	100	3.0	L,R
50.5	T	400	120	4.8	R
51.0	S	300	100	3.0	R
53.2	S	300	20	0.6	L
54.0	T	1200	120	14.4	L,R
57.0	T	1200	100	12.0	L,R
58.5	T	900	120	10.8	L,R
61.0	T	1000	80	8.0	L,R
62.0	T	700	100	7.0	L
64.5	T	1500	100	15.0	L,R
67.0	T	250	50	1.3	R
68.5	T	400	100	4.0	L,R
73.0	T	400	70	2.8	R
Gesamtsumme		24550		250.2	

Typ: S(Seitenerosion), M(Mäanderabschnürung), F(Flussbettverbreiterung)
T(Terrassenüberformung)

abschnürung nur wenige Hektar oder noch kleineren Flächen. Weil die Terrassenhöhe mit Luftbildern schwer abzuschätzen ist, wurde das Terrassenvolumen nicht quantitativ bestimmt. Dies ist auch nicht nötig, weil sich das Volumenverhältnis im Vergleich zum Flächenverhältnis kaum ändern würde, weil die Terrassenhöhen nur geringe, vernachlässigbare Höhenunterschiede aufweisen.

Im Untersuchungsbereich befindet sich fast keine längere Strecke ohne Flussbettveränderung. Die Gesamtlänge der einzelnen Strecken betrug 24.6 km, das etwa einem Drittel von der untersuchten Flusslänge entspricht. Die 4 Typen treten nicht gemischt sondern nach Typen räumlich gegliedert auf (Abb. 7). Die Seitenerosion konzentrierte sich in den Strecken von 1-8 km und 35-38 km. Der Bereich der Mäanderabschnürung befand sich zwischen 12 und 36 km, die Flussbettverbreiterung zwischen 30 und 37 km. Die Terrassenüberformung lag zwischen 42km bis 68km in einzelnen Segmenten von einigen Kilometer vor. Das Längsprofil des Flusses Lam Phachi wurde in Abb. 8 abgetragen. Von der Mündung aufwärts bis nahe am 5km-Punkt beträgt die Neigung etwa 1/1000. Dann nimmt die Neigung bis zum 33 km-Punkt auf 0.7/1000 ab, um dann bis zum 56 km-Punkt auf 1.7/1000 zuzunehmen. Ab diesem Punkt wird die Neigung wiederum auf 0.6/1000 geringer. Dies bedeutet, dass in der steilen Strecke zwischen 33 und 56 km die Transportkapazität bei gleicher Wasserführung höher ist als in anderen.

In Abb. 9 sind die Abflusswerte der Mittelwasserführung für zwei Jahre, kalkuliert aus Querschnitt- und Geschwindigkeitsmessung in 14 Stellen, dargestellt. Trotz unterschiedlicher Werte wiesen die Ganglinien eine gleiche Tendenz auf. Obwohl das



Abb.7 Standort der Flussbettveränderungsbereiche
Fig.7 Location of deformed areas

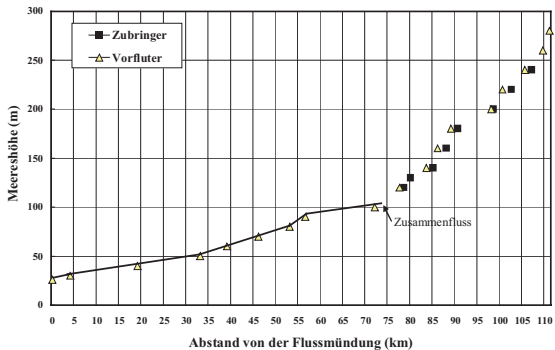


Abb.8 Längsprofil des Flusses Lam Phachi
Fig.8 Longitudinal profile of Lam Phachi River

Einzugsgebiet sich vergrößert, nimmt der Abfluss vom 56 km-Punkt an abwärts kaum zu. Eine beträchtliche Abflusszunahme vom 14 km-Punkt ab soll festgehalten werden. Da dieser Bereich in der Schwemmebene liegt, haben sich mächtige alluviale Sedimente weiträumig abgelagert, so dass Flusswasser in das Flussbett sickert und sich dadurch eine Abflussreduktion ergibt.

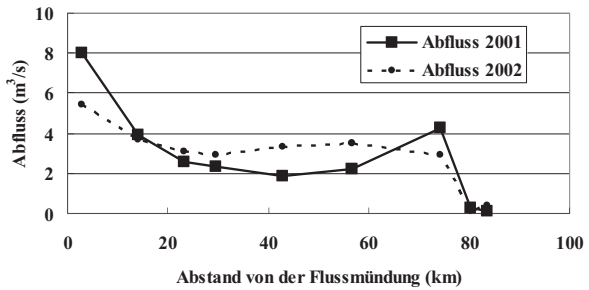


Abb.9 Durchfluss beim Normalabfluss

Fig.9 Flow rate in the normal discharge

Die umfangreiche morphologische Flussbettveränderung zwischen 33 und 56 km wird durch diese Gründe abgeleitet. Bei 30 km-Punkt vermindert sich das Gefälle und damit die Transportkapazität, und Sediment wird abgelagert. Durch das geringe Belastungsverhältnis mäandriert der Fluss im Unterlauf und schnürt bei Hochwasser Mäander ab. Die Abflusszunahme im Unterlauf ist darauf zurückzuführen, dass das im Sedimentkörper fließende Wasser flussabwärts wieder austritt. Nach der thailändischen Bewässerungsbehörde (2001) erreichte das Hochwasser im Oktober 1999 den Pegelstand von ca. 7 m Wassertiefe im 5 km-Punkt, einen etwa doppelten Wert in Vergleich zu gewöhnlichen Wasserständen, obgleich der Wasserstand im 30km-Punkt während dessen einen normalen Wert aufwies. Solche extreme Hochwasser sind selten, jedoch wird bei diesen Ereignissen der Uferhänge stärker unterspült.

SEDIMENTTRANSPORT UND FLUSSBETTVERÄNDERUNG

Die Flussmorphologie neigt sich dem Abfluss und Geschiebeeintrag entsprechend anzupassen. Stärkerer Sedimenteintrag führt zu instabilen, häufig verzweigten Flussformen; dagegen führt geringe Lieferung zu stabilen, häufig mäandrierenden Flussformen (Schumm, 1977). Der Bereich, wo sich Terrassen gebildet haben und bei Hochwasser erodiert wurde, ist eine neue Hauptsedimentquelle (Abb. 10). Es ist deutlich, dass das dort abgelagerte Sediment langfristig, gewiss schon vor der Erschließung, vom Oberlauf eingetragen wurde und sich mehrstufige Terrassen entwickelt hatten.

Im Oberlauf des Einzugsgebiets wurden Ananasfelder auf leicht geneigten Hängen ausgelegt, die als weitere potentielle Sedimentquellen eine entscheidende Rolle spielten, weil dort aktive Erosion zu beobachten ist. Dort beträgt die jährliche Bodenerosionsrate 69-168 t/ha (Maita, 2002). Dieser Wert überschreitet Erosionsraten auf Ackerfeldern in anderen



Abb.10 Die teilweise umgeformten Terrassen

Fig.10 Partly deformed terraces

Ländern des südöstlichen Asiens und Australien (Sidle, 2002). Das erodierte Material wird jedoch nicht unmittelbar in den Fluss eingetragen, weil es zuvor in Bewässerungsteichen abgelagert wird. Im Einzugsgebiet sind diese Bewässerungsteiche vereinzelt angelegt, die zur Verminderung der Sedimentzulieferung in den Fluss Lam Phachi nicht nachlässigt werden dürfen (Marutani, 2002).

Das Sediment für Flussbettverbreiterung und Terrassenbildung wurde nicht von Zuflüssen oder Hängen ausserhalb des Flusses bereitgestellt, sondern von Terrassen- und Ufererosion innerhalb des Flussbereichs. Die umfangreichste Flussformveränderung während 24 Jahren traten an der Strecke auf, wo das Flussgefälle abnimmt und der Abfluss wegen der Versickerung sich verringert. Dort übertraf die Sedimentation die Unterspülung bei gleichzeitiger Gerinneverlagerung. Die Seitenerosion rief durch Uferückverlegung eine Vergrößerung des Sedimentationsraums hervor. Die Luftbilderanalyse zeigt, dass die Sedimente in diesem Bereich meistens aus dem Bereich der Terrassenüberformung stammen. Dies bedeutet, dass die Terrassen zwischen 44 und 60 km eine wichtige Sedimentquelle sind. Auf dem Luftbild des Jahres 1974 ist dort dichte Vegetation auf den Terrassen zu erkennen, die eine temporäre Stabilität der Terrassen andeutete.

Im Vergleich zur Flussform des Jahres 1974 erweiterte sich 1998 der mächtige Veränderungsbereich vom Flussbett um etwa 13 km flussabwärts. Diese Erweiterung ist nicht nur durch natürliche Phänomene verursacht sondern auch durch menschliche Aktivität. Eine Siedlung entwickelte sich im unteren Grenzbereich der Terrassenüberformung und verzehnfachte ihre Fläche innerhalb von 24 Jahren. Zum Gebäude- und Straßenbau wurden planungslos Sand und Kies aus dem benachbarten Flussbett entnommen, deren Volumen außergewöhnlich hoch einzuschätzen ist. Diese langfristige Baustoffentnahme beeinflusste die Veränderung des Flussbetts eindeutig. Sedimententnahme ist stellenweise auch im Mittellauf intensiv betrieben worden. Darüber hinaus reduziert illegale Wasserentnahme für die Landwirtschaft den Abfluss. Da die starke Sedimentanlieferung bei Hochwasser nur bis zum Punkt 30 km reicht, ist von dort abwärts nur das Fließwasser für die Veränderung der Flussform verantwortlich. Im Unterlauf handelt es sich beim Feststofftransport fast ausschließlich um Schwebstoff. Im untersten Teil des Einzugsgebiets erfolgt die Veränderung durch Ufererosion, die mit dem austretenden Sickerwasser und dem Oberflächenabfluss aus den Felder zusammenhängt. Allerdings spielten diese Erscheinungen für den Feststofftransport im Einzugsgebiet eine geringere Rolle.

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Im Untersuchungsbereich des Flusses Lam Phachi ist deutlich geworden, dass die Überformung von Terrassen, die vor 1974 existierten, flussabwärts eine erhebliche Sedimentation verursacht hat, die zur Verheerung des Mittellaufs geführt hat. Deswegen wird zum Schutz des Lebensraum vor überhöhter Sedimentzufuhr vorschlagen, dass vor allem die Terrassenumformung verhindert und zugleich die Rückhaltung des mobilen Feststoffs im Sedimentationsbereich des Mittellaufs erforderlich sind, die auch zur Stabilisierung der Flussformen dienen können. Zusätzlich sollte eine rechtzeitige Entleerung des abgelagerten Materials in Bewässerungsteichen zur Sicherheit gewährleistet werden.

LITERATUR

- Harvey, A.M. (1987): "Sediment supply to upland stream: Influence on channel adjustment" in *Sediment Transport in Gravel-bed Rivers*, Thorne, C.R., Bathurst J.C. & Hey R.D. (eds), John Wiley & Sons, Chichester; 121-150.
- Kellerhals, R.M., Church, M. and Bray, I. (1976): "Classification and analysis of river processes" *Proc. Am. Soc. Civ. Engrs., J. Hydraulics Div.*, 102; 813-829.
- Laronne, J.B. and Duncan M.J. (1992): "Bedload transport paths and gravel bar formation" in *Dynamics of Gravel-bed Rivers*, Billi, P., Hey, R.D., Thorne, C.R. & Tacconi, P. (eds), John Wiley & Sons, Chichester; 177-202.
- Maita, H. *et al.* (2002): "Human impact on soil erosion of the Lam Phachi River basin –from a viewpoint of infiltration capacity-" *Proc. Workshop on Watershed Degradation and Restoration of the Lam Phachi River Basin*, Bangkok; 35-52.
- Marutani, T. *et al.* (2002): "Identifying significant tributaries from human impacted sedimentary system, Lam Phachi catchment, Western Thailand" *Proc. Workshop on Watershed Degradation and Restoration of the Lam Phachi River Basin*, Bangkok; 53-64.
- Reid, I. and Frostick, L.E. (1994): "Fluvial sediment transport and deposition" in *Sediment Transport and Depositional Processes*, Kenneth, P. (eds), Blackwell Scientific Publications, Oxford; 89-156.
- Royal Irrigation Department (2001): "Hydrological observation data in the Lam Phachi River" Western Regional Center of Hydrology and Water Management, Kanchanaburi/Thailand, (*unveröffentlicht*)
- Schumm, S.A. (1977): "The fluvial system" John Wiley & Sons, New York, 338p.
- Sidele, R.C. (2002): "An overview of water and related hazards issues in Southeast Asia" *Proc. Tsukuba Asian Seminar on Agricultural Education 2002*, Tsukuba/Japan; 65-72.
- Walling, D.E. (1983): "The sediment delivery problem" *J. Hydrol.* Vol. 65; 209-237.