

Schlammführung und Strömungsgeschwindigkeiten birmanischer Flüsse

von

WALTER ALEXANDER SCHNITZER

Mit 2 Karten und 3 Figuren

Verfasser hatte im März und April 1964 auf der Rückreise von Indien Gelegenheit, in den Mündungen von zwei der Ströme Birmas, dem Rangoon und dem Moulmein, einem der Hauptmündungsarme des Salween, Untersuchungen über Schlammführung und Strömungsgeschwindigkeiten durchzuführen und die Schlammführung in den Golf von Martaban hinaus zu verfolgen.*

Über die Fließgeschwindigkeiten der Stromsysteme Birmas und über ihre Sinkstoffgehalte sind nur wenige geschätzte Werte bekannt geworden. *Krishnan (1956)* schätzt für den Irawadi die Transportleistung auf etwa 700 000 t Schlamm pro Tag. *Samojlov (1956)* gibt für den gleichen Strom bei Prome 428 km³ Wasserabfluß mit einer Schwebstoffführung von 350 Mill. t pro Jahr an. Nach *Dobby (1951)* baut sich das Delta des Irawadi je Jahrhundert um 3 Meilen vor. Auch über die Fließgeschwindigkeiten des Irawadi sind wir durch *Samojlov* informiert. Bei Prome wurden von März bis September, d. h. in der Periode der sommerlichen Monsunwinde 1,5—3,0 m/sec. Strömungsgeschwindigkeit gemessen. Zum Vergleich möge noch angeführt werden, daß *Krishnan (1956)* für Vorderindien die Schlammführung des Indus auf etwa 1 Mill. t pro Tag, die des Ganges etwas geringer, die des Brahmaputra höher angibt.

Es war überraschend, daß die Sinkstoffmengen, die vom Verf. im Rangoon und Moulmein festgestellt wurden, nicht unerhebliche Abweichungen von den hier genannten Zahlen ergaben.

Der Rangoon

Der Rangoon ist in der Schifffahrt berühmt und berüchtigt ob seines hohen Schlammgehaltes, der nach kurzer Liegezeit der Schiffe im Fluß-

*) Der Deutschen Forschungsgemeinschaft bin ich für die Unterstützung einer Forschungsreise nach Zentralindien zu Dank verpflichtet. Die hier vorgelegten Untersuchungen wurden ermöglicht, da das für die Rückreise benutzte Schiff, von Calcutta kommend, in Rangoon und Moulmein jeweils einige Tage ankern mußte. Dem Kapitän und den Offizieren der „MS Kandelfels“ (Hansa-Linie Bremen) bin ich für mancherlei Hilfeleistung dankbar.

hafen (Abb. 1) zur Verstopfung der Kühlwasseranlagen führt und zu einer Ausschmierung der Kühlwasserpumpen. Es war deshalb von besonderem Interesse, im Rangoon Untersuchungen über die Schwebstoffführung und über die Wassergeschwindigkeiten bei ab- und auflaufendem Wasser durchzuführen, um Näherungswerte für die Gesamtmengen des Schlammes zu bekommen, der hier transportiert wird. Der Rangoon-Fluß entsteht bei Rangoon aus dem Zusammenfluß von Pegu und Hlaing (vgl. Abb. 1), etwa 72 km vom Meer entfernt. Sein Delta schließt sich unmittelbar an das gewaltige Irawadi-Delta im Westen an. Er fließt durch Dschungel-Niederungen mit dunkelgelbem und gelbbraunem Wasser, wobei die Küstenwässer an den Armen des Deltas sandigen, schlammigen Grund zeigen. Beim Elephant-Point (vgl. Abb. 1) ergießt sich der Rangoon trichterförmig in den Golf von Martaban mit zwei großen Durchflüssen, die durch Sandbänke getrennt werden: der Westkanal und der Ostkanal. Die Flut hat am Eingang zum Rangoon (Elephant-Point) bei Springflut eine Höhe von 5,7 m, bei Nippflut 4 m. Im Rangoon ist die Flut 4,5 m hoch. Zur Zeit der Messung betrug der Tidenunterschied 5,6 m. Bei der von *I. V. Samojlov* angegebenen Strömungsgeschwindigkeit bei Rangoon zwischen 1,5 und 3 m/sec. ist leider nicht angegeben, ob es sich um auf- oder ablaufendes Wasser handelt. Da selbstverständlich die Wassergeschwindigkeiten des auf- und ablaufenden Wassers unterschiedlich sind und von den Gezeiten und der Wasserführung abhängen, können diese Werte nur beschränkt verwendet werden. Aus der Abb. 1 sind die Schiffsliegeplätze im März 1964 ersichtlich. Desgleichen ist am Monkey-Point die Einmündung des Pegu verzeichnet und der zweite Liegeplatz des Schiffes, von dem aus die weiteren Untersuchungen durchgeführt wurden.

Betrachten wir zunächst den Anteil an Sinkstoffen im Flußhafen von Rangoon und die Abhängigkeit der Schwebstoffe von der Wassertiefe bei auf- und ablaufendem Wasser. Im Diagramm sind die Werte angeführt, die am 25. und 26. März 1964 ermittelt wurden. Bei auflaufendem Wasser finden wir an der Oberfläche Gehalte von 3,5 g Sinkstoff pro Liter, die zur Tiefe hin ansteigen und bei 6,0 m mit 5 g pro Liter ein erstes Maximum erreichen (vgl. Abb. 2). Bei 9,0 m reduziert sich der Sinkstoffgehalt etwas, um schließlich bei der Endtiefe 15,0 m auf 6,5 g pro Liter anzusteigen. — Bei ablaufendem Wasser ist die Kurve etwas ausgeglichener. Schon das Oberflächenwasser weist 4,5 g/Liter auf, und bis zur Tiefe von 7 m sind keine nennenswerten Unterschiede vorhanden. Erst im Bereich von 8—9 m springt die Kurve ähnlich wie bei auflaufendem Wasser etwas zurück, um schließlich bei 14 m Tiefe mit nahezu 6,5 g/Liter ein letztes Maximum zu erreichen.

Die in der Abb. 2 wiedergegebenen Werte sind natürlich nur Einzelbeobachtungen. Über 5 Tage konnten sie fortgeführt werden, und für diesen Zeitraum ergaben sich folgende Mittelwerte:

Mittelwerte für auflaufendes Wasser in den Tagen vom 25.—30. 3. 1964

Oberflächenwasser	3,20 g Sinkstoff pro Liter
3 m Tiefe	4,30 g Sinkstoff pro Liter
6 m Tiefe	5,20 g Sinkstoff pro Liter
9 m Tiefe	5,00 g Sinkstoff pro Liter
12 m Tiefe	6,50 g Sinkstoff pro Liter
15 m Tiefe	7,40 g Sinkstoff pro Liter

Mittelwerte für ablaufendes Wasser in den Tagen vom 25.—30. 3. 1964

Oberflächenwasser	4,60 g Sinkstoff pro Liter
3 m Tiefe	4,80 g Sinkstoff pro Liter
6 m Tiefe	5,12 g Sinkstoff pro Liter
9 m Tiefe	4,88 g Sinkstoff pro Liter
12 m Tiefe	5,20 g Sinkstoff pro Liter
14 m Tiefe	5,60 g Sinkstoff pro Liter

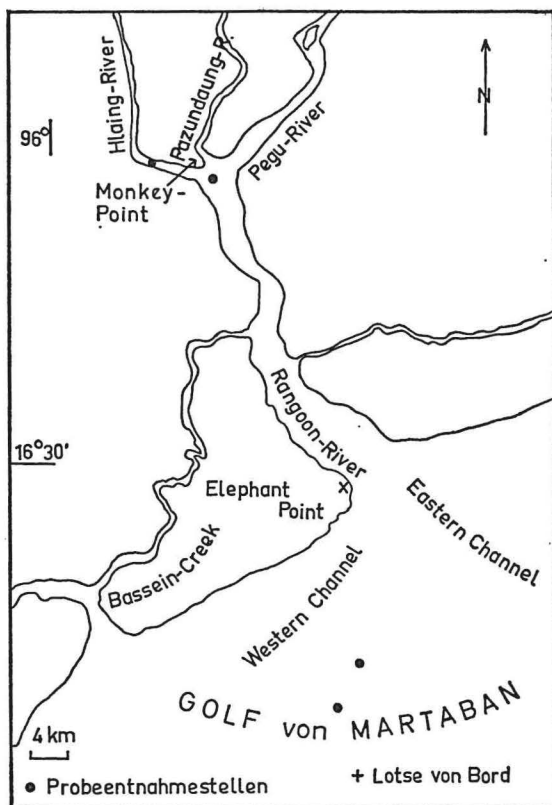


Abb. 1.

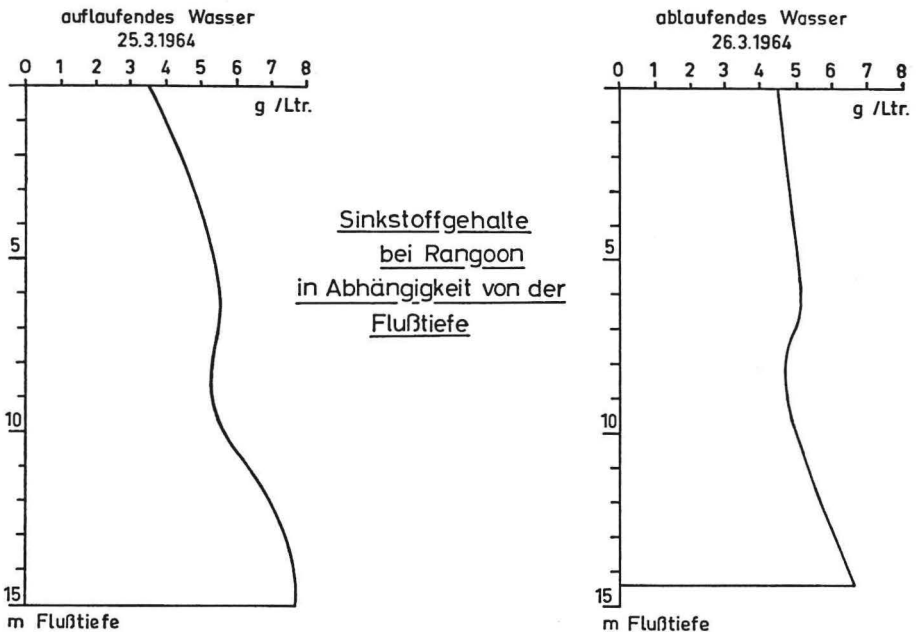


Abb. 2.

Aus dem Diagramm und der Tabelle ist die Zunahme der Sinkstoffe mit der Wassertiefe deutlich ersichtlich und gleichfalls die hohe Schlammführung des Rangoon. Dabei muß man berücksichtigen, daß die Messungen in der Trockenzeit durchgeführt wurden. Zur Zeit des Monsuns dürfte die Wasser- und Schlammführung des Rangoon wohl höher sein als die hier ermittelten Werte. Bei den Kurven ist ferner ein Knick in einer Tiefe von 8—9 m zu erkennen. In diesem Bereich nimmt die Schlammführung gegenüber flacherem und tieferem Wasser ab. Worauf diese Erscheinung zurückzuführen ist, läßt sich schwer erklären. Es könnte mit unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten in diesem Tiefenbereich zusammenhängen oder einem Zufluß von sinkstoffarmen Meerwasser in dem genannten Bereich. Der höhere Sinkstoffgehalt bei auflaufendem Wasser ist verständlich, da das durch die Gezeiten bedingte eintretende Meerwasser den Fluß staut. Bei ablaufendem Wasser fehlt dieser Einfluß, so daß der wirkliche Gehalt an Schlammstoffen diesem Wert wohl am nächsten kommen dürfte. Selbstverständlich haben so kurzzeitige Untersuchungen noch keinen hinreichenden Aussagewert. Sie können aber doch größenordnungsmäßig Anhaltspunkte über die Schlammführung eines Flusses geben. Insofern

sind Messungen, auch wenn sie nur Tage umfassen, durchaus von Bedeutung.

Neben der Feststellung der Sinkstoffmengen sind die Strömungsgeschwindigkeiten des Ebbe- und Flutstromes wichtig. Von den täglich ermittelten Kurven seien die Werte für den 28. und 29. März 1964 wiedergegeben (vgl. Abb. 3). In diesem Diagramm sind die Strömungsgeschwindigkeiten in m/sec. bei auf- und ablaufendem Wasser und die entsprechenden Zeiten dargestellt. Die Messungen der Strömungsgeschwindigkeiten erfolgten in Abständen von 30 Minuten. Der Ebbestrom hält für 7 Stunden 15 Minuten an, der Flutstrom für 5 Stunden 15 Minuten. Auch für die anderen Tage waren die Strömungsgeschwindigkeiten für auf- und ablaufendes Wasser ähnlich. Subtrahiert man die Wassermenge des auflaufenden Wassers von dem des ablaufenden, so ergibt sich eine Differenz von etwa 33 %; das heißt, daß im Flußhafen Rangoon bei dem gegebenen Ankerplatz in der Zeiteinheit tatsächlich ein Drittel der gesamt ablaufenden Menge wirklich weitergeführt wird, während zwei Drittel wieder zurückgedrückt und erst bei dem nächsten Ebbestrom weiter befördert werden.

Um die tatsächliche Förderkraft des Flusses bei Rangoon beurteilen zu können, war es außerdem notwendig, einen Querschnitt durch den Fluß zu legen. Hierzu dienten die Angaben der Seekarte mit den angegebenen Tiefen und eigene Lotungen. Die gedachte Profillinie in SSW/NNE-Richtung durch den Schiffsliegplatz ist ca. 700 m lang. Die Haupttiefen liegen mit 7,1 und 7,2 Faden im NNE-Teil des Flußbettes, während im SSW die Werte sehr schnell auf 2 Faden zurückgehen. Nach der Seekarte und nach eigenen Lotungen bekommt man für den Liegeplatz des Schiffes in einem SSW/NNE-Schnitt durch das Flußbett ein Querschnittsprofil von annähernd 6000 qm.

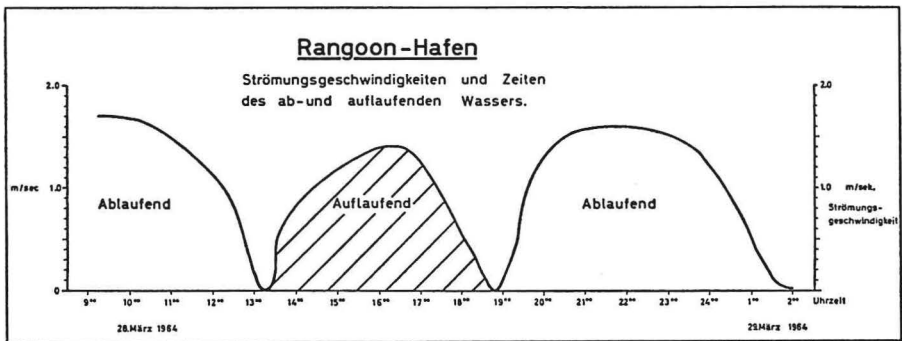


Abb. 3.

Für das abfließende Wasser würde sich bei dem Querschnitt von 6000 qm bei dem Ankerplatz von Rangoon eine Wassermenge von 25,5 Mill. cbm pro Stunde ergeben. Durch den Flutstrom bedingt, fließt aber in Wirklichkeit nur ein Drittel der Wassermenge pro Zeiteinheit, also rund 8,3 Mill. cbm pro Stunde, von Rangoon ab und letztlich dem Golf zu. Nimmt man aus den Mittelwerten für auf- und ablaufendes Wasser einen Sinkstoffgehalt von 5 g pro Liter an, so ergibt sich pro Stunde bei Rangoon ein Transport von 40 000 t Schlamm an der gedachten Profillinie. Pro Tag würden daraus etwa 960 000 t bis 1 Mill. t resultieren. Die Schlammführung pro Jahr würde dann mit 360 Mill. t Schlamm zu veranschlagen sein. Dieser Wert kann natürlich nur eine Größenordnung wiedergeben, da er auf einer sehr kurzzeitigen Messung beruht, unter ganz bestimmten klimatischen Bedingungen und Gezeitenverhältnissen. Wenn man die Monsunmonate mit ihrer höheren Wasserführung berücksichtigt, dürfte der Schlammtransport bei Rangoon wahrscheinlich höher liegen.

Es wäre nun aber völlig verfehlt, wollte man die bei Rangoon errechneten Schlammengen als Größenordnung für den jährlichen Schlammtransport des Rangoon-River in den Golf von Martaban veranschlagen. Einmal ist die Kinematik eines Flusses so kompliziert, daß sie auch mathematisch nicht hinreichend erfaßt werden kann. Wenn man kleine Einheiten des Flusses betrachtet, so ist die Strömung nie laminar, sondern immer turbulent, so daß die Sinkstoffgehalte und Strömungsgeschwindigkeiten jeweils anders sein können. Nicht minder wichtig wären langzeitige Beobachtungen der Sinkstoffgehalte und Strömungsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von den Niederschlägen, den Gezeiten, den auf- und ablandigen Winden usw.

Die Hauptschwierigkeit bei einer Interpolierung der hier gemessenen Schlammengen für den gesamten Fluß bestehen aber zweifellos darin, daß man nicht weiß, welcher Schlammanteil bei Rangoon durch die Gezeitenströmung nur hin- und hertransportiert wird, ohne daß er in den Golf von Martaban gelangt. Um diese Frage zu lösen, müßte man vom Oberlauf der Flüsse bis zur Mündung des Rangoon über längere Zeit hinweg Beobachtungen durchführen, in ähnlicher Weise, wie sie hier vorgenommen wurden. Ferner müßten nicht nur die Sinkstoffgehalte in Abhängigkeit von der Tiefe, sondern auch die Wassergeschwindigkeiten in den verschiedenen Tiefen des Flusses über längere Zeit hinweg ermittelt werden.

Wie auch die folgenden Untersuchungen an anderen Liegeplätzen des Schiffes zeigen, scheint jedoch der Rangoon über eine außerordentlich hohe Schlammführung zu verfügen und sein Delta weit in den Golf von Martaban vorzubauen.

In diesem Zusammenhang ist auch die Ausflockungsgeschwindigkeit des Schlammes im Flußwasser von Bedeutung. Folgende Werte konnten immer wieder reproduziert werden:

Ziehung der Flußwasserprobe und Absetzgeschwindigkeit im Standzylinder:

- nach 13 Min. = der oberste Teil des Standzylinders hellt sich auf,
- nach 18 Min. = erste Flockung des Schlammes wird deutlich,
- nach 35 Min. = kräftiger brauner Bodensatz, darüber stehendes Wasser noch trübe,
- nach 57 Min. = Bodensatz vollständig, das darüber stehende Wasser hat nur noch eine ganz leichte graue Trübe.

Die Ausflockung des gesamten Sinkstoffes ist nach einer Stunde praktisch beendet.

Weitere Angaben über die Schlammführung des Rangoon liegen von Monkey-Point und dem Golf von Martaban (vgl. Abb. 1) vor. Bei Monkey-Point, wo der Pegu einmündet, wurden folgende Mittelwerte bestimmt:

Oberflächenwasser	5,5 g Sinkstoff pro Liter
3,5 m Tiefe	5,9 g Sinkstoff pro Liter
6,0 m Tiefe	7,0 g Sinkstoff pro Liter
9,0 m Tiefe	6,0 g Sinkstoff pro Liter
12,0 m Tiefe	7,9 g Sinkstoff pro Liter

(Maximalwert aller entnommenen Proben)

Während der Fahrt vom Monkey-Point bis zum Lotsendampfer war es nur möglich, Oberflächenproben zu nehmen. Die Gehalte im Oberflächenwasser schwanken zwischen 0,4—1,25 g pro Liter. Am Lotsendampfer selbst (vgl. Abb. 1) war im Oberflächenwasser immer noch 1 g Schlamm pro Liter enthalten.

Der Salween

Der Salween entspringt in Tibet, verläuft einige Zeit dem Mekong und Irawadi parallel, um etwa 28 Meilen unterhalb von Moulmein in den Golf von Martaban einzumünden. Bei Moulmein fließen dem Salween zwei wichtige Nebenflüsse zu, der Gyaing und der Ataran. Der Salween ergießt sich mit zwei Hauptmündungsarmen in den Golf von Martaban: mit dem Darebank, der sich von Moulmein nach Westen wendet, und mit dem Moulmein, der von Moulmein über Long Island direkt südwärts strömt (vgl. Abb. 4). Der Liegeplatz des Schiffes war südöstlich von Long Island im Long Island Kanal, der Tiefen bis zu 57 Fuß an der Festlandküste erreicht. Nach *Pascoe (1959)* bildet der Moulmein bzw. der Salween kein eigentliches oder nennenswertes Delta.

Die Untersuchungen über die Strömungsgeschwindigkeit des auf- und ablaufenden Wassers und des Sinkstoffgehalts waren in dem breiten Flußarm ungleich schwieriger durchzuführen als in dem nur 700 m

breiten Rangoon. Hinzu kommt, daß der Ankerplatz des Schiffes relativ meeresnah gelegen war und sich in den letzten Jahren der Long Island Kanal dauernd verändert. So sind Inseln neu entstanden, und die Tiefen, die die Seekarte angibt, stimmen nicht in allen Fällen mit den vom Schiff aus geloteten Tiefen überein. Die Meeresnähe führt zu außerordentlich turbulenten Strömungen, so daß für die Strömungsgeschwindigkeiten und die Sinkstoffgehalte nur Näherungswerte angegeben werden können. Die Untersuchungen wurden im April 1964 durchgeführt, zur Zeit der Springtide und bei einem Tidenhub von 5,6 m. Wie in anderen Flüssen, etwa denen, die in den Golf von Bengalen einmünden, oder wie im Mekong und Sittang, stieg auch in dieser Zeit bei Springflut eine Bore hinauf, der turbulente See folgte. Die Flutwelle selbst führte zu starker Turbulenz innerhalb des Long Island Kanals, die die Sinkstoffführung des Wassers stark beeinflusste.

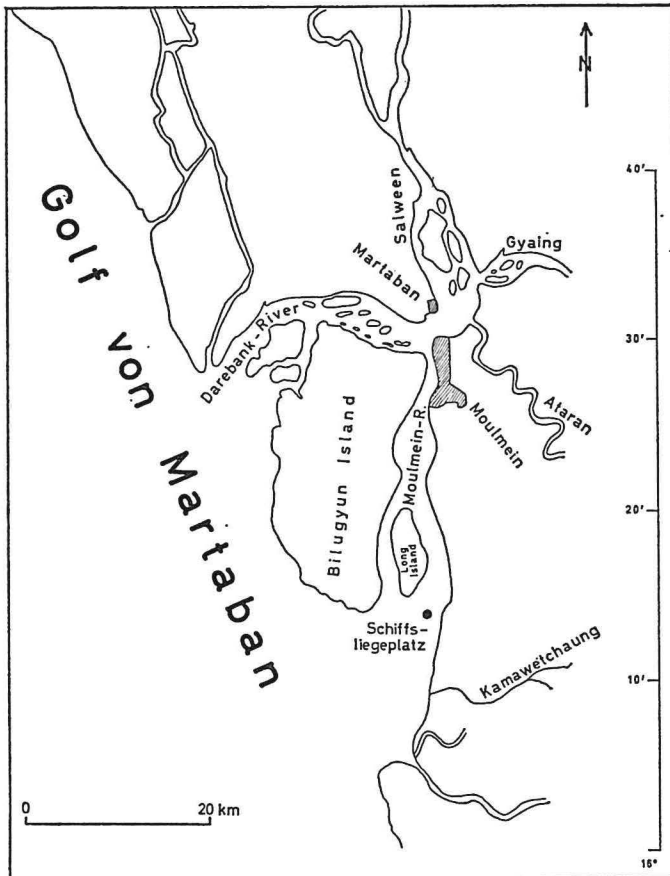


Abb. 4.

Die Strömungsgeschwindigkeiten sind im Moulmein wesentlich höher als im Rangoon, zu fast gleicher Zeit und gleichen Gezeiten. Die maximalen Werte der Strömungsgeschwindigkeit (vgl. Abb. 5) liegen zwischen 2,5 m/sec. bei abfließendem Wasser und maximal etwa 1,5 m/sec. bei auflaufendem Wasser. Dabei sind die Strömungsgeschwindigkeiten der Flutwellen nicht berücksichtigt. Wie aus Abb. 5 ersichtlich, sind die Strömungsgeschwindigkeiten bei ablaufendem Wasser wesentlich höher als bei auflaufendem und die Wassermenge, die durch den Long Island Kanal dem Golf eingespeist wird — auch infolge des größeren Querschnittes — größer als jene bei Rangoon. Bei recht turbulentem Wasser, sowohl bei Ebbe- wie bei Flutstrom, ließen sich folgende Sinkstoffgehalte ermitteln:

Schlammführung bei Ebbe- und Flutstrom zusammen gemittelt:

Oberflächenwasser	1,00—3,80 g Sinkstoff pro Liter
3,0 m Tiefe	1,40—2,00 g Sinkstoff pro Liter
6,0 m Tiefe	1,80—2,90 g Sinkstoff pro Liter
9,0 m Tiefe	3,00—5,00 g Sinkstoff pro Liter

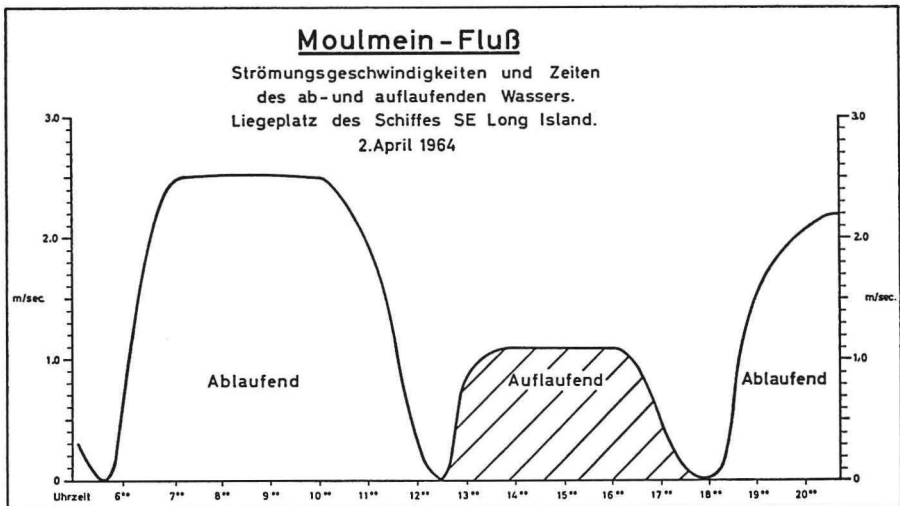


Abb. 5.

Für den Long Island Kanal läßt sich nach der Seekarte und eigenen Lotungen in einem gedachten Ost-West-Profil durch den Schiffsliegeplatz ein Querschnittsprofil von ca. 10 000 qm berechnen. Bei den gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten für ablaufendes Wasser würde sich im Mittel eine stündliche Passage von 67 Mill. cbm Wasser an der gedachten Profillinie ergeben. Bei einem mittleren Schlammgehalt von

nur 2,5 g pro Liter wäre die Transportleistung mit 167 000 t pro Stunde zu veranschlagen. Diese Werte sind aber zweifellos zu hoch gegriffen, da die Strömungsgeschwindigkeiten und damit die Wassermenge, die während des Ebbestromes abläuft, nicht über dem gesamten Flußquerschnitt gleich ist. Nur im Stromstrich, in dem die Wassergeschwindigkeiten gemessen wurden, gelten die Werte, nicht aber in den Flachwassergebieten, die sich vom Liegeplatz des Schiffes nach Westen zu einer in den letzten Jahren neu entstandenen Insel erstrecken. Berücksichtigt man außerdem die Menge des bei Flutstrom zurückfließenden Wassers, so wird man als wirkliche Leistung des Flusses nicht mehr als ein Drittel der errechneten Schlammführung pro Stunde veranschlagen können, die wirklich über den Long Island Kanal dem Golf von Martaban zugeführt wird. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Wassertiefe und dem Querschnittsprofil, den möglichen Schwankungen in der Schlammführung bei turbulentem Wasser und dem Flutstrom könnte man eventuell eine Stundenleistung von 55 000 t Schlamm im Mittel für den Moulmein im Long Island Kanal veranschlagen. Unter Zugrundelegung dieses Wertes wäre die Tagesleistung auf 1 320 000 t zu schätzen und die Förderung pro Jahr mit etwa 475 Mill. t, also knapp 0,5 Mrd. t Schlamm zu veranschlagen. Auch dieser Wert läßt sich nicht verallgemeinern, da es unbekannt ist, ob die gemessene Schlammführung tatsächlich aus dem Ober- und Mittellauf des Flußsystems stammt oder welcher Schlammanteil durch den Flut- und Ebbestrom nur hin- und herbewegt wird, ohne daß er endgültig in den Golf gelangt, um dort sedimentiert zu werden.

Von besonderem Interesse ist schließlich die mineralogische Zusammensetzung der Sinkstoffe im Rangoon- und Moulmein-Fluß. Herr *Dr. W. Bausch* vom Mineralogischen Institut der Universität Erlangen-Nürnberg hat dankenswerterweise den Mineralbestand analysiert. Jede der untersuchten Proben stellt Mittelwerte von 20 gezogenen Flußwasser-Proben dar.

Im Rangoon liegt die Häufigkeit der vorhandenen Mineralien wie folgt: An erster Stelle stehen die Mineralien der Kaolingruppe, dann folgen Quarz, Feldspat und Glimmer. Die Mineralzusammensetzung im Moulmein zeigt an erster Stelle Mineralien der Kaolingruppe und Chlorit, dann folgen in der Häufigkeit Feldspat, Quarz und Glimmer. Bemerkenswert ist die beträchtliche Beteiligung von frischen, primären Mineralien (vor allem des Feldspates) sowie die Vorherrschaft des Kaolins. Auffallend fehlen Aluminium-Hydroxid-Mineralien, die eigentlich für die lateritische Verwitterung charakteristisch sind.

Zusammenfassung

Bei den vorliegenden Untersuchungen der beiden birmanischen Flüsse Rangoon und Moulmein wurde besonders Wert darauf gelegt, die mittlere Schlammführung und die Strömungsgeschwindigkeiten bei ab- und auflaufendem Wasser zu bestimmen. Die ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten im Rangoon-Fluß bei Rangoon lagen bei ablaufendem Wasser maximal bei 1,7 m pro sec., bei auflaufendem Wasser bei 1,45 m pro sec. Aus dem Querschnitt des Flusses bei Rangoon, den ermittelten Tiefen, den Wassergeschwindigkeiten und der mittleren Schlammführung lassen sich größenordnungsmäßig die Schlammengen schätzen, die pro Jahr bei Rangoon passieren. Der mittlere Sinkstoffgehalt des Rangoon ist mit 5 g pro Liter im Mittel sehr hoch. Maximale Werte liegen bei 7,9 g Schlamm pro Liter. Der Schlamm kann sich außerordentlich schnell sedimentieren. Nach 60 Minuten ist aus dem in Ruhe belassenen, tiefgelbbraunen Flußwasser nahezu aller Schlamm ausgefallen. Die Schlammführung reicht weit in den Golf von Martaban hinaus.

Die Verhältnisse im Salween, dem zweitgrößten Fluß Birmas, konnten im Moulmein als einem der Hauptmündungsarme des Salween bestimmt werden. Die mittleren Sinkstoffgehalte lagen in Abhängigkeit von der Tiefe zwischen 1,0 und 5,0 g pro Liter. Die Strömungsgeschwindigkeiten lagen bei ablaufendem Wasser bei 2,5 m/sec., bei auflaufendem Wasser bei 1,1 m/sec.

Angeführte Schriften

- Dobby, E. H. G.: Southeast Asia. — Second Edition, London 1951.
- Fisher, Charles, A.: Southeast Asia. A Social and Political Geography. — London 1964.
- Krishnan, M. S.: Geology of India and Burma. — Higginbothams, Madras 1956.
- Pascoe, Edwin, H.: A Manual of the Geology of India and Burma. — Volume I and II, New Delhi 1959.
- Samojlov, I. V.: Die Flußmündungen. — VEB Hermann Haack, Geographisch-Kartographische Anstalt, Gotha 1956.