

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Sänger, R.; Heinrich, M.

Ingenieurgeologische Interpretation photogrammetrischer Kliffaufnahmen

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106253>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Sänger, R.; Heinrich, M. (1989): Ingenieurgeologische Interpretation photogrammetrischer Kliffaufnahmen. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 54. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 157-167.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



194) DK 627,521,2
624,134,1
528,7

Steinfürer
Ingenieurgeologe
Photogrammetrie

Ingenieurgeologische Interpretation photogrammetrischer Kliffaufnahmen

R.Sänger
M.Heinrich

Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“, Dresden

1. Einleitung

In den Jahren 1975 bis 1983 wurden von der Wasserwirtschaftsdirektion-Küste (WWD-Küste) bzw. ihrem Auftraggeber (SKET, VEB Ingenieurbetrieb für Anlagen Berlin, Abt. Industriephotogrammetrie) an ausgewählten Steiluferabschnitten der Ostseeküste stereophotogrammetrische Aufnahmen durchgeführt. Mittels spezieller Auswerttechniken wurden aus den photogrammetrischen Meßbildern Raumkoordinaten für Profilschnitte, Meßbildvergrößerungen und Höhenpläne der betreffenden Kliffabschnitte ermittelt. Die Mitarbeiter der WWD-Küste führten Untersuchungen zur Entwicklung morphologischer Kliffparameter (Sekundärdaten) durch /1/. Sie basieren auf den Raumkoordinaten (Primärdaten) und sind auf skalare Größen reduziert, um eine quantitative Bewertung zu ermöglichen. Die morphologischen Kliffparameter können in zwei Hauptgruppen:

- Parameter zur Beschreibung des morphologischen Zustandes und
- Parameter zur Beschreibung der morphologischen Veränderung der Kliffs

unterschieden werden.

Für unsere Forschungsgruppe bestand die Zielstellung, das schon vorhandene photogrammetrische Material in die Erkundung, Aufnahme und Bewertung der Verhältnisse an den Kliffbereichen einzubeziehen. Von besonderem Interesse sind die von der WWD-Küste entwickelten Kliffparameter und die graphische Darstellung ebener Kliffprofile. Eine erste Studie /2/ befaßte sich mit der Verwendbarkeit und der Aussagefähigkeit der morphologischen Kliffparameter.

2. Darstellung der morphologischen Kliffparameter an einem Berechnungsbeispiel

2.1. Allgemeines

In den nachfolgenden Darlegungen werden die Parameter an einem Untersuchungsbeispiel vorgestellt und bewertet. Die Berechnung der morphologischen Kliffparameter und die Ermittlung der ebenen Profilkordinaten wurde mit einem speziell dafür erarbeiteten Rechenprogramm durchgeführt. Das Kliff-

profil befindet sich am Steiluferschnitt zwischen Wustrow und Ahrenshoop im Nördlichen Althäger Lehmufer. Der geologische Aufbau ist durch eine ca. 0,5 m dicke Flugsandschicht im hangenden Bereich und im Liegenden durch Geschiebelehm bzw. Geschiebemergel gekennzeichnet.

2.2. Parameter zur Beschreibung des morphologischen Zustandes der Kliffs
Mit den Parametern zur Beschreibung des morphologischen Zustandes wird eine Charakterisierung des Kliffzustandes zum Zeitpunkt der photogrammetrischen Aufmessung angestrebt. Dabei können unterschieden werden:

Kliffhöhe (KH) und Kliffneigung (KN)

Die Kliffhöhe ist der Abstand zwischen dem Kliffuß (UK) und der Kliffschulter (OK) in der Z-X-Ebene. Die Kliffneigung ergibt sich aus dem Tangens von KH und dem horizontalen Abstand (B) beider Punkte auf der x-Achse. Beide Größen sind in Bild 1 für das Kliffprofil des Untersuchungsbeispiels dargestellt.

Im Beispiel beträgt $KN = 36,9$ Grad. Eine weitere Charakterisierung läßt diese Größe nicht zu. Differenziertere Aussagen über die Kliffneigung werden durch die Drittelung der KH angestrebt (Bild 1). Aus den Werten für das Beispiel ist zu erkennen, daß die unterschiedlichen Neigungsverhältnisse besser berücksichtigt werden.

KliffLängenindex (KL)

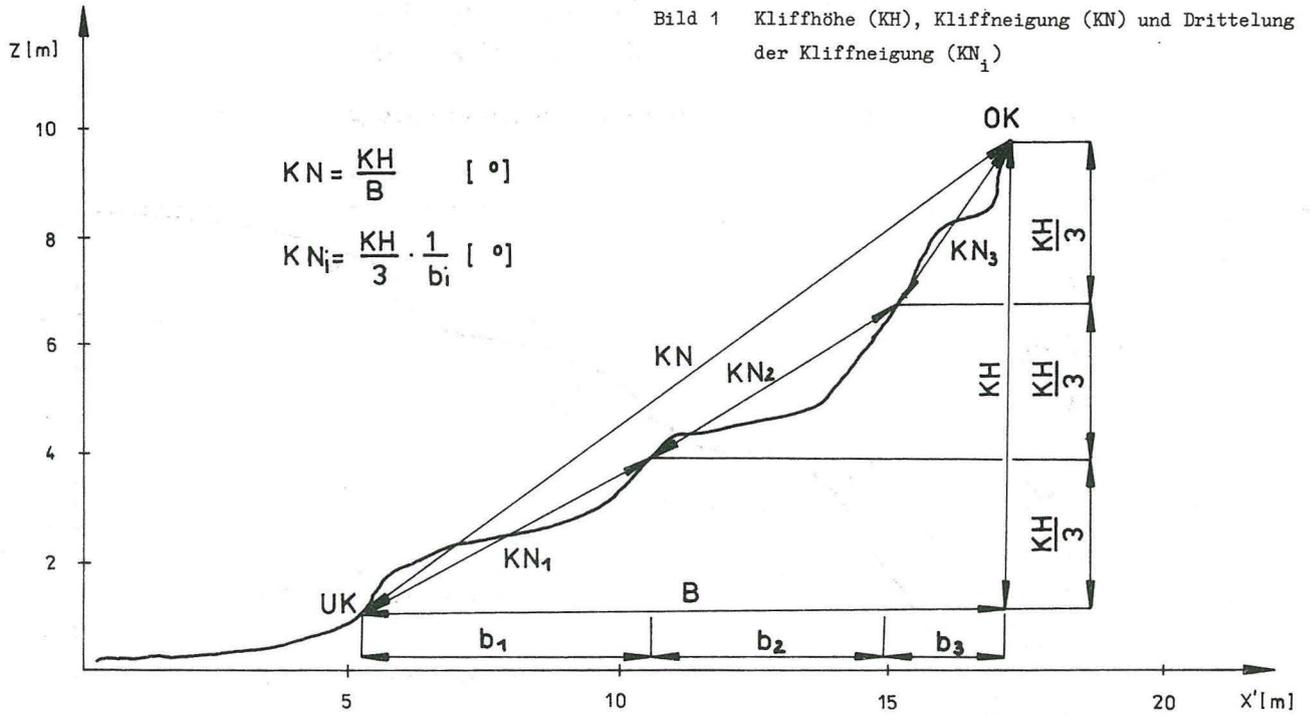
Der KL stellt das Verhältnis der wahren Länge der Profilkurve (L) zu dem geradlinigen Abstand (S) zwischen UK und OK dar (Bild 2). Der KL soll Auskunft über die Bewegtheit des Kliffreliefs geben. Analog der Kliffneigung wird eine differenziertere Aussage durch die Drittelung der Kliffhöhe angestrebt (Bild 2). So versucht man, z. B. steilstehende Mergelstufen im oberen Kliffbereich und Kliffhalden im unteren Bereich zahlenmäßig zu vergleichen /1/.

Im Beispiel ist ein Unterschied in den Werten erkennbar, aber eine Deutung der Werte ohne visuelle Betrachtung des Kliffprofils könnte u. U. andere Schlußfolgerungen zulassen.

Kliffformindex (KF)

Mit dem KF wird die durchschnittliche konkave bzw. konvexe Abweichung der tatsächlichen Klifflinie (L) von der geradlinigen Verbindung zwischen OK und UK beschrieben. Seine Ermittlung zeigt Bild 3. Der im Beispiel ermittelte positive Wert von ~ 6 gibt an, daß das Kliffprofil überwiegend konkav verläuft.

Bild 1 Kliffhöhe (KH), Kliffneigung (KN) und Drittelung der Kliffneigung (KN_i)



$$KN = \frac{KH}{B} \quad [^\circ]$$

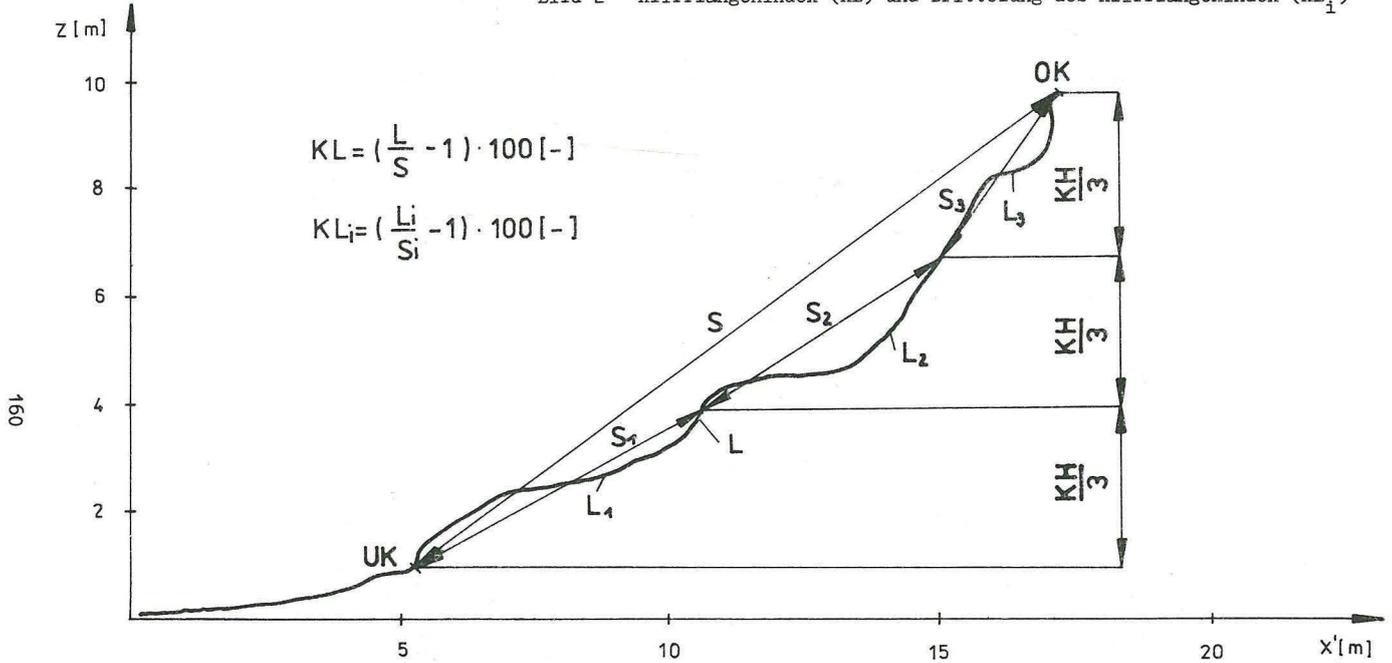
$$KN_i = \frac{KH}{3} \cdot \frac{1}{b_i} \quad [^\circ]$$

Profilschnitt Messung Juni 79

UK $\hat{=}$ Kliffuß
OK $\hat{=}$ Kliffschulter

| KH | KN | KN ₁ | KN ₂ | KN ₃ |
|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 8,86 m | 36,9° | 29,4° | 32,3° | 57,5 |

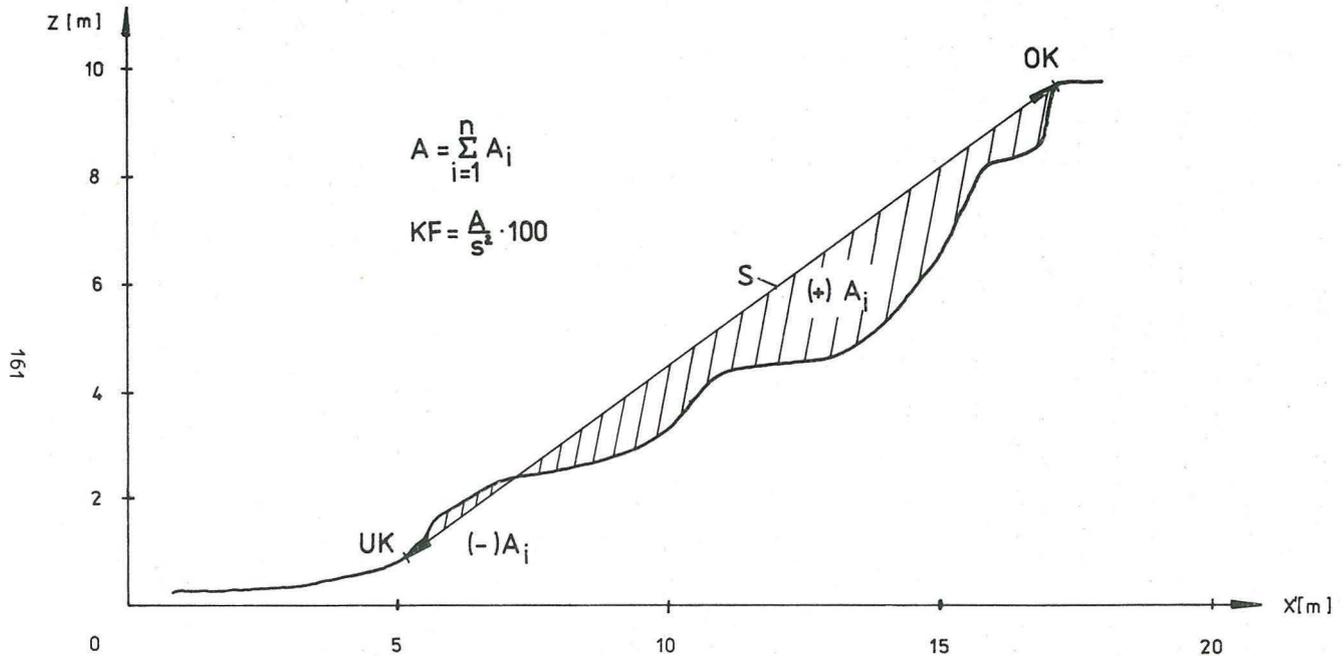
Bild 2 Kliffängenindex (KL) und Drittelung des Kliffängenindex (KL₁)



160

Profilschnitt A Messung Juni 79

| KL | KL ₁ | KL ₂ | KL ₃ |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11,8 | 9,1 | 7,2 | 13,9 |



Profilschnitt A Messung Juni 79

$\frac{KF}{+6,0}$

2.3. Parameter zur Beschreibung der morphologischen Veränderung der Kliffs
Mit den Parametern zur Beschreibung der morphologischen Veränderung von Kliffs wird eine wertmäßige Erfassung des Kliffrückganges und der stattgefundenen Abrasions- bzw. Massenumlagerungsprozesse angestrebt. Die errechneten Beträge beziehen sich auf zwei aufeinanderfolgende Messungen.

Rückgang von Kliffuß (RUK) und von Kliffschulter (ROK)

Der Rückgang des Kliffußes und der Kliffschulter wird aus dem horizontalen Abstand der markanten Punkte von zwei aufeinanderfolgenden Messungen ermittelt. In Bild 4 sind die Beträge für alle sechs Messungen in einem Diagramm graphisch dargestellt. Durch die Addition der Beträge kann der Gesamtrückgang der OK und des UK zwischen der ersten und der letzten Messung direkt abgelesen werden. (Der negative Anstieg für RUK zwischen August 1979 und August 1980 bedeutet eine Vorverlegung des Kliffußes durch seewärtsgerichtete Massenverlagerungen.)

Abrasionsvolumen (AVO)

Das AVO wird durch den Schnittflächenvergleich zweier Profilmessungen bezogen auf einen 1 m breiten Kliffabschnitt bestimmt. Es gibt somit einen zahlenmäßigen Wert für den Verlust an Lockergestein durch marine Abrasion an. Für das Untersuchungsbeispiel sind die errechneten Absolutbeträge in einem Säulendiagramm in Bild 5 dargestellt. Es ist zu erkennen, daß zwischen den Meßzeiträumen die Abrasionstätigkeit sehr unterschiedlich war. So fand z. B. zwischen August 1979 und August 1980 keine bzw. nur Geringe Abrasion statt.

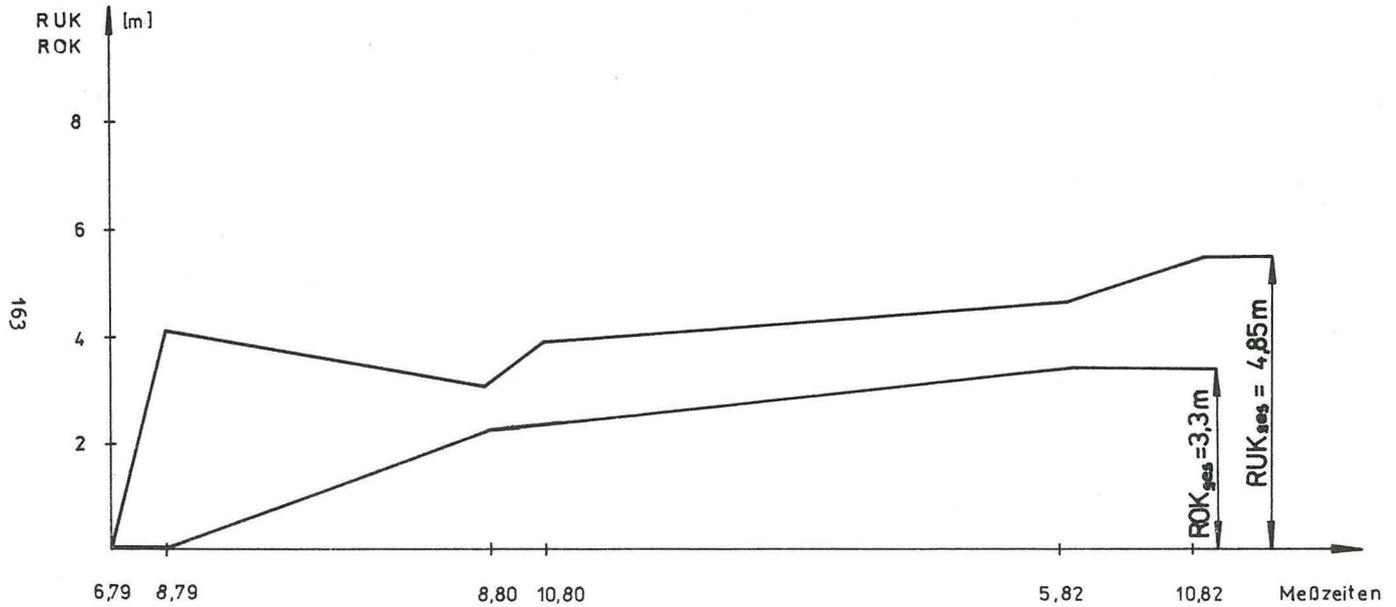
Umlagerungsvolumen (UVO)

Das UVO wird, ähnlich wie bei der Bestimmung des AVO, durch einen Schnittflächenvergleich zweier Messungen ermittelt. Ein Unterschied besteht darin, daß nur die unmittelbaren Abtragungsflächen aufsummiert werden. Das UVO erfaßt alle Massenanteile, die infolge Abrasion, Hangbewegung und Deflation zwischen zwei Meßzeiträumen bewegt werden. Die Zuordnung der Massenumlagerungen zu terrestrischen Prozessen ist nur dann möglich, wenn keine oder nur geringe Abrasion stattgefunden hat. Im Untersuchungsbeispiel trifft das für die Messung zwischen August 1979 und August 1980 zu (Bild 5).

2.4. Visuelle Auswertung der Kliffprofile

Für die ingenieurgeologische Interpretation der stattgefundenen morphologischen Veränderungen ist die Darstellung der Meßprofile von großer Bedeutung. Günstig ist, wenn die Messungen in kleinen Zeitabständen ($\sim 1/2$ Jahr)

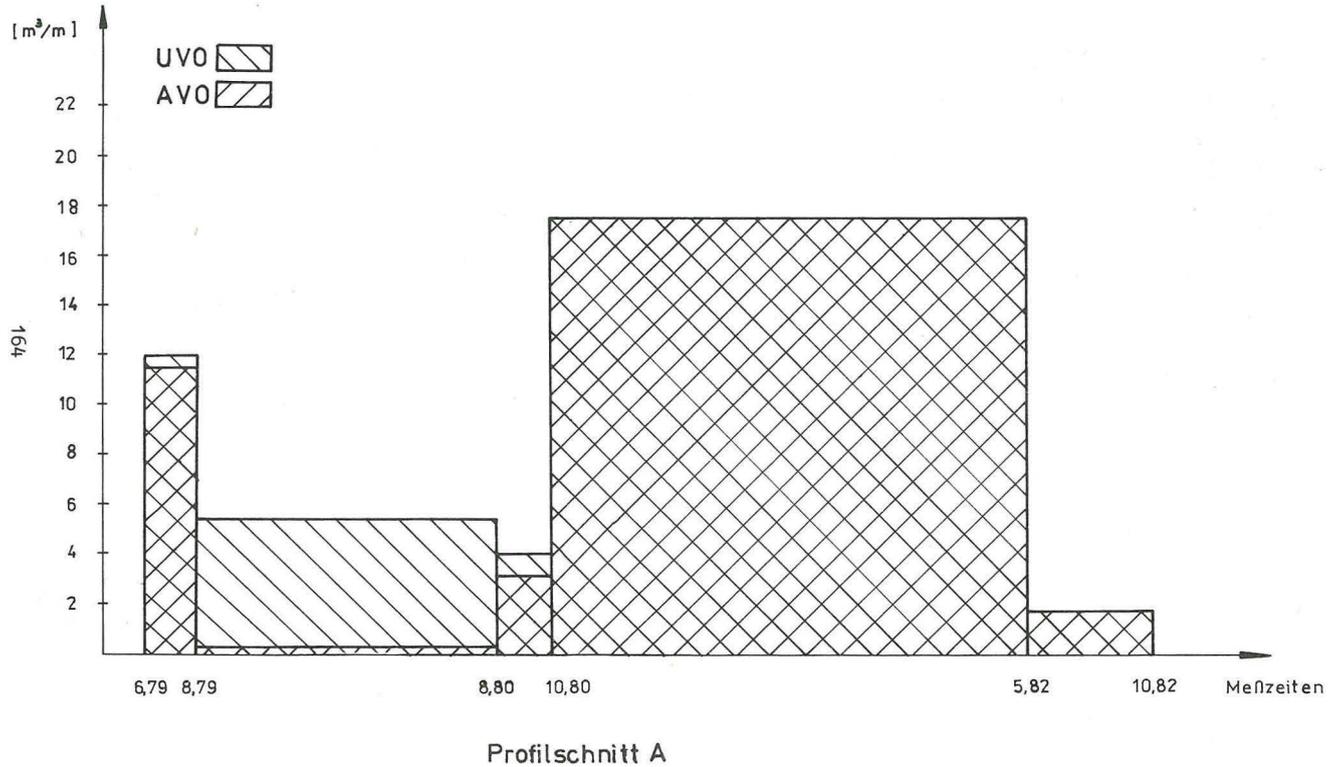
Bild 4 Rückgangsbeträge für den Kliffuß (RUK) und die Kliffschulter (ROK)



Profilschnitt A

(Addition der Beträge unter Berücksichtigung der Vorzeichen)

Bild 5 Absolutbeträge für das Abrasionsvolumen (AVO) und für das Umlagerungsvolumen (UVO)



kontinuierlich durchgeführt werden. Im Beispiel können für die ersten drei Messungen markante morphologische Veränderungen festgestellt werden (Bild 6). Zwischen Juni 1979 und August 1979 fand eine Versteilung des Kliffs durch Abrasion der Kliffhalde statt. Die errechneten Werte für das AVO und das UV0 sowie die Meßbildvergrößerungen bestätigen diese Aussage. Zwischen August 1979 und August 1980 muß es zu Rutschungen größeren Ausmaßes gekommen sein. Da eine Untersuchung in situ über diese morphologische Veränderung nicht mehr möglich ist, können nur Hypothesen über die Ursachen, die Rutschungsart und ihren Verlauf aufgestellt werden. Solche Hypothesen können aber in einer komplexen Interpretation unter Einbeziehung:

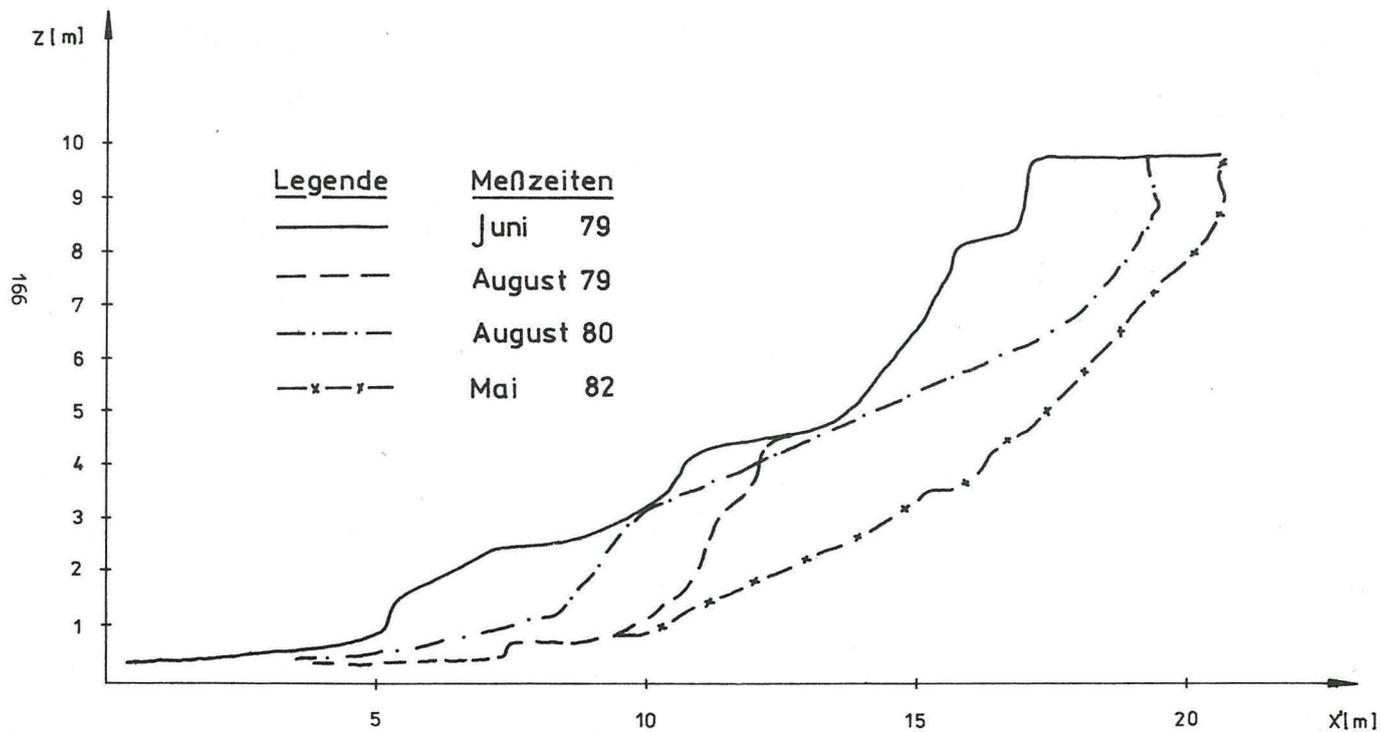
- der visuellen Auswertung von Meßbildvergrößerungen,
 - der Werte für die morphologischen Kliffparameter,
 - von Angaben über die Lagerungsverhältnisse und die hydrologischen Verhältnisse,
 - von Angaben über die im Meßzeitraum vorherrschenden klimatischen und marinen Verhältnisse (Temperatur, Niederschläge, Wasserstände) und
 - von numerischen Standsicherheitsberechnungen (z. B. Nachrechnungen)
- wissenschaftlich begründet werden.

Die beiden letztgenannten Untersuchungsmethoden sind noch Gegenstand von Untersuchungen. Bei großen Meßzeitabständen mit mehreren morphologischen Veränderungen ist eine solche differenzierte Betrachtungsweise der Morphodynamik nicht mehr möglich (z. B. Messung August 1980 bis Mai 1982).

3. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Aus den bisherigen Darlegungen kann gefolgert werden, daß die rein zahlenmäßige Interpretation der vorgestellten Parameter eine grobe Charakterisierung der Kliffs zuläßt. Vom Bearbeiter wird dabei allerdings eine gewisse Erfahrung in der Interpretation der Werte verlangt. Eine visuelle Betrachtung der Kliffprofile liefert einen größeren Informationsgehalt. Die Profildarstellungen bilden somit das wichtigste Interpretationsmittel. Es ist nicht zulässig, Schlußfolgerungen über das anstehende Lockergestein oder eventuelle Rutschungsarten (z. B. Staffelbrüche) allein aus den zahlenmäßigen Werten der Parameter zu ziehen. Nur unter Einbeziehung der visuellen Auswertung der Kliffprofile und der Meßbildvergrößerungen gepaart mit mit Informationen über die vorherrschenden Lagerungsverhältnisse im betreffenden Steiluferabschnitt kann der erfahrende Baugrunderingenieur unge-

Bild 6 Graphische Darstellung des Profilschnittes A zu verschiedenen Meßzeiten



fähre Aussagen über das anstehende Lockergestein und typische Lagerungsverhältnisse am konkreten Untersuchungsobjekt treffen. Werden in die Auswertung die marinen und die terrestrischen Bedingungen mit einbezogen und eine numerische Standsicherheitsberechnung durchgeführt, so können Hypothesen für den Verlauf und die Ursachen von Massenbewegungen aufgestellt werden.

Im Sinne einer ingenieurgeologischen Interpretation hängt die Qualität der möglichen Aussagen und der Informationsgehalt aus dem photogrammetrischen Material im besonderen Maße von den Meßzeitabständen und der Anzahl der Profilmesspunkte ab.

Das vorgestellte Beispiel stellt leider eine positive Ausnahme dar. Die meisten photogrammetrischen Aufnahmen wurden nur einmal bzw., die Wiederholungsmessungen in größeren Meßzeitabständen (> 1 Jahr) durchgeführt. Eine Interpretation der Kliffdynamik ist unter diesen Bedingungen nicht mehr möglich. Wiederholungsmessungen an Kliffbereichen mittels der Photogrammetrie sind wünschenswert. Aufgrund der hohen Kosten wäre es günstiger, stets nur einige ausgewählte Kliffprofile, diese aber dafür öfter photogrammetrisch aufzumessen.

Literatur

- /1/ Autorenkollektiv
Abschlußbericht zur Nve 14/80 "Gewinnung neuer signifikanter Daten zur Steilufermorphologie aus stereophotogrammetrischen Aufnahmen" 1982 WWD-Küste unveröffentlicht
- /2/ HEINRICH, M.:
"Untersuchungen über die Verwendbarkeit photogrammetrischer Aufnahmen und deren Meßwerte zur Analyse der Standsicherheit von Steilufern der Ostseeküste"
unveröffentlichte Praktikumsarbeit, HfV Dresden, WB Geotechnik, 1987
- /3/ HEINRICH, M.:
"Entwicklung eines Rechenprogrammes zur Ermittlung von morphologischen Kliffparametern aus photogrammetrischen Meßdaten und geotechnische Interpretation der Ergebnisse an ausgewählten Untersuchungsbeispielen"
unveröffentlichte Diplomarbeit, HfV Dresden, WB Geotechnik, 1988