

# Untersuchungen an fluviatilen Sedimenten zur Bewertung von Lockergesteinsvorkommen am Beispiel des Unterpannon im Oststeirischen Becken

Von BERNHARD KRÄINER\*)

Mit 3 Abbildungen und 4 Tabellen

*Steiermark  
Oststeirisches Tertiärbecken  
Pannon  
Lockergesteine  
Fluviatile Ablagerungen  
Statistik*

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blatt 165

## Zusammenfassung

Der variable Internaufbau fluviatiler Ablagerungen erschwert ihre Bewertung als potentielle Massenrohstoffe. Die statistische Auswertung (Häufigkeitsstatistik, Markovkettenanalyse) von Profildaten, die auf standardisierten Lithofaziestypen beruhen, bietet eine zuverlässige und vergleichbare Grundlage für die Beurteilung einzelner Hoffungsgebiete. Die praktische Anwendung erläutert ein Beispiel aus dem Unterpannon des Oststeirischen Beckens.

## Summary

The variable character of fluvial deposits is a handicap for their definite valuation as bulk raw materials. Statistics (frequency, Markov chain analysis) of standard lithofacies types yield a wellfounded basis to value and compare different prospect areas. A practical example is given by fluvial deposits from the Lower Pannonian of the Eastern Styrian basin (Western Paratethys).

## 1. Einleitung

Im Rahmen der systematischen Erfassung von Lockergesteinen (Lagerst. Proj. STA 5e) wurden umfangreiche, das ganze Steirische Tertiärbecken umfassende Geländeaufnahmen durchgeführt (GRÄF et al., 1985a, 1985b). Es zeigte sich, daß über die Hälfte der potentiellen Hoffungsgebiete an die fluviatilen Ablagerungen des Pannon gebunden sind. Da eine zunehmende Einschränkung der Abbaumöglichkeiten in den Quartäralagerungen des Murbereiches zu erwarten ist, gewinnen die pannonen Vorkommen im Hinblick auf eine geregelte Massenrohstoffversorgung mittel- bis längerfristig an Bedeutung.

Massenrohstoffe stellen mengen- und wertmäßig den größten Anteil aller in Österreich gewonnenen Rohstoffe; sie reagieren jedoch sensibel auf Abbau, Aufbereitungs- und Transportkosten. Unter diesem Gesichtspunkt ist zu berücksichtigen, daß die fluviatilen Ablagerungen des Pannon einen lebhaften vertikalen und late-

ralen Fazieswechsel zeigen, wobei die einzelnen Hoffungsgebiete jedoch einen völlig unterschiedlichen Internbau aufweisen können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer raschen und kostengünstigen Erfassung dieser Variabilität, um eine objektive, auf sedimentologischen Parametern beruhende Bewertungs- und Vergleichsmöglichkeit verschiedener Hoffungsgebiete zu besitzen, die als Basis für wirtschaftliche und raumplanerische Entscheidungen dienen kann.

## 2. Problemstellung

Der ideale Kenntnisstand einer Lagerstätte ist durch eine dreidimensionale Erfassung von Quantität und Qualität der Rohstoffverteilung gegeben. Bei fluviatilen Ablagerungen ist jedoch dieser Kenntnisstand auf Grund der faziellen Gegebenheiten meist nicht ohne aufwendige Untersuchungen erreichbar.

Ein Fluß ist ein komplexes System von Transport-, Sortierungs- und Verteilungsprozessen mit räumlich und zeitlich stark schwankendem Massen- und Energiedurchsatz. Die internen Systemabläufe stehen dabei in Abhängigkeit von zahlreichen äußeren Faktoren, wie etwa Gefälle, Klima, Relief und Lithologie des Einzugsgebietes, Vegetation, Subsidenz des Vorlandes usw. Es kommt dadurch zur Ausbildung sehr unterschiedlicher Flußsysteme. Derzeit werden vier Haupttypen, nämlich gerade, verzweigte, mäandrierende und anastomosierende Systeme, unterschieden. Diese einzelnen Typen wurden in der letzten Zeit auf Grund sedimentologischer Untersuchungen durch eine Flut von zahlreichen Untertypen und Ablagerungsmodellen, die dem verschiedenen lateralen und vertikalen Aufbau Rechnung tragen, weiter untergliedert. Als Beispiele seien die Arbeiten von ALLEN, J. R. (1983), CANT, D. J. (1978), FRIEND, P. F. (1978, 1983), HEWARD, A. P. (1978), JACKSON, R. G. II (1978), MIALI, A. D. (1977, 1978, 1985) und RUST, B. R. (1972, 1978) angeführt.

Die Eigenschaften fluviatiler Lockergesteine, wie Korngrößenverteilung, Sortierung, Geröllrundung oder die Bildung von Fe-oxid-Konkretionen, hängen weitge-

\*) Anschrift des Verfassers: BERNHARD KRÄINER, Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie, Elisabethstraße 5/I, A-8010 Graz.

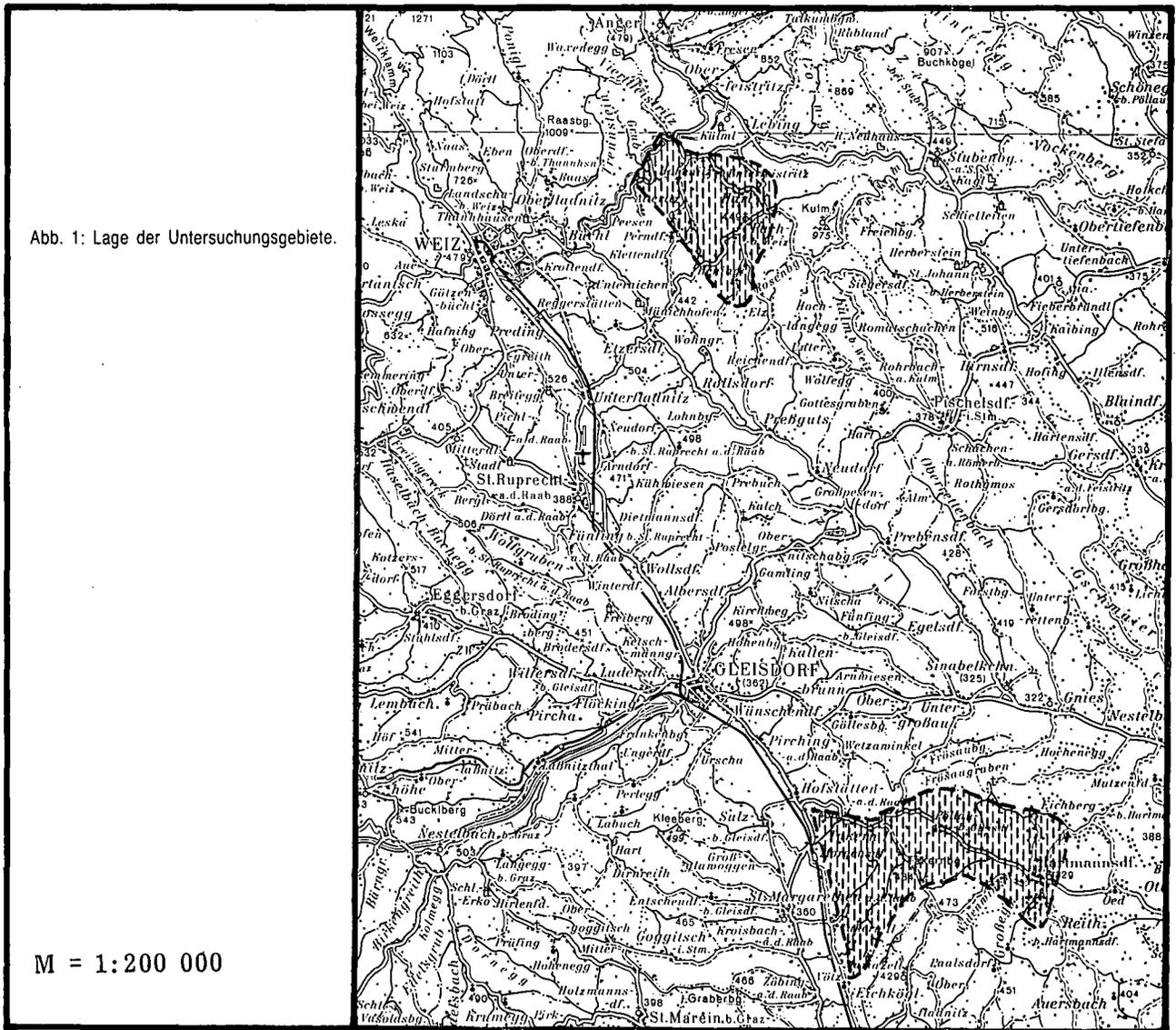


Abb. 1: Lage der Untersuchungsgebiete.

M = 1:200 000

hend davon ab, in welchem Teilbereich (Subfaziesbereich) eines Flußsystems (z. B. Stromrinne, Sandbank, Flußdamm, Altarm, Überschwemmungsebene, usw.) sie zur Ablagerung gelangten; Bereiche mit bevorzugter, sich gegenseitig überschneidender Rinnensedimentation wären ideale Hoffungsgebiete für Kiesgewinnung; Altarmfüllungen und tonige Überflutungssedimente hingegen mögliche Ziegeleirohstoffe. Für die Beurteilung von potentiellen Hoffungsgebieten ist folglich die Häufigkeit, Mächtigkeit, gegenseitige Verzahnung und vertikale Abfolge der einzelnen – für die jeweiligen Nutzungsansprüche interessanten – Faziestypen entscheidend. Aus der fluviatilen Architektur, das ist die interne räumliche Organisation der einzelnen Faziestypen, ergeben sich somit die Rahmenbedingungen für die Nutzung fluviatiler Lockergesteine. Für konkrete Aussagen über verschiedene Hoffungsgebiete ist folglich die Erfassung dieser Rahmenbedingungen erforderlich.

### 3. Methodik

Fluviatile Ablagerungen lassen sich durch eine begrenzte Anzahl von bis zu 20 Standardfaziestypen

(CANT, D. J., 1978; MIALl, A. D., 1977, 1978; RUST, B. R. 1978), die als Elementarbausteine der fluviatilen Architektur aufgefaßt werden können, beschreiben. Einzelne Flußtypen sind durch unterschiedliches Auftreten und Kombination dieser Elementarbausteine charakterisierbar. Die Standardtypen berücksichtigen neben der Korngröße auch interne Sedimentstrukturen und die Geometrie der einzelnen Sedimentkörper. Ein System von Codebuchstaben erleichtert eine rasche Profilaufnahme, wodurch die Grundlage einer statistisch verwertbaren Datenbasis geschaffen wird. Für die Aufnahme von fluviatilen Lockersedimenten im oststeirischen Tertiär wurden folgende 10 Standardtypen (im wesentlichen nach MIALl, 1978) verwendet:

- Gm massiger Grob-Feinkies, tw. auch steinig, korngestützt, grobe bis undeutliche Horizontalschichtung, Dachziegelagerung, laterale Korngrößenschwankungen möglich, tw. kleinere Sandlinsen mit Schrägschichtungsstrukturen eingelagert  
basale Rinnenfüllungen, longitudinale Bänke, Rinnenpflaster
- Gt deutlich geschichtete Grob-Feinkiese mit trogförmiger Schrägschichtung, breite muldenförmige Rinnen, tw. gegenseitig überschneidend, Basis oft erosiv, auch mit Rinnenpflasterung,  
Rinnenfüllungen, Nebenarme, Seitenarme, Kiesbänke

- Gp deutlich geschichtete Grob-Feinkiese mit planarer Schrägschichtung, einzelne Leeblätter bis dm-mächtig, tw. Reaktivierungsflächen  
transversale und linguoide Kiesbänke, deltaförmige seitliche Vorschüttungen über bestehende Bänke, an Einmündungen von Nebenarmen
- Sh horizontal geschichteter Grob-Feinsand, vereinzelt feinkiesig, laminiert bis massig, tw. Strömungslinieation, in Feinsanden auch Kleinstrippel unter 5 mm, Grobsande meist aus schießendem Wasser  
Sandbänke, Uferbereich, Hochwasserabsätze in Rinnennähe
- St Grob-Mittelsand mit grobförmiger Schrägschichtung, auch feinkiesig, Theta- oder Pi-Schrägschichtungskörper, basale konkave Erosionsfläche  
Sanddünen in größeren Rinnen und auf Sandbänken
- Sp Grob-Feinsand mit planarer Schrägschichtung, feinkiesig, Alpha- und Omikron-Schrägschichtungskörper, Leeblätter mit Einfallswinkeln von 15–35°, tw. Reaktivierungsflächen  
transversale Sanddünen in Rinnen und auf Sandbänken
- Sr rippelgeschichteter Grob-Feinsand, meist Mittelsand, verschiedene asymmetrische Rippeltypen, Rippelhöhe unter 5 cm  
Uferbereich, Oberfläche von Sandbänken, Hochwasserabsätze in Rinnennähe
- Ss Füllung größerer asymmetrischer Erosionsformen (Strudellöcher, Auskolkungen), Grob-Feinsand, kiesig, Tonklasten, verschiedenste Sedimentstrukturen, max. etwa 50 cm mächtig, Erosion und Füllung nicht zeitgleich  
Rinnen- und Bankbereich
- Fl laminierte Feinsand-Silt-Ton-Wechselfolge, meist wellige Wechsellagerung im cm–dm-Bereich, Kleinstrippel unter 5 mm, auch mit Blattabdrücken, Durchwurzelung etc.  
Ufernähe, Aubereich, Überschwemmungsebene, tw. Hochwasserabsätze
- Fm massiger Silt-Ton, auch laminiert, z. T. mit Blattabdrücken, Kohlespuren, Gastropoden usw.,  
Aubereich Altarmfüllungen, Tümpel

Der Grundgedanke ist nun, daß über die angeführten Standardlithofaziestypen die fluviatile Entwicklung eines bestimmten Gebietes und damit auch seine Eignung als potentiell Hoffungsgebiet charakterisierbar ist.

In den entsprechenden Untersuchungsgebieten werden über Profilaufnahmen statistisch verwertbare Datenmengen über die Häufigkeit, Mächtigkeit, räumliche Verteilung und vertikale Abfolge der Standardfaziestypen erarbeitet, wobei natürlich nicht in jedem Gebiet alle Typen auftreten müssen.

Über eine einfache Häufigkeitsstatistik sind nun leicht konkrete Aussagen über ein bestimmtes Gebiet zu erhalten. So sind etwa das Kies/Sand/Feinanteil-Verhältnis, die Häufigkeit des Auftretens eines nutzbaren Faziestypus, sein Anteil an der Gesamtfolge, seine durchschnittliche Mächtigkeit oder maximale Spannweite erfaßbar und mit den Daten eines anderen Gebietes vergleichbar.

Zum Beispiel wäre für die Kiesgewinnung von mehreren in Frage kommenden Gebieten jenes mit dem höchsten Kiesanteil und der größten durchschnittlichen Mächtigkeit der Kieskörper zu wählen.

Als weitere Möglichkeit bieten sich Aussagen über die vertikale Abfolge der einzelnen Faziestypen an. Bei fluviatilen Ablagerungen handelt es sich intern meistens um zyklische Bildungen, welche ihren Ursprung in den lateralen und vertikalen Veränderungen von Sedimentationsprozessen in den sich verlagernden Rinnen haben. Es kann sich somit eine gewisse Gesetzmäßigkeit bzw. Erwartungswahrscheinlichkeit in der vertikalen Abfolge der einzelnen Faziestypen ergeben, die für eine etwaige Nutzung von Interesse ist.

Durch eine Markovkettenanalyse können weitere Aussagen über die vertikale Abfolge gewonnen werden (MIALL, A. D., 1981; HARMS, J. C., SOUTHARD, J. B. & WALKER, R. G., 1982). Mittels Chi-Quadrat-Test überprüft man, ob eine Zufallsverteilung der Faziesübergänge auszuschließen ist. Für die Markovanalyse rechnet man die Rohdaten der Beobachtungsmatrix (= Faziesübergänge der aufgenommenen Profile) in die entsprechende Wahrscheinlichkeitsform um und erstellt analog dazu die Matrix einer zufallsverteilten Übergangswahrscheinlichkeit. Durch die Subtraktion von der beobachteten weniger der zufälligen Übergangswahrscheinlichkeit ergibt sich eine Differenzmatrix mit entsprechenden positiven bzw. negativen Werten. Höhere positive Werte bedeuten, daß dieser Faziesübergang mit einer wesentlich höheren Wahrscheinlichkeit als in einer Zufallsverteilung auftritt; stärker negative Werte liegen unter der Zufallserwartung. Werte um Null bedeuten gering wahrscheinliche bis zufällige Übergänge. Auf Grund dieser Werte läßt sich nun ein Faziesdiagramm der größten Übergangswahrscheinlichkeit erstellen, welches begründete Aussagen über die Überlagerungsbeziehungen des jeweiligen Gebiets ermöglicht. So kann jetzt z. B. ausgesagt werden, ob auf Grund der Sedimentationsprozesse unmittelbar über einem brauchbaren Kies unbrauchbares Feinmaterial zu erwarten ist.

#### 4. Anwendungsbeispiele

Um die Anwendbarkeit der vorgestellten Untersuchungsmethodik zu demonstrieren, werden zwei unterschiedlich aufgebaute Gebiete aus dem Unterpannon des Oststeirischen Beckens unter diesen Gesichtspunkten näher vorgestellt.

Das erste Untersuchungsgebiet liegt etwa 10 km SE von Gleisdorf (s. Abb. 1) und umfaßt die Höhenrücken zwischen St. Margarethen/R. und Markt Hartmannsdorf. Für die folgende Untersuchung wurden insgesamt 208 Profilmeter, die sich auf verschiedene Aufschlüsse verteilen, aufgenommen. Es ist eine größere Anzahl meist stillgelegter Abbaue vorhanden, die sich auf die in den oberen bis mittleren Hangbereichen auftretenden Kapfensteiner und Kirchberger Schotterhorizonte konzentrieren. Die Horizonte sind nach K. KOLLMANN (1965) in diesem Bereich kartenmäßig nicht voneinander zu trennen. Dies ist nicht verwunderlich, da es sich bei den sogenannten limnischen Zwischenserien im Pannon C des Steirischen Beckens meist lediglich um die dazugehörigen feinklastischen Begleit-sedimente des Au- und Überschwemmungsbereiches der einzelnen Rinnensysteme handelt. Sedimentpetrographische Einzeluntersuchungen aus diesem Gebiet stammen von J. HANSELMAYER (1977, 1978).

Als Vergleichsgebiet wird die grundgebirgsnahe Schotterfüllung des Beckens von Puch bei Weiz verwendet (KRAINER, 1984, 1986), die als Alluvialfächer interpretiert wird. Die verwendeten Daten (230 Standardlithofaziestypen) beziehen sich hier auf mehrere Profile aus dem medialen bis distalen Fächerbereich.

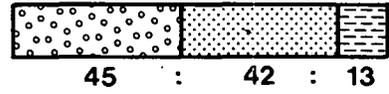
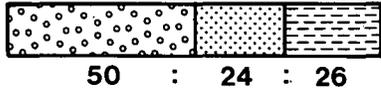
Die Ergebnisse der statistischen Profilauswertung sind in Abb. 2a bis c gegenübergestellt. So zeigt sich etwa, daß im Bereich SE Gleisdorf der Feinanteil doppelt so hoch ist wie am Grundgebirgsrand. Er tritt häufiger auf und erreicht wesentlich größere Mächtigkeiten als am Grundgebirgsrand, wo massigere Ton/Siltvor-

KAPFENSTEINER/KIRCHBERGER  
SCHOTTER (SE Gleisdorf)

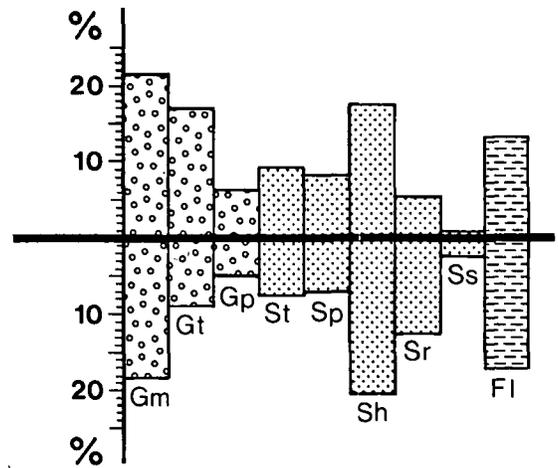
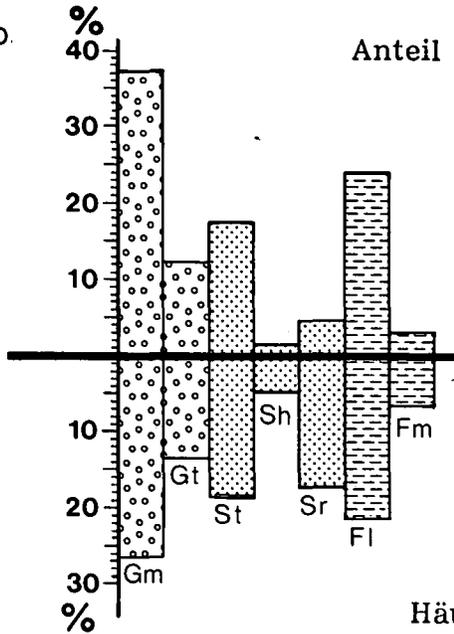
SCHOTTERFÜLLUNG PUCHER BECKEN  
(NE Weizer Bucht)

Abb. 2a

Verhältnis von Kies/Sand/Feinanteil



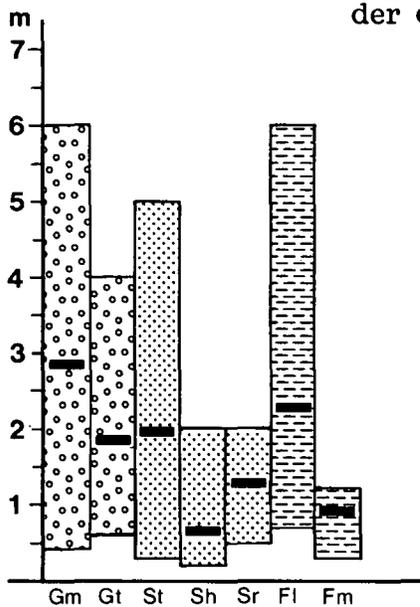
b. Anteil an der Gesamtmächtigkeit



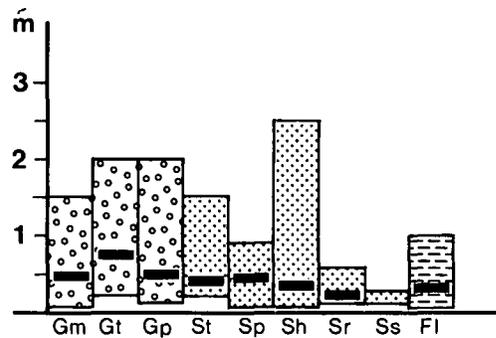
Häufigkeit des Auftretens

c

Mittlere Mächtigkeit und beobachtete Spannweite  
der einzelnen Faziestypen



— Median



— Median

Abb. 2: Gegenüberstellung des sedimentologischen Aufbaus.

kommen (Faziestyp Fm) fehlen. Der Sandanteil ist im Pucher Bereich wesentlich höher als bei Gleisdorf. Das häufigste Faziesglied am Grundgebirgsrand, der horizontal geschichtete Sand Sh, tritt im Becken am seltensten auf. Der Kiesanteil beträgt in beiden Gebieten etwa die Hälfte der Gesamtschichtfolge, wobei jeweils der massige Kiestyp Gm den größten Anteil stellt. Kies-(Sand)-Körper mit planarer Schrägschichtung fehlen im Gleisdorfer Bereich fast ganz; ihr vereinzelt Auftreten wurde hier aus statistischen Gründen dem Typ Gt (St) zugerechnet.

Ein wesentlicher Unterschied beider Gebiete liegt in der durchschnittlichen Mächtigkeit bzw. beobachteten Spannweite der einzelnen Schichtglieder. Während in den Kapfensteiner/Kirchbergschottern die einzelnen Faziestypen häufig Mächtigkeiten bis an die 6 m erreichen, konnten bei Puch maximal 2 m Mächtigkeit beobachtet werden. Die durchschnittlichen Mächtigkeiten liegen hier um 0,5 m, sodaß ein selektiver Abbau einzelner Korngrößenbereiche unmöglich ist. Im Becken hingegen wäre ein selektiver Abbau bei einzelnen Kieskörpern und auch beim Feinanteil möglich. Weitere Unterschiede betreffen die schlechtere Sortierung am Grundgebirgsrand, die geringere Zurundung der Gerölle oder die Fossilführung (Pflanzenreste, Blattabdrücke, Landgastropoden) im Feinanteil, welche nur im Beckenbereich zu beobachten ist.

Auf Grund dieses Datenvergleichs wäre aus sedimentologischer Sicht der Bereich SE Gleisdorf als Lockergesteinshoffnungsgebiet vorzuziehen. Um diesen Bereich weiter zu charakterisieren, wurde auch die vertikale Faziesabfolge untersucht. Für die Markovkettenanalyse ergaben sich für die Kapfensteiner/Kirchbergschotter die in den Tabellen 1–4 folgenden Übergangsmatrizen.

Tabelle 1: Rohdaten der Übergänge.

	Gm	Gt	Sh	St	Sr	Fl	Fm
Gm	—	9	4	6	1	5	2
Gt	1	—	1	6	2	1	1
Sh	3	0	—	0	0	1	2
St	1	2	0	—	5	5	2
Sr	1	0	0	1	—	5	0
Fl	3	2	0	3	0	—	0
Fm	2	0	0	0	0	5	—

Tabelle 2: Beobachtete Übergangswahrscheinlichkeit.

	Gm	Gt	Sh	St	Sr	Fl	Fm
Gm	—	0,33	0,15	0,22	0,04	0,19	0,07
Gt	0,08	—	0,08	0,50	0,16	0,08	0,08
Sh	0,50	—	—	—	—	0,16	0,33
St	0,06	0,13	—	—	0,33	0,33	0,13
Sr	0,14	—	—	0,14	—	0,71	—
Fl	0,37	0,25	—	0,37	—	—	—
Fm	0,29	—	—	—	—	0,71	—

Tabelle 3: Zufallsverteilte Übergangswahrscheinlichkeit.

	Gm	Gt	Sh	St	Sr	Fl	Fm
Gm	—	0,24	0,09	0,29	0,14	0,40	0,13
Gt	0,16	—	0,07	0,23	0,11	0,31	0,10
Sh	0,14	0,17	—	0,21	0,10	0,29	0,09
St	0,16	0,19	0,07	—	0,12	0,33	0,10
Sr	0,15	0,17	0,07	0,21	—	0,29	0,09
Fl	0,15	0,18	0,07	0,21	0,11	—	0,09
Fm	0,15	0,17	0,07	0,21	0,11	0,29	—

Tabelle 4: Differenzmatrix.

	Gm	Gt	Sh	St	Sr	Fl	Fm
Gm	—	0,09	0,06	-0,07	0,10	-0,21	-0,06
Gt	-0,08	—	0,01	0,27	0,06	-0,23	-0,02
Sh	0,36	-0,17	—	-0,21	-0,10	-0,13	0,24
St	-0,10	-0,06	-0,07	—	0,21	0,00	0,03
Sr	-0,01	-0,17	-0,07	-0,07	—	0,42	-0,09
Fl	0,22	0,07	-0,07	0,16	-0,11	—	-0,09
Fm	0,14	-0,17	-0,07	-0,21	-0,11	0,42	—

Von 42 möglichen Übergängen sind nur 16 Übergänge positiv, wobei 8 Werte eine deutlich höhere Übergangswahrscheinlichkeit anzeigen; die restlichen, kleineren Werte bedeuten geringer wahrscheinliche bis zufällige Übergänge. Die übrigen 26 negativen Übergänge sind noch seltener als in einer Zufallsverteilung zu erwarten. Die Durchführung des Chi-Quadrat-Tests ergab, daß die vorliegende Faziesabfolge mit hoher Signifikanz einem bestimmten Verteilungsschema folgt und eine zufallsbedingte, vertikale Anordnung der einzelnen Standardfaziestypen daher auszuschließen ist:

$$\chi^2 = 523,16$$

bei 40 Freiheitsgraden  $\chi^2_{99,9\%} = 73,4$

Einen Überblick, wie die einzelnen Faziestypen auf Grund der Übergangswahrscheinlichkeiten miteinander in Verbindung stehen, gibt das Diagramm der Abb. 3.

Man erkennt, daß die Übergänge einen Fazieszyklus abbilden, der ausgehend von gröberen Kiesen über sandige Zwischenglieder in feinklastische Faziesglieder übergeht, über die wiederum die grobklastischen Glieder des nächsten Zyklus folgen, welche erosiv in die unterlagernden Feinklastika eingreifen.

Es läßt sich auch abschätzen, welcher Faziestyp innerhalb eines Zyklus am ehesten in der Überlagerung eines nutzbaren Faziestyps zu erwarten ist. Durch den zyklischen Aufbau der Schichtfolge wird aber auch die Nutzung verwertbarer Schichtglieder beschränkt. Ein etwaiger Abbau müßte diesen vorgegebenen Verhältnissen durch geeignete Abbaumaßnahmen Rechnung tragen.

## 5. Schlußfolgerungen

Die Aufnahme von möglichen Lockergesteinshoffnungsgebieten mittels standardisierter Lithofaziestypen in codierter Form scheint zuverlässige und mit anderen Gebieten vergleichbare Ergebnisse zu erbringen. Die einzelnen, meist wenige km<sup>2</sup> großen Hoffnungsgebiete sollten stratigraphisch einheitliche Bereiche sein. Sie sind mit einem Geländeaufwand von 1–3 Tagen erfaßbar. Es können natürliche und künstliche Aufschlüsse herangezogen werden, die am raschesten mit entsprechenden Formblättern zu bearbeiten sind. Sämtliche Auswertungen sind mit einem normalen Taschenrechner durchführbar.

Für eine Prospektion auf Lockergesteine in einem größeren Maßstab und bei ausgedehnten Untersuchungsgebieten wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

Stufe I: Übersichtsbegehungen, Erfassung bestehender und aufgelassener Abbaue, Auswahl möglicher Untersuchungsgebiete

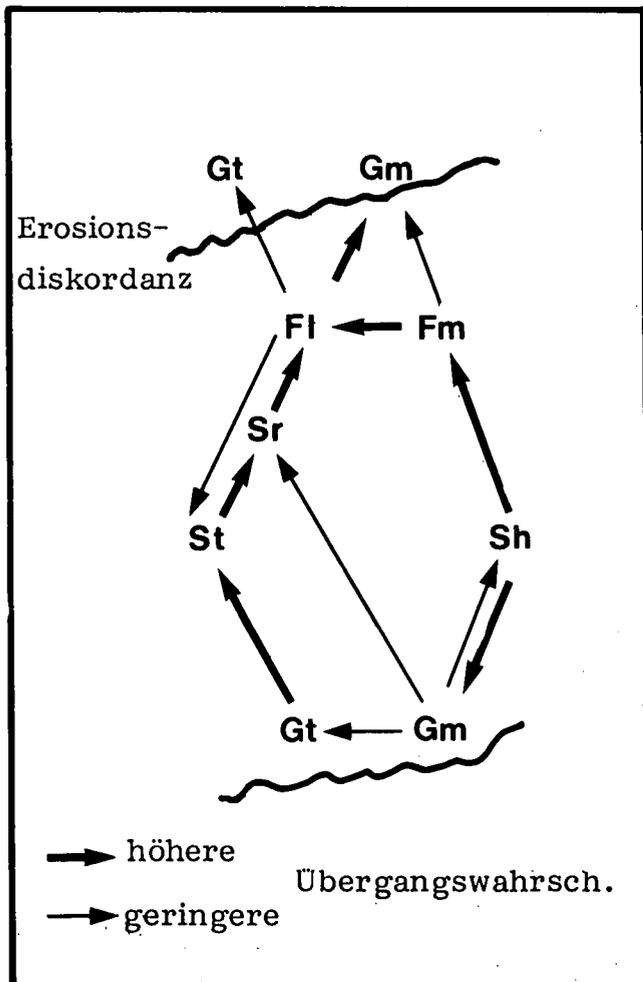


Abb. 3: Faziesdiagramm Kapfensteiner/Kirchberger Schotter.

Stufe II: Detaillierte sedimentologische Aufnahme ausgewählter Bereiche, Faziesanalyse und Vergleich der Einzelgebiete

Stufe III: Qualitätsuntersuchungen, Quantitätsfeststellungen (Bohrungen, Schurfröschen), eventuell Geophysik

Stufe IV: Wirtschaftliche und raumordnende Faktoren (Nutzungskonflikte) der einzelnen Hoffungsgebiete beachten

Die Untersuchungsergebnisse der Stufen II–IV sollten die Grundlagen für die Entscheidung zur Festlegung von endgültigen Abbaugebieten bilden.

#### Literatur

ALLEN, J. R.: Studies in fluvial sedimentation: bars, bar complexes and sandstone sheets (low sinuosity braided streams) in the Brownstones (L. Devonian), Welsh Borders. – *Sediment. Geol.*, **33**, 237–293, Amsterdam 1983.

CANT, D. J.: Development of a facies model for sandy braided river sedimentation: comparison of the South Saskatchewan River and the Battery Point-Formation. – In: *Fluvial Sedimentology* (Ed. by MIALL, A. D.), *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, **5**, 627–640, Calgary 1978.

FRIEND, P. F.: Distinctive features of some ancient river systems. – In: *Fluvial Sedimentology* (Ed. by MIALL, A. D.), *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, **5**, 531–542, Calgary 1978.

FRIEND, P. F.: Towards the field classification of alluvial architecture or sequence. – *Spec. Pubs. Int. Ass. Sediment.*, **6**, 345–354, Oxford – London 1983.

GRÄF, W., AIGNER, R., HÜBEL, G., PÖSCHL, M. & POLEGEG, S.: Systematische Erfassung von Lockergesteinen in der Steiermark. – *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **6**, 19–22, Wien 1985a.

GRÄF, W., HUBER, A. A., HÜBEL, G., KRAINER, B. & PÖSCHL, M.: Systematische Erfassung von Lockergesteinen in der Steiermark, Teil II, Hoffungsgebiete. – Unveröff. Bericht, Lagerstättenprojekt StA 5a/85, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz 1985b.

HANSELMAYER, J. & KOTSIS, T.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung XXXV. – *Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark*, **107**, 5–14, Graz 1977.

HANSELMAYER, J.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung XXXVI. – *Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark*, **108**, 7–18, Graz 1978.

HARMS, J. C., SOUTHARD, J. B. & WALKER, R. G.: Structures and Sequences in Clastic rocks. – *Soc. Econ. Palaeontol., Mineral., Short Course*, **9**, Tulsa 1982.

HEWARD, A. P.: Alluvial fan sequence and megasequence models: with examples from Westphalian D – Stephanian B coalfields, Northern Spain. – In: *Fluvial Sedimentology* (Ed. by MIALL, A. D.), *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**, 669–702, Calgary 1978.

JACKSON, R. G. II: Preliminary evaluation of lithofacies models for meandering alluvial streams. – In: *Fluvial Sedimentology* (Ed. by MIALL, A. D.), *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**, 543–576, Calgary 1978.

KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **57**, 479–632, Wien 1965.

KRAINER, B.: Zur zeitlichen Einstufung, Stratigraphie und Tektonik im Nordteil des Gleisdorfer Sarmatsporns (Oststeiermark). – *Mitt. Naturw. Ver. Steiermark*, **114**, 95–106, Graz 1984.

KRAINER, B.: Das Tertiär der Weizer Bucht. – Unv. Diss. Univ. Graz, in Vorbereitung.

MIALL, A. D.: A review of the braided river depositional environment. – *Earth. Sci. Rev.*, **3**, 1–62, Amsterdam 1977.

MIALL, A. D.: Lithofaciess types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. – In: *Fluvial Sedimentology* (Ed. by MIALL, A. D.), *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**, 597–604, Calgary 1978.

MIALL, A. D.: Analysis of Fluvial Depositional Systems. – *Americ. Ass. Petrol. Geol., Education Course Note Ser.*, **20**, 1–75, Tulsa 1981.

MIALL, A. D.: Architectural-Element Analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. – *Earth Sci. Rev.*, **22**, 261–308, Amsterdam 1985.

RUST, B. R.: Structure and process in a braided river. – *Sedimentology*, **18**, 221–245, Amsterdam 1972.

RUST, B. R.: Depositional models for braided alluvium. – In: *Fluvial Sedimentology* (Ed. by MIALL, A. D.), *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**, 605–625, Calgary 1978.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 17. Februar 1986.