

96.283

F.Ebner, F.Erhart-Schippek & G.Walach

ERDGASSPEICHER OSTSTEIERMARK

Geologische Vorauswahl

Forschungsgesellschaft Joanneum
Institut für Umweltgeologie und
Angewandte Geographie



ERDGASSPEICHER OSTSTEIERMARK

GEOLOGISCHE VORAUSWAHL

PROJEKT STE 30

UNIV.DOZ.DR.FRITZ EBNER, DR.FRANZ ERHART-SCHIPPEK

&

UNIV.DOZ.DR.GEORG WALACH

PROJEKTL EITUNG: UNIV.PROF.DR.W.GRAF

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT JOANNEUM
INSTITUT FÜR UMWELTGEOLOGIE
UND ANGEWANDTE GEOGRAPHIE

GRAZ, 1985

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
I. Aufgabenstellung	3
II. Untertagespeicher (F.ERHART-SCHIPPEK)	5
1. Allgemeines über die Untergrundspeicherung	5
1.1. Geologische Voraussetzungen (Struktur, Aufsuchung, geophysikalische Messungen)	6
1.2. Lagerstättenbedingungen (Chemismus, Wasserfluß, Gasströmung, Lagerstättendruck, Frac-Behandlungen)	7
1.3. Technische Einrichtungen (ober- und untertag)	8
1.4. Wirtschaftliche Überlegungen (Gasverbrauch, Investitionskosten, ideale Speicherkonditionen)	9
1.5. Erfahrungen	11
1.6. Bestehende Aquiferspeicher	11
2. Speicherliteratur und Auswertung	14
III. Geologische Grundlagen und Gebietsbewertung (F.EBNER)	26
1. Gliederung des Projektgebietes und Lage der Tiefbohrungen	26
2. Die tertiären Schichtfolgen	32
3. Kohlenwasserstoffvorkommen	38
4. Tektonik	39
5. Beschreibung der einzelnen Teilbereiche und deren Bewertung für Untertagespeicher	41
5.1. Gnauer Becken	42
5.2. Fehringar Becken	47
5.3. Söchauer Schwelle und begrabener Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf	49
5.4. Fürstenfelder Becken	52
5.5. Vulkangebiet von Gleichenberg-Mitterlill-Landorf	55
5.6. Unteres Murtal (Senke des Salsbachtals, steirischer Anteil der Südhungarischen Schwelle, westpannonischer Anteil)	59
6. Literatur	62
IV. Kurzbericht über Literaturerhebungen bezüglich der Struktur des Prätertiärs bzw. des begrabenen Vulkanismus im Oststeirischen Becken betreffend gravimetrische und geomagnetische Vermessungen (G.WALACH)	65
V. Projektaussage (F.EBNER & F.ERHART-SCHIPPEK)	72
VI. Dokumentation (F.EBNER & F.ERHART-SCHIPPEK)	77
1. Auflistung der Stratigraphie, Mächtigkeiten und porösen Schichtanteile in den Tiefbohrungen (Tab. 2-23)	78
2. Stratigraphische Profile der Tiefbohrungen im Oststeirischen Becken	100
3. Geologische Schnitte durch das Oststeirische Becken	101

1. Aufgabenstellung, Dank

Im Profil StE 30 sollen alle über das Oststeirische Tertärbecken verfügbaren publizierten und nicht publizierten Geodaten, die für eine Speicherung von Erdgas in natürlichen Reservoirgesteinen von Relevanz sind, gesammelt werden.

Projektziel ist die Identifizierung geeigneter Speichergesteine nach stratigraphischen, lithologischen, fazialen, tektonischen und technischen Gesichtspunkten und daraus resultierend eine Ansprache und Bewertung jener erfolgversprechender Regionen, die weiteren Untersuchungen zugeführt werden sollten.

Methodisch wurde derart vorgegangen, daß zuerst die internationalen Erfahrungen und publizierten Grundlagen über Untertage-Erdgasspeicher ausgewertet und daraus für die Gebietsauswahl allgemein gültige Parameter abgeleitet wurden. Darauf folgte eine Erhebung und Auswertung der Tiefbohrdaten des gesamten Projektgebietes. Fortgesetzt wurde mit der Sichtung aller verfügbaren Obertagskartierungen und Überarbeitung von Obertagsaufschlüssen, sofern sie für die Projektmassage notwendig waren. Mit diesen Daten wurde dann eine stratigraphisch/faziale Korrelation durchgeführt, die gemeinsam mit geophysikalischen Angaben über tektonische Tiefenstrukturen, prätertiäre Reliefausbildung sowie Verbreitung und Erscheinungsformen der oststeirischen Vulkanite die Grundlage für die räumliche Darstellung des Projektgebietes in Form von Strukturkarten und geologischen Schnitten und für die Bewertung der Einzelbereiche darstellten.

Die Bearbeiter möchten sich in diesem Zusammenhang bei folgenden Personen, Firmen und Instituten für die bereitwillige Überlassung von Daten bzw. Diskussionsbereitschaft und Mithilfe am Projekt bedanken:

Prof.Dr.A.KRÖLL, ÖMV: Bohrprofile der im Konzessionsgebiet der ÖMV abgeteufte Tiefbohrungen.

Dir.Dr.O.MALZER, RAG: Bohrprofile der im Konzessionsgebiet der RAG abgeteufte Tiefbohrungen.

Dr.Johann GOLDBRUNNER, Forschungsgesellschaft Juanneum, Institut für Geothermie und Hydrogeologie: Bohrprofil der Geothermiebohrung Fürstenfeld 1.

Univ.Doz.Dr.Manfred BUCHROITHNER, Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik: Interpretation und Diskussion von Satellitenbildern im Hinblick auf Tiefenstrukturen.

Peter LAHOVNIK, Montanuniversität Leoben: EDV-Auswertung von Geophysikdaten im NW Gnaser Becken.

W.AR.Wilma BURRI, Landesmuseum Joanneum, Mineralogisch-Geologischer Landesdienst: Bohrprofile oststeirischer Bohrungen.

Ferner bedanken wir uns bei Frau Traude REISNER für die umfangreichen Schreibarbeiten und den Herren Josef FLACK und Stefan SALM für die Durchführung der Regro- und Zeichenarbeiten.

II. Untertagespeicher (F.ERHART-SCHIPPEK)

Das Literaturverzeichnis wurde nach Zeitschriften geordnet. Um einen Einblick in die publizierte Literatur zu erhalten, wurden Themengruppen aufgestellt, die dann aufgrund der angeführten Literatur beschrieben werden. Die Themen sind in den angeführten Ziffern - die auf die in der Liste angeführten Publikationen hinweisen - zu finden.

1. Allgemeines über die Untergrundspeicherung.

In dieser Literaturgruppe wurden die verschiedenen Speichertypen beschrieben, seien es nun Poren- oder auch Hohlraumpeicher. Die Porenspeicher, die nur für gasförmiges Speichergut verwendet werden können, sind für große und jederzeit rasch disponible Mengen bestens geeignet. Dafür können sowohl erschöpfte oder fast erschöpfte Kohlenwasserstofflagerstätten verwendet werden. Falls solche Lagerstätten nicht vorhanden sind, ist es notwendig, Porenspeicherstrukturen zu suchen, die die gleichen Voraussetzungen wie KW-Speicher aufweisen. Es sind dies dann poröse Zonen, die mit Wasser gefüllt sind, eine Strukturbegrenzung durch Antiklinaltyp aufweisen und eine günstige Porosität und Permeabilität besitzen sollen. Sie sind den KW-Lagerstätten ident, nur mit dem Unterschied, daß sie vollständig mit Wasser erfüllt sind. Dieses Lagerstättenwasser wird dann durch das einlagernde Speichergut verdrängt. Diese Art der künstlichen Speicher wird als Aquiferspeicher bezeichnet, da das Porenvolumen primär komplett mit Wasser gefüllt ist.

Dieser Speichertyp wird in Regionen eingerichtet, in denen große Verbraucherzentren (Großstädte mit Industrien) liegen, die eine große Verbrauchsschwankung aufweisen und keine Naturgaslagerstätten in der Nähe vorhanden oder solche, die noch nicht so weit entleert sind, als daß sie als Speicher verwendet werden können. Außerdem gibt es noch Hohlraumpeicher, die aber künstlich ausgeräumt wurden. Dies ist einmal möglich, daß große Kavernen in undurchlässige Gesteine geschlagen werden. Hier werden meist flüssige KW-Stoffe gelagert. Auch können in Salzstöcken durch Auslaugung Hohlräume geschaffen werden, in denen meist flüssige KW-Stoffe eingelagert werden.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 16, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 31, 39, 40, 45, 46, 52, 56, 65, 66, 67, 73.

1.1. Geologische Voraussetzungen

Struktur, Aufsuchung, geophysikalische Messungen

Die geologischen Voraussetzungen für einen Aquiferspeicher wurden, da sie von eminenter Wichtigkeit für einen geordneten Speicherbetrieb sind, immer mit Akribie untersucht und beschrieben. Folgende Bedingungen müssen daher unbedingt beachtet werden:

Die Speicherzone soll ein poröser Körper sein, wobei es mehr oder minder verfestigte Sande oder auch geklüftete Gesteine - meistens Kalksteine oder Dolomite - sein können. Bevorzugt werden Sandkörper mit einer Porosität von rund 25%. Wesentlich soll dieser Wert nicht unterschritten werden, da dadurch auch der Speicherraum wesentlich geringer wird. Ebenso soll die Zahl nicht wesentlich überschritten werden, da dann die Verfestigung des gesamten Sandkörpers nicht mehr genügend stabil ist. Bei der Belastung des Sandkörpers bei den verschiedenen großen Entnahmeraten, hervorgerufen durch die Fließgeschwindigkeit des Speichergutes, ist dann die Stabilität des Sandkörpers nicht immer gewährleistet. Es ist dann dauernd ein großer technischer Einsatz mit großem finanziellen Aufwand zur Stabilisation des Sandkörpers notwendig.

Ebenso soll die nutzbare Permeabilität zwischen einigen mDarcy und einigen Darcy liegen. Diese kann auch durch verschiedene technische Maßnahmen (Fracs) vergrößert werden, die natürlich auch kostenaufwendig sind.

Für die regionale Suche nach geeigneten Sandkörpern werden geophysikalische Untersuchungsmethoden als besonders geeignet bevorzugt. So wird die Seismik zum Aufsuchen und Festlegen von geeigneten Gebieten mit Antiklinalstrukturen verwendet. Durch ein mehr oder weniger dichtes Profilnetz von Messungen ist es dann möglich, auch die Ausbreitung und Tiefe einer solchen Antiklinalen festzulegen. Auch können Deformierungen - Brüche, Versetzungen - festgestellt werden.

Mit Hilfe von Bohrungen können dann mit Hilfe von elektrischen Bohrmessungen die Sandanteile an der Bruttomächtigkeit am vorgesehenen Speicher-

horizont festgestellt werden. Weiters lassen sich durch zusätzliche Bohrlochmessungen Porosität, Permeabilität, Schichteinfallen, Störungszonen und die detaillierte Verteilung der Sandanteile bestimmen.

Bei dieser Gelegenheit ist auch auf die Güte der Abdeckschichten, die über dem porösen Körper liegen müssen, besonders Wert zu legen. Diese müssen den Speicherhorizont über seine gesamte projektische Speicherfläche derart gut abdichten, daß auch bei erhöhtem Lagerstättendruck keine Möglichkeit einer unkontrollierten Migration entstehen kann.

1, 5, 6, 7, 10, 11, 23, 28, 63, 65, 69, 70, 71, 73.

1.2. Lagerstättenbedingungen

Chemismus, Wasserfluß, Gasströmung, Lagerstättendruck, Frac-
Behandlungen

In diesem Kapitel werden die Fakten in der Lagerstätte behandelt, die besonders mit dem Speichergut zusammenwirken.

So ist einmal die Kenntnis des Chemismus des Lagerstättenwassers sehr wichtig, da dieser unter Umständen durch das Speichergut geändert werden könnte und dies zu unberechenbaren Strömungsdivergenzen führen könnte. Besonders wird die Theorie der Verdrängung des Porenwassers durch das eingepreßte Gas sowie sein Rückfluß bei der Speichergutentnahme beschrieben. Ebenso wird die Bewegung der ganzen Wasserfront beim Einspeichern als auch bei der Entnahme studiert und ist für die Geschwindigkeit des Speichervorganges von wesentlicher Bedeutung. Außerdem wird die Struktur der Sandpackungen analysiert und in Verbindung mit der Durchlässigkeit der porösen Zonen gebracht. Es wird festgestellt, daß die Permeabilität in kluftigen Sedimenten schwer exakt zu erfassen und zu berechnen ist. Weiters wird über die Stabilität des Sandes gesprochen, die sowohl beim Einpressen wie auch bei der Entnahme des Speichergutes Schwierigkeiten hervorrufen kann. Auch durch rasche Änderung der Fließgeschwindigkeit kann bei der Entnahme des gespeicherten Naturgases die Struktur des Sandes zerstört werden und zwar dadurch,

daß in labil geschichteten Sanden einzelne Sandpartikel mobilisiert werden und in Richtung des Gasstromes mitgenommen werden. Um ein Einströmen des mobilisierten Sandes in die Rohrkolonne durch die Perforationskanäle zu verhindern, werden Filterrohre mit speziellen Sandpackungen vor der perforierten Zone abgesetzt. In diesen Filtern fängt sich der mit dem Gas mitgenommene Sand und das Gas kann ohne mechanische Partikel in das Förderleitungsnetz strömen. Die Filterrohre können bei Bedarf ausgewechselt werden. Um dem Speichergas das Eindringen in den Speicherhorizont bei geringer Permeabilität zu ermöglichen, werden Fracs durchgeführt. Hierbei werden in künstlich erweiterten rund um die Förderkolonne Sandkörner gepreßt, die ein Zusammenfallen der künstlichen Klüfte nach Beendigung des Fracs verhindern und dadurch ein besseres Strömen des Speichergases beim Einpressen und Entnehmen gestattet.

Auch die Feststellung der Wassersättigung des Speichergesteines ist für den Speichervorgang und für die Berechnung des nutzbaren Inhaltes notwendig. So werden Logs zur Feststellung der Wassersättigung, der Kontrolle der Zementionen, der Strömung, des Lagerstättendrucks, der Porositätskontrolle, u.a.m. geführt. Bei allen diesen Arbeiten werden spezielle elektrische Messungen durchgeführt, deren Auswertungen und Bewertungen Unterlagen für die Kontrolle der Qualität der einzelnen Arbeiten liefern. Diese Interpretationen werden durch Spezialisten durchgeführt.

1, 2, 5, 10, 15, 21, 23, 27, 39, 48, 55, 61, 70, 73.

1.3. Technische Einrichtungen, ober- und untertags

Die Untertageeinrichtungen sind ähnlich den Produktionssonden ausgestaltet.

Die Durchmesser der Endverrohrung (Förderkolonne) sind meistens etwas größer als bei den normalen Produktionssonden. Dies hat mehrere Gründe. Erstens einmal ist es notwendig, Steigrohre mit größerem als üblichem Durchmesser einzubauen, da die Einpreßmengen und Entnahmemengen in wesentlich kürzeren Zeiten gefordert oder gespeichert werden müssen, als es bei den Förder sonden der Naturgaslagerstätten notwendig ist.

Im Bereich des Speicherhorizontes werden spezielle Filtereinrichtungen eingebaut, um einen beim Entnehmen von Speichergut mitgeführtem Sand aufzufangen, damit er nicht in das oberirdige Rohrleitungssystem gelangen kann. Von den oberirdischen technischen Einrichtungen werden folgende beschrieben. In den Gastrocknungsanlagen wird dem entnommenen Naturgas die anhaftende flüssige Phase - Wasser- und Flüssiganteile des Speichergutes - entnommen. Diese könnten sonst beim Transport zum Verbraucher als auch beim Verbraucher selbst Probleme aufwerfen. Ebenso wird das einzuspeichernde Gas erst nach Feststellung des Fehlens von flüssigen Anteilen eingepreßt.

Weiters wird die Errichtung einer zentralen Sammelstelle beschrieben, in der Meßeinrichtungen, Verteilungsanlagen und Kontrolleinrichtungen vorgesehen sind. Als weiterer wichtiger Teil ist die Verdichtungsanlage zu erwähnen, die sowohl die Aufgabe hat, das Gas mit dem dazu notwendigen Druck in den Speicher zu pressen, als auch das entnommene Gas auf den für den Transport vorgesehenen Druck zu versetzen.

4, 5, 6, 11, 16, 22, 28, 53, 57, 63, 71, 73.

1.4. Wirtschaftliche Überlegungen

Gasverbrauch, Investitionskosten, ideale Speicherkonditionen

Durch den immensen Zuwachs des Verbrauchs an Energie werden auch beim Gaskonsum neue Produkte gesucht. Hier kam zum früher allein genutzten Stadtgas - aus Kohle gewonnen - nun das Naturgas. Nun sind aber die Produktionszentren selten in der Nähe der Verbraucherzentren, wobei dies nicht nur für Länder, sondern auch für Kontinente gilt. Daher wird nun das Erdgas entweder durch Großleitungen zu den Verbraucherzentren transportiert, oder, wenn dies nicht möglich ist, im verflüssigten Zustand - LNG - mittels Tanker über Meere zu den Anlandeplätzen gebracht.

Um die verschiedenen Spitzenmengen den Verbrauchern zur Verfügung stellen zu können, hat man in Europa grenzüberschreitende Fernleitungen gebaut. Die Lieferung des Naturgases erfolgt nun in relativ gleichmäßigen Mengen in die Zonen

des Konsums, die dort das Gas für den jahres- und tageszeitlichen Spitzenbedarf in Untergrundspeichern lagern.

So wird Naturgas aus der UdSSR in viele europäische Staaten geliefert, ebenso aus der Nordsee und den Niederlanden.

Weiters wird in Frankreich Flüssigerdgas importiert. Bei der Errichtung des Aquiferspeichers (Beynes, F) wurden die Investitionskosten folgendermaßen aufgeschlüsselt:

Geologische Vorarbeiten	7%
Bohrungen, Sondenerrichtungen	31%
Obertageeinrichtungen	36%
Anschlußfernleitung	18%
Kissengas	3%
Verchiedenes	5%

Das Kissengas ist die Gasmenge, die bei der Gasförderung einer Naturgaslagerstätte aus lagerstättentechnischen Gründen nicht gewinnbar ist. Der gleiche Gasanteil bleibt auch bei der Errichtung eines Aquiferspeichers in der Lagerstätte und ist daher als Verlust anzusehen.

Rein wirtschaftlich hat man eine ideale Speichervorstellung, die folgende Konditionen aufweisen soll:

Tiefen	1000 m	wegen der Verdichtungskosten
Speichersandmächtigkeit	40 m	
Abdichtung des Speicherkörpers	dichte, ungestörte Tonlagen	
Porosität	20-25%	
Permeabilität	1 - 3 Darcy	
Strukturtyp	Antiklinalstruktur ohne besondere Störungen	
Speichervolumen	Erreichen durch Rückpressen des Lagerstättenwassers, eventuell durch Wasserentnahme	

Dieser Idealfall tritt sehr selten ein.

2, 3, 7, 8, 10, 11, 13, 20, 25, 31, 35, 36, 45, 48, 54, 56, 57, 58, 63, 69, 72.

1.5. Erfahrungen

Publikationen über Erfahrungen beim Errichten und den Betrieb eines Aquiferspeichers sind sehr selten.

Beim Aquiferspeicher KALLE gab es folgenden Verlauf:

1975 Grundsatzentscheidung über das Speicherprojekt

1976 1. Bohrung abgeteuft

1977 alle Bohrungen beendet, Injektionstest

1978 Errichtung der Obertageeinrichtungen, Injektionstests beendet

1978 Beginn des Speicherns, Hälfte der Gesamteinpreßmenge injiziert.

Dazu ist noch zu sagen, daß die Ausarbeitung des Speicherprojektes selbst auch einige Jahre in Anspruch genommen hat.

Der Speicherdruck soll den initialen Lagerstättenendruck nicht wesentlich überschreiten. Dies ist wegen der Sicherheit der Abdeckung notwendig. Bei stark überhöhtem Druck können bis dahin dichte Störungszonen permeabel gemacht werden und es könnte unkontrolliert Gas aus dem Speicher entweichen. Bei technischen Behandlungen (Fracs etc.) sollen elektrische Messungen auf jeden Fall vor und nach jeder solchen Arbeit durchgeführt werden, um so die Ergebnisse der durchgeführten technischen Arbeiten eindeutig kontrollieren zu können.

6, 11, 15, 16, 45, 53, 59, 60.

1.6. Bestehende Aquiferspeicher

In den USA haben die Aquiferspeicher nach dem Zweiten Weltkrieg einen enormen Zuwachs erfahren. Trotz des großen Einsatzes von Überlandfernleitungen und anderen Speichern ist der Anteil an Aquiferspeichern wegen ihrer günstigen Lage in den großen Endverbraucherzonen sehr groß. Eine ähnliche Situation war auch in Europa zu beobachten. Als man nach dem Kriege begann, sich an Speichern

zu interessieren, wurden mangels geeigneter erschöpfter Lagerstätten mit den Aquiferspeichern begonnen. Dies geschah in den 50er Jahren, und sie haben einen großen Anteil am Spitzendeckungsmarkt eingenommen.

So sind heute in der BRD 8 Aquiferspeicher in Betrieb, wenn man bedenkt, daß die natürlichen Vorkommen regional gestreut sind, Importleitungen vom Osten, Norden und Westen kommen und auch erschöpfte Naturgaslagerstätten als Gasspeicher der Gasversorgung in den Spitzenbedarfszeiten dienen.

Etwas Ähnliches kann auch über die Situation in Frankreich gesagt werden. Dort wird außerdem noch verflüssigtes Naturgas aus Algerien importiert und zum Teil gespeichert.

In Italien wurden die ganz großen Naturgasvorkommen in der Poebene gefunden, in der sich auch die größten Verbrauchszentren befinden. So sind in diesem Gebiet einige erschöpfte Naturgaslagerstätten in Gasspeicher umfunktioniert worden.

In Österreich ist die Lage ähnlich. Die größten Naturgasvorkommen befinden sich im Marchfeld und in Oberösterreich. Da außerdem die Importleitungen das Marchfeld queren und Wien mit der niederösterreichischen Industriezone in Ostösterreich das größte Verbrauchsgebiet von Naturgas ist, errichtete man im Marchfeld aus erschöpften Lagerstätten Importgasspeicher. In den letzten Jahren hat man in Oberösterreich einen Speicher für Naturgas in einer teilweise erschöpften Lagerstätte eingerichtet, um das oberösterreichische Industriegebiet ohne Schwierigkeiten versorgen zu können.

In Osteuropa sind bis jetzt mehrere Aquiferspeicher bekannt, 2 davon in der UdSSR und 1 in Polen.

Die beiden Tabellen geben einen Überblick über die bekanntesten europäischen Aquiferspeicher. Die Angaben sind aus Publikationen zusammengestellt, sofern in ihnen auf Details eingegangen wurde. Die erste Tabelle gibt die geologischen Lagerstättenbedingungen an. Dazu ist noch festzustellen, daß alle Aquiferspeicher dem Antiklinaltypus zugeordnet werden können.

Staat	Speicher	Inbetrieb- nahme	Tiefe (m)	Horizont- mächtigkeit (m)	Porosität	Permeabilität (Darcy)	maximale Speicherung (Mio. m ³)
BRD	Engelbostel	1953	200	65	23	3	180
	Reitbrook B	1957	300	17	31	-	24
	Hähnlein	1960	510	20	30	2	200
	Eschenfelden	1967	600	12	30	1,5	130
	Horkstadt II	1972	450	-	-	-	180
	Pfanning	1974	265	4	-	2	80
	Frankenthal	1979	1000	-	-	-	310
	Kalle	1980	2100	13	20	0,2	150
F	Baynes	1956	400	35	25	4	320
	Lussagnet	1958	600	40	-	-	800
	St. Illiers	1965	470	30	30	-	500
	Chemery	1968	1100	-	25	-	2500
	Veaine-Cerville	1970	480	-	17	-	1000
UdSSR	Genroy-s-Aronde	1978	750	-	-	-	1000
	Kaluga	1962	500	12-18	-	-	-
	Garchina	1963	420	6	20	3	-
P	Galkowek	1975	-	-	-	-	150

In dieser Tabelle konnten Angaben über die Anzahl und Art der Sonden, den anfallenden Lagerstättendruck sowie über die in einem Jahr (1977) durchgeführte Speicher- und Entnahmetätigkeit gemacht werden. Außerdem werden die maximalen stündlichen Entnahmemengen, wie sie durch die Obertagsanlagen geleistet werden können, angegeben.

Feld	maximale Speicherung Mio. m ³	Arbeits- sonden	Kontroll- sonden	Arbeits- lagerstätten- druck (at) max. - min	1977 eingesp. Mio. m ³	1977 entnom. Mio. m ³	maximale Stundennom. m ³ /h
Engelbastei	200	22	12	28 - 11	67	70	80.000
Reithbrook B	24	10	22	45 - 16	14	15	12.000
Hähnlein	200	17	8	58 - 39	78	56	120.000
Eschenfelden	130	15	4	48 - 26	53	54	80.000
Hockstadt II	180	1	6	54 - 25	-	1	10.000
Flörsing	60	10	10	35 - 22	25	29	20.000
Frankenthal	310	-	-	-	-	-	100.000
Kalle	(150)	(5)	-	-	-	-	10.000

2. Speicherliteratur und Auswertung

Die angeführte Speicherliteratur soll einen Überblick über die Publikationen geben, die sich mit der Theorie und Praxis beschäftigt haben. Daraus ist zu ersehen, daß die Problematik der Speicher sehr intensiv studiert wurde, obwohl es sich eigentlich um ein junges, aber aktuelles Thema der Technik handelt. Und daraus resultieren schon erstklassige Erfolge. So wäre zum Beispiel der Gasverbund, der sich schon fast über die ganze Welt erstreckt, praktisch nicht durchführbar. Immer noch werden weitere Speicher in Betrieb genommen.

Das Literaturverzeichnis wurde nach Zeitschriften geordnet. Um einen Überblick über die wichtigsten Themen zu erhalten, wurden die Nummern der Zeitschriften den Themengruppen zugeordnet.

Allgemeines über die Untergrundspeicherung:

Porenspeicher, Statistik

1, 2, 4, 5, 6, 19, 20, 26, 27, 29, 30, 31, 40, 45, 46, 52, 56, 64, 65, 66, 67, 71, 73

Geologische Voraussetzungen:

Strukturbedingungen, Abdeckung, Seismik, geophysikalische Messungen, Porosität, Durchlässigkeit

5, 6, 7, 23, 27, 28, 63, 65, 69, 70, 71, 73

Lagerstättenspezifische Bedingungen:

Chemismus, Frac-Behandlung, Druck, Gasfluß, Wasserfluß

1, 5, 9, 15, 21, 23, 24, 27, 28, 39, 48, 55, 61, 63, 70, 73

Technische Einrichtungen:

Sonden, Leitungen, Obertageeinrichtungen, Maßeinrichtungen

6, 10, 16, 22, 28, 53, 57, 63, 71, 73

Wirtschaftliche Überlegungen:

Gasverbund, Speichermenge, Belastungsschwankungen

4, 7, 8, 10, 13, 20, 25, 35, 36, 45, 48, 49, 54, 56, 57, 58, 63, 69, 72

Erfahrung beim Speichern:

6, 11, 16, 43, 53, 59, 60

Beschreibung von Aquiferspeichern:

Deutschland:	2, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 26, 28, 43, 57, 73, 74, 81
Frankreich:	4, 6, 22, 36, 38, 41, 48, 51, 54, 64, 68, 69, 71, 72, 73
Italien:	47, 58
Österreich:	16
UdSSR:	32, 43
Polen:	33
USA:	63, 64

Bergbauwissenschaften

1. P.Hilbig und H.Kratsch:

Theoretische Betrachtungen über Sorptionsvorgänge bei der Erdöl- und Erdgasgewinnung sowie Erdgasspeicherung.

15(1968),Nr.3, 81-6

Chemie-Ing-Technik

2. G.Köhne:

Speicherung von Gasen und Flüssigkeiten in unterirdischen Hohlräumen.

39(1967),H.17, 1036-1040

Energietechnik

3. Anon.:

Unterirdische Gasspeicherung.

9(1950), H.6, 367-376

Das Gas- und Wasserfach

4. H.Just:

Die Untergrundspeicherung von Gas in den USA und die Möglichkeiten ihrer Anwendung in Europa.

94(1953), H.1 (Gas), 1-6

5. E.Dickmann:

Die Errichtung eines Aquiferspeichers.

102(1961), 641-646 und 700-706.

6. M.Clarac - M.Socrate:

Ausrüstung und Betrieb des unterirdischen Erdgasspeichers von Lussagnet (F).

102(1961), H.35 (Gas), 953-957

7. H.Reichhardt:
Untergrundspeicherung von Erdgas. Teil 1: Wirtschaftliche und geologische Voraussetzungen.
112(1971), H.1 (Gas), 1-7

Erdöl- und Erdgaszeitschrift

8. S.Schüler:
Gasfeld Bierwang, - Simulation und Ausbeuteoptimierung einer Lagerstätte mit aktivem Wassertrieb.
89(1973), 448-454
9. A.Kaufmann:
Erdöl- und Erdgasspeicherung in unterirdischen Formationen.
92(1976), 296-300
10. E.Dickmann und J.Höllenderbäumer:
Einige Aspekte zur Speicherung von Gas.
92(1976), 367-375
11. W.Krull und H.Tormannc:
Untertagespeicher Kalle, Planung, Bau und erste Betriebserfahrungen.
95(1979), 384-390
12. H.H.Höllenderbäumer:
Erfahrungen bei der Umstellung von Aquiferspeichern von Kokereigas auf Erdgas und daraus folgende Betrachtungen für den Einsatz von Inertgas als Kissen gas.
97(1981), 86-93
13. Anon.:
Erdgasuntergrundspeicher Döttingen.
97(1981), 159-160
14. Anon.:
Gasspeicher Inzenkam-West im Bau.
97(1981), 312-313

15. J.Vicanek und W.Tölke:
Lagerstättentechnische Besonderheiten des Aquiferspeichers Kalle.
97(1981), 427-432
16. M.Muravici:
10 Jahre Erfahrungen bei der Erdgasspeicherung in Österreich.
97(1981), 433-438

Erdöl- und Kohle - Erdgas-Petrochemie

17. Anolt:
Einlagern von Erdöl und Erdölerteugnissen in aufgelassenen Bergwerken in Schweden.
5(1952), 3, 183
18. E.Malzahn:
Die Untertage-Gaseinlagerung im Sattel von Engelbachtal.
7(1954), 9, 601-603
19. H.Röver:
Planung und Einrichtung des Untergrund-Gasspeichers Reitbrook.
10(1957), 9, 638-639
20. G.Düwel:
Raffinerlegas-Spaltung und Untergrund-Gasspeicherung bei den Hamburger Gaswerken.
10(1957), 9, 640-641
21. G.Düwel:
Kohle, Öl und Untergrundspeicher als Grundlagen der Gasversorgung einer Großstadt.
10(1957), 12, 848-852
22. K.Rogge:
Die Trocknung des Erdgases im Untertagespeicher Lussagnet (Frankreich).
15(1962), 10, 802-804

23. E.Dickmann und H.Petzhold:

Sandprobleme bei der Aquiferspeicherung.
20(1967), 3, 181-188

24. W.Schwarz:

Mikrobiologie der Untertage-Gasspeicherung.
20(1967), 5, 344-346

25. K.Brüning:

Wirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Einrichtung von unterirdischen Gasspeichern.
20(1967), 5, 370-373

26. W.Ruhl:

Die Untergründspeicher in der Bundesrepublik Deutschland.
31(1978), 7, 303-310

Gesammelte Berichte aus Betrieb und Forschung der Ruhrgas AG

27. E.Dickmann:

Einige Untersuchungen, Probleme und Ergebnisse bei der unterirdischen Gasspeicherung.
 (1958), 7, 2-20

Oil - Zeitschrift für die Mineralölwirtschaft

28. H.Kuschmierz und S.Meister:

Der Erdgasspeicher Reithbrook.
 1973, 3, 62-66

29. E.Hensel:

Kavernen- und Porenspeicher.
 1975, 10, 286-289

Petroleum Press Service

30. Anon.:
Untertagegasspeicher.
1967, 7, 261-263

VDI-Zeitschrift, Fortschritte und Berichte

31. B.Höfling u.a.
Speichermöglichkeiten für Gase und Flüssigkeiten im Untergrund.
1968, 75, Reihe 3, 3-61

Zeitschrift für angewandte Geologie

32. M.J.Korotschkin:
Erkundung der Kalugaer Struktur für die unterirdische Gasspeicherung.
11(1965), 7, 360-363
33. Anon.:
Untertagespeicher in der V.R. Polen.
20(1974), 12, 579-580

Salzburger Nachrichten vom 4. April 1975

34. Die ÖMV baut unterirdische Erdgasspeicher.

CED(GAS-Publications

35. Underground storage since 1916.
Nr.71/6

ECE-Information

36. Report of economics problems of underground storage of gas.
E/ECE/GAS/19, 28.8.1959

37. Symposium on the comparative economics of modern gas storage methods.
Paris 2.-26.Sept.1964, ST/ECE/GAS/11, Vol.1
38. Bulk storage of gas in connexion with the operation of a pipeline intend for
the transmission of large volumes of gas (french underground storages).
Gas working paper 145, 8.7.1965; 145 add. 1, 5.3.1966
39. The theoretical and economics aspects of the storage of gas in waterbearing
beds situated in horizontal of slightly sloping strata (Russia).
GAS/WP5/working paper 3, 27.4.1966
40. Statistics of the underground storage of gas.
GAS/WP1/working paper 12, 12.4.1967
41. Safety problems which may arise in connexion with the underground storage
of gas near waterbearing beds used for drinking water supplies.
M.B.Esambert (France)
GAS/WP5/working paper 20, 23.5.1967
42. Collection of statistical informations on the underground storage of gas.
GAS/WP1/working paper 12/Rev. 1, 16.1.1968
43. Storage of gas on water-bearing beds.
GAS/WP5/working paper 28, add. 1, 4.3.1969
44. The economics and technological aspects of the underground storage of gas
in depleted or almost depleted fields.
ST/ECE/GAS/36, 12.3.1971
45. Facilities for underground storage.
GAS/WP1/working paper 40, 20.10.1971
46. Statistical information on underground gas storage facilities.
GAS/GE 1/R, 11.7.1973

47. The underground storage of gas (Italy),
GAS/GE 3/R 13/add.1, 4.4.1974
48. Underground storage of gas,
GAS/GE 3/R 13/add.7, 11.2.1976
49. Underground storage of gas,
ECE/GAS/34, 14.7.1977

International Gas Union

50. G.Düvel:
The supply of gas to the city of Hamburg on the basis of coal gas, refinery
tail gases, natural gas, combined with an underground storage.
Rome 1958, IGU/20-58
51. R.Delsoi:
Le stockage souterrain du gaz en France.
Rome 1958, IGU/29-58
52. F.A.Schulz:
Erdgas und Gasspeicherung.
Hamburg 1967, IGU/A-67
53. E.Dickmann:
Erfahrungen der Ruhrgas AG aus 15 Jahren Untergrundspeicherung.
Hamburg 1967, IGU/A6-67
54. H.Lönnson et R.Hetroy:
Die Nutzung der unterirdischen Gasspeicher im Raum von Paris.
Hamburg 1967, IGU/A7-67
55. I.A.Charnyi:
Theoretische und wirtschaftliche Gesichtspunkte des Baues von unterirdischen
Erdgasspeichern in horizontalen und leicht geneigten wasserführenden Schichten.
Hamburg 1967, IGU/A3-67

Gas Journal

56. Anon.:
Underground storage on the continent.
1960, vol.301, 95-109, 142-145

Journal of Petroleum Technology

57. H.E.Schwalm:
Economics of underground gas storage.
1971, 10, 1221-1224

Oil and Gas International

58. G.Perotti e, T.van Goldfracht
ENI is studying advantages of underground gas storage.
1967, 2, vol.7, 70-75

The Oil and Gas Journal

59. R.B.Bizat:
New projects give US gas storage big boost.
1959, 11, 95-100
60. R.B.Bizat:
Natural-gas-storage capacity jumps 12%.
1960 May 30
61. Anon.:
"Bubble" storage test delayed.
1961 June 5, 48
62. Anon.:
Underground capacity at new high.
1961 June 5, 49

63. W.M.Rzepczynski:

How the Mount-Sinon gas-storage

1961 June 19, 88-91

Petrole Information

64. E.Schlumberger:

Le stockage souterrain France.

1971, 5, 59-67

Petroleum

65. C.A.Fothergill:

Storing hydrocarbons underground.

1962, 5, 162-167.

Pipeline Industry

66. M.V.Durlingame:

Aquifer storage ideal for natural gas.

1985, 2, 32-76

67. J.A.Kornfeld:

Aquifer storage of natural gas gains in Western Europe.

1985, 12, 32-34

68. J.A.Kornfeld:

Aquifer storage offers key to French gas import program.

1966, 1, 50-56

Revue de L'Institut Français du Petrol

69. R.Delsol:

Le stockage souterrain du gaz.

1956, 11, 1391-1405

70. R.Fort:

Facteurs techniques influant sur la rentabilité des stockages souterrains des gaz en couches aquifères.

1958, 2, 119-130

71. I.Socrate:

Le stockage souterrain de gaz à Lussagnet.

1959, 1, 72-79

72. I.Richard et P.Bouraly:

Le stockage souterrain de gaz à Beynes.

1959, 7-8, 977-1007

73. E.Clarae et I.Socrate:

Conditions de fonctionnement et équipement du réservoir de Lussagnet.

1960, 3, 514-528

The Industrial Chemist

74. L.T.Minettin:

The storage of gas in geological strata.

1958, 7, 370-372

III. Geologische Grundlagen und Gebietsbewertung (F. EBNER)

1. Gliederung des Projektgebietes und Lage der Tiefbohrungen

Das Projektgebiet fällt weitestgehend mit dem Oststeirischen Tertiärbecken zusammen. Im Westen wird es durch das Paläozoikum der Mittelsteirischen (Sausal-) Schwelle begrenzt. Diese erstreckt sich vom Flabutsch-Buchkogel-Zug bei Graz über Wildon/Lebring-Sausal in südlicher Richtung bis zum Remschnigg-Pöbruck-Zug.

Die Ostbegrenzung bildet die Südburgenländische Schwelle, die vom Eisenberg über Glasöding - St. Anna/Aigen Richtung Mureck bis zum Remschnigg-Pöbruck-Zug streicht. S von Fürstenfeld und im Bereich des Saßbachtales wird die Südburgenländische Schwelle von geophysikalisch ermittelten Tiefzonen (Senke von Weichselbaum, Senke des Saßbachtals) durchbrochen (SIEMENS 1943; VEIT 1950).

Aber auch intern zeigt das Oststeirische Tertiärbecken eine weitere Gliederung in Schwellen- und Beckenbereiche.

Das Kristallin von St. Radegund/Weiz sinkt nach SE unter das Tertiär, dürfte E von Gleisdorf als "Schwureplateau von Gleisdorf-Ilz" vorbeiziehen, sich dann als Auerbacher Schwelle gegen Feldbach-Gleichenberg erstrecken und sich schließlich mit der Südburgenländischen Schwelle vereinigen. Die Existenz dieses Kristallinspornes glaubt WINKLER-HERMADEN 1913, 1927, 1931 durch Kristallin-Auswürflinge in den Basaltuffen um Feldbach und SIEMENS 1943 aufgrund von Schweremessungen belegen zu können. Interessant sind in diesem Zusammenhang jedoch die Bohrungen Wollsdorf I, Luderadorf I und Arnwiesen I, die sich im Bereich dieses Radegunder-Feldbacher Kristallinspornes befinden. Sie erbohrten relativ leicht paläozoische Gesteine, nicht aber Kristallin!

Durch diesen Schwellenbereich im Osten und die Sausalsschwelle im Westen wird das Grazer Becken abgegrenzt, dessen nordwestlichster Teilbereich als Grazer Bucht bezeichnet wird. Die tiefsten Anteile dieses Beckens liegen bei Kirchberg/Raab in ca. 2500 m Tiefe.

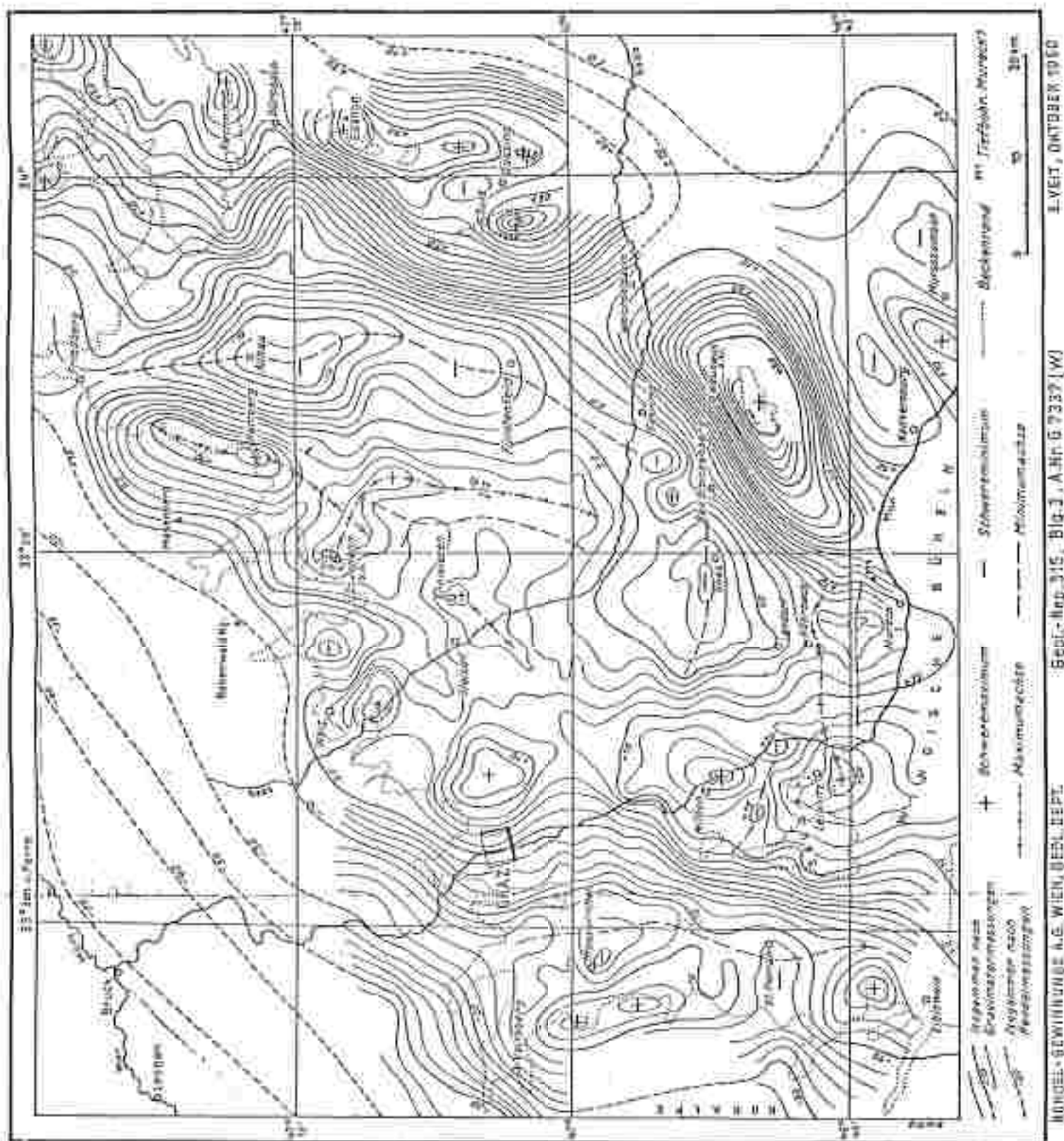


Abb. 1: Isogammenkarte des Grazer Beckens nach SIEMENS 1943.

Der als Auerbacher Schwelle bezeichnete S-Teil der postulierten o.g. östlichen Schwellenregion ist jene Zone, der die auch obertags sichtbaren Vulkane des Gleichenberger Raumes aufsitzen. Diese setzen sich als geschlossene Masse unter der Tertiärbedeckung bis in den Raum Mitterlabill-St.Nikolai-Landorf fort, wo sie häufig in geringerer Tiefe als 400 m angetroffen wurden.

Altersmäßig werden diese Vulkanite in das Karpat und Unterbaden eingestuft. In dieser Zeit wurde durch die vulkanischen Fördermassen das Gnaser Becken nach S zur Senke des Salzbachtales eingeeengt. Die Bohrungen Pichla 1 und Mureck 1 liegen bereits im Bereich der letztgenannten Tiefzone. Als Top der prätertiären Gesteine finden sich hier um 1700 m Teufe paläozoische Grünschiefer.

An Untergrundhochzone wurden gravimetrisch im nördlichen Gnaser Becken die Strukturen von Arnwiesen - Hofstätten - Kleeberg (Top 400 - 700 m) und von Vasoldsberg - Liebenndorf - Allerheiligen (Top ca. 800 - 1500 m) ermittelt. Der prätertiäre Untergrund des Gnaser Beckens dürfte zum Großteil aus Paläozoikum bestehen. In den Bohrungen Wollsdorf 1 und Ladersdorf 1 wurden paläozoische Grünschiefer und in der Bohrung Arnwiesen 1 zuerst oberdevonische Flaserkalke (Rannachdecke) und dann Tonschiefer und Karbonate (? Schöckeldecke) erbohrt. Die Hochzone von Vasoldsberg dürfte vermutlich ebenfalls aus paläozoischen Karbonaten bestehen.

Die miozänen Vulkanite des nur leicht begrabenen Schildvulkans von Mitterlabill sitzen vulkanoklastischen paläozoischen Gesteinen (Bohrungen St.Nikolai 1, Wiersdorf 1, St.Peter 1) auf, unter denen in Wiersdorf 1 bereits in 1808 m Teufe Kristallin angetroffen wurde.

Im Bereich der Bohrungen Walkersdorf 1, Obersbach 1 und Binderberg 1 zeichnet sich im Untergrund eine weitere, allerdings sehr tief liegende Schwelle ab, die das östlich an die Auerbacher Schwelle anschließende Fehrlinger Becken im Osten gegen das Fürstenfelder Becken begrenzt. Die größte Tiefe erreicht das Fehrlinger Becken im Raum Fehrling mit >3000 m. Tiefbohrungen existieren im Fehrlinger Becken nicht. Weiters treten hier weit verbreitet jungtertiäre-altquartäre Basalte und Basalttuffe auf, die die gesamte jungtertiäre Schichtfolge durchschlagen.

Der Söchauer Schwellenbereich* ist durch die Bohrungen Walkersdorf 1, Übersbach 1 und Binderberg 1 erschlossen. Als prätertiärer Untergrund wurden in Walkersdorf 1 in 2089 m Tiefe paläozoische Dolomite angetroffen, Übersbach 1 erschloß bei 2636 m dunkle paläozoische Kalke und Phyllite, Binderberg 1 bei 1645 m Grünschiefer.

Im Raum Walkersdorf - Ilz/Kalsdorf sitzt dem Paläozoikum ein weiterer begrabener Miozänvulkan auf, von dem in der Bohrung Walkersdorf 1 von 1046 m - 1156 m ein im Tertiär eingelagerter Lappen erbohrt wurde. Seine Verbreitung wurde geophysikalisch kartiert (vgl. Abb.9). Die Topfläche dieses begrabenen Vulkanes liegt bei ca. 1000 m Tiefe.

Das Fürstenfelder Becken ist im Norden durch den Kuim und Mosenberg begrenzt, wo es mit der Pöllaue- und Friedberg-Pinkafelder-Teilbucht weit in das Kristallin eingreift. Im nördlichsten Beckenuntergrund wird das Kristallin allerdings noch von devonischen Dolomiten und vulkanoklastischen Gesteinen überlagert (vgl. Bohrung Waltersdorf 1 und EBNER 1978). Die geophysikalisch ermittelte Hochzone von Waltersdorf (Tiefenlage 900 - 1000 m) dürfte ebenfalls mit diesen paläozoischen Gesteinen zusammenfallen. Die Bohrungen Blumau 1 und 1a und geophysikalische Untersuchungen für das Geothermieprojekt Fürstenfeld 1 zeigen eindrucksvoll, daß der prätertiäre Untergrund des südlichen Fürstenfelder Beckens durch Brüche zerstückelt ist und über paläozoischen Grünschiefern Dolomite auftreten, die allerdings nur in den Tiefschollen erhalten sind.

Seine größte Tiefe erreicht das Fürstenfelder Becken am Fürstenfeld mit mehr als 3000 m. Über den Schichtaufbau dieses Raumes gibt die Geothermiebohrung Fürstenfeld 1 Auskunft.

Die Bohrungen Radkersburg 1 und 2 liegen bereits jenseits der Südburgenländischen Schwelle (Obertagsaufschlüsse von St. Anna am Aigen mit Kalken, Schiefern und Lyditen und Bohrung Radochen 1 mit paläozoischen Schiefern ab 171 m Tiefe) gehören somit bereits dem Westpannonischen Tertiärbecken an. Als Neum werden in der Bohrung Radkersburg 2 in 1778 m Tiefe mesozoische Schichten angetroffen. Paläozoikum (dunkle Schiefer, ? Karbon) tritt ab 1865 m Tiefe auf.

*Neueste geophysikalische Untersuchungen weisen bereichsweise die "Söchauer Schwelle", wenn überhaupt, nur undeutlich aus.

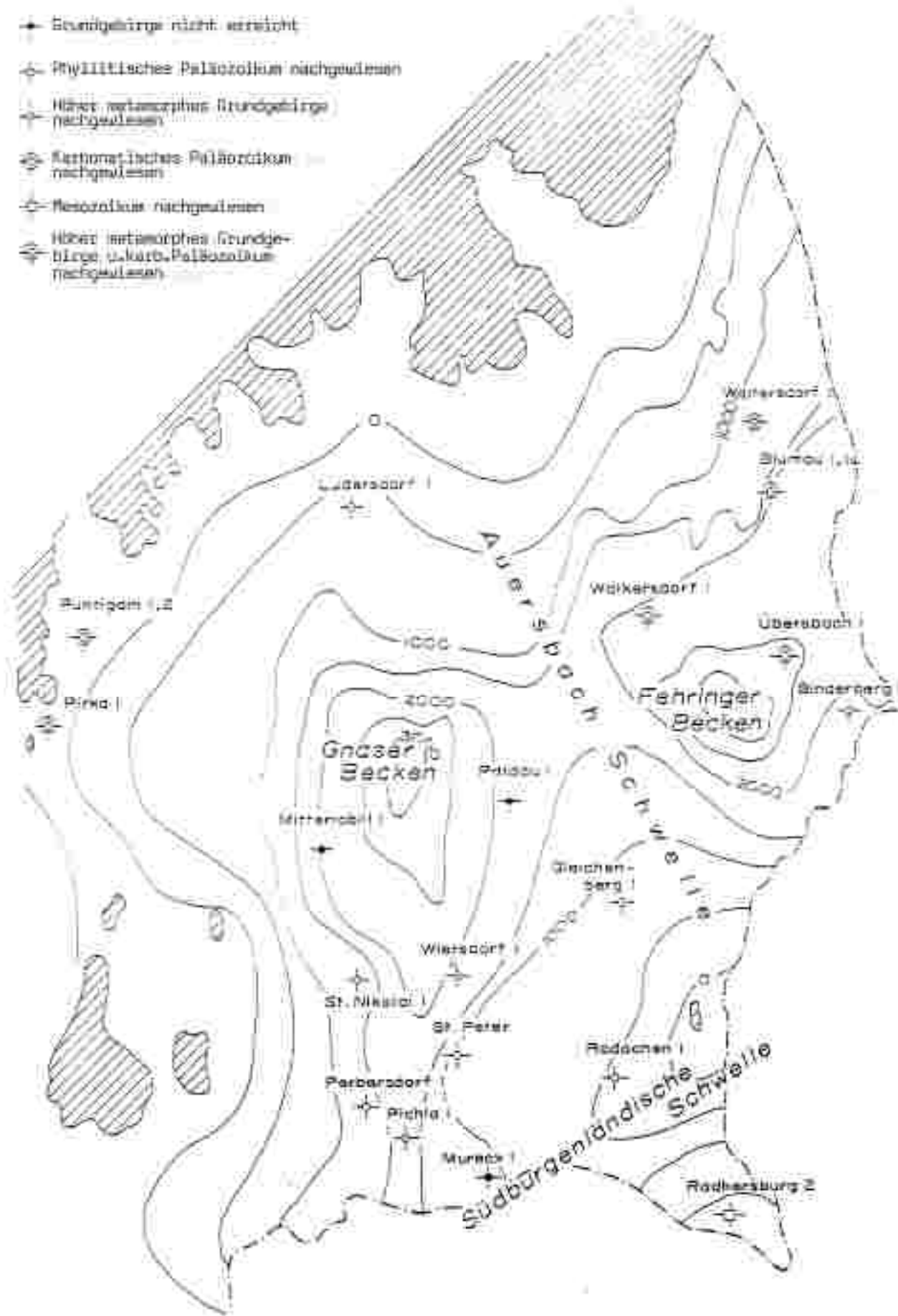


Abb. 3: Das Ostalpine Tertiärbecken.- Prätertiärer Untergrund und Tiefbohrungen nach FLÜGEL & NEUBAUER 1984 (aktualisiert 1985).

Aufgrund der dargestellten Untergliedderung kann der Projektraum in die folgend genannten Teilbereiche unterteilt werden:

1. Gnaser Becken
2. Fehringner Becken
3. Söchauer Schwelle und begrabener Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kaladorf
4. Fürstenfelder Becken
5. Vulkangebiet von Gleichenberg-Mitterlabill-Landorf
6. Senke des Sälbachtals, Südburgenländische Schwelle, westponnonischer Anteil.

2. Die tertiären Schichtfolgen

Die Kenntnis über den Schichtbestand des Oststeirischen Tertiärbeckens geht in erster Linie auf die Aufschlußbohrungen und Prospektionsarbeiten (KOLLMANN 1965) der Erdölfirmen zurück. Es begann 1942 mit der Reichsbohrung "Mureck 1", gefolgt von Perbersdorf 1 1953, der Firmen WINTERSHALL und R.K.SICKLE. Neue Impulse wurden dann mit den Untersuchungsarbeiten der RAG gesetzt, wobei folgende Bohrungen abgeteuft wurden:

- 1958/59: Übersbach 1
- 1964: Mitterlabill 1, Paldau 1, Walkersdorf 1
- 1972: Binderberg 1
- 1975: Waltersdorf 1
- 1979: Blumau 1, 1a
- 1984: Arnwiesen 1

Ab 1978 folgten auch im Konzessionsgebiet der ÖMV die Bohrungen:

- 1978: St.Peter 1, Wiersdorf 1, St.Nikolai 1, Pichls 1
- 1981: Radochen 1
- 1982: Ladersdorf 1
- 1983: Ladersdorf 2, Wollsdorf 1.

PLEISTOZÄN	QUARTÄR		Terassenschotter und Alluvionen	0-100m
PLIOZÄN	DAZ		Schotter, Basalte und Tuffe	0-200m
	PANNON	Ober-		0-3
		Mittel-	Tone, Sande, Schotter, Lignit	0-6
		Unter-	Karnberger Niveau Schotter: Kirchberger N. Kopfensteiner N. Tonmergel, Lignit	0-500m
MIOZÄN	SARMAT	Ober- und Mittel-	Oolithischer Kalksandstein Tonmergel, Sande, Braunkohle "Kärnthischer Schotter"	0-750m
		Unter-	Tonmergel, Sande, Schotter, Braunkohle	0-300m
	BADEN	Ober-	Tonmergel, Sandstein	0-150m
		Mittel-	Kohlige Lagen, Tonmergel, Nulliporenkalk, Sandsteine	0-600m
		Unter-	Nulliporenkalk, Tonmergel, Sandsteine Basiskonglomerat Vulkanite, Lötite und Tuffe	0-160m
	"KARPAT" "Ober Helvet"		Konglomerate, Sandsteine, Vulkanite, Lötite und Tuffe Tonmergel und Sandsteine "Tonmergelgruppe"	0-230m
			Konglomeratreiche Gruppe: Konglomerate, Sandsteine, Tonmergel, Rotlehme Lötite und Tuffe, Gesteine	Konglomeratreiche Gruppe 0-700m Vulkanite ges. 0-600m
	OTTNANG Helvet s. str.		Mergelsandsteine, Tonmergel Glanzkohle	0-160m
			Bituminöse Mergel, Glanzkohle	0-65m
			Brekzien, lateritische Tonsteine Glanzkohle	0-60m
PALÄOZOIKUM	DEVON	Unter- bis Mittel-	Dolomite und Bänderkalke	0-145m
	ORDOVICIUM	Unter Devon - Ob. Ordovicium	Tonschiefer und Phyllite Tuffitschiefer	0-275m
KRISTALLIN, METAMORPHER UNTERGRUND		M + M + M +	Granatgneis, Amphibolit, Marmor	?

☼ Gas in Spuren nachgewiesen, ☼ Gas, prospektiv ● Öl in Spuren nachgewiesen ○ Öl, prospektiv
☼ Gas von LUDERSDORF

AUGUST 1991

(verändert nach KOLLMANN 1980)

Dazu kamen die Thermalwasserbohrung der Stadtgemeinde Radkersburg Radkersburg 1,2 und die Geothermiebohrung Fürstenfeld 1 (1984/85).

Eine zusammenfassende Darstellung des jeweiligen Kenntnisstandes findet sich bei KOLLMANN 1965, 1980, FLÜGEL & HERITSCH 1968 und FLÜGEL & NEUBAUER 1985.

Die nun zusammenfassend charakterisierte Schichtfolge geht auf die genannten Tiefbohrungen, ergänzt durch Obertagskartierungen (speziell die Arbeit von KOLLMANN 1965) zurück.

Ottung ist nur in den tiefsten Bereichen der Becken in Form von Rotleimen, bituminösen Mergeln und Mergelsandsteinen mit Einschaltung grobklastischer Lagen vertreten. Über diesen bis zu 285 m mächtigen, im festländischen Bereich abgelagerten Sedimenten folgen Wechsellagerungen von Konglomeraten und tonigen Gesteinen. Für die Einschüttung der Grobsedimente wird der westungarische Raum als Liefergebiet angenommen, der erst im Pannón tief abgesenkt wurde.

Das Karpat zeigt in seinen tieferen Anteilen mächtige Konglomerate; dazwischengeschaltete tonige Ablagerungen führen oftmals spärliche marine Mikrofaunen. Der vollmarine Sedimentationscharakter bleibt dann bis zum Oberbadén erhalten. Gleichzeitig mit dem Eindringen des Meeres setzt eine starke vulkanische Tätigkeit ein, die sich in der Förderung von Trachyandesiten, Trachyten, Dazit und Latiten manifestiert, die das Gleichenberger Vulkanmassiv und die begrabenen Schildvulkane von Mitterlabill/Landorf und Ilz/Kalsdorf aufbauen. Im westlichen Teil des Oststeirischen Beckens wird die marine karpatische Sedimentationsabfolge als "Steirischer Schlier" zusammengefaßt. Dieser feinklastischen Abfolge steht im zentralen Bereich des Oststeirischen Beckens die bis zu 700 m mächtige "Konglomeratreiche Gruppe" gegenüber, die lateral mit bis zu 800 m mächtigen Vulkaniten verzahnt. Darüber folgen dann im obersten Karpat bis zu 230 m Tonmergel und Sandsteine, die ebenfalls mit Vulkaniten verzahnen. Die Faziesumgestaltung und der aufflammende Vulkanismus sind Ausdruck orogener Ereignisse, die als "Steirische Gebirgsbildungsphase" zusammengefaßt werden. Diesem Ereignis verdanken Ottung und Karpat ihre starke Schichtverstellung und Andeutung einer Faltung.

Unmittelbar nach der steirischen Phase erfolgt örtlich ein Abtrag des präbadischen Sockels und ein flaches, diskordantes Übergreifen der Baden-Basisschichten über die zuvor genannten Abfolgen teilweise sogar bis auf das vortertiäre Grundgebirge. Im Unterbadon wird die größte regionale Ausbreitung des Tertiärmeeres verzeichnet. Die in den Schwellenbereichen anstehenden Lithothamnien-Kalke (Nulliporenkalke, Leithakalke) keilen beckenwärts rasch aus. Hier finden sich über den Basiskonglomeraten in der Lageriden-Zone tonig-mergelige Sedimente, die lateral mit Vulkaniten verzahnen.

Nach dem Erlöschen der miozänen vulkanischen Eruptionsphasen ist das bis zu 850 m mächtige Mittel- und Oberbadon durch eine deutliche Zunahme der sandigen Komponenten gekennzeichnet.

Das folgende bis zu 1100 m mächtige Sarmat setzt sich lithologisch aus Wechsellagen von stark sandigen Tonmergeln, Tonen, Sanden und Kiesen zusammen. Im Obersarmat treten charakteristische Lagen oolithischer Kalksteine (Kalksandsteine) und lateral rasch auskeilende Lignitflöze hinzu. Örtlich sind besonders im tieferen Bereich des Sarmats Schichtlücken vorhanden. Im allgemeinen ist eine detaillierte Gliederung nur mit Mikrofaunen, die auf ein brackisches Milieu mit wechselnder Salinität hinweisen, möglich.

Das Pannon ist durch seine große obertägige Verbreitung auch der unmittelbaren Beobachtung zugänglich. GesteinmäÙig sind Tonmergel, Sand- und Kieslagen in mehrfacher Wechsellagerung in klimatisch gesteuerten Zyklen anzutreffen. Die Basis bilden nur örtlich vorhandene, tonig-mergelige Schichten der Pannonzone B. Das Pannon C wird durch lang hinziehende Sand/Kies-Züge (Kapfensteiner Schotter, Kirchberger Schotter, Karnerberger Schotter) gegliedert; dazwischen finden sich die feinklastischen und oft Lignit führenden Zwischenserien. Die Gesamtmächtigkeit des Unterpannons beträgt bis zu 500 m. Die aquatischen Faunen deuten auf schwach brackische Seen, die reichlich gefundenen Wirbeltierreste (MOTTL 1970) stammen von landbewohnenden Säugetieren.

Die höheren, ebenfalls in Form von Tonen, Sanden, Schottern mit Einschaltung von Ligniten ausgebildeten Zonen D-F des Mittel- und Oberpannons sind nur auf die Bereiche um die Südburgenländische Schwelle beschränkt.

In das jüngste Pliozän fällt die endgültige Verlandung dieses Raumes. Infolge großräumiger Hebungen finden nun Abtragungsvorgänge statt. Gleichzeitig erfolgte eine weitere vulkanische Phase, bei der basaltische Produkte gefördert werden. Altersdaten der Basalte zeigen ein Alter um 2 Millionen Jahre an. Das bedeutet, daß diese Vulkaneruptionen möglicherweise noch bis ins älteste Quartär andauern. Typische Erscheinungsformen sind Oberflächenlavadecken, Tuff- und Agglomerat-trichter, Maarfüllungen und explosive Durchschlagsröhren.

3. Kohlenwasserstoffvorkommen im Steirischen Tertiärbecken

Im Steirischen Becken sind die KW-Spuren sehr spärlich gesät. Außer einigen zweifelhaften Anzeichen, die man an Bachläufen festgestellt hatte, konnten erstmals 1926 bei der Bohrung Mooskirchen in einer Tiefe von 231-242 m brennbare Kohlenwasserstoffe nachgewiesen werden.

Erst in den 60er Jahren fand man in der Bohrung Obersbach 1 (RAG) im Ottomány und Kárpát sehr schwache diffuse Ölsuren. Bei Gesteinestests wurden in den Bohrungen Walkersdorf 1 (RAG) und Pichla 1 (OMV) geringe Mengen Gas bzw. Entlösungsgas, bei den meisten übrigen damals abgeteufte Bohrungen immer CO_2 getestet, dem laut Gasanalyse immer einige Prozent Methan und Spuren höherer Kohlenwasserstoffe beigemischt waren.

In der Bohrung Wiersdorf 1 (OMV) wurden 1978 nach ihrem Abteufen 2 Tests durchgeführt. Der erste Test erfolgte im unverrohrten Bohrloch und umfaßte das Intervall von 766 m bis 1930 m. Der stratigraphische Bereich erstreckte sich über das Untere Baden, Kárpát, Ottomány, Paläozoikum bis ins Kristallin. Innerhalb von 4 Stunden erfolgte ein Zufluß von $3,1 \text{ l m}^{-3}$ Wasser mit einem Cl-Gehalt von 215 mg/l. Dazu ist zu bemerken, daß der miozäne Vulkanit von 790-1792 m durchörtert wurde, also kein primär sedimentiertes Gestein untersucht werden konnte. Der zweite Test im Intervall 495-510 m, der in einer porösen Zone im oberen Bereich des Unteren Baden erfolgte, erbrachte einen Zufluß von $2,9 \text{ m}^3$ Lagerstättenwasser - 2440 mg/l Cl - in einem Zeitraum von $3 \frac{3}{4}$ Stunden.

Mit der Bohrung Ludersdorf 1 (OMV) gelang es 1982 erstmals, Erdgas in größeren Mengen nachzuweisen. Die Erdgaslagerstätte liegt in ca. 550 m Tiefe und ist an Nulliporenkalke des Baden gebunden. In analoger Position fand sich auch in den OMV-Bohrungen Ludersdorf 2 und Wollsdorf 1 Erdgas. Der Inhalt aller genannten Lagerstätten lag allerdings unter der Wirtschaftlichkeitsgrenze.

4. Tektonik

Die jungsteirische Gebirgsbildungsphase war im jüngeren Karpat mit starker Bruchtektonik gekoppelt. Die unterschiedlichen Absenkungsbeträge führten zur Ausbildung der bereits beschriebenen Schwellen- und Beckenbereiche. In den über der steirischen Diskordanz folgenden Schichten gibt es kaum Anzeichen von Bruchbewegungen (KOLLMANN 1965, 1980, FUCHS 1980). Die zu der heutigen Gestalt des Beckens führende Absenkung im Baden, Sarmat und Pannon ging im wesentlichen bruchlos vor sich. Demgegenüber glaubt KRAINER 1984 in randnahen Bereichen des Gnaser Beckens eine postobersarmatische Bruchtektonik mit Sprunghöhen von mindestens 350 m zu erkennen.

Auf die Existenz junger (postunterbadensischer) Tektonik deutet auch die Höhenlage der Nulliporenkalke im Bereich Graz - Gleisdorf - Wildon. Nimmt man aus palaeoökologischen Gründen eine einheitliche Bildungstiefe der Nulliporenkalke bis max. 50 m Wassertiefe an, so zeigt ihre heutige Höhenlage Divergenzen, die nur tektonisch erklärbar sind.

Die Nulliporenkalke werden in folgender Seehöhe angetroffen:

Puntigam 1	+ 136 m
Puntigam 2	+ 87 m
Wollsdorf 1	- 194 m
Ludersdorf 1	- 220 m
Ludersdorf 2	- 120 m
Arnwiesen 1	+ 9 m
Wildon (Obertagsaufschlüsse)	+ 250 m

Profile (Abb. 13, 15) Geophysik (Refraktionsseismik) der OMV AG und Neuinterpretation der SIEMENS-Gravimetrie (vgl. Abb. 1) zeigen, daß diese Tektonik im Raum Gleisdorf (vgl. Abb. 13, 15) sicherlich mit Bruchbildung gekoppelt ist, die sich im Sarmat und Pannon verliert und in der Oberrangsgeologie nicht mehr zum Ausdruck kommt.

Zusätzlich müssen für die zentralen Beckenteile aber auch Bewegungen angenommen werden, die noch in den pannonischen Ablagerungen Schrägstellungen von im Mittel $6-10^\circ$ hervorriefen. Die Einfallrichtung weist meist von den Schwellenbereichen zum Beckenzentrum, wo sich die Schrägstellungen zu flachen Muldenstrukturen schließen. Rückführbar ist diese Strukturanlage auf größere Subsidenz der zentralen Beckenteile. Falls diese Absenkungen mit Bruchbildungen verbunden waren, so waren diese ebenfalls nur in tieferen Profilanteilen wirksam und zeichnen sich heute im zentralen Becken, wie die Kartierung von KOLLMANN 1965 zeigt, in der Oberrangsgeologie nicht ab.

Das Erkennen der tertiären Bruchtektonik unter der Steirischen Diskordanz war infolge der schlechten Qualität der Analogseismik lange Zeit problematisch. Erst die Vibroseismik brachte in dieser Hinsicht Verbesserungen.

Das begrabene Untergrundrelief verliert mit dem Mittelbadon bzw. im Sarmat seine faziestrennende Funktion. Östlich der heutigen Südburgenländischen Schwelle herrschte zumindest bis ins tiefe Obersarmat ein festländisches Milieu vor, woher auch die zahlreichen Grobklastika der Beckenfüllung zu beziehen sind. Im Steirischen Becken enden die Vertiefungstendenzen im Pannon und werden im jüngsten Tertiär noch vor der basaltischen Eruptionphase durch Hebungstendenzen abgelöst. Im Pannon findet aber auch der Niederbruch des Pannonischen Beckens östlich der Südburgenländischen Schwelle statt.

Eine Betrachtung des Oststeirischen Beckens im Satellitenbild (BUCH-ROITHNER 1984) läßt im Bereich der geophysikalisch ermittelten Hochzone von Vasoldoberg eine auffallende Häufung von NNE-SSW-Lineamenten erkennen. Ihre Anordnung deutet auf eine Untergrunds-Horstbildung mit flacher W- und steiler E-Flanke. Zusätzlich werden die o.g. Lineamenten durch NW-SE-Strukturen geschnitten und im N wie auch S begrenzt. Auffallend, daß auch die geophysikalische Hoch-

struktur an diesen Querstrukturen begrenzt ist. Da sich all diese Strukturen in der Obertagegeologie nicht auswirken, ist es naheliegend, in ihnen Brüche zu sehen, die für die Ausbildung der Schwellenbereiche in Form von Horsten verantwortlich waren und sich dann durch die jüngeren Sedimente durchpausten (Abb. 15). Störungen mit vertikalen Sprunghöhen bis zu 400 m wurden auch im südlichen Fürstenfelder Becken gravimetrisch wie auch seismisch erkannt.

Der Bereich der Südburgenländischen Schwelle zeichnet sich hingegen durch NE-SW-Strukturen ab. Auffallend ist weiter, daß im untertägigen Verbreitungsbild der miozänen Vulkanite mit Ausnahme einiger dominanter ESE-WNW-Strukturen, die auch die bereits vorhin genannten Lineamente schneiden, nur kleinräumige Strukturelemente erkennbar sind.

5. Beschreibung und Bewertung der einzelnen Teilbereiche im Hinblick auf eine Nutzungsmöglichkeit als Gas-Speicher

Da sich in der Oststeiermark keine Kohlenwasserstoff-Lagerstätten befinden, die nach ihrer Ausförderung als Speicher verwendet werden könnten, muß sich die Suche nach möglichen Speichern auf Aquiferspeicher beschränken. Diese setzen gut abgedichtete poröse Gesteine voraus, die strukturell in Hochpositionen zu liegen kommen und mit obertägigen Wässern keine Kommunikation aufweisen.

Für die mögliche Tiefenlage derartiger Speicher ist in der Oststeiermark die Obergrenze durch das Vorhandensein genutzter artesischer Horizonte bis zu einer Tiefe von 300 m (ZETINIGG 1982) und die Untergrenze aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen (vgl. S. 9 - 11) mit 1000 m gesetzt. Unter Bedachtnahme auf die Faktoren Sicherheit (Dichtheit) und Wirtschaftlichkeit (mit Zunahme der Tiefe zunehmende Kosten) wird in der vorliegenden Studie der Bereich bis zu 1000 m Tiefe in die Tiefenzonen I - IV unterteilt, die hinsichtlich einer Speichermöglichkeit folgend charakterisiert sind:

Zone I (0 - 300 m): Speichermöglichkeit nicht gegeben, da oberflächennah und Beeinflussung durch genutzte artesische Wässer;

Zone II - IV: Speicherung möglich, jedoch:

Zone II (300 - 500 m): Sicherheitszone zwischen Zone I und III.

Zone III (500 - 800 m): Wirtschaftlich und geologisch günstiger Bereich.

Zone IV (800 - 1000 m): Speicherung aus geologischen Gründen ebenso möglich wie in Zone III und noch tieferen Bereichen. Mit zunehmender Tiefe jedoch Zunahme der Kosten.

Zur Beurteilung der Speichermöglichkeiten in den einzelnen Teilbereichen des Oststeirischen Tertiärbeckens wurden folgende Kriterien herangezogen:

- Lithologie, Fazies, Stratigraphie
- Porosität
- Mächtigkeit, Tiefenlage
- Strukturen
- Umweltfaktoren

Neben geologischen Kartierungen und Obertagsbefunden wurden dazu in erster Linie die verfügbaren Daten der Tiefbohrungen ausgewertet. Die Klassifikation der porösen Schichtanteile erfolgte aus den Litho- und Completionalogs (SP- und Widerstandsdiagramm).

Die Grobbeurteilung der Untergrundstrukturen basiert auf den geophysikalischen Übersichtsdarstellungen von SIEMENS 1943 und VEIT 1950. Weiters erfolgte durch G.WALACH eine Zusammenstellung aller ihm zugänglichen diesbezüglichen Unterlagen (vgl. S. 65 - 71), Lokalisierung der miozänen Vulkanschlotbereiche und eine Interpretation der SIEMENS-Gravimetrie im Bereich Leibnitz-Arnwiesen (Abb. 9).

5.1. Gnaser Becken

Die Randbereiche des Gnaser Beckens nördlich der Linie Graz-Wolkdorf werden infolge ihrer grundgebirgsmäßen und daher rasch ändernden Sedimentationsbedingungen und dem obertägigen Ausbeilen der Schichten nicht näher berücksichtigt.

Der südliche, durch miozäne Vulkanite beeinflusste Bereich (Mitterlabill-Landorf-Paldu) wird in einem gesonderten Kapitel (5.5.) behandelt.

Nach Norden lagert das Gnaser Becken mit seinen Randbuchten zwischen Graz und Weiz dem Gräzer Paläozoikum bzw. dem Kristallin von St.Radegund/Weiz auf. Seine strukturelle östliche Begrenzung bildet von Weiz ausgehend jener Bereich, der in den geophysikalischen Arbeiten als Schwereplateau von Gleisdorf-Ilz bezeichnet wird und dem schließlich die Auersbacher Schwelle entspringt. Im S wird der zentrale Beckenbereich durch die begrabenen Schildvulkane von Mitterlabill - Landorf begrenzt, im W endet er im Bereich des Murtales an der Mittelsteirischen Schwelle.

Geophysikalisch nachgewiesen liegen die tiefsten Beckenteile bei Kirchberg a.d.Raab mit ca. 2500 m. Struktur-Hochzonen wurden auf dem Gleisdorfer-Ilzer Schwereplateau aufsitzend im Raum Arnwiesen - Hofstätten - Kleeberg (Tiefenlage ca. 400-700 m) und im Raum Vasoldsberg - Liebendorf - Allerwälggen (800-1500 m) nachgewiesen (Abb.9,15). Bohraufschlüsse liegen nur aus dem Nahbereich von Gleisdorf (Wollsdorf 1, Ladersdorf 1,2, Arnwiesen 1) vor.

Die Interpretation der SIEMENS-Gravimetrie zeigt, daß diese Hochzone von Arnwiesen bis Wildon eine von einem ins zentrale Gnaser Becken überleitenden Grabenbruch unterbrochene und durch Störungsstufen horstartig ausgebildete Schwellenregion bildet. Im südlichen Horst sinken 4 Störungsstufen von Obertagsbereichen nach N bis auf ca. 1500 m ab. Auch der nördliche Horst sinkt aus dem Raum Arnwiesen in 1-2 Stufen zur zentralen Eintiefung ab (Abb.9,15). Zusätzlich werden die in Abb.9,15 schematisch dargestellten Verhältnisse im Grundgebirge durch ein prätertiäres Erosionsrelief kompliziert.

Obertagsgeologie:

Im Raum um Gleisdorf werden Obersarmat-Schichten (Gleisdorfer-Sarmatopora) angetroffen. Daran schließen nach SW etwa bis zur Linie Schloß Lustbühl/ Graz - Kirchbach i.d.Steiermark pannonische Ablagerungen, denen nach SW bis in den Raum Wildon in parallelen Streifen angeordnet Ober-, Mittel- und Untersarmat und schließlich, bereits im Nahbereich der Mittelsteirischen Schwelle im Raum Wildon, Sedimente des Baiden mit Leithakalken folgen.

Tiefenaufschlüsse und Schichtbestand:

Lithoinformationen über den Beckenuntergrund sind nur durch die Bohrungen Wolladorf 1, Ludersdorf 1 und Arnwiesen 1 bekannt. Trotz des vielfach postulierten Gleisdorfer-Feldbacher Kristallinsopans wurden im Beckenuntergrund keine kristallinen Gesteine, sondern paläozoische Schichten erbohrt. In Wolladorf 1 und Ludersdorf 1 wurden in 582 m bzw. 775 m Tiefe Grängesteine angetroffen; Arnwiesen 1 stieß hingegen bereits in 340,6 m Tiefe auf Paläozoikum. In der letzten Bohrung deutet sich durch den Nachweis von oberdevonischen Flaserkalken (Rannachdecke) über dunklen Schiefern und Kalken (Arzberg-Schichten und Schöckelkalken der Schöckel-Gecke) ein Deckenbau des paläozoischen Untergrunds an.

Südlich von Wildon tritt im Murbett bei Lebring das Grundgebirge in Form von Diabasen, Tonschiefern und Grünschiefern zutage.

Schichten der Bäderer Stufe sind obertags anstehend nur aus dem Raum Wildon bekannt. Im Steinbruch Weissenögg (vgl. KOLLMANN 1885:Taf.6) ist das Unter- und Mittelbadn in einer Mächtigkeit von ca. 70 m vertreten. Lithologisch dominieren Nullporenkalken, zwischen denen immer wieder sandig-tonig-mergeliges Material eingeschaltet ist. Im Hangenden dieser "Leithakalkriffe" finden sich Tonmergel und Sande des Oberbadn.

Im Raum Gleisdorf wurde das Baden in den ÖMV- und RAG-Bohrungen nachgewiesen. Über dem paläozoischen Grundgebirge folgen hier zuerst unterschiedlich mächtige karbonatische Basalbrekzien (wenige m bis 182 m mächtig), denen im Mittelbadn örtlich gasführende Nullporenkalken bis 35 m Mächtigkeit aufliegen. Derartige Kohlenwasserstoff (Gas) führende Horizonte wurden in den Bohrungen Ludersdorf 1,2 und Wolladorf 1 nachgewiesen. In der Bohrung Arnwiesen 1 erwiesen sich die Nullporenkalken lediglich als Salzwasser führend.

Die aus den Logs der Erdölbohrungen ermittelten porösen Schichtanteile machen im Baden zwischen 18 und 43% des gesamten Profils aus. Tiefenmäßig liegen diese Bereiche in den Zonen II und III.

Untersarmat ist vorwiegend in Form grauer, ± sandiger Tonmergel ausgebildet, in die vereinzelt mehrere m mächtige Feinkies- und Sandlagen eingeschaltet sind.

Ihre Mächtigkeit nimmt nach S aus dem Raum Gleisdorf von 110 m bis auf 200 m zu. Obertags ist Untersarmat von S Hausmannstätten bis in das Stiefingtal aufgeschlossen. Es überlagert hier unter Überwiegen der tonigen Anteile direkt die zuvor genannte Leithakalkentwicklung.

Das diesem Streifen NE anschließende Mittelsarmat stellt eine ca. 160 m mächtige monotone Serie von grauen Tonmergeln dar. Das wiederum NE davon obertags aufgeschlossene Oberarmat ist nur mit seinen stratigraphisch mittleren Anteilen vorhanden und lithologisch in Form einer sandig-tonig-kiesigen Abfolge vertreten.

Im Gleisdorfer Raum werden durch die Ölbohrungen die sarmatischen Schichten bis zu einer Mächtigkeit von 315 m durchörtert, wobei eventuell Teile des Mittelsarmats fehlen können. Eine Besonderheit der obersarmatischen Schichtentwicklung sind oolithische Kalle, die besonders im Raum Arnwiesen auftreten. Darüber folgt eine 100 - 150 m mächtige, als Gleisdorfer Schichten zusammengefaßte sandige Schichtfolge. Charakteristisch für das Sarmat des Gleisdorfer Sarmatoporns ist mit zunehmender Annäherung an den Beckenrand ein rascher lithofazieller Wechsel, der sich auch in einer unterschiedlichen Körnigkeit und Porosität der Sedimentkörper niederschlägt. Generell sind jedoch im Obersarmat die größten Anteile an porösen Lagen zu erwarten.

Tiefenmäßig fällt im Bereich des Gleisdorfer Sarmatoporns das gesamte Sarmat in die Zone I und II, wobei die höchstporösen Schichtanteile stets in Zone I und teilweise sogar obertags ausbeißend zu liegen kommen.

Etwa NE der Linie Schloß Lustbühl bis zum Gleisdorfer Sarmatoporn wird das Sarmat vom Pannon überlagert. Örtlich (Zentrum um Kirchbach) setzt letzteres bereits in der Zone B mit Tonmergeln ein. Die Masse gehört jedoch der Stufe C an und besteht aus durch Klimazyklen gesteuerten limnisch/fluviatilen Sedimenten. Jeder Zyklus beginnt mit mehreren m mächtigen Sand/Kies-Lagen (Kapfensteiner-Schotter, Kirchberger-Schotter, Karnerberger-Schotter). Dazwischen sind sandig-tonige, mitunter Kohle führende Schichten (Zwischenschichten) ausgebildet.

Die porösen sandig-kiesigen Anteile innerhalb dieser Schichtfolge können bis zu 41% des gesamten Schichtumfanges ausmachen. Als Speichergestein kommt ihnen jedoch aufgrund ihrer oberflächennahen Position keine Bedeutung zu.

Bewertung des Gnaser Beckens:

Eine regionale Bewertung des Gnaser Beckens muß zwei verschiedene Strukturzonen berücksichtigen:

1. Die Hochzonen im Nordwesten (Arnwiessen/Gleisdorf-Vasoldsberg-Raum Wildon),
2. Die zentrale Einmündung des Gnaser Beckens.

Über diesen Untergrundstrukturen deutet die Oberflächengeologie auf eine flache Muldenstruktur mit einem Schichtfällen von max. 15° von den Randbereichen zum zentralen Beckenteil. An der N- und W-Flanke treten die karpatischen Schichten in breiter Front zu Tage. Auslässe von Baden sind nur an den Bereich um Weißenegg/NE Wildon gebunden. Der zentrale und östliche Teil der Mulde wird oberflächlich von Schichten des Pantons abgedeckt.

Über den Strukturhochzonen von Arnwiessen - Ludersdorf - Wollsdorf sind in den für Speichieranlagen günstigen Tiefenbereichen (II und III) badenische und karpatische Schichten zu erwarten. Besonders geeignet erscheint hier das obertags nicht ausbleibende Mittel- und Oberbaden, das in Abhängigkeit von Untergrundrelief und Bruchtektonik in einer Tiefe von ca. 300 - 600 m zu erwarten ist und an dessen Schichtaufbau bis zu 43% poröse Gesteine (Nullporenkalko, Sande) beteiligt sind. Eine ausreichende Abdichtung und günstige strukturelle Gegebenheiten sind, wie die Gasfunde in den ÖMV-Bohrungen um Ludersdorf zeigen, gegeben.

Einer über diese Studie hinausgehenden detaillierten Abklärung der Strukturen und Fixierung der weiteren Bearbeitungsschritte zur endgültigen Bewertung dieses Raumes müßte eine Einsichtnahme und Interpretation der durch die ÖMV und RAG durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen vorangehen.

Für die exakte Bewertung der Untergrundhochzone zwischen Vasoldsberg und Allerheiligen ist eine detaillierte Kenntnis der Reliefausbildung und der Tiefenlage der Struktur-Topfläche unbedingt notwendig. Erst dann sind Aussagen über Lage und Größe zu erwartender Hochzonen in den basalen Tertiärsedimenten über dem paläozoischen Erosionsrelief zu treffen. Als potentielle Speichergesteine wären hier im Tiefenbereich zwischen 500 und 1000 m poröse mittel- oberbadonische Sedi-

mente zu erwarten, die nach oben durch vornehmlich toniges Sarmat ausreichend abgedichtet werden. Aufgrund der paläogeographischen Situation und der tektonischen Entwicklungsgeschichte des Tertiärbeckens könnten hier über dem ehemaligen Untiefenbereich des prätertiären Untergrundes (vermutlich karbonatisches Paläozoikum) auch Nulliporenkalkkörper erwartet werden. Eine Kommunikation zu den im Raum Weißenegg ausbeißenden badenischen Schichten ist von derzeit noch unbekannten Faktoren wie Ausbildung des Untergrundreliefs, der Art und Stärke der Bruchtektonik und Fazies abhängig.

Über den Schichtaufbau des zentralen Beckenteiles, das bei Kirchberg a.d.Raab bis auf 2500 m Tiefe absinkt, liegen keine Bohraufschlüsse vor. Zum Beckentiefsten dürfte sich die Schichtfolge jedoch durch Karpas und Ottmang vervollständigen. Dabei sind in den günstigen Speichertiefenlagen zwischen 300 und 1000 m sarmatische und badenische Schichten zu erwarten, die aufgrund regionaler Vergleiche ausreichend abgedichtete poröse Anteile erwarten lassen. Inwieweit für Speicher notwendige und vom Untergrundrelief abhängige Hochstrukturen im Zentrum dieser Großmulde vorhanden sind, kann nur eine Detailgeophysik klären.

Von seiner Lage zum Hauptverbrauchszenrum (Graz) und seiner versorgungsstrategischen Lage (Querung durch die TAG und TAL) ist das Gnaser Becken als optimal zu bezeichnen.

5.2. Fehringner Becken

Das bis zu 3000 m tiefe Fehringner Becken liegt östlich der Auerbacher Schwelle und wird im E von der tiefliegenden "Schnäuer Schwelle", die bei Walkersdorf dem Gleisdorf-Ilzer Schwereplateau entspringt, begrenzt. Den Abschluß im SE bildet die Südburgenländische Schwelle, die hier mit dem Paläozoikum von St. Anna/Aigen im Bereich der Dreiländerecke auch obertags sichtbar wird. Tiefenaufschlüsse durch Bohrungen sind nicht vorhanden. Lediglich Auswürflinge in den zahlreichen jungtertiären - altquartären Basaltuffiten deuten auf den Schichtbestand des Beckenuntergrundes.

Obertagsgeologie:

Vom Norden her reicht das Sarmat des Gleisdorfer Sarmatsporns als oberflächlich auftretende geschlossene Masse etwa bis zur Linie Gries-Hofstätten. Weitere, südlich davon gelegene, Sarmatvorkommen sind fensterartig auftretend noch im Rittschieintal zwischen Walkersdorf und Hartmannsdorf zu finden. Darüber folgen dann in SE-Richtung pannonische Ablagerungen, wobei die tonige Entwicklung des Pannon B an die genannten Sarmatschichten anschließt bzw. die Sarmatfenster ummantelt. Die Masse des Pannons gehört der Stufe C mit seinen Sand/Kies-Lagen und dazwischenliegenden feinklastischen Zwischenserien an. Noch jüngere pannonische Sedimente finden sich mit Annäherung an die Südburgenländische Schwelle mit den Schichten von Lamm (Pannon D und E) östlich der Linie Fehring-Oberbach und mit den Taborer Schottern (Pannon) SE von Fehring.

Schlotartig wird die gesamte Schichtfolge durch jungtertiäre - ? altquartäre Basalte und Basaltuffite durchschlagen. Die größten derartigen Basalt/Basaltuff-Vorkommen besitzen einen Durchmesser bis zu 4 km (S Fehring). Meist weisen sie jedoch einen kleineren Durchmesser auf. Die nördlichsten dieser Basalt(tuff)vorkommen liegen an der Linie Edelsbach-Altenmarkt/Riegersburg-Fürstenfeld. Die Fortsetzung der basaltischen Gesteine in die Tiefe verläuft aufgrund geophysikalischer Feststellungen in Form vertikaler Schlote.

Bewertung des Fehringer Beckens

Die großflächige Geophysik (SIEMENS 1943) erbrachte im eigentlichen Beckenbereich keine Hochstrukturen. Über mögliche Speicherhorizonte herrschen mangels geeigneter Tiefenaufschlüsse Unklarheiten. Rückschlüsse auf die tertiäre Beckenfüllung können am ehesten noch von den Tiefbohrungen Oberbach 1, Walkersdorf 1 und Binderberg 1 abgeleitet werden, die jedoch im Bereich der "Sochauer Tiefenschwelle" liegen. In diesen Bohrungen wurden im Tiefenbereich I - IV Pannon, Sarmat und teilweise auch (Walkersdorf 1) Baden durchörtet. Unter dem obertägig verbreiteten Pannon lassen die sarmatischen Schichten poröse Anteile am Gesamtprofil im Ausmaß von 20-44%, die des Mittel- und Oberbodens sogar zwischen 38 und 50% erwarten.

Vom Schichtbestand wie auch der Tiefenlage her sind im Fehring'schen Becken also durchaus poröse Schichtanteile zu erwarten. Der geophysikalische Nachweis günstiger "Fallenstrukturen" fehlt jedoch. Als störend und Risikofaktor sind auch die Basaltschlote zu bewerten, von denen die gesamte Schichtfolge vertikal durchschlagen und somit in ihrer Dichtheit gestört wird.

Die Umweltsituation ist, da der N-Rand des Beckens durch die TAL und TAG gequert werden, als günstig zu bewerten. Eine Gesamtbeurteilung fällt aufgrund der strukturellen Gegebenheiten und der vulkanogenen Störfaktoren jedoch negativ aus.

5.3. "Söchauer Schwelle" und begrabener Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf

Die "Söchauer Tiefenschwelle" trennt die geophysikalisch ermittelten, über 3000 m tief werdenden, Becken von Fehring und Fürstenfeld. Abzweigend vom Gleisdorf-Ilzer Schwereplateau stößt sie dann nördlich der als Grabeneinbruch gedeuteten Senke von Weichselbaum an die Südburgenländische Schwelle.

Die Tiefenlage und der Gesteinsbestand der "Schwelle" ist durch die Bohrungen Walkersdorf 1 (2089 m paläozoische Dolomite), Übersbach 1 (2636 m dunkle paläozoische Kalk- und Phyllite) und Binderberg 1 (1645 m, paläozoische Grünschiefer) gegeben.

Ein wichtiges geophysikalisch nachgewiesenes und in der Bohrung Walkersdorf 1 im Tiefenbereich von 1046 - 1156 m verifiziertes Strukturelement ist der begrabene Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf (S. 68 - 70, Abb. 9.).

Nach einer im Druck befindlichen Arbeit von G. WALACH wurde der Ilz-Vulkan von den in Abb. 9 markierten 4 Schlotbereichen gespeist. Drei dieser Schöte sitzen jener NW-SE Störung auf, die weiter nordwestlich die NE-Begrenzung des an die Armwiesner Hochstruktur anschließenden Grabeneinbruches bildet. Das Alter dieser Bruchzonen ist somit eindeutig vor dem vulkanischen Ereignis (Karpát-Unterhaden) zu fixieren. Die Topfläche des begrabenen Vulkans ist reliefiert, liegt bei ca. 1000 m Tiefe und zeigt Böschungswinkel zu seinen Randzonen zwischen 3 und 5°. Nach SE ist die Eruptionsspalte gegen das tiefere Fürstenfelder Becken durch NE-SW-Staffelbrüche begrenzt.

Obertagegeologie:

Der Gesamtbereich baut sich obertags aus Pannon C auf. Nur an der Südbegrenzung des Ilxtales sind im Bereich II zusätzlich noch Schichten des Pannon B vorhanden. In zwei Bereichen, Stadtbergen (NE Söchau) und Raum Stein, sind an den Flanken der Söchauer Schwelle Basaltdurchbrüche festzustellen.

Die erbohrte Schichtfolge:

Die stratigraphisch tiefsten Tertiäranteile des Otnangs wurden in der Bohrung Übersbach 1 (2346,5 - 2636 m) in einer Mächtigkeit von 289,5 m angetroffen. Diese festländische Profilabfolge umfaßt vom Liegenden zum Hangenden drei lithologisch klar abtrennbare Einheiten:

- Rotlehmserie (2577 - 2636 m)
- Serie bituminöser Mergelsteine mit Glanzkohle (2514 - 2577 m)
- Serie von Tonmergelsteinen und Mergelsandsteinen (2346,5 - 2514 m).

In lithologischer Hinsicht ist das Karpát nur schwer von den hangenden Anteilen des Otnangs unterscheidbar. Einziges Kriterium der Abtrennung ist eine arme marine Fauna. Lithologisch sind Sandsteine, Mergelsteine, Mergelsandsteine mit Einschaltung zahlreicher Konglomeratlagen ausgebildet. Möglicherweise treten in den höheren Anteilen auch Tuffsandsteine hinzu. Die Mächtigkeit des erbohrten Karpats schwankt zwischen 420 und 765 m.

Das Baden erscheint in seiner Mächtigkeit von N (Walkersdorf 1; 666 m) über Übersbach 1 (559 m) nach S (Binderberg 1; 136 m) stark reduziert. Bemerkenswert sind die im Unterbadén von Walkersdorf 1 zwischen 1046 und 1156 m durchörterten Trachyte, die einen seitlichen Lappen des Kaladorf-Ilzer Vulkans darstellen.

Im Unterbadén dominieren neben basalen Konglomeraten tonig-mergelige Gesteine; vereinzelt treten geringmächtige Lagen von Nulliporenkalken hinzu. Im Mittel- und Oberbadén finden sich bevorzugt Tonmergel und Sandsteine. Auf letztere gehen auch die höheren Anteile (38-50%) poröser Schichten am Gesamtschichtaufbau des Mittel- und Oberbadéns in den Bohrungen Walkersdorf 1 und Übersbach 1 zurück.

während in der Bohrung Binderberg 1 in diesem Zeitabschnitt vornehmlich dichte (tonige) Gesteine angetroffen wurden.

Das Sarmat erreicht in allen drei Bohrungen eine einander etwa entsprechende Mächtigkeit (700 - 814 m). Teile des Untersarmats scheinen in allen drei Bohrungen zu fehlen. Die tieferen Anteile sind durch Ton, Mergel und Sandlagen charakterisiert, denen Kieselagen zwischengeschaltet sind. In den höheren (obersarmatischen) Anteilen treten zu den genannten lithologischen Typen noch oolithische Kalksandsteine hinzu. Der Anteil poröser Lagen am Gesamtaufbau des Sarmats ist zwischen 31 und 44% zu beziffern.

Das in den Bohrungen angetroffene Pannon weist geländebedingt Mächtigkeiten zwischen 17 m (Walkersdorf 1) und 358 m (Binderberg 1) auf und besitzt lagenweise aufgrund seiner Sand/Kies-Führung gute Porositäten.

Bewertung der "Sochauer Schwelle" und des begrabenen Vulkans von Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf

Über der "Sochauer Schwelle" treten im Tiefenbereich II - IV an poröse Lagen führenden stratigraphischen Einheiten höheres Baden und Sarmat auf. Die Ausarbeitung der Bohrprofillogs zeigt, daß in diesen Schichtfolgen die Einzelmächtigkeiten poröser und ausreichend abgedichteter Komplexe bis zu 70 m betragen kann. Eine Korrelation der mächtigeren porösen Lagen über größere Distanzen ist aufgrund der spärlichen Tiefenaufschlüsse jedoch nicht möglich.

Der begrabene miozäne Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf liegt mit seiner reliefierten und seitlich mit 3-5° geböschten Topfläche etwa in einer Tiefe von 1000 m. Darüber sind in den Tertiärsedimenten durchaus Aufwölbungs-(buried hill-) Strukturen zu erwarten. Hochstrukturen im Tertiär treten auch über den SE-Schwellenbereichen auf, wo sie auch durch die RAG-Bohrungen erkundet wurden.

Bis zur Linie Fürstenfeld - Riegersburg ist vom SE her der basaltische Vulkanismus als möglicher Störfaktor des primären Sedimentaufbaues anzunehmen. Der Raum Binderberg 1 ist aufgrund der Thermalwassernutzung von Loipersdorf ebenfalls aus Speicher-Überlegungen auszuklammern. Als günstiger Bereich verbleibt somit der begrabene Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf, da hier

1. über den begrabenen Vulkaniten Buried-hill-Strukturen zu erwarten sind,
2. in den Tiefenzonen II - IV über den Vulkaniten poröse Schichtanteile mit Einzelmächtigkeiten poröser Lagen bis zu 70 m zu erwarten sind,
3. NE dieses Raumes die TAG und TAL vorbeiführt.

5.4. Fürstenfelder Becken

Das Fürstenfelder Becken wird im N durch das kristalline Grundgebirge, in das es zwischen Kalm und Wechsel mit der Pollauer- und Friedberger Teilbacht tief eingreift, begrenzt. Im W ist das Becken durch die "Söchauer Tiefenschwelle" und im E durch die Südburgenländische Schwelle abgeschlossen. Die Geophysik läßt zwei Schwereminima erkennen: Das Tief von Allhau und das Tief von Fürstenfeld, in dem die größte Beckentiefe mit >3000 m erzielt wird.

Die Südburgenländische Schwelle selbst zeigt gravimetrisch als Hochzonen die "Rechnitzer Schieferinsel", den Eisenberg, das Hoch von Sulz und die Strukturhochzone Neuhaus - St. Georgen im Süden. Dazwischen befinden sich von N nach S die Quersenkungen von Dürnbach, Glissing und die als Grabenbruch interpretierte Senke von Weichselbaum. Im N wurde von Waltersdorf ausgehend gravimetrisch eine WSW verlaufende Hochzone erkannt, deren Top in 900 - 1100 m Tiefe liegt. Der kräftige Schwereabfall an der W-Flanke der Südburgenländischen Schwelle weist auf Bruchstrukturen hin, die sich im Satellitenbild (BUCHROITHNER 1984) durch eine Häufung von SW-NE und SSW-NNE Lineamenten dokumentieren.

Obertagsgeologie (Steirischer Anteil):

Im N sind in den Buchten in Grundgebirgsnähe mächtige Blockschotter und limnisch/fluviale Sedimente des Zeitraums Karpat-Unterbaden anzutreffen (EIBNER & GRÄF 1977). Nach S schließt dann ein Streifen von Sarmat an, in dem sandige Sedimente dominieren, die im Obersarmat besonders in Grundgebirgsnähe (Schildbach, Grafendorf) Ooidkalke und Gastropodenkalke in einer Mächtigkeit von mehreren m beinhalten. Die südlichsten obertägigen Sarmatvorkommen befinden sich etwa

an der Linie Unterdömbach - Grafendorf - Neustift a.d.Lafnitz. Dieses Sarmat wird dann nach S von flächenmäßig ausgedehntem Unterpannon überlagert, dem noch pleistozäne bis altquartäre Schotter und Lehme sowie pleistozäne Terrassen aufliegen.

Die Südburgenländische Schwelle als Begrenzung des Fürstenfelder Beckens ist in ihrem steirischen Anteil nirgends obertags aufgeschlossen.

Tiefenaufschlüsse:

Neben den Obertagaufschlüssen in Burgenland (Salz, Hammersdorf, Eisenberg) gewähren die in den Jahren 1945-1948 von der Sowjetischen Mineralölverwaltung abgeteufte Bohrungen von Buchseifen, Mischendorf, Harmisch und Edlitz Aufschluß über den Schichtbestand der Südburgenländischen Schwelle. Diese Bohrungen sind in einem NW-SE-Profil über die Schwelle angeordnet und trafen das Paläozoikum (Dolomite und Dolomitmarmore) in folgenden Tiefen an: 576,4 m; 275,7 m; 164,5 m; 628,0 m. Gesteinsmäßig dürfte es sich um dieselben Dolomite handeln, die in der Bohrung Waltersdorf 1 über vulkanoklastischen Gesteinen (1239 - 1514,5 m) im Teufenbereich (1094 - 1239 m) angetroffen wurden, ins Unterdevon eingestuft werden (EBNER 1978) und die geothermal genutzten Wässer der Therme Waltersdorf führen.

Unter dem Paläozoikum wurde noch in Waltersdorf 1 Kristallin der Raab-alpen (1514,5 - 1551,8 m) angetroffen, wodurch sich der Ausfall des mitteloostalpinen Deckenstockwerks in diesem Bereich dokumentiert. Die Bohrung Waltersdorf 1 wurde ebenso auf einer strukturellen Hochzone abgeteuft wie Blumau 1, wo das Paläozoikum (Grünschiefer) erst in 1716 m angetroffen wurde. Blumau 1a wurde in eine Tiefscholle bis auf ca. 2900 m Tiefe abgelenkt, in der über dem vulkanoklastischen Paläozoikum noch Dolomite ab 2530 m unter GOK angetroffen wurden. Lithologisch sind diese Dolomite jedoch zum Teil anders ausgebildet als jene von Waltersdorf. Es handelt sich hier um gelbbraune von Tonflasern durchzogene Dolomite, in denen synsedimentär zerbrochene Sandlagen nahezu rhythmisch eingelagert sind. Diese Dolomite scheinen auch in Fürstenfeld 1 zwischen 2745,5 und 3086 m über Phylliten aufzutreten. Karpatische Sedimente der konglomeratreichen Gruppe werden in Fürstenfeld 1 und Blumau 1a ca. 500 m mächtig angetroffen. Das Baden ist in allen Tiefbohrungen vertreten. Es zeigt örtlich (Waltersdorf 1, Blumau 1, Blumau 1a) basal noch unterschiedlich zusammengesetzte Konglomerate.

Das darüberfolgende höhere Baden läßt in N-S-Richtung eine Mächtigkeitszunahme erkennen. Trotz Ausfalls des Oberbadens werden in Fürstenfeld I im Baden Mächtigkeiten von 1151,3 m erreicht, denen in Blumau I 708 m und Waltersdorf I 387,5 m gegenüberstehen. Lithologisch sind über den Basalkonglomeraten hauptsächlich sandige Sedimente entwickelt. Dominant sandig ist auch das Sarmat ausgebildet, in dem eine Mächtigkeitszunahme von 649 m (Waltersdorf I) im N auf 912,6 m (Blumau I) und 898,1 m (Fürstenfeld I) im S festgestellt wird. Den Abschluß der Bohrungen nach oben bildet sandig/toniges Pannon im Mächtigkeitsbereich von ca. 60-186 m.

Bewertung des Fürstenfelder Beckens

In den südlichsten Beckenteilen befindet sich in den günstigen Tiefenzonenbereichen II - IV ausschließlich Sarmat, das einen enorm hohen Anteil an porösen (Sand) Zonen besitzt (bis zu ca. 60%). Die Mächtigkeit der wasserführenden Einzelsagen erreicht dabei vereinzelt bis zu 25 m. Das Sarmat besitzt für Speichierzwecke durchaus günstige Mächtigkeiten poröser Einzellagen. Festzuhalten ist jedoch, daß das tonige Zwischenmittel stets relativ geringmächtig ist und besonders unter dem Gesichtspunkt möglicher lateraler Sand-Ton-Verzahnungen somit eine sichere Abdichtung als bedenklich erscheint. Weiters ist die strukturelle Situation in diesen stratigraphischen Abschnitten unklar, da sich bis hierher aufgrund der großen Sedimentmächtigkeiten strukturelle Hochzonen aus dem Untergrund vermutlich nicht mehr durchpausen.

Auch das Baden besitzt in sandiger Fazies hohe Anteile an porösen Schichten mit Einzelmächtigkeiten bis zu 40 m. Diese Bereiche sind jedoch schon sehr tief liegend.

Die Reflexionsseismik für die Geothermiebohrung Fürstenfeld I zeigte einen stark reliefierten paläozoischen Untergrund. An NNE streichende Bruchsystemen scheinen hier Versetzungen bis zu 400 m aufzutreten und somit tektonische Voraussetzungen für strukturelle Hochzonen gegeben zu sein.

Anders die Situation in Waltersdorf I. Hier liegt das Baden, in dem sich strukturell Untergrundshochzonen noch günstig auswirken könnten, im Tiefenbereich

der Zone III und IV. Interessant sind hier vor allem durch Openholetests getestete Sandbereiche des Unter- und Mittelbadens, wo poröse Einzellagen in einer Mächtigkeit bis zu 17 m auftreten können. Fraglich ist hier allerdings, ob der Schichtaufbau eine sichere Abdichtung gewährleistet. Ein weiterer Risikofaktor ist die Nutzung des Thermalwassers, das allerdings aus einem tieferen Stockwerk (Paläozoikum) stammt. Als Hoffungsgebiet würden sich im nördlichen Fürstenfelder Becken somit die badenischen Sedimente über der geophysikalisch erkannten Hochstruktur SW Walterdorf anbieten. Abwertend ist jedoch auch hier die offene Frage einer ausreichenden Abdichtung und die offene Frage des Einzugsbereiches der Therme Walterdorf.

Von einer Speichernutzung des Sarmats ist trotz eines porösen Schichtanteiles bis zu 33% und Einzellagenmächtigkeiten bis zu 29 m abzuraten, da die dazwischenliegenden undurchlässigen Schichten relativ geringe Mächtigkeiten aufweisen und das Sarmat grundgebirgswärts rasch an die Oberfläche gelangt.

Zusammenfassend ist somit das Fürstenfelder Becken trotz einer (besonders im Nordteil) versorgungsstrategisch günstigen Lage als negativ zu bewerten. Prüfwert ist lediglich das Baden über der Hochzone WSW von Walterdorf, wobei allerdings die Frage der Abdichtung nach oben und die Beeinflussung der Therme Walterdorf nach den vorliegenden Befunden nicht zu klären ist.

5.5. Vulkangebiet von Gleichenberg-Mitterlabill-Landorf

Im Ottnang war das Gnaser Becken nach S noch zur Senke des Salzbaches offen. Im Karpat und Unterbadon kam es jedoch durch die vulkanischen Ereignisse im Gefolge der steirischen Phase zu einer Einengung des Beckens. Möglicherweise kam das Gnaser Becken aufgrund einer von SIEMENS 1943 erkannten Schwereanomalie (Schwereschwelle von Rohrbach-Wittmannsdorf) in vorbadonischer Zeit in einen nördlichen und südlichen Teil untergliedert werden.

Die Bohrungen von Mitterlabill 1, St.Nikolai 1, Wiersdorf 1, St.Peter 1 und Poldau 1 und die Geophysik erbrachten, daß das begrabene Vulkangebiet von Mitterlabill/Landorf und Gleichenberg einen zusammenhängenden Körper darstellt, dessen

Top im W oft seichtier als 400 m liegt; im E treten die karpatisch/unterbadensichen Vulkanite im Gleichenberger Kogel an die Oberfläche. Im Bereich um Gleichenberg sitzen die miozänen Vulkanite der Auerbacher Schwelle auf und werden teilweise von den jungtertiären/altquartären Basalten durchschlagen. Die Schlotbereiche im westlichen Vulkangebiet liegen nach WALACH im Bereich Mitterlabill, Landorf und St.Nikolai und scheinen auch hier an prae-vulkane Störungsallinen gebunden (Abb. 9).

Obertagsgeologie:

Das bevorzugt aus Trachyandesiten und Trachyten aufgebaute Gleichenberger Vulkanmassiv wird in seinen südlichen Teilen (Sulzberg, Gnas, Klösch) von Basalten durchschlagen, die oberflächlich ihre größte Verbreitung am Stadner und Klöcher Kogel erreichen.

Ummantelt werden die Vulkanite von tonig-mergelig-sandigem Obersarmat. Dieses erstreckt sich über Gnas-Jägerberg bis N Mitterlabill und zieht von dort in einem breiten Streifen in das nördliche Gnaser Becken. Nördlich und östlich wird das Obersarmat von Pannon überlagert, wobei sich, begonnen von Jamm - S Feidbach - St.Stefan bis Kirchberg, in der Obertagsgeologie zwischen dem Obersarmat und dem kiesig-sandig-tonigen Pannon C ein relativ breiter Streifen von Pannon B einschaltet. SW der Linie St.Nikolai - Rohrbach - Mureck schließen bodensche Sedimente an, die vorwiegend sandig-tonig ausgebildet sind und in denen noch S zu immer ältere Niveaus eine oberflächennahe Position einnehmen.

Die erbohrten Schichtfolgen

Der paläozoische Untergrund kommt in der Bohrung St.Peter 1 im Vergleich zu den anderen Bohrungen in seine höchste Lage (833 m) und bestätigt somit die geophysikalisch postulierte Schwereachwelle von Rohrbach-Wittmannsdorf. In den Bohrungen St.Nikolai 1 liegt er 1232 m, in Wiersdorf 1 1792 m tief. In den Bohrpunkten Mitterlabill 1 und Paldau 1 enden die Bohrungen im Ottwang in 1783,6 m bzw. den Vulkaniten in 1440,4 m Teufe. Lithologisch besteht das Paläozoikum überwiegend aus Phylliten. In Wiersdorf 1 erreicht es eine Mächtigkeit von lediglich 16 m und wird von Kristallin unterteuft. Die untertägige Verbreitung der miozänen

Vulkanite ist durch die Bohrpunkte Mitterlabill I, St.Nikolai I, Perbersdorf I, St.Peter I und Paldau I umgrenzt. Östlich dieser Bohrungen verläuft die geophysikalisch ermittelte Grenze im N in den Raum Feldbach, um dann S Fehring an die Südburgenländische Schwelle zu stoßen. Im Süden verläuft die Grenzlinie von E St.Peter in einem sanften Bogen nach N etwa in den Raum Bierbaum, um dann wieder nach S zu schwenken und SE von Radochen an die Südburgenländische Schwelle zu stoßen.

Im untertägigen Verbreitungsgebiet der Vulkanite drängt sich somit eine Dreiteilung des Tertiärs auf:

1. Tertiärsedimente unter den Vulkaniten
2. Miozäne Vulkanite
3. Tertiärsedimente über den Vulkaniten.

Diese Dreiteilung ist in den Bohrungen Mitterlabill I und Perbersdorf I erschlossen. Sonst würden die Vulkanite nicht durchörtet oder saßen direkt am prätertiären Untergrund auf.

In Mitterlabill I werden die Vulkanite ab einer Tiefe von 373,6 m angetroffen. Zuerst in einer geschlossenen Masse (bis 927 m) und dann bis 1658 m mit karpatischen Sedimenten verzahmend. Darunter werden bis zu 1783,6 m Tiefe Mergel des Ottwang angetroffen.

In Perbersdorf I liegt die Topfläche der Vulkanite bei 354 m. Teilweise mit Sedimenten des Unterbadens und Karpats verzahmend reichen sie bis zu einer Tiefe von 944 m, von wo bis 1470 m Tiefe Ottwang folgt.

Petrographische Informationen über die Vulkanite sind in Arbeiten von HERITSCH 1964, 1965, 1966 a,b, 1967 a,b, 1979 nachzulesen.

Zeitlich umfassen sie das Karpat und untere Baden. Ihre Mächtigkeit ist in den Bohrungen St.Nikolai I (1036 m) und Wiersdorf I mit 1062 m am mächtigsten; reduziert (130 m) erscheinen sie in St.Peter I; in Paldau I wurde die Bohrung nach 353,4 m Vulkaniten eingestellt. Die Topfläche der Vulkanite liegt im westlichen Verbreitungsgebiet in Tiefenzonen I und II (Mitterlabill I 373,6 m, St.Nikolai I 186 m),

um dann in Richtung Osten abzusinken (St.Peter I 703 m, Wiersdorf I 730 m, Paldau I 1087 m), von wo sie dann im Raum Gleichenberg bis zur Geländeoberkante wiederum ansteigt.

Die Sedimentabfolgen über den Vulkaniten setzen stets im Unter- bzw. Mittelbaden ein. Auffallend sind die geringen Mächtigkeiten (180 - 190 m) im Raum Mitterlabill/St.Nikolai. Mit dem Absinken der Vulkanitoberfläche nach E nimmt auch die Mächtigkeit des Baden zu (Wiersdorf I 563 m, St.Peter I 668 m), in der Bohrung Paldau I beträgt sie 198 m. Lithologisch sind Tonmergel, Sande (Sandsteine) und vereinzelt Kiese ausgebildet. Im Unter- und Mittelbaden finden sich besonders in der Bohrung Paldau I auch Nulliporenkalke.

Beurteilung des Vulkangebietes Gleichenberg-Mitterlabill-Landorf

Die vorhin unter 1. genannte tertiäre Schichtfolge unter den Vulkaniten kommt 1. aufgrund ihrer großen Tiefenlage, 2. ihrer Lithologie und 3. durch die Überdeckung durch miozäne Vulkanite als Speichergesteine nicht in Betracht. Gleiches gilt auch für die Einheit 2 (miozäne Vulkanite), da sie einen durchaus inhomogenen Gesteinskörper darstellen, der zusätzlich noch stark sekundär umgewandelt erscheint.

Von der Einheit 3 (Sedimente über den Vulkaniten) sind die westlichen Anteile (Raum Mitterlabill-St.Nikolai) wegen ihrer zu geringen Tiefenlage und die östlichen (ab Gnan) zusätzlich aufgrund ihres Kontaktes zu Basalten und dem Aufragen der miozänen Vulkanite bei Gleichenberg bis an die Geländeoberkante auszuscheiden. Das gesamte Sarmat wurde nur in Paldau I mit 742 m Mächtigkeit angetroffen. Nach W zu sind aufgrund der Schichtlagerung mit generellem NE-Fallen immer größere Schichtumfänge der Erosion zum Opfer gefallen. Wiersdorf I (139 m), St.Peter I (35 m) und Mitterlabill I (172,5 m) umfassen nur Teile des Untersarmats. In St.Nikolai I fehlt das Sarmat erosionsbedingt gänzlich. Daraus resultiert generell ein W-SW-Fallen des gesamten Sedimentkörpers. Lithologisch ist das Sarmat in Form von Tonmergeln mit unterschiedlich häufigen und verschieden mächtigen Einschaltungen von Sanden und Kiesen ausgebildet. Im Obersarmat treten noch eolithische Kalke und Kalksandsteine hinzu.

Pamot B (143 m) in Form von Sanden, Kiesen und Tonmergeln mit eingeschalteten Ligniten bildet den stratigraphischen Abschluß in der Bohrung Paldau 1. Als möglicher Speicherbereich verbleibt regional somit nur der mittlere Bereich (Paldau - Wiersdorf - St.Peter), in dem die über dem Vulkanit liegenden Sedimente von N nach S in ihrer Mächtigkeit abnehmend in die Tiefenzonen I - III fallen und im Baden (bis zu 68%) und Sarmat (bis zu 33%) poröse Schichtfolgenanteile besitzen. Im Baden entfallen die porösen Lagen auf Sandsteine, Sand und Nullporenkalke, im Sarmat auf Sande, Kiese und Ooidkalke.

Die Mächtigkeit der einzelnen Lagen kann im Baden durchaus Werte zwischen 10 und 30 m und im Sarmat bis ca. 20 m erreichen.

Strukturmäßig liegt der zuletzt beschriebene Bereich über einer Senkungszone zwischen dem Vulkangebiet von Gleichenberg und dem Raum Mitterlsbühl - St.Nikolai. Dadurch muß in den Sedimenten im Großbereich eher mit Muldenstrukturen zu rechnen sein. Allerdings sind Hochstrukturen im unterlagernden Vulkanit im kleineren Bereich durchaus möglich. Derartige Strukturen waren auch für die Lokalisierung der Ölbohrungen im Bereich der Senke ausschlaggebend. Von dem gesamten Vulkangebiet verbleibt somit lediglich dieses Senkungsgebiet als gewisses Speicher-Hoffungsgebiet, sofern hier tatsächlich Untergrunda-Hochstrukturen geophysikalisch ermittelt werden können. Dieser Bereich besitzt weiters auch noch eine relativ günstige Position zur TAG und TAL.

5.6. Unteres Murtal (Senke des Saßbachtals, steirischer Anteil der Südburgenländischen Schwelle, Westpannonischer Anteil)

Dieser Gebietsabschnitt liegt zwischen dem teilweise begrabenen tertiären Vulkangebiet im Norden und der Staatsgrenze im Süden. Versorgungsstrategisch handelt es sich dabei aufgrund der relativ großen Entfernung zu den Öl/Gas-Leitungen um das ungünstigste Gebiet des Oststeirischen Tertiärbeckens. Weitere Negativfaktoren sind die Nähe zur österreichisch/jugoslawischen Grenze und die Thermalwassernutzung von Radkersburg.

Geologisch erschlossen ist dieser Raum durch die Tiefbohrungen Pichla 1, Mureck 1, Raitlochen 1 und Radkersburg 2. Diese Bohrungen wie auch die Geophysik

lassen dabei von W nach E folgende Strukturelemente erkennen:

- Senke des Saßbachtals (Bohrung Pichla 1)
- Südburgenländische Schwelle, die von St. Anna/Aigen Richtung SW zieht. Auf ihr befindet sich die Bohrung Radochen 1. Die Bohrung Mureck 1 ist an ihrer W-Flanke situiert.
- Westpannonisches Becken, das SE der Südburgenländischen Schwelle liegt und durch die Bohrungen Radkersburg 1, 2 erschlossen ist.

Obertagsgeologie:

Unter den oberflächlich weit verbreiteten Alluvial- und Pleistozänablagerungen wird marines Baden etwa SW bzw. W der Linie St. Nikolai - E Perbersdorf - E Bohrung Mureck 1 angetroffen. Im restlich verbleibenden Gebiet zwischen den Vulkaniten im Norden und der Staatsgrenze im Süden und Osten ist unter dem Quartär bzw. obertags Sarmat anstehend. In der Bohrung Radochen 1 reicht das Baden jedoch noch mindestens bis 20 m unter die Geländeoberkante hereauf.

Untergrundgeologie:

Der Schichtbestand im Bereich der Senke des Saßbachtals wird durch die Bohrung Pichla 1 dokumentiert. Die Bohrung Mureck 1 liegt bereits im Nahbereich der Südburgenländischen Schwelle. Der paläozoische Untergrund in Form von Phylliten wird in Pichla 1 in 1698 m Tiefe und 97 m mächtig dem Kristallin auflagernd angetroffen. Das Tertiär beginnt mit einer 1502 m mächtigen karpatischen Abfolge, der noch 185 m Baden (Unter- und Mittelbaden) folgen. Die Bohrung Mureck 1 vervollständigt das Profil dadurch, daß unter dem 312 m mächtigen Karpat in Ausbildung des "Steirischen Schliers" noch 424 m limnische Sedimente auftreten, die möglicherweise dem Ottwang anzugliedern sind. Nach oben wird das Karpat von 445,5 m mächtigem Baden (Unter-Oberbaden) überlagert.

Die Bohrung Radochen fährt bereits in 171 m Tiefe über 825 m mächtige Tonschiefer und Schwarzschiefer an, denen Baden auflagert. Die geringe Tiefe des Grundgebirges deutet auf die Südburgenländische Schwelle.

SE dieser Schwelle sinkt das Becken wiederum rasch auf Tiefen gegen 2000 m ab. In der Bohrung Radkersburg 2 wird das Paläozoikum in Form von Ton- und Schwarzschiefern in 1885 m Tiefe angetroffen. In diesen Schiefen wie auch dem Prätertiär der Bohrung Radöchen 1 sehen FLUGEL & NEUBAUER 1984 evtl. Äquivalente jener Karbonschiefer, die im Remschalg-Pöbruck-Gebiet dem Altpaläozoikum aufliegen und von Mesozoikum überlagert werden. Erhärtet wird diese Annahme auch dadurch, daß dem 45 m mächtigen 7. Karbon in der Bohrung Radkersburg 2 rote Sandsteine und Konglomerate (=Äquivalente der Griffener- und Werfener Schichten; 1853 - 1885 m) und von 1778 - 1853 m mesozoische helle Kalk, Dolomite und sandige Lagen angetroffen wurden.

Die tertiäre Schichtfolge erschließt dann über 222 m Otnang, 330 m Karpat, 719 m Baden und 507 m Sarmat.

Beurteilung des unteren Murtales (Südkarpaten, des steirischen Anteiles der Südburgenländischen Schwelle und des westpannonischen Anteils)

Der Tertiärbereich über der Südburgenländischen Schwelle scheidet aus Speicherüberlegungen aufgrund seiner zu geringen Tiefenlage aus. Im Bereich von Mureck 1 werden bereits günstige Tiefenbereiche erreicht. Obwohl detaillierte Angaben über die Lithologie der Bohrung fehlen, kann der Tiefenzonenbereich III ebenfalls ausgeschlossen werden, da hier Karpat in Schieferfazies vorliegt. Erst darunter im Otnang (Tiefenzonenbereich IV) könnten vermehrt poröse Schichtanteile vorkommen. Über dem Karpat verbleiben nur Schichten des Unterbadens in der noch möglichen Tiefenzone II, über die allerdings keine lithologischen Detailinformationen vorliegen.

Ausschlaggebend für die Lokalisierung der Bohrung Mureck 1 war eine seismisch wie auch gravimetrisch in NE-Richtung verlaufende Struktur, die bereits mit der nach SW abtauchenden Südburgenländischen Schwelle ident sein kann.

Auch der Bereich der Saßbachsenke ist trotz der spärlichen Informationen (Lithoinformationen nur bis 465 m Teufe) eher negativ zu bewerten, da das 1502 m mächtige und somit in den günstigen Tiefenzonen liegende Karpat vermutlich in "Schlierfazies" ausgebildet ist.

Negativ bewertet wird aus folgenden Umweltgründen, die teilweise auch für zuvor genannte Bereiche gelten, auch der Raum Radkeraburg:

- Versorgungsstrategisch ungünstige Lage
- Grenznähe
- Thermalwassernutzung.

Zusammenfassend ergibt sich daher für den gesamten Bereich eine Negativebeurteilung.

6. Literatur

- BUCHROITHNER, M.F.: Karte der Landsar-Bildlineamente von Österreich 1:500.000, samt Erläuterungen, 16 S., Wien (Geol.B.-A.) 1884.
- EBNER, F.: Der paläozoische Untergrund in der Bohrung Waltersdorf I (S Hartberg, Oststeiermark).- Mitt.Österr.Geol.Ges., 68/1975:5-11, Wien 1978.
- EBNER, F. & GRÄF, W.: Die Bentonitvorkommen der Nordoststeiermark.- Mitt.Abh. Geol.Paläont.Bergh.Landesmus.Joanneum, 38:9-30, Graz 1977.
- FLÜGEL, H. & HERITSCH, H.: Das Steirische Tertiärbecken.- Samml.geol.Führer, 47, 196 S., Berlin (Borntraeger) 1968.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.: Steiermark - Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen, Wien (Geol.B.-A.) 1984.
- FUCHS, W.: Das Steirische Becken und seine Randbuchten.- In: Der geologische Aufbau Österreichs (Ed.R.OBERHAUSER), 462-471, Wien (Geol.B.-A.) 1980.
- HERITSCH, H.: Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen an Vulkaniten aus den neuen Tiefbohrungen von Mitterlsbühl und Walkersdorf, Steiermark.- Anz.österr. Akad.Wiss., math.-naturw.Kl., 1964:409-411, Wien 1964.

- HERITSCH, H.: Mitteilungen über den Fortschritt von Untersuchungen an Vulkaniten aus den Tiefbohrungen von Mitterlabill und Paldau, Steiermark.- Anz.Österr. Akad.Wiss., math.-naturw.Kl., 1965:316-320, Wien 1965.
- HERITSCH, H.: Ein Dazit aus der Tiefbohrung von Mitterlabill östlich von Wildon, Steiermark.- Mitt.naturwiss.Ver.Stmk., 96:43-49, Graz 1966 (1966a).
- HERITSCH, H.: Ein Latit aus der Tiefbohrung von Paldau, westlich von Feldbach, Steiermark.- Mitt.naturwiss.Ver.Stmk., 96:50-58, Graz 1966 (1966b).
- HERITSCH, H.: Eine weitere chemische Untersuchung an dem Latit der Tiefbohrung von Walkersdorf, südlich Ilz, Steiermark.- Mitt.naturwiss.Ver.Stmk., 97:11-13, Graz 1967 (1967a).
- HERITSCH, H.: Eine weitere chemische Untersuchung an dem Quarz-Latit der Tiefbohrung Mitterlabill, östlich Wildon, Steiermark.- Mitt.naturwiss.Ver.Stmk., 97:14-16, Graz 1967 (1967b).
- HERITSCH, H.: Vulkanite aus den Tiefbohrungen von St.Nikolai, Wiersdorf und St.Peter, Oststeiermark.- Mitt.naturwiss.Ver.Stmk., 109:25-32, Graz 1970.
- KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken.- Mitt.Geol.Ges.Wien, 57/1964: 479-532, Wien 1965.
- KOLLMANN, K.: Die erdöl- und erdgashöffigen Gebiete Österreichs.- Steiermark und Südburgenland.- In: Erdöl und Erdgas in Österreich (Ed.F.BACHMAYER), 216-223, Wien (Nat.Hist.Mus.) 1980.
- KRAINER, B.: Zur zeitlichen Einstufung, Stratigraphie und Tektonik im Nordteil des Gleisdorfer Surmatasporns (Oststeiermark).- Mitt.naturwiss.Ver.Stmk., 114:95-106, Graz 1984.
- MOTTL, M.: Die jungtertiären Säugetierfaunen der Steiermark, Südost-Österreich.- Mitt.Mus.Bergb.Geol.Techn.Landesmus.Josanneum, 31, 91 S., Graz 1970.
- SIEMENS, G.: Isogammenkarte des Grazer Beckens; Maßstab 1:500,000.- Unveröff.Österr., Wien 1943.
- VEIT, E.: Zur geologischen Auswertung der von 1933 bis 1945 durchgeführten geophysikalischen Messungen in dem Tertiärbecken Österreichs.- Univ.Ber.RAG, Teil 3: Das Grazer Becken, 13-18, Wien 1950.

- WINKLER-HERMADEN, A.: Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des Steirischen Tertiärs.- Jb.Geol.Reichs-Anst., 53:503-620, Wien 1913.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Gleichenberg (Z. 18 Kol. XIV, Nr.5255).- 164 S., Wien (Geol.B.-A.) 1927.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär.- In: F.X.SCHÄFFER: Geologie von Österreich, 414-524, Wien (Deuticke) 1951.
- ZETINIGG, H.: Die artesischen Brunnen im Steirischen Becken.- Mitt.Abh.Geol. Paläont.Bergh.Landesmus.Jouineum, 43, 211 S., Graz 1982.

IV. Kurzbericht über Literaturerhebungen bezüglich der Struktur

des Prätertiärs bzw. des begrabenen Vulkanismus im

Oststeirischen Becken; betreffend gravimetrische und

geomagnetische Vermessungen (G.WALACH)

Das Institut für Geophysik der Montanuniversität beschäftigt sich seit rund 20 Jahren mit gravimetrischen und magnetischen Untersuchungen im Gebiet des Oststeirischen Beckens. Neben bereits publizierten Arbeiten existieren daher zahlreiche unveröffentlichte Berichte, Manuskriptkarten u.a., woraus sich ein nahezu lückenloses Bild der Großstrukturen dieses Gebietes gewinnen läßt.

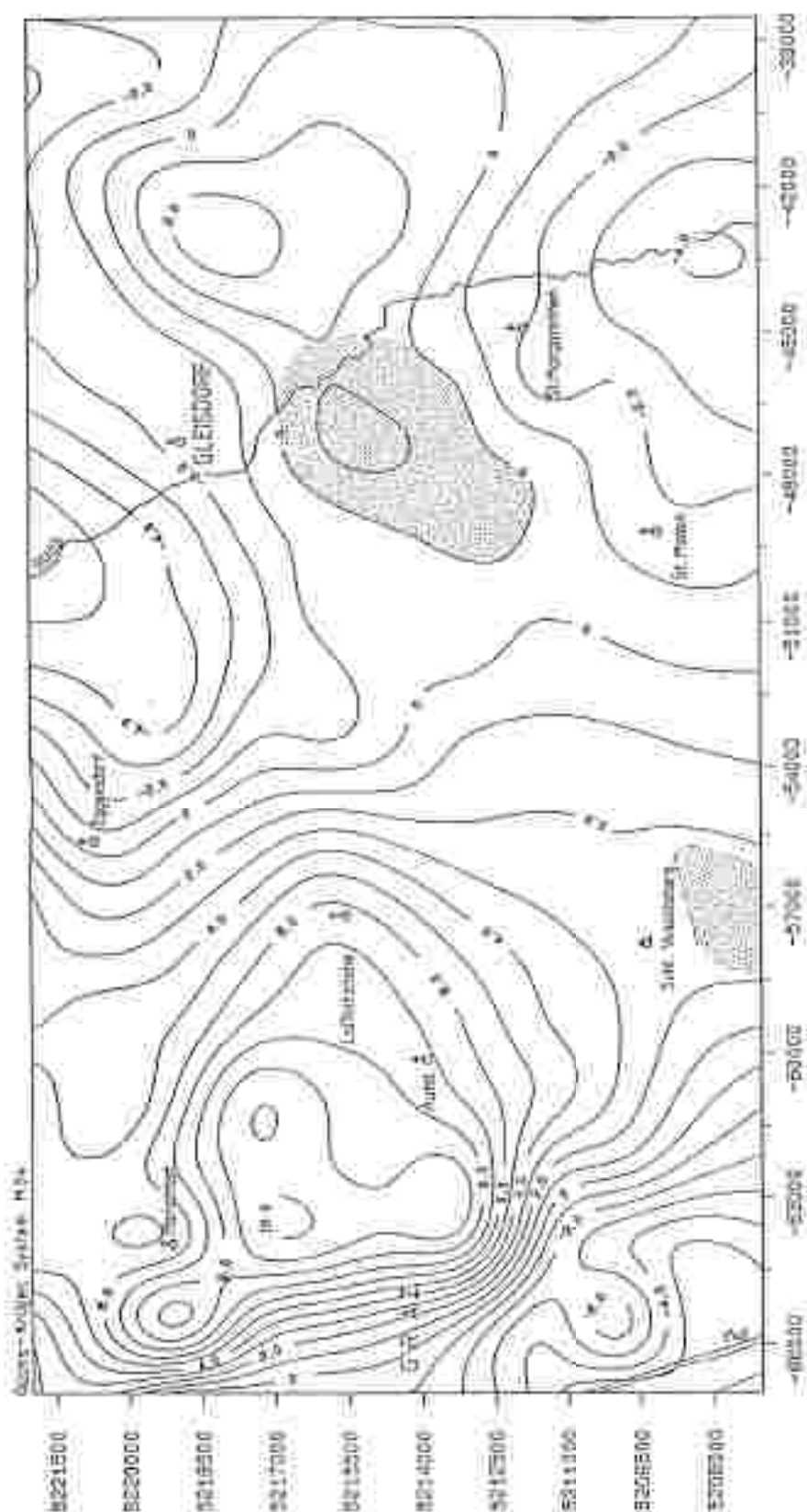
Im folgenden wird unter Anführung der zugrunde liegenden Unterlagen eine übersichtsmäßige Darstellung jener Strukturelemente des Untergrundes gegeben, die zur Bildung von möglichen Gasspeicherstrukturen in ihrem Hangenden geführt haben können. Auf die Anführung von Details wird weitgehend verzichtet – vielmehr werden nur die ungefähre flächenmäßige Abgrenzung bzw. Ausdehnung und die Tiefenlage angegeben. Die besprochenen Strukturen sind in Abb.9 (Hochlagen des Prätertiärs; begrabene Vulkanite) übersichtsmäßig dargestellt.

1. Hochlagen des prätertiären Untergrundes

Literatur: 2, 6, 11, 12, 13, 14

Die bisherigen geophysikalischen Kenntnisse, insbesondere aus der Gravimetrie resultierend, lassen 3 größere Hochlagen des Prätertiärs erkennen:

1. Das Strukturhoch von Waltersdorf erstreckt sich über eine Fläche von rund 25 km². Westlich davon schließt sich eine etwa NNE verlaufende Schwelle an ("Schwermachse von Hz-Ebersdorf"), die in einem lokalen Hoch mit Zentrum Neusiedl eine Kulmination hat (WALACH & WEBER, in Vorb.). Mit dem Tiefenwert der Bohrung Waltersdorf von 1100 m als Bezug, ergibt sich für die Struktur Neusiedl ein Tiefenwert von 700 – 800 m. Nach den Ergebnissen der Magnetik (WALACH, in Vorb.) ist jedoch nicht auszuschließen, daß die Struktur Neusiedl auf einen Eruptionschlot des miozänen Vulkanismus zurückgeht.

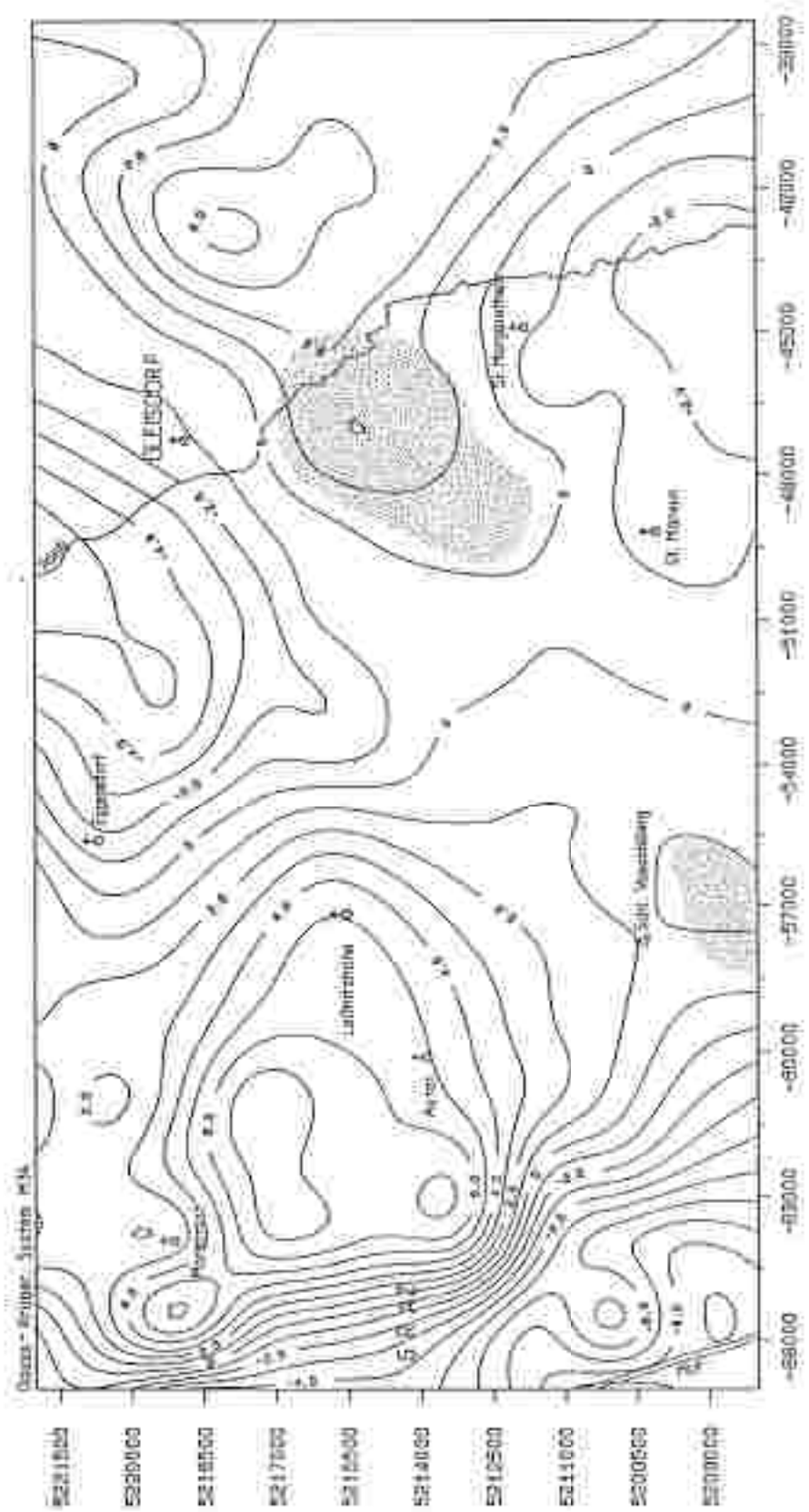


SCHWEREKARTE BOUGUERANOMALIEN Raum GRAZ - GLEISDORF

Abb. 7

Strukturhöhen des Untergrundes
im Tiefenbereich 500 - 1000 m

Bougueranomalien berechnet nach:
 - System Schweresystem: 1980
 - Bezugsniveau: Seehöhe 300 m
 - Topographische Reduktion 0-20 km
 - Reduktionsdichte: 2000 kg m⁻³
 Werte in mGal



SCHWEREKARTE
(RESTFELD)
 Raum GRAZ - GLEISDORF
 Abb. 8

Strukturhöhen des Untergrundes
 im Tiefenbereich 500 - 1000 m

Baugerinnungen bezeichnet nach:
 Gärter Schweregrad III: 1980
 Bezugswert: Seehöhe 300 m
 Topographische Reduktion 0 - 20 km
 Reduktionsdichte 2000 kg.m⁻³
 Werte in mÜNN
 Etages Regionalität

2. Ein markantes Strukturhoch tritt etwa 5 km östlich bis südöstlich von Gleisdorf auf. Durch die RAG-Bohrung Arnwiesen 1 ist bekannt, daß diese Struktur in ihrem nördlichen Bereich von weniger als 500 m mächtigen Sedimenten überlagert wird. Interessant ist, daß nach WALACH & WEBER 1983 im Raum Sulz-Hofstätten ein zweites lokales Hoch folgt, in dessen Bereich das Top Prätertiär rund 200 m tiefer als in der in Arnwiesen 1 erbohrten Hochlage liegt, womit sich eine Tertiär-mächtigkeit von > 500 m abzeichnet.
3. Eine weitere markante Hochlage des Prätertiärs streicht etwa NS und liegt im Gebiet Schloß Vasoldsberg-Liebensdorf-Allerheiligen. Moderne Bearbeitungen (WEBER & WALACH 1983) haben diese Struktur nur in ihrem nördlichsten Abschnitt verifiziert, doch läßt die alte gravimetrische Aufnahme (SIEMENS 1943) eine ungefähre Abschätzung ihrer flächenmäßigen Ausdehnung zu. Tiefenangaben sind hier etwas unsicherer, doch weist ein Vergleich mit der Gleisdorfer Struktur bzw. den anstehenden Kalken im Raum Wildon auf eine Tiefe von mindestens 800 m des Prätertiärs hin. Als maximale Tiefe können 1500 m angegeben werden.

Zwecks einer eindeutigen Verifizierung müssen im Bereich der Strukturen I und II geringfügige, im Bereich der Struktur III jedoch im größeren Umfang gravimetrische Ergänzungsmessungen erfolgen.

2. Begrabene Vulkane des miozänen Zyklus

Literatur: 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13

In den vergangenen Jahren wurde insbesondere der begrabene Schildvulkan von Ilz/Kalsdorf nach wechselnden Fragestellungen bearbeitet und erfaßt. Das Top der an eine WNW-Spalte gebundenen 3 Eruptionsschlote liegt in rund 1000 m Tiefe - die Ausdehnung mächtigerer Vulkanitdecken beträgt mehr als 50 km².

Auch das Gebiet des komplexen Vulkansystems von Mitterlabill-Landorf-St.Nikolai ist nach der aeromagnetischen Karte (Lit.5) sowie älteren (Lit.7) und jüngeren bodenmagnetischen Vermessungen (Lit.3) gut abzugrenzen. Die sedimentäre Überlagerung beträgt nach Modellberechnungen über weite Strecken weniger als 500 m, was auch durch die Ergebnisse der Tiefbohrungen bestätigt wird.

Bei Bedarf kann durch eine detailliertere Auswertung der Aeromagnetik der begrabenene Vulkanismus sehr genau abgegrenzt werden. Insbesondere über das Gebiet Ilz-Kalsdorf steht eine Detailbearbeitung und Publikation (Lit.11) knapp vor dem Abschluß.

Danach sind ergänzende bodenmagnetische Vermessungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Verwendete Literatur

1. FORBERGER, K. und METZ, K.: Magnetische Bodenforschungen des geologischen Institutes der Montanistischen Hochschule, Leoben. III. Magnetische Bodenforschungen im Gebiete zwischen Leibnitz und Radkersburg.- Berg- und Hüttenmänn.Monatsh., 87, 3:61-66, Wien 1939.
2. LAHOVNIK, P., MEYER, R. und WALACH, G.: Gravimetrische und Bodenmagnetische Karte (Vertikalintensität) des Raumes östlich Graz-Gleisdorf-St.Marein-Hausmannstätten.- Interner Bericht, Forschungsgesellschaft Joanneum, Leoben-Graz 1985.
3. LANZ, W.: Magnetische Messungen (Totalintensität) im Bereich der Erdölaußschlußbohrungen Mitterlabill und St.Nikolai/Südsteiermark.- Unveröff.Diplomarbeit, Leoben 1982.
4. NOVAK, H.: Modellrechnungen zur Aufsuchung von Ölfallen vom "buried-hill-Typ" mittels magnetischer Methoden mit Anwendungen aus dem Raum westlich von Fürstenfeld.- Unveröff.Diplomarbeit, Montanuniversität Leoben, 1980.
5. SEIBERL, W. u.a.: Aeromagnetische Karte von Österreich M 1:200.000, Flughorizont 1000 m; Niederösterreich, Burgenland, Steiermark, GBA Wien 1983.
6. SIEMENS, G.: Geologisch-gravimetrische Übersichtskarte des steirischen Beckens, 1:500.000.- Unveröff.Bericht, 1943.
7. TOPERCZER, M.: Erdmagnetische Bodenuntersuchungen in der Südoststeiermark.- Berg- u.Hüttenmänn. Monatsh., 92, 10/11:157-165, Wien 1947.
8. WALACH, G.: Karte der magnetischen Vertikalintensität im Gebiet Waltersdorf (Stmk.).- (unveröff.), Leoben 1973.

9. WALACH, G. und WEBER, F.: Karte der magnetischen Vertikalintensität im Gebiet von Gleisdorf (Stmk.).- (unveröff.), Leoben 1973.
10. WALACH, G.: Gesteinsphysikalische Untersuchungen an Vulkaniten der Tiefbohrungen Walkersdorf, Mitterlobill und Paldau (Steirisches Becken).- Anz. Akad.Wiss., math.-naturw.Kl., Nr.6, Wien 1976.
11. WALACH, G.: Der Vulkanismus am Westrand des Fürstenfelder Beckens im Lichte gravimetrischer und magnetischer Meßergebnisse (Publikation in Ausarbeitung).
12. WALACH, G. und WEBER, F.: Grundlegende gravimetrische Vermessung des Steirisch-Burgenländischen Tertiärbeckens (Nordostabschnitt) als Basis für eine geophysikalische Landesaufnahme (Projekt StA 62), Endbericht 1984 (in Ausarbeitung).
13. WEBER, F. und WALACH, G.: Bericht über die geophysikalischen Untersuchungen für die Geothermiebohrung Fürstenfeld.- Unveröff.Bericht, Forschungsgesellschaft Joanneum, Leoben-Graz 1981.
14. WEBER, F., SCHMID, Ch. und WALACH, G.: Kohleprospektion in ost- und weststeirischen Tertiärgebieten (Projekt StA-4c), Endberichte 1981-1982, Forschungsgesellschaft Joanneum, Leoben-Graz 1982-1983.

V. Projektaussage

Für eine Lagerung von Erdgas in natürlichen Reservoirgesteinen der Oststeiermark kommen, da ausgeforderte Erdöl/Erdgas-Lagerstätten nicht zur Verfügung stehen, nur Aquifer-Speicher in Frage. Für diesen Speichertyp wurden aufgrund der durchgeführten Literaturrecherchen folgende Parameter als wesentlich und als Grundlage für durchzuführende Gebietsbewertungen erkannt:

- gute Permeabilität:

Das Speichergestein muß primär gute Durchlässigkeiten aufweisen, d.h., es muß einen hohen Anteil an nutzbarem Porenvolumen besitzen. Dies ist notwendig, um einen großen Speicherinhalt zu erhalten und auch den Speicher wirtschaftlich nutzen zu können. Bei einem großen nutzbaren Porenvolumen kann nämlich der Einpreßdruck beim Einpressen des Speichergutes wesentlich geringer sein als bei einem geringen nutzbaren Porenvolumen. Dies wirkt sich positiv auf Einpreß- und Entnahmezzeit und somit letztlich auf die Betriebskosten aus.

Die Feststellung der Durchlässigkeitskennwerte und des nutzbaren Porenvolumens ist erst nach Auswertung spezieller elektrischer Bohrlochmessungen möglich. Diese Aussage kann aber erst nach Abteufen einer Bohrung gemacht werden, die den projektierten Speicherhorizont durchörtert hat und davon Bohrkerns entnommen wurden. Aus den Bohrkernen kann durch Laborversuche das nutzbare Porenvolumen endgültig festgestellt werden.

- sichere Abdeckung:

Der vorgesehene Speicherhorizont muß eine geeignete Abdeckung aufweisen. Sie muß flächenungetört über die projektierte Speicherstruktur hinausgehen und soll auch eine Mindestmächtigkeit besitzen. Außer diesen räumlichen Voraussetzungen soll auch die Qualität der Deckschichte besonders geeignet sein, d.h., sie soll eine möglichst dichte Konsistenz aufweisen und derart beschaffen sein, daß sie gegenüber dem initialen Aquiferdruck einen höheren zusätzlichen Druck

aufnehmen kann. Darum sollten bei der Abdeckschicht keine tektonischen Störungen (Klüfte) oder fazielle Änderungen (Sandeinlagerungen) zu erwarten sein. Je größer die Mächtigkeit der Abdeckschicht ist, desto mehr kann der initiale Aquiferdruck beim Einpressen überschritten werden, ohne daß unkontrollierbare Abwanderungen des eingepreßten Speichergutes zu erwarten sind.

- Form der Speicherstruktur:

Bei Aquiferspeichern werden nur Antiklinalformen gegenüber tektonisch bedingten Formen vorgezogen. Diese sind besonders für die Errichtung von künstlichen Speichern geeignet, da sie eine Erhöhung des initialen Lagerstättendrucks durch die ungestörte Abdeckung ohne weiteres verkräften könnten.

Außerdem ist durch die Form der Struktur die Größe des Inhaltes relativ genau festzulegen. Bei sehr flachen Strukturen kann bei geringfügiger Überschreitung des geschätzten Inhaltes ein Teil des Speichergutes abwandern und sich in anderen benachbarten mehr oder minder großen Antiklinalstrukturen sammeln.

Dies war beim ersten Aquiferspeicher der BRD, dem Speicher Engelbostel (BRD, 1953) der Fall, da der als Speicher verwendete Sandhorizont eine nur sehr flache Antiklinale aufwies.

Tektonisch bedingte Lagerstätten, die nach Entnahme des primär vorhandenen Inhaltes, Erdöl oder Naturgas, wieder als Speicher verwendet werden, dürfen bei der Einspeicherung nicht über den initialen Lagerstättendruck aufgepreßt werden. Es besteht die Gefahr, daß bei einem solchen überhöhten Einpreßdruck tektonische Zonen, die die Lagerstättenbegrenzung bilden können, gängig gemacht werden können und dadurch Speichergut unkontrolliert abwandert. Dieses abgewanderte Speichergut wandert in höhere poröse Schichten und kann sogar in das Grundwassersystem gelangen. Außerdem sind solche Speicher für weitere Lagerungen von Speichergut nicht mehr geeignet, da das Speichergut immer wieder unkontrolliert abwandern kann.

- Wirtschaftlichkeit:

Neben geologischen und lagerstättenmäßigen Voraussetzungen sind auch wirtschaftliche Bedingungen von wesentlicher Bedeutung. Während die eventuellen Aufsuchungskosten und Einrichtungskosten oft hoch sind, aber nur einmalig aufgewendet werden müssen, sind die Betriebskosten ein Aufwand, der während der gesamten Arbeitsdauer des Speichers auftritt. Um sie zu verringern, soll der Aquiferspeicher in einer der verlangten Speichermenge entsprechende Tiefe liegen. Dadurch werden die Speicherkosten (Einpressen, Entnahme, Umweltschutz) in einem günstigen Verhältnis stehen.

- Lage:

Weiters soll der Speicher nach Möglichkeit in der Nähe des Verbraucherzentrums und einer Fernleitung liegen, aus der das Naturgas zum Speichern entnommen wird.

Dadurch können alle Arten von Leitungen, die unter einem hohen Druck stehen, gut kontrolliert und somit auch das Sicherheitsrisiko minimiert werden.

Die zuvor genannten Parameter waren gemeinsam mit der gesamten regional-geologischen Situation die Grundlage für die Beurteilung möglicher Gasspeicher-Regionen der Oststeiermark.

Der vorliegende Projektbericht ist dabei lediglich als Vorstudie zu werten, die Räume ausweisen soll, in denen aufgrund des derzeitigen Kenntnisstandes weitere Detailstudien im Hinblick auf Untertage-Speichermöglichkeiten gerechtfertigt erscheinen.

Die exakte Festlegung bestimmter Speicherhorizonte und Ermittlung deren Fassungsvermögen ist derzeit aufgrund der relativ geringen Anzahl von Bohrungen und dem Fehlen spezieller gesteinsphysikalischer Kenndaten (Porosität, Permeabilität) der möglichen Speicherhorizonte nicht durchführbar.

Weiters fehlen zur Abklärung der Strukturen teilweise noch detaillierte geophysikalische Untersuchungen.

Für die in Kapitel III/5 angeführten Teilbereiche des Steirischen Tertärbeckens wird die in Tab. 1 veranschaulichte Beurteilung hinsichtlich ihrer Untertagegrosspeicher-Eignung gegeben.

Als Prospektionsgebiete für Aquiferspeicher scheiden die in der Tabellenrubrik Gesamtbeurteilung mit "x" klassifizierten Gebiete aufgrund der im Kapitel III/5 näher angeführten Faktoren von vornherein aus. Als mögliche "x" Prospektionsbereiche verbleiben aufgrund der in Kapitel III/5 ausführlich behandelten Geo-Situation die Bereiche:

- Nordwestteil des Gnaser Beckens (Gleisdorf-Vasoldsberg-Wildon)
- Tertiärsedimente über dem begrabenen Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kaisdorf.

In abgeschwächter Form sind unter bestimmten, in Kapitel III/5 näher angeführten, Umständen noch folgende Bereiche möglich:

- zentraler Teil des Gnaser Beckens
- Strukturhoch SW Waltersdorf
- Einsenkung der Vulkanite zwischen Gleichenberg und Mitterlabill.

Für jeden dieser Gebietsbereiche müßte vor weiteren Schritten in Zusammenarbeit zwischen Geologen, Geophysikern (Mitarbeit der ÖMV und RAG unbedingt erforderlich) ein detailliertes Untersuchungsprogramm festgesetzt werden. Priorität müßte bei weiteren Arbeiten einer Detailgeophysik (sofern nicht schon bei ÖMV und RAG vorhanden oder verfügbar) zur Bewertung der Untergrundstrukturen zukommen. Erst darauf kann ein Bohrprogramm basieren, das nach den erforderlichen Bohrlochmessungen und gesteinsphysikalischen Voruntersuchungen zu einer Qualifizierung und Quantifizierung möglicher Speicherhorizonte führt.

VI. Dokumentation

1. Auflistung der Stratigraphie, Mächtigkeiten und porösen Schichtanteile in den Tiefbohrungen (Tab. 2 - 23).
2. Stratigraphische Profile der Tiefbohrungen im Oststeirischen Becken (Abb. 10).
3. Geologische Schnitte durch das oststeirische Becken (Abb. 11 - 15).

Tab. 2

Bohrung: WOLLSDORF 1
OMV 1983

Seehöhe: 366,8 m

Endteufe: 800 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			Gesamtanteil m	%	Anteil m	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär								
Pannom	98	98	20	20	4	2-7		
Sarmat	280	182	52	29	11	1-21		
Hälsan	413	133	32	43	5	3-31		
Hälsan	560	112	35	100	1	35		
Karpat	582							
Ordung								
Mesozoikum								
Paläozoikum	800	218						
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Gasführung in Nulliporenkalken des Mittelbadens.²Ausbildung Gasle Baden: Konglomerate/Brekzien.

Tab. 3

Bohrung:	LUDERSDORF 1
	ÖMV 1982
Seehöhe:	369,73 m
Endteufe:	1148 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzelagen		Vulkanite	
			m	%	An- zahl	Mächtigk. m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär								
Pannon	128	128	53	41	6	2-8		
Sarmat								
Ober-								
Mittel-	302	315	31	18	3	6-13		
Unter-		141	11	8	6	1-4		
	443							
Baden								
Ober-	548	109	61	43	7	2-42		
Mittel-	593	45 ¹						
Unter-		182 ²						
	775							
Karpat								
Ottomány								
Mesozoikum								
Paläozoikum								
Karbonat	1148	373						
Vulk./Klast.		373						
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Gasführung in Nulliporenkalken des Mittelbadens:

547,2 - 556,9 m 8,7 m Gas

556,9 - 560,2 m 3,2 m Salzwasser und Gas

²Ausbildung Basis Baden: Konglomerate/Brekzien.

OHT: 548,3 - 593,7 m (Nulliporenkalk, Mittel-Oberbaden): 1050 l Salzwasser und Gas.

Tab. 4

Bohrung:	LUDERSDORF 2 ÖMV 1983
Seehöhe:	352,04 m
Endteufe:	557,5 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	An- zahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	17	17						
Pannon	98	70	13	17	4	2-3		
Sarmat	245	250	149	47	31	12		
			110	23	21	6		
Alpidon	355	202	100					
	455		20 ¹					
	475		82,5 ²					
Karpat	557,5							
Ortnang								
Mesozoikum								
Paläozoikum								
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Gasführung in Nullporenkalken des Mittelbades.²Ausbildung Basis Baden Konglomerate/Brekzien.

Tab. 5

 Bohrung: ARNWIESEN I
 RAG 1984

Seeshöhe: 349,31 m

Endtiefe: 951,7 m

Stratigraphie	Tiefe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	An- zahl	Mächtigk. m	Tiefe m	Mächtigkeit m
Quartär								
Pannon								
Sarmat	Ober-	148,4	44	29	8	2-15		
		312,8						
	Mittel-	184,4	4	1,2	2	2		
	Unter-	312,8						
Baden	Ober-	27,8	5	18	1	3		
	Mittel-							
	Unter-							
Karpat								
Ottomány								
Mesozoikum								
Paläozoikum	Karbonat	611,1 ²						
	Vulk./Klast.							
Kristallin								

Anmerkungen:

¹ Ausbildung Basalt Baden: 1 m Konglomerate/Brekzien
² Profil Paläozoikum: 68,4 m Flaserkalk
 88,2 m Tonschiefer
 454,5 m Kalk/Dolomit

 OHT: 321,0 - 330,0 m (Nulliporenkalk, Mittelbaden): 70', 920 l Salzwasser.
 921,0 - 951,8 m (Kalk, Devon): 50', 2750 l Salzwasser (Kluftporosität).

Tab. 6

Bohrung: WALTERSDORF 1
RAG 1975

Seehöhe: 310,94 m

Endteufe: 1551,8 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile		Einzellagen		Vulkanite	
			Gesamtanteil		Zahl	Mächtigkeit	Teufe	Mächtigkeit
			m	%		m	m	m
Quartär		0,4						
	0,4							
Pannon		57,1	5	9	1	5		
	57,5							
Sarmat	Ober-	231,5	130	56	21	1-29		
	Mittel-	417,5	251	60	33	1-29		
	Unter-	L						
	289,0	649						
	706,5							
Baden	Ober-	191	73	57	8	1,5-17		
	Mittel-	44,1	9	8	1	9		
	Unter-	129,2	53	41	10	1-13		
	897,5	387,5						
	941,6							
	1070,8	23,2						
	1094,0							
Karpat								
Ottomány								
Mesozoikum								
Paläozoikum	Karbonate	145						
	Vulk./Klast.	275,5						
	420,5							
	1514,5							
Kristallin	1551,8	37,3						

Anmerkungen:

¹ Ausbildung Basalt Unterbadener Konglomerate/Brekzien.

OHT: 846,0 - 861,0 m (Sand, Sandstein, Oberbadener): 103', 5.500 l Salzwasser.

1010,0 - 1025,0 m (Sand, Sandstein, Unterbadener): 90', 6.300 l Salzwasser.

Tab. 7

Bohrung: BLUMAU 1
RAG 1979

Seehöhe: 273,98 m

Endteufe: 1908,2 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile				Vulkanite	
			Gesamtanteil		Einzellagen		Teufe m	Mächtigkeit m
			m	%	Anzahl	Mächtigkeit m		
Quartär		9						
Pannón	9	86,4	25	29	6	1-16		
	99,4							
Sarmat	309,7	912,6	214,3	60	25	1-33		
			698,3	45	82	1-27		
Ilinden	1008		177 ¹	69	40	1-11		
	1185	708	307	67	44	1-19		
	1492		216 ²	12,5	13	1-7		
	1708		8					
	1716							
Sarpat								
Ottmang								
Mesozoikum								
Paläozoikum								
Karbonat		192,2						
Vulc./Klast.	1908,2	192,2						
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Mächtigkeitswert von 177 m beinhaltet Rotalla-Cibicides und Bulvina-Bolivina-Zone, 307 ist Mächtigkeit der Sandachaler-Zone.

²Ausbildung Basis Unterbadem: Konglomerate/Brekzion.

OHT: 1640,0 - 1648,0 m (Sand, Sandstein, Unterbadem): 88', 4.950 l Salzwasser.

Tab. 8

Bohrung: BLUMAU in
RAG 1979

Seehöhe: 273,98 m

Endteufe: ca. 2900 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteil		Einzelagen		Vulkanite	
			Gesamtanteil m	%	Anzahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	9	9						
Pannon	95,4	86,4	25	29	6	1-16		
Sarmat	309,7	214,3	129	60	25	1-33		
		912,6	698,3	317	45	82	1-27	
Illyrien	1008 ¹	~ 750						
Karpat		~ 900 ²						
Ottnang								
Mesozoikum								
Paläozoikum	3046	~ 250						
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Bohrung ab 1001,5 m abgelenkt bis Endteufe 3046 m.²Konglomeratreiche Gruppe.

Tab. 9

Bohrung:	FÜRSTENFELD 1
	Stadt Fürstenfeld 1984/85
Seeshöhe:	263,96 m
Endteufe:	3145,0 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	Ant. zahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	5,8	5,8						
Pannón		186,5	50	25	17	1-11		
Sarmat	192,3	698,1	311	57	99	1-25		
Hudon	1090,4	51,3	138	59	30	1-21		
	1322,9							
	1637,8							
	2241,7							
Karpat	2745,5	503,8 ¹	13	2,6	2	6-7		
Orenang								
Mesozoikum								
Paläozoikum	3145,0	399,5	338,5					
		60						
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Konglomeratreiche GruppeOHT: 2750,0 - 3145,0 (Dolomit, Phyllit, Paläozoikum): 190¹, 3600 l Salzwasser (109°C bei 2730 m Teufe).

Tab. 10

Bohrung: **WALKERSDORF 1**
RAG 1964Seeshöhe: **290,14 m**Endteufe: **2143 m**

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile				Vulkanite	
			Gesamtanteil m	%	Einzellagen Anzahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	3	3						
Paläozoikum	20	17						
Sarmat	720	700	112	21	17	1-74		
Ober-								
Mittel-		L						
Unter-								
Baden	970	666	250	50	9	2-60		
Ober-		L						
Mittel-								
Unter-		416 ¹					1046 1156	110
Karpat	1386	703 ²						
Ordnung	2089							
Mesozoikum								
Paläozoikum	2143	54						
Karbonate								
Vulk./Klast.								
Kristallin								

Anmerkungen:

¹ Unterbaden-Sedimentanteil über Vulkanit 76 m mächtig.² Konglomeratgruppe1285,95 - 1301,05 (Sondetein, Baden): 70³, 209 | Salzwasser und Lignoinspuren.

Tab. 11

Bohrung: OBERSBACH 1
RAG 1958/59

Seeshöhe: 270,75 m

Endtiefe: 2694 m

Stratigraphie	Tiefe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile				Vulkanite			
			Gesamtanteil		Einzellagen		Tiefe m	Mächtigkeit m		
			m	%	Anzahl	Mächtigkeit m				
Quartär	8	8								
Pannon		201	24	12	3	2-12				
Sarmat		1023	814	359	44	79	1-32			
										Ober-
	Mittel-									
		Unter-								
Kalen	1235	213 ¹	85	40	31	1-10				
	1421	559	185 ¹	70	38	23			1-9	
	1465	44	2	4,5	1	2				
	1582	117 ²								
Karpat	2346,5	764,5 ³								
Ottwang	2636	289,5								
Miozän										
Paläozän	2694	58								
		Karbonat								
		Vulk./Klast.								
Kristallin										

Anmerkungen:

¹Mächtigkeitwert 213 gilt für Rotalla-Cibicides und Bulimina-Bolivina-Zone;
185 für Sandschaier-Zone.²Ausbildung Basis Unterbaden: Konglomerate/Brekzien.³Konglomeratreiche GruppeSarmat-Ottwang: verschiedn stark hör- und sichtbare Gesamttritte.
2386 - 2390 (Ottwang): Ölprägnationen, Ölgeruch.

Tab. 12

Bohrung: **BINDERBERG I**
RAG 1972

Seehöhe: 312,21 m

Endteufe: 1728,7 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			Gesamtanteil m	%	Anzahl	Mächtigk. m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär								
Pannón		358,4	90					
Sarmat	Ober-							
	Mittel-	730,6	224	31				
	Unter-	1089,0						
Hudon	Ober-		15,5	2,9	19	1	2,9	
	Mittel-	1104,5	136	11,5	0	0		
	Unter-	1116,0	109	7	6	7	0,25 = 2,9	
		1225,0						
Karpat		1645,4	420,7 ¹					
Ottomány								
Mesozoikum								
Paläozoikum	Karbonat							
	Vulk./Klast.	1728,7	83,10					
			83,10					
Kristallin								

Anmerkungen:

¹ Konglomeratreiche Gruppe mit 13,1 m Rotleimen an der Basis.CT: 1370 - 1544 m (Karpat): 24^h, 50.000 - 70.000 Nm³, Salzwasser.1380 - 1385 m (Karpat): 34^h, 25.000 l, Salzwasser.1516 - 1551 m (Karpat, Sandstein): 3,5^h, 2.000 l Salzwasser.

Tab. 13

Bohrung: **PALDAU 1**
RAG 1964Seehöhe: **309,54 m**Endteufe: **1440,4 m**

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	Anzahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	4	4						
Pannon	147	143	44	31	15	1-9		
Sarmat	638	491	170	33	75	1-18		
		742						
		251	52	21	20	1-6		
Baden	994,5	I						
		198	23	22	11	1-5		
		92,3	13,5	15	5	2-3		
Karpat	1087	353,4					1087	353,4
Ordnung	1440,45						1440,45	
Mesozoikum								
Paläozoikum								
Kristallin								

Anmerkungen:

Tab. 14

 Standort: PERLSDORF F 1067
 RAG

Seeröhe: ca. 299 m

Endteufe: 226 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	Lager- zahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	3	3						
Pannon								
Sarmat								
Ober-	179,3 210,3 226	176,3 ¹						
Mittel-								
Unter-								
Dakota		56,7						
Ober-								
Mittel-			41,0				210,3	
Unter-			15,7				226,0	15,7
Küppel								
Ottomány								
Mesozoikum								
Paläozoikum								
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Mächtigkeitswert 176,3 gilt für Obersarmat - Dolivina-Dolivina-Zone.

Tab. 15

Bohrung: MITTERLABILL 1
RAG 1964

Seeshöhe: 305,06 m

Endteufe: 1783,6 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	Anz. zahl	Mächtigk. m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	9	9						
Pannon								
Sarmat								
Ober-	181,5	172,5	172,5	32	19	16	1-5	
Mittel-								
Unter-								
Bukovin	233,6	192,1	52,1	0	0		373,6 927 ¹ 1658 ¹	553,4 731,0
	373,6		140,0	19	14	5		
			L			2-7		
Karpat	1658	1284,4						
Ordnung	1783,6	125,6						
Mesozoikum								
Paläozoikum								
Karbonace								
Vulk./Klast.								
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Ab 927 m Vulkanite in Wechsellagerung mit karpatischen Sedimenten der konglomeratreichen Gruppe.

Tab. 16

Bohrung: ST.NIKOLAI 1
ÖMV 1978

Seehöhe: 304,51 m

Endteufe: 1274,8 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzeilag.		Vulkanite	
			m	%	An- zahl	Mächtigk. m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	5	5						
Pannon								
Sarmat								
Ober-	80		75	28	37	3	186	1036
Mittel-		181	70	36	53	8		
Unter-		150 186	38	9,5	26	1		
Karpat	1222	1036					1222	
Ottomány								
Mesozoikum								
Paläozoikum	1274,8	52,8						
Karbonate:								
Vulk./Klast.		52,8						
Kristallin								

Anmerkungen:

Tab. 17

Bohrung: WIERSDORF 1
ÖMV 1978

Seehöhe: 284,35 m

Endteufet: 1941,9 m

Stratigraphie	Teufe: m	Mächtigkeiten: m	poröse Anteile		Einzelagen		Vulkanite	
			Gesamtanteil m	%	Anz. zahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär	8	8						
Patton								
Sarmat								
Ober-	147	139	34	24	8	1-9		
Mittel-								
Unter-								
Baden	375	228	58	25	12	1-19		
	475	100	49	49	7	4-13		
	730	255	75	33	18	2-10		
	730						730	
Karpat	1792	1062					1792	1062
Ottmang								
Mesozoikum								
Paläozoikum	1808	16						
Kristallin	1941,9	133,9						

Anmerkungen:

CT: 495,0 - 510,0 m (Sandstein, Oberbaden): 225°, 2.900 l Salzwasser.

OMT: 766,2 - 1939 m (Vulkanit/Karpat, Phyllit/Paläozoikum; Kristallin/Glimmerschiefer)
240°, 3.100 l Salzwasser.

Tab. 18

 Bohrung: ST. PETER 1
 ÖMV 1978

Seeshöhe: 321,42 m

Endteufe: 992,6 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse		Anteile		Vulkanite	
			Gesamtanteil		Einzellagen		Teufe	Mächtigkeit
			m	%	Anzahl	Mächtigkeit	m	m
Quartär								
Pannon								
Sarmat	Ober-							
	Mittel-	35						
	Unter-	35						
	35							
Baden	Ober-	257	161	62	25	1-27		
	Mittel-	292	63	35	5	2-11		
	Unter-	355	348	54	68 ¹	7	4-9	
	703							
Karpat	833	130					703 833	130
Ordnung								
Mesozoikum								
Paläozoikum	Karbonate							
	Vulk./Klast.	992,6	159,6					
Kristallin								

Anmerkungen:

¹ Porositätsangaben beziehen sich nur bis zu einer Teufe von 435 m.

CT: 310-315 m (Sandstein, Mittelbadeni); 1700 l Salzwasser.

Tab. 19

Bohrung: PERBERSDORF 1
VAN SICKLE 1953

Seeshöhe: 255,085 m

Endteufe: 1477 m

Stratigraphie	Tiefe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			Gesamtanteil m	%	Anzahl	Mächtigkeit m	Tiefe m	Mächtigkeit m
Quartär	7	7						
Pannon								
Sarmat								
Ober-								
Mittel-	156							
Unter-								
Baden								
Ober-	501	494	149					
Mittel-		345						
Unter-						354-444	110 ¹	
Karpat	944	443 ²				501-525 634-638	24 ¹ 208	
Ordnung	1470	526						
Mesozoikum								
Paläozoikum	1477	7						
Karbonate		7						
Vulk./Klast.								
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Mit Sedimenten wechsellagernd.²Steirischer Schlier

Tab. 20			Bohrung: PICHLA 1 ÖMV 1978				
			Seeshöhe: 250,61 m				
			Endteufe: 1817,7 m				

Stratigraphie	Tiefe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile				Vulkanite						
			Gesamtanteil		Anteil Einzellagen		Tiefe m	Mächtigkeit m					
			m	%	Anzahl	Mächtigkeit m							
Quartär	11	11											
Pannon													
Sarmat		Ober-											
		Mittel-											
	Unter-												
Baden	46	185	35	5	14	2	1-5						
									Mittel-				
									Unter-	150	5	3	2
Karpat	196	1502 ^a	65	27 ¹	9	2-15							
Ottomány	1698												
Mesozoikum													
Paläozoikum		97											
									Karbonate				
Vulk./Klast.													
Kristallin	1795 1817,7	22,7											

Anmerkungen:

¹ Porositätsangaben bis 463 m Tiefe.

*Möglicherweise in den 1502 m aufgrund der großen Mächtigkeit noch Ottomány enthalten!

☐: 386 - 390 m (Karpat): 2500 l Salzwasser

403 - 407 m (Karpat): 2700 l Salzwasser.

Tab. 21

Bohrung: MURECK 1
Wintershall 1942

Seehöhe: 347,0 m

Endtiefe: 1188 m

Stratigraphie	Tiefe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	Anzahl	Mächtigkeit m	Tiefe m	Mächtigkeit m
Quartär	6,5	6,5						
Pannon								
Sarmat								
Ober-	114,0							
Mittel-								
Unter-								
Haidau		107,5						
Mittel-		445,5	140					
Unter-		189 ¹						
Karpat	452							
Ormanig	764	312 ²						
	1188	424						
Mesozoikum								
Paläozoikum								
Karbonat								
Vulk./Klast.								
Kristallin								

Anmerkungen:

¹Höchste Tuffe bei 263 m Tiefe.²Steirischer Schlier

Tsch. 22

Bohrung: **RADOCHEN 1**
ÖMV 1981Seeshöhe: **326,88 m**Endteufe: **997,4 m**

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Gesamtanteil		Anteile Einzellagen		Vulkanite	
			m	%	An- zahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quartär								
Pannon								
Sarmat								
Baden	171	171						
Karpat								
Ottomány								
Mesozoikum								
Paläozoikum	997,4	826,4						
Kristallin								

Anmerkungen:

Tab. 23

Bohrung: RADKERSBURG 2
Gemeinde Radkersburg 1978

Seehöhe: 208 m

Endteufe: 1930 m

Stratigraphie	Teufe m	Mächtigkeiten m	poröse Anteile				Vulkanite	
			Gesamtanteil m	%	Einzellagen Anzahl	Mächtigkeit m	Teufe m	Mächtigkeit m
Quarzar								
Pannon								
Sarmat	507							
		507	35	7	7	4-9,5		
Illyrien	1226							
		719	109	15	7	2-65		
Karpat	1556	330	98	30	11	2-6		
Ottmang	1775	222	120	54	14	2-27		
Mesozoikum	1885	107						
Paläozoikum	1930							
		45						
		45						
Kristallin	*							

Anmerkungen:

Abb. 11: Erdgasspeicher Oststeiermark

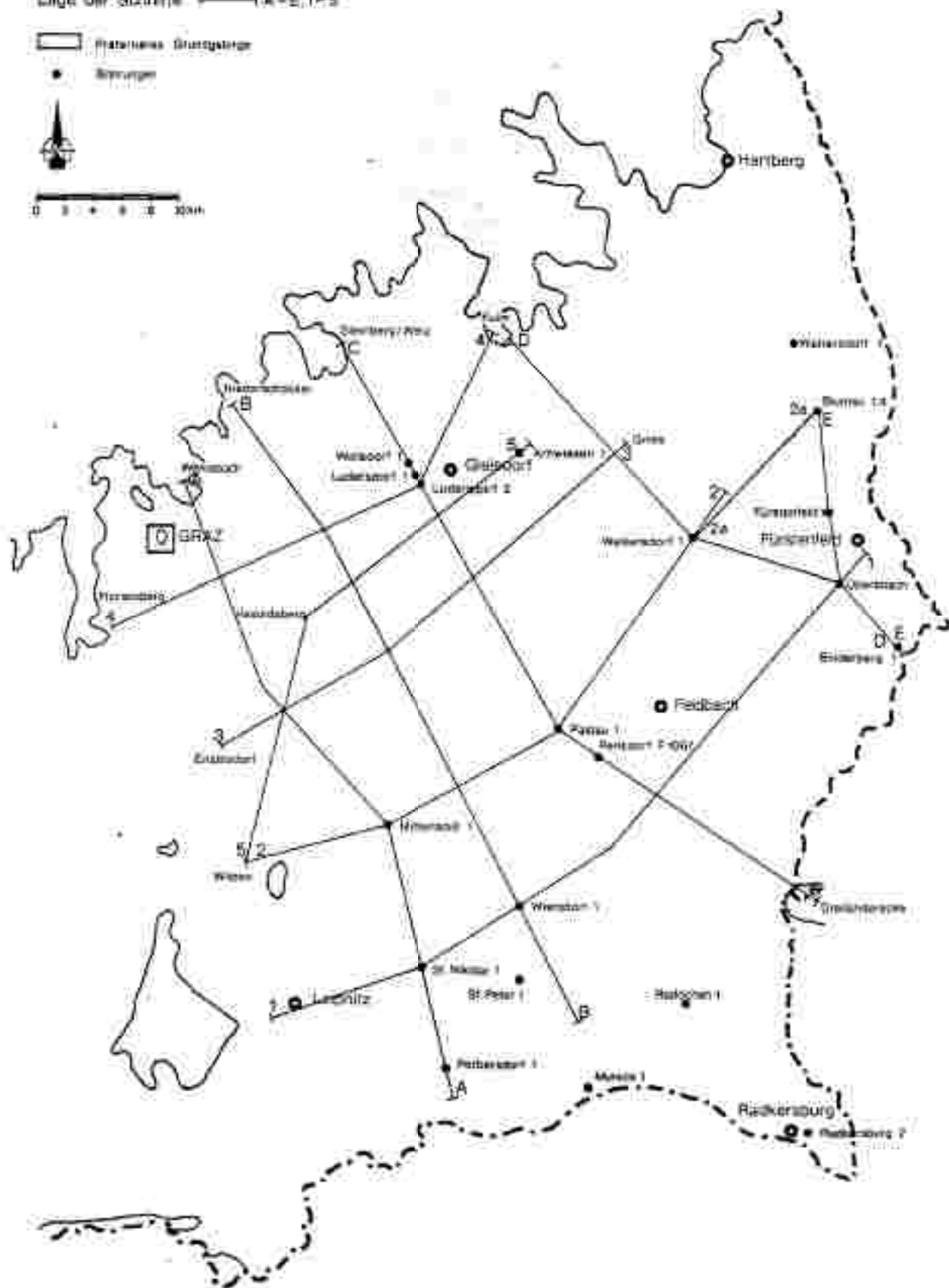
Lage der Schnitte: — (A-E, 1-5)

 Natürlicher Gasspeicher

 Dorf



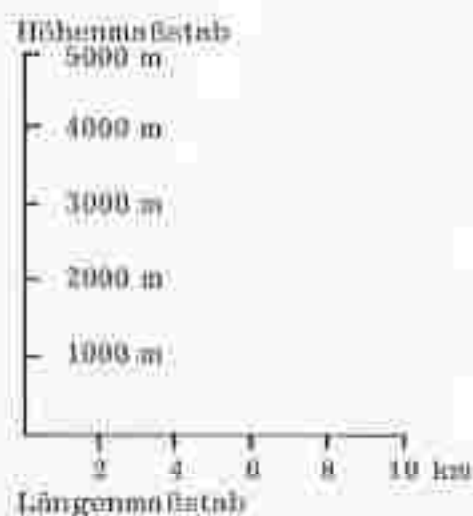
0 5 10 20 30 km



SCHNITTE DURCH DAS OSTSTEIRISCHE TERTIÄRBECKEN

Abb. 12:

LAGE DER PROFILE



LEGENDE:

Quartär nicht berücksichtigt

Basalte, Basalttuffe

Pannon

Sarmat

Baden

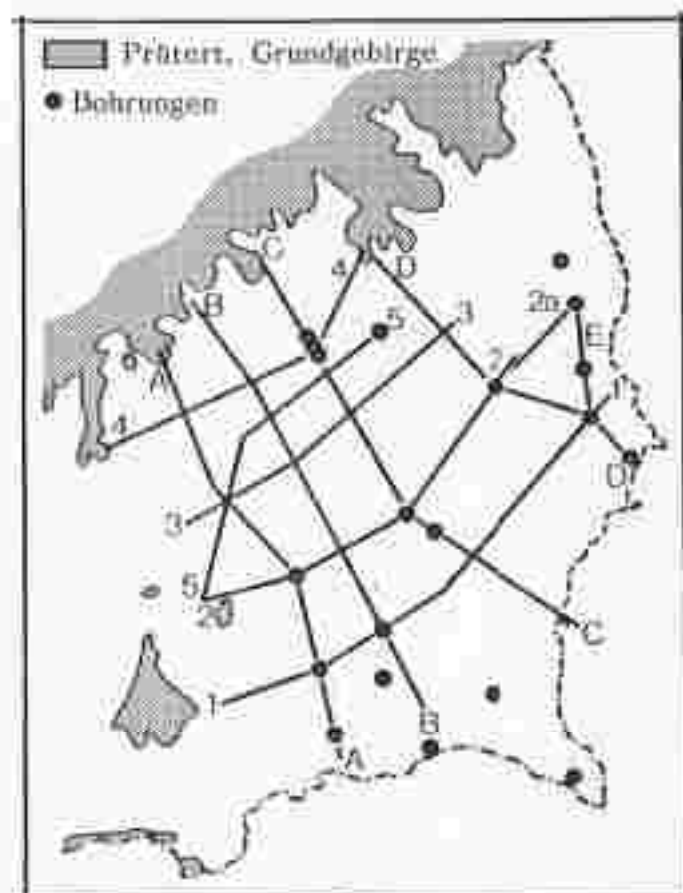
Miozäne Vulkanite (Unterbaden-Karpat)

Karpat und Ottomány

Paläozoikum

Kristallin

Brüche (meist hypothetisch angenommen)

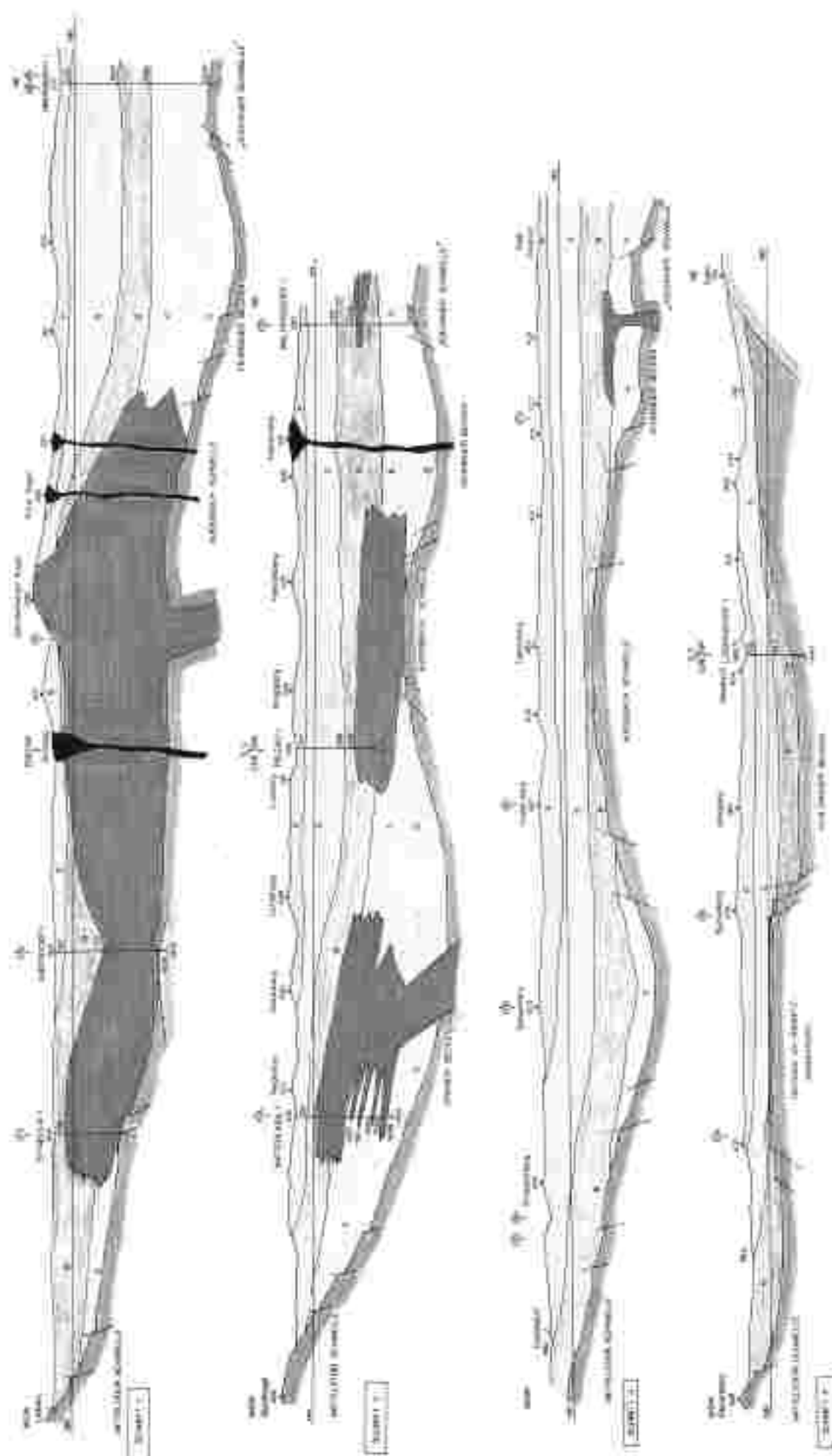


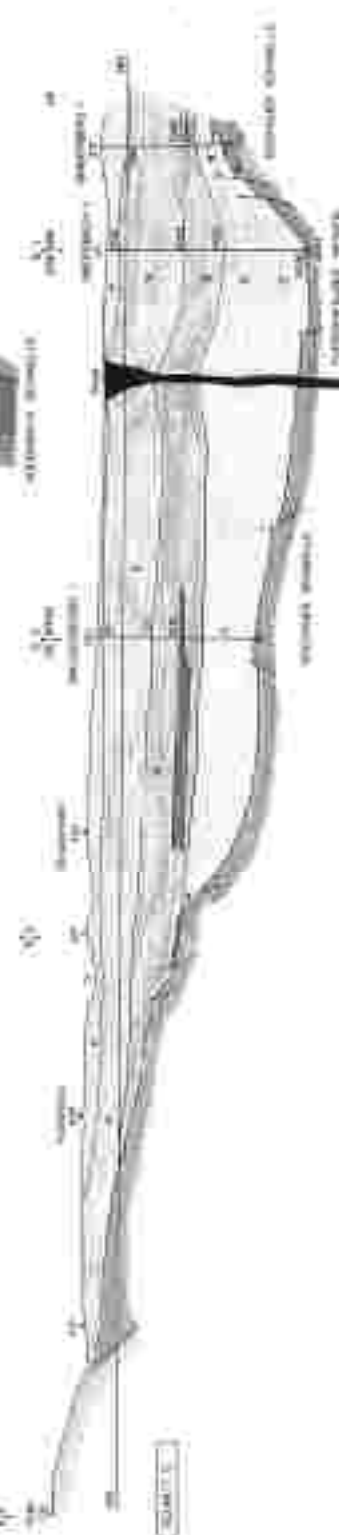
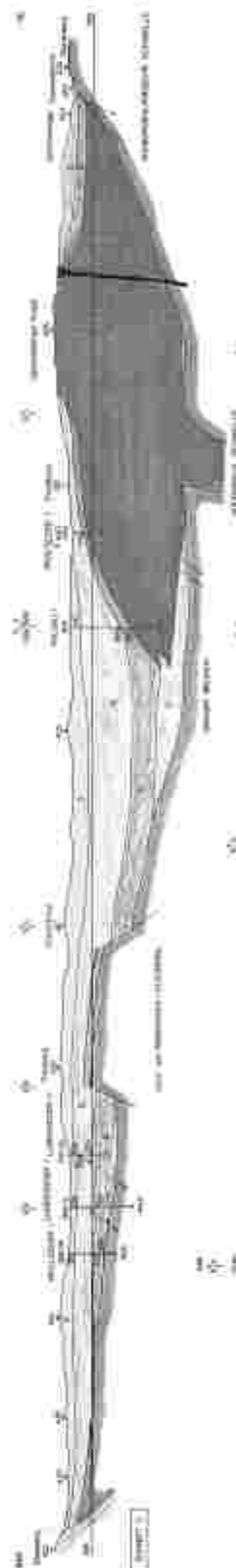
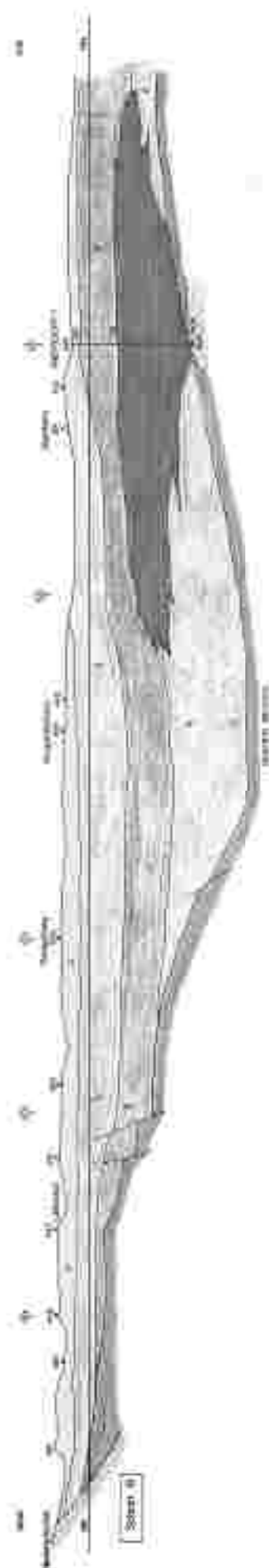
Kreuzungspunkt
mit anderen Schnitten

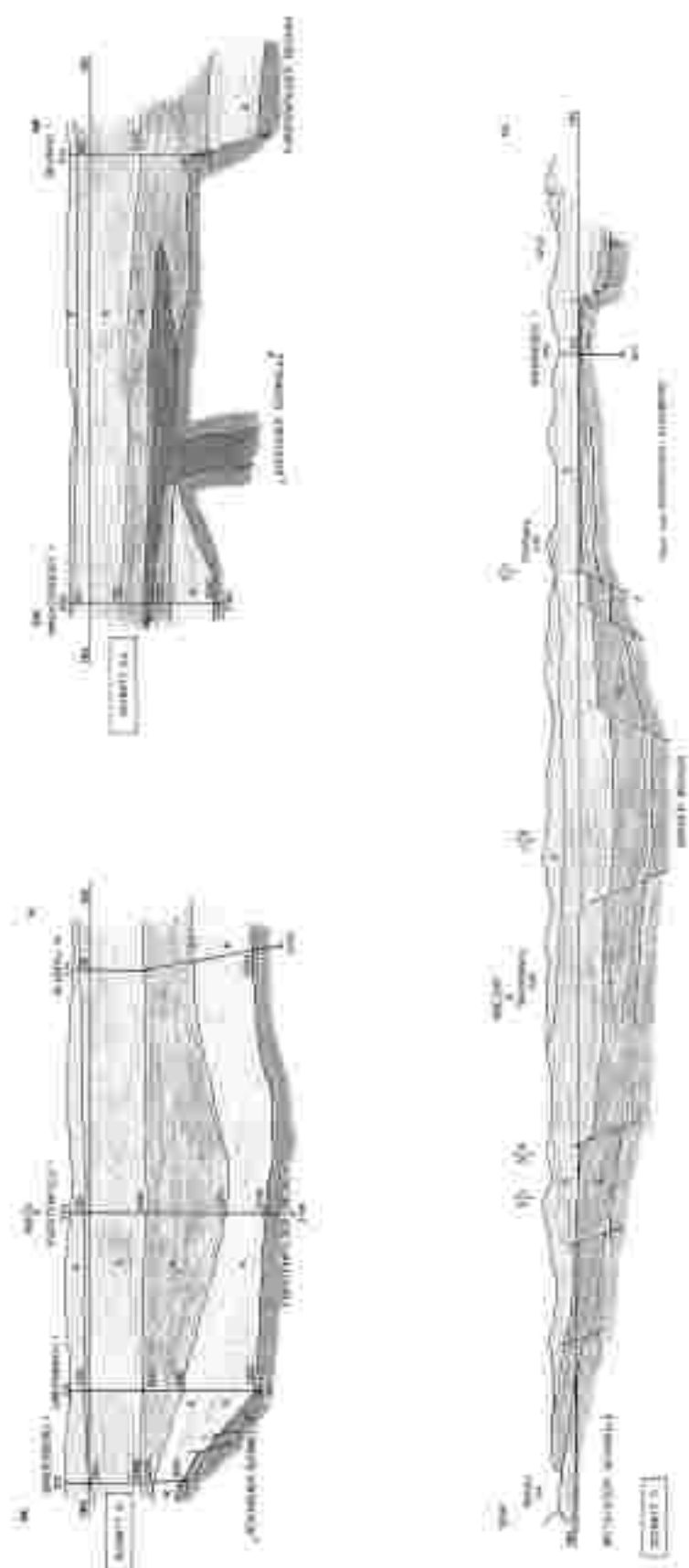
Tiefbohrungen

Meterangaben:
Topographie, Bohrpunkte: Seehöhe
Bohrprofile: Bohrteufen

Erdgasspeicher Oststeiermark







KURZFASSUNG

ERDGASSPEICHER OSTSTEIERMARK

GEOLOGISCHE VORAUSWAHL

PROJEKT STE 30

UNIV.DOZ.DR.FRITZ EBNER, DR.FRANZ ERHART-SCHIPPEK
&
UNIV.DOZ.DR.GEORG WALACH

PROJEKTL EITUNG: UNIV.PROF.DR.W.GRAF

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT JOANNEUM
INSTITUT FÜR UMWELTGEOLOGIE
UND ANGEWANDTE GEOGRAPHIE

GRAZ, 1985

Erdgasspeicher Oststeiermark - Geologische Gebietsauswahl

Von Fritz EBNER, Franz ERHART-SCHIPPEK,
und Georg WALACH*

Österreichische Karte 1:50.000
Blätter 164, 165, 166, 167,
190, 191, 192, 193,
207, 208, 209

Steiermark
Oststeirisches Tertiarbecken
Stratigraphie
Tektonik
Geophysik
Aquiferspeicher

Inhalt

Zusammenfassung, Summary

1. Einleitung, Aufgabenstellung
2. Allgemeines und Erfahrungen über Gasspeicherung
3. Geologische Grundlagen der Gebietsbewertung
4. Projektsaussage
5. Literatur

Zusammenfassung

Geologisch/geophysikalische Daten bilden gemeinsam mit internationalen Erfahrungen die Grundlage einer Gebietsauswahl für Erdgasspeicher (Aquiferspeicher) im Oststeirischen Tertiarbecken. Als Bereiche, die dafür möglich erscheinen, wurden erkannt:

- Strukturhochzonen im NW Gnassee Becken (Arnweisen-Kleeberg; Vasoldsberg-Allenheiligen)
- Sedimente über dem begrabenen Vulkan von Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf.

* Anschriften der Verfasser:

Univ.Doz.Dr.Fritz EBNER, Landesmuseum Joanneum, Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau, Raubergasse 10, A-8010 Graz

Dr.Franz ERHART-SCHIPPEK, Schottenring 17, A-1010 Wien

Univ.Doz.Dr.Georg WALACH, Institut für Geophysik der Montanuniversität, A-8700 Leoben,

Summary

Geological/geophysical data are together with international experiences the basis for a selection in advance of areas suitable for a underground storage of gas (aquifer) in the eastern Styrian Tertiary Basin (Austria, Styria). As areas possibly suitable for a underground storage of gas are recognized:

- Structural highs (Arnwiesen-Kleeberg; Vasoldsberg-Allerheiligen) in the NW Gnas Basin.
- Sediments above the buried volcano of Walkersdorf-Ilz/Kalsdorf.

1. Einleitung, Aufgabenstellung

Im Projekt StE 30, das am Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie der Forschungsgesellschaft Joanneum (Leiter: Univ.Prof.Dr.W.GRAF) zur Durchführung kam, wurden alle über das Oststeirische Tertiärbecken verfügbaren publizierten und nichtpublizierten Geodaten, die für eine Gasspeicherung in natürlichen Reservoirgesteinen von Relevanz sind, gesammelt.

Projektziel war die Ansprache geeigneter Speichergesteine nach geologischen und technischen Gesichtspunkten und daraus resultierend eine Ausweisung jener Regionen, die als erfolgversprechend für einen Gasspeicher weiteren Untersuchungen zugeführt werden sollen.

Methodisch wurde so vorgegangen, daß zuerst die publizierten internationalen Erfahrungen und Grundlagen über Erdgasspeicherung ausgewertet und daraus für eine Gebietsauswahl allgemeingültige Parameter abgeleitet wurden. Darauf folgte eine Erhebung und Auswertung der Tiefbohrdaten des Oststeirischen Tertiärbeckens. Mit diesem Datensatz wurde eine stratigraphisch/fazielle Korrelation durchgeführt, die gemeinsam mit geophysikalischen Aussagen über das Untergrundrelief, die Verbreitung untertägiger miozäner Vulkanite und Störungsstrukturen die Grundlage für die räumliche Darstellung des Projektgebietes (in Form geologischer Schnitte und Strukturkarten) und die projektsbezogene Bewertung der Einzelbereiche darstellten.

Folgenden Personen, Institutionen und Firmen sei für die Überlassung von Daten bzw. ihre Diskussionsbereitschaft gedankt:

Prof.Dr.A.KRÖLL (OMV), Dir.Dr.O.MALZER (RAG), Univ.Doz.Dr.M.BUCHROITHNER (FG), Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik), Dr.J.GOLDBRUNNER (FG), Institut für Geothermie und Hydrogeologie).

2. Allgemeines und Erfahrungen über Gasspeicherung

Naturgas kann nicht nur im Umkreis seiner Lagerstätten verwendet werden, da diese nur mit geringen Ausnahmen im Bereich der Konsumenten gelegen sind. Um es besser nutzen zu können, muß es den Verbraucherzentren zugeleitet werden. Im Laufe der Zeit hat sich neben lokalen Gasverbundsystemen auch ein überregionales System herauskristallisiert. Da diese Ferngasleitungen oft staatsgrenzenüberschreitend sind, müssen sie wirtschaftlich ausgelegt sein, d.h., sie sollen über das Jahr praktisch ausgelastet sein. Die Jahrestemperaturen schlagen sich in den Verbrauchsspitzen nieder. Um diese Auslastung zu erzielen, sind Zwischenpuffer in Form von Speichern einzurichten. Dies gilt nicht nur für den regionalen Ausgleich, sondern auch für den kontinentüberschreitenden Verbrauch, sei es nur in Form des Naturgases oder auch in Form des für den Meerestransport in Spezialschiffen verflüssigten Erdgases (LNG - Liquefied Natural Gas). Selbst das LNG wird nach der Anlandung wieder vergast und bei Bedarf in Speichern zwischengelagert.

Für die Speicherung von Naturgas werden im allgemeinen die Strukturtypen verwendet, wie sie schon als natürliche Gaslagerstätten vorkommen. Die Verwendung erschöpfter Erdgas- oder auch Erdöllagerstätten ist überaus rationell, da außer den geologischen auch die lagerstättenmäßigen Bedingungen aufgrund der langen Betriebszeit gut bekannt sind. Da aber solche erschöpften Lagerstätten nur selten in den Verbrauchsregionen liegen, muß man sich um künstlich errichtete Lagerstätten, sog. Aquiferspeicher, umsehen. Diese sollen die gleichen geologischen Voraussetzungen und lagerstättenmäßigen Bedingungen wie Naturgaslagerstätten aufweisen. Sie sind aber mit fossillem Wasser erfüllt, das dann durch das eingepreßte Gas ersetzt wird.

Die Speicher selbst sind poröse Sande oder klüftige Kalke oder Dolomite. Sie stellen eine mehr oder weniger große Struktur mit verschiedenen nutzbaren Poren- oder Kluftvolumen dar, das für ein schnelles Einpressen oder Entnahme bestens geeignet ist. Letztere - mit Kluftvolumen - werden als künstliche Gasspeicher noch nicht verwendet, da die Festlegung des Kluftvolumens sehr riskant ist.

Künstlich geschaffene Hohlräume in dichtem, festem Gestein oder in ausgelaugten Salzstöcken werden nur für die Lagerung von flüssigen Kohlenwasserstoffen verwendet.

Bei der Absicht der Errichtung von Aquiferspeichern, wenn solche in Ermangelung erschöpfter Kohlenwasserstofflagerstätten notwendig sind, werden längere geologische Voruntersuchungen notwendig sein. Diese erstrecken sich auf folgende Interessen:

Die Auswahl des Gebietes selbst ist sowohl in geologischer Hinsicht als auch von der wirtschaftlichen Seite (Lokation) von besonderer Bedeutung. Dies bedeutet, daß sich ein Aquiferspeicher auch möglichst im Nahbereich der Konsumtionszonen befinden soll. Dabei müssen auch die technischen Konditionen auf einen ökonomischen Nenner gebracht werden.

Bei den geologischen Voruntersuchungen selbst ist auf folgende Voraussetzungen der größte Wert zu legen. Der Strukturinhalt soll eine den wirtschaftlichen Kosten erforderliche Größe aufweisen. Die Feststellung einer notwendigen flächenmäßigen Größe kann anfangs nur bei geophysikalischen Untersuchungen ermittelt werden. Hierbei werden seismische Meßmethoden bevorzugt. Damit kann die Form einer geeigneten Lagerstätte festgestellt werden. Es ist aber von ganz besonderer Bedeutung für die Errichtung von Aquiferspeichern, solche Strukturen zu bevorzugen, die durch tektonische Bewegungen keinerlei Schäden in Form von Störungen (Brüchen) aufweisen. Man soll deshalb nur ungestörte Antiklinalen verwenden, da tektonische Störungen die Vorbereitung von Speichern - Wassereinpressen, Gaseinpressen - beeinflussen können. Durch die Druckvariationen beim Entnehmen und Einpressen können die Störungen zu Migrationzonen werden. Dadurch kann Gas unkontrolliert trotz

guter Abdichtung durch darüberliegende dichte Schichten entweichen. Solche Zonen sind, falls sie einmal gängig gemacht worden sind, irreparabel.

Außerdem sollen sich die vorgesehenen Antiklinalen in geeigneter Tiefen - abhängig von der gewünschten Speichervollmenge - befinden, um die Manipulationskosten optimal zu gestalten. Um reale Inhaltsgrößen zu erhalten, ist es notwendig,

Kernentnahmen in dem durch die geophysikalischen Untersuchungen projizierten Horizont bei der ersten Bohrung vorzunehmen, um daraus die Porosität, die Permeabilität, den detaillierten Sandanteil im Horizontbereich, sowie das Schichteinfallen und Störungen der Sedimentation festzustellen. Ebenso ist die Gase - Dichte und Mächtigkeit - der unmittelbar darüberliegenden Abdichtungsschichten zu untersuchen.

Weiters ist der initiale Lagerstättendruck eventuell durch Zuflußtests zu erkunden. Dadurch kann der künftige Lagerstättendruck prognostiziert werden. Auch kann bei diesen Kernen die Möglichkeit der Anwendung etwaiger Frocs untersucht werden, durch die bessere Fließgeschwindigkeiten erzielt werden können.

Nach Abschluß all dieser Arbeiten und Studium der koordinierten Ergebnisse kann über das Projekt eine Entscheidung in geologischer und lagerstätteentechnischer Hinsicht ausgesprochen werden.

Ist die Entscheidung positiv ausgefallen, sind die weiteren notwendigen Bohrungen abzuteufen, wobei bei der Endverrohrung auf eine exakte Zementation des vorgesehenen Speicherhorizontes unbedingt größter Wert zu legen ist. Denn eine Reparatur ist nur selten zur vollsten Zufriedenheit möglich. Parallel dazu können die oberflächigen Arbeiten vorgenommen werden. Errichtung einer Zentralstation für die Regelung der Entnahme und das Einpressen des Naturgases sowie die Errichtung zum Messen der manipulierten Gasmenge. Unter Umständen ist eine Reinigung und Trocknung des Speichergutes notwendig und die dazu notwendigen Einrichtungen herzustellen. Weiters sind die Leitungen von den Sonden zur Zentralstation sowie die Zuleitung von der Gaspipeline zur Zentralstation und die Ableitung zum Verbrauchszentrum zu errichten.

Nach Fertigstellung aller dieser Einrichtungen und der Bohrungen kann die Freimachung der Antiklinalstruktur vom fossilen Wasseranteil und Einpressen des Naturgases beginnen, wobei eine gewisse Zeit als Probebetrieb angenommen werden muß. Falls hierbei keine ungewöhnlichen Ereignisse auftreten, kann nach deren Liquidierung der Betrieb aufgenommen werden. Von der Grundsatzerklärung für das Speicherprojekt bis zum Beginn des normalen Betriebes ist ein Zeitraum von zwei bis vier Jahren zu rechnen.

Die Kostenaufteilung kann folgend gegliedert werden:

Geologische Vorarbeiten ungefähr 7-10%

Bohrung ca. 10-35%

Zentralstation und Sondenleitungen ca. 35%

Anschlußleitung ca. 15%

Verschiedenes ca. 10%.

Aufgrund von geologischen, technischen und wirtschaftlichen Überlegungen sind für einen idealen Speicher folgende Konditionen für die praktische Verwendung anzuwenden:

Genfaktoren	Optimum	<i>Ergebnis</i>
Strukturtyp	ungestörte Antiklinale	+ gute Abdichtung
Überdeckung	Tone	
Horizontmächtigkeit	bis 40 m	+ optimales Strömen des Speichergutes
Tiefe	500 - 1000 m	+ sonst selten wirtschaftlich
Porosität	20 - 25%	+ ergibt großes Speichervolumen
Permeabilität	1 - 3	+ gutes Strömen

3. Geologische Grundlagen der Gebietsbewertung

Obertagsgeologie (KOLLMANN 1965, FLÜGEL & HERITSCH 1968, FLÜGEL & NEUBAUER 1983) und Geophysik (SIEMENS 1943, VEIT 1950, WALACH in Verb., WALACH & WEBER 1981) gestatten, das mit dem Oststeirischen Tertiärbecken idente Projektgebiet zwischen der Mittelsteirischen Schwelle im W und der Südburgenländischen Schwelle im E in die in Abb. 1 bezeichneten Teilbereiche zu

untergliedern. Die Lage der Tiefbohrungen, Mächtigkeit des erbohrten Tertiärs, Ausbildung und Tiefenlage des prätertiären Untergrundes geht aus Abb.2 hervor.

Stratigraphie:

Die nun zusammenfassend charakterisierte Schichtfolge geht auf die Auswertung der Tiefbohrungen und die grundlegenden Arbeiten von KOLLMANN 1965 zurück:

Ortnang ist nur in den tiefsten Bereichen der Becken in Form von Rotleimen, bituminösen Mergeln und Mergelsandsteinen mit Einschaltung grobklastischer Lagen vertreten. Über diesen bis zu ca. 300 m mächtigen, im festländischen Bereich abgelagerten Sedimenten folgen Wechselagerungen von Konglomeraten und tonigen Gesteinen. Für die Einschüttung der Grobsedimente wird der westungarische Raum als Liefergebiet angenommen, der erst im Pannon zum Senkungsgebiet wurde.

Das Karpat zeigt in seinen tieferen Anteilen mächtige Konglomerate; dazwischengeschaltete tonige Ablagerungen führen erstmals spärliche marine Mikrofaunen. Der vollmarine Sedimentationscharakter bleibt dann bis zum Oberbadener erhalten. Gleichzeitig mit dem Eindringen des Meeres setzt eine starke vulkanische Tätigkeit ein, die sich in der Förderung von Trachyandesiten, Trachyten, Dazit und Latiten manifestiert, die das Gleichenberger Vulkanmassiv und die begrabenen Schildvulkane von Mitterlabill/Landorf und Walkersdorf-Hlz/Kalsdorf aufbauen. Im westlichen Teil des Oststeirischen Beckens wird die marine karpatische Sedimentationsabfolge als "Steirischer Schlier" zusammengefaßt. Dieser feinklastischen Abfolge steht im zentralen Bereich des Oststeirischen Beckens die bis zu 700 m mächtige "Konglomeratreiche Gruppe" gegenüber, die lateral mit bis zu 800 m mächtigen Vulkaniten verzahnen. Darüber folgen dann im obersten Karpat bis zu 230 m Tonmergel und Sandsteine, die ebenfalls mit Vulkaniten verzahnen. Die Faziesumgestaltung und der aufflammende Vulkanismus sind Ausdruck orogener Ereignisse, die als "Steirische Gebirgsbildungsphasen" zusammengefaßt werden und denen die Schichten des Ortnangs und Karpats ihre starken Schichtverstellungen und Andeutung einer Faltung verdanken.

Unmittelbar nach der steirischen Phase erfolgt örtlich ein Abtrag des präbadischen Sockels und ein flaches, diskordantes Übergreifen der Baden-Basisschichten über die zuvor genannten Abfolgen und teilweise sogar bis auf das vortertiäre Grundgebirge. Im Unterbadon wird die größte regionale Ausbreitung des Tertärmeeres verzeichnet. Die in den Schwellenbereichen anstehenden Lithothamnien-Kalke (Nulliporenkalke, Leithakalke) keilen beckenwärts rasch aus. Hier finden sich über den Basiskonglomeraten in der Lageniden-Zone tonig-mergelige Sedimente, die lateral mit Vulkaniten verzahnen.

Nach dem Erlöschen der miozänen Vulkan-Eruptionsphasen ist das bis zu 350 m mächtige Mittel- und Oberbadon durch eine deutliche Zunahme der sandigen Komponenten gekennzeichnet.

Das folgende bis zu 1100 m mächtige Sarmat setzt sich lithologisch aus Wechselfolgen von stark sandigen Tonmergeln, Tonen, Sanden und Kiesen zusammen. Im Obersarmat treten charakteristische Lagen oolithischer Kalksteine (Kalksandsteine) und lateral rasch auskeilende Lignitflöze hinzu. Örtlich sind besonders in den tieferen Bereichen des Sarmats Schichtlücken vorhanden. Im allgemeinen ist eine detaillierte Gliederung nur mit Mikrofaunen, die auf ein brackisches Milieu mit wechselnder Salinität hinweisen, möglich.

Das Pannon ist durch seine große obernägige Verbreitung auch der unmittelbaren Beobachtung zugänglich. Gesteinsmäßig sind Tonmergel, Sand- und Kieselagen in mehrfacher Wechsellagerung in klimatisch gesteuerten Zyklen anzutreffen. Die Basis bilden nur örtlich vorhandene, tonig-mergelige Schichten der Pannonzone B. Das Pannon C wird durch lang hinziehende Sand/Kies-Züge (Kapfensteiner Schotter, Kirchberger Schotter) gegliedert; dazwischen finden sich die feinklastischen und Lignit führenden Zwischenserien. Die Gesamtmächtigkeit des Unterpannons beträgt bis zu 500 m. Die aquatischen Faunen deuten auf schwach brackische Seen, die reichlich gefundenen Wirbeltierreste (MQTTL 1970) stammen von landbewohnenden Säugetieren.

Die höheren, ebenfalls in Form von Tonen, Sanden, Schotter mit Einschaltung von Ligniten ausgebildeten Zonen D - F des Mittel- und Oberpannons sind nur auf die Bereiche um die Südburgenländische Schwelle beschränkt.

In das jüngste Pliozän fällt die endgültige Verlandung dieses Raumes. Infolge großräumiger Hebungen finden nun Abtragungsvorgänge statt. Gleichzeitig erfolgt eine weitere vulkanische Phase, bei der basaltische Produkte gefördert werden. Altersdaten der Basalte zeigen ein Alter um 2 Millionen Jahre an. Das bedeutet, daß diese Vulkaneruptionen möglicherweise noch bis ins ältere Quartär andauerten. Typische Erscheinungsformen sind Oberflächenlavadecken, Tuff- und Agglomerat-trichter, Maarfüllungen und explosive Durchschlagsröhren.

Öl- und Gasanzeichen:

Als Öl- und Gasanzeichen fanden sich nach KOLLMAN 1980 "in Oberbach 1 im Ottwang und Karpas diffuse Ölspuren. Bei Gerängeteils wurden bei den Bohrungen Walkersdorf 1 und Pichla 1 geringe Mengen Gas bzw. Lösungsgas, bei den meisten übrigen Bohrungen aber stürmisch austretendes CO_2 getastet, welchem laut Gasanalysen immer einige Prozente Methan und Spuren höherer Kohlenwasserstoffe beigemischt sind".

Mit der Bohrung Ludersdorf 1 gelang es 1982 erstmals Erdgas in größeren Mengen nachzuweisen. Die Erdgasvorkommen liegen hier in ca. 350 m Tiefe und sind an Nulliporenkalken des Baden gebunden. In analoger Position fand sich auch in den ÖMY-Bohrungen Ludersdorf 2 und Wollsdorf 1 Erdgas. Der Inhalt aller genannten Vorkommen liegt allerdings unter der Wirtschaftlichkeitsgrenze.

Geothermie:

Der im östlichen Oststeirischen Becken erhöhte geothermische Gradient (ca. $4^\circ/100 \text{ m}$) bringt mit sich, daß sämtliche Wässer tieferer Bohrungen erhöhte Temperaturen besitzen. Die RAG-Bohrungen Binderberg 1 (= Loipersdorf) und Waltersdorf 1 werden zur Zeit als Heilthermen genutzt. Für die Übergabe von Blumau 1/1a in die öffentliche Hand wird derzeit verhandelt. Die Bohrung Radkersburg 2 wurde als Thermalwasserbohrung, die Bohrung Fürstenfeld 1 als Geothermiebohrung abge-
reift.

Tektonik:

Die jungsteirische Gebirgsbildungsphase war im Karpat mit starker Bruchtektonik gekoppelt, die gemeinsam mit unterschiedlichen Absenkungstendenzen zur Ausbildung der bereits genannten Schwellen und Beckenbereiche führte. Die in der Literatur immer wieder genannte Feststellung (z.B. KOLLMANN 1963, 1980, FUCHS 1980, FLÜGEL & NEUBAUER 1983), daß die zu der heutigen Gestalt des Beckens führende Absenkung im Baden, Sarmat und Pannon im wesentlichen bruchlos vor sich ging, ist zu überdenken, da die Nulliporenkalke im Bereich Gleisdorf in ihrer heutigen Höhenlage nur bruchtektonisch erklärbare Divergenzen bis zu 230 m aufweisen und KRAINER 1984 im nördlichen Gleisdorfer Sarmatsporn eine postobersarmatische Bruchtektonik im Ausmaß von mindestens 350 m nachwies.

Die verstärkte Einengung der zentralen Beckensaale führte noch in den Pannon-Sedimenten zu Schrägstellungen von im Mittel $6 - 10^\circ$. Die Einfallrichtung weist meist von den Schwellenzonen zu den Beckenzentren, wo sich die Strukturen zu flachen Mulden schließen. Die Vertiefungstendenzen des Steirischen Beckens werden im jüngsten Tertiär noch vor der basaltischen Eruptionsphase durch Hebungstendenzen abgelöst.

Geophysik:

Die Großgliederung des Oststeirischen Beckens in die in Abb.1 ausgewiesenen Becken- und Schwellenregionen geht auf die Übersichtsgravimetrie von SIEMENS 1943 zurück. Zusätzlich konnte durch die seit rund 20 Jahren am Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben durchgeführten gravimetrischen und magnetischen Untersuchungen einzelne Strukturen neu bzw. im Detail erkannt werden.

Die bisherigen geophysikalischen (meist gravimetrischen) Kenntnisse lassen drei größere Hochlagen des Prätertiärs erkennen:

1. Das Strukturhoch von Waltersdorf erstreckt sich über eine Fläche von rund 25 km^2 . Westlich davon schließt sich eine etwa NNE verlaufende Schwelle an ("Schweraachse von Ilz-Ebersdorf"), die in einem lokalen Hoch mit Zentrum Neusiedl eine Kulmination hat (WALACH & WEBER, in Vorb.). Mit dem Tiefen-

wert der Bohrung Waltersdorf von 1100 m als Bezug, ergibt sich für die Struktur Neusiedl ein Tiefenwert von 700 - 800 m. Nach den Ergebnissen der Magnetik (WALACH, in Vorb.) ist jedoch nicht auszuschließen, daß die Struktur Neusiedl auf einen Eruptionsschlot des miozänen Vulkanismus zurückgeht.

2. Ein markantes Strukturhoch (Kleeberg-Arnwiesen) tritt etwa 5 km östlich bis südöstlich von Gleisdorf auf. Durch die RAO-Bohrung Arnwiesen 1 ist bekannt, daß diese Struktur in ihrem nördlichen Bereich von weniger als 500 m mächtigen Sedimenten überlagert wird. Interessant ist, daß nach WALACH & WEBER 1983 im Raum Salz-Hofstätten ein zweites lokales Hoch folgt, in dessen Bereich das Top Prätertiär rund 200 m tiefer als in der in Arnwiesen 1 erbohrten Hochlage liegt, womit sich eine Tertiarmächtigkeit von > 500 m abrecknet.
3. Eine weitere markante Hochlage des Prätertiärs streicht etwa NS und liegt im Gebiet Vasoldberg - Liebenodorf - Allerheiligen. Moderne Bearbeitungen (WALACH & WEBER 1984) haben diese Struktur nur in ihrem nördlichsten Abschnitt verifiziert, doch läßt die alte gravimetrische Aufnahme (SIEMENS 1943) eine ungefähre Abschätzung ihrer flächenmäßigen Ausdehnung zu. Tiefenangaben sind hier etwas unsicherer, doch weist ein Vergleich mit der Struktur 2 bzw. den anstehenden Kalken im Raum Wildon auf eine Tiefe von mindestens 800 m des Prätertiärs hin. Als maximale Tiefe können 1500 m angegeben werden.

Zwecks einer eindeutigen Verifizierung müßten im Bereich der Strukturen 1 und 2 geringfügige, im Bereich der Struktur 3 jedoch im größeren Umfang gravimetrische Ergänzungsmessungen erfolgen. Detailausarbeitungen deuten an, daß die unter 2 und 3 genannten Hochzonen von Brüchen begrenzte Horste darstellen.

Zwischen beiden Hochzonen kommt im Raum Sengerberg - St. Marcin der prätertiäre Untergrund in einer Tiefe zwischen 1500 und 2000 m zu liegen. Die südliche Struktur (Vasoldberg-Allerheiligen) zeigt dabei durch NW-SE verlaufende Brüche eine von Wildon bis in das zentrale Gnaser Becken (Raum St. Marcin) nach N absinkende Abtreppung. Die aus der geophysikalischen Interpretation resultierenden Störungszonen entsprechen dabei mit großer Übereinstimmung den durch BUCH-ROITHNER 1984 aus den Landest-Aufnahmen interpretierten Bildlineamenten.

Weiterer Kenntniszuwachs ergab sich in den letzten Jahren bezüglich der untertägigen Verbreitung und der geologischen Erscheinungsform der miozänen Vulkanite, von denen insbesondere der begrabene Schildvulkan von Ilz/Kalsdorf nach wechselnden Fragestellungen bearbeitet und erfasst wurde. Das Top der an eine WNW-Spalte gebundenen 3 Eruptionsschloten liegt in rund 1000 m Tiefe - die Ausdehnung mächtigerer Vulkanitdecken beträgt mehr als 30 km².

Auch das Gebiet des komplexen Vulkansystems von Mitterlabill-Landorf-St.Nikolai ist nach der aeromagnetischen Karte (SEIBERL et al, 1983) sowie älteren (TOPERCZER 1947) und jüngeren bodenmagnetischen Vermessungen (LANZ 1982) gut abzugrenzen. Die sedimentäre Überlagerung beträgt nach Modellberechnungen über weite Strecken weniger als 300 m, was auch durch die Ergebnisse der Tiefbohrungen bestätigt wird.

Bei Bedarf kann durch eine detaillierte Auswertung der Aeromagnetik der begrabene Vulkanismus sehr genau abgegrenzt werden. Insbesondere über das Gebiet Ilz/Kalsdorf steht eine Detailbearbeitung und Publikation (WALACH in Vert.) knapp vor dem Abschluß.

Danach sind ergänzende bodenmagnetische Vermessungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

4. Projektaussage

Da in der Oststeiermark keine ausgeförderten natürlichen Erdöl/Gas-Lagerstätten zur Verfügung stehen, kommen für eine Untertage-Gaspeicherung von vornherein nur Aquifer-Speicher in Frage. Als Tiefenlage erscheint aus geologisch/wirtschaftlichen Überlegungen ein Bereich zwischen 300 und 1000 m optimal, wobei für die Festlegung der Obergrenze neben Fragen der Abdichtung auch der Tatsache große Bedeutung beigemessen wird, daß die tiefsten genutzten artesischen Horizonte im Oststeirischen Becken bei ca. 300 m Tiefe (ZETINIG 1982) liegen. Neben rein geologischen Bewertungskriterien (Lithologie, Fazies, Lagerung, Strukturen, Vulkanismus) wurden auch "Umweltfaktoren" wie die Lage zum Hauptverbrauchszentrum (Graz), zur Gasleitung (TAG), zur jugoslawischen Grenze bzw. eine mögliche Beein-

flussung der Thermen von Waltersdorf, Loipersdorf und Radkersburg für eine Bewertung herangezogen.

Der nun vorliegende Projektbericht ist lediglich als Vorstudie zu werten, die Räume ausweisen soll, in denen aufgrund des derzeitigen Kenntnisstandes eine Gasspeicherung möglich und hierfür zusätzliche Untersuchungen gerechtfertigt erscheinen. Eine exakte Festlegung bestimmter Speicherhorizonte und Ermittlung deren Fassungsvermögen⁵ ist derzeit aufgrund der relativ geringen Anzahl von Bohrungen und dem Fehlen spezieller gesteinsphysikalischer Kenndaten (Porosität, Permeabilität) der möglichen Speichergesteine nicht durchführbar. Weiters fehlen zur Umgrenzung der Strukturen teilweise noch detaillierte geophysikalische Untersuchungen.

Als mögliche Gebietsbereiche für Aquiferspeicher verbleiben unter Berücksichtigung der oben skizzierten Parameter folgende Bereiche:

- a) Sedimente über den Strukturhochzonen im Nordwestteil des Graser Beckens (Arnweisen-Kleeberg; Vagoldsborg-Allerheiligen).
- b) Tertiärsedimente über dem begrabenen Vulkan von Waltersdorf-Ilz/Kalsdorf.

Die potentiellen Speichergesteine gehören bei a) dem Baden (Nulliporenkalke, Sande) und b) dem Baden und Sarmat (Sandsteine, Sande) an.

Zusätzlich sind folgende Bereiche, sofern die in Klammer angeführten Voraussetzungen nachgewiesen sind, für Aquiferspeicherung geeignet:

- Zentraler Teil des Graser Beckens (Vorhandensein von kleineren strukturellen Hochzonen).
- Sedimente über dem Strukturhoch SW Waltersdorf (Abdichtung nach oben; Nichtbeeinflussung der Therme Waltersdorf).
- Sedimente über der Einsenkung der Vulkanitoberfläche zwischen Mitterlabill und Gleichenberg (Vorhandensein von kleineren strukturellen Hochzonen).

5. Literatur

a) Ausgewählte Speicherliteratur

- BURLINGAME, M.V.: Aquifer storage ideal for natural gas.- Pipeline Industry, 1963/2, 32-76, Dallas 1963.
- DICKMANN, E.: Die Errichtung eines Aquiferspeichers.- Das Gas- und Wasserfach, 102, 641-646, 700-706, München 1961.
- HÖFLING, B. u.a.: Speichermöglichkeiten für Gase und Flüssigkeiten im Untergrund.- VDI-Zeitschrift: Fortschritte und Berichte, 1968, 25, Reihe 3, 3-61, Düsseldorf 1968.
- JUST, H.: Die Untergrundspeicherung von Gas in den USA und die Möglichkeiten der Anwendung in Europa.- Das Gas- und Wasserfach, 94/1 (Gas), 1-6, München 1963.
- KRULL, W. & TORMANN, H.: Der Untertagespeicher Kalle. Planung, Bau und erste Betriebserfahrungen.- Erdöl- und Erdgaszeitschrift, 95, 384-390, Hamburg 1979.
- REICHHART, M.: Untergrundspeicherung von Erdgas. Teil 1: Wirtschaftliche und geologische Voraussetzungen.- Das Gas- und Wasserfach, 94/1 (Gas) 1-7, München 1971.
- VICANEK, J. & TÖLKE, W.: Lagerstättentechnische Besonderheiten des Aquiferspeichers Kalle.- Erdöl- und Erdgaszeitschrift, 427-432, Hamburg 1981.

b) Regionalliteratur

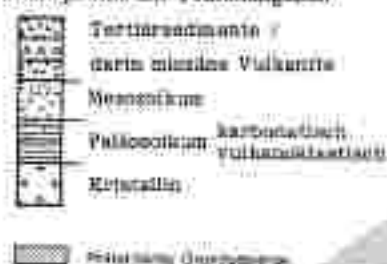
- BUCHROITHNER, M.F.: Karte der Landschaftsbildlineamente von Österreich 1:500.000, samt Erläuterungen, 16 S., Wien (Geol.B.-A.) 1984.
- FLÜGEL, H. & HERITSCH, H.: Das Steirische Tertiärbecken.- Samml.geol.Führer, 47, 196 S., Berlin (Bornträger) 1968.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.: Steiermark - Geologie der Österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen, Wien (Geol.B.-A.) 1984.
- FUCHS, W.: Das Steirische Becken und seine Randbuchten.- In: Der geologische Aufbau Österreichs (Ed.R.OBERHAUSER), 462-471, Wien (Geol.B.-A.) 1980.

- KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken.- Mitt.Geol.Ges.Wien, 57/1964: 478-532, Wien 1963.
- KOLLMANN, K.: Die erdöl- und erdgashöffigen Gebiete Österreichs.- Steiermark und Südburgenland.- Im Erdöl und Erdgas in Österreich (Ed.F.BACHMAYER), 216-223, Wien (Nat.Hist.Mus.) 1980.
- LANZ, W.: Magnetische Messungen (Totalintensität) im Bereich der Erdölaufschlußbohrungen Mitterlabill und S.Nikolai/Südsteiermark.- Unveröff.Diplomarbeit, Leoben 1982.
- MOTTL, M.: Die jungtertiären Säugetierfaunen der Steiermark, Südost-Österreich.- Mitt.Mus.Bergb.Geol.Tech.Landesmus.Joanneum, 31, 91 S., Graz 1970.
- SIEMENS, G.: Isogamnenkarte des Gräzer Beckens; Maßstab 1:500.000.- Unveröff. Ber., Wien 1943.
- TOPERCZER, M.: Erdmagnetische Bodenuntersuchungen in der Südoststeiermark.- Berg- u.Hüttenmänn.Monatsh., 92, 10/11:157-165, Wien 1947.
- VETI, E.: Zur geologischen Auswertung der von 1933 bis 1945 durchgeführten geophysikalischen Messungen in dem Tertiärbecken Österreichs.- Univ.Ber.RAG, Teil 3: Das Gräzer Becken, 13-19, Wien 1950.
- WALACH, G. & WEBER, F.: Grundlegende gravimetrische Vermessung des Steirisch-Burgenländischen Tertiärbeckens (Nordostabschnitt) als Basis für eine geophysikalische Landesaufnahme (Projekt StA 62), Endbericht 1984 (in Ausarbeitung)
- WEBER, F. & WALACH, G.: Bericht über die geophysikalischen Untersuchungen für die Geothermiebohrung Fürstenfeld.- Unveröff.Bericht, Forschungsgesellschaft Joanneum, Leoben-Graz 1981.
- ZETINIGG, H.: Die artesischen Brunnen im Steirischen Becken.- Mitt.Abr.Geol. Paläont.Bergb.Landesmus.Joanneum, 43, 211 S., Graz 1982.

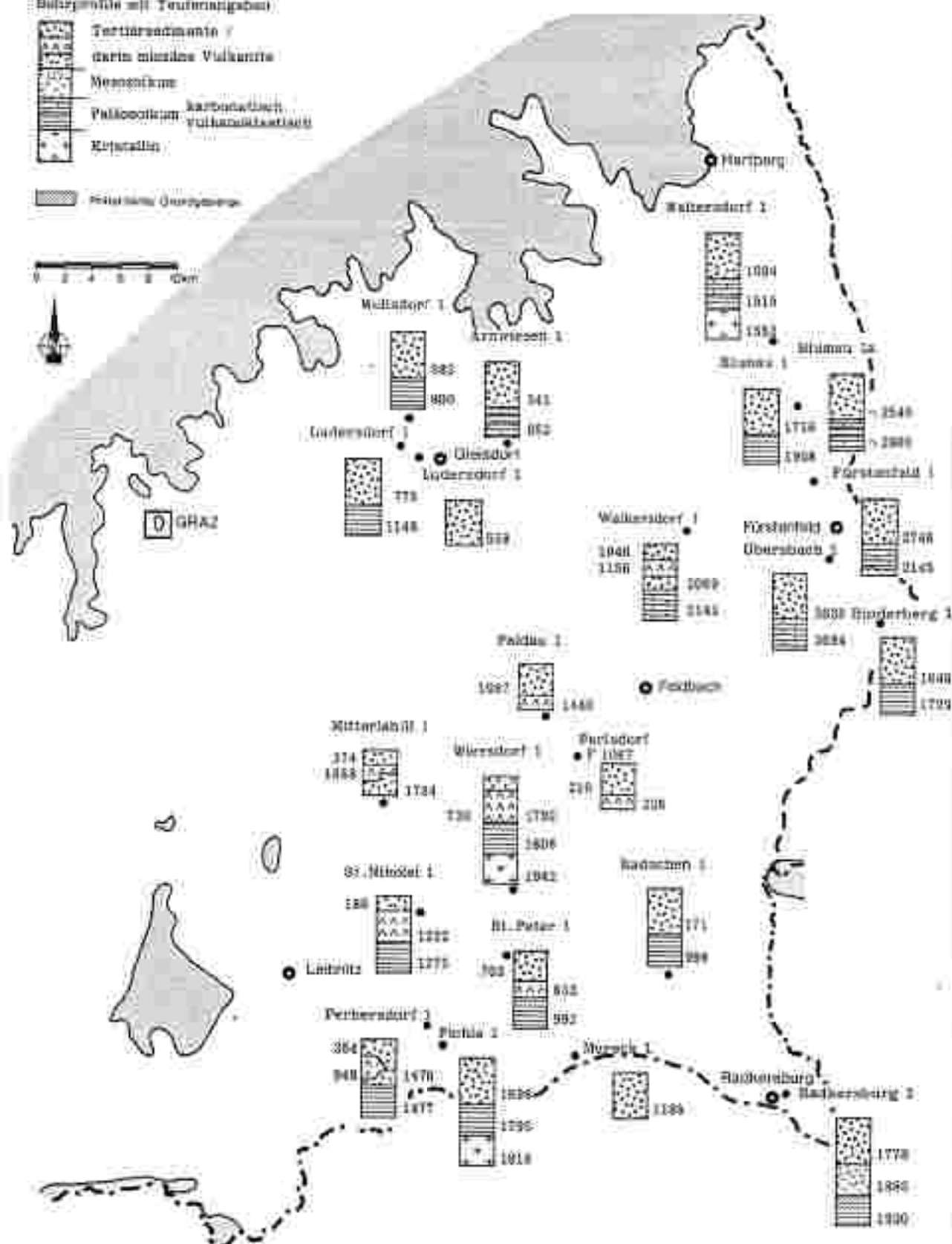
Abb.2

Erdgasspeicher Oststeiermark

Bührgenötte mit Tiefenangaben



0 2 4 6 8 km



Erdgasspeicher Oststeiermark

Lage der Schnitte: (A-E, 1-5)

[illegible]

● **Extrajugens**



1 2 3 4 5

