

VLADIMÍR LETKO\*

## DIE RAYONISIERUNG DER GEOLOGISCHEN UMWELT DER STADTREGION VON BRATISLAVA

(*Tab. 3, Abb 1—4*)



**Kurzfassung:** Die Nutzbarkeit der geologischen Umwelt für die Urbanisierung des Stadtcharakters wird bewertet anhand der Methode ihrer speziellen ingenieurgeologischen Rayonierung. Diese besteht aus einer dreistufigen semiquantitativen Klassifikation der acht wichtigsten Umweltfaktoren, welche bei der Urbanisierung für diese eine Bedrohung, Eignung oder notwendigen Schutz der Umwelt verdeutlichen. Ein Beispiel der Konstruktion einer solchen Rayonierung wird am Stadtgebiet der Urbanisierungsregion von Bratislava demonstriert.

**Резюме:** При урбанизации городского типа возможность учета геологической среды оценивается методом его специальной инженерско-геологической районизации, основанной на трехстепенной семиквантитативной классификации восьми наиболее важных факторов среды учитывающих угрозу урбанизации, подходящую и необходимую охрану среды. Составление такой районизации показано на примере территории городского региона Братиславы.

### 1. Geologische Umwelt und Urbanisierung

Die derzeitige demographische Entwicklung der Gesellschaft verweist auf eine progressive Zuwanderung der Bevölkerung in den letzten Jahrzehnten in Richtung Stadt. Während zu Ende des zweiten Weltkrieges (R. F. Leggett, 1973) auf der Erde bloss 42 Städte mit einer Einwohnerzahl über 1 Million existierten, sind es heute bereits über 100. Es wird angenommen, dass im Jahre 2000 nahezu die Hälfte der Gesamtbevölkerung unseres Planeten in Städten leben wird.

Die Konzentration der Bevölkerung in Städten umgeht auch unsere Republik nicht. Im Projekt der Urbanisierung der Slowakei bis zum Jahre 2000 (A. Mrázik u. Koll., 1974) wird mit drei metropolitanen Urbanisierungsregionen mit Schwerpunktzentren mit über 300 000, vier grossstädtischen Regionen mit Zentren mit über 100 000 und sechs Grundregionen mit Zentren mit über 50 000 Einwohnern gerechnet; einige zig weiterer Städte erreichen Einwohnerzahlen über 20 000.

Will die moderne Urbanisierung nicht mit der natürlichen Umwelt in Konflikt geraten, muss sie sich auf eine qualitativ höhere Stufe des Planens stützen als bisher. Eine der bedeutungsvollsten Komponenten, welche die Urbanisierung limitiert — d. i. richtige Anordnung von Siedlungen, industrieller, kommunikativer, hydrotechnischer und anderer urbanistischer Objekte —, ist die geologische Umwelt. Aufgabe der Ingenieurgeologie bei der Planung urbanistischer Nutzung des Territoriums ist es, solche Lösungen und Emp-

\* RNDr. Dipl. Ing. V. Letko, CSc., Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Komenský-Universität, Zadunajská 15, 811 00 Bratislava.

fehlungen zu finden, welche es erlauben die geologische Umwelt auf das Rationellste zu nutzen und dies nicht nur im Hinblick auf deren Eignung zur Bebauung, sondern auch mit Rücksicht auf eine Einschränkung ungünstiger Einflüsse der Umwelt auf die Urbanisierung und umgekehrt auf den maximalen Schutz der Umwelt vor negativen Einflüssen der Urbanisation.

Die Ingenieurgeologie (M. Matula — V. Letko, 1976) tendierte bisher vor allem zur Bewertung auf Eignung von Baugründen (Eignung bestimmter territorialer Gesamtheiten zu Bebauungszwecken) für den Aufbau einzelner Objekte. Für den Bau moderner Städte müssen jedoch die Probleme und Aufgaben der Ingenieurgeologie komplexer verstanden werden. Die ingenieurgeologische Bewertung muss breitere Zusammenhänge zwischen der geologischen Umwelt und der Urbanisierung umfassen, mit Rücksicht auf die Gewährung möglichst vollkommener Unterlagen für die Bildung eines harmonischen Gleichgewichtes zwischen ihnen. Solch eine Bewertung wurde am Beispiel der Urbanisierung der Stadtregion von Bratislava erarbeitet.

## *2. Wichtigste Faktoren der geologischen Umwelt, welche die Urbanisierung des Stadtcharakters limitieren*

Ausgehend von den spezifischen Anforderungen der Urbanisierung an die geologische Umwelt und vom Charakter der geologischen Umwelt auf unserem Gebiet (siehe M. Matula, 1979; V. Letko — M. Matula, 1979) kann folgendes vom Standpunkt der Ingenieurgeologie als äusserst wichtig erachtet werden:

a) Faktoren der geologischen Umwelt, welche eine Urbanisierung gefährden:

*neotektonische und seismische Prozesse* sind Faktoren mit ernstest limitierender Reichweite; eine erhöhte seismische Aktivität und eine junge tektonische Mobilität in etlichen unserer Gebiete können erhöhte ökonomische Kostenaufwände für den Bau aller ingenieurtechnischen Bauvorhaben zur Folge haben, ja sie können bestimmte Rayone für den Aufbau als unverwendbar erscheinen lassen;

*exogene geodynamische Prozesse* gefährden jedwede Ingenieurtätigkeit an der Oberfläche des Gebietes; bei unseren Verhältnissen sind dies zumal: Böschringsdeformationen aller Typen; eine breit entwickelte Hangauswachungs-Erosion; in geringerem Ausmass Karstprozesse und Winderosion; an Lösshügeln auch Prozesse der Sackung der Lösses. Die Anhäufung solcher Prozesse mit grosser Intensität kann auch den Ausschluss gewisser Teile des Territoriums von der Verwendung zur Folge haben;

b) Faktoren der geologischen Umwelt, welche ihre Eignung für eine Urbanisierung limitieren:

*die Qualität der hydrogeologischen Verhältnisse*, wie sie unter unseren Bedingungen, zumal durch intensive Wasserführung, Grundwasserspiegel nahe der Erdoberfläche, in vielen Rayons auch unzureichende Drenage und mit aggressiven Grundwässern bestehen, verringern oder schliessen gar die Verwendbarkeit des Gebietes für einen urbanistischen Aufbau aus;

*die Qualität der Baugrundverhältnisse* nimmt auf alle Bauwerke Einfluss; eine schlechte Qualität der Baugrundverhältnisse — verursacht zumal durch niedrige Tragfähigkeit und hohe Komprimierbarkeit der Böden, ggf. komplizierte

agerungverhältnisse der Gesteine im Untergrund — unterbinden zwar in der Regel den Aufbau nicht, können ihn aber bedeutend komplizieren und verteuren;

die Qualität der geomorphologischen Verhältnisse beeinflusst die ökonomische Streuung aller Bauobjekte nahe an der Oberfläche des Gebietes und ist ein enster Faktor auch bei der Entstehung oder Aktivierung exogener und antropogener geologischer Prozesse;

c) Faktoren der geologischen Umwelt, die bei der Urbanisierung geschützt werden müssen;

*Ertragfähigkeit landwirtschaftlicher Böden;* sie verhindert technisch die urbanistische Nutzung (auch andere Nutzungen) des Gebietes nicht; die Gegenwart von ertragfähigen Böden als unwiederherstellbarer und unersetzblicher Naturreichtum, welcher durch die Urbanisierung unwiederbringlich vernichtet wird, stellt ein äusserst ernstes Hindernis dar und erfordert maximalen Schutz;

*die Eignung der Grundwässer für die Versorgung* (zumal des ersten wasserführenden Horizontes) macht technisch die Urbanisierung schwierig, verhindert sie aber nicht; das Vorkommen qualitativer Grundwässer für Trinkzwecke, gilt es als, wenn auch auf lange Sicht regenerierbaren Naturreichtum der durch die Urbanisierung ernstlich entwertet werden kann, geflissentlich zu schützen;

*die Eignung der Gesteine zu Bauzwecken* (zumal das Vorkommen an der Oberfläche des Gebietes) steht technisch der Urbanisierung nicht im Wege; die Vorkommen solcher Gesteine, als unerkonstruierbaren, wenn auch teilweise ersetzblichen Naturreichtum, welchen die Urbanisierung von der Verwendung ausschliessen kann, erfordert Schutz.

### 3. Semiquantitative Klassifikation auserwählter Faktoren der geologischen Umwelt

Die Bestimmung eindeutiger und algemeingültiger Abstufungen der Einflüsse auserwählter Faktoren auf die Urbanisierung aufgrund quantitativer Kennziffern ist eine äusserst schwierige Aufgabe. Die Urbanisierung des Stadttyps wird gegenwärtig charakterisiert durch den Aufbau der unterschiedlichsten Objekte, verschiedene Arten des Bauwesens und limitierende Faktoren der geologischen Umwelt, welche sich im gegebenen Gebiet gegenseitig organisch überlappen; sie wirken auf diese Objekte mit unterschiedlicher Intensität ein. Die ingenieurgeologische Bewertung muss aber trotzdem Unterlagen liefern, die es ermöglichen, richtig über die Verwendung des Gebietes als Ganzes, als ein riesiges Bauvorhaben zu entscheiden. Es muss gleichzeitig möglichst einfache Aufgänge aufweisen, die in den Karten leicht darzustellen sind und leicht verständlich weiteren Nutzniessern, wie, z. B. Planern, Projektanten und Baumeister.

Die entworfenen semiquantitativen Klassifikationen sind dermassen kombiniert, damit sie der Grundart urbanistischer Nutzung — Siedlungsagglomerationen städtischen Types — entsprechen. Für die territorial-planungsmässige Dokumentation auf dem Niveau des „Projektes der Urbanisation der Slowakei“ wurden sie auf Grund erwogener Kennziffern zusammengestellt, welche verschiedene Normen und Empfehlungen aufweisen; für konkrete Aufgaben ist es zwickmässig sie zu regeln, ergänzen und zu präzisieren.

Die entworfenen dreistufigen Klassifikationen (V. Letko, 1977) der Abstufung von Einflüssen auserwählter Faktoren, gehen von folgender Rahmen-Grundeinteilung aus:

I. Kategorie — der Faktor der geologischen Umwelt beeinflusst die Urbanisierung nicht negativ oder vernachlässigbar,

II. Kategorie — der Faktor der geologischen Umwelt erschwert die Urbanisierung; eine Urbanisierung ist möglich, es sind jedoch verschiedene ingenieurtechnische Vorkehrungen notwendig, welche die Kosten steigern,

III. Kategorie — der Faktor der geologischen Umwelt hemmt oder verhindert die Urbanisierung; für den Fall einer urbanisierungsmässigen Nutzung ist mit ungeheueren und unverhältnismässig kostspieligen ingenieurtechnischen Massnahmen zu rechnen.

### *3.1. Kategorisation der die Urbanisierung gefährdenden Faktoren*

*Neotektonische und seismische Prozesse* sind das Ergebnis der geotektonischen Entwicklung der Erdrinde und lassen sich durch keinerlei ingenieurtechnische Massnahmen verändern; Vorkehrungen betreffen lediglich Bauobjekte. Vom ingenieursgeologischen Standpunkt gefährden eine Bebauung zumal: gegenwärtige Bewegungen in Zonen tektonischer Linien, hohe seismische Aktivität und deren erhöhter Einfluss in der Umgebung tektonischer Linien, Zonen der Diskontinuität und der radikalen Verschlechterung der ingenieursgeologischen Eigenschaften des Gesteinsmilieus in Reichweite tektonischer Linien und gleichzeitiges allmähliche Absinken einiger unserer Niedbungen tektonischer Strukturen bedeutsam.

Unter unseren geologischen Verhältnissen verursachen eine Gefährdung der Urbanisierung zumal die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von seismischen Intensitäten von 8° und 9° MCS, ggf. 7° MCS in Nähe aktiver tektonischer Linien un gleichzeitiges allmähliche Absinken einiger unserer Niederungen. Die Kriterien der Kategorisierung sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

*Die exogenen geodynamischen Prozesse* hängen eng mit dem geologischen Bau des Gebietes, den geomorphologischen Verhältnissen, klimatischen Verhältnissen und deren gegenwärtiger, häufig bedeutend durch antropogene Eingriffe in die geologische Umwelt beeinflusster Entwicklung zusammen. Die Entfaltung der gefährlichsten Prozesse Böschungen, Erosionen, Quellungen, Sackung des Lüsses) gefährden direkt eine urbanistische Bebauung. Es sind viele Fälle der Beschädigung oder Vernichtung von Objekten, wie auch von vielen Sanierungsmassnahmen an Baukonstruktionen und an der geologischen Umwelt, zur Eindämmung von negativen Einflüssen bekannt. Besonders gefährdet sind Gebiete (Tab. 1), in denen mehrere Prozesse grosser Intensität vorkommen.

### *3.2. Kategorisierung der Faktoren, welche die Eignung der Umwelt für die Bebauung limitieren*

*Die Qualität der hydrogeologischen Verhältnisse* nimmt direkten Einfluss auf die ingenieurgeologischen Eigenschaften der Gesteine (zumal Boden — sie bedingt somit die Qualität der Baugrundverhältnisse, beeinflusst die Le-

Tabelle 1

## Kategorisierung der Faktoren, welche die Urbanisierung bedrohen

Faktor	Kategorie des Faktors		
	I.	II.	III.
Neotektonische und seismische Prozesse	Wahrscheinlichkeit einer seismischen Intensität max. 5° MCS	Wahrscheinlichkeit einer seismischen Intensität von 6° nd 7° MCS im Umkreis von tektonischen aktiven Linien seismische Intensität von 5° MCS	Wahrscheinlichkeit einer seismischen Intensität von 8° — 9° MCS; im Umkreis aktiver tektonischer Linien seismische Intensität 7° MCS
Exogene geodynamische Prozesse	vereinzelte Prozesse eines Typs mit kleiner Intensität auf kleiner Fläche	mehrere Prozesse verschiedener Typen mit kleiner Intensität; vereinzelte Prozesse eines Typs von grosser Intensität auf bedeutender Fläche	zahlreiche Prozesse verschiedenen Types mit grosser Intensität auf grosser Fläche

bensdauer und Stabilität von Baukonstruktionen (zumal jene der Fundamentkonstruktionen) und beeinflusst die Methodik und Ökonomie des Aufbaues. Durch ingeniertechnische Vorehrungen in der geologischen Umwelt und an Baukonstruktionen lassen sich die ungünstigen Einflüsse dieses Faktors verringern.

Bei der Beurteilung der natürlichen hydrogeologischen, regimebildenden Faktoren gilt es, auch Richtung und Grösse der Wirkung künstlicher Faktoren zu berücksichtigen, die im Verlauf des Bauprozesses und der Nutzung der Bauten anfallen (z.B. Eindämmung der Infiltration, Entwässerung, Tröcknung des Gebietes, Veränderungen der natürlichen Strömungen von Gewässern, Industrieabwasser aus verschiedenen Anlagen, erhöhte Aggressivität von Wässern u. a. m.).

Die Baunormen schreiben bei der Bewertung auf Eignung zur Bebauung gewöhnlich die Berücksichtigung der Lage des Grundwasserspiegels zur Lage der Fundamente und der Aggressivität der Wässer vor; bei der regionalen Bewertung sind ebenso wichtig die Eventualität einer Überschwemmung, die Qualität der inneren Entwässerung (Drainage), des Vorhandensein artesischer Wässer, die Durchlässigkeit des Milieus. Ein Entwurf zur Kategorisierung wird in Tabelle 2 angeführt.

Die Qualität der Baugrundverhältnisse entscheidet über die Art der Gründung, den Typ der Konstruktion, die Verteilung der Objekte, die Folge der Bauarbeiten. Es ist keine allgemeine, sondern spezifische Art der geologischen Umwelt in der Beziehung zur beabsichtigten Bebauung. Bei der Bewertung konkreter Baustellen werden immer der geplante Typ der Konstruktion und die Art der Gründung in Erwägung gezogen. Die Qualität der Baugründe — ausgedrückt durch den Typ der Gesteine, deren Lagerverhältnisse, Stand der Gesteine bei natürlichen Bedingungen (charakterisiert durch quantitative Wer-

Tabelle 2

Kategorisierung jener Faktoren, welche die Eingnung der Umwelt zur Urbanisierung limitieren

Faktor	Kategorie des Faktors		
	I.	II.	III.
Qualität der hydrogeologischen Verhältnisse	vorzügliche Drainage; kontinuierlicher Grundwasserspiegel dauernd ausser Reichweite der Fundamente (Tiefe > 5m); schwach aggressive Wässer in schwach durchlässigem Gestein	schwache Drainage; vereinzelt Überschwemmungen; kontinuierlicher Grundwasserspiegel zeitweise auf dem Niveau der Fundamente (Tiefe 2 — 5 m); aggressive Grundwässer in mitteldurchlässigem Gestein	ungenügende Drainage; oftmalige Überschwemmungen; kontinuierlicher Grundwasserspiegel dauernd im Niveau der Fundamente (Tiefe < 2m); in gut durchlässigen Gesteinen
Qualität der Baugrundverhältnisse	tragfeste ( $q > 0,3 \text{ MPa}$ ) und gleichmässig schwach komprimierbare ( $E_0 > 20 \text{ MPa}$ ) Baugründe	mitteltragfeste ( $q = 0,1 - 0,3 \text{ MPa}$ ) und gleichmässig komprimierbare ( $E_0 = 4 - 20 \text{ MPa}$ ) Baugründe	wenig tragfeste ( $q < 0,1 \text{ MPa}$ ) und stark komprimierbare ( $E_0 < 4 \text{ MPa}$ ) Baugründe; komplizierte Lagerverhältnisse
Qualität der geomorphologischen Verhältnisse	einfache stabile Formen des Reliefs; kleine Gliederung; Gefälle weniger als 12 %	einfache lebhafte oder zusammengesetzte stabile Reliefformen; mittelmässige Gliederung; Gefälle 12 bis 20 %	komplizierte Reliefformen; starke Gliederung; Gefälle höher als 20 %

te der wichtigsten Baueigenschaften — Tragfähigkeit und Komprimierbarkeit) — ermöglicht auch eine regionale Bewertung der Qualität der Baugrundverhältnisse (Tabell 2), mit bestimmten Toleranzen gültig für verschiedene Arten der urbanistischen Bebauung. Eine Qualitätsverbesserung der Baugrundverhältnisse kann durch ingenieurtechnische Vorfahrungen an der geologischen Umwelt, als auch an den Baukonstruktionen erreicht werden.

Die Qualität der geomorphologischen Verhältnisse ist es geeignet nach dem Typ des Mikroreliefs der bewerteten ingenieurgeologischen Rayonisationseinheit (Rayon, Subrayon) zu beurteilen. Die Grenzen der einzelnen Kategorien ändern sich je nach Bedarf der verschiedenen Bebauungsarten und nach den Bedingungen der Entwicklung geodynamischer Prozesse. Die erwarteten Werte der Kategorisierung (Tab. 2) für Siedlungsagglomerationen städtischen Types stützen sich auf den Charakter der Mikroreliefs, ihre Gliederung und Hangneigung.

### 3.3. Kategorisierung der Faktoren, die es gilt bei der Urbanisierung zu schützen

Die Fruchtbarkeit landwirtschaftlicher Böden ist das Resultat eines langwierigen, nach geologischem Zeitmass gemessenen, bodenbildenden Prozesses,

somit eines nicht erneuerbaren und unersetlichen Prozesses. Durch Urbani-sierung und Bautätigkeit überhaupt, werden landwirtschaftliche Böden un-wiederbringlich vernichtet; auch beim Versetzen der oberen Bodenschicht bei der Bebauung, kommt es zu einer grundlegenden Verwüstung. Es gilt deshalb den Boden maximal zu schützen und beim Entwurf einer Urbanisierung die Vorschriften des Gesetzes Nr. 53/1966 Zb. „Über des landwirtschaftliche Bo-defonds“ einzuhalten.

Die Bonität der Böden hängt nicht nur von den Eigenschaften der Böden allein ab, sondern auch von verschiedenen agrotechnischen Vorkehrungen und Verfahren, durch welche sie fortlaufend umgebildet werden. Bei der re-gionalen Bewertung haben wir meist nicht genügend viele Informationen betreffs Bonität des halb nehmen wir bei der Kategorisierung dieses Faktors (Tabelle 3) als Basis die natürliche Fruchtbarkeit der Böden.

*Die Eignung des Grundwassers zur Versorgung*, zumal des ersten wasser-führenden Horizontes, stellt einen unersetlichen, wenn auch langfristig re-generierbaren Naturreichtum dar, der durch die Urbanisierung qualitativ be-deutend abgewertet und seine Nutzung beschränkt werden kann. Beim Entwurf der Urbanisierung müssen alle Vorschriften des Gesetzes Nr. 11/1955 Zb. „Über die Wasserwirtschaft“ eingehalten werden.

Die technischen Einflüsse dieser Grundwässer auf die Urbanisierung werden in der Qualität der hydrogeologischen Verhältnisse umfasst. Für die Katego-risierung (Tab. 3) nehmen wir deshalb als Grundlage die Eignung der Grund-wässer für die öffentliche Versorgung (z.B. gemäss der vorbereiteten Karte der Eignung von Grundwässern der Slowakei zu Trinkzwecken), deren Ge-samtreserven (z. B. gemäss der Karte über die Reserven von Grundwässern der Slowakei von P. Bu jalka u. Koll., 1971) und die. Ergiebigkeit der einzelnen Quellen (tatsächlich oder bei hydrogeologischen Erkundungen ermittelt). Bei den auserwählten Gebieten ist es möglich, diese Kriterien je nach Bedarf zu regeln.

Die Eignung von Gesteinen als Baurohstoffe, zumal von Gesteinen nahe der Oberfläche des Geländes, die bei der Urbanisierung von der Verwendung ausgeschlossen werden, stellt ein wichtiges Hindernis der Urbanisierung dar. Beim Entwurf urbanistischer Agglomeration ist es deshalb notwendig alle Bestimmungen des „Berggesetzes“ Nr. 41/1957 Zb. einzuhalten.

Für die Kategorisierung von Gesteinen als Baurohstoffe (Tabelle 3) schla-gen wir die Eignung der Gesteine zu Zwecken der industriellen Erzeugung und der Vorräte vor. Als Grundlage ist es vorteilhaft die Karte von Bauroh-stoffen der Slowakei (M. Čapák u. Koll., 1974) zu nehmen und in konkreten Gebieten diese gemäss den Archivberichten des „Geofond“ und des Bergamtes zu berichtigen.

#### 4. Die zweckentsprechende ingenieurgeologische Rayonisierung der Stadtregion von Bratislava

Die angegebene ingenieurgeologische Bewertung der auserwählten Faktoren der geologischen Umwelt wurde von uns am Gebiet der Stadtregion von Bratislava beglaubigt. Als geeignetste Veranschaulichung dieser Bewertung erwiesen sich die zweckdienlichen Karten der ingenieur-geologischen Rayonisierung. Solche Karten können von uns selb-

Tabelle 3

Kategorisierung jener Faktoren, welche bei der Urbanisierung einen Schutz der Umwelt erfordern

Faktor	Kategorie des Faktors		
	I.	II.	III.
Fruchtbarkeit des Bodens	wenig fruchtbare Böden den Pseudogley-Faulerden, Paragley-braunerden, leichte Rendsinen, Auenböden, Gley-Wiesen- und Moorböden, Wald-Braunböden	mittelmässig fruchtbare Böden Braunerden, Faulerden, typische, skelettarme Rendsinen und Pararendsinen, Auen- und Wiesenböden, saturierte Walderden, Podsolene und faulerdig sat. Waldlöden	sehr fruchtbare Böden Tschernoseme, schwärzerdige und typische Wiesenböden, Tief-Rendsinen und -Pararendsinen, humose Auenböden, Waldböden, humos, mässig faulerdig und auenbodenartig
Eignung der Grundwässer zur Versorgung	kleine Reserven von Wässern verschiedener Qualität für Kleinabnehmer (Gesamtreserven bis 100 l/s), Ergiebigkeit der einzelnen Quellen bis 1 l/s)	mittlere bis grosse Reserven qualitätsreicher Wässer, nach Aufbereitung geeignet zur öffentlichen Versorgung (Gesamtreserven 100 — 500 l/s), Ergiebigkeit der einzelnen Quellen 1 — 10 l/s)	grosse Reserven qualitätsreichen Wassers, nach einfacher Aufbereitung zur öffentlichen Versorgung geeignet (Gesamtreserven 500 l/s, Ergiebigkeit der einzelnen Quellen über 10 l/s); Vorkommen von Mineral- und Thermalwässern und deren Schutzrayone
Eignung der Gesteine als Bau- rohstoffe	kleine Reserven für Erzeugung anspruchsloser Baurohstoffe (Baustein bis 2000 m <sup>3</sup> , Schottersand bis 2000 m <sup>3</sup> , Sande bis 500 m <sup>3</sup> , Ziegeltone bis 1000 m <sup>3</sup> )	mittelere Reserven zur industriellen Erzeugung anspruchsvoller Baurohstoffe nach Aufbereitung [Bausteine 2000—5000 m <sup>3</sup> , Schottersand 2000—4000 m <sup>3</sup> , Sande 500—2000 m <sup>3</sup> , Ziegeltone 1000—2000 m <sup>3</sup> ]	grosse Vorräte zur industriellen Erzeugung anspruchsvollster Baurohstoffe nach einfacher Aufbereitung Baustein über 5000 m <sup>3</sup> , Schottersand über 4000 m <sup>3</sup> , Sande über 2000 m <sup>3</sup> , Ziegeltone über 2000 m <sup>3</sup> ]

ständig für jeden bewerteten Faktor oder einzelne Faktorenguppen (a, b, c) erstellt werden. Durch eine zweckdienlich abgestimmte Transformierung dieser Rayonisierungskarten kann eine resultierende Karte der rationalen Nutzbarkeit der geologischen Umwelt abgeleitet werden (bzw. eine Karte der geologischen Einschränkungen für eine Urbanisierung).

#### 4.1. Die ingenieurgeologische Rayonisierung der Bedrohung einer Urbanisierung durch die geologische Umwelt

Auf dem Gebiet der Bratislavaer Region stellen die Grundlage einer solchen Rayonisierung (Abbildung 1) die seismische Aktivität und deren erhöhte

Wirkungen in Nähe tektonischer Linien dar; die Bedeutung exogener geodynamischer Prozesse tritt in den Hintergrund, da auf dem Gebiet nur Prozesse der I. Kategorie entwickelt sind.

1. Eine Umwelt ohne Gefährdung der Urbanisierung wird in der Donauebene durch den sogenannten aseismischen Block (A. Molnár, 1971) dargestellt mit einer voraussichtlichen seismischen Intensität von  $4^{\circ}$ — $5^{\circ}$  MCS, in der

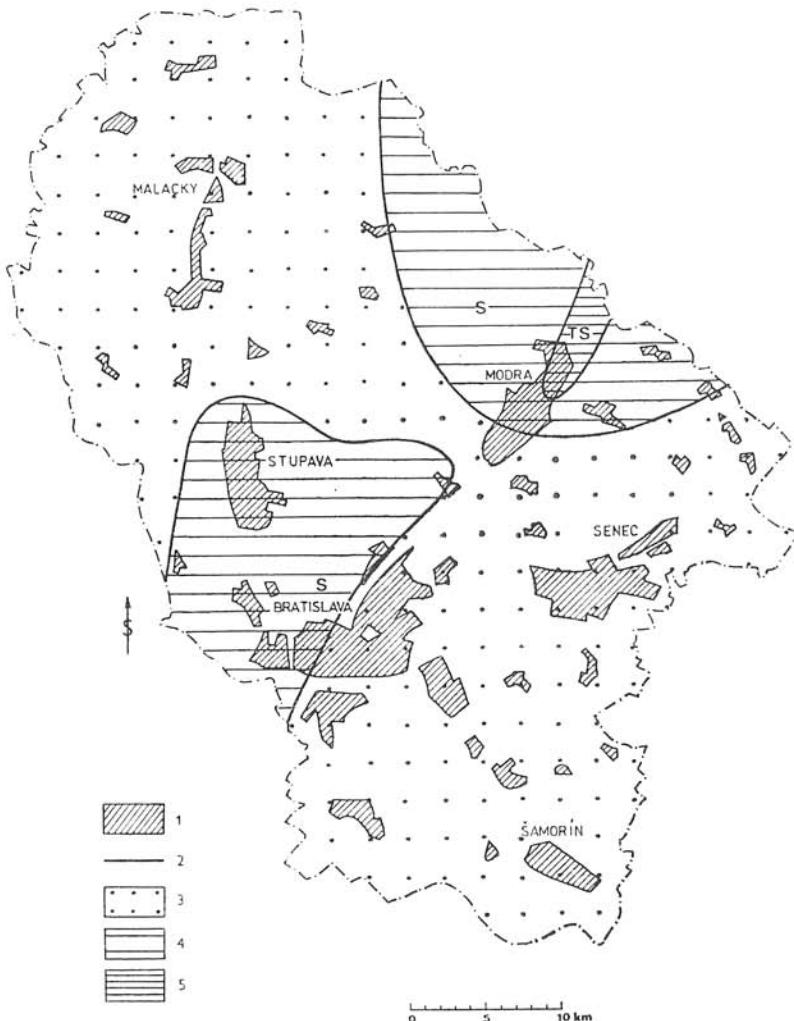


Abb. 1. Die ingenieurgeologische Rayonisierung der Bedrohung einer Urbanisierung der Stadtregion von Bratislava durch die geologische Umwelt. 1 — Haupt-Siedlungsagglomerationen; 2 — Grenzen der Rayonierungseinheiten; 3 — Milieu ohne Bedrohung einer Urbanisierung; 4 — Milieu mit teilweiser Bedrohung einer Urbanisierung; 5 — Milieu mit hoher Bedrohung einer Urbanisierung; T — ungünstige neotektonische Prozesse; S — ungünstige seismische Prozesse.

Záhorie-Ebene mit einer Intensität von 5° MCS; die erhöhten seismischen Intensitäten entlang den tektonischen Linien erreichen keinen gefährlichen Charakter. Die wenig konsolidierten tertiären und quartären Sedimente der Ausfüllung der Mulden dämpfen die Wirkungen von Erdbeben und verdecken auch Äusserungen der tektonischen Brüche. Exogene Prozesse kommen nur vereinzelt vor, haben geringe Intensität und nehmen kleine Gebietsflächen ein. Bauobjekte erfordern keinerlei Regelung.

2. Eine Umwelt mit teilweiser Gefährdung der Urbanisierung stellen die rigiden Gesteine der Kleinen Karpaten und die ungefestigten Sedimente der anliegenden Teile beider Niederungen dar, mit seismischen Intensitäten von 6°—7° MCS, mit registrierten Erdbebenzentren mit Maximalintensitäten von 7° MCS und voraussetzlicher Steigerung der Wirkungen den tektonischen Linien entlang bis zur Intensität von 7° MCS. Bedeutendere Äusserungen exogener geodynamischer Prozesse drohen dem Gebiet nicht. Bei der Planung urbanistischer Nutzung muss mit antiseismischen Vorkehrungen bei Konstruktionen anspruchsvoller Objekte (Turmbauten, Hochhäuser, hohe Dämme u. ä.) gerechnet werden.

3. Eine Umwelt mit einer hohen Bedrohung der Urbanisierung ist durch dem Vorkommen der tektonischen Beschränkung der Kleinen Karpaten im Gebiet mit der seismischen Intensität von 7° MCS nordöstlich von Modra (Modern), wo erhöhte Wirkungen der Stärke 8° MCS auftreten können. Exogene Prozesse bedrohen das Gebiet nicht. In diesem Gebiet ist es notwendig, alle wichtigen Ingenieurobjekte geflissentlich zu beglaubigen und entsprechend zu dimensieren.

#### *4.2. Die ingenieurgeologische Rayonisierung der Eignung der geologischen Umwelt zur Urbanisierung*

Die ingenieurgeologische Rayonisierung (Abb. 2) stützt sich auf die Bewertung aller drei Faktoren der Eignung des Milieus (Qualität der hydrogeologischen, baugründischen und geomorphologischen Verhältnisse), wobei deren übereinstimmenden Kategorien ein gleicher Wert (Gewicht) zugeordnet wird.

1. Die zur Urbanisierung geeignete Umwelt (mit Vorkommen von Kombinationen der Kategorien: I+I+I; I+I+II) wird vorwiegend dargestellt durch das ebene, wenig gegliederte Gebiet der Donauebene und der Ebene Záhorská nížina, mit Baugründen aus neogenen kompakten Böden fester bis harter Konsistenz und quartären, vorwiegend schotterigen Auschwemmungen der Donau und mittelmässig gesetzten bis gesetzten eolithischen Sanden der Ebene Záhorská nížina, ohne Vorkommen von Grundwässern, resp. mit einem Grundwasserspiegel weit unter der Oberfläche. Vorkommen von Faktoren der II. Kategorie sind vereinzelt und nehmen nur kleine Flächen des Gebietes ein. Die geologische Umwelt ist für den Bau aller Objekte der Urbanisierung städtischen Charakters geeignet.

2. Eine für die Urbanisierung bedingt geeignete Umwelt (mit Vorkommen der Kategorien-Kombinationen I + II + II) stellt das vorwiegend ebene Gebiet der Donauebene und der Ebene Záhorská nížina dar, mit einem wenigstens stellenweise Grundwasserspiegel im Niveau der Fundamente der geläufigen Bauten, stellenweise mit aggressiven Wirkungen, dem Vorhan-

densein komprimierbarer Baugründe; weiters gehören hierher die mässigen Hänge am Rande und an den Sätteln der Kleinen Karpaten, mit Möglichkeit des Vorkommens ungesättigter und saurer Grundwässer oder mittelmässig tragfähigen und komprimierbaren Baugründen. Bei der Planung einer Urbanisierung muss Bedacht genommen werden auf lokale ingenieurs-technische, auf Verringerung der Belastung durch die Objekte abzielende Vorkehrungen (Verbreiterung der Flächenfundamente, Tieffundamente), auf geeignete Ver-

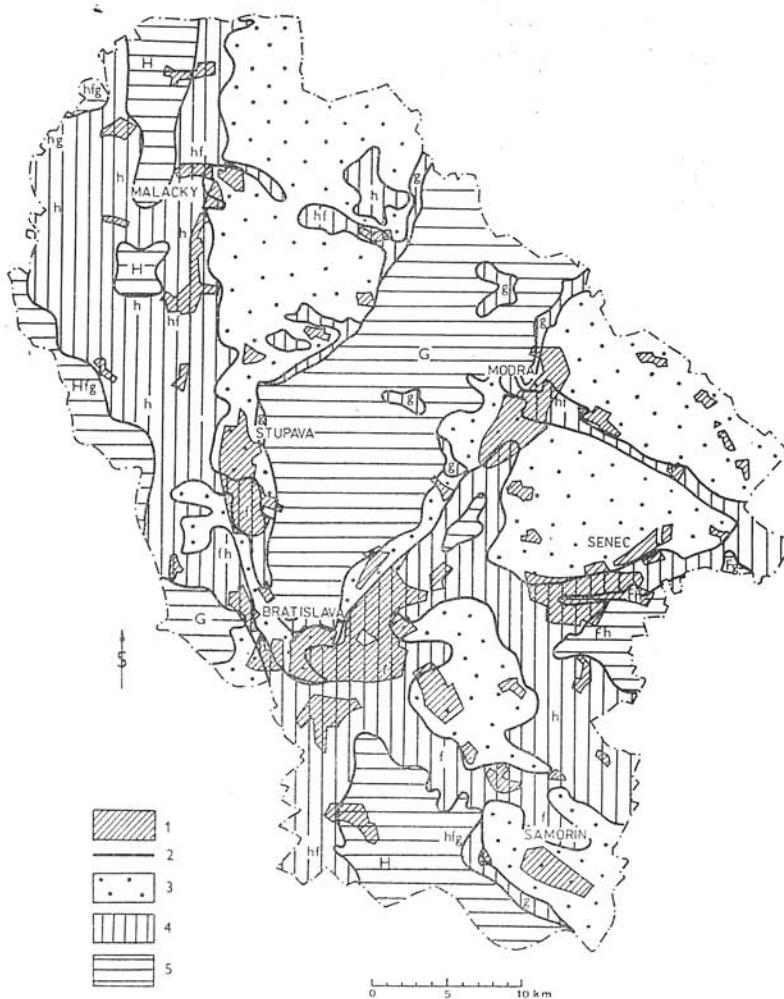


Abb. 2. Die ingenieurgeologische Rayonierung der Eingnung zur Urbanisierung der geologischen Umwelt der Stadtregion von Bratislava: 1 — Haupt-Siedlungsagglomerationen; 2 — Grenzen der Rayonierungseinheiten; 3 — Für die Urbanisierung geeignete Umwelt; 4 — Für eine Urbanisierung bedingt geeignete Umwelt; 5 — Für eine Urbanisierung ungeeignete Umwelt; h, H — Qualität der hydrogeologischen, f, F — der Baugrund-, g, G — der geomorphologischen Verhältnisse der Kategorie II, resp. III.

teilung der zu gründenden Objekte (verschlechterte Qualität der geomorphologischen Verhältnisse, der Baugründe), Anpassung der Art der Baugründung (Zuflüsse von Wasser in die Baugruben, Entwässerungen, Verwendung von Schlackenzementen und von antiaggressiven Isolationen).

3. Eine für die Urbanisierung ungeeignete Umwelt (mit Kategorien-Kombinationen III + ...; II + II + II) besteht: beim Gebirgsmassiv der Kleinen

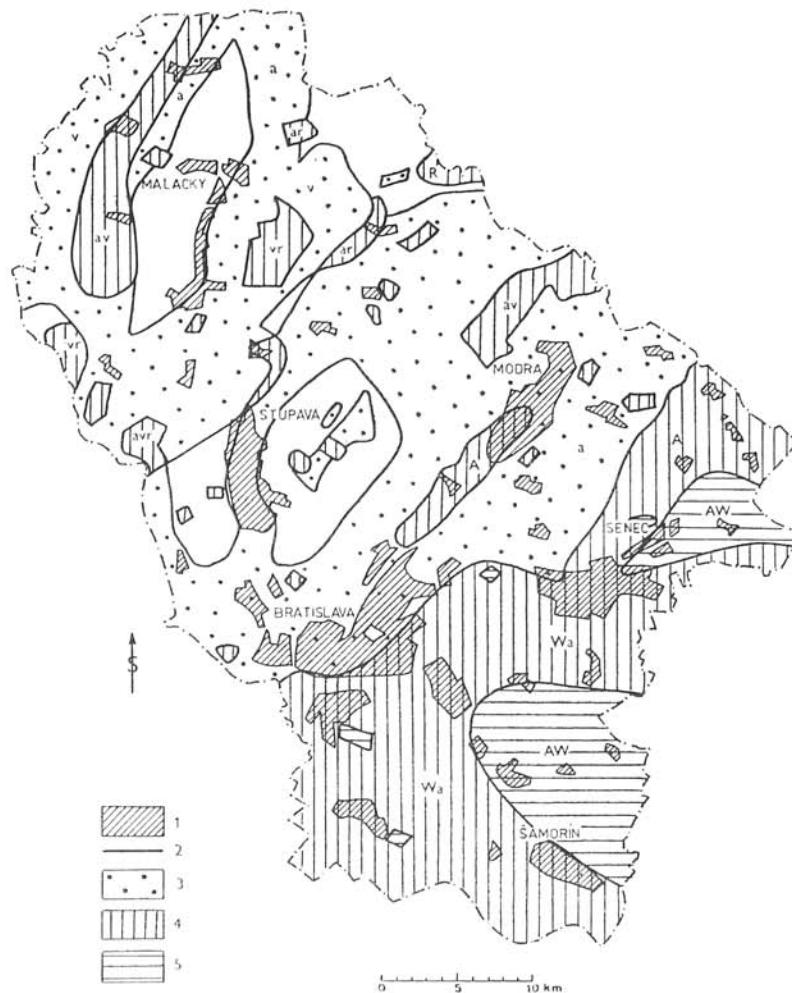


Abb. 3. Die ingenieurgeologische Rayonisierung des Schutzes der geologischen Umwelt der Stadtregion von Bratislava bei einer Urbanisierung. 1 — Haupt-Siedlungsagglomerationen; 2 — Grenzen der Rayonisierungseinheiten; 3 — Bei einer Urbanisierung minimalen Schutz erfordernde Umwelt; 4 — Bei einer Urbanisierung Schutz erfordernde Umwelt; 5 — Maximalem Schutz erfordernde Umwelt bei einer Urbanisierung; a, A — Fruchtbarkeit landwirtschaftlicher Böden, v, W — Eignung der Grundwässer, r, R — Eignung von Baurohstoffen der II., resp. III. Kategorie.

Karpaten mit steilen und aufgegliederten Formen des Reliefs, lokalem Vorkommen von Kluftwässern, bei sehr tragfähigen, unkomprimierbaren aber schwer brechbaren, felsigen Fundamentböden; in den Gebieten der Donauebene und der Ebene Záhorská nížina bei Kombination ungünstiger hydrogeologischer Verhältnisse (Grundwasserspiegel dauernd auf dem Niveau der Fundamente, Inundationen, Vorkommen von aggressiven Wässern in gut durchlässigem

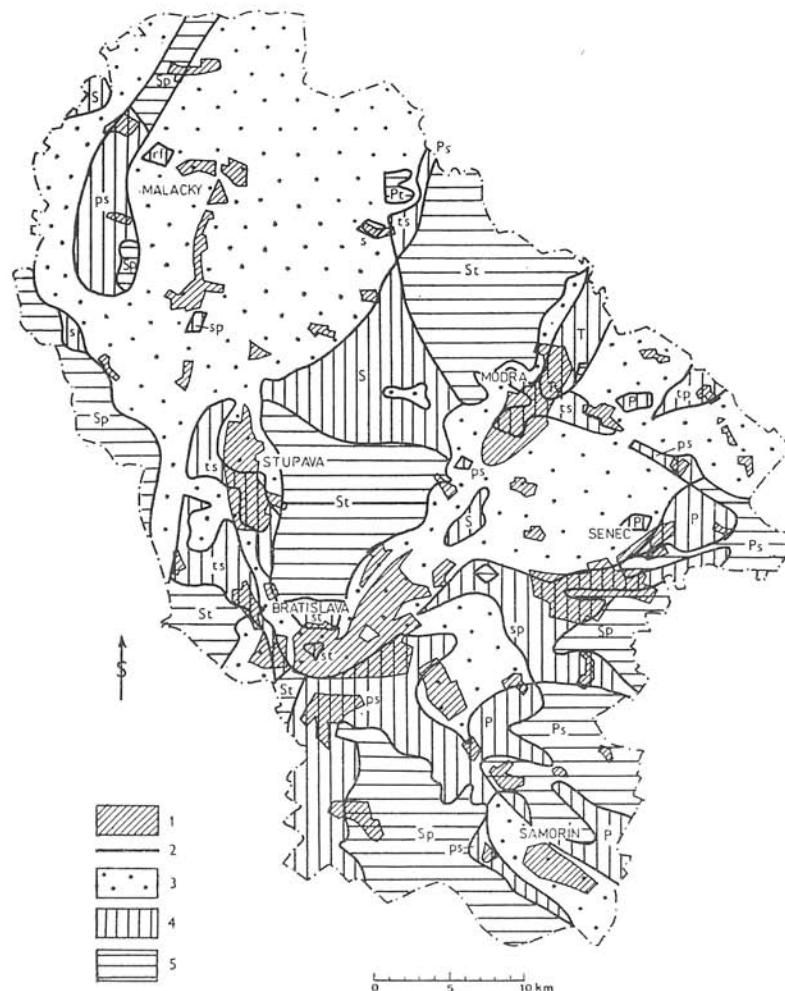


Abb. 4. Die ingenieursgeologische Rayonisierung einer rationellen urbanistische Nutzbarkeit der geologischen Umwelt der Stadtregion von Bratislava. 1 — Haupt-Siedlungsagglomerationen; 2 — Grenzen der Rayonisierungseinheiten; 3 — Urbanistisch gut nutzbare Umwelt; 4 — Urbanistisch bedingt nutzbare Umwelt; 5 — Urbanistisch schwer nutzbare Umwelt; Umwelttyp 2, resp. 3, gemäss den Faktoren: t, T — der Bedrohung, s, S — der Eignung, p, P — des Schutzes.

Milieu), ungünstiger Baugrundverhältnisse (untragfähige Füllungen alter Gewässerarme ungesetzte eolithische Sande) und schliesslich ungünstiger geomorphologischer Verhältnisse (grosse Aufgliederung). Im gesamten Gebiet sind ingenieurtechnische Regelungen des Grossteils urbanistischer Objekte notwendig.

#### *4.3. Ingenieurgeologische Rayonisation bei der Urbanisierung im Hinblick auf den Schutz der geologischen Umwelt*

Die Rayonisierung (Abb. 3) veranschaulicht eine mehrzweckentsprechende Nutzung der geologischen Umwelt (Mehrpotenzialität des Milieus, Treffen von Interessen), auf welche die Ingeniergeologie bei der regionalen Bewertung der Umwelt aufmerksam machen muss. Bei der Ausarbeitung der Rayonisierung wurden alle übereinstimmenden Kategorien der bewerteten Faktoren (Herkunft der Böden, Grundwässer, Baumaterialien) für wertmässig gleichwertig erachtet.

1. *Eine minimalen Schutz bei der Urbanisierung erfordernde Umwelt* (Vorkommen der Kategorie-Kombinationen I; I + I; I + I + I; II; II + I; II + I + I) ist auf dem Gebiet der Kleinen Karpaten und der Donauebene durch das Vorkommen wenig fruchtbaren Bodens und in der Ebene Záhorská nížina durch die Reserven von Grunwässern für Kleinabnehmer gegeben.

2. *Eine bei der Urbanisierung Schutz erforderliche Umwelt* (Vorkommen der Kategorien-Kombination II + II; II + II + I; III + I + I; III; III + II; II + II + I) wird bedingt zumal durch das Vorkommen mittelmässig fruchtbärer und kontinuierlich bewaldeter wenig fruchbarer Böden, mittelmässig grosser Grundwasserreserven für die öffentliche Versorgung im Gebiet der beiden Ebenen, lokaler qualitativer Reserven von Baurohstoffen zur industriellen Verarbeitung. Beim Entwurf einer urbanistischen Nutzung sind qualifizierte Analysen im Hinblick auf das Vorkommen und den Bedarf natürlicher Quellen des betreffenden Gebietes notwendig.

3. *Bei der Urbanisierung maximalen Schutz der Umwelt erfordern* (Vorkommen der Kategorien-Kombinationen III + III; III + III + I; III + III + II; III + III + III) in der Donauebene bei Vorkommen sehr fruchtbaren Bodens und grossen Reserven an Grundwasser hoher Qualität zur öffentlichen Versorgung, lokal auch bei Vorkommen qualitativer, zur Grosserzeugung von Baumaterialien geeigneter Baurohstoffe. Die Planung einer urbanistischen Nutzung ist ausserhalb dieses Gebietes umzuleiten, bei der Situierung einzelner Objekte sind detaillierte Vergleichsanalysen erforderlich.

#### *4.4. Die ingeneursgeologische Rayonisation einer rationellen urbanistischen Nutzbarkeit der geologischen Umwelt*

Die komplexe Bewertung der auserwählten Faktoren der geologischen Umwelt münet in die Erstellung einer resultierenden Rayonisierung, welche die rationellste Nutzung der Umwelt für die Urbanisierung, vom Standpunkt deren geologischer Eigenschaften veranschaulicht. Bei Einhaltung des Prinzips, dass alle bei der semiquantitative Bewertung in Kategorie III eingereichten Faktoren, für eine Urbanisierung ungünstige Bedingungen darstellen, kann

man Milieus vom Typ 3 (d. i. Umwelt mit grosser Bedrohung, ungeeignet und maximalen Schutz erforderlich) vom ingenieurgeologischen Standpunkt für geologische Hindernisse für eine Urbanisierung erachten. Geologische Hindernisse stellen jedoch auch Umwelten dar, die bei den Teilbewertungen dem Typ 2 zugeordnet wurden. Gebiete mit solchen Bewertungen müssen Urbanisierungen städtischen Charakters ausweichen, um nicht in ernste Konflikte mit der geologischen Umwelt zu gelangen, welche sie bedingen.

Die resultierende Rayonisierungskarte einer urbanistischen, rationellen Nutzbarkeit der Umwelt (Abb. 4) wurde konstruiert durch das transparente Aufeinanderlegen der Karten von der Bedrohung, Eignung und dem Schutz der Umwelt nach folgenden Prinzipien:

A. *Die urbanistisch gut nutzbare geologische Umwelt* (Kombinationen von Umwelten des Typs 1 + 1 + 1; 1 + 1 + 2) zeichnet sich durch das Vorkommen silcher Faktoren aus, welche nicht im Gegensatz zu einer urbanistischen Nutzung stehen.

B. *Die urbanistisch bedingt nutzbare geologische Umwelt* (Kombinationen von Umwelten des Typs 1 + 2 + 2; 1 + 1 + 3) zeichnen sich durch das Vorkommen von Faktoren aus, welche verschiedenermaße ein urbanistische Nutzung einschränken. Die Urbanisierung muss dem Charakter der geologischen Umwelt angepasst werden, beim Bau konkreter Objekte sind ingenieur-technische Vorkehrungen zur Sicherung ihrer Dauerhaftigkeit notwendig, aber die Umwelt ist auch für andere Arten der Nutzung geeignet.

C. *Die urbanistisch schwer nutzbare geologische Umwelt* (Kombinationen von Umwelten des Typs 1 + 2 + 3; 1 + 3 + 3; 2 + 2 + 2; 2 + 2 + 3; 2 + 3 + 3 + 3) zeichnen sich durch das Vorkommen solcher Faktoren aus, welche die Urbanisierung technisch erheblich komplizieren, verteuren, ingenieur-technische Massnahmen sind am Grossteil der geplanten Objekte notwendig, oder die Urbanisierung gelangt in ernsten Konflikt mit anderen möglichen Arten der Nutzung der Umwelt. Die Lösung der Urbanisierungsabsichten erfordert hier retaillierte Studien und Erkundungen, oder eine Umwertung der gesellschaftlichen Interessen bei der Nutzung der Umwelt auf lange Sicht.

##### 5. Ingenieursgeologische Bewertung der Nutzbarkeit der geologischen Umwelt und der geplanten Urbanisierung auf dem Gebiet der Stadtregion von Bratislava

Beim Vergleich der Karte der Rayonisierung einer rationellen urbanistischen Nutzbarkeit mit der geplanten Urbanisierung (veranschaulicht durch die Verteilung der hauptsächlichen Siedlungsgagglomeration gemäss dem Urbanisierungsprojekte von B. Krampl u. Koll., 1974) kann konstatiert werden:

- die vorgeschlagene urbanisierende Nutzung steht mit der geologischen Umwelt der Standregion in keinem prinzipiellen Konflikt,

- limitierende Einflüsse der geologischen Umwelt treten an kleinen Flächen des Gebietes in Erscheinung (Teil des Urbanisierungsstreifens in der Umgebung von Malacky, Modra und Senec) hauptsächlich bei einzelnen anspruchsvollen Objekten,

- besondere Aufmerksamkeit muss dem Kern der Agglomeration — Bratislava — zugewendet werden, zumal im Zusammenhang mit dem Vorkommen

aggressiver Grundwässer und aus Aufschüttungen bestehenden Baugründen; der Siedlungsaufbau ist in diesem Gebiet jedoch praktisch beendet und die Massnahmen betreffen bloss eine geringe Anzahl, jedoch anspruchsvoller und wichtiger Objekte,

— urbanistische Objekte, die potentielle Verunreiniger des Grundwassers sind (Industrie- und kommunale Betriebe, landwirtschaftliche Grossproduktionsstätten) müssen auf dem Territorium der Schüttinsel (Žitný ostrov) besonders sorgfältig beurteilt werden,

— die entworfene ingenieursgeologische Bewertung ist in den urbanistischen Gebieten realistierbar und leistet der gebietsplanenden Dokumentation auf dem Niveau von Mikrolösungen des Urbanisierungsprojektes bis zum Jahre 2000.

Übersetzt von E. Walzel

#### SCHRIFTTUM

- BUJALKA, P. a kol., 1971: Mapa zásob podzemných vod Slovenska a ich ochrana. Vodozdroj, Bratislava, 74 S.
- KRAMPL, B. a kol.: 1974: Projekt urbanizácie SSR — Mikroriešenie bratislavskej urbanizačnej oblasti, URBION, Bratislava, 220 S.
- LEGGET, R. F., 1973: Cities and Geology. McGraw — Hill. Comp., New York, 557 S.
- LETKO, V., 1977: Inžinierskogeologicke hodnotenie prostredia pre urbanizáciu (kandidátska dizertačná práca). PFUK Bratislava, 160 S.
- LETKO, V. — MATULA, M., 1979: Inžinierskogeologicke podmienky rozvoja mestského regiónu Bratislav. Zborník k 80. narodeninám akad. Q. Zárubu, Praha, 10 S.
- MATULA, M., 1979: Inžinierska geológia a racionálne využívanie prostredia. Zborník k 80. narodeninám akad. Q. Zárubu, Praha, 17 S.
- MATULA, M. — LETKO, V., 1976: Životné prostredie — nová dimenzia v geologicom výskume miest. AFRNUC — Formatio et protectio naturae, S. 3—21.
- MOLNÁR, A., 1971: Ohrozenie lokalít západoslovenského kraja od zemetrasenia a mapy seízmicity. SAV Bratislava, 38 S.
- MRÁZIK, A. kol., 1974: Projekt urbanizácie SSR do roku 2000-makroriešenia. URBION Bratislava, 200 S.
- ŤAPÁK, M. a kol., 1974: Stavebné suroviny SSR (západoslovenský kraj). GP Spišská Nová Ves, 121 S.

Zur Veröffentlichung empfohlen  
von M. MATULA

Manuskript eingegangen am  
23. April 1979