

14. Internationaler Kongreß der Internationalen Gesellschaft  
für Photogrammetrie

Hamburg 1980

Kommission VII

Arbeitsgruppe IV

freiwilliger Fachbeitrag

Ulrich Wieczorek

Institut für Geographie  
der Universität München  
Abt. Fernerkundung

CHARAKTERISIERUNG VON WATTYPEN DURCH BILDSTRUKTURPARAMETER

Über digitale Filterung und anschließender digitaler Analyse des so entstandenen Musters wird die Wiedergabe von Reliefstrukturen des Watts im Luftbild analysiert. Die Analyse der Bildstrukturen basiert im wesentlichen auf der Analyse einzelner Bildstrukturelemente nach ihrer Form und Anordnung. Die hier vorgestellten Bildstrukturparameter lassen eine Simulation von morphometrischen Bodenmessungen zu. Sie lassen ferner zu, den Einfluß von Beleuchtungseffekten zu eliminieren und sie ermöglichen die Charakterisierung von Wattypen.

CHARAKTERISIERUNG VON WATTYPEN DURCH BILDSTRUKTURPARAMETER

1. Einführung

Wattflächen sind durch unterschiedliche sedimentologische Typen bestimmt (K.H. Sindowski, 1961). Unterschiedliche Watttypen lassen sich aufgrund der spektralen Signatur nur teilweise charakterisieren (E. Dennert-Möller/J. Dörjes, 1978). Neben unterschiedlichen spektralen Signaturen sind aber Wattflächen in der Bildwiedergabe auch durch unterschiedliche Texturen zu differenzieren.

In den weitaus meisten Fällen sind diese Texturen das Ergebnis der Wiedergabe von zwei Objektkategorien im Gelände, von wasserfreien Bänken und von mit Restwasser gefüllten Mulden.

Aufgrund von Reflexionsmessungen in einem Testgebiet in einem Küstenwattgebiet nördlich von Wilhelmshaven, BR Deutschland, konnte gezeigt werden, daß sich wasserfreie Bänke und wassergefüllte Mulden in der Wiedergabe im photographischen Luftbild gut trennen lassen, wenn es sich bei der Wattfläche nicht um Sandwatt handelt. Im Sandwatt kamen Bänke im Testgebiet nur ansatzweise vor.

Durch Digitalisierung der photographischen Bilder und ein anschließend eingesetztes Verfahren der digitalen Filterung (matched filtering) lassen sich Bänke und Mulden trennen und in einem Schwarz-Weiß-Muster darstellen. Dieses Muster wird mit Hilfe eines digitalen, hierfür programmierten Formerkennungsverfahrens analysiert.

2. Morphologische Stockwerke im Watt

Dieses Schwarz-Weiß-Muster repräsentiert, wenn die Wattfläche unbewachsen ist, Reliefstrukturen der Wattoberfläche. Bei Maßstäben von 1:5000 bis 1:20000 sind dies Reliefstrukturen, deren Elemente die Größenordnung von Metern besitzen.

Diese Reliefstrukturen können unterschiedlich ausgeprägt sein. Ihre Ausprägung hängt ab von der topographischen Höhenlage der Wattflächen, der Neigung der Wattflächen, den Korngrößen des Sedimentes und dem mittleren Tidenhub. Die Schwankungen des mittleren Tidenhubes konnten im Bereich des Testgebietes vernachlässigt werden, so daß die Ausprägung der Reliefstrukturen im wesentlichen von den drei erstgenannten Faktoren beeinflußt war.

Bankbildung ist im Testgebiet auf den Platen erst bei einem Schluffanteil von mehr als 20% möglich (Rest: Sand). Bankbildung ist auch bei beschleunigter Strömung (zumeist bei Ebbstrom) bei geringen Wassertiefen (unter 50 cm) noch nicht möglich.

Für die unterschiedliche Ausprägung des Reliefs der Wattflächen (Platen) konnte im Testgebiet folgender 'morphologischer Stockwerkbau' festgestellt werden:

- A. gekennzeichnet durch ein Restwasserrinnensystem mit Rinnen (2 bis 3 cm tief) geringer Breite; Rinnensystem ist durch eine etwas geringere Anzahl von Verzweigungs- und Vereinigungspunkten gekennzeichnet als bei Stockwerk C und D. Zu Stockwerk A gehören hoch gelegene Platen, die in der Nähe der MThw-Linie liegen. Die Flä-

chen sind stark geneigt ( ca.  $1^{\circ}/100$ ). Die Orientierung der Rinnen ist parallel zur Falllinie.

- B. charakterisiert durch wenig orientierte Bänke; es markiert wenig geneigt Flächen an den Wattwasserscheiden.
- C. charakterisiert durch ausgeprägte Bankbildung; Bänke und Mulden sind orientiert, die Flächen geneigt (ca.  $1^{\circ}/100$ ); das Rinnensystem ist ein System von miteinander in Verbindung stehenden Mulden.
- D. charakterisiert durch die starke Konvergenz des Ebbstroms im Bereich von Prielmulden; bei kleineren Prielen, die höher gelegene Bereiche entwässern, bilden sich hier glatte Oberflächen aus (Stockwerk  $D_a$ ), bei größeren, tiefer liegenden Prielen können sich Bänke ausbilden, die 20 cm hoch und höher sind und außerdem starke Orientierung aufweisen (Stockwerk  $D_b$ ).
- E. umfaßt die Sohlen der Priele; diese können glatt oder mit Bänken besetzt sein; als Prielsonnen in diesem Sinnen sollen jene Flächen in den Prielen bezeichnet werden, die stets von Wasserbedeckt sind, aber über der MTnw-Linie liegen; zum Stockwerk E gehörend sollen auch Bänke oder Bankgruppen zählen, die zu jeder Niedrigwasserphase inselartig aus dem noch wasserführenden Priel herausragen.
- F. Rinnen, deren Sohle unter MTnw liegt.

Jedes dieser Stockwerke ist in der Bildwiedergabe durch eine charakteristische Bildstruktur bzw. Textur gekennzeichnet (Definition des Begriffes 'Textur' vgl. U. Wieczorek, 1978).

Im Gelände ist die Ausrichtung sowie die Länge und die Breite der Bänke ein quantitatives Merkmal zur Unterscheidung der Bankfelder aus verschiedenen Stockwerken.

### 3. Bildstrukturparameter zur Charakterisierung der morphologischen Stockwerke

Es hat sich als sinnvoll erwiesen, die Schwarz-Weiß-Muster, die die Bänke und die Mulden repräsentieren, durch Parameter zu charakterisieren, die mit im Gelände überprüfbar metrischen Parametern korrelierbar sind.

Die die Reliefstrukturen repräsentierenden Bildstrukturen sollen durch folgende Formparameter beschrieben werden (als die Bildstrukturelemente werden die Bilder der Bänke und der Mulden bezeichnet):

E1:Flächeninhalt der Bildstrukturelemente

E2:Umfang der Bildstrukturelemente

E3:normiertes Verhältnis Umfang:Fläche; ist das Bildstrukturelement ein Quadrat, ist dieses Verhältnis gleich 1

E4:Porosität der Bildstrukturelemente

E5:Verhältnis zwischen der Fläche des Bildstrukturelementes plus der Fläche seiner 'Löcher' zur Fläche des Bildstrukturelementes; die Anzahl der Löcher ist durch  $E_4$  gegeben

E6:Richtung der Längsachse der Bildstrukturelemente

E7:konvexer Umfang der Bildstrukturelemente

E8:Länge der Bildstrukturelemente

E9: mittlere Breite der Bildstrukturelemente

E10: Symmetrieindex bezogen auf die Längsachse der Bildstrukturelemente

E11: Punktsymmetrieindex der Bildstrukturelemente

E10 und E11 sind gleich 1 bei Symmetrie.

#### 4. Anwendungsbeispiele aus dem Testgebiet

In den folgenden Beispielen soll anhand einiger Formparameter kurz aufgezeigt werden, wie sich dadurch unterschiedliche Wattyphen charakterisieren lassen. Es konnte nur eine Auswahl von wenigen Beispielen und wenigen Parametern für die vorliegende Präsentation getroffen werden.

In den Abbildungen 1a und 1b sind Ausschnitte aus zwei Luftbildern wiedergegeben, die einen Ausschnitt des Testgebietes zeigen. Die Bilder wurden im Abstand von wenigen Sekunden hintereinander aufgenommen. In den Bildern sind die im folgenden kurz behandelten Testflächen markiert. Abb. 2 zeigt die gefilterten Bildausschnitte als Computerdruck.

In Testfläche 1 sind Bankfelder aus dem morphologischen Stockwerk C, in der Testfläche 2 aus dem morphologischen Stockwerk D wiedergegeben. In Abb. 3 sind die Diagramme, in denen Länge gegen Breite sowohl für die Bildstrukturelemente als auch die Bänke im Gelände aufgetragen ist, dargestellt. Die Diagramme, in denen die Geländemessungen aufgetragen sind, sind mit den Diagrammen, in denen die Meßwerte aus dem Bild aufgetragen sind, vergleichbar. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Computerausdrucke in die Richtung der Breitenachse gedehnt sind und die Anzahl der Bildstrukturelemente für ein Intervall in hexadezimalen Zahlen wiedergegeben ist. In den Computerausdrucken sind Pixeleinheiten (= 1/10 mm) angegeben. Der Bildmaßstab ist 1:8000. Die Masse der aufgetragenen Punkte liegt in Winkelfeldern, die durch einen Winkel bestimmt sind, der für die Werte aus der Geländemessung und die Werte, die aus dem Bild gewonnen sind, nahezu gleich sind. Dies gilt neben den hier dargestellten Beispielen für alle Stockwerke des Testgebietes. Die Diagramme zeigen, daß in Stockwerk D die Bänke schmaler sind. Damit ergibt sich für die Bänke des Stockwerkes D ein höherer Symmetrieindex bezogen auf die Längsachse der Bänke und ein höherer Punktsymmetrieindex als für die Bänke aus Stockwerk C. Das Stockwerk D ist durch schmale gerade verlaufende Bänke gekennzeichnet, was aus dem Bild über die Symmetrieindizes quantitativ erfaßbar ist (vgl. Abb. 4).

Vergleicht man die Richtungsverteilungen der im Bild wiedergegebenen Bänke mit der im Gelände gemessenen Richtungsverteilung von Bänken aus den gleichen Stockwerken, so ist auch hier weitgehend Übereinstimmung festzustellen.

Die Testflächen R1 und R2 zeigen ein und dieselbe Geländeoberfläche. Hier sind aber durch den unterschiedlichen Blickwinkel der Kamera bei der Aufnahme der beiden Luftbilder unterschiedliche Beleuchtungseffekte wirksam gewesen. Abgesehen von der zweidimensionalen Verteilung der Längen und Breiten der Bildstrukturelemente (Abb. 5) und den Verteilungen der Parameter E1, E8 und E9 unterscheiden sich die anderen Parameterverteilungen (nicht dargestellt in dieser Präsentation) für die Testflächen R1 und R2 nur wenig. Insbesondere die Verteilun-

gen des Verhältnisses zwischen Länge und Breite der Bildstrukturelemente zeigen kaum Unterschiede. Die Parameter dieser Verteilungen sind:

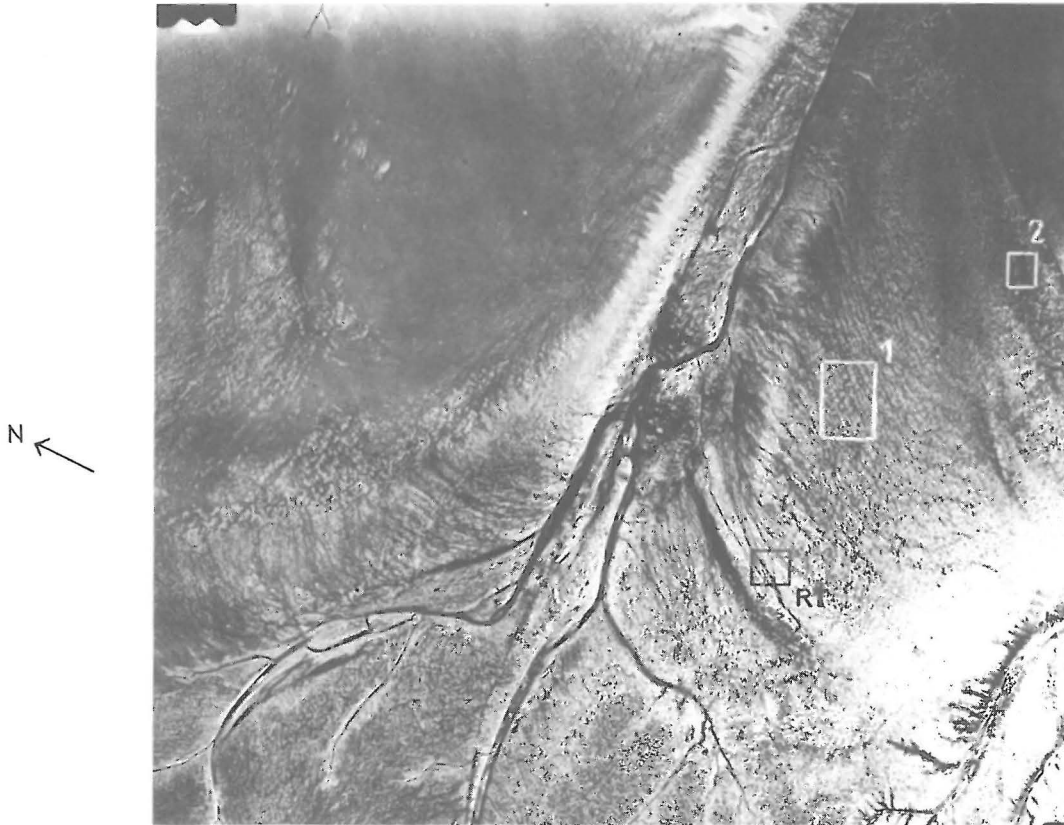
für R1: Mittelwert: 0,72433, Standardabweichung: 0,26902,  
Schiefe:-0,31358, Exzess:-1,35907

für R2: Mittelwert: 0,72953, Standardabweichung: 0,27362  
Schiefe:-0,35688, Exzess:-1,30549

Trotz einiger Unterschiede sind in den Diagrammen in Abb. 5 die charakteristischen Merkmale der Verteilungen von Längen und Breiten für Bänke aus dem Stockwerk C (Winkelfeld) erhalten geblieben.

## 5. Literatur

- Dennert-Möller, E. Multispektrale Klassifizierung von Wattgebieten.  
Dörjes, J. BMFT Forschungsbericht W 78-04  
Berichte zum Symposium Flugzeugmeßprogramm,  
Jan. 1978, S. 143-152
- Sindowski, K.H. Einteilung der Wattsedimente.  
Arch. Niedersächs. Landesamt, Hannover, 1961
- Wieczorek, U. The Problem of Texture Definition for Image  
Analysis in Geosciences.  
Proceedings of the Int. Symp. on Rem. Sens.  
for Observ. and Invent. of Earth Res. and the  
Endangered Environment  
July 2-8, 1978, Freiburg, FR Germany, S.445-452



Aufnahmezeit: 18.5.1976, 10 h 16 min 6,19 sec MEZ



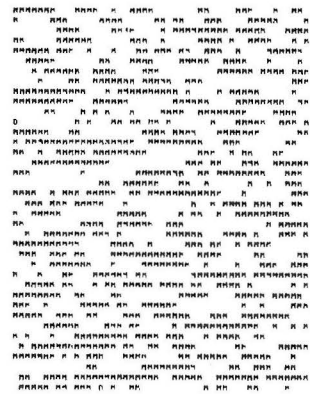
Aufnahmezeit: 18.5.1976, 10 h 16 min 18,47 sec MEZ

Abb. 1: Luftbilder des Testgebietes (Watt vor Crildumersiel nördlich von Wilhelmshaven, BR Deutschland

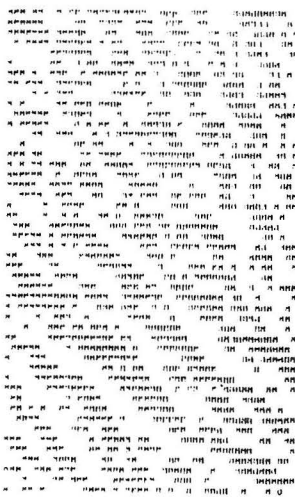
(c = 153,07 mm, Flughöhe 1200 m, Schwarzweißwiedergabe von Falschfarbenumkehrtaufnahmen, Freigabenr. GS 300/7246 durch Reg. v. Oberbayern)



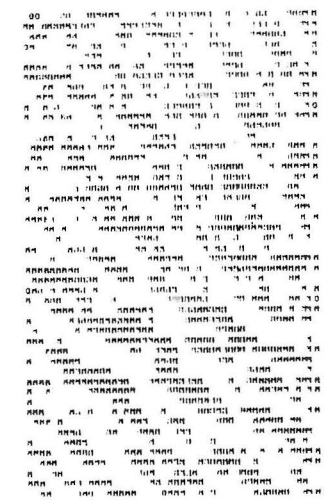
a)



b)



c)

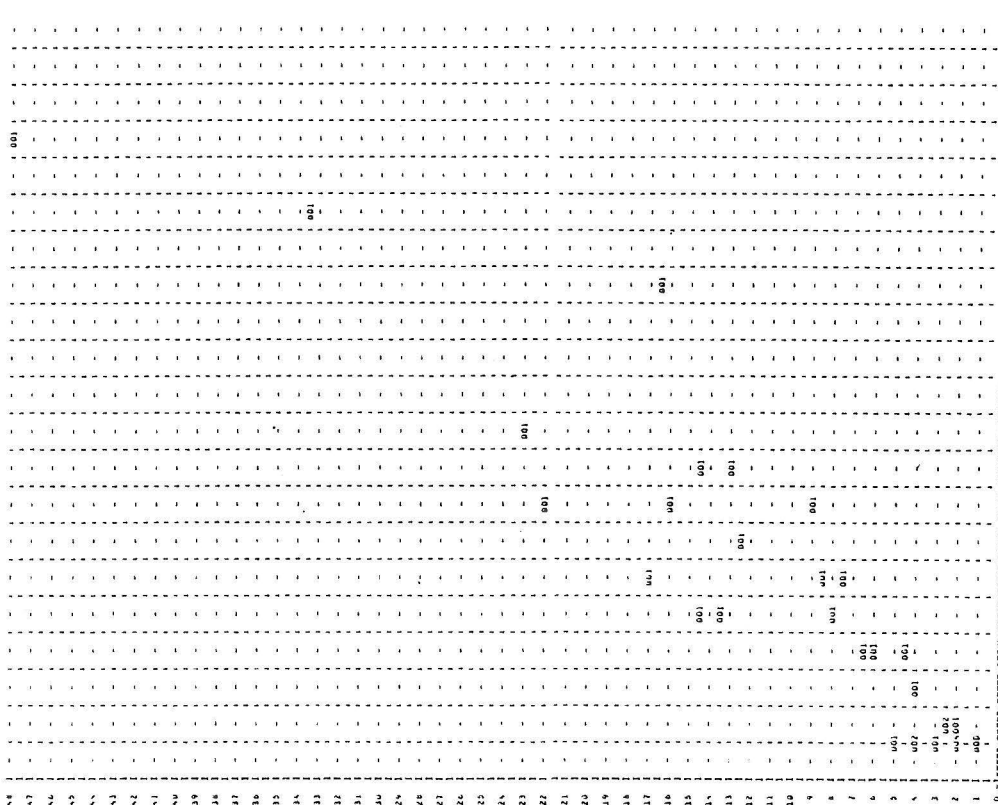


d)

Abb. 2: Gefilterte Testflächen

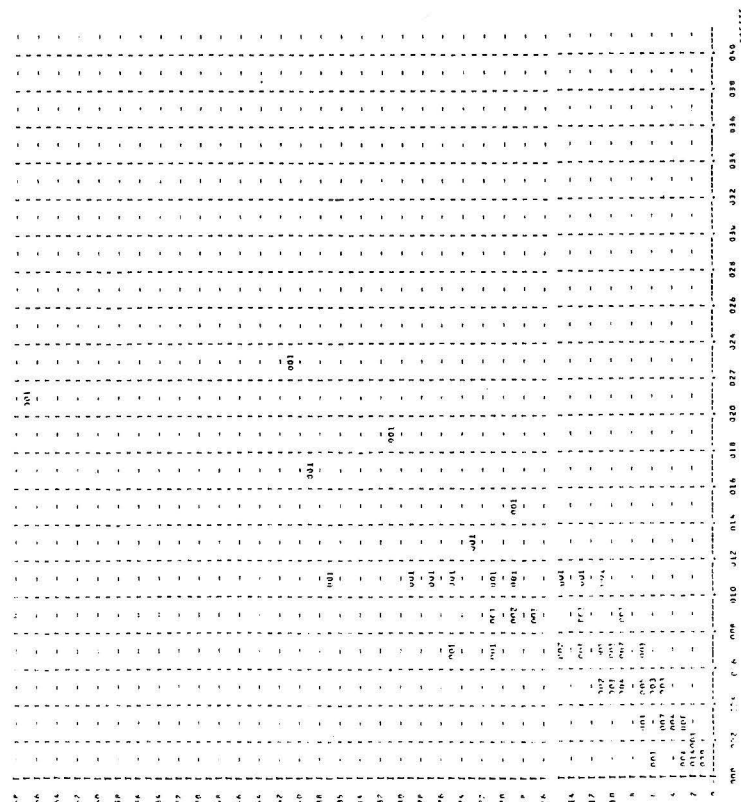
- a) Testfläche 1
- b) Testfläche 2
- c) Testfläche R1
- d) Testfläche R2

LÄNGE



Stockwerk D

LÄNGE



Stockwerk C

Rechnerausdrucke

Geländemessungen

Abb. 3: Längen-Breiten-Diagramme für die Bildstrukturelemente (Bilder der Bänke) (Einheit: 1 Pixel (= 1/10 mm)) und für Bänke im Gelände (Einheit: 1 m)

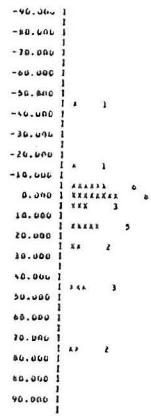


VERTEILUNG DER RICHTUNG DER STRUKTURELEMENTE

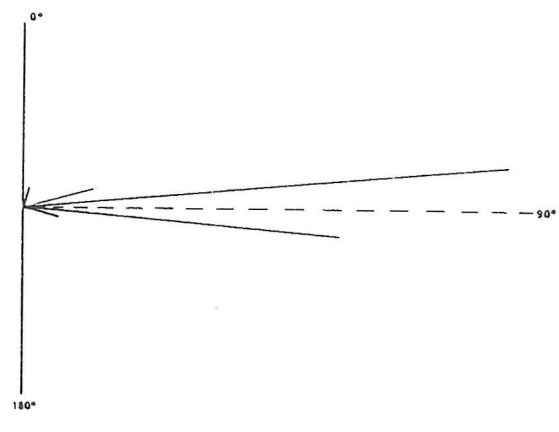
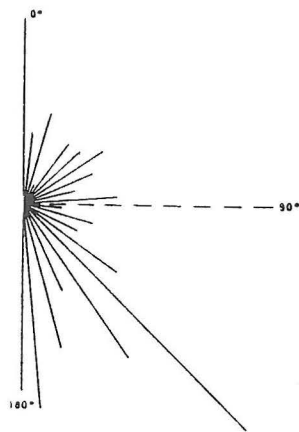


MITTELWERT: 10,20627    STANDARDABWICHUNG: 37,34967  
 SCHIEFE: -0,47764    EXZESSE: 1,12140  
 OHNE RICHTUNG: 38

VERTEILUNG DER RICHTUNG DER ELEMENTENBILDER

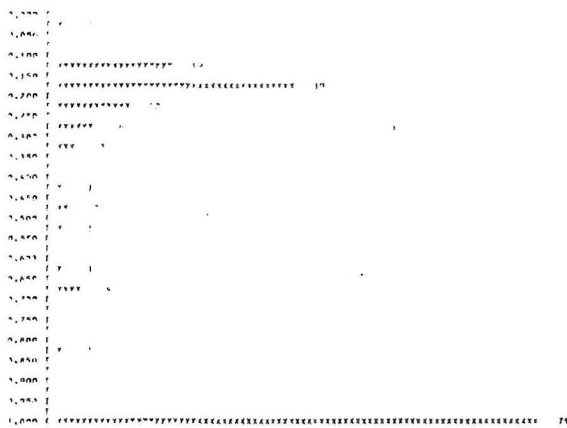


MITTELWERT: 7,01222    STANDARDABWICHUNG: 24,08774  
 SCHIEFE: 0,52511    EXZESSE: 1,31123  
 OHNE RICHTUNG: 13



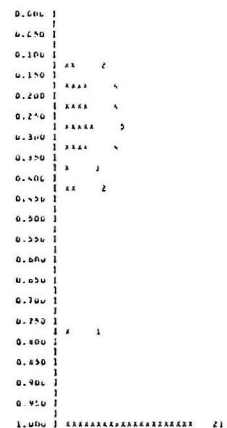
1 2 3 4 5 6

ZUSAMMENGESETZTE INDEX DER BILDBILDER



MITTELWERT: 0,50000    STANDARDABWICHUNG: 0,50000  
 SCHIEFE: -0,00000    EXZESSE: -1,00000

PUNKTSYMMETRIEINDEX FÜR DIE BILDBILDER



MITTELWERT: 0,52458    STANDARDABWICHUNG: 0,37640  
 SCHIEFE: -0,05857    EXZESSE: -1,03641

Testfläche 1 (Stockwerk C)

Testfläche 2 (Stockwerk D)

Abb. 4: oben: Richtungsverteilung der Bildstrukturelemente  
 Mitte: Richtungsverteilung der Bänke im Gelände  
 unten: Punktsymmetrieindizes (Verteilung)

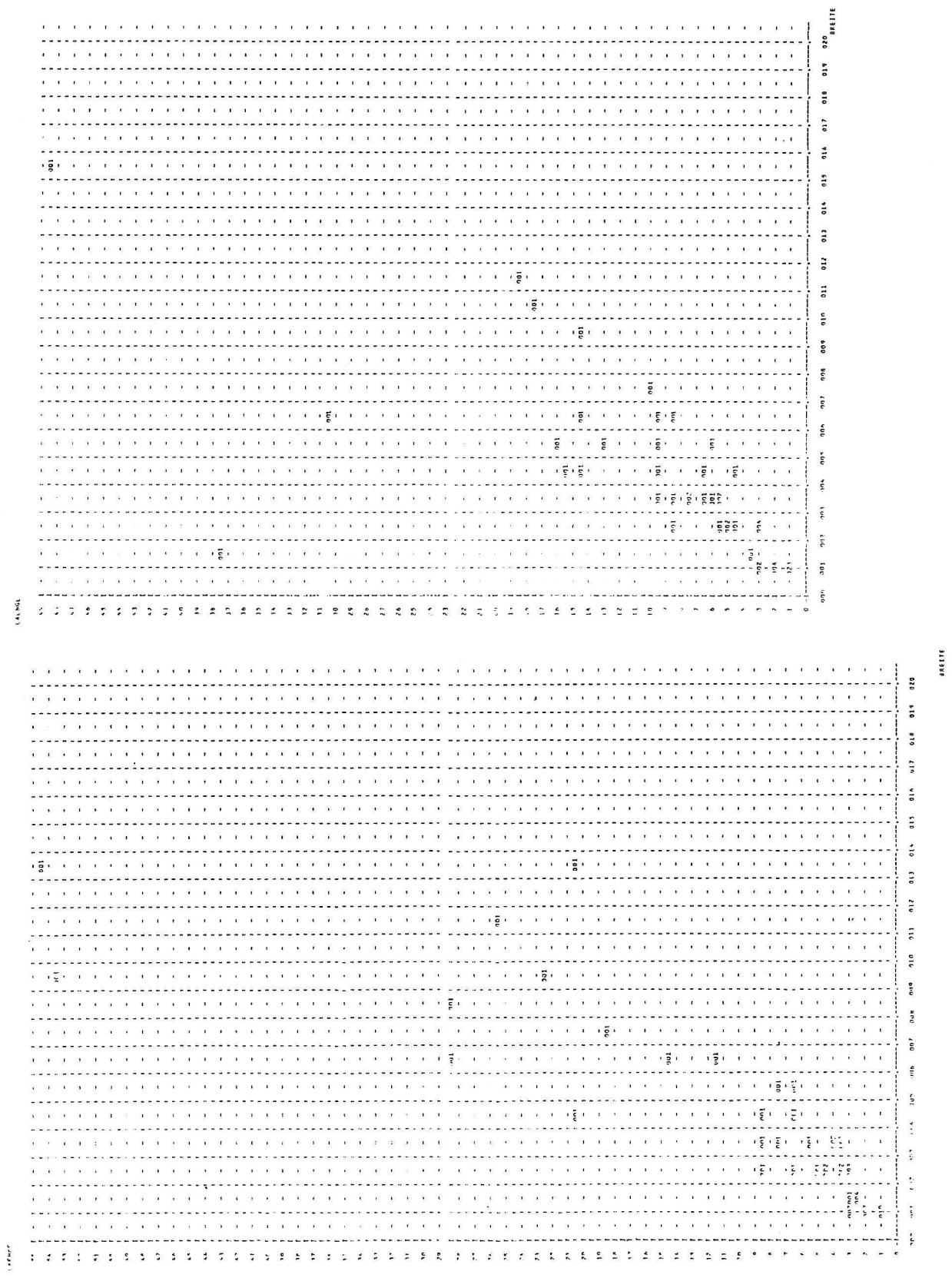


Abb. 5: Längen-Breiten-Diagramme für die Bilder der Bänke  
 oben: für Testfläche R2  
 unten: für Testfläche R1