

# Baugrundatlas Graz



## **Impressum:**

Herausgeber: Magistrat Graz, A10/6-Stadtvermessungsamt

Für den Inhalt verantwortlich: Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH / Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme, Magistrat Graz / A10/6-Stadtvermessungsamt / Geoinformation;

Pläne, grafische Darstellungen und Fotos: Archiv des A10/6-Stadtvermessungsamt/Geoinformation, Joanneum Research / Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme;

Konzept und Gestaltung: A10/6-Stadtvermessungsamt / Geoinformation, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH / Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme

AnsprechpartnerInnen:

Fachliche Zuständigkeit: Plass, Norbert Dr., JR Forschungsgesellschaft mbH / Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme, Tel: +43 (316) 876-1385, Fax: +43 (316) 8769-1385, E-Mail: [norbert.plass@joanneum.at](mailto:norbert.plass@joanneum.at)

Fachliche Zuständigkeit und Datenabgabe: Kapfenberger-Pock, Anneliese Dipl.-Ing., A10/6-Stadtvermessungsamt/Geoinformation, Tel: +43 (316) 872-4121, Fax: +43 (316) 872-4109, E-Mail: [anneliese.kapfenberger-pock@stadt.graz.at](mailto:anneliese.kapfenberger-pock@stadt.graz.at)

Online Aufbereitung: Wieser, Erwin, A10/6-Stadtvermessungsamt / Geoinformation, Tel: +43 (316) 872-4125, Fax: +43 (316) 872-4109, E-Mail: [erwin.wieser@stadt.graz.at](mailto:erwin.wieser@stadt.graz.at)

Alle Rechte vorbehalten, auch die des auszugsweisen Abdruckes und der Wiedergabe jeglicher Art  
© 2008 Magistrat Graz, A10/6-Stadtvermessungsamt

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Baugrundatlas Graz .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1. Einleitung .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2. Erläuterungen zum Baugrundatlas Graz .....</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>2.1 KARTE 1: GEOLOGISCHE BASISKARTE .....</b>                                       | <b>5</b>  |
| 2.1.1 Die geologische Entwicklung des Grazer Raumes .....                              | 5         |
| 2.1.2 Das kristalline und paläozoische Grundgebirge .....                              | 7         |
| 2.1.2.1 Radegunder Kristallin .....  | 7         |
| 2.1.2.1.1 Granatglimmerschiefer .....  | 7         |
| 2.1.2.2 Das Paläozoikum .....  | 7         |
| 2.1.2.2.1 Schichten von Kehr, Passailer Phyllite .....                                 | 7         |
| 2.1.2.2.2 Schöckelkalk .....   | 7         |
| 2.1.2.2.3 Crinoiden-Schichten .....  | 7         |
| 2.1.2.2.4 Dolomitsandstein-Folge .....   | 8         |
| 2.1.2.2.5 Braungesteine des Buchkogels .....   | 8         |
| 2.1.2.2.6 Barrandei-Schichten .....  | 8         |
| 2.1.2.2.7 Mitteldevon-Dolomit .....  | 8         |
| 2.1.2.2.8 Kanzelkalk .....   | 9         |
| 2.1.2.2.9 Steinbergkalk, Sanzenkogel-Schichten, Dultkalke .....                        | 9         |
| 2.1.3 Die jungtertiären und quartären Lockergesteine .....                             | 10        |
| 2.1.3.1 Das Jungtertiär .....  | 10        |
| 2.1.3.1.1 Ton/Schluff-Wechselfolge .....   | 10        |
| 2.1.3.1.2 Ton/Sand/Kies-Wechselfolge .....   | 10        |
| 2.1.3.1.3 Kies/Sand-Wechselfolge .....   | 11        |
| 2.1.3.1.4 Eggenberger Brekzie, Rotlehm .....   | 11        |
| 2.1.3.2 Das Quartär .....  | 11        |
| 2.1.3.2.1 Morphogenetischer Überblick .....  | 11        |
| 2.1.3.2.2 Höhere Terrassenreste (Präriß) .....   | 12        |
| 2.1.3.2.3 Hochterrasse (Riß) .....   | 12        |
| 2.1.3.2.4 Niederterrasse (Würm) .....  | 12        |
| 2.1.3.2.5 Auzone der Mur und der Seitentäler (Würm bis Holozän) .....                  | 14        |
| 2.1.3.2.6 Hangschutt .....   | 14        |
| <b>2.2 KARTE 2: BAUGRUNDKARTE .....</b>  | <b>15</b> |
| 2.2.1 Festgesteine mit hoher Tragfähigkeit .....                                       | 15        |
| 2.2.2 Festgesteine mit hoher bis wechselnder Tragfähigkeit .....                       | 15        |
| 2.2.3 Nichtbindige Lockergesteine mit guter Tragfähigkeit .....                        | 16        |
| 2.2.4 Nichtbindige bis bindige Lockergesteine mit wechselnder Tragfähigkeit .....      | 16        |
| 2.2.5 Bindige Lockergesteine mit mittlerer bis geringer Tragfähigkeit .....            | 17        |
| <b>2.3 KARTE 3: BAURISIKOFAKTOREN .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>2.4 KARTE 4: TIEFE DER AUFSCHLUSSPUNKTE .....</b>                                   | <b>19</b> |
| <b>2.5 KARTE 5: MÄCHTIGKEIT DER ANTHROPOGENEN ANSCHÜTTUNG .....</b>                    | <b>19</b> |
| <b>2.6 KARTE 6: FEINKÖRNIGE DECKSCHICHTEN DER QUARTÄREN TALFÜLLUNGEN .....</b>         | <b>19</b> |
| <b>VORGANGSWEISE BEI DER ERSTELLUNG DER DECKSCHICHTENKARTE: .....</b>                  | <b>19</b> |
| 2.6.1 Lehmdecken der höheren Quartärterrassen .....                                    | 19        |
| 2.6.2 Deckschichten auf der Niederterrasse .....                                       | 20        |
| 2.6.3 Feinkörnige Deckschichten in der Auzone .....                                    | 20        |
| <b>2.7 KARTE 7: TIEFENLAGE DER MURSCHOTTEROBERKANTE .....</b>                          | <b>21</b> |
| <b>2.8 KARTE 8: RELIEF DES PRÄQUARTÄREN UNTERGRUNDES (GRUNDWASSERSTAUER) .....</b>     | <b>21</b> |
| <b>2.9 KARTE 9: QUARTÄRMÄCHTIGKEIT .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.9 KARTE 10: GRUNDWASSERÜBERDECKUNG BEI EINEM MITTLEREN GRUNDWASSERSTAND .....</b> | <b>23</b> |
| <b>3. Literatur .....</b>  | <b>25</b> |

## 1. Einleitung

Über das Stadtgebiet von Graz gab es bis 1986 weder aktuelle und detaillierte, noch zusammenfassende Untersuchungen im Hinblick auf die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse. Es wurde daher im Zuge eines Projektes (Auftraggeber: Stadt Graz und Land Steiermark) die am Landesmuseum Joanneum als Zettelkartei vorhandene Baugrundkartei, die bereits in den 20er Jahren begonnen worden war, ergänzt und aktualisiert. Dabei konnten die Ergebnisse von weit über 3000 Einzeldaten über Grabungen, Schürfe, Bohrungen und Baugründungen verwertet werden. In weiten Bereichen der Stadt wurden darüber hinaus geologische Neukartierungen vorgenommen, sowie in Zusammenarbeit mit der Hydrographischen Landesabteilung Grundwasserkarten angefertigt. Die Ergebnisse wurden in Plänen 1:5.000 bzw. Karten 1:10.000 und 1:25.000 dargelegt:

Ab 1988 wurde die Baugrundkartei im Auftrag der Stadtbaudirektion weitergeführt und jährlich ergänzt. Von den Bauamtsabteilungen gemeldete Aufgrabungen und Bohrungen wurden geologisch dokumentiert, interpretiert und zunächst händisch in den Tabellenverzeichnissen und Lageplänen nachgetragen. In den letzten Jahren wurden die Neuerhebungen in die digitale Baugrunddatenbank integriert.

Aus dem Bedürfnis nach einer besseren Möglichkeit der Aktualisierung und Ausgabe der Daten sowie der Datenauswertungen und Interpretationen wurde in der Joanneum Research eine Methodik zur Implementierung der Baugrunddaten in den digitalen Stadtplan bzw. in eine entsprechend flexible Datenbank entwickelt. Weiters wurden Möglichkeiten der automatisierten Auswertung der einzelnen Datenebenen (Karteninhalte) getestet.

Ab 1994 wurde auf Initiative der Stadtbaudirektion und in Abstimmung mit dem Stadtvermessungsamt mit der Digitalisierung der Punktdaten begonnen, wobei zunächst die Lage der Punkte und in weiterer Folge komplette Datensätze eingegeben wurden.

1999 konnte ein effizient geschnürtes und kurzfristig durchführbares Projektpaket in Angriff genommen werden, das in der ersten Phase die Fertigstellung der digitalen Baugrunddatenbank und in weiterer Folge die Erstellung anwendungsbezogener Karten bzw. Kartenauswertungen zum Inhalt hatte.

Der erste Projektabschnitt beinhaltete die Vervollständigung und Fertigstellung der Baugrunddatenbank sowie die Definition und Einrichtung der erforderlichen Abfragemöglichkeiten.

Insgesamt wurden im Stadtgebiet von Graz bisher rund 4500 Aufschlüsse dokumentiert. Alle Aufschlusspunkte wurden digital erfasst und attribuiert, d.h. bei allen 4500 Punkten wurden Daten über jede aufgeschlossene geologische Schicht in einer Datenbank gespeichert.

Das Ergebnis ist eine moderne Baugrunddatei für die Stadt Graz mit folgenden Möglichkeiten:

- optimaler Zugriff auf die vorliegende Information
- gezielte lokale und regionale Abfragemöglichkeiten zu praxisbezogenen Fragestellungen
- weitgehend automatisierte Auswertungen: interpretierende Karten und Pläne
- unproblematische Aktualisierung und Weiterführung der Baugrunddatei

Der nunmehr vorliegende Bericht über den zweiten Projektabschnitt enthält zum einen drei Grundlagenkarten in aktualisierter und digitalisierter Form mit den im Folgenden dargelegten Erläuterungen und zum anderen sieben aus der Baugrunddatenbank abgeleiteten Themenauswertungen, die kartographisch aufbereitet und mit methodischen und inhaltlichen Erläuterungen vorgelegt werden.

## **2. Erläuterungen zum Baugrundatlas Graz**

### **2.1 Karte 1: Geologische Basiskarte**

Der Untergrund des Grazer Stadtgebietes ist das Ergebnis einer äußerst vielschichtigen Entwicklung über lange Zeiträume der Erdgeschichte. Durch das Zusammenspiel zahlreicher Prozesse wie Gebirgsbildung mit Verfaltung, Deckenbildung und Störungstätigkeit, Vulkanismus, Diagenese, Metamorphose und die unterschiedlichen Ablagerungssysteme ehemaliger Meeres-, See- und Flussbereiche sowie schließlich durch den Einfluss der Eiszeiten entstand ein sehr komplexer Aufbau, der in geologisch jüngster Zeit durch Verwitterung, Verkarstung und das Einschneiden der heutigen Fluss- und Bachläufe umgestaltet wurde.

Die Eigenschaften der Gesteine sind maßgebend für die gegenwärtigen Nutzungsmöglichkeiten und Risiken wie etwa Grundwassergewinnung bzw. -gefährdung, Baugrundverhältnisse oder Rutschungsgefährdung.

Die Erfassung dieses Aufbaues, seine Gliederung in verschiedene Gesteinseinheiten und Schichtkomplexe und deren Lagerungsverhältnisse ist die eigentliche Aufgabe einer geologischen Karte. Diese Gliederung ist je nach Fragestellung unter unterschiedlichen theoretischen und praktischen Gesichtspunkten möglich.

Bei der geologischen Basiskarte der Stadt Graz liegt der Informationsschwerpunkt auf der Ausweisung der Gesteinsart unter Einbeziehung geotechnischer und hydrogeologischer Gesichtspunkte. Die Karte bietet einen Überblick zur geologischen Situation, wobei für Aussagen bei Detailprojekten im Planungsmaßstab immer Untersuchungen und Aufschließungsarbeiten an Ort und Stelle notwendig sein werden.

Die geologische Karte bietet daher eine Übersichtsinformation, wobei für Aussagen bei Detailprojekten im Planungsmaßstab immer Untersuchungen und Aufschließungsarbeiten an Ort und Stelle notwendig sein werden.

#### **2.1.1 Die geologische Entwicklung des Grazer Raumes**

In der Stadt Graz lassen sich drei geologische Großeinheiten unterscheiden: Das Grundgebirge bilden die Festgesteine (Karbonatgesteine und Schiefer) des Grazer Paläozoikums, die am Gebirgsrand von jungtertiären Lockersedimenten (Tone, Sande und Kiese) des Steirischen Beckens überlagert werden. Die jüngsten Bildungen stellen die quartären Ablagerungen des Pleistozäns (teils lehmbedeckte Schotterterrassen und Lößlehme des Eiszeitalters) und des gegenwärtigen Fluss- und Bachsystems (Aubereiche) dar.

Vereinfacht lässt sich die geologische Entwicklung des Grazer Raumes folgendermaßen darstellen: Das Grundgebirge des Grazer Paläozoikums wird aus Gesteinen aufgebaut, die altersmäßig vom Silur bis ins Karbon (ca 440-300 Mio. Jahre) reichen.

Die Gesteinsserie beginnt im Silur mit einer terrestrischen Entwicklung (Schichten von Kehr), die eine starke vulkanische Beeinflussung (Tuffe und Metadiabase) aufweist. Im Unterdevon folgen mächtige, sandig-karbonatische Gezeitenablagerungen (Dolomitsandstein-Folge). Anschließend kam es bei einer leichten Vertiefung des Meeres zu einer reichlich fossilführenden Bankkalkentwicklung (Barrandeikalk), über die im Mitteldevon örtlich Rifffkomplexe mit Lagunen und Ablagerungen von seichten Stillwasserbereichen (Kanzelkalk) folgen. Während dieses gesamten Zeitraumes finden sich lokal vulkanische Einflüsse. Im Oberdevon kam es durch Absenkung zur Sedimentation in tieferen Wasserbereichen (Steinbergkalk, Sanzenkogel-Schichten), die sich bis ins Unterkarbon fortsetzten. An der Grenze Unter-/Oberkarbon (ca 325 Mio. Jahre) kam es durch Krustenbewegungen zu einer Auftauchphase, die örtlich zur Reliefbildung und Verkarstung führte und bei der die Schichten teilweise bis ins höhere Oberdevon zurück abgetragen wurden. Über dieser Erosionsfläche erfolgten erneut Flachwasserablagerungen (Dult-Schichten), mit denen die paläozoische Schichtfolge im Grazer Raum endet.

Die hier übersichtsmäßig dargestellte Schichtfolge des Paläozoikums erstreckte sich ehemals über ein größeres Gebiet der Erdkruste, das räumlich in mehrere Teilbereiche untergliedert war. Die geologische Entwicklung dieser einzelnen Teilgebiete verlief nicht immer gleichmäßig, sodass aus dem selben Zeitabschnitt unterschiedlich ausgebildete Schichteinheiten von wechselnder Mächtigkeit vorliegen. Aus diesem Grund wird das Grazer Paläozoikum in mehrere Faziesbereiche untergliedert,

wobei sich der Begriff „Fazies“ auf die Summe aller Merkmale eines Gesteins bezieht. Das paläozoische Grundgebirge der Stadt Graz wird größtenteils von Gesteinen der Rannach-Fazies aufgebaut, nur im Bereich Platte-Hauenstein treten Gesteine der Schöckelkalk- (Tonschiefer) Fazies auf (Passailer Schichten, Schöckelkalk).

Im ausgehenden Paläozoikum kam es zu bedeutenderen Gebirgsbildungsprozessen, welche zu einer Umformung der abgelagerten Schichten führten. Von diesem Zeitraum an sind über das gesamte Mesozoikum und das ältere Känozoikum keine entsprechenden Gesteine im Raum von Graz bekannt. Erst ab dem jüngeren Känozoikum (Jungtertiär) sind wieder Ablagerungen erhalten.

Mit der beginnenden Heraushebung der heutigen Alpen im Tertiär entstanden randliche Absenkungsbereiche (Steirisches Becken), die auf Krustendehnungen im tieferen Untergrund zurückgehen. Diese Becken wurden im Zuge der Absenkung mit Abtragungsmaterial des aufsteigenden Gebirges aufgefüllt. Beides – die Hebung des Gebirges und die Absenkung des Vorlandes – erfolgte jedoch nicht gleichmäßig, sondern in mehreren Phasen mit stärkerer und geringerer Bewegungskraft. Ungleiche Bewegungen der einzelnen Schollen führten zu einer differenzierten Herausbildung von Schwellen- und Beckenbereichen, deren Anlage den Aufbau und die Verteilung der Schichteinheiten wesentlich mitbestimmte.

Altersmäßig sind im Grazer Stadtbereich vor allem Schichten des Sarmat und Pannon (ca 13 - 3 Mio. Jahre) anzutreffen, die von flachmarinen küstennahen Bildungen über Ablagerungen eines ebenen, teilweise versumpften Schwemmlandbereiches mit Süßwasserseen, Deltaschüttungen und Kohlebildung in ausgedehnte Schwemmfächer- und Flussablagerungen übergehen. Durch die engräumige Verzahnung verschiedener in sich gegliederter Sedimentationsbereiche, deren gegenseitige Grenzen sich ständig verschoben, kam es zur Ausbildung eines sehr wechselhaften Schichtaufbaues.

Aus Gründen der Vereinfachung und aus praktischen Überlegungen wird hier eine Dreigliederung der jungtertiären Schichtfolge in eine basale Ton/Schluff-Folge, in eine durch intensive Wechsellagerung gekennzeichnete Ton/Sand/Kies-Folge und in eine hangende Kies/Sand-Einheit durchgeführt. Ein Teil dieser jungtertiären Abfolge wurde noch von Hebungen des Alpenkörpers mitbetroffen, sodass entsprechende Schichten manchmal in unterschiedlichen Höhenlagen anzutreffen sind.

Gegen Ende des Tertiärs begann die Entwicklung des heutigen Gewässernetzes, wodurch die Grundzüge des gegenwärtigen Landschaftsreliefs festgelegt wurden. Ebenfalls im Tertiär beginnend und bis heute fortdauernd finden sich Verkarstungsphänomene, Hangschutt-, Verwitterungs- und Bodenbildungen.

Ein wesentlicher Beitrag zur heutigen Formung der Landschaft beruht auf den Vorgängen während des Pleistozäns (Eiszeitalters) dessen prägendstes Reliefelement die ausgedehnten Schotterterrassen des Grazer Feldes sind. Die heutigen Wasserläufe haben sich zum Teil in die Terrassen eingeschnitten und stellen mit ihren Aubereichen, Schwemmkegeln und Hangschleppen die letzten Ablagerungsprodukte geologisch aktiver Prozesse im Raum Graz dar.

## **2.1.2 Das kristalline und paläozoische Grundgebirge**

In den folgenden Erläuterungen zu den einzelnen Schichtgliedern liegt der Schwerpunkt auf der lithologischen Ausbildung sowie den geotechnischen und hydrogeologischen Eigenschaften der Gesteine. In Bezug auf weitergehende Informationen, wie etwa Fragen der Biostratigraphie, Fossilführung, fazielle Ausbildung oder Vererzung wird auf die zusammenfassenden Arbeiten von EBNER & GRÄF 1978, EBNER, FENNINGER & HOLZER 1980, EBNER 1983a, FLÜGEL 1975a, FLÜGEL & NEUBAUER 1984 sowie auf die in diesen Publikationen zitierte Spezialliteratur verwiesen.

### **2.1.2.1 Radegunder Kristallin**

#### **2.1.2.1.1 Granatglimmerschiefer**

Dieses Gestein tritt innerhalb des Stadtgebietes nur in einem kleinen Areal nordöstlich des Hauensteines auf. Es bildet die geologisch tiefste Baueinheit des Grazer Stadtbereiches, über die sich das paläozoische Grundgebirge in Form einer fernüberschobenen Decke legt.

Der bräunlichgraue Granatglimmerschiefer mit massiger, teilweise stärker verschieferter Struktur ist oberflächlich meist stark verwittert. Abgesehen von diesem Verwitterungsbereich bildet er einen standfesten, gering wasserdurchlässigen Untergrund.

### **2.1.2.2 Das Paläozoikum**

#### **2.1.2.2.1 Schichten von Kehr, Passailer Phyllite**

Diese Gesteinsfolgen bilden die Basis der paläozoischen Schichtfolge. Es handelt sich um Grünschiefer, kalkige Grünschiefer, Serizitphyllite, Quarzphyllite, Metadiabase, Diabasschiefer, Tuffite und in den hangenden Partien auch um Kalkschieferlinsen und Flaserkalke. Die mehrere 100 Meter mächtige Folge deutet auf einen stark vulkanisch beeinflussten, klastischen Ablagerungsraum hin. Der Vulkanismus steht auch mit der örtlichen Vererzung der Schichten (z.B. Platte) in Zusammenhang. Die grünlichgrauen bis grünlich – gelbbraunen Schiefer sind dünnplattig bis dickbankig mit meist stärkerer Internverfaltung. Sie weisen bei günstiger Lagerung eine hohe Tragfähigkeit auf und stellen einen hydrogeologischen Stauhorizont dar. Weit verbreitet treten sie im Bereich Platte-Lineckberg auf, weitere Vorkommen sind Reinerkogel und Kalvarienberg. Westlich der Mur stehen die Schiefer im Thalgraben und am Plabutsch-Nordhang an.

#### **2.1.2.2.2 Schöckelkalk**

Der meist gut gebankte, teilweise auch plattige Schöckelkalk ist ein schwach metamorpher, feinkristalliner Kalk mit einer typischen Internbänderung. Der weiße bis graublau Kalk, der eine Mächtigkeit von mehreren 100 Metern erreicht, ist gut verkarstungsfähig und besitzt in den verkarsteten Bereichen eine gute Wasserwegigkeit. Er stellt einen Untergrund mit hoher Tragfähigkeit dar. Das Verbreitungsgebiet der Schöckelkalke liegt innerhalb der Stadtgrenzen im Bereich Maria Trost-Hauenstein.

#### **2.1.2.2.3 Crinoiden-Schichten**

Die Crinoiden-Schichten werden von plattigen, teilweise sandigen bis feinschiefrigen Kalken, Dolomiten, Kalkschiefern und Tonschiefern aufgebaut. Die Namensgebung stammt von dem örtlich reichlichen Auftreten fossiler Crinoidenstielglieder (Seelilien) in den Kalken. Die hellgrauen, schwarzgrauen bis bräunlichen Gesteine, die im Raum Graz etliche Zehnermeter mächtig werden, besitzen eine recht gute Tragfähigkeit und eine stellenweise gut bis wechselnde Wasserwegigkeit (Verkarstung der Karbonate). Crinoiden-Schichten treten beiderseits des Thalgrabens auf.

#### **2.1.2.2.4 Dolomitsandstein-Folge**

Diese mächtige Gesteinsabfolge, die sich ohne scharfe Grenze aus den Crinoiden-Schichten entwickelt, lässt sich im Raum Graz vom Liegenden zum Hangenden in drei Abschnitte gliedern: Sandsteinbank, Diabastuffhorizont und Dolomitbank.

Die Sandsteinbank ist eine Wechselfolge von gebankten bis massigeren, quarzreichen Sandsteinen, Dolomitsandsteinen und Dolomiten, wobei lokal tonig-schiefrige Lagen zwischen den einzelnen Bänken auftreten können. Die Gesteine weisen hellgraue, dunkel- bis blaugraue Färbungen auf. Die Sandsteinbank besitzt eine hohe Tragfähigkeit. Sie wird etwa 200 bis 250 Meter mächtig und ist am Göstinger Burgberg, am Osthang des Plabutsch und im Raum Straßgang verbreitet.

Beim Diabastuffhorizont handelt es sich um eine Wechselfolge von Zentimeter bis Dezimeter mächtigen Aschen- und Lapillituffiten und Dolomitlagen. Anzahl, Mächtigkeit und Ausbildung der Tuffitlagen schwankt stark, der gesamte Schichtkomplex kann bis zu 50 Meter mächtig werden. Die bunten, rötlichvioletten bis grünlichen Tuffite sind feinschiefrig bis dünnplattig entwickelt und stellen einen gering durchlässigen Stauhorizont dar, an dem im Bereich des Plabutsch einige Quellen gebunden sind. Die Tragfähigkeit der Tuffite ist geringer als die der Sandsteinbank. Außer am Plabutsch (Osthang) finden sich auch am Admonterkogel, am Göstinger Burgberg und am Florianiberg bei Straßgang Tuffiteinschaltungen.

Die Dolomitbank besteht aus gut gebankten bis massigen Dolomiten und Dolomitschiefern, die im Liegenden eher hellgraue und im Hangenden dunkelgraue bis dunkelblaugraue Färbungen aufweisen. Besonders die helleren Dolomite zeigen bei massiger Ausbildung den für Dolomite typischen kleinstückigen bis hakigen Bruch mit Verwitterung; sie sind örtlich verkarstet. Die Dolomite bilden einen sehr standfesten Untergrund. Die Mächtigkeit der Dolomitbank, die sich über den gesamten Plabutsch-Buchkogelzug erstreckt, schwankt zwischen 250 Metern im Norden und fast 500 Metern im Süden. Weitere Vorkommen liegen im Bereich Göstinger Burgberg-Reinerspitze und in den tieferen Anteilen des Admonterkogels (Klettergarten). Auch der Grazer Schloßberg wird von Dolomiten aufgebaut.

#### **2.1.2.2.5 Braungesteine des Buchkogels**

Sie stehen im Zusammenhang mit der Dolomitsandstein-Folge, wobei unklar ist, ob es sich um eine eigenständige Schichteinheit oder um eine Sonderentwicklung der Dolomitsandstein-Folge handelt. Unter dem Sammelbegriff „Braungesteine“ werden braune Rauhewacken, gelblichbraune, oft plattig-schiefrige Kalke, Tonschiefer und braune Dolomite zusammengefasst. Die bis zu 100 Meter mächtige Gesteinsfolge ist örtlich verkarstet und stärker geklüftet; sie stellt einen standfesten Untergrund dar. Die Braungesteine treten im Bereich südlich des Buchkogels sowie beim Bockkogel auf.

#### **2.1.2.2.6 Barrandei-Schichten**

Die Barrandei-Schichten gehen teilweise ohne scharfe Grenze aus den hangenden Anteilen der Dolomitbank hervor, lokal treten auch Verzahnungen auf. Lithologisch bestehen sie aus plattigen bis dickbankigen, blauen bis blaugrauen Kalken und Kalkschiefern. Weiters finden sich geringmächtige Einschaltungen von schwarzen bis rötlichen Graphit- und Tonschiefern. Bemerkenswert ist die oft reichliche Fossilführung (z.B. Korallen, Brachiopoden, Crinoiden, Fische und Algen), durch deren Zeichnung diese Gesteine früher häufig als Bau- und Dekorgestein Verwendung fanden. Die durchschnittlich etwa 80 Meter mächtigen Barrandei-Schichten neigen stark zur Verkarstung und infolgedessen sind sie partiell wasserwegig. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt am Plabutsch-Buchkogelzug (z.B. Westhang des Plabutsch) weiters treten sie am Steinkogel und Admonterkogel auf.

#### **2.1.2.2.7 Mitteldevon-Dolomit**

Beim Mitteldevon-Dolomit, der gut gegen die Barrandei-Schichten abgrenzbar ist, handelt es sich um ein maximal 20 bis 30 Meter mächtiges Schichtpaket von dunkelgrauen bis schwarzen Dolomiten mit massiger bis bankiger Ausbildung. Die örtlich verkarsteten Dolomite besitzen eine hohe Tragfähigkeit. Sie treten im Bereich Gaisberg-Kollerberg auf.

#### **2.1.2.2.8 Kanzelkalk**

Die Kanzelkalke sind dickbankige, meist massige hellgraue Kalke. Sie neigen zur Verkarstung und sind standfest. Die Mächtigkeit der Kanzelkalke schwankt zwischen 50 und 150 Metern. Sie treten in den Bereichen des Raach Kogels, des Gaisberg-Kollerberges, am westlichen Hang von St. Johann und Paul sowie am Nordhang des Buchkogels auf.

#### **2.1.2.2.9 Steinbergkalk, Sanzenkogel-Schichten, Dultkalke**

Diese geringmächtigen, nur in begrenzten Arealen vorkommenden Schichteneinheiten wurden auf der Karte zusammengefasst. Die plattigen bis dünnbankigen Steinbergkalke sind graue bis rötlich-braungelbe Flaserkalke und Tonflaserkalke. Sie werden maximal bis 30 Meter mächtig. Die Sanzenkogel-Schichten bestehen aus grauen plattig bis bankigen Kalken, die Dultkalke sind schwarze plattige Kalke. Die Karbonate sind verkarstungsfähig und standfest. Sie sind im Bereich Gaisbergsattel-Kollerberg verbreitet, Steinbergkalke treten auch am Nordhang des Buchkogels auf.

## **2.1.3 Die jungtertiären und quartären Lockergesteine**

### **2.1.3.1 Das Jungtertiär**

#### **2.1.3.1.1 Ton/Schluff-Wechselfolge**

Unter dieser Bezeichnung werden feinkörnige Ablagerungen unterschiedlichen Alters zusammengefasst. In der geologischen Literatur sind die vom Untersarmat bis ins Unterpannon reichenden Schichten als „Waldhofschichten“, „Gleisdorfer Schichten“ und „kohleführende Schichten von Weiz“ bekannt. Eine genaue Abgrenzung dieser Einheiten ist derzeit im Stadtgebiet von Graz nicht möglich.

Bei allen Vorkommen handelt es sich um hell- bis dunkelgraue, olivgraue oder grünlich-blaugraue Tone, Schluffe und Feinsande. Die nur selten reinen Tone sind meist stärker schluffig-sandig und häufig glimmerführend; die zähen Tone besitzen oft eine ausgeprägte Plastizität. Im trockenen bis bergfeuchten Zustand ist das oft geklüftete, feste Sediment zerschlagbar und zeigt ein scherbiges bis plattig-blockiges Bruchverhalten. Die Tone wechsellagern im Zentimeter- bis Dezimeterbereich mit schlecht sortierten, teilweise bindigen Schluffen und Feinsanden. Daneben finden sich langgestreckte bis linsenförmige Einschaltungen von Sand- und Feinkieskörpern, die z.T. ehemalige Rinnenfüllungen darstellen. Generell nehmen die Schluff-/Sandeneinschaltungen nach Süden hin zu. In den Randlagen zu den Karbonaten des Grundgebirges treten an einigen Stellen Süßwasserkalke und Kalkmergel auf, die wegen ihrer Kleinräumigkeit auf der Karte nicht gesondert ausgewiesen wurden. Von einigen Stellen sind Fossilien und Pflanzenreste bekannt. Im Bereich Maria Trost-Wenisbuch, bei Stifting und Webling tritt Kohleführung auf, die bis in das 20. Jahrhundert beschürft wurde (WEISS 1973). Weiters stellten die Ablagerungen ein Ausgangsprodukt für die Ziegelherstellung dar.

Die Ton/Schluff-Folge ist abhängig von der Hangneigung und den Wasserverhältnissen standfest bis rutschgefährdet. Die Sedimente sind generell wasserstauend bis gering durchlässig; eine beschränkte Wasserführung ist auf einzelne unregelmäßig eingelagerte Sandkörper konzentriert.

Die Ton/Schluff-Folge baut neben paläozoischen Festgesteinen den Untergrund der quartären Schotterablagerungen des Grazer Feldes und die unteren bis mittleren Hangbereiche des Hügellandes östlich der Mur auf. Südlich des Ragnitztales reichen diese Sedimente mit Ausnahme von kleinräumigen Kuppenbereichen am Ruckerlberg bzw. Lustbühel-Hohenrain bis an die Riedelrücken. Im Westen sind sie im Bereich Feliferhof-Waldhof verbreitet.

#### **2.1.3.1.2 Ton/Sand/Kies-Wechselfolge**

Diese komplex aufgebaute Schichteinheit überlagert die Ton/Schluff-Folge, wobei vielfach keine scharfe Abgrenzung möglich ist. Stratigraphisch werden die Schichten entweder dem Obersarmat (Gleisdorfer Schichten) oder dem Unterpannon (Kapfensteiner Schotter) zugerechnet. Als Kriterien der Abgrenzung wurden hier das Einsetzen von Kieshorizonten und der Farbwechsel von grauen bis blaugrauen zu gelblich bis bräunlichen Farbtönen, der den Übergang vom reduzierenden zum oxidierenden Ablagerungsmilieu markiert, herangezogen. Die Sedimente bilden eine Wechselfolge von schlecht sortierten lehmig-tonigen Kiesen bis Gerölltonen, schluffigen Sanden und mächtigeren Ton/Schluff-Zwischenlagen. Die zum Teil steinigen Kiese bestehen überwiegend aus Quarzgeröllen, daneben treten auch Pegmatit- und häufig verwitterte Kristallingerölle auf, wobei die Komponenten besonders in den tieferen Partien in Grundgebirgsnähe oft in einer zähen, bindigen Matrix stecken. Örtlich, vor allem gegen Süden zu, sind Linsen von besser sortiertem, nicht bindigem Material eingeschaltet. Insgesamt liegt eine lateral und vertikal recht unbeständige Schichtfolge vor, wodurch sich sehr unterschiedliche Baugrundverhältnisse ergeben. Der Wechsel von wasserdurchlässigen und wasserstauenden Schichten führt im Verein mit größeren Hangneigungen zu ausgedehnten Rutschungen.

Die Ablagerungen der Ton/Sand/Kies-Wechselfolge nehmen im Hügelland östlich der Mur die mittleren bis höheren Anteile der Riedel von Andritz bis in den Bereich Ruckerlberg-Ries ein.

### **2.1.3.1.3 Kies/Sand-Wechselfolge**

Diese Schichten bilden den Abschluss der jungtertiären Schichtfolge im Grazer Raum. Es handelt sich um alte Flussablagerungen, die allgemein in das höhere Unterpannon (Kapfensteiner und Kirchberger Schotter) eingestuft werden. Die teilweise steinigen Fein- bis Grobkiese erreichen Mächtigkeiten von mehreren Zehnermetern. Die grauen bis gelblichgrauen, in angewittertem Zustand auch bräunlichen Kiese sind meist gut sortiert und bestehen überwiegend aus Quarzgeröllen; der Anteil an kristallinen Schiefen ist gering.

In diese Kiese sind größere Sandkörper eingeschaltet, zum Teil tritt auch eine Kies/Sand-Wechsellagerung im Dezimeter- bis Meterbereich auf. Lokal sind weiters geringmächtige Feinsand- und Schlufflinsen anzutreffen.

Die Kies/Sand-Wechselfolge ist durchwegs standfest und verursacht häufig steile Böschungen, ihre Wasserdurchlässigkeit ist gut. Sie baut die Kuppen der Höhenrücken von Andritz über den Rosenberg, den Rücken zwischen Mariatroster- und Stiftingtal und auf der Ries auf. In den Bereichen Fuchsriegel und Lustbühel-Hohenrain sind Restkappen anzutreffen.

### **2.1.3.1.4 Eggenberger Brekzie, Rotlehm**

Die jungtertiären Hangschuttbrekzien, bei denen es sich um verschieden alte Bildungen handeln dürfte, bestehen aus feinkörnigem bis grobblockigem, meist kantigem Schutt paläozoischer Karbonatgesteine, der sekundär verkittet ist. Das kalkige Bindemittel, durch welches häufig eine sehr feste Bindung erreicht wird, weist eine charakteristische ziegelrote bis bräunlichgelbe Färbung auf. Lokal gehen die Brekzien in mächtigere, meist sandig-steinige Rotlehme und Roterden über. Die Festigkeit dieser alten Hangschuttbildungen schwankt beträchtlich, die stark verfestigten Anteile besitzen jedoch eine hohe Tragfähigkeit. Die lehmigen Bereiche und teilweise auch die dicht verkitteten Brekzien wirken als Wasserstauer. Lokal sind die Brekzien jedoch sekundär verkarstet.

Die Eggenberger Brekzie und ihre verwandten Bildungen sind im Grazer Bereich entlang des Plabutsch-Buchkogelzuges verbreitet, wo sie die paläozoischen Gesteine überdecken. Hervorzuheben ist das namengebende Vorkommen am Osthang des Plabutsch beim Schloss Eggenberg. Nördlich des Hauenstein findet sich ebenfalls ein kleines Areal mit Eggenberger Brekzie.

## **2.1.3.2 Das Quartär**

### **2.1.3.2.1 Morphogenetischer Überblick**

Die Wende vom Pliozän, dem jüngsten Abschnitt des Tertiärs, zum Pleistozän (Eiszeitalter) brachte vor ca. 2 Millionen Jahren eine grundlegende Veränderung der morphodynamischen Verhältnisse mit sich. Während im Jungtertiär durch das warme, zeitweise sogar subtropische Klima flächenbildende Prozesse wirksam waren, kam es im Quartär durch die Umstellung der klimatischen Verhältnisse zu den wechselnden Kalt- und Warmzeiten zum Einschneiden der Flüsse. Der klimatisch gesteuerte Wechsel von Aufschüttung und Eintiefung formte die pleistozäne Terrassenlandschaft. Dabei kam es kaltzeitlich im Vorland der mächtig anwachsenden Vergletscherung zur Akkumulation ausgedehnter Schottersohlen mit gleichzeitiger Seitenerosion, die beim Abschmelzen der Gletscher zu Beginn der darauffolgenden wärmeren Periode infolge des großen Wasserangebotes wieder zerschnitten wurden. Noch während der jeweiligen Kaltzeit wurden aus den breiten Schottertälern die Feinanteile ausgeweht und auf den Schottern der vorangegangenen Kaltzeiten bzw. im Hügelland abgelagert. Diese Staublehmdecken trifft man heute in zum Teil mächtigen Resten auf den Terrassenfluren an. Sie sind auf den höheren Terrassen durch warmzeitliche Bodenbildungen gegliedert und jeweils jünger als der zur gleichen Terrasse gehörende Schotterkörper. Als Entstehungszeit einer Terrasse wird die Zeit der Ablagerung des Schotters angegeben.

Im Raum Graz sind nun mehrere Reste älterer Talböden als Terrassenfluren erhalten geblieben, wobei durch die ständige Tieferlegung der Talsohlen das jüngste das geomorphologisch am tiefsten liegende Niveau darstellt.

#### **2.1.3.2.2 Höhere Terrassenreste (Präriß)**

Ein Rest eines höhergelegenen pleistozänen Talniveaus in typischer Ausbildung liegt bei Hart, südlich von Messendorfberg in ca. 380 m Seehöhe, also etwa 40 Meter über der Auzone der heutigen Mur. Diese Terrasse ist hinsichtlich Höhenlage und Aufbau ein Äquivalent der südwestlich von Graz großflächig erhaltenen Kaiserwaldterrasse und gehört nach WINKLER-HERMADEN 1955 der „mittleren Terrassengruppe“ an. Einem stark verwitterten basalen Schotterkörper, der von FINK 1961 als jüngerer Deckenschotter (Mindel-Kaltzeit) eingeordnet wird, lagert eine mächtige Staublehmdecke (hauptsächlich Schlufffraktion) auf. Ein von FINK 1961 aus der Lehmgrube Messendorf – die Lehme wurden früher zur Ziegelherstellung abgebaut – beschriebenes Profil zeigt eine über 8 Meter mächtige Staublehm- bzw. Lößablagerung, die durch zwei fossile warmzeitliche Bodenhorizonte gegliedert wird: direkt über dem Schotterkörper der Boden der Mindel/Riß-Kaltzeit und innerhalb des Lehmpaketes ein ca 1 Meter mächtiger pseudovergleyter Horizont, der die Bodenbildung der Riß/Würm-Warmzeit darstellt.

Ebenfalls ca 40 Meter über der Muraue in 400 bis 410 m Seehöhe wurde ein kleiner Rest einer höheren Terrasse westlich von Neustift bei Andritz ausgewiesen. Eine nennenswerte Lehmüberdeckung der quartären Schotter konnte dort jedoch nicht festgestellt werden.

#### **2.1.3.2.3 Hochterrasse (Riß)**

Etwas bedeutender ist vor allem am Ostrand des Grazer Feldes bei Waltendorf und St. Peter die rißzeitliche Terrasse („Helfbrunner Terrasse“ nach WINKLER-HERMADEN 1955) mit einer Höhenlage um 370 bzw. 365 m Seehöhe verbreitet. Kleinere Reste finden sich bei Andritz in ca. 380 m Seehöhe.

Die über einem meist geringmächtigen Schotterkörper (Kies und Sand) lagernde Staublehmdecke (v.a. Schluff) wurde im Bereich Waltendorf-St.Peter in mehreren Lehmgruben abgebaut. Sie wird im Durchschnitt etwa 5 Meter mächtig und weist eine Zweiteilung auf. Der tiefere Komplex ist durch warmzeitliche Bodenbildungen gekennzeichnet (Riß/Würm-Warmzeit), während die hangenden feinsandigen Löß- bzw. Staublehne kaltzeitlicher Entstehung sind (Würm-Kaltzeit). Es ergibt sich daher für die Terrassenschotter ein riß- und für die Lößlehme ein würmzeitliches Alter (FINK 1958, 1961).

Die Mächtigkeit der feinklastischen Schotterüberlagerung und ihre sedimentologische Ausbildung sind sehr unterschiedlich. Auf den älteren Terrassenstufen (Präriß und Riß) lagern äolische Staublehme, die sich durch hohe Schluff-Tongehalte und Mächtigkeiten von bis zu mehreren Metern auszeichnen. Sie sind sehr gering durchlässig und insbesondere in Terrassenrandlagen von geringer Standfestigkeit.

Dieser Terrasse wurde von MAURIN & ZÖTL 1959 auch eine schmale Leiste bei Altgrottenhof in Wetzelsdorf zugeordnet. Ein Bauaufschluss zeigte jedoch unter einer geringmächtigen Lehmbedeckung Feinsand- und Schluffschichten, bei denen es sich sehr wahrscheinlich um jungtertiäre Ablagerungen handelt.

#### **2.1.3.2.4 Niederterrasse (Würm)**

Das beherrschende landschaftliche Element im Raum Graz ist neben der Auzone der Mur die breit ausgebildete Niederterrasse, die sogenannte Hauptterrasse nach WINKLER-HERMADEN 1955 („untere Terrassengruppe“), der HILBER's (1912) Taltreppenstufen 9 und 10 (Steinfelder bzw. Neufelder Stufe und Dominikanerriegel- oder Harmsdorfer Stufe) zusammenfasst. Der Abfall dieser Hauptterrasse des Grazer Feldes zur Auzone der Mur wird im Stadtgebiet teilweise durch schmale Teilfelder gegliedert (Karlauer oder Liebenauer Stufe nach HILBER 1912).

Auf der rechten (westlichen) Murseite setzt die Terrasse nach der Engstelle von Raach-Weinzödl bei Gösting in 375 bis 380 m Seehöhe an und fällt bis Puntigam auf 346 m Seehöhe ab. Sie erreicht zwischen Webling und Puntigam über 3 Kilometer Breite. Der Terrassenabfall zur Au ist vor allem im dicht verbauten Stadtgebiet stellenweise stark abgeflacht (Keplerstraße, Annenstraße), die Höhenunterschiede betragen bei Gösting ca 12 Meter, bei der Brauerei Puntigam noch etwa 8 bis 9 Meter. Die tieferen Teilfluren beim Zentralfriedhof und in Feldkirchen sind nur wenige 100 Meter breit und liegen 5 bis 6 Meter tiefer als die Hauptflur.

Die östliche Hauptterrasse wird im Stadtgebiet etwas über 2 km breit und ist insgesamt nicht so einheitlich ausgebildet wie die Flur westlich der Mur. Es kommt hier der stärkere Einfluss der aus dem Hügelland kommenden Seitenbäche zur Geltung.

Die Oberfläche des teilweise abgebauten Terrassenrestes bei Weinzödl liegt um 380m Seehöhe. Eine meist deutlich ausgeprägte Kante von 8 bis 10 Meter Höhe weisen die Flächen bei Andritz auf (Oberflächenhöhe der Flur zwischen 370 und 380 m Seehöhe). Östlich des Schloßberges (Geidorf- und Leonhardviertel, Stadtpark) liegt die Terrassenoberfläche um 365 m Seehöhe. Der 8 bis 10 Meter hohe Abfall zur Auzone ist im Norden (Humboldtstraße-Körblergasse) bzw. im Südwesten (Sporgasse-Mandellstraße) durch die Bautätigkeit stark verschliffen. Eine deutliche und steile Terrassenkante ist erst wieder im Bereich der Münzgrabenstraße gegeben, wobei der Höhenunterschied zur Au 6 bis 7 Meter beträgt. Die Oberfläche der Hauptterrasse fällt bis zur südlichen Stadtgrenze auf durchschnittlich 340 Meter Seehöhe ab. Die tiefere Teilflur der Liebenauer Stufe ist 2 bis 3 Meter von der Hauptflur abgesetzt.

Das geomorphologisch etwas unterschiedliche Erscheinungsbild der Niederterrasse westlich und östlich der Mur ist bereits ein Hinweis auf Unterschiede im geologischen Aufbau der Terrassenkörper.

Die westliche Hauptterrasse zeichnet sich durch eine durchwegs größere Gesamtmächtigkeit des Schotterkörpers aus, die wahrscheinlich örtlich über 40 Meter erreicht (Algersdorf, Baierdorf). Zwischen Puntigam und Neuseiersberg haben die Terrassenschotter Mächtigkeiten um 20 Metern, ebenso im Bereich des Terrassenrandes bei Feldkirchen.

In vielen Bohrprofilen zeigt sich an der Quartärbasis eine meist weniger als 1 Meter mächtige Übergangsschicht. Sie überlagert die jungtertiären Tegel bzw. die schluffig-feinsandigen Sedimente als häufig lehmig-schluffige, mitunter auch kiesige Schicht, die häufig gelblich bzw. rostrot gefärbt ist.

Hangend folgen die sandigen Quartärschotter (sandiger Kies und Steine), die entsprechend den glazifluvialen Sedimentationsbedingungen eine mehr oder weniger deutliche Parallelschichtung zeigen. Rein sandige Partien haben meist Linsencharakter und keilen lateral aus. Die durchwegs gut gerundeten Gerölle setzen sich vorwiegend aus kristallinen Gesteinen (Augengneise, Quarz, Pegmatit, Aplit, Amphibolit und häufig stärker verwitterte Glimmerschiefer und Gneis) bzw. Kalken und Dolomiten zusammen (HANSELMAYER 1962). In einzelnen Bohrungen und Schottergruben konnten durch kalkigen Zement nagelfluhartig verkittete Bänke festgestellt werden. Die Terrassenschotter sind sehr gut wasserdurchlässig und standfest.

Der Schotterkörper der Würmterrasse wird teilweise von geringmächtigen, ein kleinräumiges Oberflächenrelief nivellierenden (im Mittel 40-80 cm, maximal 1,5 m) sandig-lehmigen Feinsedimenten bedeckt. In der Nähe des Grundgebirgsrandes im Westen der Stadt kann die lehmige Bedeckung auch mehrere Meter mächtig werden. Sie wird als umgelagerte Feinsedimentansammlung am Hangfuß gedeutet.

Bedeutendere derartige lehmige, teilweise lehmig-sandige Überlagerungen der Terrassenschotter sind in Algersdorf (1-2 m, maximal 8 m), aber auch im Bereich des Hauptbahnhofes (max. 3 m) und bei Webling (bis 3 m) gesichert. Auf der Zwischenflur der Karlau werden Mächtigkeiten von 1,5 bis 2 Metern erreicht.

Die linksufrige – östliche – Hauptterrasse zeichnet sich dagegen durch durchwegs geringe Schottermächtigkeiten von wenigen Metern sowie durch eine stärkere Inhomogenität des Materials aus. Häufig treten Verlehmungen und rasche Fazieswechsel auf, wobei der Sedimentaufbau stark von den aus Osten einmündenden Seitenbächen beeinflusst ist. Dies zeigt sich sehr deutlich im Bereich der Innenstadt (Geidorf, St. Leonhard), wo von den Hügellandbächen abgelagertes Material (Tertiärschotter und lehmig-sandige Ablagerungen) sehr wesentlich am Aufbau des Terrassenkörpers beteiligt ist.

Lehm an der Oberfläche dieses Terrassenkörpers mit Mächtigkeiten von oft mehreren Metern (max. 4 m) ist aufgrund der über weite Strecken fehlenden Aufschlüsse nicht überall nachgewiesen, kann aber großflächig vermutet werden. In diesen Bereichen kann die Durchlässigkeit gering und die Standfestigkeit sehr unterschiedlich sein.

Die zeitliche Einstufung der Niederterrasse in die Würm-Kaltzeit ergibt sich aus der Lage, dem geologischen Aufbau des Terrassenkörpers sowie aus dem geomorphologischen Erscheinungsbild

und morphogenetischen Überlegungen. In mehreren Schottergruben und bei Bauarbeiten wurden aber auch sichere paläontologische Funde gemacht (MOTTTL 1975): *Coelodonta antiquitatis* BLUM. (Wollnashorn), *Elephas primigenius* BLUM. (Mammut), *Bison priscus* BOJ. (Ur), *Bos primigenius* BOJ. (Wisent) und *Megaceros giganteus* BLUM. (Riesenhirsch).

Besonders die Niederterrasse des westlichen Grazer Feldes ist neben den Aubereichen als Grundwasserträger für die Wassergewinnung von hervorragender Bedeutung. Der Abbau von Lockermaterial in Schottergruben wurde früher stärker betrieben und ist heute im Stadtgebiet bereits im Abklingen.

#### **2.1.3.2.5 Auzone der Mur und der Seitentäler (Würm bis Holozän)**

Die Auzone der Mur ist zwischen 8 und 12 Meter in die Niederterrassenflur eingesenkt. Im Durchbruch von Raach-Weinzödl ist dieser jüngste Talboden im Durchschnitt 500 Meter breit. Beim Austritt aus dem Bergland verbreitert er sich und erreicht südlich des Schloßberges über 2 Kilometer Breite. Das Gefälle ist insgesamt etwas geringer als auf der Niederterrasse. Innerhalb der Stadtgrenzen fällt die Au von ca. 370 m Seehöhe (nördlich Raach) auf 334 m Seehöhe (Feldkirchen) ab. Die Mächtigkeit der Schotterfüllung, die zum Großteil vermutlich würmzeitliches Alter hat, ist sehr unterschiedlich.

Die Schotter zeigen nach den Bohrprofilen einen sehr ähnlichen Aufbau wie die Würmterrassenschotter. Sie sind gut wasserdurchlässig und standfest. Ihre Oberfläche weist eine starke Relieferung auf, Rinnen und Altarme sind häufig mit lehmigen bis sandigen Feinsedimenten aufgefüllt, welche Mächtigkeiten bis zu 2 Metern und mehr erreichen können.

In den Hügellandtätern fließen die Bäche in durch eiszeitliche Hangschleppenbildung im Verhältnis zur heutigen Wasserführung relativ breiten Talböden, die gleichsohlig auf die Niederterrasse des Murtales ausmünden. Diese Talböden wurden bereits würmzeitlich angelegt.

Die lehmig-sandigen bis lehmig-schluffigen holozänen Sedimente begleiten die Gerinne in einem mehr oder weniger breiten Streifen. Wie eine große Zahl von Aufschlüssen im Stadtgebiet östlich des Schloßberges zeigt, sind die Bachsedimente von Krois- bzw. Leonhardbach, die häufig umgelagerte Pannonschotter führen, den Niederterrassenschottern ein- bzw. aufgelagert. Diese Sedimente erreichen dort 2 bis 5 Meter Mächtigkeit und sind durchwegs inhomogen aufgebaut. Aufgrund des hohen Anteiles an feinkörnigen Quarzgeröllen und bindigen Sedimenten sind sie recht gut von den frisch aussehenden, gut ausgewaschenen Murterrassenschottern zu unterscheiden. Wasserdurchlässigkeit und Standfestigkeit können lokal sehr unterschiedlich sein.

#### **2.1.3.2.6 Hangschutt**

Die paläozoischen Festgesteine sind an einigen Stellen von mächtigerem Hangschutt bedeckt, wobei es sich zum überwiegenden Teil um pleistozäne Bildungen handelt. HADITSCH 1964 gliedert etwa den Schutt der Raacher Leiten in eine würmzeitliche Bergsturzmasse aus grobem Dolomit- und Sandsteinschutt in Wechsellagerung mit Staubsanden und jüngere, bis heute andauernde Hangschuttbildungen.

## 2.2 Karte 2: Baugrundkarte

Die Baugrundverhältnisse im Bereich der Stadt Graz sind durch die lithologische Ausbildung und räumliche Verbreitung der einzelnen geologischen Einheiten vorgegeben, sodass die Baugrundkarte unter Hinzuziehung ingenieurgeologischer, bodenmechanischer und bautechnischer Gesichtspunkte aus der geologischen Basiskarte abgeleitet werden kann.

Die Darstellung des Baugrundes beruht auf der Zusammenfassung geotechnisch und geomorphologisch vergleichbarer Einheiten, deren qualitativ bewertete Eigenschaften eine Übersichtsinterpretation ermöglichen.

Das Gebiet der Stadt Graz gliedert sich in die zwei großen Bereiche der Festgesteine des Grundgebirges und der jungtertiären bzw. quartären Lockergesteine. Die Baugrundkarte stellt die Verhältnisse ab einer Tiefe von etwa 2 Metern dar. Überlagernde, geringmächtige Deckschichten, Verwitterungs- und Bodenbildungen werden nicht berücksichtigt.

### 2.2.1 Festgesteine mit hoher Tragfähigkeit

Bei diesen Gesteinen handelt es sich um paläozoische Kalke, Dolomite, Dolmitsandsteine und Quarzsandsteine, die in unverwittertem Zustand harte, dichte Festgesteine mit guter Kornbindung darstellen. Sie besitzen eine sehr gute Tragfähigkeit und sind für Gründungen mit hohen Sohlspannungen geeignet. Der meist schwer lösbare Fels entspricht durchwegs den Gebirgsgüteklassen I und II. Das Trennflächengefüge ergibt sich aus der weitmaschigen bis mitteldichten Klüftung und den Schichtflächen der massig bis dünnbankig, vereinzelt plattig ausgebildeten Gesteine. Die Klüftflächen sind meist rau mit unregelmäßigem bis geradem Verlauf; häufig ist eine sekundäre Verheilung durch Kalzitfüllungen zu beobachten. An die ebenen bis leicht welligen Schichtflächen sind örtlich schiefrig/tonige Zwischenlagen gebunden. In Störungs- und Zerrüttungszonen ist die mechanische Festigkeit stark herabgesetzt. In diesen Partien sind von engständiger Klüftung mit brüchig-mürber Gesteinsausbildung bis zu schluffig-tonigen Klüftletten alle Übergänge möglich. In Verkarstungsbereichen ist poröser bis kavernoöser Fels anzutreffen; eine nachträgliche Verfüllung der Hohlräume ist möglich. Allerdings ist die Verkarstungsfähigkeit der einzelnen Gesteine unterschiedlich ausgeprägt. Reinere Kalke neigen zu intensiverer Verkarstung, Dolomite und Dolmitsandsteine sind im Allgemeinen weniger stark bis nicht verkarstet. Weitere Unterschiede zwischen den einzelnen Gesteinstypen betreffen die Art der Kluftausbildung und das Verwitterungsverhalten.

Einen obertägigen Einblick gewähren die zahlreichen stillgelegten Steinbrüche im Bereich Plabutsch – Buchkogel; für untertägige Erfahrungen können der Bau des Plabutschtunnels und die Schloßbergstollen herangezogen werden.

### 2.2.2 Festgesteine mit hoher bis wechselnder Tragfähigkeit

Die Grünschiefer, Phyllite und Metatuffite des Paläozoikums sowie die Granatglimmerschiefer des Radegunder Kristallins beinhalten dichte, harte Festgesteine mit guter Kornbindung. Ihre Tragfähigkeit ist gut bis sehr gut und für Gründungen mit hoher Sohlspannung geeignet. Die Beschaffenheit des unverwitterten Gesteines wechselt von leicht lösbarem bis schwer lösbarem Fels; bei ungünstigem Trennflächengefüge ist in Hangbereichen bei Baumaßnahmen mit Rutschungen zu rechnen. Die bankigen bis schiefrig/blättrigen Gesteine besitzen eine mitteldichte bis engständige Klüftung. Die Klüfte haben rauhe bis glatte, zum Teil gestriemte Oberflächen und eine unregelmäßige, wellige bis abgesetzte Ausbildung. Vereinzelt treten sekundäre Mineralbeläge auf. In Störungsbereichen ist neben verschiedenen Formen der mechanischen Entfestigung mit dem Auftreten von tonig/bindigen Klüftletten zu rechnen. Die nicht verkarstungsfähigen Gesteine sind im Allgemeinen schlecht wasserdurchlässig.

### **2.2.3 Nichtbindige Lockergesteine mit guter Tragfähigkeit**

Die Gesteine dieser Kategorie werden geologisch durch die Kies/Sand-Folge des Jungtertiärs und die quartären Terrassenschotter repräsentiert. Es handelt sich überwiegend um weit- bis intermittierend gestufte Kies/Sandgemische, wobei einzelne Horizonte auch von enggestuften Kiesen bzw. Sanden gebildet werden können. Häufig treten steinige und vereinzelt blockige Korngrößen auf.

In den Tertiärschottern überwiegen Quarzgerölle, die besser gerundeten Terrassenschotter führen neben Quarz- reichlich Kristallin- und Karbonatgerölle. Kristallingerölle in den Tertiärschottern sind meist stark angewittert oder liegen als Gesteinsleichen vor. Die dicht bis mitteldicht gelagerten Lockergesteine besitzen keine oder nur geringe Trockenfestigkeit. Sie sind geeignet, Gründungen mit hohen Sohlspannungen aufzunehmen. Das gut wasserdurchlässige Material kann örtlich an seiner Liegendgrenze zu den teilweise wasserstauenden Schichten der Ton/Sand/Kies-Wechselfolge etwas wasserführend sein, wobei in steileren Hangbereichen vereinzelt ein Vorwandern der Schotter entlang des vernässten Grenzbereiches beobachtet werden kann.

In den jungquartären Terrassenschottern (Niederterrasse), die den Hauptgrundwasserträger des Grazer Feldes darstellen, sind lokal auf Grund größerer Grundwasserspiegelschwankungen, Feinkornumlagerungen etc. geringere Setzungen möglich.

### **2.2.4 Nichtbindige bis bindige Lockergesteine mit wechselnder Tragfähigkeit**

Die Baugrundeigenschaften in diesen Gebieten sind durch den uneinheitlichen lithologischen Aufbau vorgegeben, wobei verschieden alte und unterschiedlich gebildete geologische Schichten zusammengefasst wurden.

Zu diesen im Detail etwas unberechenbaren Einheiten zählen die Ton/Sand/Kies-Wechselfolge des Jungtertiärs, die verschiedenen tertiären und quartären Handschutt- und Brekzienbildungen (z.B. Eggenberger Brekzie), der Aubereich der Mur und die Au- und Schwemmkegelbereiche der Seitenbäche.

Gemeinsam ist allen diesen Ablagerungen ein lebhafter vertikaler und lateraler Wechsel von Korngröße, Bindigkeit, Tragfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit. Für größere Bauvorhaben werden daher besonders in Hangbereichen eingehende Baugrunduntersuchungen empfohlen.

Die Ton/Sand/Kies-Wechselfolge wird aus einer dicht bis mitteldicht gelagerten Schichtfolge aufgebaut, die aus weitgestuften Kies-Sand bis Kies-Tongemischen, Schluffen und Tonen besteht. Die mittelschwer bis schwer lösbar Gesteine weisen eine geringe bis hohe Trockenfestigkeit auf, feinkörnige Anteile – mittelplastische Schluffe bis ausgeprägt plastische Tone – führen durch ihr wasserstauendes Verhalten in den Grenzbereichen zwischen grob- und feinklastischen Schichten häufig zu Vernässungszonen. Hier kommt es lokal zu Schichtaufweichungen quellfähiger Tone und toniger Schluffe, die im trockenen, unveränderten Zustand in überkonsolidierter Form vorliegen. Die Schichtfolge besitzt mit Ausnahme solcher sekundärer Veränderungen sowie ungünstiger Relief- und Wasserverhältnisse eine gute Tragfähigkeit.

Die Hangschuttbildungen, die als weitgestufte grob- bis gemischtkörnige Sedimente (Blockschutt, lehmig-erdiger Hangschutt, Gehängelehm) örtlich in größerer Mächtigkeit das Grundgebirge überdecken, sind mit Ausnahme der verkitteten Brekzien leicht bis schwer lösbar. Die ungleichförmigen Gesteine weisen eine lockere bis mitteldichte Lagerung auf. Die Eigenschaften stark verkitteter Hangschuttbrekzien entsprechen denen von Festgesteinen mit guter bis mäßiger Kornbindung. Die Tragfähigkeit des Untergrundes sowie die Standsicherheit von Böschungen kann auf Grund des sehr wechselhaften Aufbaues nicht generell beurteilt werden. Mit Ausnahme älterer tertiärer Basalbrekzien fehlt eine Vorbelastung, sodass mit Setzungen verschiedenen Ausmaßes gerechnet werden muss. Die Schuttbildungen sind bis auf die Brekzien und Gehängelehme meist gut wasserdurchlässig.

Der Aubereich der Mur wird von weitgestuften Kies-Sandgemischen, Sand-Schluff- und Sand-Tongemischen sowie gering- bis mittelplastischen Schluffen aufgebaut. Die sehr locker bis mitteldicht gelagerten Sedimente sind entsprechend leicht bis mittelschwer lösbar und besitzen keine bis eine nur niedrige Trockenfestigkeit. Die Mächtigkeit der Auschichten liegt meist zwischen 1 und 2 Metern.

Im Bereich der nachträglich verfüllten und unregelmäßig verlaufenden Altarme sind auch höhere Mächtigkeiten anzutreffen. Unterlagert werden die Aubildungen von Äquivalenten der Terrassenschotter. Als Baugrund sind die Aubildungen setzungsempfindlich, ferner sind die Grundwasserverhältnisse zu beachten, da der Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels in Vorflutnähe groß ist.

Die Aubereiche und Schwemmfächer der Seitenbäche sind im Vergleich zur Muraue stärker verlehmt, feinkörniger und lokal durch umgelagerte Tertiärschotter und Hangschutt bzw. -lehm angereichert. Ihre Baugrundeigenschaften entsprechen denen des Murauenbereiches.

## **2.2.5 Bindige Lockergesteine mit mittlerer bis geringer Tragfähigkeit**

Bindige Gesteine werden von der Ton/Schluff-Folge des Jungtertiärs und der Staublehmbedeckung der älterquartären Terrassenkörper gebildet.

In den tertiären Schichten sind es Tone, Schluffe, verschiedene Sand-Schluff-Tongemische und vereinzelt enggestufte Sande. Die fest- bis mitteldicht gelagerten Sedimente zeigen eine mittlere bis hohe Trockenfestigkeit und sind mittelschwer bis schwer lösbar.

Je nach sporadisch auftretendem, meist geringem Karbonatgehalt (z.B. Kalkmergelbänke) ist das Verhalten mit leicht lösbarem Fels vergleichbar. Mit Ausnahme der Sandeinschaltungen ist eine mittlere bis ausgeprägte Plastizität anzutreffen. Die Tragfähigkeit wird vor allem durch den Wassergehalt in Verbindung mit dem Relief bestimmt. Die im unveränderten, bergfrischen Zustand stark überkonsolidierten Tone bzw. Schluffe besitzen eine feste Konsistenz, die sich mit zunehmendem Wassergehalt nach weich bis breiig verändern kann. Häufig sind Rutschungen, Setzungen, Schwell- und Schrumpfungssphänomene anzutreffen, sodass besondere Gründungsmaßnahmen erforderlich sein können. Der unveränderte, überkonsolidierte Untergrund kann allerdings auch höhere Sohlspannungen aufnehmen. Die Ton/Schluff-Folge ist durchwegs wasserstauend.

Die Staublehmbedeckung der älteren Quartärterrassen, die aus recht einheitlichen, massigen, mittelplastischen Schluffen bis Schluff-Tongemischen besteht, weist vom Material her ähnliche Bedingungen auf wie die tertiäre Ton/Schluff-Folge. Die Terrassenlehme besitzen jedoch keine Überkonsolidierung und die Rutschgefahr ist auf die Terrassenränder beschränkt.

### 2.3 Karte 3: Baurisikofaktoren

Während in der Baugrundkarte und den dazugehörigen Erläuterungen die generellen Baugrundverhältnisse dargestellt sind, enthält die Baurisikofaktorenkarte eine räumliche Abgrenzung der durch den Aufbau des Untergrundes vorgegebenen Risikobereiche. Im Gebiet der Stadt Graz treten als geogene Risikofaktoren vor allem Rutschungen und rutschgefährdete Gebiete sowie Karstphänomene in Erscheinung. Auf hydrologische Risikofaktoren (z.B. Überschwemmungsgefahr in den Auegebieten) wird hier nicht eingegangen.

Die Ursachen von Rutschungen beruhen sowohl bei Fest- als auch bei Lockergesteinen auf dem Zusammenwirken verschiedener Faktoren. Zunächst müssen die entsprechenden geologischen Voraussetzungen gegeben sein, die dann mit Veränderungen und Instabilitäten im Hanggleichgewicht zusammentreffen.

Vom geologischen Aufbau her rutschgefährdete Areale sind vor allem im Hügelland östlich der Mur verbreitet. In diesen potentiell gefährdeten Gebieten können ungünstige Wasser- und/oder Reliefverhältnisse zur Auslösung von Rutschungen führen. Die Wasserverhältnisse betreffen etwa Veränderungen der Grund- und Bergwasserführung, stärkere Niederschläge, Stauhorizonte, Oberflächenvernässungen, Rohrbrüche oder ähnliches. Die Wirkung des Wassers beruht auf Porenwasser- und Strömungsdruck, Kluftwasserschub, auf dem Schmieren von Gleitflächen oder dem Aufquellen von Tonmineralien, wodurch die Konsistenz verändert wird und die Scherfestigkeit des Untergrundes abnimmt. Bei den Reliefverhältnissen wirken sich sowohl langfristige geomorphologische Prozesse wie Hangversteilungen, Tiefenerosion, Unterschneidung des Hangfußes als auch kurzfristige menschliche Eingriffe wie Baumaßnahmen mit zusätzlichen Hangbelastungen, Versteilung von Böschungen und dergleichen ungünstig aus.

Bei den Übersichtsbegehungen konnten große Bereiche mit aktiven und fossilen, inaktiven Rutschungen und Massenbewegungen festgestellt werden. Diese Bereiche sind mit ihrer ungefähren Abgrenzung auf der Karte festgehalten. Für die genaue Erfassung von Einzelrutschungen und zusammenhängenden Rutschgebieten mit einer detaillierten Darstellung der Abrisskanten, Gleit- und Rutschmassen, Zerrspalten, Sekundärrutschungen, Aufwölbungen und Vernässungszonen wäre eine großmaßstäbige ingenieurgeologische Geländeaufnahme der entsprechenden Bereiche erforderlich.

In den stärker rutschgefährdeten Gebieten der tertiären Ton/Schluff-Wechselfolge und der Ton/Sand/Kies-Wechselfolge wurden verschiedene Rutschungsformen, von oberflächlichem Hangkriechen über einfache Rotationsrutschungen bis zu großflächigen, zusammengesetzten Rutschungen (Serienrutschungen) mit kombinierten Rotations- und Translationsanteilen beobachtet. Insbesondere bei den großen zusammengesetzten Rutschungen, die oft ein staffelförmiges Zergleiten ganzer Hangbereiche bewirken, ist mit einem großen Tiefgang (mehr als 20 Meter) zu rechnen. Ein Beispiel für eine derartige staffelförmige Ausbildung sind die Nordhänge des Höhenrückens der Ries zum Stiftingtal. Kleinere Rutschungen sind oft an Horizonte gebunden, die durch den Wechsel zwischen wasserdurchlässigen und wasserstauenden Schichten bedingt sind.

In den mäßig rutschgefährdeten Festgesteinsarealen, die von paläozoischen Schiefen und Phylliten aufgebaut werden, beschränkt sich die Rutschgefahr meist auf stark verwitterte, oft lehmige Oberflächenbildungen. Weiters ist auf eine stärkere Verschieferung und engständige Klüftung in Störungsbereichen sowie bei Bauvorhaben auf eine ungünstige Lagerung der Schieferungsflächen zu achten. Wasserführung kann auch hier die Rutschgefahr erhöhen.

Die Karstphänomene der paläozoischen Karbonatgesteine können durch die Bildung größerer unterirdischer Hohlräume und bei tiefreichender löchrig-kavernöser Oberflächenverkarstung die Tragfähigkeit ungünstig beeinflussen. Speziell bei unterirdischen Bauvorhaben ist auf die oft mit Wasser bzw. mit Schlamm und Schutt gefüllte Karsthohlräume zu achten.

Auf der Karte sind die wichtigsten Bereiche mit intensiver Verkarstung sowie größere Einzeldolinen (oberflächliche Lösungshohlformen des Karstes) eingetragen.

## 2.4 Karte 4: Tiefe der Aufschlusspunkte

Die Karte der Tiefe der Aufschlusspunkte gibt eine Übersicht über alle in der digitalen Baugrunddatenbank erfassten Aufschlüsse, die entsprechend ihrer Tiefe klassifiziert sind.

## 2.5 Karte 5: Mächtigkeit der anthropogenen Anschüttung

Für die Erstellung dieser Karte werden alle vorhandenen Aufschlüsse benutzt. Bei der Auswahl eines geeigneten Interpolationsverfahrens wird deutlich, dass eine flächenhafte Interpolation für das gesamte Stadtgebiet im Wesentlichen aus zwei Gründen nicht möglich ist:

- hohe Varianz von räumlich unmittelbar benachbarten Punkten (z. B. mächtige Anschüttungen im Bereich der Straßenzüge, keine oder nur geringmächtige Anschüttungen in den Höfen)
- geringe Aufschlussdichte außerhalb des Stadtkerns

Aus diesen Gründen erfolgt bei der Erstellung dieser Karte keine Interpolation sondern eine Selektion nach folgenden Kriterien aus der Datenbank:

- Mächtigkeit (klassifiziert entsprechend der Legende)
- Anschüttung durchteuft oder nicht durchteuft

## 2.6 Karte 6: Feinkörnige Deckschichten der quartären Talfüllungen

Obwohl die Anzahl der dokumentierten Schürfe und anderweitigen punktförmigen Untergrunddaten im Stadtgebiet von Graz inzwischen 4500 erreicht, ist die Verteilung der Punkte, wie erwähnt, regional sehr unterschiedlich. Das führt dazu, dass vor allem im westlichen und südlichen Stadtbereich größere Unsicherheiten im Hinblick auf Verbreitung und Mächtigkeit der feinkörnigen Deckschichten bestehen.

Vorgangsweise bei der Erstellung der Deckschichtenkarte:

- Erstellung einer Karte, die nur die Aufschlüsse mit den Decksedimenten und deren Mächtigkeit enthält
- Festlegung der Bereiche mit Decksedimenten auf Basis der Punktkarte und aufgrund geologischer Modellvorstellungen.
- Klassifizierung der Deckschichten hinsichtlich ihrer Mächtigkeit und Genese

### 2.6.1 Lehmdecken der höheren Quartärterrassen

Ein Rest eines höhergelegenen pleistozänen Talniveaus in typischer Ausbildung liegt bei Hart, südlich von Messendorfberg in ca. 380 m Seehöhe, also etwa 40 Meter über der Auzone der heutigen Mur. Diese Terrasse ist hinsichtlich Höhenlage und Aufbau ein Äquivalent der südwestlich von Graz großflächig erhaltenen Kaiserwaldterrasse. Einem stark verwitterten basalen Schotterkörper lagert eine mächtige Staublehmdecke (hauptsächlich Schlufffraktion) auf.

Ein von FINK 1961 aus der Lehmgrube Messendorf beschriebenes Profil zeigt eine über 8 Meter mächtige Staublehm- bzw. Lößablagerung, die durch zwei fossile warmzeitliche Bodenhorizonte gegliedert wird.

Etwas bedeutender ist die rißzeitliche Terrasse vor allem am Ostrand des Grazer Feldes bei Waltendorf und St.Peter mit einer Höhenlage um 370 bzw. 365 m Seehöhe verbreitet. Kleinere Reste finden sich bei Andritz in ca. 380 m Seehöhe.

Die über einem meist geringmächtigen Schotterkörper (Kies und Sand) lagernde Staublehmdecke (v.a. Schluff) wurde im Bereich Waltendorf-St.Peter in mehreren Lehmgruben abgebaut. Sie wird im Durchschnitt etwa 5 Meter mächtig.

### **2.6.2 Deckschichten auf der Niederterrasse**

Der Schotterkörper der Würmterrasse wird teilweise von geringmächtigen, ein kleinräumiges Oberflächenrelief nivellierenden (im Mittel 0,4-0,8, maximal 1,5 m) sandig-lehmigen Feinsedimenten bedeckt.

In der Nähe des Grundgebirgsrandes im Westen der Stadt kann die lehmige Bedeckung jedoch mehrere Meter mächtig werden. Sie wird als umgelagerte Feinsedimentansammlung am Hangfuß gedeutet. Bedeutendere lehmige, teilweise lehmig-sandige Überlagerungen der Terrassenschotter sind in Algersdorf (1-2 m, maximal 8 m), ebenso im Bereich des Hauptbahnhofes (max. 3 m) und bei Webling (bis 3 m) gesichert. Auf der Zwischenflur der Karlau werden Mächtigkeiten von 1,5 bis 2 Metern erreicht.

Die linksufrige – östliche – Hauptterrasse zeichnet sich dagegen durch durchwegs geringe Schottermächtigkeiten von wenigen Metern sowie durch eine stärkere Inhomogenität des Materials aus. Häufig treten Verlehmungen und rasche Fazieswechsel auf, wobei der Sedimentaufbau stark von den aus Osten einmündenden Seitenbächen beeinflusst ist. Dies zeigt sich sehr deutlich im Bereich der Innenstadt (Geidorf, St. Leonhard), wo von den Hügellandbächen abgelagertes Material (Tertiärschotter und lehmig-sandige Ablagerungen) sehr wesentlich am Aufbau des Terrassenkörpers beteiligt ist.

Lehm an der Oberfläche dieses Terrassenkörpers mit Mächtigkeiten von oft mehreren Metern (max. 4 m) ist aufgrund von über weite Strecken fehlenden Aufschlüssen nicht überall nachgewiesen, kann aber großflächiger vermutet werden.

### **2.6.3 Feinkörnige Deckschichten in der Auzone**

Die Schotterfüllung der Auzone der Mur weist an ihrer Oberfläche eine starke Reliefierung auf, engräumig begrenzte Rinnen und Altarme sind häufig mit lehmigen bis sandigen Feinsedimenten von oft mehr als 1 Meter Mächtigkeit aufgefüllt.

In den Hügellandtäälern fließen die Bäche in durch eiszeitliche Hangschleppenbildung im Verhältnis zur heutigen Wasserführung relativ breiten Talböden, die gleichsohlig auf die Niederterrasse des Murtales ausmünden. Diese Talböden wurden bereits würmzeitlich angelegt.

Die lehmig-sandigen bis lehmig-schluffigen holozänen Sedimente begleiten die Gerinne in einem mehr oder weniger breiten Streifen. Wie eine große Zahl von Aufschlüssen im Stadtgebiet östlich des Schloßberges zeigt, sind die Bachsedimente von Krois- bzw. Leonhardbach, die häufig umgelagerte Pannonschotter führen, den Niederterrassenschottern der Mur ein- bzw. aufgelagert.

Die Sedimente erreichen in diesem Bereich 2 bis 5 Meter Mächtigkeit und sind durchwegs inhomogen aufgebaut. Aufgrund des hohen Anteiles an feinkörnigen Quarzgeröllen und bindigen Sedimenten sind sie recht gut von den frisch aussehenden, gut ausgewaschenen Murterrassenschottern zu unterscheiden.

## 2.7 Karte 7: Tiefenlage der Murschotteroberkante

Im Bereich der Lockergesteinsfüllung des Murtales wird der Abstand zwischen den standfesten, für die Baugeologie bedeutenden Murschottern und der Geländeoberfläche dargestellt. Um eine möglichst anschauliche Übersicht zu gewährleisten, wurde bei der Konstruktion der Karte auf folgende Weise vorgegangen:

- Selektion der Aufschlüsse, die die Murschotter erreichen
- Auswahl des am besten geeigneten Interpolationsverfahrens
- Interpolation durch gewichtete gleitende Mittelwerte, die Gewichtung erfolgte mit dem Quadrat der inversen Distanz. Der Suchradius wurde mit 50 Metern festgelegt, maximal wurden acht Aufschlüsse zur Interpolation eines Stützpunktes verwendet, da eine Interpolation über größere Distanzen in Bezug auf diese Fragestellung geologisch gesehen nicht zielführend ist. Das wird durch die Tatsache untermauert, dass eng benachbarte Aufschlüsse sehr unterschiedliche Werte aufweisen können, d. h. dass auch zwischen räumlich unmittelbar benachbarten Aufschlüssen eine hohe Varianz besteht (Nugget-Effekt). Bedingt ist diese hohe Varianz durch die unregelmäßige räumliche Verteilung und Mächtigkeit der Deckschichten und der anthropogenen Anschüttungen.
- Durchführung einer rasterdatenbasierten Nachbarschaftsanalyse (für jede Zelle wurde das arithmetische Mittel aller Zellen mit gültigen Werten im Umkreis von vierzig Metern berechnet) in den Randbereichen der Zonen, in denen eine Interpolation im vorigen Arbeitsschritt erfolgte - eine Interpolation ist nur dort möglich, wo innerhalb des Suchradius mindestens ein Aufschluss vorhanden ist. → Zwischenergebnis 1
- Selektion der Aufschlüsse, die die Murschotter nicht erreichen
- Interpolation durch gewichtete Mittelwertbildung, Gewichtung mit dem Quadrat der inversen Distanz (IDW) mit den gleichen Parametern wie oben
- Erhöhung der Zellwerte um jeweils 10% → Zwischenergebnis 2
- Vergleich der Zwischenergebnisse 1 u. 2 (Murschotter erreicht bzw. nicht erreicht) und Festlegung des höheren Wertes (Maximum der jeweiligen Zellen gleicher Lage) als Endergebnis
- Festlegung des Maximums der Zwischenergebnisse 1 u. 2 (Murschotter erreicht bzw. nicht erreicht) bei einem Vergleich der jeweiligen Zellen gleicher Lage als Ergebnis

## 2.8 Karte 8: Relief des präquartären Untergrundes (Grundwasserstauer)

## 2.9 Karte 9: Quartärmächtigkeit

Die Kenntnis des **präquartären Untergrundreliefs** ist von besonderer Bedeutung, weil es die Sohlfläche der quartären Lockergesteinsfüllung und damit diejenige des seichtliegenden Grundwasserkörpers darstellt.

Die für die Konstruktion in der Baugrunddatenbank zur Verfügung stehenden Bohrungen wurden unter anderem für Straßen- und Brückenbauten, bei der Gründung von größeren Bauwerken bzw. für Wassergewinnungsanlagen abgeteuft. Den unterschiedlichen Zielsetzungen entsprechend ergeben sich zum Teil bedeutende Unterschiede in Qualität und Aussage der aufgenommenen Profile, sodass des Öfteren Probleme bei der Interpretation von Schichten und Schichtgrenzen auftraten. Eine weitere Schwierigkeit stellte die sehr unterschiedliche Bohrlochdichte dar, sodass häufig über weite Strecken interpoliert werden musste. Problematisch waren auch die in manchen Protokollen fehlenden Höhenangaben bzw. Unsicherheiten in der genauen Lage des Bohrpunktes. Es bleiben daher in einigen Gebieten größere Unsicherheiten bestehen.

Technisch stellt sich die Vorgangsweise bei der Konstruktion der Karte folgendermaßen dar:

- Selektion der Bohrungen aus der digitalen Baugrunddatenbank, die das Quartär durchteufen
- Empirische Auswahl des am besten geeigneten Interpolationsverfahrens in Bezug auf die Datenlage und die geologische Modellvorstellung
- Festlegung des Quartärrandes als Bruchkante
- Zuordnung der Seehöhen im Bereich der Bruchkante auf Basis des digitalen Höhenmodells der Stadt Graz
- Erstellung eines vorläufigen Höhenmodells der Quartärunterkante mittels Dreiecksvermaschung (TIN)

- Selektion der Bohrungen, die mehr als 15 Meter tief sind, das Quartär aber nicht durchteufen und deren Bohrlochsohlen unterhalb der Seehöhe des vorläufigen Modells liegen (in den Bereichen der größten Quartärmächtigkeit gibt es nur sehr wenige Bohrungen, die das Grundgebirge erreichen).
- Zuweisung von plausiblen Werten der Quartärunterkante für diese Bohrungen (die Seehöhe der Quartärunterkante muss zumindest geringfügig unter der jeweiligen Bohrlochsohle liegen, und sie muss mit den Werten von benachbarten Bohrungen in einen, den geologischen Vorstellungen entsprechenden, Zusammenhang gebracht werden).
- Neuberechnung des Höhenmodells der Quartärunterkante unter Einbindung aller selektierten Bohrungen
- Konvertierung des TINs in ein Rastermodell

Die **Quartärmächtigkeit** entspricht der Differenz der Seehöhe des digitalen Höhenmodells und der Quartärunterkante. Sie wird entsprechend der Legende in Stufen von jeweils 5 Metern Mächtigkeit untergliedert.

Die Mächtigkeit der Schotterfüllung ist infolge der Reliefgestaltung des präquartären Untergrundes sehr unterschiedlich. Im Bereich der markanten und über weite Strecken gut belegten Tiefenrinne (FLÜGEL 1960, UNTERSWEG & al. 1986, LEDITZKY 1999) werden Mächtigkeiten von 20 bis über 30 Meter erreicht. Bei Liebenau-Feldkirchen sind in der Auzone noch um 20 Meter Quartärsedimente zu erwarten. Südlich von Großsülz betragen die Mächtigkeiten nur noch zwischen 5 und 7 Meter.

Im Bereich von Raach-Weinzödl konnte im Zuge des Kraftwerksbaues eine schmale Tiefenrinne im Untergrund nachgewiesen werden (SCHICKOR 1983), in deren Bereich über 30 Meter jungquartäres Lockermaterial erbohrt wurde. Die Talfüllung beginnt über den vorwiegend dolomitischen Festgesteinen des Grazer Paläozoikums meist mit einer weniger als 1 Meter mächtigen Übergangszone. Diese besteht aus tonigem bis schluffigem, stark glimmerigem Material mit Kiesen. Darüber lagern die quartären Schotter, wobei SCHICKOR 1983 zwei Horizonte unterscheidet: Die liegenden Schotter sind stärker verwittert, weisen Gesteinsleichen auf und sind eher braun gefärbt. Sie werden zwischen 5 und 20 Meter mächtig und sind leicht schluffig bis sandig. Vereinzelt treten Sand- und Schlufflinsen auf. Gegenüber den Hangendschottern sind sie meist feinkörniger, im Bereich des Rinnentiefsten treten aber auch grobe Schotter auf. Darüber folgt der höhere Horizont mit durchschnittlich 10 Meter mächtigen, überwiegend grauen Schottern mit geringem Schluff- und Sandanteil. Der Schotterkörper wird von 0,5 bis 2 Meter mächtigen Schwemmsanden, vorwiegend Fein- bis Mittelsanden des Aubereiches überlagert, die lehmig-schluffig bzw. kiesig sein können.

Die Fortsetzung der bereits erwähnten Tiefenrinne im präquartären Untergrund von Weinzödl dürfte, wie FLÜGEL 1960 annimmt, westlich des nach Süden ausgedehnten Felssockels des Kalvarienberges zu suchen sein (UNTERSWEG et al. 1986). Die Einarbeitung neuerer Bohrergebnisse bestätigt diese Vermutung und lässt eine scharf eingeschnittene Tiefenrinne erkennen, die westlich des Kalvarienbergsockels verläuft. Nach Süden zu verbreitert sie sich und hat ab Kalsdorf die Form einer 2 bis 3 Kilometer breiten, durch mehrere seichte Rinnen gegliederten Mulde.

Kompliziertere Verhältnisse herrschen östlich des Schloßberges (Geidorf-St. Leonhard). Bereits CLAR 1931 weist auf die Hochlage des Tertiärsockels in diesem Bereich hin und FLÜGEL 1960 betont besonders die stark durch Rinnen gegliederte Oberfläche des präquartären Untergrundes. In einigen Bereichen (z.B. Geidorfplatz, Elisabethstraße, Krenngasse, Herrandgasse) kann die von CLAR 1931 postulierte extreme Hochlage des Tertiärreliefs jedoch nicht aufrechterhalten werden. Neuere Bohrungen zeigen im Liegenden der beim Kanalbau als Tertiärsedimente angesprochenen „Tegel“ bzw. „Letten“ häufig noch grundwasserführende Terrassenschotter, die erst in größerer Tiefe von sicher jungtertiären Tonmergeln unterlagert werden. Die früher als Tertiär bezeichneten Schichten stellen umgelagertes Tertiärmaterial dar, das vom Krois- und Leonhardbach aufgeschüttet wurde (UNTERSWEG et al. 1986).

In einigen Gebieten liegen die pleistozänen Schotter direkt dem paläozoischen Grundgebirge auf. Dies ist in Raach-Weinzödl der Fall, wo Dolomite und Dolomitsandsteine bzw. kalkige Schiefer unter dem Quartär anstehen. Dolomite bilden den Untergrund auch am Fuße des Plabutsch bzw. des Schloßberges. Bei Bohrungen südöstlich von Gösting und nordöstlich des Hauptbahnhofes wurde nur „Fels“ angegeben. In der Tiefbohrung St. Martin am Fuße des Buchkogels wurden im Liegenden des

Quartärs 66 m dolomitischer Hangschutt und darunter Dolomitgestein angefahren. Die Lage der Bohrung nahe am Hangfuß lässt einen steilen Abfall des paläozoischen Grundgebirgsrandes erkennen.

Mit Ausnahme dieser Gebiete unterlagern jungtertiäre Sedimente die pleistozänen Akkumulationen, wobei es sich zum größten Teil um Sande und Schluffe bzw. um Ton und Tonmergel handelt. Sehr häufig findet man in den Bohrprotokollen nur die Bezeichnung „Tegel“.

## 2.9 Karte 10: Grundwasserüberdeckung bei einem mittleren Grundwasserstand

Die Karte der Grundwasserüberdeckung wurde auf Grundlage des Grundwasserschichtenplanes vom 11.9.1995 (mittlerer Grundwasserstand) erstellt. Dieser wurde von der Fachabteilung 3a Wasserwirtschaft, Referat 1 Hydrographie, Amt der Steiermärkischen Landesregierung zur Verfügung gestellt. Nach der Übernahme in das GIS wurde er im Bereich der Quartärgrenze angepasst und in ein rasterbasiertes Modell konvertiert.

Die Grundwasserüberdeckung (Grundwasserflurabstand) entspricht der Differenz der Seehöhe des digitalen Höhenmodells und der des Grundwasserspiegels. Bei der Kartendarstellung wird sie in Stufen von jeweils 2 Metern Mächtigkeit unterteilt.

Westlich der Mur nehmen die Flurabstände auf der Niederterrasse generell von Norden nach Süden ab. Zwischen Gösting und Baierdorf werden durchwegs mehr als 20 Meter erreicht, wobei die Werte in Eggenberg und Wetzelsdorf in Talrandnähe auf 14 bis 16 Meter abnehmen. Am südlichen Stadtrand betragen sie zwischen 10 und 15 Meter. Größere Überdeckungsmächtigkeiten bis maximal 17 Meter bei St. Peter werden auch auf der östlichen Niederterrasse ausgewiesen.

Durchwegs geringer sind die Flurabstände in der Auzone der Mur. Sie erreichen hier im Allgemeinen nur zwischen 5 und 10 Meter, im südlichsten Abschnitt sogar weniger als 4 Meter.

Für den Grundwasserschutz sind aber nicht nur die Mächtigkeit der Deckschichten von Bedeutung, sondern auch ihre lithologische Zusammensetzung sowie der Bodenaufbau.

Im verbauten Stadtgebiet ist zu beachten, dass man häufig mit veränderten Bodenprofilen (umgegrabenes Material, Anschüttungen etc.), also mit anthropogen veränderten Böden zu tun hat, die jeweils unterschiedlich im Aufbau und auch in ihren Eigenschaften sein können. Böden im Stadtgebiet sind überbaut, umgelagert, verschüttet, ausgehoben, manchmal kontaminiert und mit künstlichen, in der Natur nicht vorkommenden Stoffen versetzt. Im Extremfall einer Bodenversiegelung sind weder die natürlichen, noch die künstlich veränderten Bodeneigenschaften für die Beurteilung der Schutzfunktion relevant.

Wie mehrfach erwähnt, ist die westliche Niederterrasse sehr einheitlich aufgebaut. Der Schotterkörper besitzt eine hohe Durchlässigkeit und weist im zentralen Teil der Terrasse selten feinkörnige Bedeckungen von mehr als 1 Meter Mächtigkeit auf. Die Böden sind durchwegs mittelgründige kalkfreie Lockersediment-Braunerden von mittlerer Schutzwirkung. Nahe am Talrand (Krottendorf-Webling-Straßgang) sind auf Grund der Lehmbedeckung (Karte 6) mitunter pseudovergleyte, mittel- bis tiefgründige Braunerden bzw. Braunlehme von mäßiger bis geringer Durchlässigkeit verbreitet. Dadurch ist eine gute Schutzwirkung im Hinblick auf das Grundwasser gegeben.

Die östliche Niederterrasse ist infolge des stärkeren Einflusses aus dem anschließenden Tertiärhügelland weniger homogen aufgebaut. Verlehmungen und rasche Fazieswechsel treten häufig auf, weiters ist besonders in Talrandnähe mit einer mächtigeren feinkörnigen Deckschicht zu rechnen (Karte 6).

In der Auzone der Mur sind Rinnen und Altarme häufig mit lehmigen bis sandigen Feinsedimenten von oft mehr als 1 Meter Mächtigkeit aufgefüllt. Außerhalb des verbauten Gebietes herrschen in der Au seichtgründige Graue Auböden von geringer Speicherkraft und hoher Durchlässigkeit mit schlechter Schutzwirkung vor. Der natürliche Schutz des Grundwassers ist hier durch das Zusammentreffen von ohnehin geringmächtigen Deckschichten und durchlässigen Böden stark reduziert. Nur im Bereich des Andritzer Grundwasserfeldes liegen Böden mit mittlerer bis guter Schutzwirkung vor. Es sind dies mittelgründige Lockersediment-Braunerden, die großteils pseudovergleyt sind und daher eine mäßig gehemmte Durchlässigkeit bei hoher Speicherkraft aufweisen.

Vor allem im Niederterrassenbereich wurde früher eine Reihe kleinerer und größerer Schottergruben betrieben (Karte 6). Vielfach wurden sie später zugeschüttet bzw. verbaut, sodass auf diesen Arealen die natürliche Überdeckung des Grundwasserkörpers teilweise fehlt. Von einigen Gruben sind Verfüllungen mit Bauschutt oder anderen Abfällen bekannt, sodass sie potentielle Quellen für Verunreinigungen des Grundwassers darstellen.



### 3. Literatur

- ARBEITER-CZERNY, I., HADITSCH, J.G., ORNIG, F., UNTERSWEIG, T.:  
Naturraumpotentialkarten der Steiermark. Mittleres Murtal. Sachbereiche Lagerstätten,  
quartärgeologische und hydrogeologische Untersuchungen, Bodenkunde.-  
Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz 1985
- CLAR, E.: Das Relief des Tertiärs unter Graz.-Mitt.naturwiss.Ver.Steierm. 68, Graz  
1931
- CLAR, E.: Zur Kenntnis des Tertiärs im Untergrund von Graz.-Verh.Geol.B.-A., Wien  
1947
- EBNER, F.: Geologische Karte des mittleren Murtales (Bezirke Graz, Graz-  
Umgebung und Teile des Bezirkes Bruck/Mur) 1:50 000.-Mitt.Ges.Geol.u.Bergbaustud.Österr.  
29, Wien 1983
- EBNER, F. mit einem Beitrag von BECKER, L.P.: Geologische Basiskarte 1:50.000  
der Naturraumpotentialkarte „Mittleres Murtal“ mit Erläuterungen.-  
Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud.Österr. 29, Wien 1983
- EBNER, F & GRÄF, W.: Die erdgeschichtliche Entwicklung des Grazer Raumes.-In:  
„850 Jahre Graz“, Graz 1978
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.L.: Die Rannach-Fazies des Grazer  
Paläozoikums.-Mitt.Abt Geol.Paläont.Bergb.Landesmus Joanneum 39, Graz 1978
- FABIANI, E.: Über die Bedeutung des Quartärs für die Wasserwirtschaft.-Mitt.Abt  
Geol.Paläont.Bergb.Landesmus Joanneum 39, Graz 1978
- FINK, J.: Die Böden Österreichs.-Mitt.Geogr.Ges.Wien 100, Wien 1958
- FINK, J.: Leitlinien der quartärgeologischen und pedologischen Entwicklung am  
südöstlichen Alpenrand.-Mitt.Österr.Bodenkundl.Ges. 1, Wien 1961
- FINK, J.: Die Südostabdachung der Alpen.-Mitt.Österr.Bodenkundl.Ges. 6,  
Wien 1961
- FLÜGEL, H.: Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark).-  
Mitt.Österr.Geogr.Ges. 102, Wien 1960
- FLÜGEL, H.: Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100 000.-  
Geol.B.-A., Wien 1960
- FLÜGEL, H.W.: Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer  
Berglandes 1:100 000.-Mitt.Abt Geol.Paläont.Bergb.Landesmus Joanneum, SH 1, Graz 1975
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.R.: Geologische Karte der Steiermark  
1:200.000.-Geol.B.A., Wien 1984
- GEOTECHNISCHES INSTITUT BERN: Kraftwerk Weinzödl, Hydrogeologie I, II und  
III.-Unv.Ber., 1977-1978

- GEOTECHNISCHES INSTITUT BERN: Wasserwerk Andritz,  
Grundwassersimulation.-Unv.Ber., 1979
- GEOTECHNISCHES INSTITUT BERN: Wasserwerk Feldkirchen, Hydrogeologie I  
und II.-UnvBer., 1979-1981
- HADITSCH, J.G.: Bericht über eine hydrogeologische Aufnahme des Steinkogel-  
Frauenkogel-Zuges nordwestlich von Graz.-Steir.Beitr.Hydrogeol. NF 1963/64, Graz 1964
- HANSELMAYER, J.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung XVIII: Erster  
Überblick über die petrographische Zusammensetzung steirischer Würmglazialschotter (speziell  
Schottergrube Don Bosco, Graz).-Sitz.Ber.Österr.Akad:Wiss., mathem.-naturwiss.Kl. I, 171.Bd,  
1 u. 2, Wien 1962
- HANSELMAYER, J.: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung  
XXXII: Zur Petrographie der steirischen Glazialschotter, speziell Graz-Brucknerstraße.-  
Mitt.Naturwiss.Ver.Steierm. 104, Graz 1974
- HILBER, V.: Die Taltreppe, eine geologisch-geographische Darstellung.-Graz 1912
- HÖNIG, H.: Refraktionsseismische Erkundung der verdeckten Felsoberfläche im  
Bereich des Murtales zwischen Judendorf und Gösting nördlich von Graz.-Mitt.Inst.f.Baugeol,  
H1, Graz 1978
- KOLLMANN, K.: Das Jungtertiär im Steirischen Becken.-Mitt.Geol.Ges.Wien  
57, Wien 1964
- LEDITZKY, H.P.: Bericht über die hydrogeologische Bearbeitung der  
Kaiserwaldterrasse.-Unv.Gutachten, Graz o.J
- MAYER, R.: Geographische Beiträge zur ältesten Entwicklung der Siedlung Graz.-  
Mitt.naturwiss.Ver.Steierm. 73, Graz 1936
- MAURIN, V.: Der Untergrund der Murbrücken in der Grazer Innenstadt.-  
Mitt.naturwiss.Ver.Steierm. 86, Graz 1956
- MAURIN, V. & ZÖTL, J.: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer  
Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. I. Ergebnisse und  
Erfahrungen bei der Untersuchung der unterirdischen Karstwässer im Raume des Buchkogels  
bei Graz.-Steir.Beitr.Hydrogeol., H.F. 1959, H 1/2, Graz 1959
- MOHR, H.: Die Baugrunduntersuchung für die neue Kalvarienbrücke in Graz, ihre  
Ergebnisse und prognostische Auswertung.-Jb.Geol.B.-A. 77, Wien 1927
- MORAWETZ, S.: Zur Frage der Entstehung der jungdiluvialen Murterrassen.-  
Mitt.Österr.Geogr.Ges. 103, Wien 1961
- MOTTL, M.: Die pleistozänen Säugetierfaunen und Kulturen des Grazer Berglandes.  
In: Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100 000.-Mitt.Abtt  
Geol.Paläont.Bergb.Landesmus Joanneum, SH 1, Graz 1975
- ÖSTERREICHISCHE BODENKARTIERUNG: Bodenkarte 1:25 000,  
Kartierungsbereich 78 Graz-Süd, mit Erläuterungen.-BMLF, Wien 1981
- ÖSTERREICHISCHE BODENKARTIERUNG: Bodenkarte 1:25 000,  
Kartierungsbereich 86 Graz-Nord, mit Erläuterungen.-BMLF, Wien 1982
- SCHICKOR, G.: Hydrogeologie und Hydrochemie von Graz-Nord.-  
Steir.Beitr.Hydrogeol. 34/35, Graz 1983
- SCHWENDT, A.: Die digitale geologische Karte der Steiermark 1:50 000.-

JOANNEUM RESEARCH, Graz 1998

TORNQUIST, A.: Die Stadt Graz als Wohnstätte. Entstehung und Beschaffenheit des Grazer Stadtbodens.-Die Stadt Graz, Graz 1928

UNTERSWEIG, T.: Das Relief des präquartären Untergrundes von Graz zwischen Schloßberg und Landeskrankenhaus.-Proj.EB; 1 Karte, 2 geol.Schnitte, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz 1984

UNTERSWEIG, T.: Die hydrogeologischen Verhältnisse in den Grundwasserschongebieten des Murtales.-Proj.Ber.,- Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz 1986

UNTERSWEIG, T., HUBER, A., KRÄINER, B., RÄNINGER, R., STÄDLER, H.: Baugrund und Grundwasser in Graz.-Proj.Ber. Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz 1986

UNTERSWEIG, T., SCHWENDT, A., PÖSCHL, M. & WOLF, C.: Fertigstellung der digitalen Baugrunddatenbank Graz.-Proj.EB., JOANNEUM RESEARCH, Graz 2000.

WEBER, F.:Bericht über refraktionsseismische Messungen bei Weinzödl/Steiermark.-Unv.Gutachten, Leoben 1977

WEISS, A.: Bergbaue und Bergbauversuche im erweiterten Stadtgebiet.- Historisches Jahrbuch der Stadt Graz Bd.5/6, Graz 1973

WINKLER-HERMÄDEN, A.: Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete.-Denkschr.Akad.Wiss. 110, Wien 1955

WINKLER-HERMÄDEN, A. & SCHOCKLITSCH, K.: Studienergebnisse zur jüngsten Quartärgeschichte im Bereich der unteren steirischen Mur.- Mitt.Naturwiss.Ver.Steiermark 93, Graz 1963

ZETINIGG, H.: Die Messung der Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers im Mur- und Mürztal.-Ber.wasserwirtsch.Rahmenpl. 62, Graz 1983

ZÖTL, J.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Raume des Buchkogelzuges bei Graz.-Steir.Beitr.Hydrogeol. Bd.6., Graz 1953

ZÖTL, J.: Die hydrogeologischen Verhältnisse des Plabutsch-Kollerbergzuges bei Graz.-Steir.Beitr.Hydrogeol. N.F. Jg.1958, H 1/2 Bd.6., Graz 1958