

I 90777/33

Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. download www.zobodat.at

Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg

XXXIII. Band 1964

Die geologischen
und hydrologischen Verhältnisse
im Untergrund von Nürnberg

Leitfaden für die Grundbaupraxis einer Großstadt

von

R. G. Spöcker





Abhandlungen
der
Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg

XXXIII. Band 1964

Die geologischen
und hydrologischen Verhältnisse
im Untergrund von Nürnberg

von
R. G. Spöcker

mit 32 Abb. im Text und 3 Karten

Leitfaden für die Grundbaupraxis einer Großstadt

1964

Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg

I 90777/33
Oberösterreichisches
Landesmuseum Linz 'D.
Bibli
678/1964

Manuskript abgeschlossen 1961

Anschrift des Verfassers: R. G. Spöcker, 8501, Nürnberg-Altenfurt, Am Graben 22

Druck: Fränkische Verlagsanstalt und Buchdruckerei GmbH., Nürnberg, Karl-Bröger-Straße 9

Dem unvergessenen Förderer
der Nürnberger Naturwissenschaften und seiner
Naturhistorischen Gesellschaft
DR. HANS HESS
zu seinem 100. Geburtstag im Jahre 1964

Inhalt

I. Allgemeines	9
II. Richtlinien für die bautechnische Bodenuntersuchung	11
III. Bild und Bau des Nürnberger Raumes	12
A) Die Architektur der Landschaft	12
B) Die geologische Gliederung des Nürnberger Keuper-Untergrundes	21
1. Unterer Keuper	23
2. Mittlerer oder Bunter Keuper	23
GIPSKEUPER	24
a) <i>Myophorienschichten, Benkersandstein</i>	24
b) <i>Estheriensschichten</i>	24
c) <i>Schilfsandstein</i>	24
d) <i>Lehrbergschichten</i>	25
SANDSTEINKEUPER	25
a) <i>Blasensandstein</i>	25
b) <i>Burgsandstein</i>	30
c) <i>Feuerletten</i>	33
3. Oberer Keuper	34
<i>Rhätsandstein</i>	34
C) Die geologische Gliederung vom Keuper bis zur Gegenwart	35
D) Die Schichtlagerung der Keupergesteine im Nürnberger Untergrund	37
1. Die Zustandsbedingungen	37
2. Der Einfluß der Schichtlagerung auf den Grundbau	44
E) Das Quartär (Diluvium und Alluvium)	46
1. Zur Landschaftsentwicklung	47
2. Die Ablagerungen des Quartärs	57
a) <i>Schotter, Kiese und Steine</i>	59
b) <i>Sande (außer Dünensande)</i>	61
c) <i>Schluffe</i>	63
d) <i>Tone</i>	68
e) <i>Dünen</i>	68
f) <i>Kulturablagerungen als Beitrag zu den Deckschichten</i>	70
F) Schlußbemerkungen für die Bautechnik zum geologischen Teil	72

IV. Die Hydrologie des Nürnberger Raumes	75
A) Allgemeines	76
B) Die Oberzone des Grundwassers und das Grundwasserrelief	83
C) Die Schwankungen des Grundwasserspiegels	85
D) Niederschlags-Intensitäten	90
E) Grundwasser und Baupraxis	91
F) Das Tiefenwasser	101
G) Die offenen Gewässer	109
H) Hydrologische Bilanz aus dem Nürnberger Raum	111
I) Der Chemismus des Grundwassers	117
1. Das Grundwasser in der Oberzone	117
2. Das Tiefenwasser	121
V. Anhang. Aufschlußverfahren zur Untersuchung des Untergrundes	124
VI. Sach- und Ortsverzeichnis	127
VII. Schriftumsverzeichnis	135

Karten

- I. Die Deckschichten auf dem Grundrelief des Keupers im Nürnberger Stadtgebiet
- II. Grundwasserkarte von Nürnberg
- III. Kanalnetzplan von Nürnberg

I. Allgemeines

Über die geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Nürnberger Raum, der gelegentlich auch als „Nürnberger Becken“ bezeichnet wird, liegen verschiedene größere und kleinere Veröffentlichungen vor. Das einschlägige Schrifttum wird ergänzt durch eine „Geologische Karte des Stadtgebietes von Nürnberg“ aus dem Jahre 1925 und eine ebensolche Karte, die 1956 vom Bayerischen Geologischen Landesamt in München herausgegeben wurde. Beiden sind Erläuterungshefte beigegeben.

Man könnte annehmen, daß nun kein zwingendes Bedürfnis mehr bestehe, den bereits vorhandenen Arbeiten auf diesem Gebiet eine weitere hinzuzufügen. Die meisten der Untersuchungen sind jedoch so angelegt, daß sie entweder Einzelproblemen nachgehen, oder sie sind einer rein wissenschaftlichen Aufgabe zufolge in einem Stil gehalten, der dem Praktiker die Nutzanwendung aus ihrem Inhalt nicht eben leicht macht. Unter Praktiker ist hier der Architekt, der Bauingenieur und der Bauinteressent im weitesten Sinne gemeint. In erster Linie sind es doch diese Berufsgruppen des Bauwesens, die sich bei ihren Planungen mit dem Untergrund vertraut zu machen haben. Für sie kann aber auch die geologische Karte kein ausreichendes Hilfsmittel sein, da sie nur die Verhältnisse an der Oberfläche zeigt. Denn für den Bauingenieur sind besonders die Bodenschichten zwischen einem und fünf Metern, in selteneren Fällen auch tiefer unter der Oberfläche, von Bedeutung. Sein Hauptinteresse ist in diesen Bereichen auf die Gesteins Härte, d. h. Bearbeitbarkeit, die bodenmechanischen Eigenschaften und das Grundwasser gerichtet.

Die Praxis tritt mit ganz bestimmten Erfordernissen an den Geologen heran. Diesen Erfordernissen soll in folgendem dadurch entsprochen werden, daß neben einer Darstellung des geohydrologischen Bildes in herkömmlicher Form eine zusammenfassende Schau über den Untergrund des Nürnberger Raumes in technisch verwertbarer Interpretation gegeben wird. Dazu dienen besonders die Kartenübersichten, aus denen die allgemeinen Verhältnisse an jeder Stelle des Gebietes ersichtlich sind. Einzeldarstellungen werden zeigen, welche Erscheinungen von Fall zu Fall auftreten können. Sie stellen gewisse Musterbeispiele dar, die sich als Erklärungen für geohydrologische Eigenheiten im Nürnberger Untergrund darbieten.

Mit dieser Schrift ist nicht beabsichtigt, jede weitere Bodenprüfung in Nürnberg überflüssig zu machen. Man darf im Gegenteil erwarten, daß die Darstellung der wechselvollen Verhältnisse in vielen Teilen des Nürnberger Stadtgebietes zu erhöhter Bereitschaft anregt, bei Bauvorhaben erforderlichenfalls Voruntersuchungen des Baugrundes auszuführen. Hier ist auch der Platz, darauf hinzuweisen, sich besonders bei schwerlastigen Bauwerken größeren Umfanges oder tiefen Bodeneinschnitten schon vor der endgültigen Bauplanung erschöpfende Gewißheit über den Bodenzustand durch Schürfgruben oder Bohrungen zu verschaffen.

Wenn damit dem Nürnberger Bauwesen sachlich wohlbegründete Empfehlungen auf bedingte Bodenerkundungen gegeben werden, so muß andererseits, um dem Sinn dieses Handbuches zu entsprechen, gesagt werden, daß

es für Vorplanungen, für die Mehrzahl einfacher und leichter Bauten, für die Methodik der Untergrund-Beurteilung und ganz besonders zum Verständnis der eigenartigen Struktur unseres Raumes auf und unter der Erde abgefaßt ist. Dieses Verständnis wird vor allem der Abschnitt über die einzelnen Entwicklungsphasen von der geologischen Vorzeit bis zur Gegenwart wecken — das Kernstück, um das sich alle Erscheinungen gruppieren.

II. Richtlinien für die bautechnische Boden-Untersuchung

Die übliche Systematik der Baugrund-Untersuchung hat einen übergebietlichen Geltungsbereich. Sie wird jedem Bautechniker und Bohrunternehmer bekannt sein, so daß ein kurzer Hinweis auf sie genügen dürfte. Die „Arbeitsgruppe Baugrund im Fachnormenausschuß Bauwesen“ hat unter der Bezeichnung DIN, Deutsche Industrienormen, verbindliche Richtlinien zur Benennung und Darstellung der Bodenschichten herausgegeben. Sie wurden durch den früheren Deutschen Ausschuß für Baugrundforschung vom Jahre 1935 an entwickelt.

Als Unterlagen dienen:

- DIN 4 020 Bautechnische Bodenuntersuchungen
- DIN 4 021 Grundsätze für die Entnahme von Bodenproben zur Untersuchung des Untergrundes für Bau- und Wassererschließungszwecke
- DIN 4 022 Schichtenverzeichnis für Baugrunduntersuchungen Bl. 1
Schichtenverzeichnis und Benennen der Boden- und Gesteinsarten, Wasserbohrungen Bl. 2
- DIN 4 023 Baugrund- und Wasserbohrungen — Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse
- DIN 4 030 Beton in betonschädlichen Wässern und Böden
- DIN 1 054 Gründungen — Zulässige Belastung des Baugrundes — Richtlinien
- DIN 1 179 Körnungen für Sand, Kies und zerkleinerte Stoffe
- DIN 18 300 VOB — 1958. Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine technische Vorschriften — Erdarbeiten
- DIN 18 301 wie vor, Bohrarbeiten
- DIN 18 302 wie vor, Brunnenbauarbeiten
- DIN 18 305 wie vor, Wasserhaltungsarbeiten
- DIN 2 000 wie vor, Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung
- DIN 2 001 wie vor, Leitsätze für die Einzel-Trinkwasserversorgung
- DIN 4 261 Kläranlagen — Richtlinien für Anwendung, Bemessung, Ausführung und Betrieb; 63, Untergrundberieselung

ferner: Richtlinien für die Darstellung von Baugrundkarten — STAHLKOPF, Vorschriften für Plan- und Kartenzeichen, Bl. 20 a bis c. 1946

Bezugsquelle der DIN-Normenblätter: BEUTH-Vertrieb GmbH., Berlin-W, 15 und Köln.

Die in der VOB, Teil C, DIN 18 300, enthaltene Einteilung der **B o d e n - k l a s s e n** erfolgte nach den Gesichtspunkten „Gewinnen, Verwenden, Bearbeiten“ und ist nunmehr achtteilig gegenüber der früheren Fassung, die fünfteilig bzw. siebenteilig war. Die Bewertung lautet:

- Ziff. 2.21 Mutterboden
- Ziff. 2.22 wasserhaltender Boden
- Ziff. 2.23 leichter Boden
- Ziff. 2.24 mittelschwerer Boden
- Ziff. 2.25 bindiger mittelschwerer Boden
- Ziff. 2.26 schwerer Boden
- Ziff. 2.27 leichter Fels
- Ziff. 2.28 schwerer Fels

III. Bild und Bau des Nürnberger Raumes

A. Die Architektur der Landschaft

Zum Verständnis gewisser Erscheinungen, die Gegenstand von Problemen bei Bauausführungen waren oder künftig sein werden, ist es angebracht, sich den Gebietszustand zu vergegenwärtigen, der schon vor vielen Jahrhunderten von den ersten Siedlern angetroffen wurde. Jedem Kenner Nürnbergs wird eine solche Vorstellung nicht schwer fallen. Die Ur-„Baumeister“, die in der Pegnitzniederung, auf den Pegnitzterrassen und an den Hängen der Sandsteinhügel in vorhistorischer oder historischer Zeit sesshaft wurden, legten die Keimzelle für eine Anlage, die heute als Stadt mit dem Namen Nürnberg besteht. Jeder Baumeister der aufeinander folgenden Generationen, ob er bedeutend oder unbedeutend, ob er bescheiden oder überragend in seinem Wirken und seinen Werken war, hatte jeweils an den Vorgänger oder an seinen Zeitgenossen anzuknüpfen. Und jeder der Mitschaffenden an dem allmählich gewachsenen Gebilde stellte so seine eigene Architektur in die Architektur der Landschaft. Das Ergebnis dieser wohl tausendjährigen Entwicklung ist geprägt von Menschengestalt und Menschenhand auf der einen Seite und natürlichen Konzeptionen auf der anderen. Die bestimmenden natürlichen Voraussetzungen sind: das Relief der Landschaft mit ihren Gewässern; die künstlichen: Stil, Zweckmäßigkeit und das ringsum gebotene Gestein für die Bauten.

Beim Nürnberger Gebiet handelt es sich in der landschaftlichen Großform um ein ausgesprochenes Flachrelief. Daran ändern auch einige kleinere Erhebungen nichts, die aus ihrer fast eben erscheinenden Umgebung vierzig bis fünfzig Meter hinausragen. Die mittlere Höhe Nürnbergs liegt bei rd. 310 m über dem Meere. Wir bezeichnen die Lagen in Normalnull oder kurz NN. Die markantesten Erhebungen über die Durchschnittshöhe von 310 m NN hinaus sind der Burgberg mit 350 m NN, Hasenbuck 340 m, Kohlbuck 339 m, Rechenberg und Platnersberg 338 m und schließlich die höchste, aber schon am Stadtgebietsrand im Osten liegende Erhebung, der Schmausenbuck mit 375 m NN. Wir wollen schon hier zur Kenntnis nehmen, daß diese Hügel aus Burgsandstein bestehen, der jeweils als Härtlingsrest auf weichen Schichten des Keupers liegt. Das Flächenausmaß der aufgeführten Erhebungen beträgt insgesamt 4 qkm; es stellt damit nur etwas über 3% des Stadtgebietes von Nürnberg dar, das rd. 130 qkm (12 982 ha*) beträgt. Der tiefste Punkt Nürnbergs befindet sich im Westen bei rd. 289 m NN, wo die Pegnitz als Hauptvorfluter das Stadtgebiet verläßt.

Wenn die Nürnberger Landschaft auch gemeinhin als flach erscheint, so ist doch gerade das Herz, die nördliche Innen- oder Altstadt, bereits im Mittelalter so um den Burgberg angeordnet worden, daß sie ein attraktives und wohlbekanntes Städtebild abgibt. Da der Burgsandstein gelegentlich zu Wandbildung neigt, wird dieses Altstadtmilieu an seiner Südseite nicht nur durch steile und bisweilen schmale Gassen und Straßen reizvoll betont, sondern unterhalb der Burg auch von Felswänden belebt. Die Struktur der Felsen ist nicht senkrecht aufragend, wie etwa bei den Burganlagen in der

*) aus Nürnberger Jahresstatistik 1960. Statistische Nachrichten, Jahrgg. 1959/Nr. 6

nahen Frankenalb, sondern entsprechend der Schichtbankung des Sandsteins waagrecht. Dadurch entsteht die ruhige, behäbige Atmosphäre, welche die alte Kaiserburg nach Süden ausstrahlt. Die vorhandenen natürlichen Voraussetzungen zwangen hier schon die ältesten Ansiedler und Baumeister zu einer, den Geländebeziehungen angepaßten, gestaffelten Bauweise. Auch der erfolgte Wiederaufbau des zerstörten Stadtteiles wird von diesem Element bestimmt und zwar unabhängig vom Baustil. Er kann freilich trotz aller Rücksichtnahme auf Tradition nicht mehr die urtümliche Romantik beschwören.

Der zentrale Burgsandsteinrücken zieht sich von Osten nach Westen in einer Länge von 1300 m. Auf dem höchsten Teil, der im Westen liegt, erhebt sich die Nürnberger Burg. Dadurch entsteht jenes einprägsame und beherrschende Bild, das kennzeichnend für Nürnberg ist, ein Bild, das vielfach auch durch die Werbung für Nürnberger Erzeugnisse in alle Welt kommt.

An den übrigen Burgsandstein-Hügeln ist die naturbedingte Bewegtheit felsiger Bodenerhebungen nicht so sehr ausgeprägt. Bei ihnen fehlen zunächst die dekorativ wirkenden Felswände, wie überhaupt die Hänge ganz allgemein weniger steil sind. Schließlich werden sie von Bauwerken mit jüngeren stilistischen Ausdrucksformen bedeckt, die nicht immer die architektonischen Möglichkeiten an einem örtlich lebhafteren Geländere relief ausschöpfen. Eine treppenförmige Stufung der Baumasse ergibt sich auch entlang des Südufers der Pegnitz, an dem der Talhang zwischen der Steubenbrücke und dem Hallertor ziemlich steil geböscht ist und stellenweise eine Höhe von über 10 m erreicht. Wenn die Gesamt-Architektur in diesem Streifen wegen seiner geringen Höhe auch nicht so eindrucksvoll wirken kann, wie an dem über 40 m ansteigenden Burgberg, so machen doch diese Stadtgebiete als Blickfang an der Pegnitz einen bestimmten Eindruck auf den Beschauer, den er bewußt oder unbewußt als charakteristisch empfindet. Er ist entscheidend für die ästhetische Wirkung der Architektur und nicht zuletzt entscheidend für die Anziehungskraft auf den Fremdenverkehr. Gewiß wäre einzuwenden, daß das Südufer gegenwärtig noch weitgehend Ruinenfeld aus dem Kriege und unvollendet ist; aber der natürliche Steilhang, welcher die Grundbedingung für die Anordnung der Baukörper darstellt, wird auch nach erfolgtem Wiederaufbau dem künftigen Aussehen dieses Streifens am Fluß die alte Schönheit in erneuerter Form zurückgeben können.

Das Landschaftsbild von Nürnberg wird also von einem Flachgelände mit kaum merklichen Bodenwellen geprägt. Aus diesem Flachgelände ragen einige Erhebungen heraus, die von widerstandsfähigeren Gesteinen herühren. Die Erhebungen befinden sich zumeist im Ostraum des Stadtgebietes. Ebenfalls im Osten wird der Horizont von Höhenzügen gesäumt, die jenseits der Stadtgrenze liegen und die mit ihren Waldbeständen als Nahkulisse das Blickfeld in dieser Richtung abschließen.

Ein weiteres Relief-Element in dieser Landschaft ist das Pegnitztal und das Rednitztal am Westrand des Stadtgebietes. Diese Geländefurchen besitzen aber keine nennenswerten Tiefen, so daß sie nur aus naher Sicht und nicht in der Gesamt-Architektur der Landschaft wirken, die hiermit in ihren Schwerpunkten aufgezeigt wurde.

Zu den geographischen Bestandteilen einer Landschaft zählen ihre Oberflächengewässer. Nach der Nürnberger Jahresstatistik von 1956 betragen die öffentlichen Gewässer nur 1,2 % der Gesamtfläche. Das ist wenig. Dazu gehören die beiden größten Wasserflächen Nürnbergs, der Große Dutzendteich mit 33,7 ha und der Kleine Dutzendteich mit 13,5 ha. Letztere wurden in den Jahren 1935 bis 1939 architektonisch wenig glücklich und heute nicht mehr lösbar in die Großbauten für die nationalsozialistischen Reichsparteitage einbezogen.

Früher umfaßte das Dutzendteichgebiet acht Becken, die durch Dämme und Gehwege voneinander getrennt waren. Nach dem Kriege bestanden jahrelang nur noch drei, heute sind nach erfolgter Abdichtung der Weihersohlen wieder fünf Teile vorhanden. Es sind der Große und der Kleine Dutzendteich, der Flachweiher sowie östlicher und westlicher Nummernweiher. Südlich davon kam nach dem Kriege noch der sogenannte Silbersee hinzu. Hier befand sich die bisher größte Baugrube im Nürnberger Raum, die Ausschachtung für das geplante Deutsche Stadion. Bis zum Beginn des Jahres 1945 wurde dort eine Grundwasserhaltung betrieben, die dann zum Stillstand kam. Die Grube füllte sich mit Wasser und es entstand der erwähnte Silbersee als sechste und jüngste Wasserfläche in diesem Gebiet. Hier ist festzustellen, daß alle genannten Wasseransammlungen künstlich sind. Sie wurden durch Dämme im Zuge der Fischbach- und Langwasser-Entwässerung teilweise schon vor Jahrhunderten angestaut.

Man kann die Weiherlandschaft der Dutzendteichgegend nicht nennen, ohne gleichzeitig etwas auf die Architektur der dortigen Bauwerke einzugehen. Beherrschende Bauten sind die Säulengalerie an der Zeppelinwiese und die Kongreßhalle, die sich mit zwei Seiten nach Osten in den Dutzendteich hineinschiebt. Mit der Kongreßhalle wurde der anmutigen Randzone der Stadt jedoch Gewalt angetan. Die junge Generation wird das weniger empfinden, sie ist in die gegebene Situation hineingewachsen. Ihr fehlt eine Vergleichsmöglichkeit mit dem Zustand vor etwa dreißig Jahren.

Die Kongreßhalle ist das umfangreichste Bauwerk der Neuzeit in Nürnberg. Da ihre Fundierung bei dem vorhandenen Ausmaß von rd. 60 000 qm auf dem stofflich sehr unterschiedlichen Untergrund besondere Maßnahmen erforderte, werden einige Mitteilungen darüber interessieren. Die Bauakten gingen allerdings bei Kriegsende zum großen Teil verloren, so daß sich die folgenden Angaben auf mündliche Mitteilungen von Ingenieuren stützen müssen, die an der Errichtung der Kongreßhalle mitwirkten.

Im Bereich des Dutzendteiches fällt die Keuper-Oberfläche von Nordosten nach Südwesten ein, wie die folgende Abb. 1 veranschaulicht. Über dem Keuper liegen Sande, Lehme und sonstige Lockermassen, deren Festigkeit für eine derartige Baugründung ungenügend schien. Diese schwierigen Verhältnisse erforderten eine Art Pfahlgründung. Sie ging so vor sich, daß zunächst Bohrrohre von 500 mm Durchmesser bis zum anstehenden Keuper gerammt wurden; sie waren an der Vortriebsspitze mit einem Verschuß aus verdichtetem Basalt und Traß versehen.

Nach dem Aufsitzen des Rohres auf festem Grund wurde der Vortriebskopf zerstört und weiterhin Basaltkies (-Schotter bis 40 mm ϕ mit Traß als Feinstkorn) trocken eingestampft. Im Rhythmus der fortschreitenden Kies-Aufhöhung im Rohr wurde dieses gezogen, so daß nur die Säule aus verdichtetem Basalt-Traß auf dem Keupergestein stehen blieb.

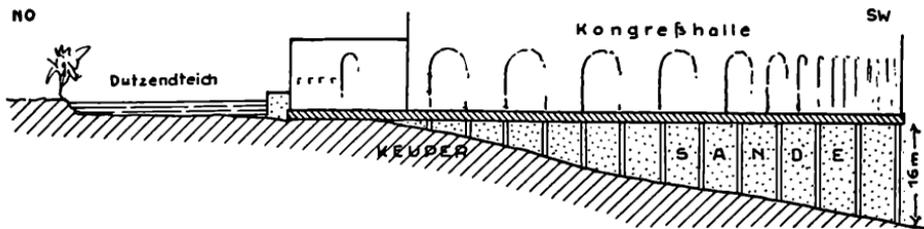


Abb. 1

**Gründungsschema der Kongreßhalle am Dutzendteich.
Frankipfähle auf Keupergrund**

Die maximale Vortriebstiefe der sogenannten FRANKI-Pfähle beträgt entsprechend der Mächtigkeit der sandigen Deckschichten über dem Keuper im Südwesten 16 m. Nach Nordosten werden die Pfähle kürzer und etwa an der Vorderfront konnte der Bau unmittelbar auf dem Keuper, bzw. auf künstlich verdichtetem Boden aufgelegt werden. In diesem Bereich wurde von der Fa. KELLER in Frankfurt a. M. das erste größere Rütteldruckverfahren angewendet, das unterdessen mit Abwandlungen und Verbesserungen weite Verbreitung gefunden hat.

Auf den Pfählen ruht eine Betonplatte mit 5 bis 8 kg/cm² Belastung und auf der Platte baut sich die übrige Masse auf. Der Basaltkies wurde wegen des aggressiven Grundwassers verwendet (s. S. 117 ff). Die Bauwerksetzung entsprach den gestellten Erwartungen von 25 mm. Die Gesamt-Baukosten waren bis zur Einstellung der Arbeiten im zweiten Weltkrieg auf 83 Millionen Reichsmark angelaufen. Nach dem Kriege wurden bis 1955 rd. 880 000 DM für zweckbestimmte Instandsetzungen investiert (SEEGY-NEUNHOFER). Wenig bekannt dürfte die Tatsache sein, daß der Gedanke zu den ersten Entwürfen für eine „Stadthalle“ am Dutzendteich bereits auf das Jahr 1928 zurückgeht.

Für die Kongreßhalle wird vom Hochbauamt der Stadt Nürnberg eine Endlösung des inneren und äußeren Ausbaues gesucht. Es steht zu hoffen, daß damit auch die Front dieses problematischen Erbes aus vergangener Zeit ein Gesicht erhält, das den Dutzendteich und seinen Erholungsstrand wieder harmonischer und ansprechender macht.

Daß überhaupt angestrebt wird, aus den ungereimten Elementen dieses Geländes noch Bestmögliches zu entwickeln, wird durch die Schaffung des Volksparkes mit seinen Grünanlagen bekundet. Mit den entstehenden Grünflächen nehmen allmählich die Füll- und Bindeglieder zwischen den reizvollen Weihern und den Monumentalbauten feste Gestalt an. In diese Landschaft wird das Gelände einbezogen sein, auf dem sich 1906 die Bayerische Landesausstellung befand, der Luitpoldhain. Er hat im Verlaufe von 50 Jahren sein Aussehen vielfach und so oft geändert, wie kaum ein anderer Teil Nürnbergs. Nun wurde er auch zur Aufnahme der großen Konzerthalle (Meistersinger-Halle) ausersehen.

Die übrigen stehenden Gewässer des Stadtgebietes sind flächenmäßig unbedeutend. Immerhin sind Valznerweiher (15 890 qm), Zeltnerweiher (17 790 qm) und Tullnauweiher (7510 qm) deshalb nennenswert, weil sie in Verbindung mit Grünanlagen gewisse Ruhepunkte im Großstadtbild darstellen.

Alle drei Gewässer werden vom gleichen Abflußsystem Hutgraben-Goldbach gespeist, an dem sie in größeren Abständen aufgereiht sind. Besonders reizvoll ist der Zeltnerweiher mit dem Zeltnerschloß auf einer Insel. Es ist einer der ansprechenden alten Herrrensitze, von denen es in Franken viele

gibt. Hier steht man einem guten Beispiel herkömmlicher fränkischer Architektur gegenüber. Das Wasserschlößchen zeichnet sich durch einen maßvoll abgewogenen Baukörper mit Nebenbauten und gegenwärtig durch einen ansehnlichen Baumbestand aus.

In jüngster Zeit ist im nördlichen Stadtbereich noch eine künstliche Wasserfläche geschaffen worden, die deshalb Beachtung verdient, weil sie dem Erholung suchenden Menschen in diesem hydrographischen Mangelgebiet wenigstens ein bescheidenes Angebot von dem Bestandteil einer Landschaft macht, der nun einmal zu ihrer Belebung gehört. Der Weiher im neu erstandenen „Volkspark Marienberg“ hat allerdings nur 2 ha Fläche; er wird vom Grundwasser gespeist bzw. aus Drainagen, die früher zur Melioration des Geländes gelegt wurden. Die Anlage zeigt, mit welchen Mitteln die Architektur der Landschaft zum Wohle des Großstadtmenchen korrigiert werden muß, wenn die Natur versagt.

Zum Schluß soll nicht versäumt werden, noch auf ein Gewässer hinzuweisen, das allen älteren Einwohnern Nürnbergs vertraut war, den Ludwigs-Donau-Main-Kanal (BIRZER 1951). Betrachtungen über ihn würden einem Nekrolog gleichkommen, denn er ist seit Kriegsende eingegangen und zum großen Teil geleert. Daß er in naher Zukunft als Schnellstraße in den Dienst des „trockenen“ Verkehrs gestellt werden wird, ist bekannt. Auf die neue Wasserstraße, den Nürnberg berührenden künftigen Rhein-Main-Donau-Kanal einzugehen, der die erweiterten Aufgaben des Ludwigs-Kanals übernehmen soll, wäre ein verfrühter Prolog auf eine noch in der Ferne liegende Sache. Der Hinweis auf ihn fügt sich hier allein des Zusammenhanges wegen. Soweit die „ruhenden Gewässer“, soweit ihre Rolle in der Architektur der Landschaft und im Einflußbereich menschlichen Gestaltens.

Von den beiden fließenden Oberflächengewässern Pegnitz und Rednitz ist es die erstere, die dem Landschafts- und vor allem dem Stadtbild eine bestimmte Note gibt. Sie durchquert Nürnberg von Ost nach West und halbiert auf diese Weise das gesamte Stadtgebiet in ein nördliches und ein südliches. Als natürliche Trennungslinie wirkte sie sich schon frühzeitig in einer Zweiteilung gewisser Verwaltungs-Einrichtungen aus, wobei man entsprechend den beiden Hauptkirchen von einer „Sebalder Stadtseite“ im Norden und einer „Lorenzer Stadtseite“ im Süden sprach und noch spricht. Sieht man ab von dem ausschließlich Schmückenden und Belebenden, das der Fluß durch seine Brücken, Stege und Überbauung (Heiliggeist-Spital) bedingt, so ist festzustellen, daß er von jeher dem Bauen in seiner Nähe erschwerende Maßnahmen aufgebürdet hat. Durch ältere Ablagerungen schluffiger Beschaffenheit mit starker organischer Beimengung, die das Wasser mit sich führte, durch spätere Verlandungen, Einschnürungen, künstliche Aufhöhungen des Geländes und durch Stauung der Flußwehre entstand gebietsweise unsicherer Baugrund. Viele Bauten wurden daher schon in der Frühzeit Nürnbergs auf Eichenpfähle und Roste gegründet. U. a. auch der Südturm der Sebalduskirche (FEDERSCHMIDT, 1916, S. 721).

Ein besonders kritisches Gebiet für Baugründungen erstreckt sich in der Altstadt längs des Nordufers der Pegnitz (Abb. 16, S. 66). Zwar ist der Geländestreifen nicht in seiner Gesamtheit bedenklich, er zwingt aber doch dazu, mit Vorsicht zu planen, da im Untergrund immer wieder Ausbuchtungen nach Norden ausladen, die stärker mit organischem Schluff und Faulschlamm erfüllt sind. Sie können aus der Ober-

flächenbeschaffenheit heraus nicht erkannt werden und erfordern eine tieferegehende Bodenuntersuchung. Alte und älteste Mauerreste sowie Schuttauffüllungen erschweren zudem die Beurteilung des Untergrundes, da sie fortwährend wechseln. Wo bei der einstigen Bebauung in solchen Bereichen keine Pfahlgründungen durchgeführt oder sogar mangelhafte Vorkehrungen gegen Setzungen getroffen wurden, entstanden früher Ausbauchungen und Schrägstellungen an Hauswänden. Sie gaben den alten Gäßchen an der Pegnitz einen romantischen Anstrich, bis die ganze baulich labile Beschaulichkeit mit vielem anderen im Bombenhagel des 2. Januar 1945 unterging.

Viel früher schon, nämlich 1349, hat sich eine ähnlich rigorose Abräumung aller Bauwerke im Hauptmarktgebiet ereignet. Nach Vertreibung der Juden, die dort angesiedelt waren, wurde das gesamte Bauquartier niedergerissen und u. a. die Frauenkirche sowie der Hauptmarkt darauf errichtet. Bemerkenswert ist, daß sich hier das übelste Sumpf- und Wohngebiet der Stadt befand. Von der Pegnitz her schiebt sich nämlich eine Bucht nach Norden, die bis zu zwei und mehr Meter mächtige Faulschlammablagerungen enthält. Nach FEDERSCHMIDT (1916, S. 721) hieß der südliche Teil des Marktplatzes einst „Auf dem See“ und die Augustinerstraße „Fröschau“. Man kann sich vorstellen, wie die Häuser im Judenviertel ausgesehen haben müssen, die auf einem derartigen Baugrund standen und man geht in der Annahme wohl kaum fehl, daß es kein Frevel war, das Getto kurzerhand einzuebnen, nachdem seine Bewohner ausgezogen waren. Der Schluff im Hauptmarktgebiet wurde seither mit Bauschutt und Abraum überdeckt; er erscheint nur noch in Bohrungen und Baugruben.

Heute werden bei Baugründungen in diesen Gegenden neuzeitliche Verfahren (u. a. Bodenverdichtung) angewendet, um schädliche Setzungen zu vermeiden, oder man führt die Fundamente bis zu den Flußsanden unter dem Schluff. Soweit auf Pfähle gegründet wird, findet wegen der Kosten nicht mehr die Eiche, sondern die Föhre Verwendung, die als eisenbeschuhter Pfahl gerammt wird.

Wir sprachen von der Architektur an der Pegnitz und vom Bauen in ihrem Einflußbereich. Zu den sichtbaren ortsbedingten Bestandteilen zählen neben den Brücken die Uferbefestigungen, vor allem Ufer- und Stützmauern für die sandigen Flußterrassen und künstlichen Aufschüttungen. Bemerkenswert ist unter ihnen die Betonmauer am Prinzregentenufer im Anschluß an die Steubenbrücke. Sie ist bei 10 m Höhe rd. 180 m lang und wurde im Jahre 1906 errichtet; ihr Aussehen ist vom Jugendstil geprägt. Bei der Erneuerung der Uferbefestigungen in der Altstadt wurden Burgsandstein-Quader verwendet. Die Stützmauern mit dem frischen hellbraunen Stein, in architektonischer Schlichtheit gehalten, machen einen gediegenen Eindruck.

Als wirksamste Einrichtung für den Hochwasserschutz der Altstadt besteht heute ein Hochwasserstollen, der von 1953 bis 1956 gebaut wurde. Er hat eine Länge von 145 m, eine lichte Weite von 10 × 4 m und einen Meter Wandstärke. Der Stollen kann eine Hochwassermenge von 130 cbm/s aufnehmen und entlastet im Ernstfall die einst besonders gefährdete östliche Altstadt. Die reinen Baukosten betragen rd. 2,2 Millionen DM. Hier einige Angaben über die verbauten Massen: an Betonstahl wurden verbraucht 385 Tonnen, an Stahlbeton 5 161 cbm, für die Ufermauer 461 cbm und zur Sandstein-Verkleidung der Ufermauer 90 cbm. Die Stollensohle lastet auf 1 277 Tragpfählen von 3 bis 6 m Länge und zwar insgesamt 4 828 laufende Meter. In Verbindung mit dem Bau des Hochwasserstollens erfolgte auch die Verbreiterung der Museumsbrücke, an deren südlichem Widerlager er vorbeiführt. Im Stadtbild selbst tritt weder der Einlaß noch der Auslaß des Stollens besonders in Erscheinung.

Im Rahmen der gestellten Aufgabe kann der Blick auf den Pegnitzfluß und seinen Weg durch die Altstadt zwar nur die wesentlichen Merkmale um-

fassen. Doch sollten die Mühlen nicht vergessen werden, die bis zu ihrem Untergang vor Kriegsende an seinen Ufern lagen. Mit ihren Radstuben bildeten die kleinen Werksbetriebe einen charakteristischen Bestandteil der Gegend am Wasser. Spinnerei, Schwabenmühle und Nägeleinsmühle waren die bekanntesten Namen. Diese Feststellung hat jedoch nur mehr historischen Wert, denn die Triebwerke werden nicht wieder erstehen.

Eine Betrachtung der jüngsten architektonischen Entwicklung im Kerngebiet Nürnbergs zu beiden Seiten der Pegnitz von Wöhrd bis Johannis, läßt allgemein ein Heraustreten aus der früheren räumlichen Enge des Stadtbildes erkennen. Einer Enge, die freilich von malerischer Traulichkeit durchdrungen war, die aber doch zu Gunsten gegenwärtiger und künftiger Erfordernisse mancherlei Art einer modernen Weite weichen mußte. In diesem Sinne wirkte sich die Kriegszerstörung nach der positiven Seite hin aus.

Da mit der Schilderung der Stadtlandschaft verschiedentlich bereits bautechnisch wissenswerte Belange berührt wurden, sei hier noch kurz ein Hinweis auf die größten Bauwerke der Vergangenheit gestattet. Die großartigen konstruktiven Leistungen unserer Vorfahren mögen mit dem gefesselten Blick auf die aufreudige Turbulenz der Gegenwart nicht ganz außer acht geraten. Sie sollen vielmehr daran erinnern, daß unter den seinerzeit gegebenen technischen Möglichkeiten das Maximum an Leistung bereits lange vor uns erreicht war. Gerade die Großbauten vergangener Generationen sind Eckpfeiler des Stadtbildes. An erster Stelle die Kaiserburg, von der schon einmal die Rede war. Sie ist auf Burgsandstein gegründet und hat bei dieser Voraussetzung den damaligen Baumeistern keine Gründungsprobleme aufgegeben. Anders scheint es sich bei der Sebalduskirche und besonders bei der Lorenzkirche zu verhalten, die im 13. Jahrhundert begonnen und im 15. Jahrhundert vollendet wurden. Besonders bei der Lorenzkirche hat man den Eindruck, daß ihre Lage sorgsam nach bautechnischen Gesichtspunkten gewählt wurde. Sie befindet sich nämlich auf einem unterirdischen Felsrücken, der wie eine Insel ringsum von tiefgründigen Sanden zweier einstiger Täler umgeben ist und zwar nahezu am Nordrand des Hügels, wo er auch topographisch zur Pegnitz abfällt. Die Sebalduskirche ist ebenfalls, bis auf den südlichen Turm, noch auf Fels gegründet; sie liegt unmittelbar am Nordrand einer verdeckten alten Talrinne ehe der Keuper in diese untertaucht. Auch die Fundamente der großen Rundtürme (1555 und später) nördlich der Pegnitz am Laufer Tor und am Neutor ruhen auf Sandstein. Der Spittlertorturm und der Frauentorturm dagegen müssen auf Sand gegründet sein, der dort jeweils bis zu 25 m Mächtigkeit besitzt. Über die statischen Voraussetzungen an ihnen ist uns nichts bekannt, doch ist erwiesen, daß sich im Untergrund keine Schluff-Schichten befinden, wie in der Altstadt.

Das umfangreichste Bauwerk Nürnbergs ist seine Stadtumwallung, Stadtmauer und Stadtgraben. Die Länge der Mauer beträgt rd. 5000 m. Nimmt man eine durchschnittliche Breite des Grabens von 20 m und eine Höhe von 8 m an, so ergibt sich ein Aushub von mindestens 800 000 Kubikmeter. Auf eine Erstreckung von 4 000 m Länge verlaufen Stadtgraben und Stadtmauer in Sanden, im nördlichen Teil aber liegen 1 000 m in Keupergesteinen, die zumeist felsig, teilweise sogar sehr hart sind. Rechnet man dazu noch 100 000 Kubikmeter Sandstein allein für die Stützmauern, also ohne Vorwerke, Tore und Türme, so ergeben sich Massen, die dieses Bauwerk aus dem 14. Jahrhundert in seiner Größe als einmalig ausweisen. Nun, seine Schaffung liegt auf der Linie der „Verteidigungszwecke“ bei denen bekanntlich Ausgaben, wenn auch selten lohnend, so doch immer gerechtfertigt erscheinen.

Die Vorstellung von einem Großstadtgebiet verbindet sich im allgemeinen mit dem Bestand an Siedlungen, an Gebäuden, kurz an Flächen, die der Mensch bewohnt, oder auf denen er arbeitet. In der Tat machen diese Flächen aber noch keine 40 % des gesamten Stadtgebietes aus, während sich

das nicht bebaute Areal nach den statistischen Erhebungen wie folgt gliedert*):

landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Flächen	40,8 %
Forsten und Holzungen	11,7 %
öffentliche Gewässer	1,2 %
sonstige Flächen	9,5 %

Die Verteilung der Flächengattungen ist unregelmäßig und die Siedlungsstruktur des Stadtgebietes nicht ausgewogen. Die Ursachen sind teils in der Entwicklungsgeschichte Nürnbergs, teils in der Bodenbeschaffenheit des Raumes und teils in natürlichen topographischen Gegebenheiten begründet. Die Siedlungsmasse strahlt von der Altstadt aus, die in ihrem mittelalterlichen und spätmittelalterlichen Stadium von der Stadtmauer rautenförmig umrissen wird. Eingemeindungen von ursprünglich außenmärkischen Höfen und Dörfern lockerten das im Werden begriffene Stadtbild auf. Zunächst mit den Vorstädten Lichtenhof, Gibitzenhof, Schweinau usw., in jüngerer Zeit mit Buch, Zerzabelshof, Eibach, Reichelsdorf usw., um nur einige zu nennen. Jede dieser Vorstadtgemeinden entwickelte nun für sich Initiative zur Ausbreitung. Sie wuchs mit der modernen Nahverkehrs-Erschließung. Die Bebauung drang in die „Reichswälder“ vor, besonders in den Lorenzer Wald. Zuletzt schlug dem Sebalder Wald der neue Flughafen eine beachtliche Bresche. Dieses Forstgebiet im Norden war bisher am längsten vor einem Zugriff für die Bedürfnisse der Großstadt verschont, und wenn die Flughafenfläche auch nicht unmittelbar der Besiedlung dient, so ist sie doch heute ein Bestandteil des Nürnberger Stadtgebietes.

Frei von einer Bebauung blieben praktisch die hochwassergefährdeten Flußtäler. Sie besitzen an vielen Stellen eine Breite von 300 bis 500 m und nehmen innerhalb des Stadtgebietes einen Raum von 3,6 qkm ein.

Schon vor der Jahrhundertwende war mit zunehmender Industrialisierung der Ausdehnungsdrang Nürnbergs im wesentlichen nach dem Süden gerichtet und heute ist er noch mehr der Expansionsraum unserer Stadt. Diese Erscheinung ist in erster Linie an die Bodenbeschaffenheit geknüpft. Damit nähern wir uns dem Hauptthema der Erörterungen, dem Untergrund von Nürnberg und seinem Einfluß auf das Bild der Großbebauung. Hier ist dem speziellen geologischen Teil eine entscheidende Feststellung vor auszuschicken. Der Nürnberger Raum besteht im wesentlichen aus zwei Hauptbodenarten, aus einem felsigen oder tonigen **Grundgestein**, das verschiedenen Schichten des Keupers angehört und **Deckschichten** in Form von Sanden, Kiesen und ähnlichen Lockermassen, die den Keupergesteinen in wechselnder Mächtigkeit aufliegen. Die flächenmäßige Verteilung der Sande ist aus der Kartenbeilage I ersichtlich.

Vom gesamten Stadtgebiet mit 129,4 qkm sind 78 qkm, d. s. rd. 60 %, mit Sanden bedeckt. Scherzweise wurde daher von Nürnberg auch gesagt, daß es des „Heiligen Römischen Reiches Streusandbüchse“ sei. Eine nach nördlichem und südlichem Stadtgebiet getrennte Gliederung zeigt, daß der Norden mit 47,3 qkm nur zu 44 % sandbedeckt ist, wogegen der Süden mit 82,1 qkm zu 70 % aus Sand besteht. Einzelheiten über die Sandablagerungen im Nürnberger Raum werden später mitgeteilt.

*) aus der Nürnberger Jahresstatistik 1959. Statistische Nachrichten der Stadt Nürnberg 1960, Nr. 6, S. 11.

Da eine landwirtschaftliche Nutzung der Sandflächen nicht lohnend ist, blieben sie lange Zeit in den Reichswäldern der Forstwirtschaft überlassen. Das Schwergewicht des Ackerbaues dagegen liegt auf den Keuperflächen im Norden, wo der südliche Teil des sogenannten „Knoblauchlandes“ bis vor die Tore der Stadt reicht. Um die Vororte Buch, Kraftshof, Lohe usw. wird durch die fruchtbaren Böden ein ertragreicher Feldbau ermöglicht. Dieser Teil des Stadtgebietes ist deshalb im Wirtschaftsplan der Stadt Nürnberg mit einer Baubeschränkung versehen. Sie läßt Bauten nur soweit zu, als sie im Rahmen des landwirtschaftlich Notwendigen liegen; damit sichert sie das für die Ernährung der Großstadt wichtige Hinterland, das seine Erzeugnisse auf den Großmarkt liefert.

So zielt also der Ausdehnungsdrang Nürnbergs aus verschiedenen Gründen in das südliche Vorgelände. Das Streben in dieser Richtung ist aber vielfach auch einer wirtschaftlichen oder richtiger finanziellen Ursache zuzuschreiben. Die unter Forstverwaltung stehenden Sandböden wurden zu Preisen veräußert, die es selbst dem „kleinen Mann“ ermöglichten, „Grundbesitzer“ zu werden. Siedlungsgenossenschaften entstanden und über diese ging so mancher Wunsch nach eigener Scholle und eigenem Heim in Erfüllung. Wornach der Siedler aber vor allem strebte, war der damit verbundene Erwerb eines Hausgartens. Darin liegt nun ein zwar örtlich begrenzter, aber dennoch bedeutsamer volkswirtschaftlicher Faktor. Sand ist auch für einen Hausgarten kein günstiger Boden, um einen von der Natur stiefmütterlich behandelten Teil der Landschaft mühelos in ein anmutiges Garten-Wohngebiet zu verwandeln. Überlegt man nämlich, was Jahre und Jahrzehnte an Arbeitsleistung und an Mitteln vom einzelnen aufgewendet werden müssen, um die sterile Krume zu kultivieren, dann wird die Bemerkung von der volkswirtschaftlichen Bedeutung verständlich. Bedenkt man ferner, daß die Erschließungskosten für diese randlichen Wohngebiete durch weite Zuführungswege der Versorgungsleitungen doch recht ansehnlich sind, und daß der Weg zur meist ferngelegenen Arbeitsstätte eine zusätzliche finanzielle und physische Beanspruchung mit sich bringt, dann erweist sich das billige Bauland für den einzelnen eben nur als relativ wohlfeil.

Mit Gartenstadt und Werderau schob sich, durch die Wohnungsnot angetrieben, die Siedlungsmasse bereits nach dem ersten Weltkrieg in dieses karge Gelände vor. Besonderen Auftrieb erhielt das Bauen im Südraum aus den gleichen Gründen aber erst nach dem zweiten Weltkrieg. Allerdings war zu dieser Zeit das Vordringen in die südlichen und südöstlichen Forstgebiete bereits durch die umfangreichen Rodungen für das „Parteitagsgelände“ eingeleitet.

Die Einwohnerzahl der „Sandflächen-Siedlungen“ kommt heute schon derjenigen eines mittleren Städtchens gleich. Die von der Gemeinnützigen Wohnungsbaugesellschaft Nürnberg übernommene Aufgabe zur Schaffung einer „Trabantenstadt“ im Langwassergelände mit 40 000 Einwohnern, ist der jüngste Akt in diesem nach Süden gerichteten machtvollen Vorrücken der Wohnflächen.

Der Flächenbedarf an überbautem Boden ist heute in den Außengebieten je Einwohner um das vier- bis fünffache höher als in den zentralen Stadtteilen. Der Grund liegt in dem Verlangen nach ebengeschossigen oder höchstens zweigeschossigen Wohnbauten. Den verhältnismäßig größten Flächen-

bedarf zu ihrer Wohnkapazität haben Haus- und Vorgärten von Einfamilien-Wohnhäusern. Diese Tatsache hat auch Auswirkungen auf die Wasserversorgung; der durchlässige Boden verlangt in den Sommermonaten viel Wasser, wenn der häusliche Gartenbau Erfolg haben soll. Im allgemeinen umfassen diese Grundstücke 600 qm, von denen oft 50 bis 70 % gärtnerisch genutzt sind.

Mit diesem Blick nach dem Süden wurde nicht übersehen, daß auch der Norden Siedlungselemente enthält, die von ähnlichen Gesetzen diktiert werden. Zu nennen sind die Siedlung Loher Moos und etwa Buchenbühl. Dennoch ist der Süden in seiner Gesamtarchitektur anders, er ist spezifischer in seiner Komposition. Gekennzeichnet wird er vom Parteitagsgelände mit seinen Weihern, Monumentalbauten und Grünflächen, von den Industrie-Anlagen mit ihren Hallen, Schornsteinen, Kranen und Gitterwerken einschließlich dem Komplex des Rangierbahnhofes sowie durch eine Zusammenballung von Wohn-Siedlungen, die in ihrer Mehrheit ein- und zweigeschossige Bauten haben.

Die Architektur der Landschaft — sie wurde hier als ein Zusammenspiel von Natur und Kultur aufgefaßt — zeigt somit innerhalb des Stadtgebietes räumlich getrennte, markante Unterschiede. Sie sind von den Gelände- und Bodenverhältnissen wesentlich beeinflusst. Freilich wirken bei den ausgesprochenen Wohnquartieren im einzelnen noch weitere Einflüsse an der individuellen Eigenart mit. Namentlich sind dies soziale. Zum Beispiel liegen im einen Gebiet ausgesprochene Villenkolonien alten und neuen Stils, anderswo standardisierte Mietskasernen, im dritten schließlich Eigenheime einer wirtschaftlichen Mittelschicht. Die Erörterungen würden sich jedoch zu sehr vom Grundthema entfernen, wenn man alle Einzelercheinungen in dieser Richtung analysieren wollte.

Auf die Grundursache für eine gebietsweise Normung des „Gesichtes“ der Stadt ist aber zum Schlusse doch noch kurz zu verweisen. Die bauliche Entwicklung Nürnbergs war etwa bis zur Jahrhundertwende — außer von der Bindung an natürliche Voraussetzungen — zu einem guten Teil vom Zufall abhängig. In den folgenden Jahrzehnten hat sie über den **Großbauungsplan** von Prof. JANSEN nach dem ersten Weltkrieg bis zum heutigen „**Flächennutzungsplan**“ der Stadt Nürnberg eine straffere Lenkung erfahren. Technische Schwierigkeiten kennt der moderne Bauingenieur bekanntlich nicht mehr. Durch geologische, hydrologische, bodenmechanische und chemische Voruntersuchungen wird es ihm ermöglicht, naturgegebenen Widerigkeiten mit entsprechenden Maßnahmen rechtzeitig entgegenzuwirken. Damit verlieren sich die einstigen Zusammenhänge zwischen Boden und Bauen im äußeren Bild immer mehr und eines Tages wird der urtümliche Zustand im Siedlungsraum durch die Großstadt endgültig überdeckt sein.

B. Die geologische Gliederung des Nürnberger Keuper-Untergrundes

In diesem Abschnitt des Handbuches sind keine wesentlich neuen Erkenntnisse zu erwarten. Seit den Zeiten des großen Pioniers der Geologie in Bayern, C. W. v. GÜMBEL, liegen die stratigraphischen*) Verhältnisse der

*) Stratigraphie = Lehre vom Schichtenbau der Erde bzw. Schichtenkunde

Keuperformation in ihren Grundzügen unverändert fest. Es kann sich also nur darum handeln, hier die schon Jahrzehnte alten Untersuchungsergebnisse mit Ergänzungen aus der neueren Literatur in knapper Form darzustellen, so daß sie dem Zuschnitt auf das Bauwesen gerecht werden.

Der geologische Aufbau im Stadtgebiet Nürnbergs stellt sich dem Beschauer wie überall auf der Erde zunächst nur in einem Flächenbild und nicht in der senkrechten Schichtenfolge dar. Das Flächenbild ist ein Ergebnis aus zeitlich ganz verschiedenen Vorgängen, unter denen namentlich mechanische Einflüsse gestaltend wirkten.

Der erste Vorgang war die Ablagerung des Grundgesteins, das sozusagen Ausgangspunkt und Fundament wurde. Dieses Grundgestein ist der Keuper. Der Name wird von der fränkischen Bezeichnung „köper“ hergeleitet, die bunt bedeutet (Köper = bunter Stoff). Das ist der Keuper wie kaum eine andere Formation. Er umfaßt Flachmeer-, Seichtwasser-, zum allergrößten Teil aber Land-Bildungen. Diese setzten sich vorwiegend aus quarzigsandigen und tonigen, in unserem Raum seltener kalkigen oder dolomiti-schen Bestandteilen zusammen.

Da oft die Frage nach dem Alter dieser Gesteine gestellt wird, sei hier erwähnt, daß es mit 175 bis 200 Millionen Jahren vor der Gegenwart anzusetzen ist. Allein für die Entstehung der Triasablagerungen, deren jüngster Abschnitt der Keuper ist, werden 25 Millionen Jahre gerechnet. Ich folge hier der Zeittafel von Rud. RICHTER.

Entstanden ist das Keupergestein unter zumeist ariden, das heißt trockenwüstenhaften Klimabedingungen, die nur gelegentlich und besonders am Ende der Keuperzeit von feuchtwarmen Verhältnissen abgelöst wurden. Auf ein Trockenklima weist vor allem das Vorkommen von Steinsalz und Anhydrit bzw. Gips in den unteren und mittleren Keuperschichten hin. Da die Abtragungs- und Ablagerungsbedingungen während der langen Entstehungszeit des Gesteins wechselten, sind Stoff und Farbe desselben verschieden. Größere Zeitabschnitte werden durch das Auftreten spezifischer Lebewesen gekennzeichnet, die als Fossilien (pflanzliche und tierische Versteinerungen) in den Ablagerungen enthalten sein können. Die sogenannten petrographischen Unterschiede veranlaßten den Geologen zu einer Gliederung des Keupers in den Unteren, Mittleren und Oberen Keuper sowie zu einer Gesamtgliederung in acht „Stufen“. Dies, soweit es sich um die „Germanische Ausbildung“ der Keuperformation handelt, die in unserem Gebiet vorliegt. Anders ist die „Alpine Trias“ entwickelt; sie betrifft aber unseren Raum nicht.

Oberflächlich steht im Stadtgebiet nur Mittlerer Keuper an und von ihm sind lediglich die höheren Schichten an der Landschaftsbildung beteiligt. Die weitaus größere Masse der Keupergesteine liegt in der Tiefe verborgen und zwar in einer Mächtigkeit von rd. 200 m. Darunter folgt eine neue Formation: der Muschelkalk. Die Gesamtmächtigkeit der Keuperschichten betrug im dargestellten Gebiet ursprünglich etwa 300 m. Ein Drittel der Masse ist also in den Niederungsteilen des Nürnberger Beckens abgetragen. Für das Bauen im Nürnberger Raum kommen vom Keuper unmittelbar nur einige Stufen in Frage, nämlich jene Gesteine, die an der Oberfläche anstehen. Dagegen dringen Brunnen für die industrielle Wasserversorgung bis-

weilen über hundert Meter in die Tiefe vor. Um allen Erfordernissen Rechnung zu tragen, die sich aus Eingriffen in den Untergrund ergeben können, wird in nachstehendem die gesamte Schichtenfolge des Keupers in ihrer stratigraphischen Gliederung und den jeweiligen Besonderheiten dargestellt. Zunächst eine Übersicht über die einzelnen Stufen und ihre Mächtigkeit.

Hangendes: Jura

Oberer Keuper: Rhätsandstein, auch Rhätolias genannt

Mittlerer oder Bunter Keuper:

1. Feuerletten, Knollenmergel (frühere Bezeichnung auch Zanolodon-Letten)
2. Burgsandstein
3. Stuben- und Blasensandstein; ersterer auch Semionotus-Sandstein
4. Lehrbergtone und Berggipsschichten
5. Schilfsandstein
6. Gipskeuper, gegebenenfalls Benkersandstein

Unterer Keuper, auch Lettenkeuper oder Lettenkohlenkeuper

Liegendes: Muschelkalk

Wir beginnen nun entsprechend dem chronologischen Ablauf, in dem die Keuperschichten entstanden, mit der ältesten, d. h. untersten Stufe.

1. Unterer Keuper

Lettenkeuper. Gesamt-Mächtigkeit 15 bis 20 m. Farbe vorwiegend grau

- a) Dolomit, Kalk, Schiefer (Vitriolschiefer)
- b) Sandstein. Wo vorhanden, wasserführend. Lage und Ausdehnung im Untergrund nicht sicher vorzubestimmen, da nur in „Flutrinnen“ des Lettenkeupers eingebettet, also flächenmäßig begrenzt.

Nutzung: Erscheint im Westen Frankens an der Oberfläche als „*Werksandstein*“. Für Bauzwecke und wegen seiner Feinkörnigkeit zu Steinmetzarbeiten verwendet.

Brüche: Faulenberg, Estenfeld usw. in Unterfranken.

- c) Tone, Kohle (technisch nicht verwertbar). „*Grenzdolomit*“, kennzeichnende oberste Schicht des Lettenkeupers, 2 bis 4 m mächtig.

2. Mittlerer oder Bunter Keuper

Gesamtmächtigkeit bis 260 m. Farbe bunt, vom milchweiß über rot, grün, blau bis braunschwarz in allen Mischungen.

GIPSKEUPER (auch Unterer Bunter Keuper)

a) *Myophorienschichten*

Benkersandstein

Im westlichen Franken sind diese Schichten als sog. „Beckenfazies“^{*)} entwickelt und erscheinen dort als tonige Ablagerung unter der Bezeichnung Myophorien-Schichten mit dem Grenz-Grundgips-Flöz und der etwas höher gelegenen Bleiglanzbank. Im Osten breitet sich die „Randfazies“ als sandige Ablagerung aus, die sich auch im Untergrund von Nürnberg findet und den eigentlichen Benkersandstein darstellt. Nach den neuesten Untersuchungen kann der Benkersandstein in vier Abteilungen (A bis D) gegliedert werden (v. FREYBERG, 1954).

N a m e : Für die Myophorien-Schichten ist eine Muschel namengebend und für den Benker-Sandstein der Ort Benk in Oberfranken.

Allgemeine Angaben : Die Mächtigkeit der Stufe beträgt etwa 90 m. Farbe vorwiegend grau bis grün. Durchsetzt von unregelmäßigen Tonbändern. Tiefenwasserspeicher Nürnbergs. Vielfach chemisch und bakteriologisch einwandfreies Wasser führend. Gelegentlich aber mit hohem Chlor- und Sulfat-Iongehalt (Steinsalz- und Gips-linsen) und dann gegebenenfalls auch für technische Zwecke nur bedingt geeignet.

N u t z u n g : Im westlichen Franken an der Oberfläche als „Grundgips“ erscheinend, in zahlreichen Brüchen ausgebeutet und zu technischem Gips verarbeitet. Brüche und Werke in Windsheim, Iphofen usw. Benkersandstein als Werkstein bei Benk (Bayreuth) gebrochen, jedoch wirtschaftlich nur örtlich von Bedeutung.

b) *Estheriensschichten*

N a m e : Versteinertes Schalenkrebchen *Estheria laxitexta* S. besonders in den höheren Lagen in großen Mengen vorkommend.

Allgemeine Angaben : Mächtigkeit etwa 20 m; bisweilen weniger oder unterbrochen, besonders wo durch „Flutrinnen“ der nachfolgenden Schilfsandstein-Zeit ausgewaschen und erniedrigt. Farbe vorwiegend blaugrau bis stumpfgrau. Tone, Steinmergel und Schieferletten. Grenze der Estheriensschichten gegen Myophorienschichten gekennzeichnet durch hellgraue Steinmergelbank und dolomitischen Sandstein, als *Acrodus-Corbula-Bank* (Stärke etwa 1 m, aber auch weniger). Wasserwirtschaftlich bedeutungslose Stufe.

c) *Schilfsandstein*

N a m e : Pflanzliche Versteinerungen, namentlich Schachtelhalme, Farne usw.

Allgemeine Angaben : Als meist feinkörniger, dichter Sandstein in Flutrinnen zu größerer Mächtigkeit bis etwa 30 m anwach-

^{*)} Fazies = Gesicht; in der Geologie Abwandlung der Ausbildung gleichaltriger Schichten an verschiedenen Orten

send. Farbe grünlich bis bräunlichgrau. Vorkommen im Nürnberger Raum selten; seither nur bis etwa 5 m Stärke angetroffen. Wasserwirtschaftlich von untergeordneter Bedeutung, da ein Auffinden des Schilfsandsteines im Untergrund vom Zufall abhängt. Auch die Wasserführung des Gesteins ist wegen seiner unterschiedlichen Durchlässigkeit verschieden.

N u t z u n g: Bausandstein, Schleifstein, Architekturstein. Gelegentlich nicht besonders wetterfest. Im westlichen und nördlichen Franken zahlreiche und teils große Steinbrüche (Lichtenau b. Ansbach, Schwanberg, Sand bei Eltmann, Frankenberg usw.).

d) *Lehrbergsschichten* (bzw. *Berggipsschichten*)

N a m e: Nach dem Ort Lehrberg bei Ansbach.

Allgemeine Angaben: Mächtigkeit zwischen 30 und 40 m. Farbe vorwiegend rotbraun und violett. Schiefertone, Alabastergips, Steinmergelbänke, Sandsteine (Strandnähe). Lebhafter Wechsel der Schichten. Gestein meist dicht (tonig-feinkörnig), Grobkorn seltener. Bei sandiger Ausbildung, d. i. im südostfränkischen Raum, Tiefenwasserspeicher im allgemeinen mit geringerer Ergiebigkeit als im Benkersandstein; wasserwirtschaftliche Bedeutung somit örtlich, d. h. auf die sandige Ausbildung im Untergrund beschränkt.

N u t z u n g: Westlich und nordwestlich von Nürnberg an der Oberfläche als Ton-Vorkommen verbreitet und von großen Ziegeleien verarbeitet (Siegelsdorf, Langenzenn). Bei Lehrberg (Ansbach) Steinmergelbänke als hartes dolomitisches Gestein zu Pflastersteinen in Ansbach und kleineren Gemeinden verwendet. Sandstein in kleinen Brüchen nur von lokaler Bedeutung (z. B. Aisch- und Zenngrund). In der Oberpfalz unter der Bezeichnung „*Freihunger Sandstein*“ als Werkstein gebrochen.

SANDSTEINKEUPER (auch Oberer Bunter Keuper)

a) *Blasensandstein*, einschließlich *Stubensandstein* (Semionoten-Sandstein)

N a m e: Blasensandstein. An der Oberfläche auswitternde Mergelgallen von durchschnittlich Nußgröße; sie geben gewissen Sandsteinschichten bisweilen ein löcheriges Aussehen. Stubensandstein. Nach dem Stuben- oder Fegsand, den der Sandstein liefert. Andere Auslegung: nach den stubenförmigen Hohlräumen im Sandstein, die durch Gewinnung des Fegsandes entstanden. Semionotensandstein nach versteinertem Fisch *Semionótus Bégeri*.

Allgemeine Angaben: Mächtigkeit etwa 40 m. Farbe bunt. Häufig grobkörnige Sandsteinbänke, manganreich, von rotbraunen, sandigen Tönen unterbrochen. Mittlere Horizonte gebietsweise mehrere Meter mächtige weiche Sandsteine, braungrau, grobkörnig. Dolomitbänke, kalkige oder quarzitishe Arkosen, hellgrau, dicht (z. B. Zerzabelshof, Schweinau und an anderen Orten).

N u t z u n g: Im Nürnberger Raum als Feg- und Stubensand bis in jüngere Vergangenheit. Bausandstein von Coburg („*Coburger*“ oder „*Eltmanner Bausandstein*“). Gelegentlich zur Wegeschotterung.

Der Blasensandstein kann als das im Nürnberger Stadtgebiet am besten bekannte Gestein gelten, da es neben dem darüber folgenden Burgsandstein und den Sanden der jüngsten geologischen Ablagerungsperiode den unmittelbaren Untergrund darstellt. Auf ausgedehnten Flächen steht es im Gelände an, oder es ist doch nur mäßig von Sanden überdeckt (s. Kartenbeilage I). Unter solchen Voraussetzungen gibt es vielfach den eigentlichen Baugrund ab und ist daher für das Baufach von besonderem Interesse. Deshalb wird der Blasensandstein hier eingehender beschrieben, als die bisherigen Keuperstufen, die im tieferen Untergrund liegen. Das ist um so mehr erforderlich, als dem Beschauer nahezu in jedem Bodenaufschluß, in jeder Baugrube ein anderes Bild entgegentritt, obwohl es sich um ein und dieselbe Keuperstufe handelt.

Der Blasensandstein wird entsprechend den örtlichen geologisch-petrographischen Verhältnissen und Möglichkeiten in verschiedenen Teilen Frankens und in der Oberpfalz in zwei oder auch drei weitere Unterstufen aufgegliedert. Für das Nürnberger Gebiet ist bestenfalls eine begrenzte Möglichkeit gegeben, den höher liegenden Stubensandstein vom tieferliegenden Blasensandstein zu trennen. Eine solche Unterscheidung ist nicht immer leicht und manchmal durchaus problematisch, da sie sich weder auf Fossilfunde (Versteinerungen) noch auf typische mineralogische Merkmale stützen kann. Wenn ein Anlaß vorhanden sein sollte — für Bauzwecke ist er es im allgemeinen wohl kaum — so mag man die hellen, mittel- bis grobkörnigen, gelegentlich auch feinkiesigen Sandsteine an der Oberfläche oder in Oberflächennähe des westlichen Nürnberger Gebietes als Stubensandstein bezeichnen. Wir schließen aber hier sowohl aus Mangel an sicheren Trennungsmöglichkeiten, als auch aus Zweckmäßigkeit beide Schichtenstöße des Blasensandsteins zusammen. Wenn seine Mächtigkeit oben mit 40 m angegeben wurde, so versteht sich das Maß für die ursprüngliche Stärke der Ablagerungen. Im größeren Teil des Nürnberger Stadtgebietes ist der Blasensandstein aber bereits durch Abtragung erniedrigt. Allerdings nirgendwo soweit, daß die darunter liegende Lehrbergstufe in größeren Flächen bloßgelegt wäre. Lediglich bei Mühlhof und Gerasmühle erscheint ein schmaler Streifen dieses tieferen Gesteins an der Oberfläche im linken Rednitzhang.

Im gesamten ist der Blasensandstein äußerst buntfarbig. Der Eindruck seiner Farbenfreudigkeit wird noch dadurch verstärkt, daß die einzelnen Schichten besonders in den mittleren Horizonten nur eine geringe Mächtigkeit besitzen (zwischen 5 und 20 cm). Die Ablagerungen wechseln in senkrechter Folge von milchweiß bis schwarz (Mangan) in allen Farbstufen, ausgenommen reines Blau. Die tieferen Lagen des Blasensandsteins sind mehr zu rotbraun neigend, in den mittleren Lagen kommt wie gesagt die Buntheit besonders zur Geltung und in den oberen herrscht hellgrau und hellbraun vor. Man kann aber aus dieser allgemeinen Charakterisierung keinesfalls mit Sicherheit darauf schließen, in welchem Bereich des Blasensandsteines sich jeweils eine einzelne Schürfgrube oder eine Bohrung befindet. Besonders bei Bohrungen muß bedacht werden, daß das tatsächliche Schichtenbild lediglich im Kernverfahren ungestört gewonnen wird, wogegen die Meißelbohrung immer nur ein Mischgut fördern kann. Dadurch wird die Beurteilung der Bodenschichten unsicherer, denn sie kann sich nur auf einen

stofflichen und farblichen Durchschnitt stützen, der innerhalb der einzelnen Meißel-Etappen angetroffen wurde.

Ein lebhafter Wechsel nach der Beschaffenheit und Farbe ist auch in waagerechter Ausdehnung vorhanden. Ein Schichtband kann z. B. auf eine Erstreckung von 20 m und mehr als grauer Ton abgelagert sein, dann auf weitere 10 m in roten Ton übergehen, um schließlich über bunte Tone mit dolomitischer Arkose im Sandstein auszuweichen^{*)}. Häufig kann beobachtet werden, daß weicher Sandstein in der gleichen Schicht einige Meter abseits zu Quarzit wird, der auf größere Erstreckung anhält, um dann wieder von Normalsandstein abgelöst zu werden. Ein Prinzip scheint aber insofern zu bestehen, als sich die harte dolomitische und kalkige Arkose (im fränkischen Sprachgebrauch „Quacken“) gerne auf die tonige Ausbildung des Blasensandsteins beschränkt, wogegen sich die ebenso harte quarzitisches Arkose oder überhaupt Quarzit mit Vorliebe an die sandigen Vorkommen hält.

Der sprunghafte Wechsel zwischen hartem und weichem Gestein in horizontaler Erstreckung bildet nicht selten besonders bei Bodenaushub Anlaß zu unangenehmen Überraschungen. Mit ihnen ist auch dann zu rechnen, wenn Feststellungsbohrungen in gewissen räumlichen Abständen vorausgegangen sind. Denn zwischen zwei Bohrungen im weichen oder mittelharten Sandstein, die etwa vierzig oder fünfzig Meter voneinander entfernt angesetzt wurden, kann in gleicher Höhenlage quarzitischer Sandstein von großer Härte auftreten, der mit den Sondagen nicht erfaßt wurde (Abb. 2). Er macht sich erst beim Aushub bemerkbar und erschüttert dann gegebenenfalls die Kalkulation. Bei Bohrloch-Abständen von 20 m und weniger ist erfahrungsgemäß kaum mehr mit Unsicherheiten zu rechnen, wie sie hier angedeutet wurden.



Abb. 2

Anschwellen einer Quarzitbank als Sprengfels unter normalem Sandstein zwischen zwei Feststellungsbohrungen.

Die Baugrubensohle schneidet bei späteren Aushubarbeiten unvorhergesehen in das harte Gestein

Das gleiche gilt, wie aus dem Gesagten hervorgeht, für alle anderen bautechnischen Belange. Es gibt Gesteinslagen, die auf größere Erstreckung eine erhebliche Baubelastung vertragen; unvermittelt kann aber dann die Tragfähigkeit abnehmen, weil sich die Ausbildung des Gesteins, sei es in

^{*)} Von Auskeilen spricht man, wenn eine Schicht in einer anderen mit spitzem Winkel ausläuft. Ein wiederholter Wechsel dieser Art ergibt eine gewisse „Verzahnung“, wie beispielsweise zwischen Sandstein und Ton.

Dichte, Härte oder Zusammensetzung ändert und nur geringere Pressungen zuläßt. Noch ungünstiger können die Verhältnisse werden, wenn das Grundgestein, also der Keuper, von jungen Sanden oder noch „schlechteren“ Böden abgelöst wird. Doch darüber an anderer Stelle.

Zur allgemeinen Unterrichtung diene, daß dieschichtenmäßig höheren Lagen des Blasensandsteins beständiger in ihrer Ausbildung sind und höhere Bodenspannungen erlauben, als die tieferen. Sie bilden die Oberfläche vor allem im Osten des Stadtgebietes und um den Burgberg, sowie in der nördlichen Altstadt.

Örtlich sind die oberen Lagen des Blasensandsteins mitunter so dicht, massig, standfest und mit kalkigen oder dolomitischen Bindemitteln ausgestattet, daß breite und ausgedehnte Gewölbegänge schon vor langer Zeit in ihm angelegt wurden. Sie sind manchmal in mehreren Stockwerken übereinander angeordnet und besonders im Südteil der nördlichen Altstadt zu finden (z. B. Albrecht-Dürer-Straße). Der Kalkgehalt des Gesteins äußert sich dann bei Anwesenheit von Sickerwasser und Luftzug in starken und harten Sinterbildungen (Tropfsteinen), die einzelne Wandteile der Gewölbe überkleiden. Die Räume dienten im zweiten Weltkrieg zumeist dem Luftschutz, sonst zur Lagerung von Gütern der Lebensmittelindustrie, in manchen Fällen sind es alte Stollen zur Abwasserbeseitigung.

Wie die Gänge im Blasensandstein zeigen, sind also bei günstigen Untergrundverhältnissen auch Stollenvortriebe ohne Zimmerung möglich. So wurde im Bereich der städtischen Krankenanstalten ein 140 m langer Stollen von 1,70 × 2,00 m (Firsthöhe) für einen Profilkanal angelegt, der 3 Monate Bauzeit erforderte. Bei dem Gestein handelt es sich um einen typischen Stubensandstein von grobkörniger Beschaffenheit mit tonigem Bindemittel und hellbrauner bis hellgrauer Farbe. An der Luft zerfiel er zwar nach dem Bruch in kleinere oder größere Stücke, unter Bergspannung blieb er aber völlig standfest. Zur Voruntersuchung waren Meißelbohrungen und Kernbohrungen durchgeführt worden. Bei ersteren wurde der Fels durchschnittlich als hart qualifiziert, bei letzteren konnte zumeist nur ein Zerrieb gewonnen werden, womit sich das Gestein als nicht kernfähig erwies. Bänderungen als Ausdruck stofflicher Unterschiede sind in ihm nicht vorhanden, vielmehr besteht eine mehrere Meter mächtige gleichmäßige Ausbildung. Die Stollensohle befindet sich durchschnittlich 8 m unter Gelände. Der Vortrieb verlief streckenweise unter Gebäuden und nirgends zeigte sich Neigung zum Ausbrechen oder zur Verformung.

Wenn man auch voraussetzen darf, daß für das verhältnismäßig kleine Stollenprofil, in dem zwar nicht sehr harten, aber homogenen Sandstein, ausreichende statische Verhältnisse gegeben waren, also Verhältnisse, die ein Risiko von vornweg ausschlossen, so erweist sich der Blasensandstein doch auch bei lebhaftem Wechsel von Art und Mächtigkeit der Schichten bisweilen erstaunlich standfest. Bei trockenem Boden oder nur mäßiger Grundwasserführung wurden Schachtungen mit senkrechten Wänden schon häufiger 8 m und noch tiefer ausgeführt. So hat z. B. die 10 m tiefe Baugrube für das Schwesternheim im nördlichen Stadtgebiet einen ungemein vielschichtigen Untergrund-Aufbau gezeigt, aber das Gestein ist bemerkenswert standfest. Es hielt monatelang ohne Versteifung und ohne Nachbrüche die senkrechten Schachtwände. Der Grundwasseranfall war allerdings sehr gering. Er wurde aus der Baugrube über einen Pumpensumpf beseitigt.

Die tieferen Blasensandstein-Schichten kommen für Bauzwecke im Nürnberger Raum kaum in Frage. Lediglich im Bereich der Rednitz (Mühlhof-Krottenbach usw.), besonders an ihren westlichen Talhängen kann dies der Fall sein, wo auf große Erstreckung rotbraune Tone und Tonsandsteine anstehen, bzw. unter Sanden und Gehängeschutt ver-

deckt sind. An ihnen sind jedoch bereits die Lehrbergsschichten beteiligt. Dort können gegebenenfalls hydrologische und hydrologisch-mechanische Schwierigkeiten bei Bauausführungen entstehen (Rutschungen am Hang usw.).

Im übrigen Stadtgebiet sind die tieferen Horizonte der Stufe wasserwirtschaftlich von großer Bedeutung. Viele Industriebrunnen sind in ihnen angelegt. Sie geben in der Regel ein gutes Brauch- und Nutzwasser. Voraussetzung für eine hinreichende Brunnenergiebigkeit ist allerdings eine vorwiegend sandige und etwa auch klüftige Ausbildung des Gesteins. Zu viele tonige Lagen vermindern die Wasserdurchlässigkeit (k-Wert) des aufgeschlossenen Schichtenpaketes, grobkörnige Struktur und Spalten erhöhen sie.

Auch in höheren Blasensandsteinschichten wurden durch Baugruben schon Quellzuflüsse an Spalten mit ein bis zwei Sekundenlitern angeschlagen. Die Erscheinung ist selten, sie kann bei Voruntersuchungen nur durch Zufall erkannt werden und ist bei überraschendem Auftreten während der Bauausführung natürlich unangenehm, wenn die Beseitigung Schwierigkeiten bereitet. Auf Abb. 9 ist ein derartiger Fall festgehalten, wo an der Witschelstraße während der Schachtarbeiten im Blasensandstein eine Quellklufft aufbrach.

Die bautechnische Charakterisierung des Blasensandsteins bezog sich bisher auf unverwitterte Schichten. Darunter ist Gestein zu verstehen, das noch nicht durch die Auslaugung von Tagwässern, durch den Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung, von Erwärmung und Abkühlung, durch Bodenfrost und durch sonstige zermürbende Vorgänge in seinem Gefüge gelockert ist. Vor allem wird auch vorausgesetzt, daß durch Bodeneinschnitte nicht etwa hängendes Grundwasser in darunter liegende Tonlagen eindringt, die seither trocken waren. Dabei neigen besonders krümelig zerfallende Tone zum „quellen“; das heißt, unter Zutritt von Feuchtigkeit erfolgt eine Volumenvermehrung. Alle diese Ereignisse vermindern die Tragfähigkeit und die Standfestigkeit des Gesteins erheblich.

Eine Regel über die jeweilige Stärke der Verwitterungsschichten (sog. Eluvialböden des Keupers) gibt es nicht. Sie reicht zwar vielfach nicht tiefer als zwei Meter, sie kann aber auch fast ganz fehlen. Verwitterungsböden erkennt man unschwer an einer Auflösung des Sandsteins in Sand, an einer wirren Verknetung der Bodenmassen oder an einer Verfäلتelung der Schichten, wie sie die Blätter eines seitlich zusammengeschobenen Buches ergeben. Für die völlige Zerlaugung eines rauhkörnigen, milchweißen Sandsteines zu Sand gibt es treffliche Beispiele im Gebiet der Flughafenstraße im Nordosten der Stadt. Die bunte Verknetung von Bodenschichten ist so verbreitet, daß überall Beispiele dafür zu finden sind. Für eine Verfäلتelung der Schichten auf über zwei Meter Tiefe ist ein Aufschluß an der Kreuzung der nicht vollendeten Unterführung mit der „Prachtstraße“ im Parteitagsgelände besonders anschaulich. Es sind durch eiszeitlichen Frostschiebung entstandene Strukturböden. Für alle diese Veränderungen, die in den oberflächennahen Keuperschichten durch jüngere Vorgänge entstanden sein können und die eine Auflockerung bedingen, fällt die Beurteilung der Tragfähigkeit und Standfestigkeit ungünstiger aus. Wenn noch erwähnt wird,

daß umgekehrt auch eine Verfestigung lockerer Sande durch Ortsteinbildung*) erfolgen kann, dann ist damit zu ermessen, wie vielfältig geologische Vorgänge und Zustände allein schon im Keuper-Grundgestein sein können.

b) *Burgsandstein*

N a m e : Auf den Härtlings-Hügeln (s. S. 12) stehen im fränkischen Raum häufig Burgen, deren Baumaterial aus dem gleichen Gestein gewonnen wurde.

A l l g e m e i n e A n g a b e n : Mächtigkeit im Nürnberger Gebiet 60 m, anderenorts bis zum Doppelten dieses Betrages. Ausbildungsarten als Sandsteine, Lettenschiefer, Tone, Dolomitplatten und Quarzite. Farbe des Sandsteins hell-rötlichbraun, gelegentlich bräunlichgrau, seltener ockerig und in anderen Gebieten auch weiß. Farbe der Tone rot bis violett. Tone und Steinmergel vorwiegend in den oberen Bereichen. Körnung des Sandsteins mittel bis grob, bisweilen stark fein- und mittelkiesig, scharfkantig. Manchmal von Hornsteinen**) durchsetzt. Abwandlung als Wendelsteiner Quarzit; dieser örtlich beschränkt. Farbe helles Bräunlichgrau bis Grauviolett.

Burgsandstein guter Wasserleiter.

Einteilung des Burgsandsteins in Unteren, Mittleren und Oberen. Unterer Burgsandstein auch Heldburger Stufe genannt (nördliches Franken). Im Stadtgebiet ist diese Gliederung mangels zuverlässiger Anhaltspunkte nicht durchführbar. Die Entsprechung des Oberen Burgsandsteins kam hier überhaupt nicht zur Ablagerung („Sedimentationslücke“) oder wurde bereits in der Keuperzeit wieder ausgeräumt.

N u t z u n g : Bausandstein (alte Brüche Schmausenbuck, Langenlohe usw.) und Architekturstein (Lorenzkirche). Als Wendelsteiner Quarzit außerdem Mahlsteine, Randsteine, Marksteine, Grabplatten und Verkleidungen.

Der Burgsandstein ist in Nürnberg sowie in seiner nördlichen und östlichen Umgebung der eigentliche Landschaftsbildner oder zutreffender Reliefbildner. Er allein bedingt die Bewegtheit des Geländes, die allerdings im Verhältnis zu anderen Mittelgebirgslandschaften als bescheiden zu bezeichnen ist.

Die bisherige Buntheit und Wechselhaftigkeit der Keuperschichten ist nunmehr abgeschlossen. Die Ausbildung des Gesteins ist massiger und ruhiger, eine Eigenschaft, die bereits in den höchsten Lagen des Blasensandsteins beginnt. Entweder handelt es sich von jetzt ab um mehrere Meter mächtige Sandsteinbänke oder um ebenso starke, meist feste und trockene Tone. Auch die kalkigen und dolomitischen Steinmergellagen usw. werden bei uns nunmehr seltener. Nur im Steigerwald sind dolomitische Arkosen im Mittleren Burgsandstein weit verbreitet.

*) Ortstein ist etwa mit eisenverkittetem Sand zu erklären.

**) Hornstein, auch Feuerstein. Quarzgestein mit hornartiger Färbung und Maserung (Kieselholz!); sehr hart, in großen Mengen in alten Aufschotterungen.

Innerhalb des Stadtgebietes nimmt der Burgsandstein an der Oberfläche nur eine Ausdehnung von rd. 14 qkm ein, was knapp 10% der Gesamtfläche ausmacht. Davon sind 4 qkm ausgesprochene Hügel in der Stadtlandschaft. Die Bedeutung, die er in ihr trotz geringer Verbreitung besitzt, wurde schon früher geschildert.

Bautechnisch kann der Schichtenbereich des Burgsandsteins als hervorragend standfest gelten. Er besitzt eine sehr beständige Ausbildung in horizontaler Erstreckung, wobei ihm jede Belastung zugemutet werden kann, die im normalen Bereich der Baustatik auftritt. Daß er sich auch bei Stollenbauten stabil verhält, beweisen seine alten und neuen Gewölbe und Gänge im Burgberg, wo ansehnliche Labyrinth in den Fels gehauen sind, die wie beim Blasensandstein für den Luftschutz und zur Einlagerung von Gütern verwendet wurden.

Die auch sonst guten bautechnischen Eigenschaften haben den Burgsandstein schon in früher Zeit zum eigentlichen „Haussandstein“ Nürnbergs gemacht. Für seine ausgiebige Nutzung und die einst blühende Baustein-Industrie zeugen viele verlassene Steinbrüche in den Wäldern der östlichen Randhöhen um Nürnberg. Am Schmausenbuck, Zollhaus, bei Langenlohe und an anderen Orten finden sich heute noch zahlreiche Gruben von Busch- und Strauchwerk überwuchert, mitunter aber auch ansehnliche verlassene Brüche mit hohen Felswänden. Für die rege Verwendung des Burgsandsteins zeugen viele große Bauwerke in der Stadt. So die Burg, die Stadtmauer mit ihren Rundtürmen und Vorwerken, Kirchen, Patrizierhäuser, Ämtergebäude und schließlich auch zahlreiche Privatbauten. Die warme braunrote Farbe des frischen Steins, die bisweilen ins Violette spielt und überhaupt unter wechselnder Beleuchtung verschiedene Töne annimmt, schafft anmutige und stimungsvolle Ortsbilder. Eines der schönsten Beispiele ist das Heilig-Geist-Spital von der Museumsbrücke aus gesehen. Ein Nachteil haftet dem Stein allerdings an; er bekommt durch Witterungseinflüsse und in der unreinen Großstadtatmosphäre im Laufe längerer Zeiträume eine graue, oft sehr fleckige und damit recht unansehnliche Färbung. Sie wird nicht zuletzt durch die rauhe Körnung begünstigt. Da der Sandstein nicht wie bei Putzfassaden durch Anstrich aufgefrischt werden kann, müssen solche Wände bei einer Renovierung abschariert werden. Ein etwas finsternes Grau an den Altstadtbauten war bis zur Zerstörung Nürnbergs das allgemeine Kolorit im Stadtkern. Dadurch erhielt besonders dieses Gebiet mit seiner alten Architektur ein Gepräge, das den düsteren Hauch des Mittelalters verbreitete.

Der Burgsandstein und auch der Blasensandstein können bei entsprechender Beschaffenheit unter Witterungseinflüssen widerstandsfähiger werden, anstatt mürber. Unter Regen- und Sonneneinwirkung bildet sich an der Außenseite eine dünne Kieselschutzrinde, etwa dem „Wüstenlack“ ähnlich. Sie entsteht — einfach gesagt — durch das Wandern gelöster Kieselsäure und Wiederabsetzen in der Außenhaut des Gesteins. Dort entsteht dann infolge Verdichtung der Struktur gegenüber den Atmosphärien eine erhöhte Widerstandsfähigkeit.

Wenn so der Burgsandstein im gemauerten Verband bei entsprechender Auswahl einen guten Baustein abgibt, so hat sich demgegenüber in den Ruinenfeldern Nürnbergs nach dem Kriege gezeigt, daß freiliegende Blöcke

manchmal rasch verwittern können. Manche Quader litten stärker, manche weniger stark, wobei der Zersatz vor allem an den Kanten begann und zu wollsackähnlichen Formen führte. Mag sein, daß da und dort die Hitzeentwicklung bei den Feuerstürmen mitwirkte, doch wiesen u. a. die Figuren an der Lorenzkirche vor ihrer Instandsetzung in den zwanziger Jahren ebenfalls derartige Verfallserscheinungen auf. Sie rührten also nicht von Kriegseinwirkungen her. In diesem Zusammenhang ist festzustellen, daß Burgsandstein für freistehende Skulpturen hinsichtlich Wetterfestigkeit überhaupt nicht das geeignetste Material darstellt.

Natürlich fallen im Steinbruchbetrieb an sich schon verschieden widerstandsfähige Lagen an. Wenn sie nicht ausgeschieden oder in geschützten Bauteilen untergebracht werden, können manche Quader an der Außenseite gleichfalls bald auswittern und ein unordentliches Bild verursachen. Besonders im bodennahen Tropfwasserbereich beim Aufschlag des Regens sind sie gefährdet. Sie gefrieren im Winter ab und werden leicht zersetzt.

Den Burgsandstein haben im übrigen moderne Baustoffe ziemlich verdrängt. Wenn er noch in Fassaden erscheint, dann ist er häufig aufgeblendet oder gar ein künstlicher „Burgsandstein“, ein Betonskelett mit Auflage in Sandstein-Imitation!

Nun bedarf noch die quarzitische Ausbildung des Burgsandsteins einer kurzen Beschreibung. In den Wendelsteiner Brüchen kann sie infolge ihrer Mächtigkeit bautechnisch in größerem Ausmaß genutzt werden. Nach dem gleichnamigen Ort hat der als *Wendelsteiner* Quarzit bezeichnete Sandstein auch seinen Namen. Man rechnet ihn schichtenmäßig im wesentlichen zum Unteren Burgsandstein, teilweise auch zum Mittleren.

Aus den genannten ansehnlichen Steinbrüchen wurden schon im ausgehenden Mittelalter Mühlsteine auf der Donau bis in den Balkan exportiert. Der „Wendelsteiner“ ist auch ein geschätzter Architekturstein. Aus ihm wurden viele Grabplatten und -steine im Johannisfriedhof und im Rochusfriedhof gefertigt. Dem Quarzit konnte die Zeit nichts anhaben, außer daß er im Laufe der Jahrhunderte geschwärzt wurde. Daß er einen ausgezeichneten Baustein abgibt, ist kaum zu betonen. Er fand am Opernhaus und am Gerichtsgebäude Verwendung.

In Fachkreisen und auch Sammlern sind die schönen, aber seltenen, Kristallbildungen bekannt, die der Wendelsteiner Quarzit birgt. Es sind Kluftmineralien aus Schwerspat oder Pseudomorphosen von Quarz nach Baryt, Schwerspat, Fluorit, Bergkristall und andere. Sie finden sich in Spalten der Wendelsteiner Ausbildung des Burgsandsteins, der petrographisch auch als Feldspatsandstein bezeichnet wird. Das außergewöhnliche Mineralvorkommen gab schon immer Anlaß zu Überlegungen, wie der Wendelsteiner Quarzit entstanden sei. Neuere Untersuchungen führten zu dem Schluß, daß aufsteigende Lösungen an Spalten (hydrothermale Vorgänge) die Ursache für eine umfangreiche Verquarzung und für die Mineralausscheidungen sind. Für die Bildungszeit wird auf Grund klufttektonischer Beobachtungen angenommen, daß sie mit großer Wahrscheinlichkeit in einem Abschnitt der Oberkreide anzusetzen ist (GEHLEN 1956).

c) *Feuerletten, auch Knollenmergel*

N a m e : Feuerletten wegen der meist flammroten Farbe der Tone in Oberflächennähe. Mit *Dinosaurier*-Funden (*Plateosaurus*), deren Reste in Konglomeratbänken*) enthalten sind. Knollenmergel von der knolligen Ausbildung kalkig-dolomitischer Mergel in Württemberg.

A l l g e m e i n e A n g a b e n : Mächtigkeit im Nürnberger Raum etwa 30 m, anderwärts bis 50 m. Farbe rot (in Oberflächennähe) oder grau bis violettgrau bzw. graugrün (in Oberflächenferne). Bautechnisch unsicherer Untergrund. Treibt bei Eindringen von Wasser. Rutschung an Hängen. Auch in Bohrlöchern zum „Zuwachsen“ neigend; Verrohrung selbst bei scheinbarer Standfestigkeit des Tones zu empfehlen.

Feuerletten bildet Quellhorizonte. Beispiel Haidberg und Hoher Bühl mit kleinen „Brünnlein“.

N u t z u n g : Ziegeleien (einst Ziegelstein-Herrnhütte) jedoch nicht in nennenswertem Ausmaß, wie z. B. in der Umgebung von Lauf usw. Bei örtlichem Vorkommen des sog. *Plateosaurus*-Konglomerates wird dieses als Bau-, Pflaster- und Schotterstein gebrochen. Die wirtschaftliche Bedeutung des Feuerletten und seiner Konglomeratbänke ist aber nur gering.

Das einzige Vorkommen von Feuerletten innerhalb der Grenzen Nürnbergs liegt nördlich Buchenbühl. Die Keuperstufe ist dort am Aufbau des Haidberges beteiligt, und der östliche Sporn des Höhenzuges mit seinem Feuerletten wird eben noch von der Stadtgrenze überquert. Für die Bautechnik Nürnbergs sind daher die Tone bei dem geringen Vorkommen des Gesteins bedeutungslos. Die einzigen nennenswerten Bauwerke sind zwei Hochbehälter für die Nürnberger Wasserversorgung, auf dem Haidberg und auf dem Hohen Bühl. Der Hohe Bühl ist allerdings außenmärkisch. Auf den Randhöhen im Osten, jenseits der Stadtgrenze ist der Feuerletten in größerer Ausdehnung vorhanden, aber weitgehend von Wäldern bedeckt. Wenn man diese Keuperstufe in Baugruben aufgeschlossen sehen will, dann muß man etwas weiter gehen; etwa in das obere Schwarzachtal. In diesem Tal ist auch gelegentlich zu beobachten, wie die durchweg flachen Hänge des Feuerletten schieben. Sie reichen 10 bis 15 m über die dortige Talsohle. Seichte Bodenwellen und Haken schlagende Bäume sind sichere Kennzeichen für labile Böden, für einen Untergrund, der beim Bauen sehr zur Vorsicht mahnt.

Die hydrologischen Eigenschaften des undurchlässigen Feuerletten als Wasserstauer oder Wasserträger kommen in kleinen Quellaustritten am Hang zum Ausdruck. Sie werden häufig Brunnen oder Brünnlein genannt (Froschbrunnen, Haidbrunnen usw.). Die Durchnässung der tonigen Schichten mit diesen Schichtwasser-Austritten, die sich häufig schleichend unter Schuttdecken vollziehen, bedingt die oben geschilderte Rutschgefahr.

*) Konglomerat = verkittetes Trümmergestein

3. Oberer Keuper

Rhätssandstein, auch *Rhät* oder *Rhätolias*

N a m e : Nach der alpinen Entwicklung der Stufe in den Rhätischen Alpen. Rhätolias wegen gewisser Übereinstimmungen in versteinerten Pflanzenresten mit der nächsthöheren Stufe, dem Lias, der bereits dem Jura angehört. Auch die Schreibweise Rät ohne „h“ findet sich gelegentlich.

Allgemeine Angaben : Mächtigkeit bis 40 m. Im Nürnberger Raum etwa 15 m. Anderen Orts gegebenenfalls weniger oder fast ganz ausfallend (Gebiet um Gunzenhausen). Farbe hellgelb bis weiß, manchmal rostfarben gefleckt und getigert. Körnung meist grob, wenig Bindemittel, weniger wetterfest als der Burgsandstein. In den oberen Lagen graue Pflanzen-Schiefertone (Vorboten des Lias!).

N u t z u n g : Als Bausandstein, wo genügend tonige oder kaolinische Bindemittel vorhanden sind (Schnaittach, Wiesenthau, Lichtenfels u.a. a. O.), Schleifsteine (Thurnau). Bei mächtigerer Entwicklung der Schiefertone Ziegeleien und als Schamotte-Grundstoff (Wolfshöhe, Ebersdorf/Co-burg), Töpferei (Thurndorf).

Die jüngste Stufe des Keupers, die ihn nach oben abschließt, das Rhät, greift nicht mehr in das Nürnberger Stadtgebiet hinein. Die zunächst gelegenen Vorkommen sind Haidberg, Brunner Berg und andere Randhöhen im östlichen Vorland. Bautechnisch kommt das Rhät also als Untergrundgestein in Nürnberg nicht in Frage.

Die Schichten bestehen aus sehr grob- und rauhkörnigen, bisweilen kiesigen Sandsteinen, die in unserer Gegend nur geringe Bindemittel besitzen und daher leicht zerfallen. Einschaltungen von grauen Schiefertönen treten besonders in den oberen Lagen der Rhätstufe auf.

Einige besondere Erscheinungen im Rhät sind erwähnenswert, wenn sich bei ihnen auch gewiß keine unmittelbaren Berührungspunkte mit der Bautechnik ergeben. Bekannt sind die verkieselten Hölzer und die sogenannten „Schwedenkugeln“ als Einschlüsse im Rhätgestein. Bei ersteren handelt es sich um die Reste völlig verkieselter Stämme von Nadelhölzern, deren anthrazitgraue bis hornbraune Maserung noch gut zu erkennen ist (Laubhölzer entwickelten sich bekanntlich erst in sehr viel späterer geologischer Zeit). Bei den Schwedenkugeln handelt es sich um mehr oder weniger runde Gebilde von durchschnittlich 50 mm Durchmesser, die einen Kern aus Rhätssandstein und eine limonitische (eisenhaltige) Schale von mehreren Millimetern Dicke haben. Diese Knollen stellen eine konkretionäre*) Umschließung von Sandsteingeröllern dar, können in ihrem Aufbau am ehesten mit einer Nuß verglichen werden und sind wegen ihrer Härte bei der Verwitterung des Rhätgesteins erhalten geblieben. Sie besitzen nur ideellen Sammlungs-wert. Häufig finden sich auch Eisensandstein-Schwarten; sie sind plattenförmig und ebenfalls besonders widerstandsfähige Konkretionen. Da sie oft als ausgewitterte Reste, vom Wind und Wasser geglättet und poliert, die Form von Steinwerkzeugen aus Menschenhand besitzen, werden sie manchmal für solche gehalten. Die hier genannten auffallenden Gebilde können

*) Konkretionen = Zusammenballungen

nicht nur im engeren Streugebiet des Haidberges gefunden werden, sie kommen auch durch Wasser verfrachtet in Aufschüttungsmassen entfernterer Räume vor. Ein auffallendes Vorkommen im Rhät ist auch die Gagatkohle, ein mattschwarzes, dünnschichtiges Flözchen, das in manchen Gegenden erscheint, das aber nicht abbauwürdig ist.

Im Grundwasserbereich ist der Rhät s a n d s t e i n ein guter Wasserleiter. An Hängen gibt er auf seiner Unterlage, je nach deren Neigung bergwärts oder talwärts, Anlaß zu mehr oder weniger starken Quellaustritten (Sophienquelle bei Grünsberg/Altdorf u. a.). Diese geologisch-hydrologischen Verhältnisse verursachen im Bereich der Grenze vom Feuerletten zum Rhät an der Oberfläche ein bewegteres Kleinrelief, bestehend aus Gräben, Schluchten und einem Wechsel zwischen steileren und flacheren Geländeböschungen. Auch viel Gehängeschutt mit Übersandung strahlt nach allen Seiten von diesen beiden Keuperstufen als Verwitterungsergebnis aus, wo sie über Tag anstehen.

C. Die geologische Gliederung vom Keuper bis zur Gegenwart

Mit dem Keuper sind die erdgeschichtlichen Epochen nicht abgeschlossen. Auf ihn folgen vielmehr noch mächtige jüngere Ablagerungen. Für den Nürnberger Raum haben sie bis auf das Diluvium zwar keine grundbautechnische Bedeutung, denn sie fehlen in ihm überhaupt; wohl aber sind mit manchen von ihnen bauwirtschaftliche Berührungspunkte vorhanden. So vor allem mit dem Jura. Aus diesem Grunde und um das entworfen geologische Bild zu ergänzen, werden hier die folgenden Formationen kurz behandelt. Eine Übersicht zeigt die erdgeschichtlich unterscheidbaren Hauptabschnitte seit Abschluß der Keuperzeit. Sie ist die Fortsetzung von der auf S. 23 gebrachten Tabelle, und zwar wiederum in der Reihenfolge des stratigraphischen Aufbaues, bei dem die quartären Ablagerungen oben liegen.

Gegenwart
Quartär
Alluvium
Diluvium
Tertiär
Kreide
Jura
1. Weißer Jura oder Malm
2. Brauner Jura oder Dogger
3. Schwarzer Jura oder Lias
Liegendes: Keuper

Der zeitlich dem Keuper folgende **J u r a** wird, wie oben ersichtlich, in drei Unterabteilungen gegliedert. Die deutschen Bezeichnungen für die einzelnen Formationsglieder wurden von der jeweils vorherrschenden Farbe abgeleitet, die fremdsprachigen stammen aus dem Englischen.

Von den drei Abteilungen haben nur der Braune und besonders der Weiße Jura bautechnisches oder bauwirtschaftliches Interesse. Aus ersterem wird gelegentlich ein leuchtend gelbbrauner Bausandstein gewonnen, der aber trotz seiner Bezeichnung Eisensandstein des Dogger keinen sonderlich wetterfesten Baustoff liefert. Die am nächsten bei Nürnberg gelegenen Brüche sind am Dillberg bei Neumarkt, bei Weißenohe, bei Weißenburg usw.

Große Bedeutung besitzen die Schichten des Weißen Jura, die vorwiegend aus Kalk und Dolomitgestein bestehen. Zement, Weißkalk, Schotter, Bruchsteine, Kalkplatten und sonstiges sind Baustoffe, die aus ihnen bezogen werden. Brüche und Werke sind bei Neumarkt, Hartmannshof, Rupprechtstegen, Simmelsdorf, Hormersdorf, Gräfenberg, um nur die am nächsten bei Nürnberg gelegenen Bezugsorte zu nennen. Lagerhafte Kalkbruchsteine für Haussockel werden an vielen Stellen am Saum der Frankenalb in kleinen Brüchen abgebaut. Man gewinnt sie in der Regel aus den Werkkalkschichten, die eine gleichmäßige Bankung von 10 bis 40 cm Dicke besitzen und die sich im Bruch gut lösen lassen. Oft sind die Schichten wegen ihres Spaltengefüges allerdings sehr frostempfindlich, wenn sie nicht im Verband gemauert und gegen Eindringen von Regenwasser geschützt werden. Der Frost sprengt sie auf, und mitunter platzen auch muschel- oder schalenförmige Stücke aus.

Dichter ist das Gefüge der Marmorcalke, die bei Treuchtlingen und an anderen Orten des Altmühltals von Treuchtlingen flußabwärts gebrochen werden. Treuchtlinger Marmor findet in Treppenaufgängen, zu Fenstersimsen, Tischplatten und auf sonstigen Gebieten der Architektur Verwendung.

Aus den schichtenmäßig höchsten Weißjura-Gesteinen kommen die Solhofer Platten. Bis vor etwa vierzig Jahren bildeten sie als Lithographiesteine den Druckträger für Erzeugnisse der Kunstanstalten. Heute haben die hellen, gelblichen bis bläulichgrauen Platten in zunehmendem Maße Eingang in die Gartengestaltung gefunden. Mit den unregelmäßig geformten Bruchsteinen werden schicke Gartenwege verlegt, aus behauenem dickem Material feingliederige Ziermauern, Brunneneinfassungen, Gebäudesockel und dergleichen. Auch hier ist zu sagen, daß manche Schichten bei Frost leicht „aufblättern“, wenn die Platten frei und nicht verfugt liegen. Als symmetrisch bearbeitete Plättchen findet das Gestein ferner in der Innenarchitektur Anwendung als Bodenpflaster oder Wandverkleidung sowie im Verbreitungsgebiet selbst als Dacheindeckung. Dort, im Altmühlraum, geben die flachen, sogenannten Schardächer mit ihrer grauen Farbe den Siedlungen das eigenartige, man kann sagen südländische Gepräge.

Die Ablagerungen und Gesteine der Kreide- und Tertiärzeit sind für die Bautechnik im Nürnberger Gebiet in jeder Hinsicht uninteressant. Sie kommen hier nicht vor, und es gibt keine nennenswerten oder unmittelbaren Beziehungen zu ihnen.

Erst die **Q u a r t ä r - F o r m a t i o n** spielt eine große Rolle; sie spielt sogar die bedeutendste Rolle im Nürnberger Bauwesen. Sei es in gründungstech-

nischer oder in hydrologischer Hinsicht oder sei es als ungemein reiches Vorratsbecken an Bausanden im weitesten Sinne.

Unter quartären Ablagerungen versteht man diluviale Sande, Lehme, Löß, Tone, Schluffe, Kiese und Schotter. Demnach sind es mehr oder minder lose Bestandteile des Untergrundes, die sich unverkennbar von den festen, mit innerer Bindung versehenen Gesteinen des Keupers unterscheiden. Eine einwandfreie Trennung zwischen dem zeitlich älteren Diluvium und dem jüngeren Alluvium ist nicht immer möglich, für die Bautechnik aber auch belanglos.

Die entwicklungsgeschichtlichen, geographisch-morphologischen Funktionen äußern sich in unserem Gebiet neben weiträumiger Abtragung vornehmlich in Auswaschungen und Anschwemmungen. Die **Auswaschungen** erfolgten im Keuper-Untergrund, wobei die kennzeichnende Hinterlassenschaft Täler, Talungen und Rinnen in ihm sind. Als **Anschwemmungen** sind die Füllmassen in den genannten Vertiefungen zu betrachten, die das Keuper-Grundgestein durchfurchen. Die somit kurz gekennzeichneten Verhältnisse sind mit verantwortlich an dem bisweilen lebhaften Wechsel zwischen Lockermassen und Felsgestein im Baugrund Nürnbergs. Entsprechend der Bedeutung dieser Merkmale werden eingehende Erörterungen darüber in weiteren Abschnitten folgen.

Rückblickend und abschließend ist festzustellen, daß mit dem Oberen Keuper im Nürnberger Raum die Gesteine aus dem sogenannten Mesozoikum, das heißt aus der Mittelzeit der Erde, enden. Was darüber bzw. danach folgt, nämlich das Quartär, wurde rund 175 Millionen Jahre später abgelagert. Was dazwischen an Formationen fehlt, ist durch Abtragung entfernt, oder es wurde in einzelnen Fällen überhaupt nicht abgelagert.

D. Die Schichtlagerung der Keupergesteine im Nürnberger Untergrund

1. Die Zustandsbedingungen

Schon bei den Ausführungen im Abschnitt III B über die Ortslagen der verschiedenen Keuperstufen im Oberflächenbereich des Nürnberger Gebietes dürfte dem aufmerksamen Beobachter aufgefallen sein, daß gegen Osten immer jüngere geologische Horizonte erscheinen. Die Tatsache ist auf das allgemeine Einfallen der Schichten und Schichtenpakete von West nach Ost zurückzuführen. Dabei können auch räumlich begrenzte, geringe Abweichungen von dieser Hauptrichtung nach Süden oder Norden auftreten (vgl. auch DORN 1933). Das allgemeine Schichtfallen ist in einem weiter gespannten Rahmen zu verstehen. Es wird dadurch deutlich, daß beispielsweise der Muschelkalk in der Gegend von Rothenburg o. T. an der Oberfläche ansteht, von dort über Ansbach, Nürnberg bis etwa nach Lauf der Keuper und weiter nach Osten bis Sulzbach der Jura mit Resten von Kreide die Landschaft bildet (Abb. 3). Darin liegt auch der Grund, weshalb im Nürnberger Stadtgebiet die Ablagerungen vom Ende der Keuperzeit an fehlen.

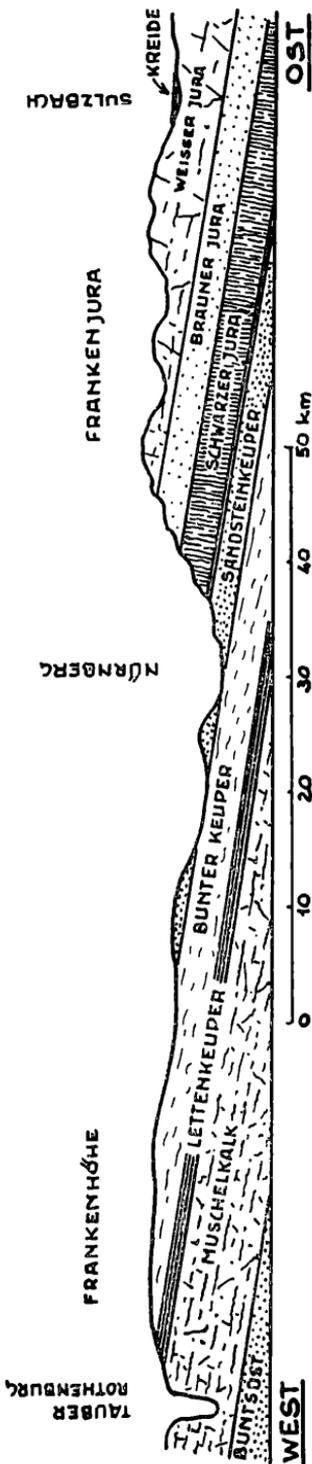


Abb. 3

Schematische Darstellung vom Prinzip der Schichtlagerung im Fränkisch-Oberpfälzer Raum

Es ist ein einfaches physikalisches Prinzip, durch das Gesteine, die über ein bestimmtes Niveau der Erdoberfläche hinausragen, beseitigt werden. Dieses Niveau nennt man Abtragungsbasis oder auch Erosionsniveau. Im Nürnberger Raum wird die Abtragungsbasis gegenwärtig vom Rhein-Main-Flußsystem bestimmt, also von Pegnitz und Rednitz, die Bestandteile dieses Flußsystemes sind. Was über das Erosionsniveau hinausragt, wird im Laufe geologischer Zeiträume allmählich erniedrigt, abgetragen und durch die Flüsse als Ton, Sand und Schotter oder als im Wasser gelöste Bestandteile fortgeführt.

Die Vorgänge erinnern daran, daß in zeitlich geraffter Sicht nichts an der Erdoberfläche stabil ist. Aus dieser Sicht werden dereinst beispielsweise selbst Burgberg, Haidberg, Schmausenbuck und alle sonstigen Randhöhen um Nürnberg der Abtragung zum Opfer fallen. Da auf den Hügeln heute noch teils Rhät, teils Feuerletten, überall aber noch Buntsandstein liegt, werden nach Beseitigung der Erhebungen über dem Abtragungsniveau auch diese Gesteine nicht mehr vorhanden sein. Unter der hypothetischen Voraussetzung, daß die Erosionsbasis auf gleicher Höhe bleibe, wird dort zu einem angenommenen Zeitpunkt der Blausandstein die Oberfläche bilden.

Freilich haben solche Überlegungen keinerlei praktische Bedeutung für die Menschheit der Gegenwart oder der nächsten Zukunft. Die Betrachtung soll lediglich eine richtige Vorstellung vom Zustandekommen des Augenblicksbildes vermitteln: wegen der Schichtenneigung von West nach Ost und infolge der Abtragungsvorgänge fehlen bei uns heute die Ablagerungen des Jura. Ob die noch jüngeren kreidezeitlichen und tertiären Ablagerungen vom Regensburg—Amberger Verbreitungsgebiet, wo sie heute noch vorhanden sind, bis Nürnberg reichten, oder ob in unserem Raum Sedimentationslücken*) bestanden, soll hier nicht erörtert werden.

*) Sediment = Ablagerung

Die Darlegungen lassen erkennen, daß die Schichtlagerung des Gesteins und die sich daran knüpfenden Folgen am Landschaftsrelief großräumige Erscheinungen sind. In der Geologie werden diese Erscheinungen unter dem Begriff **Tektonik** zusammengefaßt. Hier handelt es sich um die **Großtektonik im Fränkischen Raum**. Die Bezeichnung ist am verständlichsten mit Erforschung und Darstellung der Lagerungsstörungen zu erklären. Das Einfallen der Schichten von West nach Ost ist eine Folge von Lagerungsstörungen. Zur Zeit ihrer Bildung lagen diese Schichten noch mehr oder weniger waagrecht; erst später wurden sie durch sogenannte gebirgsbildende Kräfte verstellt.

Innerhalb dieses ausgreifend angelegten und ohne weiteres erkennbaren Lagerungsprinzipes der Keupergesteine treten enger begrenzte Störungen auf, die sich nicht immer an der Oberfläche äußern müssen. Es sind gewissermaßen tektonische Erscheinungen zweiter Ordnung. Sie wurden durch v. FREYBERG in jüngerer Zeit aus einer Anzahl von Tiefbohrergebnissen im fränkischen Gebiet herausgelesen. Die Störungen bestehen einerseits aus einer Aufwölbung der Schichten und andererseits aus einer Einmuldung derselben. Sie werden mit „Nürnberger Sattel“ und „Fürther Mulde“ bezeichnet. Ihre Achsen sind etwa von Südwest nach Nordost gerichtet (v. FREYBERG 1954).

Hier ist festzustellen, daß sich das in zahlreichen Kanalbaugruben auf größere Erstreckung beobachtete Schichtfallen im Oberflächenbereich des Keupers keineswegs an ein Prinzip hält, das in die große Tektonik einzufügen wäre. Die in den seichten Bodenaufschlüssen beobachtete und meßbare Schichtlagerung zeigt keine Regel, die dem bekannten oder vermuteten tektonischen Bausystem im tieferen Untergrund immer entsprechen würde. Ferner ist hervorzuheben, daß die großräumigen Lagerungsstörungen auch kaum einen Einfluß auf die Grundbautechnik in Nürnberg haben können. Die jeweiligen Schichtneigungen aus ihnen sind zu geringfügig, um sich auf relativ unbedeutende Einrichtungen auszuwirken, wie sie Bauwerke darstellen.

Eine weitere Form von Lagerungsstörungen sind **Verwerfungen** und die ihnen ähnlichen tektonischen Erscheinungen. Nach dem Stand der Erforschung des Nürnberger Keuper-Untergrundes dürften sie nicht häufig und jedenfalls nur von geringem Ausmaß sein. Doch muß zugegeben werden, daß unser Wissen darüber aus verschiedenen Gründen noch mangelhaft ist.

Bei der Möglichkeit zur Feststellung von Verwerfungen kommt es nämlich auf deren Umfang an und auf das Vorhandensein kennzeichnender Schichtenglieder, welche die gegenseitige Versetzung entlang von Verwerfungsflächen abzulesen gestatten. Die natürlichen Voraussetzungen zur Feststellung von Störungen sind allein wegen der Wechselhaftigkeit der Keuperschichten innerhalb der zeitlich gleichen Ablagerungsbereiche sehr beschränkt. Aus einer Gegenüberstellung zweier benachbarter Tiefbohrungen im Norden Nürnbergs ist gut ersichtlich, wie unterschiedlich die Schichten des Sandsteinkeupers auf nur kurze Erstreckung sein können (Abb. 4). Beide Bohrungen sind 215 m voneinander entfernt. Auch das dritte dargestellte Profil, das im südlichen Stadtgebiet aufgenommen wurde, zeigt die wechselvolle Ausbildung der Keuperschichten in senkrechter Folge. Die vom Bohr-

**BOHRBRUNNEN
AUS DEM NÖRDLICHEN STADTGEBIET**

BAST AG BUCH

**BOHRBRUNNEN
AUS DEM SÜDLICHEN STADTGEBIET**

MAN

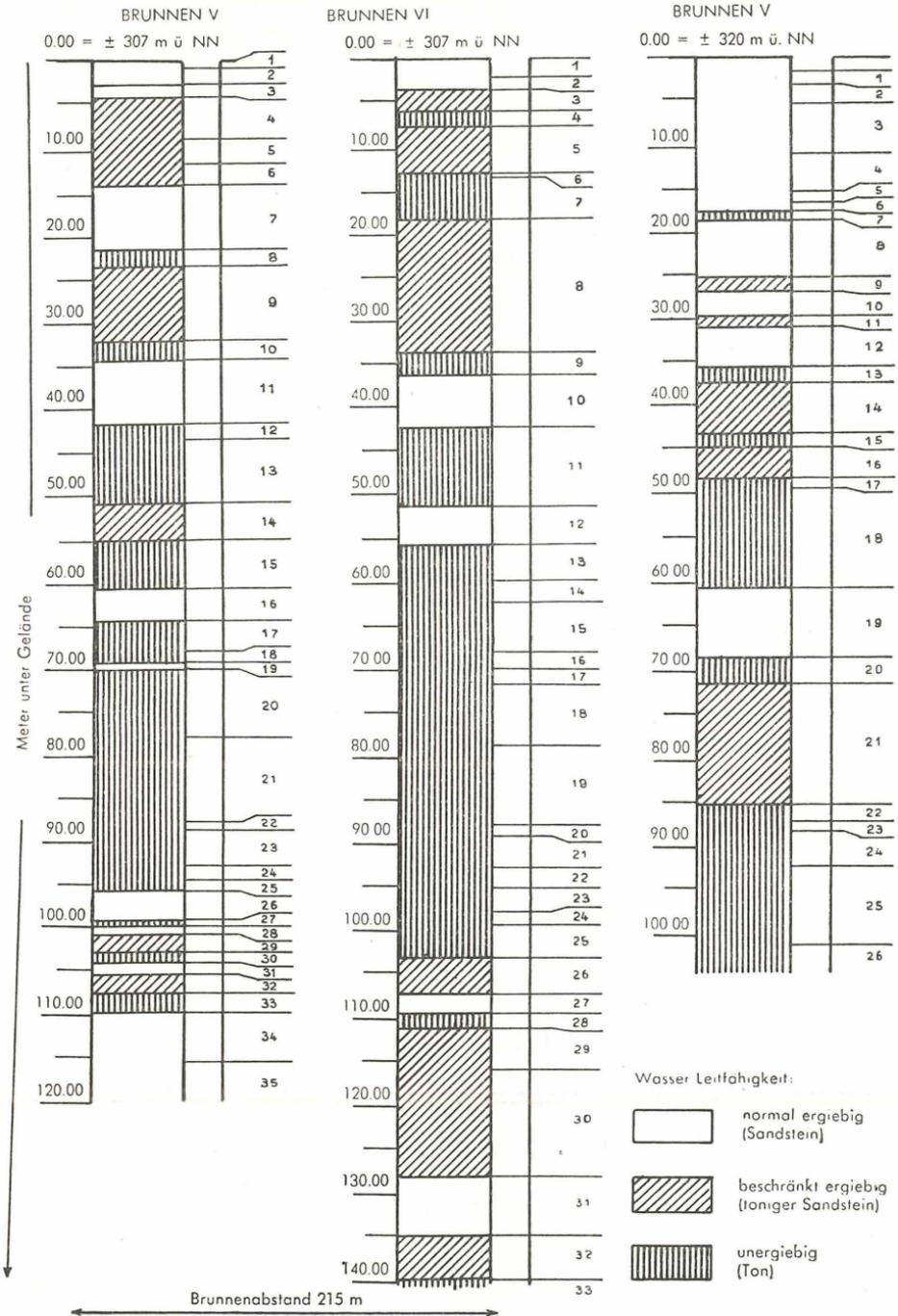


Abb. 4
Geologische Profile aus Bohrbrunnen im nördlichen und südlichen Stadtgebiet

Brunnen V der Bast-AG.

- 1 **Waldboden**
- 2 **Sandstein u. Letten**
in dichter Folge
- 3 **Sandstein**, grau
- 4 **Sandstein**, weiß und
gelb, sehr hart
- 5 **Sandsteinlagen**, rot,
Lettenlagen, bunt,
ständig wechselnd
- 6 **Sandstein mit Letten**
durchsetzt, rot
- 7 **Sandstein**, feinkörnig,
rot
- 8 **Letten**, bunt
- 9 **Sandstein**, lettenhaltig,
feinkörnig, rot
- 10 **Letten**, rot
- 11 **Sandstein**, feinkörnig,
rot
- 12 **Letten**, sandig, rot
- 13 **Letten**, schieferig, rot
- 14 **Sandstein**,
sehr hart, rot
- 15 **Letten**, rot, blau, zäh
- 16 **Sandstein**, hellrot
- 17 **Letten**, rot, braun, zäh
- 18 **Letten**, blaugrau, zäh
- 19 **Sandstein**, grau
- 20 **Letten**, blaugrau,
schieferig
- 21 **Schiefer**, grau
- 22 vermutlich **Kalkplatte**,
sehr hart
- 23 **Schiefer mit Letten**,
grau
- 24 **Letten**, sandig,
Sandstein, grünl./grau
- 25 **Sandstein**, mittelk.
hellrot,
Lettenlagen, rot
- 26 **Sandstein**, feinkörnig,
hellgrau
- 27 **Letten**, hellrot
- 28 **Sandstein**, mittel-
körnig, hellrot
- 29 **Sandstein**, feinkörnig,
sehr hart, hellgrau
- 30 **Sandstein**, stark
lettig, hellrot
- 31 **Sandstein**, grobkörnig,
hellrot
- 32 **Sandstein**, grobkörnig,
hellrot
stark lettig,
Letten bunt
- 33 **Letten**, bunt, zäh
- 34 **Sandstein**, grobkörnig,
hellrot
- 35 **Sandstein**, grobkörnig,
hellgrau

Brunnen VI der Bast-AG.

- 1 **Humus und Letten**
- 2 **Sand**, **Quacken**, grau
- 3 **Sandstein**, **Quacken**,
grau, mittelk.
- 4 **Quarzit**, grau,
sehr hart
- 5 **Sandstein**, tonig,
feinkörnig, rot
- 6 **Letten**, rot
- 7 **Quarzit**, grau,
Lettenlagen, rot
- 8 **Sandstein**, stark
lettenhaltig, rot,
Lettenlagen
- 9 **Letten**, rot
- 10 **Sandstein**, feinkörnig,
rot
- 11 **Letten**, teils sandig,
grüne Schnüre, rot
- 12 **Sandstein**, feinkörnig,
graurot
- 13 **Letten**, rot
- 14 **Letten**, schieferig,
sandig, graurot
- 15 **Letten**, braun,
grüne Schnüre, zäh,
Sandsteinlage schwach
- 16 **Letten**, zäh, graublau
- 17 **Steinmergel?**, graublau
- 18 **Letten**, schieferig,
graublau
- 19 **Schiefer**,
Steinmergel, grau
- 20 **Quarzit**, **Steinmergel**,
sehr hart
- 21 **Letten**, graublau
- 22 **Letten**,
Sandsteinlagen, grau
- 23 **Letten**, sandig,
feinkörnig, grau
- 24 **Sandstein**, feinkörnig,
hellrot
- 25 **Tone**, schieferig,
rotbunt
- 26 **Sandstein**, feinkörnig,
rot, mit **Lettenlagen**
stark durchsetzt
- 27 **Sandstein**, mittel-
körnig, hellgrau
- 28 **Letten**, zäh, rotbunt
- 29 **Sandstein**, mittel-
körnig, hellrot,
stark lettenhaltig
- 30 **Sandstein**, fein- bis
mittelkörnig, rot,
stark lettenhaltig
- 31 **Sandstein**, mittel-
körnig, grau
- 32 **Sandstein**, stark
lettenhaltig, dunkel-
grau, viel **Letten-**
schiefer, sandig
- 33 **Letten**, zäh, grünlich,
rot

Brunnen V der MAN

- 1 **Sand**, rot
- 2 **Sandstein**, rötlich-
braun, grobkörnig
- 3 **Sandstein**, grauviolett,
grobkörnig
- 4 **Sandstein**, hellbraun,
mittel- bis grobk.
- 5 **Sandstein**, graurot,
feinkörnig
- 6 **Sandstein**, gelbbraun,
mittelkörnig
- 7 **Letten**, gelbgrau,
sandig
- 8 **Sandstein**, gelblich,
mittelkörnig
- 9 **Sandstein**, graugelb,
feinkörnig
- 10 **Sandstein**, hellbraun,
mittelkörnig
- 11 **Sandstein**, grau,
Kieselarkose, grobk.
- 12 **Sandstein**, hellgrau bis
weiß, feinkörnig
- 13 **Letten**, dunkelgrau,
Sandstein-Einlagen
- 14 **Sandstein**, hellgrau,
fein- bis mittelkörnig,
sehr hart, quarzitisch,
Tonlagen
- 15 **Sandstein**, graurötlich,
feink., quarzitisch, hart
- 16 **Sandstein**, grauviolett,
feink., stark lettig
- 17 **Letten**, rotbraun, zäh
- 18 **Sandstein**, rot, fein-
körnig, stark lettig
- 19 **Sandstein**, hellrot,
fein- bis mittelkörnig
- 20 **Schiefer**, rotbraun,
zäh
- 21 **Sandstein**, rotbraun,
fein- bis mittelkörnig,
hart, tonig
- 22 **Letten**, rot und grün,
Sandstein, graurot,
feinkörnig, leicht tonig
- 23 **Sandstein**, hellgrau,
grüne **Lettenlagen**
- 24 **Schiefer**, blaugrau,
fest
- 25 **Steinmergel**, dunkel
graublau, hart,
dunkle **Lettenlagen**
- 26 **Letten**, schiefer, hell-
grau, sandig,
Sandsteinlagen,
fein- bis mittelkörnig

meister in die Bohrlisten eingetragenen Bezeichnungen wurden unverändert übernommen. Je weiter sich zwei Schnitte durch den gleichen geologischen Schichthorizont voneinander entfernen, um so mehr weicht die Beschaffenheit der Ablagerungen voneinander ab. Wegen der etwa vorhandenen Störungen können die Schichten auch nicht auf eine Lage zu Normalnull oder gar auf die jeweilige Oberfläche bezogen werden.

Diese Verhältnisse erschweren naturgemäß stratigraphische Untersuchungen. Solche Untersuchungen sind aber nicht allein zur Feststellung von Störungen unerlässlich, sondern auch zur Beurteilung anderer Zustandsbedingungen im Untergrund, wie sie etwa bei Wassererschließungen erforderlich sind.

Zwar ist es in jüngerer Zeit gelungen, einige Horizonte des Keupers im Fränkischen Raum zu trennen. Die stratigraphischen Arbeitsmöglichkeiten sind aber weder erschöpfend, noch bieten sie sich in der Praxis in handlichen Verfahren an. Verhältnismäßig einfach ist bei einer normalen Entwicklung der Benkersandstein zu erkennen. Durch einen regional verbreiteten Ablagerungsrhythmus, der sich im Wechsel von Tonschichten und harten Arkosebänken äußert, Merkmalen, die keinem Bohrmeister entgehen dürften, konnte v. FREYBERG (1954) eine Gliederung des Benkersandsteins in vier Abteilungen vornehmen. Die Möglichkeit, diese Keuperstufe durch das Vorliegen gesetzmäßiger Erscheinungen erfassen zu können, kommt besonders der Wassererschließung im Nürnberger Raum durch Tiefbohrungen zustatten.

Mit analysierenden Methoden ist zuletzt SCHNITZER (1954 u. 1957) vorgegangen, doch sind die Verfahren zu langwierig, um sie der Baupraxis im Normalfalle dienstbar zu machen. Das eine Verfahren stützt sich auf den Gehalt an Schwermineralien (Zirkon, Rutil, Apatit, Granat usw. usw.) in den Sandsteinen des Keupers. Die andere Analyse beruht auf der Bestimmung der Quarz-Kornfarbe nach der Ostwaldschen Farbskala. Kompliziert wird der Untersuchungsvorgang unter anderem durch das erforderliche Kochen der Quarzkörner in konzentrierter Salzsäure. Es ist also kein Test, der in der täglichen Praxis populär zu werden verspricht. Immerhin ist es aber ein erheblicher Fortschritt, daß sich durch beide Verfahren bis jetzt der Blasensandstein von älteren Sandsteinen unterscheiden läßt, daß der Untere vom Oberen Burgsandstein getrennt werden kann und die Sandsteine des Feuerletten vom Rhät.

Die Ausführungen zeigen, wie schwierig es ist, im Keuper eine einwandfreie schichtenmäßige Gliederung vorzunehmen, die dann nicht allein theoretischen, sondern vor allem praktischen Wert besitzt. Er würde sich unter anderem bei der Feststellung von Störungen erweisen.

Schon lange bekannt ist die von FICKENSCHER auf seiner Geologischen Karte von Nürnberg eingetragene, bis vor kurzer Zeit aber nicht mit Sicherheit nachgewiesene Störung, die entlang des Rednitztales von Mühlhof über Stein in Richtung Fürth zieht. Vor einiger Zeit konnte sie durch Bohrungen des Tiefbauamtes der Stadt Nürnberg bestätigt werden. Die Schichten westlich der Rednitz sind gegenüber jenen östlich davon beträchtlich gehoben.

Eine Verwerfung, vielleicht auch eine Überschiebung, konnte in einem Baugrubenaufschluß an der Witschelstraße beobachtet werden (Abb. 9). Am Nordende der Kanalbaugrube standen rotbraune Tone mit Sandsteinnestern unmittelbar neben grauen, bunt gebänderten, teils quarzitischen Sandsteinen an. An den Auflagerungsflächen waren die harten dichten Tone stark verknetet. Das Beispiel ist besonders anschaulich, weil die Aushubveranschlagung nicht mit diesem Wechsel gerechnet hatte, woraus sich Unstimmigkeiten ergaben. Das Ausmaß der Störung, das heißt ihre Sprunghöhe, ist ohne tiefergehende Bohrung nicht feststellbar. Im übrigen ließen auch an anderen

Stellen seichtere Sondagen, die im Keuper auf kurze Entfernungen niedergebracht wurden, Verwerfungen vermuten. Die natürlichen Gegebenheiten stehen aber wie gesagt nicht dafür, eine zweifelsfreie Entscheidung in diesen Fragen zu treffen.

Das Schichtfallen wird aus Ablagerungen ersichtlich, die in Stoff oder Farbe verschieden sind. Es wird ferner durch Gesteinsbänke erkennbar, die übereinander folgend sogenannte Schichtfugen besitzen, wodurch sie sich voneinander abheben. Die Merkmale ermöglichen eine Feststellung, in welcher Richtung und in welchem Winkel zur Waagerechten die Schichten einfallen.

Aus Kanalbaugruben als den häufigsten und ausgedehntesten Bodenaufschlüssen im Nürnberger Untergrund ergab sich, daß die Gesteinsschichten sowohl eben liegen, als auch in jeder beliebigen Richtung geneigt sein können. Die Ausschachtungen erreichen gelegentlich 10 m Tiefe, das stärkste bisher beobachtete Schichtfallen betrug 5° von der Horizontalen abweichend.

Nicht immer, vielleicht sogar seltener, sind auf kleinerem Raum gesehen die Lagerungsverhältnisse des Gesteins Ausdruck tektonischer Vorgänge. Häufig wurden die Schichten bereits in ihrer Entstehungszeit unregelmäßig aufgebaut. Bei der Ablagerung hat es Senken und Schwelgen, da und dort auch Auswaschungen zu Rinnen gegeben. Dies sowohl in weiter ausgreifender Anordnung (Schilfsandstein), als auch in engerem Bereich. So kann beobachtet werden, daß wannenartige Ablagerungsformen vorkommen, daß Schichten nach beiden Richtungen auskeilen, daß Schichtstreifen in spitzen Winkeln auf ebenen Unterlagen auftreten (Transversalschichtung) oder daß sich eine überschneidende Struktur abzeichnet (Kreuzschichtung). Diese, jedem Baufachmann in Nürnberg bekannte, wechselhafte, bisweilen unvermittelt sich ändernde Lagerung des Keupergesteins ist ihm also ursprünglich eigen. Sie ist das Ergebnis aus wechselhaften Strömungsverhältnissen von Wind und Wasser. Dazu kommt die verschiedenartige stoffliche Zusammensetzung, die aus den Abtragungsgebieten in die Ablagerungsräume verfrachtet wurden. Auffallend unruhig ist die Struktur der Keupergesteine in Oberflächennähe stellenweise im Gebiet von Mögeldorf-Zabo und im Märzfeld.

Häufig beschränkt sich die verworrene Lagerung überhaupt nur auf die oberen Bodenschichten bis etwa 1 m unter Gelände. Dann liegen in der Regel andere Ursachen vor, die jungzeitlichen Ursprungs sind. In diese Tiefe dringen nämlich die Witterungseinflüsse vor; man spricht dann von Eluvialböden. In Nürnberg bestehen solche Böden aus Sanden und Tonen, die gelegentlich wie durchknetet aussehen können. Hier liegt es nahe, an Klimaeinwirkungen im Diluvium zu denken. Kälteperioden verursachten mechanische Vorgänge in der seichteren, meist nicht von Vegetation bestandenen Bodenkrume, die der Geologe mit Frost- oder Auftauböden, gegebenenfalls auch mit Fließerdeböden (Solifluktion) bezeichnet.

Die Erscheinungen sind allerdings nicht nur dem Verwitterungsbereich des Keupers eigen, sie finden sich auch in den rein quartären Ablagerungen.

Dort sowohl in oberflächennahen Schichten, wie auch in tieferen. Beispiele dafür trifft man bei Bauarbeiten in Langwasser, im Märzfeld, am Schießplatz hinter dem Südfriedhof und an der Regensburger Straße.

Gleitvorgänge, Rutschungen und Kriechen von Lockermassen können im übrigen bei geneigten Geländelagen und besonders bei Anwesenheit von Bodenwasser auch ohne Frosteinwirkung auftreten. Da das Landschaftsrelief in früheren geologischen Perioden vielfach steilere Hänge besaß als heute, war das Abwandern oberflächiger Bodenschichten und die Veränderung ursprünglicher Lagen auch weiter verbreitet, als es heute sichtbar ist.

Wenn sich bei Ausschachtungen solche gestörten Böden vorfinden, so werden sie von bautechnischer Seite oft als „verworfen“ angesprochen. Die Bezeichnung hat jedoch eine andere Bedeutung als im Sprachgebrauch des Geologen, wie aus den obigen Darlegungen hervorging.

Nach diesem Überblick über das Prinzip der Lagerungsverhältnisse im Keuper ist zusammenfassend zu sagen, daß ihrer Erscheinungsform nach vier verschiedene Möglichkeiten vorliegen können:

- a) Das allgemeine Schichtenfallen im Rahmen der Großtektonik. Dieses Einfallen beherrscht den gesamten fränkischen Raum, ist allgemein von West nach Ost gerichtet und auf geologischen Karten unschwer zu erkennen (GUMBEL).
- b) Innerhalb dieses Systemes können Schichtenaufwölbungen bestehen, deren korrespondierende Bestandteile Schichtenmulden sind. Gelegentlich kommen auch Verwerfungen vor. Diese Erscheinungen sind dem großen Bau gegenüber untergeordnet.
- c) In ihren räumlichen Ausmaßen an dritter Stelle folgen Schwellen und Mulden, die der Schichtung von den Ablagerungsvorgängen her ursprünglich eigen sind.
- d) Weit verbreitet, aber in durchaus willkürlich verstreuter Anordnung, sind Lagerungsstörungen in ausgewitterten Böden, Rutschungen und ähnliche Folgen aus physikalischen und mechanischen Vorgängen. Sie entstanden vorwiegend im Quartär.

Die Zustandsbedingungen unter a) und b) sind tektonischer Natur, unter c) sind es Sedimentationsfolgen und unter d) Verwitterungserscheinungen.

2. Der Einfluß der Schichtlagerung auf den Grundbau

Die Ausführungen zeigten, daß in den oberflächennahen Schichten des Keupers, die in vielen Teilen Nürnbergs den Baugrund bilden, eine Fülle geologischer Gegebenheiten besteht. Dabei ist darauf hinzuweisen, daß sich die Feststellungen bisher lediglich auf die Keupergesteine bezogen. Die ihm auflagernden jüngeren Lockermassen, Sande, Schotter usw. werden erst später besprochen.

Die Lagerungsverhältnisse und alle damit zusammenhängenden Begleiterscheinungen können sich auf die Bautechnik auswirken, und zwar bei Fehlbeurteilungen des Untergrundes gegebenenfalls auch nachteilig. Dabei sind Folgen weniger erheblich, wenn in Ausschachtungen härtere Gesteine angetroffen werden, als veranschlagt wurde, oder wenn unerwartet Sicker- bzw. Grundwasser in eine Baugrube gelangt. Derartige Mißgeschicke im

Bauwesen lassen sich bei einiger Einsicht aller Beteiligten verhältnismäßig leicht regulieren. Weit unangenehmer kann die Lage werden, wenn erst nachträglich an einem fertigen Bauwerk Mängel erscheinen, die auf nicht rechtzeitig erkannte Vorgänge im Untergrund zurückzuführen sind.

Aus der Praxis ergab sich, daß die häufigsten Mängel dieser Art entstehen, wenn undurchlässige Schichten von durchlässigen überlagert werden und die Schichtflächen gegen das Gebäudefundament geneigt sind (Abb. 5). Bei starken Niederschlägen, oder auch beständig,



Abb. 5

Neigung von undurchlässigen Schichtflächen gegen ein Gebäudefundament

fließt Sickerwasser, Bodenwasser bzw. schwebendes Grundwasser als Schichtwasser gegen das Gebäude ab, wo es an den Mauern gestaut wird und sie durchfeuchtet. Den Zustand nennt man „stauende Nässe“. Er ist so unkompliziert und in Anlage und Wirkung derart eindeutig, daß es fast überflüssig erscheint, ihn hier erwähnt zu haben. In der Regel wird aber in solchen Fällen nach schadhafte Leitungen und dergleichen gesucht, was durchaus angebracht ist. Vor allem im nördlichen Altstadtgebiet liegen alte Holz- und Bleirohrleitungen im Untergrund, die schadhaft und unterbrochen sind. Sie können auch heute noch aus entfernten, höher gelegenen Quelfassungen Wasser bringen, das im Boden vagabundiert. Man tut aber immer gut daran, auch die Schichtlagerung und die natürlichen Abflußverhältnisse im Baugrund gleich in die Überlegungen mit einzubeziehen. Die Erscheinung kann vor allem bei Gebäuden in Hanglage auftreten (Schußleitenweg, Platnersberg usw.).



Abb. 6

Natürliche Tonwanne unter durchlässigen Gesteinen.

Die Wanne füllt sich im Baugrund mit Wasser

Ähnlich, doch schwieriger zu erfassen und unangenehmer in ihrer Auswirkung, sind Tonwannen im Keuper-Baugrund mit Sand- oder Sandsteinfüllung (Abb. 6). Niederschlags- und Sickerwasser gelangen zwar in die Wanne hinein, aber nicht ohne weiteres wieder aus ihr heraus. Kommt ein Haus ganz oder teilweise in eine abflußlose Untergrundmulde zu stehen, dann sind die Kellerräume stark grundwassergefährdet. Bekannt sind solche Verhältnisse und ihre unangenehmen hydrologischen Folgen besonders aus Wohnbauten auf dem Rechenberg und auf der Schnepfenreuther Höhe geworden. Es gibt Fälle, bei denen in den Keller eines Gebäudes Wasser eindringt, weil es in einer abflußlosen Tonwanne steht, während das zehn bis fünfzehn Meter entfernte Nachbarhaus bei gleichtiefer Lage der Kellersohle völlig trocken bleibt, da es sich außerhalb der Wanne befindet. Von der Oberfläche aus sind solche Verhältnisse, die Mißstände bedingen, nicht feststellbar.

Werfen wir im Zusammenhang mit diesen Erörterungen schon jetzt einen Blick voraus auf Abb. 21, die zwar erst für spätere Abschnitte vorgesehen ist, die aber an dieser Stelle das bisher entworfene Bild von einem wechselvollen Untergrund recht anschaulich ergänzt. Die Darstellung zeigt, daß die Geländeoberfläche im Durchschnitt ziemlich gleichmäßig mit 1% nach Norden einfällt. Unter ihr, das heißt unter den bedeckenden Sanden, erscheint ein **Kleinrelief der Keuper-Oberfläche** mit vielgestaltigen Hügelchen und Mulden. Der Keuper besteht vorwiegend aus Burgsandstein als Fels. Das Beispiel lehrt, daß mit einheitlichen geologischen Voraussetzungen und mit einer eben verlaufenden Keuper-Oberfläche keineswegs gerechnet werden kann. Ein Sachverhalt, wie er hier vorliegt, wirkt sich auf die Gründung von Bauwerken, auf kleinere oder größere Aushubstrecken, ja selbst auf den Straßenbau mit seinen seichten Einflußtiefen aus. Bei einer Schachttiefe von ein bis zwei Metern erscheint immer wieder ein Wechsel von Sand und Keuperfels oder -ton, also ein Wechsel durchaus verschiedener Bodenarten.

Dem Blasensandstein eigen sind bisweilen flache **Schlieren** oder sogar **Cavernen** von Ausmaßen in Kubikmeterbereichen. Sie sind mit mehr oder minder wässerigen Manganverbindungen ausgefüllt. Während das umgebende Gestein unter Umständen als sehr hart zu klassifizieren ist, haben die Hohlraumfüllungen mulmige oder breiige Beschaffenheit. Im Rohrleitungs- und Kanalbau stören sie nicht, aber bei einer Baugründung können sie erhebliche Umstände bereiten. Die Höhlungen ausräumen und mit Beton ausgießen stabilisiert den Untergrund. An der Rennbahnstraße und in der Sulzbacher Straße wurden derartige Verhältnisse angetroffen.

E. Das Quartär (Diluvium und Alluvium)

Die seither besprochenen, dem Keuper angehörenden Gesteine, stellen das Fundament dar, auf dem sich im Verlaufe langer geologischer Epochen vielerlei Vorgänge abspielten. Vorgänge, welche die Erdoberfläche fortwährend umgestalteten, die in ihren Folgen gewaltig waren und die in allgemeiner menschlicher Vorstellung endgültig erscheinen. Endgültig insoferne, als die Bautechnik in unserem räumlichen und zeitlichen Geltungsbereich keinerlei Naturereignisse einzuplanen braucht, die in absehbarer Zukunft oder gar plötzlich die Landschaft grundlegend verändern könnten. Die Pegnitz und ihre Nebengerinne als Hauptelemente naturbedingter Landschaftsformung, sind durch bauliche Vorkehrungen weitgehend „gezähmt“. Bei unseren gemäßigten Klimabedingungen können keine bedrohlichen Zustände entstehen.

Die bis jetzt erfolgten landschaftlichen Umwälzungen vollzogen sich langsam, sie vollziehen sich auch heute noch schleichend, und sie sind in Generationen kaum erheblich. Es sind also keine mit geschichtlichen Maßstäben vergleichbaren und datierbaren Evolutionen oder Revolutionen in der Landschaft zu erwarten, zudem die sie verursachenden Kräfte weitgehend unter menschlicher Kontrolle sind.

Um im vollen Umfange zu verstehen, was zur Darstellung gelangt, nämlich die **Sande und sonstigen Lockermassen**, in Verbindung mit dem **Keuper-Grundrelief** im Nürnberger Raum, ist es angebracht, auf die Entwicklungsvorgänge einzugehen, die den geologisch-geographischen Gegenwartszustand bedingen.

1. Zur Landschaftsentwicklung

Die wesentlichen Gestaltungsfaktoren der Landschaft sind Wasser, Wind, Sonne und Frost. Um diese Kraftquellen auf der Erde wirksam werden zu lassen, sind Bewegungen in ihr erforderlich. Das heißt, Teile der Erdrinde müssen gehoben, gesenkt oder sonstwie gegeneinander verschoben werden. Je größer die Bewegung ist und je rascher sie vor sich geht, um so größer sind die Folgen daraus, die das Gesicht einer Landschaft prägen. Natürlich sind daran auch noch andere Ursachen beteiligt, wie etwa die Art und Härte des Gesteins oder die Art des Klimas. Die Bindung von Wasser als Eis und Schnee während der Glazialzeit hat wohl auch den Meeresspiegel, das Niveau des am tiefsten gelegenen Vorfluters in unserem Entwässerungssystem absinken lassen. Erhöhte Sedimentführung der Flüsse in vegetationsloser oder vegetationsarmer Zeit hatte Folgen auf die Ablageungsvorgänge. Eine Reihe von Faktoren wirkten so im einzelnen am Bau und am Bild der Landschaft mit. Doch sollen die Betrachtungen hier nicht allzusehr kompliziert und ausgeweitet werden. Für die gegenwärtigen Überlegungen genügt es, in vereinfachter Formulierung festzustellen, daß die Hebung von Landschaftsteilen eine Abtragung des dadurch entstehenden Gebirges bewirkt (s. S. 38), wogegen das Absinken eine Auffüllung der abgesunkenen Räume nach sich zieht.

Auch unser fränkisches Gebiet, und mit ihm das Nürnberger Becken, war solchen Bewegungen ausgesetzt. Zumindest hat es die Folgen in seiner Entwicklung aufgeprägt erhalten, selbst wenn Bewegungen, welcher Art sie immer sein mochten, außerhalb des örtlichen Rahmens vor sich gingen. Wieviele Hebungen und Senkungen es insgesamt schon waren, ist nicht mehr zu ermitteln. Aus frühen geologischen Abschnitten fehlen die Bezugspunkte, um sie festzustellen; sie wurden längst auf natürlichem Wege zerstört oder unkenntlich gemacht. Lediglich aus der jüngeren geologischen Vergangenheit sind Zeugenreste zur Deutung der Landschaftsentwicklung vorhanden. Ihnen zufolge sind im dargestellten Gebiet mit Sicherheit mindestens fünf Phasen stärkerer Hebung und vier Phasen stärkerer Senkung zu erkennen. Zweckmäßig werden die jeweiligen Vorgänge als **Ausräumungsphasen**, also als Eintiefungsabschnitte der Vorzeit, und als **Aufschüttungsphasen** bezeichnet.

Die erste nachweisbare Ausräumung im Nürnberger Raum zeichnet sich in einer Talrinne ab, die aus dem Gebiet unterhalb Erlengstegens kommend über Luitpoldhain, Südfriedhof gegen Reichelsdorf verlief. Die in den Keuper eingeschnittene Rinne ist das sichtbare Ergebnis der Arbeit eines Urflusses, der von Mögeldorf ab nicht wie die heutige Pegnitz nach Westen, sondern erst nach Südwesten floß. Dann schwenkte er in großem Bogen zur Rednitz ein, sofern man ihre damalige Lage als mit dem heutigen Verlauf übereinstimmend annimmt.

Ein Blick auf die Kartenbeilage I erleichtert die Vorstellung vom Verlauf dieses Urtales. Durch die kartographische Ausscheidung der Sande in drei verschiedene Mächtigtkeitsstufen kommt er auf ihr als schmales braunes Band mit wechselnder Breite deutlich zum Ausdruck. Der Verlauf und die Tiefe der Rinne sowie die Beschaffenheit der Füllmassen sind durch gezielte Bohrungen erkundet. Ein Ausschnitt aus ihr mit Einzelheiten und ein Querschnitt durch das Tal wurde ebenfalls durch ein Gitter von Bohrungen gewonnen und erscheint auf den Abbildungen 7 und 8.

Das Urtal hatte Engen und Ausweitungen, es hatte Seitentäler und zum Teil sehr steile Hänge, von denen man aufgrund von Bohrerergebnissen annehmen kann, daß sie stellenweise als senkrechte felsige Wände ausgebildet waren. Soweit sie nicht abgetragen wurden, sind sie noch im Untergrund verborgen. Vor allem ist die Strecke östlich des Hasenbuckes ein Engpaß mit einer Tiefe von mindestens zwanzig Metern, wahrscheinlich aber erheblich mehr. Das Landschaftsrelief zu beiden Seiten des Tales war zur Zeit seiner Entstehung weit bewegter als heute und es war auch höher. Später erst wurden die Berge und Hügel abgeflacht oder eingeebnet.

Mit der heutigen Landschaft hat das Urtal keinerlei Bindungen. Die Topographie der Oberfläche verläuft unabhängig von ihm, wie die Karte zeigt; das Gelände dacht beispielsweise an der Saarbrückener Straße von Ost nach West quer zu ihm ab und die Landgräben folgen dem gleichen Oberflächengefälle. Im Gelände gibt es keine Anhaltspunkte für das verschüttete Urtal, weshalb es bis jetzt auch nicht erkannt werden konnte. Lediglich FICKENSCHER erwähnt bei einer Beschreibung der Bohrungen für den Kongreßbau und die Südkaserne eine diluviale Erosionsrinne, „deren östliche Ränder an und im Großen Dutzendteich und deren westliche Ränder am Hasenbuck und der Allersberger Straße zu finden sind“ (1938, S. 34). Darüber hinaus wurde das Krypto-Tal aber nicht weiter verfolgt.

In der Folge wird bei Betrachtungen der verschiedenen Ausräumungsphasen und ihrer Auswirkungen im Nürnberger Untergrund häufiger auf die Kartenbeilage I Bezug genommen. Dazu ist festzustellen, daß sich die Aufnahmen — ausgenommen dem soeben genannten Urtal I — nur auf den Raum innerhalb der Stadtgrenze beschränken mußten. Außerhalb der Stadtgrenze werden die Verhältnisse wegen Fehlens genügender Bohrungen zu unsicher; auch würden sie für das Nürnberger Bauwesen aus naheliegenden Gründen in absehbarer Zeit noch keine besondere Bedeutung erlangen. Ferner ist zu sagen, daß zwar die großen Urtäler im Untergrund und auch die sonstigen Verhältnisse durch etwa 9 000 Bohrungen zufriedenstellend genau erfaßt werden konnten, daß aber s c h m a l e vorzeitliche Erosionsrinnen von durchschnittlich 10 bis 12 m Tiefe, jedoch nur 20 m oder noch geringerer Breite sicher noch nicht vollzählig aufgefunden werden konnten. Zunächst ist es immer erst dem Zufall anheimgegeben, wenn eine solche Rinne von einer ausreichend tiefen Bohrung angetroffen wird. Dann kann sie durch ergänzende Feststellungsbohrungen weiter verfolgt werden.

Auf der Kartenbeilage I erscheint von Südost nach Nordwest, durch das Langwassergebiet ziehend, eine Erosionsrinne, die in den Keuper eingeschnitten und mit Deckschichten erfüllt ist. Die gut erkundete Rinne sei künftig Märzfeldrinne genannt. Ferner erscheint der Stumpf einer schmalen aber tiefen Rinne auf der Karte an der äußeren Regensburger Straße zwischen Altersheim und Bahnhof Fischbach. Schließlich zieht auch noch ein breiteres unterirdisches Tal aus Richtung Fischbach über Valznerweiher von Osten nach Westen, das Erwähnung verdient. Nördlich Fischbach sind solche Gräben von Keupertonen überschüttet unter denen die Füllmassen als Sande und Kiese mit starker Grundwasserführung liegen. Alle diese Rinnen können für die Bautechnik unangenehme Überraschungen bilden. Sie haben streckenweise schluchtförmige Ausbildung, ihre Hänge brechen unvermittelt und steil bis 12 m zur Tiefe ab.

Auch im Urtal I sind Steilwände enthalten, die der Blasensandstein dort einst bildete. Die Seitentäler, die es hatte, sind nicht mehr deutlich erkenn-

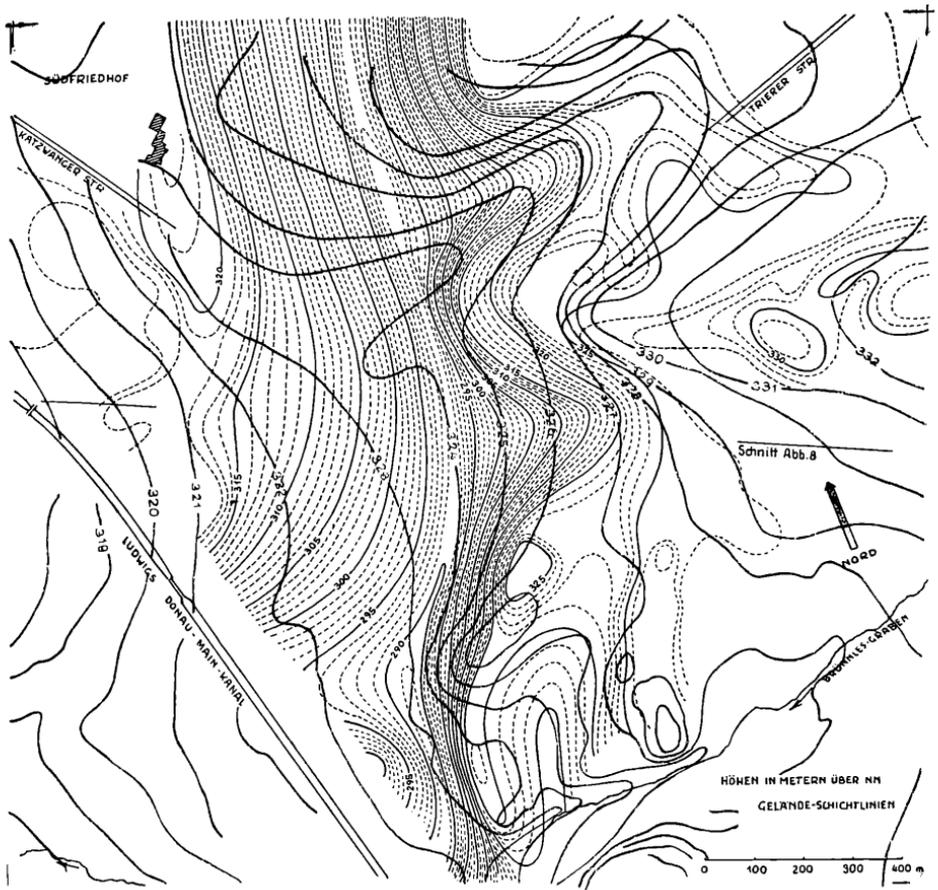


Abb. 7
 Kartenausschnitt aus dem Urtal I (erste Ausräumungsphase) an der Trierer — Katzwanger Straße im Süden des Stadtgebietes

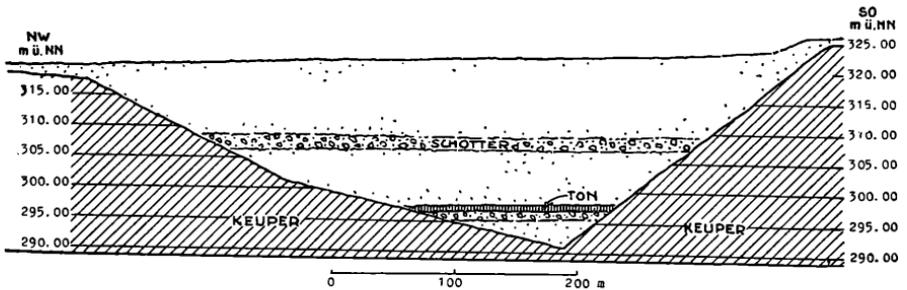


Abb. 8
 Querschnitt durch das Urtal I, zu Abb. 7

bar. Von ihnen blieben nur Stümpfe erhalten, wie beispielsweise die Ausladungen auf Abbildung 7 zeigen. Sie mündeten mit starkem Gefälle in das Haupttal und sind daher mit der Erniedrigung der alten Landoberfläche zerstört oder nur in einer derart verwischten Form erhalten, daß ohne weitere umfangreiche Aufschlußbohrungen und Untersuchung der Deckschichten kein vollkommen klares Bild zu erhalten ist.

Der ersten Ausräumungsphase folgte die **erste nachweisbare Aufschüttungsphase** im Nürnberger Raum. Das Urtal wurde mit Sanden, Schottern und gelegentlich auch tonig-schluffigen Ablagerungen aufgefüllt. Die Talfüllung ist heute noch über 30 m mächtig.

Wenn von Talfüllungen gesprochen wird, so sind jeweils Gegebenheiten gemeint, die sich aus heutiger Sicht darstellen. Welche Mächtigkeit die Lockermassen überhaupt erreicht hatten, kann nur aus Vergleichen geschlossen werden. Die größte Eintiefung des Urtales wurde durch eine Bohrung in der Nähe des Brunnlesgrabens festgestellt, wo dieser die unterirdische Talrinne quert. Dort liegt die Sohle auf rd. 288 m ü. NN, bei einer Geländehöhe von 323 m ü. NN. Die höchsten Lagen quartärer Lockermassen befinden sich bei rd. 340 m (Hasenbuck 342 m ü. NN). Somit erreichten die **Deckschichten im Nürnberger Becken zwischen 50 und 55 m Mindestmächtigkeit**. Als Maximum ist etwas mehr anzunehmen, denn auch die noch vorhandenen Deckschichten-Reste dürften inzwischen in ihrer Mächtigkeit geschrumpft sein. Bei Neumarkt, dessen Raum die gleiche Entwicklung hinter sich hat, wie der Nürnberger, liegen noch Talfüllungen von über 40 m Mächtigkeit. Diese Tatsachen sind für Wassererschließungen von größter Bedeutung.

Die vollkommene Aufhöhung des Gebietes mit Lockermassen über dem Keuperfundament und seinem Talrelief war eine zwingende Voraussetzung dafür, daß die Pegnitz aus ihrer südlichen Lage später nach Norden gelangen konnte, wo sie heute fließt. Bis zu diesem Zeitpunkt traten allerdings noch andere Ereignisse ein, die der Reihe nach zu besprechen sind. Die Auffüllung des Urtales erfolgte durch den Fluß. Daß sie nicht unter gleichbleibenden Voraussetzungen vor sich ging, beweisen zwei Schotterlagen und eine dunkelgraue Tonschicht innerhalb der Sande (Abb. 8). Die Tonschicht von 0.90 m Dicke besteht stellenweise überwiegend aus organischer Substanz.

Nach der Eindeckung des Reliefs und Einebnung der Hügel bestanden weiträumige Sandflächen zwischen den Herpersdorf-Worzeldorfer Bergen im Süden und den Höhenzügen, die das heutige Pegnitztal im Norden begrenzen.

Wahrscheinlich schon auf diese erste Aufschüttungsphase folgend, wurde ein Schotterstreifen abgelagert, den FICKENSCHER auf seiner Geologischen Karte von Nürnberg darstellte und der auch von anderen Autoren schon eingehend behandelt wurde (KRUMBECK 1927, RÜCKERT 1933). Die Beschotterung zieht von der Waldabteilung Falkennest südlich des Schießplatzes nach Südwesten bzw. Süden, wobei sie sich gegen das Mündungsgebiet an der Rednitz bei Reichelsdorf wie in einem Deltafächer zunehmend verbreitert. Im Schrifttum werden diese Ablagerungen auch als Reichelsdorfer Schotter bezeichnet. Mit Resten im Südfriedhofgelände und

auf dem Hasenbuck ist der Schotterzug nach Norden verlängert zu denken, womit er auf große Erstreckung etwa im Sinne des Urtales I verläuft. Daß er jünger ist als dieses, ergibt sich aus seiner Lage zu ihm. Die Schotterfläche greift stellenweise über die Talrinne im Untergrund, das heißt, sie überdeckt an einigen Stellen das Urtal. Im übrigen sind die Schotter abgetragen, wo sie als Talfüllung in die Sande gebettet waren. Sie konnten nur dort erhalten bleiben, wo sie auf Keupergestein liegen, wie am Hasenbuck und vor allem auf den Blasensandstein-Höhenzügen zwischen Südfriedhof und Reichelsdorfer Keller.

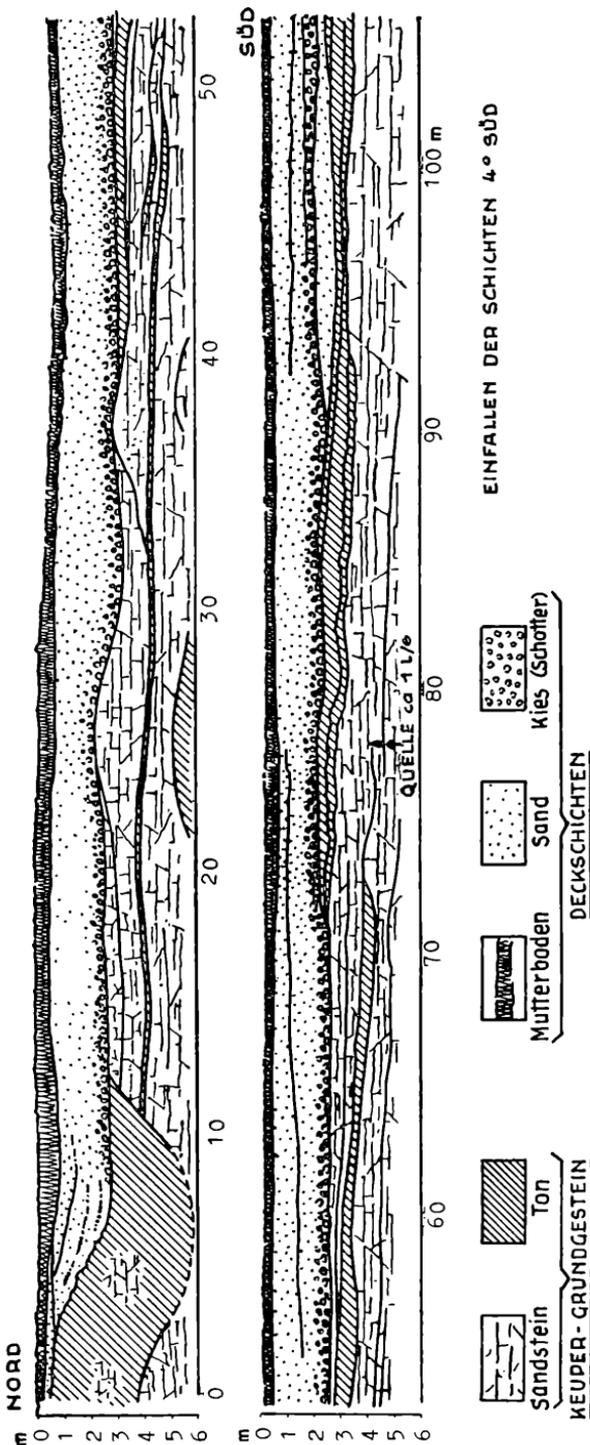
Das in Resten in der heutigen Landschaft gewissermaßen als Flächenprojektion abgebildete „Urtal“ kann kaum mehr als solches angesprochen werden. Es liegt mit Teilstücken seiner einstigen Sohle auf Hügeln und Höhenzügen.

In der nächsten und damit zweiten Ausräumungsphase, die wieder deutlich in Erscheinung tritt, sehen wir einen Urfluß bereits nahe des heutigen Verlaufes der Pegnitz, nur etwas südlich von ihr. Vorher hatte sich das Gewässernetz, das auf den Sandflächen der eingeebneten Landschaft ungehindert pendeln konnte, von Mögeldorf ab neu orientiert. Vielleicht, oder sogar wahrscheinlich, wurde es wiederholt neu ausgerichtet, doch haben sich bis jetzt keine sicheren Anhaltspunkte dafür ergeben. Das sichtbare Ergebnis dieser Phase ist ein Talgebilde, das sich in seiner Gestalt von allen anderen im Nürnberger Raum erheblich unterscheidet. Sichtbar ist es allerdings an der Oberfläche so wenig, wie das vorangegangene Urtal I und die nachfolgenden Urtäler. Diese Phasen sind alle nur in Bohrungen und Baugruben zu erkennen. Das Urtal kommt aus der Gegend des Stadtviertels St. Peter und zieht in einem flachen, nach Norden geöffneten Bogen in Richtung Fürth. Der schraffierte Streifen auf der Karte I zeigt seinen Verlauf. Es handelt sich um eine durchschnittlich nur 3 bis 4 m tiefe, aber rd. 200 m breite, bodenflache Rinne, die vorwiegend mit Kies (Schotter) verfüllt ist (Abb. 9). Ihre Anlage ist lediglich im Keuper-Grundgestein zu verfolgen, da sie in den Bereichen der nördlich anschließenden jüngeren Talbildungen auf weite Erstreckung zerstört wurde. Das trifft etwa von der Allersberger Straße ab nach Osten sowie an manchen Stellen zwischen Gaismannshof und Leyh zu.

Der Kartenbeilage I sind die allgemeinen Verhältnisse in der Flächendarstellung zu entnehmen, während der folgende Querschnitt die teilweise Zerstörung des Urtales der zweiten Phase durch die dritte Ausräumungsphase in der Gegend von Leyh erkennen läßt (Abb. 10).

Dieser Fluß hatte also seine Wirkung nicht zur Tiefe entfaltet, wie wir es bei den anderen bekannten Urtälern in unserem Stadtgebiet sehen, sondern nur in der Breite. Er wurde einst lange Zeit hindurch in einer bestimmten Höhenlage festgehalten, in der die Erosion verharnte. Die Folge war eine Verschüttung des eigenen Bettes mit Schottern und Sanden. Die stärkste bisher beobachtete Mächtigkeit der Aufschüttung betrug drei Meter.

Das Flußbett macht mit seinen oft derben Quarzgeröllen, die 70 bis 150 mm Durchmesser besitzen, an manchen Stellen den Eindruck eines Torrente der oberitalienischen Tiefebene. So in der Karl-Bröger-Straße oder im Schlachthof. Seiner Funktion nach dürfte es auch etwas Ähnliches gewesen sein, das



heißt, in Regenzeiten heftig und breitflächig Wasser mit Schotter und Sand führend, in Trockenzeiten aber wasserleer oder wasserarm.

Die Höhenlage des Urtales konnte an folgenden Punkten durch Bohrungen oder Baugrubenaufschlüsse festgestellt werden: Fintelwiesenstr. 305.60, Siebenkeesstraße 305.00, Peter-Henlein-Straße 305.80, Schlachthof 302.70 und Witschelstraße 303 bis 303.60 m ü. NN. In seiner ganzen Breite war das Tal lediglich durch den Kanalbau an der Witschelstraße aufgeschlossen worden. Davon wurde der auf Abb. 9 gezeigte Teil kartiert.

Die im Jahre 1949 gemachte Aufnahme konnte dem Baufortschritt angemessen nur in Abschnitten von etwa 20 m ausgeführt und anhand der Bauvisiere horizontalisiert werden. Der zurückliegende Teil der Baugrube wurde jeweils nach Fertigstellung des Kanals wieder verfüllt. Bei Beginn der Aufnahme und vor allem zum damaligen Zeitpunkt war noch nicht erkennbar, daß es sich um ein bisher unbekanntes Urtal handelt. Die Profildarstellung ist im Norden links angelegt, wie sie seinerzeit kartiert wurde. Der Blick ist somit talaufwärts, also nach Osten, gerichtet. Darauf ist hinzuweisen, weil die dazu in Beziehung stehenden, später angelegten

Abb. 9

Querschnitt durch das Urtal II zwischen Witschel und Rothenburger Straße mit den diluvialen Deckschichten und dem unterlagernden Keupergestein

Talquerschnitte auf den Abbildungen 10 und 11, wie es der Vorschrift entspricht, flußabwärts dargestellt sind.

Infolge Zuschüttung des seichten Urtales II mit Schottern und Sanden bis über die flachen Ufer hinaus, konnte der Fluß seinen Lauf wiederum verändern und zwar rückte er etwas nach Norden. Die Vorgänge einer Flußverlegung sind im Prinzip immer dieselben, nur ist in diesem Falle das

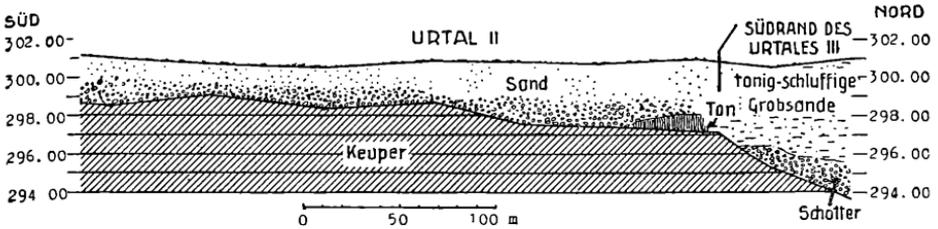


Abb. 10

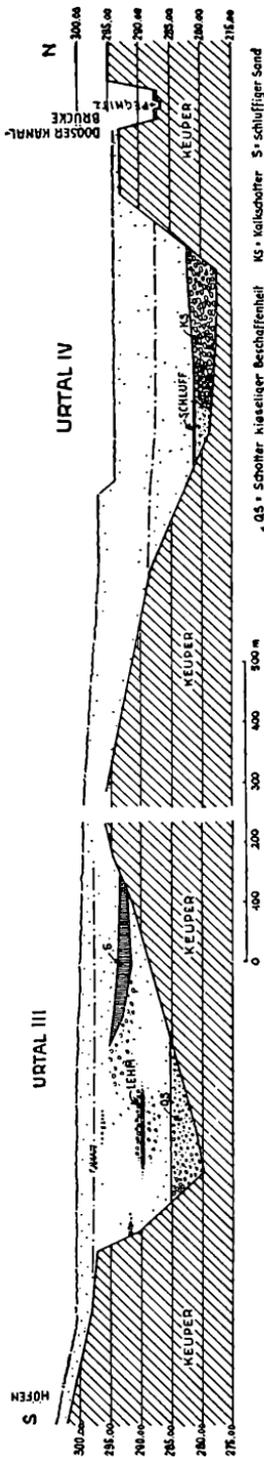
Querschnitt durch das Urtales II und den Südrand des Urtales III in der Gegend von Leyh-Höfen

Ausmaß viel geringer als bei den anderen, vorausgegangenen Ausräumungs- und Aufschüttungsphasen. Wegen der Gleichheit des Prinzips und einer Kontinuation der landschaftlichen Entwicklungsgeschichte ist die Talfüllung, auch wenn sie geringe Mächtigkeit besitzt, als Ergebnis einer zweiten Aufschüttungsphase anzusehen.

Mit der anschließenden dritten Ausräumungsphase rückte der Fluß noch näher an die heutige Pegnitz im Norden heran. Die Hinterlassenschaft ist eine Talrinne, die nunmehr etwa über den Hauptbahnhof zum Plärrer und in Richtung Leyh führt. Das Urtales ist seiner Umgebung gegenüber rd. 20 m in den Keuper eingeschnitten. Es wurde in der nächsten und dritten Aufschüttungsperiode wieder völlig mit Lockermassen erfüllt.

In engeren Fachkreisen war das unterirdische Talstück etwa zwischen Gaismannshof und Leyh bereits in den zwanziger Jahren bekannt. Ein damals angesehener „Rutengänger aus Leidenschaft“ hatte es gemeinsam mit dem Geologen FICKENSCHER durch Oberflächenbegehungen erkundet. Es wurde nämlich erwogen, das Gebiet wegen seines Grundwasserreichtums in die Wasserversorgung für Nürnberg einzubeziehen. In neuerer Zeit hat es BIRZER eingehend beschrieben und in seiner gesamten Erstreckung etwa von Mögeldorf bis zur Rednitz kartennäßig dargestellt. Vom gleichen Verfasser wurde auch das nächste Vorzeital beschrieben, das 1 000 bis 1 500 m weiter nach Norden gerückt ist.

Man kann das verschüttete Urtales III kaum anders als in Verbindung mit dem Ergebnis der vierten Ausräumungsphase behandeln. Beide sind vom Eintritt des Pegnitztales in das Stadtgebiet bis etwa Wöhrd — St. Peter ineinander verschachtelt. Erst von dort ab und besonders zwischen Gerichtsgebäude und der westlichen Stadtgrenze sind es zwei deutlich unterscheidbare Gebilde, die durch einen mehr oder weniger breiten Keupperrücken voneinander getrennt werden.



Der Bau des „Südwestlichen Hauptsammlers“ und einige gezielte Bohrungen zur Ergänzung des Bildes ermöglichen eine Darstellung der beiden Urtäler III und IV mit ihren Füllmassen im Querschnitt (Abb. 11). Der Schnitt verläuft etwa zwischen Höfen im Süden und der Dooser Enge im Norden. Die Entfernung der Südbegrenzung des Urtales III vom Nordrand des Urtales IV beträgt 1800 m. Auf diesem Schnitt macht es den Eindruck, als handle es sich um ein zusammenhängendes Gebilde. Das ist es nicht, denn zuvor mußte natürlich das Urtal III erst wieder randvoll zugeschüttet sein, ehe die Pegnitz auf der Aufschüttungsfläche über den Keuper-Untergrund hinweg nach Norden gleiten konnte. Als dort ihr Platz festgelegt war, wurde es infolge neuerlicher Hebung des Raumes möglich, das Urtal IV einzuschneiden. Es ist seiner Umgebung gegenüber, wie schon das vorher entstandene, rd. 20 m teils in den Keuper, teils in die Aufschüttung III und in noch ältere eingesenkt. Durch die vierte Aufschüttungsphase wurde auch dieses Tal wieder unseren Blicken entzogen.

Damit sind die entwicklungsgeschichtlichen Betrachtungen bereits in Gegenwartsnähe oder überhaupt in die Gegenwart gerückt. Nunmehr schließt sich der Wirkungsbereich des rezenten Flusses, also der heutigen Pegnitz an. Auch über sie, dem jüngsten Glied der dargestellten Generationen, ist zur Abrundung des Bildes noch einiges zu berichten.

Auf der vierten Aufschüttungsebene hat die Pegnitz zunächst durch seitliches Pendeln eine seichte Ausräumung der Lockermassen bewirkt, wo sie nicht vom Grundgestein behindert war. Das Ergebnis sind die heutigen breiten Talauen z. B. bei Wöhrd, am Lederersteg usw. Die Flanken der Aue bestehen aus den Sandmassen der vorangegangenen Aufschüttungsphasen III und IV und haben durchschnittlich 10 m Höhe. Diese in der Landschaft auf große Erstreckung auffälligen Geländestufen werden im Schrifttum als Niederterrasse und neuerdings als Hauptterrasse bezeichnet. Sie stellen sowohl in der Architektur des Nürnberger Raumes, als auch im Bauwesen ein charakteristisches Element dar.

Abb. 11

Querschnitt durch die tief verschütteten Urtäler III und IV zwischen Höfen und der Pegnitz

Da die Terrassen das Ergebnis einer Eintiefung des Flusses sind, muß gefolgert werden, daß die Pegnitz gegenwärtig in einer neuen und zwar der fünften Ausräumungsphase steht. Deutlich wird das besonders an der Dooser Enge, wo der Fluß beim Einschneiden unter der Aufschüttung einen Sporn des Keuper-Grundgesteins antraf, der von ihm eingekerbt wird (Abb. 11).

Die fünf Ausräumungsphasen sind nicht überall im Stadtgebiet so eindeutig und mühelos zu trennen, wie es mit der bisherigen Schilderung möglich war. Daß sich die fünfte Phase nahezu im Bereich der vierten abwickelte, ist aus der Karte I ersichtlich. Sie folgt der Aufschüttungsfläche des nördlichsten und damit letzten Urtales in der genetischen Reihe. Während sich die vier Urtäler etwa von Wöhrd ab nach Westen und Süden auch auf der Karte als getrennte Elemente mehr oder weniger abheben, liegen östlich

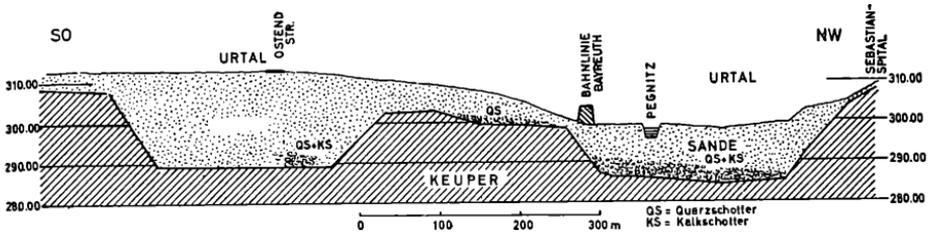


Abb. 12
Querschnitt durch das Pegnitztal und das südöstlich anschließende Gelände bei Mögeldorf.

Der Untergrund enthält zwei tief verschüttete, parallel verlaufende Urtäler

von Wöhrd nur noch zwei in das Keuper-Grundgestein eingetieft, parallel verlaufende Urtäler unter weiträumig verbreiteten Deckschichten (Abb. 12).

Von Erlenstegen flußaufwärts aber sind die Täler der fünf Phasen in einem gemeinsamen Bett von etwa 800 m Breite. Es wird im Norden und Süden von Keupergesteinen eingefast. Dort wäre vielleicht eine Trennung der einzelnen Phasen durch zahlreiche Querschnittsbohrungen, gegebenenfalls

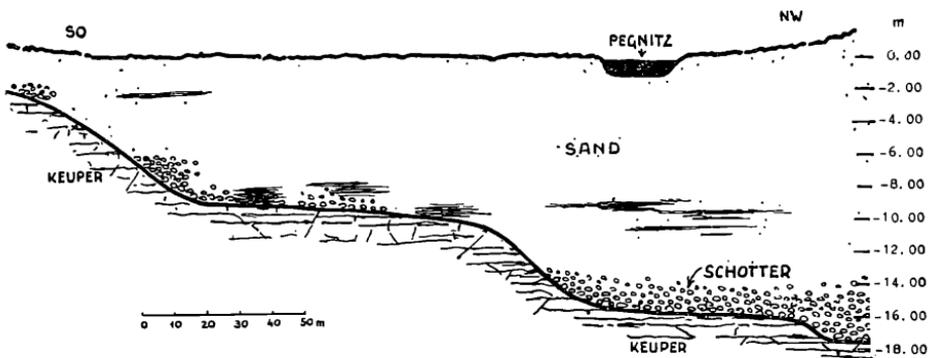


Abb. 13
Teilquerschnitt durch den südöstlichen Untergrundbereich des Pegnitztales bei Malmsbach mit Abtragungsstufen im Keuper-Grundgestein

auch durch sedimentpetrographische Analysen möglich. Sicher ist das jedoch nicht. Aus den bisher vorliegenden Sondierungen gewinnt man den Eindruck, als wären durch die Erosionsphase IV die Zeugnisse aus den früheren Entwicklungsvorgängen ziemlich verwischt oder sogar zerstört worden. Lediglich aus einer Bohrreihe bei Malmsbach ist eine Abstufung des Grundgesteins ersichtlich, ohne daß dabei allerdings auf Anzeichen für verschiedene Generationen geschlossen werden kann (Abb. 13).

An anderer Stelle (S. 19) wurde kurz darauf verwiesen, daß die Sandbedeckung im Norden des Stadtgebietes nur 44 % beträgt, im Süden dagegen 70 %, wobei eine siedlungsgeographische Abhängigkeit von dieser Erscheinung festgestellt werden konnte. Inzwischen dürfte bereits aufgefallen sein, daß die quartären Abtragungs- und Aufschüttungsvorgänge vor allem den Süden betroffen haben. Nur im Tiefgrabengebiet wird ausnahmsweise auch nördlich der Pegnitz noch eine kleinere Talrinne im Keuper von Sanden verhüllt. Sie könnte den Ablagerungen nach bereits der dritten Erosionsphase angehören.

Wenn man nun mit der bisweilen angewendeten Bezeichnung „Nürnberger Becken“ eine feste Vorstellung verbinden will, dann könnte sie sich nur auf bekannte entwicklungsgeschichtliche Tatsachen aus der quartären Vergangenheit gründen. Sie mag auf den Raum südlich der Pegnitz beschränkt bleiben, wo sich Ausräumung und Aufschüttung in langen Zeiträumen konzentrierten.

Soweit es möglich ist, die Entwicklung des Nürnberger Raumes zurückzuverfolgen, bietet allein die Talanlage der ersten Ausräumungsphase eine Ausgangsstellung. Zeitlich reicht sie in das Ende des Tertiärs zurück, wie in 25 m Tiefe erbohrte und pollenanalytisch untersuchte organische Ablagerungen ergaben.

Die bisherigen Darlegungen sind wie folgt zusammenzufassen:

- a) Der Keuper-Untergrund ist zerschnitten von verschiedenen tiefen und verschiedenen breiten Talrinnen, die in mehreren Ausräumungsphasen entstanden. In manchen Gebieten konnte ein Geäder seichter Rinnen im Keuper unter der Oberfläche beobachtet werden.
- b) Die Täler sind, außer Urtal I, quartären Alters und wurden jeweils durch Aufschüttungsphasen, die den Ausräumungsphasen folgten, bis zum Rande und darüber hinaus mit Deckschichten erfüllt. Daher treten sie im heutigen Landschaftsbild nicht in Erscheinung.
- c) Die Täler der verschiedenen Zeitabschnitte können sich berühren, überkreuzen oder überdecken; sie können auch ineinander verschachtelt sein. Etwa bis Erlenstegen verlaufen die fünf Eintiefungsabschnitte der Pegnitz in einem gemeinsamen Keuperbett. Von dort an gehen sie nach Westen mehr oder minder auseinander und zwar in der Weise, daß mindestens vier Urtäler mit Angelpunkt Erlenstegen von Südwesten nach Norden schwenken. Die Gründe für dieses Verhalten hier auszuführen und nachzuweisen würde über den Rahmen des Handbuches und seiner Zweckbestimmung hinausgreifen. Nur soviel soll gesagt sein, daß die Keimzelle der Landschaftsentwicklung, wie sie sich uns heute darbietet, und die Uranlage des Nürnberger Beckens, vorquartär ist.

- d) Das Keuper-Grundgestein bricht an den verschütteten Talrändern hier plötzlich und dort weniger jäh zur Tiefe ab. Daraus erklärt sich der häufig unerwartete Wechsel zwischen Keuper und Sand auf engem Raum.

2. Die Ablagerungen des Quartärs

Unter Quartär wird der erdgeschichtliche Zeitabschnitt verstanden, der dem Tertiär folgte. Die Kennzeichen des Quartärs, die Ausräumungs- und Aufschüttungsvorgänge, sind nicht nur dem Nürnberger Gebiet eigen, sie sind global, wenn sie in Form und Ausmaß auch Abweichungen zeigen.

In den vorausgegangenen Ausführungen wurde der große Rahmen abgesteckt, in dem Bau und Struktur speziell des Nürnberger Untergrundes zu betrachten sind. Die quartären Lockermassen, die sich über ein unregelmäßiges Grundrelief des Keupers breiten, wurden summarisch als Deckschichten bezeichnet, weil sie das Grundrelief bedecken.

Bekanntlich weisen die Deckschichten verschiedene Beschaffenheit auf. Man braucht nur etwa die beiden Extrême Schotter und Faulschlamm einander gegenüberzustellen, um zu erkennen, welche Bedeutung die Art der Deckschichten für das Bauwesen besitzt.

Nach den Kräften, von denen die Deckschichten zur Ablagerung gebracht wurden, sind zwei Gruppen zu unterscheiden: eine die durch Wasser verfrachtet wurde und eine durch Windtransport angehäuften. Erstere ist für das Bauwesen wichtiger. Wenden wir uns vor allem ihr zu.

Der Körnung entsprechend sind im Nürnberger Raum folgende Unterscheidungen zu treffen:

- a) Schotter, Kiese und Steine
- b) Sande
- c) Schluffe, die ihrer chemischen Substanz nach in organische und mineralische Schluffe zu trennen sind. Erstere wären auch als Faulschlamm zu bezeichnen. Die Varianten der Schluffe halten sich in weiten Grenzen, je nachdem sie mit Sanden oder Tonen vermengt sind und in- oder außerhalb des Grundwassers liegen.
- d) Tone (evtl. Löß u. Ä.)

Dieses Schema hält sich im wesentlichen an das DIN-Normenblatt 4022, Ziff. 3.31; ihm zufolge sollen sich die Korngrößen der genannten Stoffe in folgenden Maßbereichen halten:

- über 60 mm = Steine
- 2 bis 60 mm = Kiese (Schotter)
- 0.06 bis 2 mm = Sande
- 0.002 bis 0.06 mm = Schluffe
- kleiner als 0.002 mm = Tone

Zunächst ist festzustellen, daß sich die bautechnische Namengebung nicht immer mit der geologischen deckt. Es soll auch nicht verschwiegen werden, daß selbst in der geologischen Fachliteratur bisweilen für den gleichen Gegenstand unterschiedliche Bezeichnungen vorgeschlagen und angewendet werden. Wenn von Schottern,

von Kiesen, von Geröllen oder etwa von Gesteinsschutt gesprochen wird, dann sind damit im allgemeinen dem Aussehen oder der Entstehung nach jeweils verschiedene Ablagerungsbestandteile zu kennzeichnen. In der Regel werden unter dem Begriff Schotter vom Wasser transportierte, kantengeschliffene, mehr oder minder runde oder flachrunde und in den Flächen geschlossene Gesteinsstücke verstanden. Zur Unterscheidung von diesen wären Kiese etwa unregelmäßige, vielgestaltige (polyedrische), gegebenenfalls kantige Bodenbestandteile, die sowohl aus verwitterten Schottern, als auch auf anderem Wege entstanden sein können. Gerölle schließlich sind als steiniges Verwitterungsgut aufzufassen, dessen Kanten mehr oder weniger durch kriechende Bewegung auf geneigten Unterlagen abgestoßen wurden. Alle drei Bodenbestandteile können allein oder vermengt mit Sand, Ton, Lehm usw. einen Gesteinsschutt bilden (Blockschutt, Gehängeschutt).

Die Erläuterungen mögen ausgesprochen theoretisch erscheinen, indessen zeigte die Praxis, daß immer wieder die Frage nach den verschiedenen Begriffsbestimmungen gestellt wurde, da ihre unterschiedliche Anwendung den Bauingenieur verwirren. Den einschlägigen DIN-Vorschriften 4022 beispielsweise ist die Benennung Schotter überhaupt fremd. Wird in der Bautechnik von „Donaukies“, „Mainkies“ usw. gesprochen, so werden darunter runde, ovale oder flache (Geschiebe), vom Wasser zugeschliffene Gesteinsstücke verstanden. Ist dagegen im Straßenbau oder im Bahnbau die Rede von Schottern, dann sind sie gewiß meist keine im obigen Sinne.

Noch ein anderes Mißverhältnis besteht in der Benennung von Bodenarten, auf das im Zuge dieser Erörterungen hinzuweisen ist. In den Schichtenverzeichnissen der Bohrfirmen erscheint beharrlich die Bezeichnung „Schlick“ obschon diese nicht in der hier wiederholt angezogenen DIN-Vorschrift enthalten ist. Von dieser Tatsache abgesehen, sollte die Benennung Schlick entsprechend der geologischen Begriffsbestimmung auf Flachmeer-Ablagerungen beschränkt bleiben (SCHMIDT 1928). Solche kommen aber in unserem Nürnberger Raum nicht vor. Die korrekte Benennung für derartige Sedimente ist hingegen Schluff, oder wo es sich um entsprechendes Bodengut handelt, „Faulschlamm“.

Bei einer Analyse der Deckschichten im Sinne der oben unter a) bis d) vorgenommenen Gliederung ist es unvermeidlich, nochmals mit Fragen der Landschaftsentwicklung in Berührung zu kommen. Man sollte die Erscheinungen nicht als etwas Bestehendes hinnehmen, sondern als etwas Gewordenes. Daß zum natürlichen Transport von Schottern eine andere Energie-Entfaltung erforderlich ist, als für Schluff, mag ohne weiteres einleuchten. Energie-Entfaltung des Wassers und Flußgefälle sind aber ebenso zwei untrennbare Komponenten, wie das Flußgefälle und die Reliefgestaltung der Landschaft. Zustände und Vorgänge haben im Laufe geologischer Zeiträume gewechselt. Daraus entstanden die Unterschiede der Korngrößen, daraus gingen die verschiedenartigen Ablagerungen hervor.

Eine weitere Folgerung ist aus der Anhäufung von zehn und mehr Metern mächtigen Sanden ohne jede organische Beimengung zu ziehen. Dann handelt es sich um Ablagerungen einer vegetationsarmen oder sogar vegetationslosen Zeit. Dagegen verraten Schichten, die reich an organischem Schluff und gelegentlich sogar an Holzresten bis zur Größe von Baumstämmen durchsetzt sind, daß dieses Sediment während einer vegetationsreichen Zeit angeschwemmt wurde. Damit zeichnet sich also in den Hinterlassenschaften des Bodens auch der vorzeitliche klimatische Wechsel ab. Da es sich bei den Deckschichten überwiegend um Quartärbildungen handelt, ist es naheliegend, die unterschiedlichen Ablagerungen und darüber hinaus überhaupt die wiederholt wechselnden Erscheinungen mit den Eiszeiten und den Zwischeneiszeiten in Verbindung zu bringen. Steigerung und Minderung der Relief-Energie sowie Klimaschwankungen großen Aus-

maßes sind sicher jene Faktoren, welche die Landschaftsentwicklung in Einzelvorgänge auflöste. Der Quartärforschung ist es längst gelungen, tief in diese Einzelvorgänge einzudringen, sie zu deuten, sie physikalisch, biologisch und chronologisch zu ordnen.

Die Deckschichten sind nun im einzelnen nach ihren Merkmalen zu besprechen.

a) *Schotter, Kiese und Steine*

Diese Bodenbestandteile sind stofflich in zwei Hauptgruppen zu trennen, in ausgesprochen kalkige und in kalkfreie. Hier eine Regel: an der Basis der Täler aller Erosionsphasen befinden sich Schotter- und Kieslagen zwischen zwei und fünf Meter Mächtigkeit. Wir nennen sie **Grundschotter**. Sie sind durchaus kennzeichnend, denn das Mengenverhältnis Schotter zu Sand beträgt etwa 80 zu 20. Eine weitere Regel: Kalkschotter fanden sich in den Urtälern der Aufschüttungsphasen III und IV und dort als Grundschotter stellenweise in mächtiger Anhäufung. Soweit bisher festgestellt werden konnte, enthalten alle anderen, also älteren Urtäler nur Quarzschotter und Quarzkies in verschiedenen Abwandlungen und in allen Korngrößen. Vor allem finden sich Jura-Hornsteine*) und verhältnismäßig geringere Beimengungen anderer Gesteine. Die Bestandteile der Reichelsdorfer Kiesvorkommen oder „Reichelsdorfer Schotter“ wurden von KRUMBECK eingehend beschrieben (1927, S. 79 f.). Unter den Schottern fanden sich übrigens Beimengungen, die nur aus dem Frankenwald (Lydite) und aus dem Fichtelgebirge herrühren können, woraus auf einen Transport durch Urflüsse geschlossen wird, die aus diesen Gebieten von Norden kamen und über die Albtafel hinwegflossen.

Zu erwähnen wäre, daß das Material sehr hart, spröde und im Bruch splittig ist; es hielt der mechanischen Beanspruchung durch den Transport und der Verwitterung gegenüber am besten stand und stellt heute das widerstandsfähigste Überbleibsel einer einstigen Schotterterrasse dar. Die kalkigen und sonst leicht löslichen Bestandteile, die ursprünglich sicher in reichem Maße enthalten waren, sind längst vom Niederschlagswasser aufgelöst und weggeführt. Dadurch ist zweifellos ein ansehnlicher Massenschwund eingetreten.

Die hier und im angeführten Schrifttum beschriebenen morphologischen Verhältnisse an den Reichelsdorfer Schottern treffen ebenso auf die Grundschotter und Kiese der Aufschüttungsphasen I und II zu. Auch dort sind die leichter löslichen Bestandteile Kalkkarbonat und Magnesiumkarbonat ausgelaugt und fortgeführt. Anders bei den Grundschottern der Aufschüttungsphasen III und IV, also in den Talrinnen, die von Mögeldorf nach Fürth durch das Weichbild Nürnbergs führen. In ihnen befinden sich mächtige Schotterlager, die aus 60 bis 70 % kalkigen Fraktionen bestehen können (s. Abb. 14 u. 15). Im Gegensatz zur großen Masse der zu Kiesen zersetzten Schotter aus früheren Epochen haben die weit jüngeren Kalkschotter

*) Hornsteine = weißliche, graue, bei uns meist hornbraune undurchsichtige Kieselsäure-Gesteine

noch ausgesprochene Schotterform; sie sind entweder flachoval oder eiförmig, immer aber voll kantengerundet vom Zuschliff durch das Wasser. Oftmals sind sie auch infolge unregelmäßiger Ablaugung knollenförmig geworden und ihre Oberfläche ist rau verätzt. Ihrer Herkunft nach sind es Gesteine aus den Werkkalk- und Schwammkalkschichten des Weißen Jura, hie und da finden sich aus ihm auch Dolomitstücke. Im übrigen enthalten diese Grundsotter ebenfalls Bestandteile, aus denen sich die anderen Schotter- und Kiesvorkommen zusammensetzen, nämlich Quarze, Hornsteine usw.

Bei den Schottern der Aufschüttungsphasen III und IV war die Zeit seit ihrer Ablagerung noch zu kurz, als daß sie von den Talgrundwässern völlig zerstört werden konnten. Sie werden jedoch noch aufgelöst und zwar umso rascher, je aggressiver die Grundwässer sind und je größer deren Fließgeschwindigkeit ist. In den Grundsottern besteht wegen der geringeren hydraulischen Widerstände eine stärkere Grundwasserbewegung als in den dichteren Sanden, Schluffen usw., die über ihnen liegen. Das zeigten Pumpversuche.

Die Auflösung von Werkkalk kann unter bestimmten Voraussetzungen überraschend schnell erfolgen. In einer Brunnenpackung bei Lauf beispielsweise gelang der Nachweis an einem untersuchten Werkkalkbrocken, daß er innerhalb von 53 Jahren 23% seiner Masse durch Auslaugung einbüßte. Das Gesteinsstück hatte 12 cm Dicke, 50 cm größte Länge und 23 cm größte Breite (S P Ö C K E R 1950).

Unter solchen Aspekten ergeben sich gewisse Überlegungen für die Bautechnik. Da Kalkschotter relativ kurzlebige Bodenbestandteile sind, stellen sie auf weitere Sicht keinen restlos stabilen Baugrund dar. Freilich liegen sie 6 bis 8 m, am Hauptbahnhof Nürnberg sogar 20 bis 22 m unter der Oberfläche. Man sollte aber dennoch daran denken, daß sich etwaige Setzungen, vor allem an Bauwerken, die schon lange bestehen, gegebenenfalls als eine Folge von Massenschwund in den Grundsottern durch Gesteinsauslaugung erweisen könnten. Jedenfalls empfiehlt es sich, z. B. Pfeilergründungen für Flußübergänge im Nürnberger Raum unmittelbar auf oder über den Grundsottern zu vermeiden.

Die Wirkung der Auslaugung ist in geeigneten Bodenaufschlüssen gut zu beobachten. Sande und Kiese auf ehemaligen Kalkschotterlagen zeigen mitunter eine verzerrte Bänderung, ähnlich jener, die auf Deckschichten in Kalkgebirgen anzutreffen sind (S P Ö C K E R 1951). Das Hangende sackte auf der unregelmäßig schwindenden Unterlage nach und verlor die ursprünglich zusammenhängende und gleichmäßige Schichtung. Aus solchen Vorgängen entsteht das oft schuttartige Aussehen in den Kiesanhäufungen der Reichelsdorfer Vorkommen und im Urtal II, das häufig in Baugrubenaufschlüssen zu sehen ist.

Ob am Schulhaus in Reichelsdorf, an dem der einzige in Nürnberg bekannte größere Grundbruch vorliegt, eine Auslaugung kalkhaltiger Bestandteile die Ursache ist, kann wegen des Fehlens von Feststellungsbohrungen nicht sicher gesagt werden. Immerhin ergab eine Schürfgrube, daß die Fundamente des Gebäudes auf kiesigem Grund des Rednitztales liegen. Die Schäden könnten allerdings auch auf Schlufflager unter den Kiesen zurückzuführen sein, doch ist dieser Fall weniger wahrscheinlich. Die Folgen äußern sich am Bauwerk darin, daß der eine Flügel eingesunken und gegen den anderen um 8 cm durch einen Sprung versetzt ist.

In allen Urtälern lagern also Grundsotter. Bei Bohrungen, die in diesen Bereich vordringen, ist überall unfehlbar damit zu rechnen, daß sie in Kürze das Keupergestein erreichen. Je tiefer eine Bohrung in die Grundsotter vordringt, umso gröber wird das Korn, so daß Handbohrungen oftmals bereits vor dem Antreffen des Keupers eingestellt werden müssen. Sie sind durch das derbe Material nicht mehr niederzubringen. Die Sotter liegen entweder unmittelbar auf dem Keuper oder auf schwachen Schichten grober Sande, die mit verschwemmten Keupertonen vermischt sein können.

Man erkennt ein Prinzip, das in vier verschiedenen Urtälern das Optimum an Korngröße der Füllmassen an die jeweilige Basis der Aufschüttung, oder besser gesagt an das Ende jeder Ausräumungsphase gesetzt hat. FICKENSCHER hat bei der Bearbeitung von Bohrungen für die Wasserversorgung Nürnberg im Heidelbachtal bei Krämersweiher bereits die gleiche Feststellung gemacht; er spricht davon, daß „deutlich eine Zunahme der Korngröße des Sandes und Kieses nach unten erfolgt“ (1938, S. 58). Eine Schlußfolgerung sei in diesem Zusammenhang erlaubt. Die im Schrifttum als „Decksotter“ (KRUMBECK usw.) bezeichneten Konzentrationsflächen aus Kiesen und Sottern auf dem Kohlbuck, am Rechenberg, auf der Steinplatte, auf dem Hasenbuck und bei Reichelsdorf waren einmal gleichfalls Grundsotter. Sie sind in ihre heutige Hochlage lediglich durch Abtragung der umgebenden Deckschichten geraten, in die sie ursprünglich eingebettet waren.

Am Ende dieser Ausführungen über Sotter, Kiese und Steine sind noch einige Bemerkungen zur Abhängigkeit ihrer Korngrößen von der Landschaftsentwicklung zu machen. Sie werden von der ältesten Phase an bis zur jüngsten im Mittel fortwährend kleiner. Während beispielsweise die Reichelsdorfer Vorkommen noch Steine — zumeist als Hornsteine — von 20 bis 30 cm Durchmesser enthalten, zählen Sotter von doppelter Faustgröße in der jüngsten Aufschüttungsphase schon zu den größten und zu den seltenen Bestandteilen der Grundsotter. Die Ursache dafür ist im Zurückweichen des Albrandes als dem Hauptlieferanten für die großen Hornsteinknollen zu erblicken (s. a. KRUMBECK 1927). Der Jura lag in der ersten nachweisbaren Ausräumungsphase noch viel näher am Nürnberger Ablagerungsraum, weshalb damals sehr grobe Gesteinsstücke in ihm ankamen. Mit zunehmender Entfernung des Spendengebietes durch die Abtragung und das Zurückweichen des Albrandes nach Osten in den folgenden Entwicklungsphasen der Landschaft, wurde der Transportweg des Materials weiter und das Sottergut auf dem längeren Weg daher stärker zertrümmert. Daß die gelegentlich in höheren Lagen zwischen sandigen Schichten der Talfüllungen auftretenden schwächeren Kiesstreifen überhaupt keine Steine und Grottsotter enthalten, liegt an der erlahmenden Reliefenergie in jeder Phase, es liegt am abnehmenden Flußgefälle bei zunehmender Aufhöhung der Talsohlen, es liegt eben überhaupt im physiogeographischen Gesetz der jeweiligen Aufschüttungsvorgänge begründet.

b) Sande (außer Dünensande)

Die gleichen Gesetze bedingen, daß auf die mächtigen Kiesablagerungen Sande folgen und zwar die Flußsande der Talfüllungen. Je träger das Flußgefälle wird, um so kleiner werden im Durchschnitt die Korngrößen

des transportierten Materials. Mitunter wurden allerdings von anstehenden älteren Terrassen auch Kiese in jüngere verschwemmt, wo sie sich in schwachen Lagen eingebettet finden. Die Körnung der Flußsande bewegt sich allgemein innerhalb der Spannweite von fein bis grob, jeweils im gleichen Mengenverhältnis.

Während die Sande in den alten Talfüllungen I und II verhältnismäßig rein von tonigen Bestandteilen sind, erscheinen in der Phase III ziemlich ausgedehnte sandig-schluffige Lagen in Tiefen von 3 bis 4 m, bisweilen aber auch tiefer unter Gelände (Abb. 11, Urtal III). Die Mächtigkeit der Schichten mit Bestandteilen unter 0,06 mm Korngröße schwankt dort zwischen 5 cm und 1,50 m. Diese Schichten bereiteten bei Wasserhaltungen im Kanalbau erhebliche Schwierigkeiten (WAGNER, 1955). Soweit sie bis jetzt aufgeschlossen waren und geprüft werden konnten, handelt es sich um mineralischen Schluff, der sichtlich einem Flußbett mit träge gewordener Energie entstammt. Es ist ein zwischen- und untergeordnetes Element der Aufschüttungsphase III. Ähnliches ist auch aus dem Urtal I bekannt geworden (S. 50).

Noch mächtiger werden die schluffigen Beimengungen und die Schluffbereiche in der vierten Aufschüttungsphase. Die Talfüllungen I bis III unterscheiden sich selbst in der Farbe von der vierten Phase. In den ersteren herrschen Tönungen von hellem bräunlichem Gelb über ockerig und fleischfarben zu hornbraun vor. Braungraue oder graue Grundtöne machen sich erst in den schluffigen Sanden des Urtales III bemerkbar. Dieser Zustand verstärkt sich in der Phase IV, wo besonders in höheren Schichten mit den bekannten organischen Schluffen Schwarzgrau oder Schwarz überhand nimmt. Diese Talfüllung ist im allgemeinen überhaupt unreiner.

In der Kornbeschaffenheit der Sande sind keine spezifischen Unterschiede zu erkennen, die etwa als Leitmerkmale verschiedener Phasen und bei Versuchsbohrungen als Indikator zu verwerten wären. Im Mittel ist das Korn kantenrund. Scharfkantige Bestandteile, also ausgesprochen „rauhe“ Sande sind selten.

Die Oberflächensande haben gewöhnlich in der Nähe des Keupers dessen Farbskala, da sie vielfach aus ihm herausgewaschen wurden. So im Ost- und Südraum Nürnbergs überwiegend braun oder rotbraun, im Norden häufig hellgrau und manchmal weißgrau.

Der Boden dürrtiger Föhrenwälder oder bereits abgeholzter einstiger Waldflächen um Nürnberg besteht oftmals aus Bleichsand (Podsolböden). Es sind helle, fast weiße, in der Regel fein- bis mittelkörnige Sande, die durch Niederschlagswasser in Verbindung mit Roh-Humus des Waldes ausgelaugt und damit gebleicht wurden. Unter den Bleichsandungen finden sich dann zumeist sogenannte Ortsteinbildungen oder Orterden, auch Fuchs- und Branderden genannt. Sie bestehen aus mehr oder weniger harten, schwarten- oder bänderähnlichen, rostfarbenen Bildungen mit einer oft grobsandigen Grundmasse. Solche Gesteinsverdichtungen gingen am Ort selbst aus eisenschüssigen Lösungen hervor, die dem Bleichhorizont entstammen, wobei die Quarzkörner von Brauneisenerz (Limonit) umschlossen wurden. Bei den Bildungsvorgängen entspricht also die Bleichzone dem Auslaugungsbereich und die Ortsteinlage dem Anreicherungs-Horizont, der

sich seinerseits im allgemeinen an die einstige oder gegenwärtige Spiegelzone des Grundwassers knüpft. Wenn Ortsteine auch überall vorkommen können, so fanden sie sich doch besonders zahlreich im neuen Flughafengelände, im Gebiet des Märzfeldes und in den Terrassensanden bei Eibach-Reichelsdorf. Es sind Gebiete, die noch bis in jüngere Zeit von Wäldern bestanden waren, die also mit ihrem Humusanfall die Voraussetzungen für eine Ausbleichung des Bodens und die Ortsteinbildung schufen.

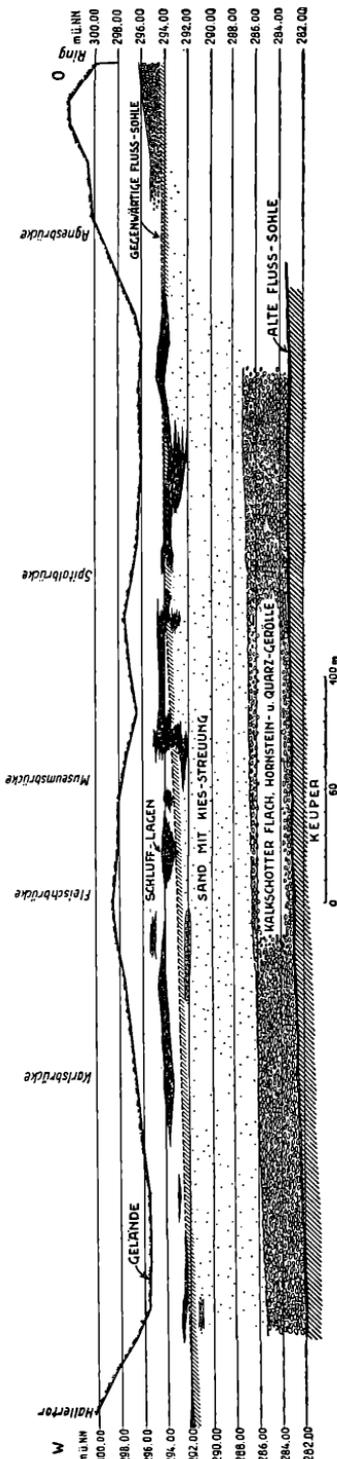
Die Trennung in Flußsande der Talfüllungen und Oberflächensande, wie es hier geschah, ist in der Praxis kaum von Bedeutung. Talfüllungen können ebensogut durch Abtragung an die Oberfläche kommen oder sogar als Terrassen in größerer Mächtigkeit unmittelbar anstehen. Das ist an den Rändern des Rednitz- und Pegnitztales der Fall. Dort ist auch in Aufschlüssen am besten zu beobachten, daß die Flußsande ein helleres, reineres und gleichmäßigeres Aussehen besitzen, als die hier mit Oberflächensanden bezeichneten Ablagerungen. Diese sind bunter, lebhafter im Wechsel, in der Lagerung meist unregelmäßig und stärker mit tonigen oder humosen Bestandteilen durchsetzt. Sie sind im Laufe der letzten geologischen Vergangenheit häufiger umgelagert und sozusagen auf engem Raum hin- und hergeworfen worden. An dem unruhigen „Wandern auf der Stelle“ sind die Verwitterungsböden des Keupers (Eluvialböden) stark beteiligt. Insgesamt kann man diese oberflächigen Deckschichten etwa unter dem Begriff *Alluvium* zusammenfassen.

In der bohr- und bautechnischen Beurteilung sind die Flußsande ausnahmslos als „festgelagert“ anzusprechen. Die Oberflächensande dagegen sind im Durchschnitt bis 1 m Tiefe als „lose gelagert“ zu bezeichnen, doch gibt es auch da keine Regel ohne Ausnahme. Vor allem, wenn es sich um Zersatz aus dem Keupergestein handelt, der an der Oberfläche ansteht und der nicht mehr als Sandstein und noch nicht als Sand zu qualifizieren ist. Von FICKENSCHER wurden diese Sande sehr zutreffend als „*Felsensande*“ bezeichnet, womit eine eindeutige Unterscheidung von den Flußsanden gegeben ist. Diese Benennung empfiehlt sich in den Bohrverzeichnissen anzuwenden, da solche Verhältnisse jedem erfahrenen Bohrmeister bekannt sein müssen.

c) Schluffe

Unter gewissen Vorbehalten können Schluffe als das Ergebnis des Abschlußstadiums einer genetischen Folge betrachtet werden. Insofern nämlich, als sie in der Ordnung abnehmender Korngrößen mit zunehmender Alterung des Flußsystems an letzter Stelle stehen. Dieser Gedanke spricht besonders beim Studium des Längs- und Querprofils durch den Untergrund der Altstadt an (Abb. 14 u. 15). **Zu unterst liegen die Grundschotter auf der Keupperrinne, die der energiegeladene Fluß anhäuften. Nach oben werden die Korngrößen der Schotter kleiner, dann folgen Sande und schließlich die Schlufflagen.** Sie bestehen aus Sedimenten, die der inzwischen träge gewordene Fluß eben noch zu bewegen vermag.

Die einzuräumenden Vorbehalte liegen im Vorhandensein von Vegetation, die Lieferant in der starken organischen Durchsetzung ist. In einer Landschaft mit Pflanzenwuchs wird die Bodenkrume gebunden, werden Aus-



schwemmungen weitgehend verhindert, wie überhaupt die Abfluvvorgänge gegenüber einer vegetationsarmen oder vegetationslosen Oberfläche gemildert und ausgeglichener sind. Ob die Ablagerung der Schluffe also allein einem gealterten Fluß zuzuschreiben ist, oder der Entwicklung von Pflanzenwuchs (wiederholter Klimawechsel im Quartär!) oder vielleicht auch einem Zusammenwirken beider, ist einer fallweisen Entscheidung anheimzustellen.

Ein besonderes Augenmerk verdienen die Schluff-Vorkommen im Altstadtgebiet, weshalb über ihre dortige Verbreitung ein Kärtchen gebracht wird (Abb. 16). Gerade das dicht bebaute Zentrum, das aus der Tradition heraus bis zu den künstlich aufgehöhten Ufern der Pegnitz genutzt ist, muß den Blick auf sich ziehen. Natürlich setzen sich die Ablagerungen weiter nach Osten und Westen über die Ringmauern hinaus fort. So wurden sie in Brunnenbohrungen des Wasserwerkes Erlenstegen wiederholt in Tiefen zwischen 3,10 und 3,70 m gefunden, wie die Bohrprofile aus den Jahren 1927/28 zeigen. Da aber die Besiedlung flußauf und flußab im wesentlichen aus der Talaue auf die anschließenden Terrassen zurückweicht, in denen keine Schluffe vorkommen, sind sie im Pegnitzgrund außerhalb der Stadt für das Bauwesen ohne Bedeutung.

Die Verschluffung knüpft sich an ein weit ausgreifendes Pendeln der Pegnitz innerhalb der Talaue. Der Fluß ist in grotesken Schlingen über seine Aufschüttung gegliedert, wobei er immer wieder alte Bette durch Hochwasserdriften verlagerte und ein neues Bett suchte. Aus diesem Vorgang entsteht das eigenartige Bild der Schluff-Anordnung im Profil der Abbildung 14. Die Aufzeichnung wurde durch zahlreiche Bohrungen und besonders durch den Kanalbau (Sebalder Entlastungssammler) er-

Abb. 14

Längsschnitt durch den Untergrund der Altstadt entlang des nördlichen Ufers der Pegnitz mit den Sand-, Schluff- und Schotterlagern auf dem Keuper-Grundgestein

möglichst, der sich von der östlichen Ringmauer bis zum Haltertort zieht. Das Profil schneidet alte Flußbette und ihre Schlingen abwechselnd in der Längsrichtung und dann wieder quer dazu. Da sowohl von den Höhen des Burgberges, als auch von der südlichen Seite her einst Gerinne und Gräben in die Pegnitz einmündeten, die heute überdeckt sind, werden auch solche Einmündungen geschnitten. Die Ablagerungen stammen aber nicht vom heutigen Fluß, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit von seinem letzten Vorläufer. Die Schluffe liegen nämlich durchweg etwas über der heutigen Pegnitz. Auch scheint das Flußgefälle zur Schluffzeit etwas geringer gewesen zu sein, als heute, was gleichfalls aus dem Längsprofil erkennbar ist. Zur völlig sicheren Beurteilung der Sachlage fehlt eine genügende Zahl von Aufschlüssen in der Talfortsetzung nach Osten und Westen außerhalb der Ringmauern. Immerhin sei aber damit auf das Flußgefälle der alten Talsohle im Keuper und auf dasjenige der gegenwärtigen Pegnitz in der Aufschüttung verwiesen. In beiden stimmen die Gefällsverhältnisse überein, während die Schluffe einen schwächeren Gefällsverlauf besitzen.

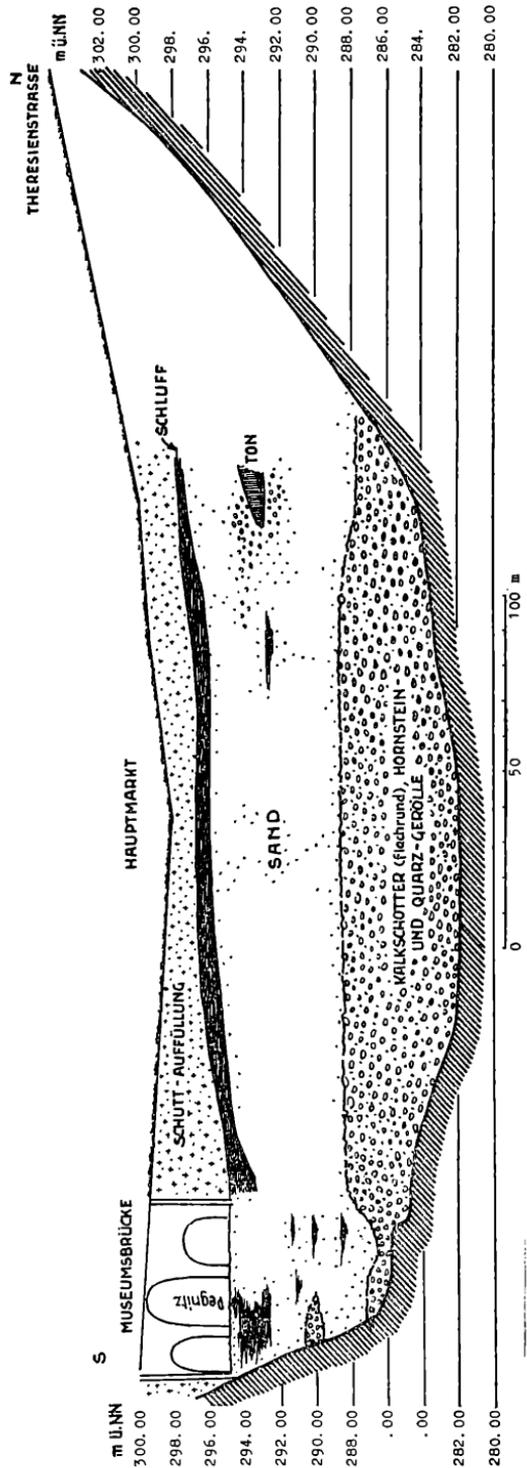


Abb. 15

Querschnitt durch den Untergrund des Pegnitztales in der Altstadt im Zuge der Museumsbrücke zur Theresienstraße mit dem tief verschütteten Urtal IV

Über die Schluffe und ihre sandigen Gemenge als bautechnisch labile Ablagerungen im Nürnberger Altstadtgebiet ist zusammenfassend folgendes zu sagen. Die nicht tragfähigen, weichen Ablagerungen breiten sich 2 bis 6 m unter Gelände teilweise in Schlingen, teilweise in Buchten, geschlossen oder sporadisch und sich manchmal in getrennten Lagen überkreuzend, auf. Sie können unvermittelt über oder unter reinen hellen Sanden auftreten oder auch allmählich mit zunehmender Verunreinigung in fast sandfreien, grauschwarzen Faulschlamm übergehen. Ihre Mächtigkeit ist unterschiedlich; bisher wurde ein Maximum von etwa 3 m festgestellt.

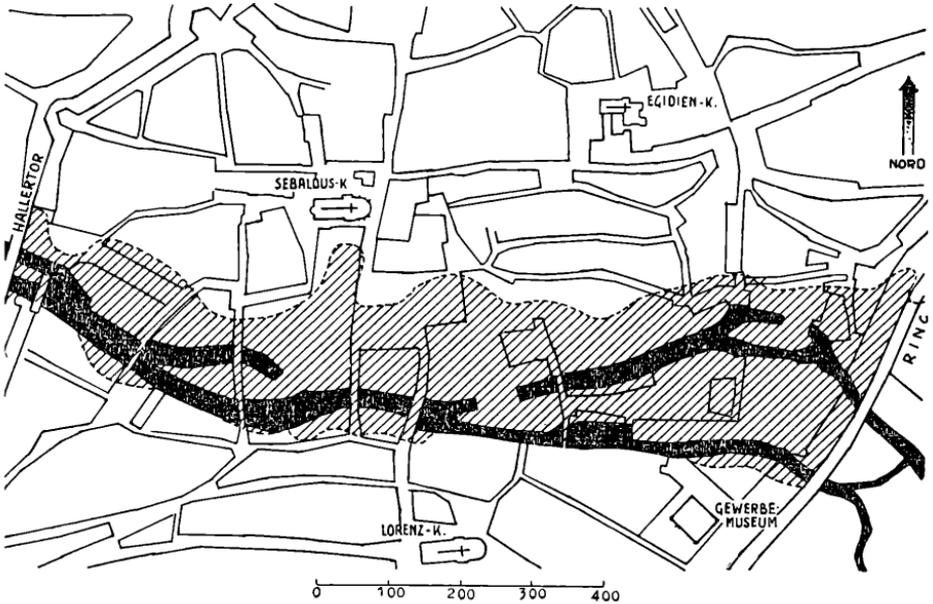


Abb. 16
Übersichtskarte über das Verbreitungsgebiet von Schluff im Untergrund der Altstadt

In den Aufschüttungsräumen der älteren Phasen sind organische Schluffe nicht so häufig, bzw. beschränken sie sich auf bestimmte Gebiete. Am interessantesten ist eine schwarze Tonschicht in der Auffüllung des Urtales I (Abb. 8). Zwar ist diese sehr dichte und feste schwarze Ablagerung in 25 m Tiefe als Ton zu bezeichnen; da sie jedoch überwiegend aus organischen Stoffen besteht, wird sie zweckmäßig im Zusammenhang mit den Schluffen genannt. Die 90 cm dicke Ablagerung ist auch insofern von den bisherigen Feststellungen über Schluffe abweichend, als sie fast unmittelbar über Grundschoffern erscheint. Aus der Gesamtbeobachtung schließen wir hier auf ein Zwischenstadium in der Aufschüttungsphase I oder auf einen Wechsel der klimatischen Bedingungen. Auf die Bautechnik haben diese Schichten natürlich bei der großen Tiefenlage keinen Einfluß mehr. Sie geben aber zu erkennen, daß sich organische Schluffe nicht nur auf die oberflächennahen Bereiche der Deckschichten beschränken, sondern auch in tieferen Lagen vorkommen können. Im übrigen wurden in der Aufschüttung des Ur-

tales I von der Südkaserne bis nach Reichelsdorf in höheren Bereichen keine Schluffvorkommen mehr festgestellt. Die Talfüllung ist im Gegenteil auffallend rein, nur stellenweise stark von Mittelkies durchsetzt, der sich örtlich in etwa 13 m Tiefe zu Schotterflächen verdichtet (Abb. 8).

Unangenehmer können für den Grundbau dagegen stärkere Schluffablagerungen in schmalen Erosionsrinnen des Keupers sein, wie an der Regensburger Straße und im Gebiet von Langwasser-Märzfeld. In der Märzfeldrinne z. B. befinden sich ansehnliche Schluffvorkommen teils in schwachen Streifen, teils in 2 m mächtigen Schichten. Auf Abb. 21 ist eine größere Verbreitzungszone aufgenommen, auf Abb. 17 wird der Schnitt durch die gleiche Rinne an einer anderen Stelle gezeigt und zwar weiter nördlich an der Salzbrunner Straße. Kennzeichnend für die Märzfeldrinne sind außer ihren stellenweise senkrechten Wänden im Bursandstein, die durchgehenden Schlufflagen auf ihre gesamte Erstreckung. Ob die Ablagerungen mit denen am Kongreßhallenbau (FICKENSCHER, 1938) gleichalterig sind, ist nicht sicher, aber wahrscheinlich. Beachtlich ist immerhin, daß verbreitete Schluffe in den Füllmassen unterirdischer Talsysteme im nordwestlichen Raum des sogenannten Reichsparteitaggeländes die Bautechnik dort von Anbeginn vor Gründungsprobleme stellte. Demgegenüber trafen beispielsweise zahlreiche Bohrungen in der verschütteten Talrinne von Fischbach — Valznerweiher — Waldluststraße nirgends Schluffe an. Man darf daraus wohl auf die Zugehörigkeit verschieden alter, verschütteter Seitentäler in die entsprechenden Haupttäler schließen, die oben als Urtäler genannt wurden. Heute ist es noch nicht möglich, das fossile, begrabene Gewässernetz zu koordinieren. Es wird nach weiteren Untersuchungen aber sicher einmal gelingen, um als praktisches Ergebnis die schluffreichen Talfüllungen von den reinen zu trennen.

Gelegentlich werden auch ganz junge Ablagerungen angetroffen, die sich als künstlich verschüttete einstige Wassergräben oder Weihermulden erweisen. So u. a. im Goldbachgrund bei Zerzabelshof, wo sich noch vor 50 Jahren Eisweiher befanden, in der Wilhelm-Löhe-Straße oder im alten Flughafengelände bei Marienberg und an anderen Orten. Derartige Graben- und Weiherablagerungen können zwei bis drei Meter unter der Erdoberfläche liegen und gegebenenfalls nicht nur mit Abraum, sondern auch mit Sanden bedeckt sein, je nach dem Material, mit dem sie verfüllt wurden.

Im Schrifttum findet sich bisweilen die Bezeichnung „anmooriger Boden“; so auch auf der Geologischen Karte von Nürnberg an zahlreichen Stellen des Nürnberger Stadtgebietes (FICKENSCHER, 1925). Diese Böden knüpfen sich in der Regel an feuchtes oder nasses Waldgelände, das bei oberflächennahem Bodenwasser von pflanzlichen Fäulnisstoffen bis durchschnittlich 0,50 m Tiefe durchsetzt ist. Es sind Bildungen der Gegenwart und der jüngsten Vergangenheit, also Alluvium. Für die Bautechnik haben diese Böden, außer etwa in Bezug auf Aushubleistungen, weniger Bedeutung, da sie kaum tiefer als 1,50 m unter die Oberfläche reichen. Wenn Wald und Busch entfernt sind, trocknen die seichten, über der normalen Gründungstiefe von Bauwerken liegenden Ablagerungen an sich aus und bilden dann eine stark humose oder torfmoorartige Schichte (z. B. ausgedehnt im Märzfeld). Bei hohen Grundwasserständen allerdings, wie im Gebiet von Kleinreuth h. V., Lohe, Ziegelstein oder in der Nähe von Reichelsdorf östlich der Bahnlinie,

ist der bisweilen einem Bruch ähnliche Untergrund kein ideales Baugelände. Um es baureif zu machen, wären vorherige Sanierungsmaßnahmen erforderlich.

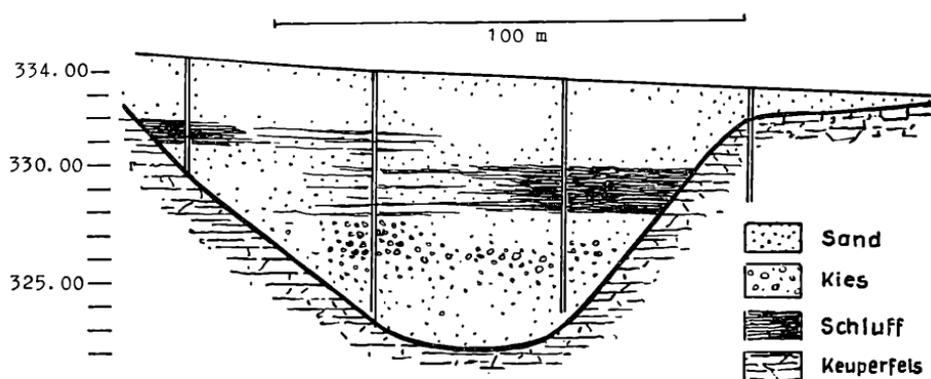


Abb. 17
Querschnitt durch die verschüttete Märzfeld-Rinne an der Salzbrunner Straße

d) Tone

Reine Tone wurden in den Talfüllungen als geschlossene und mächtigere Schichten noch nicht festgestellt; in größerem Umfang scheint es sie dort nicht zu geben. Kleinere Vorkommen können gelegentlich angetroffen werden. Dann sind es verschwemmte Keupertone, die auch in ganzen Stotzen aus den anstehenden, verschütteten Talhängen abrutschten. Häufig erscheinen Tone mit anderen Trümmern aus dem Keuper und mit Sanden oder Kiesen vermengt als Gehängeschutt, der sich zu einer Zeit ansammelte, als die Täler noch nicht von den jeweils folgenden Aufschüttungsphasen erfüllt waren. Dieser alte Gehängeschutt mit den verkneteten Tönen ist in der Regel so dicht und so innig mit seiner Keuper-Unterlage verbunden, daß er von ihr kaum zu unterscheiden ist. Er ist auch standfest wie der Keuper selbst.

Starke Verbreitung haben verschwemmte Keupertone in den Oberflächenablagerungen und dort naturgemäß besonders in der Nähe des Grundgesteins, von dem aus sie in die Umgebung ausstrahlen. Sie können dann die sandigen Füllungen von kleineren Rinnen im Keuper bis 1,50 m Mächtigkeit völlig überschütten und an der Geländeoberfläche gewachsenen Keuper vortäuschen. In den Deckschichten verursacht verschwemmter Keuper auch den bunten Ablagerungswechsel, weil er sich mit den Sanden vergesellschaftet. Überhaupt bedingen alle beschriebenen Bestandteile und die mechanischen Vorgänge, die sie bewegten, das charakteristische Aussehen und die Beschaffenheit des Nürnberger Bodens.

e) Dünen

Die seither beschriebenen quartären Deckschichten wurden vom Wasser transportiert und angehäuft. In den weiträumigen Niederungen und ihren Grenzbereichen gibt es außerdem noch Stoffe — vorwiegend Sande —, die vom Wind verfrachtet wurden. Man nennt sie auch äolische Ablagerungen.

Es sind die Dünen, die einen Bestandteil der jüngsten Landschaftsgeschichte darstellen.

Das Verbreitungsgebiet der Dünen ist im Nürnberger Raum nicht einheitlich. Bemerkenswerte Dünenzonen erstrecken sich im Norden von Marienberg nach Erlenstegen und darüber hinaus in außenmärkisches Gebiet nach Behringersdorf. Im Süden zieht sich eine Hügelkette aus Flugsanden vom Südfriedhof in Richtung Hoher Bühl und nach Feucht. Daß sich zwischen den Vorkommen im Norden und jenen im Süden ein ausgedehnter dünenfreier Raum befindet, ist auffallend. Ob die Ursache dafür geologisch-geographischer Natur ist, oder ob in diesem Gebiet sämtliche Dünen allmählich der Bausandgewinnung seit der Besiedlung zum Opfer gefallen sind, ist heute kaum mehr zu ergründen. Eines kann sicher vorausgesetzt werden, Dünen sind im Nürnberger Raum ehemals viel zahlreicher gewesen als heute. FICKENSCHER schreibt z. B., daß sich ein Dünenzug vom Dutzendteich über den Luitpoldhain bis zur ehemaligen Einöde Forsthof zog und von niederem Föhrenwald bestanden war. Ich entsinne mich selbst noch dieses Zustandes, der geraume Zeit nach der Jahrhundertwende vorlag. Wer sich das Gebiet heute betrachtet, der mag ermesnen, welche Veränderungen sich in einer Naturlandschaft innerhalb kurzer Zeit, durch Menschenhand hervorgerufen, vollziehen. Da Dünen nur einen sterilen, trockenen Boden darstellen, auf dem selbst die Kiefer nur ein kümmerliches Dasein fristen kann, wurde der Sand vielfach für Bauzwecke abgefahren und das Gelände eingeebnet. Manche Dünen, aus naheliegenden Gründen besonders große, sind erst in den letzten Jahren abgetragen worden, um den enormen Bedarf an Bausand für den Wiederaufbau Nürnbergs zu decken.

Ihrer äußeren Erscheinung nach sind Dünen langgezogene Geländewellen bzw. Flachhügelketten mit Längen von 100 bis 1500 m. Die durchschnittliche Höhe beträgt 3 m, doch erreicht ein solches Gebilde gelegentlich auch 10 m. Ihre Achsen verlaufen im allgemeinen von West nach Ost oder auch um ein geringes davon abweichend. Diese Anordnung entspricht der Windrichtung, aus der die Flugsande angeweht wurden. Seltener erscheinen „Querdünen“, die mit ihrer Breitseite gegen den Wind stehen (BERGER, 1951, S. 70). Auch Bogen- oder Sieldünen treten den gestreckten Dünen gegenüber in der Zahl zurück. Mächtige Gebilde dieser Art finden sich in den Wäldern von Feucht. BERGER hat sie außerdem bei Erlangen und bei Mannhof festgestellt. Er nimmt an, daß die Formen von der Entfernung der Ausblasungsgebiete abhängen. Diese Gebiete sind in den verwitterten Sandsteinen des Keupers und in den älteren Deckschichten westlich der Ablagerungsräume zu suchen. Mit der Entfernung vom Ausblasungsgebiet hängt auch die abnehmende Korngröße der Sande zusammen; es erfolgte eine Korngrößensortierung beim Windtransport.

Der Aufbau der Dünen ist asymmetrisch. Mit der dem Wind zugewendeten Seite (Luvseite) steigen sie flach an, im Windschatten (Leeseite) sind sie steiler gebösch.

Die Dünen sind in zwei Dünenstockwerke zu trennen, wenn „eine neue Düne auf eine bereits bestehende aufgeweht wurde“ (BERGER, S. 73). Die Unterschiede haben klimatische Ursachen, indem zwei vegetationsarme Epochen von einem Zeitabschnitt mit höherer Vegetation unterbrochen wurden (BRUNNACKER, 1955). Kahle Sandflächen begünstigen eine

Ausblasung, Pflanzenwuchs hemmt oder verhindert sie. Nach BRUNN-ACKER ist das „Obere Dünenstockwerk“ mit seinen feineren Korngrößen aus dem unteren ausgeblasen, also nur auf örtlich beschränktem Raum umgelagert worden.

Hauptbestandteile der Dünen sind Quarzsande im Mengenverhältnis von 93 bis 96 %. Die Korngrößen betragen im Mittel 0,4 bis 0,5 mm. Auch Korngrößen von 2,00 bis 5,00 mm Durchmesser kommen in Schichtung oder vereinzelt vor (BERGER, S. 74).

Nach BRUNNACKER ist die Entstehung des unteren Dünenstockwerkes in die ältere Tundrenzeit einzureihen, was etwa der ausklingenden letzten Eiszeit entspricht. Das obere Dünenstockwerk wird der jüngeren Tundrenzeit zugestellt, die in das Postglazial überleitet. Demgegenüber verlegt BERGER den Beginn der Dünenbildung in das Postglazial bzw. Präboreal (S. 74).

Im Zusammenhang mit der äolischen Wirkung sind hier noch die sogenannten Windkanter zu erwähnen. Das sind kleinere und größere Gesteinsstücke, meist Quarze und Hornsteine, die vom Sand zugeschliffen wurden, den der Wind über den Boden fegte. Diese vielfach als längliche „Dreikanter“ vorkommenden Streustücke in den sandigen Deckschichten, fallen vor allem durch ihre fein polierte Oberfläche auf. Sie werden daher mitunter fälschlich für vorgeschichtliche Werkzeuge, etwa Faustkeile, gehalten. Da den Flugsanden für das Bauwesen offenbar nicht mehr die frühere Bedeutung zukommt — es wird mehr zu den Flußsanden der Talterrassen gegriffen —, möge diese kurze Erörterung der wesentlichen Daten aus dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse über die Dünen unseres Gebietes genügen.

f) Kulturablagerungen als Beitrag zu den Deckschichten

Bei der Zweckbestimmung dieses Handbuches kann nicht darauf verzichtet werden, abseits vom eigentlich geologischen Stoff auch auf künstliche Ablagerungen einzugehen, die als Folge von Kulturvorgängen in einem Siedlungsraum entstehen. Sei es, daß es sich nur um die Umwälzung von Bauaushub handelt, oder sei es, daß es um den Kulturabfall einer großen Siedlungsgemeinschaft geht.

Im Verlauf von Jahrzehnten oder sogar Jahrhunderten ist der Ausstoß an Kulturschutt in einer Stadt gewaltig. Besonders der Trümmerschutt, der nach dem zweiten Weltkrieg aus Nürnberg entfernt wurde, hat die Deckschichten im Nürnberger Raum örtlich ungemein bereichert. Vorher war es die Verlagerung von Bodenaushub für die Bauten der Reichsparteitage, des Deutschen Stadions, der Ringbahneinschnitte usw. So findet sich besonders im Osten und Südosten Nürnbergs kaum mehr ein Fleck Erde, der nicht mindestens einmal umgelagert oder von ortsfremden Stoffen überlagert worden wäre. Besonders in den Wäldern an der Regensburger Straße entstand ein bewegtes Relief aus Wällen und Hügeln, deren Material vom Bahnbau im vergangenen Jahrhundert über die Baugrube Stadion bis zu Betonklötzen aus der Trümmerbeseitigung mit einer der Schuttbahnen reicht, die in den Jahren 1947 bis 1949 betrieben wurden.

Im Stadtgebiet gibt es also künstliche Auffüllungen, die örtlich einen bestimmenden Anteil am Untergrund ausmachen können. Die allgemein in

Wohngebieten vorhandene Schuttstreuung kann hier als bedeutungslos übergangen werden. Beachtenswert werden erst die Bauschutt- und Müllanhäufungen, die manchmal bis zu 10 m Höhe angewachsen sind. Für die Bautechnik können sie eine unangenehme Überraschung bilden, wenn sie planiert und bewachsen dem übrigen Gelände angepaßt und nicht mehr erkennbar sind.

Alle künstlichen Auffüllungen heute noch lageplanmäßig zu erfassen und nachzuweisen, ist nicht möglich, da der Anfall von Abraum sicher so alt ist, wie die Siedlungsgeschichte Nürnbergs. Anzunehmen ist, daß die ältesten Aufhöhungen im Altstadtgebiet an der Pegnitz begannen. Bekannt sind aus Bodenaufschlüssen die Schuttablagerungen im Umkreis der Fleischbrücke und im Raum des Hauptmarktes geworden. Sie erreichen 3 bis 4 m Höhe, an manchen Stellen noch mehr. Bemerkenswert sind mächtige Knochenanhäufungen an der ehemaligen Fleischhalle. Überhaupt ist dieses Gebiet eine Fundgrube von Zeugnissen alter Kultur. Mauergewölbe, Brunnen, Holz- und Bleirohrleitungen, Reste von Knüppeldämmen und Fischtrögen ruhen dort mit, oder besser auf den früher besprochenen Schluffen im Untergrund, so daß der Hauptmarkt, das Herzstück Nürnbergs, ein wahres Sammelbecken an historischer Hinterlassenschaft ist. Auch an anderen Stellen, wie in Thon, wurde tief unter der heutigen Fahrbahndecke aus Asphalt ein Bohlenweg, etwas höher ein Katzenkopf-Pflaster und dann Auffüllung vorgefunden.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß Kulturfunde jeder Art, die bei Tiefbauarbeiten angetroffen werden, nicht kurzerhand zerstört oder wieder zugeschüttet werden sollen. Oft geschieht das, weil Verzögerungen im Arbeitsfortschritt befürchtet werden, wenn zuständige Stellen von diesen Funden erfahren. Eine Verständigung solcher Stellen, wie das Germanische Nationalmuseum oder die Naturhistorische Gesellschaft in Nürnberg, wäre auf jeden Fall angebracht, wenn Zeugen der Vorgeschichte Nürnbergs angetroffen werden, um ideelle Werte, die der Nichtfachmann kaum beurteilen kann, sicherzustellen.

Der historischen Verankerung wegen ist hier auch noch zu bemerken, daß nach dem Kriege im ganzen Stadtgebiet bei Erdbewegungen wiederholt leichte und schwere Sprengkörper bloßgelegt wurden, die nicht detoniert waren und deren Entschärfung oder Beseitigung nicht immer ohne ernste Folgen verlief.

Daß die Ufermauern der Pegnitz hinterfüllt und das anschließende Gelände vielfach mit Schutt aufgehöhht ist, wurde in anderem Zusammenhang schon gesagt. Ein beliebtes Auffüllungsgelände war ganz allgemein der Pegnitzgrund in Anlehnung an die Talterrassen. Er ist es auch heute noch. Dort werden die Einbuchtungen, die durch das Pendeln des Flusses in die Talränder geschnitten sind, gerne mit Abraum geschlossen. Künstliche Terrassenverlängerungen, die sich aus Schutt aufbauen, sind ohne Bodenuntersuchung nicht von den natürlichen Sandterrassen zu unterscheiden. Vor allem dann nicht, wenn die oberen Schichten mit Sand überschüttet wurden, was oft der Fall ist. Man rechnet zwar allgemein, daß die natürliche Verdichtung von Auffüllungen in zwanzig Jahren restlos abgeschlossen ist, doch hängt der Zeitpunkt einer Verdichtung von der stofflichen Zusammensetzung ab, die recht verschieden sein kann. Wenn man bedenkt, daß Bauschutt, Sandsteinquader, Betontrümmer, Müll, Fuhren von Laub und sonsti-

ger organischer Abfall auf solchen Plätzen angefahren werden, dann ist naheliegend, daß ein derart buntes Bodengemisch zu baulicher Vorsicht mahnt, auch wenn es schon lange liegt. Sowohl Aushub, als auch Belastungsfähigkeit bedürfen eines besonderen Augenmerkes. Die statischen Eigenschaften können nur durch bodenmechanische Untersuchungen mit Sicherheit ermittelt werden.

Verlängerte Terrassen aus Abraum finden sich an der Ostendstraße, am Prinzregentenufer, an der Brückenstraße, Reutersbrunnenstraße und Fuchsstraße, um nur einige zu nennen. Um die Jahrhundertwende wurde u. a. auch der Goldbachgrund an der Goldbachstraße mit Müll aufgefüllt und die Talbreite dadurch wesentlich eingengt. Ebenso sind im Flachgelände solche Anhäufungen vorhanden, wie hinter dem Zeppelfeld der sogenannte „Feldherrnhügel“, ein Schuttberg, und im Luitpoldhain, wo sie noch von der Landesausstellung 1906 herrühren. Daß ein Teil der ehemaligen Baugrube für das „Deutsche Stadion“ hinter den Flachweihern mit dem strategischen Endprodukt der letzten Kriegseinwirkung auf Nürnberg durch die Schutträumung aufgefüllt wurde, ist noch zu frisch in Erinnerung, als daß es so bald vergessen werden könnte.

Überhaupt liegen in den Zerstörungen des letzten Krieges, in eingefüllten mächtigen Bombentrichtern, Bunkerresten und Stellungsbauten oft unberechenbare Faktoren im Untergrund, die erst bei Aushubarbeiten in Erscheinung treten können.

Sowohl für die Schuttablage, als auch für die Auffüllung von tieferen Weihern und Gräben wäre im Interesse des Bauwesens in Zukunft eine amtliche kartenmäßige Festlegung angebracht. Die Praxis ergab, daß über solche Fragen nur recht mangelhafte Auskünfte gegeben werden konnten.

F. Schlußbemerkungen für die Bautechnik zum geologischen Teil

Die Ausführungen zeigen, daß der Nürnberger Untergrund allein in seiner stofflichen Zusammensetzung und seiner Struktur äußerst mannigfaltig ist. Auf das Grundwasser, das die Verhältnisse weiter variieren kann, wird noch besonders einzugehen sein. Zuvor ist eine zusammenfassende bautechnische Charakterisierung der verschiedenen Bodenarten angebracht.

Der Bautechniker stellt konkrete Fragen an den Untergrund-Experten. Sie betreffen vor allem **die Härte, die Standfestigkeit und die Tragfähigkeit** des Bodens. Antworten auf diese Fragen können hier wegen der vielfältigen Möglichkeiten nur allgemeiner Natur sein.

Das **Keuper-Grundgestein** ist in seinen Oberflächenbereichen, das heißt bis rd. 2 m Tiefe unter der jeweiligen Keuper-Oberkante, in der Regel als mittelhart bis hart zu bezeichnen. Das entspricht etwa den Bodenklassen 2.24 bis 2.27 der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB, 1958, Teil C). In Tiefen ab 2 m erscheinen gebietsweise oft Bänke oder Linsen von etwa fünf bis dreißig Meter waagerechter Ausdehnung, die aus sehr harten und dichten Gesteinen, wie Dolomit, Quarzit und dergleichen bestehen. Sie sind gegebenenfalls nach 2.28 der VOB zu bewerten. Von diesem harten Gestein kann der Keuper im Aushub einer Baugrube von mitt-

lerer Tiefe und Ausdehnung manchmal bis zu 20 % enthalten. Auch mit maschinellen Geräten ist dann nur ein mäßiger Aushub-Fortschritt zu erzielen. In der Baugrube besitzen die Keupergesteine, solange sie noch unter Bergspannung stehen, eine erheblich höhere Festigkeit, als im aufgebrochenen Zustand. Laufende Ausschachtungen (Kanalbau, Leitungsbau usw.) sind in solchen Gesteinen zweckmäßig frontal und nicht von oben nach unten zu betreiben. Ist vor dem Beginn von Ausschachtungen zur Veranschlagung eine vollkommen sichere Beurteilung der Härte des Keupersfels erwünscht, so kann nur eine Kernbohrung zu eindeutigen Ergebnissen führen. Bohrlochdurchmesser von 76 mm entsprechen den Vorschriften, falls nicht für besondere Zwecke andere Durchmesser gefordert werden.

Der Keuper besitzt hohe Standfestigkeit. Als Regel kann gelten, daß Einschaltungen in ihm nicht erforderlich sind. Ebenso ausgezeichnet ist die Tragfähigkeit. Die heute übliche Belastung für schwerere Bauwerke von 3 bis 4 kg/cm² wird bei gleichmäßiger Untergrundausbildung von der Bautechnik meist ohne bodenphysikalische Untersuchung aus der Erfahrung als unbedenklich angesehen. Gegen die Richtigkeit dieser Auffassung sind keine Einwände zu erheben. Da der Untergrund gebietsweise auch aus kompaktem Fels besteht, stellt eine Bodenspannung von 4 kg/cm² bei weitem noch nicht den Grenzwert nach oben dar. In mächtigen, ton- und kavernenfreien Blasen- und Burgsandstein-Schichten sind Bodenpressungen von 8 bis 10 kg/cm² durchaus möglich.

Anders steht es mit den **Deckschichten**. Die oberflächennahen Sande entsprechen den Bodenklassen 2.21 und 2.23, in Ausnahmefällen auch 2.24. Selten sind die Sande so verdichtet und gebunden, als daß sie nicht schon bei geringer Aufschlußtiefe abgebösch oder versteift werden müßten. Bei starker Austrocknung des Bodens rieseln die Sande bisweilen durch die Fugen undichter Schalungen.

Da die Tragfähigkeit der Sande bekanntlich auch von der Gründungstiefe abhängt und die Voraussetzungen dazu recht unterschiedlich sein können, sind es die Belastungsmöglichkeiten ebenfalls. Bei den alten Aufschüttungssanden, das heißt bei den Füllungen der alten Talrinnen sind nach vorausgegangener einwandfreier Klärung der Bodenverhältnisse in 5 bis 6 m Tiefe Pressungen von 5 bis 6 kg/cm² noch zulässig. Im übrigen gibt darüber DIN 1054 - 4.21 hinreichend Auskunft, sofern man nicht vorzieht, bei der Planung mit hohen spezifischen Lasten und bei unsicherem Baugrund eine bodenmechanische Untersuchung durchführen zu lassen.

Bei den oberflächenfernen, also bei den tiefer gelegenen Sanden, kann im allgemeinen Bodenklasse 2.24 oder 2.22 angenommen werden. Die Kategorie „schwerer Boden“ (2.26) ist in den Deckschichten des Nürnberger Raumes meist kaum zu erwarten. Eine Ausnahme bildet das Pegnitztal. Der junge Talgrund kann im Stadtgebiet infolge des jahrhundertealten Kulturablaufes auf ihm ein recht mannigfaltiges, derbes und schwer zu hebendes Bodengut enthalten, wie bereits wiederholt festgestellt wurde.

Die bautechnisch bedenklichsten Ablagerungen stellen organische Schluffe, Faulschlamm, Torfmoorböden und ähnliches dar. Ob sie in jedem Falle in der Bodenklasse 2.22 unterzubringen sind, wie sie die VOB einordnet, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. Wie die Erfahrung lehrte, können in den Faulschlamböden mächtige Baumstämme und Äste mit gegen-

seitiger Verspreizung eingelagert sein, deren Beseitigung eine ansehnliche Leistungsmehrung bedingt. Auch alte Pfahlgründungen stecken nicht selten im Schluff des Altstadtgebietes.

Schlufflager besitzen durchschnittlich zwei Meter Mächtigkeit. Sie sind sehr labile, wasserbindende und im Grundwasser „breiige“ Böden, womit sie praktisch nicht tragfähig sind. Gegebenenfalls erscheinen diese dunkelgrauen bis schwarzen Schichten unter hellen, reinen und festgelagerten Sanden, wo sie kaum vermutet werden. Daher empfiehlt es sich, Versuchsbohrungen in den Talfüllungen stets so weit unter die vorgesehene Gründungstiefe zu führen, daß etwa vorhandener Schluff keine unbekannte Größe in der statischen Veranschlagung darstellen kann.

Die größte Sorgfalt in der grundbautechnischen Beurteilung bedürfen die Randbezirke der Urtäler und deren seitliche Rinnen, die durch Deckschichten verhüllt sind. Dort bestehen durch das Vorhandensein von Fels einerseits und Sand oder Schluff andererseits ungleiche Voraussetzungen für die Bodenpressung. Dem Bauplaner wird es die Kartenbeilage I ermöglichen, sich im allgemeinen über derart bedenkliche Bereiche zu unterrichten.

Über Schürfgruben und Bohrungen wird im Anschluß an den hydrologischen Teil noch gesondert berichtet (S. 124).

IV. Die Hydrologie des Nürnberger Raumes

Funktion, Art und Anordnung der Wasservorkommen

Eine Untersuchung und Darstellung der hydrologischen Verhältnisse im Nürnberger Raum kann von der Voraussetzung ausgehen, daß der einstige natürliche Zustand, wie er vor der Besiedlung vorgelegen hatte, nicht mehr besteht. Seit alters her hat der Mensch bis auf den heutigen Tag durch vielseitige Maßnahmen den Wasserhaushalt der Natur beeinträchtigt und dabei das ursprüngliche Bild verändert. Das zwingt zum Verzicht, hydrologische Beurteilungen auf eine natürliche Ausgangsebene zurückzuführen. Selbst im gegenwärtigen hydrologischen Bild sind wegen der gebietsweise schwankenden Entnahme und dem fortwährenden Entzug von Grundwässern noch schwer erfaßbare Faktoren enthalten. Allerdings sind die Einflußbereiche, die vom Menschen ausgehen, örtlich abzugrenzen. In der Oberzone des Grundwassers, das gelegentlich auch als „Baugrundwasser“ bezeichnet wird, gestaltet vor allem das ständig ausgreifende Netz der Abwasserkanäle die Verhältnisse um. In den tieferen Wasservorkommen sind es die Bohrbrunnen und die wechselnde Entnahmemenge aus ihnen, die eine Stabilisierung des hydrologischen Zustandes verhindern. Dazu kommt die teilweise unmittelbare Ableitung des Niederschlagswassers aus den bebauten und befestigten Bodenflächen der Stadt über die Abwasserkanäle unmittelbar in die Pegnitz. Es ist Wasser, das einst dem Untergrund zugute kam und das Grundwasser mit speiste. Innerhalb des zugrundeliegenden Niederschlagsgebietes für Nürnberg macht es jährlich einen Betrag von rd. acht Millionen Kubikmeter aus.

Zu den technischen Vorgängen kommen noch die niederschlagsbedingten Schwankungen im Grundwasser, so daß in einem Großstadtgebiet durch das Zusammenwirken verschiedener Ursachen für die Beurteilung einschlägiger Fragen manche Schwierigkeiten auftreten können. Diese Tatsache ist zu berücksichtigen und es ist verständlich, daß Aussagen über hydrologische Erscheinungen oft nur allgemeiner Art sein können. Die Beurteilung von Ergiebigkeiten und Spiegelhöhen ist wegen der ständig in Fluß befindlichen baulichen Ereignisse besonders in den oberflächennahen Wasserbereichen unter Vorbehalten zu machen. Sie sind auch von k ü n f t i g e n Einflüssen abhängig, mit denen der Mensch auf den Wasserhaushalt einwirkt.

Eine Feststellung kann jedoch ohne historische Bezugsquellen als zutreffend gelten: der G r u n d w a s s e r s p i e g e l ist in der letzten geschichtlichen Vergangenheit g e s u n k e n . Zu diesem Schluß zwingen nicht nur unmittelbare Beobachtungen; auch die Summe der bekannten Eingriffe sprechen für diese These. Sie werden im Verlauf der weiteren Ausführungen sichtbar. Durch das Sinken des Grundwasserspiegels muß im gesamten gesehen auch der G r u n d w a s s e r v o r r a t zurückgegangen sein, da Funktion und Ergebnis einen gesetzmäßigen Zusammenhang haben. Ebenso kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die G r u n d w a s s e r b e s c h a f f e n h e i t mit der Besiedlung verändert wurde und zwar aus naheliegenden Gründen ungünstig. Zweifellos ist durch die Zerbombung der Stadt und deren Folgen der Untergrund gebietsweise stark verunreinigt

worden. Bauschutt und Müll wurden in wassergefüllte Bombentrichter geschüttet, gelegentlich sind Säuren, wie in Schweinau, oder Treiböle, wie im Dutzendteich, im Luitpoldhain usw. in größeren Mengen im Boden versickert. Mit dem wachsenden Verbrauch an flüssigen Kraft- und Heizstoffen nimmt bei aller behördlicher Vorsorge die Gefahr einer Verschmutzung des Grundwassers weiterhin zu. Wenn man schließlich bedenkt, daß schon vom Mittelalter an bis zum Beginn der ersten Kanalisation in Nürnberg nachweisbar Aborteinrichtungen der Altstadt in Brunnen geleitet wurden (v. SCHUH, 1906, S. 411), dann ist leicht einzusehen, daß von natürlichen hydrologischen Verhältnissen im Nürnberger Raum schon lange nicht mehr die Rede sein kann. Der veränderte oder durch Verrohrung beseitigte Oberflächenabfluß, wie beim Fischbach, beim Neuselsbrunngraben und bei anderen Gewässern, soll dabei unberücksichtigt bleiben, denn er ist mehr ein optischer Befund ohne quantitative oder qualitative Folgen.

Die in knappen Umrissen gegebene Darstellung ist der sorgenvolle Inhalt weltweiter Überlegungen in den Fachkreisen aller Kulturgemeinschaften mit dichter Besiedlung, wachsender Industrialisierung und den sonstigen Errungenschaften eines modernen Daseins. Sie greifen bis hinab in scheinbar bedeutungslose, weil selbstverständliche Bereiche des täglichen Lebens, wie es etwa das zunehmende Verlangen nach gehobener Hygiene darstellt. Es zeichnet sich in einem ebenso zunehmenden Prokopf-Verbrauch an Wasser ab. Dazu kommen Probleme der Heizöllagerung, der Fäkalienbeseitigung, der Abwasserklärung und dergleichen mehr, welche die Behörden in Atem halten. Gerade diese Belange, die alle Glieder einer engen Siedlungsgemeinschaft berühren, sollten Anlaß genug sein, Verständnis bei jedem Einzelnen für die Maßnahmen zu wecken, die aus großer und fachlich beherrschender Sicht von den zuständigen, berufenen Stellen auf dem Verwaltungs- und Gesetzesweg getroffen werden. Die einschlägigen Verordnungen sollen dazu führen, daß die hydrologischen Verhältnisse nicht noch unzulänglicher werden, als sie es ohnehin schon sind. Sie wirken zum Nutzen der menschlichen Gemeinschaft und vor allem auch zum Nutzen derer, die nach uns kommen.

Ich denke, es war hier der Platz und auch ein begründeter Anlaß dazu, einleitend auf diese fundamentalen Fragen zur Hydrologie hingewiesen zu haben. Dem Bauingenieur oder ähnlichen Mittlern zwischen Behörden und Auftraggebern obliegt es in der Regel, diesen den Sinn bestehender Vorschriften über den „Umgang mit Grundwasser“ klarzumachen. Dazu dient vor allem auch das Wasserhaushaltsgesetz (WITZEL).

A) Allgemeines

Zunächst sind einige grundsätzliche Erläuterungen zum Thema Hydrologie im Nürnberger Untergrund zu geben. Unter Grundwasser wird allgemein das Wasser verstanden, das den Untergrund erfüllt. Es tritt hier als normales Grundwasser und als schwebendes Grundwasser auf. Allgemein bekannt ist das normale Grundwasser, das einen in waagerechter Ausdehnung und in verschiedene Tiefen reichenden, zusammenhängenden Wasserkörper darstellt. Seine Zerlegung in einzelne Zonen ist von der Ausbildung des Gesteins abhängig oder von der Oberflächengestalt. Gesteine mit höherem Hohlraum- und

Porengehalt können mehr Grundwasser aufnehmen, speichern und bei Bedarf abgeben, als solche mit geringerem Hohlraumgehalt oder ungünstiger Hohlraumform. Daher sind Sandsteine in der Regel wasserführender als tonige Gesteine, Schotter wasserführender als Sande. Reine Tone oder Mergel oder Letten sind praktisch wasserfrei. Diese können wassertragende Unterlagen bilden, weshalb sie als **Wasserträger** zu bezeichnen sind, während die wasserführenden Gesteinsbereiche die **Wasserleiter** darstellen. Staut sich Wasser auf Tonschichten oberhalb der normalen, zusammenhängenden Spiegelfläche des Grundwassers, so bildet sich **s c h w e b e n d e s G r u n d w a s s e r**. Gelegentlich finden sich „Wasseradern“ oder Gerinne im Gestein, wenn es von Spalten durchsetzt ist. Dann kann auch toniges Gebirge wasserergiebig sein. Doch sind solche Fälle selten, denn Spalten im Keuper sind in der Regel wegen ihrer Geschlossenheit wasserunwegsam.

In der Nomenklatur des Brunnenbaues werden diese Eigenschaften als höhere oder geringere Ergiebigkeit, gegebenenfalls als Unergiebigkeit ausgedrückt. Das hydrologische Prinzip gilt auch für Wasserhaltungen im Grundbau.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die unterirdische Hydrologie, die Art, Verbreitung, Gliederung und Menge des Grundwassers im wesentlichen unmittelbar von der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes abhängt. Die Abhängigkeit ist also vor allem an die Verteilung toniger und sandiger Bereiche im Gestein geknüpft. Der weiträumige Zusammenhang des Grundwassers besteht zur Tiefe mindestens bis zu den sehr tonigen Estheriensichten (S. 24). Diese Schichten werden von geologischer Seite allgemein als das trennende Medium des Grundwassers in der senkrechten Anordnung betrachtet, da sie als weitgehend undurchlässig gelten. Die Trennung äußert sich in der Praxis dadurch, daß das Wasser im Benkersandstein, der unter den tonigen Estheriensichten liegt, etwas häufiger gespannt erscheint, als es in den darüber folgenden Lehrberg- und Blasen-sandsteinschichten der Fall ist. Eine Leiterscheinung für den einen oder anderen Horizont ist der hydraulische Zustand eines Grundwasservorkommens aber nicht. Beständiger ist dagegen der vielfach vorhandene Unterschied in der chemischen Beschaffenheit des Wassers zwischen den Vorkommen unterhalb der Estheriensichten und denen oberhalb. Die Wässer aus tieferen Schichten sind zumeist mineralstoffreicher als die höher gelegenen. Aber auch das ist kein verlässliches Merkmal zur Entscheidung über die Herkunft der Wässer. Gewisse Umstände, teils natürlichen, teils künstlichen Ursprungs, bewirken, daß mit solchen Unterschieden nicht immer und überall zu rechnen ist. Denn die Estheriensichten haben vor allem in südlichen Gebieten sandige Fenster, durch die ein Wasseraustausch zwischen unten und oben möglich ist. Außerdem kann die Mächtigkeit dieses undurchlässigen Horizontes bis auf rd. 12 m schrumpfen (v. FREYBERG, Bohrung 53^d, 121, 131^{a-c}), wodurch ein weiträumiger Zusammenhang der Estheriensichten als Wasserträger bzw. als Trennschicht zum Benkersandstein schon durch verhältnismäßig unbedeutende Verwerfungen unterbrochen wird. Schließlich bietet die Perforierung der Estheriensichten durch zahlreiche Tiefbohrungen im Stadtgebiet Möglichkeiten zu Austauschströmungen zwischen hangenden und liegenden Wasserzonen, da mit den ständigen Förderungen auch eine fortwährende Bewegung des Grundwassers erfolgt. Von den etwa 130 bekann-

ten Tiefbrunnen, die bis jetzt in Nürnberg insgesamt gebohrt wurden, stoßen nämlich 35 bis in den Benkersandstein vor und durchhörtern damit alle Keuperschichten, aus denen Wasser bezogen wird.

Durch diese Voraussetzung wird der große innere Zusammenhang des Grundwassers geschaffen und sogenannte Wasserstockwerke, die durch trennende Tonschichten entstanden, sind in horizontaler Erstreckung regional beschränkt. In der Tat sind also alle Wasservorkommen, die für eine wirtschaftliche Erschließung überhaupt in Frage kommen, unmittelbar oder auf Umwegen untereinander verbunden.

Wenn eine Separierung von Wasservorkommen in der Senkrechten nur unter diesen besonderen Gesichtspunkten zu betrachten ist, so ergeben sich wirkliche Trennungen noch viel weniger in der waagerechten Ausdehnung. In dieser Ebene ist das Grundwasser überhaupt nicht mehr unmittelbar vom geologischen Zustand abhängig, sondern nur von den orographischen Verhältnissen, das heißt, von der Geländegestaltung. Der Grundwasserkörper wird in seiner Breitenanlage in natürliche „Bereiche“ gegliedert, die von den Wasserscheiden, also von den Flußgebietsgrenzen vorgezeichnet sind. Man nennt sie auch „Einzugsgebiete“; mit ihnen decken sich die „Niederschlagsgebiete“. Es bestehen also keine unterschiedlichen Erscheinungen, die, wie in der Lotrechten, eine örtliche Trennung von Wasservorkommen erkennen lassen, sondern ausschließlich hydrologische. Alle hier mitgeteilten Gegebenheiten sind für die Praxis und vor allem für die Beurteilung des Wasserhaushaltes von grundsätzlicher Bedeutung.

Zur Erkundung der einschlägigen Verhältnisse gibt es verschiedene Verfahren. Der hydrologische Zustand und das hydraulische Verhalten eines Wasservorkommens im Untergrund sowie die Auswirkung einer Entnahme auf die Umgebung, kann nur durch Beobachtungen und Messungen, also auf dem Wege der Erfahrung, festgestellt werden. Deshalb sind einige Forderungen an Brunnenbauer und ihre Auftraggeber zu richten, um diese Auswirkungen im einzelnen kennenzulernen. Zum Verständnis aller weiteren Ausführungen über das Grundwasser sind hier die wenigen fundamentalen Vorgänge kurz zu behandeln, die zur Klärung der Probleme geeignet sind. Sie finden sich für Theorie und Praxis ausführlich in jedem hydrologischen Lehrbuch, wobei besonders auf MUTSCHMANN und STIMMELMAYR verwiesen wird (1961). Allgemeine Richtlinien finden sich außerdem in den DIN-Vorschriften 18 302.

Wichtig ist, daß an Brunnenbohrungen im Anschluß an ihre Beendigung Pumpversuche ausgeführt werden. In der Regel genügt dem Auftraggeber, zu wissen, ob er die benötigte Wassermenge aus dem angelegten Brunnen beziehen kann. Der Pumpversuch sollte aber in einer Weise durchgeführt werden, nach der die Charakteristik des erschlossenen Wasservorkommens erschöpfend erfaßt wird. Nur so ist es später möglich, mit Sicherheit festzustellen, ob der Brunnen in seiner Leistung nachgelassen hat, gegebenenfalls um welchen Betrag und welche Ursachen dafür vorliegen. Alte Brunnen mit verockerten oder sonstwie eingeengten Filterdurchlässen sind zur Feststellung des ursprünglich erbohrten Zustandes nicht mehr geeignet. Deshalb besteht um so mehr Anlaß dazu, den Urpumpversuch weitest-

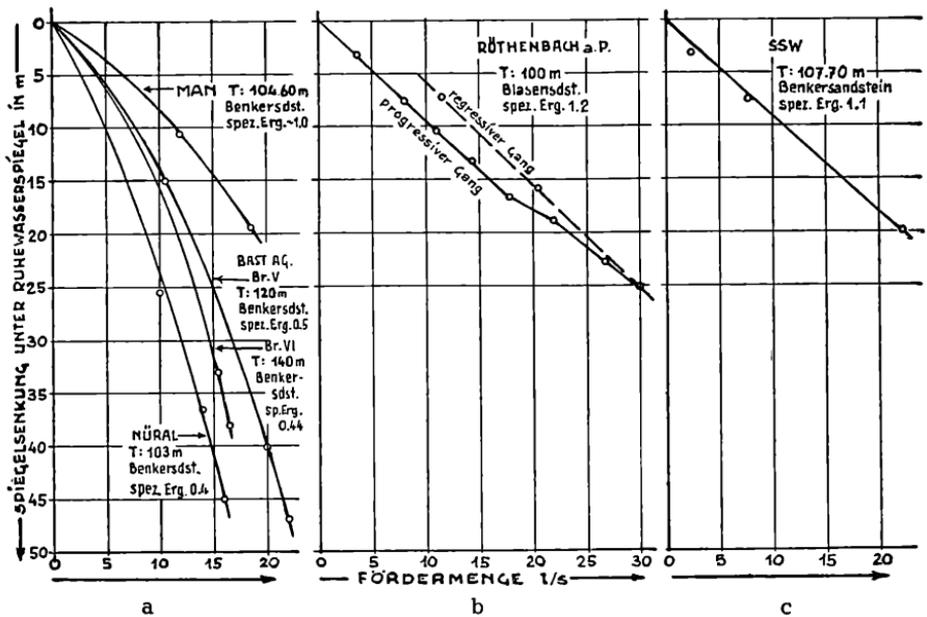


Abb. 18

Bezugskurven der spezifischen Ergiebigkeit an Bohrbrunnen im Raum von Nürnberg

gehend auszuwerten. Vorauszusetzen ist, daß die allgemein vorgeschriebenen hydrologischen Beobachtungen während des Bohrens ordnungsgemäß durchgeführt und niedergelegt wurden, so daß einschließlich dieser Vorrichtungen folgendes zu tun ist:

1. Spiegellage des Grundwassers bei seinem ersten Auftreten in der Bohrung feststellen.
2. Spiegelbewegungen während des Bohrens, also das etwaige Steigen oder Fallen des Bohrlochwasserspiegels festhalten und die Sohlentiefe des Bohrloches notieren, bei der das Ereignis eingetreten ist (Messungen morgens vor Beginn des Bohrens, da sich das Grundwasser während der Ruhezeit am sichersten einspiegelt).
3. Durchführung eines Pumpversuches.
 - a) Messung des Brunnenspiegels vor dem Pumpen.
 - b) Messung des abgesenkten Brunnenspiegels und der entsprechenden Fördermenge an einigen Zwischenpunkten während allmählicher Steigerung der Entnahme bis zur maximalen Leistung (progressiver Gang, Beispiel Abb. 18b).
 - c) Messung des Wasserspiegels und der Fördermenge bei maximaler Absenkungstiefe und Erreichung des Beharrungszustandes.
 - d) Vor Einstellung des Pumpversuches Verminderung der Leistung in ein bis zwei Stufen, Messung der Fördermenge und der entsprechenden Spiegellage (regressiver Gang).
 - e) Feststellung der Auffüllgeschwindigkeit nach dem Abstellen der Förderung durch Messung des Spiegelanstieges mit Zeitangaben.

Diese Beobachtungen stellen ein Mindestmaß dessen dar, was bei einem ordnungsmäßigen Pumpversuch zu seiner Auswertung geschehen sollte. Der Unterhalt von Peilrohren (Wasserstandsrohren) in der Nähe des Brunnens, die Beobachtungen von Nachbarbrunnen, Temperaturmessungen am Förderwasser, chemische Analysen usw. könnten darüber hinaus sehr nützliche Beiträge zur Klärung von Grundwasserfragen im Nürnberger Raum leisten. Deshalb sind solche zusätzliche Einrichtungen und Maßnahmen sehr zu empfehlen, denn es kann sich z. B. auch die chemische Beschaffenheit des Wassers an einem Brunnen im Laufe der Zeit ändern (vgl. S. 123). Unumgängliche Messungen sind die unter 3a) bis 3d) genannten. Aus ihnen sind die Kurven der spezifischen Ergiebigkeit — auch Ergiebigkeits-Ganglinien genannt — zu entwickeln. Sie entstehen aus den Bezugspunkten zwischen der Spiegelsenkung (ab Ruhewasserspiegel) und der Förderung aus dem Brunnen. Die aus der Praxis gezeigten Beispiele auf Abb. 18 werden nachfolgend erläutert.

Das Grundwasser tritt in zwei hydraulischen Arten auf: als ungespanntes und als gespanntes Wasser. Der jeweilige Zustand ist aus den Kurven ersichtlich. Bei gekrümmtem Verlauf handelt es sich um ungespanntes Wasser (Abb. 18a), wobei die Krümmung aus dem Ast einer Parabel besteht. Bei geradem Verlauf liegt gespanntes Wasser vor (Abb. 18b und c).

Das Beispiel 18b zeigt, daß sich der progressive Gang, also das Erhöhen der Entnahme bis zur Spitzenleistung, dort nicht mit dem Verlauf der Verminderung deckt. Das ist häufig der Fall. Im vorliegenden Beispiel erhöhte sich die spezifische Ergiebigkeit, weil während des Pumpens offenbar weitere Teile des Wasserleiters erschlossen wurden. Ein solches Ereignis kann z. B. durch Freispülen vorher verlegter Klüfte eintreten, wie das häufig bei Bohrungen im Karstgestein vorkommt. Meist ist es im Nürnberger Untergrund allerdings umgekehrt; der regressive Verlauf zeigt eine geringere spezifische Ergiebigkeit. Mit fortdauernder Förderung wird nämlich zunächst der Wasserleiter in der näheren Umgebung des Brunnens entleert. Dann greift der Absenkungstrichter weiter um sich und die spezifische Ergiebigkeit nimmt ab, bis schließlich der **Beharrungszustand** erreicht ist. Daher kann ein einwandfreies Bild vom Brunnen nur gewonnen werden, wenn zwischen dem Beharrungszustand bei der tiefsten Spiegelsenkung und der Einstellung des Pumpversuches ein etappenweises Drosseln der Pumpenleistung (Zurückstufen) erfolgt. Dieses Ergebnis ist der Beurteilung des Brunnens und der erschlossenen Wasservorkommen zugrunde zu legen. Nur aus ihm sind Schlüsse auf etwaige spätere Veränderungen im Grundwasser zu ziehen. Sie können sich z. B. im Verlust der Spiegelspannung infolge anhaltender Überbeanspruchung der Wasservorkommen durch die Entnahme äußern.

Die Dauer eines Hauptpumpversuches beträgt in der Regel 100 Stunden. Bisweilen werden auch Vorversuche mit 24 Stunden ausgeführt.

Wasser kann aus einem Bohrloch überlaufen. Das ist jedoch in dem flach reliefierten Nürnberger Gebiet nur in Geländetiefenlagen, wie in den Flußtälern möglich. Nur dort könnte es vorkommen, daß die Druckspiegellage eines Wasservorkommens etwas über Flur liegt. Mit der Aufschließung eines solchen Vorkommens kann der seicht liegende Bohrlochspiegel gegebenenfalls soweit ansteigen, daß ein freier Auslauf von Wasser über Bohr-

lochoberkante erfolgt. Neuerdings wurde ein solches Ereignis an einer Bohrung im Rednitzbett bei Mühlhof (Reichelsdorf) beobachtet, wo das erschlossene Wasser mehr als einen Meter über den Flußspiegel anstieg. Derartige Erscheinungen nennt man artesisch (nach der Provinz Artois in Nordfrankreich).

Artesische Brunnen sind nicht allein auf das Tiefenwasser beschränkt; sie können auch in oberen Grundwasserbereichen vorkommen. Im Gebiet von Hinterhof wurden 1938 etwa 40 Versuchsbohrlöcher bis 8 m Tiefe für die Großschiffahrtsstraße angelegt, von denen zwei etwa 0.50 bis 1.00 m über Flur ausliefen. An einem davon konnte ich noch im Jahre 1948 beobachten, daß es aus einem 0,75 m langen, stehenden Leitungsrohr einen Wasserstrahl von Bleistiftstärke über Gelände abgab. Bei der Besprechung historischer Bohrbrunnen in Nürnberg (S. 104 f) wird auf artesische Erscheinungen nochmals zurückzukommen sein.

Eine Analyse der Grundwasserhältnisse stellt sich demnach aus der Sicht wirtschaftlicher Nutzbarmachung als ein differenziertes Problem dar, bei dem natürliche und technische Vorgänge zueinander in ein wechselseitiges Verhältnis treten. Die Differenzierung ergibt sich aus den Fließwiderständen, auch als hydraulische Widerstände bezeichnet, die ihrerseits, wie schon gesagt, von der Form und Größe der Gesteinshohlräume in den jeweiligen Gebirgsschichten abhängen. Aus Abb. 4, Brunnen V und VI der Bast-AG., wird das deutlich. Die in der Brunnenbohrung angetroffenen Schichten, sind in drei Ergiebigkeitsklassen eingeteilt. Das Ergiebigkeitsverhältnis der verschiedenen aufgeschlossenen Keuperschichten zueinander stellt sich wie folgt:

	Brunnen V	Brunnen VI
normal ergiebig .	34	11
beschränkt ergiebig	22	39
unergiebig	44	50
	<hr/>	<hr/>
	100	100

Die günstigeren hydrologischen Gesteinsverhältnisse im Brunnen V gegenüber Brunnen VI haben seine höhere spezifische Ergiebigkeit zur Folge (Abb. 18a). Etwa bestehende wasserwegsame Klüfte in den erbohrten Gesteinen wurden dabei nicht in Betracht gezogen; für solche liegen keine Anhaltspunkte vor.

Das Verhältnis, das sich aus dem Durchflußquerschnitt der Gesteinsporen und der strömenden Wassermenge in ihnen auf eine Gefällseinheit ergibt, wird als Durchlässigkeitseiwert oder auch Filterwiderstand bezeichnet; er hat das Symbol „k“. Dieser Beiwert ist sowohl durch Feldversuche, als auch im Labor zu ermitteln, doch wird darauf im allgemeinen verzichtet, wenn es sich nicht um besondere Wasserhaltungsverfahren oder Bodeninjektionen für den Tiefbau handelt. Gebräuchlich ist dagegen vor allem in der Brunnenbaupraxis die einfache Darstellung der angetroffenen hydraulisch-hydrologischen Zustände als spezifische Ergiebigkeit. Im unberührten Zustand herrscht im Brunnen hydrostatisches Gleichgewicht. Mit der Entnahme aus ihm setzen hydrodynamische Vorgänge ein. Das Wasser strömt von allen Seiten in den Brunnen ein, da in ihm Vorflut geschaffen wurde. Mit dem entstehenden Grundwassergefälle bildet sich ein Absenkungstrichter, der im Querschnitt parabolische Form hat. Besitzen die aufgeschlossenen Gesteinsschichten einen geringeren Hohlraumgehalt, dann steigt der Absenkungstrichter wegen der hohen Fließwiderstände steil an, und die Menge des erfassbaren Wassers ist gering. Ist der Hohlraumanteil des Gesteins aber groß, eine Eigenschaft, die mit gut durchlässig oder gut wasserführend bezeichnet wird, dann sind aus dem Brunnen

höhere Wassermengen zu beziehen. Der Querschnitt des Absenkungstrichters hat dabei flachere Krümmungen und der Trichter greift auch weiter um sich, je nach der Entnahme, mit der das Wasservorkommen beansprucht wird. Dargestellt wird das Verhalten als $Q:S$, wobei Q die bis zum Beharrungszustand geförderte Menge in Litern pro Sekunde (l/s) und s die Absenkung des Brunnenspiegels bedeuten. Die spezifische Ergiebigkeit eines Brunnens wird also durch den Quotienten aus Ergiebigkeit und Absenkung ermittelt ($l/s/m$). Das ist der Wert für die quantitative Beurteilung eines Brunnens.

Im Interesse einer korrekten Darstellung ist allerdings ergänzend zu bemerken, daß diese einfache Formel zwar nur auf gespanntes Wasser vollkommen zutrifft, es steht aber durchaus nichts dagegen, das Darstellungsprinzip, wie es in der Praxis zumeist geschieht, auch auf ungespanntes Wasser anzuwenden.

Aus den Unterlagen des Hauptamtes für Tiefbauwesen in Nürnberg sind von insgesamt 110 registrierten Brunnen 53 mit Angaben versehen, aus denen u. a. die spezifischen Ergiebigkeiten entnommen werden können. Der niedrigste Wert liegt bei 0,02, der höchste bei 4,0. Die Häufigkeiten sind im einzelnen auf S. 108 dargestellt.

Ein Zusammenhang zwischen Brunntiefe und spezifischer Ergiebigkeit besteht nicht. Dagegen zeigt sich bei gespannten Spiegeln im allgemeinen ein etwas höherer Wert als bei ungespannten (s. a. Abb. 18).

Zum Verständnis des Begriffes „Gespanntes Wasser“ ist dessen Prinzip zu erläutern und zwar in einer Sicht, die den spezifischen Verhältnissen des Nürnberger Gebietes Rechnung trägt. Sie sind bekanntlich dadurch gekennzeichnet, daß der Untergrund, soweit er in seiner Tiefenerstreckung als Baugrund und als Bezugsquelle für Industrie-Brunnen in Betracht kommt, von zusammenhängenden Wasservorkommen erfüllt ist. Wird in einem Brunnen gespanntes Wasser erbohrt, so liegt der Druckspiegel höher als der Bohrlochspiegel. Es ist eine Erscheinung, die sich nur unter einer dichten Gesteinsdecke - der Spanndecke - einstellen kann und die voraussetzt, daß das Einzugsgebiet für dieses Wasser in gewisser Entfernung von der Aufschlußstelle liegt. Als Spanndecke können beispielsweise die Estherien-schichten nach Erbohrung des darunterliegenden Benkersandsteins wirken.

Die bisherigen Ausführungen beziehen sich auf den allgemein bekannten zusammenhängenden Grundwasserkörper. Über diesem treten gelegentlich selbständige Wasservorkommen auf, die als „schwebendes Grundwasser“, gelegentlich auch als „hängendes Grundwasser“, bezeichnet werden. Es erfüllt entweder Tonwannen im Keupergestein oder es staut sich auf kleinen und größeren Tonlinsen über dem tiefer liegenden zusammenhängenden Grundwasserkörper. Von diesem sind die schwebenden Wasservorkommen durch einen wasserfreien Raum getrennt. Die wassertragenden undurchlässigen Schichten können eben oder geneigt verlaufen. Im Nürnberger Gebiet liegt es in der Natur des Reliefs, vor allem in den umfangreichen Niederungen mit oberflächennahem, normalem Grundwasser, daß schwebendes Grundwasser auf Geländehügel beschränkt ist. Dort kann es beim Hausbau unangenehm in Erscheinung treten (vgl. S. 45).

Am Südhang des Burgberges speist schwebendes Grundwasser eine Anzahl Quellen. Sie liegen etwa in der Höhe und im Verlaufe der Oberen Schmiedgasse. Durch diesen Quellgürtel, der in rd. 335 m ü. NN verläuft, wird der Begriff dieser Art von Grundwasser gut veranschaulicht, wenn man seine Lage mit dem „Tiefen Brunnen“ auf der Burg in Beziehung bringt. Dieser reicht in den allgemeinen Grundwasserkörper hinab, dessen Spiegel dort bei etwa 302 m ü. NN auf die Pegnitz eingestellt ist (vgl. FICKENSCHER, 1934/35, S. 44). Der Brunnen schließt damit einen wasserfreien Raum von rd. 33 m Mächtigkeit zwischen dem schwebenden Grundwasser der Oberen

Schmiedgasse und dem normalen Grundwasser auf, aus dem der Tiefe Brunnen sein Wasser bezog. Der Umfang schwebenden Grundwassers ist in der Regel entsprechend der Flächenausdehnung toniger Fladen, an die es gebunden ist, nicht groß. Genaue Angaben können darüber zwar nicht gemacht werden, doch dürften sie nach den vorliegenden Erfahrungen 2 qkm kaum übersteigen.

Der Einfluß des Grundwassers greift zur Höhe über seine Spiegelfläche hinaus. Über der Grundwasser-Oberfläche breitet sich eine mehr oder minder mächtige Durchfeuchtungszone aus, die eine Folge der Kapillarwirkung des Gesteins ist. Die Zone kann bis etwa 90 cm Mächtigkeit besitzen; die Stärke richtet sich nach der Gesteinsbeschaffenheit. In Schottern und Kiesen ist sie geringer, in feinporigen Gesteinen größer, in trockenen Tonen fehlt sie natürlich ganz.

Bei Feststellungsbohrungen wird dieser Bereich häufig durch den Listenvermerk „naß“ oder „feucht“ vor dem Antreffen des Grundwassers ausgedrückt. Wenn sich also in den nach DIN-Vorschrift angelegten Bohrverzeichnissen unter Spalte „Bemerkungen“ ein derartiger Vortrag findet, und die Bohrung vor Erreichen des Grundwassers eingestellt wurde, rechnet man zweckmäßig mit einem alsbaldigen Eintreffen desselben unterhalb der Bohrlochsohle. Die Bemerkung „feucht“ soll im übrigen nicht die allgemeine Bodenfeuchtigkeit oder die Sickerwasserzone betreffen, die je nach Jahreszeit, Niederschlagsdichte und Bodenart schon knapp unter der Erdoberfläche beginnen kann. Mit feucht oder naß wird ein beträchtlich höherer Feuchtigkeitsgrad ausgedrückt, als normal im Gestein oberhalb des Grundwasserspiegels vorhanden ist. Unter diese Kategorie fällt auch das sogenannte Haftwasser.

B) Die Oberzone des Grundwassers und das Grundwasser-Relief

Die Lage der Grundwasser-Oberfläche ist nicht, wie zumeist angenommen wird, horizontal, sondern immer geneigt. In der Regel fällt sie aus höheren Geländelagen in die Niederungen ab, wo sich die offenen Gewässer Rednitz, Regnitz, Pegnitz und ihre Seitenzuflüsse befinden. Das Gewässernetz ist aus Abb. 29 ersichtlich. Die offenen Gewässer bilden die Vorfluter für das Grundwasser. Nur in Ausnahmefällen liegt es tiefer als der Spiegel eines Oberflächengerinnes. In der Insel-Schütt-Gegend fand sich nördlich der Pegnitz nach dem Kriege z. B. in Minentrichtern der Grundwasserspiegel tiefer als der nahe Pegnitzspiegel. Wenn im Bereich kleiner Gerinne, wie den Landgräben, der Grundwasserspiegel unter deren Bett absinkt, verfallen sie ganz oder streckenweise trocken. Ohne Bodenaufschlüsse ist in diesen Sonderfällen die Lage des Grundwassers nicht festzustellen. Sonst aber ist in der Beurteilung der Grundwasser-Spiegel-lage vom zunächstgelegenen offenen Gewässer auszugehen, auf das sie beiderseits eingestellt ist. Liegt ein Landgraben oder ein Bach usw. seicht, ist er also nicht tief in den Boden eingeschnitten und steigt das anschließende Gelände nur unmerklich an, dann hält sich auch das Grundwasser in Oberflächennähe. Daher ist in allen Niederungen unabhängig von der Bodenbeschaffenheit mit hohen Lagen der Grundwasser-oberfläche zu rechnen. Es kommt auch in der beigegebenen Grundwasserkarte zum Ausdruck (Tafel II). In den Flächen, die sich zwischen dem Gewässernetz ausbreiten, ist das Grundwasser-Relief dagegen vor allem von den Fließwiderständen im Untergrund und gegebenenfalls von den Unebenheiten des Geländes abhängig.

Die kartographische Wiedergabe eines Grundwasser-Reliefs erfolgt im allgemeinen und wo es die Verhältnisse ermöglichen, in Grundwasser-Schichtlinien, die auch Grundwassergleichen genannt werden. Solche Karten besitzen den Vorteil, daß sie die Strömungsrichtung des Grundwassers erkennen lassen und sind insofern mehr auf die Belange der Wasserversorgung als auf die Grundbautechnik abgestellt. Die Grundwasser-Oberfläche ist im Nürnberger Raum wegen der wechselhaften geologischen Struktur so stark aufgegliedert und zerrissen, daß ihre kartenmäßige Darstellung in Schichtlinien in einem angemessenen Maßstab zur Zeit auch in groben Umrissen noch nicht durchführbar ist. Außerdem würden die Unterlagen dazu nicht ausreichen, da die Feststellungsbohrungen, durch die der Spiegel aufgedeckt wird, durchschnittlich nicht tiefer als etwa vier Meter reichen. Der tiefer liegende Verlauf müßte also in einer derartigen Karte zumeist offen gelassen werden. Schließlich setzt die Entwicklung einer Grundwasser-Schichtenkarte wegen des Konstruktionsprinzips auch noch voraus, daß die dazu verwendeten Daten unter gleichen klimatischen Bedingungen zustande kommen, was eine Zusammendrängung der Aufnahmen auf einen kleinen Zeitraum bedingen würde. Abbildung 19 zeigt an den Spiegelschwankungen dieses Erfordernis.

Von der Überlegung ausgehend, daß für die Bautechnik eine Wiedergabe der Grundwasser-Oberfläche in Metern unter Gelände zweckmäßig ist, weil sie für entsprechende Fälle am raschesten und sichersten überblickt werden kann, wurde die beigegebene Grundwasserkarte auf dieser Basis entwickelt. Daß sie gelegentlich zu ergänzen ist, mag sein, denn als Unterlagen standen nur 8000 Feststellungsbohrungen zur Verfügung. Das ist für den umfangreichen Raum nicht sehr viel. Wie stark das Grundwasserrelief im einzelnen noch gegliedert sein kann, wird deutlich, wenn auf kleinem Gebiet ein dichtes Netz von Bohrungen die Darstellung von Einzelheiten erlaubt (Abb. 22).

Die Grundwasserstände, auf die sich die Karte stützt, wurden im wesentlichen in den Jahren 1947 bis 1959 aufgenommen. Der mittlere Jahres-Niederschlag überstieg in dieser Zeit mit 648 mm das langjährige Mittel um 89 mm, so daß angenommen werden muß, die Spiegelflächen des Grundwassers in der Kartendarstellung halten sich gleichfalls über dem Mittel. Sie wurden in Abständen von 0 bis 2 m, von 2 bis 4 m und tiefer als 4 m unter Gelände ausgeschieden.

Für die Bautechnik werden vor allem die Flächen mit geländenahe Grundwasser von Interesse sein, da sich innerhalb dieser Bereiche die grundwassergefährdeten Böden befinden. Ebenso kann schwebendes Grundwasser in Baugrundtiefe Mißstände hervorrufen, weshalb auch dieses auf der Karte erscheint. Das ist z. B. südlich Weigelshof, nördlich Jobst und westlich Erlenstegen der Fall. Das schwebende Grundwasser unter dem Burgberg war wegen Fehlens von Bodenaufschlüssen nicht darzustellen. Es liegt im übrigen zumeist erheblich unter Baugrundtiefe.

Die Flächenausscheidung des Grundwassers in seiner Lagebeziehung zur Gelände-Oberfläche stellt sich im Stadtgebiet wie folgt:

südliches Stadtgebiet:	0 bis 2 m 14,3 qkm	2 bis 4 m 54,1 qkm	tiefer als 4 m unter Gelände 13,7 qkm
nördliches Stadtgebiet:	14,5 qkm	21,8 qkm	11,4 qkm
gesamtes Stadtgebiet:	28,8 qkm	75,9 qkm	25,1 qkm
in Prozenten	22	59	19

Aus den bisherigen Feststellungen ergibt sich, daß eine Grundwasserkarte, in welcher Art sie auch die Spiegelflächen wiedergeben mag, nichts Unveränderliches ist. Unter Umständen können schon jahreszeitliche, sicher aber langjährige meteorologische Ereignisse das Bild mehr oder minder verändern. Vorgänge, die vor allem eine Verschiebung der Tiefenskala bedingen, werden im nächsten Abschnitt mit behandelt.

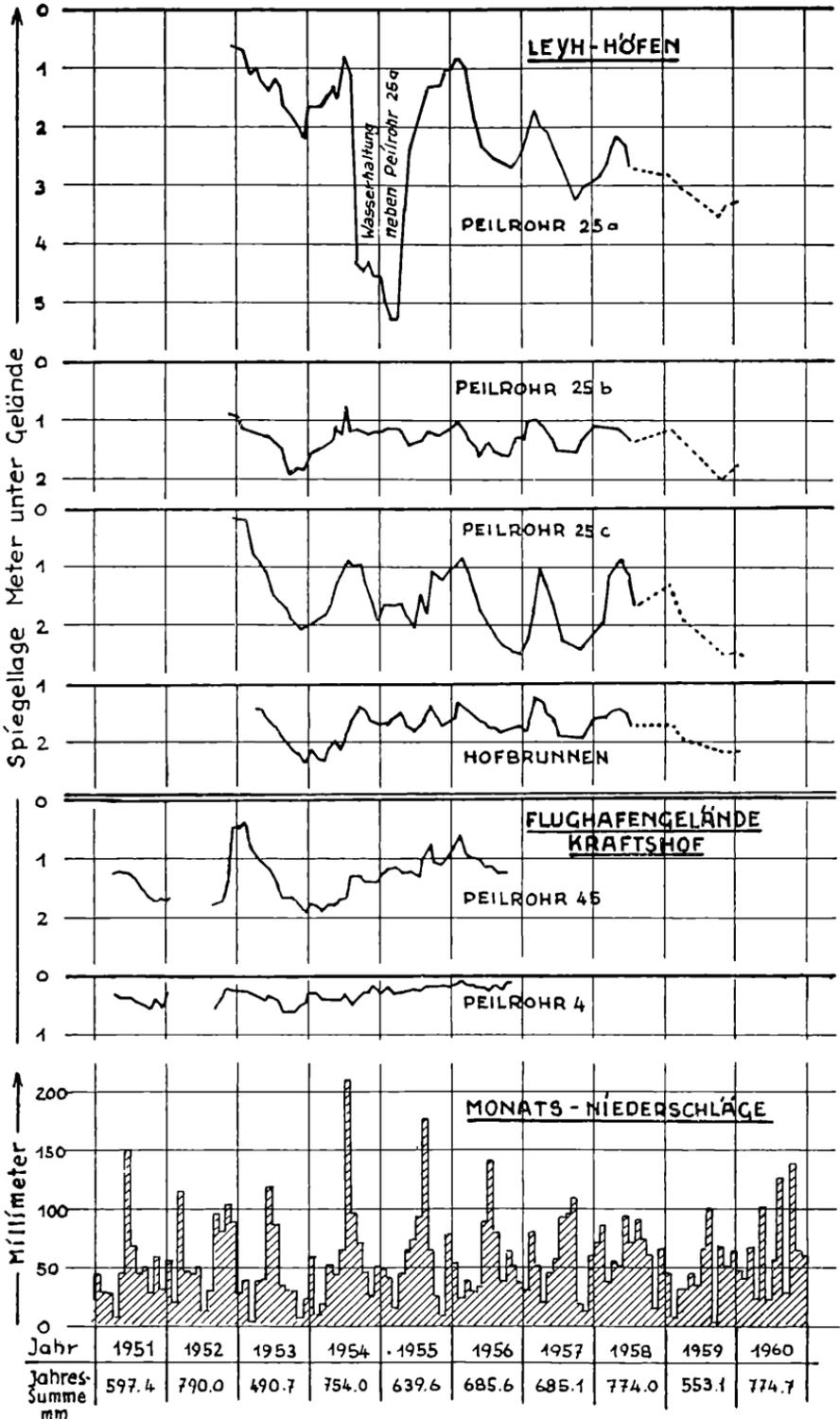
C) Die Schwankungen des Grundwasser-Spiegels

Die laufende Grundwasser-Auffüllung ist von den Niederschlägen abhängig, die in den Boden einsickern. In Ausnahmefällen, wie Hochwasser auf nicht gefrorenem Boden, oder beim Eintritt von Oberflächengerinnen aus undurchlässigen Unterlagen in durchlässige Gesteine, kann das Grundwasser auch auf diesem Wege angereichert werden. Niederschläge und Grundwasserhöhen wechseln fortwährend. Die dadurch verursachten Grundwasserschwankungen erscheinen in kurzfristigen Spitzen und in weitausgehenden Jahresreihen. Die Spitzen sind den ausgreifenden Flachkurven der Jahresreihen aufgesetzt. Alle Schwankungsbeträge sind sehr unterschiedlich. Sie können innerhalb von Monaten, aber auch innerhalb von Jahren an irgendeiner Stelle in Nürnberg zwischen 0,50 und 4,00 m liegen. Nach den bisherigen Beobachtungen an Grundwasser-Meßstellen in verschiedenen Stadtteilen Nürnbergs, muß die **mittlere niederschlagsbedingte Schwankungsgröße** in Baugrundtiefe mit 1m angesetzt werden.

Im dichten Gestein sind die Schwankungsbeträge größer als im porösen. Dabei verlaufen die Schwankungskurven keineswegs immer gleichsinnig. Selbst bei Beobachtungsstellen, die einander benachbart sind, kann es vorkommen, daß in einem Peilrohr oder Brunnen das Grundwasser noch ansteigt, während es im anderen bereits abfällt.

Für den Grundbau sind die Lagen des Grundwassers und besonders seine Schwankungshöhen von entscheidender Bedeutung. Die sogenannten Grundwasser-Inundationen, welche Hoch- und Höchststände des Grundwasserspiegels darstellen, hatten in den Jahren 1936, 1941 und zuletzt 1952/53 in manchen Teilen des Stadtgebietes unangenehme Folgen. Kellersohlen von Gebäuden, die in Trockenzeiten errichtet wurden und deshalb zu tief angeordnet waren, standen in diesen Jahren monatelang unter Wasser. Die Zustände hielten an, bis wieder „trockene“ Zeitabschnitte folgten. So hat die Kenntnis des jeweiligen Grundwasserverhaltens ein Bestandteil der Planung auf bestimmten Teilgebieten der Bautechnik zu sein.

In manchen Gebieten, von denen bekannt war, daß sie schon zu normalen Zeiten hohe Grundwasserstände besitzen, wurde von Amts wegen ein generelles Verbot der Unterkellerung erlassen. Dazu gehörte u. a. die Primitivsiedlung an der Marterlach und die Siedlung an der Siegeldorfer und Neustädter Straße. Die letztere konnte nach 1945 wieder für Unterkellerungen freigegeben werden. Der Grundwasserspiegel war nach Auffassung und Trockenlegung des anliegenden Ludwigs-Donau-Main-Kanals erheblich abgesunken. Zur Zeit seines Bestehens hatte er offensichtlich durch Verlust das Grundwasser angereichert. Unterdessen ist die Abwasserkanalisation auch in dieses Gebiet vorgedrungen, wodurch Grundwassergefährdungen überhaupt beseitigt wurden.



Alte Bauernhöfe und sonstige Gebäude in Vororten wie Ziegelstein, Kleinreuth usw. lassen durch ihre fehlende Unterkellerung sofort erkennen, daß das Grundwasser dort früher hoch anstand oder noch heute ansteht, wenn inzwischen keine künstliche Untergrundentwässerung erfolgte. Daher sollten die Kellersohlen in nicht kanalisierten Gebieten zur Verhinderung der genannten Mißstände mindestens einen Meter, besser aber noch höher über der jeweils mittleren Spiegellage des Grundwassers angeordnet werden. Dabei können allerdings die Forderungen des Grundbaues den architektonischen Ansprüchen und behördlichen Richtlinien an die über Flur gelegenen Bauteile entgegenstehen. Den Vorrang hat aber doch stets die Sicherung der unterirdischen Räume vor dem Eindringen von Grundwasser, wenn sie fallweise auch nicht anders als durch die Errichtung einer Wanne zu erreichen sein wird. Für die oft tief in den Boden führenden Heizkeller wäre bei den Nürnberger Grundwasserverhältnissen zweckmäßig immer eine Wanne angebracht.

In einigen Gegenden des Nürnberger Stadtgebietes wurden im Laufe der vergangenen fünfzig Jahre wiederholt einzeln oder in Gruppen Grundwasser-Peilrohre eingerichtet, um die Spiegelschwankungen zu beobachten. So am Bierweg, im neuen Flughafengelände bei Kraftshof und in Leyh-Höfen. In der Regel handelte es sich dabei um Vorarbeiten zu größeren Bauprojekten. Sobald der Zweck erfüllt war, wurden die Beobachtungsstellen wieder aufgelassen. Daher ist es hier nicht möglich, langzeitlich zusammenhängende Reihen von Grundwassermessungen darzustellen, wie sie vergleichsweise aus den Aufschreibungen von Niederschlagswarten und von Flußpegel-Stationen hervorgehen. Dauernde Grundwasser-Meßstellen, die als weitmaschiges Gitter über das Stadtgebiet ausgelegt sein sollten, wären allerdings genau so wichtig, wie die seit langem bestehenden genannten hydrographischen Stationen.

Aus einer großen Anzahl von Grundwassermessungen kommen auf Abb. 19 sechs zur Darstellung. Sie wurden mehrere Jahre hindurch in Leyh-Höfen und im Flughafengelände Kraftshof mit monatlichen Ablesungen ausgeführt und sind gleichzeitig kennzeichnend für alle aus den beiden Beobachtungsgruppen hervorgegangenen übrigen Messungen.

Die Gruppe im Flughafengelände Kraftshof bestand aus 24 Peilrohren; im Gebiet Leyh-Höfen standen 13 Beobachtungsrohre zur Verfügung. An allen Punkten herrschen annähernd gleiche geologische Verhältnisse: unter einer schwachen Sanddecke liegen tonig durchsetzte Keupergesteine, wie sie für den größten Teil des Nürnberger Untergrundes charakteristisch sind. Außer Bohrloch 25a, das 9 m tief ist, haben alle übrigen 3 m Tiefe. Ab Juli 1958 wurde die Leyh-Höfener-Gruppe nur noch gelegentlich beobachtet, weshalb der weitere Verlauf bis zur letzten Messung im Jahre 1960 auf der Darstellung punktiert ist.

Während die Kraftshofer Grundwasserspiegel von technischen Einflüssen unberührt waren, wurde während der Leyh-Höfener Beobachtungen eine Wasserhaltung zum Bau des südwestlichen Hauptsammlers betrieben. Das Peilrohr 25a lag unmittelbar neben der Baugrube; die Rohre 25b und 25c waren je 150 m in entgegengesetzten Richtungen südwestlich bzw. nordöstlich davon und der ebenfalls mit beobachtete, grabene Hofbrunnen in Höfen 340 m entfernt.

Am Fuße der Darstellung befinden sich die Monats-Niederschläge von der Niederschlagswarte Buchenbühl und dazu die Jahressummen, beide mitgeteilt vom Wet-

◀ Abb. 19

Spiegelschwankungen in der Oberzone des Grundwassers und Monatsniederschläge in Nürnberg

teramt Nürnberg. Die Grundwassermessungen wurden auf Veranlassung des Hauptamtes für Tiefbauwesen bzw. der Flughafenverwaltung Nürnberg vorgenommen.

Die Abbildung veranschaulicht den Gang der Grundwasserspiegel unter dem Einfluß der Niederschläge. Alle Kurven besitzen daher einen gleichsinnigen Verlauf, ausgenommen jene, die von der Wasserhaltung beeinflusst waren. Die Gleichsinnigkeit besteht vor allem auch in dem Abschnitt, in dem beide weit voneinander entfernten Gruppen gemeinsam gemessen wurden. Das ist vom Dezember 1952 bis Oktober 1956 der Fall.

Die geringsten Schwankungsbeträge finden sich bei allgemein oberflächennahem Grundwasser, wie beispielsweise am Peilrohr 4 im Flughafengelände. Bei einer mittleren Spiegellage von nur 0,30 m unter Gelände, ist der Spielraum für Schwankungen entsprechend klein. Dagegen kommen bei mittleren Spiegellagen von mehreren Metern unter Flur gelegentliche Schwankungen von zwei bis drei Metern, in Einzelfällen auch mehr, als Spannen zwischen Höchst- und Niedrigstand vor.

In der folgenden Übersicht sind die wichtigsten Zahlenwerte aus den hier behandelten Meßreihen zusammengestellt. Die Angaben erfolgen in Meterbeträgen.

Flughafengelände Kraftshof

Peilrohr Nr.	4	41	33	60	52	23	61	54	59	51
mittl. Spiegellage u. Gel.	0,32	0,46	0,47	0,48	0,54	0,60	0,70	0,72	0,73	0,73
darüber steigend	0,10	0,20	0,05	0,20	0,30	0,20	0,25	0,30	0,35	0,30
darunter fallend	0,60	0,85	1,20	0,90	0,80	1,05	0,95	1,45	1,10	1,35
Schwank.-Betrag	0,50	0,65	1,15	0,70	0,50	0,85	0,70	1,15	0,75	1,05

Peilrohr Nr.	53	69	5	65	66	58	55	45	56	57
mittl. Spiegellage u. Gel.	0,73	0,92	0,97	0,97	0,98	1,04	1,22	1,29	1,32	3,20
darüber steigend	0,30	0,35	0,25	0,40	0,55	0,55	0,75	0,40	0,70	2,35
darunter fallend	1,30	1,80	1,80	1,45	1,85	1,65	1,90	1,85	2,20	4,40
Schwank.-Betrag	1,00	1,45	1,55	1,05	1,30	1,10	1,10	1,45	1,50	2,05

Leyh-Höfen

Peilrohr Nr.	25b	25c	27b	29b
mittl. Spiegellage u. Gel.	1,33	1,52	1,72	1,89
darüber steigend	0,80	0,17	0,45	0,92
darunter fallend	1,94	2,53	2,81	2,76
Schwank.-Betrag	1,14	2,36	2,36	1,84

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, wie die Schwankungsbeträge im allgemeinen größer werden, je tiefer die mittlere Spiegellage des Grundwassers unter Gelände ist. Freilich setzt sich das Prinzip in dem vorliegenden Zahlenwerk nicht ohne Ausnahmen durch, denn bei den Schwankungshöhen ist auch die Dichte des Gesteins mit ausschlaggebend. Immerhin zeigt sich aber, daß beispielsweise am Peilrohr 57, dem Beobachtungspunkt mit der tiefsten mittleren Spiegellage, das Grundwasser zwischen $-4,40$ m und $-2,35$ m unter Gelände schwankte. Für die Baupraxis noch bedeutsamer sind Beispiele von Leyh-Höfen. Die tiefsten Stände der Peilrohre 25c und 27b halten sich mit $-2,53$ m bzw. $-2,81$ m unterhalb der üblichen Keller-

tiefen; das Grundwasser stieg aber auf $-0,17$ und $-0,45$ m an, also auf eine Höhe, die im praktischen Falle Bauteile gefährden würde. Was hier möglich ist, kann in allen Gebieten vorkommen, die in der beigegebenen Grundwasserkarte mit dunkelblauen Flächen ausgedehnt sind.

Die Spiegelgänge sind nicht allein von natürlichen Ereignissen abhängig, sondern auch von künstlichen Eingriffen in das Grundwasser, wie Wasserhaltungen und Brunnenentnahmen mit ihren häufig wechselnden Fördermengen. Die Wasserhaltung im Gebiet Leyh-Höfen hat den Spiegel im Peilrohr 25a während der Jahre 1954 und 1955 um etwa $-4,50$ m abgesenkt. Der Einfluß wirkt sich noch auf das 150 m entfernte Peilrohr 25c mit etwa 1 m Spiegelfallen aus. Bei dem ebensoweit entfernten Beobachtungsrohr 25b macht er sich dagegen nicht mehr bemerkbar. Es liegt im Unterwasser des Grundwasserstromes. Ebenso läßt der Hofbrunnen in Höfen keinen Einfluß mehr durch die Wasserhaltung erkennen.

An den abgebildeten hydrologischen Ganglinien ist beachtenswert, daß kurze monatliche Niederschlagsspitzen und im übrigen auch Starkregenfälle auf das Grundwasser nicht besonders einwirken. Dagegen wird der Spiegel durch eine Folge nicht so hoher, aber **z u s a m m e n h ä n g e n d e r N i e d e r s c h l ä g e** angehoben. Diese dichten Niederschlagsfolgen gruppieren sich manchmal um derartige Spitzen. Eine solche Serie vom September bis Dezember 1952 mit 369 mm Höhe und eine ähnliche Dichte vom Juli bis September 1954 mit 445 mm ließen das Grundwasser jeweils ansteigen. Aufgelockerte Niederschlagsfolgen oder mangelnde Niederschläge, wie sie mit einer Jahressumme von nur 490,7 mm im Jahre 1953 zum Ausdruck kommen, können die Grundwasserspiegel stark absinken lassen, wie sich zeigt.

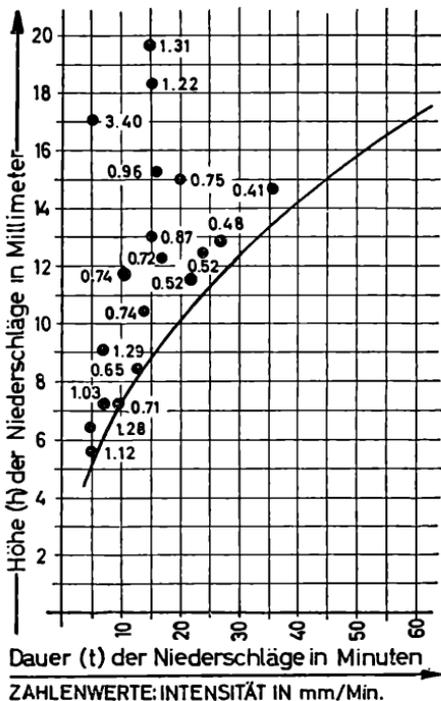
Aus der Kenntnis des langjährigen mittleren Jahresniederschlags (595 mm) und der Tatsache, daß die Grundwasserhöhen allgemein von den Niederschlägen abhängen, kann die folgende Faustregel abgeleitet werden: **nach etwa ein bis zwei aufeinanderfolgenden Jahren mit erheblich höherem Jahresmittel als 595 mm halten sich auch die Grundwasser-Spiegellagen entsprechend über dem langjährigen Mittel. Nach dem gleichen Prinzip liegen die Grundwasserspiegel tiefer, wenn Jahressummen der Niederschläge unter dem langjährigen Mittel auftreten.** Die Folgerung für die Baupraxis ist, daß nach niederschlagsarmen Zeitabschnitten auf jeden Fall mit einem entsprechenden Anstieg des Grundwassers gerechnet werden muß, sobald sich die Niederschläge erhöhen. Was dabei als entsprechend zu gelten hat, ist von den örtlichen Umständen abhängig und kann nicht in verbindlicher Form dargestellt werden. Um gegebenenfalls Unsicherheiten in der Beurteilung bautechnischer Maßnahmen auszuschließen, ist es angebracht, den Gang der Niederschläge in den jeweils letzten Jahren und Monaten genau zu verfolgen. Er ist aus den meteorologischen Berichten zu ersehen, die jedermann zugänglich sind.

Die beiden für die Bautechnik in Nürnberg wesentlichen Einrichtungen, für die das Verhalten und die Spiegellage des Grundwassers entscheidend sein können, sind Unterflur-Räume und Untergrundverrieselungen. Besonders für die letzteren sind wegen der hygienischen Bestimmungen und wegen einwandfreien Funktionierens die Grundwasserverhältnisse vor ihrer Erbauung sorgfältig zu untersuchen.

D) Niederschlags-Intensitäten

Wenn unter den Niederschlagskategorien die **Starkregenfälle** das Bauwesen im Sinne der dargelegten Gesichtspunkte auch nicht beeinflussen, so ist die Kenntnis ihres Ausmaßes doch gegebenenfalls zur Beurteilung der Abmessungen von Regenwasser-Ableitungen, Sickerschächten und -Brunnen oder ähnlichen Einrichtungen wünschenswert. Über Starkregenfälle hat schon HAEUSER berichtet und sie in Zahlenwerten sowie als graphische Darstellung gebracht (1919, S. 9, 12 u. 19ff). Die exzessiven Regenfälle wurden dort in Platzregen und Starkregen getrennt, Begriffe, die auch sonst geläufig und verständlich sind. Ihr kennzeichnendes Merkmal ist, daß sie örtlich und strichweise und in der Regel nur in den Sommermonaten auftreten. Die örtliche Beschränkung geht daraus hervor, daß beispielsweise Starkregen, die in Fürth-Flughafen gemessen wurden, nur ganz selten gleichzeitig am Regenmesser Nürnberg-Schmausenbuck erscheinen und umgekehrt.

Das Ausmaß dieser meteorologischen Kategorie von Regenfällen wird mit der Begriffsbestimmung „Intensität“ ausgedrückt und dargestellt. Sie bezeichnet die Regendauer (t) und die dabei gefallene Regenmenge (h) in mm Höhe, woraus sich die Intensität in mm pro Minute ergibt. Um als Starkregenfälle bezeichnet werden zu können, müssen für t und h Mindestwerte erreicht sein, die in der folgenden Abbildung 20 als Kurve aufgetragen sind. Nur flüssige Niederschläge, die oberhalb der Kurve liegen, sind als Starkregenfälle zu bezeichnen.



Als größte Niederschlags-Intensität zwischen den Jahren 1899 und 1915 gibt HAEUSER (S. 19) 3,40 mm/Min. an. Der Wert wurde am 3. 7. 1914 am Regenmesser Nürnberg-Sandreuth beobachtet, wo in einer Zeit von fünf Minuten 17,0 mm Niederschlag fielen. Die Messung ist in der Abb. 20 mit aufgeführt.

Die vom Wetteramt Nürnberg mitgeteilten Starkregen, die den Zeitraum vom 1. 4. 1948 bis 31. 12. 1957 umfassen, enthalten keine derartigen Spitzen, wie die Darstellung erkennen läßt. Die im Jahre 1914 aufgetretene Intensität dürfte daher eine seltene Ausnahme bilden. Niedrigere Starkregen

Abb. 20
Starkregenfälle im Nürnberger Raum

dagegen fallen im Durchschnitt jährlich immerhin zweimal. Aus der Darstellung ist deren Höhe und Dauer bzw. Intensität ersichtlich.

Der zwanzig Minuten anhaltende Starkregen gegen den Abend des 9. August 1957 mit 0,75 mm/Min. ist wohl noch gut in Erinnerung, da er den Verkehr in Nürnberg nahezu lahmlegte und die Feuerwehr bis in die Nacht alle Hände voll zu tun hatte, um überflutete Keller trocken zu legen. Er brachte in den 20 Minuten seiner Dauer 15 Liter Wasser auf den Quadratmeter Fläche. In gleicher Weise sind die Abflussmengen aus den übrigen Angaben der Darstellung zu ermitteln.

E) Grundwasser und Baupraxis

Nach diesen generellen Ausführungen, deren Inhalt im Grundbau immer wieder zur Erörterung ansteht, können mit Beispielen belegte Einzelheiten aus der Praxis die Kenntnis über das Grundwasser im Nürnberger Raum erweitern.

Auf die Grundwasserkarte zurückkommend ist zu sagen, daß ihr großmaßstäbliches Bild nur die allgemeinen Verhältnisse wiedergibt. Die Grundwasser Oberfläche ist im einzelnen noch viel lebhafter gegliedert, als aus der Karte hervorgeht und als auf ihr überhaupt darzustellen möglich ist. Das Relief wäre in allen seinen Feinheiten nur durch ein engmaschiges Netz von Bohrungen zu erfassen, wie es zuweilen in beschränktem Umfang für besondere Zwecke angelegt wird. Mit einem solchen Vorgehen ist gleichzeitig das Grundrelief, das heißt, die Gestalt der Keuper Oberfläche unter den lockeren Deckschichten darzustellen, so daß für den Bauingenieur zwei sich überlagernde **Baugrunderkarten** entstehen, aus denen er alles Wissenswerte entnehmen kann. Die Abbildungen 21 und 22 zeigen als Beispiele die Verhältnisse in einem Teil des Langwasser-Geländes. Sie sind in Flächen gleichtiefer Lagen der Keuper Oberkante und der Grundwasserspiegel unter Gelände soweit dargestellt, wie die Sondierungen in den Boden reichten. Die Tiefen betragen mit wenigen Ausnahmen drei Meter. Die Entwicklung des Bildes unterhalb dieser Tiefen ist daher zumeist unbekannt, doch sind diese lückenhaft erfaßten Teile innerhalb der Gesamtfläche unerheblich.

Daß sich beide Darstellungen lageplanmäßig decken, ist aus den Gelände-Höhenlinien ersichtlich. Sie geben ihrerseits zu erkennen, daß die Oberfläche in allgemeiner Richtung Süd-Nord auf 1,2 km Länge von 343 m auf 331 m ü. NN abfällt. Es zeigt sich, daß weder das Relief der Keuper Oberfläche, noch das des Grundwassers mit dem Geländeverlauf Gemeinsamkeiten besitzt. Alle drei Bestandteile sind in den Einzelheiten unabhängig voneinander. Topographische Übereinstimmung zwischen Keuperrelief und Grundwasserrelief besteht lediglich hinsichtlich der Gliederung in Hügel und Senken, die sich jedoch in ihrer Anordnung nicht decken. Es liegt daran, daß das Keuperrelief von den natürlichen Abtragungskräften nicht nach dem Porengehalt des Gesteins, sondern nach seiner Widerstandsfähigkeit herausgearbeitet wird. Für die Formung der Grundwasser Oberfläche ist aber allein die Porendichte maßgebend und nicht die Gesteins Härte. Im dichten Gestein, oder vor ihm, wird das Grundwasser gestaut und steht

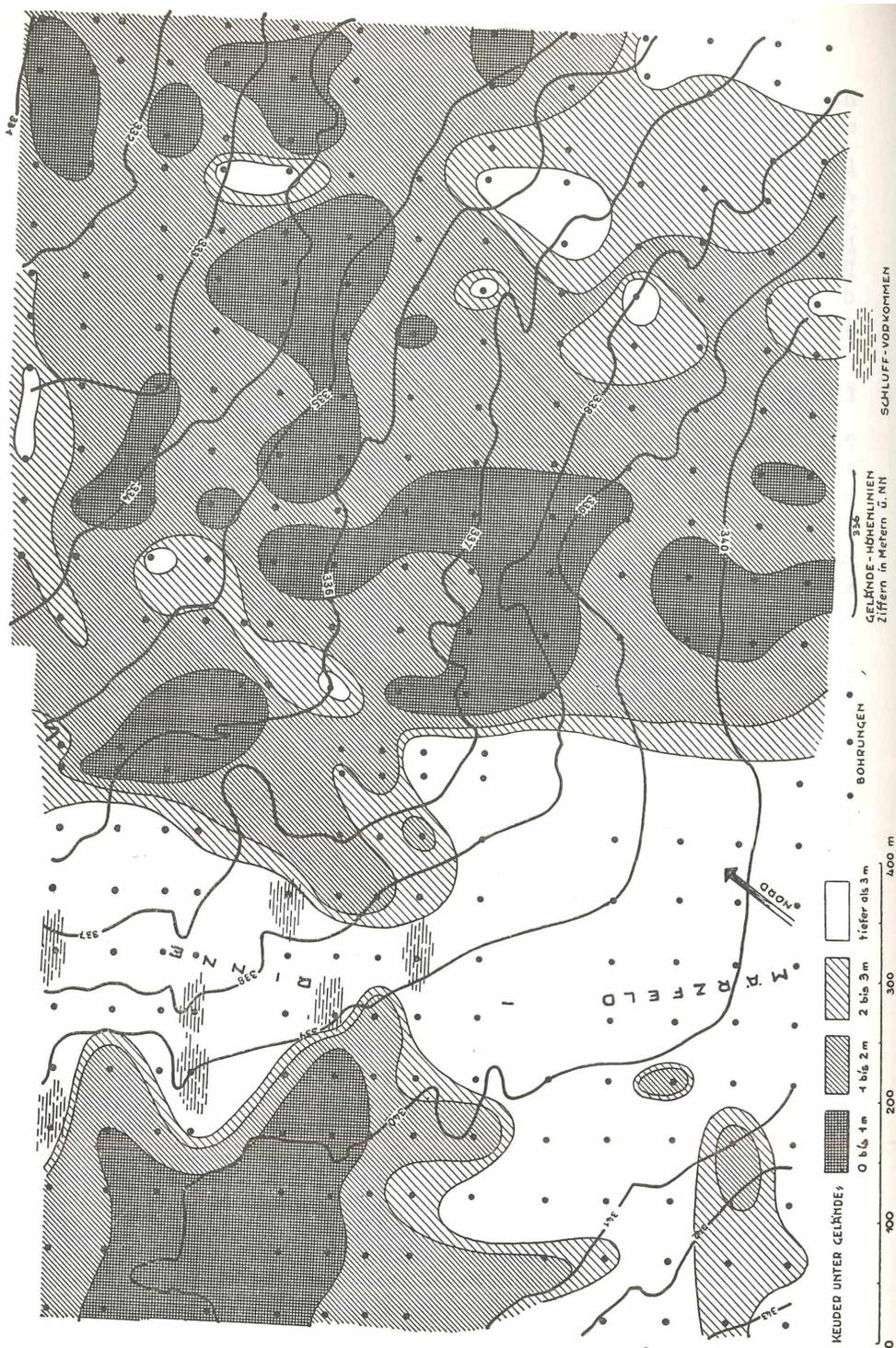


Abb. 21
Flächen gleichtiefer Lagen des Keupers unter Oberfläche im Märzfeld-Gelände

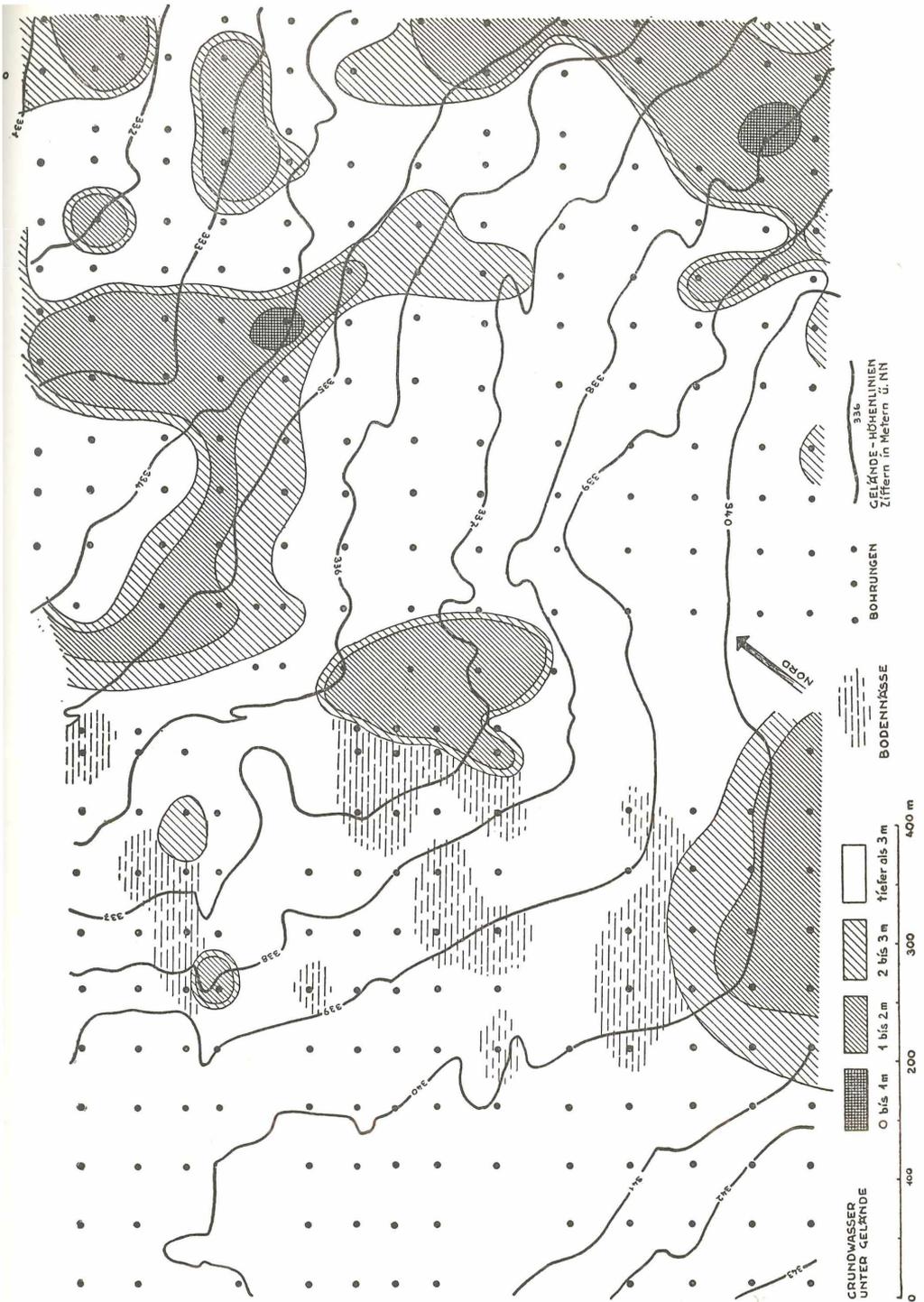


Abb. 22
 Flächen gleich tiefer Spiegellagen des Grundwassers unter Oberfläche im Märzfeld-
 Gelände

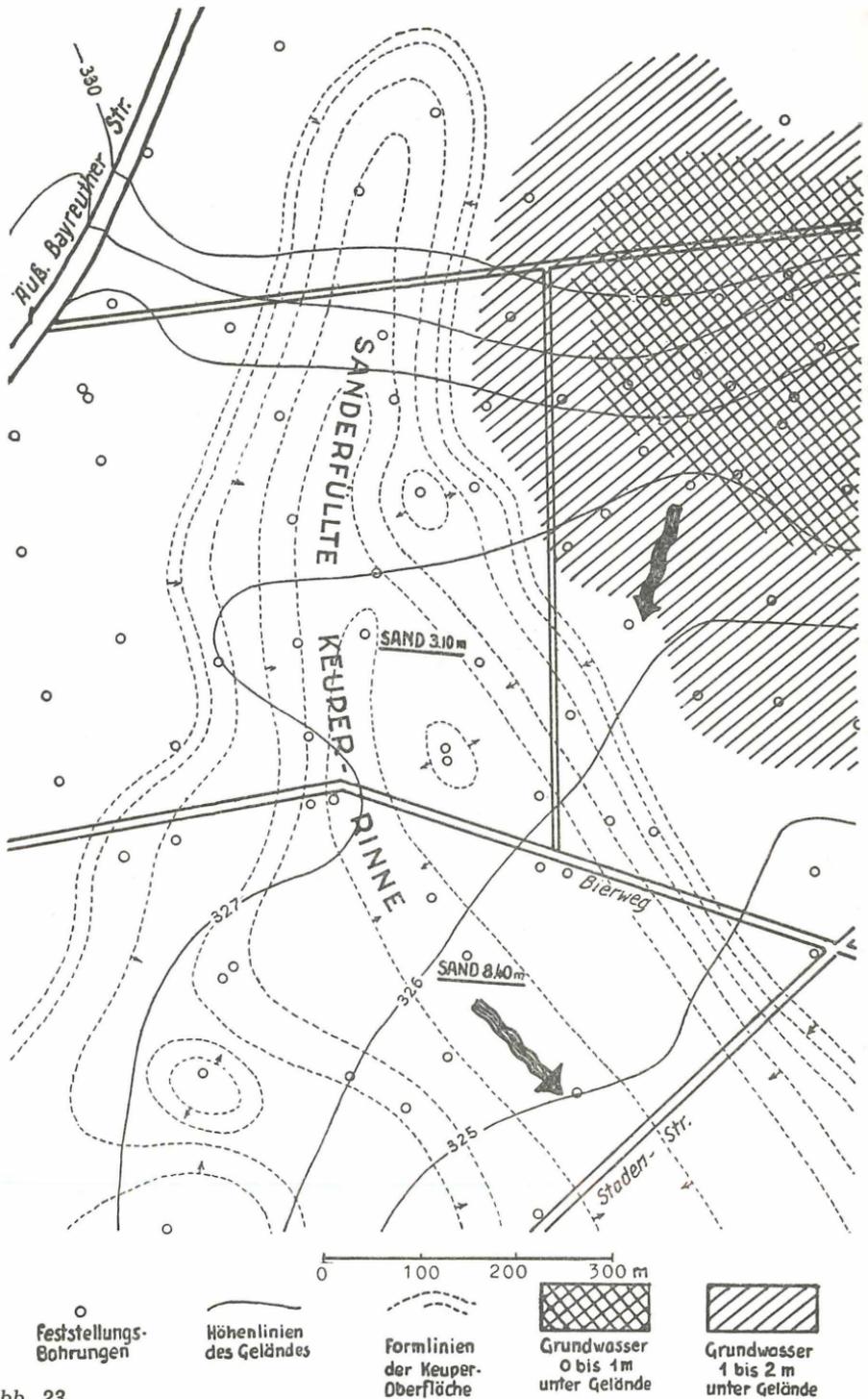


Abb. 23

Eine mit Sanden verschüttete Rinne im Keuper und der in sie einfallende Grundwasserzug am Bierweg nördlich Erlenstegen

dort höher an, als im porösen Gestein. Deshalb fällt es auch aus tonigem Keuper kommend in anschließende Sandgebiete oder in Sandsteinbereiche ab.

In den Darstellungsraum fällt eine fossile Flutrinne, die über 12 m tief in den Keuperuntergrund eingeschnitten ist und Sande enthält. Ihr großräumiger Verlauf ist aus der Kartenbeilage I ersichtlich, ihre Anordnung im Querschnitt aus Abb. 17. Auf S. 68 wurde sie bereits als „Märzfeldrinne“ bekannt. Das Grundwasser zieht aus den umliegenden, vorwiegend dichten Keupergesteinen in die sandige Rinne ab. Lediglich stark schluffig durchsetzte Schichten von linsenförmiger Gestalt innerhalb der Sande, verursachen örtliche Bodennässe und an einer Stelle hängendes Grundwasser über dem eigentlichen, tiefer gelegenen Grundwasserspiegel.

Die geschilderten hydrologischen Funktionen im Untergrund gehen noch deutlicher aus den nächsten Abbildungen hervor. Auf Abb. 23 ist ein Netz von Bohrungen eingetragen, das sich nördlich von Erlenstegen in den Wäldern am Bierweg befand. Die Bohrungen waren zum Teil mit Peilrohren ausgebaut, an denen seit dem Jahre 1936 in unregelmäßigen Abständen Messungen des Grundwasserspiegels durchgeführt wurden. Der geologische Befund ergab, daß sich im Untergrund wiederum eine in die Keuperoberfläche eingegrabene, fossile Flutrinne befindet, die mit reinen Sanden erfüllt ist. Während die Rinne nördlich des Bierweges nur 3 m Tiefe besitzt, also erst beginnt, erreicht sie nach einem Verlauf von etwas über 300 m bereits 8,40 m Tiefe und wird weiter im Süden außerhalb des Kartenblattes über 10 m tief. Die Karte zeigt das Geländere relief in ausgezogenen Höhenlinien und die Flutrinne in punktierten Formlinien.

Den geologischen Voraussetzungen sind die hydrologischen Verhältnisse angepaßt. Von Osten bzw. Nordosten schiebt sich aus dichtem Keupergestein eine Grundwasserzunge, vom Haidberggebiet kommend, nach Südwesten in die Flutrinne vor. Der Spiegel steht in den Keuperbereichen nicht nur seicht an, sondern in nassen Zeiten stellenweise sogar oberflächengleich. Er schneidet dann in Form von Wasseraugen durch kleine Geländevertiefungen, um aber bei Annäherung an die Rinne in sie immer und unter allen Niederschlagsbedingungen steil einzufallen. Auf der Rinnensohle zieht das Grundwasser zu dem im Süden gelegenen Tiefgraben bei Erlenstegen ab. In den vier Meter tiefen Bohrlöchern westlich der Flutrinne, die gleich den östlichen im Keuper stehen, wurde kein Grundwasser angetroffen. Die sanderfüllte Rinne wirkt also für das von Osten kommende Grundwasser als örtlicher, unterirdischer Vorfluter und als natürliche Drainage.

Eine weitere Abbildung (24) zeigt die Oberflächengestalt des Grundwassers westlich von Wöhrd in Höhenliniendarstellung. Das Bild entstand ebenfalls aus einem Gitter von mehr oder weniger tiefen Bohrungen. Die tiefste betrug 12,50 m. In seinem flachen Teil wurde das Grundwasserrelief in Schichtlinien von 0,10 m Höhenabstand wiedergegeben, im steilen Bereich in Meterkurven.

Die beiden Schnitte lassen erkennen, wie das Grundwasser mit relativ starkem Gefälle von 6,5 ‰ bzw. 3 ‰ aus dem Keuper mit seinen hohen

Zur Ergänzung der bisher allgemein in Flächendarstellung erläuterten Grundwassereigenschaften, werden in den folgenden Abbildungen zwei Schnitte gezeigt, die eine räumliche Vorstellung von den Verhältnissen geben. Ein kennzeichnender Ausschnitt aus einer Reihe von über 150 Feststellungsbohrungen zwischen der Fürther Straße und Reichelsdorf ist aus Abb. 25 ersichtlich. Die Bohrungen wurden vor dem Bau des südwestlichen Hauptsammlers in seiner vorgesehenen Trasse und gelegentlich auch seitlich davon angelegt. Die tiefsten reichen 20 m unter Gelände. Der Schnitt bei Höfen (Abb. 25) geht durch einen flachen, nur schwach übersandeten Hügel. Er verläuft also im wesentlichen im Keupergestein, das auf der Abbildung, den angetroffenen Verhältnissen entsprechend, als Sandstein und Ton dargestellt wurde. Es zeigt sich, was schon im Langwassergebiet und auch sonst immer beobachtet werden konnte, ein ständiges Auf und Ab der Grundwasser-Oberfläche, eine Anordnung, die nun im Schnitt besonders auffällt. In erster Linie sind es die ausgedehnten tonigen Linsen im Gestein und die wechselnde Dichte des hier vorliegenden Blasensandsteins, die den unregelmäßigen Grundwasserverlauf bestimmen. Allerdings darf man sich durch die zehnfache Überhöhung des Schnittes nicht täuschen lassen; die Wellungen sind vielmehr bei gleichen Dimensionsmaßstäben von Höhe zu Breite flacher zu denken, als sie die Zeichnung vorgibt.

Tonige Schichten sind auch zumeist die Ursache für das gelegentliche Steigen und Fallen des Grundwasserspiegels während des Bohrens. Das geschieht dann, wenn eine Bohrung die Tonschichte durchstoßen hat und damit dem darunter befindlichen „gespannten“ Wasservorkommen den Weg nach oben freigibt (z. B. Bohrung 3 und 5 der Abbildung). Der umgekehrte Fall tritt ein, wenn auf einer undurchlässigen Schichte Grundwasser gestaut ist, wie in den Sanden bei Bohrloch 8. Als die Tonschichte durchbohrt war,

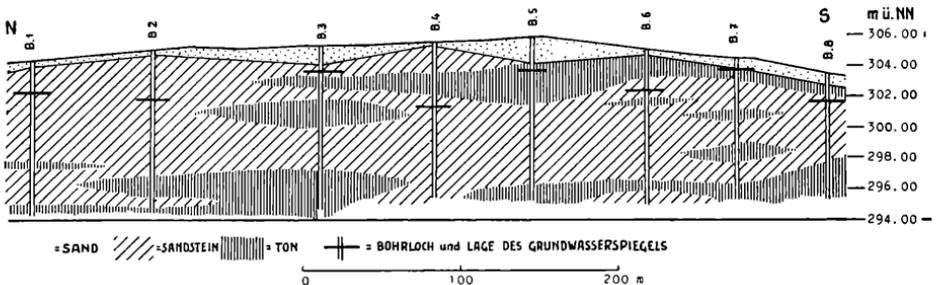


Abb. 25

Schnitt durch den Untergrund mit Feststellungsbohrungen und Grundwasser-Peilorohren im Raume Leyh-Höfen

fiel das Wasser in Vorkommen mit tieferer Spiegellage ab, womit sich ein neuer Grundwasserstand einspiegelte. Dieser Vorgang regte gelegentlich zur Überlegung an, hohes Grundwasser, das beim Bauaushub angetroffen wurde, durch Bohrungen in darunter gelegene „Wasserstockwerke“ versetzen zu lassen. Derartige Maßnahmen haben aber nur wenig Erfolgsaussicht; besonders dann, wenn zur Beseitigung des Wassers größere Senkungsbeträge erforderlich werden. Ausnahmen bilden allein Ableitungsmöglich-

keiten in tiefgründige Sande oder unter Tonen liegende Sandsteine, wo es die hydrologischen Voraussetzungen erlauben, wie bereits auf S. 96 ausgeführt wurde.

Im allgemeinen fällt oder steigt der Grundwasserspiegel im Nürnberger Flachgelände während des Bohrens nur in geringem Ausmaß. Beträge von 20 cm werden selten überschritten. In den Hochlagen des Geländes mit ihrem schwebenden Grundwasser, wie etwa am Rechenberg usw., wären aber gegebenenfalls Bohrungen von 30 bis 40 m Tiefe erforderlich, um eine Ableitungsmöglichkeit zum normalen Grundwasser zu schaffen. Jedenfalls sind vor der Ausführung von Schluckbrunnen genaue Untersuchungen erforderlich, um Fehlschläge und Kosten zu vermeiden. Ohne Versuchsbohrungen sind die Ergebnisse derartiger Untersuchungen in der Regel kaum zuverlässig.

Eine allgemeine Absenkung des Grundwassers erfolgt durch die Kanalisierung, worauf schon SCHUH (1906, S. 411) hingewiesen hat. Ein Beispiel wird mit Abb. 26 gezeigt. An der Schmausenbuckstraße fällt das Grundwasser beiderseits des Kanals zu ihm ein, wodurch die absenkende Wirkung des Sammlers zum Ausdruck kommt. Auf der linken Seite beträgt das Gefälle 0,56 % und auf der rechten 0,24 % zum Abwasserkanal. Wenn man weiß, daß Gebiete in Zabo Grundwasserstände von 0,70 m unter Gelände hatten, ehe die Kanäle in sie verlegt wurden, dann ist die Bedeutung der Kanalisierung zu ermessen, die erst geordnete Voraussetzungen für

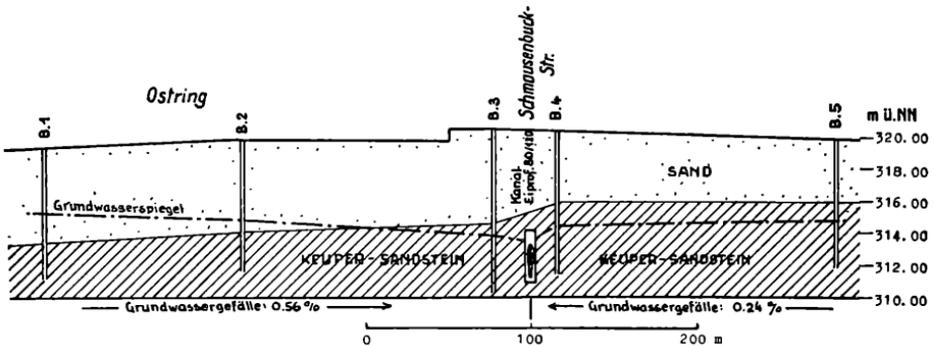


Abb. 26

Die absenkende Wirkung eines Abwasserkanales mit Sickerleitung im Grundwasser beim Schmausenbuck.

Beiderseitiges Grundwassergefälle zum Sammler

eine Bebauung schafft. Durch eine Verritzung des Bodens und durch den Einbau von Sickerleitungen wird — ungeachtet ihrer Abmauerung an den Einstiegschächten — der Fließwiderstand im Gestein verringert. Das engmaschige Netz der Abwasserkanäle, das aus der Kartenbeilage III ersichtlich ist, bewirkt im ganzen kanalisiertem Siedlungsraum eine Dränierung aus den Grundwasserhügeln des Keupers in die sandigen Grundwassermulden, sofern nicht wirksame Maßnahmen zur Verhinderung der Grundwassersenkung erfolgen. In diesen Gebieten findet also gewissermaßen eine Einebnung des Grundwassers statt.

So sehr in den Bauquartieren eine tiefe Lage des Grundwasserspiegels erwünscht ist, so wenig ist die Landwirtschaft damit einverstanden, wenn

in ihren Bereichen eine zu tiefe Spiegelsenkung eintritt. Die Befürchtung einer bleibenden Spiegelsenkung bestand von dieser Seite z. B. beim Bau des südwestlichen Hauptsammlers bei Leyh-Höfen. An ihm wurden daher Maßnahmen vorgesehen und auch durchgeführt, die nach Fertigstellung des Sammlers den alten Zustand im Grundwasser gewährleisten sollten. Die Vorkehrungen bestanden darin, daß nach Verlegung der Kanalrohre und dem üblichen Abmauern der Sickerleitungen, abschnittsweise quer zur Baugrube Dämme aus reinem Tonmaterial eingebracht wurden, deren Scheitel bis unmittelbar unter die Gelände-Oberfläche reichten. Die übrige Baugrube wurde wieder mit normalem Aushub verfüllt. Die Lettendämme haben auf Dauer ein Abfließen des Grundwassers entlang der Baugrube zu verhindern (Abb. 27).

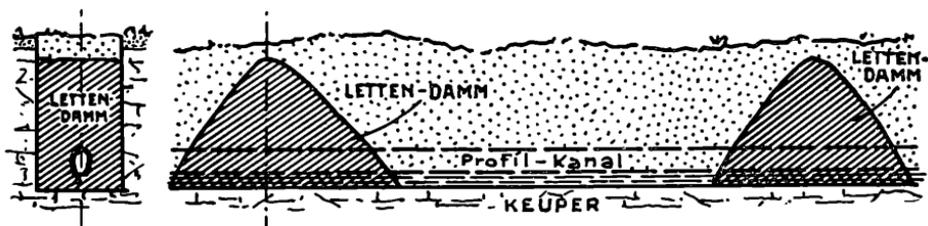


Abb. 27

Lettendämme im Verlauf des Aushubes eines fertiggestellten Abwasserkanales zur Vermeidung einer bleibenden Grundwassersenkung bei Höfen

Zur Überprüfung der Ereignisse waren bei Leyh-Höfen schon geraume Zeit vor Baubeginn abseits der Trasse in einiger Entfernung Peilrohre angelegt worden (s. S. 97 ff). Sie wurden regelmäßig und noch lange nach Abschluß der Bauarbeiten gemessen. Die Untersuchungen zeigten, daß sich die ursprünglichen Verhältnisse im Grundwasser wieder eingestellt hatten. Eine Dauerabsenkung des Grundwassers und eine damit verbundene Schädigung der landwirtschaftlichen Anbauflächen war in diesem Raum nicht erfolgt.

Bei gewissen Tiefbauarbeiten treten die Funktionen des Grundwassers in den unmittelbaren Gesichtskreis der Praxis. An dieser Stelle bedarf es vorerst einer Berichtigung der häufig zu begegnenden irrigen Meinung, hohe Grundwasserstände seien zwangsläufig mit großen Wassermengen verknüpft. Die Höhe des Grundwasserspiegels, genauer gesagt seine Lage zur Geländeoberfläche als seiner Bezugsebene, ist völlig unabhängig von der Menge des vorhandenen Grundwassers und umgekehrt. Entscheidend für die zu erwartende Wassermenge ist allein die geologische Beschaffenheit des grundwasserführenden Gesteins, ein Umstand, der sich bereits aus den bisherigen Ausführungen erkennen ließ.

Für Wasserhaltungen im Grundbau wäre eine vorherige Beurteilung der Wasserergiebigkeit oft sicher von großem Nutzen. Nicht selten ergaben sich bei diesen Maßnahmen Schwierigkeiten, die nur mit erheblichem Aufwand zu überwinden waren. Bei Beachtung von Richtlinien, die für jeden Gebrauch zutreffen, wären aber doch manche vorauszusehende, unangenehme Ereignisse vermeidbar gewesen. In tiefgründig sandigen Böden ist stets mit relativ hohen Grundwassermengen

gen zu rechnen. Das gleiche gilt für reine und vor allem grobkörnig-feinkiesige Sandsteine. In tonigen Gesteinen fällt nur wenig Wasser an. Nicht allein hohe Grundwassermengen sind in Bodenschichten mit sandigem Aufbau zu erwarten, sondern gelegentlich auch Wasser, das bei einer Spiegelsenkung durch Wasserhaltungen auf Schluff oder Tonschichten gestaut wird (s. a. WAGNER, 1954). Trotz allgemeiner Spiegelsenkung dringt es seitlich in die Baugrube ein, wodurch eine besondere Behinderung des Arbeitsfortschrittes, wenn nicht Schlimmeres entsteht. Das Boden- bzw. Grundwasser ist mit den feinsten Mineralteilchen der Schluffe usw. so innig verbunden, daß es als fließender Brei durch feinste Ritzen einer Verschalung quillt, oder von unten durch die Schachtsohle auftreibt. Dadurch entsteht ein Massenentzug im Untergrund der Umgebung. Falls sich Bauwerke in der Nähe befinden, kann der Entzug zu Grundbrüchen führen.

Durchnäßte oder wassergesättigte Sande mit diesen Eigenschaften werden im bautechnischen Sprachgebrauch häufig als „Schwimmsande“ bezeichnet. In der Struktur sind sie nicht anders als Sande, wie sie auch in Trockenbereichen des Bodens vorkommen; ihre Fließ Eigenschaften erhalten sie erst bei Vorhandensein von Wasser.

Geramnte Stahl-Spundwände, Larssen-Rammprofile und ähnliche Vorrichtungen sind die eine Möglichkeit, Brunnengalerien außerhalb der Schachtungen, oder gegebenenfalls eine Vacuum-Entleerung des Wassers in dichterem Boden, die andere, um derartigen Widrigkeiten wirksam entgegenzutreten.

Im einzelnen werden die Boden- und Grundwasserverhältnisse naturgemäß sehr unterschiedlich sein, so daß hier keine Anregungen für alle technisch möglichen Fälle gegeben werden können. Sie müssen sich auf allgemeine Hinweise beschränken. In feinkörnigen, dichten Schichten eines Baugrundes versagen Filterbrunnen, gleichgültig, welchen Durchmesser sie besitzen. In den porösen Lagen wiederum ist das Vakuumverfahren nicht geeignet. Wenn in diesen Fällen nicht vorteilhafter eine geeignete Pfändung gewählt wird, kann nur die gleichzeitige Anwendung beider Einrichtungen ein befriedigendes Ergebnis bringen. Die Vakuumvorrichtung entwässert die dichten Schichten und die Filterbrunnen die grobkörnigen, wobei die Anordnung der Galerien beiderseits der Baugrube erfolgen kann. Die Abstände und die Tiefen richten sich nach den gegebenen Verhältnissen, die vorher eingehend zu untersuchen sind. Hier kommt auch die theoretische Erkenntnis vom Verlauf der Absenkungskurve praktisch zur Auswirkung. Je dichter das Grundwasser führende Gestein ist, um so steiler wird der Absenkungstrichter. Das bedeutet, daß die absenkende Wirkung nicht weit ausgreift. Bei diesem Zustand sind daher engere Abstände zwischen den einzelnen Filterbrunnen erforderlich.

Außerhalb der Baugrube sind im Keupergestein Wasserhaltungen weder wirksam noch in der Regel erforderlich. Dort ist die anfallende Wassermenge so gering und das umgebende Gestein so standfest, daß sie aus der offenen Baugrube entfernt werden kann. Liegen jedoch wasserführende Sande auf dem Keuper und die Baugrube schneidet in diesen ein, dann wird sich immer ein Wasserpolster auf der meist tonigen Kontaktfläche zwischen Keuper und Sand erhalten. Dieses Wasserpolster ist mit außen-

liegenden Filterbrunnen nicht zu erfassen, so tief man sie auch führen würde. Es wirkt wie schwebendes Grundwasser oder Schichtwasser und bedarf einer nur von Fall zu Fall entscheidbaren Behandlung, da sie von sehr verschiedenen Gegebenheiten abhängt.

Nachdem festgestellt wurde, daß die Grundwasserhöhen keine Auskunft über vorhandene Grundwassermengen geben können, ist über diese Fragen auch aus der Grundwasserkarte (Beil. II) nichts zu entnehmen. Dagegen können aus Kartenbeilage I in gewissem Umfang Schlüsse auf die zu erwartende Menge des Grundwassers gezogen werden. **Alle Urtäler enthalten tiefgründige Sande und somit größere Grundwassermengen.** Vor allem sind in den verschütteten Urtälern von der ersten bis dritten Phase (S. 48ff) hohe spezifische Ergiebigkeiten anzutreffen. In der ersten und zweiten Phase bestehen sie wegen der Reinheit der eingelagerten Sande und der kiesigen Lagen, in der dritten wegen der vorwiegend aus Schottern bestehenden Talfüllung. Die Ablagerungen der letzten Aufschüttungsphase sind in den oberen Lagen wesentlich lehmiger, toniger und schluffiger, so daß bei Wasserhaltungen mit geringeren Ergiebigkeiten gerechnet werden kann. Dieses Urtal verläuft bekanntlich durch das dicht bebaute Weichbild der Stadt von Wöhrd nach Schniegling.

Der Wasserreichtum in den Sanden der ersten Aufschüttungsphase zeigte sich u. a. beim Kanalbau, der das Urtal an der Trierer Straße vor dem Südfriedhof querte. Die erforderlich gewordenen Wasserhaltungen brachten spezifische Ergiebigkeiten von 3 bis 4 l/s/m. Ausschlaggebend sind für die Bautechnik zwar immer nur einige Meter der oberen Grundwasserzone, aber es ist doch von Interesse zu wissen, daß der gesamte ergiebige Grundwasserkörper in diesem Urtal nahezu 30 m Mächtigkeit besitzt, und daß sich in ihm ein zusammenhängender Grundwasserstrom etwa von Mögeldorf bis Reichelsdorf erstreckt. Auch im Rednitz- und Regnitztal ist bei den tiefer in den Untergrund vordringenden Bauarbeiten und Wasserhaltungen mit hohen spezifischen Ergiebigkeiten, also mit starkem „Wasserandrang“ zu rechnen, da an der Basis dieser Täler mächtige Schotterstreifen eingebettet sind, in denen niedrige Fließwiderstände herrschen.

In der näheren und weiteren Umgebung Nürnbergs, in außenmärkischen Gebieten, gibt es ebenfalls teils noch nicht allgemein bekannte, verschüttete Urtäler und sogenannte „entgleiste Flüsse“. Auch sie enthalten ausgedehnte und ergiebige Grundwasservorkommen. Aus einem derselben bezieht beispielsweise das Wasserwerk Krämersweiher sein Wasser (FICKENSCHER, 1938).

F) Das Tiefenwasser

Für die Bautechnik im engeren Sinne haben die Bereiche des Tiefenwassers zwar kaum eine unmittelbare praktische Bedeutung. Man kann diese und die bisher behandelte Oberzone des Grundwasserkörpers aber nicht außerhalb des großen Zusammenhanges betrachten, wenn ein erschöpfendes Bild von den Untergrundverhältnissen gegeben werden soll. Hier ist auch nochmals hervorzuheben, daß unter der Bezeichnung „Zone“ keine nach oben oder unten abzugrenzenden Wasservorkommen zu verstehen sind, die etwa Wasserstockwerken entsprechen würden.

REUTER brachte eine Definition, die von der vorliegenden abweicht und die auch sonst von der heutigen Vorstellung über den behandelten Gegenstand in manchem verschieden ist. Er schreibt z. B. „Das Tiefenwasser ist in den durchlässigen Sandsteinflözen und Kalkbänken des Grundgebirges enthalten, das Grundwasser dagegen in den alluvialen und diluvialen Sand- und Kiesdecken, die über dem Grundgebirge liegen“ (REUTER, 1926, S. 17).

Die in diesem Handbuch verwendete begriffliche Festlegung für die Oberzone und das Tiefenwasser, ergibt sich im übrigen bereits aus dem Sachverhalt, der auf S. 77 f. geschildert wurde. Unterschiede innerhalb des Wasserkörpers, die bei künstlichen hydraulischen Vorgängen sichtbar werden, sind demnach in den verschiedenen Fließwiderständen begründet, die das Gestein besitzt. Die Betrachtung des Grundwassers als eine hydrologische Einheit innerhalb hydrographischer Grenzen, die besonders für die Berechnung des Wasserhaushaltes (Abschnitt IV H) eine praktische Bedeutung erlangen, zwingt zur Revision gewisser Auffassungen, denen man gelegentlich im Brunnenbau begegnet. Dazu gehört die häufig zu hörende Faustregel, nach der ein Versorgungsbrunnen den Nachbarbrunnen bei etwa 300 m Entfernung nicht mehr beeinträchtigt. Nach diesem Prinzip wären, wenn man den Gedanken weiter verfolgen würde, auf der Stadtgebietsfläche von 130 qkm über tausend Tiefbrunnen ohne Schädigung des Wasserkörpers unterzubringen. Daß das nicht möglich ist, leuchtet wohl ein. Wesentlich sind aber nicht nur die Brunnenabstände, sondern entscheidend ist auch die Entnahmemenge aus jedem einzelnen Brunnen. Daher kann keine der zahlreichen Entnahmestellen im Grundwasser — weder Flach- noch Tiefbrunnen — für sich allein betrachtet werden. Die Gesamtheit der Brunnen zehrt am naturgegebenen Vorrat, und wenn der Verbrauch das Angebot überschreitet, dann ist die zwangsläufige Folge ein Sinken des Wasserspiegels im ganzen hydrologischen Raum.

Das Ausmaß des permanenten Spiegelfallens, das durch Versorgungsbrunnen verursacht wird, und die praktische Möglichkeit, es mit Messungen zu erfassen, ist dabei eine andere Frage, da neben der Brunnenentnahme innerhalb eines Großstadtbereiches mehrere Ursachen am Absinken des Grundwassers beteiligt sind. In Gebieten Amerikas mit dichter Besiedlung ist beispielsweise durch Brunnenförderungen zur Wasserversorgung der Grundwasserspiegel innerhalb der vergangenen 70 bis 80 Jahre bis zu 30 m gesunken.

Obwohl keine ursprüngliche natürliche Ausgangsebene mehr für die Beurteilung der heutigen Grundwasserfragen besteht, soll doch anhand der spärlichen Unterlagen ein kurzer geschichtlicher Rückblick gegeben werden. Verlässliche geologische Beobachtungen und gelegentliche hydrologische Aufzeichnungen beginnen erst sehr spät; sie setzen zu einer Zeit ein, als der Mensch schon lange in das hydrographische System eingegriffen hatte. Das gilt sowohl für die Notierungen bei den ersten Bohrungen von Brunnen, die noch vor der Mitte des vergangenen Jahrhunderts erfolgten, als auch für die im Anschluß an die Erstellung der Brunnen vorgenommenen Messungen der Spiegellagen, Ergiebigkeiten und anderer wichtiger Beobachtungen. Nur Bohrungen vermitteln aber, wenn auswertbare Aufzeichnungen vorliegen, eine umfassende Kenntnis vom geologischen Zustand des Untergrundes und von den mit ihm zusammenhängenden hydrographischen, hydrologischen und hydraulischen Erscheinungen.

Bei der Betrachtung historischer Tatsachen, kann auf die eingehenden Erhebungen von FISCHER (1912) Bezug genommen werden. Ihm zufolge betrug die gesamte Förderung an Wasser aus **Quellfassungen**, das durch Röhrenleitungen floß, im Nürnberg der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts rd. 16 l/s. Da die Bevölkerung damals aus 25 000 Einwohnern bestand, konnte mit dieser Wassermenge ihr Bedarf keinesfalls gedeckt werden. Die Überlegung zwingt zu dem Schluß, daß die Hauptversorgung durch **Grundwasserbrunnen** erfolgte (FISCHER, S. 99), die allerdings im allgemeinen nur in die Oberzone vorgedrungen sein dürften. Nach späteren Ratserhebungen, und zwar vom 26. 3. 1810, bestanden zu dieser Zeit in Nürnberg 138 öffentliche und 1049 private Grundwasserbrunnen (S. 7). Messungen der Brunnenspiegel im Jahre 1766, deren Ergebnisse leider nur von der Sebalder Stadtseite auf uns überkommen sind, besagen, daß das Grundwasser zwischen 0,60 und 7 m unter Gelände anstand (S. 26). Da der nördliche Stadtteil vorwiegend aus felsig-tonigem Gestein besteht, lagen diese Brunnen meist im Keuper. Spiegelstände von 0,60 m unter Flur wurden dort in der Gegenwart nicht beobachtet; das Grundwasser befindet sich heute in der Regel tiefer als vier Meter (s. Kartenbeilage II). Da nicht sicher ist, ob es sich bei den seinerzeit registrierten Versorgungsanlagen stets um wirkliche Grundwasserbrunnen handelte oder vielleicht doch häufig um zisternenartige Einrichtungen oder Behälter, die aus den Quellen des Burgberges gespeist wurden, sollen aus diesen historischen Feststellungen keine Schlüsse auf die heutigen Grundwasserverhältnisse gezogen werden. Jedenfalls ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, daß viele alte Gebäude im Sebalder Stadtteil ungewöhnlich tiefe Keller, Gewölbe und Gänge hatten, deren Bau bei hochgelegenen und zusammenhängenden Grundwasservorkommen nicht denkbar gewesen wäre.

Welche Tiefe die mittelalterlichen und die später angelegten Brunnen hatten, ist bis auf Einzelfälle nicht bekannt. Der sogenannte „Tiefe Brunnen“ der Kaiserburg mißt 51,5 m (FISCHER, S. 26; nach FICKENSCHER, 1934/35, S. 44, nur 49,57 m, bzw. 1938, S. 75, aber 48,77 m). Er hat etwa 3,50 m Wasserstand, der wie an allen Brunnen entsprechend der allgemeinen Grundwasserauffüllung schwankt. In Nürnberg wird kaum ein anderer Brunnen auch nur annähernd diese Tiefe erreicht haben, denn solche Einrichtungen mußten damals aus dem Fels gebrochen werden und waren daher kostspielig. Die gelegentlich bei Bauarbeiten gefundenen alten Brunnen, wie am Hauptmarkt, in der Johannisgasse und an anderen Stellen, sind zwischen 6 und 15 m tief, teils ausgemauert und teils im stehenden Fels. Auch die Pumpwerke, die seit Ende des 16. Jahrhunderts in Betrieb waren (FISCHER, S. 7), schöpften sicher nicht aus sehr tiefen Brunnen.

Der knappe Überblick zeigt, daß schon frühzeitig eine ausgiebige Durchlöcherung des **seichteren** Untergrundes von Nürnberg erfolgte, deren Umfang heute im einzelnen nicht mehr nachzuprüfen ist. Durch sie mußte eine Änderung des ursprünglichen hydrologischen Zustandes mindestens in der Oberzone des Grundwassers erfolgt sein. Es ist anzunehmen, daß sie nicht raumgreifend war, denn sie beschränkte sich auf ein Siedlungsgebiet, das im Verhältnis zur Gegenwart klein war.

Die älteste bisher bekannt gewordene Bemerkung über **Bohrbrunnen** findet sich in einem Werk mit autobiographischem Charakter von K. v.

LEONHARD. Seine Feststellung wurde im Jahre 1833 getroffen und im Jahre 1856 veröffentlicht. Da gerade diese Notiz veranlassen könnte Vergleiche mit heute anzustellen, wird sie hier im Wortlaut gebracht. LEONHARD schreibt: „Was endlich in Nürnberg meine Beachtung besonders in Anspruch nahm, mir damals noch neu, war der im Keuper-Gebilde erbohrte artesische Brunnen. Mit einer Tiefe von dreihundertsechundsechzig Fuß erreichte man Wasser; es sprang 15 Fuß über die Boden-Oberfläche. Die mit Mergellagen wechselnden Sandstein-Schichten sind hier ungemein günstig für die Herstellung solcher Springquellen.“

Ein bayerischer Fuß entspricht rd. 0,292 m. Der Brunnen hatte somit 106,87 m Tiefe, war zweifellos im Pegnitztal angelegt und erreichte dort bei dieser Tiefe den Benkersandstein. Er sollte einen Wasserstrahl von 4,38 m Höhe über Terrain ausgestoßen haben! Wenn man den Durchmesser der Bohrung nur mit 200 mm annimmt, so kann man sich vorstellen, welche enorme Wassermenge der Brunnen artesisch abgegeben haben müßte. Eine Naturfontäne von solchen Ausmaßen würden sicher auch Nürnberger Chronisten vermerkt haben und das wiederum wäre der umfassenden Archivforschung FISCHERS (1912) nach einschlägigem Material wohl nicht entgangen. In irgendeiner Form dürfte daher ein Irrtum vorliegen. Der Fall ist zu erwähnen, da er in die neuere Literatur übernommen wurde, ohne Bedenken gegen das Ausmaß der artesischen Erscheinung vorzubringen, oder sie sogar als Maßstab für einen sichtbaren Rückgang der Grundwassermengen anzuwenden.

Der erste im Schrifttum einwandfrei belegte Bohrbrunnen befand sich im Schwabenmühlwerk. Er lag auf der linken Pegnitztalseite bei Haus Nummer 22 der Kaiserstraße, aber noch ein Stück im Fluß. Später wurde dort außerhalb der Pegnitz eine zweite Bohrung angelegt. Nach Angabe GUMBELs (1891, S. 415) bzw. FICKENSCHERS (1934/35, S. 41 f) besitzt der erste Brunnen rd. 80 m Tiefe und reicht nach v. FREYBERG (1954, S. 29) in den Benkersandstein. Das Jahr seiner Erbauung ist nicht bekannt, er bestand aber bereits 1856 und lieferte damals 9 bis 10 l/s Förderwasser (FISCHER, S. 134).

Die beiden Schwabenmühlbrunnen hatten nach GUMBEL artesischen Überlauf. Über die Höhe der Druckspiegellage, über die Höhe der Bohrrohr-Oberkante zu Normalnull oder zum Pegnitzspiegel und auch über die artesische Schüttung bestehen von den Schwabenmühlbrunnen heute keine zuverlässigen Aufzeichnungen mehr. Dagegen hat sich FICKENSCHER (1934/35, S. 41 ff) etwas eingehender mit den historischen und geologischen Verhältnissen der beiden Brunnen befaßt und gibt u. a. an, daß der zweite bei 8,5 m Absenkung 1,7 l/s Wasser lieferte. Bei dieser niedrigen spezifischen Ergiebigkeit konnte kein nennenswerter artesischer Überlauf bestehen.

GUMBEL (1892, S. 744 Fußnote) zählt noch weitere Tiefbrunnen im Nürnberger Stadtgebiet auf und nennt teilweise ihre Maße. Es sind folgende:

Rosenau, 195 m	Hallerwiese
Trödelmarkt, etwa 195 m	Merkel am Roß
Innere Laufer Gasse, 162 m	Spitalhof
Blumsche Mühle, 100 m	Sandmann
Wildbad, 100 m	je 58 m
Gebhardsgarten, 100 m	

Bei einigen dieser 10 Bohrbrunnen sei das Wasser etwas über die Bohrmündung gesprudelt. Die Brunnen bestehen heute nicht mehr oder sind nicht mehr zugänglich, und GUMBEL macht auch keine Angaben darüber, welche von ihnen artesisch überliefen.

Schließlich werden von FISCHER (1912, S. 143) vier artesische Brunnen im Spinnereiwerk Wöhrd erwähnt. FICKENSCHER (1938, S. 76) gibt in einer Zusammenstellung — ebenfalls mit dem Vermerk „artesischer Brunnen“ — Tiefen von 50, 56,6 und 45,7 m an und das Baujahr als vor 1872 liegend. Mangels weiterer Unterlagen ist an den Spinnereibrunnen lediglich eine Feststellung beachtenswert, nämlich die, daß sie nicht in den Benkersandstein führen, sondern wahrscheinlich im Blasensandstein, höchstens aber in den Lehrbergsschichten enden. Das beweist, daß artesisches Wasser auch in höher liegenden Keuperhorizonten auftreten kann und nicht auf Gesteine unterhalb der Estheriensichten beschränkt ist.

Für die frühen Berichtersteller war naturgemäß das Aufsteigen und Überlaufen des Wassers aus einer Bohrung im Nürnberger Gebiet ein sichtbarer und kennzeichnender Vorgang. Als historisch und ihrer Lage nach gesichert, können aber nur die artesischen Brunnen der Schwabmühle und der Spinnerei Wöhrd angesehen werden. Ob sich die hydraulische Charakteristik später änderte und ob vor allem heute an den angegebenen Stellen andere Verhältnisse herrschen, ist leider nicht zu ermitteln. Wie schon erwähnt, ist keiner der alten Brunnen mehr vorhanden oder zugänglich. Auch neue Tiefbrunnen bestehen im Pegnitztal nicht, um an ihnen den Sachverhalt prüfen zu können. Daher ist es angebracht, wegen Fehlens einwandfreier Unterlagen, aus den alten Notizen nicht mehr zu folgern, als ihre klare Aussage von Tatsachen anbietet.

Mit dieser Feststellung soll die Möglichkeit oder sogar Wahrscheinlichkeit einer Änderung der hydrologischen und hydraulischen Verhältnisse in den Tiefenwasserbereichen des Nürnberger Untergrundes nicht in Abrede gestellt werden. Wir sind jedoch gezwungen, diese Fragen offen zu lassen, wodurch die Mängel in Erscheinung treten, die einen zeitlich zurückgreifenden Anschluß der heutigen Hydrologie an die ursprüngliche verhindern. Für eine vorsichtige Beurteilung der Sachlage ist indessen um so mehr Anlaß geboten, als auch heute noch im Nürnberger Raum gespannte Wasservorkommen angetroffen werden oder beim Bohren Spiegelanstiege erfolgen. Sie stellen im Grunde keine andere hydraulische Erscheinung dar, als sie früher an den artesischen Brunnen beobachtet wurde, die im Pegnitztal lagen.

Wenn die hydrologischen Aufzeichnungen von neueren Tiefbohrungen in Nürnberg ebenfalls zumeist noch sehr lückenhaft sind, so finden sich doch unter den 110 beim Hauptamt für Tiefbauwesen der Stadt registrierten Brunnen einige, die zur allgemeinen Beurteilung des hydrologischen Gegenwartszustandes ausreichen.

Die geologische Deutung der Bohrmeisterlisten wurde von 29 Nürnberger Bohrungen durch v. FREYBERG in den Erlanger Geologischen Abhandlungen veröffentlicht (1954, H. 11). Diese Arbeit diente auch als Unterlage zur Darstellung des Verlaufes der Estheriensichten in den beiden Schnitten auf Abb. 28.

Auftraggeber für die Bohrungen waren zumeist Privatunternehmen, in einigen Fällen auch Behörden. Die Brunnen wurden zur industriellen Wasserversorgung

angelegt (Kühlwasser, Waschwasser, Kessel-Speisewasser usw.) und werden mit Motorkraft betrieben. Das unterscheidet sie von den alten Brunnen, die vielfach der öffentlichen Wasserversorgung dienten. Diese waren wegen Nutzung der Wasserkraft, welche die Pegnitz bot, mit den Fördereinrichtungen am Fluß oder in seiner Nähe angelegt. Aus dieser Ortslage erklärt sich auch die häufigere Feststellung von artesischen Brunnen im älteren Schrifttum.

Bei Durchsicht der Aufzeichnungen über die Nürnberger Brunnen der Gegenwart ergibt sich folgendes Bild:

1. Tiefen der Brunnen.

	Anzahl
unter 20 m .	29
von 20 bis 49 m	27
von 50 bis 99 m	31
von 100 bis 150 m	22
153 m	1

Die unterschiedlichen Aufschlußtiefen besagen, daß die Bohrungen in verschiedenen Keuperstufen beendet wurden, bzw. daß je nach Tiefe nur ein Schichtenhorizont oder auch mehrere aufgeschlossen sind.

2. Der Aufschluß erstreckt sich danach zahlenmäßig auf folgende geologische Horizonte:

	Anzahl
a) Blasensandstein	35
b) Blasensandstein + Lehrbergsschichten .	18
c) Blasensandstein bis Estheriensschichten	8
d) Blasensandstein bis Benkersandstein	28

Die nur in Diluvialsanden stehenden Brunnen blieben hier unberücksichtigt. Eine Ausscheidung zwischen oberem, mittlerem und unterem Benkersandstein wurde nicht vorgenommen.

3. Ruhespiegellagen des Brunnenwassers.

Mit den hydrologischen Aufzeichnungen über die Brunnen beginnen die Lücken. Einerseits, weil nur von einem Teil die Daten vorliegen und andererseits, weil auch unter den verfügbaren Werten manche als unsicher zu gelten haben. So beispielsweise die hier mitzuteilenden Lagen der Ruhespiegel, die oft wegen der wechselnden Förderung aus Nachbarbrunnen nicht als wirkliche Ruhespiegel für den untersuchten Raum angesehen werden können. Die Beeinflussung kann unter Umständen Meterbeträge erreichen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache werden die Meter-Intervalle entsprechend weit gewählt. Das bekanntgegebene Material bedeutet somit nur den Versuch, eine der Wirklichkeit angenäherte Vorstellung von den einschlägigen Verhältnissen zu vermitteln. Die seichten Brunnen in den Sanden bleiben auch hier unberücksichtigt.

Ruhewasserspiegel unter Gelände:

	Anzahl
weniger als 2 m	3
von 2 bis 4 m	11
bis 6 m	17
bis 10 m	10
bis 15 m	12

An zwei Brunnen liegen die Ruhespiegel tiefer als 20 m und zwar bei —23,25 und bei —24,65 m. Dabei handelt es sich um Brunnen im Norden der Stadt, von denen ein in der Langen Gasse befindlicher (Tucher Brauerei) im SO-NW-Schnitt der Abb. 28 eingetragen ist. Die tiefen Lagen der Ruhespiegel sind durch hohe Geländelagen bedingt, in denen sich die Ansatzpunkte dieser Bohrungen befinden.

4. Spezifische Ergiebigkeiten.

Von 51 Industriebrunnen sind die spezifischen Ergiebigkeiten bekannt. So wechselvoll die Ausbildung der Keuperschichten in der Lotrechten und Waagerechten ist, so unterschiedlich sind auch die spezifischen

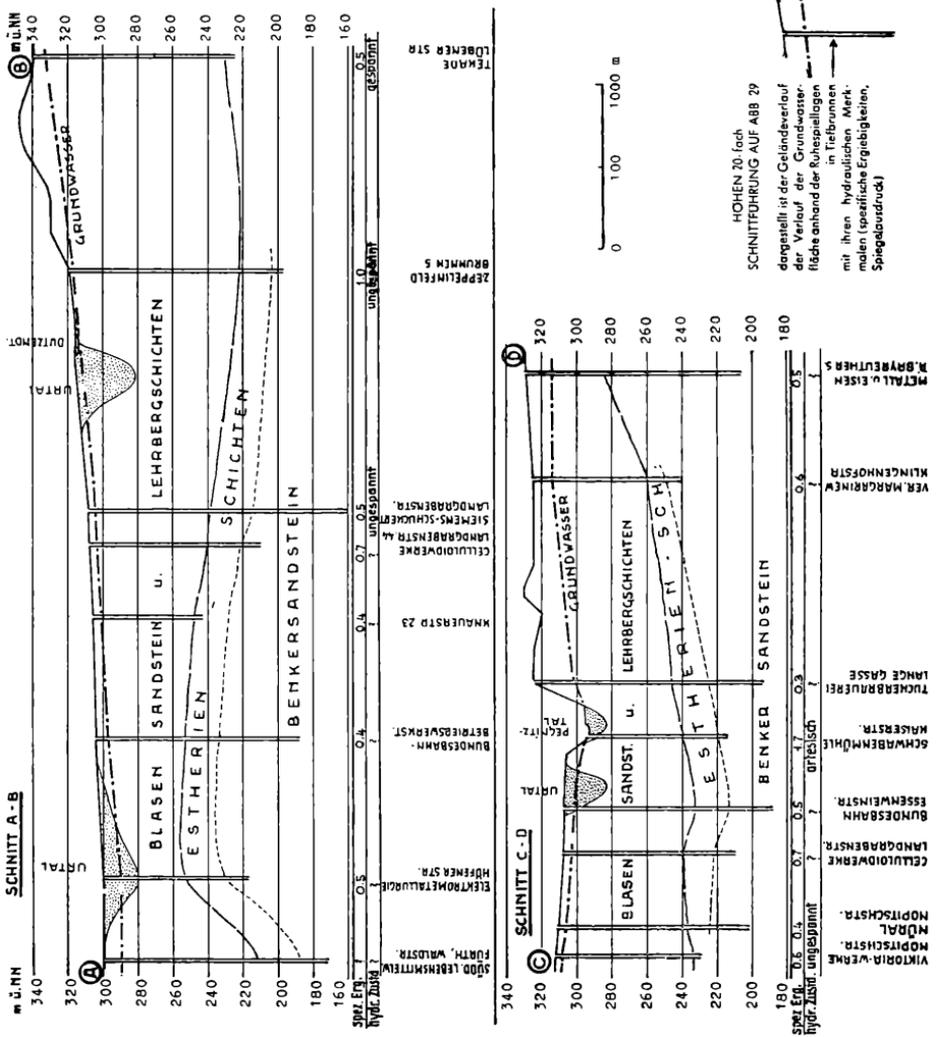


Abb. 28
Schnitte durch den tieferen Untergrund von Nürnberg mit seinen geologischen und hydrologischen Gegebenheiten

Ergiebigkeiten in ihnen. Eine der wichtigsten Erkenntnisse für die Praxis ist dabei, daß sich dieses hydraulische Faktum an keine Regel hält, daß also jeder Schichtenstoß der geologischen Aufeinanderfolge sowohl geringe, als auch höhere spezifische Ergiebigkeiten aufweisen kann. Diese Tatsache schließt natürlich die Möglichkeit nicht aus, bei genügend tiefen Brunnen gegebenenfalls durch entsprechende Spiegel-senkung die gewünschte Wassermenge dennoch zu gewinnen.

Soweit die zugehörigen Daten bekannt sind, lassen sich folgende Häufigkeiten der spezifischen Ergiebigkeiten ermitteln:

	Anzahl
unter 0,1 . . .	1
von 0,1 bis 0,5	24
von 0,6 bis 1,0	18
von 1,1 bis 2,0	5
von 2,1 bis 3,0	4
4,0	1

Die Aufstellung zeigt, daß die Hauptmasse der Brunnen spezifische Ergiebigkeiten besitzen, die im Vergleich zu Grundwässern in Sanden, Kiesen oder im Karstgestein als niedrig zu bezeichnen sind. Dadurch werden im allgemeinen große Absenkungsbeträge und Förderhöhen notwendig. Unter 50 Brunnen, von denen die Werte vorliegen, befinden sich 12 mit einer Spiegelsenkung von über 30 m, um das Fördersoll zu erfüllen. An einem 140 m tiefen Brunnen mit 600 mm ϕ im Norden des Stadtgebietes, ist nach den amtlichen Unterlagen eine Spiegelsenkung von 60 m erforderlich, um 17 l/s zu erhalten. Das entspricht einer spezifischen Ergiebigkeit von 0,3 l/s/m.

5. Hydraulischer Zustand.

Zur unmittelbaren Feststellung einer etwaigen Überbeanspruchung des Nürnberger Wasserhaushaltes könnte die Kenntnis des hydraulischen Zustandes an den Brunnen einen wertvollen Beitrag liefern. Der Zustand wird bekanntlich aus den Bezugskurven zwischen Spiegelsenkung und Fördermenge erkennbar. Dazu ist erforderlich, daß bei den Versuchen in Stufen gepumpt wird und darüber genaue Aufschreibungen geführt werden (s. S. 78 f). In dieser Hinsicht sind die Unterlagen über Nürnberger Tiefbrunnen völlig unbefriedigend, so daß nur wenig darüber ausgesagt werden kann. Fest steht aber, daß in jedem Keuperhorizont sowohl gespannte als auch ungespannte Spiegel auftreten können. Das ist besonders an Brunnen beachtlich, die bisweilen tief unter die Estheriensichten in den Benkersandstein vordringen und trotzdem frei spiegeln. Die gespannten Spiegel scheinen nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen jeweils nur örtlich beschränkte Erscheinungen zu sein, da es vorkommt, daß benachbarte Brunnen im gleichen Horizont dieses Merkmal nicht besitzen. Ob bei gespannten Spiegeln unter den Estherientonen im Benkersandstein mit einer Regel zu rechnen ist und mit welcher, wäre vielleicht zu ergründen, wenn aus umfangreichen, vor allem aber einwandfreien Testen und Messungen an den Brunnen, ebenso einwandfreie Unterlagen hervorgegangen sind.

Bei dem Versuch, die gegenwärtig verfügbare Aufsammlung von Beobachtungen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, kommt man zu der Überzeugung, daß jeder einzelne Brunnen seine eigene Charakteristik besitzt. Diese Erscheinung ist zum wenigsten auf technische Ursachen, wie Bohrlochdurchmesser, Art und Zustand des Ausbaues und dergleichen zurückzuführen. Verantwortlich ist dafür im wesentlichen der jeweilige geologische Zustand des Untergrundes.

Die Kenntnis des Wasserhaushaltes im Nürnberger Stadtgebiet ist im öffentlichen Interesse gelegen. Nur diese Kenntnis ermöglicht von höherer Warte aus eine Regelung der Eingriffe durch einzelne Beansprucher des Wasservorrates ohne Benachteiligung der Allgemeinheit. Um dieses Ziel zu erreichen, ist erste Voraussetzung, die bekannt gewordenen hydrologischen Erscheinungen in ein naturbedingtes System einzuordnen. Zur Sichtbarmachung eines Teiles der bisherigen Feststellungen dienen die beiden Schnitte auf Abb. 28. Die Schnittführung wurde so gewählt, daß möglichst jene Brunnen einbezogen sind, von denen die meisten Daten vorliegen.

Der Schnitt A-B liegt etwa in der Längsachse des Pegnitz-Einzugsgebietes, der Schnitt C-D verläuft quer dazu, wie aus dem Kärtchen auf Abb. 29 zu entnehmen ist. Am Fuße der Darstellung geben Bemerkungen über spezifische Ergiebigkeit und hydraulischen Zustand an einigen Brunnen Auskunft.

Die Profile zeigen, daß die Oberfläche des gesamten Grundwasserkörpers unabhängig vom Schichtfallen verläuft. Die allgemeine Lage der Schichten geht aus der eingezeichneten Oberkante des Estherienhorizontes hervor. Die Ruhespiegellagen der Brunnen zeigen Abdachungen der Grundwasserflächen, die eindeutig in die Hydrologie des Pegnitz-Flußsystems einzuordnen sind. Die Ausrichtung der Brunnenpiegel ist somit das wichtigste gemeinsame gewässerkundliche Merkmal, das den Tiefbrunnen eigen ist. Mit den oben bekanntgegebenen Einzelbeobachtungen ist es das entscheidende Kriterium und zugleich der Rahmen für die im Abschnitt IV H aufzustellende Bilanz zum Nürnberger Wasserhaushalt.

G) Die offenen Gewässer

Über die stehenden Gewässer des Stadtgebietes von Nürnberg sowie über die Flüsse Pegnitz und Rednitz wurde bereits im Zusammenhang mit der Architektur der Landschaft berichtet (S. 12 ff). Eine ausführliche Behandlung der hydrologischen Erscheinungen im Pegnitzgebiet enthalten die Veröffentlichungen von SPECHT (1912) und HESS (1927). Eine gesonderte Darstellung des Katastrophenhochwassers im Jahre 1909 in Nürnberg erschien außerdem in den Abhandlungen des Hydrotechnischen Büros in München (1910). Somit verbleibt nur noch auf die Quellen und Bäche einzugehen, die innerhalb des Stadtgebietes oder doch in den Randbezirken entspringen und verlaufen (s. a. Abb. 29).

Quellen sind der sichtbare Ausdruck für ausfließendes Grundwasser. Dabei gilt das schwebende Grundwasser oder Schichtwasser als mit einbezogen. Das flache Sandgebiet Nürnbergs war wohl trotz seiner weiträumig hohen Grundwasserstände schon ursprünglich verhältnismäßig arm an Quellen. Diese Eigenschaft haftete ihm schon an, noch ehe die absenkenden Ereignis-

nisse durch den Menschen eintraten. Die vielen kleinen Gräben in einstigen und noch bestehenden Waldgebieten sind zumeist künstlich und erhalten ihr Wasser aus schleichenden Sickerungen und nicht von eigentlichen Quellen, wie sie hier gemeint sind. Die größere Zahl der Wasseraustritte wird am Rande oder an den Hängen der Keuperhöhen entsprungen sein, wo sie auch heute noch zu Tage treten, soweit sie nicht durch Fassung und Ableitung verschwanden. Am Westhang des Hohen Bühls wurde zum Beispiel eine Quelle für den ehemaligen städtischen Gutsbetrieb Langwasser gefaßt. Heute noch frei ausfließende Quellen finden sich am Hang und am Fuße des Zollhausberges, am Haidberg (vgl. S. 35), unterhalb Buchenbühl und anderswo im umliegenden Hügelland.

Allerdings waren auch im engeren Stadtgebiet Quellen zu finden. Sie sind teilweise noch vorhanden, wenn sie nicht wegen des abgesunkenen Grundwasserspiegels eingegangen oder gegebenenfalls durch Überbauung unsichtbar geworden sind.

FISCHER (1912) hat im historischen Teil seines Werkes wertvolle Archivstudien über dieses Sachgebiet bekanntgegeben, auf die auch hier wieder Bezug zu nehmen ist. Die Quellen wurden nach diesen Feststellungen schon im Mittelalter zur Wasserversorgung der Reichsstadt Nürnberg durch Blei- oder Holzröhren gefaßt. Im Jahre 1395 wird erstmals urkundlich die Hyserslein- oder Unschlitt-Leitung genannt, die ihr Wasser aus zwei Quellen am Weizenstadel bezog (FISCHER, S. 36). Weitere Quellen lagen an der alten Peterskapelle, welche die „Schüttleitung“ speisten. Ferner waren am Hallerschlöbchen und am Zeltnerweiher in Gleißhammer welche gefaßt. Vom Zeltnerweiher kam die „Schönbrunnleitung“, die seinerzeit einen großen Ruf genoß, weil sie den berühmten Schönen Brunnen auf dem Hauptmarkt mit Fließwasser versorgte.

Aber selbst im Weichbild der nördlichen Altstadt, und zwar vorwiegend am Südhang des Burgberges, entspringen den Verhältnissen entsprechend, recht ansehnliche Quellen (s. S. 82). Sie bildeten in den hochgelegenen Gebieten nördlich der Theresienstraße in der Frühzeit Nürnbergs wohl die einfachste und sicher auch einwandfreieste Wasserversorgung für die Patrizierhäuser. Von diesem Quellgürtel, der aus schwebendem Grundwasser kommt, zog sich ein dichtes Geäder von Leitungen zwischen „Olberg“ und Landauer Gasse nach Süden. Das zeigt die Rekonstruktion eines Rohrnetzplanes aus dem beginnenden 19. Jahrhundert (FISCHER, 1912). Auch anderwärts finden sich bei Bauarbeiten außer alten Brunnen gelegentlich Leitungsreste, die sowohl aus Holz und Blei, als auch aus Steinquadern und Platten bestehen, oder sogar in den Felsen gehauen sind (Lochwasserleitung). So zieht beispielsweise von der Laufamholzstraße nach Unterbürg ein mit Sandsteinplatten abgedecktes, trogförmiges Rinnsal, das einst das dortige Schlöbchen mit Quellwasser versorgte. Der Rest eines ansehnlichen Felsenstollens im Blasensandstein liegt u. a. im Untergrund am Laufer Tor. Er wird heute als städtischer Abwasserkanal benutzt.

Die im Nürnberger Raum vorhandenen Oberflächen-Rinnsale verdienen mit wenigen Ausnahmen kaum die Bezeichnung Bäche. Es sind Gräben, die heute wenig oder überhaupt kein Wasser mehr führen, gelegentlich auch nur in nassen Jahren. Von den insgesamt 15 ständig fließenden Oberflächengerinnen im Nürnberger Stadtgebiet sind 14 Ost-West ausgerichtet,

womit sie entgegen dem allgemeinen Schichtfallen des Gebirges verlaufen. Nur der Tiefgraben bei Erlenstegen ist Nord-Süd angelegt. Ihr kennzeichnendes Merkmal ist, entsprechend dem flachen Gelände, ein träges Fließen und, soferne nicht gelegentliche Begradigungen vorgenommen wurden, ein fortwährend pendelnder Verlauf. Der Zuwachs ihrer Wasserführung ist auffallend gering. Ein stärkeres Einschneiden der Gerinne in den Untergrund erfolgt in der Regel erst gegen die Mündungsgebiete und dort meist nur wegen der sandigen Beschaffenheit des Untergrundes und der Tieflage des Grundwassers bzw. der Vorfluter dieser Bäche und Gräben.

Das geringe Gefälle der offenen Fließwässer begünstigt eine Verkrautung und Verschmutzung, wodurch auch der Grundwasserspiegel angehoben und in angrenzende Siedlungsgebiete gestaut werden kann. Außer einer Begradigung und Fassung der Wassergräben ist deren Reinhaltung zur Förderung eines ungehinderten Abflusses die einzige entsprechende Maßnahme, um in den Randbezirken des Stadtgebietes, die ohne Kanalanschluß sind, die lästig hohen Grundwasserspiegel etwas zu senken.

Eine Nennung der einzelnen Oberflächenrinnsale ist an dieser Stelle überflüssig, da sie der Topographischen Karte 1:25 000, Nr. 6532, Blatt Nürnberg, zu entnehmen sind. Erwähnenswert dürften lediglich drei Bäche im Süden des Gebietes sein, und zwar wegen ihrer interessanten topographischen Anordnung, auf die im Schrifttum bisher noch nicht hingewiesen wurde. Es ist der Entengraben und der Eichwaldgraben, dieser aus zwei Zusammenflüssen bestehend. Sie münden in die Rednitz. Bei ihnen handelt es sich um alte Gerinnesysteme, die nicht dem heutigen Geländere relief entstammen. Sie schneiden den Hügelzug mit den „Reichelsdorfer Schottern“ quer durch und sind daher auf einer früheren Aufschüttungsfläche angelegt, von der aus sie etwa 20 m im Maximum in den Untergrund eingeschnitten haben. Dadurch wurde der Hügelzug mit den Reichelsdorfer Schottern von den Bächen in Ost-West-Richtung zersägt, was besonders gut auf der Geologischen Karte von FICKENSCHER zum Ausdruck kommt. Hier ist jedoch nicht der Rahmen, um auf ausschließlich physiogeographische Probleme einzugehen, zumal die wesentlichen Vorgänge bereits auf S. 47 ff beschrieben wurden.

H) Hydrologische Bilanz aus dem Nürnberger Raum

Der gewässerkundliche Teil dieses Handbuches begann mit der Feststellung, daß zur Beurteilung der heutigen Grundwasserverhältnisse in Nürnberg keine historisch gesicherte Ausgangsebene mehr gefunden werden kann. Wo die Grenzen liegen, wurde mit den bisherigen Ausführungen gezeigt. Dabei gibt es manchen Anlaß, der es erwünscht macht, die Hydrologie eines Großstadtgebietes mit vergleichenden Zahlenwerten überschauen und beherrschen zu können. So muß versucht werden, den hydrologischen Gegenwartszustand ohne Rückblick auf einstige Verhältnisse kennen zu lernen. Dazu bestehen nicht allein ideelle wissenschaftliche Gründe, sondern sehr reale wirtschaftliche; denn die fortwährenden vielseitigen Eingriffe in den Untergrund vermindern, wie aus den vorangegangenen Darlegungen geschlossen werden darf, in zunehmendem Maße den **Grundwasservorrat**. Wenn dem Untergrund aber mehr Wasser entzogen wird, als ihm auf natürlichem Wege zufließen kann, wird die Gefahr einer Auszehrung akut.

Den nun folgenden Untersuchungen sind nicht die politischen Grenzen des Stadtgebietes zugrundegelegt, sondern die Flußgebietsgrenzen der Pegnitz. Nur auf diesem Wege ist es möglich, eine einwandfreie Bilanz des Wasserhaushaltes aufzustellen, da sie sich auf nachweisbare natürliche Voraussetzungen gründet.

In der analytischen Hydrographie gilt der Satz, daß sich die orographischen, also die oberirdischen Wasserscheiden mit den unterirdischen decken, und daß unter den Wasserscheiden hindurch keine Grundwassergewinnung aus einem Nachbargebiet mit normalen Bohrbrunnen möglich ist. Eine Beanspruchung von Angrenzbereichen könnte bestenfalls durch Verschiebung der unterirdischen Wasserscheiden zu Gunsten des eigenen Einzugsgebietes erfolgen. Das Prinzip festliegender orographischer Wasserscheiden findet auch bei wasserrechtlichen Verfahren Anwendung. Ausnahmen von dieser naturbedingten Regel sind auf Karstgebiete beschränkt (SPOCKER, 1950, S. 115). Auf diesem Grundsatz beruhen die folgenden Berechnungen für eine Wasserbilanz im Nürnberger Raum.

Die Schwerpunkte der Grundwasserentnahme in Nürnberg durch Bohrbrunnen liegen innerhalb der Grenzen, die entlang der Wasserscheiden des Pegnitz-Flußgebietes gezogen sind, wodurch die Untersuchung wesentlich erleichtert wird (vgl. a. S. 109). Nur 21 der 110 in Betrieb befindlichen Tiefbrunnen und sonstigen Fassungen liegen jenseits davon in weiträumiger Streuung. Sie befinden sich zwar noch innerhalb des Stadtgebietes, aber in anderen Einzugsgebieten, weshalb sie hier ausgeklammert werden.

Die Ersetzung des Fehlbetrages, der durch die Brunnenförderung aus dem Grundwasservorrat entsteht, muß in erster Linie von der Niederschlagsseite kommen. Sie kann in gewissem Rahmen auch durch eine Rückführung von nicht verunreinigtem Brauchwasser der Industrie in den Untergrund durch sogenannte Schluckbrunnen erfolgen. Das Ausmaß einer solchen Grundwasser-Rückgewinnung würde allerdings aus geologischen, technischen und wirtschaftlichen Gründen im Gesamtvolumen einer Wasserökonomie nur unbedeutend sein.

Schluckbrunnen sind technisch gesehen Einrichtungen wie Bohrbrunnen. Aus diesen wird Wasser entnommen, in jene wird entnommenes Wasser nach Gebrauch zurückgeleitet. Das ist z. B. bei Kühlwasser, bei Klimaanlage und bei ähnlichem Gebrauchswasser möglich, bei dem keine qualitative Veränderung während seiner Nutzung entsteht, wodurch die Reinhaltung des Grundwassers gefährdet sein würde. Der Vorgang stellt einen Kurzkreislauf dar, der in der Regel voraussetzt, daß das Abwasser innerhalb des eigenen Grundstückes untergebracht werden kann, und daß seine Fortführung zum Schluckbrunnen keine untragbar weite Entfernung bedingt.

Die Versickerung selbst ist an den geologischen Zustand des Untergrundes gebunden, der entsprechend aufnahmefähig sein muß. Am besten geeignet sind mächtigere Sand- oder Kiesschichten auf dem Keuper, wie etwa die Füllungen in den Urtälern (s. S. 59 ff). Wo solche Sande nicht verfügbar sind, ist ein weiteres Erfordernis, daß der Grundwasserspiegel genügend tief liegt, denn die hydraulischen Funktionen sind beim Versickern die gleichen wie beim Fördern. Da zur Gewinnung einer gewünschten Wassermenge oftmals beträchtliche Spiegelsenkungen nötig sind (s. S. 108), ist umgekehrt unter gleichen Voraussetzungen eine ebenso hohe Wassersäule erforderlich, um diese Wassermenge in derselben Zeiteinheit wieder in den Boden zurückzuführen. Angenommen, der Grundwasserspiegel liege an einem Förderbrunnen 3 m unter Flur und er besitze bei 15 m Spiegelsenkung eine Ergiebigkeit von 2 l/s, dann würde umgekehrt zur Versickerung von 2 l/s in einem daneben liegenden Schluckbrunnen mit gleichen Abmessungen eine Druckspiegelhöhe von 15 m erforderlich sein. Zur Erzielung dieser Druckspiegellage wäre also entweder ein Aufsatzrohr von mindestens 12 m über Gelände anzubringen, oder es müßten zur Vermeidung dieser Einrichtung mehrere Schluckbrunnen in entsprechenden Abständen angelegt werden. Eine dritte Möglichkeit

wäre, das Abwasser maschinell mit 1,2 atü in den Untergrund zu pressen. Bei derart erschwerenden und gegebenenfalls aufwendigen Vorkehrungen ist es verständlich, daß die Anlage von Schluckbrunnen nur von Fall zu Fall nach eingehender Prüfung der Verhältnisse möglich ist. Die verfügbaren Daten über Nürnberger Industriebrunnen zeigen, daß für eine Rückführung von Brauchwasser in den Untergrund ohne diese Hilfsmittel nur ein verhältnismäßig geringer Anteil in Frage kommen könnte. Auf dem gezeigten Weg ist also keine wesentliche Regenerierung des Grundwasservorrates möglich.

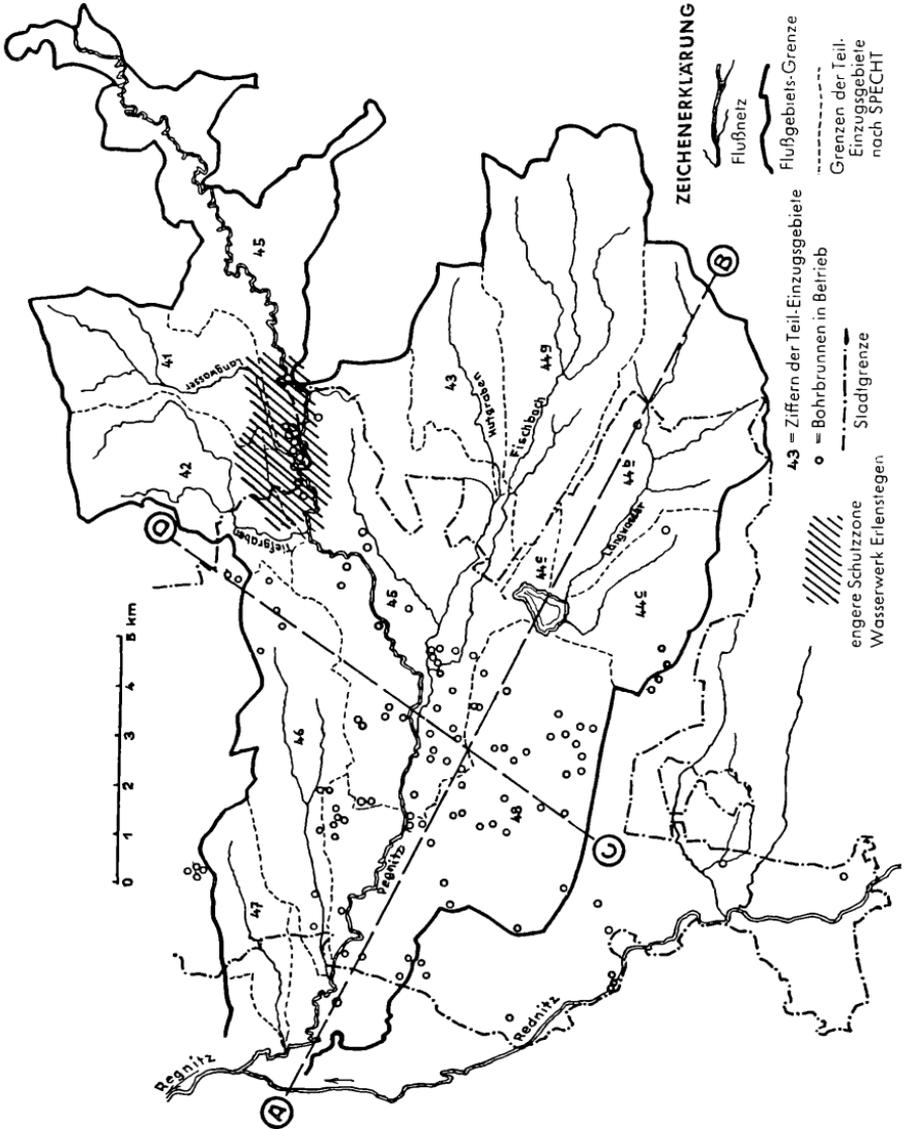


Abb. 29

Hydrographische Übersichtskarte über das Pegnitzgebiet mit den Bohrbrunnen im Raume von Nürnberg

Um den Gang der hydrologischen Reihe zu erfassen, müssen die dazugehörigen natürlichen Voraussetzungen und der künstliche Entzug von Grundwasser bekannt sein. Natürliche Ereignisse sind der **Niederschlag**, die **Verdunstung**, der **Abfluß** und die **Versickerung**. Zur Berechnung der Grundwasser-Auffüllung genügt zwar an meteorologischen Werten allein die Kenntnis von Niederschlag und Versickerungs-Koeffizient, doch sollen an dieser Stelle zugleich die übrigen Daten mitgeteilt werden. Da sie bekanntlich ständigen Schwankungen unterworfen sind, bieten sie nur als langjährige Mittelwerte hinreichende Genauigkeit.

Zu den vier genannten Positionen ist noch der Umfang des orographischen Einzugsgebietes, also der Niederschlagsraum in dem der Grundwasserentzug erfolgt, festzustellen. Die orographischen Einzugsgebiete, die durch Oberflächen-Wasserscheiden voneinander getrennt sind, unterliegen aus menschlicher Sicht keinen Veränderungen. Endlich ist zur Abrechnung noch die **Fördermenge von Grundwasser** aus den Brunnen zu erheben, was durch Wassermesser an den Entnahmestellen geschieht.

Soweit durch Gartenbrunnen aus der Oberzone des Grundwassers gepumpt wird, handelt es sich um unerhebliche Mengen. Davon versickert zudem wieder ein Teil an Ort und Stelle im Boden. Unsicherheiten bestehen lediglich in der Ableitung von Niederschlagswasser, das auf den bebauten Flächen Nürnbergs, teils durch Kanäle, in den Randbezirken aber auch teils durch Sickerschächte oder Sickerbrunnen erfolgt. Angenommen darf werden, daß sich die dabei entstehende Fehlerquote in einer Größenordnung hält, die das Bild der hydrologischen Reihe nicht wesentlich beeinflußt; jedenfalls nicht in einem Ausmaß, daß es zu Trugschlüssen in der Beurteilung des Wasserhaushaltes führt, die den Zweck der Untersuchung in Frage stellen könnten.

Unter Verwendung der amtlichen Zahlenunterlagen und mit Hilfe der Abb. 29, welche die Einzugsgebiete mit eingetragener Ortslage der Brunnen zeigt, kann die hydrologische Bilanz aus einem wesentlichen Teil des Nürnberger Stadtgebietes gezogen werden. Die verwendeten Unterlagen sind mit Quellenangaben versehen, die bibliographisch vollständig im Schrifttumsverzeichnis erscheinen.

1. **Mittelwert des Niederschlages (N)** nach den Aufzeichnungen des Wetteramtes Nürnberg von 1891 bis 1930 = 595 mm/Jahr. (Zum Vergleich: nach SPECHT, 1912, S. 28, von 1879 bis 1910 = 596 mm.)
2. **Verdunstung (V)** nach SPECHT von 1903/04 bis 1909/10: 53 % von N = 315 mm/Jahr.
3. **Versickerung (S)** (nach SPECHT wie vor): 35 % von N = 208 mm/Jahr.
4. **Abfluß (A)** in den Oberflächengewässern (nach SPECHT wie vor): 12 % von N = 71 mm/Jahr.
5. **Orographische Einzugsgebiete (EG)** nach SPECHT 1912.

Für den Untergrund von Nürnberg kommen folgende Teileinzugsgebiete in Betracht, die vom Hydrotechnischen Büro München (heute

Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde) im Abflußraum der Pegnitz festgelegt wurden:

EG. Nr.	Bezeichnung des Teileinzugsgebietes	Umfang in qkm
41	Langwassergraben (nördlich der Pegnitz)	9,91
42	Tiefgraben	10,01
43	Hutgraben	6,33
44a	Fischbach	19,52
44b	Langwasser (südlich der Pegnitz)	17,20
44c	Sonstiges EG, das zum Dutzendteich gehört	8,51
45	Pegnitz vom Pegel Lauf bis Lederersteg	41,96
46	Wetzendorfer Landgraben	11,71
48	Südliches Gebiet, Schweinau-Gibitzenhof	24,00
	EG gesamt:	149,15

Das auf Abb. 29 mit Nr. 47 bezeichnete Einzugsgebiet kann unberücksichtigt bleiben, da es in den Fürther Raum entwässert. Ebenso die übrigen Stadtgebietsflächen im Norden und Süden außerhalb der Pegnitz-Wasserscheiden, denn sie gehören zum unmittelbaren Regime der Rednitz und Regnitz. Von den 149,15 qkm sind schließlich noch die Flächen westlich der Stadtgrenze auf Fürther Grund abzuziehen (4,55 qkm). Damit beinhaltet das für Nürnberg in Betracht kommende, von den Wasserscheiden des Pegnitz-Flußsystemes begrenzte **Niederschlagsgebiet 144,60 qkm**.

Von dieser Ziffer müssen die Beträge für überbaute Flächen abgesetzt werden, auf denen der Niederschlag durch Entwässerungskanäle abgeleitet wird, sowie die öffentlichen Gewässer, da auch bei ihnen anzunehmen ist, daß sie nichts oder nur unerhebliche Mengen von dem empfangenen Niederschlag an den Untergrund abgeben. Diese Flächen betragen zusammen 38 % des Stadtgebietes (vgl. S. 19), das sind ausschließlich der Vororte 40 qkm.

An Niederschlagsareal zur Grundwasser-Erneuerung verbleiben nunmehr rd. 105 qkm.

6. Nach der Versickerungshöhe, die unter Ziff. 3 vorgetragen wurde, kommt dem Grundwasser somit ein jährlicher Ersatz von 21 840 000 oder ± 22 Millionen cbm zu.

Dem steht die Entnahme gegenüber. Sie setzt sich gleichfalls aus einzelnen Positionen zusammen, die der Aufschlüsselung bedürfen. Dargestellt wird das **Jahr 1960**.

1. **Gesamtförderung** aus den 110 überwachten **Industriebrunnen** im Stadtgebiet nach den Wassermessern (aus den amtlichen Unterlagen des Hauptamtes für Tiefbauwesen, Nürnberg): 8 817 306 cbm. Die außerhalb des Pegnitzgebietes liegenden Brunnen förderten 2 900 500 cbm (Unterlagen wie vor).

Als Entnahme aus den Industriebrunnen in Nürnberg innerhalb des Pegnitzgebietes verbleiben 5 916 806, aufgerundet 6 Millionen cbm.

2. Förderung des Wasserwerkes Erlenstegen (nach den Unterlagen der EWAG, Abteilung Wasserversorgung): 11 194 610 cbm. In dieser Summe sind 5 745 040 cbm Flußwasserförderung enthalten. Dieses wird zur Anreicherung des Grundwassers im Freigelände offen versickert (MULLER, 1955). Der dabei eintretende Verlust durch Verdunstung dürfte unerheblich sein, so daß er hier außer Ansatz bleiben kann.

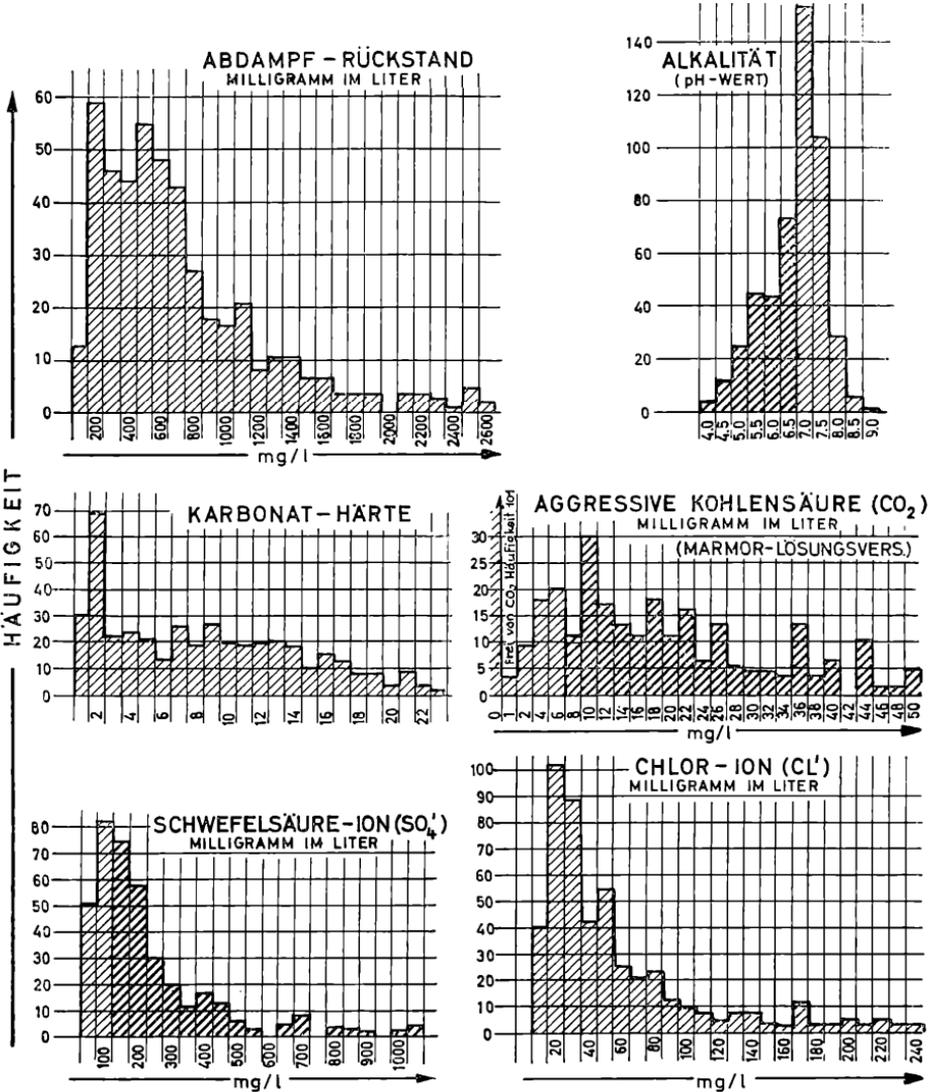


Abb. 30 Die Häufigkeit chemischer Bestandteile und Eigenschaften in der Oberzone des Grundwassers von Nürnberg. Ordinat in natürlichen Zahlen

Nach Abzug des Betrages aus der Flußwasserförderung von der Gesamtförderung Erlenstegen, erscheint dort eine Grundwasserentnahme von 5 449 570, d. s. rd. 5,5 Millionen cbm.

Gesamtentnahme von Ziff. 1 + 2 = 11,5 Millionen cbm.

Der Saldo aus Grundwasser-Angebot	22 000 000 cbm
und gesamter Grundwasser-Entnahme	11 500 000 cbm
schließt mit einem Überschuß ab von	10 500 000 cbm

Bedingt ist dieses Ergebnis vor allem durch das umfangreiche Einzugsgebiet im Osten und die Zusammenballung der Brunnen im westlichen Drittel des Raumes, wo sie hydrologisch besonders günstig im Unterwasser des Gewässersystems liegen.

I) Der Chemismus des Grundwassers

Die Berührungspunkte, die sich aus der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers mit den bautechnischen Interessen ergeben, sind verschiedener Natur und im Grunde zweierlei Art. Das Augenmerk ist im Grundbau und besonders im Kanalbau darauf gerichtet, den betonzerstörenden Eigenschaften des Wassers im Bereich der Bautiefen, also in der Oberzone des Grundwassers, mit geeigneten Mitteln zu begegnen. Für den Brunnenbau mit anschließender Installation aber ist vor allem das Tiefenwasser von Interesse, da es gegebenenfalls Rohrzerfressungen, Rohrverlegungen, Armaturenschäden und ähnliche Ereignisse verursachen kann, wenn seine chemische Beschaffenheit dazu angetan ist.

Im vorliegenden Rahmen interessiert allerdings der Chemismus des „Baugrundwassers“ weit mehr, als die Beschaffenheit des Tiefenwassers aus Brunnen, dessen Eigenschaften an zweiter Stelle nur kurz behandelt werden.

1. Das Grundwasser in der Oberzone

Die folgenden Ergebnisse und graphischen Darstellungen gründen sich auf 400 bis 500 Analysen, die in den letzten vierzig Jahren im Laboratorium der Kläranlagen der Stadt Nürnberg von den Chemikern Dr. SCHLEGEL, Dr. MERKEL, Dr. DÜRSCHNER und Ing. FLEISCHMANN durchgeführt wurden. Der Umfang dieser Unterlagen berechtigt zu der Annahme, daß damit die kennzeichnenden chemischen Eigenschaften des Nürnberger Baugrundwassers erfaßt wurden. Zur Darstellung gelangen sechs Komponenten der chemischen Vollanalysen, die in erster Linie zur Beurteilung der Charakteristik geeignet sind. Sie enthalten vor allem auch jene wesentlichen Daten, aus denen der **Umfang betonzerstörender Eigenschaften des Grundwassers** ersehen werden kann.

Zum Verständnis der Darstellungen auf Abb. 30 dienen folgende Erläuterungen: auf den Abszissen sind die jeweiligen Zahlenwerte aus den Analysen enthalten; sie wurden in entsprechenden Intervallen zusammengefaßt. Auf den Ordinaten ist die Anzahl der aufgetretenen Fälle innerhalb eines Intervalls in natürlichen Häufigkeitszahlen aufgetragen. So beispielsweise der Abdampfrückstand von 100 bis 200 mg/l (= Milligramm gelöster Stoffe im Liter Wasser) 59 mal, von 2500 bis 2600 mg/l zweimal. In den meisten Analysen-Kategorien wurden verstreut noch höhere Werte vorgefunden, jedoch nicht mit dargestellt, da es sich nur um Ausnahmen handelt. Die Kategorie CO₂ zeigte 25 Fälle mit mehr als 50 mg/l (der

Obergrenze, bis zu der die Darstellung reicht). Dabei stehen an der Spitze der Tiergarten mit 112 mg/l bei nur 3,4 Karbonathärte und der Pegnitzgrund an der Kläranlage Nord mit 148 mg/l CO_2 und Karbonathärte 26,6. In der Kategorie des Cl' fanden sich 17 Fälle mit mehr als 240 mg/l der Darstellung. Der Höchstwert lag bei 1900 mg/l. Zu erwähnen ist, daß am Hauptmarkt 433 mg/l Cl' festgestellt wurden. Schließlich lagen auch noch 9 Fälle an SO_4' über der Grenze von 1050 mg/l, und zwar bis zum Höchstwert von 2870 mg/l SO_4' . Er wurde an der Rietterstraße beobachtet.

Im einzelnen sind es zwei chemische und chemisch-physikalische Vorgänge, die einen zerstörenden Einfluß auf Zement, Kalk, Eisen usw. ausüben und Schäden an Bauteilen verursachen, sofern sie dagegen nicht geeignet geschützt werden:

- a) Zerfressungen (Korrosion) und
- b) Treiben im Gefüge des Betons durch chemische Prozesse, die gewisse Stoffe im Grundwasser auslösen.

Innerhalb dieser beiden Bereiche ist die Intensität der Zerstörung variabel, da sie einerseits von der chemisch bedingten Höhe der angreifenden Stoffe und andererseits von der Art und Güte der Baustoffe bzw. von den Schutzvorkehrungen an den bedrohten Bauteilen abhängt.

Hauptursache für Zerstörungen durch das Grundwasser unter a) ist der Gehalt an aggressiver Kohlensäure (CO_2) und an Humussäuren. Ein Gehalt von 6 mg/l aggressiver CO_2 im Grundwasser kann unter gewissen Voraussetzungen auf die Dauer betonzerstörend wirken. Solche Voraussetzungen sind hohe Fließgeschwindigkeiten im Grundwasser und minderwertige bzw. ungeeignete Baustoffe oder mangelnde Schutzmaßnahmen. Je niedriger die Karbonathärte des Wassers und je mehr freie Kohlensäure vorhanden ist, um so stärker ist die Angriffsfähigkeit des Grundwassers. Aus der Abb. 30 geht hervor, daß die Karbonathärte der Nürnberger Grundwasser niedrig, der Gehalt an aggressiver Kohlensäure aber im allgemeinen hoch ist. Einschließlich der 101 negativen Befunde lagen 151 analysierte Fälle bei oder unter 6 mg/l und 227 höher als 6 mg/l aggressiver Kohlensäure im Grundwasser. Die Feststellung erfolgte durch Marmor-Lösungsversuch.

In vielen Fällen wurde auch durch einen hohen Verbrauch an KMnO_4 Humussäure nachgewiesen. Das Vorhandensein von schwefelsaurem und auch salzsaurem Eisen mit freier Mineralsäure wurde an einigen Grundwasserstellen im Stadiongelande beobachtet. Auch bei diesen chemischen Voraussetzungen sind Korrosionsschäden an Bauwerken zu erwarten. Eine statistische Auswertung dieser Erscheinungen, wie sie mit den betonzerstörenden Agenzien in den Darstellungen geschah, ist weder möglich, noch für die abschließenden Folgerungen erforderlich. Aus den Feststellungen sind aber immerhin die mehrseitigen Ursachen für eine Baustoffzerstörung ersichtlich, wie überhaupt nur das Gesamtbild einer chemischen Analyse den Sachverhalt im Einzelfall klären kann.

In diesem Zusammenhang ist noch auf den pH-Wert auf der Darstellung hinzuweisen. Die Spitze erscheint zwar in der neutralen Säule, doch liegen immerhin 205 Fälle im sauren Bereich und nur 141 im alkalischen.

Ein anderer Vorgang liegt der unter b) genannten Zerstörung von Beton durch den Sulfatgehalt des Grundwassers zugrunde. Zur Darstellung des Vorganges sind einige einschlägige Sätze aus den Mitteilungen der Bayerischen Landesgewerbeanstalt Nürnberg (1951) besonders geeignet. Sie werden hier im Wortlaut zitiert. „Der Sulfatgehalt, ausgedrückt in mg SO_4 je Liter wirkt dadurch betonschädigend, daß das SO_4 -Ion mit dem Kalk und dem Calciumaluminat des Zements zu einer mit 30 Molekülen Wasser kristallisierenden Verbindung, dem Calcium-Sulfoaluminat zusammentritt; die große Raumbanspruchung dieser Verbindung verursacht ‚Treiben‘ des Betons, das sich in Bildung von Sprengrissen und in der Zermürbung des Gefüges äußert.“ ... Ferner: „Im allgemeinen kann man sagen, daß bereits bei 150 mg (SO_4 -Ion) im Liter unter ungünstigen Umständen (undichter Beton, keine Schutzschichtbildung des Wassers, fließendes Wasser) Zerstörungen eintreten können. Bei 200 mg SO_4 pro Liter ist der Eintritt von Schäden bei fließendem Wasser, bei 300 mg SO_4 pro Liter auch bereits bei stehendem Grundwasser als wahrscheinlich zu erwarten.“

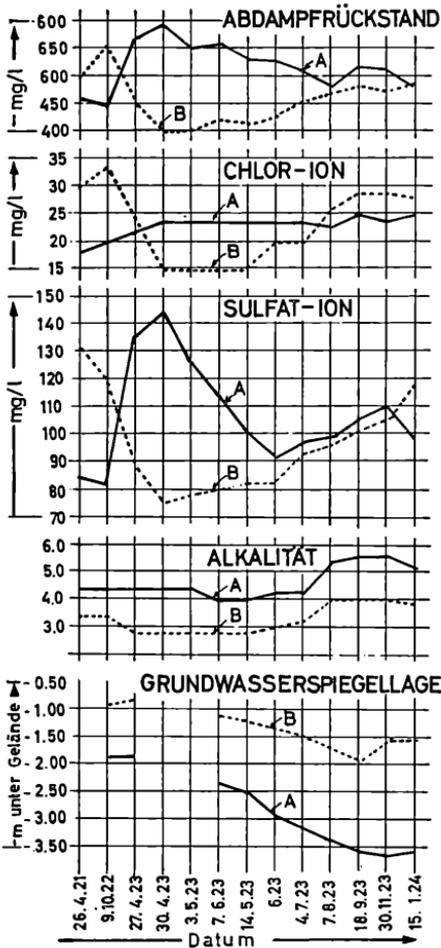


Abb. 31
Chemische Reihenuntersuchung an zwei benachbarten Grundwasser-Beobachtungsstellen

Die Abbildung 30 zeigt, daß sich beim SO_4 -Gehalt zwar die Spitze der Häufigkeit bei 100 mg/l befindet, daß aber das zahlenmäßige Übergewicht der Beobachtungen von 150 mg/l an aufwärts liegt. Von den 405 Analysen erscheinen 135 mit ihren Werten unter 150 mg/l und 270 darüber. Außer den in der Darstellung ausgewerteten Sulfatanalysen wurde in zahlreichen Laborversuchen der Kläranlage Nürnberg gleichzeitig Kalktonerdesulfat und damit die Bildung des sogenannten „Zementbazillus“ nachgewiesen (Akten des Hauptamtes für Tiefbauwesen, Abtlg. Laboratorium Kläranlage). Das Ergebnis der Untersuchungen ist für die Nürnberger Bautechnik erfreulich. **Die Beschaffenheit des Grundwassers ist in der Regel aggressiv, kalk- und betonzerstörend und gelegentlich auch metallangreifend.** Irgendeine gefährdende chemische Komponente besitzen die Baugrundwässer fast immer. Fehlt die Kohlensäure, dann wird sie durch Humussäure vertreten, fehlen diese beiden, dann kann man nahezu mit Sicherheit damit rechnen, daß ein hoher Sulfatgehalt usw. erscheint. Die als völlig unschädlich anzusehenden Fäl-

le müssen als Ausnahmen in der Regel bezeichnet werden. Ob die Ausnahmen allerdings im einzelnen von Bestand sind, ist fraglich, Untersuchungen zeigten nämlich, daß ursprünglich neutrales, das heißt unschädliches Grundwasser, an einer bestimmten Stelle bei neuerlichen Untersuchungen nach Jahren betonangreifende Eigenschaften angenommen hatte. Das war z. B. an der Spitalkirche der Fall. Auch sonstige Merkmale, wie der Abdampfrückstand oder der Gehalt an Chlorionen, können sich im Laufe längerer Zeiträume ändern. Dabei soll die naheliegende außerordentliche Veränderung der Wässer in den Ruinenfeldern Nürnbergs gegenüber vor dem Kriege, die besonders im Hauptmarktgebiet auffiel, außer Betracht bleiben. Dieser zeitliche Wandel in der Charakteristik der Grundwässer macht es auch unmöglich, etwa Gefahrengelände von ungefährlichen Gebieten zu trennen und kartenmäßig darzustellen.

Im geologischen Teil wurde festgestellt, daß der Untergrund oft sprunghaft wechselt. Das gleiche ist von der Beschaffenheit des Grundwassers zu sagen, das in seiner chemischen Struktur auf kurze Entfernung ein völlig anderes Bild zeigen kann. So bewegten sich beispielsweise die Werte im Gelände innerhalb des sogenannten Deutschen Stadions, ehe der Aushub an seiner Baugrube erfolgte, im Jahre 1937 in nachstehenden Grenzen:

Abdampfrückstand: zwischen 92 und 3480 mg/l
 Karbonathärte: zwischen 1,1 und 880
 freie Kohlensäure: zwischen 0,8 und 66 mg/l
 Chlor-Ion: zwischen 6 und 1840 mg/l
 Sulfat-Ion: zwischen 0 und 1052 mg/l
 pH-Wert: zwischen 4,0 und 6,5

Ein Vergleich dieser Werte mit den Bereichen auf Abb. 30 läßt erlauben, in welchem weiten Spannen sie sich bewegen, obwohl die Proben aus einem verhältnismäßig engen Untersuchungsraum gezogen wurden. Daß dabei menschliche Einflüsse, wie Kehrichtablagerungen und dergleichen mitwirken können, ist zwar naheliegend oder auch nachgewiesen, an der Sachlage für die Baupraxis ändert sich dabei aber nichts.

Aufschlußreich sind auch Reihenuntersuchungen an zwei Schächten in der Fürther Straße. Sie wurden zwischen dem 26. 4. 1921 und dem 15. 1. 1924 ausgeführt, also zu einer Zeit, als die Folgen aus der Zerstörung Nürnbergs für das Grundwasser noch nicht bestanden. Die Ergebnisse werden zweckmäßig wieder graphisch dargestellt (Abb. 31).

Die beiden Beobachtungsstellen A und B sind benachbart. Jede Analysenkategorie ist in einer Kurve aufgetragen, die sich aus den Schwankungen der Werte während der Beobachtungszeit ergeben. Man sieht, daß die Werte an beiden Beobachtungsstellen in keiner Weise übereinstimmend verlaufen, soweit sie Abdampfrückstand, Cl⁻ und SO₄⁻ betreffen. Lediglich die pH-Werte bewegen sich in einander ähnlicher Weise und natürlich auch die Grundwasserspiegel, die in Metern unter Gelände gemessen wurden. Sie fallen in der zweiten Hälfte des Jahres 1923 ständig ab.

Für die Beurteilung der Betonschädlichkeit des Grundwassers ist besonders der Anstieg des Gehaltes an Schwefelsäure-Ion an der Beobachtungsstelle A beachtenswert. Er nimmt von 82,0 mg/l am 9. 10. 1922 auf 145,4 mg/l am 30. 4. 1923 zu und fällt dann bis zum 4. 6. 1923 wieder auf 93,5 mg/l zurück. Die Werte kommen aus dem unschädlichen Bereich und

nähern sich bereits stark der unteren Grenze des Gefahrenbereiches, der oben mit 150 mg/l festgestellt wurde.

Auf die Ursachen für die einzelnen Erscheinungen einzugehen ist hier nicht der Ort. Sinn der Darstellung war, auf den zeitlichen Wechsel der chemischen Charakteristik des Grundwassers aufmerksam zu machen, der nach den gemachten Erfahrungen an jeder beliebigen Stelle des Nürnberger Untergrundes möglich ist.

Man wird sich nun noch die Frage zu stellen haben, in welcher Zeit und in welchem Ausmaß Betonschädigungen erfolgen können. Das ist, wie schon gesagt wurde, zunächst von der Art und Güte des Baustoffes abhängig, denn nur von dieser Seite kann dem Übel überhaupt begegnet werden. Es ist ferner abhängig davon, ob ein Bauteil beständig im Wasser liegt oder nur zeitweise. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß die Zone der Spiegelschwankung einen besonders kritischen Bereich darstellt. Schließlich und selbstverständlich ist es auch abhängig von der Art und Größe der angreifenden Kräfte. An zwei Beispielen unter vielen ist eindrucksvoll zu erkennen, welches Ausmaß die Zerstörung erreichen kann. Die im Jahre 1936 betonierte Ufermauer an der Heubrücke, gegenüber dem Heiliggeistspital, war im Jahre 1949 bereits bis auf das grobe Schotter skelett ausgelaugt. Das zweite Beispiel betrifft einen im Jahre 1928 an Ort und Stelle betonierten Profilkanal 80/120 an der Wilhelm-Spaeth-Straße, Einmündung Hainstraße. Die Kanalwandung hatte ursprünglich eine Stärke von 180 bis 200 mm und war im Februar 1956 bis auf 10 bis 15 mm reduziert. Die Zerstörung befand sich lediglich unter Kämpferhöhe in der Schwankungszone des Grundwasserspiegels, während Scheitel und Sohle intakt waren.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß das Baugrundwasser des Nürnberger Raumes, mit wenigen Ausnahmen, betonzerstörend ist. Art und Intensität der zerstörenden Wirkung wechselt häufig auf kurze Entfernung. Die Intensität ist an ein und derselben Stelle gegebenenfalls erheblichen zeitlichen Schwankungen unterworfen. Insofern ist also das Ergebnis einer Analyse nur als ein Augenblicksbild zu werten, das möglicherweise nur für die Zeit ihrer Ausführung Gültigkeit hat. Es gibt zu bedenken, daß ein als unschädlich qualifiziertes Baugrundwasser diese Eigenschaft auch verlieren kann und dann betonzerstörend wirkt.

2. Das Tiefenwasser

Der Chemismus des Tiefenwassers ist für die eigentliche Bautechnik kaum von Interesse, wie schon oben erwähnt wurde. Dennoch sollen hier zur Ergänzung des Themas einige kurze Mitteilungen gemacht werden, soweit

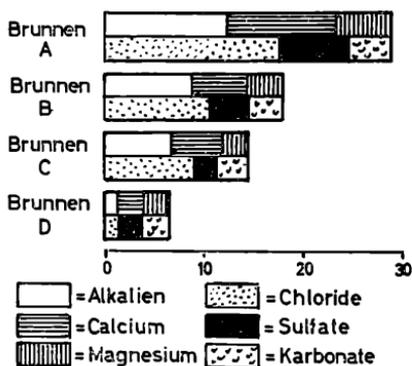


Abb. 32
Der Mineralgehalt von Wässern aus vier Tiefbrunnen, die in den mittleren Benkersandstein hinabreichen.
nach BIRZER 1956

sie noch im Zusammenhang mit dem Inhalt dieses Abschnittes stehen. Die Unterlagen sind im Vergleich zu denen im vorangegangenen Teil sehr dürftig. Das ist zu verstehen, denn der Umfang an Tiefbrunnen ist zahlenmäßig weit geringer, als der Bestand an Aufschlüssen im seichten Grundwasser.

Über einige spezifische, chemische Eigenschaften hat u. a. FICKENSCHER berichtet (1934/35, S. 15 ff). Ebenso brachte BIRZER in neuerer Zeit Angaben zu diesen Fragen (1956, S. 7 und Anlage 6). Alle Autoren — auch hier nicht genannte — die sich mit dem Gegenstand befaßt hatten, stellen übereinstimmend fest, daß das Wasser aus Brunnen, die in den Benkersandstein vorgedrungen sind, allgemein einen besonders hohen Gehalt an Mineralsalzen aufweist. Er ist bisweilen so hoch, daß solche Wässer als Mineralwässer anzusprechen sind (> 1000 mg/l gelöste Mineralstoffe). Nach BIRZER ist der Salzgehalt des Benkersandsteins als Imprägnation von Steinsalz und Gips darin ursprünglich enthalten; er schied sich zur Zeit der Entstehung dieser Schichten aus (1956, S. 8). Dem gleichen Verfasser zufolge besitzen allerdings nicht alle in den Benkersandstein reichenden Brunnen Nürnbergs diese für den Wasserbezieher unerwünschten Eigenschaften hohen Mineralsalzgehaltes.

Auf Abb. 32 werden die vier Analysen aus Nürnberger Tiefbrunnen gezeigt, die von BIRZER in der vorliegenden Form graphisch dargestellt wurden (1956, Anl. 6). Die Brunnen stoßen bis zum mittleren Benkersandstein vor und besitzen Tiefen zwischen 100 und 130 m. Sie liegen im Osten des Stadtgebietes.

Die bisher bekannt gewordenen Untersuchungsergebnisse kann man auf die einfache Formel bringen, daß bei einem in den Benkersandstein eindringenden Brunnen mit mineralsalzreichem, vor allem sulfathaltigem Wasser zu rechnen ist, daß in Ausnahmefällen aber auch „normales“ Keuperwasser erscheinen kann, wie es in höheren geologischen Horizonten vorherrscht. Der Sulfatgehalt ist auf den nahen Gipskeuper zurückzuführen (s. S. 24 f).

In diesem Zusammenhang kann aber nicht verschwiegen werden, daß eine Beurteilung der Herkunft des Wassers vielfach problematisch ist. Denn, welche der Gesteinshorizonte Hauptwasserspender sind, wird nicht durch hydraulische Versuche entschieden, sondern zumeist nach petrographischen oder ähnlichen Gesichtspunkten. Dabei spielen die Angaben des Bohrmeisters, die er aufgrund von Erscheinungen beim Bohren macht, häufig eine ausschlaggebende Rolle. Diese Angaben allein aber sind nicht ausreichend für die Feststellung der mengenmäßigen Zusammensetzung des Förderwassers im einzelnen, wie etwa der Ergiebigkeit des Benkersandsteins, der Lehrbergschichten, des Blasensandsteins usw. Daraus ergibt sich die Problematik einer chemischen Beurteilung von Benkersandsteinwässern, die zu einem Circulus vitiosus werden kann, wenn die Anwesenheit von mineralsalzreichem Wasser dem Benkersandstein zugeschrieben wird, da ihn solche Wässer kennzeichnen sollen. Mehr Sicherheit bietet die Entnahme von Wasserproben mit entsprechenden Geräten aus diesen tiefliegenden Gesteinshorizonten, was aber selten geschieht.

Im übrigen ist darauf hinzuweisen, daß Voraussagen über die chemischen Eigenschaften eines zu erbohrenden Tiefenwassers in keinem Falle mit absoluter Gewähr gemacht werden können.

Bei Wässern aus höheren Keuperschichten gilt das Prinzip von Regel und Ausnahme gleichfalls, aber im umgekehrten Sinne als beim Benkersand-

stein. Nach FICKENSCHER (1934/35) können auch in ihnen die allgemein mit Mineralsalzen normal beladenen Wässer gelegentlich reich an gelösten Stoffen sein. Hier ist auf die frühere Feststellung hinzuweisen, daß die Perforierung des Nürnberger Untergrundes durch Tiefbrunnen bis in den Benkersandstein reichliche Austauschmöglichkeiten zwischen übereinander und nebeneinander liegenden Wasservorkommen bieten. Daraus ergibt sich eine weitere Schwierigkeit, die ursprüngliche Herkunft eines Tiefenwassers mit einer gewissen chemischen Charakteristik restlos sicher beurteilen zu können.

Unter den unerwünschten gelösten Stoffen in Brunnenwässern erscheint auch manchmal ein hoher Mangan- und Eisengehalt. Hoher Mangangehalt kommt vor allem im Blasensandstein vor. Durch diese im Wasser gelösten und dann ausfällenden Mineralstoffe entstehen Rohrverlegungen, wenn das Wasser für einen vorgesehenen Verwendungszweck ohne Aufbereitung nicht überhaupt ungeeignet ist.

Mit der Möglichkeit einer Veränderung der Charakteristik des Wassers aus einem Tiefbrunnen muß ebenso gerechnet werden, wie es für das Wasser der Oberzone nachgewiesen wurde. Ein Brunnen in Röthenbach a. P. hatte anfangs beispielsweise einen Mangangehalt von durchaus unbedenklicher Höhe. Nach 10 bis 12 Jahren erschien in diesem Brunnen ein Anteil an Manganverbindungen in einem Ausmaß, das jährliche Rohrreinigungen erforderlich machte. Auch FICKENSCHER hat die Veränderlichkeit des Tiefenwassers in Brunnen hervorgehoben (1934/35).

Bei aller Gemeinsamkeit, die der Chemismus des gesamten Grundwassers in vielen Fällen zeigt, unterscheidet er sich doch in einem Punkt grundsätzlich: die Oberzone ist aus begrifflichen Anlässen im Durchschnitt reich an organischen oder mineralisierten organischen Bestandteilen, wogegen diese dem Tiefenwasser nicht eigen sind.

V. Anhang

Aufschlußverfahren zur Untersuchung des Untergrundes

Die nunmehr abgeschlossenen geologischen und hydrologischen Ausführungen zeigen, daß sich die Kenntnis des Nürnberger Untergrundes weitgehend auf Bohrungen stützt. Bohrungen werden immer wieder erforderlich sein, sei es zur örtlichen Baugrunduntersuchung für den Einzelfall oder sei es zur Wassererschließung für die Industrie. Daher erscheint es angebracht, hier noch die wichtigsten technischen Einrichtungen und Vorgänge mitzuteilen, die der Baufachmann wissen sollte, wenn er in die Lage kommt, Bohrungen anzuordnen.

Zur Untersuchung des Baugrundes sind **Schürfgruben** vielfach ausreichend und auch wirtschaftlicher als Bohrungen, sofern die Baugrunttiefe noch unter der Dreimetergrenze liegt. Für tiefere Sondierungen und im felsigen Gestein sind dagegen **Feststellungsbohrungen** vorteilhafter. Unter Feststellungsbohrungen, die auch als Versuchsbohrungen bezeichnet werden, sind solche zu verstehen, durch die der Untergrund für Bauvorhaben oder im Vorversuch für Wassererschließungen sondiert wird.

Die Anzahl der Ansatzpunkte und die Anordnung von Feststellungsbohrungen für Bauzwecke, hängen von der Art und dem Umfang des Bauwerkes ab, fallweise auch von der Struktur des Untergrundes. Die Bodenarten in Nürnberg sind in großen Zügen aus geologischen Karten, aus den allgemeinen Ausführungen in diesem Handbuch und aus seinen Kartenunterlagen zu entnehmen. Feststellungsbohrungen werden zur Sicherung von Kostenvoranschlägen für Bauvorhaben und zur Sicherung der Bauwerke selbst ausgeführt, wo noch Zweifel über den örtlichen Zustand des Baugrundes bestehen.

Bei kleineren Bauten können ein bis zwei Bohrungen ausreichend sein, um über die Bodenbeschaffenheit im einzelnen zu unterrichten; bei größeren Bauwerken sind entsprechend mehr erforderlich. Auf einer rechteckigen Baugrundfläche von 20 x 40 m ist beispielsweise der Ansatz von je einer Bohrung an jeder Ecke des Grundrisses zu empfehlen. Zeigen sich wesentliche Unterschiede in den Bohrergebnissen, so etwa an der einen Stelle Keuperfels und an der anderen Sand, Schluff oder Schuttauuffüllung, so zwingen die Verhältnisse zur Einengung der Bohrlochabstände. Im allgemeinen und in der Regel wird aber in Nürnberg mit Bohrabständen von 30 bis 50 m eine zuverlässige Beurteilung der örtlichen Untergrundbeschaffenheit zu erzielen sein. Die kritischen Bereiche für die Bautechnik, die sich an den Übergang vom festen Grundgestein zu Sanden und sonstigen Lockergesteinen knüpfen, können im übrigen aus Kartenbeilage I entnommen werden. Vorstehende Angaben sind daher nur als allgemeine Richtlinien zu verstehen. Die Zweckmäßigkeit eines regelmäßigen Gitters von Bohrungen für Großbebauungen veranschaulichen die daraus hervorgehenden Baugrund-Spezialkarten auf Abb. 21 u. 22. Sie stellen Fälle aus der Praxis dar.

Die Tiefe der Bohrungen richtet sich nach der jeweiligen Bautiefe, wenn ihr Anlaß eine Baugründung, Kanalverlegung oder dergleichen ist. Dabei

wird auch die Feststellung der Spiegellage des Grundwassers von Bedeutung sein. Wenn das Grundwasser bis zur vorgesehenen Fundamenttiefe nicht angetroffen wurde, sollte die Bohrung wenigstens um einen Meter vertieft werden, damit eine etwaige Gefährdung des Bauwerkes bei zeitweisen Hochständen des Grundwassers zu erkennen ist.

Der normale Bohrdurchmesser für derartige Sondierungen beträgt 159 mm. Tiefere Bohrungen, die in Lockermassen verlaufen, können zwei oder mehr Rohrtouren erfordern. Unter Rohrtouren sind mit Schraubgewinden verbundene Bohrrohre zu verstehen, die nach Bedarf, der zunehmenden Bohrlochtiefe entsprechend, immer länger und teleskopartig ineinandergefügt in das Bohrloch eingeführt werden. Daher wird bei ihnen mit einem größeren Bohrlochdurchmesser begonnen, um die Endtiefe mit einem vorgeschriebenen Durchmesser erreichen zu können. Rohre und Rohrtouren haben das Einbrechen von Bohrgut aus der Bohrlochwand, den sogenannten Nachfall, zu verhindern, der sonst bei Anwesenheit von Grund- oder Sickerwasser und im lockeren Gestein eintreten würde.

Dem Zweck entsprechend und den zu untersuchenden Bodenarten angepaßt, gibt es verschiedene Bohrverfahren, Bohrgeräte und Bohrwerkzeuge. Für Sande und ihre tonigen Gemische wird die Schappe verwendet, ein schabendes, löffelartig arbeitendes Werkzeug. In Grobsanden und Kiesen wird bei Vorhandensein von Grundwasser eine Kiespumpe, ein zylindrisches Gerät mit saugender Wirkung, benützt. Im festen Gestein, wie hartem Ton, Tonsandstein, Sandstein und ähnlichen Bodenarten, ist ein Meißel erforderlich oder eine Kernbohrereinrichtung. Die letztere wird eingesetzt, wenn das Gestein im natürlichen Zusammenhang entnommen werden soll, also nicht durch den Meißel zerschlagen und zerstampft. Die gewonnenen Bohrkerne können dann dem Augenschein nach oder im Labor mit besonderen Methoden untersucht werden. Das ist z. B. der Fall, wenn Belastungsproben gewünscht werden. Der Bohrlochdurchmesser beträgt 76 mm und der Kerndurchmesser 56 mm. Ebenfalls Laborversuchen dient die Entnahme ungestörter Bodenproben aus einem Bohrloch, das in Lockergesteinen (Sand, Ton, Schluff) verläuft. Die Entnahme kann aus beliebigen Tiefen erfolgen und geschieht mit Zylindern von 120 mm Durchmesser. Das Wechseln aus einer in Gang befindlichen Schappen- oder Meißelbohrung zu einer Kernbohrung ist technisch möglich. Ebenso die Entnahme ungestörter Bodenproben im Zuge einer Schappenbohrung. Ein Paraffin-Überzug schützt die Proben vor Austrocknung und sonstiger Veränderung.

Üblich ist die Zusammenstellung von Bohrproben in Fächerkästen. Während daraus die Farbe, Körnung und Beimengung des Materials nachgeprüft und mit den Bohrlisteninträgen verglichen werden kann, liegt bei Schappen- und Meißelbohrungen die Entscheidung über die Härte des Gesteins sowie über seine Lagerungsdichte allein beim Bohrmeister. Die Härteeigenschaften können nämlich bei diesen Aufschlußarten im allgemeinen nur während des Bohrens selbst festgestellt werden.

Gelegentlich ist eine länger andauernde Beobachtung der Grundwasserspiegel erwünscht, um ihre Schwankungen verfolgen zu können. Zur Ausführung solcher Messungen werden die Feststellungsbohrungen mit 1,5- bis 2-zölligen, gelochten Rohren oder Filterlanzen und Filterkies ausgestattet. Eine angeschweißte, kreuzförmige Verankerung am Rohrfuß schützt vor

Herausziehen der Einrichtung durch Unbefugte. Das Peilrohr wird mit einer Gewindekappe, gegebenenfalls mit einem Schloß versehen und damit gesichert. Die Spiegelmessungen erfolgen sachgemäß mit einer Wasserpfeife oder mit dem Lichtlot.

Alle sonstigen Richtlinien über Feststellungsbohrungen sind aus den einschlägigen DIN-Vorschriften ersichtlich, die auf S. 11 mitgeteilt wurden. Im übrigen hat KANY (1957) Hinweise für sachgemäße Aufschlußbohrungen gegeben, die vor allem auch den Erfordernissen von Labor-Untersuchungen gerecht werden sollen.

Mit Bohrungen als Flach- und Tiefbrunnen zur Wassergewinnung hat die allgemeine Bautechnik in Nürnberg kaum Berührung. Daher besteht hier auch kein Anlaß, auf brunnentechnische Einzelheiten einzugehen. Doch soll nicht versäumt werden, auch an dieser Stelle nochmals auf die Notwendigkeit einwandfreier Pumpversuche hinzuweisen, über die auf S. 78 ff berichtet wurde.

VI. Sach- und Ortsverzeichnis

A

Abdampfdruckstand 120
 Abfluß (Niederschlag) 114
 -Raum 115
 Ablagerungen 22, 35, 37, 43, 64ff
 — äolische s. Dünen
 — quartäre 37
 Ablagerungs-Gebiete 43
 -Rhythmus 42
 -Vorgänge 44, 47
 -Wechsel 68
 Abraum 17
 Absenkung s. Grundwasser-Spiegel-
 senkung
 Absenkungs-Kurve 100
 -Trichter (Grundw.) 80f, 100
 Abtragung 22, 26, 37, 47, 61
 Abtragungsbasis 37
 -Gebiet 43
 Abwasser-Beseitigung 28
 -Kanäle 75f, 98f, 110, 114f, 121
 -Klärung 76
 Acrodus-Corbula-Bank 24
 aggressives Grundwasser s. Chemis-
 mus
 aggressive Kohlensäure 118f, 120
 Alabastergips 25
 Albrecht-Dürer-Straße 28
 Alkalität s. pH-Wert
 Allersberger Straße 48, 51
 Alluvium 35, 46, 63
 alpine Trias 22
 Alter (geologisches) 22
 Altersheim 48
 Altstadt 19, 28, 63ff, 71, 74, 76, 110
 Analysen (Wasser-A.) 80, 116ff
 — (Gesteins-A.) 42
 Anhydrit 22
 anmooriger Boden 67
 Anschwemmungen 37
 Architektur (der Bauten) 17, 31, 36
 — (der Landschaft) 12, 21, 55
 -Stein 25, 30, 32
 arid (Klima) 22
 Arkosen 25, 27, 42
 artesische Brunnen 81, 104ff
 Aufbau (geologischer) 22
 „Auf dem See“ 17
 Auffüllung, Aufschüttung (künstliche)
 16f, 70f, 76, 120, 124
 — (natürliche) 34, 49, 51, 55f, 61, 64
 Auffüllungsgeschwindigkeit (Grundw.)
 79
 Auflösung (Gesteins-A.) 60, 62
 Aufschlußbohrungen s. Feststellungs-B.
 Aufschlußverfahren 124
 Aufschüttungs-Flächen 55, 111
 -Phasen 47, 50, 53f, 56, 59ff, 66

Auftauböden 43
 Aufwölbung (tekton.) 39, 44
 Ausblasung (Wind) 69f
 Aushub 73, 99
 -Veranschlagung 42
 Ausräumung 47, 56, 61
 Ausräumungsphasen 47ff, 51, 53, 55f, 61
 Austauschströmungen (s. a. Grundwas-
 ser-A.) 77
 Austrocknung 29
 Auswaschungen 37, 43

B

Bäche 109ff
 Barchan 69
 Baryt 32
 Basaltkies 14
 Bau-Belastung 15, 27f, 31, 73f
 -Beschränkung 20
 -Gruben 28, 44, 52, 99f, 120
 Baugrund 26, 44, 60, 73f, 100, 124
 -Forschung 11
 -Karten 91ff, 124
 Baugründung 17, 46, 124f
 Baugrunduntersuchung 124f
 Bau-Grundwasser 44, 75, 99f, 117, 119ff
 -Planung 9
 -Sand 69
 -Sandsteine 25, 30, 34, 36
 -Steine 31, 33
 -Steinindustrie 31
 -Stoffe 36, 118, 121
 -Tiefe 124
 Bauwerksetzung s. Setzungen
 Beckenfazies 24
 Begradigung 111
 Beharrungszustand 79ff
 Belastung s. Bau-B.
 Belastungsprobe 125
 Benkersandstein 23, 24f, 42, 77f, 82,
 104, 108, 121f
 Beobachtungsrohre s. Peilrohre
 Berggipsschichten 23, 25
 Berg-Kristall 32
 -Spannung 28, 73
 Beton-Platte 15
 -Zerstörung 117ff
 Bewegung (tekton.) 47
 Bierweg 87, 94f
 Bilanz (Wasserhaushalt) 111ff
 Bindemittel (Gestein) 34
 Blasensandstein 23, 25, 42, 46, 77, 105,
 110, 122f
 Bleichsand, Bl.-Zone 62
 Bleiglanzbank 24
 Bleirohrleitungen (hist.) 45, 71, 110
 Blockschutt 58

Boden-Arten 46, 72
 -Belastung s. Bau-B.
 -Beschaffenheit 124
 -Feuchtigkeit 83
 -Frost 29
 -Injektion 81
 -Klassen 11, 72f

bodenmechanische Untersuchungen 72f

Boden-Nässe 95
 -Pressung s. Bau-Belastung
 -Proben, ungestörte 125
 -Prüfung 9
 -Verdichtung 17
 -Verzeichnisse s. Bohr-V.
 -Wasser 44f, 67, 100

Bogendünen 69

Bohlenweg 71

Bohr-Brunnen 75, 103f, 112
 -Geräte 125
 -Gut 125
 -Kerne 125

Bohrloch-Abstände 124
 -Durchmesser 73, 125

Bohrungen (s. a. Feststellungs-B.) 26,
 48, 54, 60, 91, 95, 97, 124f

Bohr-Verfahren 125

Bombentrichter 72, 76

Branderde 62

Brauchwasser 29

Brauneisenerz 62

Breccie (a. Brekzie) 33

Bruchsteine 36

Brückenstraße 72

Brünnesgraben 50

Brunnen 22, 71, 82, 85, 103ff

Brunnen-Abstände 102
 -Bau 77f, 102
 -Bohrungen 78, 102
 -Galerien 100
 -Leistung 78
 -Spiegel 109
 -Tiefen 103, 106

Buch 19f

Buchenbühl 21, 33, 87

Bunter Keuper 23f

Burgberg 12, 28, 31, 82, 84, 103, 110

Burgen 30

Burgsandstein 12, 23, 30ff, 38, 42, 46
 -Hügel 13, 30

C

Calcium-Aluminat 119
 -Sulfoaluminat 119

Cavernen 46

chemische Analysen 42, 80, 116ff
 — Bestandteile 116
 — Charakteristik 117, 121, 123
 — Prozesse 117
 — Reihenuntersuchung 119

Chemismus (des Grundwassers) 15, 17,
 116ff

Clor-Ion 24, 120
 Corbulabank 23

D

Deckenschotter 61

Deckschichten 19, 50, 55ff, 59, 70, 73, 91f

Deutsches Stadion 14, 72, 120

Dichte (Gesteins-D.) 88, 97, 100

Diluvium 35, 43, 46

DIN, Deutsche Industrienormen 11

Dinosaurier 33

Dogger 35

Dolomit 23, 30, 36, 72

Donaukies 58

Dooser Enge 54f

Dränagen 95, 98

Dreikanter 70

Druckspiegellagen 80, 82

Dünen 68f
 -Stockwerke 69
 -Zonen 69

Durchfeuchtung 29

Durchfeuchtungszone 83

Durchlässigkeit s. Wasser-D.

Durchlässigkeits-Beiwert 81

Dutzendteich 14f, 48, 69, 76

E

Eichenpfähle s. Pfähle

Eichwaldgraben 111

Eibach 19, 63

Einebnung 50

Einmuldung (tekton.) 39, 44

Einschalung 73, 100

Einzugsgebiete 78, 82, 112, 114f

Eisengehalt (Grundwasser) 123

Eisensandstein 34, 36

Eiszeiten 58, 70

Eluvialboden 29, 43, 63

Entengraben 111

Entnahme s. Grundwasserförderung

Entwicklungsgeschichte s. Landschafts-
 entwicklung

Entwicklungsphasen (Landsch.) 10, 47ff

Epochen (geol.) 46

Ergiebigkeiten (Grundw.) 25, 29, 75, 77,
 81, 99, 102, 112, 122

Erlenstegen 47, 55f, 64, 69, 84, 95

Erosion 51

Erosions-Niveau 38
 -Phasen s. Entwicklungs-Ph.
 -Rinnen (s. a. Flut-R.) 23, 37, 47ff,
 51, 53, 56, 59, 63, 73f, 94f

Estheria laxitexta S. 24

Estheriensichten 24, 77, 82, 105, 108f

Expansionsraum 19

F

Falkennest 50
 Fassungen (Grundwasser-F.) 112
 Faulschlamm 16f, 57f, 66, 73
 Fazies 24
 Fegsand 25
 Feldbau 20
 Feldspat-Sandstein 32
 Felsen-Gänge 28, 31, 103, 110
 -Sande 63
 Feststellungsbohrungen 27, 84, 97, 124ff
 Feuerletten 23, 33, 38, 42
 Feuerstein 30, 42
 Filter-Brunnen 100
 -Kies 125
 -Lanzen 125
 -Widerstand 81
 Findelwiesenstraße 52
 Fischbach 14, 48, 67, 76
 Flachbrunnen 102
 Flachweiher 14, 72
 Fleischbrücke 71
 Fließerdeboden 43
 Fließ-Geschwindigkeit (Grundw.) 60, 118
 -Widerstände 60, 81, 83, 98, 101f
 Flughafen 19, 63, 87f
 Flughafenstraße 29
 Flugsande s. Dünen
 Fluorit 32
 Fluß-Gebietsgrenzen 78, 112
 -Gefälle 58, 61, 65
 -Sande 61, 63
 -Täler 19
 -Terrassen 17, 55, 71
 -Verlegung 53
 -Wasserförderung 116
 -Wehre 16
 Flutrinnen 23f, 37, 43, 95
 Förderhöhen (Grundwasser-F.) 108
 Förderung, Fördermengen s. Grundwasser-F.
 Formationen (geol.) 35
 Formationsglieder 36
 Forstgebiete 20
 Forsthof 69
 Fossilien 22
 Franki-Pfähle s. Pfähle
 Frauenkirche 17
 Frauentorturm 18
 Freihunger Sandstein 25
 Froschbrunnen 33
 Frost 36, 43
 -Schub 29
 Fröschau 17
 Fuchserde 62
 Fuchsstraße 72
 Füllmassen s. Talfüllungen
 Fundament (geol.) 22
 Fundierung (bautechn.) 14
 Fürth 42, 59, 90, 115
 Fürther Mulde 39
 Fürther Straße 97, 120

G

Gagatkohle 35
 Gaismannshof 51, 53
 Gänge s. Felsengänge
 Gartenbau 21
 Gartenstadt 20
 Gehängeschutt 35, 58, 68
 Gelände-Relief 13, 111
 -Stufen 55
 -Wellen s. Dünen
 Geologische Karte 9, 67
 Gerichtsgebäude 32
 Gerölle 58
 Geschiebe 58
 gespannte Spiegel s. Grundwasser-Sp.
 Gesteins-Härte 41
 -Schutt 58
 Gewässer (Oberflächen-G.) 14, 110
 -Netz 51, 83
 — öffentliche 14
 — stehende 15
 -System 117
 Getto 17
 Gibitzenhof 19
 Gips 22, 24, 122
 -Keuper 23, 24f, 122
 Glazialzeiten 47
 Gleißhammer 110
 Gleitvorgänge 44
 Gliederung (geol.) 21, 35, 42
 Goldbach 67, 72
 Grabsteine, G.-Platten 30, 32, 72, 110f
 Gräben s. Wasser-G.
 Grenzdolomit 23
 Grenzgrundgips-Flöz 24
 Großbauten 14, 18
 Groß-Bebauungsplan 21
 -Markt 20
 Grundbau 44, 85, 91
 Grund-Bruch 60, 100
 -Gestein s. Keuper-Grundgestein
 -Relief 46, 57, 91f
 -Schotter 59ff, 63f
 Grundwasser (allgemein) 28, 44, 53,
 67, 76, 91ff, 109, 119
 — aggressives s. Chemismus
 -Anreicherung 116
 -Auffüllung 79, 85, 103, 114
 -Austausch 77, 123
 -Beschaffenheit 75, 116ff
 -Entnahme s. G.-Förderung
 -Erneuerung 115
 -Fördermengen 79, 89, 104, 114ff
 -Förderung 75, 77, 89, 102f, 112,
 114ff
 -Gefährdung 45, 84
 -Gleichen, -Schichtlinien 84
 — hängendes s. schwebendes G.
 -Haltung 14, 62, 77, 81, 87ff, 99ff
 -Hügel 98
 -Inundation 85
 -Karte 83ff, 89, 91

- Körper 76, 78, 82, 101f, 109
- Mengen 82, 99ff
- Mulden 98
- Oberfläche 83f, 91, 96f, 109
- Peilrohre 80, 85, 87ff, 97, 99, 126
- Reichtum 53, 101
- Relief 84, 95
- Schwankungen, -Spiegelgänge 75, 79, 85ff, 98, 121, 125
- Schwankungszone 121
- Grundwasserspiegel (allgemein) 63, 75, 79, 85ff, 93, 111f, 125
- Anstieg 79, 105
- freie s. ungespannte
- gespannte 80f, 105, 108
- Messungen 85ff, 95, 102f, 125f
- Meßreihen 88
- Senkung 79ff, 96, 98f, 104, 108, 112
- Sinken 75, 82, 99, 102
- Stände 75, 84, 97f, 101, 103, 109
- ungespannte 80f, 108
- Grundwasser-Stockwerke 78, 101
- Strom 89, 101
- Vorkommen 101, 103, 123
- Vorrat 75, 102, 109, 111f
- Zonen 77

H

- Haidberg 33f, 95
- Haidbrunnen 33
- Hainstraße 121
- Hallerschloß 110
- Hallertor 13
- Härte (Gestein) 27, 72, 125
- (Grundwasser) 116
- Härtlinge 12, 30
- Hasenbuck 12, 48, 51, 61
- Hauptbahnhof 53, 60
- Hauptbodenarten 19
- Hauptmarkt 17, 71, 103, 118, 120
- Haupt-Pumpversuche s. Pumpversuche
- Terrasse 55
- Hebung (tekton.) 47, 54
- Heiliggeist-Spital 16, 31, 120f
- Heizkeller 87
- Heizöle s. Öle
- Heldburger Stufe 30
- Herrnhütte 33
- Heubücke 121
- Hinterhof 81
- Hochbehälter 33
- Hochwasser-Menge 17
- Schutz 17
- Stollen 17
- Höfen 54, 87ff, 97, 99
- Hoher Bühl 33, 69, 110
- Hohlraum-Füllungen 46
- Inhalt (Gestein) 81
- Holzrohrleitungen (hist.) 45, 71, 110
- Horizonte (geol.) 37, 106
- Hornstein, H.-Knollen 30, 61

- Humussäure 118f
- Hutgraben 15
- hydraulische Charakteristik 105, 109
- hydraulischer Widerstand 60, 81
- Zustand 77, 82, 108f
- hydrographische Grenzen 102, 113
- Hydrologie 75ff
- hydrologische Beobachtungen 79
- Bilanz 111f
- Funktionen 95, 102, 112
- Ganglinien 89
- Reihe 114
- hydrologischer Gegenwartszustand 105, 111f
- hydrologisches System 118
- Hyserlein-Wasserleitung (hist.) 110

I

- Industrie 19, 21
- Brunnen 29, 107, 113, 115f
- Insel Schütt 83
- Inundation s. Grundwasser-I.

J

- Jahresniederschlag (mittlerer) 84f, 89
- Jobst 84
- Johannfriedhof 32
- Johannisgasse 103
- Judenviertel 17
- Jura 23, 34f, 37f, 61

K

- Kaiserburg 13, 18, 31, 103
- Kaiserstraße 104
- Kalk 23, 36, 119
- Bruchsteine 36
- Gehalt 28
- Platten 36
- Schotter 59f
- Tonerdesulfat 129
- Kälteperioden 43
- Kanäle s. Abwasser-K.
- Karbonathärte 116, 118, 120
- Karl-Bröger-Straße 51
- Keller 85, 88, 103
- Sohlen 85
- Kernbohr-Einrichtung 125
- Kernbohrung 26, 28, 73
- Keuper 22, 38, 92, 95, 100
- Grundgestein 19, 57, 68, 72, 92, 124
- Oberfläche (s. a. Grundrelief) 46, 92
- Kies 19, 51, 57f, 59, 61, 83
- Kiesel-Hölzer 30, 34
- Säure 31
- Schutzrinde 31
- Kiespumpe 125
- Kleinrelief 35, 46

Kleinreuth h. V. 67, 87
 Klimaschwankungen 58
 Klüfte 80f
 Kluftmineralien 32
 Knoblauchsland 20
 Knochen-Anhäufungen 71
 Knollenmergel 23, 33
 Knüppeldämme 71
 Kohlbuck 12, 61
 Kohle 23
 Kohlensäure s. aggressive K.
 Konglomerat 33
 Kongreßhalle 14f, 48
 Konkretionen 35
 Konzentrationsflächen 61
 Körper 22
 Korn, Körnung (Gestein) 31, 34, 57f,
 61ff, 69
 Korrosion 117f
 Kräfte (gebirgsbildende) 39
 Kraftshof 20, 87
 Kraftstoffe 76
 Kreide (-Periode) 35ff
 Kreuzschichtung 43
 Kriechen (Boden-) 44
 Kristallbildungen 32
 Krypto-Tal 48
 Kultur-Ablagerung s. Auffüllung
 -Funde 71
 Kurven der spezif. Ergiebigkeit 79,
 85, 87, 108

L

Lagerungsprinzip (Schichten) 39
 Landauer Gasse 110
 Land-Gräben 48, 83
 -Oberfläche 50
 Landwirtschaft 98
 Landschaft (Nürnberg) 12f
 Landschafts-Bild 13
 -Bildung 22
 -Entwicklung 46, 47ff, 56, 59, 61
 -Relief 44, 48
 Lange Gasse 107
 Langenlohe 30f
 Langwasser 14, 20, 44, 48, 67, 91f, 110
 Laufamholzstraße 110
 Laufer Tor 18, 110
 Lederersteg 54
 Lehm 58
 Lehrbergsschichten 23, 25, 77, 105, 122
 Letten 77
 -Dämme 99
 -Keuper 23
 -Kohlenkeuper 23
 -Schiefer 30
 Leyh 51, 53, 87ff, 97, 99
 Lias 34f
 Lichtenhof 19
 Lichtlot 126
 Limonit 62

Lochwasserleitung 110
 Lockergesteine (s. a. Deckschichten) 14,
 19, 44, 46, 57, 124f
 Lohe 20, 67
 Loher Moos 21
 Lorenzkirche 18, 30, 32
 Lösungen (aufsteigende) 32
 — (chemische) 62
 Ludwigs-Donau-Main-Kanal 16, 85
 Luitpoldhain 15, 47, 69, 72
 Lydit 59

M

Mahlsteine 30
 Malm 35
 Malmsbach 56
 Manganverbindungen 46, 123
 Marienberg 16, 67, 69
 Marksteine 30
 Marmor-Kalk 36
 -Lösungsversuch 118
 Marterlach 85
 Märzfeld 43f, 63, 67, 92f
 -Rinne 48, 67f, 95
 Massenschwund 60, 100
 Mauer-Gewölbe 71
 -Reste 17
 Meißelbohrung 26, 28, 125
 Mergel 77
 -Gallen 25
 Mesozoikum 37
 Meßstellen s. Grundwasser-M.
 Meteorologische Berichte 89
 Mineral-Salze 121f
 -Säuren 118
 Mittlerer Keuper 23f
 Mögeldorf 43, 47, 51, 53, 55, 59, 101
 Mühlhof 42
 Mühlsteine 32
 Müll s. Auffüllung (künstl.)
 Muschelkalk 22f, 37
 Museumsbrücke 31, 65
 Myophorienschichten 24

N

Nägeleinsmühle 18
 Nässejahre 85, 95, 110
 Naturlandschaft 69
 Neuselsbrunngraben 76
 Neustädter Straße 85
 Neutor 18
 Niederschlag, s. a. Jahresniederschlag
 45, 84f, 86ff, 112, 114f
 Niederschlags-Gebiete 75, 78, 115
 -Intensität 90
 -Jahresreihen 85
 -Jahressummen 89
 -Kategorien 90
 -Spitzen 89

Niederterrasse 55
 Nummernweiher 14
 Nürnberger Becken 9, 22, 47, 50, 56, 59
 Nürnberger Sattel 39
 Nutzwasser 29

O

Oberflächen-Abfluß 76
 -Gewässer 14, 16
 -Sande 62f
 Oberer Bunter Keuper 25
 — Keuper 23, 34
 Obere Schmiedgasse 82f
 Oberkreide 32
 Oberzone (Grundw.) 75, 83, 86, 102f,
 114, 116f, 123
 offene Gewässer 14, 83, 109, 115
 Ölberg 110
 Öle 76
 Opernhaus 32
 Ortsteinbildung, Orterde 30, 62
 Ostendstraße 72

P

Pegnitz 16f, 38, 46f, 50, 54f, 75, 83, 96,
 106, 109, 112, 115
 -Flußsystem 109, 112
 -Tal 13, 55, 63ff, 71, 73, 104f, 118
 -Ufer 64
 Peilrohre s. Grundwasser-P.
 Perforierung 77, 108, 123
 Peter-Henlein-Straße 52
 Peterskapelle 110
 Pfähle 15ff
 Pfahlgründung 14, 17, 74
 Pfandung 100
 Pflastersteine 33
 pH-Wert 118ff
 Plärrer 53
 Platnersberg 12, 45
 Platzregen s. Starkregenfälle
 Podsolböden 62
 Porengehalt (Gestein) 77, 91
 Postglazial 70
 Präboreal 70
 Prachtstraße 29
 Prinzregentenufer 17, 72
 Pseudomorphosen 32
 Pumpversuche 78f

Q

Quacken 27
 Quartär 35f, 44, 46, 57
 Quarz 30, 32
 -Gerölle 51
 -Kornfarbe 42

Quarzit, s. a. Wendelsteiner Q. 27, 30,
 72
 Quellen (der Tone) 29
 Quellen 33, 35, 82, 103, 109f
 Quell-Fassungen 45, 103
 -Gürtel 82, 110
 -Horizont 33
 -Kluft 29
 -Zuflüsse 29
 Querdünen 69

R

Randfazies 24
 Randsteine 30
 Rangierbahnhof 21
 Rechenberg 12, 45, 61, 98
 Rednitz 16, 38, 47, 53, 115
 -Tal 13, 42, 63, 101, 109
 Regen-Dauer 90
 -Menge 90
 Regensburger Straße 44, 48, 67, 70
 Regnitz 16, 115
 -Tal 101
 Reichelsdorf 19, 47, 50, 60f, 67, 97, 101
 Reichelsdorfer Schotter 50, 59, 111
 Reichswald 19f
 Reihenuntersuchungen (chem.) 120
 Relief-Bildner (Landsch.) 30
 -Energie 58, 61
 -Gestaltung 58
 Rennbahnstraße 46
 Reutersbrunnenstraße 72
 Rhät 34f, 38, 42
 Rhätolias 23, 34
 Rhätsandstein 23, 34f
 Rhein-Main-Donau-Kanal 16
 Richtlinien (zur Bodenuntersuchg.) 11
 Rieterstraße 118
 Ringmauern 64
 Rinnen s. Erosions-R.
 Rochusfriedhof 32
 Rodungen 20
 Röhrenleitungen (hist.) 103, 110
 Rohr-Netzplan (hist.) 110
 -Touren 125
 -Verstopfungen 117, 123
 -Zerfressungen 117
 Roste 16
 Rothenburger Straße 51
 Ruhewasserspiegel 106, 109
 Ruinenfelder 31
 Rundtürme 18, 31
 Rutschungen 29, 33, 44
 Rütteldruckverfahren 15

S

Saarbrückener Straße 48
 Salzbrunner Straße 67f
 Sand 19f, 37, 46, 53, 56ff, 61, 63f, 68,
 74, 94f, 99ff, 124

- Sandreuth 90
 Sandstein 77, 100, 125
 -Bänke 30
 -Imitation 32
 -Keuper 25f
 Säuren 76
 Schäden (Grundwasser-Sch.) 117ff, 119, 121
 Schamotte 34
 Schappe (Bohr-Sch.) 125
 Schichten (geol.) 21ff, 37
 -Bankung 13
 — durchlässige, undurchlässige 45
 -Fallen, -Neigung 37f, 42f, 44, 45, 109
 -Folge 23
 -Lagerung 37f, 44
 Schicht-Flächen 45
 Schichtwasser 45, 101
 Schiefer 23
 -Letten 24
 -Ton 25, 34
 Schießplatz 44, 50
 Schilfsandstein 23, 24, 43
 Schlachthof 51f
 Schleifsteine 25, 34
 Schlieren 46
 Schluckbrunnen 90, 98, 112ff
 Schluff 16f, 57f, 60ff, 63ff, 66, 73, 95, 100
 Schmausenbuck 12, 30f, 90, 98
 Schmausenbuckstraße 98
 Schnellstraße 16
 Schnepfenreuther Höhe 45
 Schniegling 101
 Schönbrunnleitung (hist.) 110
 Schöner Brunnen 110
 Schotter (Bau-Sch.) 33, 36, 57
 -(Fluß-Sch.) s. a. Grund-Sch.
 50f, 53, 57f, 59, 61, 64, 77, 83, 101
 Schürfgrube 26, 124
 Schußleitenweg 45
 Schutt-Auffüllungen s. Auffüllungen
 -Decken 33
 -Räumung 72
 -Streuung 71
 Schüttleitung (hist.) 110
 Schwabmühle 18, 104f
 Schwammkalk 60
 schwebendes Grundwasser 45, 77, 82f,
 84, 95, 98, 101, 110
 Schwedenkugeln 34
 Schweinau 19, 25, 76
 Schwermineralien 42
 Schwerspat 32
 Schwimmsande 100
 Sebalduskirche 16, 18
 Sediment 39
 -Führung 47
 Sedimentationslücke 38
 Semionotussandstein 23, 25
 Senkungen (tekton.) 47
 Setzungen 15, 17, 60
 Sieldünen 69
 Sickerbrunnen s. Schluckbrunnen
 Sicker-Leitungen 98f
 -Wasser 28, 44f
 -Zone 83
 Siebenkeesstraße 52
 Siedlungsstruktur 19
 Siegeldorf 25
 Siegeldorfer Straße 85
 Silbersee 14
 Sinterbildungen 28
 Skulpturen 32
 Solifluktion 43
 Solnhofener Platten 36
 Spalten 29, 32, 77
 -Quelle 51
 Spanndecke 82
 spezifische Ergiebigkeit 80, 81f, 101, 107f
 Spiegel s. Grundwasser-Sp.
 Spinnerei Wöhrd 18, 105
 Spitalkirche s. Heiliggeistspital
 Spittlertorturm 18
 Sprenggrube (Beton) 119
 Spundwände 100
 Stadion (Deutsches) 14, 120
 Stadiongelände 118
 Stadt-Graben 18
 -Halle 15
 -Landschaft 18, 31
 -Mauer 18f, 31
 -Umwallung 18
 Standfestigkeit (Gestein) 29, 33, 72f
 Starkregenfälle 89ff
 Stau (Grundwasser-St.) 77
 stauende Nässe 45
 stehende Gewässer 109
 Steilhang 13
 Steinbrüche 25, 31f
 Steine 57, 59, 61
 Steinmergel 24f, 30
 Steinmetzarbeiten 23
 Steinsalz 22, 24, 122
 Steubenbrücke 13, 17
 Stollen s. Felsen-St.
 Störungen (tekton.) 39ff, 42, 44, 51
 St. Peter 51, 53
 Stratigraphie 21
 Strukturboden 29
 Stubensandstein 23, 25f, 28
 Stützmauern 17f
 Südfriedhof 47, 69, 101
 Südkaserne 48, 67
 Südwestlicher Hauptsammler 54, 87, 97, 99
 Sulfat-Ion 24, 119f
 Sulzbacher Straße 46
 Sumpfgelbiet 17
- T**
 Tal-Auen 54, 64
 -Füllungen 50, 53f, 61ff, 66ff, 73, 112
 -Grundwasser 60

-Rinnen s. Erosions-R., Flut-R.
 -Terrassen s. Fluß-T.
 Tektonik 39, 44
 Terrassensande 63, 96f
 Tertiär 35f, 56
 Theresienstraße 64f
 Thon 71
 Tiefbohrungen 39, 42, 77, 105
 Tiefbrunnen 78, 102, 104, 109, 112, 121ff
 Tiefenwasser 24f, 101f, 121ff
 „Tiefer Brunnen“ 82, 103
 Tiefgraben 56, 95, 111
 Tiergarten 118
 Tone, Tongesteine 23f, 30, 33, 42, 50,
 57f, 66, 68, 77, 82f, 97, 100, 125
 Töpfereien 34
 Torfmoor 80
 Tragfähigkeit 27, 29, 72f
 Treiböl s. Öle
 Treuchtlinger Marmor 36
 Trias 22
 Trierer Straße 101
 Trockenzeiten 22, 85
 Trümmer-Beseitigung 70
 -Gestein 68
 -Schutt s. Auffüllung (künstl.)
 Tullnau 15
 Tundrenzeit 70

U

Überbaute Flächen 115
 Ufer-Befestigungen 17
 -Mauern 13, 71, 121
 ungestörte Bodenproben 125
 Unschlitleitung (hist.) 110
 Unterbürg 110
 Unterer Bunter Keuper 24
 Unterer Keuper 23
 Unterflurräume 85f, 89
 Untergrundberieselung 89
 Urfluß 47, 51
 Urtal I 47ff, 66
 II 51f
 III 53f, 62
 IV 54
 Urtäler 47ff, 55, 62, 66, 74, 101, 112

V

Vacuumverfahren 100
 vagabundierendes Wasser 45
 Valznerweiher 15, 50, 67
 Vegetation 43, 47, 63, 69
 Verdichtung (Boden-V.) 71
 Verdunstung 114
 Verfälschung, Verknetung (Schichten)
 29
 Verkrautung 111
 Verlandung 16
 Verschalung s. Einschaltung

Verschmutzung (Grundw.) 76, 111
 Versickerung 97, 112, 114f
 Versorgungsbrunnen s. Brunnen
 Versuchsbohrungen s. a. Feststellungs-
 B. 74, 81, 98, 124
 Verwerfungen 39, 42, 44
 Verwitterung 29, 43, 44
 Verwitterungsboden 29, 63
 Vitriolschiefer 23
 VOB, Verdingungsordnung f. Baulei-
 stungen 72
 Volkspark Dutzendteich 15
 — Marienberg 16
 Vorfluter 47, 83, 95, 111
 Vorgeschichtsfunde 71
 Vorwerke 31

W

Waldluststraße 67
 Wannan (Bau-W.) 87
 — (Ton-W.) 45, 82
 Wasser-Adern 77
 -Austausch (Grundw.-A.) 77
 -Durchlässigkeit 29, 45
 -Erschließung 42, 50, 78, 124
 -Führung (Bäche) 111
 — (Grundwasser) 25
 -Gräben 67, 72, 110f
 -Halteung s. Grundwasser-H.
 -Haushalt 75, 78, 109f, 111ff
 -Haushaltsgesetz 76
 -Leiter (Grundwasser-L.) 30, 35, 77
 -Pfeife 126
 -Proben 122
 -Scheiden 78, 112, 114
 Wasserstandsrohre s. Peilrohre
 Wasser-Stockwerke s. Grundwasser-St.
 -Träger (Grundwasser-T.) 33, 77
 -Versorgung 22, 53, 105, 110
 Wasserwerk Erlenstegen 116
 Weigels Hof 84
 Weiher 21, 72
 -Landschaft 14
 -Mulden 67
 Weißkalk 36
 Weizenstadel 110
 Wendelsteiner Brüche 32
 — Quarzit 30, 32
 Werderau 20
 Werkkalk 36, 60
 Werk-Sandstein 23
 -Stein 25
 Wetteramt 87, 90
 Wetterfestigkeit 32
 Wilhelm-Löhe-Straße 67
 Wilhelm-Späth-Straße 121
 Windkanter 70
 Windtransport s. Dünen
 Wirtschaftsplan 20f
 Witschelstraße 29, 42, 51f
 Witterungseinflüsse 31, 43

Wöhrd 53ff, 95f, 101, 105
Wüstenlack 31

Z

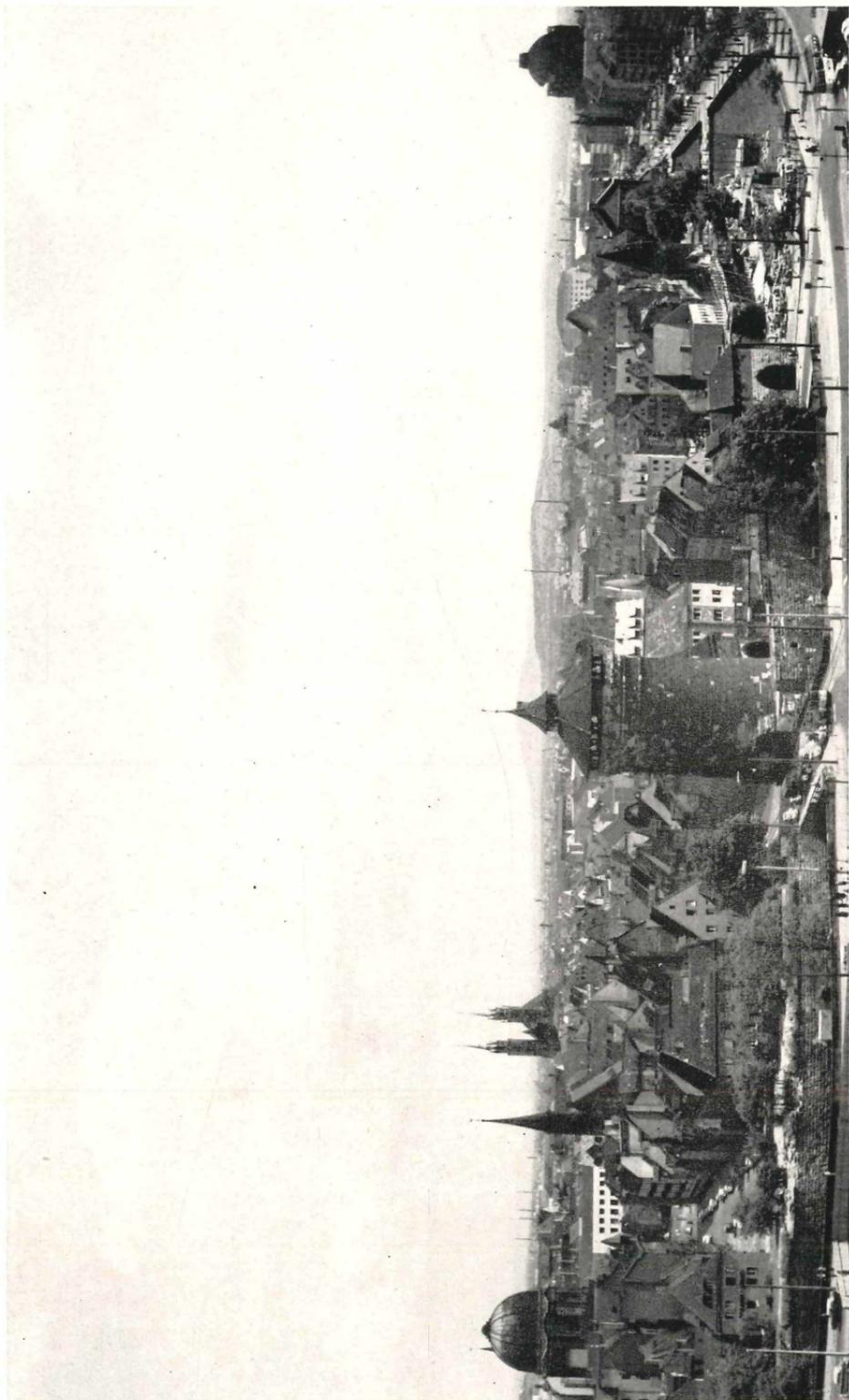
Zeltnerschloß 15
Zeltnerweiher 15, 110
Zement 36, 119
-Bazillus 119

Zeppelinfeld 72
Zeppelinwiese 14
Zersatz 32, 63
Zerstörung s. Beton-Z.
Zerzabelshof 19, 25, 43
Ziegeleien 25, 33f
Ziegelstein (Ort) 67, 87
Ziermauern 36
Zollhaus 31
Zwischeneiszeiten 58

VII. Benutztes Schrifttum

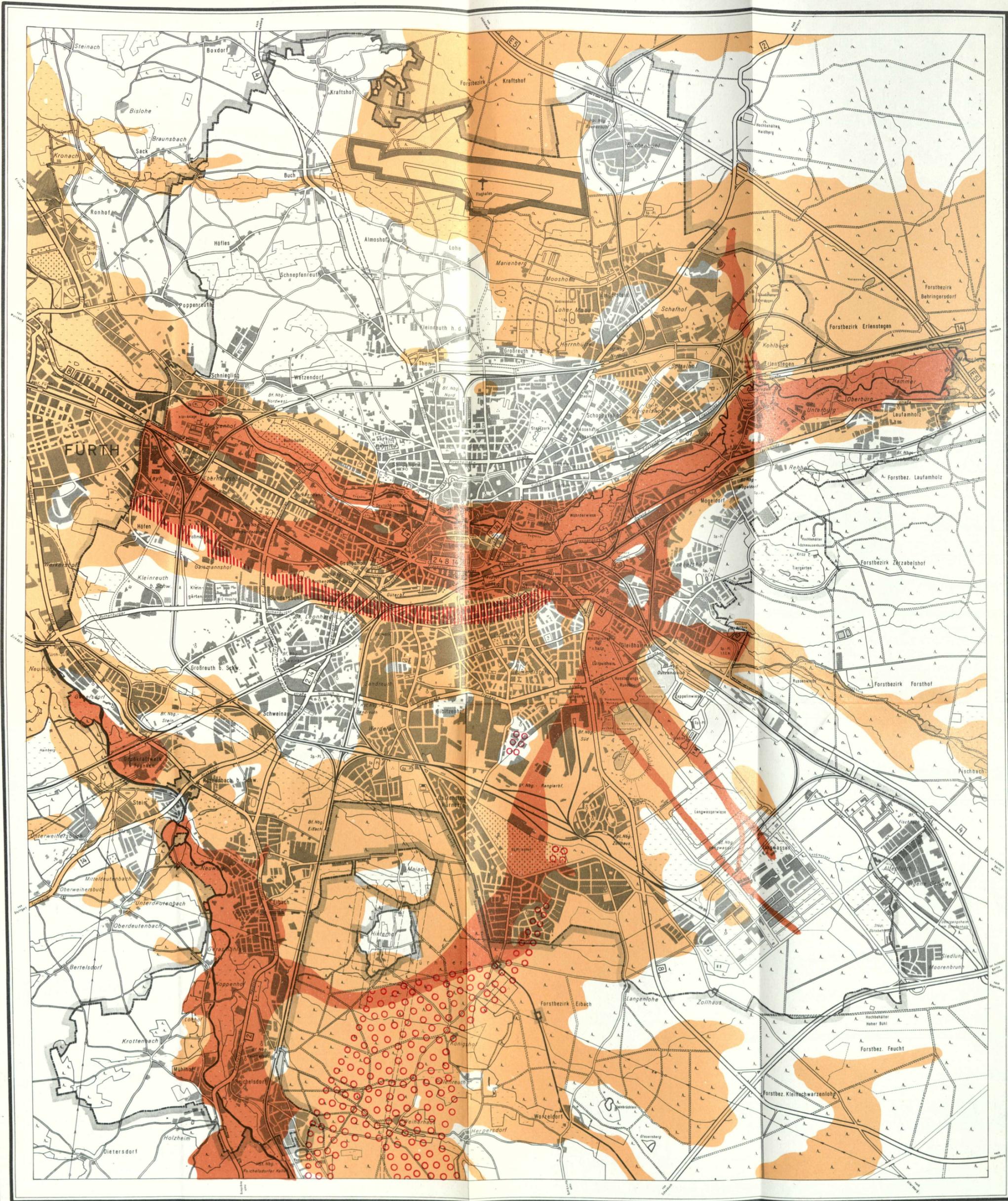
- BIRZER, Friedr. Zur jungdiluvialen Aufschüttung im Rednitzgebiet. Sitzungsber. d. Phys.-Med. Soz. Erlangen. 67/68, (1935/36), Erlangen 1937.
- Der Ludwigs-Donau-Main-Kanal baueologisch betrachtet. Geologische Blätter von Nordostbayern. 1/1, Erlangen 1951.
- Geologisch-hydrologisches Gutachten über die Tiefbrunnen im Stadtgebiet von Nürnberg. Stadtverwaltung Nürnberg. 1956.
- Begrabene Talstücke der Pegnitz und Rednitz im Stadtgebiet von Nürnberg und Fürth. Geol. Blätter v. Nordostbayern. 7/3, Erlangen 1957.
- BERGER, K. B. Die Dünen im Raum von Nürnberg und Erlangen. Geol. Blätter v. Nordostbayern. 1/2, Erlangen 1955.
- BRUNNACKER, Karl. Die Böden der Terrassen und Flugsande im Rednitztal. Geol. Blätter v. Nordostbayern. 5/2. Erlangen 1955.
- DORN, Paul. Über den Tektonischen Bau des Ostfränkisch-Oberpfälzischen Deckgebirges. Festschrift für W. SALOMON. Berlin 1933.
- FEDERSCHMIDT. Die Pegnitz als Vorfluter Nürnbergs. Zs. Öffentliche Gesundheitspflege, Braunschweig. 1916.
- FICKENSCHER, Konrad. Geologische Karte von Nürnberg mit Erläuterungen. Herausgegeben v. Städt. Vermessungsamt Nürnberg. Nürnberg 1925.
- Geologische Verhältnisse und Entstehungsgeschichte der Landschaftsbilder um Nürnberg. Nürnberg 1924.
- Die geologisch-hydrologischen Verhältnisse des tieferen Untergrundes im Stadtbezirk Nürnberg. Nürnberg 1935 (I. Teil) und 1938 (II. Teil).
- FISCHER. Die Wasserversorgung der Stadt Nürnberg von der reichsstädtischen Zeit bis zur Gegenwart. Festschrift zur Eröffnung der Wasserleitung von Ranna. Nürnberg 1912.
- FREYBERG, Bruno v. Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benkersandstein in Franken. Erlanger Geologische Abhandlungen. Erlangen 1954.
- FUCHS, Bruno. Geologische Karte von Bayern, Blatt Nr. 6532, Nürnberg. München 1956. Mit Erläuterungen.
- GEHLEN, Kurt v. Sekundäre hydrothermale Mineralisation im Burgsandstein des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg. Geol. Blätter v. Nordostbayern. 6/1. Erlangen 1956.
- GUMBEL, C. W. v. Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb mit dem anstoßenden fränkischen Keupergebiete. Kassel 1891.
- Geologie von Bayern. Kassel 1892.

- HAEUSER, J. Kurze starke Regenfälle in Bayern, ihre Ergiebigkeit, Dauer, Intensität, Häufigkeit und Ausdehnung. Veröffentlichungen der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde. München 1919.
- Die Niederschlagsverhältnisse in Bayern und in den angrenzenden Staaten. Veröffentlichungen der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde. München 1930.
- KANY, M. Hinweise für sachgemäße Aufschlußbohrungen. Rundschau. 3, 1957. SA. Bay. Landesgewerbeanstalt. Nürnberg.
- KNAUER, J. Diluviale Talverschüttung und Epigenese im südlichen Bayern. Geologica Bavarica. 11, München 1952.
- KRUMBECK, L. Zur Kenntnis der alten Schotter des bayerischen Deckgebirges. Jena 1927.
- KUMMERER, L. Über das Baugrundwasser des Nürnberger Stadtgebietes. Mitt. d. Bayer. Landesgewerbeanstalt Nürnberg, 5. Nürnberg 1951.
- LEONHARD, K. L. v. Aus unserer Zeit in meinem Leben. Schweizerbarth. 2. Stuttgart 1856.
- MÜLLER, Kurt. Wasserwerk Mühlhof in Nürnberg. Zs. Das Gas- und Wasserfach. Jgg. 6, 24. 1955.
- MUTSCHMANN u. STIMMELMAYR. Handbuch der Wasserversorgung. Stuttgart 1961.
- REUTER, L. Die Quell- und Grundwasservorräte in den geologischen Formationen Nordbayerns. Der Wasserkursus. Als Manuskript gedruckt. Verl. Sport u. Technik. Plauen i. V. 1926.
- RÜCKERT, L. Zur Flußgeschichte und Morphologie des Rednitzgebietes. Sitzgs.-Ber. d. Phys.-Med. Sozietät Erlangen, 63/64 (1931/32). Erlangen 1933.
- Über Talverschüttungen im Nürnberger Becken. Geol. Blätter von Nordostbayern. 3, 3. Erlangen 1953.
- SCHMIDT, C. W. Wörterbuch der Geologie, Mineralogie und Paläontologie. Berlin und Leipzig. 1928.
- SCHNITZER, W. A. Der Schwermineralgehalt der Randfazies des fränkischen mittleren Keupers in Tiefbohrprofilen. Erlanger Geologische Abhandlungen. 11. Erlangen 1954.
- Die Quarzkornfarbe als Hilfsmittel für die stratigraphische und paläogeographische Erforschung sandiger Sedimente. Erlanger Geologische Abhandlungen. Erlangen 1957.
- SCHUH, W. v. Nürnberg im Jubiläumsjahre 1906. Stadtmagistrat Nürnberg. Nürnberg 1906.
- SCHUSTER, M. Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. München 1929.
- SEEGY-NEUNHOFER. Vorschläge über Verwendungsmöglichkeiten der ehemaligen Kongreßhalle. Hauptamt für Hochbauwesen. Nürnberg 1950.
- SPECHT. Das Pegnitzgebiet in Bezug auf seinen Wasserhaushalt. Abh. des Bayer. Hydrotechn. Büros. München 1912.
- SPOCKER, R. G. Ein Beitrag zur Frage der Kalkauflösung unter natürlichen Bedingungen. Zs. d. Deutschen Gesellsch. f. Karstforschung. Nürnberg 1950.
- Das obere Pegnitzgebiet. Zs. d. Deutschen Gesellschaft f. Karstforschung. SA. Nürnberg 1950.
- WAGNER, M. Kanalisation mit Grundwassersenkung und Preßvortrieb in Nürnberg. Zs. Der Gesundheits-Ingenieur. München 1955.
- WITZEL, G. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz). Verl. Fr. VAHLEN GmbH. Berlin u. Frankfurt. 1961.



DECKSCHICHTENKARTE VON NÜRNBERG

Kartenbeilage I



Mächtigkeit der Deckschichten
(Sand, Kies, Schluff usw.) Auf dem Keuper-
grundgestein

- 0 bis 2 m
- 2 bis 4 m
- mehr als 4 m

1 : 50000

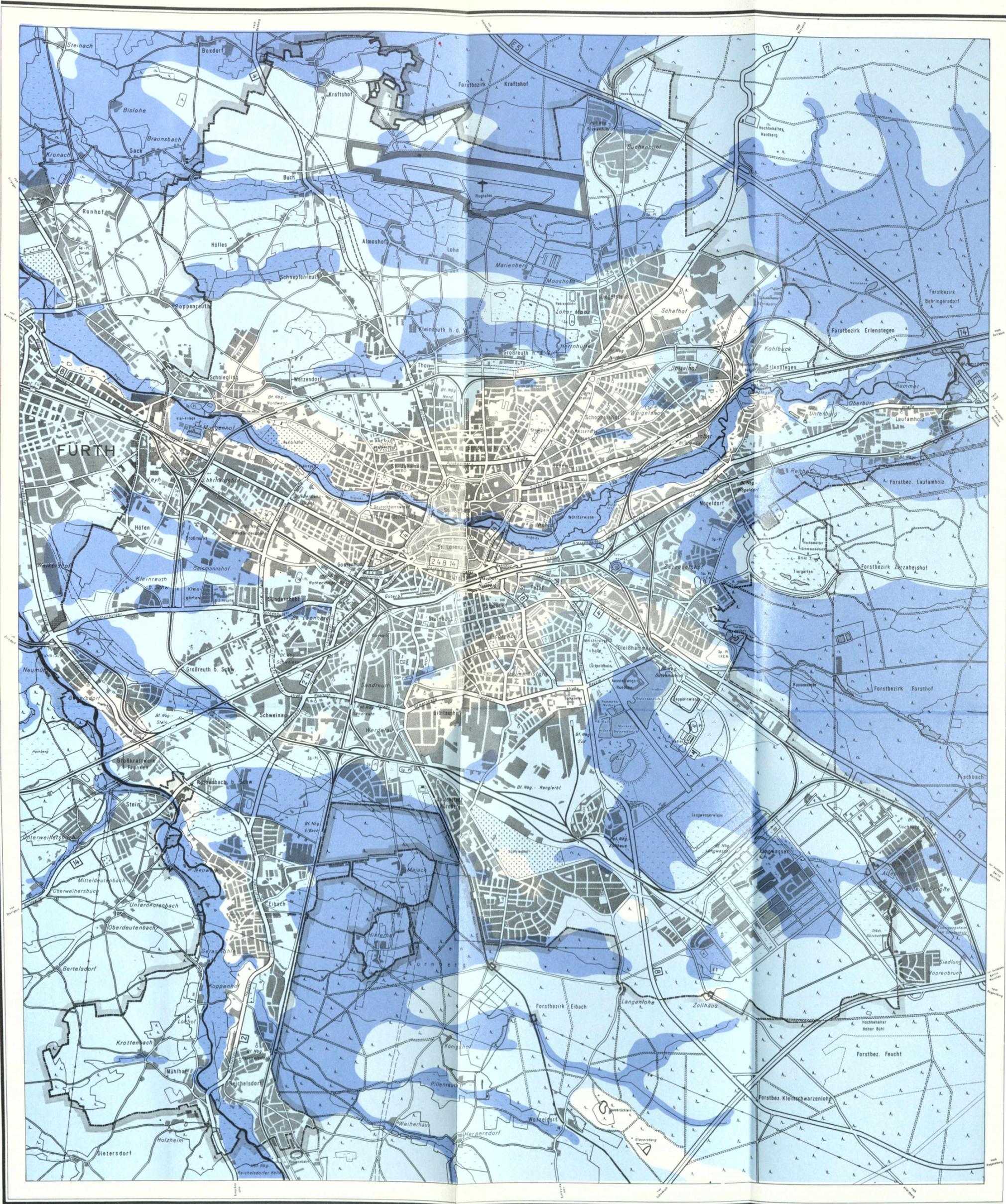
Grundkarte von Stadtmessungsamt Nürnberg
Nachdruck und Vervielfältigung jeder Art, auch auszugsweise, sowie die
Anfertigung von Vergrößerungen oder Verkleinerungen sind verboten.
AUSGABE 1983



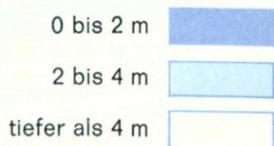
Die „Reichelsdorfer Schotter“
Schotterbett vom Urtal II

Original im Maßstab 1 : 25000

GRUNDWASSERKARTE VON NÜRNBERG



Lage des Grundwasserspiegels unter Gelände:



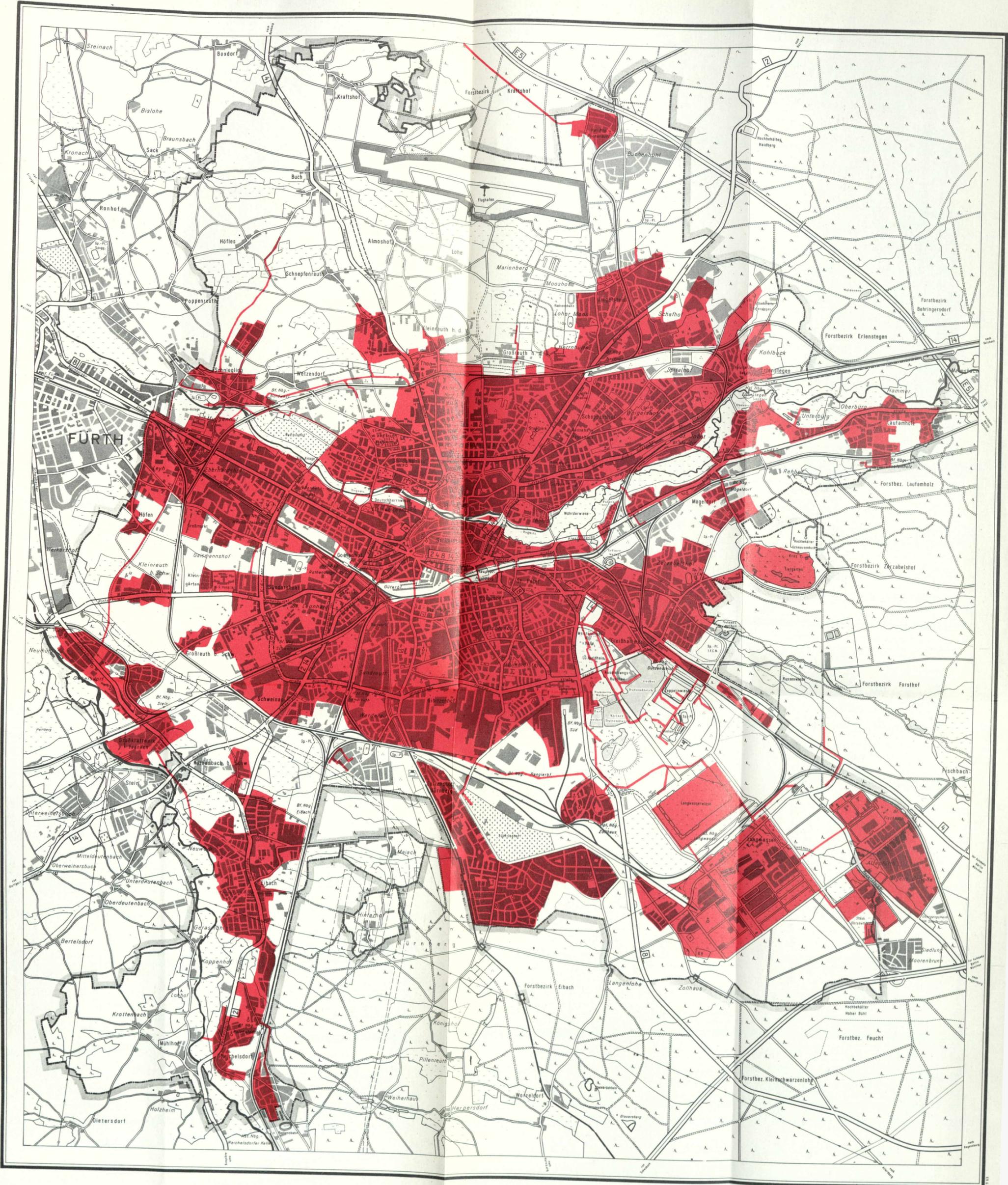
1 : 50 000

Grundkarte vom Stadtvermessungsamt Nürnberg
Nachdruck und Vervielfältigung jeder Art, auch einzelne Teile, sowie die
Anfertigung von Vergrößerungen oder Verkleinerungen sind verboten.
AUSGABE 1983

Original im Maßstab 1 : 25 000

KANALISIERTE FLÄCHEN IM STADTGEBIET VON NÜRNBERG

Kartenbeilage III



1 : 50000

Grundkarte vom Stadtvermessungsamt Nürnberg
Nachdruck und Vervielfältigung jeder Art, auch einzelne Teile, sowie die
Anfertigung von Vergrößerungen oder Verkleinerungen sind verboten.
AUSGABE 1963