

INHALT:

Walter Wamser:

Ingenieurgeologische Untersuchungen im Bereich der Stadt Karl-Marx-Stadt

I. Einleitung	5
II. Einige Faktoren der städtebaulichen Situation von Karl-Marx-Stadt . .	12
III. Ingenieurgeologische Untersuchungen im erzgebirgischen Anteil von Karl-Marx-Stadt	14
IV. Ingenieurgeologische Untersuchungen im Erzgebirgischen Becken . .	22
V. Ingenieurgeologische Untersuchungen im Frankenberg - Hainichener Zwischengebirge	37
VI. Ingenieurgeologische Untersuchungen im granulitgebirgischen Anteil von Karl-Marx-Stadt	43
VII. Ingenieurgeologische Untersuchungen im Deckgebirge von Karl-Marx- Stadt	45
VIII. Die abschließende Zusammenfassung der ingenieurgeologischen Unter- suchungen	51
IX. Literaturverzeichnis	52
Profile und Karten	54-58

Johannes Zieschang:

Die hydrogeologischen Verhältnisse der Unterrotliegend- Mulde bei Karl-Marx-Stadt

Vorbemerkung	61
1. Einleitender geologischer Überblick	62
2. Petrographie der Gesteine des Unterrotliegenden im Hinblick auf die Grundwasserführung	65
3. Die Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeiten der unterrotliegenden Ge- steine	67
4. Zusammenfassung der geologischen Ergebnisse	72
5. Einzugsgebiet und Grundwasserneubildung	73
6. Die Grundwasserführung	76
7. Grundwassernutzung und -ergiebigkeit	80
8. Betrachtungen zum Grundwasserhaushalt	82
9. Chemie des Grundwassers	83
Tafeln I-V	84-89

Ingenieurgeologische Untersuchungen
im Bereich der Stadt Karl-Marx-Stadt

Überarbeitete und gekürzte Fassung der Diplomarbeit gleichen Themas
an der Bergakademie Freiberg 1956

von

Walter WAMSER, Berlin

Staatliche Geologische Kommission
der Deutschen Demokratischen Republik

I. Einleitung

1. AUFGABENSTELLUNG

Die Ingenieurgeologie ist ein Zweig der angewandten Geologie. Sie hat besonders in den letzten Jahren im internationalen Maßstab eine wachsende Bedeutung erlangt. Als Grenzgebiet zwischen Geologie und Bauingenieurwesen deutet die Ingenieurgeologie die geologischen Arbeitsergebnisse u. U. durch Zuhilfenahme bodenphysikalischer und bodenmechanischer Untersuchungen für die Bedürfnisse der Siedlungsplanung und Bauprojektierung und schafft damit überhaupt erst die Voraussetzungen für ein sicheres, billiges und zweckmäßiges Bauen.

In den Jahren nach 1945, vor allem aber seit dem Bestehen der DDR, haben die Ingenieurgeologen eine umfangreiche, vielseitige und verantwortliche Arbeit geleistet und am Aufbau des Sozialismus in unserer Republik hervorragend mitgewirkt. Die Ingenieurgeologie ist deshalb heute aus dem System unserer Volkswirtschaft nicht mehr wegzudenken. Sie erarbeitet wichtige Grundlagen für die Erfüllung unserer Volkswirtschafts- und Perspektivpläne und trägt in nicht geringem Maße zur Verwirklichung der ökonomischen Hauptaufgabe unseres Staates bei.

Die Mitwirkung der Ingenieurgeologie bei der Planung und Projektierung erfolgt durch Abgabe ingenieurgeologischer Gutachten und Stellungnahmen entsprechend der Deutschen Bauordnung („Richtlinien für die ingenieurgeologische Mitarbeit der Staatlichen Geologischen Kommission bei Bauvorhaben“ [6]). In einfachen Fällen genügt eine ingenieurgeologische Erklärung, welche die Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit vorgesehener Planungs- oder Projektierungsmaßnahmen vom ingenieurgeologischen Standpunkt aus einschätzt bzw. die ingenieurgeologische Mitarbeit fordert oder für nicht notwendig erachtet.

So erfolgreich und wichtig die ingenieurgeologische Begutachtungstätigkeit in der zurückliegenden Zeitspanne des Aufbaues auch war, die bisher geübte Praxis reicht für die Lösung der vor uns liegenden größeren und umfassenderen Aufgaben nicht mehr aus. Die Einschaltung der Ingenieurgeologie bei jedem einzelnen kleineren Bauprojekt ist zu umständlich, zeit- und kräfteraubend und erfordert, insgesamt gesehen, einen zu hohen Aufwand. Eine rationelle Arbeitsweise verlangt ingenieurgeologische Unterlagen, die für größere Gebiete eine brauchbare, allgemeingültige Grundlage bilden. Zur Erfüllung dieser Forderung wird die ingenieurgeologische Kartierung bzw. die Anfertigung von Baugrundkarten notwendig. Gegenwärtig arbeiten die Ingenieurgeologen der Staatlichen Geologischen Kommission an diesem Problem, um eine gewisse Vereinheitlichung in den Darstellungsarten zu erzielen.

Deshalb erscheint der gegenwärtige Zeitpunkt günstig, um mit einer Arbeit vor die Öffentlichkeit zu treten, die 1956 entstand und mit welcher der Verfasser versuchte, dem dargelegten Problem näherzukommen. Da es sich um ein Stadtgebiet im Gebirge handelte, standen Vorbilder nicht zur Verfügung.

Die Aufgabe lautete, die ca. 130 km² große Fläche des Stadtgebietes von Karl-Marx-Stadt ingenieurgeologisch zu untersuchen und die Ergebnisse in übersichtlicher Form auf Karten darzustellen. Die Dringlichkeit der Angelegenheit stellte dem Autor für die Lösung dieser Aufgabe eine relativ kurze Frist.

Daß eine solche Aufgabe überhaupt gestellt wurde, ist der Weitsichtigkeit und Initiative des Amtes für Aufbau beim Rat der Stadt Karl-Marx-Stadt, dem Geologischen Institut der Bergakademie Freiberg und dem Geologischen Dienst Freiberg zu verdanken. Nachdem mir nicht nur von den örtlichen Organen, sondern auch von seiten der Fachkollegen ein Interesse am Kennenlernen der Ergebnisse bekundet wurde, habe ich mich entschlossen, diesen Wünschen nachzukommen. Der von dem Herausgeber eingeräumte Rahmen gestattet nicht, den Gesamtumfang der Arbeit zu drucken. Es kann deshalb nur eine gekürzte Überarbeitung vorgelegt werden, die gleichzeitig als Einführung in die Geologie von Karl-Marx-Stadt den Auftakt der wiedererstandenen Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde darstellt.

2. ZUR ENTWICKLUNG DER INGENIEURGEOLOGISCHEN KARTIERUNG

Die Baugrunderkartierung hat bis in die jüngste Zeit nicht die Berücksichtigung gefunden, die sie vom Standpunkt der angewandten Geologie aus verdient hätte. Die Geologen waren in der Vergangenheit zu sehr durch ihre eigenen geologischen Kartierungsaufgaben in Anspruch genommen, als daß sie sich noch mit mehr oder weniger fremdartig empfundenen technischen Kartierungen hätten abgeben können. Ist doch selbst die in den 70er Jahren nach vielen Schwierigkeiten und mancherlei Meinungskämpfen ins Leben gerufene geologische Spezialkartierung des Flachlandes (Maßstab 1 : 25 000) in den 30er Jahren unseres Jahrhunderts zum Erliegen gekommen und nicht vollendet worden. Unter diesen Umständen war an eine Baugrunderkartierung bzw. eine ingenieurgeologische Kartierungstätigkeit durch Geologen gar nicht zu denken, und die Mitarbeit der Geologie bei der Siedlungsplanung und Bauprojektierung erschöpfte sich in der Abgabe einzelner gutachtlicher geologischer Äußerungen mit den dazu gehörigen Dokumentationsunterlagen, Skizzen, Profilen, Schnitten.

Von bautechnischer Seite aus sind zuweilen baugrundertechnische Befundkarten angefertigt worden, in die gewisse örtliche Erscheinungen wie z. B. zugefüllte alte Wasserläufe, aufgeschüttete Geländeteile, alte Steinbrüche und Gruben usw. eingetragen wurden. An die Aufstellung ingenieurgeologischer Karten ging man seitens der Bautechnik verständlicherweise nicht heran, weil diesem Berufszweig die dazu notwendigen Arbeitsgrundlagen und wissenschaftlichen Hilfsmittel entweder nicht zur Verfügung standen oder nicht ausgewertet werden konnten. Voraussetzung zur Durchführung der ingenieurgeologischen Kartierung ist die Beherrschung und Ausschöpfung der allgemeinen geologischen Grundlagen und die Kenntnis der regionalen geologischen Besonderheiten.

Eine Sonderstellung nimmt die in den Jahren 1919 und 1920 von E. Moldenhauer unter Stremmes Leitung bearbeitete und in der Literatur öfter genannte Baugrunderkarte von Danzig ein. Dargestellt wurde die Art und Tiefe des „tragfähigen Baugrundes“. Diese Methode hat in der Folge nur wenig Nachahmung gefunden, sollte aber, wenigstens im Flachlande, stärker beachtet werden.

Eingang in die Siedlungs- und Bauplanung fand die Behandlung der kartenmäßigen Darstellung der Baugrunderverhältnisse erst über die **Bodenkartierung**. Hier war es vor allem die Stremmesche Schule, die sich bemühte, „Baugrunderkarten“ auf bodenkundlicher Grundlage zu schaffen. Stremme hatte bekanntlich an die Arbeiten der russischen und der sowjetischen Bodenkundler angeknüpft und deren Lehre von der Bodenentwicklung und den Bodentypen weiter-

entwickelt. Einen besonderen Auftrieb in dieser Richtung gab der II. Internationale Bodenkongress in Leningrad und Moskau im Jahre 1930. Zwei Jahre darauf wurde von Stremme ein geologisch-bodenkundliches Kartenwerk von Danzig vorgelegt. Hauptbestandteile waren ein geologisches Blatt und ein bodenkundliches Blatt. Hieran anschließend wurden dann verschiedene Nutzungsblätter entwickelt. Zu diesen Nutzungsblättern gehörte auch eine Karte des Baugrundes. Nach diesen ersten Mustern wurden später noch einige weitere Beispiele von Kartierungen geschaffen. Auch sie beschränkten sich auf die Verhältnisse im Flachland und erfaßten nur kleinere Areale. Immer wurde dabei von bodenkundlichen Kartengrundlagen ausgegangen. Das gilt auch für einige nach 1945 in Westdeutschland bearbeitete Karten.

Erst die Baugrundkartierung von Hannover löst sich von dieser Methode und stützt sich vorwiegend auf geologische Grundlagen.

Überblickt man noch einmal die Entwicklung, so ist festzustellen, daß eine Methodik für die Kartierung des Baugrundes im Gebiet der Felsgesteine bzw. im Gebirgsland bis zur Bearbeitung des Stadtgebietes von Karl-Marx-Stadt nicht vorlag. Dies war die Situation, als der Verfasser den Auftrag erhielt, über die ingenieurgeologischen Verhältnisse der aus dem Schutt und der Asche des zweiten Weltkrieges wieder erwachten Stadt Untersuchungen durchzuführen und darauf aufbauend Unterlagen zu liefern, die von den Städtebauern, Architekten und Bauingenieuren zur Lösung ihrer Planungs- und Projektierungsaufgaben benötigt wurden.

3. ZUR SYSTEMATIK VORLIEGENDER ARBEIT

Die zur Bearbeitung zur Verfügung stehende Zeit war knapp, die Zahl der Aufschlüsse im Stadtgebiet nur gering. Ergebnisse spezieller Baugrunduntersuchungen lagen dem Autor nur ungenügend vor, denn eben damals erst wurde mit solchen Untersuchungen für Zwecke der Bauprojektierung begonnen. Diese Umstände bestärkten den Verfasser in seinem Entschluß, als erstes Arbeitsprinzip eine Einteilung des Kartierungsgebietes in ingenieurgeologische Regionen und des weiteren eine Gliederung in baugrundgeologische Einheiten nach der vorhandenen Spezialkarte vorzunehmen. Da die Karte teilweise nicht mehr den inzwischen gesammelten Erkenntnissen entsprach, war es notwendig, bei den Angaben den neuesten Stand zu berücksichtigen.

Der zweite Schritt mußte die Klassifizierung dieser so ausgesonderten Schichtenkomplexe hinsichtlich ihres baugrundtechnischen Verhaltens sein. Dies erforderte eine Prüfung und Einschätzung der Gesteinsarten nach ihren gesteinsphysikalischen Eigenschaften.

So ergab sich für jede ingenieurgeologische Region folgende Arbeitsgliederung:

1. Geologische Entwicklung der Region und Aufteilung in baugrundgeologische Einheiten
2. Beschreibung der Morphologie
3. Hydrogeologie
4. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse (Beschreibung und Beurteilung) der baugrundtechnischen Einheiten

Bei den ingenieurgeologischen Untersuchungen konnte sich der Verfasser auf die grundlegenden Erkenntnisse der Fachliteratur, insbesondere der Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte stützen, ferner auf die Ergebnisse von mehreren hundert Bohrungen, zahlreiche Baugrubenuntersuchungen und Geländestudien.

4. METHODIK DER INGENIEURGEOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN

A. Beschreibung und Beurteilung der baugrundgeologischen Einheiten

Gegenstand der ingenieurgeologischen Untersuchungen und der daraus sich ergebenden baugrundtechnischen Folgerungen und Aussagen sind die baugrundgeologischen Einheiten. Die Untersuchungen erstrecken sich auf die folgenden charakteristischen Merkmale:

a. Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung der Schichtenkomplexe.

Ausgehend von der geologischen Spezialkarte und den ergänzenden Untersuchungen wurden die Lagerungsverhältnisse und die Mächtigkeit der Schichtenkomplexe beschrieben und ihre Verbreitung in der Karte 1 : 10 000 mit Flächenfarben und Symbolen eingetragen. Neuere Erkenntnisse wurden berücksichtigt. Teilfragen wurden anhand der Bohrungen, Aufschlüsse und Geländebefahrungen geklärt.

b. Petrographische Beschaffenheit.

Die Petrographie mußte Berücksichtigung finden, um den interessierten Benutzer auch gesteinskundliche Einzelheiten nahebringen zu können und insbesondere Anhaltspunkte für die Einteilung der Gesteine nach dem Keilschen Festigkeitsprinzip zu erhalten.

c. Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip.

In Anlehnung an KEIL (11) wurden die Gesteine nach folgendem Prinzip eingeteilt:

Feste Felsgesteine,

Veränderlich feste Felsgesteine,

Rollige Lockergesteine,

Bindige oder haftfeste Lockergesteine,

Feste Felsgesteine

Hierzu gehören folgende Gesteine, soweit sie noch nicht von der Verwitterung ergriffen worden sind:

Quarzporphyr (P), kristalliner Kalkstein (k), grobe Konglomerate der cu.-Serie, silifizierter Porphyrtuff (Ts).

Veränderlich feste Felsgesteine

Sie verändern ihre Gefügesteifigkeit unter dem Einfluß des Wassers; hierzu gehören u. a.:

die Phyllite (cb), die Hornblende- und Quarzitschiefer (h, q), die Schieferletten ($ru_1 - ru_2$), die Unteren Porphyrtuffe (Tu), Pechstein (Pe), Muskovitglimmerschiefer (m) und z. T. die Sandsteine tonigen Bindemittels.

Rollige Lockergesteine

Die Tragfähigkeit dieser Schichten wird durch Einlagerungen von bindigen

und organischen Schichten vielfach beeinträchtigt. Zu den rolligen Lockergesteinen rechnen die pleistozänen und holozänen Flußschotter und die pleistozänen Sande und Kiese.

Bei der Kartierung wurden berücksichtigt:

diluviale Flußschotter ($d_{1\mu}$; d_3)

diluviale Glazialkiese und -sande ($d_{1\gamma}$)

holozäne Flußschotter und Flußkiese (ak).

Bindige und haftfeste Gesteine

sind nach KEIL Gesteine veränderlich fester Gefügestruktur. Hierzu gehören Lehme und Tone. Im Kartierungsgebiet kommen vor: Gehängelehm (d_3), Lößlehm (d_4), Geschiebelehm (d_2), Bändertone (B). Außerdem ist das Vorkommen von Schichten zu beachten, in denen starke organische Beimengungen oder Torfeinlagerungen (Torflinsen) auftreten: (Auelehm (al), Wiesenlehm (a_8)).

Sogenannter schwach verfestigter Boden, wie z. B. Löß, der eine Zwischenstellung zwischen dem rolligen und haftfesten Boden einnimmt, ist in Karl-Marx-Stadt als anstehend nicht bekannt, da er zu Lößlehm (d_4) umgewandelt ist.

d. Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

In der vorliegenden Veröffentlichung wird bei der Beschreibung der ingenieurgeologischen Regionen auch auf die hydrogeologischen Grundzüge eingegangen. Außerdem ergeben sich gewisse Folgerungen in dieser Hinsicht aus den für die einzelnen baurundgeologischen Einheiten gemachten Angaben über die „Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip“. Darüber hinaus wird der Einfluß des Wassers auf den Baugrund wegen der großen Bedeutung für den Nachweis von Baugrundschwächen und einer Minderung der Baugrundgüte in jedem Fall noch gesondert behandelt.

e. Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten.

In Ergänzung der oben angeführten Merkmale erfolgt noch zusätzlich eine Beschreibung über das Vorkommen setzungsempfindlicher Schichten. Zur Lösung dieser Teilaufgaben wurde die Gelegenheit, die Konsistenz der lehmigen und tonigen Schichten in den frischen Aufschlüssen der zahlreichen Baugruben anhand von Knetproben zu untersuchen, ausgiebig genutzt. Die Genauigkeit der Versuche wird den Anforderungen einer Vorplanung genügen (6).

f. Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit.

Die Frostempfindlichkeit ist bei der Projektierung und Ausführung von Verkehrsbauten, vor allem von Straßenbauten, von großer Bedeutung und wird jeweils in einem besonderen Abschnitt gewürdigt. Gleichzeitig wird auf die Möglichkeit von Rutschungen aufmerksam gemacht.

g. Tragfähigkeit des Baugrundes.

Um den Ingenieuren des Bauwesens die Benutzung der Baugrundkarte zu erleichtern, wird in den Erläuterungen auch auf die Tragfähigkeit der für die Gründung in Frage kommenden Bodenschichten eingegangen. Es werden zahlenmäßige Angaben gemacht, innerhalb welcher die zulässigen Boden-

pressungen liegen. Bekanntlich hängen die zulässigen Bodenpressungen nicht nur von den Tragfähigkeitseigenschaften des Bodens, sondern auch von der Art der Bebauung, von der Form und Größe der Gründung, der Breite der Fundamente usw. ab. Im vorliegenden Fall hat der Verfasser an eine drei- bis viergeschossige städtische Bebauung gedacht und diese als Norm für die Tragfähigkeitsangaben zugrunde gelegt.

- h. Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen wurde jeweils in einem besonderen Abschnitt hervorgehoben.
- i. Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen sollen nach Möglichkeit in jeder ingenieurgeologischen Übersichtsbeurteilung enthalten sein und sind daher auch in den Erläuterungen zur vorliegenden Kartierung gegeben worden.

B. Die baugrundtechnische Charakterisierung einiger Geländepunkte durch das Sektorenverfahren.

Um die flächenhafte Aussage über die Tragfähigkeit des Baugrundes durch die baugrundtechnische Charakterisierung einzelnen Geländepunkte präzisieren zu können, wurde die von Dr. Dr. HANS KÖHLER, Geologischer Dienst Freiberg, entwickelte Radialsignatur verwendet. Mit dieser Methode gelang es, die zulässige Belastung in Abhängigkeit von den jeweils erbohrten geologischen Profilen bis zu einer Tiefe von 12 m zeichnerisch darzustellen. Diese Signaturen erscheinen auf der Baugrundkarte als unregelmäßig über das Gebiet verstreute Kreise, die in Sektoren eingeteilt werden. Man denke sich die Kreise als Zifferblätter von Uhren, die mit den Zahlen 1 bis 12 versehen sind. Die gedachten Meterangaben beziehen sich auf die Tiefe unter dem Ansatzpunkt einer Bohrung. Die Uhren lassen sich in vier Sektoren einteilen. Im Uhrzeigersinn gelesen entspricht dem ersten Sektor eine Belastung von 0 bis 1 kg/cm², dem zweiten eine Belastung von 1 bis 2 kg/cm², dem dritten eine Belastung von 2 bis 3 kg/cm² und dem vierten eine Belastung von mehr als 3 kg/cm². Ist einer gut tragfähigen Schicht eine schlecht tragfähige Schicht eingelagert, so wird der entsprechende Sektor dunkel gefärbt. Ist ein Teil der 12 m Tiefe erfassenden Uhr schraffiert, so hat die Bohrung diese Tiefe nicht mehr erreicht. Der Grundwasserstand wird durch einen gestrichelten Radius angegeben, der über die Peripherie der Uhr herausragt.

Jede Uhr bezieht sich auf eine bestimmte Bohrung. Nicht jede auf dem Bohrplan eingetragene Bohrung konnte zu einer Belastungsuhr umgestaltet werden, da die Bohrungen mitunter zu eng nebeneinander lagen, so daß sich die Uhren überschneiden hätten. Es ist deshalb notwendig, bei der Beurteilung des Baugrundes auch die in dem Bereich einer Uhr liegenden Bohrungen an Hand des Bohrplanes und des Bohrregisters zu berücksichtigen.

C. Einteilung des Baugrundes nach Qualitätsgraden auf Grund der Tragfähigkeitseigenschaften.

Ein wesentliches Ziel der Untersuchungen war es, Werte über die Tragfähigkeiten des Baugrundes zu liefern. Da sowohl die Konsistenz der haftfesten Lockergesteine als auch der Klüftigkeitsgrad der Felsgesteine auf weitem Raum großen Schwankungen unterworfen sind, die Tragfähigkeit der Sande und Kiese von der Gründungsbreite und -tiefe abhängt, schwanken auch die angegebenen Belastungswerte in mitunter recht weiten Grenzen. Besonders ist dies bei den Felsgesteinen (diagenetisch verfestigte Sedimentgesteine, kristalline Schiefer und Eruptivgesteine) der Fall, in denen die Klüftigkeit mit zunehmender Tiefe abnimmt, weshalb in gleichem Maße die Belastungswerte erhöht werden können.

II. Einige Faktoren der städtebaulichen Situation von Karl-Marx-Stadt

1. DIE GEOLOGISCHE SITUATION.

Das Stadtgebiet von Karl-Marx-Stadt umfaßt verschieden große Abschnitte vier regional-geologischer Einheiten Sachsens.

Während der größte Teil der Stadt im Erzgebirgischen Becken liegt, welches mit den Ablagerungsprodukten des Unter- und Oberrotliegenden (ru, ro), des Oberkarbons von Flöha (co) und des Karbons von Chemnitz-Hainichen (cuo) angefüllt ist, greift der NW-Teil auf das Frankenberg-Hainichener Zwischengebirge (Phyllit-Leptit-Gneiszone und Niederwieser Serie) (NWS) und den Schiefermantel (m) des Granulitgebirges (Totensteinplatte), der südwestliche Teil auf den Schiefermantel (cb) des Erzgebirges (Löfnitz-Zwönitzer Zwischenmulde) über (Taf. I).

2. KLIMATOLOGISCHE SITUATION (8)

Das Klima von Karl-Marx-Stadt ist ein typisches Jahreszeitenklima mit vorherrschenden Westwinden. Die Winter sind charakterisiert durch sich ablösende strenge Frostperioden (Monatsmittel Februar = $0,4^{\circ}\text{C}$) und mildes Tauwetter. Die zunehmende Erwärmung des Erdbodens im Frühling mit warmen Tagen und kalten oder kühlen Nächten wird von Kälteeinfällen unterbrochen. Die Sommer sind in der Regel kühl und regnerisch (Monatsmittel Juli $17,3^{\circ}\text{C}$). Warmes und beständiges Wetter ist im Herbst vorherrschend. Das Jahrestemperaturmittel liegt in 312 m Höhe bei $8,1^{\circ}\text{C}$. Die jährlich gleichbleibende Bodentemperatur beträgt in 300 m Seehöhe 9°C , in 500 m Seehöhe $7,9^{\circ}\text{C}$. Die Frosttiefe zeigt für verschiedene Gesteine unterschiedliche Werte. Laut deutscher Bauordnung sind erst Tiefen ab 1,60 m bzw. 1,70 m als frostfrei anzusehen. Die mittlere Jahresniederschlagsmenge erreicht 720 mm, davon fallen 55 % im meteorologischen Sommerhalbjahr. Zu den ergiebigsten Regenspendern gehören neben örtlichen Wärmegewittern, die an den Gebirgshängen auftreten, vor allem Niederschlagsfronten aus westlichen und nordwestlichen Richtungen. Dabei können auf engem Raum in kurzer Zeit bedeutende Wassermengen niedergehen, die in Karl-Marx-Stadt oft zu Hochwässern führten.

3. TOPOGRAPHISCHE SITUATION

SINGER (22) definiert die topographische Lage als „die in geschichtlicher Zeit durch Naturereignisse oder Eingriffe der Menschen herbeigeführten Veränderungen des Geländes“. Die gestaltende Tätigkeit des Menschen hat zu Störungen der natürlichen Lagerungsverhältnisse geführt, die zu kennen für die Beurteilung der heutigen Baugrundsituation wichtig ist.

Über den Zeitpunkt der Anlage und der ersten Besiedlung von Karl-Marx-Stadt ist sich die Stadtforschung noch im unklaren. Die ersten Aufzeichnungen über die Stadt stammen aus den Jahren 1143 und 1264. Sie beweisen lediglich, daß sich Karl-Marx-Stadt in dieser Zeit bereits zu einer mauerumwehrten Stadt mit einer Kirche und Siedlungen außerhalb der Stadtmauer entwickelt hat. Der Stadtkern war von einer Mauer mit Wehrtürmen und einem Stadtgraben umgeben. Aufschüttungen zu beiden Seiten des ehemaligen Stadtgrabens geben noch heute morphologisch die Lage der alten Ummauerung an. Mit der Ummauerung der Stadt mag der Lauf der Chemnitz, die ursprünglich den Stadtkern durchflossen hat (4, 25, 26), in seine heutige Richtung verlegt worden sein. Die stark mäandrierende Chemnitz und ihre Zuflüsse wurden später begradigt und im 19. Jahrhundert kanalisiert. Der Schloßteich ist 1493 von Mönchen des Bergklosters zur Karpfenzucht angelegt worden.

Die kapitalistische Industrialisierung im 19. Jahrhundert entwickelte Karl-Marx-Stadt zur Großstadt. Im 2. Weltkrieg wurden durch Luftangriffe erhebliche Teile der Stadt, besonders des Stadtinnern, zerstört. In diesem seit altersher bebauten Stadtteil ist deshalb mit einer beträchtlichen Schuttdecke und Resten früherer Bauwerke zu rechnen. Auch Knüppeldämme und Bohlenwege wurden des öfteren ausgegraben.

Zahlreiche Eingriffe des Menschen in die natürlichen Lagerungsverhältnisse des Baugrundes spiegeln sich in den betriebenen oder auflässigen Steinbrüchen, Lehmgruben und Schächten wider. Die Kenntnis der Lage dieser Aufschlüsse ist für die Bauprojektierung wichtig. Sie setzt das Studium alten Kartenmaterials voraus. Ein Verfüllungsplan wurde der Originalarbeit beigelegt.

Durch Schächte und Tiefbohrungen sind in den rotliegenden Schichten der ru_1 - und ru_2 -Stufe schwache Kohlenflöze angetroffen worden. Ein Nachweis über den Abbau der geringmächtigen Flöze konnte nicht geführt werden. Die vermeintlichen Bergbaugebiete wurden im Verfüllungsplan umgrenzt und durch die TBI Freiberg für eine drei- bis viergeschössige Bebauung zugelassen.

Auch Erzbergbau scheint in verschiedenen Teilen der Stadt umgegangen zu sein, z. B. in Rabenstein und am Hüttenberg (9). Über Lage und Erhaltungszustand dieser Bergbaubetriebe ist jedoch nichts bekannt.

Sichere Angaben über das Vorhandensein unterirdischer Abbaufelder sind von dem ehemaligen Kalkwerk Rabenstein (Unterirdische Felsendome) vorhanden (1). Der Kalk wurde sowohl im Tagebau als auch unterirdisch auf vier Sohlen gewonnen. Die erste Sohle liegt 7 bis 9 m untertage, die zweite Sohle 6 bis 9 m unter der ersten, die dritte und vierte Sohle 5,5 bis 7,5 m bzw. 10 bis 15 m unter der zweiten Sohle. Das Lager ist auf der zweiten Sohle etwa 300 m horizontal erschlossen. Sicherheitspfeiler stützen die ausgeräumten Abbaustrecken (15).

III. Ingenieurgeologische Untersuchungen im erzgebirgischen Anteil von Karl-Marx-Stadt (Löbnitz-Zwönitzer Zwischenmulde)

1. GEOLOGISCHE ENTWICKLUNG

Die sudetische Hauptfaltungsphase der varistischen Orogenese (Oberes Unterkarbon) hat alle älteren paläozoischen Gesteine strukturell verändert. Es ist wahrscheinlich, daß ordovizische Ablagerungen auch in diesem Gebiet vorhanden waren. Ihre tonigen Komponenten wurden in der sudetischen Phase epizonal in tonschieferähnliche Phyllite (cb) umgewandelt. Die in den Phylliten vorhandenen Einlagerungen von Hornblende- (h) und Quarzschiefen (q) sind als eingefaltete und metamorph veränderte paläozoische Gesteine anzusehen. Die Hornblendegesteine gingen wahrscheinlich aus devonischen Diabaslagern hervor (16). Die sudetische Phase führt auch zu Einfaltungen, Mulden- und Sattelbildungen, deren Achsen in NO-SW-Richtung streichen und voneinander durch Dislokationen getrennt sind. Das skizzierte Gebiet umfaßt das eingemuldeten Silur von Euba als Fortsetzung der Hartensteiner Mulde. Im SO schließt sich der Stollberger Sattel mit dem Adelsberg an (23).

Die erzgebirgische Phase (etwa Namur B) führte zu einer verstärkten Heraushebung der Erzgebirgsantiklinale, die eine nachfolgende starke Abtragung bedingte. In der saalischen Phase (zwischen Unter- und Oberrotliegendem im Erzgebirgischen Becken) rissen NW-gerichtete Störungen auf. Das ganze Mesozoikum und Tertiär hindurch war dieses Gebiet Abtragungsort. Das nordische Eis drang nicht bis zur Löbnitz-Zwönitzer Zwischenmulde vor. Reste diluvialer Ablagerungen sind die nur stellenweise aufgeschlossenen Flußschotter (d_3) und der sie überlagernde Gehängelehm (d_5). Als jüngste Sedimente treten in den Flüssen und Bächen alluviale Sande und Kiese (ak) und Wiesenlehm auf (a_8).

2. MORPHOLOGIE

Das Schiefergebiet weist wellige bis hügelige Geländeformen auf und besitzt eine schwache Neigung nach NNW. Die höchsten Erhebungen sind die Höhe östlich Reichenheim (450,3 m), der Adelsberg (442,6 m) und der Pfarrhübel (435,5 m). Sie liegen um etwa 100 m höher als die Talsohle der sie durchschneidenden Flüsse. Das Relief des Terrains ist bedingt durch die Haupttäler der Würschnitz und Zwönitz. Das Tal der Würschnitz ist in dem Phyllit eng und steil. Die steilwandigen Prallhänge liegen den flacher geböschten Hängen des jenseitigen Ufers gegenüber. Nach dem Mündungsgebiet der Würschnitz zu werden die Hänge niedriger und flacher. Im Mündungsgebiet des Rotliegenden weitet sich das Tal schließlich aus. Die Zwönitz durchbricht zunächst das Schiefergebiet senkrecht zum Streichen der Gesteine. Vom Reichenheimer Grund bis zur Vereinigung mit der Würschnitz verläuft das Tal auf der Grenze zwischen Rotliegendem und Phyllit. Morphologisch zeichnet sich dieser Verlauf durch niedrige, aber steile Hänge im kristallinen Schiefer und durch eine flache weite Talau ohne Gehänge im Bereich des Rotliegenden aus. Im Phyllitgebiet bei Erfenschlag sind beide Talgehänge enger und steiler. An den steilen Hängen tritt der Fels oft als Klippe zutage. Ansonsten wird er von einer geringmächtigen Verwitterungsdecke lehmigen und sandigen Phyllitschuttes überlagert (0,5 m), der am Fuß der Gehänge mächtiger wird (1 m).

3. HYDROGEOLOGISCHE GRUNDZÜGE

Der feste unverwitterte Phyllit ist, wie alle kristallinen Schiefer, nur gering wasserdurchlässig. Die Wasserbewegung erfolgt auf Spalten, Klüften und Schieferungsebenen. Das Wasser sinkt der Schwerkraft folgend rasch in die Tiefe. Das Deckgebirge des Phyllits (Boden, Gehängelehm, Verwitterungsschutt) ist mäßig durchlässig. Infolge seiner geringen Mächtigkeit und des hügeligen Reliefs kann es die Niederschläge, die besonders im Sommer als gewittrige, kurzperiodische Regenschauer fallen, nicht fassen. Die Niederschläge fließen deshalb oberirdisch den Flüssen zu. Erfahrungsgemäß sind im Phyllit keine nutzbaren Wasservorräte vorhanden (9). Da sich das Wasser innerhalb der Verwitterungsdecke und in einem Teil der Klüfte talwärts bewegt, ist mit intermittierenden Schuttquellen zu rechnen. Diese Schuttquellen, die an Straßen- und Eisenbahneinschnitten, besonders aber an der Talsohle, zutage treten, sind für den Erdbau gefahrvoll. Die Wasser in kristallinen Gesteinen sind weich, teilweise unter 3° DHG (3) und dann betonangreifend.

4. DER BAUGRUND

a. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des tonschieferähnlichen Phyllits (cb).

Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit.

Die Streichrichtung des Phyllits ist erzgebirgisch (NO bis SW). Abweichungen nach N und O konnten beobachtet werden. Auch das Haupteinfallen der Schiefer schwankt. Gemessen wurden Werte zwischen 20 und 40° NW. Mitunter fallen die Schichten aber auch steiler oder flacher ein. Ursache für diesen wechselhaften Charakter war ein in der varistischen Orogenese von NW nach SO erfolgter Flankenschub, der die Phyllite nach SO zu auf die Rotgneise des Erzgebirges bewegt hat. Dabei sind durch streichende Verwerfungen voneinander getrennte Sättel und Mulden entstanden. Die Mächtigkeit der Phyllite wird in den Muldenzonen 300 m überschreiten, im Sattelscheitel mindestens noch 100 m betragen (23). Infolge des Flankenschubes, der zur Einfaltung der Hornblende- und Quarzitgesteine führte, sind an den Bewegungsflächen die Phyllite mylonitisiert worden. Dadurch wurde die Festigkeit der Gesteine an den Gesteinsgrenzen herabgesetzt und Anlaß zu einer tiefgreifenden Verwitterung geboten.

Petrographische Beschaffenheit und bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip

Die tonschieferähnlichen Phyllite weisen ein feinkörnig schieferiges, schwach kristallines Gefüge auf. Parallel den Schieferungsebenen spalten sie in dünnen und ebenen Lagen. Dünne quarzitisches Lagen verleihen ihnen stellenweise bandartiges Aussehen. Sie bestehen aus Chlorit, Serizit, Quarz und z. T. Feldspat und anderen Mineralien. Die gefügeveredelnde Wirkung der Regionalmetamorphose erhöhte zwar die Härte und Widerstandsfähigkeit der ursprünglichen Tonschiefer gegenüber der Verwitterung, konnte sie jedoch nicht zu festen Felsgesteinen umwandeln. Die wasseraffinen Zersetzungsmineralien und zerfallsbeschleunigenden Mineralien, wie z. B. Chlorit und Serizit, charakterisieren den veränderlich-festen Zustand der Phyllite.

Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Die Schieferungsebenen und Klüfte sowie die Zerrüttungszonen des Phyllits sind Schwäche zonen, in denen die Agenzien der Verwitterung, besonders das Sicker-

wasser, gute Angriffsmöglichkeiten fanden. An oder nahe der Erdoberfläche ist deshalb eine sandig-lehmige Gesteinschuttzone entstanden, die als veränderlich-festes Lockergestein zu bezeichnen ist. Sie war in einigen Bohrungen bis zu 60 cm mächtig. Nach der Tiefe zu nimmt die Menge der lehmigen Komponenten ab. Es liegt dann ein völlig zerrüttetes Schiefergestein vor. Diese Zone ist etwa 1 bis 2 m mächtig.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Das durch tektonische Bewegungen zerrüttete Gestein bot dem Sickerwasser gute Angriffsmöglichkeiten. Der Verwitterungsgrad nimmt mit der Tiefe ab und geht allmählich in das feste Gestein über.

Gesunder Phyllit ist ein Felsgestein mit sehr hohen E-Werten. Er besitzt eine geringe Zusammendrückbarkeit und ist als zersetzungsunempfindlich anzusehen. Das schließt jedoch nicht aus, daß in dem festen Felsverband setzungsempfindliche Gesteinspartien vorhanden sind. Geeignet für die Entstehung solcher Partien ist der felsige Untergrund des Zwönitz-Würschnitz-Flußbettes. Auch die mylonitisierten Bewegungsbahnen im Hangenden und Liegenden der Hornblende- und Quarzitschiefer verdienen in dieser Hinsicht Beachtung.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Auf den Schieferungsflächen, den Klüften und Rissen der Phyllite besteht die Möglichkeit der Eisbildung. Phyllite sind deshalb frostempfindlich. Die verschiedenen tiefe Auflockerung und Verwitterung, der unregelmäßige Verlauf der Klüfte und das wechselnde Einfallen der Schiefer können mäßige Frosthebungen zur Folge haben. Die Einwirkung von Wasser und Frost kann an dem veränderlich-festen Gestein auch zu Rutschungen führen. Die Rutschgefahr ist im allgemeinen jedoch gering. Dies beweisen die steilen Prallhänge der Zwönitz und Würschnitz. Besonders rutschgefährlich ist aber der lehmig-sandige Verwitterungsschutt der Phyllite, dessen Neigung zu Rutschungen von der eingedrungenen Menge an Sickerwasser und der Gehängeböschung abhängt. An den steilen Prallhängen muß deshalb mit Rutschungen gerechnet werden, und zwar dort besonders, wo das Einfallen der Schiefer mit der Böschungsneigung gleichgerichtet ist. Das Sickerwasser dient dem Gehängeschutt auf den Schieferungsflächen der Phyllite als Schmiermittel. Als Sicherung gegen Rutschungen sind an den gefährdeten Hängen Gründungen mit dem verwitterten Felsen zu verzahnen.

Tragfähigkeit und zulässige Belastungen

Die tonschieferähnlichen Phyllite geben infolge geringer Setzungen einen sehr guten Baugrund ab und besitzen eine große Tragfähigkeit. In günstiger Lagerung, also auf den Höhen, im Tal und an den flachen Hängen erscheint eine Belastung bis zu 15 kg/cm² zulässig. An den steilen Hängen ist die Rutschgefahr zu beachten und die Belastungswerte sind zu ermäßigen. Das völlig zerrüttete Schiefergestein der Verwitterungszone wird von KEIL als festes Lockergestein behandelt und kann entsprechend der Gründungstiefe und -breite mit 2 bis 8 kg/cm² belastet werden. Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen besteht dort, wo dem Phyllit setzungsempfindliche Gesteinsarten eingelagert sind. Außerdem kann die ungleichmäßig zusammengesetzte Verwitterungszone zu ungleichmäßigen Setzungen Veranlassung geben.

Hinweise für die Ausführung von speziellen Baugrunduntersuchungen

Baugrunduntersuchungen müssen in jedem Falle die Mächtigkeit der Verwitterungs- und Zerrüttungszone mit Hilfe von Kernbohrungen oder Schürfen feststellen, also die feste Felslinie ergründen. Ferner sind mindestens noch 2 m des festen anstehenden Gesteins zu durchteufen. Erfordert das zu gründende Bauwerk hohe Bodenpressungen, so ist der Nachweis zu erbringen, daß setzungsempfindliche Einlagerungen im Phyllit bis zur unteren Grenze des voraussichtlichen Spannungsbereiches fehlen.

b. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Hornblendegesteine (h) und Quarzitschiefer (q)

Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeit

Hornblendegesteine und Quarzitschiefer treten in den Phylliten als diskordante Einfaltungen auf. Häufig fallen die Gesteinskomplexe mit gleicher Neigung wie die Phyllite ein, so daß in der Literatur der Gesteinsverband als konkordant bezeichnet wurde. Die an den Bewegungsbahnen erfolgte Mylonitisierung hat an den Phylliten eine stärkere Zersetzung als an den eingefalteten Gesteinen bewirkt. Die chloritreichen Amphibolite sind schichtenartig aus schwachen Bänken aufgebaut. In den feldspatreichen Varietäten herrscht eine dickbankig massige Ausbildung vor. Auch enge Wechsellagerung zwischen Phyllit und Hornblendeschiefer ist keine Seltenheit. Die Mächtigkeit der Gesteine schwankt in weiten Grenzen (0,5 bis 20 m). Die Klüftigkeit der Gesteine ist in den liegenden Zonen stärker ausgeprägt. Die Schichtflächen sind meist mit Eisen- und Manganhydroxyden überzogen.

Petrographische Beschaffenheit und bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip

Hauptbestandteile der Hornblendegesteine sind in der Regel Hornblende, die zu Chlorit umgewandelt wurde, und Feldspat, ebenfalls z. T. zersetzt und in Serizit übergeführt. An Neben- und Übergemengteilen treten Epidot, Quarz, Pyrit, Magnetit, Eisenglanz, Titaneisen, Apatit und auch Kupferkies auf. Eine bemerkenswerte Abart der Hornblendegesteine sind die Chloritschiefer von Harthau. Die ursprünglich submarin entstandenen Diabas-Porphyrite wurden in der varistischen Orogenese mechanisch deformiert und die Augite in grüne Hornblende umgewandelt. In den höchsten Zonen wurde die Hornblende chloritisiert und der Feldspat serizitisiert. Die Baugrundqualitäten der eben beschriebenen Gesteine sind entsprechend dem variablen Mineralbestand und der wechselhaften Struktur unterschiedlich zu bewerten. Die Chloritschiefer von Harthau müssen wegen der Bildung reichlicher Mengen wasseraffiner Zersetzungsminerale (Serizit) und zerfallsbeschleunigender Mineralien (Chlorit) als veränderlich-feste Felsgesteine eingestuft werden. Die epidotreichen Abarten leiten zu den festen Felsgesteinen über. Auch die Quarzitschiefer besitzen auf Grund des Gehaltes an zerfallsbeschleunigenden Mineralien (Muskovit) veränderlich-festen Charakter.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund und der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Die geringmächtige Verwitterungszone der Hornblende und Quarzitgesteine ist das Produkt einer langzeitigen Wirksamkeit der Verwitterungsagenzien. Im Liegenden dieser Zone verursacht das eingedrungene Sickerwasser keine erwähnenswerten Verschlechterung der Baugrundqualität. Setzungsempfindliche Schichten sind deshalb im allgemeinen nicht zu erwarten. Bindige Komponente können in den Verwitterungszonen, Spalten und in den Klüften vorkommen.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die aus sandigen und lehmigen Komponenten bestehende Verwitterungszone muß als frostgefährlich angesehen werden und neigt zu ungleichmäßigen Frosthörungen. Rutschungen sind an morphologisch geeigneten Stellen möglich (Talhang). Der unverwitterte feste Schieferfels ist frostempfindlich, da auf Schieferungsebenen und Klüften Eisbildungen stattfinden können, neigt aber im allgemeinen nicht zu Rutschungen.

Tragfähigkeit, zulässige Belastung und die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Die durch einen hohen Elastizitätsmodul ausgezeichneten Felsgesteine können in schieferiger Ausbildung bis zu 15 kg/cm^2 belastet werden, die massigen Amphibolite ertragen sogar Belastungen bis zu 30 kg/cm^2 . Die hangenden, tektonisch aufgelockerten Zonen weisen eine geringere Gefügefestigkeit auf, so daß hier die Belastungswerte zu ermäßigen sind. In Angleichung an rollige Lockergesteine betragen sie in Abhängigkeit von der Gründungstiefe und -breite 2 bis 8 kg/cm^2 . Ungleichmäßige Setzungen beschränken sich im Normalfall auf die unterschiedlich aufgebaute Verwitterungszone.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

In jedem Fall ist durch Kernbohrungen oder Schürfe die feste Felslinie zu ergründen. Die Tiefe der Bohrungen wird 6 m nicht zu überschreiten brauchen. Um ungleichmäßige Setzungen und Frostschäden zu vermeiden, sollte die Verwitterungszone bis auf das blanke Gestein abgeräumt werden.

c. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des Gehängelehms (d_5) und der diluvialen Flußschotter (d_3)

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und petrographische Beschaffenheit

Der braun-gelbe Gehängelehm tritt nur an zwei Stellen in dem abgegrenzten Gebiet mit mehr als $0,5 \text{ m}$ Mächtigkeit auf, und zwar in dem nördlichen und nordwestlichen Areal des Harthwaldes und an der Grenze zum Rotliegenden sowie an beiden Gehängen der Zwönitz im Gebiet von Erfenschlag. In Ober-Altchemnitz stieg die Mächtigkeit auf 4 m an. An der Basis des Gehängelehms lagern oft Gesteinsbruchstücke und Gerölle der liegenden Schichten. Ob unter der zusammenhängenden Gehängelehmdecke diluviale Flußschotter überall verbreitet sind, konnte nicht festgestellt werden. 600 m nordwestlich der Haltestelle Chemnitz/Reichheim wurden unter einer $1,7 \text{ m}$ mächtigen Lehmdecke $2,8 \text{ m}$ mächtige Fluß-

schotter angetroffen. In der Umgebung dieser Haltestelle lagern Gerölle in 15 m Höhe über der Talsohle, in Erfenschlag sogar 20 bis 30 m. Die Flußschotter bestehen aus gerundeten und auch schieferigen Geröllen von Quarz, Phyllit, Quarzitschiefer, Hornblendeschiefer und Kieselschiefer. Sie sind stellenweise mehr als kopfgroß.

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
An dem Aufbau der geröllartigen diluvialen Flußschotter nehmen tonige Bestandteile nur einen untergeordneten Platz ein. Sie zeichnen sich deshalb durch ein Gefüge fehlender Kohäsion aus und sind als rollige Lockergesteine zu bezeichnen. Der Gehängelehm ist dagegen, da er vorwiegend aus bindigen Komponenten besteht, ein bindiges Lockergestein.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

In den Flußschottern und Gehängelehm findet eine hangabwärts gerichtete Sickerwasserbewegung statt, die nicht zur Bildung von stationärem Grundwasser führt. Der Wassergehalt beeinflußt jedoch die Konsistenz der bindigen Komponenten und damit die Baugrundqualität.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Der Gehängelehm ist frostempfindlich. Seine gleichmäßige Zusammensetzung berechtigt zu der Annahme, daß Frosthebungen gleichförmig verlaufen. Die diluvialen Flußschotter kann man infolge der möglicherweise in ihnen eingelagerten Tonlinsen ebenfalls nicht als frostunempfindlich bezeichnen. Obwohl sich der Schotter gegenüber Frosteinwirkungen stabil verhält, besteht die Möglichkeit ungleichmäßiger Frosthebungen durch Einlagerungen bindiger Schichten. In Einschnitten kann die Frostveränderung des frostempfindlichen Gehängelehms zu Rutschungen führen.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Die diluvialen Flußschotter können je nach Gründungsbreite und -tiefe mit 3 bis 8 kg/cm² belastet werden. TILLMANN (17) gibt für festgelagerten Kies eine zulässige Belastung von 5 bis 8 kg/cm² an. SINGER (22) führt diluviale Kiese und Schotter mit 6 kg/cm² an. Voraussetzung für die Anwendung dieser Werte ist jedoch die Abwesenheit setzungsempfindlicher Schichten innerhalb der Schotter. Die Tragfähigkeit des Gehängelehms ist geringer. Bodenphysikalisch verhält es sich ähnlich wie Löslehm. Belastungen von 1 bis 2 kg/cm² können als zulässig erachtet werden.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Wenn auch die festen Lockergesteine durch die aufgebrachte Bauwerksbelastung eine recht große Zusammendrückung erfahren können, die sich in erheblichen Setzungserscheinungen äußern, ist die Geschwindigkeit der Verdichtung jedoch so groß, daß meist mit Fertigstellung des Bauwerkes sich der Baugrund beruhigt haben wird. Die Setzungen in den diluvialen Flußschottern werden deshalb für das Bauwerk bei mäßiger Belastung nicht schädlich sein. Ganz anders ist der Gehängelehm zu beurteilen. Diese lockeren Massen mit verhältnismäßig hohen Porenvolumen, labilen Gefügen, geringen Steifewerten und ihrer Wasseraffinität sind stark zusammendrückbar und neigen zur Bildung plastischer Bereiche, die leicht auszuquetschen sind. Solche plastischen Schichten können auch in den diluvialen Schottermassen vorkommen und Anlaß zu seitlichen Ausquetschungen geben.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Die diluvialen Flußschotter sind Reste alter Wasserläufe. In ihnen herrscht eine unregelmäßige Wechsellagerung rolliger und bindiger Gesteine. Namentlich dann, wenn Tonlinsen begrenzter Ausdehnung in den Geröllen vorhanden sind, besteht die Gefahr ungleichmäßiger Setzungen. Sie ist im Bereich des Gehängelehms geringer.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Spezielle Baugrunduntersuchungen müssen Auskunft geben können über

1. die Mächtigkeit und Zusammensetzung des Gehängelehms und der diluvialen Flußschotter,
2. die Konsistenz des Gehängelehms und der in die Schotter eingelagerten bindigen Schichten,
3. die Beschaffenheit des Untergrundes, besonders über die Tiefe des Verwitterungsbereiches der Felsgesteine und über das Auftreten von bindigen Zersetzungs-zonen im Phyllit.

Bohrungen sind zu diesem Zweck bis zum voraussichtlichen Ende des Spannungsbereiches abzuteufen, mindestens jedoch 2 m in das feste Felsgestein. Der Abstand der Bohrungen ist im Bereich der Schotter möglichst eng zu wählen.

d. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der alluvialen Zwönitz-Würschnitz-Ablagerungen

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und petrographische Beschaffenheit

Zwönitz und Würschnitz haben in ihren Flußbetten Gerölle, Kiese und Aulehm abgelagert. Die groben Gerölle sind nur schlecht gerundet. Zwischen ihnen befindet sich ein kiesig-sandiger Schutt, der nach dem Hangenden zu immer feiner wird. Die Mächtigkeit der Gerölle und Kiese schwankt zwischen 1,5 bis 3,4 m. Der sie überlagernde Aulehm ist sandig und in der Regel bis zu 0,5 m mächtig. Nahe der Zwönitz-Mündung war der Aulehm 1,7 m mächtig. In dem gelblich-grauen Aulehm treten häufig humose Zwischenlagen auf. Man muß mit einer Gesamtmächtigkeit der holozänen fluviatilen Bildungen im Flußbett der Zwönitz und Würschnitz von mindestens 2 m rechnen.

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip

Die alluvialen Flußschotter, an deren Zusammensetzung bindige Komponenten nur untergeordnet beteiligt sind, sind rollige Lockergesteine. Der sandige Aulehm gilt als bindiges Lockergestein.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

In den kiesig-sandigen Geröllen ist mit dem Auftreten reichlicher Wassermengen zu rechnen, die sich wegen der schlechten Durchlässigkeit des Phyllits in den Flußbetten sammeln und einen hohen Grundwasserstand bewirken. Auch der Aulehm ist gut durchfeuchtet. Die durch den Wasserauftrieb bewirkte Auflockerung der Lagerungsdichte der Schotter stellt für Gründungen kein Hindernis dar, weil Grundwasserabsenkung zu einer raschen Beruhigung des Baugrundes führen oder das Wasser durch die Belastung ausgepreßt wird.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Der sandige Aulehm ist setzungsempfindlich. Die Empfindlichkeit steigert sich mit dem Auftreten humoser mooriger Zwischenlagen, die zum Ausquetschen neigen. Setzungsempfindliche Schichten in Form von Tonlinsen können auch den Geröllen zwischengelagert sein.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Der Aulehm mit seinem Anteil toniger Substanz ist frostgefährlich. Wasser kann leicht aus dem Grundwasserhorizont mobilisiert werden. Frosthebungen werden \pm gleichmäßig verlaufen. Die Kiese und Gerölle werden in der Regel keine Frostveränderungen erfahren. Sind in ihnen aber Tonlinsen vorhanden, können ungleichmäßige Frosthebungen auftreten. Rutschungen sind infolge der annähernd horizontalen Lagerung des Aulehms und der Schotter sowie ihrer günstigen morphologischen Lage in der Talauflage nicht zu erwarten.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

In 2 m Tiefe darf bei einer Gründungsbreite von 0,4 m mit einer zulässigen Belastung der Schotter von 3 kg/cm^2 gerechnet werden (7). SINGER (22) gibt für jungalluviale Schotter und Kiese einen Belastungswert von 3 bis 4 kg/cm^2 an. Anmooriger sandiger Aulehm gilt als mittlerer Baugrund. Von halbfester Konsistenz, können Bodenpressungen von 2 kg/cm^2 als zulässig angesehen werden. Baugrunduntersuchungen müssen in diesem Fall den Nachweis erbracht haben, daß humose moorige Zwischenlagen fehlen, welche die Tragfähigkeit des Aulehms herabsetzen (0 bis 2 kg/cm^2).

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Ungleichmäßige Setzungen können auftreten in den in horizontaler und vertikaler Ausdehnung unregelmäßig begrenzten moorigen Substanzen im Aulehm. Tonlinsen in den Flußgeröllen sind nicht nachgewiesen worden. Es besteht aber die Möglichkeit ihres Vorhandenseins und damit die Veranlassung zur Annahme ungleichmäßiger Setzungen.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Im Hinblick darauf, daß die fluviatilen Bildungen des Holozäns sehr wechselhaft aufgebaut sind und einen inhomogenen Baugrund bilden, können die Abstände der Untersuchungsbohrungen nicht eng genug gewählt werden. Bohrungen müssen bis in den unverwitterten Phyllit niedergebracht werden. Besonderes Augenmerk ist auf das Auftreten setzungsempfindlicher Tonlinsen in den Schottern zu richten. Der sandige Aulehm ist bei Gründungen besser zu beseitigen.

e. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des Alluviums der Bäche (a_8)

Das Alluvium der Bäche besteht aus einer in der Regel als Wiesenlehm bezeichneten geneigten, unebenen Lehmdecke. Der Wiesenlehm ist stark tonig, sehr feucht, schwer durchlässig und neigt zu Moor- und Sumpfbildungen. Er ist meist nur wenige Dezimeter mächtig, kann aber auch bis 2 m mächtig werden. Der Wiesenlehm wird in der Regel nicht als Baugrund in Frage kommen. Die infolge ihrer Wasseraffinität nassen Lehmschichten sind von weicher bis steifer Konsistenz, neigen zu starken Setzungen und ertragen nur geringe Bodenpressungen von 0 bis 1 kg/cm^2 . Es ist wirtschaftlicher, unter Einhaltung der Frosttiefe auf dem Untergrund der Alluvionen zu gründen, als die Kosten für die Beseitigung des Wiesenlehms bei größeren Mächtigkeiten zu sparen.

IV. Ingenieurgeologische Untersuchungen im Erzgebirgischen Becken

Die im obersten Unterkarbon wirkende sudetische Hauptfaltungsphase hat alle älteren paläozoischen Gesteine metamorph verändert, eingemuldet und eingefaltet. Diese kristallinen Schiefer, die in der Löfnitz-Zwönitzer Zwischenmulde zutage treten, bilden das Grundgebirge des Erzgebirgischen Beckens. In der erzgebirgischen Faltungsphase (etwa Namur B) erfolgte die tektonische Anlage des sächsischen Groß-Sattel- und Muldenbaues. Zwischen der erzgebirgischen und der granulitgebirgischen Antiklinale entstand eine Synklinalzone, das Erzgebirgische Becken. Verschieden starke Einsenkungen führten nach Abschluß der varistischen Hauptfaltung zur Bildung von Spezialbecken. Karl-Marx-Stadt umfaßt Teile dreier solcher im Erzgebirgischen Becken liegenden Muldenzonen:

- A. die in der Beckenmitte lagernden unter- und oberrotliegenden Schichten,
- B. das Spezialbecken von Chemnitz-Hanichen,
- C. das Oberkarbonbecken von Flöha.

In Anbetracht dessen, daß in demselben Heft eine gekürzte Fassung der Arbeit von J. ZIESCHANG über „Die wasserführenden Schichten im Untergrund von Karl-Marx-Stadt“ erscheint, in der auf die geologische Entwicklung, die Morphologie und Hydrogeologie des unter- und oberrotliegenden Schichtenkomplexes eingegangen wird sowie auch die einzelnen Stufen des Unter- und Oberrotliegenden genügend geologisch und petrographisch charakterisiert werden, kann auf eine nochmalige Darstellung der geologischen Verhältnissen dieses Gebietes an dieser Stelle verzichtet werden. Bei der Behandlung der baugrundgeologischen Einheiten des Unter- und Oberrotliegenden wird deshalb nur auf die Ergebnisse der ingenieurgeologischen Untersuchungen eingegangen.

A. INGENIEURGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM BEREICH DES UNTER- UND OBERROTLAGENDEN VON KARL-MARX-STADT

a. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Stufe des „Wilden Kohlengebirges“ und des grauen Konglomerates (ru₁)

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip Die durch einen hohen Glimmergehalt und ein toniges Bindemittel ausgezeichneten Sandsteine sind ebenso wie die aus wasseraffinen Mineralien zusammengesetzten Schieferletten im druckverfestigten Zustand, also in größerer Tiefe, als veränderlichste Felsgesteine anzusehen. Im Grundwasserbereich wurden die veränderlichsten Felsgesteine in Mischgesteine mit unterschiedlichem Gehalt an haffesten Komponenten umgewandelt. Die Zersetzung durch Sickerwässer an der Oberfläche hat zum gleichen Ergebnis geführt. Als rollige Lockergesteine können wegen ihres ausgelaugten kalkig-mergeligen Bindemittels die Konglomerate bezeichnet werden.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Die fein-porösen Schieferletten sind sehr wasserempfindlich und zerfallen zu einem sandig-lehmigen, glimmerreichen Zersetzungsprodukt. Eine Austrocknung kann die ursprüngliche Gefügesteigkeit nicht wieder herstellen. In den Konglomeraten bewirkt das Grundwasser lediglich eine Auflockerung der Lagerungsdichte. Der Grundwasserstand schwankt in jahreszeitlicher Abhängigkeit. Mit einem Ansteigen des Grundwasserspiegels um mindestens 1 m im Winter und im Frühjahr muß gerechnet werden.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Das lose sandig-lehmige Material der Verwitterungszone nimmt eine vermittelnde Stellung zwischen den rein bindigen und rein rolligen Gesteinen ein, ist also ein Mischgestein, in dem feine Korngrößen überwiegen. Im naturfeuchten Zustand ist es setzungsempfindlich. Im Grundwasserbereich kann es bei Druckbeanspruchung seitlich ausweichen.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die veränderlich festen Schieferletten, Sandsteine und ihre Zersetzungsprodukte weisen einen hohen Grad der Frostveränderlichkeit auf und neigen in Einschnitten zu Rutschungen. Dort ist deshalb die Anlage flacher Böschungen, umfangreiche Entwässerungsanlagen und andere Schutzmaßnahmen notwendig.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Bei der Beurteilung der Tragfähigkeit der die ru_1 -Stufe zusammensetzenden Gesteine ist zwischen der durch Grund- oder Sickerwasser gebildeten Zersetzungszone und dem druckverfestigten Gestein des Untergrundes zu unterscheiden. Dieser aus Schieferletten und Sandstein bestehende Untergrund kann als Schichtgestein mit $7,5 \text{ kg/cm}^2$ belastet werden, wenn der Zutritt von Wasser verwehrt wird. KEIL gibt für Bröckelschiefer und Lettensandstein im trockenen Zustand einen Bodenpressungswert von 5 bis 10 kg/cm^2 an (11), das gleiche gilt für die Konglomerate. Is deren Bindemittel jedoch ausgelaugt, sind sie als kohäsionslose Lockergesteine zu bewerten und ertragen bei einer Fundamentbreite von 0,4 m und einer Gründungstiefe von 2 m Bodenpressungen von 3 kg/cm^2 . Für die Beurteilung der Tragfähigkeit der Mischlockergesteine ist die Konsistenzform ausschlaggebend. Die Tragfähigkeit dieser Schichten konnte anhand von Knetproben mit 1 bis 2 kg/cm^2 ermittelt werden. Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen ist infolge der unregelmäßigen Wechsellagerung fester und weicher Gesteine durchaus gegeben, läßt sich aber bei gewissenhafter Baugrunduntersuchung vermeiden.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Die wechselhafte Zusammensetzung der ru_1 -Stufe erfordert, daß Bohrungen bis zur unteren Grenze des voraussichtlichen Spannungsbereiches niedergebracht werden, mindestens jedoch eine Tiefe von 6 m erreichen. Es empfiehlt sich, das Bauwerk über dem Grundwasserspiegel zu gründen, wobei das Ansteigen des Wassers um mindestens 1 m in Rechnung zu setzen ist. Es ist darauf zu achten, daß Oberflächenwasser in der Baugrube nicht zu einer Sättigung der bindigen Gesteine mit Wasser führen kann, da sonst Sand-Ton-Aufschlammungen entstehen. Solcherart beeinflusste Schichten sind kurz vor der Gründung zu beseitigen. Bei der Gründung im Grundwasserbereich besteht die Gefahr, daß die Baugrubensohle bei starkem Wasserandrang aufgetrieben wird.

b. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Unteren Porphyrtuffe (Tu)

Baugrundtechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip

Der poröse Porphyrtuff ist infolge seines Gehaltes an Tonmineralien, sandigen Komponenten und Einlagerungen von Bomben und Lapilli ein veränderlich-festes Felsgestein, das bei der Verwitterung zu einem bindigen Lockergestein zerfällt.

Der kieselige Tuff, dessen Zersetzung verschieden stark fortgeschritten ist und zur Bildung unterschiedlicher Mengen wasseraffiner Bestandteile geführt hat, bildet an der Erdoberfläche den Übergang zu einem Mischgestein. Als festes Felsgestein ist der felsitische Tuff anzusehen, der jedoch nur untergeordnet auftritt und deshalb bei der Gesamtbeurteilung des Baugrundes dieser Stufe übergangen werden kann.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Der poröse Porphyrtuff und der kieselige Tuff sind in geringem Maße wasser-durchlässig. Ihre tonigen und felsitischen Einlagerungen sind undurchlässige Wasserstauer. Sickerwasser bewirkte eine Kaolinisierung der Feldspäte. Über den wasserundurchlässigen Abarten der Tuffe können sich Grundwasserhorizonte bilden. Der tonige Porphyrtuff wird unter Wassereinfluß plastisch. Im porösen Porphyrtuff erfolgt eine Zersetzung der tonig-sandigen Bestandteile und eine damit verbundene Auflockerung der Gefügefestigkeit. Da wasserundurchlässige Einlagerungen in der Tuffserie nur örtlich verbreitet sind, ist mit einem durchgehenden Grundwasserspiegel nicht zu rechnen.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Im trockenen verfestigten Zustand sind die Tuffe nur gering zusammendrückbar und daher keinen nennenswerten Setzungen unterworfen. Doch sind es vor allem der tonige und poröse Tuff, die unter Wassereinfluß erweichen und zu größeren Setzungen neigen. Schließlich besteht die Möglichkeit, daß die den Tuffen eingelagerten Schieferletten als plastische Tone auftreten können.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Das KEILSche Frostkriterium charakterisiert die veränderlichfesten Tuffe als frostgefährliche Gesteine, wobei der Frostgefährlichkeitsgrad entsprechend der Porosität und dem Gehalt an wasseraffiner Substanz unterschiedlich zu bewerten ist. Frostveränderungen an diesen Gesteinen können deshalb auch an Einschnitten zu Rutschungen führen.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Die Tragfähigkeit der Tuffe ist von ihrem Zersetzungsgrad und ihrem Wassergehalt abhängig. Bei fester Konsistenz ist eine Bodenpressung von 4 kg/cm^2 zulässig. Ein in Scherben brechender Tuff konnte nirgends beobachtet werden. Vielmehr kann man, besonders bei dem Kristalltuff, von einem grobstückigen Abbröckeln sprechen. Die höchste zulässige Belastung liegt bei etwa $3,5 \text{ kg/cm}^2$. Weichere Abarten der Tuffe verhalten sich ähnlich wie bindige Gesteine und können je nach Konsistenz mit 1 bis 2 kg/cm^2 belastet werden. Unverwitterte Tuffarten, wie sie in größerer Tiefe zu vermuten sind, ertragen weitaus höhere Belastungen.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Ungleichmäßige Setzungen sind im allgemeinen nicht zu erwarten, sie können aber dann eintreten, wenn

- a) über der Gesteinsgrenze zweier verschieden harter geeigneter Tuffarten gegründet wird, etwa über Kristalltuff und tonigen Porphyrtuff und
- b) Einlagerungen plastischer Letten in den Tuffen vorhanden sind.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Es ist zweckmäßig, Untersuchungsbohrungen bis zur unteren Grenze des voraussichtlichen Spannungsbereiches niederzubringen, an der die Bodenpressung infolge der Druckverteilung nur noch etwa 1 bis 2 kg/cm² beträgt. Auf diese Weise werden alle schädlichen Einflüsse erkannt, die zu ungleichmäßigen oder unzulässig hohen Setzungen führen könnten. Die Mindestbohrtiefe beträgt jedoch 6 m. Die aus „faulem Fels“ bestehende Verwitterungszone wird am besten beseitigt.

c. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der vulkanischen Ergüsse (P, Pe)

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Im unverwitterten Zustand ist Quarzporphyr ein festes Felsgestein, da wasser-affine Mineralbestandteile fehlen und Glaseinschlüsse selten auftreten. Der vitrophyrische Pechstein dagegen ist ein veränderlich-festes Felsgestein. Die tonigen Zerfallsprodukte des Quarzporphyrs und das tonig-sandige Blockmaterial des zersetzten Pechsteins sind als bindige Lockergesteine bzw. Mischgesteine anzusehen.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund und der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Der unverwitterte Quarzporphyr wird in kurzen Zeiträumen weder mechanisch noch chemisch durch den unter atmosphärischem Druck stehenden Wassereinfluß seine Festigkeit verändern. Die glasige Masse des Pechsteins dagegen zerfällt schon an der Luft. In der Verwitterungszone unterliegt das tonig-lehmige Material der Aufweichung. Die Wasserempfindlichkeit und Baugrundqualität des tonig-sandigen Blockschuttes ist von der Kornzusammensetzung abhängig. Als setzungsempfindliche Gesteine müssen also die plastisch-tonigen Schichten im Quarzporphyr sowie der ungleichförmig zusammengesetzte tonig-sandige Blockschutt angesehen werden.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die Zersetzungsprodukte des Quarzporphyrs und Pechsteins, insbesondere die tonig-sandigen Blockschuttmassen sind frostgefährlich und können zu ungleichmäßigen Frosthebungen Anlaß geben. Rutschungen des Quarzporphyrs auf seiner oft tonigen Basis sind in tiefen Einschnitten möglich.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Der Quarzporphyr kann bis zu 30 kg/cm² belastet werden (6), muß aber dann mindestens 5,8 m mächtig sein, damit die Bodenpressung in seinem Liegenden ca. 1 kg/cm² beträgt. Da er jedoch bei geringer Mächtigkeit vollständig zersetzt sein kann, ist in diesem Zustand seine Tragfähigkeit von der Plastizität des tonigen Materials abhängig (1 bis 2 kg/cm²).

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Ungleichmäßige Setzungen können eintreten, wenn

- a) im Bereich des Ausgehenden über gesunden und zersetzten Fels gegründet wird,
- b) die gut tragfähige Porphyrschicht unter der Baugrundsohle verschiedene Mächtigkeit aufweist.
- c) Die ungleichmäßige Beschaffenheit der Blockschuttzone des Pechsteins kann zu ungleichmäßigen Setzungen Anlaß geben.

Hinweise für spezielle Baugrunduntersuchungen
Untersuchungsbohrungen sollen nicht nur die feste Felslinie des Quarzporphyrs feststellen, sondern auch die Beschaffenheit und Mächtigkeit seiner liegenden Zersetzungszone ergründen. Gründungen auf zersetztem Pechstein sind zu vermeiden; die Blockschutzzone muß beseitigt werden.

Wird mit hohen Bodenpressungen gearbeitet, ist darauf zu achten, daß unter der Fundamentsohle eine genügend mächtige Schicht gesunden Quarzporphyrs druckverteilend wirken kann. Liegt die Gründungssohle in den tonig-plastischen Schichten des Quarzporphyrs, so ist sie durch Wasserzutritt zu schützen.

d. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Arkose-Sandsteine und Letten, Untere Abteilung ($ru_2 \alpha$)

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Die Schieferletten, bei niedrigen Temperaturen und unter beschränkten Druckverhältnissen entstanden, sind wegen ihrer vorwiegend wasseraffinen Bestandteile im druckverfestigten Zustand als veränderlichste Felsgesteine anzusehen, die unter Wassereinfluß in bindige Lockergesteine übergehen. Auch die reichlich Muskowit (zerfallsbeschleunigendes Mineral) führenden Sandsteine mit ihrem Gehalt zersetzten Feldspates (Kaolin) sind ungeachtet ihres kalkigen Bindemittels veränderlichfest. Im Sicker- und Grundwasserbereich entsteht aus ihnen ein reichlich sand- und glimmerführendes Lockergestein (Mischgestein). Konglomerate mit kalkigem oder kieseligem Bindemittel sind feste Felsgesteine. Bei Auslaugung des Kalkes gehen sie in ein rolliges Lockergestein über.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Die veränderlichsten Schieferletten und Sandsteine verlieren in Berührung mit Wasser ihre Gefügesteifigkeit und wandeln sich in Lockergesteine um. Dabei vermindert sich ihre Baugrundqualität. Die bindigen, sandarmen Letten ändern ihre Plastizität entsprechend dem Wassergehalt. Die im zerfallenen Zustand aus psammitischem und pelitischem Material bestehenden Sandsteine gehen bei Wasserzufuhr in ein sandig-schlammiges Produkt über, wobei im allgemeinen der sandige Anteil überwiegen wird. Konglomerate mit kieseligem Bindemittel werden von Wasser in kurzen Zeiträumen nicht beeinflusst. Ist das kalkige Bindemittel der Konglomerate ausgelaugt, bewirkt das Grundwasser lediglich eine Auflockerung der Lagerungsdichte.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Im hohen Maße setzungsempfindlich sind die fetten, sandarmen Abarten der Schieferletten, wenn sie im Bereich der Verwitterungszone mit Wasser in Berührung kommen. Ihre Affinität zu Wasser ist sehr groß, so daß ursprünglich stark druckverfestigte und ausgetrocknete, in Scherben splittende Letten bei Wasseraufnahme plastisch werden und sogar in den zähflüssigen Zustand übergehen können. Bei niedrigen Konsistenzzahlen ist deshalb nicht nur mit erheblichen Setzungen zu rechnen, sondern es muß auch auf die bestehende Grundbruchgefahr aufmerksam gemacht werden. Die mageren, sandigen Schieferletten und Sandsteine sind im wasserbeeinflussten Zustand weniger setzungsempfindlich.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Schieferletten und Sandsteine, an der Erdoberfläche im Frostbereich zu einem veränderlichsten Lockergestein zerfallen, sind frostempfindlich. Die Letten des

Rotliegenden gelten als stark rutschsüchtig und erfordern in Einschnitten umfangreiche Sicherungsmaßnahmen. Die welligen Geländeformen des Rotliegendbeckens, die als Ergebnisse fossiler Rutschungen zu betrachten sind, zeigen jenen besonderen Grad der Rutschgefährlichkeit dieser Gesteine an.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Nach (7) können Felsgesteine in geschlossener Schichtenfolge, zu denen die Konglomerate mit kieseligem Bindemittel gehören, Bodenpressungen bis zu 15 kg/cm^2 ertragen. Die konglomeratischen Schichten sind aber selten mächtiger als 1 m. Bei Streifenfundamenten von 0,4 m Breite wirkt sich die Druckverteilung in der konglomeratischen Schicht dergestalt aus, daß die Bodenpressung im Liegenden der Konglomerate auf $2,5 \text{ kg/cm}^2$ reduziert wird. Lockere, ausgelaugte Konglomerate können bei 0,4 m Fundamentbreite und 2 m Gründungstiefe mit 3 kg/cm^2 belastet werden.

Die Schieferletten sind unterschiedlich tragfähige Gesteine. In größerer Tiefe, wo der Belastungsdruck das Porenwasser aus ihnen herausgepreßt hat, ist die Konsistenz der sandarmen fetten Letten fest (zulässige Bodenpressung nach (7) $4,0 \text{ kg/cm}^2$). Die sandreichen Arten (Bröckelschiefer, Lettensandsteine) sind unter denselben Bedingungen mit $7,5 \text{ kg/cm}^2$ belastbar. An der Erdoberfläche sind sie meist mehr oder minder wasserhaltig. Bei Störungen der Lagerungsdichte durch Ausschachtungsarbeiten beginnen sie zu quellen. Ihre Plastizität kann in weiten Grenzen schwanken und in Abhängigkeit davon ihre Tragfähigkeit. Beobachtungen haben ergeben, daß die Konsistenzformen der Schieferletten nahe der Erdoberfläche steif bis halbfest sind. Im allgemeinen können Belastungen von 1 bis 2 kg/cm^2 als zulässig erachtet werden. Zersetzter Sandstein mit geringen Mengen bindiger Komponenten kann mit etwa 2 bis 3 kg/cm^2 belastet werden. Steigt der Lehmgehalt, ist dieser Wert zu ermäßigen.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Ungleichmäßige Setzungen, deren Ursache in der unregelmäßigen Wechsellagerung mehr oder minder tragfähiger Gesteine (verschiedene Konsistenzformen) begründet liegt, lassen sich bei exakter Baugrunduntersuchung vermeiden.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Infolge unregelmäßiger Wechsellagerung verschieden tragfähiger Gesteinsschichten ist es zweckmäßig, den gesamten Spannungsbereich eines Bauwerkes abzubohren, mindestens jedoch 6 m. An der Erdoberfläche lagert mittlerer bis schlechter Baugrund. Guter Baugrund ist erst in größerer Tiefe zu erwarten. Der Tragkörper ist unbedingt vor Wasserzutritt zu schützen, damit ein Aufweichen und Plastischwerden der Schieferletten verhindert wird. Auch Oberflächenwasser kann ein Aufweichen der Lehmschichten bewirken. Diese plastischen Gesteine sind vor dem Einbau der Fundamente zu beseitigen, wobei die letzte plastische Schicht erst unmittelbar vor dem Einbringen des Betons entfernt werden darf.

e. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des Oberen Porphyrtuffes (T_0 , T_s)

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Der Mineralbestand des silifizierten Porphyrtuffes (T_s) besteht zum größten Teil aus wasserunempfindlicher Substanz. Infolge seines Kieselsäurereichtums und seines dichten Gefüges ist in kurzen Zeiträumen mit keiner durch Wasser ver-

ursachen Gefügeauflockerung zu rechnen. Der silifizierte Tuff ist im gesunden Zustand ein festes Felsgestein. Die übrigen Tuffarten (T_0) enthalten größere Mengen wasseraffiner Zersetzungsmineralien. Ihre geringe Härte deutet bereits den veränderlich-festen Zustand dieser Gesteine an. Sie müssen als veränderlich-feste Felsgesteine bezeichnet werden.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Die Durchlässigkeit der Tuffe schwankt entsprechend ihrem Gehalt an toniger Substanz und ihrem Gefüge. Die tonigen und weichen, ober porösen Tuffe sind ebenso schlecht wasserdurchlässig wie die dichten, silifizierten Gesteine. Eine nennenswerte Wasserbewegung kann nur auf den zahlreichen Klüften vor sich gehen, die freilich durch tonige Bestandteile oft verklebt sein können. Gut durchlässig ist nur die lockere Verwitterungszone. Mit Grundwasser ist im Bereich des Oberen Porphyrtuffes nicht zu rechnen. Sickerwasser kann von den tonreichen Tuffarten adsorbiert werden. Dabei erweichen diese Gesteine.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Im trockenen, verfestigten Zustand neigen die Tuffe nur zu geringen Setzungen. Weiche Tuffgesteine erleiden größere Setzungsbeträge. Plastische Schichten innerhalb des kompakten Felsgesteins konnten nicht beobachtet werden.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die veränderlich-festen Varietäten des Oberen Porphyrtuffes sind frostempfindlich und können in steilen Einschnitten Verkehrswege durch Steinschlag gefährden. Die Gefahren der veränderlich-festen Gesteine äußern sich auch in der Neigung zu Rutschungen.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Der silifizierte Tuff kann als Felsgestein unter Berücksichtigung seiner Klüftigkeit mit 7,5 bis 15 kg/cm² belastet werden (6). Die mäßig harte Modifikation, wie sie an der Mozart-Straße aufgeschlossen war, erträgt Belastungen von etwa 4 kg/cm². Sie gleicht, obwohl sie kein rein bindiger Boden ist, den Gesteinen fester Konsistenz. Die zulässige Bodenpressung weicher Varietäten ist geringer (etwa 1 bis 3 kg/cm²).

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Zu ungleichmäßigen Setzungen kann die verwitterte Gesteinszone stark unterschiedlicher Beschaffenheit Anlaß geben. Sie können auch dann auftreten, wenn weiche und feste Schichten miteinander wechsellagern, etwa silifizierter Tuff und weiche, poröse Tuffarten. Wird über der geologischen Grenze zwischen dem Oberen Porphyrtuff und den anliegenden Schichtenkomplexen (Schieferletten und Sandsteine im zersetzten Zustand) gegründet, sind ungleichmäßige Setzungen ebenfalls möglich.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Bei der Ausführung von Baugrunduntersuchungen ist der Feststellung der festen Felslinie der Tuffe besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Von ihrer Lage hängt die Mindesttiefe der Untersuchungsbohrungen ab. Die Bohrungen sollten jedoch noch etwa 2 m das feste, anstehende Gestein durchteufen. Die ungleichmäßig zusammengesetzte Verwitterungszone muß beseitigt werden.

f. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Arkosesandsteine und Letten, Obere Abteilung ($ru_2\beta$)

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Die Obere Abteilung der ru_2 -Stufe besteht zum größten Teil aus veränderlich-festen Gesteinen. Als solche müssen die muskowitzreichen Schieferletten, die muskowitzreichen und lettigen Sandsteine mit tonigem Bindemittel und beider Zersetzungspolprodukte bezeichnet werden. Konglomerate und Sandsteine mit kalkig-dolomitischem Zement gelten als feste Felsgesteine, mit ausgelaugtem Bindemittel als rollige Lockergesteine.

Die Ähnlichkeit der Lagerungsverhältnisse und der petrographischen Beschaffenheit beider Abteilungen der ru_2 -Stufe sowie die Übereinstimmung bautechnischer Eigenschaften der beiden Abteilungen angehörenden Gesteine läßt die Schlußfolgerung zu, daß der Baugrund der Oberen Abteilung ganz ähnlich dem ihres liegenden Äquivalentes zu bewerten ist. Es gilt also hier das bereits unter c. Angeführte.

g. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Stufe der vorherrschenden Schieferletten (ru_3)

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Die unzersetzten, druckverfestigten, wasserfreien Schieferletten sind infolge ihres Gehaltes an toniger Substanz veränderlich-feste Felsgesteine. Auch die Sandsteine mit tonigem Bindemittel gehören zu ihnen, während sie mit kalkigem Zement als feste Felsgesteine zu bezeichnen sind. Die Verwitterungsprodukte der veränderlich-festen Felsgesteine sind bindige Lockergesteine bzw. Mischgesteine, in bezug auf ihre Festigkeit, je nach Sandgehalt, unter Wassereinfluß reversibel (geringer Sandgehalt) oder irreversibel (hoher Sandgehalt). Verwittert Kalksandstein, so entsteht ein rolliges Lockergestein.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Aus dem bisher Gesagten ist ersichtlich, daß Wassereinflüsse zu einer Verschlechterung der Baugrundqualität führen. Die hochprozentige Beteiligung wasser- und durchlässiger Schieferletten an der ru_3 -Stufe läßt die Bildung von Grundwasser nicht zu. Nur in der Nähe der Erdoberfläche (Deckgebirge), an der in verschiedenem Maße wasserdurchlässige Steine lagern, kann sich Grundwasser bilden. Eine Beeinträchtigung der Baugrundqualität durch Wasser findet also nur nahe der Erdoberfläche statt.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Setzungsempfindliche Schichten, namentlich plastische, aufgeweichte Tone, sind bis zu der durch die Wasserbewegung beeinflussten Tiefe zu erwarten.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die Schieferletten des Rotliegendbeckens gehören zu den frost- und rutschgefährlichsten Gesteinen. Einschnitte müssen durch sehr flache Böschungen, Entwässerungsanlagen und Stützmaßnahmen gesichert werden.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Im druckverfestigten, wasserfreien Zustand können die Schieferletten und Sandsteine Belastungen von etwa $7,5 \text{ kg/cm}^2$ ausgesetzt werden. Zersetzte Schieferletten und Sandsteine weisen verschiedene Konsistenzformen auf. Da Beobachtungs-

ergebnisse fehlen, ermöglichen Vergleiche mit den zersetzten Schieferletten und Sandsteinen der ru_2 -Stufe, ein Bild von der Tragfähigkeit der Verwitterungsprodukte der ru_3 -Stufe zu geben. Danach beträgt die zulässige Bodenpressung, je nach der Menge sandiger Komponenten, 1 bis 2 kg/cm^2 . Vollkommen ausgetrocknete Letten, die in Scherben brechen, können, wenn der Wasserzutritt verwehrt wird, bis zu 4 kg/cm^2 belastet werden.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Ungleichmäßige Setzungen werden im allgemeinen nicht eintreten, da die ru_3 Stufe sehr homogen zusammengesetzt ist. Diese Tatsache schließt jedoch in Einzelfällen die Möglichkeit solcher unterschiedlicher Bewegungen des Bauwerkes nicht aus, besonders innerhalb der Verwitterungszone.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Es erscheint zweckmäßig, die Untersuchungsbohrungen entweder bis in jene Tiefe niederzubringen, in der druckverfestigte Schieferletten auftreten, oder bis zur unteren Grenze des voraussichtlichen Spannungsbereiches. Wird auf den Schichten der ru_3 -Stufe eine Flachgründung abgestellt, so sind die veränderlichfesten Gesteine unbedingt vor Wasserzutritt zu schützen. Oberflächenwasser und Grundwasser, welche in die Baugrube eindringen können, sind in der Lage, die Fundamentsohle aufzuweichen. Erst unmittelbar vor dem Einbau der Fundamente sind diese plastischen Massen zu entfernen.

h. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des „Kleinstückigen Konglomerates“ (ro_1)

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip Konglomerate mit kalkigem Bindemittel sind feste Felsgesteine und gehen bei der Auslaugung in rollige Lockergesteine über. Tonige und mergelige Bindemittel kennzeichnen die Konglomerate als veränderlich-feste Felsgesteine, die zu bindigen Lockergesteinen bzw. Mischgesteinen zerfallen.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Das kleinstückige Konglomerat ist nach GRAHMANN (9) ein besonders wichtiger Grundwasserträger im Erzgebirgischen Becken, besitzt also eine sehr gute Wasserdurchlässigkeit. Zur Bildung eines Grundwasserspiegels über den undurchlässigen Schieferletten der ru_3 -Stufe kommt es am Reichenbrander Kaffberg nicht, da das Wasser infolge der Hangneigung zu Tale fließt. Intermittierende Schichtquellen können auftreten. Die Sickerwasserbewegung im Konglomerat führt zu einer Gefügauflockerung.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Die Konglomerate neigen im bindungsfesten Zustand zu kleinen, als rolliges Haufwerk zu mitunter großen, jedoch rasch abklingenden Setzungen. Einlagerungen plastischer Schichten sind in ihnen nicht zu erwarten.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die als veränderlichfest charakterisierten Gesteine der ro_1 -Stufe, die Konglomerate tonigen oder mergeligen Bindemittels, sind frostempfindlich. Ihre lockeren Zerfallsprodukte enthalten feinklastische Komponenten. Rutschungen sind infolge der horizontalen Lagerung wenig wahrscheinlich.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Für Schichtgesteine unterschiedlicher Bindungsfestigkeit kann nach (7) ein durchschnittlicher Belastungswert von $7,5 \text{ kg/cm}^2$ angenommen werden. BENDEL (3) gibt für Nagelfluh eine wirtschaftliche Belastung bis 12 kg/cm^2 an. Ist das Bindemittel ausgelaugt, so können die lockeren, kantengerundeten Gerölle bei 1 m breiten Streifenfundamenten und einer Gründungstiefe von 2 m mit $4,5 \text{ kg/cm}^2$ belastet werden. Steigt der Gehalt an feinklastischer Substanz, ist dieser Wert entsprechend zu ermäßigen. Er wird im allgemeinen nicht unter 2 kg/cm^2 liegen.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Liegt die Fundamentsohle mit ihrer gesamten Fläche auf verfestigten Konglomeraten und ist ihr Abstand zu den setzungsempfindlichen Schieferletten der ru_3 -Stufe überall gleich groß, so sind keine ungleichmäßigen Setzungen zu erwarten.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Untersuchungsbohrungen haben zweckmäßig die Konglomerate zu durchteufen und Aufschluß über die Konsistenz der sie unterlagernden Schieferletten zu geben, die durch den Einfluß des Sickerwassers oberflächlich stark zersetzt sein können.

B. INGENIEURGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM OBERKARBON VON FLÖHA

1. Geologische Entwicklung

Verschieden starke Einsenkungen in der zwischen dem Erzgebirge und dem Granulitgebirge entstandenen Synklinalzone führten im Oberkarbon zur Bildung eines Spezialbeckens, in dem sich zur Zeit des Westfal B-C sandige und tonige Sedimente, unterbrochen von einem Quarzporphyrerguß, ablagerten. Die jüngsten Schichtglieder des Oberkarbonbeckens von Flöha, die der nachporphyrischen Stufe (co_2) angehören, treten im Stadtgebiet von Karl-Marx-Stadt als Insel zwischen rotliegenden Ablagerungen zu Tage. Lößlehm, der im westlichen Teil dieser Insel eine größere Mächtigkeit aufweist (etwa 2 m) als in ihrer Mitte (etwa 1 m), bedeckt die Sandsteine, Konglomerate und Schiefertone.

2. Morphologie

Morphologisch unterscheidet sich die Oberkarboninsel nicht von der Geländegestaltung der sie umgebenden unterrotliegenden Schichtenglieder. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin begründet, daß die oberkarbonischen Schichten den unterrotliegenden Sedimenten der Nachbarschaft petrographisch sehr ähnlich sind. Lediglich der widerstandsfähige silifizierte Porphyrtuff des Beuthenberges (Ts) äußert sich in einem steileren Anstieg des Geländes nach N zu.

3. Hydrogeologische Grundzüge

An dem geologischen Aufbau der Oberkarboninsel des Zeisigwaldes beteiligen sich verschieden wasserdurchlässige Gesteine. Ihre Wechsellagerung läßt die Vermutung zu, daß in unterschiedlicher Tiefe Grundwasserstockwerke auftreten. Bohrungen auf Grundwasser sind in dem betrachteten Gebiet keine niedergebracht worden. GRAHMANN (9) gibt für das Oberkarbon eine mittlere Einheitsergiebigkeit von $0,08 \text{ l/s/m}$ an.

4. Der Baugrund

a. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der nachporphyrischen Stufe (CO₂)

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung Die oberkarbonischen Schichten treten im Zeisigwald als inselförmige Partien zwischen rotliegenden Schichten zu Tage. Ein isoliertes kleines Vorkommen findet man an der Abzweigung Augustusbürger Straße – Olbersdörfer Straße in Gablenz. Die Mächtigkeit der aus Sandsteinen, Konglomeraten, Schiefertönen und Schieferkohlen aufgebauten Stufe beträgt in einem Bohrloch an der Brücke über den Grundbach mehr als 56 m, im östlichen Teil der Kuhlochschlucht bei Lichtenwalde nur 10 bis 15 m. Das Einfallen der Schichten ist in Lichtenwalde unter 10° bis 15° nach WSW, im Zeisigwald unter 10° bis 25° nach NW und in Gablenz unter 10° bis 15° nach SW gerichtet.

Petrographische Beschaffenheit

Der Sandstein enthält viel Muskowit und Körner von zersetztem Feldspat (Kaolin). Sein Bindemittel ist tonig oder kieselig. Die kieselige Abart bildet Bänke von 0,5 bis 1 m Mächtigkeit. Nimmt der Sandstein Gerölle auf, so wird er konglomeratartig und geht schließlich in Konglomerate über. Diese bestehen aus ei- bis faustgroßen, auch kopfgroßen Geröllen. Das Bindemittel ist entweder locker und sandig oder sandsteinartig. Die Konglomerate bilden Einlagerungen in dem Sandstein und können mehrere Meter mächtig werden. Die Schiefertone, die sich als nur wenige cm oder dm mächtige Schichten in den Sandstein einschalten, enthalten neben viel Ton- und Glimmersubstanz auch sandige Komponenten. In ihnen wurde des öfteren eine unreine Schieferkohle nachgewiesen, deren Mächtigkeit nur wenige dm betrug.

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip Als festes Felsgestein ist die kieselige Varietät der Sandsteine anzusehen. Veränderlichfest verhält sich dagegen der durch ein toniges Bindemittel verkittete Sandstein, welcher unter Auslaugung des Bindemittels in ein Mischgestein zerfällt. Die Konglomerate gehören infolge ihres sandigen Zementes zu den rolligen Lockergesteinen.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Gesteine guter Wasserdurchlässigkeit sind die Konglomerate und Sandsteine kieseligen Bindemittels. Die Durchlässigkeit der tonigen Sandsteine ist gering. Da diese Gesteine mit allerdings nur untergeordnet auftretenden Schiefertönen unbedeutender Durchlässigkeit wechsellagern, muß hie und da mit dem Auftreten von Grundwasser gerechnet werden. Sickerwässer verursachen an den erdoberflächennahen Schichten Zerfallserscheinungen, die sich in der Bildung tonig-sandiger Zersetzungsprodukte äußern.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Setzungsempfindliche Schichten sind im allgemeinen nicht zu erwarten, da vorwiegend verfestigte oder lockere Sandsteine und Konglomerate auftreten. Kommen aber Schiefertone mit Wasser in Berührung, so kann ein Aufweichen sandarmer Varietäten zur Bildung plastischer Massen führen.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Frostempfindliche Gesteine sind die tonhaltigen Sandsteine, Schiefertone und Schieferkohlen. Ihre Zersetzungsprodukte neigen infolge inhomogener Zusammensetzung zu ungleichmäßigen Frosthebungen. In Einschnitten kann diese Frostveränderung Rutschungen herbeiführen.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Die kieseligen Sandsteine können im gesunden, unverwitterten Zustand bis zu 15 kg/cm^2 belastet werden. Die tonigen Varietäten der Sandsteine, deren Gefügesteifigkeit geringer ist, ertragen im druckverfestigten Zustand Belastungen von $7,5 \text{ kg/cm}^2$. H. ENGELS und A. MÜLLER (17) geben für Sandsteine Werte von 7 bis 15 kg/cm^2 , BENDEL (3) für kompakten Sandstein Werte von 5 bis 10 kg/cm^2 an. Die Schiefertone sind im druckverfestigten, wasserfreien Zustand ebenfalls gut tragfähig. Die zulässige Bodenpressung dürfte für sie mindestens 4 kg/cm^2 betragen. Bei den Konglomeraten, deren Gefüge meist stark gelockert ist, richtet sich die Tragfähigkeit nach der Gründungsbreite und -tiefe sowie der Schichtmächtigkeit (2 bis 8 kg/cm^2). Die tonig-sandigen, auch Gerölle führenden Massen der Verwitterungszone sind Mischgesteine mit wechselndem Anteil an bindiger Substanz. Das lehmige Material war in der Baugrube am Bayernring von steifer bis halbfester Konsistenz. Ein Belastung von 1 bis 2 kg/cm^2 darf als zulässig angenommen werden. Liegen zersetzte Sandsteine und Konglomerate an der Erdoberfläche, können die Pressungen, je nach Fundamentbreite und Gründungstiefe, 2 bis 8 kg/cm^2 erreichen.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Ungleichmäßige Setzungen sind, wenn durch die Baugrunduntersuchung keine aufgeweichten Tonlinsen begrenzter Ausdehnung nachgewiesen worden sind, im verfestigten Untergrund nicht zu erwarten.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Die unregelmäßige Wechsellagerung unterschiedlich tragfähiger Gesteine begründet die Notwendigkeit, Untersuchungsbohrungen bis zu der Tiefe niederzubringen, bei welcher die zusätzliche Pressung infolge der Druckverteilung so weit reduziert worden ist, daß keine unzulässig hohen Spannungen mehr auftreten können. Insbesondere gilt es, die Mächtigkeit der an der Erdoberfläche befindlichen Lockergesteine festzustellen.

c. Ingenieurgeologische Untersuchungen im Karbon von Chemnitz-Hainichen

1. Geologische Entwicklung

Die Chemnitz-Hainichener Karbonmulde ist eines jener Spezialbecken, das sich im Anschluß an die sudetische Hauptfaltungsphase in der zwischen dem Erzgebirge und dem Granulitgebirge gelegenen Synklinalzone bildete. Die Mulde erstreckt sich von Borna nach Glösa und weiter nach NW bis Hainichen. GOTHAN ordnete diese aus Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefertönen bestehenden, in geringem Maße Kohlenflöze führenden Ablagerungen aus paläobotanischen Erwägungen dem Unterkarbon zu, während sie aus geologischen Gründen besser

zum Oberkarbon gestellt werden sollten (16). In der erzgebirgischen Phase (etwa Namur B) wurden diese Schichten zusammengeschoben und eingemuldet, zur Zeit des Stefan durch einen von NO nach SW fließenden Fluß teilweise abgetragen. Rotliegende Schichten lagerten sich diskordant darüber. Nur dort, wo diese durch eine spätere Denudation entfernt worden sind, treten die karbonischen Gesteine unmittelbar zu Tage.

Nach (16) beginnt die Unterkarbonserie mit groben Konglomeraten. Diese entsprechen dem Grundkonglomerat der cu_2 -Stufe nach (19). Das Karbon von Chemnitz-Hainichen umfaßt also sicher die auf der Taf. I als cu_0 eingezeichnete cu_2 - und cu_3 -Stufe. Das Alter der cu_1 -Stufe, die aus Grauwacken, Grauwackenschiefern und Grauwackensandsteinen besteht, ist unsicher. BECKER (23) ordnete sie teilweise der Niederwiesauer Serie zu (s. auch Vc). Ob die gesamte cu_1 -Zone zwischen Pleiße und Draisdorf dieser Serie angehört oder, wie es TÖPLER (23) auf seiner schematischen Karte darstellt, nur das Gebiet zwischen den durch die Pleiße und die Linie Bahnhof Mittelwittgendorf – Bornauer Höhe gezogenen Begrenzungen, ist noch nicht geklärt. Die karbonischen Gesteine werden von einer Decke diluvialer Schichten überlagert, die auf den Höhen geringe Mächtigkeiten bis zu 1 m erreichen, an den Talhängen und in den Niederungen aber bis zu 5 m mächtig werden können.

2. Morphologie

Die Geländeformen des Karbons von Chemnitz-Hainichen unterscheiden sich im allgemeinen nicht von denen der benachbarten Formationen. Westlich der Chemnitz bilden die karbonischen Schichten mit denen der Niederwiesauer Serie und denen des Rotliegenden die flachkuppige Röhrsdorfer und Bornauer Höhe (375,3 m), die nach Norden und Süden ebenso wie nach Osten und Westen sanft abfallen. Östlich der Chemnitz beteiligen sich am Aufbau der flachwelligen Höhen zwischen Ebersdorf und Draisdorf ebenfalls karbonische Schichten. Steilere Geländeböschungen sind nur in den Tälern der Chemnitz und ihrer Zuflüsse ausgebildet (Bornauer Tal, Glösbach, Bahrebach). Am Eierberg, südlich von Glösa und bei Draisdorf hat die Chemnitz steilgeböschte Prallhänge geschaffen, die sich augenfällig von den flacheren, nach Westen schauenden Talgehängen im Rotliegenden südlich von Glösa unterscheiden.

3. Hydrogeologische Grundzüge

An dem Aufbau der Chemnitz-Hainicher Karbonmulde beteiligen sich gut wasserdurchlässige Sandsteine und Konglomerate sowie schlecht wasserdurchlässige Schiefertone. Die Wechsellagerung dieser Gesteine läßt auf die Möglichkeit der Bildung von Grundwasserstockwerken schließen. Im allgemeinen gilt das Karbon als wasserarm. GRAHMANN (9) gibt für oberkarbonische Schichten eine mittlere Schichten eine mittlere Einheitsergiebigkeit von 0,08 l/s/m an.

4. Der Baugrund

a. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der cu_2 - und der cu_3 -Stufe (cu_0)

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung
Das Karbon von Chemnitz-Hainichen bildet im Erzgebirgischen Becken eine Spezialmulde, deren NW-Flügel unter 10^0 bis 30^0 nach SO, deren SO-Flügel unter

60° bis 70° nach NW einfällt. Der SO-Flügel wird innerhalb der Stadtgrenze von rotliegenden Schichten diskordant überlagert. Nur der nordöstliche Mulden-schenkel tritt zwischen der Röhrsdorfer Höhe und Auerswalde im Stadtgebiet zu Tage.

Die Schichtenfolge besteht aus einer Wechsellagerung von Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefertonen, die mehr oder minder starke Kohlenflöze enthalten. PIETZSCH (16) gliedert das Karbon in drei Abteilungen. Die untere Abteilung besteht aus dem Grundkonglomerat (Phyllit-Konglomerat) mit unbedeutenden Einschaltungen von Sandsteinen und Schiefertonen, die aber nach dem Hangenden zu an Zahl und Mächtigkeit zunehmen und den Übergang zu der nächsten Abteilung bilden. Die genannten Schichten sind der cu_2 -Stufe gleichzusetzen. Die mittlere Abteilung umfaßt Sandsteine und Schiefertone, denen mehrere Steinkohlenflözchen eingelagert sind. Sie entspricht der cu_3 -Stufe. Die Granitkonglomerate der jüngsten Abteilung sind nur bei Glösa nachgewiesen worden und nicht gesondert dargestellt.

Die Gesamtmächtigkeit des Karbons beträgt mindestens 400 m (16).

Petrographische Beschaffenheit

Das Grundkonglomerat besteht vorwiegend aus groben Phyllitgeröllen, die nach dem Hangenden zu immer kleiner werden und dann auch Zwischenlagen von Sandsteinen und Schiefertonen enthalten. Die Gerölle entstammen dem Frankenberg-Hainichener Zwischengebirge und dem granulitgebirgischen Schiefermantel. Ihre Größe liegt meist zwischen 3 und 10 cm. Es kommen aber auch 50 cm große Gerölle vor. Das metamorphe Material ist scheibenförmig abgeflacht, die Quarzgerölle sind gerundet. Als Bindemittel tritt ein feinsandiger Schutt auf, der dem Konglomerat keinen festen Zusammenhang verleiht. Die Sandsteine sind fein- bis grobkörnig und infolge fehlenden Bindemittels meist locker. Sie enthalten viel Glimmer und öfter zersetzte Feldspatkörner. Die Schiefertone zeichnen sich durch dünn-schichtige Schieferlagen aus, die stellenweise Pflanzenreste führen. Das Gestein ist bräunlich bis gelbbraun, enthält viel Glimmer und kann bituminös und kohlig werden. Es stellt den Übergang zu den ihm eingelagerten harten, bituminösen Schieferkohlen dar (Aschegehalt: 35,2 bis 56,9 %) (21).

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip

Das Grundkonglomerat ist infolge seines lockeren Gefüges und des Fehlens toniger Substanzen ein rolliges Lockergestein. Die kaolinhaltigen Sandsteine und Schiefertone sind in größerer Tiefe im druckverfestigten und wasserfreien Zustand veränderlichste Felsgesteine, die allerdings bei Druckentlastung oder an der Erdoberfläche gierig Wasser aufnehmen und zu einem veränderlichfesten Mischlockergestein umgebildet werden.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Die in die an der Erdoberfläche lagernden Gesteine des Karbons eingedrungenen Niederschlagswässer haben eine bis zu 5 m mächtige Verwitterungszon geschaffen. Die veränderlich-festen Schiefertone und Sandsteine wurden von ihnen dergestalt beeinflusst, daß im Ergebnis ein toniges, lehmiges oder sandiges, auch mit Geröllen vermengtes Mischgestein entstanden ist. Es enthält vorwiegend haffeste Mineralkomponenten. Die geringe Durchlässigkeit der Verlehmungszone bildet die Ursache dafür, daß das Sickerwasser in dieser erdoberflächlichen Region gestaut wird.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Die an feinklastischen Bestandteilen reiche Verwitterungszone ist im naturfeuchten Zustand setzungsempfindlich. Bei Wasseraufnahme können die tonig-lehmigen Schichten in den plastischen Zustand übergehen. Im Grundwasserbereich wird die Scherfestigkeit dieser Gesteine so weit herabgesetzt werden, daß der Baugrund bei Druckbeanspruchung seitlich ausweicht. In größerer Tiefe ist nicht mit dem Auftreten setzungsempfindlicher Schichten zu rechnen. Die unter hohem Gebirgsdruck verfestigten, ungestört lagernden Schiefertone werden an der Wasseraufnahme gehindert, die nur unter Volumenerweiterung möglich ist.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die veränderlich-festen Gesteinsglieder der Karbonschichten, namentlich die der Verwitterungszone, sind frostgefährlich. Der ungleichmäßige Aufbau dieser Gesteine bedingt ungleichförmige Frosthörungen. Die Frostgefahr ist am stärksten an den Hängen, die mit unterschiedlicher Steilheit zur Chemnitz und ihren Nebentälern abfallen, da hier eine talwärts gerichtete Bewegung reichlicher Sickerwassermengen stattfinden kann. Tiefe Einschnitte, die künstlich für den Verkehr angelegt werden, sind gegen Rutschungen zu sichern.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Zu Untersuchungen über die Konsistenz der lehmigen Verwitterungszone war keine Gelegenheit. Es kann jedoch angenommen werden, daß diese Schichten wie die des Oberkarbons von Flöha eine halbsteife bis steife Konsistenz aufweisen. Belastungswerte zwischen 1 und 2 kg/cm² sind dann zulässig. Wird mit diesen Werten gearbeitet, ist der Nachweis zu erbringen, daß keine noch platerischen Massen vorhanden sind. Die lockeren Sandsteine können wie nicht bindige Böden behandelt werden. Je nach Fundamentbreite und Mächtigkeit sind in 2 m Tiefe Pressungen von 2 bis 6 kg/cm² zulässig. Die Konglomerate ertragen unter denselben Verhältnissen Belastungen von 3 bis 8 kg/cm². Für Schiefertone im druckverfestigten Zustand, die aber nur durch Tiefgründungen erreicht werden können, sind Belastungswerte zwischen 4 und 7,5 kg/cm² zulässig.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Wird im Bereich der Verwitterungszone gegründet, so ist die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen dadurch gegeben, daß hier die Plastizität der bindigen Gesteine schwanken kann. Auch können weiche und feste Schichten unregelmäßig wechsellagern.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Infolge der unregelmäßigen Wechsellagerung unterschiedlicher tragfähiger Gesteinschichten ist es zweckmäßig, den gesamten Spannungsbereich eines geplanten Bauwerkes abzubohren, mindestens jedoch 6 m tief.

V. Ingenieurgeologische Untersuchungen im Frankenberg-Hainichener Zwischengebirge

1. Geologische Entwicklung

Der NW-Flügel des Frankenberg-Hainichener Zwischengebirges tritt im Stadtgebiet von Karl-Marx-Stadt östlich des granulitgebirgischen Glimmerschiefermantels bei Rabenstein zu Tage und zieht sich von hier über Röhrsdorf, Mittel- und Unterwittgensdorf nach NW. Das eigentliche Zwischengebirge, der Frankenberg-Mobendorfer Gneis, ist in dem betrachteten Gebiet nicht vorhanden. Wohl aber sind Gesteine verschiedenen petrographischen Charakters aufgeschlossen, die seinen liegenden Schichtenkomplexen angehören. Es handelt sich um Phyllite und Glimmerschiefer der zwischengebirgischen Epizone mit leptitischen Paragneisen, Biotitphylliten, Konglomerat-Tektoniten, Prasiniten und kristallinen Kalken.

„Diese bunte Gesteinsgesellschaft, von der jedes Glied eine andere Entstehungsgeschichte hat, die verschiedenen geologischen Zeitaltern und verschiedenen Tiefenstufen angehören, ... sie alle stammen aus dem mittleren bzw. oberen Erzgebirge“ (23).

Als Unterlage der ortsfremden Zwischengebirgsdecke tritt nach BECKER (23) zwischen Röhrsdorf und Borna die Niederwieser Serie auf (NWS). Die verschiedenartigsten Gesteine der Niederwieser Serie (grauwacken- und sandsteinartige Gesteine, Schiefer, Konglomerat-Tektonite, Graphitquarzite, Kalke) gehören nach Ansicht SCHEUMANNs (23) den leptitischen Paragneisgesteinen der Roten-Gneis-Gruppe an. Sie müssen als metamorphosierte und ausgewalzte Teile des alten prävaristischen Sedimentgebirges angesehen werden. Es handelt sich bei diesen Gesteinen weder um kulmische (19) noch um silurische (20), sondern wahrscheinlich um Gesteine wesentlich höheren Alters (kambrisch-algonkisch).

Die Glimmerschiefer und Phyllite des Zwischengebirges sind in der sudetischen Phase durch einen von S nach N gerichteten Flankenschub epizonal metamorphosiert und randlich auf die Muskowitschiefer der Totensteinplatte aufgeschoben bzw. an ihr gestaut worden (23). Die in ihnen sich befindenden Hornblendegesteine, die in den höheren Stufen der zwischengebirgischen Decke in Prasinite umgewandelt wurden, kristallinen Kalke und unterschiedlich stark metamorphosierten Quarzitgesteine (graphitische Quarzitschiefer und Kiesel-schiefer) werden „als eingestauchte und abgeschuppte Reste einer übergleitenden schwach metamorphen Decke von wechselndem Charakter der Dislokationsmetamorphose betrachtet“. Ihre eigenartig tektonische Stellung, der zufolge sie die hangenden Schichten bis zum Kulm in einzelnen Schollen durchspießen, erklärt sich aus ihrer Unbildungsamkeit (23).

Das Zwischengebirge findet seine südliche Begrenzung an der Hohenstein-Rabensteiner Verwerfung. Eine bis zu 1 m mächtige Lößlehmdecke lagert über den Gesteinen des Zwischengebirges. Sie wird von den Geröllen und dem sandigen Wiesenlehm oder Aulehm der Bäche und Flüsse unterbrochen.

2. Morphologie

Das Terrain dieses vorwiegend aus kristallinen Schiefen bestehenden Gebietes ist flachkuppenförmig. Die höchsten Erhebungen liegen im SW-Abschnitt des Schieferareals (Höhe 380 im Bereich der epizonalen Phyllite, Röhrsdorfer Höhe 375,3 m). Das zu den Höhen sanft ansteigende Gelände wird von der in N-S-Richtung fließenden Pleiße, die sich ein weites Sohlental geschaffen hat, und ihren W-O gerichteten Zuflüssen sowie dem Bahrebach und der Chemnitz durchbrochen. Die nach W schauenden Talgehänge der Pleiße und der Chemnitz sind stellenweise recht steil ausgebildet. Besonders das Chemnitztal wird dort, wo es nördlich von Draisdorf aus dem Karbon in die kristallinen Gesteine des Zwischengebirges eintritt, eng und steil. Die Zuflüsse von Pleiße und Chemnitz haben flache V-Täler mit mächtig geneigten Hängen geschaffen.

3. Hydrogeologische Grundzüge

Die Wasservorräte in diesem Gebiet sind gering. Den größten Teil des Zwischengebirges bilden kristalline Schiefer, die nur auf Klüften und Schieferungsebenen Wasser führen. Die Ergiebigkeit ist erfahrungsgemäß gering. Nur die von sauberen Klüften durchzogenen quarzitisches Gesteine lassen eine größere Wasserbewegung vermuten. Ihr lokales, schollenartiges Vorkommen macht sie für eine Wassergewinnung jedoch ungeeignet. Eine größere Wasserhöflichkeit ist in den aus Grauwacken, Grauwackenschiefen und Tonschiefern bestehenden Sedimenten der Niederwieser Serie und der cu_1 -Zone zu erwarten. Die starke tektonische Beeinflussung dieser Serie läßt, zumal keine Wasserbohrungen aus diesem Gebiet bekannt sind, keine sicheren Angaben zu. Da undurchlässige Grauwacken und Tonschiefer mit durchlässigen Varietäten wechsellagern, muß mit dem Auftreten von Grundwasserstockwerken gerechnet werden. Auf Klüften kann reichlich Grundwasser angetroffen werden. GRAHMANN (9) gibt für paläozoische Schiefer, Grauwacken und Grünsteine eine mittlere Einheitsergiebigkeit von 0,03 l/s/m an.

4. Der Baugrund

a. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Phyllit-Leptitgneis-Zone

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung
An der Zusammensetzung der Phyllit-Leptitgneis-Zone beteiligen sich in der Hauptsache epizonale Glimmerschiefer (gs-fs) und Phyllite (p, po, kn), in denen eingestauchte und abgeschuppte Reste einer übergleitenden Decke von Hornblendegesteinen (h), graphitischen Quarzitschiefern (qq) und Kalken (k) in großer Anzahl auftreten. Verfaltungen, Einstauchungen und Abschuppungen haben zu einer komplizierten Dislokationstektonik dieses Gebietes Anlaß gegeben. Es ist anzunehmen, daß an der Basis der Überschiebungsdecken eine Mylonitisierung der Gesteine stattgefunden hat. Die Verquickung der Phyllite und Hornblendegesteine ist oft sehr innig, so daß man von einer Wechsellagerung beider Gesteine sprechen könnte. Im westlichen Teil des Schieferareals sind die Phyllite zahlreicher und mächtiger, im Ostteil herrschen Hornblendegesteine vor und die Phyllite treten untergeordnet und in geringer Mächtigkeit auf. Das Hauptstreichen verläuft in dem Gebiet zwischen der Hohenstein-Rabensteiner Verwerfung und der Autobahn Weimar - Karl-Marx-Stadt in N-S-Richtung, während es südlich von Röhrsdorf in die N-O-Richtung einbiegt.

Die Mächtigkeit der Phyllit-Leptitgneis-Zone beträgt etwa 500 m. Im einzelnen erreichen die Hornblendegesteine Mächtigkeiten von 100 m (Draisdorf) und die im Ostteil des Schieferareals zwischen den Hornblendegesteinen auftretenden Phyllite Mächtigkeiten von 200 m (Eisenbahneinschnitt oberhalb Unterwittgensdorf). Über die Mächtigkeit der epizonalen Glimmerschiefer ist nichts bekannt. Die graphitischen Quarzitschiefer sind am Plantagengut etwa 30 m mächtig.

Petrographische Beschaffenheit

Die Phyllite (p, kn) sind seidenglänzende bis matschimmernde, unterschiedlich metamorphosierte Gesteine. Von grünlicher bis dunkelblauer Farbe, besitzen sie ein dünn- oder dickschieferiges Gefüge. Die Schieferlagen sind durch lokale Bewegungen meist gefältelt. Mit bloßem Auge ist Quarz und Serizit zu erkennen, wobei der Quarz oft als linsen- bis knauernförmige Einlagerung auftritt. Durch die Bildung von Ottrelith geht der phyllitische Schiefer in Ottrelithphyllit (po) über. Ein phyllitischer Tonschiefer, der nur schwach metamorphosiert wurde, ist aus dem Gebiet nordwestlich von Rottluff bekannt.

Die Hornblendegesteine weisen ein schieferiges, feinkörniges bis dichtes oder massig-körniges Gefüge auf. Der massige Amphibolit, der unterhalb von Draisdorf etwa 10 m mächtig ist, besteht aus einem Gemenge von Hornblende und Feldspat. Untergeordnet beteiligen sich an seiner Zusammensetzung Biotit und Titaneisen. Aus den gleichen Hauptgemengeteilen bestehen auch die Hornblendeschiefer. Wechsellagern diese in feinen Lagen mit ebensolchen von Phyllit, so werden sie als Hornblendephyllit bezeichnet.

Die graphitischen Quarzitschiefer sind meist dickschieferig, mitunter gefältelt und dann stengelig brechend. Sie werden von weißen, wellig gewundenen Quarzschnitzen durchzogen. Ihre Farbe ist schwärzlich.

Bei den in (19) erwähnten Garben- und Fruchtschiefern handelt es sich nicht um Produkte der vom Granulit ausgegangenen Kontaktmetamorphose, sondern um regionalmetamorph veränderte, vielleicht durch Diaphtorese aus Amphiboliten entstandene Gesteine, die als Hornblendegarbenschiefer oder Garbenglimmerschiefer zu bezeichnen sind und zu den Muskowitschiefern gestellt werden können (14). Als Baugrund verhalten sie sich ähnlich wie die Muskowitschiefer der Totensteinplatte (s. Abschnitt VI).

Vergleicht man die Phyllite, Hornblendegesteine und Quarzitschiefer des Frankenberg-Hainicherer Zwischengebirges mit denen des Erzgebirges (Löfnitz-Zwönitzer Zwischenmulde), so zeigt sich eine große Ähnlichkeit der Lagerungsverhältnisse und der petrographischen Beschaffenheit. Daraus kann gefolgert werden, daß diese Gesteine auch sehr ähnliche Eigenschaften als Baugrund aufweisen. In bezug auf den Einfluß des Wassers, das Vorkommen plastischer Schichten, die Tragfähigkeit, die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen und die Frost- und Rutschgefahr kann für jene Gesteine der Phyllit-Leptitgneis-Zone das bereits in Abschnitt III über die tonschieferähnlichen Phyllite, die Hornblendegesteine und Quarzitschiefer Festgestellte gelten.

Es wird deshalb genügen, an dieser Stelle von den mannigfaltigen Gesteinen der Phyllit-Leptitgneis-Zone nur den kristallinen Kalkstein eingehender zu untersuchen.

b. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des kristallinen Kalksteins (k)

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung
In dem abgegrenzten Gebiet sind zwei Vorkommen von kristallinem Kalkstein bekannt. Das eine liegt in Rabenstein („Unterirdische Felsendome“), das andere bei Unterwittgensdorf.

Bei der Auffaltung des varistischen Gebirges wurde das ursprünglich nur geringmächtige, aber über eine größere Fläche verbreitete Kalklager durch einen SO-Schub zu einem mächtigeren Lager geringer Ausdehnung zusammengefaltet. Durch die Querstauchung des gesamten Faltsystems des Erzgebirges beim Umbiegen des varistischen Faltenzuges in die NW-SO-Richtung wurde das Kalklager senkrecht zur ersten Verfaltung zu einem komplizierten, etwas großräumigeren Faltungssystem zusammengelegt, wobei sich der Kalkstein in ungeordneten Schichtenlagen durch die Hornblendeschiefer, mit denen er stets verknüpft ist, hindurchwindet. In Rabenstein konnten Mächtigkeiten des Kalksteins bis zu 15 m nachgewiesen werden (15).

Petrographische Beschaffenheit

Der Kalkstein, bei der Metamorphose in Marmor umgewandelt, besteht in Rabenstein aus:

37,9 – 43,0 %	CO ₂	
48,6 – 55,3 %	CaO	
0,5 – 0,9 %	MgO	
0,2 – 1,1 %	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	
0,8 – 10,2 %	Unlösliches	(17)

Die Kalkgewinnung wurde vor etwa 350 Jahren aufgenommen und 1908 endgültig eingestellt (1). Die Wiederaufnahme der Kalkgewinnung ist wirtschaftlich unrentabel (15).

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Der unter hohen Druckverhältnissen entstandene Marmor, der sich durch ein dichtes Gefüge feinsten Kalkspatkörnchen auszeichnet, enthält keine wasseraffinen oder zerfallsempfindlichen Mineralien. Es ist ein festes Felsgestein.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

CaCO₃ löst sich bei der Einwirkung von CO₂-haltigem Wasser unter Bildung von Ca(HCO₃)₂ auf. Spalten und Klüfte im Marmor können durch die lösende Wirkung des Niederschlagswassers erweitert werden. Auch die Bildung größerer Hohlräume ist möglich.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Plastische Schichten, die unter Belastung zu seitlichem Ausquetschen neigen, sind in dem Kalkstein nicht zu erwarten, da er nur einen sehr geringen Prozentsatz toniger Substanz enthält.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Nach dem KEILSchen Frostkriterium gelten alle in reinem Wasser unlöslichen Gesteine, also auch Marmor, als frostsicher. Rutschungen sind in festen Felsgesteinen nicht zu befürchten.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Marmor ist ein sehr gut tragfähiger Baugrund. (6) gibt für gesunden unverwitterten und nur wenig geklüfteten Marmor eine zulässige Bodenpressung von 15 kg/cm² an.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Marmor ist ein Felsgestein, das infolge hoher Elastizitätswerte nur gering zusammendrückbar ist und deshalb keine nennenswerten Setzungen erleidet. Ungleichmäßige Setzungen, die auf einer verschiedenen starken Zusammendrückung des Untergrundes beruhen, sind nicht zu erwarten. Wohl aber muß mit Senkungserscheinungen gerechnet werden. Diese können dann eintreten, wenn natürliche oder künstliche Hohlräume in dem Marmor vorhanden sind. Besonders Erschütterungen, die bei der Anlage von Verkehrswegen und Fabriken nicht zu umgehen sind, können dazu führen, daß die tragende Deckschicht über den Hohlräumen nachgibt, sich senkt und schließlich einstürzt.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

(15) gibt einen guten Überblick über die Verteilung der unterirdischen Grubenbaue. Daraus ist ersichtlich, in welcher Tiefe mit künstlichen Hohlräumen im Marmor zu rechnen ist. Spezielle Baugrunduntersuchungen durch engmaschig angelegte, tief reichende Kernbohrungen sind nur in Zweifelsfällen nötig. Außerhalb des Bergbaugesbietes ist durch spezielle Untersuchungen der Nachweis zu erbringen, daß natürliche, durch Auslaugung entstandene Hohlräume im Marmor fehlen.

c. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Niederwieser Serie (nws) und der cu_1 -Zone

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung
Zwischen der Phyllit-Leptitgneis-Zone und dem Karbon von Chemnitz-Hainichen verläuft, an die Hohenstein-Rabensteiner Verwerfung anschließend, ein 600 bis 800 m breiter, aus verschiedenartigen Schiefen, Grauwacken, Kalken und Kiesel-schiefern bestehender Streifen nord- bzw. nordostwärts. Diese Gesteine gehören der altpaläozoischen Randzone des Frankenberg-Hainicher Zwischengebirges an. SIEGERT und DANZIG (19) sahen in ihnen Gesteine kulmischen Alters (cu_1), aus denen obersilurische Kiesel-schiefer (s_2) kuppenförmig auftauchen. Tatsächlich besitzen sie in ihrem Aussehen große Ähnlichkeit mit kulmischen Gesteinen der Lausitz, werden aber auch den Gesteinen der Niederwieser Serie sehr ähnlich. BECKER gelang es, eine zusammengehörige Gesteinsfolge von schwärzlichen, grau-grünen und grünen Schiefen, Graphitquarziten und Kalken aus den vermeintlich kulmischen Gesteinen herauszugliedern. Er parallelisierte sie mit der Niederwieser Serie, die das Liegende der altpaläozoischen Randzone bildet. PIETZSCH ist der Ansicht, daß das schmal zonenförmige Auftauchen der Kiesel-schiefer aus den kulmischen (?) Gesteinen durch einen Schuppenbau des gesamten Gebietes bedingt ist (23). Im einzelnen beteiligen sich an dem Aufbau der beiden genannten Zonen Grauwacken, Grauwackenschiefer, Grauwackensandsteine, Tonschiefer, Kalksteine und Kiesel-schiefer.

Petrographische Beschaffenheit

Die dunkel gefärbten Grauwacken bestehen aus fein- oder grobkörnigen Bestandteilen von Quarz, Orthoklas, Hornblendeschiefer, Phyllit und einzelnen Glimmerblättchen. Ihr Bindemittel ist tonig oder kieselig. Die Grauwackenschiefer enthalten viel Muskowit und sind tonig-weich, nur selten kieselig. Die Grauwackenstandsteine sind meist hart und quarzitisches. Der Kalkstein ist dicht bis feinkörnig

und enthält nur geringe, in Salzsäure unlösliche Reste (Quarz, Glimmer). Der dunkel gefärbte, weiche Tonschiefer spaltet zuweilen sehr vollkommen und ebenflächig. Er wird von vielen Querklüften durchzogen. Teilweise ist er unregelmäßig gefaltet. Die plattig abgesonderten Kieselschiefer sind biogene Gesteine, die eine leichte Metamorphose erfahren haben (Metakieselschiefer). Ihre Farbe ist schwarz, sie werden von weißen Quarzadern durchschwärmt.

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Veränderliche Felsgesteine, die zerfallsempfindliche Substanzen enthalten und bei der Verwitterung in veränderlichste Mischlockergesteine zerfallen, sind die Grauwacken tonigen Bindemittels, die Grauwackenschiefer und die Tonschiefer. Feste Felsgesteine sind die Grauwacken mit kieseligem Bindemittel, die quarzischen Grauwackensandsteine, Kalksteine und Kieselschiefer.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund und der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Die felsigen Gesteine der cu_1 -Zone und der Niederwiesauer Serie sind nur in geringem Maße wasserempfindlich. Die säkulare Verwitterung hat jedoch in langen Zeiträumen nahe der Erdoberfläche Lockergesteine entstehen lassen, die durch ihren Gehalt an tonig-schluffigen Bestandteilen leicht von Wasser zu beeinflussen sind. Diese tonigen Komponenten der Verwitterungszone sind aus den veränderlich-festen Tonschiefern und dem tonigen Bindemittel der Grauwackengesteine hervorgegangen. An dem Aufbau der Verwitterungszone beteiligen sich jedoch in erster Linie sandige Komponenten. Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß auch in dem gesunden Fels stark zersetzte, schluffig-tonige Massen enthalten sein können, besonders in dem Tonschiefer.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die Grauwacken tonigen Bindemittels, die Grauwackenschiefer und die Tonschiefer sind frostempfindlich und zerfallen unter der Einwirkung des Frostes in frostgefährliche Lockergesteine. Diese können im Bereich der Verwitterungszone von verschiedener Beschaffenheit sein, so daß mit der Möglichkeit ungleichmäßiger Frosthebungen zu rechnen ist. Die Frostveränderung kann an den veränderlich-festen Gesteinsgliedern in tiefen Einschnitten auch zu Rutschungen Anlaß geben.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Die Tragfähigkeit des unverwitterten, wenig geklüfteten anstehenden Gesteins ist der von Schichtgesteinen gleichzusetzen (7 bis 15 kg/cm^2) (6). Im Bereich der Verwitterungszone lagern sandige Lehme und lehmige Sande, deren Konsistenz als halbfest zu bezeichnen ist. Belastungen von 2 kg/cm^2 sind dann zulässig. Sinkt der Tongehalt, so entstehen Sande, die, je nach der Gründungsbreite und -tiefe, bis 6 kg/cm^2 gelastet werden können.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Mit der Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen muß im Bereich der unterschiedlich zusammengesetzten Verwitterungszone gerechnet werden. Da feste und veränderlichste Gesteinsglieder, die unterschiedliche Gefügestigkeiten aufweisen und deshalb verschieden stark zersetzt sind, miteinander wechsellagern, besteht auch außerhalb der Verwitterungszone die Gefahr unterschiedlicher Bewegungen des Bauwerkes.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrund- untersuchungen

Da die geologischen Verhältnisse in dem besprochenen Gebiet nur unzureichend bekannt sind, ist es zweckmäßig, Baugrundbohrungen bis zur festen Felslinie und 2 m in den festen Untergrund abzuteufen.

IV. Ingenieurgeologische Untersuchungen im granulitgebirgischen Anteil von Karl-Marx-Stadt

1. Geologische Entwicklung

Das Stadtgebiet von Karl-Marx-Stadt umfaßt einen Teil der zum Schiefermantel des Granulitgebirges gehörenden Glimmerschiefer (m) der Totensteinplatte. Die Glimmerschiefer sind als Reste einer Decke mittlerer Stufe allochthon. In der sudetischen Phase wurden sie durch einen von S nach N gerichteten Flankenschub aus ihrem Entstehungsgebiet im Erzgebirge deckenförmig auf den Gneisglimmerschiefer von Löbenhain-Röhrsdorf und mit diesem auf den Granulit aufgeschoben. In der Bewegungszone zwischen den nahezu waagrecht aufgeschobenen Massen und ihrer steilgestellten Unterlage wurden die mitgeführten Gesteine und die Unterlage selbst mylonitisiert. Die tektonische Grenze gegen das Rotliegendebcken bildet die Hohenstein-Rabensteiner Verwerfung, die unter einem Winkel von 40° bis 50° nach S bzw. SO einfällt. Die Sprunghöhe dieser Verwerfung beträgt mindestens 550 m. Eiszeitlich gebildete Ablagerungen sind keine mehr nachzuweisen. Als jüngste geologische Bildungen treten in den Bächen fluviatile Sedimente auf.

2. Morphologie

Der Glimmerschiefermantel des südlichen granulitgebirgischen Randwulstes hebt sich von dem Erzgebirgischen Becken morphologisch sehr deutlich ab. Er erscheint als bewaldeter Bergrücken mit Erhebungen von 450 m und liegt 70 m bis 100 m über dem Niveau der Rotliegendeschichten. An den Stellen, wo Bäche den Glimmerschiefer durchschneiden, haben sich tiefe Täler mit steilen Hängen gebildet. Die Ursachen dafür, daß der Glimmerschiefer sich als Bergrücken sowohl von dem Erzgebirgischen Becken im Süden als auch von dem Granulit im Norden morphologisch abhebt, ist in seiner großen Gesteinhärte bedingt, die der Verwitterung und Abtragung einen größeren Widerstand entgegengesetzte als die weicheren tonigen Gesteine der Rotliegendeschichten oder die reichlich feldspatführenden Granulite.

3. Hydrogeologische Grundzüge

In den Glimmerschiefern der Totensteinplatte ist mit keinen für die Wasserversorgung nutzbaren Wasservorräten zu rechnen. GRAHMANN (9) gibt für Gneise eine größte spezifische Ergiebigkeit von 0,01 l/s/m an. Da die Glimmerschiefer reichlich Muskowit führen, die Wasserleitfähigkeit eines Gesteins mit der Zunahme des Glimmergehaltes steigt, dürfte auf den tektonischen Spalten und den Schieferungsebenen der Mukowitschiefer eine lebhaftere Wasserbewegung als im Gneis stattfinden. Da jedoch eine mächtige, wasserbindende Deckschicht fehlt, ist die Wasserführung auf den Klüften unausgeglichen und abhängig von den jahres zeitlich bedingten Niederschlagsmengen.

4. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich der Muskowitschiefer (m)

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung
Während die Glimmerschiefer im Gebiet westlich der Stadtgrenze durch eine vorwiegend flache Lagerung gekennzeichnet sind, die allerdings sanft unduliert und deshalb rasch wechselt, ist ihr Fallen zwischen Grüna und Rabenstein nahezu konstant nach SO gerichtet. Weiter im O herrscht N-S-Streichen vor und die schiefer fallen ziemlich steil nach O ein. Die Mächtigkeit der Glimmerschiefer läßt sich infolge fehlender Bohrungen nur schätzen. Die Glimmerschiefer im Bereich der Augengneise der Totensteinplatte sind bis zu 300 m mächtig.

Petrographische Beschaffenheit

Hauptbestandteile des Glimmerschiefers sind Quarz und Muskowit. Der silberweiße, seidenartig glänzende Muskowit umflaßert allseitig die schwachen Quarzlinen. Akzessorische Gemengteile sind roter oder bräunlicher Granat, Staurolith und schwarzer Ottrelith.

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip

Die starke tektonische Überbeanspruchung und Zermürbung des Gesteinsgefüges (Mylonitisierung) hat zur Bildung zerfallsbeschleunigender Mineralien geführt (Muskowit). Deshalb ist der Muskowitschiefer als veränderlichfestes Felsgestein anzusehen.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Das Wasser hat die Gelegenheit, auf Klüften, Rissen und Schieferungsebenen in den Glimmerschiefer einzudringen. Im Bereich der Frosttiefe entsteht durch Frostsprengung eine lockere Verwitterungszone, an deren Aufbau sich auch tonige Komponenten beteiligen. Die Auflockerung des Gesteinsgefüges, verbunden mit der Bildung wasseraffiner Zersetzungsmineralien, führt zu einer Verschlechterung der Baugrundqualität. In größerer Tiefe übt das Sickerwasser auf den wenig wasserempfindlichen Untergrund einen untergeordneten Einfluß auf, so daß dort keine spürbare Verschlechterung der Baugrundqualität eintreten wird.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Die chemische Verwitterung der Glimmerschiefer geht sehr langsam vor sich. Sie beruht auf einer Hydrolyse der Muskowite, die in Hydromuskowite übergeführt werden und zu den Tonmineralien überleiten. Tonige Komponenten sind nur in der Verwitterungszone nachgewiesen worden. Sie können auch auf Sapften und Klüften vorhanden sein. Mit dem Auftreten plastischer Schichten größerer Ausdehnung ist nicht zu rechnen. Wird auf festem Fels gegründet, so sind keine ungleichmäßigen Setzungen zu erwarten.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Die veränderlich-festen Glimmerschiefer sind frostempfindliche Gesteine. Die Gesteine der Verwitterungskruste sind frostgefährlich. Ihre \pm gleichmäßige Zusammensetzung läßt mehr oder minder gleichmäßige Frosthebungen erwarten. Infolge günstiger Wasserverhältnisse hat man jedoch bei der Anlage der Autobahn Karl-Marx-Stadt - Weimar auf eine Frostsicherung verzichtet (11). Aus den gleichen Gründen neigen die Glimmerschiefer auch nicht zu Rutschungen.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Die Glimmerschiefer liefern bei den bodenmechanischen Untersuchungen hohe Elastizitätswerte. Deshalb können sie großen Belastungen unterworfen werden

(8 bis 15 kg/cm²) und sind als sehr guter Baugrund anzusehen. Dies gilt freilich nur für die mäßig geklüfteten, unverwitterten Gesteine. Die unterhalb der Verwitterungszone lagernden, zunächst tektonisch stark aufgelockerten Partien der Glimmerschiefer ertragen Belastungen zwischen 2 und 8 kg/cm².

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Untersuchungsbohrungen müssen in jedem Fall die feste Felslinie der Glimmerschiefer ergründen und noch mindestens 2 m in den festen Untergrund eindringen. Da die Verwitterungszone nur gering mächtig ist, werden Flachgründungen auch hohe Belastungswerte ohne Schaden für das Bauwerk auf den Untergrund übertragen können. Die Verwitterungsgesteine, die zu ungleichmäßigen Setzungen Anlaß geben könnten, sind abzuräumen.

VII. Ingenieurgeologische Untersuchungen im Deckgebirge von Karl-Marx-Stadt

a. Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des diluvialen Deckgebirges

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und Verbreitung
Das nordische Inlandeis, welches nur während der Mindeleiszeit das Gebiet von Karl-Marx-Stadt erreichte (16), fand seine südliche Begrenzung etwa in der Linie Rabenstein - Siegmar - Helbersdorf - Zwönitz - Würschnitz - Vereinigung - Niederhermsdorf - Hilbersdorf.

SIEGER und DANZIG (19) beobachteten in diesem Bereich altdiluviale Chemnitzschotter ($d_1\mu$), nordisches Material führende Glazialkiese und -sande ($d_1\nu$), Geschiebelehm (d_2), jungdiluviale Chemnitzschotter (d_3), Bändertone (B) und Lößlehm (d_4). Mit Ausnahme der Lößlehme müssen diese pleistozänen Bildungen Produkte der ersten in Mitteldeutschland wirkenden Eiszeit sein. Die unterschiedliche Höhenlage der Schotter läßt darauf schließen, daß es sich um gleichzeitige Bildungen verschiedener Flüsse, etwa der Chemnitz und des Bernsbaches, handelt. Die Bändertone sind anscheinend Bildungen eines großen, verzweigten Stausees, der sich mit dem Vorrücken des Eises allmählich nach Süden verschob (Bänder-tonvorkommen am Kafberg, in Reichenhain und in den Bohrungen 115 und 116). Sie können auch als Produkte kleinerer, lokaler Stauseen abgelagert worden sein. Ein großer Teil der nordischen Ablagerungen ist abgetragen worden.

Die Gesamtmächtigkeit des diluvialen Deckgebirges schwankt zwischen 0 und 18 m. Auch die einzelnen, das diluviale Deckgebirge zusammensetzende Gesteine wechseln in ihrer Mächtigkeit.

Lößlehm: 0 bis 10 m Mächtigkeit

Geschiebelehm: 0 bis 10 m Mächtigkeit

Glazialkies und -sand: 0 bis 6 m Mächtigkeit

Bändertone: 0 bis 11 m Mächtigkeit

diluvialer Schotter: 0 bis 6 m Mächtigkeit.

Die größte Verbreitung besitzt der Lößlehm, der überall dort, wo er auf der Baugrunderkarte als d_1 gekennzeichnet wurde, mehr als 1 m mächtig ist. Es folgen die diluvialen Schotter der Chemnitz und ihre Zuflüsse, die besonders östlich des Chemnitzflusses unter dem Lößlehm weit verbreitet sind. Bändertone, Glazialkiese und Geschiebelehm sind nur vereinzelt gefunden worden. Geschiebelehm und Glazialkiese kommen in dem von Kappelbach und Chemnitzfluß (Nordteil) eingeschlossenen Areal vor. Bändertone sind sowohl aus dem Norden bei Borna als auch aus dem Süden bei Reichenhain bekannt.

Petrographische Beschaffenheit

Der braune bis bräunlich-gelbe Lößlehm besteht aus einem gleichmäßig beschaffenen Aggregat von Feinsand und Tonsubstanz. An seiner Basis ist er meist sandiger ausgebildet und enthält dann auch kiesige Beimengungen und sogar Quarzgerölle, die Faustgröße erreichen können. Ist der Lößlehm mehrere Meter mächtig, enthält er meist keine Gerölle.

Der Geschiebelehm ist ein toniger Lehm, in dem zahlreiche Feuersteine und Gerölle der dem Erzgebirgischen Becken vorgelagerten Formationen enthalten sind. In den Glazialkiesen und -sanden herrscht Feinsand vor, der aber stets Lagen von größeren Geröllen führt. Diese bestehen aus Feuersteinen, Dalaquarziten, Granulit, Granitgneis und Glimmerschiefer.

Bändertone sind sehr regelmäßig zusammengesetzte, feingeschichtete Tone, die aus einer Wechsellagerung dunkler feinkörniger und hellerer größerer Schichten bestehen.

Die diluvialen Schottermassen bestehen aus Geröllen wechselnder Größe (bis kopfgroß), die regellos durcheinander liegen. Sie enthalten Quarz, Phyllit, Gneis, Glimmerschiefer und Quarzitschiefer. Die Quarze sind in der Regel gerundet, während die übrigen Gesteine bei der mechanischen Zerstörung und dem Transport ein schieferiges Gefüge angenommen haben. Zwischen den Geröllen lagert lehmiger Sand und Kies. Bei den Ausschachtungsarbeiten an der Erdmannsdorfer Straße konnten innerhalb der Gerölle auch Feinsandlinsen von 25 cm Stärke und 15 cm mächtige Lehmlinsen beobachtet werden.

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip

Die Gesteine des diluvialen Deckgebirges sind unter niedrigen Bildungstemperaturen und beschränkten Druckverhältnissen in terrestrischen Bildungsräumen abgelagert worden. Sie unterscheiden sich durch ihre Korngröße und ihren Gehalt an wasseraffinen Mineralien. Lößlehm, Geschiebelehm und Bändertone enthalten reichliche Mengen wasserempfindlicher Substanz. Sie sind haftfeste Lockergesteine. Die vorwiegend von feinsandigen Bestandteilen gebildeten Glazialsande und -kiese enthalten nur geringe Mengen an Tonsubstanz. Diese Gesteine können wegen ihrer Kohäsionslosigkeit als rollige Lockergesteine bezeichnet werden, wenn auch ein geringer Gehalt bindiger Substanz vorhanden ist.

Das gilt in weitaus höherem Maße für die diluvialen Schotter, in denen grobe Korngrößen überwiegen (Steine). Diese ebenfalls rolligen Lockergesteine enthalten aber Schichten bindiger Gesteine (Lehmlinsen). Bei einer solchen Wechsellagerung ist für die Beurteilung des Baugrundes der verändlichste Charakter der tonigen Einlagerungen maßgebend.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Das Deckgebirge besteht aus Schichten verschiedener Wasserdurchlässigkeit. Bänderton, Geschiebelehm und Lößlehm weisen niedrige k -Werte auf, während die feinsandigen Glazialkiese und -sande sowie die diluvialen Schotter sehr gut wasserdurchlässig sind. Da die prädiluvialen Schichtenkomplexe zum größten Teil geringer durchlässig sind als das Deckgebirge, wirken sie als Wasserstauer, und Grundwasser wird bereits in den Glazialkiesen und Flußschottern der Niederungen auftreten. Die erdoberflächennahe Lage des Grundwassers bedingt seine starke Abhängigkeit von klimatischen Faktoren. Es muß mit einem Ansteigen bzw. Absinken des Grundwasserspiegels um mindestens 1 m gerechnet werden. Der Einfluß des Wassers auf die Qualität des Baugrundes äußert sich bei den haftfesten Gesteinen in ihrem verschiedenen Konsistenzgrad. In den kohäsionslosen Lockergesteinen wirkt das Grundwasser lockernd auf die Lagerungsdichte ein.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Der Lößlehm, dessen Konsistenzform in der Regel halbfest ist und aus diesem Grunde bei entsprechender Belastung nur mäßige Setzungsbeträge erleiden wird, kann auch in plastischen Zustandsformen auftreten. Bei zu hohen Bodenpressungen kann es dann zu Grundbruch kommen. Das gleiche gilt von dem Geschiebelehm. Ein Bänderton an der Kaßbergstraße wurde beim Bau des Pionierhauses beobachtet. Er besaß steife Konsistenzform. Es muß ferner darauf hingewiesen werden, daß in den diluvialen Schottern unregelmäßige Einlagerungen von Lehm und Tonlinsen vorhanden sind, deren Konsistenz schwankt.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Geschiebelehm, Bänderton, Lößlehm und die in den Schottern vorhandenen Tonlinsen sind infolge ihres hohen Gehaltes an wasseraffinen Mineralien frostgefährliche Gesteine, die durch Kapillarwirkung in der Frostzone zusätzlich Wasser anreichern, das zu Frosthebungen führt, die bei homogener Zusammensetzung der Schichten gleichmäßig verlaufen. Die festen Lockergesteine sind nicht frostgefährlich. Da im Bereich des Deckgebirges frostgefährliche und frostsichere Gesteinsschichten miteinander wechsellagern, werden auftretende Frosthebungen ungleichmäßig verlaufen. In Einschnitten des Erd- und Hydroordbaues kann die starke Frostveränderung der frostgefährlichen Gesteine zu Böschungsrutschungen führen.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Die Tragfähigkeit des Lößlehms kann nur im Zusammenhang mit seiner Konsistenzform beurteilt werden. Diese ist in der Regel halbfest, so daß eine Bodenpressung von 2 kg/cm^2 als zulässig erscheint. Da jedoch auch steifer Lößlehm beobachtet werden konnte, ermäßigt sich in diesem Falle seine Tragfähigkeit auf etwa 1 kg/cm^2 . KEIL (11) gibt für Löß und Lößlehm Belastungswerte von 2 bis 3 kg/cm^2 an. SINGER (22) rechnet bei Lößlehm mit einer durchschnittlichen Belastung von 3 kg/cm^2 , wenn dieser trocken oder erdfeucht ausgebildet ist.

Der in weicher und steifer Konsistenz auftretende Geschiebelehm kann mit $0,4$ bis 1 kg/cm^2 belastet werden. In denselben Grenzen dürfte die Tragfähigkeit der Bändertone liegen, für die (22) bei steifplastischer Konsistenz und reichlicher Glimmerführung ein Belastungswert von 2 kg/cm^2 angegeben wird. Die

Bodenpressung des trockenen bis erdfeuchten feinsandigen Glazialkieses und -sandess beträgt bei einer Fundamentbreite von 1 m und einer Gründungstiefe von 1 m $3,0 \text{ kg/cm}^2$. Dieser Wert kann aber nur dann als gültig angesehen werden, wenn kein aufwärts strömendes Grundwasser nachgewiesen wurde, da das feinsandige Material zur Schwimmsandbildung neigt. In solchen Fällen besteht Grundbruchgefahr. KEIL (11) gibt für trockenen Feinsand einen zulässigen Bodenpressungswert von 2 bis 4 kg/cm^2 an. H. ENGELS und A. MÜLLER (17) rechnen bei Schwimmsand mit Werten von 0 bis 2 kg/cm^2 .

Den besten Baugrund im Bereich des diluvialen Deckgebirges stellen die Flußschotter dar. Bei einer Fundamentbreite von 1 m und einer Gründungstiefe von 1 m ertragen sie Belastungen von $3,5 \text{ kg/cm}^2$ (6). Voraussetzung ist, daß die Gründungssohle um mindestens 1 m über dem Grundwasserspiegel liegt. Wird im Bereich von Grundwasser gegründet, so sind die genannten Werte zu ermäßigen. Für die Wahl der zulässigen Bodenpressung ist ferner die Mächtigkeit der druckverteilenden Schicht maßgebend. SINGER (22) gibt für diluviale Kiese und Schotter Belastungen von 4 bis 6 kg/cm^2 an. Diese Werte sind nur dann zu erreichen, wenn die druckverteilende Schotterschicht so mächtig ist, daß sie bei einer Gründungstiefe von 2 m Fundamentbreiten von 1 bis 5 m zuläßt.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Ein vollständig homogener Baugrund ist in den Deckgebirgsschichten nur sehr selten anzutreffen, denn es schwankt die Konsistenz der hafftesten Lockergesteine mitunter auf sehr geringen horizontalen und vertikalen Entfernungen. Besondere Beachtung erfordern die variablen Lagerungsverhältnisse der Flußschotter, die als fluviatile Bildungen Ton- und Lehmlinsen begrenzter Ausdehnung enthalten. Nur durch ein engmaschig angelegtes Netz von Untersuchungsbohrungen kann die Gefahr unterschiedlicher Setzungen erkannt werden.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Die Untersuchungsbohrungen müssen das gesamte Deckgebirge durchteufen. Wird dies von festen, unverwitterten Felsgesteinen unterlagert, so genügt es, die Bohrungen noch 2 m in dasselbe niederzubringen. Besteht der Baugrund dagegen aus rolligen oder bindigen Lockergesteinen, wie das bei den meisten rotliegenden und karbonischen Schichten nahe der Erdoberfläche der Fall ist, so erscheint es zweckmäßig, den gesamten Spannungsbereich des geplanten Bauwerkes abzubohren. In den bindigen Böden des Deckgebirges wird beim Aushub der Baugrube ein Teil des Porenwassers frei und verursacht ein Aufweichen der gestörten Massen. Diese weichplastischen Schichten täuschen einen schlechten Baugrund vor. Dieser Erscheinung kann vorgebeugt werden durch das Einführen einer nur wenige dm starken Kiesschicht an der Fundamentsohle. Sie entfiltriert die gestörten breiigen Massen und schützt den Beton vor Verunreinigungen (11). Durch Oberflächenwasser aufgeweichte Bodenschichten sind unmittelbar vor dem Einbringen der Fundamente zu beseitigen. Wird auf kohäsionslosen Lockergesteinen gegründet, empfiehlt es sich, mit Rücksicht auf die Sicherung der Baugrube über dem Grundwasserspiegel zu bleiben. Läßt sich diese mit einer frostfreien Gründung nicht vereinbaren, ist der Grundwasserspiegel künstlich abzusenken.

b, Die ingenieurgeologischen Verhältnisse im Bereich des alluvialen Deckgebirges

Lagerungsverhältnisse, Mächtigkeit und petrographische Beschaffenheit

Die alluvialen fluviatilen Ablagerungen, die an die Talauen der Flüsse und die Täler der Bäche gebunden sind, setzen sich aus an der Basis liegenden Schottern (ak) verschiedener Korngrößen, aus ton- und glimmerhaltigen Sanden und schließlich aus mehr oder minder sandigen Tonen und Lehmen zusammen, die im Tal der Chemnitz als Aulehm (al), in ihren Nebentälern als Wiesenlehm (a_w) bezeichnet werden. Wie es dem Charakter fluviatiler Sedimentation entspricht, treten in den Flußschottern tonige, lehmige oder sandige, in Mächtigkeit und horizontaler Erstreckung variable Zwischenlagen auf. Auch der Aulehm enthält linsenförmige Einlagerungen von Feinsand. Von besonderer Wichtigkeit ist es, daß in ihm humose Substanzen enthalten sein können.

Bautechnische Zuordnung nach dem Festigkeitsprinzip
Der vorwiegend aus bindigen Komponenten zusammengesetzte haftfeste Aulehm ist ein bindiges Lockergestein. Die Sande und Kiese bzw. Schotter sind Mischgesteine, in denen sandiges Material und grobe Korngrößen vorherrschen. Ihr geringer Gerhalt an wasseraffinen Bestandteilen und ihre Kohäsionslosigkeit rechtfertigen die Zuordnung der Schotter und Sande zu den rolligen Lockergesteinen. Da in ihnen jedoch veränderlich-feste Tonlinsen enthalten sind, ist für die Gesamtbeurteilung der Flußschotter im Erdbau der veränderlich-feste Charakter maßgebend.

Der Einfluß des Wassers auf den Baugrund

Die Niederschläge sammeln sich in den gut wasserdurchlässigen Schottermassen, die über den meist geringer durchlässigen Schichten des älteren Untergrundes lagern. Nahe der Erdoberfläche kommt es deshalb zur Bildung von Grundwasser, dessen Spiegel Schwankungen unterliegt. Das Sinken und Ansteigen des Grundwasserspiegels ist jahreszeitlich bedingt und wird durch die wechselseitige Beziehung zwischen Fluß- und Grundwasser verstärkt. Besonders nach Überschwemmungen liegt der Grundwasserspiegel sehr hoch. Daraus erklärt sich, daß der Baugrund im Bereich der Chemnitztaue besonders in früheren Zeiten sumpfig angetroffen worden ist (24). Infolge der Grundwasserschwankungen befindet sich der Aulehm, beschleunigt durch den Wechsel von Grundluft und sauerstoffhaltigem Grundwasser, im Bereich fortschreitender Zersetzung. Die Einwirkung des Grundwassers auf die Flußschotter äußert sich in einer Auflockerung der Lagerungsdichte. Es ist anzunehmen, daß sich das Grundwasser in Richtung des flachgeneigten Flußbettes langsam nach Norden bewegt.

Der Nachweis setzungsempfindlicher Schichten

Beobachtungen haben gezeigt, daß der Aulehm in verschiedenen Konsistenzformen auftritt:

Innere Klosterstraße: steif bis halbfest

Ernst-Thälmann-Straße: weich bis halbfest

Scheffelstraße: halbfest

Erdmannsdorfer Straße: weich bis steif.

Im Plastizitätsbereich (breiig-steif) unterliegt der Aulehm erheblichen Setzungen und neigt über Schottern zu seitlichem Ausquetschen. In viel höherem Maße gilt das für seine humosen Zwischenlagen, die stark zusammendrückbar sind (Torf).

Auch innerhalb der Schotter sind plastische Tonlinsen, sogen. Bodenschlammnester, vorhanden, die unter erhöhten Belastungen zu Grundbruch neigen. Ähnlich dem Aulehm ist der Wiesenlehm zu beurteilen.

Frostempfindlichkeit und Rutschgefährlichkeit

Aulehm und Wiesenlehm sind als bindige, wasserhaltige Lockergesteine frostgefährlich, da sie durch Kapillarwirkung in der Frostzone zusätzlich Wasser anreichern. Die Folge davon sind Frosthebungen, die entsprechend der Zusammensetzung der Lehmschichten und der Lagerungsverhältnisse mehr oder weniger gleichmäßig verlaufen werden. Die kohäsionslosen Flußschotter sind frostunempfindliche Gesteine. Wechsellagern sie im Bereich der Frosttiefe mit frostgefährlichen Tonlinsen, so können ungleichmäßige Frosthebungen entstehen. Infolge der günstigen morphologischen Lage der alluvialen Schichten in der Talaue können Rutschungen an den an sich rutschtüchtigen, veränderlichfesten Gesteinsgliedern nicht eintreten.

Tragfähigkeit und zulässige Belastung

Die Tragfähigkeit des Aulehms liegt, unter Berücksichtigung seiner Konsistenz, zwischen 0,4 bis 2,0 kg/cm². SINGER (22) gibt für jungalluvialen Lehm eine Belastung von 1 kg/cm² an.

Die Schotter können, wenn sie frei von Bodenschlammnestern sind, in 2 m Tiefe, je nach Fundamentbreite, mit 3 bis 8 kg/cm² belastet werden. Dabei ist auf die Möglichkeit des Grundwasseranstiegs und eine ausreichende Druckverteilung Rücksicht zu nehmen. Im Grundwasserbereich muß die Bodenpressung ermäßigt werden.

Die Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen

Mit der Möglichkeit ungleichmäßiger Setzungen ist in fluviatilen Talbildungen immer zu rechnen. Der unterschiedliche Aufbau der Schotter und des Aulehms, ihre schwankenden Mächtigkeiten und die unregelmäßigen Einschaltungen von Ton- und Moirlinsen begrenzter Ausdehnung bilden ihre Ursache. Ungleichmäßige Setzungen sind auch dann möglich, wenn über Aulehm und diluvialen Schottern gegründet wird.

Hinweise für die Ausführung spezieller Baugrunduntersuchungen

Die Untersuchungsbohrungen müssen das gesamte Deckgebirge durchteufen. Wird dies von felsigem Gestein unterlagert, sind die Bohrungen noch mindestens 2 m in den Untergrund niederzubringen. Im Bereich des Rotliegenden und der karbonischen Schichten ist mit Rücksicht auf das Vorhandensein plastischer Schichten der gesamte Spannungsbereich des Bauwerkes abzubohren. Die Abstände der Untersuchungsbohrungen sind möglichst eng zu wählen, ansonsten besteht die Möglichkeit, daß unterschiedlich tragfähige Gesteinspartien übersehen werden. Die meist vorhandene Bauschuttdecke ist als schlechter Baugrund bei der Gründung von Bauwerken zu beseitigen. Im allgemeinen wird man die Aulehmschichten mit ihren humosen Beimengungen ebenfalls beseite schaffen.

Flachgründungen sind dann von Vorteil, wenn keine Bodenschlammnester in der Kiessohle nachgewiesen worden sind und die Kiese eine annähernd homogene Zusammensetzung besitzen. Auch darf die Mächtigkeit der Schotter keine großen Schwankungen aufweisen. Liegen solche Verhältnisse vor, empfiehlt es sich, über dem Grundwasserspiegel zu gründen, wobei ein mögliches An-

steigen des Grundwassers um mindestens 1 m in Rechnung gesetzt werden muß. Eventuell ist, um im Trockenen zu schachten, eine künstliche Grundwasserabsenkung in Betracht zu ziehen. Baut sich die Kiessohle aus sehr wechselhaft zusammengesetzten Schichten auf, so werden ungleichmäßige Setzungen durch eine Tiefgründung oder eine Flachgründung auf den homogener zusammengesetzten, meist verlehnten Gesteinen des Untergrundes vermieden. Das Bauwerk ist zweckmäßig mit durchgehenden Trennfugen auszustatten.

VIII. Die abschließende Zusammenfassung der ingenieur-geologischen Untersuchungen

1. Die ingenieurgeologische Karte von Karl-Marx-Stadt

Um die Ergebnisse der ingenieurgeologischen Untersuchungen übersichtlich anzuordnen, wurden die wichtigsten, den Baugrund charakterisierenden Eigenschaften in einer Baugrundkarte im Maßstab 1 : 10 000 festgehalten. Als Grundlage für ihre Anfertigung dienten die Blätter 95, 96 und 114 der geologischen Spezialkarte. Das stratigraphische Einteilungsprinzip wurde innerhalb der rotliegenden, karbonischen und älteren Schichten deshalb beibehalten, weil die trennende Kartierung der verschiedenen, einer Stufe angehörenden Gesteine infolge der vielfach sehr engen Wechsellagerung nicht möglich war. Die Baugrundkarte bietet sich dem Betrachter also zunächst als geologische Karte im Maßstab 1 : 10 000 dar. Sie wird zu einer ingenieurgeologischen Sonderkarte durch ihre baugrundgeologische Interpretation. Die Legende charakterisiert den Baugrund nach Tragfähigkeit, Gesteinsfestigkeit und Gründungsart (Taf. III). Dabei wurde bei den prädiluvialen Gesteinen zwischen der verwitterten oder zerrütteten Auflockerungszone A und ihrem gesunden, nur mäßig geklüfteten Untergrund B unterschieden. Aus redaktionstechnischen Gründen kann in dieser Arbeit nicht die gesamte Karte, sondern nur ein Ausschnitt, welcher die Darstellungsmethodik veranschaulichen mag, wiedergegeben werden.

2. Die verschiedenen Baugrundqualitäten in Karl-Marx-Stadt

Die im Ergebnis der ingenieurgeologischen Untersuchungen gewonnenen Angaben über die Tragfähigkeit der verschiedenen Gesteine und Schichtenkomplexe werden im Folgenden zur Charakterisierung ihrer Baugrundqualität benutzt:

Baugrundqualität	Zulässige Bodenpressung
sehr gut	> 8 kg/cm ²
gut	3–8 kg/cm ²
mittel	1–3 kg/cm ²
schlecht	0–1 kg/cm ²

a) Sehr gute und gute Baugrundqualität

Die unverwitterten, mäßig geklüfteten Felsgesteine (B-Zone) des paläozoischen und kristallinen Untergrundes besitzen ausnahmslos eine sehr gute bis gute Baugrundqualität. Da solcherart beschaffene Felsgesteine in verschiedenen, miteinander erst in beträchtlichen Tiefen lagern, wie dies z. B. bei den druckver-

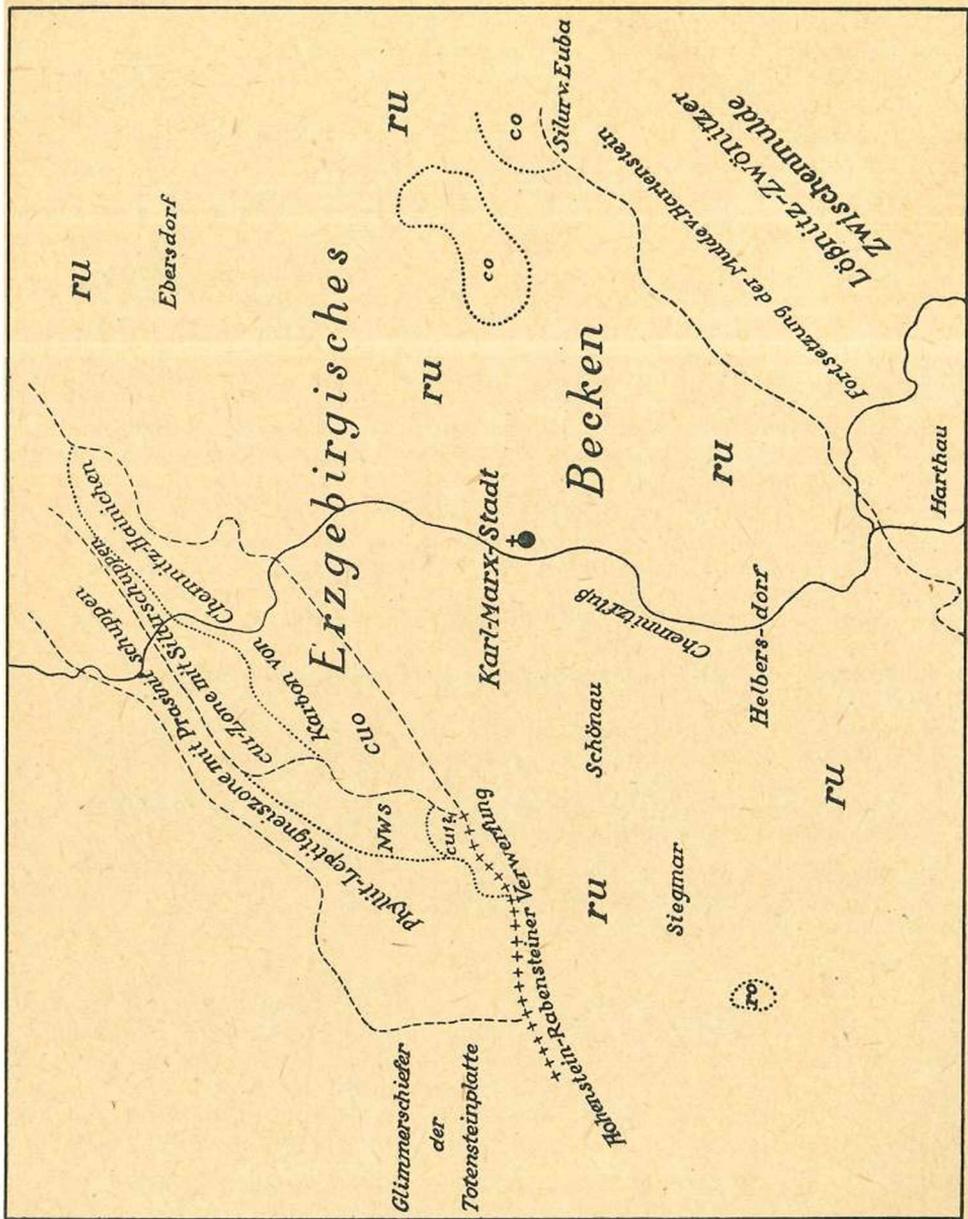
festigten Schieferletten der Fall ist, werden sie in der folgenden Zusammenstellung nicht mehr aufgeführt. Diese Zusammenstellung erfaßt also nur die Gesteine des Deckgebirges und der A-Zone, die an oder nahe der Erdoberfläche lagern und im allgemeinen durch Flachgründungen erreicht werden können.

- b) Gute Baugrundqualität
ak, d₃, d_{1μ}
- c) Gute bis mittlere Baugrundqualität
d_{1γ}, ro₁, T₀, P, Tu, cu₂, cu₁, NWS, s₂ q, qg, h, p, po, kn, cb, fg, gs, m
- d) Mittlere Baugrundqualität
d₅, d₄, ru₁, co₂, cu₃
- e) Mittlere bis schlechte Baugrundqualität
al, d₂, ru₃, ru_{2β}, ru_{2α}
- f) Schlechte Baugrundqualität
as, Auffüllung, Bauschutt

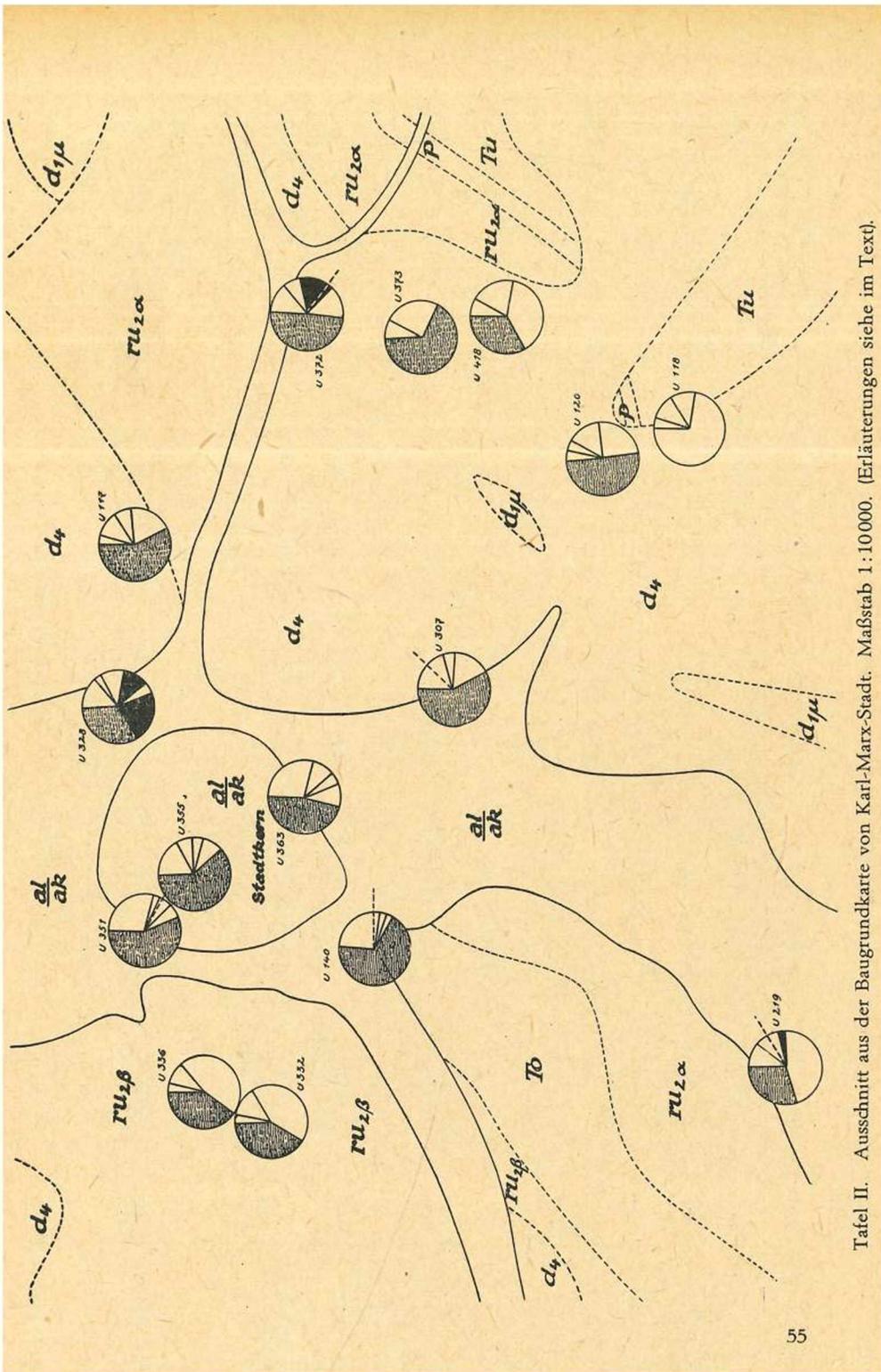
IX. Literaturverzeichnis

1. Akte über das Kalkwerk Rabenstein, Archiv der Bergakademie Freiberg
2. Akte über den Steinkohlenbergbau im Gebiet von Chemnitz, Archiv der Bergakademie Freiberg
3. BENDEL: Ingenieurgeologie
Spinger-Verlag, Wien 1952
4. BERNSTEIN: Die topographische Entwicklung der Stadt Chemnitz bis zur Ummauerung, Inauguraldissertation an der Universität Leipzig, 1925, unveröffentlicht
5. DANZIG und SIEGERT: Geologische Spezialkarte (Blatt 95) und Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Sektion Hohenstein-Limbach, 2. Aufl., Leipzig 1902
6. Deutsche Bauordnung vom 2. Oktober 1958, herausgegeben: Ministerium für Bauwesen und Deutsche Bauakademie
7. DIN 1054: Gründungen, zulässige Belastung des Baugrundes
8. GOLDSCHMIDT: Das Klima von Sachsen, Akademie-Verlag Berlin 1950
9. GRAHMANN: Abhandlung des Reichsamtes für Bodenforschung, neue Folge, Heft 209, S. 187-199, Berlin 1944
10. HAPPACH: Zur Geschichte des Bergbaues um Chemnitz, Mittl. d. Vereins für Chemnitzer Geschichte, Heft 3, 1914
11. KEIL: Ingenieurgeologie und Geotechnik, Verlag Wilhelm Knapp, Halle 1951
12. KÖHLER, R., und THOMAS: Ingenieurgeologische Begutachtung bei Bauvorhaben, Bauplanung und Bautechnik, Jahrg. 1954, S. 449-452, VEB Verlag Technik

13. KÖHLER, R., und THOMAS, A.: Von der Bodenkarte zur Baugrunderkennung. Bergakademie, 11. Jahrgang, Nr. 8, S. 479-488, Berlin 1959
 14. LEITMEIER: Einführung in die Gesteinskunde, Springer-Verlag Wien 1950
 15. OELSNER: Wiederaufnahme der Kalkgewinnung in Rabenstein, Archiv der Bergakademie Freiberg
 16. PIETZSCH: Abriss der Geologie von Sachsen, Volk und Wissen Verlag Berlin 1951
 17. SCHOKLITSCH: Grundbau, Springer-Verlag Wien 1952
 18. SCHULZE: Grundbau, B. G. Teubner-Verlagsgesellschaft, Leipzig 1953, 11. Aufl.
 - X 19. SIEGERT und DANZIG: Geologische Spezialkarte (Blatt 96) und Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Sektion Chemnitz, 3. Aufl., Leipzig 1908
 - X 20. SIEGERT und LEHMANN: Geologische Spezialkarte und Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Sektion Chemnitz, 1. Aufl., Leipzig 1877
 - X 21. SIEGERT und SCHALCH: Geologische Spezialkarte (Blatt 114) und Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Sektion Burkhardtsdorf, Leipzig 1914
 22. SINGER: Der Baugrund, Springer-Verlag Wien 1932
 23. TÖPLER: Zur Geologie von Chemnitz und seiner näheren Umgebung, XXV. Bericht der Nat.-Wiss.-Ges. zu Chemnitz, umfassend die Zeit vom 1. 1. 1934 bis 30. 9. 1938
 24. TÖPLER: Flußläufe - Furten - Straßen in Chemnitz um 1143, Chemnitzer Tageszeitung v. 26. 3. 1940
 25. TÖPLER: Floß die Chemnitz früher anders? Chemn. Tageblatt Nr. 151, v. 1. 6. 1942
 26. WAMSER: Die ingenieurgeologischen Auswirkungen des alten Laufes des Chemnitzflusses im Bereich von Karl-Marx-Stadt, Geologische Meldearbeit, Bergakademie Freiberg 1954
 27. ZIESCHANG: Die wasserführenden Schichten im Untergrund von Karl-Marx-Stadt, Dipl.-Arbeit, Bergakademie Freiberg 1955, unveröffentlicht
 28. ZILLMANN: Wandlungen des Stadtbildes, unveröffentl. im Besitz des Amtes für Aufbau beim Rat der Stadt Karl-Marx-Stadt
- Abschluß des Manuskriptes: Oktober 1959



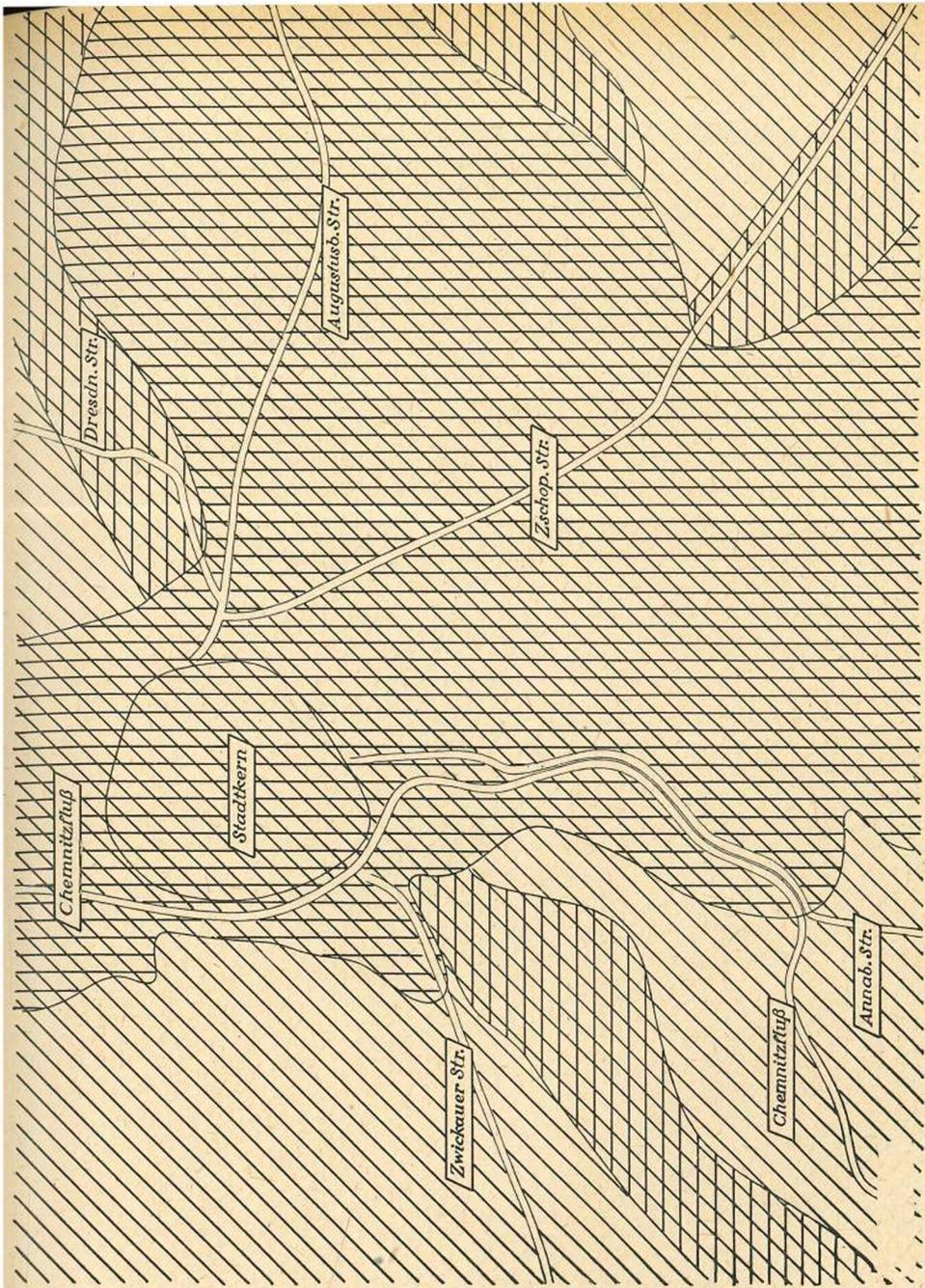
Tafel I. Geologische Übersicht von Karl-Marx-Stadt. Maßstab 1:100 000 (nach Töpler).
 ru = Oberrotliegendes, ro = Unterrotliegendes, co = Oberkarbon von Flöha, NWS = Niederwieser Serie.



Tafel II. Ausschnitt aus der Baugrunderkarte von Karl-Marx-Stadt. Maßstab 1:10000. (Erläuterungen siehe im Text).

Symbol	Formation	Stufe	Gesteinsart	Einlagerungen	durchschn. Mächtigkeit	Konsistenz	frostveränderl.	Tragfähigk. normale Gründ.-Möglichk.
al	Holozän	—	Auelem, tonig-sandig	humose, sandige, tonige	1 — 2 m	weich-halbfest	ja	0 — 2 Flachgründung
ak	Holozän	—	Flußkies und -sand	tonige, sandige, kiesige, humose	2 — 3 m	—	nein	3 — 8 Flachgründung
d ₄	Pleistozän	—	Lößlehm, feinsandig-tonig	kiesige Gerölle	2 — 4 m	halbfest	ja	2 — 3 Flachgründung
d _{1,2}	Pleistozän	—	Chemnitzschotter	sandige, tonige	2 — 3 m	—	nein	3 — 8 Flachgründung
ru ₂ β	Unterrotliegendes	Arkosesandsteine u. Letten	A. Zersetzte Schieferletten [sandig, glimmerhaltig]	tonige, kiesige	> 7 m	steif-halbfest	ja	0 — 3 Flachgründung
To	Unterrotliegendes	Oberer Porphyrtuff	B. Schieferletten, Sandstein	Konglomerate	> 40 m	fest	ja	4 — 15 Tiefgründung (?)
ru ₂ a	Unterrotliegendes	Arkosesandsteine u. Letten	A. Porphyrtuff B. Porphyrtuff	lehmgige Schieferletten, Sandstein	> 2 m > 20 m	— —	bedingt ja	2 — 4 Flachgründung Flach- und Tiefgründung
P	Unterrotliegendes	Vulkanische Ergüsse	A. Zersetzte Schieferletten [tonig, glimmerhaltig] B. Schieferletten, Sandstein	sandige, kiesige Konglomerate	> 5 m > 10 m	weich-halbfest —	ja ja	0 — 2 Flachgründung Tiefgründung (?)
Tu	Unterrotliegendes	Unterer Porphyrtuff	A. Zersetz. Quarzporphyr (tonig) B. Quarzporphyr A. Zersetzter Porphyrtuff (tonig, sandig)	— — Lapilli, Bomben	> 1 m < 5 m > 2 m	steif-fest — —	ja nein bedingt	1 — 4 Flachgründung Flach- und Tiefgründung 1 — 4 Flachgründung
			B. Porphyrtuff	Modifikationen, Bomben, Letten	35	—	ja	— 15 Flach- und Tiefgründung

Tafel III Legende zur Baugrunderkarte von Karl-Marx-Stadt



Zeichenerklärung:



schlechte Tragfähigk.
 $\delta = 0-1 \text{ kg/cm}^2$



schlechte und mittlere
 Tragfähigkeit
 $\delta = 0-3 \text{ kg/cm}^2$



mittlere Tragfähigkeit
 $\delta = 1-3 \text{ kg/cm}^2$



mittlere und gute
 Tragfähigkeit
 $\delta = 1-3 \text{ kg/cm}^2$
 bzw. $> 3 \text{ kg/cm}^2$

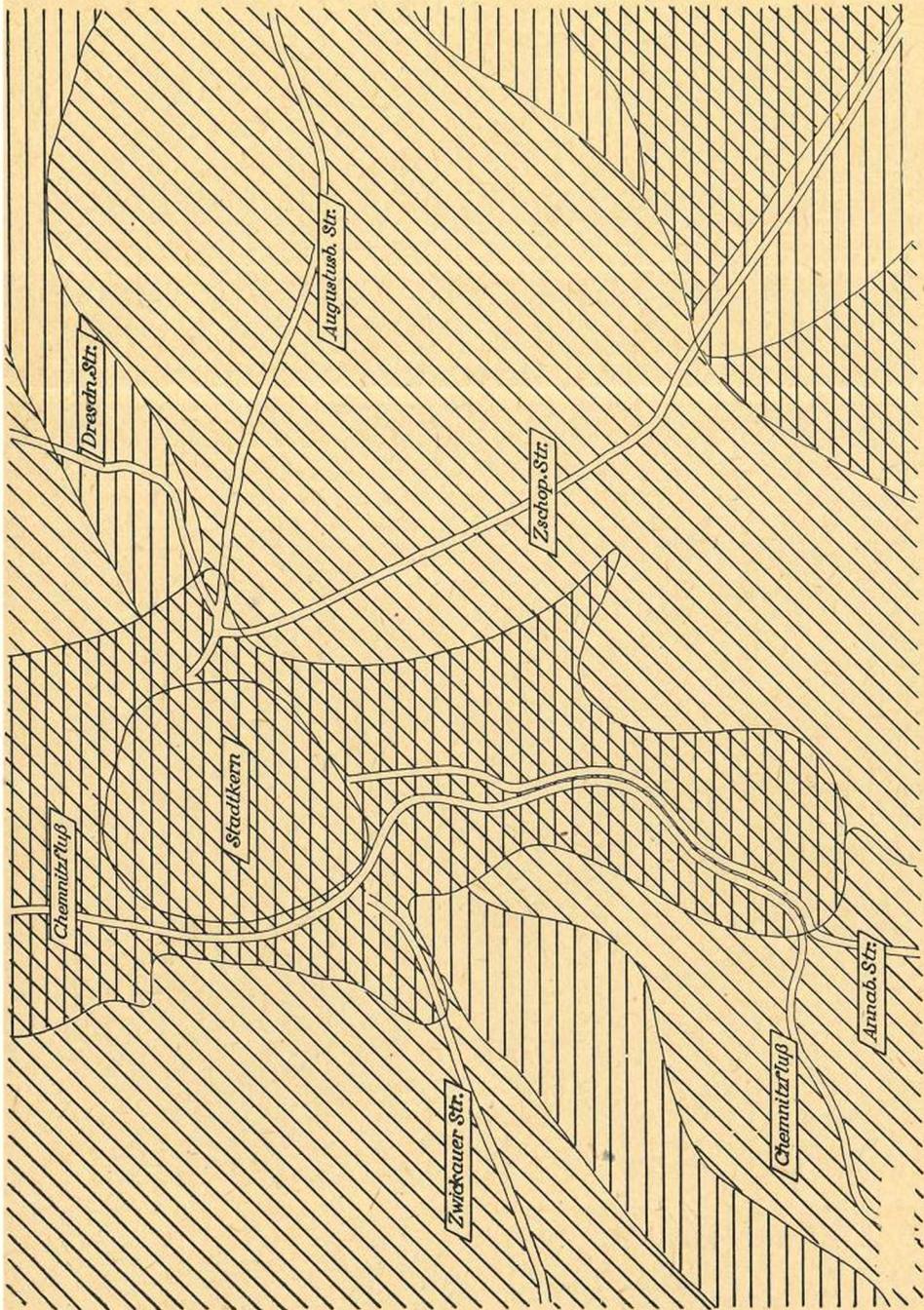


gute Tragfähigkeit
 $\delta > 3 \text{ kg/cm}^2$



sehr gute Tragfähigk.
 $\delta > 8 \text{ kg/cm}^2$

Tafel IV. Prognostische Karte der Tragfähigkeitseigenschaften des Baugrundes bis zu einer Tiefe von 3 m.



Tafel V. Prognostische Karte der Tragfähigkeitseigenschaften des Baugrundes bis zu einer Tiefe von 6 m.
 (Zeichenerklärung wie bei Tafel IV).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Wamser Walter

Artikel/Article: [Ingenieurgeologische Untersuchungen im Bereich der Stadt Karl-Marx-Stadt 5-58](#)