

Naturraumpotentialkarten der Steiermark Bezirk Liezen

Teil II

Rohstoffsicherung und Grundwassergefährdung

Projektleitung:

G. HUBIL

Projektbearbeiter:

A. HÄWER

W. SKALA

CH. THOM

März 1990

Lehrstuhl für Umweltgeologie und Angewandte Geographie

1. EINLEITUNG

Im 1. Projektjahr wurden die Grundlagenerhebungen hinsichtlich Geologie und Rohstoffen durchgeführt. Das Datenmaterial wurde zusammengefaßt und dargestellt. Die ebenfalls durchgeführten Erhebungen hydrologischer und hydrogeologischer Daten und der Altlasten im Bezirk wurden im 2. Projektjahr bearbeitet, die Ergebnisse werden hier vorgelegt.

Im Rahmen einer Kooperation mit dem Institut für Mathematische Geologie der Freien Universität Berlin wurde das Datenmaterial nach entsprechender Aufbereitung und Gewichtung einer elektronischen Verarbeitung zugeführt. Die einzelnen Datensätze, die bisher mehr oder weniger für sich oder lediglich in einer ersten Synthese als Grundlagen für Lösungsansätze gedient hatten, wurden nun in verschiedenen Ebenen miteinander verknüpft und überlagert. Aus dieser Verknüpfung sind direkte Lösungsansätze hinsichtlich einer Sicherung von Rohstoffvorkommen zu erwarten, da raumplanende und -ordnende Parameter in den Datenfluß mit eingegangen sind.

Lösungsansätze sind aber auch in weiteren Konfliktbereichen, Land- und Forstwirtschaft, Fremdenverkehr, Biotopschutz, Besiedlung, Verkehrswegebau, Trinkwasser, Deponierfordernisse, Altlastenemissionen, usw. gegeben. Als Bewertungseinheit wird ein Grundraster von 1 km Größe angenommen, der aufgrund der Informationsdichte und Aussagekraft der Daten im Bereich Irdfing-Admont verdichtet wurde.

2. ROHSTOFFSICHERUNGSGEBIETE

2.1. Rohstoffsicherungskarte

Der erste Teil des Projektes "Rohstoffsicherungskarte im Bezirk Liezen" (W.GRAF & G.SUETTE 1988) enthält eine Darstellung des Rohstoffpotentials. In der nun vorliegenden Karte wurden darüberhinaus die Hoffungsgebiete für Massenrohstoffe, Industriemineralien und Vererzungen aufgrund geologischer und geochemischer Erkundungen dargestellt und in Beziehung zu einer geogen verursachten potentiellen Kontamination des Grundwassers gesetzt. Ferner wurden stillgelegte Bergbaue und Schürfe auf Kiesvererzungen

und Eitonerze eingetragen. Die heute noch in Betrieb stehenden Bergbau produzierten Salz (Bad Aussee), Gips und Anhydrit (Bad Aussee und Admont) sowie Talk (Lassing).

Hoffungsgebiete für Lockergesteine wurden aufgrund geologischer Parameter und für Vererzungen aufgrund geochemischer und geophysikalischer Indikationen (SEIBERL 1983, MAURITSCH 1981, 1983 u. THALMANN 1979) festgelegt.

2.2. Karten der Grundwassergefährdungsgebiete

Im Rahmen einer vom Institut betreuten Diplomarbeit des Institutes für Mathematische Geologie der FU Berlin wurden Grundwassergefährdungskarten auf der Basis der aktuellen Naturraumsituation und anthropogener Einflüsse, sowie eine Gefährdungspotentialkarte des obersten Grundwasserstockwerkes (ungespanntes Grundwasser) erstellt (Ch.THOM, 1989). In der Grundwassergefährdungskarte ("Gesamtrisiko") wurden sowohl die zivilisationsbedingten möglichen Gefahrenquellen ("nutzungsbezogenes Risiko") als auch die geogenen Gegebenheiten des Naturraumes berücksichtigt. Im Gegensatz dazu wurden in der Gefährdungspotentialkarte nur die geogenen Gefahrenkomponenten für das oberste Grundwasserstockwerk berechnet. Als Variable wurde die Wasserwegigkeit mit den bekannten Flurabständen und den vorhandenen Daten zur geologischen Situation in Beziehung gesetzt. Die Karte der Gefährdung des Grundwassers durch anthropogene Einflüsse stellt konträr zur Karte des Gefährdungspotentials nur eine Momentaufnahme einer sich ständig ändernden Gefahrensituation dar (siehe Ch.THOM 1989).

Als Fortführung dieser Karten wurde die Karte der mittleren Grundwassergefährdung für den Raum Liezen erstellt. Auf dieser Karte wurden die Bewertungseinheiten verdichtet und somit die Aussagekraft erhöht.

Die Karte der mittleren Grundwassergefährdung ist das Produkt der Überlagerung von 10 Szenarien, wobei in jedem Szenarium die einfließenden Parameter unterschiedlich bewertet wurden. In jedem Szenarium finden sich zwei Bewertungsebenen, wovon die Ebene 1 als gleichbleibenden Parameter das Grundwasserisiko darstellt. In der Bewertungsebene 2 wurden die Parameter Quartär, Infrastruktur und Agrar variiert (WSKALA 1989).

2.3. "Natürliche" Grundwasserbelastung

Auf der Beilage 1 wurden die Hoffungsgebiete und die Karte der mittleren Grundwassergefährdung dargestellt. Da die Hoffungsgebiete der Vererzungen zum größten Teil aus den geochemischen Untersuchungen

der Bachsedimente resultieren, wird auf potentielle "natürliche" Belastungen der Gewässer durch Schwermetalle hingewiesen.

2.4. Negativflächen hinsichtlich der Rohstoffgewinnung

Als Negativflächen sind in erster Linie Siedlungen, Industriestandorte und infrastrukturelle Einrichtungen zu nennen, in deren unmittelbarer Nähe keine Rohstoffabbau möglich sind.

Von der Rohstoffgewinnung ausgenommen sind weitere Flächen, deren Schutzwürdigkeit gesetzlich festgelegt ist, wie z.B. Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete und enge Grundwasserschongebiete (Steirisches Naturschutzgesetz 68/1976). Abbau möglich sind in weiteren Grundwasserschongebieten und in Landschaftsschutzgebieten, allerdings ist in diesem Bereich für eine angepaßte Rekultivierung und Folgenutzung zu sorgen (Steirisches Naturschutzgesetz 69/1976).

Weiters sollen Standorte mit hochwertigem Acker- und/oder Grünland nach Möglichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung vorbehalten bleiben. Da die Bodenkarten lediglich für die Gebiete Schladming, Irdaing und Gröbming vorliegen, konnten diese Parameter auch nur dort berücksichtigt werden.

Als bedingt geeignet werden auch Hoffungsgebiete angesehen, deren mittlere Grundwassergefährdung hohe Risikowerte aufweist.

2.5. Vorrangflächen für den Abbau mineralischer Rohstoffe

Nach Überlagerung der oben genannten Faktoren wurden Gebiete ausgewiesen, in denen eine Rohstoffnutzung weitgehend konfliktfrei erfolgen kann. Kleinere Brunnen- und Quellschutzgebiete sowie einzelne Liegenschaften wurden im Ausscheidungsverfahren nicht berücksichtigt.

Hoffungsgebiete im Hinblick auf Vererzungen wurden in die Betrachtungen nicht miteinbezogen, da ein Oberflächenschutz naturgemäß weitgehend entfallen kann.

Auf Sicherungszonen hinsichtlich der Festgesteins- und Hangschuttvorkommen wurde ebenfalls verzichtet, da auf Grund der sehr ausgedehnten Vorkommen eine Rohstofficherung kaum notwendig erscheint.

LITERATURVERZEICHNIS

- ALNAJIM, N.: Kartierung der nächsten Umgebung der Magnesitlagerstätte Lassing (Oberstmk.) - Dipl.Arbeit, MUL, Leoben 1970.
- BISTRITSCHAN, K.: Bericht zur Flußbaugeologischen Karte der Enns I. Altenmarkt - Steyr.- Univ. Ber., 1948-1949.
- BISTRITSCHAN, K.: Zur Geologie der Talfüllungen des Mittelensates. - Verh.Geol.B.-A. 1952, 232 - 235, Wien 1952.
- BISTRITSCHAN, K.: Die Talalluvionen des Mittelensates. - Verh.Geol.B.-A. 1956, 184-187, Wien 1956.
- BRANDL, W. & HAUSER, A.: Baugeschichtliche Karten von Steiermark, Bl. 4: Bezirk Liezen. - Techn. Hochsch.Graz, Lehrkanzel für techn.Geol., Graz 1952.
- DRAXLER, I. & HUSEN, D.v.: Zur Entwicklung des Spätglazials im Mitterndorfer Becken (Steiermark). - Verh.Geol.B.-A. 1977, 79-84, Wien 1977.
- DULLO, W.Ch.: Rohstoff-Exploration-Dachsteinkalk. Admont. Univ.Ber. 1977, 16 S., 1977.
- DULLO, W.Ch. & FLÜGEL, E.: Probennahmeplan und Probennahmebericht zu Dachsteinkalken. - Ber., 1980.
- DULLO, W.Ch. & FLÜGEL, E.: Schlußbericht zur Rohstoff-Exploration "Hochreine Kalk" (Raum Admont). - Ber. 1983.
- EBNER, F.: Farb- und Gefügevarietäten steirischer Karbonatgesteine. - Unveröff.Endbericht, FGI, Inst.f. Umweltgeol.u.Angew.Geogr., Graz 1984.
- ERKAN, E. & PETRASCHECK, W.: Gips und Anhydrit in der Steiermark. - Unveröff.Ber., VALL, Leoben 1985.
- FELSER, K.O. & SIEGL, W.: Die Magnesite in der steirischen Grauwackenzone und die Auswahl geeigneter Prospektionsgebiete nach geologisch-faziellen Kriterien. - Mitt.Abt.Geol.Paläont.Bergb.-Landesmus.Joanneum, 38, 41-46, Graz 1977.

FISCHER, B. & SALZMANN, A.: Substanzmenge und Aufschlüsse des Gipsbergbaus Grundlacen-
Unv.Dipl.-Arch.Montanuniv.Leoben, 24 S., Leoben 1955.

FLÜGEL, E.: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen mikrofaszilen und technologischen
Merkmalen steirischer Dachsteinkalke (Obertrias: Grimmingstock, Gesäuse).- Mitt.Abt.Geol.
Pallont. Bergb.Landesmus.Joanneum, H. 38, Graz 1977.

FLÜGEL, E.: Rohstoff-Exploration - Dachsteinkalk.- Unveröff.Schlussbericht, 1978.

FLÜGEL, E.: Bericht zum Projekt "Hochreine Kalke".- 1980.

FLÜGEL, E.: Hochreine Kalke im Bereich der Admonter Schilddunne.- Steir.Beitr.z.Rohstoff u.Energief.,
H3, Graz 1984.

FLÜGEL, E. & HADITSCH, J.G.: Bericht über Rohstoff-Exploration (Untersuchung von Kalkvorkom-
men) in der Steiermark. (Raum Mitterndorf - Bad Aussee).- Ber. 1975.

FLÜGEL, E. & HADITSCH, J.G.: Vorkommen hochreiner und reiner Kalke im Steirischen Salzkammer-
gut.- Arch.f.Lagerst.-forsch. Ostalpen, 15, 1975.

FRIEDRICH, O.M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming.- Arch.f.Lagerst.forsch.Ostalpen, 5,
1967.

FRIEDRICH, O.M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. II. Teil.- Arch.f.Lagerst.forsch. Ost-
alpen, 9, 1969.

FRIEDRICH, O.M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. III. Teil.- Arch.f.Lagerst.forsch.Ost-
alpen, 13, 1975.

FRIEDRICH, O.M. & HADITSCH, J.G.: Liste ostalpbier Mineralrohstoffvorkommen.- Bd. 1-4, Leoben
1983.

GRÄF, W. et al.: Quartäre Konglomeratvorkommen im mittleren Ennstal.- Urr.Ber., 43 S., Graz 1983.

HADITSCH, J.G.: Bericht über Prospektion auf hochreine Kalke.- Ber.1975

- HUBER, A., HÜBEL, G., KRAINER, B. & PÖSCHL, M.: Systematische Erfassung von Lockergesteinen in der Steiermark. Kiese-Sande-Tone-Lehne, Hoffnungsgebiete Teil II.- Univ. Ber., FGJ, Inst.f. Umweltgeol.u.Angew.Geogr., Graz 1985.
- HUBER, A., HÜBEL, G., PÖSCHL, M.: Systematische Erfassung von Lockergesteinen in der Steiermark. Kiese, Sande, Tone, Lehne, Hoffnungsgebiete, Teil III.- Univ. Endber., FGJ, Inst.f.Umweltgeol. u.Angew.Geogr., 58 S., 13 Abb., 4 Beil., Graz 1986.
- HÜBEL, G.: Projekt StA-38/83. Zusammenfassende Auswertung der systematischen Untersuchungen in den Nördlichen Tauern.- Univ. Endber., BMFHGI, 43 S., Graz 1983.
- HÜBEL, G.: Beurteilung steirischer Karbonatgesteinsvorkommen für spezielle Verwendungsbereiche.- Univ. Endber., FREN, Leoben 1984.
- HUSEN, D.VAN: Ein Beitrag zur Talgeschichte des Ennstales im Quartär.- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 38, Wien 1968.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST: Flächenverzeichnis der österreichischen Flußgebiete. Westliches Donaugebiet und österreichischer Anteil am Elbegebiet.- Beitr. zur Hydrographie Österreichs, 24, 129 S., Wien 1952.
- KOLLMANN, W.: Hydrogeologische Untersuchungen in den nördlichen Gesäusebergen.- Ber. WWR, 66, 290 S., 100 Fig., 35 Tab., Graz 1963.
- LECHNER, E. & DEMMER, H.: Bericht über die Möglichkeiten zur tagbaumäßigen Gewinnung hochreiner Kalke im Raum Mitterdorf - Bad Aussee (Rohstoffproj. Steierm. L.R.), Univ. Ber. 1978, 25 S., Graz 1978.
- MATURA, A.: Geologische Detailaufnahme alter Bergbaugebiete auf ÖK 127 Schladming.- Univ. Ber. GeolB.-A., 5 S., Wien 1979.
- MAURITSCH, H.J.: Geophysikalische Prospektion auf Graphit im Revier Hochpfler bei St. Lorenzen im Palental.- Ber., 1980.
- MAURITSCH, H.J.: Geophysikalische Prospektion auf Graphit im Revier Hochpfler bei St. Lorenzen im Palental.- Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, H. 42, Graz 1981.

- MAURITSCH, H.J.: Erkundung von Mineralisierungszonen im Bereich der Schladminger Tauern (Planargebiet).- Ber. 1981.
- MAURITSCH, H.J.: Geophysikalische Mineralprospektion südliche Schladminger Tauern.- Schlußber., 1983.
- MAURITSCH, H.J.: Polymetallische Vererzungen in den südlichen Schladminger Tauern.- Endber. 1985.
- MAURITSCH, H.J.: Bodengeophysikalische Identifizierung von aeromagnetischen Anomalien im Bereich der östlichen Grauwackenzone (Kontaktzone Grünschiefer - Ennstaler Phyllite) im Abschnitt Reiteralm - Pruggern.- Endber.1985.
- MAURITSCH, H.J.: Weiterverfolgung der aero- und bodengeophysikalischen Anomalien aus dem Bereich Karlpitz bis in Donnersbrachtal - Hochgrößen.- Abschlußber.1985.
- MAURITSCH, H.J. & SEIBERL, W.: Keilvererzungen im Zentraltal der Niederen Tauern (Ld.Walchen).- Ber. 1983.
- METZ, K.: Gutachten über die Asbestlagerstätte auf dem Hochgrößen bei Oppenberg.- Ber. 1980.
- METZ, K.: Montangeologische Bearbeitung der Talklagerstätte Lassing bei Rottenmann.- Zwischenbericht 1981.
- METZ, K.: Bericht über die im Rahmen des Projektes P 48 der VALL Leoben im Jahre 1982 durchgeführten montangeologischen Arbeiten im Bereich der Talklagerstätte Lassing.- Ber., 1983.
- NIEDERL, R. & SUETTE, G.: Systematische Erfassung der Festgesteinsvorkommen in der Steiermark.- Univ,Endber., FGJ, Inst.f.Umweltgeol.u. Angew.Geogr., 32 Abb., 5 Beil., Graz 1986.
- PETRASCHECK, W.: Untersuchungsberichte zum Gipsvorkommen, Dürradmer, Raum Schladming westlich Untertal und zwischen Oberhaus und Ruperting.- 1976.
- PETRASCHECK, W.E., ERKAN, E. & HÖNIG, J.: Die Gipslagerstätten der Steiermark.- Mitt.Abh.Geol.Paläont.Bergb.Landesmus.Joanneum, 38, 89-99, Graz 1977.
- PFEFFER, W. & SCHÜSSLER, P.: Geologische Kartierung und Prospektion auf Uran und Selenit in den nördlichen Schladminger Tauern.- Mitt.Abh.Geol.Paläont.Bergb.Landesmus.Joanneum, 38, 101-104, Graz 1977.

- PLATZL, M.: Die Grundwasserverhältnisse im mittleren Ennstal.- 100 Jahre Ennstregulierung, Verl.Natur und Technik, Wien 1960.
- PROCHASKA, W.: Talkprospektion Steiermark.- Unveröff.Ber. (keine Jahreszahlangabe)
- REDLICH, K.A.: Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten.- Beitr. zur Geschichte d. österr. Eisenwesens, Abt. I, H. 1, Springer Wien Berlin 1931.
- SCHARFE, G.P.: Steirische Graphitvorkommen.- Mitt.Abtl.Geol.Paläont.Bergb.Landesmus.Joannum, 42, Graz 1982.
- SCHAUBERGER, O.: Die alpinen Salzlagerstätten.- Verh.Geol.B.-A. 1978, 455-459, Wien 1979.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung des oberen Ennstales, Gebiet Aigen.- Ber., Geol.B.-A., 1987.
- SPAUN, G.: Das Quartär im Ennstal zwischen Hieflau und Altenmarkt.- Mitt.Ges.Geol.u.Bergbaustud., 14, 149-184, 3 Taf., Wien 1964.
- STEINHAUSER, P. et al.: Montangeophysik Bad Aussee.- Steir.Beitr.z.Rohst.u.Energief., H2, Graz 1982.
- STEINHAUSER, P. et al.: Montangeophysikalische Untersuchung im Raum Bad Aussee.- Geophysikal. Forschungsber.Nr.7, Wien 1982.
- STEINHAUSER, P. et al.: Geophysikalische Detailuntersuchung der Schwereanomalie von Bad Aussee.- Bericht, Wien 1985.
- SUETTE, G.: Aufnahme und Bewertung von Dekor- und Nutzgesteinen der Steiermark IV. Granite, Gneise, Amphibolite, Eklogite, Diabase, Quarzite.- Univ.Eußer., FGJ, Inst.f.Umweltgeol.u.Angew.Geogr., 19 Abb., 13 Tab., 7 Beil., Graz 1983.
- THALMANN, F.: Regionale Wolfram-Molybdänprospektion in Österreich, Geochemie 1979.- Univ. Ber. VOEST-ALPINE, Leoben 1979.

W. SKALA

Erstellung einer Grundwassergefährdungskarte im Rahmen der Naturraumpotentialaufnahme des Bezirks Liezen (Steiermark) (Teil II)

Im Rahmen eines Forschungsprojektes, das in enger Zusammenarbeit zwischen der AG Mathematischen Geologie des Fachbereiches Geowissenschaften der FU Berlin und Mitarbeitern des Instituts für Umweltgeologie und Angewandte Geographie der Forschungsgesellschaft Joanneum in Graz (Österreich) durchgeführt wurde, wurde versucht, anhand von Daten aus den verschiedensten naturräumlichen Teilpotentialbereichen Aussagen über mögliche Gefahren für das oberste ungespannte Grundwasserstockwerk eines ausgewählten Testgebietes zu treffen. Als Untersuchungsgebiet diente der Bezirk Liezen im Nordwesten der Steiermark in Österreich, über den verhältnismäßig aktuelle Daten aus jüngeren Aufnahmen des Naturraumpotentials vorlagen.

In der ersten Projektphase wurde das gesamte Bezirksgebiet in ein Zellengitter von jeweils $1 \times 1 \text{ km}^2$ Flächeninhalt unterteilt und jeder Gitterzelle numerische Werte für jede der potentiellen Einflußgrößen zugewiesen. Nachdem der vorhandene Datenbestand um die für die betrachtete Problematik ungeeigneten bzw. überflüssigen Variablen reduziert worden war, erfolgte das Bewerten der verbliebenen Daten zur geologischen und hydrogeologischen (u. hydrologischen) Situation, zur Infrastruktur und zu den bestehenden Nutzungen auf der Grundlage eines einfachen linearen Entscheidungsmodells. Dazu wurden über eine leicht modifizierte Delphi-prozedur Expertenmeinungen eingeholt und danach die Einzelvariablen im Hinblick auf ihre Wertigkeit zueinander gewichtet. Darüberhinaus wurden die Risikoeinschätzungen der Variablen dadurch differenziert, daß dem gesamten Wertespektrum jeder Einflußgröße eine Unterteilung in fünf Risikoklassen (kein Risiko bis sehr hohes Risiko) zugrunde gelegt wurde. Zum Berechnen der Grundwassergefährdung in der momentanen Naturraumsituation wurden schließlich mittels eines Computerprogrammes zellenweise die Produkte aus den Einzelgewichten jeder Variablen und den der Risikoklassenzuweisung entsprechenden numerischen Werten summiert und die Ergebnisse in Form digitaler Karten festgehalten.

Aufbauend auf den Resultaten dieser einfachen linearen Verknüpfung der verschiedenen naturräumlichen Größen (vgl. THOM 1989) wurde das betrachtete Areal zur Fortführung des Projektes auf einen kleineren wirtschaftlich bedeutsamen Bereich im Ennstal begrenzt und zugleich ein engständiges Raster ($250 \times 250 \text{ m}^2$) gewählt. Als Rechenansatz diente im folgenden ein hierarchisch strukturiertes Entscheidungsbaummodell (vgl. Abb 1.), das als konzeptionelle Vorstufe einer möglichen Expertensystementwicklung noch "bessere" Risikowerte liefern sollte. Dazu wurde das zuvor verwendete Computerprogramm zur Risikokalkulation dahingehend verändert, daß jeweils inhaltlich zusammengehörige Einflußgrößen schrittweise durch Linearkombination ihrer Gewichte und Risikoklassenwerte zu übergeordneten Variablen zusammengefaßt wurden, denen ihrerseits ei-

gene Gewichtungen zugewiesen werden konnten. Gegenüber dem einfachen streng linearen Rechenansatz bot dieses Verfahren den Vorteil, daß durch die "Aufeinanderfolge" verschiedener Bewertungsstufen innerhalb des Programmes auf die Bedeutung einzelner Variablen besser Rücksicht genommen werden konnte.

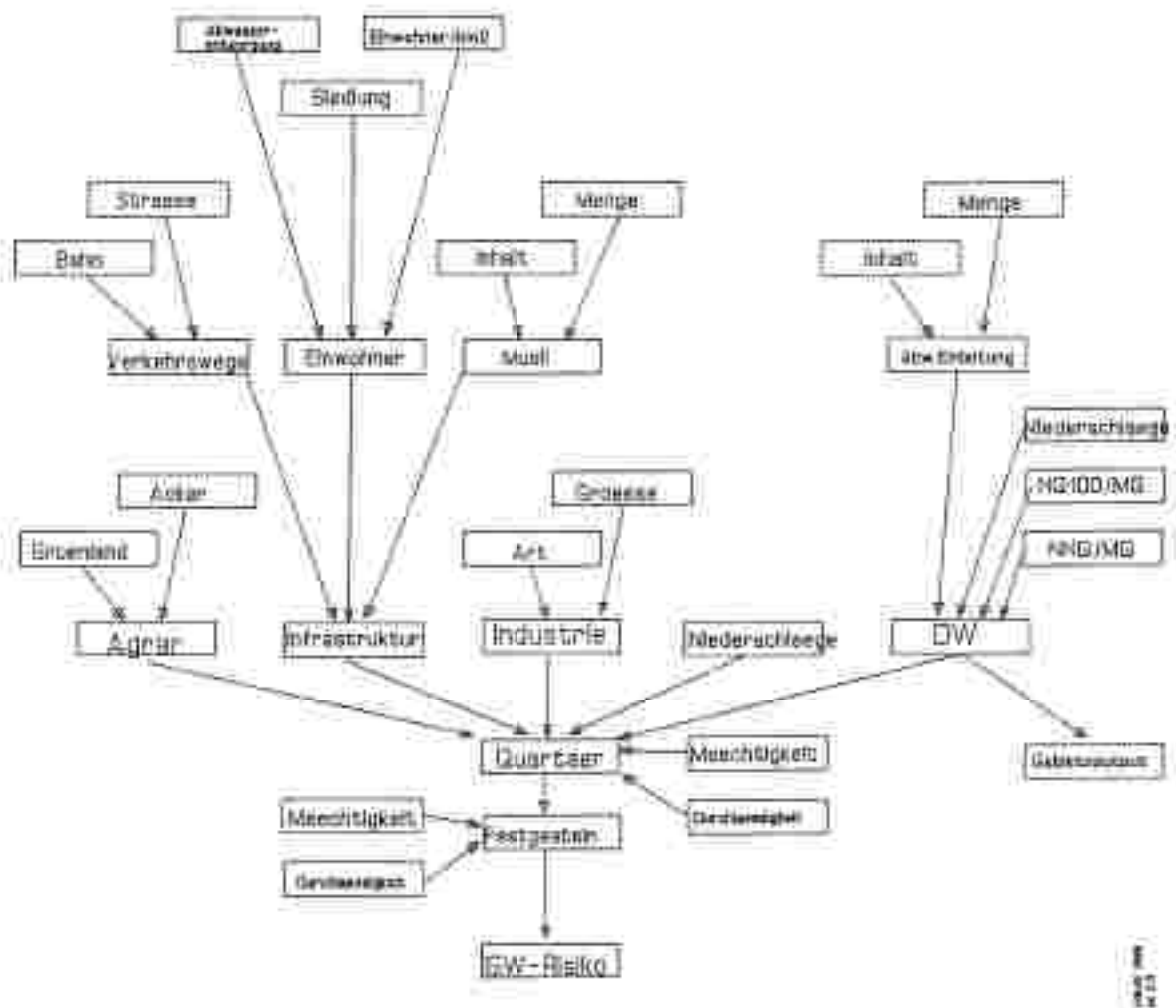


Abb.1: Entscheidungsbaummodell zur Berechnung der Grundwassergefährdung

Abbildung 1 gibt die Datenstruktur in der Form wieder, wie sie ursprünglich geplant war und im wesentlichen auch programmtechnisch umgesetzt wurde. Im Gegensatz zur Graphik mußte jedoch auf die übergeordneten Einflußgrößen *Niederschläge* und *OW* (Oberflächenwasser) mangels verfügbarer Daten verzichtet werden, während die Variable *Festgestein* von selbst entfiel, weil sich die Betrachtung auf ein oberflächlich ausschließlich aus Lockermaterial aufgebauten Talbereich beschränkte. Schließlich wurde die Variable *Quartier* zusammen mit den Größen *Agrar* und *Infrastruktur* in eine Bewertungsebene gestellt. Um den Einfluß einzelner Naturraumgrößen auf den Absolutwert des Gefährdungspotentials möglichst genau erfassen zu können, wurden mehrere Programmläufe durchgeführt. Dabei

wurde nach jedem Rechengang die über eine Parameterdatei zugewiesenen Variablen Gewichte mehr oder weniger stark variiert, so daß letztendlich Risikowerte verschiedener Szenarien vorlagen. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, wurden in erster Linie die Bewertungsverhältnisse der übergeordneten Variablen *Agrar*, *Infrastruktur* und *Quartär* zueinander verändert. Ferner wurden Szenarien durchgespielt, in denen auf der Grundlage unterschiedlicher Gewichtungen der oben genannten Größen die Anteile untergeordneter Variablen modifiziert wurden. Hierbei wurden primär die Auswirkungen verschieden hoher Datengewichte der quartärgeologischen Kenngrößen *Mächtigkeit* (= Grundwasserüberdeckung) und *Durchlässigkeit* (= Wasserwegigkeit) analysiert. In der nachfolgenden tabellarischen Zusammenstellung sind jeweils die gegenüber der ersten Szene veränderten Größen kursiv dargestellt.

SZENAR.NR.	BEW.EBENE 1	BEW.EBENE 2	BEW.EBENE 3
1		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:0.5 Mächtigkeit :0.5
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrsweg:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	
2		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:0.5 Mächtigkeit :0.5
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :0.5	Verkehrsweg:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	
3		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:0.5 Mächtigkeit :0.5
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrsweg:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	

4		Quartär :0.5	Durchlässigkeit:0.5 Mächtigkeit :0.5
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrsweg:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	
5		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:0.5 Mächtigkeit :1.0
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrsweg:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	
6		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:1.0 Mächtigkeit :0.5
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrsweg:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	
7		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:0.5 Mächtigkeit :1.0
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrsweg:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :1.0	
8		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:1.0 Mächtigkeit :0.5

	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrswege:0.5 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :0.5 Abwasser- entsorgung :1.0
9		Agrar :1.0	
		Quartär :1.0	Durchlässigkeit:0.5 Mächtigkeit :0.5
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrswege:1.0 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :1.0 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	
10		Quartär :0.5	Durchlässigkeit:1.5 Mächtigkeit :0.5
	GW-Risiko 1.0	Infrastr. :1.0	Verkehrswege:1.0 Müll(Altlasten):1.0 Einwohner :1.0 Abwasser- entsorgung :1.0
		Agrar :0.5	

Tab.2: Variablen Gewichte der zehn berechneten Szenarien

Die in Tabelle 2 wiedergegebenen Zahlenwerte geben die relativen Bewertungsverhältnisse zwischen den potentiellen Einflußgrößen wieder. Die Normierung der Datengewichte auf einen Summenwert von 1 zum Berechnen einer übergeordneten Variablen bzw. des Gesamtrisikos wurde vom RISKTREE- Programm selbsttätig vorgenommen.

Die berechneten Risikogrößen für die obersten Grundwasserstockwerke aller genannten Szenarien wurden abschließend gemittelt und nebst ihren Standardabweichungen gesondert graphisch dargestellt. Auf diese Weise war es möglich, verhältnismäßig zuverlässige und von Einzelgewichtungen relativ unabhängige Gefährdungspotentiale für die verschiedenen Gitterflächen des Testgebietes auszuweisen. Zudem konnten durch die Darstellung der Standardabweichungen die Auswirkungen modifizierter Datengewichte auf das Gesamtrisiko anschaulich dokumentiert werden.

Die berechneten digitalen Karten im Anhang veranschaulichen die derzeit bestehenden permanenten Gefahren für das oberste ungespannte Grundwasserstockwerk des Liezener Talbereiches unter Berücksichtigung der nutzungsbedingten Risikoquellen einerseits und geogener Faktoren des Naturraumes andererseits. Während der Risikowert null den Idealfall des

völligen Fehlens eines Gefährdungsrisikos symbolisiert, wurde der sehr hohen Grundwassergefährdung als möglichem Maximum der Zahlenwert eins zugewiesen. Wie dem Kartenblatt zur mittleren Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation zu entnehmen ist, variieren die berechneten Risiken im Untersuchungsgebiet zwischen geringen (0,2) und verhältnismäßig hohen Werten (bis 0,89). Hohe bis sehr hohe Gefährdungspotentiale lassen sich vor allem dort feststellen, wo relativ große Durchlässigkeiten des Untergrundes (z.B. nordöstlich bzw. nordwestlich von Admont), geringe Grundwasserüberdeckungen (u.a. westlich der Stadt Liezen im weiteren Bereich der Paltenmündung) und intensive (verkehrs-)wirtschaftliche oder industrielle Nutzungen verbreitet sind und sich im ungünstigen Fall summieren. Als Beispiel seien an dieser Stelle die als hochgefährdet eingestufteten Gitterteillflächen östlich von Irnding unmittelbar am Ennsufer erwähnt, zumal hier kaum missing value - Positionen in die Betrachtung einbezogen werden mußten. Günstig auf die Berechnung der Grundwassergefährdung wirkten sich außer großen Flurabständen und eher stauendem Untergrund auch Faktoren wie ein hoher Anteil von Haushalten mit zentraler Abwasserentsorgung aus, was die verminderten Risikowerte (grüner Farbton) insbesondere nördlich von Liezen und südlich von Admont belegen.

Für die Interpretation der berechneten Risikogrößen und daraus zu ziehende Schlußfolgerungen ist die genaue Kenntnis der Aussagesicherheit, auf der die verschiedenen Risikowerte basieren, von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grunde wurde zu jedem Gefährdungspotentialwert eine Informationsgehaltsgröße berechnet, indem die Gewichtungen der zugezogenen Einflußgrößen an ihren missing value - Positionen summiert und die verbleibenden Restsummen der Datengewichte graphisch wiedergegeben wurden.

Wie das Kartenblatt das aus allen berechneten Szenarien gemittelten Informationsgehaltes zeigt, wurde auf die Erfassung von Variablenwerten für die oberhalb der eigentlichen Teilagen gelagerten Gebietsbereiche weitgehend verzichtet. Im Kartenbild kommt dies durch Informationsgehalte, die durchweg unterhalb von 25 % liegen, zum Ausdruck. Innerhalb des Ennstales und der betrachteten Nebentäler reduziert sich der Wissensstand, auf den sich die berechneten Risikowerte stützen, in westlicher Richtung. Dies hängt damit zusammen, daß von den für die Risikokalkulation berücksichtigten Größen Datenmaterial zum Teil nur für lokal begrenzte Areale verfügbar war. So zeichnet sich der bodenkundlich auskartierte Gebietsabschnitt Liezens, für den als einzigen Agrardaten in Form von Grün- und Ackerlandgütwerten vorlagen, durch Informationsgehalte oberhalb 80 % deutlich ab. Im zentralen Teil der untersuchten Region fehlten diese Daten, so daß der Informationsgehalt hier im Mittel nur noch auf Werte zwischen 50 und 60 % kam. Etwas höhere Informationsgehalte (60 bis 70 %) konnten in diesem Bereich nur für jene Rasterzellen zugrunde gelegt werden, durch deren Lage der Verlauf der Hauptverkehrsadern nachskizziert wurde. Für den westlichen Ennsabschnitt waren weder Agrardaten noch

Angaben zur Grundwasserüberdeckung verfügbar, mit der Folge, daß Informationsgehalte unterhalb von 50 % hier weit verbreitet waren. Die Abhängigkeit der Absolutwerte des Informationsgehaltes und des Gefährdungspotentials von den verwendeten Datengewichten zeigt sich bei näherer Betrachtung einzelner Szenen und deren Vergleich untereinander ebenso wie in den Karten, auf denen die Variabilität der berechneten Größen dargestellt wurde (im Anhang Ktn.2 u.4). Dabei ist bemerkenswert, daß bereits die Durchführung von zehn Programmläufen mit unterschiedlichen, jeweils nur geringfügig veränderten Datengewichten bis zu 9 % -ige Veränderungen dieser Zielgrößen erbrachte.

Literatur:

THOM,C.(1989):

Erstellung einer Grundwassergefährdungskarte im Rahmen der Naturraumpotentialaufnahme des Bezirks Liezen (Steiermark), 88 S.,21 Ktn.,(unveröffentl.) Diplomarbeit, FU Berlin.

Anhang:

24 digitale Kartenblätter

1: Mittlere Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation

2: Standardabweichungen für die Grundwassergefährdungen aller Szenarien

3: Mittlerer Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte

4: Standardabweichungen für die Informationsgehalte aller Szenarien

5,7,9...,21,23: Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation (Szenarium 1 bis 10)

6,8,10...,22,24: Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte (Szenarium 1 bis 10)

ERSTELLUNG EINER GRUNDWASSERLEITFÄHIGKEITSKARTE
IM RAHMEN DER NATURRAUMQUALITÄTSWERTUNG
DES BEZIRKS URZIBI (STEIERMARK)

Diplomarbeit
vorgelegt dem Fachlehreramt Geowissenschaften
der Freien Universität Berlin
Institut für Geologie

von
Christian Töges

Berlin 1999

**ERSTELLUNG EINER GRUNDWASSERGEFAHRDUNGSKARTE
IM RAHMEN DER NATURRAUMPOTENTIALAUFNAHME
DES BEZIRKS LIEZEN (STEIERMARK)**

**Diplomarbeit
vorgelegt dem Fachbereich Geowissenschaften
der Freien Universität Berlin
Institut für Geologie**

**von
Christian Thom**

Berlin 1989

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

VORWORT	
ZUSAMMENFASSUNG	
1. EINLEITUNG	6
1.1. Das Naturraumpotential	7
1.1.1 <u>Begriffsdefinitionen</u>	7
1.1.2 <u>Philosophie der Naturraumpotential-</u> <u>karten</u>	8
1.1.3 <u>Ausgewählte Beispiele bisheriger</u> <u>Arbeiten</u>	10
1.1.3.1 <u>Naturraumpotentialerfassung</u> <u>in Niedersachsen</u>	10
1.1.3.2 <u>Naturraumpotentialerfassung</u> <u>in der Steiermark</u>	20
1.2 <u>Grundwassergefährdende Größen und</u> <u>wünschenswerte Daten für deren Erfassung</u>	23
1.3 <u>Das Untersuchungsgebiet</u>	27
1.3.1 <u>Geographische Lage und Morphologie</u>	27
1.3.2 <u>Geologischer Überblick</u>	28
2. DIE VERFÜGBAREN DATEN	31
2.1. Datenbeschreibung	31
2.1.1 <u>Hydrologische und hydrogeologische</u> <u>Daten</u>	33
2.1.1.1 <u>Die Abflußdaten</u>	33
2.1.1.2 <u>Die Flurabstandsdaten</u>	35
2.1.2 <u>Daten zur geologischen Situation</u>	36
2.1.2.1 <u>Augebiete</u>	37
2.1.2.2 <u>Moore und Torfe</u>	37
2.1.2.3 <u>Terrassenbildungen</u>	37
2.1.2.4 <u>Schwemmkegel</u>	38
2.1.2.5 <u>Hangschutt</u>	39
2.1.2.6 <u>Moränen</u>	40

2.1.2.7 Verkerstungsfähigkeit der Festgesteine	40
2.1.2.8 Wasserwegigkeit	42
2.1.3 <u>Daten zu bestehenden Nutzungen</u>	43
2.1.3.1 Grünland-/Ackerlandgüte (natürl. Bodenwert)	43
2.1.3.2 Datenmaterial zur Grundwasser- nutzung	44
2.1.3.3 Schutz- und Schongebiete	45
2.1.4 <u>Daten zur Infrastruktur</u>	47
2.1.4.1 Siedlungsgebiete	47
2.1.4.2 Gewerbliche Einzelobjekte	47
2.1.4.3 Industriestandorte	48
2.1.4.4 Bergbau (Salz)	49
2.1.4.5 Straßen- und Eisenbahnverbindungen	49
2.1.4.6 Daten bevölkerungstatistischer Erhebungen	50
2.1.4.6.1 Einwohnerzahlen	50
2.1.4.6.2 Wasserversorgungs- bzw. Abwasserbeseitigungssituation	51
2.1.4.6.3 Wasserrechtlich genehmigte Abwassereinleitungen	51
2.2 Datenaufbereitung und -darstellung	52
2.2.1 <u>Vorarbeiten für die Benutzung von THEMAK2</u>	52
2.2.2 <u>Das Programmsystem THEMAK2</u>	53
2.2.3 <u>THEMAK2 - Einsatz im Rahmen der Diplomarbeit</u>	57
2.2.4 <u>Die digitalen Karten der Einflußgrößen</u>	58
3. DATENVERARBEITUNG	61
3.1 Variablenselektion und -reduktion	61
3.2 Die Delphi - Methode	64
3.2.1 <u>Der methodische Ablauf</u>	64
3.3 Die Variablenengewichtung	66
3.4 <u>Vorarbeiten für die Risikoberechnung</u>	69

3.5 Das Risikoprogramm RISKTAB	70
3.5 Alternativmöglichkeit	72
4. DIE ENDKARTEN	72
4.1. Die thematischen Karten zur Grundwassergefährdung	74
4.1.1 Die Grundwassergefährdungs- karte ("Gesamtrisiko")	74
4.1.2 Der Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte	75
4.2 Die Gefährdungspotentialkarte	76
4.3 Die Karte zur Gefährdung des Grundwassers durch anthropogene Einflüsse	77
4.4 Die Grundwasserschutzwürdigkeitskarte	78
4.5 Vergleich von Grundwassergefährdung und Grundwasserschutzwürdigkeit	80
5. AUSBLICK	81
6. LITERATUR	82
7. ANHANG	88

VORWORT

Die vorliegende Diplomarbeit bildet gemäß der Diplomprüfungsordnung für den Studiengang Geologie-Paläontologie eine Prüfungsleistung zur Verleihung des Diplomgrades.

Für die Vergabe der Diplomarbeit und ihre Betreuung gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. W. Skala.

Bei Herrn Dr. G. Hübel von der Forschungsgesellschaft Joanneum in Graz (Österreich) und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedanke ich mich für das zur Verfügung gestellte Datematerial und die "gewichtige" Unterstützung der Arbeit mit Fachliteratur.

Für ständige Diskussionsbereitschaft und wertvolle Anregungen sowie programmiertechnische Hilfeleistungen sei meinem Kollegen, Herrn Dipl.-Geol. M. Kannenberg, der wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat, besonders gedankt.

Schließlich spreche ich meinen Dank den zahlreichen namentlich nicht genannten Kollegen und Kolleginnen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Institute für Mathematische Geologie, für Kartographie und von der Zentraleinrichtung für Datenverarbeitung der Freien Universität Berlin aus, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden anhand von Datenmaterial aus den unterschiedlichsten naturräumlichen Teilpotentialbereichen digitale Karten berechnet, die die potentiellen Gefahren für das Grundwasser (i.B. das oberste Grundwasserstockwerk) aufzeigen, wie sie sich aus der momentanen Naturraumsituation für ein bestimmtes Testgebiet ergeben. Als Untersuchungsgebiet wurde hierfür der steiermärkische Bezirk Liesan in Österreich gewählt. Außer der "eigentlichen" Grundwassergefährdungskarte, deren Erstellung das primäre Ziel dieser Arbeit war, wurde durch die Berechnung zweier weiterer Risikogrößen versucht, die geogene und die anthropogene Komponente des "Gesamtrisikos" getrennt voneinander herauszustellen. Die vorhandenen Informationen zu den Schutzgebieten und der Grundwassergewinnungssituation des Bezirks wurden in Form einer "Grundwasserachtwürdigkeitskarte" wiedergegeben und deren Aussage mit den Inhalten der Grundwassergefährdungskarte verglichen. Für die Ermittlung der verschiedenen Risikogrößen wurde auf der Grundlage einer modifizierten Delphi - Bewertung der Variablen ein linearer Rechenansatz gewählt und damit zugleich eine adäquate Alternative zu komplizierten multivariaten Lösungsansätzen aufgezeigt.

In ihrem ersten Teil setzt sich die Arbeit abstrakt mit der Naturraumpotentialproblematik auseinander, um anschließend die historische Entwicklung dieses geowissenschaftlichen Kartenkonzeptes anhand ausgewählter Beispiele darzulegen. Als Fallbeispiele wurden hierfür die richtungweisenden Arbeiten Niedersachsens und der Steiermark zusammengetragen und erläutert.

Der Hauptteil der Arbeit beginnt mit einer detaillierten Beschreibung aller verfügbaren Einflußgrößen und führt im folgenden den Weg zur Wiedergabe der aufgenommenen Daten in Form computergestützter digitaler Karten vor Augen. Dabei wurde sowohl auf datenspezifische Probleme als auch auf die verwendete Software (THEMAK2) ausführlich eingegangen. In dem sich anschließenden Teil der Arbeit wird die Bewertung der Variablen und die zugrunde gelegte Methodik (Delphi-prozedur, Risikoprogramm usw.) beschrieben. Der Auswertung der berechneten Risikokarten folgt ein vorausschauender Blick auf möglicherweise zukünftig zu beschreitende Wege auf dem Gebiet der Risikobetrachtung.

1. EINLEITUNG

In einer Zeit, in der materieller Wohlstand von den meisten Leuten als höchstes Lebensziel angesehen wird, läuft die Menschheit in zunehmenden Maße Gefahr, sich durch kurzsichtiges Gewinnstreben die eigene Lebensbasis zu zerstören. Mit der rapiden Weiterentwicklung der modernen Technik in diesem Jahrhundert eröffneten sich vor allem für die Industrienationen ungeahnte Möglichkeiten zur Ausbeutung der Natur. Rohstoffreserven, gleich welcher Art, die noch vor wenigen Jahrzehnten nicht einmal der Nutzung durch den Menschen zugänglich waren, können heute ökonomisch effizient in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen gewonnen werden. Darüber hinaus läßt sich durch den gezielten Einsatz industrieller Errungenschaften (Chemikalien, Maschinen etc.) die wirtschaftliche Produktivität in vielen Bereichen ins nahezu Unermögliche steigern, wie z.B. der Gebrauch künstlicher Düngemittel in der Landwirtschaft zeigt.

Bei allen Annahmlichkeiten, die wir dem technischen Fortschritt seit dem Ende des zweiten Weltkrieges zu verdanken haben, ist den meisten Menschen das Verantwortungsbewußtsein gegenüber der Natur verlorengegangen. Rücksichtsloses Plündern von Lagerstätten, der Raubbau der Böden durch Überdüngung und Monokulturen und das Abholzen ganzer Wälder für den Bau neuer Verkehrsflächen seien hier nur als Beispiel genannt. Hinzu kommt die Belastung von Flora, Fauna und Grundwasser durch Giftstoffe und in immer größeren Mengen anfallenden Müll. Um zukünftig irreparable Umweltschäden vermeiden zu können, denen selbst beim heutigen Stand der Technik kaum mehr beizukommen wäre und um eine Vergeudung von Rohstoffen durch Fehlplanungen zu unterbinden, ist von Seiten der Geowissenschaften das Naturraumpotentialkonzept entwickelt worden. Dessen Ziel ist es, durch das Bereitstellen objektiver Entscheidungshilfen die Nutzung der natürlichen Ressourcen nicht nur wirtschaftlich sinnvoll, sondern auch in einer dem Leistungsvermögen der Natur gerecht werdenden Art und Weise zu ermöglichen. Auf diese Weise leisten die Geowissenschaften ihren Beitrag zu einer vorausschauenden Umweltforschung. Ebenso wie die Erfassung von Gefährdungspotentialen (Georissen) als negatives Naturraumpotential sind alle Bestrebungen auf diesem Gebiet noch im Anfangsstadium.

1.1. Das Naturraumpotential

1.1.1 Begriffsdefinitionen

Als *Naturraumpotential* wird gemäß der Definition von VON DANIELS & LÜTTIG (1982) "die Gesamtheit aller natürlichen Stoffe und Ereignisse der belebten und der unbelebten Natur" bezeichnet, "die auf den Menschen und seinen "Daseinsraum" einwirken oder einwirken können" (vgl. BECKER-PLATEN 1985). "Daseinsraum" des Menschen im Sinne der Definition von MÜLLER (1970) bezeichnet jenen Raum, dessen Gestaltung durch gezielte *Raumplanung*¹ zu einem optimalen Verhältnis zwischen Mensch, Wirtschaft und Natur führen soll. Der Begriff des *Naturraumpotentials*² schließt die "gegenwärtigen Nutzungs- und Produktionsmöglichkeiten" des betrachteten Gebietes ("Erdausschnittes") beim "derzeitigen Stand der Technik" und der aktuellen Wissensbasis der Nutzergruppe ein (BARSCH & RICHTER 1983). Analog zum Potentialbegriff in der Physik definiert er "das (natürliche) Leistungsvermögen" eines Raumes, wobei von "quasi-natürlichen", das heißt dem entsprechenden Geosystem angepassten Förderungsmaßnahmen ausgegangen wird (BARSCH & RICHTER 1983).

Auf einer *Naturraumpotentialkarte* wird die Verteilung der Elemente und des Potentials der Natur innerhalb des betrachteten Raumes zweidimensional dargestellt (BECKER-PLATEN & LÜTTIG 1980).

Das *Naturraumpotential* umfaßt nicht nur den von Seiten der Geowissenschaften betrachteten geogenen Anteil des Naturraumes (*Geopotential* im Sinne LÜTTIGs 1983), sondern es bezieht gleichermaßen Inhalte anderer Fachdisziplinen (Biologie, Hydrologie, Klimakunde usw.) mit ein. In seiner Gesamtheit stellt das naturräumliche Potential keine gleichbleibende Größe dar, sondern ist stets in Verbindung mit den Interessen und technischen Möglichkeiten seiner Nutzer zu sehen. Es setzt sich aus einer mehr oder weniger großen Zahl von Einzelpotentialen zusammen, deren Abgrenzung gegeneinander primär von der zugrunde liegenden Betrachtungsweise und Fragestellung abhängig ist. Da gerade hier subjektive Kriterien eine gewichtige Rolle spielen, ist die Festlegung des "Gesamtpotentials" sehr schwierig. Die Definition des Naturraumes schließt sowohl positive "Komponenten" (Erholungspotential etc.) der natürlichen Umgebung ein, deren Erhaltung die Existenzgrundlage des Menschen bildet, als auch negative Einflüsse (Risiken, Gefahren aller Art, wie z.B. Grundwassergefährdungen oder Naturkatastro-

¹ "Oberbegriff für Raumordnung, Landes-, Regional- und Siedlungsplanung, umfaßt die Leitvorstellungen zur Ordnung und Einbeziehung eines Raumes sowie die Mittel zu ihrer Verwirklichung" (vgl. SCHNEIDER 1981 u. BECKER-PLATEN 1987).

² Die Herkunft des Begriffes *Naturraumpotential* wurde ausführlich von LÜTTIG (1983) beschrieben.

phen), vor denen der Mensch sich zu schützen versucht. Auf der anderen Seite können aber auch stationäre Naturraumfaktoren, wie Lagerstätten, von weitgehend ortsunabhängigen Potentialen, wie etwa Industriestandorten, getrennt werden. Da nahezu alle geogenen Anteile des Naturraumpotentials ortsgebunden und unvermehrbar sind, ist dem Geopotential als naturräumliches Potential des Untergrundes besondere Bedeutung beizumessen. Durch die Überlagerung verschiedener naturräumlicher Größen lassen sich Nutzungs- bzw. Gefährdungspotentiale ableiten.

Für den Begriff des "Risikos" finden sich in der Fachliteratur im wesentlichen zwei unterschiedliche Umschreibungen (u.a. WHYTE & BURTON (1980), CONWAY (1982)), die häufig miteinander verbunden werden. Während einmal Risiko mehr oder weniger als Synonym für Gefahr gebraucht wird, läßt sich der gleiche Begriff auf der anderen Seite als Wahrscheinlichkeitsmaß für das Auftreten eines gefährlichen Ereignisses interpretieren. Beide Gesichtspunkte lassen sich als "Gefahren- bzw. Gefährdungsrisiko" zusammenfassen. Gemeint ist damit in Anlehnung an WHYTE & BURTON (1980) ein quantitativer Schätzwert (Risikowert), anhand dessen Größenordnung Aussagen über mögliche negative Folgen für das Grundwasser getroffen werden können.

1.1.2 Philosophie der Naturraumpotentialkarten

Die Wiedergabe unterschiedlicher naturräumlicher Größen in Form zahlreicher thematisch verschiedener Karten, sogenannter Grundkarten, ist seit den Anfängen naturwissenschaftlicher Forschungen ein traditionelles Beschäftigungsfeld der Geowissenschaftler. Diese Darstellungen liefern dem kartographisch und geologisch vorgebildeten Leser eine Fülle von Informationen, sind jedoch für die praktische Anwendung bisher nur wenig geeignet. Aus diesem Grunde wird seit Anfang der siebziger Jahre (LÜTTIG 1972, LÜTTIG & PFEIFFER 1974) versucht, geowissenschaftliches Kartermaterial des Naturraumpotentials zu erstellen, das auch für den naturwissenschaftlichen Laien verständlich ist. Durch die Reduzierung des Informationsgehaltes solcher Karten auf Inhalte, die für raumplanerische Entscheidungen relevant sind, und eine popularwissenschaftliche Aufbereitung des Fachwissens wird den zuständigen Planungskommissionen und Politikern von Seiten der Geowissenschaften eine wichtige Arbeitsgrundlage für die Bewertung künftiger raumplanerischer Vorhaben zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig wird der interessierten Öffentlichkeit die Möglichkeit gegeben, sich mit dieser Problematik auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse auseinanderzusetzen. Neben der Erstellung von geowissenschaftlichen Basiskarten zu den verschiedenen "Teilaspekten" des Naturraumpotentials, soll die zusammenfassende Betrachtung der

einzelnen Naturraumkomponenten dazu dienen, konkurrierende Nutzungsansprüche verschiedener Interessengruppen rechtzeitig zu erkennen, damit sie bei der Planung berücksichtigt werden können. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß in Zukunft auch von Seiten anderer Fachdisziplinen entsprechendes Kartenmaterial vorgelegt wird, so daß eine möglichst umfassende räumliche Erfassung aller für die Planung notwendigen Grundlagendaten gewährleistet ist. Nur dann lassen sich Raumansprüche aller denkbaren Interessenten gegeneinander abwägen und in gegenseitigen Einvernehmen koordinieren.

Bei Umsetzung dieser Überlegungen in ein anwendungsorientiertes Kartenwerk liegt das im folgenden erläuterte methodische Arbeitsschema (vgl. LÜTTIG 1984 u. 1987) zugrunde. Danach ist die *Geowissenschaftliche Karte des Naturraumpotentials* (GMNEP = geoscientific map of the natural environment's potential) als ein Kartenwerk zu konzipieren, das sich aus Einzelkarten fünf verschiedener Arbeitsebenen zusammensetzt. Obwohl der Naturraumpotentialkartensatz nur in seiner Gesamtheit betrachtet werden sollte, bietet diese Aufspaltung der GMNEP in einzelne Erkenntnisebenen dem Planer die Möglichkeit, die Gedankengänge der Spezialisten leichter zu rekapitulieren und dementsprechend deren Vorschläge besser zu verstehen. Durch das Einbeziehen von Wissen anderer Fachdisziplinen (u.a. Wasservirtschaft, Naturschutz, Klimatologie) und eine regelmäßige Überarbeitung der Auflage soll darüberhinaus sichergestellt werden, daß das Kartenwerk stets den neuesten wissenschaftlichen Kenntnisstand wiedergibt und den sich fortlaufend ändernden Planungsvorgaben gerecht wird.

Zu der ersten "Ebene" gehören die thematischen Grundkarten, auf denen das auf herkömmliche Art und Weise erhobene Fachwissen dargestellt ist. Diese Karten sind allein als Arbeitsgrundlage für den fachkundigen Experten gedacht. Als Beispiele seien hier die traditionellen geologischen, hydrogeologischen und bodenkundlichen Karten genannt.

Auf der zweiten "Ebene" werden Karten erstellt, deren Inhalte auf planungsrelevante Elemente reduziert sind. Die Darstellungen sind gegenüber den Basiskarten vereinfacht (z.B. durch Deckblätter), indem nur die für den Planer interessanten Informationen aus den Grundkarten übernommen werden. So werden beispielsweise aus der hydrogeologischen Grundkarte Karten über bereits in Nutzung begriffenes Grundwasser oder noch ungenutzte Grundwasserpotentiale erarbeitet und aus der Bodenkarte Gebiete mit besonders hohem Ertragspotential herausgestellt.

Die dritte Arbeitsstufe liefert die sogenannten Nutzungs- Empfehlungen- bzw. Anspruchskarten. Diese sollen dem Planer die in einem bestimmten Gebiet wichtigsten Naturraumpotentiale aufzeigen, so daß diesen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden kann. Auf dieser "Ebene" versucht der Spezialist dem Planer zu verdeutlichen,

welchen Potentialen seiner Fachdisziplin auf jeden Fall Priorität gegenüber anderen Ansprüchen eingeräumt werden soll. Zu dieser Kategorie zählen Darstellungen existierender und geplanter Natur- und Landschaftsschutzgebiete ebenso wie Karten schutzwürdiger Lagerstätten (Rohstoffsicherungsgebiete).

Die Konfliktkarte der vierten Arbeitsstufe resultiert aus der Übereinanderprojektion der Anspruchskarten des vorhergehenden Stadiums. Sie führt dem Planer die Gebiete vor Augen, in denen aufgrund sich überlagernder Nutzungsansprüche Interessenkonflikte zu erwarten sind. Da gerade die Konfliktkarte den Planer vor Probleme stellt, für deren Bewältigung ihm zumeist der nötige Überblick fehlt, wurde wiederholt die verstärkte Beteiligung der Geowissenschaftler am Planungsprozeß gefordert (vgl. LÜTTIG & PFLEIFER 1974).

Die Karte der vorrangigen Nutzungsansprüche als letzte Stufe enthält die auf der Grundlage der Konfliktkarte(n) und ihrer eingehenden Diskussion von Expertenseite vorgeschlagenen Nutzungsempfehlungen. Sie bildet die wissenschaftliche Basis für eine vernünftige Planungsentscheidung, ist also nicht identisch mit der entgeltigen Planungskarte. Die Nutzungsvorschläge beruhen allein auf den geologischen Gegebenheiten des Naturraumes und berücksichtigen fachfremdes Wissen wie Konjunkturlage, Rohstoffmarkt etc. nach subjektiver Einschätzung der beurteilenden Geowissenschaftler.

Durch die Naturraumpotentialkarte können geowissenschaftliche Erkenntnisse schneller und besser als bisher in die Planung eingehen. Dieses sichert dem Erdwissenschaftler eine direktere und klarere Beteiligung bei der Vorsorge für die Zukunft zu. Die naturräumlichen Gegebenheiten können von Seiten der Planung nicht mehr ohne weiteres übergangen werden, wenn detaillierte und dennoch verständliche Aussagen darüber vorliegen.

1.1.3 Ausgewählte Beispiele bisheriger Arbeit

1.1.3.1 Naturraumpotentialerfassung in Niedersachsen

Das erste Kartenwerk mit der Zielsetzung, den obigen Gesichtspunkten gerecht zu werden, wurde in der Bundesrepublik Deutschland Anfang der siebziger Jahre in Auftrag gegeben. Im Rahmen einer vom niedersächsischen Wirtschaftsministerium ausgeschriebenen Anzeige für geeignete Standorte von Industriensiedlungen wurden drei kleinmaßstäbliche Naturraumpotentialkarten (im Maßstab 1:1000000) in einem Atlas des Bundeslandes publiziert, auf denen die für die Standortsuche wichtigsten Geopotentiale aufgezeigt wurden (LÜTTIG 1972).

Gegenstand der ersten Karte (Abb.1) war die Darstellung wichtiger Informationen über das Grundwasser, die Böden und den Baugrund Niedersachsens. Gegenüber früheren Veröffentlichungen naturräumlicher Erhebungen zeigte bereits dieses Kartenblatt deutliche Fortschritte. Obwohl immer noch versucht wurde, verhältnismäßig viele Informationen auf einer Karte unterzubringen, läßt sich die Bemühung des Autors vornehmlich für die Planung (in diesem Fall: geeignete Industriestandorte zu finden) relevantes Wissen kartographisch zu erfassen, nicht übersehen.

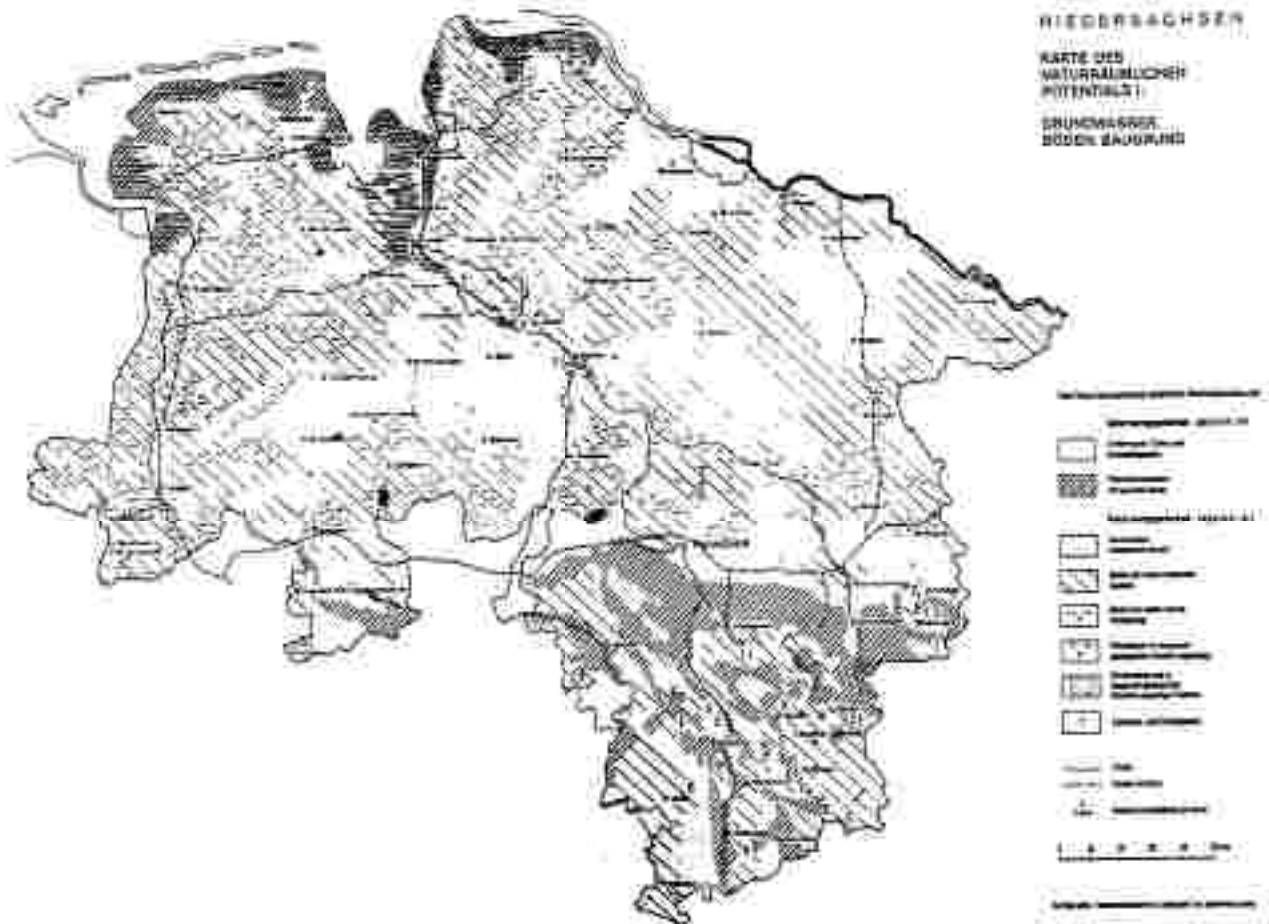


Abb 1.: Karte des Naturräumlichen Potentials I
(aus LÜTTIG 1972)

So unterscheidet LÜTTIG (1972) innerhalb der Kartenlegende zunächst zwischen Naturraumgegebenheiten positiver und negativer Art und bezieht dann (im folgenden die dargestellten Inhalte auf mögliche Nutzungsansprüche. Aussagen über das Grundwasser beschränken sich auf die Ausweisung von Schutz- und Schongebieten (vgl. 2.1.3.3), daneben werden aber auch Areale hervorgehoben, die wegen Versalzung des Grundwassers für die Trinkwassergewinnung un-

Ebenso wie in den von LÜTTIG & PFLEIFER (1974) weiterentwickelten Naturraumpotentialkarten führen die Karten des Industrieanneidungsatlanten lediglich die geologische Sichtweise des Untersuchungsgebietes vor Augen. Aus diesem Grunde fanden Forderungen anderer Fachdisziplinen in beiden Werken noch keine Berücksichtigung.

In dem Kartenwerk von 1974 bleibt die Darstellung des Naturraumpotentials auf Nordniedersachsen beschränkt. Wiederum im Maßstab 1 : 1 Mio. wird das Geopotential dieses Mal auf fünf Einzelkarten wiedergegeben. Auf einer bodenkundlichen Standortkarte wurden Standorteinheiten im Hinblick auf Klima, Landschaft und Bodentyp klassifiziert, zugleich aber auch die sich daraus ergebenden Nutzungsmöglichkeiten aufgezeigt. Die Rohstoffsituation des Untersuchungsgebietes veranschaulichen zwei Kartenblätter. Nach qualitativen Gesichtspunkten abgestuft enthält die Karte der oberflächennahen Lagerstätten wichtige Steine und Erden - Vorkommen, während die tiefer liegenden Rohstoffe (subsurface deposits) auf einer eigenen Karte erscheinen. Im Gegensatz zur Darstellungweise im Industrieanneidungsatlas (LÜTTIG 1972) wurden die Aussagen über die für Niedersachsen wichtigen Salzvorkommen weiter differenziert (Tiefenlage der Salzstöcke wird mit angegeben!).

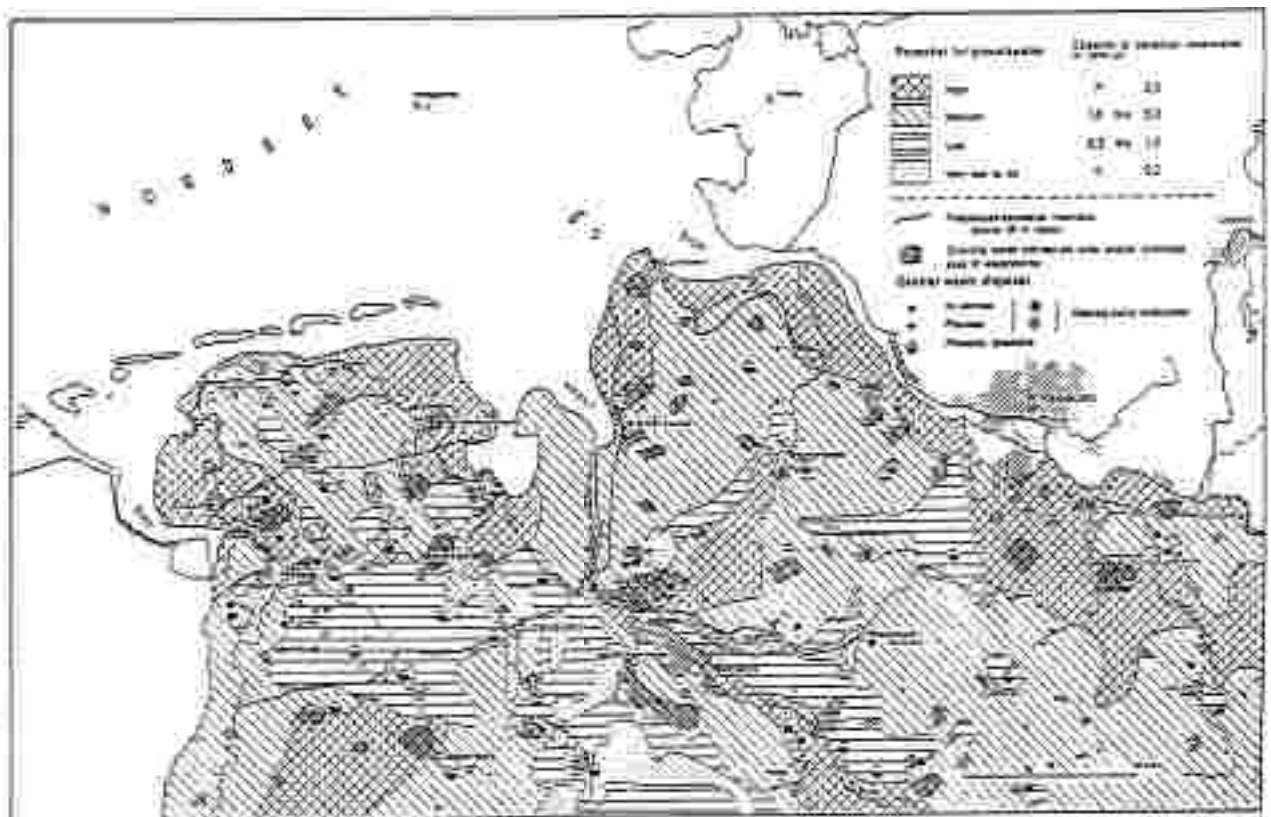


Abb. 4: "Grundwasserkarte" aus LÜTTIG & PFLEIFER (1974)

Die vorletzte Karte mit Angaben zum Grundwasser (Abb. 4) und vorhandenen bzw. geplanten Deponiestandorten schließt gegenüber der Publikation von LÜTTIG (1972) zusätzliche Informationen über die Qualität der wassererfüllten Grundwasserleiter (Aquifere) ein.

Bezogen auf die Kapazität potentieller Grundwassererfassungsanlagen wurde die "Grundwasserhöflichkeit" (groundwater potential bei BECKER-PLATEN et al. 1979) unterteilt in vier Klassen wiedergegeben. Die Karte der vorrangigen Nutzung entspricht in seiner Konzeption der Version im Industrieansiedlungsatlas.

Diese ersten Naturraumpotentialkartenwerke wurden von Seiten der Planungsbehörden mit großen Interesse aufgenommen. Aus diesem Grunde konnte 1975 damit begonnen werden, ein flächendeckendes Übersichtswerk für ganz Niedersachsen zu erstellen. Zunächst im Maßstab 1 : 500000 ausgelegt, wurden in den Folgejahren insgesamt 12 Karten im Maßstab 1 : 200000 fertiggestellt (vgl. BECKER-PLATEN 1983 u. 1985). Neben weiteren inhaltlichen Verbesserungen der Einzelkarten durch die Erweiterung des Bearbeiterkreises (erstmalig auch Nicht-Geowissenschaftler) und der zum ersten Mal realisierten größermaßstäblichen Darstellung wurde das kartographische Layout neu überarbeitet. So wurde einerseits durch Vereinheitlichung des erläuternden Kartenteiles in Form von Generallegenden die Möglichkeit geschaffen, jede Karte nachträglich zu ergänzen und andererseits durch zusätzliche Codierungen der dargestellten Objekte durch Zahlen, Buchstaben o.ä. die Lesbarkeit der Karten als Schwarz - Weiß - Druck oder Lichtpause verbessert. Dabei konnten nicht unbeträchtliche finanzielle Einsparungen erzielt werden. Daß diese Teilpotentialkarten ausschließlich als Hilfsmittel für großräumige Planungsentscheidungen gedacht sind und nicht für Detailausagen herangezogen werden sollten, wurde auf den Karten durch einen entsprechenden Passus vermerkt. Der unter dem Titel "Geowissenschaftliche Karten des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200000" herausgegebene Kartensatz⁴ (BECKER-PLATEN 1983) enthält neben Einzelblättern zu den Themenbereichen Rohstofficherung, Grundwasser, Bodenkunde und Baugrundplanung eine Karte "schutzwürdiger geowissenschaftlicher Objekte" sowie als Kartenunterlage für künftige Planungsentscheidungen die Darstellung der "vorrangigen Nutzungen aus geowissenschaftlicher Sicht".

Da über die Inhalte der Karten dieses Naturraumpotentialwerkes an anderer Stelle bereits ausführlich berichtet wurde (BECKER-PLATEN 1983), soll hier nur in kurzer Form darauf eingegangen werden. Lediglich die Darstellung des "Teilpotentials" Grundwasser, dessen Gefährdung zentrales Thema der vorliegenden Arbeit ist, soll im folgenden detaillierter betrachtet werden:

⁴ Als thematische Grundkarten im Sinne LÜTTIG (1980) dienen dabei unter anderem die Geologische Übersichtskarte (OK 100) und die Bodenkundliche Standortkarte (BK 200) Niedersachsens, die bei MEYER (1983) bzw. BECKER-PLATEN & LÜTTIG (1980) näher erläutert sind.

Als unentbehrliche Lebensgrundlage für Mensch, Tier und Pflanze kommt dem Teilpotential Grundwasser eine besondere Bedeutung zu. Betrachtet man den täglichen Bedarf an qualitativ hochwertigem Trinkwasser pro Einwohner und Tag (ca. 60 - 65 l (HADITSCH 1965)) und daneben das hohe Wasseraufkommen für Landwirtschaft und Industrie, so wird schnell verständlich, daß dem Grundwasserschutz ebenso wie einer vernünftigen Nutzung des vorhandenen Grundwassers höchste Priorität einzuräumen ist. Aus diesem Grunde ist die Darstellung der Grundwassergefährdung neben anderen hydrogeologischen Gegebenheiten als wichtige Grundlage künftiger planerischer Überlegungen anzusehen.

Während die weiter oben erwähnten Naturraumpotentialarbeiten von LÜTTIG (1972) und LÜTTIG & FFEIFFER (1974) auf wenige Aussagen über die Grundwasserverhältnisse beschränkt bleiben (Versalzung, Grundwasserhöflichkeit) und die mögliche Gefährdung des Grundwassers durch Verunreinigungen von der Erdoberfläche her völlig vernachlässigen, wurden im Rahmen der "Geowissenschaftlichen Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200000" erstmals zwei Grundwasserkarten entwickelt, die den generellen Anforderungen an derartige Karten entsprachen (vgl. 1.1.2). Sie informierten über Menge und Qualität des Grundwassers und nahmen darüberhinaus Bezug auf mögliche Grundwassergefährdungen (JOSOPAIT 1981).

Die Karte "Grundwasser - Grundlagen" (Abb.5) enthält neben Angaben zur Gefährdung des Grundwassers Informationen über die Grundwasserneubildung, die Entnahmebedingungen (Brunnenergiebigkeit), die Grundwasserbewegung und den Salzgehalt als spezielles niedersächsisches Problem.

In dem genannten Naturraumpotentialkartenwerk wurde die mögliche Gefahr für das Grundwasser lediglich anhand der Durchlässigkeit und Mächtigkeit der Schichten bewertet, die das oberste Grundwasserstockwerk überdecken. Andere Einflußgrößen, die den Grad der Grundwassergefährdung ebenso mitbestimmen, wurden zwar, wie die "Grundlagen" - Karte zeigt, kartographisch erfaßt, jedoch beim Bemessen des Gefahrenrisikos nicht berücksichtigt. Auf der genannten Karte wurde das Risiko einer Grundwassergefährdung unter Verwendung bodenkundlicher und geologischer Grundkarten, die Aussagen bis in eine Tiefe von zwei Metern zuließen, anhand des Datenmaterials von Bohrungen und Sondierungen sowie ausgewerteter Grundwasserstandsdaten in drei Klassen unterteilt dargestellt (vgl. Abb.5).

Für die Kartendarstellung wurden die gleichen Flächenfarben verwendet wie für die Grundwasserneubildung, jedoch je nach Größe des Gefährdungsrisikos in unterschiedlicher Farbintensität. Daraus möglicherweise resultierende Unübersichtlichkeiten schließt der Autor aus, da sowohl die Grundwasserneubildung, die sich aus der Differenz von Niederschlag minus Verdunstung minus Direktabfluß

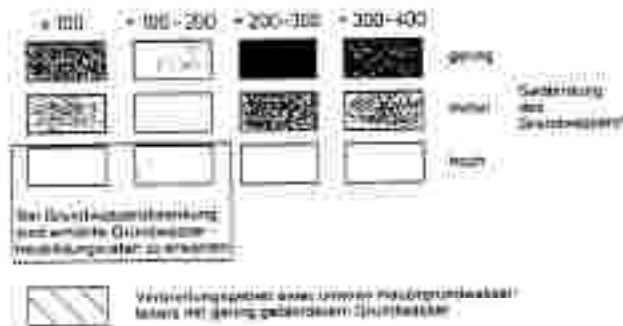
ergibt, als auch das Gefährdungspotential von der Bodenart abhängen.



Geographische Topographische Übersichtskarte 1:200 000 Blatt 33 325 Braunschweig

Grundwasserneubildung und Gefährdung des Grundwassers

Grundwasserneubildungsgrade (mmal in langjährigen Mittel)



So die Messung der Grundwasser durch Grundwasserleiterschichten. Sicheres werden Versickerungen in unterschiedlichen Maße möglich oder nicht möglich.

Die Gefährdung des Grundwassers im oberen Hauptgrundwasserleiter wird nicht nur durch die Permeabilität und den Grad der Grundwasserneubildung beeinflusst.

		Bewegung des Grundwassers	
gering	Sand 1-10 m Gering durchlässige Gesteine 5 m (z.B. Ton, Schluff, Tonstein)		Grundwasserneubildung im oberen Hauptgrundwasserleiter ist durch den geringen Grundwasserstand, so es ist.
mittel	Sand 1-10 m Gering durchlässige Gesteine 10 m (z.B. Ton, Schluff, Tonstein)		Grundwasserneubildung durch Grundwasserstand nicht möglich.
hoch	Sand 1-5 m Bei Grundwasserneubildung (z.B. Kies, Schluff oder verfestigtes Sandstein)		

Bewertung der Grundwasserleiter

- Unzureichende Grundwasserneubildung im Lockergestein. Bei sehr hohem Grundwasserstand (20 m TN) Grundwasserleiter nicht bis gering durchlässig unterirdisch getrennt.
- Gute Grundwasserneubildung im Lockergestein. Bei hohem Grundwasserstand (10 bis 100 m TN) bei ausreichender Grundwasserneubildung je nach Standort zur Erhaltung großer Grundwasserneubildung.
- Sehr gute Grundwasserneubildung im Lockergestein. Bei hohem Grundwasserstand (10 bis 100 m TN) bei ausreichender Grundwasserneubildung je nach Standort zur Erhaltung großer Grundwasserneubildung besonders gut geeignet.
- Unzureichende Grundwasserneubildung (maximal 1-250 mg/l) in Grundwasserleiter der Trinkwasserneubildung möglich.
- Grundwasserleiter vollständig oder fast vollständig versalzen (250 mg/l Cl⁻).
- Grundwasserneubildung ist bei Regen nicht möglich.

Abb.5 : Ausschnitt aus dem Kartenblatt und der Legende zur Karte Grundwasser - Grundlagen (Bl. Braunschweig / aus BECKER-PLATES 1985)

Aus diesem Grunde kommt es nach JOSOPAIT (1983) kaum zu Überschneidungen unterschiedlich kategorisierter Gebiete der Grundwasserneubildung und -gefährdung. Durch eine zusätzliche Schraffur gekennzeichnet, lassen sich gering gefährdete tiefer liegende Grundwasserleiter dem Kartenblatt entnehmen.

Die Teilkarte "Grundwasser - Nutzung" (Abb. 6), die am ehesten vergleichbar ist mit der Grundwassergewinnungskarte im Anhang dieser Arbeit, gibt dem Trinkwasser- und Heilquellenschutz vorbehalten Gebiete wieder und veranschaulicht die derzeitige Entnahmesituation des Grundwassers durch die verschiedenen Interessengruppen. Außerdem werden Einzugsgebiete existierender oder geplanter Wasserwerke ausgewiesen und bestehende Nutzungskapazitäten ebenso wie die geschätzten Vorräte zahlenmäßig angeführt. Zwei Auswertungskarten der Standortkarte BSK 200 decken innerhalb des Kartenwerkes bodenkundliche Fragestellungen ab. Auf der "Karte der Trockengefährdung" wurde anhand der für Pflanzen verfügbaren Bodenwassermenge und der klimatischen Wasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung) eine siebenstufige standortbezogene Beurteilung dieser für Böden wichtigen Standorteigenenschaft vorgenommen (keine bis sehr hohe Trockengefährdung). Die andere "Bodenkarte" enthält Angaben zum landwirtschaftlichen Ertragspotential bei Ackerland- bzw. Grünlandnutzung (vgl. 2.1.3.1).

Mit der sogenannten Baugrundplanungskarte werden wichtige ingenieurgeologische Informationen über die Tragfähigkeit des oberflächennahen Baugrundes gegeben.

Mit insgesamt fünf Einzelblättern bildet die Darstellung des niedersächsischen Rohstoffpotentials das Kernstück dieses naturräumlichen Atlanten. Obwohl die zunehmende Verringerung der natürlichen Rohstoffe eine präzise Betrachtung dieses Potentials rechtfertigt, ist die ausgiebige Behandlung dieses Themenbereiches sicherlich auch als Reminiscenz an jene Wirtschaftsunternehmen zu verstehen, auf deren finanzielle Unterstützung bei der Durchführung derartiger Projekte nicht verzichtet werden kann⁵ Im einzelnen beinhaltet der Naturraumpotentialatlas von Niedersachsen und Bremen folgende Lagerstättenkarten:







1. Oberflächennahe Rohstoffe -- Lagerstätten und Vorkommen
2. Oberflächennahe Rohstoffe -- Rohstoffsicherungsgebiete
3. Tiefliegende Rohstoffe -- Erze, Steinkohle, Industrieminerale
4. Tiefliegende Rohstoffe -- Salz
5. Tiefliegende Rohstoffe -- Erdgas, Erdöl

⁵ Dem Anspruch der Rohstoffwirtschaft wird speziell durch sog. Landnutzungskarten Rechnung getragen, auf denen konkurrierende Nutzungsansprüche zur Rohstoffsicherung aufgeweigt werden (BECKEN-PLATZ et al. 1988).



Kartengrundlage: Topographische Übersichtskarte 1 : 100 000, Blatt CC 2626 Braunschweig

Öffentliche Wasserversorgung

-  Trinkwasserschutzgebiet, festgesetzt bzw. in Verfahren
-  Heilquellen-schutzgebiet, festgesetzt bzw. in Verfahren
-  Einzugsgebiet eines bestehenden, in Bau befindlichen oder geplanten Wasserwerks
-  Wirkliche Grundwasserzonen, für die Trinkwasserversorgung gut geeignet
-  Bereiche, in denen bzw. benachbarte Grundwasserzonen eines Wasserwerks in 4,5 m Tiefe
-  Bereiche, in denen bzw. benachbarte Grundwasserzonen in 6 m Tiefe

Landwirtschaftliche und industrielle Erntemaschinen



-  Gebiete mit ständiger Erntemaschine für landwirtschaftliche Benutzung
-  Standorte größerer industrieller Erntemaschinen

Abb. 6 : Ausschnitt aus dem Kartenblatt und der Legende zur Karte Grundwasser - Nutzung (Bl. Braunschweig / aus BECKER-PLATEN 1985)

Auf der Karte der schutzwürdigen geowissenschaftlichen Objekte sind Musteraufschlüsse, besonders geomorphologische Formen, aber auch ehemalige Gewinnungs- und Verarbeitungsstätten verzeichnet, deren Erhaltung als Natur- bzw. technisches Kulturgut von erdwissenschaftlicher Seite gefordert wird.

Das abschließende Blatt dieses naturräumlichen Kartenwerkes bildet auch hier wieder eine Karte der vorrangigen Nutzungen aus geowissenschaftlicher Sicht. Dazu wurden die wichtigsten Nutzungsmöglichkeiten aus den Einzelblättern herausgearbeitet und in Form einer Konfliktkarte übereinanderprojiziert. Die fachkundige Abwägung der möglichen Nutzungen unter Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten liefert schließlich die vorliegende "Endkarte", als eine wichtige Entscheidungshilfe zum Bewerten künftiger planerischer Vorhaben (VON DANIELS & LÜTTIG 1982).

Während Niedersachsen mit der Durchführung der in diesem Kapitel beschriebenen Naturraumpotentialerhebungen wesentlich zur Grundlagenforschung auf diesem Gebiet beigetragen hat, sind vergleichbare Projekte in anderen Bundesländern Deutschlands selten². Erwähnt sei in diesem Zusammenhang die Geopotentialerfassung Nordrhein - Westfalens (BURGHARDT 1981). Hier wurden die "wichtigsten" Geopotentiale in einer Karte dargestellt und zusätzliche Informationen getrennt nach Landesteilen tabellarisch zusammengefaßt.

1.1.3.2 Naturraumpotentialerfassung in der Steiermark

Ähnlich wie Niedersachsen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland leistete die Steiermark für Österreich wertvolle Pionierarbeit auf dem Gebiet der systematischen Erfassung des naturräumlichen Potentials.

Die ersten Schritte auf diesem Gebiet, wenn auch noch unter anderem Namen, wurden bereits Anfang der vierziger Jahre unternommen, als von Seiten der "Arbeitsgemeinschaft für Raumforschung in Berlin" Wissenschaftler der verschiedensten Fachdisziplinen beauftragt wurden, "Richtlinien für die künftige Gestaltung" der südöstlichen Steiermark zu erarbeiten (vgl. WINKLER-HERMADEN 1943). Knapp zehn Jahre später veröffentlichte die technische Hochschule in Graz für fünf steirische Bezirke, darunter auch Liezen, sogenannte "baugeologische Karten". Inhaltlich ließen diese Darstellungen, u.a. von Sand-, Ton- und Kiesvorkommen, neben einer vereinfachten Geologie ebenfalls schon den Grundgedanken der späteren Naturraumpotentialkarten erkennen (BRANDL & HAUSER 1952).

Naturraumpotentialaktivitäten mit dem Ziel, Umweltschutz und Rohstoffsicherung sinnvoll zu koordinieren, nahmen in der Steiermark Ende der siebziger Jahre ihren Anfang. Ausgelöst durch eine vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung 1978 veranstaltete Informationstagung, wurde zunächst für ganz Österreich ein flächendeckendes Naturraumpotentialkartenwerk vorgeschlagen, das das Staatsgebiet in den Maßstäben 1 : 200000 und 1 : 50000 erfassen sollte. Nicht zuletzt aus personellen und finanziellen Erwä-

² Einen Überblick über naturräumliche Aktivitäten außerhalb Niedersachsens liefern z.B. BRECKEN-PLATEN & LÜTTIG (1985).

gungen wurde diese Idee jedoch wieder verworfen und stattdessen den Erhebungen des naturräumlichen Potentials ausgewählter Landesteile Priorität eingeräumt (vgl. GRÄF 1986). Innerhalb Österreichs ist die Steiermark seitdem federführend bei der Durchführung von Modellstudien.

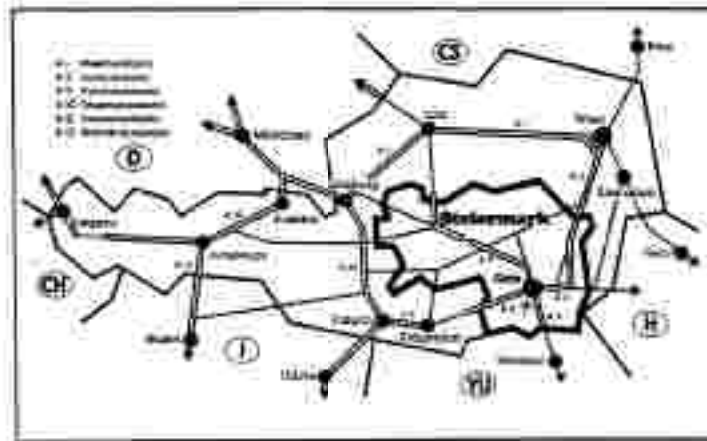


Abb.7 : Geographische Lage der Steiermark innerhalb Österreichs

Als Pilotprojekt wurde unter der Leitung der Forschungsgesellschaft Joanneum (Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie) und mit finanzieller Unterstützung aus dem Landes- und Bundeshaushalt in den Jahren von 1979 bis 1982 das naturräumliche Potential des Bezirks Radkersburg erfaßt und in Bericht- und Kartenform publiziert (ARBEITER-CZERNY et al. 1983). Einer engen Kooperation der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Forschungsgesellschaft mit den verschiedensten Bundes- und Landesbehörden, Planungsgremien und privaten Einrichtungen war es dabei zu verdanken, daß nicht nur ein umfangreicher Datenpool zusammengetragen werden konnte, sondern auch anwendungsbezogene Fragestellungen hinreichend berücksichtigt wurden.

Im einzelnen enthält der Naturraumpotentialatlas des Bezirks Radkersburg achtzehn Karten zu den Teilgebieten Geologie/Rohstoffgeologie/Baugeologie, Hydrologie und Hydrogeologie, Morphologie, Bodenkunde und Naturschutz. Darüberhinaus wurden im Unterschied zum niedersächsischen Vorbild zusätzlich fünf Klimakarten und eine Vegetationskarte erstellt, die wie alle anderen Karten auch im Originalbericht im Maßstab 1 : 25000 vorliegen. Einen Überblick über die Einzeldarstellungen der verschiedenen Teilpotentiale gibt die nachfolgende Tabelle (vgl. GRÄF 1986):

GEOLOGIE:

- Geologische Grundkarte
- Aufschlußkarte
- Bohrpunktkarte
- Karte des Tertiärreliefs
- Karte der Quartärmächtigkeit
- Karte der Kies - Sand - Mächtigkeit
- Karte der Kien-, Sand- und
Lehmgruben und der Steinbrüche
- Böschungswinkelkarte
- Baurisikokarte

HYDROLOGIE / HYDROGEOLOGIE:

- Gewässergütakarta
- Grundwasserkarten (GW -schichtenlinien,
-überdeckung, Grundwasserstände)
- Artesische Brunnen

BODENKUNDE:

- Angewandte Bodenkarten (Bodentyp, Bodenschwere,
Wasserverhältnisse, Erosion)
- Bodenwertkarte

NATURSCHUTZ i. w. S.:

- Karte der Schutzgebiete

KLIMA:

- Kaltluftkarte
- Temperaturmaximalkarte
- Temperaturgunstzonenkarte
- Besonnungskarte
- Sonnenscheindauer
- Schneeverhältnisse
- Niederschlagsverhältnisse
- Windverhältnisse
- Nebelverhältnisse

VEGETATION:

- Vegetationskarte
- Auwaldkartierung

In den Folgejahren erschienen weitere Naturraumpotentialarbeiten der Bezirke Graz und Graz-Umgebung, Leibnitz und Deutschlandsberg. Unter besonderer Berücksichtigung rohstoffwirtschaftlicher Gesichtspunkte wurden die Naturräume Mürzzuschlag, Voitsberg und das Murtal erfasst⁷.

Heute sind Naturraumpotentialerhebungen für fast alle steirischen Regionen im Gange oder bereits abgeschlossen⁸. Da jedoch nicht wenige Untersuchungsergebnisse bisher nur als "quasi handgeschriebenes Manuskript" vorliegen, steht eine Veröffentlichung dieser Arbeiten noch aus.

Entsprechend den Statuten des Steirischen Rohstoffplanes von 1984, in denen der Ortsgebundenheit von Lagerstätten bei raumplanerischen Entscheidungen die höchste Priorität eingeräumt wird, steht beim Erfassen des naturräumlichen Potentials der Steiermark die Rohstoffforschung im Vordergrund.

Um die aus den unterschiedlichsten Teilpotentialaufnahmen entstehenden Daten in optimaler Weise erfassen, weiterverarbeiten und darstellen zu können, wurde parallel zur Naturraumpotentialkartierung im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung und des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung in den Jahren von 1981 bis 1985 ein sogenanntes Geo-Informationssystem entwickelt (KAINZ & RANZINGER 1981 u. 1984). Im Gegensatz zu herkömmlichen Datenbanken bietet das Geo-Informationssystem zusätzlich die Möglichkeit, thematische Variablen mit graphischen Datenelementen zu verknüpfen. DESBOD (Digitale Erfassung, Speicherung und Bearbeitung ortsbezogener Daten) bietet vielfältige Möglichkeiten insbesondere auf dem Gebiet der Datenverwaltung und -auswertung. Darüberhinaus können über eine Schnittstelle zu einem Bildverarbeitungssystem (DIBAG) Fernerkundungsdaten mit DESBOD analysiert werden. DESBOD wurde unter anderem im Rahmen einer Eignungsbewertung für regionale Deponiestandorte anhand der in digitalisierter Form vorliegenden Daten des Bezirks Radkersburg erfolgreich getestet (KAINZ & RANZINGER 1984). Ebenfalls auf der Grundlage von Naturraumdaten wurde der Bezirk Leibnitz auf seine Erholungseignung hin untersucht (Projekt NURMIS - Sicherungskarten Leibnitz / vgl. HÖNIG et al. 1984).

1.2 Grundwassergefährdende Größen und wünschenswerte Daten für deren Erfassung

Um die zum Erstellen einer Grundwassergefährdungskarte wünschenswerten Daten benennen zu können, ist zunächst einmal notwendig

⁷ Eine Zusammenstellung der dazu veröffentlichten Berichte und Kartowerte ist dem Literaturverzeichnis von GRÄP (1986) zu entnehmen.

⁸ nach schriftlicher Mitteilung von Herrn Dr. MÜSEL von der Forschungsanstalt Joanneum

aufzuzeigen, welche Faktoren gefährdend auf das Grundwasser einwirken. Dabei lassen sich direkte und indirekte Einflüsse auf das Grundwasser unterscheiden, deren Zusammenwirken maßgeblich die mögliche Schädigung des Grundwassers steuert. Während die direkten Einflußgrößen das Gefährdungsrisiko für das Grundwasser erheblich erhöhen, bedürfen die indirekt wirkenden Faktoren gewissermaßen einer Initialzündung, um letztendlich eine Grundwasserbelastung mit zu verursachen. Diese ist zumeist durch die direkten Einflüsse gegeben.

Zu den direkt das Grundwasser gefährdenden Größen gehören die meisten anthropogen vorgenommenen Eingriffe in die Natur. Hier sind in erster Linie die im Zusammenhang mit dem Betrieb von Industrie- und Kläranlagen anfallenden Abwässer (bes. leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW)) und giftigen Schlammes zu nennen, die häufig aus Gründen der Kostenersparnis in die Oberflächengewässer geleitet werden oder durch Verregnung über das Erdreich ins Grundwasser gelangen. Ebenso wirken die industriellen Abgase, die als saurer Regen das Ökosystem schädigen. Die Grundwassergefährdung ist dabei einerseits durch die Schwermetalleinbringung über das Oberflächenwasser gegeben, das mit dem Grundwasser kommuniziert und auf der anderen Seite bedingen veränderte Bodeneigenschaften ein höheres Gefährdungsrisiko². Neben den Gefahren für das Grundwasser, die von der Industrie ausgehen, liefern die zu entsorgenden Haushaltsabfälle (Chemikalien, Waschmittel etc.) der Siedlungsgebiete, sei es als Müll oder Abwassereinleitung, eine weitere direkte Risikogröße. So sind Mülldeponien praktisch immer als potentielle Grundwasserverunreiniger anzusehen, da eine ausreichende Versiegelung des Untergrundes nur in den seltensten Fällen gewährleistet ist. Darüberhinaus ist Haushaltsmüll extrem porös und entsprechend durchlässig für Schadstoffe. Die in den Abwassereinleitungen der Haushalte enthaltenen Giftstoffe für das Grundwasser gewinnen gerade in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung, da viele Kanalisationsnetze inzwischen undicht und daher längst sanierungsbedürftig geworden sind (vgl. PECHER 1988, WINKLER 1988).

Mit dem übertriebenen Kunstdüngereinsatz und der häufig bis unterhalb des Grundwasserspiegels betriebenen Ausbeutung von Massenrohstoffen (Sande, Kiese etc.) gehen weitere direkte Gefährdungsrisiken von der Landwirtschaft und dem Bergbau aus. Während die Überdüngung der Felder und Wiesen unter anderem zu erhöhten Nitratkonzentrationen im Grundwasser führt, die eine Nutzung desselben zur Trinkwassergewinnung verbieten, eröffnet sich durch den tiefrei-

² Man weiß heute, daß mit der Abnahme des pH-Wertes im Boden das Absorptionsvermögen für Schwermetalle sinkt. Dieses hat zur Folge, daß sowohl erst das saure Niederschlags- als auch in den Boden eingetragene Schadstoffe nicht mehr gebunden werden können, als auch eine Immobilisation bereits fixierter Nitrats als zusätzliche Gefährdungswirkung nicht auszuschließen ist (MARTICCH 1995).

ehenden Tagebau im Montanbereich ("Naßbaggerungen") für das freizutage tretende Grundwasser (Baggerseen u.s.) eine neue Gefahrenquelle unkontrollierter Verschmutzungen.

Um eine sinnvolle Grundwassergefährdungskarte anfertigen zu können, ist die möglichst genaue Kenntnis der Infrastruktur des zu untersuchenden Testgebietes unverzichtbar. So sollte auf jeden Fall Datenmaterial über Industrie- und Deponiestandorte, Kläranlagen und Abwassereinleitungen zur Verfügung stehen. Ferner sollten Informationen über besiedelte Gebiete und deren Abwasserentsorgung genauso wenig fehlen, wie aus den genannten Gründen die Lage von Bergbauern und landwirtschaftlichen Nutzflächen bekannt sein sollte. Schließlich sollten die Hauptverkehrsadern des Untersuchungsgebietes bekannt sein, da vor allem durch die viel befahrenen Autostraßen nicht zu vernachlässigende Gefahrenquellen für das Grundwasser gegeben sind (Verschmutzungen durch Mineralölprodukte, Streusalzaufbringung, Versiegelung der Landschaft und damit gehinderte Grundwasserneubildung etc./ vgl. TOLLIMANN 1986a).

Während die Zahl der direkten Risiken für das Grundwasser insgesamt gesehen noch überschaubar ist, läßt sich die Zahl der Variablen, die gegebenenfalls einer Verunreinigung des Grundwassers zuträglich sind, kaum ermessen. Hydrologische und hydrogeologische Kenngrößen repräsentieren neben der geologischen Situation des betrachteten Areals und einigen bodenkundlichen Parametern im wesentlichen die sich indirekt auf das Grundwasser auswirkenden Faktoren.

Aus dem Teilbereich Hydrologie/Hydrogeologie sind alle Einflußgrößen von Interesse, die Aussagen über die Tiefenlage und die Verteilung des Grundwassers im Untergrund ermöglichen. So beschreiben Spiegelpläne mit Angaben höchster und niedrigster Grundwasserstände (max. Schwankungsbereich) zusammen mit der Grundwassermächtigkeit die genaue Lage des Aquifers unter der Erdoberfläche. Kombiniert man dieses Wissen mit Kenntnissen zur Grundwasserüberdeckung (Flurabstand), so läßt sich relativ zuverlässig die Verschmutzungsempfindlichkeit beurteilen. Ebenfalls wünschenswert wären Informationen über die Grundwasserfließrichtungen innerhalb der GW - Körper. Solches Datenmaterial könnte wesentlich dazu beitragen, die flächenhafte Ausbreitung ins Grundwasser gelangter Schadstoffe zu verfolgen und mögliche Gefahren auch in größerer Entfernung von der eigentlichen Verunreinigungstelle abschätzen zu können. Da auch die Geschwindigkeit des Grundwasserabstroms in diesem Zusammenhang relevant ist, sollte darüberhinaus bekannt sein, was für ein Grundwasserleiter vorliegt (Poren-, Kluft- oder Karstgrundwasserleiter). Schließlich sollten Informationen zur Grundwasserneubildung nicht fehlen. Wissen über die Vorflutverhältnisse (Gewässernetz) und bestehende Nutzungen des Grundwasser-

dargebots müßten die hydrologisch - hydrogeologischen Daten abrunden.

Weil Wasser- und Bodenhaushalt in enger Wechselbeziehung zueinander stehen, erhöht sich die Aussagekraft einer Grundwassergefährdungskarte wesentlich, wenn zu ihrer Erstellung auch bodenkundliche Faktoren herangezogen werden können. Vor allem die Filter- und Stoffumwandelungseigenschaften des Bodens sind für das Bewerten grundwassergefährdender Größen bedeutsam. Im folgenden sind einige wichtige pedologische Parameter aufgezählt, deren Kenntnis bzw. Berücksichtigung den inhaltlichen Wert einer Grundwassergefährdungskarte steigern. Sind die Wasserverhältnisse innerhalb des Bodens bekannt, so läßt sich der Transport von Schadstoffen bzw. deren Auswaschung ins Grundwasser ermessen (LESER & KLINK 1988). Die Bodenzusammensetzung ("Bodentyp") steuert maßgeblich das natürliche Reinigungsvermögen des Untergrundes. Hierbei spielen mechanische, chemische, biologische und physikochemische Faktoren eine Rolle. Nicht minder wichtig ist die sogenannte Bodenschwere, von der die Sorptionseigenschaften des Bodens abhängen¹⁰. Weitere Kenngrößen sind der Humusgehalt und die Durchlässigkeit des Bodens sowie Hangneigung und Erosionsgefährdung des Bodenstandortes. Insbesondere die Neigungsverhältnisse können den Grad einer Grundwassergefährdung bestimmen, da sie den oberflächlichen Abfluß steuern und damit die mögliche laterale Reichweite einer Verunreinigung beeinflussen. Die gleiche Gefahr wie von stark geneigten Hängen geht von hochgradig erosionsgefährdeten Bodenstandorten aus (Abschwemmungen, Rutschungen etc.). Schließlich seien im Zusammenhang mit den bodenkundlichen Einflußgrößen als indirekte Gefährdungsriskiken die von Menschenhand vorgenommenen Entwässerungsmaßnahmen angesprochen, die den Weg potentieller Verunreinigungen ins Grundwasser beschleunigen können.

Die Geologie des Untersuchungsgebietes ist in erster Linie im Hinblick auf die Durchlässigkeit (kf-Wert) beziehungsweise "Wasserwegigkeit" der quartären Bedeckung und des anstehenden Festgesteins für mögliche Verunreinigungen des Grundwassers von Bedeutung. Liegen keine direkten Angaben über die genannten Variablen vor, so sollten zumindest Informationen über die Verbreitung der verschiedenen quartärgeologischen Bildungen sowie der Tektonik, Klüftung und Verkarstungsfähigkeit der Festgesteine verfügbar sein. Dies erlaubt zumindest eine größenordnungsmäßige Abschätzung dieser Variablen.

¹⁰ Generell gilt dabei, je geringer der Tongehalt des Bodens ist (d.h. je "leichter" der Boden ist), desto schlechter lassen sich eingeschleppte Schadstoffe binden (NIELSEN & KIMMUT 1986).

1.3 Das Untersuchungsgebiet

1.3.1 Geographische Lage und Morphologie

Als Testgebiet wurde für die Diplomarbeit der Bezirk Liezen im Nordwesten der Steiermark in Österreich gewählt. Seine nördliche Begrenzung ist durch die Landesgrenze zu Ober- bzw. Niederösterreich gegeben. Nach Süden und Osten begrenzen die steirischen Bezirke Murau, Judenburg, Eisenox und Kapfenberg das Untersuchungsgebiet. Im Westen endet das Bezirksgebiet von Liezen an der Landesgrenze zum benachbarten Oberösterreich und Salzburg.

Der Bezirk Liezen umfaßt als größter steirischer Landesteil mit einer Fläche von ca. 3300 Quadratkilometern knapp ein Viertel der gesamten Steiermark. In 48 Gemeinden wohnen insgesamt 80453 Einwohner¹¹.



Abb. 5 : Geographische Lage Liezens innerhalb der Steiermark

Die Morphologie des Bezirks prägen alpine Hochgebirge mit mehr oder weniger breiten Taleinschnitten. Die markanteste morphologi-

¹¹ Volkszählung 1991 (vgl. 2.1.4.6)

sche Einheit der Gegend bildet das Ennstal. Es folgt dem Flußlauf der Enns von Schladming im Westen über die Stadt Liezen und Admont (Oberes Ennstal) in östlicher Richtung durch den zentralen Bezirksbereich. Weiter flußabwärts passiert die Enns vorübergehend die Bezirksgrenze, um schließlich nach NNW weiterfließend, das Untersuchungsgebiet, verstärkt durch die Salza, bei Altonmarkt endgültig zu verlassen. Von der Bezirkshauptstadt Liezen aus nach Südosten erstreckt sich das Paltental. Es schneidet die Gebietsgrenze am Schoberpaß. Das Paltental trennt die Niedere-Tauern-Region der Zentralalpen (im Untersuchungsgebiet: Schladminger, Wölzer und Rottomanner Tauern (Bösensteingruppe)) südlich der Linie Schladming-Liezen-Trieben von den Nördlichen Kalkalpen.

Letztere werden im Bezirk unter anderem durch die Ennstaler und Eisenerzer Alpen, die zusammen mit dem Kräuterirmassiv die Hochlagen des östlichen Gebietsabschnittes aufbauen, vertreten. Die Schladminger Tauern mit den Gebirgsgipfeln des Predigtstuhls (2545 \pm ü.NN) und Gr.Kiesecks (2681 \pm ü.NN) bilden entlang der südlichen bzw. südöstlichen Bezirksgrenze die natürliche Wasserscheide zwischen den ins Ennstal entwässernden Bachläufen einerseits und den Bächen, die die Mur speisen (im südlichen Nachbarbezirk) andererseits. Am "Dreiländereck" zwischen der Steiermark, Oberösterreich und Salzburg erhebt sich die vergletscherte Dachsteingruppe. Nördlich davon liegt das sogenannte "Steirische Salzkammergut" mit den beiden größten Seen des Bezirks, dem Grundlsee und dem Altausseer See. Hier an Rande des Toten Gebirges geht aus mehreren kleinen Bächen die Traun hervor. Sie entwässert in den in westlicher Richtung gelegenen Hallstätter See (Oberösterreich).

Die höchsten Punkte des Bezirks befinden sich im Dachsteinmassiv. Die Gipfel des Hohen Dachsteins (2996 m ü.NN) und des Torsteins (2948 \pm ü.NN) bilden zugleich die Bezirksgrenze am Dreiländereck. Mit einer Seeshöhe von lediglich 490 m über dem Meeresspiegel erreicht der Bezirk Liezen bei Palfau seinen tiefsten Geländepunkt. Eine Übersichtskarte des bearbeiteten Gebietes, auf der u.a. die bedeutendsten Gebirgsgipfel, das Gewässernetz und größere Ortschaften verzeichnet sind, ist dem Anhang zu entnehmen (die Karte: Infrastruktur des Bezirks Liezen).

1.3.2 Geologischer Überblick

Der Bezirk Liezen gehört regionalgeologisch zum Ostalpin, das nach heutiger Lehrmeinung als weittrauzig transportierte Schubmasse allochthon dem Penninikum auflagert (vgl. TOLLMANN 1980). Aufgrund des verschiedenartigen Aufbaus seiner Gesteinseinheiten werden im Ostalpin drei altalpidisch (vorgosauisch) angelegte Deckenstockwerke unterschieden, die intern tektonisch weiter differenziert sind. Im Bezirk sind sowohl das Oberostalpin als auch Mittel- und

Unterostalpin aufgeschlossen. Daneben finden sich isolierte Vorkommen von Ennstaltertär (u. a. Konglomerate, Sandsteine, Braunkohle) und quartäre Bildungen, die gesondert betrachtet werden (vgl. 2.1).

In flächenmäßig größter Ausdehnung tritt das Oberostalpin zutage. Es umfaßt neben den Steirischen Kalkalpen als Teil der Nördlichen Kalkalpen die Steirische Grauwackenzone. Während das Kalkalpin mit Dachsteinregion, Kometgebirge, Toten Gebirge, Ennstaler und Eisenerzer Alpen sowie dem Gebirgszug der Kräuterin nahezu die gesamte Nordhälfte des Bezirksgebietes bedeckt, ist die Grauwackenzone diesem als schmaler Streifen südlich vorgelagert. Sie berührt von Salzburg kommend bei Mandling steirischen Boden und verläuft zunächst parallel zum Oberen Ennstal. Bei Liezen biegt sie in südöstliches Streichen um, um dann in ihrem weiteren Verlauf dem Palzental zu folgen. Tektonisch gesehen bildet die Grauwackenzone das Liegende der Nördlichen Kalkalpen mit einem bereits variszisch angelegten Schuppen- und Deckenbau (Veltscher Decke und Norische Decke / FLÜGEL & NEUBAUER 1984a). Grauwackenzone und Nördliche Kalkalpen trennen im Untersuchungsgebiet tiefreichende Störungssysteme (Ennstalstörung). Die Schichtenfolge des Oberostalpins reicht im Bezirk vom Ordovizium bis zum Alttertiär. Der paläozoische Schichtanteil beschränkt sich im wesentlichen auf den Bereich der Grauwackenzone. Hier sind in erster Linie schwach metamorphe Gesteine wie Phyllite, Quarzite, Grauwacken- und Grünschiefer verbreitet. Im Palzental kommen darüberhinaus mit dem Triebensteinkalk und "Graphitkarbon" karbonatisch - klastische Gesteine vor. Nordöstlich von Trieben sind an der Gebietsgrenze die ältesten Formationen des Paläozoikums der Grauwackenzone aufgeschlüsselt. Die Silbersbergschichten bestehen aus einer Folge phyllitischer Gesteine mit klastischen Einschaltungen, während der ebenfalls oberordovizische Hlasneckporphyrid einer Phase kurzzeitigem saurem Vulkanismus entstammt.

Das Kalkalpin der nördlichen Bezirkshälfte wird größtenteils von mesozoischen Flachwasserablagerungen aufgebaut. Die Karbonate und Dolomite der Trias prägen als wandbildende Gesteine (Dachstein- und Wettersteinkalk) oder durch zerfurchte Oberflächenformen (Hauptdolomit) maßgeblich das Landschaftsbild. Aufgrund der vielfältigen Sedimentationsbedingungen lassen sich die triassischen Folgen faziell zonieren¹². Der Jura ist geringmächtiger ausgebildet als die Trias und mit Allgäu- und Plassenkalk hauptsächlich im Nordwestteil des Bezirks anzutreffen. Permische Gesteine (Präbichlschichten und Haselgebirge) spielen ebenso wie postjurassische Ablagerungen (Losensteiner Schichten, Gosau i. A.) nur eine untergeordnete Rolle.

¹² Eine detaillierte Beschreibung über die "Triasdecken" findet sich bei SCHUMANN (1985).

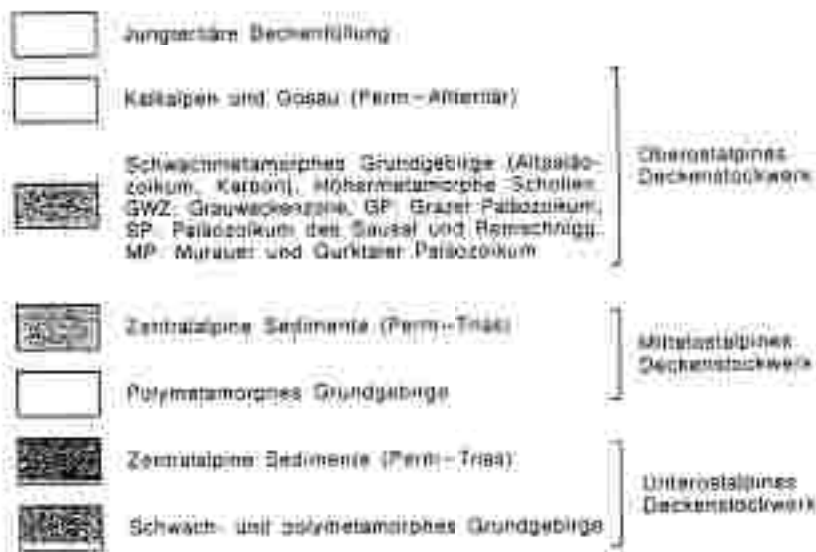
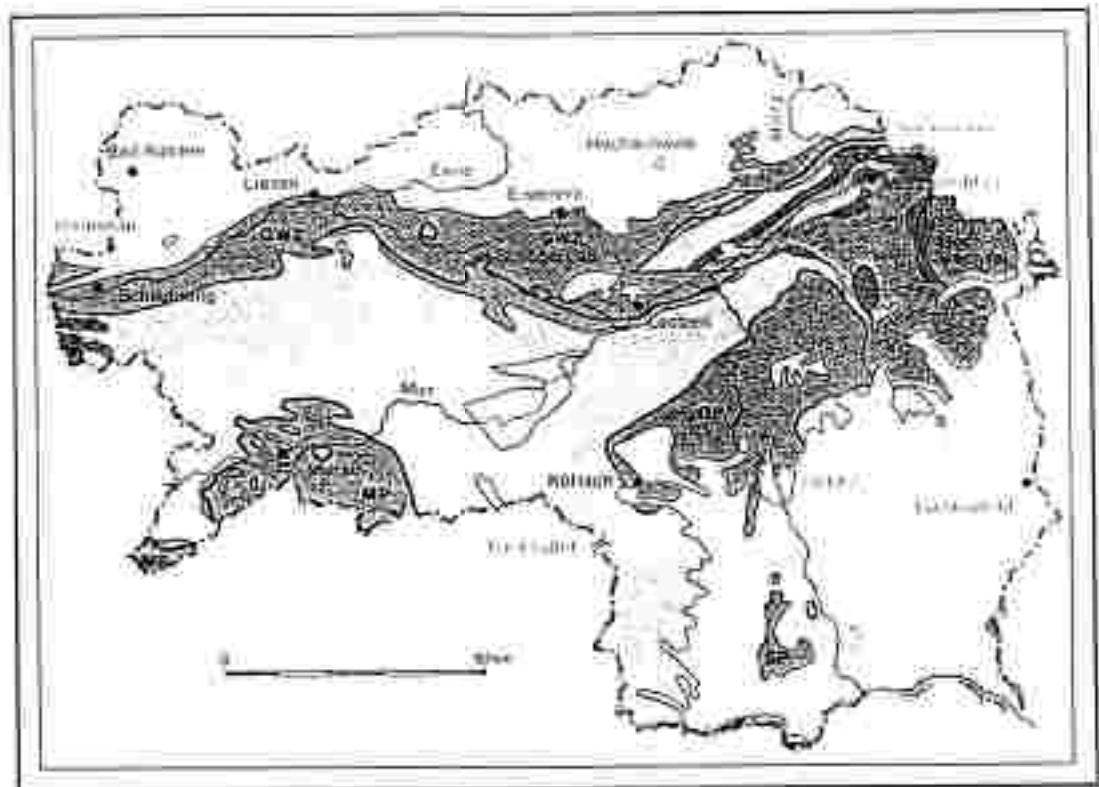


Abb. 9 : Tektonische Übersichtskarte der Steiermark
(aus FLÜGEL & NEUBAUER 1984b)

Das mittelostalpine Deckenstockwerk tritt in der südlich der Grauwackenzone angrenzenden Region der Nideren Tauern zutage. Es wird untergliedert in einen variszisch metamorphisierten Kristallinsokkel (polymetamorphes Grundgebirge) und diesen transgressiv überlagernde permotriassische Sedimente (vgl. FLÜGEL & NEUBAUER 1984a).

Diese wurden alpidisch deformiert und liegen heute in Grünschieferfazies vor. Im Bezirksgebiet ist die permotriassische "Deckhülle" in Form von Alpinem Verrucano, Konglomerathorizonten und Sericitquarziten innerhalb der Bösenssteingruppe (Rottenmanner Tauern) und als Deckenrest bei Trieben aufgeschlossen.

Das mittelostalpine Kristallin setzt sich aus drei tektonischen Großeinheiten zusammen, die sich im Grad ihrer voralpidischen Metamorphose unterscheiden. Im Arbeitsgebiet ist mit dem Muralpenkristallin (Muriden) nur das tiefste tektonische Stockwerk vertreten. Verschiedene Gesteinsalter und metamorphe Fazien erlauben eine weitere Aufgliederung des Muralpenkristallins in Gesteinskomplexe.

Innerhalb des Mittelostalpins des Bezirks Liezen nimmt der Glimmerschieferkomplex den größten Flächenanteil ein. Geographisch gehören der Nordrand der Schladminger Tauern und die Wölzer Tauern zu dieser Gesteinseinheit. Die Lithologie kennzeichnen monotone Glimmerschiefersequenzen, in die vereinzelt Amphibolitlinsen und geringmächtige Marmorzüge eingeschaltet sind. Die zentralen Gebirgszüge der Schladminger Tauern und die Bösenssteingruppe im äußersten Nordwesten der Rottenmanner Tauern werden dem sogenannten Amaringkomplex zugerechnet. Dieser bildet das lithostratigraphisch tiefste Stockwerk der Muriden (BECKER 1981). Hornblende- und Plagioklasgneise sowie Granitgneise und Migmatite weisen hier auf hochgradige Metamorphose bis Anatexis hin.

Verhältnismäßig unbedeutend sind die Vorkommen von Unterostalpin auf Bezirksgebiet. Allein südwestlich von Schladming an der Ländergrenze zu Salzburg steht die ostalpine Basisdecke mit Alpinem Verrucano und einigen Karbonaten oberflächlich an.

2. DIE VERFÜGBAREN DATEN

2.1. Datenbeschreibung

Die in der Diplomarbeit verwendeten Daten wurden von freundlicher Weise von Seiten des Instituts für Umweltgeologie und Angewandte Geographie der Forschungsgesellschaft Joanneum in Graz zur Verfügung gestellt. Sie wurden ausschließlich aus topographischen Karten verschiedener Maßstäbe gewonnen, auf denen einzelne naturräumliche Größen oder mehrere zu einem Teilpotential gehörende Variablen manuell eingetragen worden waren. Für quantitative Variablenwerte konnten zudem in den meisten Fällen tabellarische Übersichten der Einflußgrößen herangezogen werden.

Der erste Schritt der Diplomarbeit bestand darin, das vorhandene Datenmaterial EDV-gerecht aufzuarbeiten, um in einem späteren Stadium thematische Karten über den Computer produzieren zu können.

Dazu wurden die vorliegenden Daten digitalisiert. Als Hardware standen dafür ein manueller Digitalisierertisch und ein Terminal (Modell 4054) der Firma TEKTRONIX zur Verfügung, an dem die aufgenommenen Daten in einer sequentiellen Datei auf Magnetband abgelegt wurden ("Off-line Digitalisierung"). Um für spätere kartographische Reproduktionen der aufgenommenen Daten eine digitale "Basiskarte" bereitstellen zu können, mußten zunächst sogenannte Grundrisselemente¹³ vektoriiert erfaßt werden. Bei der vektoriierten Datenaufnahme wird die relative Lage des betrachteten Grundrisselementes auf der Karte durch die Aufnahme der X- und Y-Koordinatenwerte bestimmt (RANZINGER et al. 1981). Für die Basiskarte mit topographischen Inhalten und Informationen über die Infrastruktur des Bezirksgebietes von Liezen wurden auf diese Weise die Bezirksgrenze, das Gewässernetz, markante Gebirgsgipfel sowie Hauptverkehrsstraßen und Eisenbahnverbindungen erfaßt. Darüberhinaus wurden größere Ortschaften in die digitale Grundkarte übernommen (siehe Anhang).

Für die Erfassung der thematischen Variablen wurde als Bezugsystem ein quadratisches Gitternetz gewählt, das das Untersuchungsgebiet in ein Zellennetz von jeweils 1 x 1 km Flächeninhalt unterteilt. Jede Gitterzelle ist dabei als eine Dateneinheit anzusehen, der für jede Variable (potentielle Einflußgröße) ein numerischer Wert zugeordnet wird. Gitterzellen, die mit mehr als einem Viertel ihrer Fläche außerhalb des Bezirksgebietes lagen, wurden im folgenden nicht weiter berücksichtigt. Dadurch reduzierte sich die Größe des betrachteten Areals von rund 3300 km² auf 3161 km² (= 3161 Gitterzellen). Insgesamt wurden 29 Variablen aufgenommen und deren Werte den Rasterteilflächen zugewiesen.

Für die Transformation aller Daten auf einen einheitlichen Maßstab¹⁴ (Raster) mußten die in größermaßstäblichen Darstellungen vorliegenden Daten generalisiert werden. Um den damit verbundenen Informationsverlust möglichst gering zu halten, wurde bei der Vielzahl der Variablen, deren Werte aus Polygonzeichnungen innerhalb der Datenkarten gewonnen werden mußten, wie folgt verfahren: Für Rasterzellen, in denen eine Einflußgröße kleinräumigen Änderungen unterlag, wurde als Zellenwert das arithmetische Mittel der vorhandenen "Werte" der Variablen zugrundegelegt. Dabei wurden nur Variablenwerte ("Flächen") berücksichtigt, deren Anteil innerhalb der jeweiligen Rasterzelle mehr als zwanzig Prozent betrug. Für die Mittelwertberechnung von qualitativen Größen wurden den einzelnen "Qualitätsklassen" numerische Werte zugeordnet. Die häufig alternativ dazu angewandte Methode, den "Variablenwert" des Zellausmittelpunktes der gesamten Gitterzelle auszuweisen, wurde als

¹³ Als Grundrisselement bezeichnet man alle geometrischen Objekte wie Punkte, Linien (Segmente) oder Flächen (Polygone) (RANZINGER et al. 1981).

¹⁴ Als Arbeitsmaßstab wurde 1:10000 gewählt, da die meisten vorhandenen "Datenkarten" in diesem Maßstab vorliegen.

zu ungenau erachtet und daher verworfen. Da nur etwa ein Drittel der verfügbaren Einflußgrößen auf eine mögliche Grundwassergefährdung in verschiedenen Wertekategorien vorlag, konnte bei der Datenaufnahme aus den "handgezeichneten" Kartenunterlagen für die meisten Variablen nur eine "Vorhanden - Nicht vorhanden - Klassifizierung" in Form einer Binärmatrix (0 u. 1 als Datenwerte) vorgenommen werden. Dabei wurde beim Generalisieren ein 20 % - Anteil der betrachteten Einflußgröße für eine "Vorhanden - Klassifizierung" als Untergrenze gewählt. Davon ausgenommen waren die Variablen des Teilpotentials Infrastruktur (vgl. 2.1.4), da bei der geringen Anzahl einzelner Einflußgrößen jede Vorhandenposition hier als maßgeblich erachtet wurde. Zellen, zu denen keine Informationen bezüglich einer bestimmten Variablen vorlagen, wurden als missing value (Zahlenwert -1) erfasst (vgl. 3.4).

Die digitale Umsetzung der thematischen Variablen erfolgte in ähnlicher Weise wie bei den Grundrißelementen. Von jeder Einflußgröße wurden die Zellenkoordinaten der Vorhandenpositionen festgehalten. Um im weiteren Arbeitsprozeß den digitalisierten Koordinatenwerten die entsprechenden Variablenwerte zuordnen zu können, wurde zusammen mit den X-Y Werten eine alphanumerische Kennung abgespeichert. Diese stellte zugleich die Grundlage für die Datenverarbeitung mit THEMAK2 dar (vgl. 2.2.2).

Im einzelnen konnte auf die nachfolgend beschriebenen Variablen zum Erstellen der Grundwassergefährdungskarte(n) zurückgegriffen werden:

2.1.1 Hydrologische bzw. hydrogeologische Daten

Aus dem Bereich Hydrologie / Hydrogeologie standen außer einer Folie, auf der die Orographie des Bezirkes Liezen im Maßstab 1:200000 dargestellt war, insgesamt sechs Kenngrößen als mögliche Variablen zur Verfügung. Während mit den gewässerkundlichen Hauptzahlen Mittlerer Abfluß (MQ), Hundertjähriges Hochwasser (HQ100), Fünfundzwanzigjähriges Hochwasser (HQ25), Mittleres Niedrigwasser (MNQ) und Niedrigstes Niedrigwasser (NNQ) verhältnismäßig viel Datenmaterial über die Vorflutverhältnisse vorlag, war mit Flurabstandsdaten die einzige mit dem Grundwasser unmittelbar zusammenhängende Größe gegeben. Ansonsten gingen hydrogeologische Erkenntnisse in die weiter unten beschriebenen Wasserwegigkeitsgrößen ein.

2.1.1.1 Die Abflußdaten

Die im Rahmen der Diplomarbeit als Variablen in Frage kommenden Abflußdaten wurden einer tabellarischen Zusammenstellung entnom-

men, in der die über einen Zeitraum von fünfzehn Jahren (1971 - 1986) gesammelten Meßwerte verzeichnet waren. Zusätzlich zu den absoluten Abflußmessungen und Pegelwerten in m^3/s lag zu jeder der fünf Wasserstandszahlen ein Kartenblatt vor. Daraus waren die Unterteilung des Bezirke in 141 Einzugsgebiete sowie die weitere Aufspaltung von acht Einzugsgebieten in Teilareale ebenso ersichtlich wie die auf die Größe der Einzugsgebiete (Abflußpende) bzw. den mittleren Abfluß bezogenen relativen Abflußwerte (vgl. 3.1).

Im Bezirk Liezen dienen im wesentlichen zwei größere Flüsse als Hauptentwässerungsadern. Zum Einzugsgebiet der Traun, dem Hauptfluß des nordwestlichen Bezirksbereiches ("Steirisches Salzkammergut") gehört bis zur Landesgrenze nach Oberösterreich eine Fläche von mehr als 330 Quadratkilometern, während der weitaus größte Teil der Gewässer des bearbeiteten Areals dem Einzugsgebiet der Enns zuzuschreiben ist. Vom Eintritt der Enns in den Bezirk im Südwesten bis zum Verlassen des Untersuchungsgebietes nach Niederösterreich im Nordosten wächst die Größe des Einzugsbereiches von gut 300 km^2 auf über 4300 km^2 Fläche an. Die Differenz von rund 1300 km^2 zwischen der Gesamtflächenerstreckung des Bezirke Liezen und der Flächenareale, die das Gebiet speisen, kommt dadurch zustande, daß zu den Einzugsgebieten der Flüsse und Bäche auch Gegenden gehören, die außerhalb der Bezirksgrenzen liegen. Insgesamt wurden Abflußdaten von 133 Einzugsgebieten der betrachteten Region berücksichtigt.

Die vorliegenden Abflußdaten wurden, wie bereits erwähnt, mehrjährigen Meßreihen entnommen. Da häufig die Wasserstandswerte derselben Variablen an den unterschiedlichen Meßstationen (Pegeln) Aufzeichnungen verschiedener Jahre entstammten, mußten bei der Datenaufnahme zunächst offenbar dadurch bedingte Fehler innerhalb der Urdatei¹³ korrigiert werden. Als fehlerhaft wurden dabei solche Werte erachtet, deren Berücksichtigung zu unerklärlichen Verlusten in der Wasserführung, trotz wachsender Größe des Einzugsgebietes, geführt hätte. Als Korrekturwert wurde an diesen "Datenpunkten" stattdessen ein aus den Variablenwerten der letzten flussaufwärts gelegenen Meßstelle und der nächsten flussabwärts gelegenen Meßstation berechneter Mittelwert für das jeweilige Einzugsgebiet übernommen. Diese Art der Datenberichtigung blieb auf die im Ennstal liegenden Einzugsbereiche beschränkt.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde versucht, die relativ zahlreichen missing value - Positionen der "Urdatei" aufzufüllen. Dazu wurde, soweit es die vorhandenen Datentabellen und Kartenunterlagen erlaubten, für alle zwischen zwei Bach- bzw. Flußmündungen liegenden Teilgebiete der letzte bekannte fluss- bzw. bachaufwärts zu findende Wert der jeweiligen Variablen aufgenommen, sofern in-

¹³ Gemeint sind damit die Daten in der Form, wie sie den entsprechenden Unterlagen von Seiten der Forschungsgesellschaft Joanneum zu entnehmen waren.

innerhalb des betrachteten Einzugsgebietes keine neuen Gewässer einmündeten. Auf diese Weise konnten vor allem im Bereich der Enns mehrere missing values durch Datenwerte ersetzt werden.

Zur Untersuchung der Datenstruktur wurden mit einem am Institut für Mathematische Geologie der FU Berlin entwickelten Statistikprogramm (HISTO) statistische Kenngrößen und Häufigkeitsverteilungen berechnet. Dabei ergeben sich für alle fünf Abflußgrößen rechtsschiefe Verteilungen, wie sie bei einem Gewässernetz mit nur zwei Flüssen erster Ordnung (Enns und Traun) zu erwarten waren. Für den weiteren Arbeitsprozeß wurden die den verschiedenen Einzugsgebieten gebietsweise zugeordneten Variablenwerte jeweils für alle innerhalb desselben Einzugsgebietes vorhandenen Rasterzellen übernommen. Eine Differenzierung der den Zellen zugeordneten Abflußdaten innerhalb der einzelnen Einzugsbereiche konnte mangels digitalen Höhenmodell nicht vorgenommen werden. Für die im Kapitel 2.2.3 beschriebene digitale kartographische Umsetzung der gewässerkundlichen Hauptzahlen wurden außerdem die Grenzen der verschiedenen Einzugsgebiete auf das Gitternetz bezogen und digitalisiert.

2.1.1.2 Die Flurabstandsdaten

Die in der Diplomarbeit verwendeten Flurabstandsdaten lagen in Form einer gerasterten Lichtpause des Bezirks Liesen vor, auf der die bekannten Grundwasserüberdeckungen¹⁸ zellenweise eingetragen waren. Während häufig Grundwasserschichtenlinienpläne als Kartenunterlage beim Erheben des Flurabstandes herangezogen wurden, wurden die vorliegenden Daten aus Bohrungen gewonnen. Insgesamt waren Zahlen über die Grundwasserüberdeckung für 139 Zellen vorhanden. Informationen darüber, ob die Flurabstände bei hohen oder niedrigen Grundwasserständen gemessen wurden, waren nicht zu bekommen. Da die Daten nicht zeitgleich erhoben wurden, ist davon auszugehen, daß zumindest teilweise unterschiedlich hohe Grundwasserstände den angegebenen Flurabständen zugrunde liegen. Innerhalb des Bezirks wurden Bohrungen zur Ermittlung der Grundwasserüberdeckung im wesentlichen im Bereich des Oberen Ermstaales zwischen Gröbming und Admont abgeteuft. Weiterhin ist das Paltenal, das sich von Liesen nach Südwesten erstreckt, recht gut beprobt. Aus dem Einzugsgebiet der Traun lagen Flurabstandsdaten lediglich für sechs Zellen vor. Die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckungen liegt innerhalb der stets grundwasserdurchfeuchteten Auenbereiche von Enns und Falten meist unter zwei Meter. Als

¹⁸ Unter der Grundwasserüberdeckung bzw. dem Flurabstand versteht man "den lotrechten Höhenunterschied zwischen einem Punkt der Erdoberfläche und der Grundwasserbohrfläche des stauen Grundwasserstockwerkes" (HÖLTING 1984).

maximaler Flurabstand sind für eine Gitterzelle südlich der Stadt Liezen 16,3 m verzeichnet.

Für die Datenaufnahme wurden die auf Dezimetergröße genau bezifferten Flurabstände in fünf Wertekategorien eingeteilt und der entsprechende "Klassenwert" erfasst (vgl. dig. Kartenblatt: Bekannte Grundwasserüberdeckungen). Während für die meisten Zellen, in denen Bohrungen abgeteufelt wurden, nur ein Wert für die Grundwasserüberdeckung angegeben war, konnten für einige Gitterzellen Minimal- und Maximalwerte des Flurabstandes der Datenvorlage entnommen werden. In diesen Fällen wurde für die weitere Betrachtung das arithmetische Mittel der beiden Extrema berücksichtigt.

2.1.2 Daten zur geologischen Situation

Als Arbeitsgrundlage für die Aufnahme geologischer Einflußgrößen lag ein Exemplar der Geologischen Basiskarte nach FLÜGEL & NEUBAUER vor, auf der im Maßstab 1 : 100000 das Quartär des Bezirks Liezen morphogenetisch gegliedert ist. Daraus wurden alle von den Bearbeitern unterschiedenen quartärgeologischen Einheiten erfasst. Hierzu wurde das in Kapitel 2.1 beschriebene "Vorhanden - Nicht vorhanden - Klassifizierungsschema verwendet, wobei zum Beurteilen des "Vorhandenseins" einer Variablen in einer bestimmten Gitterzelle die Verkarstungsfähigkeit der Festgesteine und die Einflußgrößen aus dem Bereich der quartären Bedeckung gesondert betrachtet wurden. Insgesamt konnten acht Variablen aus der Geologischen Basiskarte gewonnen werden. Außer einer dreigeteilten Einstufung des Verkarstungsgrades der Festgesteine standen Informationen zur quartären Bedeckung durch auskartierte Ausgebiete, Torfe und Moore, Hoch- und Niederterrassen, Schwemmkegel und Hangschuttauflagerungen sowie Moränenablagerungen zur Verfügung.

Der quartäre Formenschatz der bearbeiteten Region wurde maßgeblich durch eine klimatisch bedingte mehrmalige Folge von Eiszeiten geprägt. Weite Teile des Bezirks Liezen lagen während des Pleistozäns immer wieder im Einflußbereich gewaltiger Talvergletscherungen. Während der letzten Vereisung (Würmeiszeit) vor ca. 20000 Jahren reichte der Ennstalglatscher bis zum Gesäuse, einer Felschlucht östlich von Admont, und mit einem Seitenarm entlang des Palntales bis zum Schoberpaß an der südöstlichen Bezirksgrenze (vgl. FLÜGEL & NEUBAUER 1984a). Daneben hinterließen zahlreiche lokal begrenzte Gletscher ihre Spuren und Ablagerungen im Bezirk (Schladzinger Tauern, Totes Gebirge u.a.).

Die in den nachfolgenden Kapiteln näher beschriebenen quartärgeologischen Einflußgrößen, die zum Berechnen der Grundwassergefährdung zur Verfügung standen, sind auf entsprechenden digitalen Da-

tenkarten im Anhang dieser Arbeit in der aufgenommenen Form (Vorhandenpositionen) wiedergegeben (die Karten: Quartärbedeckung I u. II, Verkarstungsfähigkeit des Festgesteins, Wasserwegigkeit der Festgesteine, Wasserwegigkeit der Quartärbedeckung).

2.1.2.1 Auegebiete

Auegebiete finden sich im Bezirk entlang von Enns und Traun und vielen ihrer Seitentäler. Die Auedimente, bestehend aus feinklastischem lehmig - schluffig bis sandigem Schwemmmaterial, das bei Hochwasser zur Ablagerung kam, bilden die jüngsten alluvialen Talböden. Sie werden von mächtigen Sand- und Kiesfolgen unterlagert, die als Verfüllung glazial angelegter tiefgründiger Erosionarinnen bedeutsame Grundwasserspeicher darstellen. Während in den Seitentälern der Enns die Auegebiete nur als schmaler Streifen die Talböden bedecken, erstreckt sich die Ennsaue in der Umgebung von Wörschach, südwestlich der Stadt Liezen, über eine Breite von mehr als zwei Kilometer.

2.1.2.2 Moore und Torfe

Die Moore und Torfablagerungen des Bezirks Liezen entstanden vermutlich spät- bis postglazial nach der Verlandung eiszeitlicher Schmelzwasserseen. Innerhalb des Untersuchungsgebietes kommen größere Mooregebiete im Ennstal zwischen Wörschach und Admont sowie in der Tallandschaft des Paltenbaches bei Trieben vor. Ferner wurden kleinere Versumpungsflächen in der Nähe von Bad Aussee, in den Niederen Tauern und unweit der Ortschaft Wildalpen im äußersten Osten des Bezirks erfaßt. Die genannten Lokalitäten umfassen alle gängigen Moortypen (Hoch-, Nieder- und Übergangemoor). Die Ennstalmoore sind bis zu zehn Meter mächtig, während im Paltenal Mächtigkeiten bis zu 24 m möglich sind (FLÜGEL & NEUBAUER 1984a).

2.1.2.3 Terrassenbildungen

Die Terrassenbildungen innerhalb des Bezirks Liezen umfassen sowohl Hoch- als auch Niederterrassen. Auf der quartärgeologischen Basiskarte, der die Variablen entnommen wurden, wurden die morphologisch am tiefsten gelegenen Terrassen, die die heutige Talsohle überragen, als Niederterrasse ausgewiesen. Alle in einem höheren Niveau situierten Terrassensysteme wurden unter dem Namen Hochterrasse zusammengefaßt (FLÜGEL & NEUBAUER 1984a). Zeitlich sind die älteren Hochterrassen dem Prävorm und die Niederterrassen der Wärm-Vergletscherung zuzuschreiben. Die Terrassenbildungen sind

als Produkt der mehrfachen einachneidenden klimatischen Veränderungen während des Pleistozäns anzusehen. Dabei wurden in den Kälteperioden der Eiszeiten durch Frostsprengung große Mengen Schuttmaterial angehäuft. Da die Flüsse im Zuge der Gletschertätigkeit während der Kaltzeiten nur geringe Wassermengen führten, wurde der anfallende Verwitterungsschutt in Form großer Schwemmfächer aufgeschottert. In der nachfolgenden Abschmelzperiode mit naturgemäß größerem Wasserdargebot wurden die zuvor akkumulierten Schotterkörper wieder ausgeräumt und dadurch terrasiert. Die heute als Toplage der Hochterrassen zu findenden Decklehme können als Relikt der aus den eiszeitlichen Schotterflächen ausgeblasenen Feinanteile betrachtet werden.

Im Untersuchungsgebiet sind diese fluvioglazialen Ablagerungen meist als Niederterrasse ausgebildet. Sie bedecken als ausgedehnte Schotterfluren unter anderem die Ramsau-Hochfläche nördlich von Schlading. Weiterhin sind Niederterrassen in mehreren Seitentälern der Niederen Tauern, wie im Sölketal oder Sattental gegenwärtig. Während im Ennstal zwischen Gröbming im Westen und der Gesäusehochschicht im Osten keine Niederterrassen entwickelt sind oder der Erosion bei der Anlage der heutigen Talböden zum Opfer fielen, finden sich langgestreckte terrasierte Schotterfelder im Bereich der schmalen Ennsniederungen im Westen des Bezirks sowie entlang der bei Großreifling in die Enns einmündenden Salza.

Vorkommen der vermutlich im Bezirksgebiet eiszeitlichen Hochterrassen bleiben auf einige wenige Lokalitäten beschränkt. Der größte zusammenhängende Rest einer Hochterrasse ist am Mitterberg zwischen Gröbming und Öblarn zu sehen. Daneben sind Terrassenreste aus der Fränkzeit in der Umgebung von Irnding, östlich von Trieben oberhalb des Faltentales, in der Breiten bei Altenmarkt und südlich bzw. südöstlich von Großreifling aufgeschlossen.

Aus hydrogeologischer Sicht können bei ausreichend großer Mächtigkeit vor allem die jungpleistozänen Niederterrassen wegen ihrer hohen Porositäten als Grundwasservorkommen bedeutsam sein.

2.1.2.4 Schwemmkegel

Bei den Schwemmkegeln handelt es sich um spätglaziale bis holozäne Aufschotterungen von Gesteinsmaterial, die im Mündungsbereich der Seitengerinne in die größeren Täler vorgebaut werden. Wie den Erläuterungen zur geologischen Karte der Steiermark zu entnehmen war, wurden nur Schwemmkegel größerer Ausdehnung erfasst. Stark schwankende Mächtigkeiten der Schwemmkegel sind in der Regel auf größere Materialanhäufungen im Stirnbereich zurückzuführen. Je nach Herkunft der aufgeschotterten Gesteine sind die Schwemmkegel recht unterschiedlich zusammengesetzt (vgl. 2.1.2.3). Darüberhinaus ist von feinem Schluffmaterial bis zu gewaltigen Gesteinsblöcken mehr oder weniger das gesamte Korngrößenspektrum im Aufbau der

Schwemmkörper beteiligt. Häufig sind mehrere Schuttkegel ineinander verschachtelt, wobei an der Schwemmfächerspitze die jüngsten Ausschütterungen zu finden sind.

Im Bezirk kommen Schwemmkegel in größerer Zahl im Unteren Ennstal in der weiteren Umgebung von Schladming vor. Dabei überdecken die von Norden her in die Talebene vorgeschobenen besonders ausgedehnten Schwemmkörper teilweise mächtige eiszeitliche Schotterfluren (u.a. bei Weißenbach u. Assach). Im Großen und Ganzen sind diese Schwemmkegel jünger als die von Süden her ins Ennstal mündenden Vorkommen (u.a. bei Haus u. Ruperting). Weiterhin finden sich Schwemmkegel nahe der Stadt Liezen, bei Admont und über weite Strecken des Paltentales. Zwei im Vergleich zur Größe der Schwemmkegel in den Haupttälern eher kleinere Ausschütterungen gibt es am Nordufer des Grundlseees im Steirischen Saalkammergut. Im allgemeinen weisen Schwemmkegel ein gutes Wasserrückhaltevermögen auf.

2.1.2.5 Hangschutt

Hangschuttmaterial wird im Bezirk Liezen seit dem Pleistozän angehäuft. Uewaltige Mengen an Schuttmaterial bildeten sich durch Frostsprengung an den glazial übersteilten Hängen und Bergwänden, die nach dem Zurückweichen der Gletscher im starken Maße der Verwitterung ausgesetzt waren. Dazu kam es zu weiterer Schuttproduktion durch größere Massenbewegungen, die im Zuge des nachlassenden Eisdruckes zum Einstürzen ganzer Bergwände führten. Durch solifluidalen und gravitativen Transport wurden die Schuttablagerungen anschließend hangabwärts verfrachtet, so daß heute in erster Linie am Fuße der Berghänge größere Schuttansammlungen anzutreffen sind. Im Vergleich zur glazialen bis spätglazialen Hangschuttentwicklung ist das Ausmaß des recent anfallenden Hangschutts relativ bescheiden.

Da auf der quartärgeologischen Kartenvorlage, der die Vorhandenpositionen von Hangschutt entnommen wurden, keine weitere korngrößenspezifische Unterteilung der Schuttbildungen vorgenommen wurde, ist im Rahmen der Diplomarbeit unter dem Begriff "Hangschutt" das gesamte Spektrum an Schuttentwicklungen zu verstehen (Schwemmkegel ausgenommen, vgl. 2.1.2.4).

Die Verbreitung von Hangschuttmaterial im Untersuchungsgebiet ist eng mit dem geologischen Bau der Region verknüpft. In den südlichen Bezirksteilen, die dem Zentralalpin angehören, findet sich nur verhältnismäßig wenig Schuttmaterial, das in den von granitoiden Gesteinen, Gneisen und Glimmerschiefern dominierten Kristallingebieten häufig grobblockig ausfällt. Lediglich die unterostalpinen Gesteine, die in der südwestlichen Ecke des Bezirks zutage treten, neigen hier zu verstärkter Schuttentwicklung. Große

Mengen an Hangschutt treten demgegenüber in der gesamten Nordhälfte des Arbeitsgebietes auf, die von kalkalpinen Sedimentgesteinen aufgebaut wird. Da viele Karbonatgesteine (u.a. Ramsau- u. Hauptdolomit) eher kleinstückig zerfallen, findet sich hier auch vermehrt grauiges Schuttmaterial geringer Größe. Ausgedehnte Blockschutthalde im Kalkalpin bestehen in erster Linie aus kalkigem Gesteinsmaterial (Dachsteinkalk).

2.1.2.6 Moränen

Moränenablagerungen sind über weite Teile des Untersuchungsgebietes verbreitet. Während die Moränen im Bereich der Niederen Tauern auf die Rückzugsstadien der Würmgletscher zurückzuführen sind, finden sich bei Bad Aussee (Grundmoräne) sowie in dem östlich von Admont gelegenen Bezirksteil vorwiegend ältere Moränenreste rätzeitlichen Alters. Relikte der ältesten Glazialzeiten sind vereinzelt unterhalb des Gesäuses aufgeschlossen. Die Moränenablagerungen bestehen aus Geschieben, die von den Gletschern aus dem Gesteinsuntergrund ausgehohlet wurden, um anschließend mehr oder weniger weit im Gletscherstrom transportiert zu werden. Die Moränenwälle blieben nach dem Abschmelzen des Eises an der Gletscherstirn (Endmoräne) oder Gletscherbasis (Grundmoräne) zurück. Die Gesteinszusammensetzung der Moränen variiert je nach Herkunftsgebiet der Geschiebe. In der Regel sind Moränenablagerungen schlecht sortiert und reich an Feinanteilen.

Im Untersuchungsgebiet sind Moränen teils in Lagen oder deckenartig in oder über anderen Ablagerungen erhalten, zum Teil aber auch tiefgründig entwickelt.

Für den Wasserhaushalt der Natur sind die weitgehend unzerstörten Moränen in den Hochgebirgsregionen von besonderer Bedeutung. So werden in den Niederen Tauern und ebenfalls im Dachsteingebiet und Totem Gebirge mehrere ergiebige Quellen von Moränenablagerungen gespeist (FASIANI 1978). Die Moränen fungieren dabei als Auffangbecken und Speicherkörper für Schuttmaterial und Niederschlagswasser aus höher gelegenen Karmulden und Talagen, das an der Basis wieder austritt.

2.1.2.7 Verkarstungsfähigkeit der Festgesteine

Die Einflußgröße "Verkarstungsfähigkeit der Festgesteine" liefert neben der Wasserwegigkeitsvariablen (Kap. 2.1.2.5) die einzigen Informationen über die Eigenschaften des geologischen Untergrundes von Liezen. Die Verkarstung ist ein besonderes Phänomen der Lösungsverwitterung durch Grund- und Niederschlagswasser, die ausgehend von Schichtflächen, Klüften und Störungen sowie Kontakten zum

Nebengestein bevorzugt Kalk- und Dolomitgesteine angreift und zersetzt. In geologischen Zeiträumen entstanden auf diese Weise tieferreichende Schächte und Höhlen, die heute komplizierte unterirdische Entwässerungssysteme darstellen. Auf der gerasterten quartärgeologischen Karte von FLÜGEL & NEUBAUER wurden die ausstehenden Gesteine nach dem Grad ihrer Anfälligkeit gegenüber der Lösungsverwitterung in drei Klassen unterteilt (nicht verkarstungsfähige Gesteine, gering verkarstungsfähige Gesteine und verkarstungsfähige Gesteine). Für die Aufnahme der Variablen in den Datenpool¹⁷ wurde - wie in Kapitel 2.1 beschrieben - aus den verschiedenen gesteinsabhängigen Verkarstungsgraden, die innerhalb einer Gitterteilfläche vorkamen, ein alle Unterschiede berücksichtigender repräsentativer "Mittelwert" erfasst. Um möglichst genaue Zellenwerte der Verkarstungsfähigkeit zu erhalten, wurde die Unterteilung in der Legende zur FLÜGELschen Karte um zwei Zwischenkategorien erweitert. Auf der digitalen Karte im Anhang, die die Verkarstungsfähigkeit der Festgesteine wiedergibt, entsprechen die leicht verkarstungsfähigen Gesteine den auf dem Kartenblatt von FLÜGEL & NEUBAUER als verkarstungsfähig klassifizierten Gesteinen, die schwer verkarstungsfähigen Gesteine den gering verkarstungsfähigen Gesteinen und die nicht verkarstungsfähigen Gesteine denen auf der Quartärgeologiekarte der beiden Autoren. Die als sehr schwer bzw. mäßig verkarstungsfähig klassifizierten Gesteine stehen für die besagten zusätzlichen Verkarstungsklassen.

Wie die Verteilung des Hangschutts spiegelt auch die Verkarstungseigenschaften der Gesteine gut den lithologischen Aufbau des Bezirks wieder. Mäßig bis leicht verkarstungsfähige Gesteine bestimmen zum großen Teil den Aufbau der nördlichen Kalkalpen des Untersuchungsgebietes. Vor allem die gebankten triassischen Dachsteinkalke sind extras anfällig gegenüber der Lösungsverwitterung. Auf der digitalen Karte im Anhang treten die in der leicht verkarstungsfähigen Dachsteinkalkfazies entwickelten Gebirgspartien im weiteren Bereich des Steirischen Salzkammergutes und im Osten des Bezirks deutlich hervor. Zu den schwer verkarstungsfähigen Gesteinen des Kalkalpins zählen die norischen Hauptdolomite, die beidseitig der Enns südlich von Altausmarkt weit verbreitet sind. Grauwackenzone, Mittel- und Unterostalpin werden hingegen im bearbeiteten Gebiet vorwiegend von Gesteinen aufgebaut, die nicht zur Verkarstung neigen.

¹⁷ Im Rahmen der Diplomarbeit wurden zunächst einmal alle verfügbaren Daten (d.h. alle vorhandenen Variablen) in sogenannten Datenpool gesammelt und erst später entschieden, welche davon zur Berechnung der Grundwasserzöflung berücksichtigt werden sollten.

2.1.2.3 Wasserwegigkeit

Zusätzlich zu den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einflußgrößen zur geologischen Situation des Bezirks Liezen konnte als Datenquelle eine Karte der Wasserwegigkeit der Region verwendet werden. Auf dieser handcolorierten mit dem 1 x 1 km Arbeitsskizzenraster versehenen Kartenvorlage (von SUEITE 1987 erstellt) waren alle die Variablen, die bereits auf der quartärgeologischen Grundkarte von FLÜGEL & NEUBAUER verzeichnet waren, diesmal nach ihrer "Wasserwegigkeit" klassifiziert dargestellt. Die allgemeine Bezeichnung Wasserwegigkeit wurde in der Legende zur Kartenvorlage der normalerweise in der hydrogeologischen Terminologie in diesem Zusammenhang üblicheren Angabe einer "Durchlässigkeit" vorgezogen, da die der Durchlässigkeitsdefinition zugrunde liegenden hydraulischen Gesetzmäßigkeiten (DARCY-Gesetz usw.) für Festgesteine nicht gelten. Darüberhinaus waren wegen der in den Festgesteinen - wie sie weitestgehend das geologische Bild Liezens prägen - vorherrschenden hydraulischen Anisotropien und wechselnden strömungsmechanischen Verhältnisse keine genauen quantitativen Angaben über die Durchflußbedingungen aus dem Kartenblatt zu entnehmen (etwa in Form eines k_f -Wertes (=Durchlässigkeitsbeiwertes/ vgl. HÖLTING 1984). Die Wasserwegigkeit ist als eine nicht meßbare Größe anzusehen, die anhand von Erfahrungswerten beurteilt werden kann¹⁸. Zum Bemessen der Wasserwegigkeiten der verschiedenen geologischen Gesteinseinheiten und der quartären Bedeckungen dienten u.a. im Falle der vorliegenden Karte die Kenntnisse über das tektonische Verhalten, die Brüchigkeit, die Verkarstungsfähigkeit und die Korngrößen der betrachteten Geologie. In der Kartenlegende wurden insgesamt sieben Wasserwegigkeitsklassen unterschieden und jeder Klasse die entsprechenden stratigraphischen Schichtglieder zugeordnet. Dabei wurden den meisten kalkalpinen Sedimentgesteinen und den zentralalpinen Gesteinen des untersten Deckenstockwerkes (vgl. 1.3.2) hohe Wasserwegigkeiten zugeschrieben, während die Gesteine der Grauwackenzone (schwach metamorphes Grundgebirge) und des Mittelostalpins in ihren Schichtfolgen deutliche Unterschiede aufwiesen.

Aus der Wasserwegigkeitskarte wurden für den Datenpool zwei Variablen abgeleitet. Zum Erfassen der Wasserwegigkeit der Festgesteine wurde verfahren wie bei der Aufnahme der Verkarstungsfähigkeit, jedoch brauchten aufgrund der von vornherein größeren Klassenanzahl keine weiteren Zwischenkategorien definiert zu werden. Die zweite aus der Wasserwegigkeitskarte extrahierte Variable, hier Wasserwegigkeit der quartären Bedeckung genannt, wurde wie folgt gewonnen:

Zuerst wurde für alle zum quartärgeologischen Formenschatz des Bezirks Liezen gehörenden Ablagerungen die entsprechende Wasserwe-

¹⁸ nach mündlicher Mitteilung von Seiten der Forschungsgesellschaft Joanneum

gigkeitszuweisung aus der Kartenlegende übernommen. Im einzelnen ergaben sich daraus hohe Wasserwegigkeiten für Schwemmkegel, Hangschutt und Niederterrassen, eine mittlere Wasserwegigkeit für die Hochterrassen, mittlere bis geringe Wasserwegigkeiten für die Auegebiete und Moränen sowie eine Wasserwegigkeit von gering bis stauend für die Moor- und Torfablagerungen. Um für jede Gitterteilfläche zu einem einzigen Wasserwegigkeitswert der quartären Bedeckung zu gelangen, wurde anschließend mit einem selbstgeschriebenen Computerprogramm zellenweise den vorhandenen Positionen jeder quartärgeologischen Einflußgröße der entsprechende Wasserwegigkeitswert zugeordnet und das arithmetrische Mittel aller dieser Wasserwegigkeiten als Zellenwert zugrunde gelegt.

2.1.3 Daten zu bestehenden Nutzungen

Alle potentiellen Einflußgrößen, die aus dem Bereich der bestehenden Nutzungen von Boden, Land, Natur und Grundwasser vorlagen, wurden zusammengefaßt. Aus entsprechendem Kartenmaterial konnten Informationen über die Boden- und Landnutzung in Form der natürlichen Bodenwerte gewonnen werden. Ferner konnten anhand einer Wassergewinnungskarte, die von Seiten der Forschungsgesellschaft Joanneum zur Verfügung gestellt worden war, bestehende Grundwassernutzungen berücksichtigt werden. Schließlich lagen Kartenblätter vor, auf denen die Schutz- und Schongebiete des Bezirks verzeichnet sind.

2.1.3.1 Grünland-/Ackerlandgüte (natürl. Bodenwert)

Informationen über die landwirtschaftlichen Nutzflächen standen nur für einige Gegenden der betrachteten Region zur Verfügung, da weite Teile des Bezirks bisher noch nicht bodenkundlich aufgenommen worden sind bzw. entsprechende Veröffentlichungen noch ausstehen. Im Rahmen dieser Arbeit konnte auf Kartenmaterial des natürlichen Bodenwertes der westlichen Liquirener Gerichtsbezirke Schladming, Gröbming und Irnding zurückgegriffen werden. Auf insgesamt neunzehn Kartenblättern im Maßstab 1:25000 wurden dazu die verschiedenen auskartierten Bodenformen im Hinblick auf ihren natürlichen Bodenwert beurteilt¹⁸. Der natürliche Bodenwert gibt den Grad der Güte des Grün- bzw. Ackerlandes an und setzt sich, je

¹⁸ Unter einer Bodenform sind Flächen gleichen Bodentyps und weitgehend gleichen Standortcharakter zu verstehen, während der natürliche Bodenwert das Ergebnis der Abwägung der "naturbedingten Kulturart" darstellt. Diese 100% sich aufgrund verschiedener bodenkundlicher Parameter (Gründigkeit, Hängigkeit, Wasserverhältnisse u. a.) und der klimatischen Bedingungen für jede Bodenform ernennen. Danach kann eine Bodenform als Grün- oder Ackerland prädestiniert sein, jedoch auch für beide Kulturarten (BUNDESDIENST F. LAND- U. FORSTWIRTSCHAFT 1959, 1961, 1968).

nachdem ob nur eine oder beide Kulturarten im Bereich einer Bodenform in Frage kommen, aus ein oder zwei Werteangaben zusammen. Auf den vorliegenden Karten wird der natürliche Bodenwert anhand einer dreistufigen Skala nach hochwertigen, mittelwertigen und geringwertigen Bodenformen unterschieden. Dabei wurden als hochwertig solche Bodenformen angesehen, deren Erhaltung als landwirtschaftliche Nutzfläche wegen nahezu optimaler natürlicher Rahmenbedingungen (Boden-, Wasser-, Klimaverhältnisse) hohe Priorität eingeräumt werden sollte. Nur unrentabel zu bewirtschaftende Flächen, sei es aufgrund hoher zusätzlicher Kosten für Sanierungsmaßnahmen oder wegen schlechter Erträge, wurden als geringwertig eingestuft. Alle zwischen diesen beiden Extremfällen liegenden Bodenformen wurden als mittelmäßig beurteilt.

Zum Erfassen der natürlichen Bodenwerte bei Bewirtschaftung als Grün- bzw. Ackerland wurden die in der Karte als Polygon verzeichneten Bodenformen, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, generalisiert. Da alle zum Ackerbau geeigneten Flächen ebenfalls als mögliches Grünland bewertet worden waren, mußten viele Bodenformen dazu zweimal berücksichtigt werden. Um der höheren "Auflösung" der größermaßstäblichen Bodenkarten bei der Transformation auf den Arbeitsmaßstab 1:100000 möglichst gerecht werden zu können, wurden zusätzliche Güteklassen definiert, die zwischen den vorgegebenen Wertigkeitsstufen lagen. Auf der im Anhang beigelegten digitalen Karte der Grünland- bzw. Ackerlandnutzung entsteht dadurch der Eindruck, daß sich verhältnismäßig leicht verschiedene Bodengüten trennen lassen. Deshalb sei an dieser Stelle erwähnt, daß sowohl immer wieder auftretende technische Schwierigkeiten im Gelände als auch die unübersehbare Fülle der Einflußgrößen, von denen der natürliche Bodenwert abhängig ist, eine derart detaillierte Güteklassifizierung nicht zulassen, sondern diese hier allein als Ergebnis des Generalisierens anzusehen ist. Auf der Karte als wertloses Grün- bzw. Ackerland ausgewiesene Flächen sind Waldgebiete bzw. besiedelt.

2.1.3.2 Datennaterial zur Grundwassernutzung

Der Aufnahme der bestehenden Grundwassernutzungen diente eine gerasterte Lichtpause im Maßstab 1:100000, auf der Grundwasserbrunnen und eingefasste Quellaustritte verzeichnet sind. Da für die im Rahmen der Diplomarbeit zellenweise durchgeführten Betrachtungen der Variablen die genauen, aus der Kartenvorlage hervorgehenden Standorte der Brunnen und Quellaufstellungen nur von untergeordneter Wichtigkeit waren, wurde beim Zusammentragen der Daten wiederum so verfahren, daß die Koordinatenwerte der Zellen erfasst wurden, denen mindestens eine Vorhandenposition zugewiesen werden

konnte. Auf diese Weise wurden dreißig Zellen als Standort von Grundwasserbrunnen festgehalten. Mehr als die Hälfte der GW - Brunnen wurden in den Kristallniederungen zwischen Stainach und Admont gebohrt, zwei weitere Brunnen erschließen das Grundwasser am Ufer vom Altausseer See und Grundlsee. Genauere Informationen über Zahl und Tiefe der durch die Brunnen angeschnittenen gespannten (artesischen) Grundwasserhorizonte lagen nicht vor, jedoch ist davon auszugehen, daß die Brunnenbohrungen über das innerhalb dieser Arbeit betrachtete oberste Grundwasserstockwerk hinausgehen.

Von den in großer Zahl im Bezirkegebiet zutage tretenden Quellschüttungen konnten die für den Lokalverbrauch eingefassten Quellaustritte aus der Kartenvorlage entnommen werden. Im wesentlichen lassen sich drei Gruppen von Quellen unterscheiden, deren Auftreten vom Gebirgsbau, den Lagerungsverhältnissen und der Oberflächenform abhängig ist (vgl. NAGL 1973, ZETINIGG 1977). Im Untersuchungsgebiet sind sowohl Karstquellen und Hangwasseraustritte als auch Moränen- und Schuttquellen verbreitet und zur Nutzung eingefasst. Letztere stellen den häufigsten Quellentypus innerhalb der von Kristallingesteinen aufgebauten steirischen Landesteile dar (FABIANI 1978). Quellen entspringen unter anderem an Hangknicken, an der Talsohle sowie im Bereich glazialer Hohlformen. Die eingefassten Quellaustritte finden sich naturgemäß in der Nähe von Siedlungen oder Berghütten.

2.1.3.3 Schutz- und Schongebiete

Um die Lage von Schutz- bzw. Schongebieten von Landschaft, Natur und Wasser für den Datenpool erfassen zu können, standen zwei gedruckte Kartenblätter des Maßstabes 1 : 200000 zur Verfügung. Während auf dem einen Kartenblatt, die nach dem Steirischen Naturschutzgesetz²² als Landschafts- oder Naturschutzgebiet ausgewiesenen Flächen dargestellt waren, konnten der zweiten Kartenvorlage Wasserschutz- und -schongebiete entnommen werden. Da beide Karten in ungerasterter Form vorlagen, mußte für die Aufnahme der Koordinatenwerte (Vorhandenpositionen) ein dem Arbeitsmaßstab entsprechendes Gitternetz manuell gezeichnet werden.

Von den insgesamt 51 Landschaftsschutzgebieten der Steiermark (vgl. WOLKINGER 1981) liegen zehn innerhalb des Bezirks oder berühren sein Gebiet. Der österreichischen Naturschutzgesetzgebung zufolge, die im Gegensatz zum bundesdeutschen Rechtssystem das Festlegen der verschiedenen Schutzkategorien der jeweiligen Landesregierung überläßt, unterliegen die Landschaftsschutzgebiete dem geringsten Schutz. In der Schriftenreihe des DEUTSCHEN RATES FÜR LANDESPFLEGE (1987) werden die "österreichischen Landschafts-

²² (1981.05/1976)

schutzgebiete" als Kulturräume definiert, die gegenüber Eingriffen, die den Gesamtcharakter des Gebietes verändern würden, geschützt sind. Erlaubt sind dagegen "kleinere" Gebietsveränderungen, die nachweislich volkswirtschaftlichen Interessen dienen. Unter Landschaftsschutz stehen innerhalb des Untersuchungsgebietes die Schladminger Tauern, weite Teile des Steirischen Salzkammergutes sowie Bereiche der Ennstaler und Kissenarter Alpen.

Wesentlich strengere Schutzbestimmungen gelten für die Naturschutzgebiete. In diesen Gebieten sind "alle Eingriffe verboten, die das natürliche ökologische Gefüge bedrohen, gefährden oder gar zerstören" (WOLKINGER 1981). In der Steiermark gibt es neun Naturschutzgebiete (WOLKINGER 1981) und etliche Naturdenkmäler, die als geschützte Einzelobjekte (u.a. Dachstein-Südwände) im Rahmen dieser Arbeit den naturgeschützten Flächen untergeordnet wurden. Zum größten steirischen Naturschutzgebiet (Wildalpener Salztal) gehört fast der gesamte Bezirksbereich Liezens östlich der Linie Altenmarkt-Großreifling. Weiterhin stehen das Gesäuse und das anschließende Ennstal bis zur Landesgrenze, der Altausseer See sowie die benachbarten Seen und Teile des Toten Gebirges unter Naturschutz.

Die gesetzliche Grundlage für die Festlegung von Wasserschutz- und -schongebieten bildet in der Steiermark das gesamtstaatlich ausgelegte Wasserrechtsgesetz²¹ in der novellierten Fassung von 1969 (ARBEITSGEMEINSCHAFT ALPEN-ADRIA 1983). Danach werden Wasserschutzgebiete als "Grundflächen" ausgewiesen, für die besondere Nutzungsanordnungen gelten. Sie sollen den Schutz existierender oder geplanter Wasserversorgungsanlagen einerseits und von Heilquellen oder Heilmooren andererseits gewährleisten (REHOLDINGER 1984). In den Wasserschongebieten hingegen besteht lediglich eine Bewilligungsvorabzustimmung für Boden- oder Gewässernutzungen von Seiten der Wasserrechtsbehörde. Da der vom Bezirkegebiet vorliegende Kartamateriale keine eindeutige Unterscheidung von Wasserschutz- und -schongebieten zu entnehmen war, wurden in den Datenpool alle daraus erfaßten Zellen als Wasserschutzgebiet aufgenommen. Innerhalb des Bezirks liegen vier mehr oder weniger große Schutzgebiete. Das größte Wasserschutzgebiet umfaßt weite Teile des steirischen Kalkalpins (Totes Gebirge etc.), vom Aufersten Nordwesten bis oberhalb des Mittleren Ennstales. Diesem Gebiet schließt sich im Südwesten um Bad Aussee herum ein kleiner, unter Wasserschutz stehender Bereich an. Ebenfalls als Wasserschutzgebiet sind das gesamte Ennstal unterhalb des Gesäuses sowie der südöstliche Bezirksabschnitt Liezens ausgewiesen. Letzterer gehört zum Hochschwab - WEG, dem größten und bedeutendsten steirischen Wasserschutzgebiet, aus dem die Stadt Wien mit Wasser versorgt wird (Arbeitsgem. ALPEN-ADRIA 1983).

²¹ (1981. 215/1959)

2.1.4 Daten zur Infrastruktur

Als Variablen aus dem Bereich des naturräumlichen Potentials Infrastruktur konnten im ganzen elf Einflußgrößen herangezogen werden. Demu stand Kartenmaterial zur Verfügung auf dem Siedlungsgebiete, gewerbliche Einzelobjekte, Industrieanlagen, Bergbau sowie Straßen- und Eisenbahnverbindungen verzeichnet sind. Desweiteren wurden Daten aus bevölkerungstatistischen Erhebungen dem genannten Teilpotential untergeordnet (Kap.2.1.4.6).

2.1.4.1 Siedlungsgebiete

Während für die digitale Basiskarte nur die Ortsgrenzen einiger größerer Ortschaften wie Schladming, Liezen oder Altenmarkt übernommen wurden, fand für die Darstellung von Siedlungsgebieten ein weiteres mit manuellen Eintreibungen versehenes Kartenblatt Verwendung. Alle in der Kartenlegende als "verbautes Gebiet" bezeichneten Siedlungen wurden nach dem Vorhanden - Nicht vorhanden - Klassifizierungsschema erfasst. Insgesamt wurde auf diese Weise 228 Zellen eine Vorhandenposition zugewiesen. Im Bezirk konzentrieren sich die Siedlungsgebiete nahezu ausschließlich auf die Tallagen. Relativ dicht besiedelt mit vielen kleinen Ortschaften und einigen größeren Dörfern sind das Enns- und das Paltental sowie das sich von Stainach aus nach Nordwesten öffnende Tal des Steirischen Salzkammergutes. Das größte zusammenhängende besiedelte Gebiet umfaßt die Orte Bad Aussee und Altaussee, deren Ortsgrenzen miteinander verschmolzen sind. Vereinzelt in den Gebirgslagen anzutreffende Verbauungen, wie Berghütten oder Almhäufte, wurden auf der Kartenvorlage nicht ausgeschieden.

2.1.4.2 Gewerbliche Einzelobjekte

Als gewerbliche Einzelobjekte werden im folgenden Wirtschaftsunternehmen bezeichnet, die auf dem Kartenblatt zur industriellen Erschließung des Bezirkes gesondert aufgeführt sind und somit nicht den Industriestandorten untergeordnet wurden. Dabei handelt es sich um Müllbehandlungsanlagen und um Klärwerke.

Im Bezirk Liezen gibt es nach Kartenvorlage zwei Müllbehandlungsanlagen, deren Standorte in Form der jeweiligen Zellenkoordinaten aufgenommen wurden. Sie dienen zum Verbrennen von Unrat²². Ein Müllverbrennungswerk befindet sich bei Aich, einer Ortschaft zwi-

²² nach telefonischer Mitteilung von Herrn Dr. RÜHEL von der Faazellungs-gesellschaft Joanneum in Graz

schen Schlamm- und Gröbelsing im Westen Liezens, der andere Betrieb ist am Rande des Industriegebietes der Stadt Liezen ausläufig.

Zum Erfassen der Kläranlagen des Bezirksgebietes konnten Informationen aus zwei Kartenblättern herangezogen werden. Neben der bereits für die Aufnahme der Siedlungsgebiete und der Müllbehandlungsanlagen verwendeten Karte, waren Angaben über die Klärwerke des Bezirks auch der Karte der Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungssituation zu entnehmen (vgl. 2.1.4.6). Während auf dem zuerst genannten Kartenblatt die genauen Standorte der Kläranlagen wiedergegeben sind, enthält die andere Karte nach Gemeindebezirken untergliedert, Aussagen darüber, ob in einem Gemeindebezirk ein Klärwerk existiert oder nicht. In den Datenpool, als "Sammelbecken" möglicher Variablen für die später zu berechnende Grundwassergefährdungskarte, wurden die Zellenkoordinaten der Einzelstandorte, getrennt von den Koordinatenwerten der Gitterzelleflächen, aufgenommen, denen über die Klassifizierung nach Gemeindebezirken eine Vorhandenposition zugelei. Auf der Karte der verschiedenen Industrie- und Gewerbestandorte sind achtzehn Kläranlagen verzeichnet, die relativ gleichmäßig die Siedlungsräume der untersuchten Region abdecken (siehe dazu die Kartenblatt: Standorte grundwasserbelastender Gewerbe und Kläranlagen). Dem Kartenblatt zur Wasserversorgungs- bzw. Abwasserbeseitigungssituation zufolge fällt knapp die Hälfte der 51 Gemeindebezirke Liezens in den Einzugsbereich mindestens einer Kläranlage. Für die Gemeinden Bad Aussee, Trieben, Weng und Kleinsölk lagen diesbezüglich keine Angaben vor.

2.1.4.3 Industriestandorte

Die im Bezirk Liezen angesiedelten Industriebetriebe wurden ebenfalls dem Kartenblatt der Industrie- und Gewerbestandorte entnommen. Darüberhinaus lagen schriftliche Informationen über die Art der Industrien und deren Abwasserbeseitigung vor, die von einer Mitarbeiterin der Forschungsgesellschaft Joanneum zusammengetragen wurden. Anhand der Kartenvorlage wurden 43 Zellen als Standort einer Industriensiedlung erfasst. Die Industriebetriebe des Bezirks verteilen sich auf zahlreiche kleine "Industriegebiete" vorzugsweise entlang des verkehrstechnisch am besten erschlossenen Tales der Enns. Daneben haben sich Industrien im Ausseer Raum und im Faltental angesiedelt. Das größte zusammenhängende Industriegebiet der Region liegt am südwestlichen Stadtrand der Bezirkshauptstadt, wo sich eine Maschinenbau- und Handelsgesellschaft, eine Schuhfabrik und die Obersteirischen Baustoffwerke niedergelassen haben. Ansonsten finden sich im Bezirk unter anderem Holz- (Admont, Irdfing) und metallverarbeitende Industrien (Rottmann, Irdfing).

Textilfabriken (Schladming, Domarsbach) und Gerbereien (Irdning, Gröbming, Haus, Bad Aussee) sowie mehrere Sägewerke und Baustoffproduzenten. Ebenfalls als Industriensiedlung wurden die Veitscher Talkwerke (Trieben) und die Marmorstelebrüche von Lassing-Neulassing und Stein a. d. Enns betrachtet.

2.1.4.4 Bergbau (Salz)

Aufgrund der Informationen, die in Kartenform über die durch Bergbau erschlossenen Lagerstätten des Bezirks Liezen vorhanden waren, wurden von zehn Gitterzellen die Koordinaten erfasst. Bei den aufgezeichneten Lagerstätten handelt es sich ausschließlich um Salzvorkommen, die stratigraphisch der Schichtenfolge des permischen Haselgebirges zuzuordnen sind. Nach FLÜGEL & NEUBAUER (1984a) setzt sich das Haselgebirge aus Mischgesteinen evaporitischer Natur und pelitischen Sedimenten zusammen, die faziell weiter differenziert sind. Von den digitalisierten Evaporitvorkommen sind, soweit der Literatur zu entnehmen war, zur Zeit nur noch die Grubenwerke in der Umgebung von Altaussee in Betrieb. Während hier in erster Linie Steinsalz (Halit) gewonnen wird (1981 mehr als 40 % der gesamtösterreichischen Produktion!), wird in den Lagerstätten Wienarn am Grundlsee und bei Admont Gips mitunter auch Anhydrit gefördert (FLÜGEL & NEUBAUER 1984a). Über den westlich von Rottenmann gelegenen Bergbau lagen keine Angaben vor.

2.1.4.5 Straßen- und Eisenbahnverbindungen

Die bereits zum Erstellen der digitalen Karte der Infrastruktur erfassten Hauptverkehrsstraßen und Eisenbahnlinien, wurden zellenbezogen auch in die potentielle Variablenliste der später anzufertigenden Grundwassergefährdungskarte aufgenommen. Dazu wurden die Gitterteilflächen, durch die eine Hauptverkehrsstraße oder Bahnstrecke verlief, als Vorhandenposition der jeweiligen Einflußgröße gewertet und entsprechend berücksichtigt. Die verkehrstechnisch gesehen wichtigste Straßenverbindung des Bezirks Liezen bildet die Bundesstraße 308, die in etwa der Talfurche des Ennstales folgt. Als Fernverkehrsstraße und bevorzugte Gastarbeiterroute verbindet die stark frequentierte Ennstalstrecke das Land Salzburg mit der Bezirkshauptstadt Liezen. Über die Bundesstraße 138, die nordöstlich der Stadt Liezen zum Pyhrnpaß führt, besteht eine direkte Verbindung nach Oberösterreich ebenso wie durch den Bosruck-Tunnel (A9). Eine weitere für den Überlandverkehr bedeutsame Hauptverkehrsader ist durch die Salzkammergut - Bundesstraße (145) gegeben, die südlich von Steinach auf die B 308 trifft. Über sie wird der Fernverkehr vorbei an Bad Aussee nach Salzburg geleitet. Die

Bundesstraße 113 folgt dem Paltental und dient dem Anschluß der Region an die benachbarten steirischen Bezirke. Die östlich der Stadt Liezen verlaufenden Hauptstraßen spielen für den Durchgangsverkehr nur eine untergeordnete Rolle.

Das Eisenbahnnetz des Bezirks verläuft im wesentlichen parallel zu den oben genannten verkehrsträchtigen Straßenverbindungen, wobei Steinach als Bahnknotenpunkt mehrerer Strecken fungiert.

2.1.4.6 Daten bevölkerungsstatistischer Erhebungen

Als Daten bevölkerungsstatistischer Erhebungen werden im folgenden jene Einflußgrößen bezeichnet, die der von SUETTE 1988 zusammengestellten Kartenvorlage der Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungssituation des Untersuchungsgebietes entnommen werden konnten. Außer der Unterteilung des Bezirks in 51 Gemeinden, konnten aus der gerasterten Lichtpause insgesamt vier Einflußgrößen gewonnen werden.

Neben den genauen Einwohnerzahlen jedes Gemeindebezirkes lagen prozentuale Angaben über den durch Kanalisation von seinen Abwässern entsorgten Bevölkerungsanteil vor. Dazu war der Prozentsatz, der an die kommunale/verhandliche Wasserversorgung angebundener Bevölkerung aus der Karte abzulesen. Wie dem Kartenblatt zu entnehmen ist, basieren die Einwohnerzahlen auf der Volkszählung von 1981, während den anderen Variablen, die vom Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie in Graz 1987 durchgeführte Datenerfassung zugrunde liegt.

Aus inhaltlichen Gründen werden die einem eigenen Kartenblatt entstammenden wasserrechtlich genehmigten Abwassereinleitungen an dieser Stelle mit besprochen.

2.1.4.6.1 Einwohnerzahlen

Für die Aufnahme der Einwohnerzahlen in den Datenpool wurden die jeweils auf die Gesamtfläche eines Gemeindebezirkes bezogenen Zahlenangaben auf die einzelnen Gitterzellen umgerechnet. Dazu wurde die aus der Kartenvorlage zu ersiehende Einwohnerzahl durch die Anzahl der innerhalb des betrachteten Gemeindekreises liegenden Rasterzellen dividiert. Als mögliche Variable wurde somit die Einwohnerzahl pro Quadratkilometer (=Gitterzelle) erfaßt, wobei die Bevölkerungskonzentration innerhalb der Siedlungsgebiete mangels detaillierterer Bezugsquellen nicht berücksichtigt werden konnte. Die Einwohnerzahlen schwanken, je nachdem wie dicht ein Gemeindegebiet besiedelt ist, zwischen 2 (Gemeinde Johnsbach) und 437 (im Touristenzentrum Schladming) pro Quadratkilometer. In der mit 7021 Einwohnern bevölkerungsstärksten, gegenüber Schladming jedoch auch

flächenmäßig größeren Gemeinde Liezen (mehr Zellen!), entfallen nach obiger Umrechnung 135 Bewohner auf jeden Quadratkilometer.

2.1.4.6.2. Wasserversorgungs- bzw. Abwasser- beseitigungssituation

Das Erfassen der Wasserversorgungs- bzw. Abwasserbeseitigungslage erfolgte in der Weise, daß jeder Zelle die für die entsprechende Gemeinde aus der Kartenvorlage bzw. der zugehörigen tabellarischen Übersicht ersichtliche Prozentangabe zugeordnet wurde. Für die Gemeinden Kleinsölk, Trieben und Weng lagen keine Angaben von Seiten der Gemeinden vor. Ebenso fehlten Zahlen aus den Ortsbezirken Algen und Bad Aussee. Unvollständige Angaben waren für die Gemeindebezirke Gams und Altenmarkt vorhanden. Die Zellenkoordinaten dieser Gemeinden wurden als missing value aufgenommen und sind als solche auch auf der passenden digitalen Karte im Anhang wiederzufinden.

Der Anteil der Bewohner des Bezirks Liezen, die über kommunale oder verbandliche Wasserwerke versorgt werden, variiert von Gemeinde zu Gemeinde zwischen null und einhundert Prozent. Gleiches gilt für den Bevölkerungsanteil, dessen Abwasser über Kanalisation entsorgt werden. Da viele Gemeinden der Region nicht über eine eigene Kläranlage verfügen, ist der Prozentsatz der Ortskreise, die ohne Kanalisation auskommen müssen relativ groß (ca. 36 %).

Vollständig angebunden an die zentrale Wasserversorgung sind die Stadt Liezen und das Gebiet der angrenzenden Gemeinde Weissenboch. Die Stadt Liezen stellt zudem neben der Gemeinde Grundlsee den einzigen Ortskreis des Untersuchungsgebietes dar, in dem den vorliegenden Daten zufolge die Haushaltsabwässer ausschließlich über die Kanalisation entsorgt werden. Ähnlich günstige Versorgungs- bzw. Entsorgungssituationen bestehen in den Gemeinden Admont, Schladming, Selzthal, Tauplitz und Wörschach. In den dünn besiedelten, bevölkerungsschwachen Bezirksbereichen (Donnersbach, Donnersbachwald etc.) liegt der Anteil der zentral mit Wasser versorgten Bevölkerung meist deutlich unter fünfzig Prozent. Ebenso niedrig fällt im allgemeinen auch der Prozentsatz der Bewohner aus, deren Abwasser durch Kanalisation entsorgt werden.

2.1.4.6.3 Wasserrechtlich genehmigte Abwassereinleitungen

Der Aufnahme der wasserrechtlich genehmigten Abwassereinleitungen in den Datenpool diente als Arbeitsgrundlage eine gerasterte Lichtpause des Maßstabes 1:100000. Darauf sind die genauen Lokalisationen der Abwassereinleitungen und deren Anzahl pro Quadratkilometer (Gitterzelle) vermerkt. Für die im Rahmen der Diplomarbeit

durchgeführten Untersuchungen wurden die Koordinaten der Zellen digitalisiert, in denen Abwassereinleitungen auf der Kartenvorlage verzeichnet waren, unabhängig von deren absoluter Anzahl. Insgesamt konnte 442 Zellen auf diese Weise eine Vorhandenposition zugewiesen werden. Die erfaßten Abwassereinleitungen sind im wesentlichen in den drei Haupttalern des untersuchten Gebietes (Emstal, Paltental u. Steir. Salzkammergut) zu finden, die am dichtesten besiedelt und industriell am besten erschlossen sind. Daneben gibt es genehmigte Einleitungen von Abwässern in einigen Seitentälern (Sölketal, Oberraih etc.) und im Bereich der alpinen Schutzhütten. Die wasserrechtlich genehmigten Abwassereinleitungen umfassen sowohl mechanisch geklärte Fäkal- und Brauchwässer der Gemeinden als auch Abwässer industrieller Betriebe (Kühlwasser, Betriebswasser, verdünnte Mutterlauge (Salzsole) etc.).

2.2 Datenaufbereitung und - darstellung

2.2.1 Vorarbeiten für die Benutzung von THEMAK2

Das Digitalisieren, der in den vorstehenden Kapiteln beschriebenen thematischen Einflußgrößen, lieferte Koordinatenwerte von Gitterzellen, denen aufgrund der verwendeten Klassifizierungsschemata Vorhandenpositionen zugewiesen werden konnten. Darüberhinaus wurde von Variablen, die entweder in unterschiedlichen qualitativen Wertekategorien (Verkarstungsfähigkeit der Festgesteine, Grün- und Ackerlandgüte) vorlagen oder verschiedene quantitative Werte annahmen, (Abflußdaten) diesbezügliche Informationen mit abgespeichert. Da im folgenden das kartographische Programmsystem THEMAK2 (Kap.2.2.2) für die graphische Umsetzung der Daten eingesetzt werden sollte, mußten die "digitalen Rohdaten" zunächst THEMAK2 - gerecht aufbereitet werden. Dafür konnte teilweise auf Hilfsprogramme zurückgegriffen werden, die von Seiten des Institutes für Kartographie der Freien Universität Berlin den THEMAK2 - Usern zur Verfügung standen, daneben wurde aber auch selbst geschriebene FORTRAN - Software eingesetzt.

Im Rahmen der Vorarbeiten für die THEMAK2 - Anwendung wurden die in Exponentenschreibweise (E-Format) aufgenommenen digitalisierten Rohdaten in ein reelles Datenformat (F-Format) überführt. Des Weiteren mußten mehrfach erfaßte Koordinaten eliminiert und fehlerhafte Datenwerte korrigiert werden. Schließlich wurden die am Digitalisierertisch willkürlich innerhalb der einzelnen Gitterteilflächen aufgenommenen Koordinatenwerte auf die Zellarmittelpunkte zentriert, um für das spätere Platzieren von Standortzeichen mittels THEMAK2 ein symmetrisches Netz von Gitterpunkten zu erhalten.

Sowohl zum Unformatieren als auch zum Zentrieren der Daten wurden eigene Programmentwicklungen verwendet.

Ein wesentlicher Schritt der Datenaufbereitung bestand darin, den sogenannten Objektschlüssel (vgl. 2.2.2), der als alphanumerische Kennung eine maßgebliche Rolle für den Datenzugriff innerhalb von THEMAK2 spielt, programmgerecht zu gestalten. Während des Digitalisierungsprozesses wurde aufgrund der hohen Anzahl von theoretisch mehr als dreitausend möglichen Vorhandenpositionen für jede Variable meist nur einmal ein einheitlicher "Schlüssel" vergeben, der zur Kennzeichnung zunächst allen erfaßten Koordinaten der jeweiligen Einflußgröße zugewiesen wurde. Da THEMAK2 unterschiedliche Datenpunkte jedoch nur als solche zu erkennen vermag, wenn ihre Objektschlüssel voneinander abweichen, mußten die alphanumerischen Kennzeichnungen der den einzelnen Gitterzellen zugewiesenen Vorhandenpositionen nachfolgend durchnummeriert werden. Dazu konnte auf das im Umfeld von THEMAK2 verfügbare Hilfsprogramm NACHIGO zurückgegriffen werden. Es stellt über eine interaktive Menüabfrage verschiedene, vor dem THEMAK2 - Einsatz häufiger erforderliche Anwendungen als Subroutine bereit, so auch das Durchnummerieren der Objektschlüssel.

2.2.2 Das Programmsystem THEMAK2

THEMAK2 ist ein kartographisches, rechnerunabhängig konzipiertes Programmsystem, mit dessen Hilfe thematische (daher der Name!) digitale Karten konstruiert und gestaltet werden können²³. Mit dem am Institut für Kartographie der FU Berlin entwickelten Programm kann wahlweise interaktiv oder im Stapel (Batch-)betrieb gearbeitet werden. Zum Erstellen der verschiedenen digitalen Karten im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit diente die an der Großrechenanlage CONTROL DATA Cyber 860 des Rechenzentrums (Zentraleinrichtung für Datenverarbeitung (Zedat)) der FU Berlin unter dem Betriebssystem NOS/BE implementierte Programmversion 2.0 (GRÜGELKE 1986). Der kartographischen Umsetzung der digitalen Daten liegt das an der Zedat erarbeitete "Graphische Kernsystem" GKS (Version 7.2, Level 2b) zugrunde. Dank des internationalen Formen gerecht werdenden Standards kann das "Graphische Kernsystem" als Basischnittstelle beliebiger graphischer Ausgabegeräte eingesetzt werden. Für THEMAK2 bieten sich dadurch vielfältige Möglichkeiten zur Reproduktion thematischer Karten. Das Programmsystem THEMAK2 liefert digitale Karten sowohl als Schwarz-Weiß-Darstellung als auch in Farbe. Für die Diplomarbeit standen dazu ein VERSATEC Elektrostatischer Plotter zur Verfügung, über den S-W-Karten in den Maßstäben 1:100000 und 1:200000 während der Kartenentwicklungsphase ausgegeben wurden.

²³ In seiner Konzeption ähnelt THEMAK2 dem im Rahmen steirischer Projekte erprobten DEEROD-System (vgl. 2.1.3.2).

sowie ein VERSATEC Thermo-Transfer-Plotter, der für farbigen Kartenauszüge im Maßstab 1:300000 herangezogen wurde, die in Anhang dieser Arbeit zu finden sind.

Im allgemeinen arbeitet THEMAK2 mit zwei Typen von Dateien, deren Koordination im Programmsystem über den sogenannten Objektschlüssel erfolgt. Der Objektschlüssel besteht aus einer maximal zehnstelligen Zahlen- oder Buchstabenfolge (THEMAK2 - Format 1), die als Kennung jeden Datenwert (Attribut) vorangestellt wird. Über den alphanumerischen Schlüssel kann der THEMAK2 - Benutzer die vorhandenen Daten nach eigenen Gesichtspunkten kennzeichnen und im Hinblick auf die kartographischen Zielsetzungen sinnvoll strukturieren. Innerhalb des Programmsystems wird über die Schlüsselansprache (siehe weiter unten) der selektive Zugriff auf einzelne Objekte gesteuert.

Durch die einfache und übersichtliche Verwaltung der raumbezogenen Daten innerhalb von THEMAK2 in Form sogenannter Geometrie- und Attributedateien ist eine benutzerfreundliche Schnittstelle zur externen Dateiforganisation gegeben. In die Geometriedatei werden alle Informationen aufgenommen, die die Lage des jeweiligen Objektes innerhalb des betrachteten Raumes definieren. Dies sind in erster Linie die Koordinaten von Punkten oder Linienelementen (Segmenten). Darüberhinaus können Polygone (Flächen) als Bezugsobjekt thematischer Variablen in der Geometriedatei abgelegt werden, sofern diese über ein externes Hilfsprogramm aus geschlossenen Linienzügen definiert wurden. Über einen Textindex lassen sich außerdem kurze Texte in der Geometriedatei verwalten. Ebenso wie die Geometriedatei erwartet die Attributedatei sequentielle Daten. In der Attributedatei werden die den geometrischen Objekten zugehörigen Variablenwerte, als Matrix strukturiert, abgespeichert. Die eindeutige Zuordnung der Koordinatenwerte der Geometriedatei zu den entsprechenden thematischen Attributen der Attributedatei wird durch identische Objektschlüssel erreicht.

Nach der Definition der Geometrie- und Attributedatei(en) durch die entsprechenden THEMAK2 - Kommandos (CREATE, ATTRIBUTE) erfolgt die Konvertierung der sequentiellen Daten. Dazu werden die in den unterschiedlichsten sequentiellen Formaten vorliegenden geometrischen Objekte und thematischen Attribute ins Programmsystem eingelesen und in einem binären Code in die definierten THEMAK2 - Dateien eingegeben (CREATE - Kommando). Änderungen oder Ergänzungen innerhalb der Geometrie- und Attributedatei(en) von THEMAK2 lassen sich wie auch die Rückführung der Randdateien in ein lesbares Format (Data Retrieval) jederzeit durchführen. Nachdem die für die Kartengenerierung zu verwendenden Daten- und Koordinatenwerte in den entsprechenden THEMAK2 - Dateien abgelegt worden sind, erfolgt die Definition der Ausgabeparameter der zu erstellenden Karte. Dazu dienen die THEMAK2 - Kommandos DEVICE, WINDOW und MAP. Mit Hilfe

des `Device` - Kommandos wird zunächst das Zeichengerät für den graphischen Kartenoutput ausgewählt. Im interaktiven `THEMAX2` - Betrieb ermöglicht das Kommando, daß die kartographische Umsetzung der im Programm abgearbeiteten Befehle simultan über ein grafikfähiges Terminal verfolgt werden kann, sofern von diesem der Programmaufruf gestartet wurde. Wesentlich effizienter ist jedoch die Graphikausgabe auf dem sogenannten `GKS` - Metafile, der im "Hintergrund" beschrieben wird und nach der Sitzung als Stapeljob abgearbeitet werden kann. Das `Window` - Kommando erlaubt den darzustellenden Kartenausschnitt neu vorzubesetzen. Dadurch läßt sich die mit dem `Cursor` - Kommando verbundene Auswahl des auf der Karte abzubildenden Wertebereiches jederzeit überschreiben. Vor allem, wenn innerhalb eines Programmlaufes auf mehrere Geometriedateien zurückgegriffen werden soll, denen unterschiedliche Vorbesetzungen des (darzustellenden) Kartenausschnittes zugrundeliegen, erweist sich das `Window` - Kommando als sehr nützlich. Darüberhinaus ermöglicht das variable Platzieren des gewählten Rechtecks (Fensters) im Rahmen des anschließenden `Map` - Kommandos die Definition von Nebenkarten. Das `Map` - Kommando definiert das zuletzt durch einen `Cursor`- oder `Window` - Befehl vorbesetzte Fenster als den Kartenausschnitt, dessen Koordinatenbereich auf der zu generierenden Karte wiedergegeben wird. Gleichzeitig wird der Kartenmaßstab für die Ausgabe festgelegt. Über die Angabe des sogenannten Arbeitsmaßstabes, auf den sich nachfolgende Konstruktionskommandos beziehen, lassen sich relativ unproblematisch kleiner- oder größermaßstäbliche Karten erstellen. Der Vergrößerungs- bzw. Verkleinerungsfaktor der Kartenzzeichnung ergibt sich aus dem Verhältnis des angegebenen Kartenmaßstabes und der Arbeitsmaßstabszahl. Der Kartendefinition folgt als nächster Programmschritt das kartographische Umsetzen der in der (den) Geometriedatei(en) abgespeicherten Grundrißelemente durch entsprechende Konstruktionskommandos. Die gezielte Ansprache bestimmter Dateiinhalte wird über den Objektschlüssel sowie den betreffenden Dateiindex (Punkt-, Segment-, Polygon- oder Textindex) erreicht. Wahlweise lassen sich einzelne Objekte (Schlüssel), ein bestimmter Objektbereich oder Objekte aus mehreren Schlüsselbereichen ansprechen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Koordinatenwerte, die nur vorübergehend benötigt werden, implizit in den `THEMAX2` - Koordinatenbereich einzulesen, so daß in den anschließenden Konstruktionskommandos auf sie zurückgegriffen werden kann (* - Kommando).

Zum Aufbau der "Grundkarte" stellt `THEMAX2` verschiedene Basisoperationen zur Verfügung, die durch entsprechende Befehle aktiviert werden können (`LINE`-, `AREA`-, `SURFACE`-, `TEXT` - Kommando). Dank einer großen Anzahl von Darstellungsattributen, die im Programmsystem implementiert sind, bieten sich dabei zahlreiche Gestaltungsmöglichkeiten. Innerhalb der oben angeführten Konstruktionskommandos lassen sich die verschiedensten graphischen Variationen über Para-

meterangaben steuern. Außer einer umfassenden Auswahl von unterschiedlichen Symbolen, Flächen- und Linienmustern, die zum Erstellen der digitalen Karte benutzt werden können, erlauben weitere Parameter u.a. variable Zeichengrößen und Strichstärken. Über die Angabe eines Farbcodes, der auf dem Dreifarbenmodell der sogenannten "GKS - color - representation" basiert, können darüberhinaus acht Farbtöne zur Kartengestaltung herangezogen werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde das `LIST` - Kommando, das zum Generieren von Linienzügen dient, zum Zeichnen des Verkehrswegenetzes der Infrastrukturkarte sowie für die Darstellung des auf allen digitalen Kartenblättern wiedergegebenen Gewässernetzes und der Bezirksgrenze eingesetzt. Mit dem `AREA` - Kommando wurden unter anderem die verschiedenen Gebiets- und Hintergrundfondoerzielt. Eine zentrale Rolle beim Erstellen der im Anhang zu findenden Karten spielte das `SYMBOL` - Kommando, das sich aufgrund der vorhandenen Datenstruktur und der erwünschten Betrachtungsweise für die Variablendarstellung als am sinnvollsten erwies (vgl. 2.2.3). Mit dem `SYMBOL` - Kommando können Standortzeichen an Punkten plziert und graphisch ausgestaltet werden. Durch die Definition einer zusätzlichen Symboldatei kann auch auf selbst entworfene Standortzeichen zurückgegriffen werden. Neben den Basisoperationen, deren Kommandos ausschließlich Koordinatenwerte der Geometriedatei(en) graphisch umsetzen, stehen von Seiten THEMAK's auch komplexere Konstruktionsmodule zur Verfügung. Funktionell stellen diese Darstellungsmodelle die Kombination mehrerer Basisoperationen dar, so daß sich komplexere Informationsstrukturen in einer Karte wiedergeben lassen. Um die besagten THEMAK2 - Konstruktionsmodule ansprechen zu können, werden zunächst qualitative oder quantitative Variablenwerte anhand des Objektschlüssels ausgewählt und durch das Kommando `CLASSIFY` zu Werteklassen (-kategorien) zusammengefaßt. Anschließend wird durch ein anderes Kommando (`GRAPHICS`) jeder Werteklasse (-kategorie) ein graphisches Attribut zugewiesen. Erst nachdem diese beiden grundlegenden Operationen durchgeführt worden sind, wird das gewünschte Darstellungsmodell aufgerufen. THEMAK2 bietet u.a. die Möglichkeit, Rechteck- und Kreisdiagrammkarten, Choroplethenkarten, Standortzeichenkarten, Gitternetzkarten und Isolinienkarten zu erstellen (vgl. DIETZ 1987).

Den letzten Schritt einer THEMAK2 - Sitzung bilden die Konstruktion einer Legende und einer Maßstabsleiste. Je nachdem, ob im vorangegangenen Programmablauf auf ein Kartenkonstruktionskommando zurückgegriffen wurde, das das Erzeugen eines Legendenteiles bereits miteinbezieht, kann dieses in einem vordefinierten Legendenkasten plziert werden oder muß erst durch entsprechende Basiskonstruktionsbefehle generiert werden. Außer der GKS - Ausgabedatei, die alle Informationen der "berechneten" Graphik enthält, legt THEMAK2 von jedem Programmauf eine Datei an, auf der alle erfolg-

reich durchgeführten Programmbefehle protokolliert werden (vgl. Abb. 10).

2.2.3 THEMAX2 - Einsatz im Rahmen der Diplomarbeit

Die Möglichkeiten, die das Programmsystem THEMAX2 bietet, konnten beim Erstellen der im Rahmen der vorliegenden Arbeit angefertigten digitalen Karten nicht vollständig ausgeschöpft werden. Die Schwierigkeiten, die sich im Zuge der graphischen Umsetzung der digitalisierten Daten ergaben, resultierten aus der vorhandenen Datenstruktur, aus der großen Anzahl von 3161 zu berücksichtigenden Gitterzellen und aus der gleichzeitig erwünschten zellenbezogenen Darstellungsweise. Während die große Zellenanzahl das Programm vor Probleme beim Berechnen von Werteklassen für die quantitativen Datenwerte stellte, ergaben sich aus dem Datenbild und der zellenweisen Betrachtung vor allem Schwierigkeiten, die vom Programmsystem angebotenen komplexen Konstruktionsmodule benutzen zu können. Da viele Variablen nur qualitativ nach dem Vorhanden - Nicht vorhanden - Schema aufgenommen werden konnten und zudem oft nur in einer Qualitätskategorie vorliegen, ließ sich das CLASSIF - Kommando, das den verschiedenen Kartenkonstruktionskommandos vorausgeht, in vielen Fällen nicht anwenden. Für die kartographische Wiedergabe der quantitativen Variablenwerte konnten hingegen verschiedene Darstellungsmöglichkeiten, die von Seiten THEMAX's zur Verfügung standen, ausprobiert werden. Als problematisch erwies sich dabei, eine geeignete Darstellungsform zu finden, die jeder Gitterzelle eine graphische Struktur zuordnet, ohne daß das gesamte Kartenbild unübersichtlich wird. So gestatten einige in der THEMAX2 - Implementation vorgesehene Kartenvarianten (Gitternetz-, Standortzeichen-, Rechteckdiagrammkarte u.a.) zwar das punktbezogene Platzieren von Symbolen; diese sind aber in ihrer Größe nur wertabhängig zu dimensionieren. Während die Abfluß- und Einwohnerzahlenwerte schon allein wegen des geringen Platzes in jeder Zelle weder für die Rechteck- noch für die Kreisdiagrammkartenvariante in Frage kamen, sprach gegen die Standortzeichenkarte zudem die hohe Varianz der entsprechenden Datenwerte. Eine testweise erstellte Standortzeichenkarte des Hundertjährigen Hochwassers zeigte zum Beispiel nebeneinander Standortzeichen von Millimetergröße und Symbols mit einer Kantenlänge von mehr als 2,5 cm. Bei diesen Extremen, die ja nur die großen Werteunterschiede widerspiegeln, geht der Zellenbezug dem Betrachter verloren.

Um die unterschiedlichen Einflußgrößen des Datenpools trotz der aufgewiesenen programm- und datenspezifischen Beschränkungen anschaulich darstellen zu können, wurde auf die komplexen THEMAX2 - Konstruktionsmodule weitgehend verzichtet und stattdessen durch den gezielten Einsatz einzelner Basisoperationen versucht, optisch

gleichwertige Kartenvarianten herzustellen. Lediglich für die Abflußdatenkarten (NQ 100, NNQ) wurde zu Demonstrationszwecken ein implementierter thematischer Kartentyp verwendet, was jedoch nur unter Verzicht auf die zellenbezogene Darstellung möglich war.

2.2.4 Die digitalen Karten der Einflußgrößen

Den digitalen Kartenblättern des Hundertjährlichen Hochwassers und niedersten Niedrigwassers liegt das Konstruktionsmodul `Camo` zugrunde, mit dessen Hilfe sich flächenbezogene quantitative Daten als sogenannte Choroplethenkarte darstellen lassen. Um die Abflußdaten flächenhaft wiedergeben zu können, mußten die "Grenzen" der verschiedenen Einzugsgebiete digitalisiert und als Polygon innerhalb der Geometriedatei definiert werden. Die jedem Einzugsgebiet zugehörigen Variablenwerte wurden in der oben beschriebenen Weise in einer Attributedatei abgelegt. Anschließend wurden mit dem `CLASSIFY` - Kommando Werteklassen berechnet und für jede Klasse entsprechende graphische Attribute vereinbart (`CLASSIFY` - Kommando). `THEMAK2` erlaubt neben verschiedenen Arten der automatischen Klassenberechnung (linear, exponentiell, logarithmisch u.a.) auch die implizite Eingabe von Klassengrenzen. Die im Anhang zu findenden Abflußdatenkarten basieren auf vorgewählten Klassengrenzwerten. Das Darstellungsmodul `Camo` erzeugt eine Choroplethenkarte, in dem es jeden Variablenwert einer Werteklasse zuordnet und das zugehörige geometrische Objekt (hier: Polygon) mit dem zuvor definierten Flächenmuster oder Farbcode ausgestaltet.

Für die Darstellung der anderen Einflußgrößen, die als Variablen für die Berechnung der Grundwassergefährdungskarte in Frage kamen, wurde vorerst auf die Möglichkeiten des `SUMM` - Kommandos zurückgegriffen. Mit Hilfe dieses `THEMAK2` - Befehls konnten Kartenvarianten erstellt werden, die im äußeren Erscheinungsbild der Quadratrasterkarte ähneln, jedoch eine größere Variationsbreite gestatteten und keine reguläre Gitterstruktur voraussetzten (daher wesentlich weniger speicherplatzaufwendig!). Da das `SUMM` - Kommando wie auch die anderen `THEMAK2` - Basisoperationen nur auf Objekte aus Geometriedaten zugreifen kann, mußten die quantitativen Datenwerte bzw. in mehreren Kategorien aufgenommene qualitative Werte zusammen mit den Koordinaten der Mittelpunkte der entsprechenden Gitterzellen abgespeichert werden. Dazu wurden die jeweiligen Objektschlüssel so angelegt, daß der zugehörige Variablenwert als Teil der alphanumerischen Kennung aufgenommen wurde. Die Einflußgrößen, die lediglich nach dem Vorhanden - Kriterium erfaßt worden waren, konnten für das Erstellen einer Standortzeilenkarte mit Hilfe von `SUMM`, in Form ihrer Zellenkoordinaten in die Geometriedatei eingelassen werden. Über die Schlüsselansprache konnten auch für die "Symbolkarten" Einteilungen der Vari-

ahlenwerte in verschiedene Klassen vorgenommen werden. Um dies zu ermöglichen, wurden mehrere Smax - Kommandos nacheinander aufgerufen. Dabei lag jedem Befehl ein anderer logischer Ausdruck zugrunde, über den selektiv jeweils nur eine Auswahl der vorhandenen Schlüssel zum Platzieren des entsprechenden Symbols spezifiziert wurde. Während die unterschiedlichen logischen Ausdrücke verschiedene Werteklassen definierten, wurden voneinander abweichende graphische Attribute (Farben, Symbole etc.) durch wechselnde Parameterangaben innerhalb der einzelnen Smax - Kommandos erzielt. Für die Kartendarstellungen wurden in der Regel mehrere inhaltlich zusammengehörige Einflußgrößen auf eines Kartenblatt zusammengefaßt. Dazu wurden die Größen der ausgewählten Standortzeichen variiert (z.B. dig.Karte: Quartärbedeckung I) oder die Platzierungspunkte innerhalb der Gitterzelleflächen verschoben (Sarrcosr - Kommando, z.B. auf dem Kartenblatt: Standorte grundwasserbelastender Gewerbe und Kläranlagen). Auf diese Weise ließen sich bis zu fünf Variablen gleichzeitig innerhalb einer Rasterzelle abbilden, was die komplexen Konstruktionsmodale im übrigen nicht erlauben. Die genauen Inhalte der einzelnen digitalen Datenkarten sind den entsprechenden Legendenteilen auf den Kartenblättern im Anhang zu entnehmen, so daß an dieser Stelle auf eine ausführliche Zusammenstellung der Karteninhalte verzichtet werden kann.

```

THEMAK2, VERSION 2.0, METAF/LE CREATED 27/12/88 15:37:27.
-- *****
-- * STANDORTE VON WASSERRECHTLICH GESCHÜTZTEN ABWASSERLEITUNGEN *
-- * INDUSTRIELANDSCHAFTS-WEILBEREIDNUNGSANLAGEN, BEGRÄBNISSTRIEBEN *
-- * KLARANLAGEN UND EINDLUNGEN 1:300000 / IN P A K E *
-- *****
GEOGRAPHY, TOPOGRID
DEFICE,1
WINDOW (0,0,120,200)
MAP,300000,NO-100000
--
AREA,*,400,900 -- HINTERGRUND IN MAGENTA
AREA,2100'GREENE',A70,990,AC-BSE -- GELBER GEBIETSSTRICH
LINE,*,400,900 -- SCHWARZE KARTENRAHMEN
--
***** ZEICHNUNG DER GEBIETSSTRICHE *****
LINE,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,400,900,AC-B
LINE,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,400,900,AC-B
--
***** SYMBOLEINLEITUNG FÜR DIE STANDORTE *****
GEOGRAPHY, GEOMAP
--
SYMBOL,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- WEISSE KREISE
SYMBOL,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- HIERLUNGEN
SHIFTPOINT,-0,25,-0,25
SYMBOL,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- GEN. ABWASSER
SHIFTPOINT,+0,25,+0,25
SYMBOL,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- INDUSTRIE
SHIFTPOINT,-0,25,-0,25
SYMBOL,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- WEILBEREIDN.
SHIFTPOINT,+0,25,+0,25
SYMBOL,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- BEGRÄBNIS
SHIFTPOINT,+0,25,+0,25
SYMBOL,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- KLARANLAGE
--
GEOGRAPHY, TOPOGRID
LINE,2100'GREENE' #A0,990,AC-BSE -- ZEICHNUNG DER GEBIETSSTRICHE
--
***** LEITUNGSEINLEITUNG *****
* (100,0,120,20)
LEGENDBOX,*
SHIFT,0,-100,C
LEGENDHEAD,TY=C100,TL=(PROJEKT LIEZEN (ATKISMARK))
SHIFT,0,-20,0
LEGENDHEAD,TY=C20,TL=TEILBEREICH GRUNDWASSER
SHIFT,0,-40,0
LEGENDHEAD,TY=C70,TL=STANDORTE GRUNDWASSERLEITUNGEN /GEWASSE
TY=C100 /TL=ANLAGEN
--
* (104,30)
SYMBOL,*,2100,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- SCHWARZ
* (105,5,14,65)
TEXT,*,800,990,TL=//INDUSTRIELANDSCHAFTS
--
* (104,48,5)
SYMBOL,*,2100,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- MAGENTA
* (105,5,14,15)
TEXT,*,800,990,TL=//WEILBEREIDNUNGSANLAGE
--
* (104,17)
SYMBOL,*,2100,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- ROT
* (105,5,14,65)
TEXT,*,800,990,TL=//BEGRÄBNIS (/SALT)
--
* (104,15,5)
SYMBOL,*,2100,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- GRÜN
* (105,5,14,15)
TEXT,*,800,990,TL=//WASSERRECHTLICH GESCHÜTZTE
* (105,5,14,65)
TEXT,*,800,990,TL=//ABWASSERLEITUNG
--
* (104,13,3)
SYMBOL,*,2100,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- CYAN
* (105,5,14,65)
TEXT,*,800,990,TL=//KLARANLAGE
* (104,11,0)
SYMBOL,*,2100,1,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 -- S/W
* (105,5,14,65)
TEXT,*,800,990,TL=//STÄDLING
--
* (104,7)
TEXT,*,870,990,TL=//DIPLOMATEN, /BERLIN (1900)
SHIFT,200,-150,C
TEXT,*,870,990,TL=//CHRISTIAN /2000
SHIFT,-200,-150,C
HIGHLIGHT,*,0,0
--
END
    
```

Abb.10 : Beispiel für einen THEMAK2 - Parameterfile

3. DATENVERARBEITUNG

3.1 Variablenselektion und -reduktion

Im Rahmen des nächsten Arbeitsschrittes wurden alle Variablen, die zuvor erfaßt und zellenbezogen als digitale Karte wiedergegeben worden waren, im Hinblick auf ihren Wert für das Erstellen einer Grundwassergefährdungskarte geprüft. Alle Einflußgrößen, die weder als direkte noch als indirekte Gefahrenquelle für das Grundwasser zu deuten waren, wurden aus dem Datenpool der "Risikovariablen" gestrichen. Daneben konnte die Variablenzahl durch das Zusammenfassen ähnlicher Einflußgrößen reduziert werden. Um bei der Variablenselektion und -reduktion möglichst objektiv vorzugehen, wurde neben eigenen Überlegungen auch die Meinung von "Experten" am Institut für Mathematische Geologie sowie institutsfremden Fachleuten eingeholt und entsprechend berücksichtigt (vgl. 3.2). So wurden von den Abflußdaten die Angaben zum Fünfundzwanzigjährigen Hochwasser (HQ 25) und Mittlerem Niedrigwasser (MNQ) im weiteren Verlauf der Arbeit nicht mehr einbezogen und stattdessen nur die ebenfalls als absolute Mengenangaben vorliegenden Hauptzahlen des Niedersten Niedrigwassers (NNQ) und Hundertjährigen Hochwassers (HQ 100) als Extrema möglicher Wasserstandsmarken betrachtet. Um die Abflußdaten für die Ziele dieser Diplomarbeit berücksichtigen zu können, wurde davon ausgegangen, daß eine potentielle Belastung der Oberflächengewässer mit Schadstoffen besteht und deren Zufuhr unabhängig von der Abflußsituation konstant ist. Als Gefahren für das Grundwasser wurden im Expertenkreis alle Zunahmen der Abflußmenge in Richtung extremer Wasserführung der Oberflächengewässer (HQ 100) erachtet sowie alle Abnahmen bis zum Niedersten Niedrigwasser (NNQ). Im ersten Fall wurde eine indirekte Gefährdung für das Grundwasser durch das großflächige Versickern von Oberflächenwasser (Überschwemmungssituation) und einer damit verbundenen Schadstoffkontamination über weite Flächen gesehen. Dem stand eine mit abnehmenden Wasserstand einhergehende Konzentrationserhöhung möglicher Verunreinigungen des Oberflächenwassers als Risiko gegenüber. Aus diesem Grunde interessierten als Variablen zum Berechnen einer Grundwassergefährdungskarte von den Abflußdaten nur die extremen Wasserstandsmarken, wie sie durch die gewässerkundlichen Hauptzahlen HQ 100 und NNQ gegeben waren. Da diese Größen sinnvolle Aussagen bezüglich möglicher Gefährdungsrisiken nur erlaubten, wenn man gleichzeitig den diesen Datenwerten zugrunde liegenden Mittleren Abfluß (MQ) als "Normalwert" mit in die Betrachtung einbezog, wurden im folgenden sowohl die NNQ - als auch die HQ 100 - Angaben durch die zugehörigen Werte des Mittleren Abflusses dividiert. Durch die Berechnung dieser relativen Ab-

Flußwerte konnte auch der Mittlere Abfluß als Einzelvariable von den weiteren Arbeiten ausgeschlossen werden.

Als Variablen, denen kein potentiellles Risiko für das oberste Grundwasserstockwerk unterstellt werden konnte, wurden die meisten Einflußgrößen, die inhaltlich Informationen zu den bestehenden Nutzungen gaben, aus dem Kreis der Grundwassergefährdungsgrößen gestrichen und als Datenbasis zum Erstellen einer "Grundwasserschutzwürdigkeitskarte" (vgl. 4.4) herangezogen. Im einzelnen wurden die im Bezirkegebiet ausgewiesenen Schutz- und Schongebiete von Natur, Land und Wasser sowie die Standorte der Grundwasserbrunnen und Quelfassungen (vgl. digitale Karte: Schutzgebiete und Grundwassergewinnung) bei der Berechnung der Grundwassergefährdung nicht berücksichtigt. Aus dem gleichen Grund konnte auch auf die Angaben zur zentralen Wasserversorgung als Risikogröße verzichtet werden. Demgegenüber konnten die Informationen, die durch die Prozentsahlen zur zentralen Abwasserentsorgung gegeben waren, durch Bezugnahme auf die Einwohnerzahlen (pro Quadratkilometer) in eine absolute Größe überführt werden. Anstelle relativer Prozentangaben wurde neben der Einwohnerzahl pro km² die Anzahl der Einwohner (pro km²) ohne zentrale Abwasserentsorgung (Kanalisation) als Risikogröße berücksichtigt. Weiterhin verringerte sich die Anzahl der in die Risikoberechnung eingehenden Größen dadurch, daß von den doppelt erfaßten Kläranlagen (vgl. 2.1.4.2) die Einzelstandorte als irrelevant erachtet und gegenüber der gemeindebezogenen Klassifikation verworfen werden konnten.

Die verschiedenen der PLÜGEL - Karte entnommenen Einflußgrößen zur quartären Bedeckung ließen sich auf eine einzige Wasserwegigkeitsvariable reduzieren. Ebenso stand mit der "Wasserwegigkeit der Festgesteine" eine Größe zur Verfügung, die inhaltlich die Informationen zum Verkarstungsgrad der unterschiedlichen stratigraphischen Einheiten des Bezirkegebietes mit einbezog. Aus diesem Grunde brauchte die Verkarstungsfähigkeit der Festgesteine im weiteren Verlauf der Diplomarbeit nicht mehr als eigenständige Variable besonders berücksichtigt zu werden. Da die Wasserwegigkeiten der quartären Sedimentauflage und des Festgesteinsuntergrundes in der Natur untrennbar miteinander verbunden sind, wurden zum Berechnen der Grundwassergefährdung die abstrakten "Teileinflußgrößen" zusammengefaßt. Die im folgenden als Gesamtwasserwegigkeit bezeichnete Variable repräsentiert den arithmetrischen Mittelwert beider Teileinflußgrößen, sofern für beide Wasserwegigkeiten Wertevorlagen. Gitterzellen ohne quartäre Bedeckung wurde als Variablenwert die Wasserwegigkeitsangabe der Festgesteine zugewiesen. Vergleicht man die im Rahmen der Diplomarbeit verfügbaren Einflußgrößen mit den theoretisch wünschenswerten Variablen für die Berechnung einer Grundwassergefährdungskarte, wie sie in Kapitel 1.2 dargelegt wurden, so fällt auf, daß vor allem aus dem Bereich der Hydrologie bzw. der Hydrogeologie nur wenig Datenmaterial zugrunde

gelegt werden konnte. So waren weder Informationen zur Mächtigkeit und Fließrichtung des obersten Grundwasserstockwerkes vorhanden, noch konnten Spiegelpläne verschiedener Grundwasserstände (hoher u. niedriger Pegel) in die Betrachtungen einbezogen werden. Das Fehlen eines hinreichend dichten Maßstellennetzes im Liesener Raum und entsprechender langjähriger Grundwassermeßreihen, wie sie für die Erfassung der aufgezählten Größen notwendig waren, dürfte primär darin begründet sein, daß der Bezirk Liesen gegenüber den gut erforschten südlichen Landesteilen der Steiermark als Entnahmefeld für Grundwasser bisher nur eine untergeordnete Rolle spielte. So konzentrieren sich gut neunzig Prozent der in der Steiermark erfaßten Grundwasserentnahmegebiete auf die Talböden der Mur und Mürz und damit zugleich auf die am intensivsten genutzten steirischen Grundwasservorkommen (FABIANI 1974). Darüberhinaus erschweren die relativ komplizierten Grundwasserverhältnisse Liezens fundierte hydrogeologische Aussagen. Da im Bezirksamtgebiet, bedingt durch die Geologie und den Einfluß der Eiszeiten, verschiedene hydrogeologische Regimes aufeinandertreffen, lassen sich die unterirdischen Wasserwege nur schwer fassen. Im Bereich des alpinen Karstes der Kalkalpen folgt das Grundwasser (Karstgrundwasser) diffusen Höhlensystemen, zeigt stark variierende Fließgeschwindigkeiten und Ausbreitungsrichtungen und unterliegt zudem niederschlagsabhängig beträchtlichen Spiegelschwankungen (TOLLMANN 1986b). Demgegenüber finden sich in den Tallagen der Enns und des Faltenales an quartäre Lockergesteinsfüllungen gebundene Grundwasserhorizonte mit den Eigenschaften von Porengrundwasserleitern. Wiederum andere Grundwasserverhältnisse bestehen in den Kristallingebieten des Bezirkes.

Im Zuge der Variablenselektion und -reduktion konnte die Anzahl, der für das Erstellen der Grundwassergefährdungskarte relevanten Variablen auf sechzehn wesentliche Einflußgrößen beschränkt werden. Diese wurden in dem sich anschließenden Arbeitsschritt in Anlehnung an die sogenannte *Delphi - Methode* (Kap. 3.2) bewertet. In einzelnen dienten die folgenden Größen zum Berechnen der Grundwassergefährdungskarte(n):

- Wasserwegigkeit ("gesamt")
- Grundwasserüberdeckung (Flurabstand)
- wasserrechtlich genehmigte Abwasserleitungen
(vorhanden/nicht vorhanden)
- Industriensiedlungen (v./n.v.)
- Einwohnerzahl pro km² ohne zentr. Abwasserentworgung
- Bergbau (v./n.v.)
- Siedlungsgebiet (v./n.v.)
- Ackerlandgütwert
- Grünlandgütwert

- Müllbehandlungsanlage (v./n.v.)
- Hauptverkehrsstraße (v./n.v.)
- Eisenbahn(strecke) (v./n.v.)
- Klärwerk (gemeindebezogen v./n.v.)
- Hundertjähriges Hochwasser / Mittl. Abfluß
- Niedrigstes Niedrigwasser / Mittl. Abfluß
- Einwohnerzahl pro Quadratkilometer

(v = vorhanden, n.v. = nicht vorhanden)

3.2 Die Delphi - Methode

Die Delphi - Methode, die nach dem aus der griechischen Mythologie bekannten Orakel der Stadt Delphi benannt ist, dient dem Optimieren von "Schätzwerten". Bei diesen Schätzwerten handelt es sich im weitesten Sinne um Angaben von Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten bestimmter Ereignisse, die in präziser Weise zu formulieren sind. Das Ziel des Delphiverfahrens besteht darin, durch mehrfaches Einholen verschiedener subjektiver Expertenmeinungen zu einem verhältnismäßig objektiven Gruppenurteil ("Gesamtaussage") zu gelangen. Obwohl viele Diskussionsrunden im Grunde diesem Gedanken folgen, unterliegt die eigentliche Delphiprozedur besonderen "Spielregeln", die möglichst einzuhalten sind. BAXTER et al. (1978) unterscheiden in diesem Zusammenhang zwischen der reinen Delphi - Methode (pure Delphi), die bestimmten Mindestanforderungen unterliegt, und modifizierten Anwendungen dieses Verfahrens (modified Delphi) mit einer mehr oder weniger großen Anzahl zusätzlicher Erweiterungen. Als Grundvoraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz der Delphiprozedur sollte nach dem Willen der Autoren die Anonymität der befragten Fachleute gewahrt bleiben, der gesamte Arbeitsprozeß mehrfach wiederholt werden und schließlich nach jeder Befragungsrunde eine statistische Auswertung der Antworten in der Weise durchgeführt werden, daß am Ende quantitative Schätzwerte vorliegen. Die modifizierte Delphiprozedur kann zusätzlich anonyme Diskussionen im Expertenkreis beinhalten und Selbsteinschätzungen der Wissenskompetenz der verschiedenen Fachleute mit einbeziehen.

3.2.1 Der methodische Ablauf

Zu Beginn der Delphiprozedur schildert der Klient, das ist in der Regel die Person, der das Ergebnis des Prozesses zugute kommt, in allgemeiner Form das zu bewältigende Problem. Anschließend wird ein neutraler Teilnehmer der Gesprächsrunde, der mit der Methodik vertraut ist, bestimmt, um den Ablauf des Delphiverfahrens zu

überwachen und die Fragen zu stellen. Bei der Auswahl der Experten, deren subjektive Einschätzungen für die Problemlösung herangezogen werden sollen, ist darauf zu achten, daß diese ebenso wie der Leiter der Runde nicht an dem Resultat der Delphi-prozedur interessiert sind. Nachdem ein Gesprächsleiter, der sogenannte Monitor, und die Experten berufen worden sind, wird durch gezielte Fragen die Meinung der Fachleute eingeholt. Um dabei Antworten zu erhalten, die für den Klienten von Nutzen sind, sollte beim Formulieren der Fragen stets der eigentliche Zweck der ganzen Aktion hinreichend bedacht werden. Je nach Fragestellung liefert die Delphi - Methode unterschiedlich geartete Wahrscheinlichkeitsaussagen zu den betrachteten Variablen oder Attributen. In der Praxis haben sich vor allem zwei verschiedene Fragetechniken durchgesetzt. Während einmal die Experten darum gebeten werden, Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten bestimmter Variablenwerte (bzw. Attributklassen) einzuschätzen, werden andererseits durch den Monitor Wahrscheinlichkeiten vorgegeben, denen die Fachleute entsprechende Werte(klassen) zuweisen sollen ("method of fractiles"). Um von den subjektiven Einzelbewertungen der Experten zu einer objektiveren Gruppensaussage zu gelangen, wird die Delphi-prozedur solange wiederholt, bis keine signifikanten Abweichungen mehr zwischen zwei Durchläufen zu verzeichnen sind. Dazu werden in der Regel die Experteneinschätzungen nach jeder Runde gemittelt und die Gruppennmittel miteinander verglichen.

Da die Delphi - Methode mit relativ geringem technischen und finanziellen Aufwand praktiziert werden kann, weil weder größere Datenmengen noch teure Hardware dafür benötigt werden, bietet sich das Verfahren ein breites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten. So eignet sich die Delphi-prozedur u.a. zur Vorratsabschätzung von Lagerstätten oder zum Bestimmen von Explorationskriterien. Nach BAXTER et al. (1978) ist vom Gebrauch der Delphi - Methode jedoch abzuraten, wenn der erwartete Fehler der Expertenantworten zu groß wird oder das Ergebnis der Prozedur zu komplex ist.

Trotz aller Vorteile, die die Delphi - Methode bietet, lassen sich einige Fehlerquellen, die einer objektiven Meinungsfindung im Wege stehen können, nicht ausschließen. So besteht stets die Gefahr, daß der Monitor bewußt oder unbewußt durch die Art und Weise des Fragens eigene Vorurteile oder Neigungen in die Bewertung einfließen läßt oder die Anonymität des Teilnehmerkreises zu Manipulationen mißbraucht. Weiterhin muß der "Mittelwert" der Experteneinschätzungen, dem letzten Endes die vermeintlich objektive Aussage zugrunde liegt, nicht zwangsläufig die richtige Problemlösung darstellen. BAXTER et al. (1978) verweisen in diesem Zusammenhang auf "an artificially induced pressure for consensus", der aus dem "quantitative feedback" resultieren kann.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden vier Experten unabhängig voneinander darum gebeten, die Variablen im Hinblick auf mögliche Gefährdungsrisiken für das oberste Grundwasserstockwerk zu bewerten. Zusätzlich wurden eigene Einschätzungen der Einflußgrößen vorgenommen. Da die außerhalb des Instituts für Mathematische Geologie tätigen Fachleute nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung standen, wurde der Delphi-Ansatz in der Weise modifiziert, daß anstelle einer Mehrfachbefragung der Fachleute im Plenum eine ausgiebige Diskussion geführt wurde, nachdem jeder der zugezogenen Experten seine subjektive Einschätzung anonym abgegeben hatte. Das aus dieser Gesprächsrunde hervorgehende Gruppemittel bildete die Grundlage für die endgültige Gewichtung der Einflußgrößen. Daneben konnte zu einem späteren Zeitpunkt das Fachwissen einer Expertin auf dem Gebiet der Hydrogeologie in die Betrachtung einbezogen werden. Den verschiedenen Risikokarten (vgl. 4) liegt eine aus den unterschiedlichen Expertenmeinungen gemittelte Datenbewertung zugrunde.

Zum Bewerten der verschiedenen Einflußgrößen wurde ein einfaches "lineares" Entscheidungsmodell gewählt, das zunächst alle Variablen nach ihrer Wichtigkeit gegeneinander abwägt (vgl. CONSTANTINIDES et al. 1986). Anschließend wurde analog der im vorstehenden Kapitel erwähnten method of fractiles zu vorgegebenen Risikoklassen jeder Einzelvariablen, eine entsprechende Wertezuweisung von den Experten gefordert (vgl. 3.3).

3.3 Die Variablenbewertung

Auf der Grundlage des oben beschriebenen Bewertungsschemas der Variablen zum Erstellen einer Grundwassergefährdungskarte wurden den verschiedenen Einflußgrößen zunächst Datengewichte zugewiesen. In diesen kamen die von Expertenseite beigegebenen Wichtigkeiten der jeweiligen Einflußgröße in Form von numerischen Werten für die Risikoberechnung zum Ausdruck. Um die Variablenbewertung, die den im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit berechneten Risikokarten zugrunde liegen, ohne größere Schwierigkeiten mit alternativen Gewichtungsvorschlägen vergleichen oder gegebenenfalls neu berechnen zu können, wurde ein FORTRAN - Programm geschrieben, das unterschiedliche Variablenbewertungen auf eine definierte Gesamtsumme aller Einzelbewertungen umrechnet (Abb. 11).

Danach ergibt sich als Summenwert der Einzelgewichte w_i stets der Zahlenwert zehn.

$$\sum w_i = 10.0$$

Für die Variablenziehung eröffnet sich dadurch der Vorteil, daß eine Glättung der Einzelgewichte im Hinblick auf einen bestimmten Summenwert nicht durchgeführt zu werden braucht und daraus möglicherweise resultierende Manipulationen vermieden werden können.

```

PROGRAM INFOGE
C *****
C DAS PROGRAMM LEST VON DER DATEI <GEALT> GEWICHTE FUER DIE
C EINZELNEN VARIABLEN EIN UND NORMIERT DIESE AUF 10 ALS SUM-
C MENWERT DER EINZELGEWICHTE. ANSCHLIESSEND WERDEN DIE NOR-
C MIERTEN GEWICHTE ( DATEI: <GENEU> ) AN MISUNG - VALUE -
C POSITIONEN SUMMIERT UND DER BERECHNETE WERT FUER JEDE
C ZITTERZELLE AUF DIE DATEI <ZFILE> GESCHRIEBEN.
C *****
C CHARACTER FMT10*(*)
C *****
C          FORMAT DER AKTUELLEN RISTRODATEI :
C -----
C PARAMETER (FMT10= '(2F6.1,3F7.2,10X,F5.0,25X,3F3.0,
X          3F2.0,3X,2F5.0,2X,F5.2,6X,F6.2)')
C -----
C PARAMETER (NVAR=16,NMAX=5200)
C REAL VAR(NVAR),AGEW(NVAR),NGEW(NVAR)
C CHARACTER VARTXT(NVAR)*10
C OPEN (2,FILE='GEALT')
C OPEN (3,FILE='GENEU')
C OPEN (4,FILE='GATER')
C OPEN (5,FILE='ZFILE')
C -----
C SUMALT=0.
C SUMNEU=0.
C DO 100 I=1,NVAR
C   READ(2,'(A,F5.3)',END=98) VARTXT(I),AGEW(I)
100  SUMALT=SUMALT+AGEW(I)
C DO 200 J=1,NVAR
C   NGEW(I)=AGEW(I)*10./SUMALT
C   WRITE(3,'(A,F5.3)',VARTXT(I),NGEW(I))
200  SUMNEU=SUMNEU+NGEW(I)
C WRITE (*,'( " DIE SUMME DER NEUEN GEWICHTE IST :',F5.2)') SUMNEU
C WRITE (*,'( " DIE SUMME DER ALTEN GEWICHTE WAR :',F5.2)') SUMALT
C -----
C DO 300 J=1,NMAX
C   READ(4,FMT10,END=99) X,Y,(VAR(J),J=1,NVAR)
C   SUMMIV=0.
C   DO 400 K=1,NVAR
C   IF (VAR(J).EQ.-1) SUMMIV=SUMMIV+NGEW(K)
300  WRITE (5,'(4X,"VV",F6.1,2X,2F6.2)') SUMMIV,X,Y
C 99  STOP
C   END

```

Abb.11 : Programm INFOGE zur Normierung der Gesamtsomme der Einzelgewichtungen

In der Gewichtung der verschiedenen Einflußgrößen wurden die Variablen zur geologischen Situation Lienz am höchsten eingeschätzt. Dabei wurde die Gesamtwasserwegigkeit gegenüber dem Flurabstand

(Grundwasserüberdeckung) geringfügig höher bewertet. Ebenfalls als verhältnismäßig bedeutsam für das Eressen eines Gefährdungsrisikos des Grundwassers wurden die Industrieansiedlungen und Abwassereinleitungen erachtet und dementsprechend hoch gewichtet. Die geringsten Variablengewichte ergaben sich aus der Expertendiskussion für die Einwohnerzahl pro Quadratkilometer, die Abflußvariablen HQ 100/MQ und NNQ/MQ sowie für die als Einflußgröße aufgenommenen Eisenbahn(strecken). Einen Überblick über die Einzelgewichtungen der für die Grundwassergefährdungskarte gezogenen Variablen gibt die folgende tabellarische Zusammenstellung:

Wasserverfügigkeit ("gesamt")	: 1.55
Grundwasserüberdeckung	: 1.40
Industrieansiedlung(en)	: 1.00
wasserrechtl. gen. Abwassereinleitung	: 1.00
Einwohnerzahl pro Quadratkilometer	
ohne zentrale Abwasserentsorgung	: 0.90
Bergbaugebiet	: 0.60
Siedlung	: 0.35
Ackerlandgütwert	: 0.55
Hauptverkehrsstraße	: 0.50
Müllbehandlungsanlage	: 0.45
Klarwerk (gemeindebezogen)	: .425
Grünlandgütwert	: .375
Eisenbahn(strecke)	: 0.20
HQ 100 / MQ	: 0.20
NNQ / MQ	: 0.20
Einwohnerzahl pro km ²	: 0.10

Zusätzlich zu der Gewichtung der Einzelvariablen, die die Wertigkeit der verschiedenen Einflußgrößen untereinander im Hinblick auf die zu berechnende Risikogröße wiedergibt, wurde eine Differenzierung der Risikoeinschätzung jeder Variablen in Abhängigkeit des jeweils vorliegenden Datenwertes vorgenommen. Dazu wurden dem gesamten Wertespektrum jeder Einflußgröße fünf Risikoklassen zugrunde gelegt. (kein Risiko bis sehr hohes Risiko). Über die Angabe von Klassengrenzen wurden die möglichen Datenwerte auf zwei oder mehrere der vorgegebenen Risikointervalle verteilt und somit eine qualitative Unterscheidung zwischen den verschiedenen Variablenwerten jeder Kenngröße erzielt. Für die Berechnung des Risikowertes einer Gitterzelle wurde jedem Risikointervall ein entsprechender Zahlenwert zugewiesen. Dabei erhält die Bewertungsklasse "kein Risiko" den Zahlenwert 0. Das "mittlere" Risiko wurde mit dem Wert 0.5 beziffert, während dem "sehr hohen Risiko" der Wert eins zugewiesen wurde (Abb.12). Zum Berechnen der Risikowerte

anhand der genannten Gewichtungen wurde das Computerprogramm RISKTAB verwendet, das in Kapitel 3.5 beschrieben ist.

kein Risiko	geringes Risiko	mittleres Risiko	hohes Risiko	sehr hohes Risiko
0.0	0.25	0.50	0.75	1.0

Abb.12 : Bewertungsschema der Risikointervalle

3.4 Vorarbeiten für die Risikoberechnung

Um auf alle vorliegenden Daten der unterschiedlichen Einflußgrößen relativ schnell und unkompliziert zugreifen zu können, mußten die den Ansprüchen der vorangegangenen Arbeiten zufolge THEMAK2 - gerechta strukturierten Daten in eine für die Risikoberechnung geeignete Form überführt werden. Hierzu wurde auf zwei selbstgeschriebene Computerprogramme zurückgegriffen, mit deren Hilfe eine zunächst nur aus den Zellensmittelpunkt koordinaten des für die Bezirksfläche von Liezen zugrunde gelegten Rastera bestehende Datei schrittweise mit den Dateinformationen der THEMAK2 - Systemdateien aufgefüllt werden konnte. Innerhalb dieser neu geschaffenen "Risikodatei" wurden für die qualitativen Einflußgrößen wiederum die Zahlenwerte eins (für "vorhanden"), null (für "nicht vorhanden") und -1 (für missing values) gewählt. Von den übrigen Einflußgrößen wurden die jeweiligen quantitativen Variablenwerte oder entsprechende Klassenwerte in die neu angelegte Risikodatei aufgenommen. Damit die Risikodatei gleichermaßen auch zum Berechnen der "Schutzwürdigkeitskarte" (vgl.4.4) herangezogen werden konnte, wurden nahezu alle in Kapitel 2.1 beschriebenen Einflußgrößen in dieser Datei erfaßt. Die gezielte Auswahl bestimmter Variablen aus der Risikodatei für die verschiedenen im Rahmen dieser Arbeit berechneten Risiko- und Schutzwürdigkeitskarte(n) konnte so ausschließlich über das Datenformat erfolgen.

3.5 Das Risikoprogramm RISKTAB

RISKTAB ist ein von B. SCHÜTMANN und M. KANNENBERG am Institut für Mathematische Geologie der FU Berlin entwickeltes FORTRAN - Computerprogramm, mit dessen Hilfe sich in einem linearen Berechnungsansatz Risikowerte wie das Grundwassergefährdungsrisiko berechnen lassen. Da die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführten Arbeiten praktisch ausschließlich an der CONTROL DATA Großrechenanlage Cyber 860 durchgeführt wurden, mußte die auf den Gebrauch an der Institutesignen HP - Rechenanlage zugeschnittene Programmversion geringfügig modifiziert werden. Zusätzlich wurde der Datenoutput der CDC - Implementation von RISKTAB so ausgelegt, daß eine direkte Weiterverarbeitung der berechneten Risikowerte mittels THEMEX2 ohne große Schwierigkeiten vollzogen werden konnte.

Das Programm RISKTAB erwartet als Dateninput die X - Y - Koordina-tenwerte der Gitterzellen und die zugehörigen Variablenwerte. Über eine Subroutine läßt sich gegebenenfalls auch ein Gitter definieren und die entsprechende Wertezuweisung vornehmen. Als zweite Eingabedatei benötigt das Programm einen Parameterfile, von dem die Bewertung der Risikoklassen, der Wertebereiche dieser Risikointervalle und die gewählten Einzelgewichtungen jeder Variablen eingelesen werden. Darüberhinaus wird über den Parameterfile die Risikoklasse bestimmt, der etwaige missing values einer Variablen zugewiesen werden sollen ("Defaultwert").

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	=> 5 Risikoklassenwerte (kein Risiko - sehr hohes Risiko)
HD100/MQ 4 0.2	=> (quantitative) Variable, Defaultwert f. missing values, Einzelgewichtung
XX 0. XX 0.	=> Wertezuweisung f. Risikoklasse 1 (kein Risiko)
XX 0. XX 0.	=> Wertezuweisung f. Risikoklasse 2 (geringes Risiko)
GE 0. LT 10.	=> Wertezuweisung f. Risikoklasse 3 (mittleres Risiko)
GE 10. LT 50.	=> Wertezuweisung f. Risikoklasse 4 (hohes Risiko)
GE 50. XX 0.	=> Wertezuweisung f. Risikoklasse 5 (sehr hohes Risiko)
NNG/MQ 3 0.2	=> nächste Variable (entsprechend)
SN-UEB 3 1.4	=> nächste Variable (entsprechend)
XX 0. XX 0.	
XX 0. XX 0.	
EQ 4. EX 0.	=> hier entsprechen die Variablenwerte (0-4) zuvor fest-
EQ 3. EX 0.	gelegten Wertebereichen (vgl. entspr. Karte im Anhang)
DE 0. LE 2.	
GRUEN 1 0.375	=> nächste Variable (entsprechend)
INDUST 1 1.0	=> (qualitative) Variable
EQ 0. XX 0.	=> "Nicht vorhanden" - Position -> Risikoklasse 1
XX 0. XX 0.	=> bedeutet entsprechende Risikoklasse ist unbesetzt
XX 0. XX 0.	
EQ 1. XX 0.	=> "Vorhanden" - Position -> Risikoklasse 4
XX 0. XX 0.	
MUELL 1 0.45	=> nächste Variable (entsprechend)
USW.	USW. USW. USW.

Abb.13 : Parameterfilebeispiel für RISKTAB (Ausschnitt)

Einen Ausschnitt aus dem Parameterfile, der für die Berechnung des Grundwassergefährdungsriskos verwendet wurde, gibt die Abbildung 13 wieder. Zur Berechnung des Risikowertes einer Gitterzelle ordnet das Programm den vorliegenden Datenwert jeder einzelnen Variablen der im Parameterfile definierten Risikoklasse zu. Anschließend wird der diesem Klassenwert zugrunde liegende Zahlenwert mit der Einzelgewichtung der entsprechenden Variablen multipliziert.

Das Ergebnis gibt den Anteil des Gesamtrisikos wieder, den allein die betrachtete Variable trägt ($r_{(i)}$).

$$r_{(i)} = w_{(i)} * c_{(i)}$$

- $r_{(i)}$ = Teilrisiko durch Variable i
- $w_{(i)}$ = Einzelgewichtung der Variablen i
- $c_{(i)}$ = Risikoklassenwert der Variablen i

Dieser Vorgang wird für alle Variablenwerte der entsprechenden Rasterzelle wiederholt. Das Gesamtrisiko der betrachteten Gitterzelle ergibt sich aus der Summe $r_{(Ges)}$ aller Teilrisiken $r_{(i)}$.

$$r_{(Ges)} = \sum_{i=1}^n r_{(i)}$$

Als Ergebnis jedes Programmlaufes liefert das für die Zwecke der Diplomarbeit leicht veränderte Risikoprogramm insgesamt drei Ausgabedateien. Während ein File lediglich die berechneten Risikowerte und die zugehörigen Zellenkoordinaten enthält und damit direkt für die kartographische Umsetzung der Ergebnisse mittels THEMAX2 verwendet werden kann, sind detaillierte Angaben zu den berechneten Risikowerten den beiden anderen Dateien zu entnehmen. Dabei gibt die eine Ausgabedatei sowohl das für jede Gitterzelle berechnete Gesamtrisiko wieder als auch sämtliche "Teilrisiken" der Einzelvariablen. Auf diese Weise ist es ohne große Schwierigkeiten möglich, den Rechengang, der zu einem bestimmten Risikowert geführt hat, nachzuvollziehen und festzustellen, welche Variablen maßgeblich am Zustandekommen eines Risikowertes beteiligt sind. Der sogenannte Text - Outputfile beinhaltet das arithmetrische Mittel und die Standardabweichung der Risikowerte aller Gitterzellen. Darüberhinaus lassen sich die gleichen statistischen Kenngrößen einzeln aufgeschlüsselt für jede in der Risikoberechnung

verwendete Variable aus dieser Datei ablesen. Vervollständigt werden die Informationen der Text - Outputdatei durch die Ausgabe der zugrunde gelegten Einzelgewichtungen. Das gesamte Risikoprogramm, wie es für die Diplomarbeit verwendet wurde, ist dem Anhang vorangestellt.

3.6 Alternativmöglichkeit

Wie beschrieben basiert das Berechnen des Grundwassergefährdungsriskos im Rahmen der Diplomarbeit auf einem Rechenansatz, der die verschiedenen Variablen linear miteinander verknüpft. Dieser modifizierte lineare Delphi-Ansatz bietet zweifellos den Vorteil, daß das Ergebnis der Risikoberechnung auch für den mathematischen Laien relativ leicht zu fassen und zu interpretieren ist. Aus diesem Grunde sollte der gewählte Rechenweg anfänglich auch stets anderen Methoden vorgezogen werden. Gleichermäßen bürgt das in der Diplomarbeit verwendete Rechenverfahren jedoch die Gefahr in sich, daß die Bedeutung einzelner Variablen im Hinblick auf die Zielgröße durch die Summenbildung innerhalb des Rechenprozesses verlorengeht. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Anzahl der in die Risikoberechnung eingehenden Variablen relativ groß ist. Darüberhinaus ermöglicht der lineare Ansatz nicht, sicherlich vorhandene Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Einflußgrößen angemessen zu berücksichtigen.

Eine sinnvolle Alternative zu dem in der Diplomarbeit eingeschlagenen Weg stellt aus den genannten Gründen ein hierarchisch strukturierter Rechenansatz dar. In einem solchen "Entscheidungsbaum - Modell" werden stufenweise "Teilrisiken" zusammengehöriger Variablen berechnet. Der Relevanz der thematisch zusammengefaßten Einflußgrößen für das Gesamtrisiko wird dabei durch zusätzliche Gewichtungen Ausdruck verliehen. Um eine gewisse Übersichtlichkeit des Rechenweges zu gewährleisten, wird auf den einzelnen "Berechnungsebenen" der Baumstruktur jedoch eine lineare Kombination der Variablen beibehalten.

4. DIE ENDKARTEN

Als Ergebnis der Diplomarbeit konnten im Ganzen sieben thematische Karten berechnet werden. Die "eigentliche" Grundwassergefährdungskarte, deren Erstellung das Ziel der vorliegenden Arbeit war, gibt die Gefährdung des obersten Grundwasserstockwerkes in der momentanen Naturraumsituation wieder. Sie liefert über einen linearen Rechenansatz eine einzige Zielgröße und vereinigt die Inhalte von

Anspruchs- und Konfliktkarte²⁴ (vgl. LÜTTIG 1984 u. 1987). Für diese Karte wurden mit Hilfe des Risikoprogrammes RISKTAB alle zuvor als relevant erachteten vorliegenden Variablen in der unter 3.5 beschriebenen Art und Weise miteinander verknüpft. Darüberhinaus wurden ebenfalls auf Basis des RISKTAB - Programmes selektive Risikokarten berechnet, die jeweils nur eine Auswahl der für die vorstehend erwähnte Grundwassergefährdungskarte berücksichtigten Einflußgrößen einbeziehen. Die sogenannte Gefährdungspotentialkarte zeigt die Gefahren für das Grundwasser auf, die als naturgegeben für das Bezirkegebiet von Liezen bestehen. Dieser Georisikokarte liegen aus dem vorhandenen Datenpool die Gesamtwassererfüllung und die Flurabstandsdaten, soweit diese verfügbar waren, als Variablen zugrunde. Die dritte Risikokartenvariante betrachtet allein die vom Menschen ausgehenden Einflüsse und Gefahren für das Grundwasser und zeigt somit die anthropogen bedingten Gefahren für das Grundwasser auf.

Für die Interpretation der aufgezählten Grundwassergefährdungskarten und eventuelle Schlußfolgerungen daraus spielt die genaue Kenntnis der Aussage-sicherheit, auf der die verschiedenen Risikowerte basieren, eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grunde wurde zu jeder Georisikokarte eine Informationsgehaltskarte berechnet, die angibt, wo sich das berechnete Gefährdungsrisiko für das oberste Grundwasserstockwerk auf die meisten Informationen stützt. Zum Berechnen der verschiedenen Karten des Informationsgehaltes wurde das in Kapitel 3.3 beschriebene FORTEAN - Programm für die Normierung der Variablen-gewichte erweitert. Um Aussagen darüber treffen zu können, auf wieviel Information der für eine Gitterzelle berechnete Risikowert aufbaut, wurden die Gewichtungen der zugezogenen Einflußgrößen an ihren missing value - Positionen summiert und die verbleibenden Restsummen der Datengewichte in den entsprechenden Kartenlegenden (siehe Anhang) wiedergegeben. Zum Ermitteln des Informationsgehaltes wurde somit nicht die absolute Anzahl der fehlenden Daten jeder Gitterzelle berücksichtigt, sondern der Relevanz der jeweils nicht bekannten Variablenwerte im Hinblick auf das Gefährdungsrisiko Rechnung getragen.

Schließlich wurden die verfügbaren Daten zur Grundwassergewinnung bzw. -nutzung und die Daten zu den innerhalb Liezens abgegrenzten Schutz- und Schongebieten zu einer Karte der Schutzwürdigkeit des Grundwassers verbunden. Eine dazugehörige Karte des Informationsgehaltes brauchte nicht erstellt zu werden, da die Informationen über die hierfür verwendeten Einflußgrößen in gleicher vollständiger Weise für das gesamte Bezirkegebiet vorhanden waren.

²⁴ Die "Prioritäten", die LÜTTIG (1984, 1987) den einzelnen Variablen einweist sind in Form der Einzelgewichtungen im Risikowert wiederzufinden. Die "Übereinanderprojektion" der vierten Arbeitshilfe LÜTTIGs (s. Kap. 1.1.2) findet in den "Endkarten" zum Ausdruck.

4.1. Die thematischen Karten zur Grundwassergefährdung

4.1.1 Die Grundwassergefährdungskarte ("Gesamtrisiko")

Die Grundwassergefährdungskarte gibt die nach dem modifizierten linearen Delphi-Ansatz berechnete Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraum-Situation wieder. Ihr liegt die in Kapitel 3.3 aufgezeigte Gewichtung der Einflußgrößen zugrunde. Im Gegensatz zu anderen am Institut für Mathematische Geologie der FU Berlin durchgeführten Arbeiten, die sich mit den Gefährdungsrisiken für das Grundwasser befassen (u.a. OSTERKAMP, G. & SKALA, W. 1987; OSTERKAMP, G.; RICHTER, B. & SKALA, W. 1989), geht die vorliegende Risikobetrachtung nicht von einer konkreten Gefahrensituation aus, wie sie beispielsweise durch einen Altlastenstandort gegeben ist. Zudem beschränken sich die Aussagen über die Grundwassergefährdung auf das oberste ungespannte Grundwasserstockwerk. Die vorliegende Grundwassergefährdungskarte versucht die permanenten Gefahren für das Grundwasser aufzuzeigen, in dem sowohl die zivilisationsbedingten möglichen Gefahrenquellen (nutzungsbezogenes Risiko) als auch die geogenen Gegebenheiten des Naturraumes berücksichtigt werden. Die Risikokarte führt somit das Gefahrenrisiko für das Grundwasser vor Augen, welches für jede Gitterzelle aufgrund des aktuellen Naturraumpotentials besteht.

Den für die einzelnen Gitterteilflächen berechneten Risikowerten liegt eine Skalierung zwischen null und zehn zugrunde. Während der Risikowert null dem eher unwahrscheinlichen Fall des völligen Fehlens eines Gefahrenrisikos für das Grundwasser entspricht, repräsentiert der Zahlenwert zehn als theoretischer Maximalwert (vgl. hierzu 3.3) eine sehr hohe Grundwassergefährdung. Den verwendeten Gewichtungen der Einflußgrößen zufolge und aufgrund der den einzelnen Datenwerten der Variablen zugewiesenen Risikoklassen, ergaben sich für die vorliegende Grundwassergefährdungskarte Risikowerte zwischen 1.75 und 5.16. Damit liegt die größte potentielle Gefährdung des Grundwassers im Bezirk Liezen geringfügig über einem mittleren Risiko, während der kleinste Wert als sehr geringes bis geringes Risiko zu interpretieren ist. Der große Anteil an Gitterteilflächen, die in Bereichen liegen, die wegen ihrer exponierten Lage (Gebirgsregion) kaum der anthropogenen Nutzung zugänglich sind, kommt in dem arithmetischen Mittel aller berechneten Risikowerte zum Ausdruck. Da die Kalkulation des Gefährdungsrisikos dieser Rasterzellen im wesentlichen nur durch die geogen bedingten Gefahren für das Grundwasser bestimmt wird, fällt der Mittelwert mit 2.82 entsprechend niedrig aus. Obwohl durch die Vielzahl der der Grundwassergefährdungskarte zugrunde liegenden Variablen die einzelnen Einflußgrößen an Bedeutung verlieren, läßt sich der durch Gesteinskomplexe unterschiedlicher Wasserwegigkeit

charakterisierte Bau des südlichen Untersuchungsgebietes recht gut im Kartenbild wiedererkennen. Hier besteht im Bereich der mittelostalpinen Glimmerschiefer das geringste Gefährdungsrisko für das Grundwasser, sofern gleichseitig keine sich negativ auf die Berechnung der Risikogröße auswirkenden anthropogenen "Risikofaktoren" hinzukommen. Die größten Risikowerte ergaben sich für die industriell und verkehrstechnisch weitgehend erschlossenen Tallagen des Bezirkes Liesen, wo sich die von den verschiedenen Einflußgrößen ausgehenden Gefahrenquellen für das Grundwasser vorrangig konzentrierten und entsprechend summierten. In erster Linie trugen hier die Industriestandorte und die Abwassereinleitungen, die mangels detaillierteren Wissens stets als hohes Gefahrenrisiko eingestuft wurden, zu höheren Risikowerten bei. Der größte Risikowert konnte für eine Gitterzelle innerhalb der Gemeinde Schladming ermittelt werden. Zu dessen Berechnung mußten unter anderem eine geringe Grundwasserüberdeckung bei einer mittleren bis hohen Gesamtwasserwegigkeit, das Vorhandensein von Industrie, Abwassereinleitungen, Hauptstraße und Bahnverbindung sowie eine ungünstige Abwasserentsorgungssituation miteinbezogen werden (vgl. hierzu auch 4.3).

Abseits der dicht besiedelten und entsprechend wirtschaftlich genutzten Bereiche des Untersuchungsgebietes schwanken die berechneten Gefährdungsriskien im allgemeinen nur geringfügig um das arithmetrische Mittel der Risikowerte.

4.1.2 Der Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte

Die digitale Karte des Informationsgehaltes gibt für jede Gitterzelle den Kenntnisstand wieder, auf den sich der berechnete Risikowert der Grundwassergefährdung in der momentanen Naturraumsituation stützt. Damit liefert sie die entscheidenden Informationen darüber, welche Bedeutung den einzelnen Gefährdungsriskien tatsächlich beizumessen ist. Zur Ermittlung des Wissensniveaus wurden die Datengewichte in der oben beschriebenen Weise (Kap.4.) zellenweise summiert. Im Kartenbild wurde der jeder Gitterteilfläche unterstellte Informationsgehalt analog zur Klassifizierung des Gefahrenrisikos für das Grundwasser in Form eines Zahlenwertes zwischen null und zehn dargestellt. Dabei entsprach der Summenwert zehn einem Informationsgehalt von 100 %, was gleichbedeutend damit war, daß für alle berücksichtigten Einflußgrößen an der zugehörigen Datenposition Datenwerte vorlagen (keine missing value - Positionen!). Da zum Beurteilen des Informationsgehaltes ausschließlich die Gewichtungen der Variablen zugezogen wurden, sei an dieser Stelle darauf verwiesen, daß eine größere Anzahl von missing value - Positionen einer Gitterzelle keineswegs einen wesentlich geringeren Kenntnisstand für die betrachtete Raarterteilfläche nach

sich ziehen muß. Vielmehr verringerte das Fehlen von Daten einer relativ hoch gewichteten Variable stärker den Informationsgehalt als mehrere missing values von Einflußgrößen, denen für das Erme-sen der Grundwassergefährdung eine geringe Gewichtung zugewiesen wurde.

Der Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte bewegt sich für den weitaus größten Teil der betrachteten Gitterzellen zwischen siebenzig und achtzig Prozent (7.00 - 7.99), was auf die nur spärlich vorhandenen Daten der hochgewichteten Grundwasserüberdek-kung sowie der Grün- und Ackerlandgütwerte zurückzuführen ist. Während in den bodenkundlich auskartierten Bereichen (Verwaltungs-bezirke Schladming, Irnding u. Gröbming) eine Wissensbasis von deutlich über achtzig Prozent zugrunde gelegt werden konnte, er-reicht der Informationsgehalt seine höchsten Werte an den Gitter-positionen des Ennstales für deren Risikoberechnung bekannte Flur-abstände berücksichtigt werden konnten. Da mit der Grundwasser-überdeckung die nach der Gesamtwasserwegigkeit am höchsten gewich-tete Variable für die meisten Gitterzellen nicht bekannt war, ist vor allem jenseits der noch verhältnismäßig aussagesicheren Talla-gen den berechneten Risikowerten mit entsprechender Skepsis zu be-gegnen. Mit einem Informationsgehalt unter sechzig Prozent (Summe der Datengewichte kleiner als 3.99) bestehen südwestlich von Groß-reifling die größten Wissenslücken innerhalb des Arbeitsgebietes.

4.2 Die Gefährdungspotentialkarte

Gegenüber der Grundwassergefährdungskarte in der momentanen Natur-raumsituation betrachtet die Gefährdungspotentialkarte allein die naturbedingten Gefahren für das oberste Grundwasserstockwerk. Sie gibt damit die geogene Gefahrenkomponente des Gesamtrisikos wie-der. Zum Berechnen dieser Karte wurden mit der Gesamtwasserwegig-keit und den bekannten Grundwasserüberdeckungen (Flurabständen) die vorhandenen Daten zur geologischen Situation des Bezirkes Lie-zen als Input für das Risikoprogramm RISKTAB herangezogen. Beide Variablen wurden dafür zu gleichen Teilen gegeneinander gewichtet. Während zur Gesamtwasserwegigkeit durch das Zusammenfassen der ab-strakten "Teilwasserwegigkeiten" für alle Rasterzellen Datenwerte gegeben waren, konnte nur auf verhältnismäßig wenig Flurabstands-daten zurückgegriffen werden. Aus diesem Grunde konnte für den weitaus größten Teil der Gitterzellen rein rechnerisch ein Informationsgehalt von lediglich fünfzig Prozent zugrunde gelegt werden. Da die meisten Gitterteilflächen des Untersuchungsgebietes den Gebirgsregionen des Bezirkes zuzuschreiben waren, wurden die missing value - Positionen der Grundwasserüberdeckung der gleichen Risikoklasse zugeordnet wie die Rasterzellen mit großem Flurab-stand (d.h. mehr als fünf Meter Grundwasserüberdeckung).

Die Gefährdungspotentialkarte spiegelt relativ deutlich die markanten geologischen Gesteinseinheiten des untersuchten Gebietes wieder, während die "Durchlässigkeiten" der quartären Bedeckung vor allem in den breiten Aubereichen (u.a. Mittleres Ennstal) zum Tragen kommen. Gitterzellen mit einem mittleren Grundwassergefährdungspotential²⁵, dem geringsten Wert auf der Karte, finden sich in erster Linie im Bereich der gering wasserwegigen mittelostalpinen Glimmerschiefererien (Niedere Tauern Region) bzw. dort, wo feinschichtige Grauwackenschiefer am stratigraphischen Aufbau der oberostalpinen Grauwackenzone beteiligt sind. Ein etwas größeres geogenes Gefährdungspotential ist in der Gegend südlich von Schladming und Rottenmann zu verzeichnen. Hier herrschen primär Gesteine mittlerer Wasserwegigkeit (i.A. Gnaise) vor. Generell im Bereich eines hohen Gefährdungspotentials ist das Kalkalpin der nördlichen Bezirksteile anzusiedeln, dessen gut verkarstungsfähige Gesteine einer raschen Kontamination des (Karst-)Grundwassers mit möglichen Verunreinigungen eher zuträglich sind. Mit "Risikowerten" von acht und darüber ist die natürlich bedingte Gefahr für das Grundwasser an einigen Gitterpositionen innerhalb der Tallagen des Mittleren Ennstales, des Paltentales sowie des Steirischen Salzkammergutes am größten. Das für diese Gitterteilflächen berechnete Grundwassergefährdungspotential ist insofern höher zu bewerten als der Großteil der berechneten Risikowerte, da hier sowohl die genaue Kenntnis des Flurabstandes als auch der Gesamtwasserwegigkeit vorausgesetzt werden konnte (Informationsgehalt 100 ± 1). Sehr hohe geogene Gefährdungspotentiale ergaben sich für Gitterzellen mit hoher Gesamtwasserwegigkeit bei gleichzeitig geringer bekannter Grundwasserüberdeckung.

4.3 Die Karte zur Gefährdung des Grundwassers durch anthropogene Einflüsse

Während das Gefährdungspotential die naturbedingten Gefahren für das Grundwasser hervorhebt, die weitgehend als stationäre Größe anzusehen sind, kann die Gefährdung des Grundwassers durch anthropogene Einflüsse nur als Momentaufnahme einer sich ständig verändernden Gefahrensituation aufgefaßt werden. Zur separaten Berechnung der anthropogen bestimmten Gefahrenkomponente des "Gesamtrisikos" wurden die Einflußgrößen, die zum Ermitteln der Grundwassergefährdung in der momentanen Naturraumsituation herangezogen worden waren, um die Variablen zur Abfluß- und geologischen Situation der Region vermindert. Anschließend wurden die der Gesamtgefährdungskarte (Kap. 4.1.1) zugrunde gelegten Variablen gewichte mit Hilfe des Computerprogrammes INFOGE (vgl. Abb. 11) transfor-

²⁵ Infolge der hohen Gewichtungen beider Variablen ergab sich für alle missing values der Grundwasserüberdeckung von vornherein ein geringes Gefährdungspotential.

niert, so daß sich als Summe der Einzelgewichtungen der verbliebenen Variablen wiederum der Zahlenwert zehn als maximal möglicher Risikowert ergab.

Im Vergleich zu den innerhalb der vorstehenden Kapitel beschriebenen Grundwassergefährdungskarten baut die Karte der Gefährdung des Grundwassers durch anthropogene Einflüsse auf dem größten Informationsgehalt auf. Dies ergibt sich daraus, daß die im Bezirksgebiet unzureichend bekannten Flurabstände, die aufgrund der hohen Gewichtung einen maßgeblichen Anteil des Informationsgehaltes auf sich vereinen, für das Bemessen der Wissensbasis der hier erläuterten Kartenvariante nicht zugezogen zu werden brauchten. So liegt der Informationsgehalt für weite Teile des Bezirke bei Werten zwischen acht und neun (d.h. 80 - 90 %) und erreicht in den Gebieten Schladming, Gröbming und Irdfing, wo zusätzlich Grün- und Akkerlandgüte bekannt waren, den Idealwert von 100 %. Die Risikowerte der allein durch anthropogene Einflüsse bestimmten Gefährdung des Grundwassers variieren zwischen 0.4 (sehr geringes Risiko) und 5.52 (mittleres Risiko). Der mit einem Wert von 0.88 extrem niedrige arithmetrische Mittelwert aller berechneten Gefährdungsrisiken ist darauf zurückzuführen, daß der überwiegende Teil der zugrunde gelegten Gitterzellen Landschaftsräumen zuzuschreiben ist, die für eine wirtschaftliche Nutzung nicht in Frage kommen (Gebirgsregion). Noch besser als auf der Gefährdungskarte des Grundwassers in der momentanen Naturraumaktuation treten die Siedlungs- und Wirtschaftszentren der Gegend im Kartenbild hervor. Allein aufgrund der zivilisationsbedingten Eingriffe in den Naturraum lassen sich hier geringe bis mittlere Gefährdungsrisiken für das Grundwasser ableiten. Während innerhalb des Steirischen Salzkammergutes die anthropogene Gefahr für das Grundwasser generell eher gering ausfällt, sind die höchsten Risikowerte im Raum Schladming und entlang des Ennstales bis Stainach zu finden.

4.4 Die Grundwasserschutzwürdigkeitskarte

Mit der sogenannten Schutzwürdigkeit des Grundwassers wurde zusätzlich zu den verschiedenen Risikovariablen einer Grundwassergefährdung eine weitere Größe berechnet, die die digitalisierten Vorhandenpositionen der im Bezirk Liesen existierenden Schutz- und Schongebiete mit den Kenntnissen zur derzeitigen Grundwassergewinnungssituation kombiniert. Durch die Reduktion dieser Variablen auf eine einzige Zielgröße, die Grundwasserschutzwürdigkeit, ließen sich ohne große Schwierigkeiten die Grundwassergefährdung und bestehende Schutz- und Nutzungsansprüche direkt miteinander vergleichen und eventuelle Konflikte aufzeigen (vgl. 4.5). Zur Kalkulation der Grundwasserschutzwürdigkeit wurde ebenfalls das Programm RISKTAB verwendet. Insgesamt wurden fünf Einflußgrößen aus

dem vorhandenen Datenpool berücksichtigt und entsprechend gewichtet. Gleiche Gewichtungen erhielten dabei Vorhandenpositionen von Kässerschutzzgebieten sowie Gitterteilflächen mit Quellaufbauten oder Grundwasserbrunnen (Einzelgewichtung der genannten Variablen jeweils 2.3). Deutlich niedrigere Einzelgewichtungen bekamen die zum Beurteilen der Grundwasserschutzwürdigkeit nur untergeordnet relevanten Zellen innerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten (Datengewichte 1.8 bzw. 1.3). Um jeder Gitterteilfläche eine gewisse "Mindestschutzwürdigkeit" zu unterstellen, wurden die Nicht-verhanden-Positionen der betrachteten Variablen in die Risikoklasse gering (d.h. Klassenwert von 0.25) eingeordnet. Auf diese Weise ergab sich für alle Rasterzellen ohne ausgewiesene Grundwassernutzung oder Zugehörigkeit zu einem Schutzgebiet eine geringe Schutzwürdigkeit des Grundwassers ("Risikowert": 2.50 auf der "Grundwasserschutzwürdigkeitskarte" im Anhang).

Im Kartenbild kommt vor allem die Lage der verschiedenen Schutzgebietskategorien innerhalb der betrachteten Region deutlich zum Ausdruck. Daneben zeichnen sich jedoch auch die Standorte von Grundwasserbrunnen und Lokationen mit eingefassten Quellaustritten relativ gut ab. Auf der Grundlage der vorgenannten Datengewichtungen wurden geringe Grundwasserschutzwürdigkeiten in erster Linie für die Zellen berechnet, die entweder außerhalb jeglicher Schutzgebiete lagen oder allenfalls unter Landschaftsschutz standen. Dies traf im wesentlichen auf die Höhenlagen zwischen Gröbming und Bad Aussee, die zum Bezirk Liezen gehörenden Teile der Niederen Tauern Region sowie auf das Gebiet südwestlich von Altmarkt (Ennstaler Alpen) zu. Während sich für die ausschließlich naturgeschützten Flächen eine geringfügig höhere Schutzwürdigkeit für das Grundwasser ergab (Werte zwischen 3.0 und 3.99), berechneten sich geringe bis mittlere Schutzwürdigkeiten für die Gitterzellen, die in doppelter Hinsicht geschätzt waren (i.d.R. Lage innerhalb eines Landschafts- und Wasserschutzzgebietes) oder als Vorhandenposition einer Grundwassergewinnungsstätte (Brunnen oder gefasste Quelle) ausgewiesen waren. Letztere traten auf der Karte insbesondere im Bereich der Talniederungen (Ob. u. Mittl. Ennstal, Paltental etc.) deutlich hervor. Mittlere Schutzwürdigkeiten lieferte das "Risikoprogramm" als Ergebnis für solche Gitterteilflächen, die durch die Lage innerhalb eines Naturschutzgebietes einerseits und eines Wasserschutzzgebietes andererseits charakterisiert waren. Mit einem GW-Schutzwürdigkeitswert von 6.85, was gemäß der zugrunde gelegten Skalierung einem mittleren bis hohen Wert entspricht, konnte einigen Zellen im Nordwesten Liezens bzw. im äußersten Osten bei Wildalpen die größte Schutzwürdigkeit unterstellt werden. Diese Gitterteilflächen gehören sowohl Natur- als auch Wasserschutzzgebieten an und beinhalten zudem zur Trinkwassergewinnung eingefasste Quellen.

4.5 Vergleich von Grundwassergefährdung und Grundwasserschutzwürdigkeit

Stellt man die Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Wirtschafssituation (Kap.4.1.1) und die Schutzwürdigkeit des Grundwassers unter Berücksichtigung der bestehenden Nutzungen (Kap.4.4) einander gegenüber, so läßt sich abwägen, in welchen Bereichen des Bezirkes potentielle Gefährdungsrisiken negative Folgen für die Gewinnung bzw. den Schutz des Grundwassers haben könnten. Dabei zeigt sich, daß vor allem den Tallagen besondere Bedeutung beizumessen ist, da sich hier stellenweise ungünstige geologische Voraussetzungen und anthropogen gesteuerte Risiken zu mittleren bis mittelhohen Grundwassergefährdungen summieren. Dazu finden sich in den Siedlungsräumen der Täler zahlreiche eingefasste Quellen und Brunnen für die Gewinnung von Grundwasser. Aus diesem Grunde sind in den Talniederungen zugleich beachtenswerte Schutzwürdigkeiten des Grundwassers zu erwarten. Tatsächlich war in mehr als der Hälfte der Gitterzellen, für die über den linearen Risikoansatz zumindest eine mittlere Grundwassergefährdung berechnet werden konnte, zugleich eine Vorhandenposition eines eingefassten Quellaustrittes oder Grundwasserbrunnens verzeichnet. Die errechneten Schutzwürdigkeitswerte dieser Teilflächen lagen größtenteils zwischen vier und fünf auf der zehnstelligen Skala, zumal die genannten Gitterpositionen fast immer auch als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen waren. Besondere Beachtung ist in diesem Zusammenhang einer Basterzelle im Ortsgebiet von Schladming zu schenken. Sie offenbart am ehesten den aus volkswirtschaftlichen Interessen einerseits und aus der Gewinnung von Grundwasser andererseits resultierenden Nutzungskonflikt. Für den erwähnten Ortsabschnitt Schladmings, der durch die besagte Gitterteilfläche repräsentiert wird, ergab sich auf der Grundlage der vorgenommenen Variablenbewertungen nicht nur das größte Grundwassergefährdungsrisiko (Risikowert : 6.16) sondern gleichzeitig auch eine der höchsten Schutzwürdigkeiten (Wert : 6.27).

In den Bergregionen fällt das Gefahrenrisiko für das Grundwasser weitgehend gering aus. Aus diesem Grunde ist eine Beeinträchtigung der bestehenden großen Wasserschutzgebiete im Toten Gebirge (Steir. Salzkammergut) und im äußersten Osten des Bezirkes vorerst nicht zu befürchten.

Bei allen Schlüssen, die aus der Interpretation der in den vorstehenden Kapiteln beschriebenen "Endkarten" dieser Arbeit gezogen werden können, sollte stets bedacht werden, daß die wiedergegebenen Risiko- bzw. Schutzwürdigkeitswerte nur pauschalisierende Größen darstellen, die sich auf eine jeweils einen Quadratkilometer große Fläche beziehen.

5. AUSBLICK

Gegenüber mathematisch hoch komplizierten Verfahren, denen multivariate geostatistische Betrachtungsweisen zugrunde liegen, zeigt die hier vorgestellte Methode eine adäquate Alternative auf, um Risikogrößen abschätzen zu können. Dabei ergeben sich wesentliche Vorteile des gewählten Bewertungssystems aus dessen konzeptioneller Einfachheit. Durch die Kombination des Risikoprogramms mit dem kartographischen Gestaltungssystem THEMAK2 kann relativ schnell auf veränderte Zielsetzungen und Fragestellungen eingegangen und der entsprechende Datenoutput als thematische Karte dokumentiert werden. Darüberhinaus lassen sich neue Datenstrukturen durch die Hinzunahme weiterer Einflußgrößen problemlos verarbeiten, ohne daß eine völlige Neubewertung aller Variablen erfolgen muß.

Für zukünftige Vorhaben zum Bemessen von Gefährdungspotentialen erscheint die Entwicklung eines auf diesem Ansatz aufbauenden Expertensystems²⁶ wünschenswert, zumal diese Problematik in Fragen des Umweltschutzes zunehmend an Bedeutung gewinnt. Im Gegensatz zu konventioneller Software, wie sie im vorliegenden Fall verwendet wurde, liefert das Expertensystem Problemlösungen, in dem es als quasi "intelligentes" Computerprogramm Faktenwissen (allgemeingültige Tatsachen) einerseits und Heuristiken²⁷ andererseits nach definierten Regeln miteinander verknüpft, ohne dabei streng vorgegebenen, unveränderlichen Abläufen (Algorithmen) folgen zu müssen (SCHNUPP & LEIBRANDT 1986). Ein komfortables Expertensystem ist überdies in der Lage, aus seiner Wissensbasis selbstständig Schlüsse zu ziehen (Inferenzmechanismus) und diese jederzeit zu begründen (Erklärungskomponente). Schließlich erlaubt die "Lernfähigkeit" moderner Expertensystementwicklungen die Aquisition neuen Wissens ohne zusätzlichen programmier-technischen Aufwand. Voraussetzung für die Konzeption eines brauchbaren Expertensystems²⁸ ist jedoch das möglichst vollständige Erfassen aller für die Gefährdung des Grundwassers relevanten Aspekte.

²⁶ Computerprogramm, das Problemlösungen mit einer einem Experten vergleichbaren Leistung liefern kann, insbesondere in Bereichen, wo das Wissen diffus ist und in denen langjährige Erfahrung zur Lösung von Aufgaben benötigt wird (SCHNUPP & LEIBRANDT 1988).

²⁷ sog. "Daumenregeln" - die auf subjektiven Erfahrungswerten von Experten basieren (SCHNUPP & LEIBRANDT 1986).

²⁸ Am Institut für Mathematische Geologie der FU Berlin konnte ein Expertensystem mit einer ähnlichen Problematik (Grundwasserzirkulation durch Altlasten) bereits realisiert werden (GEBERHAUF et al. 1990).

6. LITERATUR

- ARBEITER-ČERNÝ, I.; EISENHUT, M. et al. (1983):
Naturraumpotentialkarten der Steiermark, Bezirk Radkersburg.-
5 S., 24 Ktn.; Graz (Inst. Umweltgeol. etc.).
- ARBEITSGEMEINSCHAFT ALPEN - ADRIA (1983):
Gemeinsamer Bericht über die Wasservirtschaft -
Dtsch.Fassung.- Amt d. oberöstr. Landesreg.; Linz.
- BARŠO, D. & RICHTER, G. (1983):
Naturraumpotential und Geomorphologische Kartierung.- [in:]
Publ. 43. dt. Geographentag Mannheim (5.10 - 10.10.1981),
Tagesber. wiss. Abh., 140-141; Wiesbaden.
- BAXTER, G.G.; CARGILL, S.M. et al. (1978):
Workshop on the Delphi Method.- J. Intern. Ass. Math.Geol.,
10, No.5, 581-587;
- BECKER, L.P. (1981):
Zur Gliederung des Obersteirischen Altkristallins (Muriden).-
Verh. Geol. B.- A., 1981, 3-17; Wien.
- BECKER-PLATEN, J.D.; LÜTTIG, G. & HEINE, K.-H. (1979):
Geoscientific maps for planning.- Natural Resources Forum 3,
167-177; New York (United Nations).
- BECKER-PLATEN, J.D. & LÜTTIG, G. (1980):
Naturraumpotentialkarten als Unterlagen für Raumordnung und
Landesplanung.- Arbeitsmat. Nr.27, 60 S.; Hannover (Akad. f.
Raumforsch. u. Landesplan.).
- BECKER-PLATEN, J.D. (1983):
Geowissenschaftliche Karten des Naturraumpotentials.- Forsch.
dt. Landeskd. 220, 119-154; Trier.
- BECKER-PLATEN, J.D. (1985):
Geowissenschaften in der Raumplanung. - [in:] AUST, H. & BEK-
KER-PLATEN, J.D.: Angewandte Geowissenschaften in Raumplanung
und Umweltschutz, (Sonderausgabe von Kap. 4 aus BENDER, F.
(Hrsg.): Angewandte Geowissenschaften, Bd.111), 1-47; Stutt-
gart (Enke).

- BECKER-FLATEN, J.D.; HOFMEISTER, E.; KLEMZ, B. & STEIN, V. (1986):
Landnutzungskarten - Ein Versuch zur Darstellung der Flächenbeanspruchung.- Raumforschung und Raumordnung, Heft 6, 218-234; Bonn - Bad Godesberg (Bundesforsch.-anstalt f. Landeskde. u. Raumord.).
- BRANDL, W. & HAUSER, A. (1952):
Baugeologische Karten der Steiermark, Blatt 4: Bezirk Liezen.- 47 S., 1 Kte.; Graz.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1980):
Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25000, Kartierungsbereich Schlading (Steiermark), KB 66, 197 S.; Wien.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1981):
Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25000, Kartierungsbereich Gröbming (Steiermark), 243 S., KB 75; Wien.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1985):
Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25000, Kartierungsbereich Irning (Steiermark), 282 S., KB 100; Wien.
- BURGHARDT, O. (1981):
Die wichtigsten Geopotentiale in Nordrhein - Westfalen.- 72 S.; Krefeld (Geol.L.A.).
- CONSTANTINIDES, D.; FALTHEYAS, H.; PAPASTAVROU, S. & SHULMAN, M. (1986):
The Classification and Ranking of Exploration prospects: Kuroko Type, Zn-Ag-Pb Deposits, Greece.- Proc. 19th Symposium APCOM, 687-694; Littleton (Jostens Publ.).
- CONWAY, E.A. (Ed.) (1982):
Environmental risk analysis for chemicals.- 558 S.; New York (Van Nostrand Reinhold Company).
- DANIELS, C.H. von & LÜTTIG, G. (1987):
Geowissenschaftliche Karten des Naturraumpotentials als Unterlagen für Raumordnung und Landesplanung. - [in:] Energierohstoffe im Alpen - Adria - Raum, Symposium der Montanuniversität Leoben (13.10 - 14.10.1980), 151-168; Graz (Amt der Steiermärk. Landesreg.).

DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE (1987):

Rechtliche Grundlagen des Natur- und Umweltschutzes. - [in:]
OLSCHOWY: Natur- und Umweltschutz in Österreich. - Schriften-
reihe d. Dtsch. Rates f. Landespflege, Heft 32; Bonn (city -
druck).

DIETZ, A. (1987):

Computergraphische Darstellungsmöglichkeiten für geologische
Zwecke am Beispiel von THEMAK2. - 75 S., Diplomarbeit (unver-
öffentl.); FU Berlin.

FARIANI, E. (1974):

Die Grundwasservorkommen der Steiermark. - Ber. wasserw. Bah-
nenplanung, 29, 34-62; Graz.

FABIANI, E. (1978):

Über die Bedeutung des Quartärs für die Wasserwirtschaft. -
Mitt. Abt. Geol. Joanneum, 39, 35-65; Graz.

FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F. (1984a):

Steiermark - Geologie der österreichischen Bundesländer in
kurzgefaßten Einzeldarstellungen, 127 S.; Wien (Geol. B.-
A.).

FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F. (1984b):

Geologische Karte der Steiermark 1:200000. - Mitt. Abt. Geol.
Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum (Graz), Heft 45; Wien
(Geol. B.-A.).

GRÄF, W. (1986):

Naturraumpotentialkarten im Dienste einer umweltbewußten Roh-
stoffsicherung, dargestellt am Beispiel der Steiermark. -
Mitt. österr. geol. Ges., 79, 15-29; Wien.

GRUGELKE, G. (1986):

Benutzerhandbuch THEMAK2, Version 2.0. - Preis Universität
Berlin, Fachrichtung Kartographie; Berlin.

HADITSCH, J.G. (1985):

Umweltgeologie - ein Forschungszweig der Ökologie. - Ökologie
und Ökonomie, 27-37; Leoben.

HÖLTING, B. (1984):

Hydrogeologie - Einführung in die Allgemeine und Angewandte
Hydrogeologie. - 2. Aufl., 370 S.; Stuttgart (Enke).

HÖNIG, H.G. et al. (1984):

Erstellung von Rohstoffauswertungskarten in der Region Leibnitz unter Verwendung des Naturreum - Informationssystem NURMIS und der Naturraumpotentialerhebungen.- Jahresbericht, 57 S.; Graz.

JOSOPATT, V. (1983):

Die Darstellung des Naturraumpotentials Grundwasser.- Forsch. dt. Landeskd. 220, 164-181; Trier.

KAINZ, W. & RANZINGER, M. (1981):

DESBOD - I. Zwischenbericht: Systemspezifikation; 133 S.; Graz.

KAINZ, W. & RANZINGER, M. (1984):

DESBOD - Abschlußbericht über das 3. Projektjahr 1983/84: Teilprojekte Geodatenerfassung III, Geodatenanalyse und -darstellung I. - 51 S.; Graz.

KLEMMER, P. (1988):

Regionalpolitik und Umweltpolitik. Untersuchung der Interdependenzen zwischen Regionalpolitik und Umweltpolitik.- Beitr. Akad. f. Raumforsch. u. Landesplan., 106, 96 S.; Hannover (Vincentz Verlag).

LESER, H. & ELINK, H.-J. (Hrsg.) (1988):

Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25000 (Ka Gök 25).- Forsch. dt. Landeskd. 228, 347 S.; Trier.

LÜTTIG, G. (1972):

Naturräumliches Potential I, II und III .- {in:} Niedersachsen, Industrieland mit Zukunft, 9-10, 3Kra.; Hannover (Nds. Min. Wirtschaft).

LÜTTIG, G. & PFEIFFER, D. (1974):

The map of the potential of the natural environment.- N. Arch. f. Nds., Bd. 23, Heft 1, 3-13; Göttingen.

LÜTTIG, G. (1983):

Das Naturraumpotential - Theoretische Ableitung und Bedeutung für die Landesplanung.- Forsch. dt. Landeskd. 220, 193-206; Trier.

- LÜTTIG, G. (1984):
Geologie und Rohstoffsicherung. - [in:] LEIBRAND, W. (Hrsg.):
Kartographie der Gegenwart in der Bundesrepublik Deutschland
'84, Bd. I, 138-144; Bielefeld (Dt. Ges. f. Kartographie
e.V.).
- LÜTTIG, G. et al. (1987):
Man's dependence on the earth - The role of the geosciences
in the environment. - 188-200; Stuttgart (Schweizerbart).
- MEYER, K.-D. (1983):
Die geologische Übersichtskarte 1:200000 (GÜK 200) unter be-
sonderer Berücksichtigung Niedersachsens - Methodik und In-
halt. - Forsch. dt. Landeskd., 220, 27-43; Trier.
- MÜLLER, G. (1970):
Raumordnung. - [in:] Handwörterbuch der Raumforschung und
Raumordnung, II, Spalte 2460-2479; Hannover (Jänecke).
- NAGL, H. (1973):
Hydrologische Untersuchungen im Ennsgebiet. - Mitt. Naturw.
Ver. Stmk., 103, 59-73; Graz.
- NELHISEL, F. & EISENHUT, M. (1986):
Die Bodenempfindlichkeitskarte - ein Beitrag zum Umwelt-
schutz. - Mitt. österr. geol. Ges., 79, 163-175; Wien.
- OSTERKAMP, G. & SKALA, W. (1987):
Hydrochemische Veränderung eines Grundwassers durch Alt-
ablagerungen. - Z. dt. Geol. Ges. 138, 287-297; Hannover.
- OSTERKAMP, G.; RICHTER, B. & SKALA, W. (1989):
An Expert system for Groundwater Risk assessment. - [in:]
JGUSMA et al. (Eds.): Groundwater Contamination: Use of Mo-
dels in Decision - Making, 59-62; Dordrecht (Kluwer Academic
Publishers).
- PECHER, R. (1988):
Undichte Kanäle gefährden das Grundwasser. - Umwelt, 9, 422-
424; Düsseldorf (VSI-Verlag GmbH).
- BENOLDINGER, A. (1984):
Die rechtlichen Möglichkeiten des Grundwasserschutzes. [in:]
Grundwasserschutz. - Schriftenreihe d. österr. Wasservirt-
schaftsverb., Heft 81, S. 137ff.; Wien (Bohmann - Druck).

- SCHNUPF, P. & LEIBLANDT, U. (1986):
Expertensysteme.- 137 S.; Berlin (Springer).
- SCHÖNHOFER, J. (1981):
Begriffe der Raumplanung.- [in:] Daten zur Raumplanung, Teil
A - Allg. Grundlagen und Gegebenheiten, A I. (1)-(2); Hanno-
ver (Akad. f. Raumforsch. u. Landesplan.).
- TOLLMANN, A. (1980):
Neuergebnisse über die deckenrektonische Struktur der Kalk-
hochalpen.- Mitt. österr. geol. Ges., 71/72, 397-402; Wien.
- TOLLMANN, A. (1985):
Geologie von Österreich, Band 2: Die Alpen, Fortsetzung -
Außerzentralalpiner Anteil, 710 S.; Wien (Deuticke).
- TOLLMANN, A. (1986a):
Umweltgeologie [in Österreich].- [in:] Geologie von Öster-
reich, Band 3, 340-386; Wien (Deuticke).
- TOLLMANN, A. (1986b):
Geologie von Österreich, Band 3, 718 S.; Wien (Deuticke).
- WHYTE, A. & BURTON, I. (Eds.) (1980):
Environmental Risk Assessment.- 157 S., Scope 15; New York
(John Wiley & sons).
- WINKLER, U. (1988):
Das defekte Kanalrohr.- Umwelt, 9, 428-430; Düsseldorf (VDI-
Verlag GmbH).
- WINKLER-HERMADEN, A. (1943):
Allgemeiner Bericht über die Forschungsergebnisse betreffend
die naturwissenschaftlichen Grundlagen im Grenziedlungsraum
der südöstlichen Steiermark (Abschnitt unteres Murgebiet).-
Mitt. Geogr. Ges., 86, Heft 4-6, 145-171; Wien.
- WOLKINGER, F. et al. (1981):
Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Österreichs.- Österr.
Ges. f. Natur- u. Umweltschutz, Heft 7, 153 S.; Wien (Bohmann
Druck u. Verlag AG).
- ZETINEGG, H. (1977):
Hinweise zur Beurteilung von Quellen und Grundwasservorkommen
in alpinen Bereichen.- Gas - Wasser - Wärme, 31, 150-157;
Wien.

7. ANHANG

a) Risikoprogramm RISKTAB

b) 21 digitale Kartenblätter (s. grüne Kartenmappe)

```

C*****
C PROGRAM      RISKTAB
C*****
C AUTHORS: M. KANNENBERG, B. SCHUERMAHN
C (FUER CDC MODIFIZIERT VON C. THOM)
C FREIE UNIVERSITAET BERLIN
C INST. FUER ALLG. GEOLOGIE/MATH. GEOL.
C MALTESERSTR. 74-100, D-1000 BERLIN 46
C-----
C              DECLARATION OF VARIABLES
C-----
C
C IMPLICIT NONE
C
C INTEGER      I, J, L, M, N, MAXCL, NMAX, NUMVAR, LINES, TEST, VARMAX
C
C PARAMETER    (VARMAX = 30, NMAX = 3200, MAXCL=10)
C
C REAL         WEIGHT(VARMAX), ZHISVAL, RSKSUM
C INTEGER      ICL, NCLASS, K, INCLASS, IDEFCL(VARMAX)
C CHARACTER*2  CLOP(MAXCL, 2)
C CHARACTER*8  VARNAME(VARMAX)
C
C REAL         CLASS(MAXCL), CLIM(MAXCL, 2)
C REAL         AVAR, AMEAN, VARGE, MEANGE, RVAR(VARMAX), RMEAN(VARMAX)
C REAL         X(NMAX), Y(NMAX), VAR(NMAX, VARMAX), TEMP(NMAX)
C REAL         RISK(NMAX, VARMAX), RISKGE(NMAX)
C
C CHARACTER    FILEI*6, FILEP*6, OUTGE*6, OUTTE*6, GEOM*6, FORM*80
C
C LOGICAL      GRID
C
C-----
C              ASSIGNMENT OF NUMERICAL CONSTANTS TO THE RISK CLASSES 1-5
C-----
C
C-----
C              READ INPUT DATA FROM STD. IN OR BATCH FILE
C-----
C
C CALL CONNEC(1)
C CALL CONNEC(2)
C OPEN(1, STATUS='SCRATCH')
C OPEN(2, STATUS='SCRATCH')
C
C WRITE (1, *)
C WRITE (1, *) ' HALLO , HERE I AM .....!'
C WRITE (1, *)
C WRITE (1, *) '-----'
C WRITE (1, *) 'MAXIMUM LENGHT OF FILE NAMES : 6 CHARACTER !'
C WRITE (1, *) '-----'
C WRITE (1, *) 'NAME OF INPUT DATA FILE ?:'
C READ (2, *) FILEI
C WRITE (1, *) 'NUMBER OF CLASSES ? (INT.):'
C READ (2, *) NCLASS
C WRITE (1, *) 'NUMBER OF VARIABLES ? (INT.):'
C READ (2, *) NUMVAR
C WRITE (1, *) 'NUMBER OF DATA RECORDS (LINES IN THIS FILE ? (INT.):'

```

```

READ (2,*) LINES
WRITE (1,*) 'MISSING VALUES: '
READ (2,*) XMISVAL
WRITE (1,*) ' ' 'FORMAT' (MAX. 80 CHAR.) ?:'
READ (2,*) FORM
WRITE (1,*) 'NAME OF THE PARAMETER FILE ?:'
READ (2,*) FILEP
WRITE (1,*) ' ' 'NAME OF THE OUTPUT FILE ?:'
WRITE (1,*) '[CONTAINS : X, Y, RISKVALUE, RISK(VAR1 - VARIO)]'
READ (2,*) OUTGE
WRITE (1,*) 'NAME OF TEXT OUTPUT FILE ?:'
READ (2,*) OUTTE
WRITE (1,*) 'NAME OF GROM. OUTPUT FILE ?:'
READ (2,*) GEOM
WRITE (1,*) ' YOU WANT TO DEFINE A GRID AND ASSIGN DATA TO IT ?'
WRITE (1,*) ' (YES = 1 /NO = 0) :'
READ (2,*) TEST

```

C
C
C

```

-----
IF (TEST.EQ.1) THEN
  GRID = .TRUE.
ELSE
  GRID = .FALSE.
END IF

```

C
C
C
C
C

```

-----
--                               INPUT-/OUTPUT FILES                               --
-----

```

```

OPEN(20, FILE = FILEI, STATUS = 'OLD', ACCESS = 'SEQUENTIAL')
OPEN(21, FILE = FILEP, STATUS = 'OLD', ACCESS = 'SEQUENTIAL')
OPEN(22, FILE = OUTGE, STATUS = 'UNKNOWN', ACCESS = 'SEQUENTIAL')
OPEN(23, FILE = OUTTE, STATUS = 'UNKNOWN', ACCESS = 'SEQUENTIAL')
OPEN(24, FILE = GEOM, STATUS = 'UNKNOWN', ACCESS = 'SEQUENTIAL')
REWIND 20
REWIND 21
REWIND 22
REWIND 23
REWIND 24

```

C
C
C
C
C
C
C
C
C

```

-----
--                               KLASSEN-BEWERTUNG EINLESEN                               --
-----
READ(21,*) (CLASS(I), I=1, NCLASS)

```

```

-----
--                               READ THE INPUT DATA FILE                               --
-----

```

```

DO 10 I=1, LINES
  RISKGE(I) = 0.0
  READ (20, FORM) X(I), Y(I), (VAR(I,J), J = 1, NUMVAR)
10 CONTINUE

```

C
C
C
C
C

```

-----
-- THE RANGE OF EACH VARIABLE IS DIVIDED INTO SEVERAL INTERVALS --
-- READ THE UPPER AND LOWER LIMITS OF THESE INTERVALS FROM --
-- THE PARAMETER FILE --
-----

```

```

-----
-- COMPUTE A RISK CLASSIFICATION FOR EVERY DATA VALUE --
-- [ RISK(X,Y,VARIABLE) = WEIGHT(VARIABLE) X ASSIGNED CONSTANT --
-- OF THE RISK CLASS] --
-----
-- COMPUTE THE LINEAR COMBINATION OF ALL RISK CLASSES --
-- [ RISKGE (X,Y) = RISK(X,Y,VAR1) + RISK(X,Y,VAR2) ... VARn --
-----

DO 20 J = 1,NUMVAR

-----
-- EACH VARIABLE IS ASSOCIATED WITH A WEIGHTING-FACTOR --
-- READ THE WEIGHTING-FACTOR, --
-- IF-OPERATORS AND IF-VALUES (TWO FOR EACH CLASS) --
-- FROM THE PARAMETER FILE --
-----

READ(21,'(A8,I2,F7.3)') VARNAME(J),IDEFCL(J),WEIGHT(J)
DO 21 I=1,NCLASS
  READ(21,'(2(A2,F6.2))') (CLOP(I,K), CLLIM(I,K),K=1,2)
21 CONTINUE

-----
-- EVALUATE A RISK CLASSIFICATION VALUE FOR DATA OF VAR --
-- AND COMPUTE 'RISKGE' FOR EVERY POINT (X,Y) --
-----

DO 222 K=1,LINES
  IF (VAR(K,J).NE.XMISVAL) THEN
    ICL=INCLASS (VAR(K,J),NCLASS,CLOP,CLLIM,MAXCL)
    IF (ICL.NE.0) THEN
      RISK(K,J)=WEIGHT(J)*CLASS(ICL)
      RISKGE(K) = RISKGE(K) + RISK(K,J)
    ELSE
      WRITE (1,*) 'FOR ',X(K),Y(K),VAR(K,J),' VAR',J,' IS NO CLASS'
      END IF
    ELSE
      RISK(K,J)=WEIGHT(J)*CLASS(IDEFCL(J))
      RISKGE(K) = RISKGE(K) + RISK(K,J)
    ENDIF
222 CONTINUE
20 CONTINUE

-----
-- OUTPUT ON FILE --
-----

DO 30 I=1,LINES
  WRITE (22,100) X(I),Y(I),RISKGE(I),(RISK(I,J), J = 1,NUMVAR)
  WRITE (24,101) RISKGE(I),X(I),Y(I)
30 CONTINUE

```

```

C      --      MEAN AND VARIANCE OF RISKGE(I) AND RISK(I,J)      --
C
C
C      MEANGE = AMEAN (RISKGE,LINES)
C      VARGE  = AVAR  (RISKGE,LINES)
C
C      GREATEST POSSIBLE RISKVALUE
C      (IF GREATEST CLASSVALUE IS THE SAME)
C
C      RSKSUM=0.0
C      DO 111 I=1,NUMVAR
111  RSKSUM=RSKSUM+WEIGHT(I)
C      WRITE (23,*) '-----'
C      WRITE (23,*) '      FILE : ',FILEI,'      ',LINES,' DATEN'
C      WRITE (23,*) '      FORMAT : ',FORM
C      WRITE (23,*) '-----'
C      WRITE (23,*) '      RISK : LIN. COMBINATION OF VAR 1 - ',NUMVAR
C      WRITE (23,*) '      MEAN = ',MEANGE,' STD. DEV. = ',SQRT(VARGE)
C      WRITE (23,*) '-----'
C      WRITE (23,*) '      GREATEST POSSIBLE RISKVALUE = ',RSKSUM
C      WRITE (23,*) '-----'
C
C      DO 40 J = 1,NUMVAR
C      DO 41 I = 1,LINES
C      TEMP(I) = RISK(I,J)
41  CONTINUE
C      RMEAN(J) = AMEAN (TEMP,LINES)
C      RVAR(J) = AVAR  (TEMP,LINES)
C      WRITE(23,*) '      RISK , VARIABLE NO. ',J,VARNAME(J),
C      & '      GEWICHTUNG : ',WEIGHT(J)
C      WRITE(23,*) '      MEAN = ',RMEAN(J),
C      & '      STD. DEV. = ',SQRT(RVAR(J))
40  CONTINUE
C
C      -----
C      --      ASSIGN DATA TO GRID BY A MINIMAL DISTANCE ALGORITHM      --
C      -----
C
C      IF (GRID) THEN
C      CALL MINGRID (X, Y, RISKGE, LINES, NMAX)
C      END IF
C
C      -----
100 FORMAT (2F6.2,F5.2,25P5.2)
101 FORMAT (4X,'R',F5.2,2X,2F6.2)
C
C      -----
C      CALL DISCON(1)
C      CALL DISCON(2)
C      STOP
C      END
C      INTEGER FUNCTION INCLASS (VAR,NCLASS,CLOP,CLIM,MAXCL)
C
C      KLASSIFIZIERUNG EINER VARIABLEN
C      OUTPUT : ERSTE GEFUNDENE KLASSENUMMER (0=IN KEINER KLASSE)
C
C      VAR : VARIABLENWEHT
C      NCLASS: ANZ. DER KLASSEN
C      CLOP : IF-OPERATOR-ARRAY
C      OPERATOREN SIND LT,GT,LE,GE,EQ,NE,XX(KEINE ENTSCHEIDUNG)

```

```

C      CLIM : ENTSCHEIDUNGSWERT-ARRAY
C
REAL VAR, CLIM(MAXCL,2)
CHARACTER*2 CLOP(MAXCL,2)
LOGICAL DECIDE

C
C      WENN CLOP(I,1)='XX'           => NICHT IN DIESER KLASSE
C      WENN DECIDE(CLOP(I,1))=FALSE => NICHT IN DIESER KLASSE
C      WENN DECIDE=TRUE+FALSE      => NICHT IN DIESER KLASSE
C      WENN DECIDE=TRUE+TRUE       => IN DIESER KLASSE
C      WENN DECIDE=TRUE, 'XX'      => IN DIESER KLASSE
C
DO 50 I=1,NCLASS
  IF (CLOP(I,1).NE.'XX') THEN
    IF (DECIDE(VAR,CLOP(I,1),CLIM(I,1))) THEN
      IF (CLOP(I,2).NE.'XX') THEN
        IF (DECIDE(VAR,CLOP(I,2),CLIM(I,2))) THEN
          INCLASS=I
          RETURN
        END IF
      ELSE
        INCLASS=I
        RETURN
      END IF
    END IF
  END IF
50 CONTINUE

C      KEINER KLASSE ZUGEOBDNET
C
  INCLASS=0
  RETURN
END
LOGICAL FUNCTION DECIDE(VAR,OP,X)

C      INTELLIGENTE IF-FUNCTION
C      OUTPUT : TRUE ODER FALSE
C
  VAR : VARIABLENWERT
  OP  : IF OPERATOR
  X   : ENTSCHEIDUNGSWERT

  REAL X,VAR
  CHARACTER*2 OP
  IF (((OP.EQ.'LT') .AND. (VAR.LT.X)) .OR.
& ((OP.EQ.'GT') .AND. (VAR.GT.X)) .OR.
& ((OP.EQ.'LE') .AND. (VAR.LE.X)) .OR.
& ((OP.EQ.'GE') .AND. (VAR.GE.X)) .OR.
& ((OP.EQ.'EQ') .AND. (VAR.EQ.X)) .OR.
& ((OP.EQ.'NE') .AND. (VAR.NE.X))) THEN
    DECIDE=.TRUE.
  ELSE
    DECIDE=.FALSE.
  END IF
  RETURN
END

C*****
REAL FUNCTION AMEAN (X,N)
C*****
C

```

```

C      INTEGER N
C      REAL    X(N), S
C
C      S = 0.0
C      DO 60 I = 1,N
C          IF (X(I).NE.-1.) THEN
C              S = S + X(I)
C          END IF
60 CONTINUE
C      AMEAN=S/N
C      RETURN
C      END
C*****
C      REAL FUNCTION AVAR(X,N)
C*****
C
C      INTEGER N
C      REAL    X(N), XM, S
C
C      S = 0.0
C      DO 70 I = 1,N
C          IF (X(I).NE.-1.) THEN
C              S = S + X(I) * X(I)
C          END IF
70 CONTINUE
C      XM = AMEAN(X,N)
C      AVAR = (S - XM * XM * N) / (N-1)
C      RETURN
C      END
C*****
C      SUBROUTINE MINGRID (XD, YD, Z, N, NN)
C*****
C
C      -----
C      --                               INPUT                               --
C      -----
C      XU,YU : X,Y-COORDINATES OF THE LOWER, LEFT CORNER OF THE DESIRED
C              GRID
C      EX,BY : SIZE OF THE CELL IN X,Y-COORDINATES
C      NX,NY : NUMBER OF CELLS IN X,Y-DIRECTION
C
C      XD(N) : ARRAY, CONTAINS THE X-COORDINATES
C      YD(N) : ARRAY, CONTAINS THE Y-COORDINATE
C      Z(N)  : ARRAY, CONTAINS THE VALUES OF A VARIABLE
C      N    : ACTUAL ARRAY SIZE
C      NN   : DEFINED ARRAY SIZE
C
C      -----
C      --                               OUTPUT                               --
C      -----
C      IND  : INDEX NUMBER OF THE ASSIGNED Z-VALUE
C      XX   : X-COORDINATES OF THE GRID
C      YY   : Y-COORDINATES OF THE GRID
C      Z(IND): Z-VALUE AT POINT(XX,YY)
C
C      -----
C
C      INTEGER  N, NN, MX, NY, I, IND, IC, IZ, L, SMAX

```



```

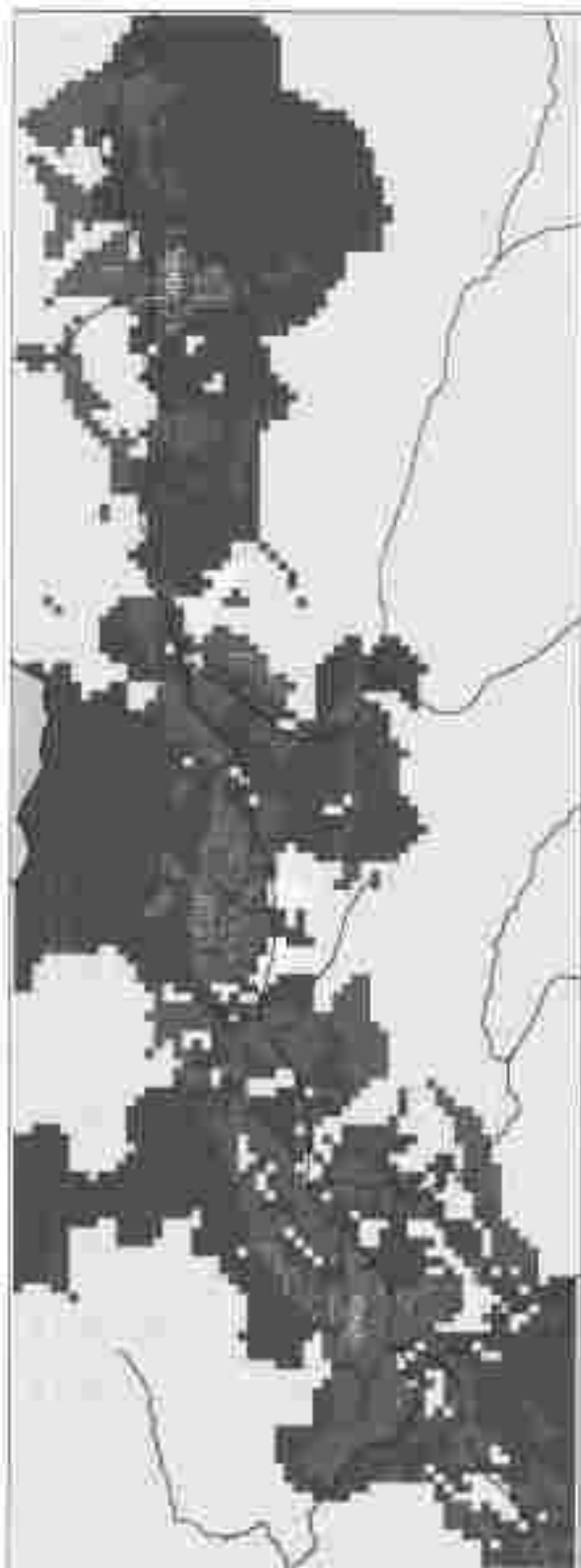
C
C  PARAMETER (SMAX = 200)
C
C  REAL      XU, YU, BX, BY, XX, YY, DMIN, DIST, MEAN, VAR
C  REAL      XD(NN), YD(NN), Z(NN)
C  REAL      STAT(SMAX), AMEAN, AVAR
C
C  CHARACTER GRIDF*6, FORM*80
C
C  -----
C
C  WRITE (1,*) 'VALUES FOR XU, YU, BX, BY, XX, NY Y'
C  READ (2,*) XU, YU, BX, BY, NX, NY
C  WRITE (1,*) 'NAME OF THE GRID-POINT FILE ?'
C  READ (2,*) GRIDF
C
C  OPEN (25, FILE = GRIDF)
C
C  FORM = '(1X,F9.3,1X,F9.3,2X,F6.2,2X,I4) '
C
C  L = 1
C
C  -----
C  --          START COMPUTING IN THE LEFT, LOWER CORNER          --
C  -----
C
C  DO 80 IZ = 1, NY
C    YY = (IZ - 1) * BY + YU
C    DO 81 IC = 1, NX
C      XX = (IC - 1) * BX + XU
C
C      -----
C      --          LOOK FOR THE NEAREST DATA POINT          --
C      -----
C
C      DMIN = 1.E31
C      DO 82 I = 1, N
C        DIST = ABS(XX - XD(I)) + ABS(YY - YD(I))
C        IF (DIST.LE.DMIN) THEN
C          DMIN = DIST
C          IND = I
C        END IF
C      CONTINUE
C
C      -----
C      --          OUTPUT OF IND, XX, YY, Z-VALUE(IND) ON FILE          --
C      -----
C
C      WRITE (25, FORM) XX, YY, Z(IND), IND
C
C      STAT(L) = Z(IND)
C      L = L + 1
C      IF (L.GT.SMAX) THEN
C        WRITE (1,*) ' THE ARRAY STAT CONTAINS MORE THAN ', SMAX
C        WRITE (1,*) ' ELEMENTS; PLEASE CHANGE THE ARRAY SIZE'
C      END IF
C
C 81  CONTINUE
C 80  CONTINUE
C

```

```

C -----
C -- STATISTICS OF Z-VALUE(IND) --
C -----
C
C MEAN = AMEAN (STAT,L-1)
C VAR = AVAR (STAT,L-1)
C
C WRITE (23,*) *
C WRITE (23,*) * -----*
C WRITE (23,*) * MINGRID DATA FILE
C WRITE (23,*) * -----*
C WRITE (23,*) * FILE : ',GRIDF
C WRITE (23,*) * FORMAT : ',FORM
C WRITE (23,*) * -----*
C WRITE (23,*) * STATISTICS OF THE Z-VARIABLE AT THE GRID POINTS'
C WRITE (23,*) * MEAN = ',MEAN,' VARIANCE = ',VAR
C WRITE (23,*) * -----*
C
C
C -----
C
C RETURN
C END

```



PROJEKT LIEZEN (STEIERMARKE)

— Talbereich —

Standardabweichungen fuer die Grundwassergetraehdungen ober Sennhoeh.



Standardabweichung:

0,00 - 0,009

0,010 - 0,029

0,030 - 0,059

0,060 - 0,079

0,080 - 0,099

1,000

3000 m



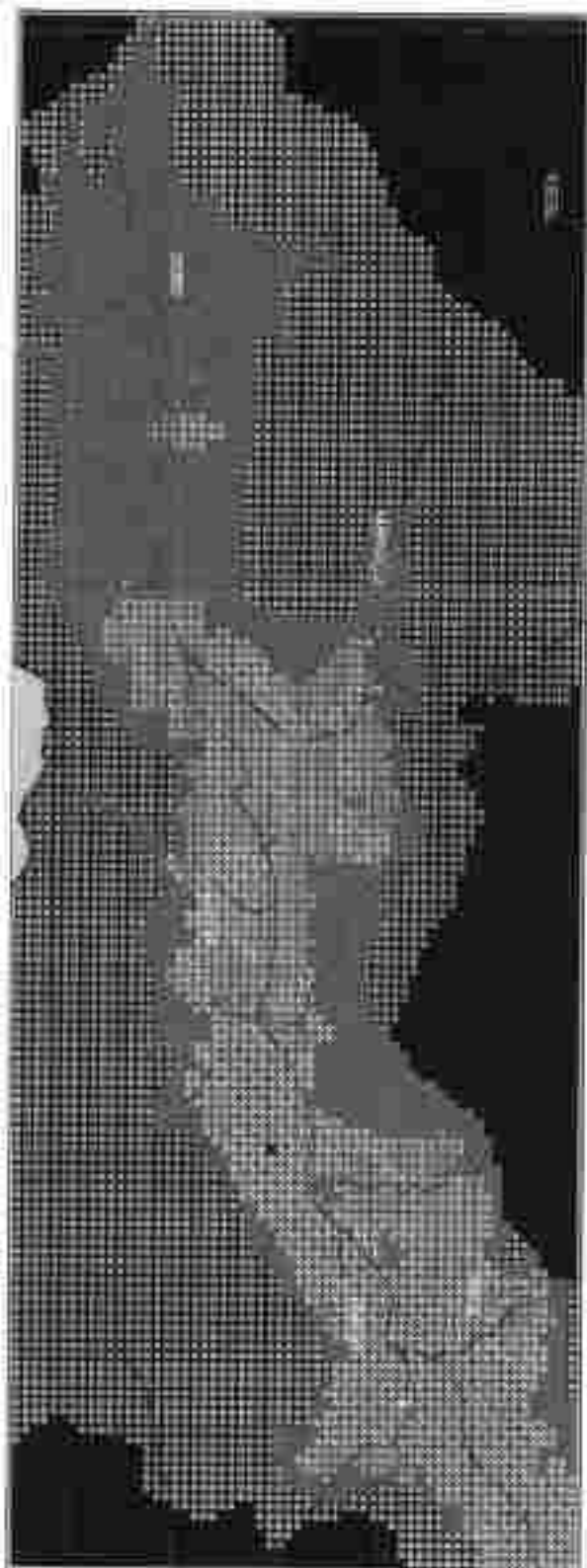
PROJEKT LIEZEN (STIEIERMARK)

— Talbereich —

Mittlere Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturschutzsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)





PROJEKT LIEZEN (STEIERMARK)

– Talbereich –

Mittlerer Informationsgehalt der Grundwasserangebotskarte



Angaben in Prozent

- 60 – 100
- 80 – 102,99
- 70 – 79,99
- 60 – 69,99
- 50 – 59,99
- 25 – 49,99
- 10 – 24,99
- < 10

0 3000 6000
m



PROJEKT LIEZEN (STEIERMARK)

– Talbereich –

Standardabweichungen fuer die Informationsgehalte aller Szenarien



Standardabweic

0.00 – 0.019

0.02 – 0.038

0.04 – 0.077

0.08 – 0.077

0 3000
1:50000



PROJEKT LIEZEN (STIEIERMARK)

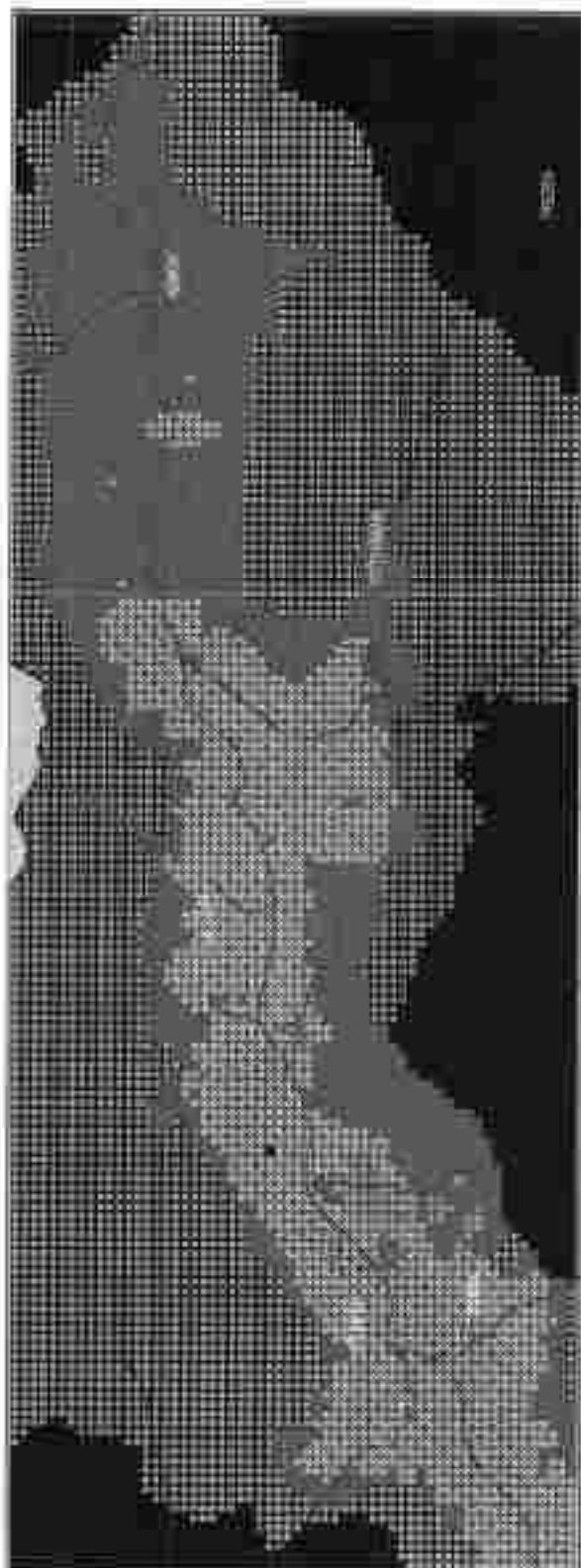
→ Talbereich →

Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

Skizzen 1





PROJEKT LIEZEN (STIEIERMARK)

-- Talbereich --

Informationsgehalt der Grundwasserfuehrungskarte

Skizzen 1



Mittigkeit in Prozent

- 0
- 10 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100
- < 10





PROJEKT LIEZEN (STIEERMARKE)

– Talbereich –

Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturlandschaftssituation

(1,0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

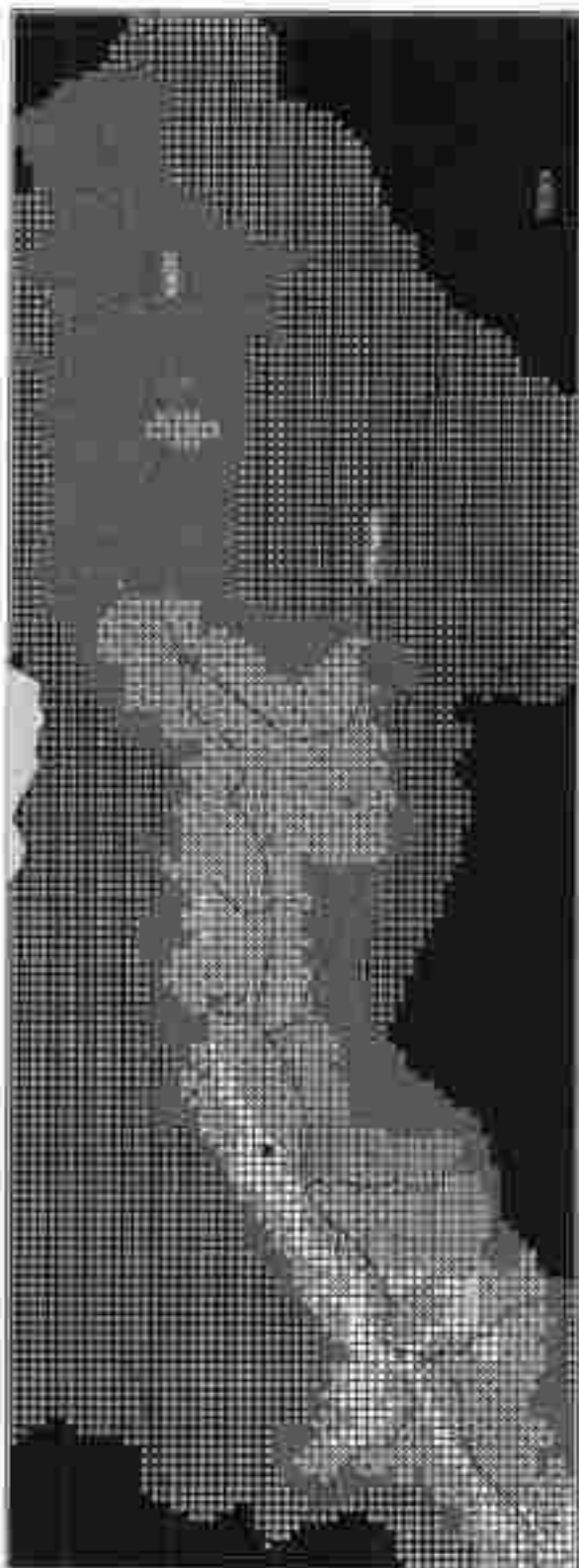
Skizze 2



Risikowerte

- 0,15 – 0,25
- 0,25 – 0,35
- 0,40 – 0,45
- 0,50 – 0,55
- 0,60 – 0,65
- 0,70 – 0,75
- 0,80 – 0,85
- 0,90 – 0,94





PROJEKT LIEZEN (STEIERMARK)

– Talbereich –

Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte:

Skizze 2



Angaben in Prozent

- 95 – 100
- 80 – 99,99
- 70 – 79,99
- 60 – 69,99
- 50 – 59,99
- 35 – 49,99
- 15 – 34,99
- < 10





PROJEKT LIEZEN (STIEIERMARK)

— Talbereich —

Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

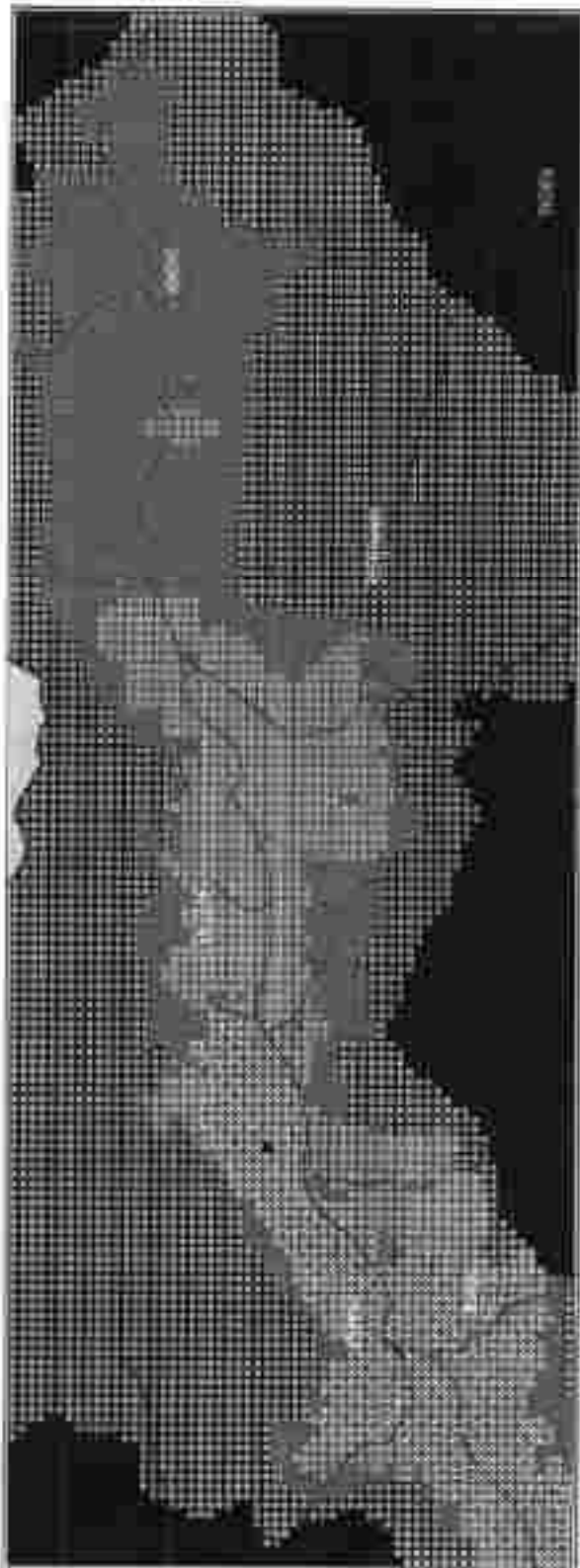
Skizze 3



Risikowert:

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7





PROJEKT LIEZEN (STIEARMK)

-- Talbereich --

Informationsgehalt der Grundwassererföhrungskarte

Version 3



Angabe in Prozent

- 0
- I 00 - 60
- II 60 - 80,00
- III 80 - 90,00
- IV 90 - 95,00
- V 95 - 99,00
- VI 99 - 100,00
- VII 100 - 100,00
- VIII < 10





PROJEKT LIEZEN (STEIERMARK)

-- Talbereich --

Gefoehrderung des Grundwassers in der momentanen Natursituation
 (0 = keine, 1 = sehr hohe Gefoehrderung)

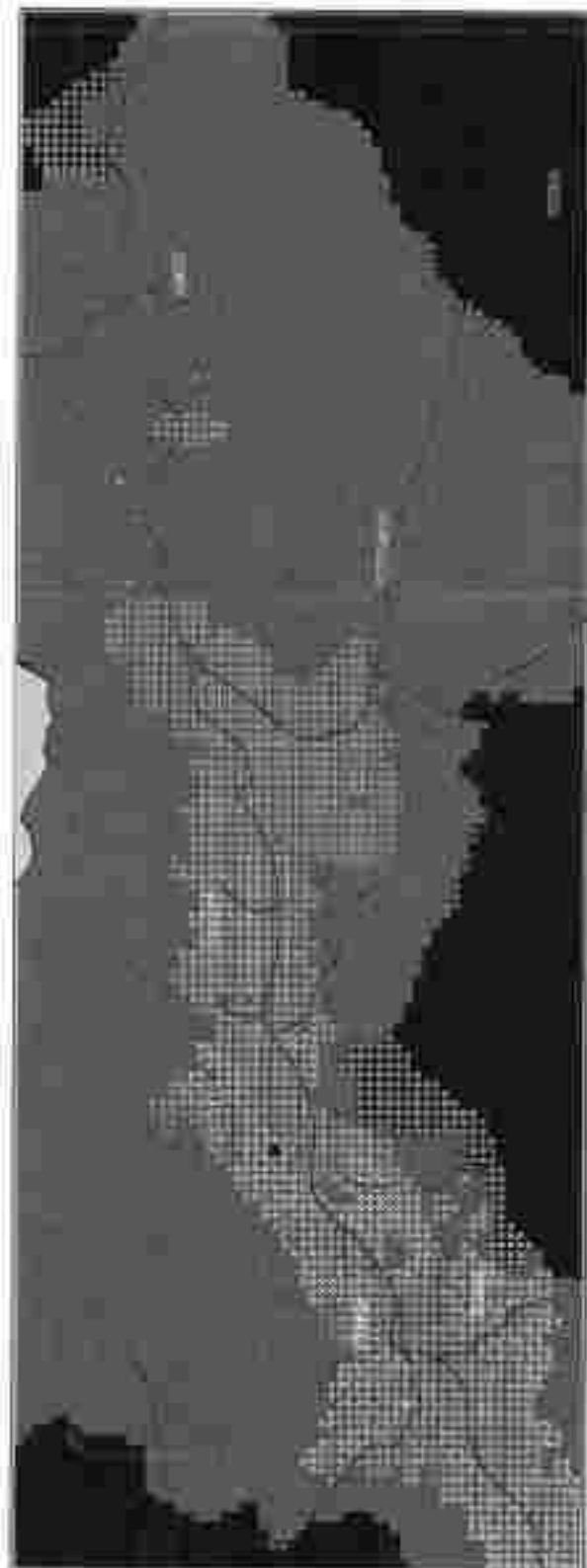
Stations 1



Risikowert:

- 0 0,15 - 0,25
- 1 0,25 - 0,50
- 2 0,50 - 0,75
- 3 0,75 - 1,00
- 4 1,00 - 1,25
- 5 1,25 - 1,50
- 6 1,50 - 1,75
- 7 1,75 - 2,00





PROJEKT LIEZEN (STEIERMARKE)

– Talbereich –

Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte

(Bemerkung 4)



Angabe in Prozent

- 20 - 100
- 60 - 80.00
- 70 - 75.00
- 80 - 85.00
- 25 - 55.00
- 25 - 45.00
- 10 - 24.00
- < 10

0 3000 m



PROJEKT LIEZEN (STIEIERMARK)

→ Talbereich →

Befehrdung des Grundwassers in der momentanen Natuiraumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefahrdung)

Spurweite 0



Spurweite

- 0.15 - 0.25
- 0.30 - 0.40
- 0.45 - 0.60
- 0.70 - 1.00
- 1.05 - 1.40
- 1.50 - 2.00
- 2.00 - 0.00
- 0.00

0 100 200 m



PROJEKT LIEZEN (STIEIERMARK)

-- Talbereich --

Informationsgehalt der Grundwassererfassungskarte:

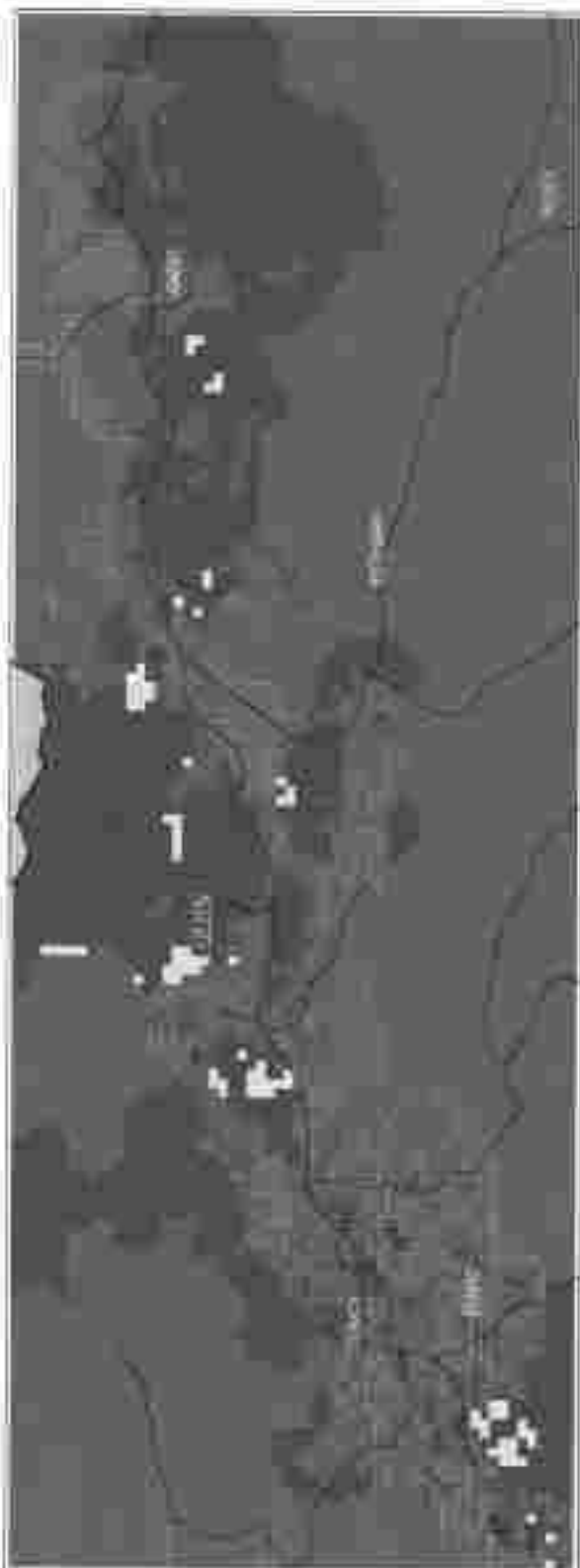
Anteil: 1:5



Angaben in Prozent

- 14 25 - 100
- 14 105 - 10000
- 14 70 - 1000
- 14 101 - 10000
- 14 50 - 10000
- 14 25 - 10000
- 14 10 - 2000
- 14 < 10





PROJEKT LIEZEN (STIEERMARK)

— Talbereich —

Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

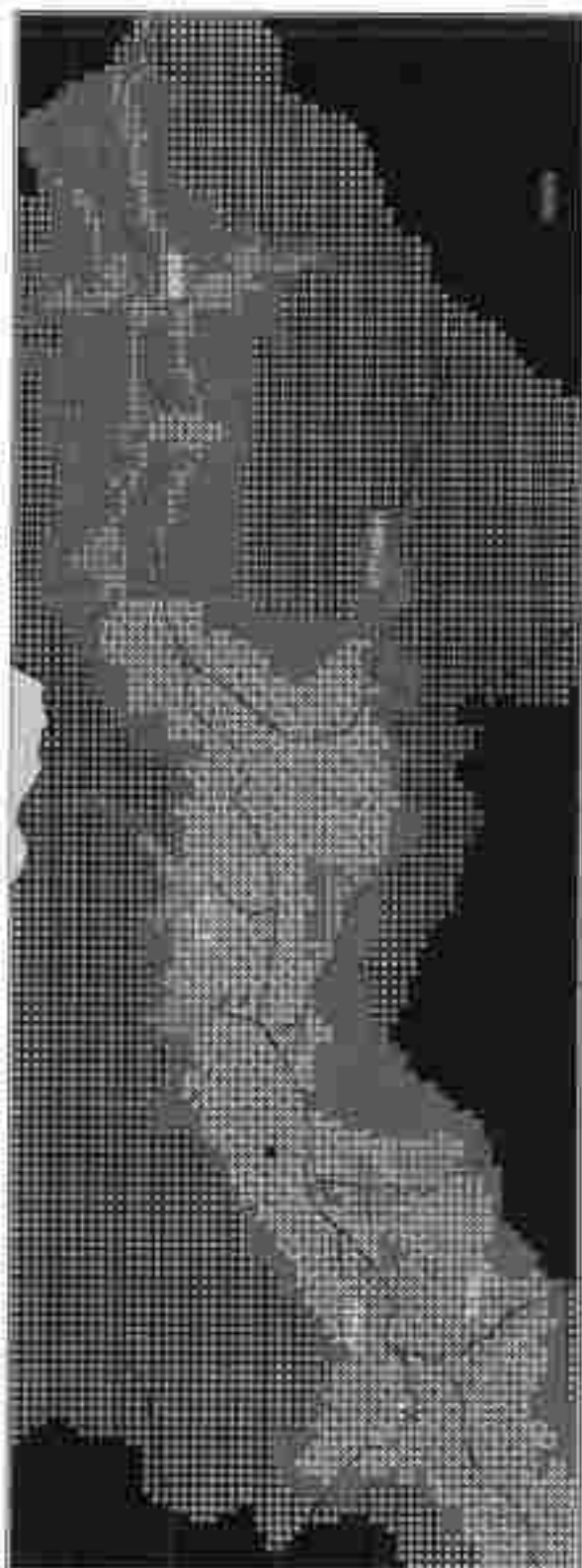
Sensitivität



Risikowerte:

- 0,25 – 0,29
- 0,30 – 0,34
- 0,40 – 0,49
- 0,50 – 0,59
- 0,60 – 0,69
- 0,70 – 0,79
- 0,80

0 500 1000 m



PROJEKT LIEZEN (STEIERMARK)

– Talbereich –

Informationsgehalt der Grundwasserleitfähigkeitkarte

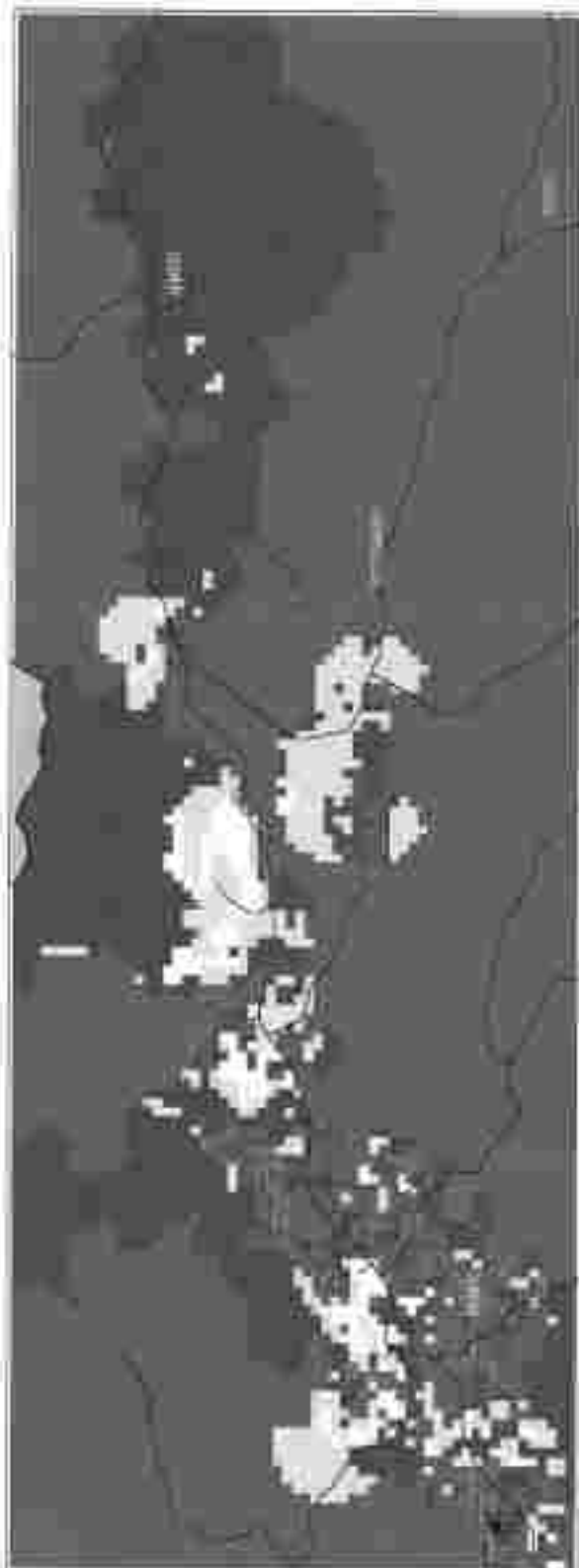
Skizzenkarte



Angaben in Prozent

- 80 – 100
- 60 – 80,33
- 70 – 70,67
- 60 – 60,67
- 50 – 50,33
- 25 – 16,50
- 10 – 24,00
- < 10

0 5000 10000



PROJEKT LIEZEN (STEIERMARKE)

— Talbereich —

Gefährdung des Grundwassers in der mediterranen Naturraumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

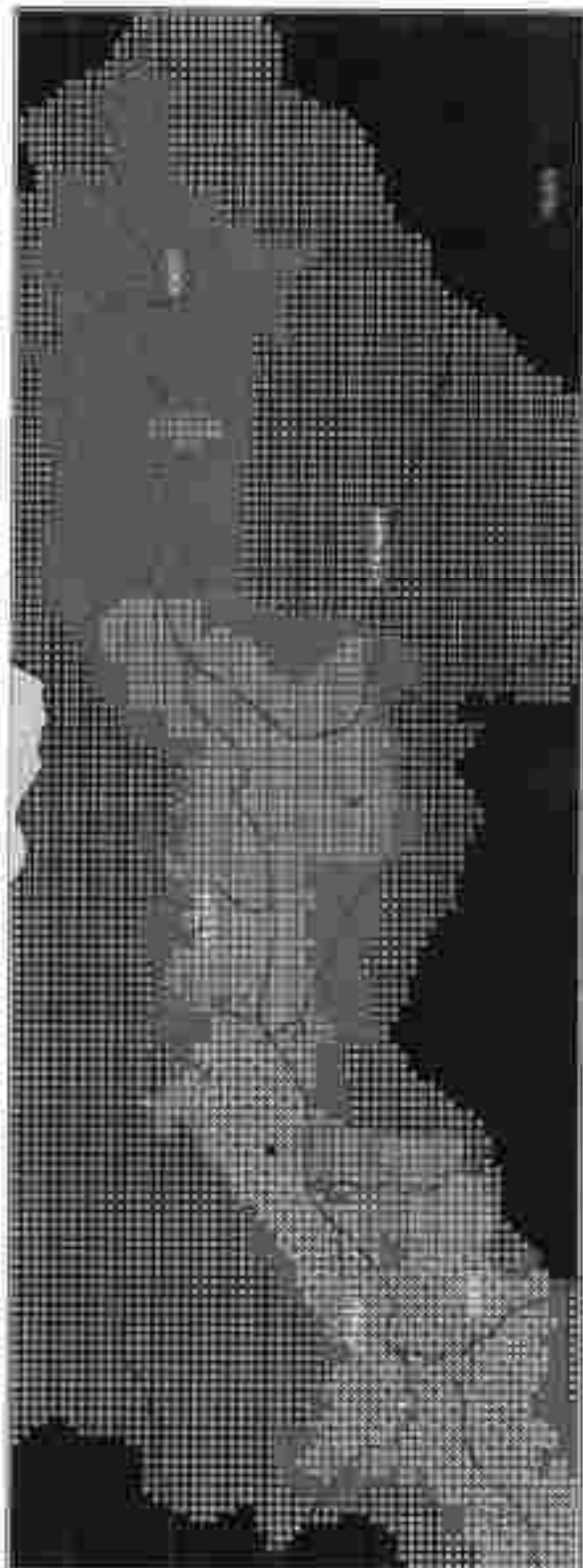
Skizzenplan 7



Relativwert:

- 0,17 - 0,29
- 0,30 - 0,39
- 0,40 - 0,49
- 0,50 - 0,59
- 0,60 - 0,69
- 0,70 - 0,79
- 0,80 - 0,89
- 0,90 - 0,99





PROJEKT LIEZEN (STEIERMARK)

— Talbereich —

Informationsgehalt der Grundwassererfahrungskarte

Stadium 7



Angaben in Prozent

- 100 - 100
- 100 - 80,00
- 70 - 70,00
- 60 - 60,00
- 50 - 50,00
- 20 - 10,00
- 10 - 20,00
- 0,00

0 3000 m



PROJEKT LIEZEN (STIEARMK)

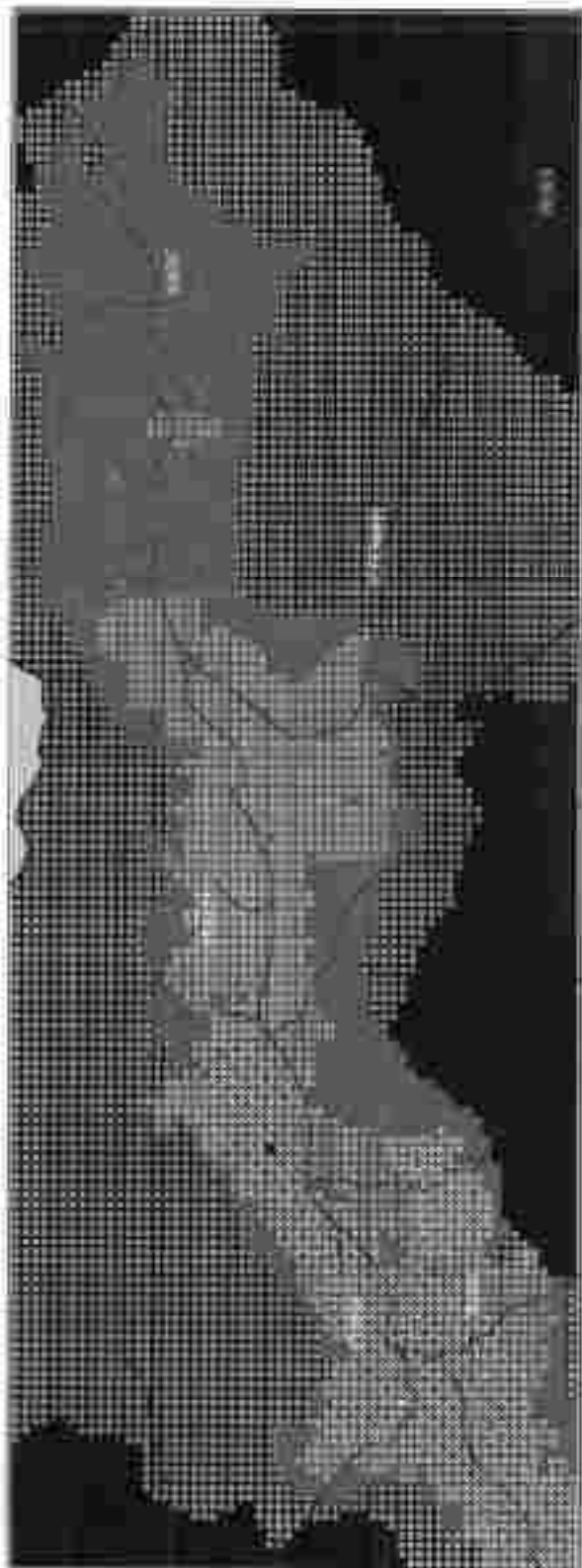
— Talbereich —

Gefahrung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

Skizzenum 0





PROJEKT LIEZEN (STIEERMARK)

— Talbereich —

Informationsgehalt der Grundwasserleitfähigkeitkarte

Skizzen 8



Äquivalenz in Prozent

IV	100 — 100
V	100 — 100
VI	75 — 75
VII	50 — 50
VIII	25 — 25
IX	10 — 10
X	5 — 5

0 10000 m



PROJEKT LIEZEN (STIEERMARK)

– Talbereich –

(Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturraumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

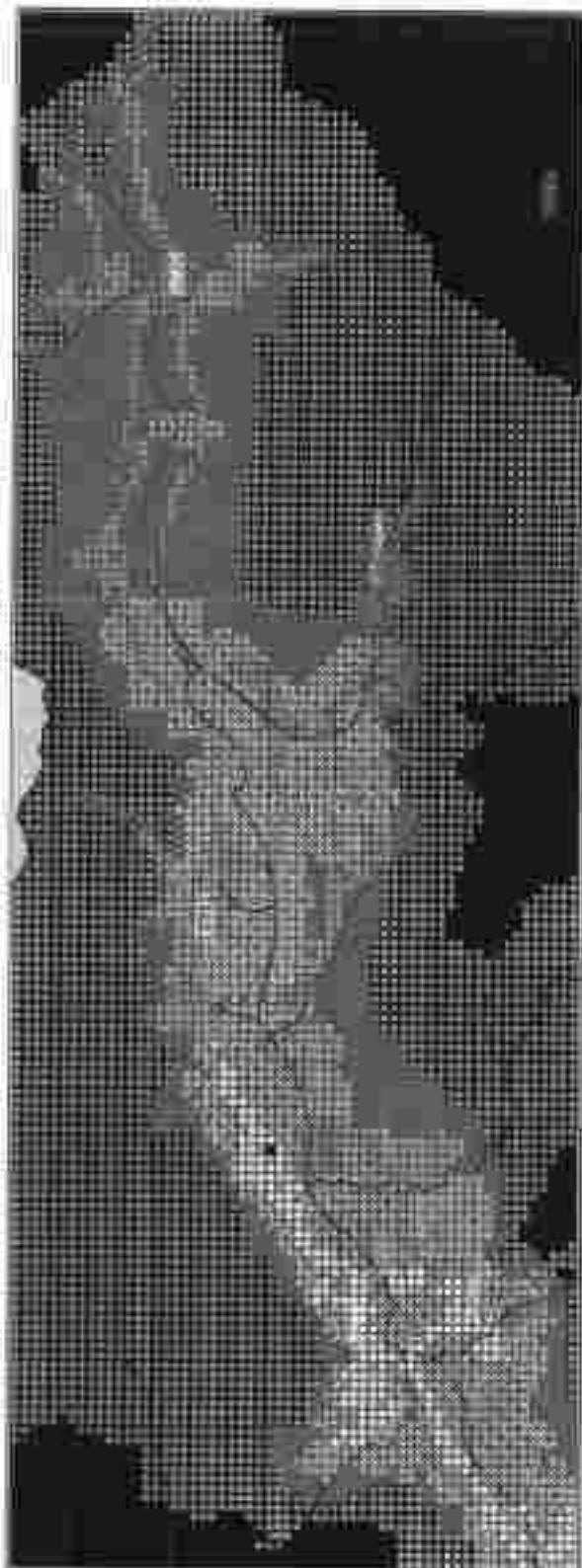
Samstag, 18.



Risikowert:

- 0 0,00 – 0,25
- 1 0,26 – 0,50
- 2 0,51 – 0,75
- 3 0,76 – 1,00
- 4 1,01 – 1,25
- 5 1,26 – 1,50
- 6 1,51 – 1,75
- 7 1,76 – 2,00
- 8 2,01 – 2,25
- 9 2,26 – 2,50

0 1000 2000 m



PROJEKT LIEZEN (STIERMARK)

— Talbereich —

Informationsgehalt der Grundwasserfahrdungskarte

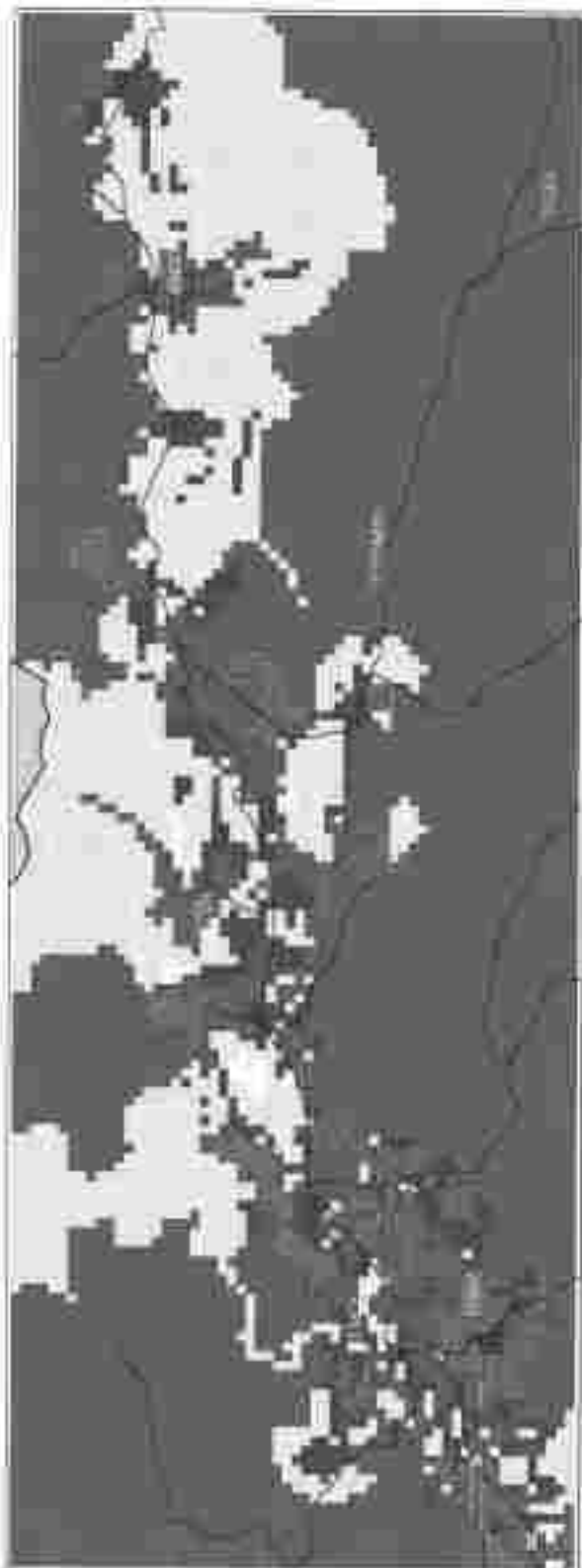
Legende II



Klassen in Prozent

- 90 - 100
- 80 - 89,99
- 70 - 79,99
- 60 - 69,99
- 50 - 59,99
- 40 - 49,99
- 30 - 39,99
- 20 - 29,99
- < 10





PROJEKT LIEZEN (STEIERMARKE)

→ Talbereich →

Gefährdung des Grundwassers in der momentanen Naturrumsituation

(0 = keine, 1 = sehr hohe Gefährdung)

Skizzen 16



Risikowerte:

- 0,18 - 0,29
- 0,30 - 0,39
- 0,40 - 0,49
- 0,50 - 0,59
- 0,60 - 0,69
- 0,70 - 0,79
- 0,80 - 0,89

0 3000 m



PROJEKT LIEZEN (STIEERMARK)

– Talbereich –

Informationsgehalt der Grundwassergefährdungskarte

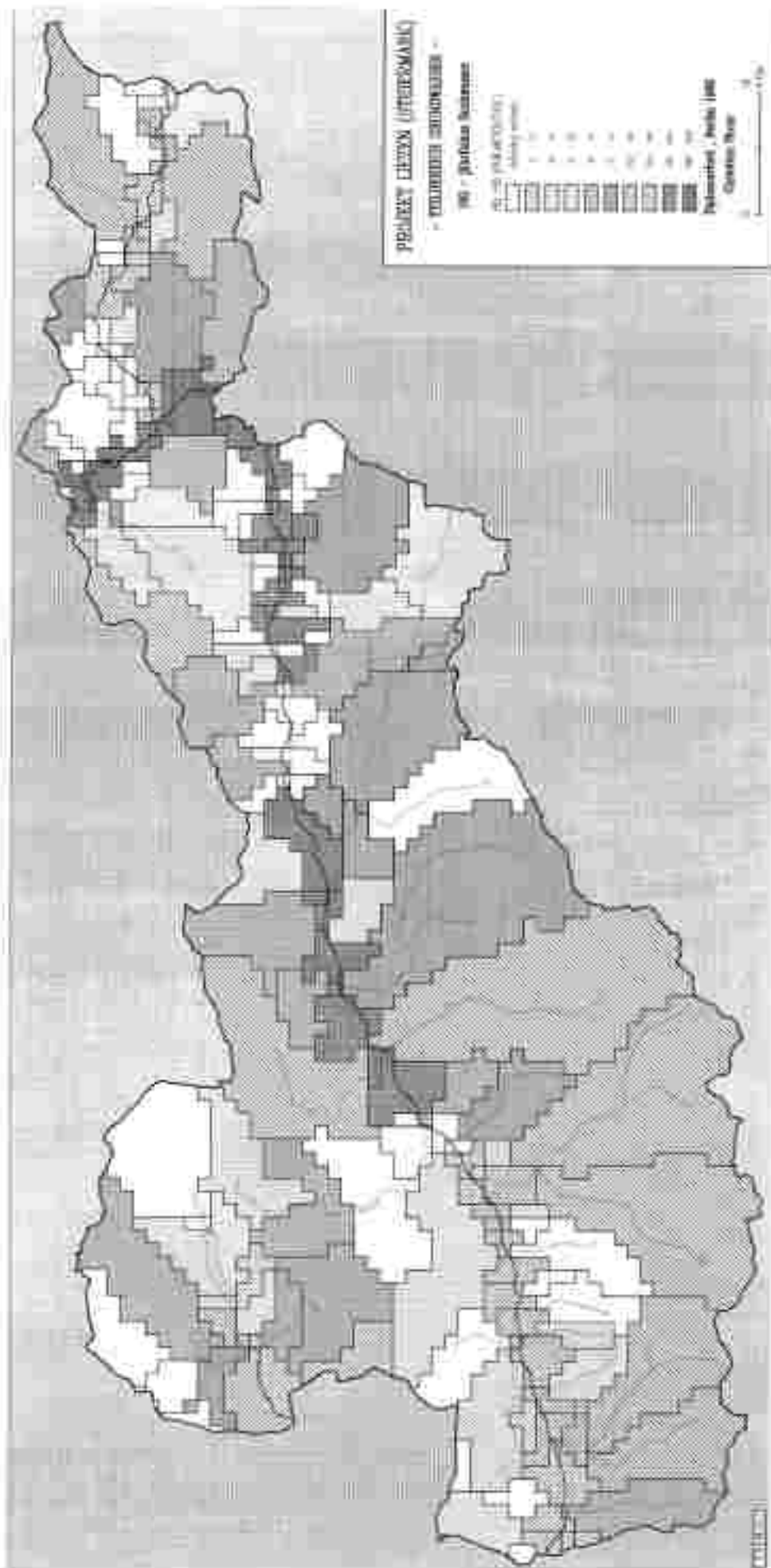
Skizzenplan 1/10

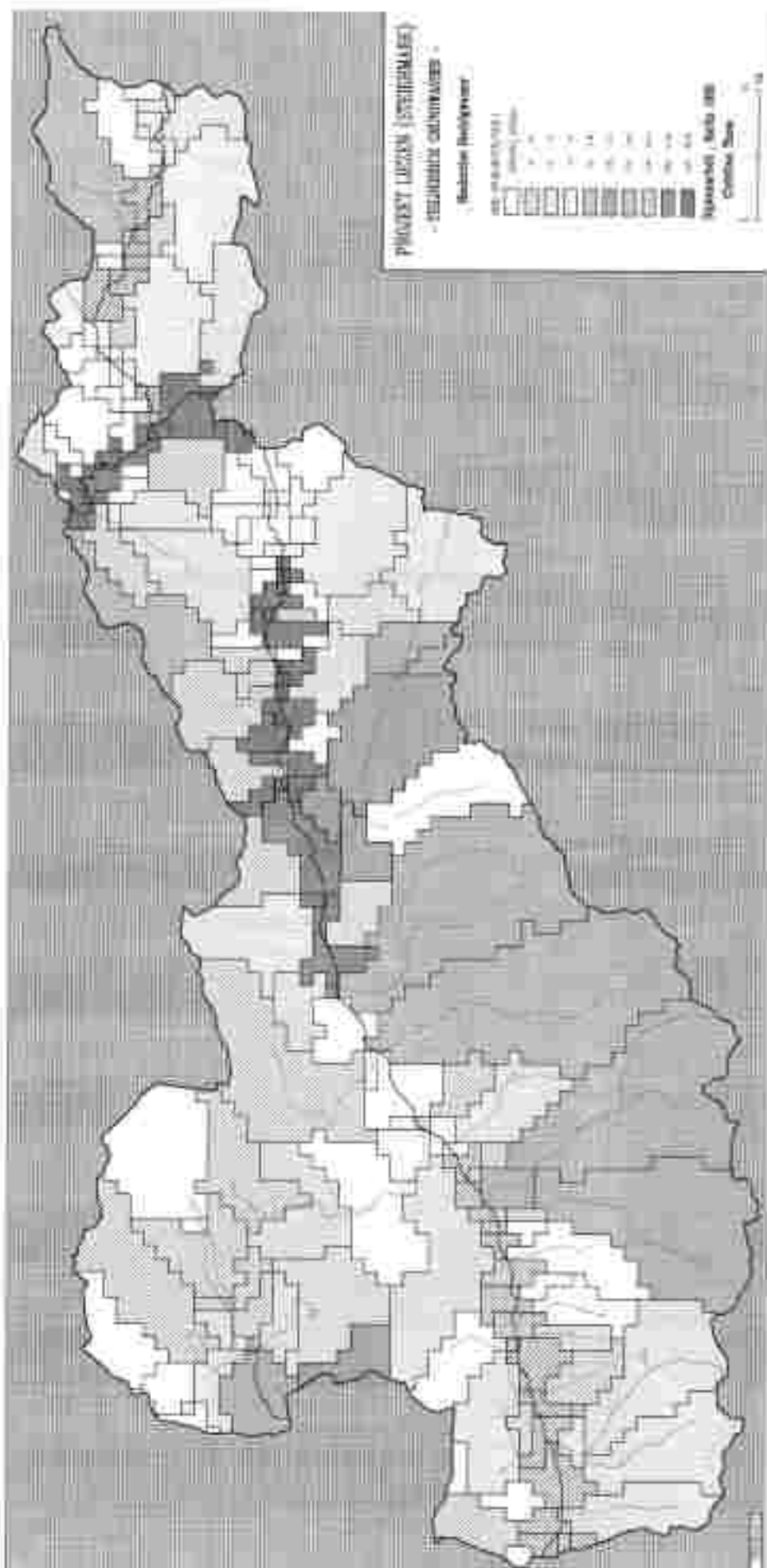


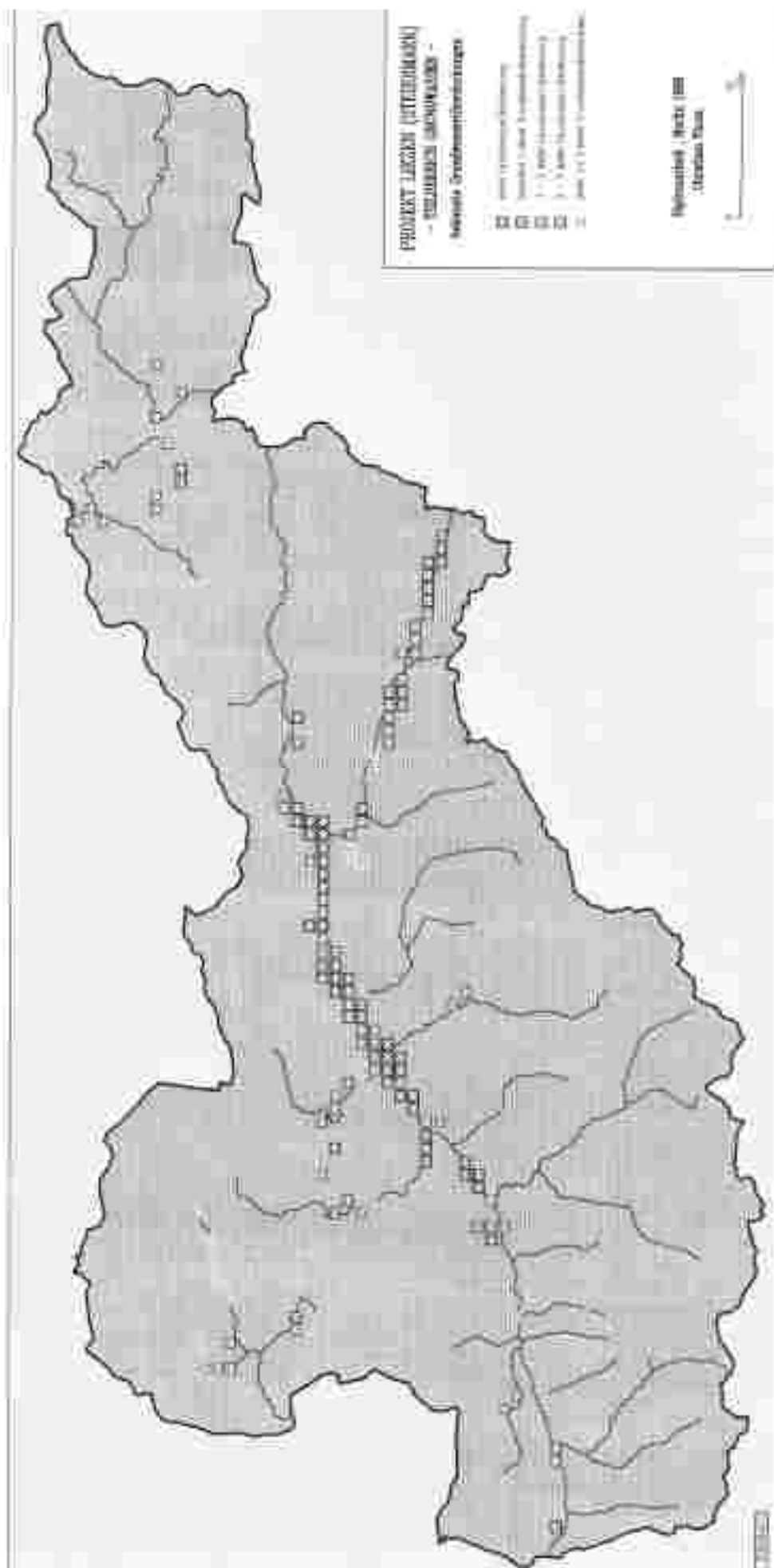
Angaben in Prozent

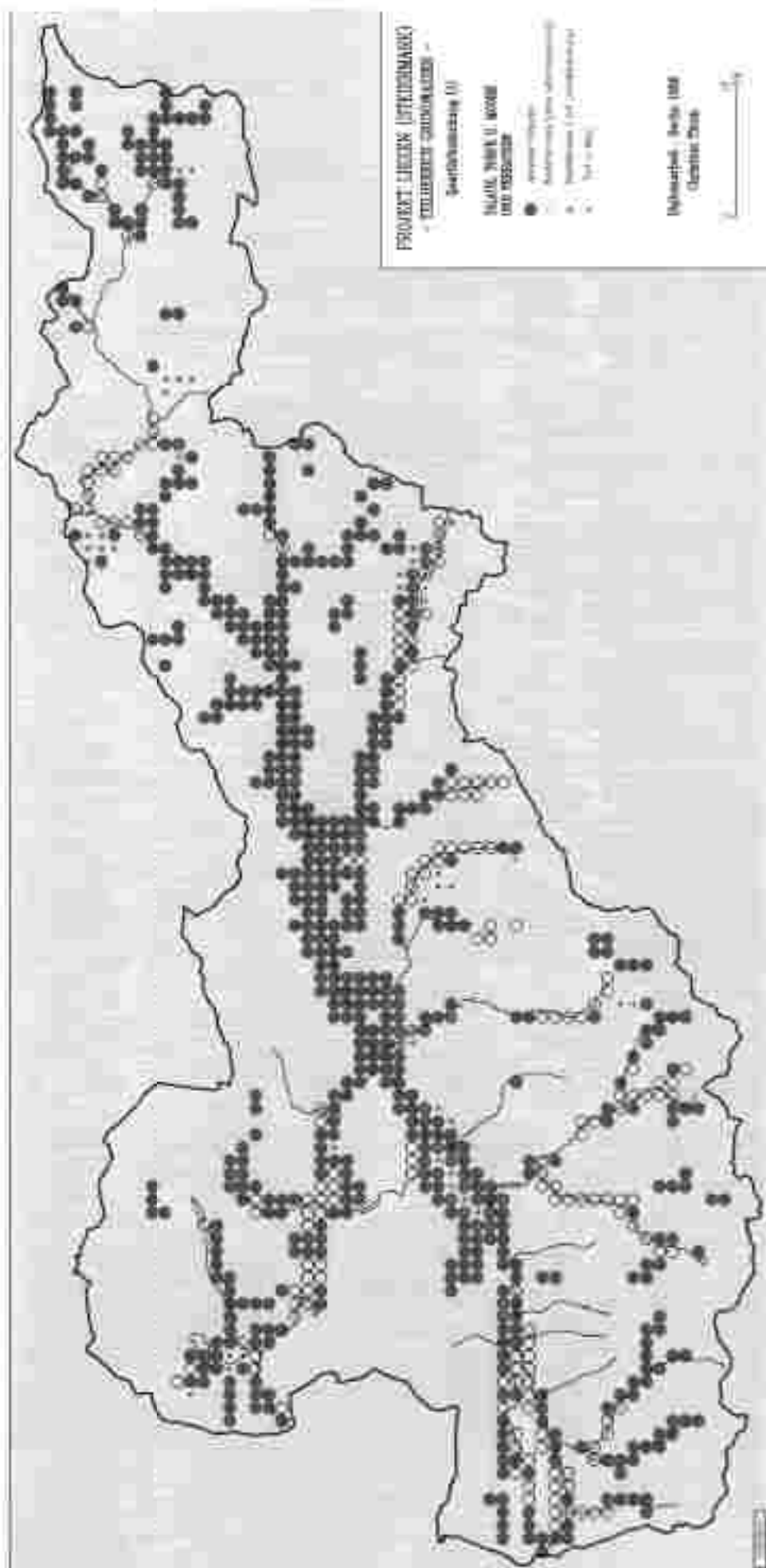
- 00 – 100
- 10 – 20
- 20 – 30
- 30 – 40
- 40 – 50
- 50 – 60
- 60 – 70
- 70 – 80
- 80 – 90
- 90 – 100

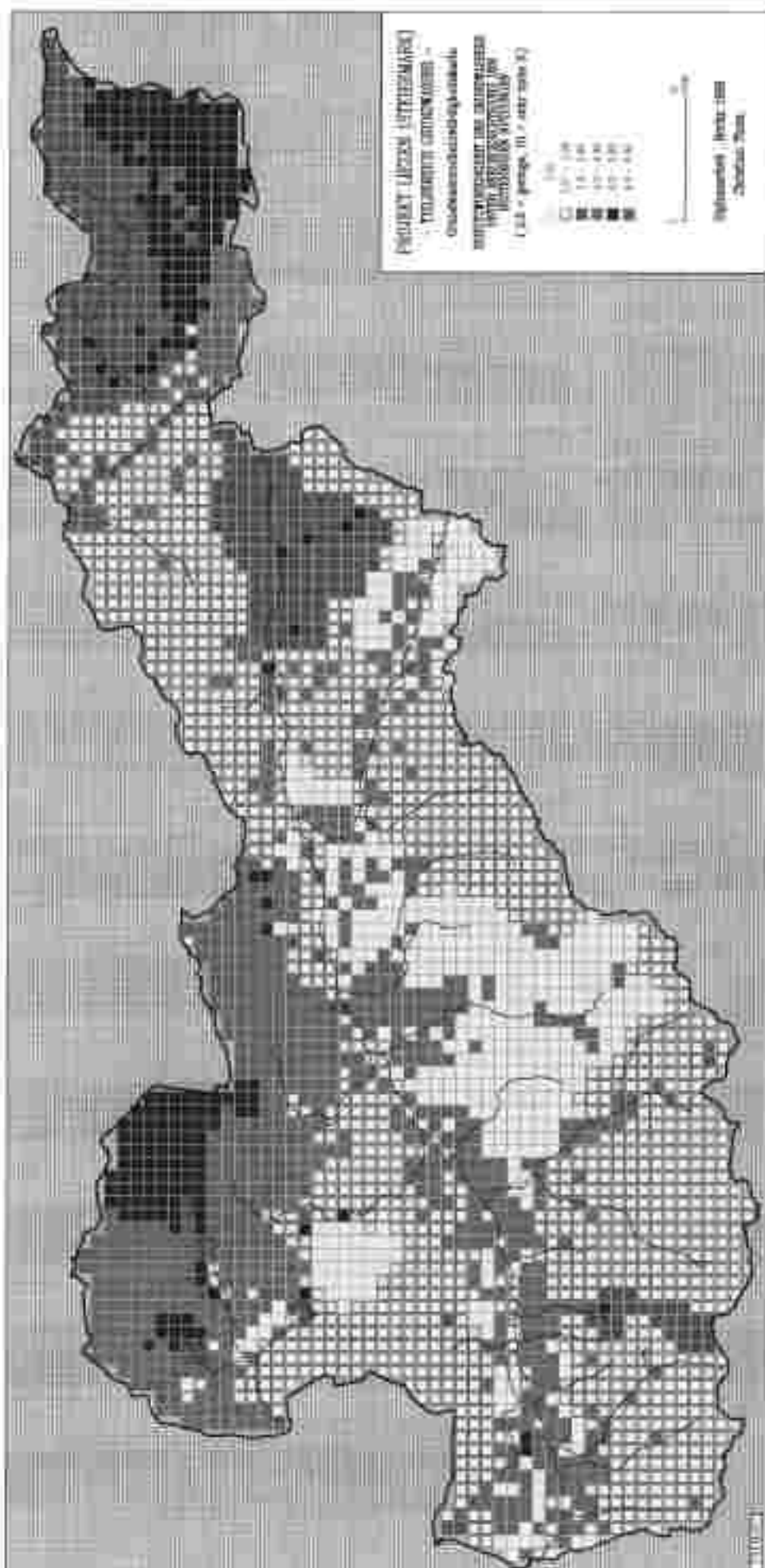
0 1000 2000

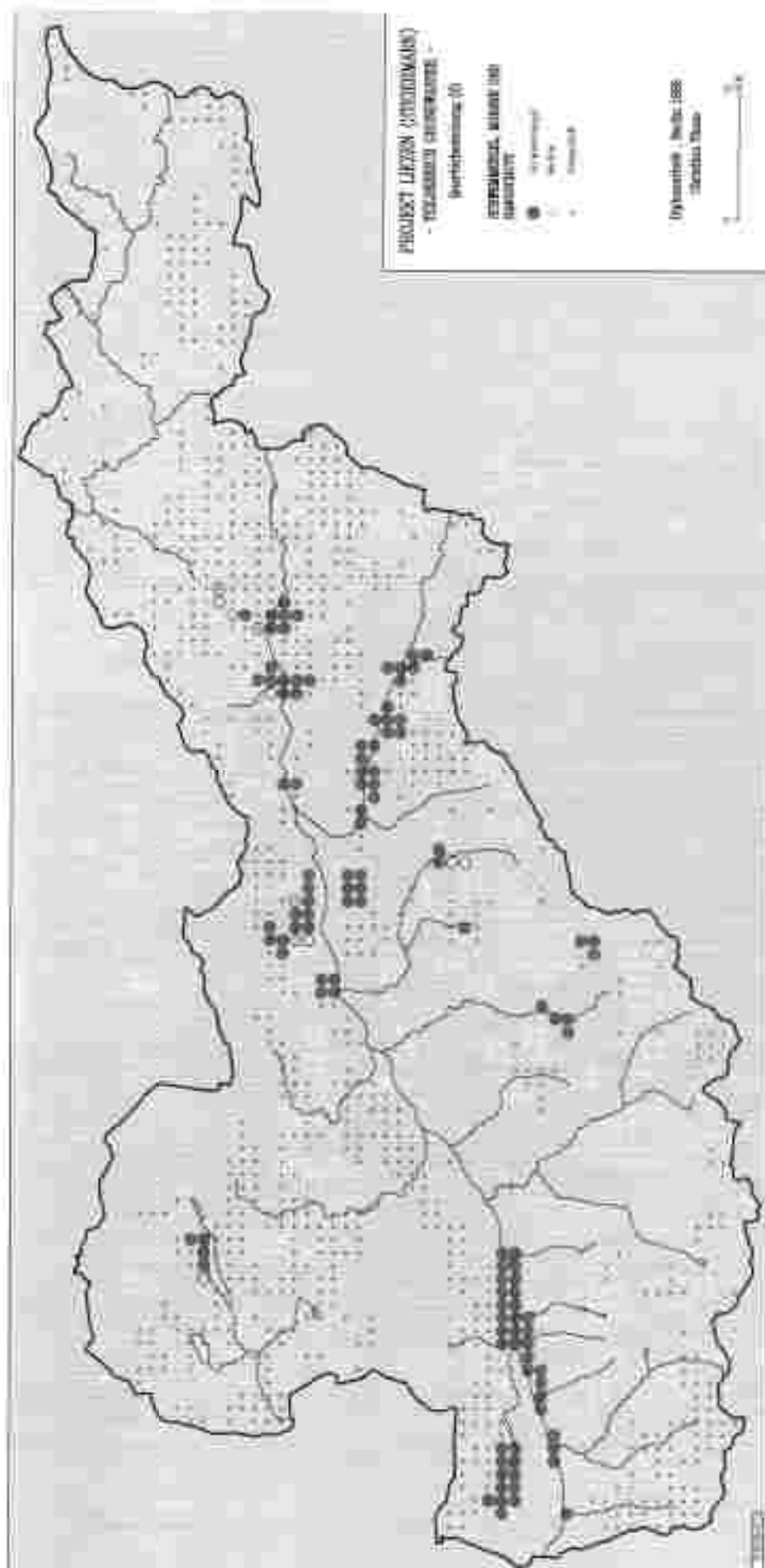


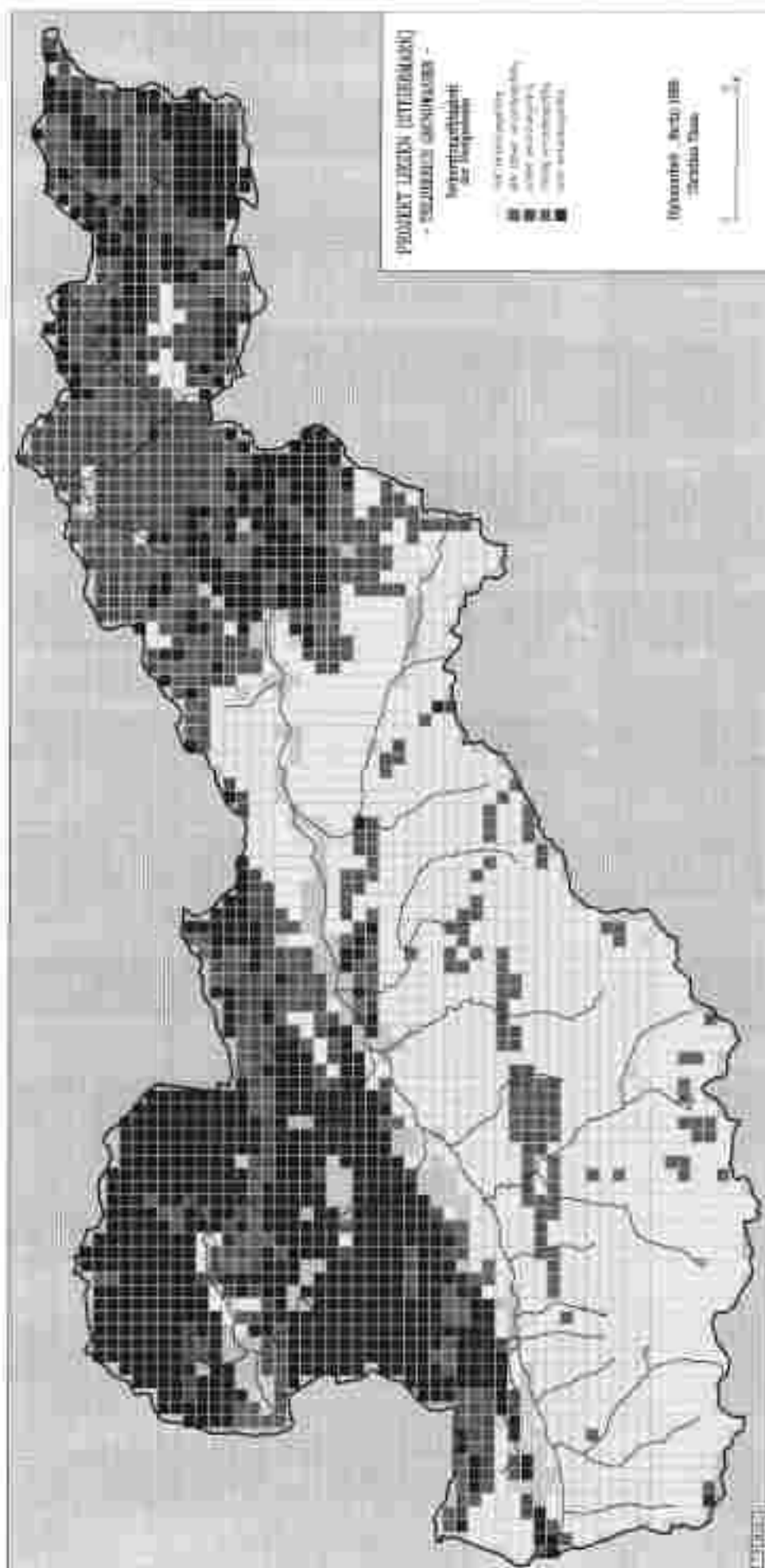


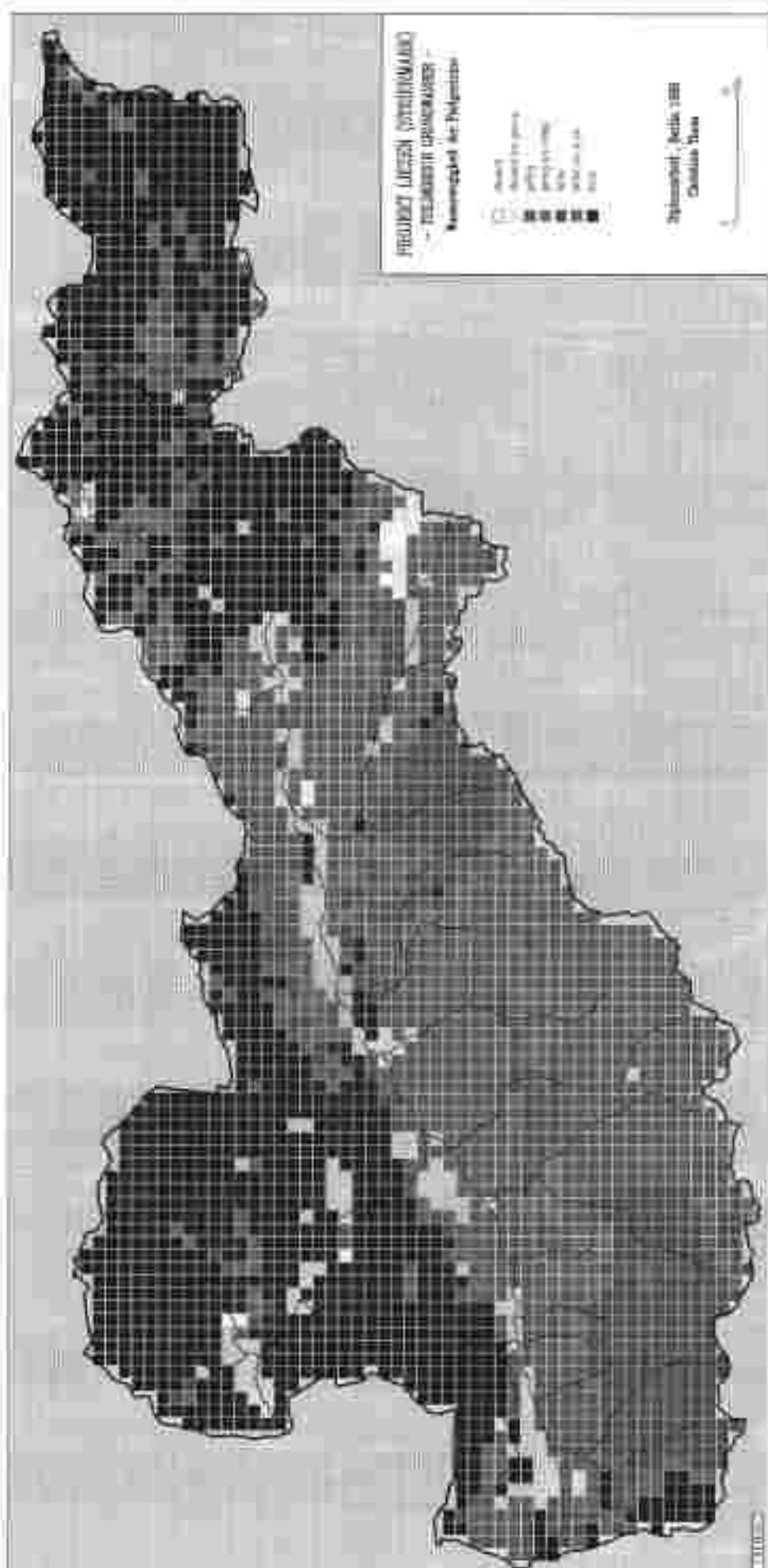


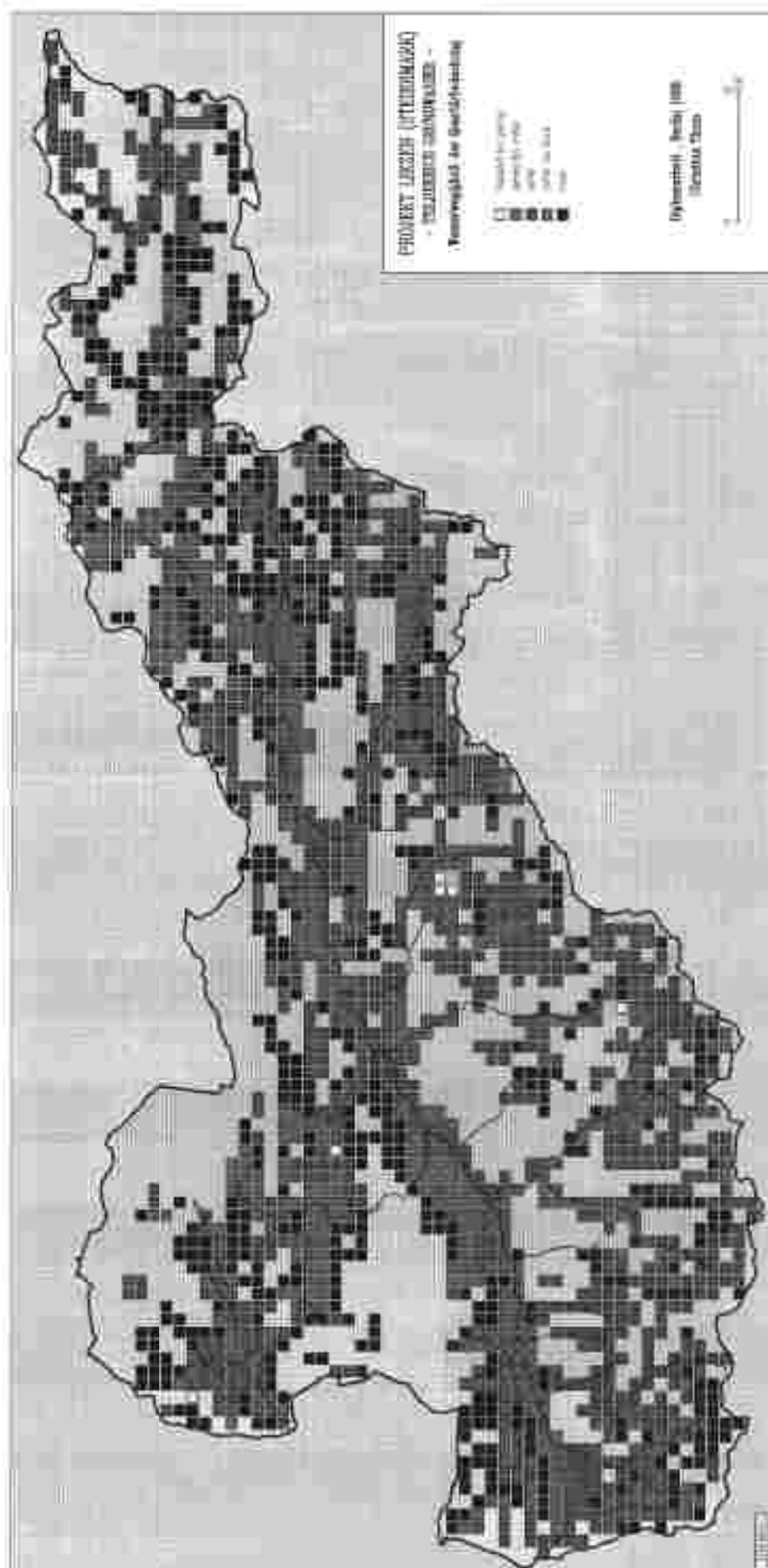


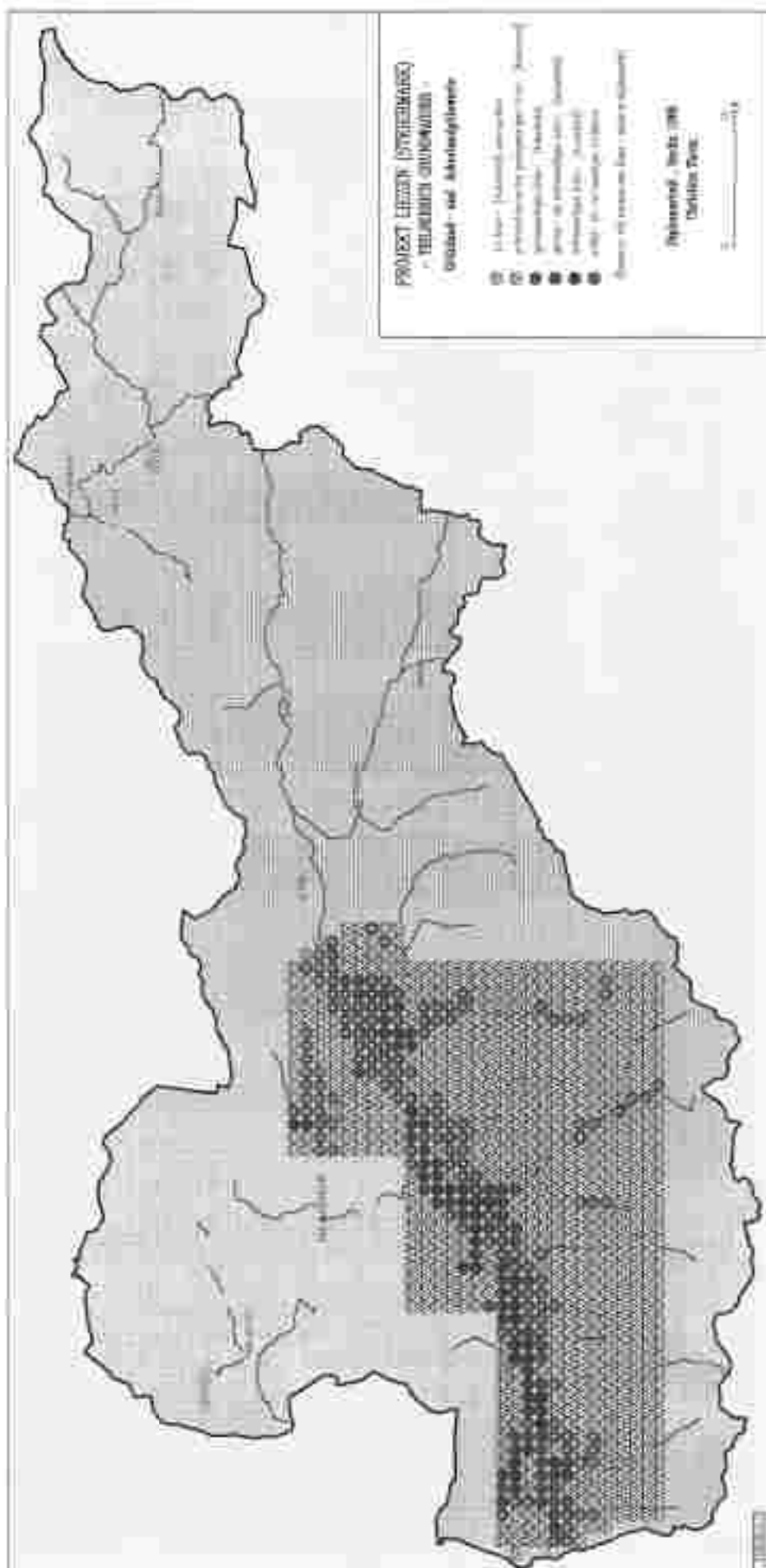


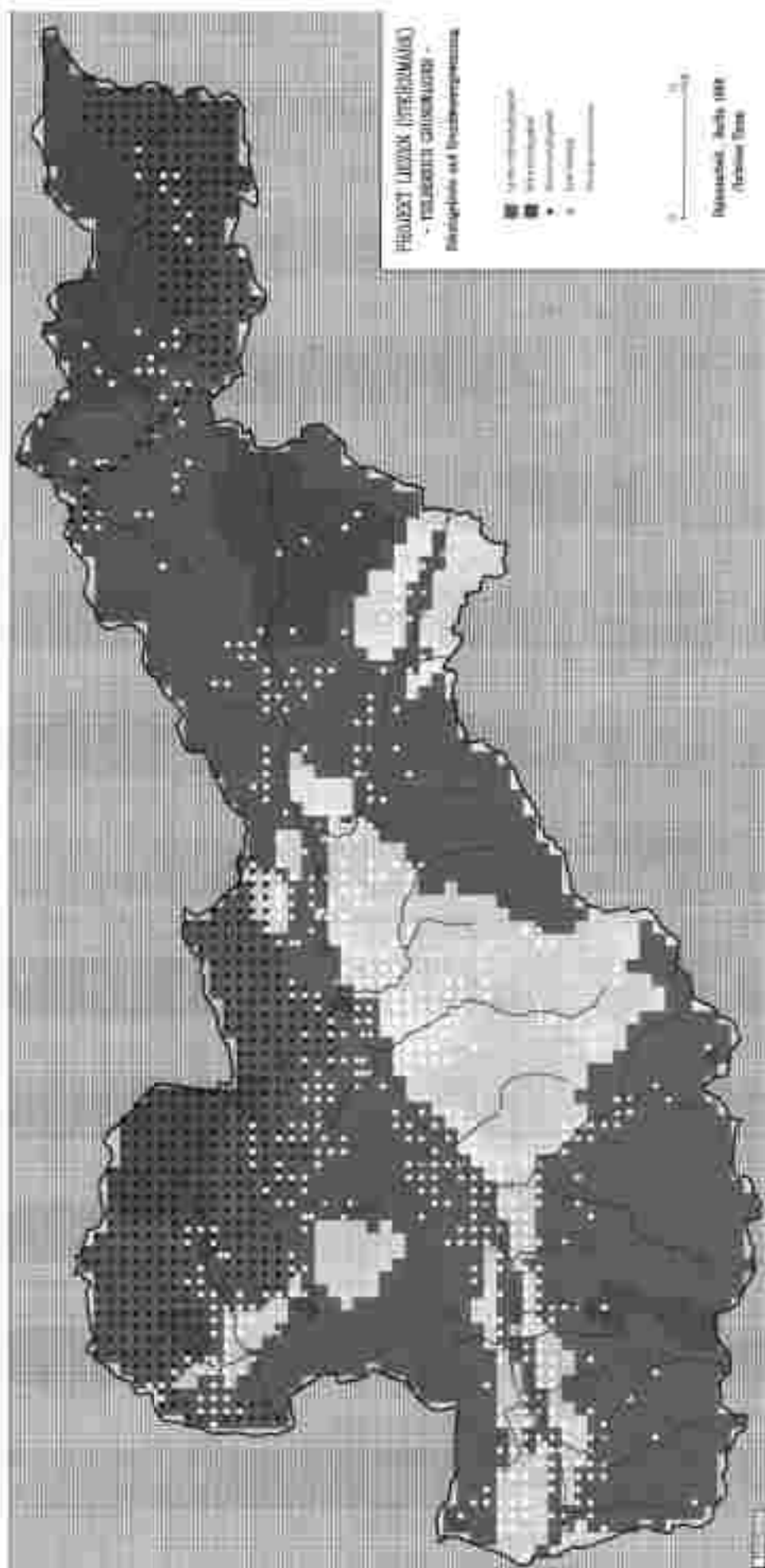




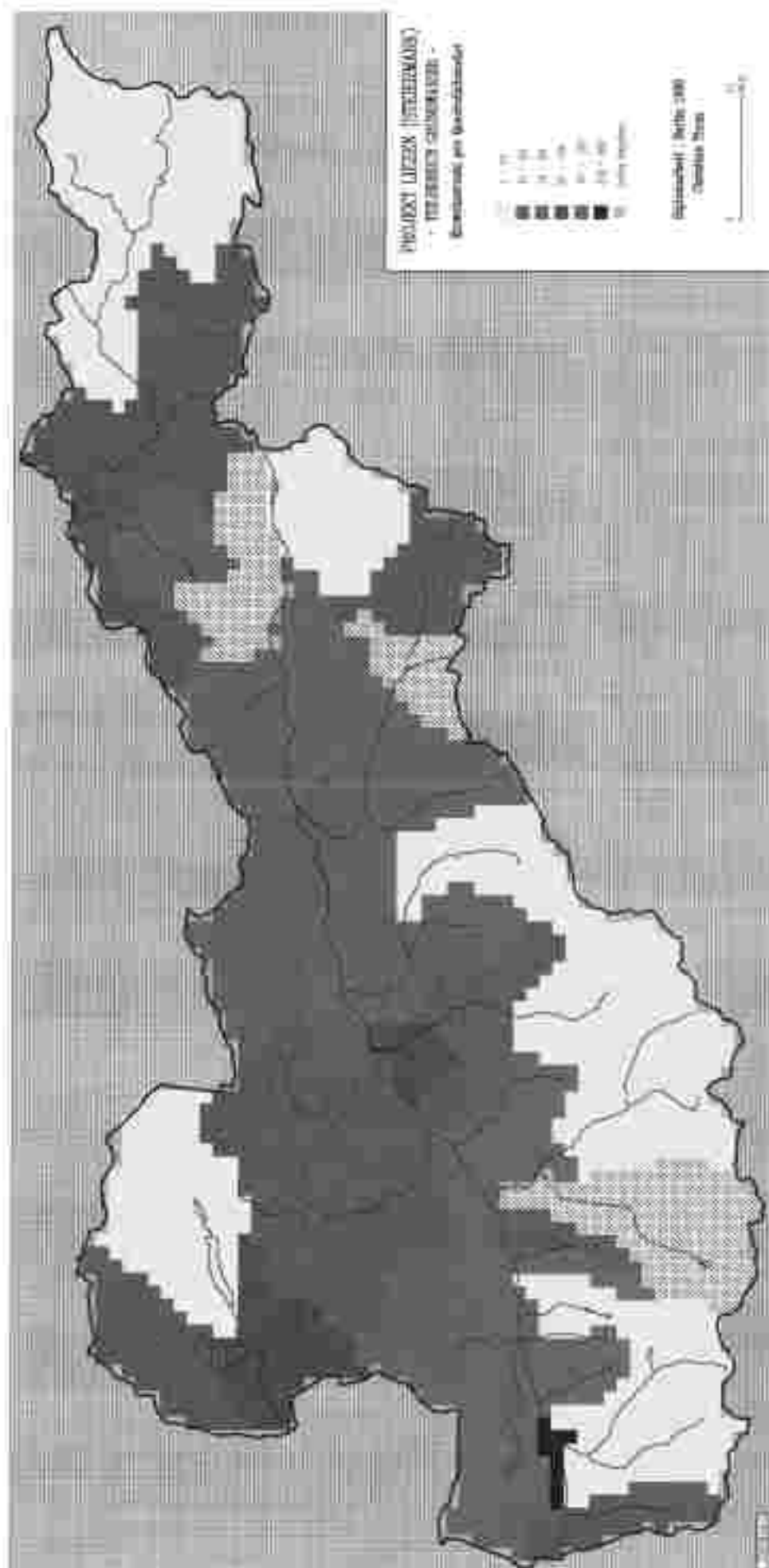


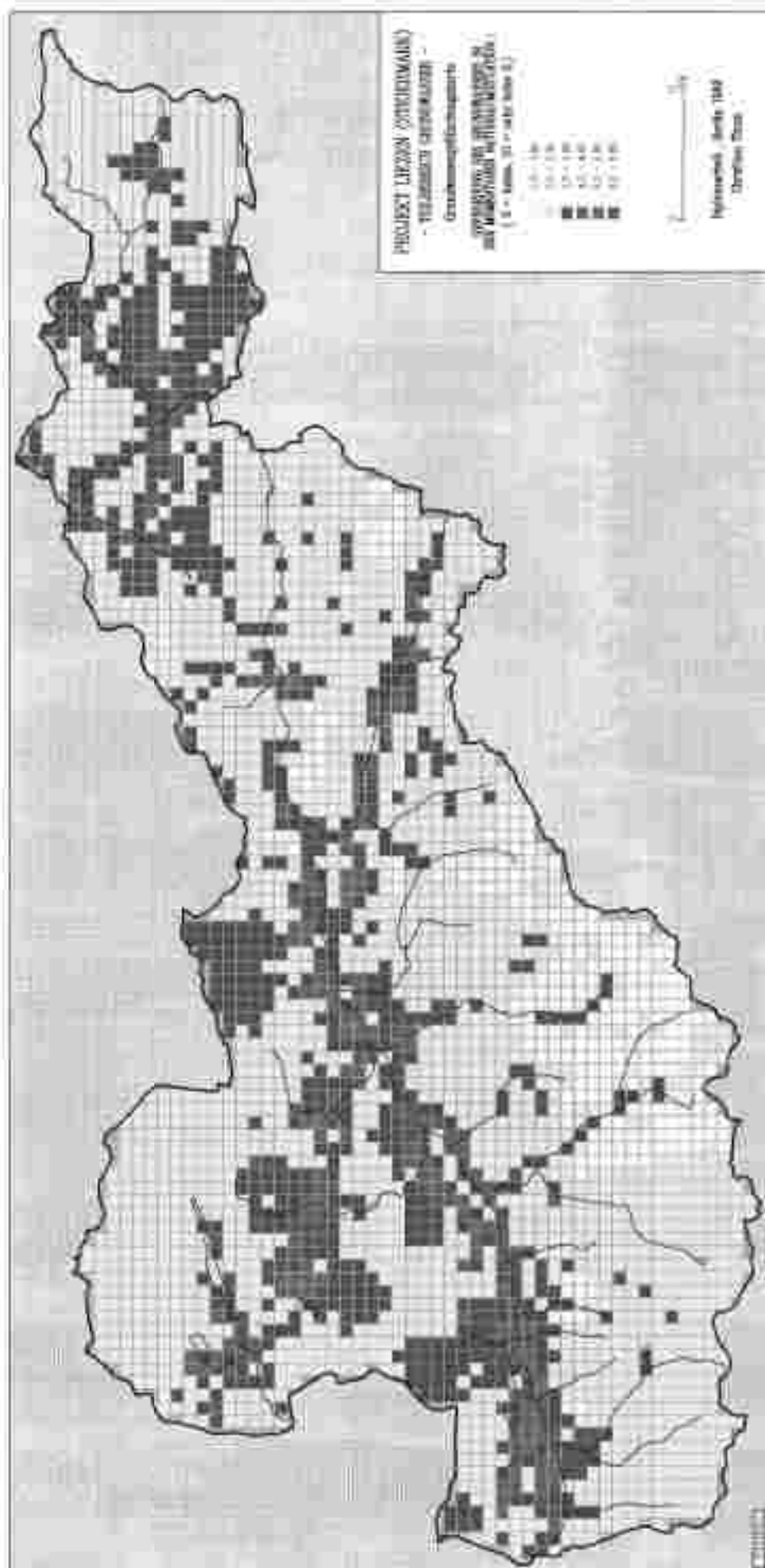


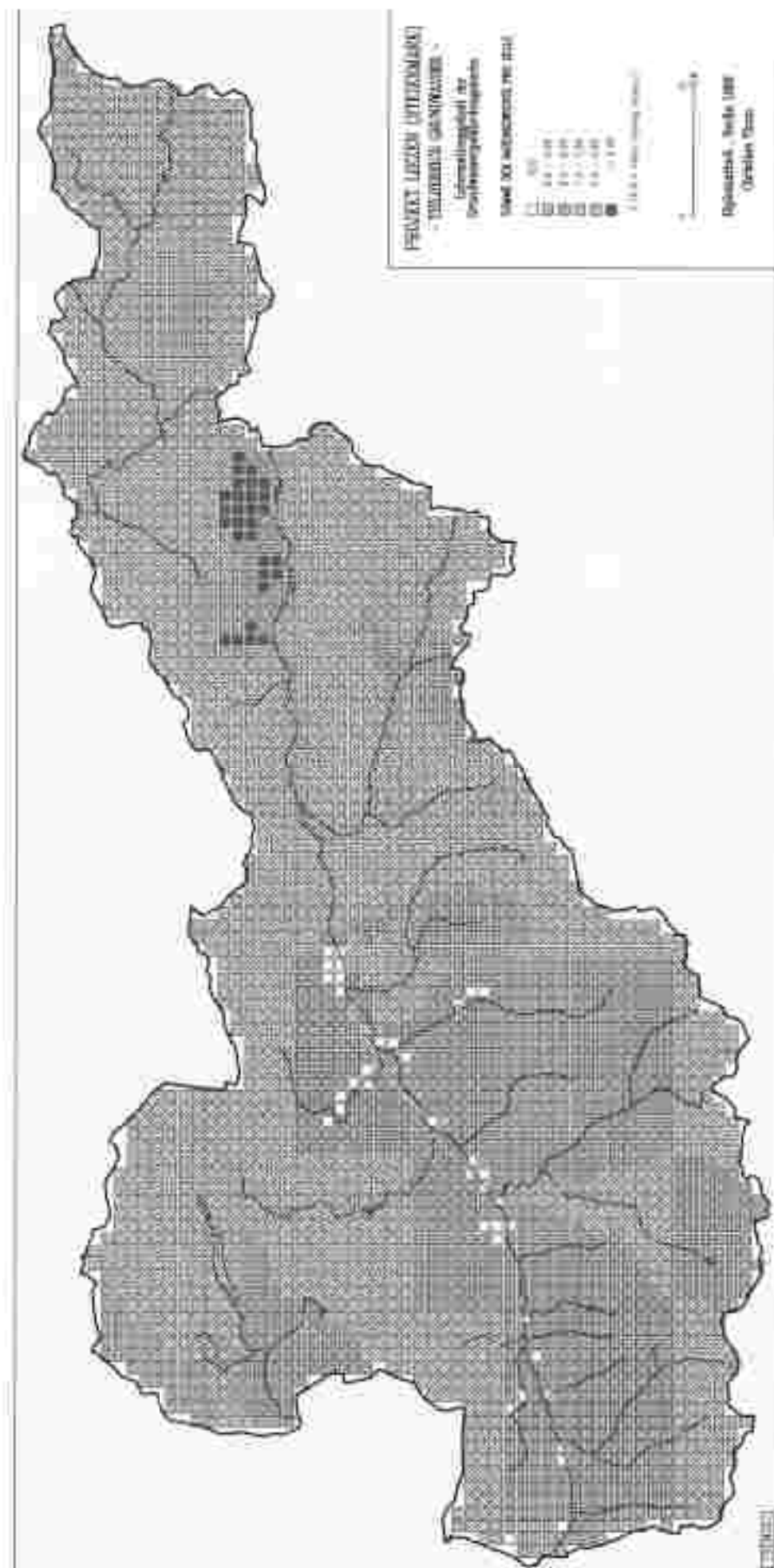


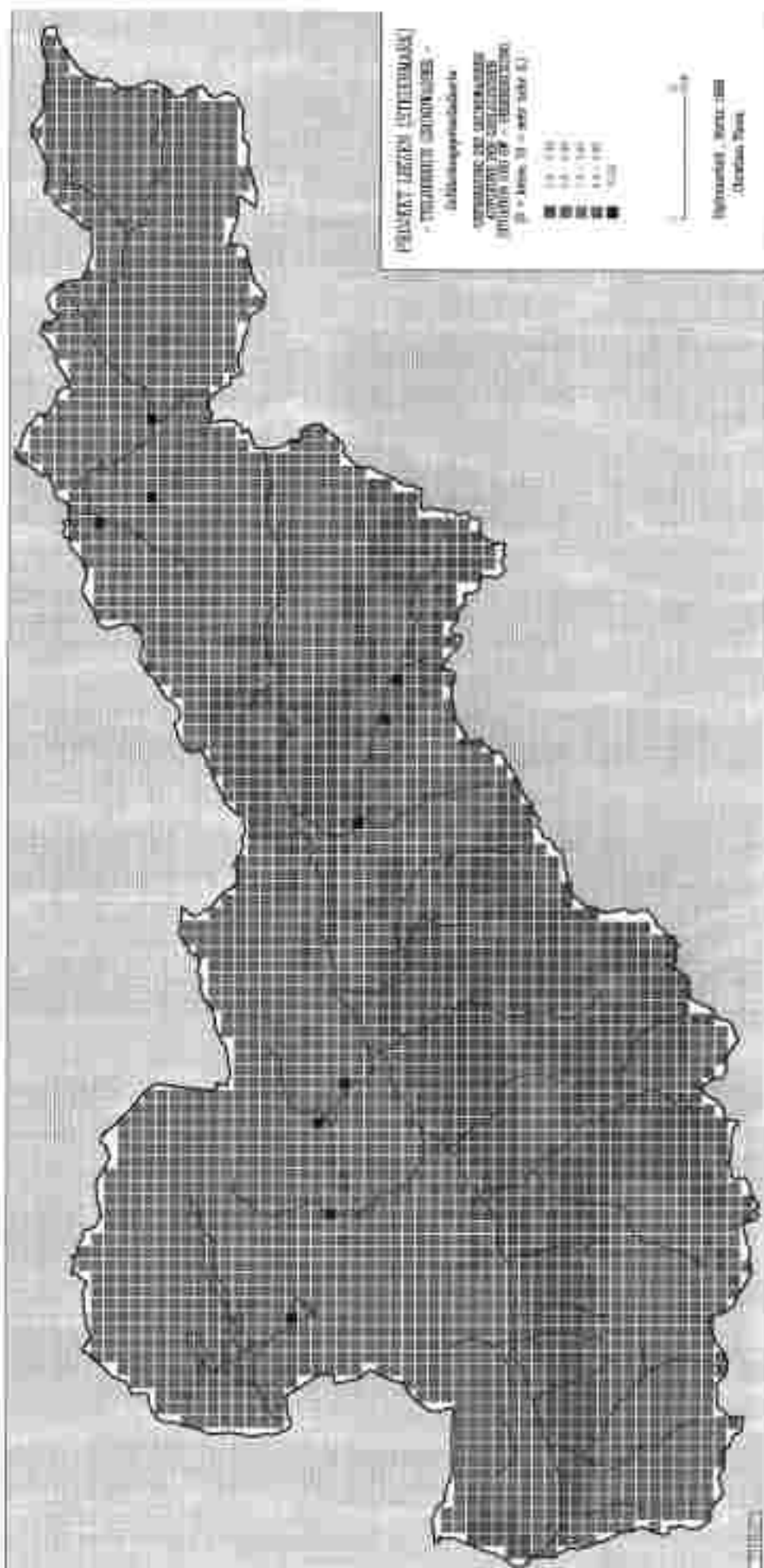


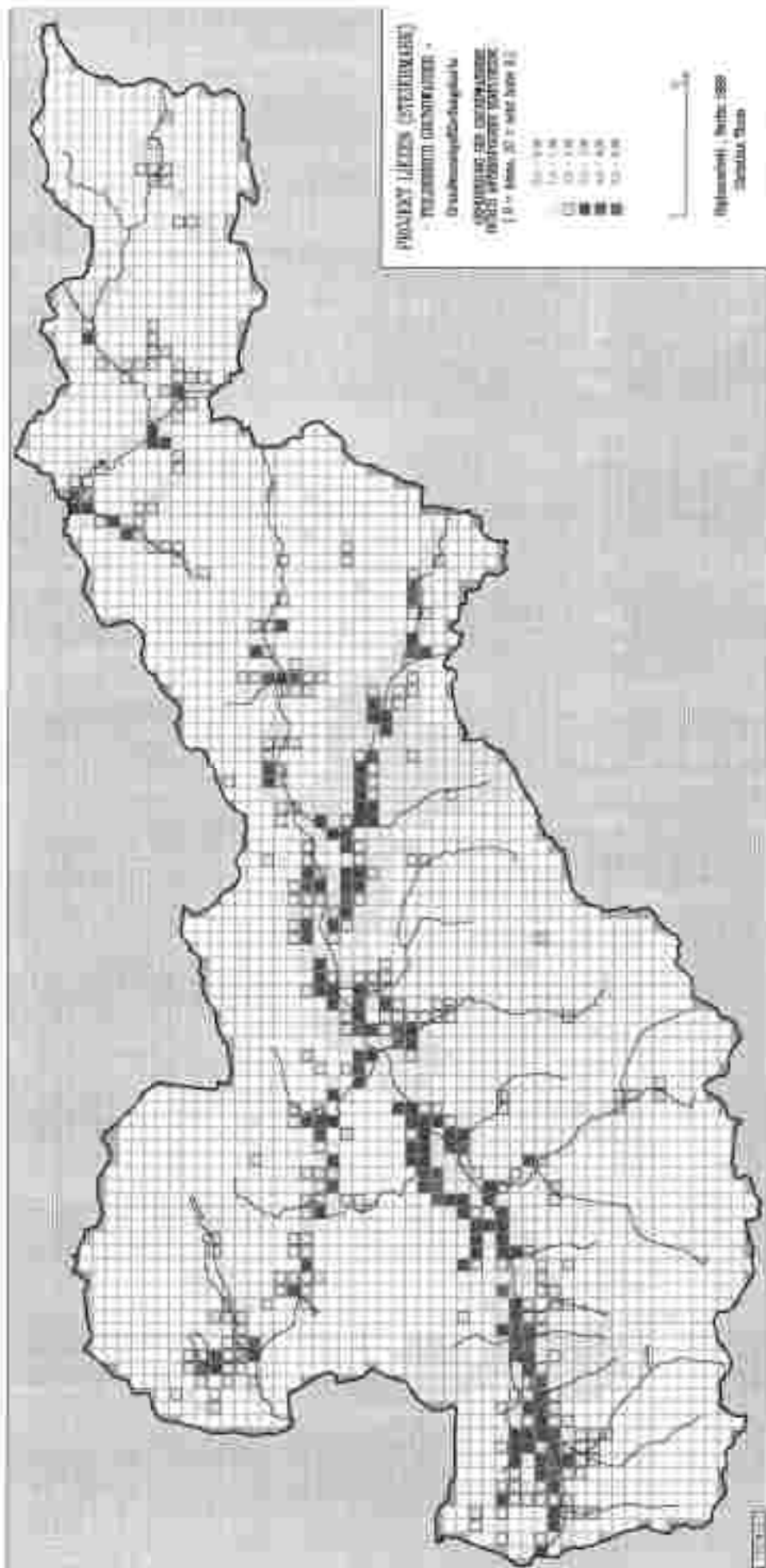


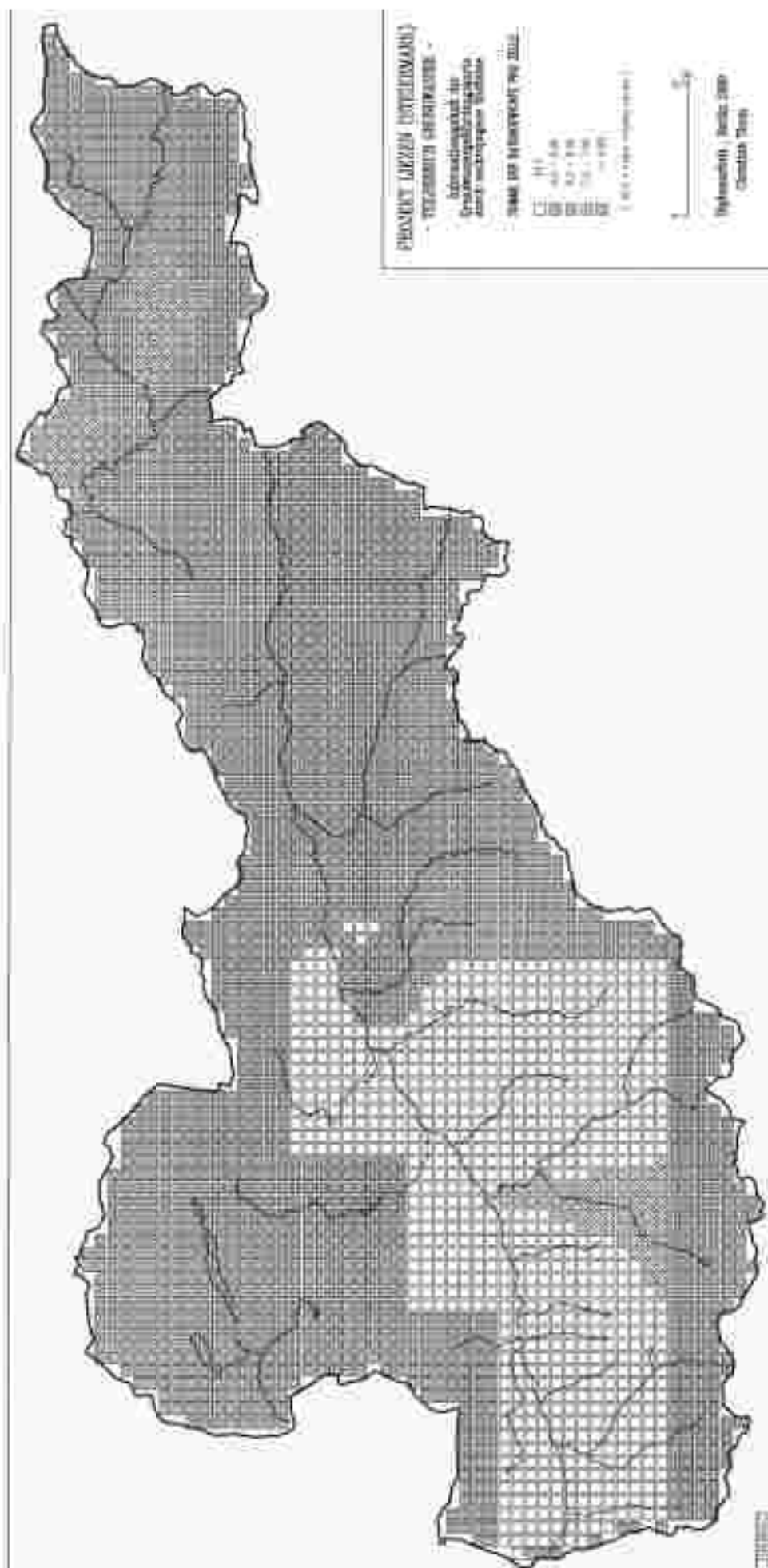












LITERATURVERZEICHNIS:

- ALNAJIM, N.: Kartierung der näheren Umgebung der Magnesiumlagerstätte Leasing (Oberstmk.).-
Dipl.Arbeit, MUL, Leoben 1970.
- BISTRITSCHAN, K.: Bericht zur Flußbaugologischen Karte der Enns I. Altenmarkt - Steyr.- Univ. Ber.,
1948-1949.
- BISTRITSCHAN, K.: Zur Geologie der Talbildungen des Mittelraumes.- Verh.Geol.B.-A. 1952, 232 - 235,
Wien 1952.
- BISTRITSCHAN, K.: Die Talalluvionen des Mittelraumes.- Verh.Geol.B.-A. 1956, 184-187, Wien 1956.
- BRANDL, W. & HAUSER, A.: Baugologische Karten von Steiermark, Bl. 4: Bezirk Leoben.- Techn.
Hochsch.Graz, Lehrkanzel für techn.Geol., Graz 1952.
- DRAXLER, J. & HUSEN, D.v.: Zur Entwicklung des Spätglazials im Mittardorfer Becken (Steiermark).-
Verh.Geol.B.-A. 1977, 79-84, Wien 1977.
- DULLO, W.Ch.: Rohstoff-Exploration-Dachsteinkalk: Admont, Univ.Ber. 1977, 16 S., 1977.
- DULLO, W.Ch. & FLÜGEL, E.: Probenahmeplan und Probenahmebericht zu Dachsteinkalken.- Ber.,
1980.
- DULLO, W.Ch. & FLÜGEL, E.: Schlußbericht zur Rohstoff-Exploration 'Hohepure Kalk' (Raum
Admont).- Ber. 1983.
- EBNER, F.: Farb- und Gefügevarietäten steirischer Karbonatgesteine.- Unveröff.Endbericht, FGII, Inst.f.
Umweltgeol.u. Angew.Geogr., Graz 1984.
- ERKAN, E. & PETRASCHECK, W.: Gips und Anhydrit in der Steiermark.- Unveröff.Ber., VALL, Leoben
1985.
- FELSER, K.O. & SIEGL, W.: Die Magnesite in der steirischen Grauwackenzone und die Auswahl
geeigneter Prospektionsgebiete nach geologisch-faziellen Kriterien.- Mit.Abh.Geol.Paläont.Bergb.
Landesmus.Joanneum, 38, 41-46, Graz 1977.

- FISCHER, B. & SALZMANN, A.: Substanzmenge und Aufschluss des Gipsbergbaues Grundl. - Univ.Dipl.-Arb.Montanuniv.Leoben, 24 S., Leoben 1955.
- FLÜGEL, E.: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen mikrofazialen und technologischen Merkmalen steirischer Dachsteinkalke (Obertrias; Grimmingstock, Gesäuse). - Mitt.-Abt.Gool. Paläont. Bergh.Landesmus.Joanneum, H. 38, Graz 1977.
- FLÜGEL, E.: Rohstoff-Exploration - Dachsteinkalk - Unveröff.Schlussbericht, 1978.
- FLÜGEL, E.: Bericht zum Projekt "Hochreine Kalke". - 1980.
- FLÜGEL, E.: Hochreine Kalke im Bereich der Admonter Schichtstufe. - Steir.Beitr.z.Rohstoff.u.Energief., H3, Graz 1984.
- FLÜGEL, E. & HADITSCH, J.G.: Bericht über Rohstoff-Exploration (Untersuchung von Kalkvorkommen) in der Steiermärk. (Raum Mitterndorf - Bad Aussee). - Ber. 1975.
- FLÜGEL, E. & HADITSCH, J.G.: Vorkommen hochreiner und reiner Kalke im Steirischen Saalkammergut. - Arch.f.Lagerst.forsch. Ostalpen, 15, 1975.
- FRIEDRICH, O.M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. - Arch.f.Lagerst.forsch.Ostalpen, 5, 1967.
- FRIEDRICH, O.M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. II. Teil. - Arch.f.Lagerst.forsch. Ostalpen, 9, 1969.
- FRIEDRICH, O.M.: Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming. III. Teil. - Arch.f.Lagerst.forsch.Ostalpen, 15, 1975.
- FRIEDRICH, O.M. & HADITSCH, J.G.: Liste ostalpine Mineralrohstoffvorkommen. - Bd. 1 - 3, Leoben 1983.
- GRÄP, W. et al.: Quartäre Konglomeratvorkommen im mittleren Eoostal. - Univ.Ber., 43 S., Graz 1983.
- HADITSCH, J.G.: Bericht über Prospektion auf hochreine Kalke. - Ber.1975.

- HUBER, A., HÜBEL, G., KRÄINER, B. & PÖSCHL, M.: Systematische Erfassung von Lockergesteinen in der Steiermark. Kies-Sande-Tone-Lehne, Hoffnungsgebiete Teil II.- Univ. Ber., PGJ, Inst.f. Umweltgeol.u.Angew.Geogr., Graz 1985.
- HUBER, A., HÜBEL, G., PÖSCHL, M.: Systematische Erfassung von Lockergesteinen in der Steiermark. Kies, Sande, Tone, Lehne, Hoffnungsgebiete, Teil III.- Univ. Endber., PGJ, Inst.f.Umweltgeol. u.Angew.Geogr., 38 S., 13 Abb., 4 Beil., Graz 1986.
- HÜBEL, G.: Projekt STA-3883. Zusammenfassende Auswertung der systematischen Untersuchungen in den Nördlichen Tauern.- Univ. Endber., BMHGI, 43 S., Graz 1983.
- HÜBEL, G.: Beurteilung steirischer Karbonatgesteinsvorkommen für spezielle Verwendungsbereiche.- Univ. Endber., FREN, Leoben 1984.
- HUSEN, D.VAN: Ein Beitrag zur Talgeschichte des Ennstales im Quartär.- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 18, Wien 1968.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST: Flächenverzeichnis der österreichischen Flußgebiete. Westliches Donaugebiet und österreichischer Anteil am Elbegebiet.- Beitr. zur Hydrographie Österreichs, 24, 129 S., Wien 1952.
- KOLLMANN, W.: Hydrogeologische Untersuchungen in den nördlichen Gesäusebergen.- Ber. WWR, 66, 299 S., 100 Fig., 35 Tab., Graz 1983.
- LECHNER, E. & DEMMER, H.: Bericht über die Möglichkeiten zur tagtäglichem Gewinnung hochreiner Kalke im Raum Mitterndorf - Bad Aussee (Rohstoffproj. Steierm. L.R.), Univ. Ber. 1978, 25 S., Graz 1978.
- MATURA, A.: Geologische Detailaufnahme alter Bergbaugebiete auf ÖK 127 Schladming.- Univ. Ber. Geol. B.-A., 5 S., Wien 1979.
- MAURITSCH, H.J.: Geophysikalische Prospektion auf Graphit im Revier Hochadler bei St. Lorenzen im Paltenal.- Ber., 1980.
- MAURITSCH, H.J.: Geophysikalische Prospektion auf Graphit im Revier Hochadler bei St. Lorenzen im Paltenal.- Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergh. Landesmus. Joanneum, H. 42, Graz 1981.

- MAURITSCH, H.J.: Erkundung von Mineralflözungszone im Bereich der Schladminger Tauern (Plattal-
gebiet).- Ber. 1981.
- MAURITSCH, H.J.: Geophysikalische Mineralprospektion südliche Schladminger Tauern.- Schlufber.,
1983.
- MAURITSCH, H.J.: Polymetallische Vorerzungen in den südlichen Schladminger Tauern.- Endber. 1985.
- MAURITSCH, H.J.: Bodengeophysikalische Identifizierung von aeromagnetischen Anomalien im Bereich
der östlichen Grauwackenzone (Kontaktzone Grängsteine - Ennstaler Phyllite) im Abschnitt
Reitersalm - Fruggern.- Endber. 1985.
- MAURITSCH, H.J.: Weiterverfolgung der aero- und bodengeophysikalischen Anomalien aus dem Bereich
Karlsitz bis in Donnerabachtal - Hochgrößen.- Abschlußber. 1985.
- MAURITSCH, H.J. & SEIBERL, W.: Kieseisenerzungen im Zentralkern der Niederen Tauern (i.d. Waichen)-
Ber. 1983.
- METZ, K.: Gutachten über die Asbestlagerstätte auf dem Hochgrößen bei Oppenberg.- Ber. 1980.
- METZ, K.: Montangeologische Bearbeitung der Talklagerstätte Lassing bei Rottemmann.- Zwischenbericht
1981.
- METZ, K.: Bericht über die im Rahmen des Projektes P 48 der VALL. Leoben im Jahre 1982 durchge-
führten montangeologischen Arbeiten im Bereich der Talklagerstätte Lassing.- Ber., 1983.
- NIEDERL, R. & SUETTE, G.: Systematische Erfassung der Festgesteinsvorkommen in der Steiermark.-
Unv.Endber., FGJ, Inst.f.Umweltgeol.u.Angew.Geogr., 32 Abh., 5 Bdl., Graz 1986.
- PETRASCHECK, W.: Untersuchungsberichte zum Gipsvorkommen Dürradner, Raum Schladming:
westlich Untertal und zwischen Oberhaus und Ruperting.- 1976.
- PETRASCHECK, W.E., ERKAN, E. & HÖNIG, J.: Die Gipslagerstätten der Steiermark.- Mitt.Abh.Geol.
Paläont.Bergb.Landesmus.Joanneum, 38, 89-99, Graz 1977.
- PFEFFER, W. & SCHÜSSLER, F.: Geologische Kartierung und Prospektion auf Uran und Scheelit in den
nördlichen Schladminger Tauern.- Mitt.Abh.Geol.Paläont.Bergb.Landesmus.Joanneum, 38, 101-104,
Graz 1977.

- PLATZL, M.: Die Grundwasserverhältnisse im mittleren Ennstal.- 100 Jahre Ennstalregulierung, Verl.Natur und Technik, Wien 1960.
- FRÖCHASKA, W.: Talkprospektion Steiermark.- Unveröff.Ber. (keine Jahreszahlangebe).
- REDLICH, K.A.: Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten.- Beitr. zur Geschichte d. österr. Eisenwesens, Abt. I, H. 1, Springer Wien Berlin 1931.
- SCHARFE, G.P.: Steirische Graphitvorkommen.- Mitt.Abt.Geol.Paläont.Bergb.Laudf.stmüs.Joanneum, 42, Graz 1982.
- SCHAUHERGER, O.: Die alpinen Salzlagerstätten.- Verh.Geol.B.-A. 1978, 455-459, Wien 1979.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Verneisung des oberen Ennstales, Gebiet Aigen.- Ber., Geol.B.-A., 1987.
- SPAUN, G.: Das Quartär im Ennstal zwischen Hieflau und Altesmarkt.- Mitt.Ges.Geol.u.Bergbaustud., 14, 149-184, 3 Taf., Wien 1964.
- STEINHAUSER, P. et al.: Montangeophysik Bad Aussee.- Steir.Beitr.z.Rohst.u.Energief., H2, Graz 1982.
- STEINHAUSER, P. et al.: Montangeophysikalische Untersuchung im Raum Bad Aussee.- Geophysikal. Forschungsber.Nr.7, Wien 1982.
- STEINHAUSER, P. et al.: Geophysikalische Detailuntersuchung der Schwereanomalie von Bad Aussee.- Bericht, Wien 1985.
- SUETHE, G.: Aufnahme und Bewertung von Dekor- und Nutzeisenerzen der Steiermark IV, Granite, Gneise, Amphibolite, Eklogite, Diabase, Quarzite.- Univ.Endber., FGJ, Inst.f.Umweltgeol.u.Angew.Geogr., 19 Abb., 13 Tab., 7 Beil., Graz 1985.
- THALMANN, F.: Regionale Wolfram-Molybdänprospektion in Österreich, Geochemie 1979.- Univ. Ber. VOEST-ALPINE, Leoben 1979.