
HÖHENÄNDERUNGEN IM NÖRDLICHEN WIENER BECKEN

N. Höggerl

BEV Wien

Abstract

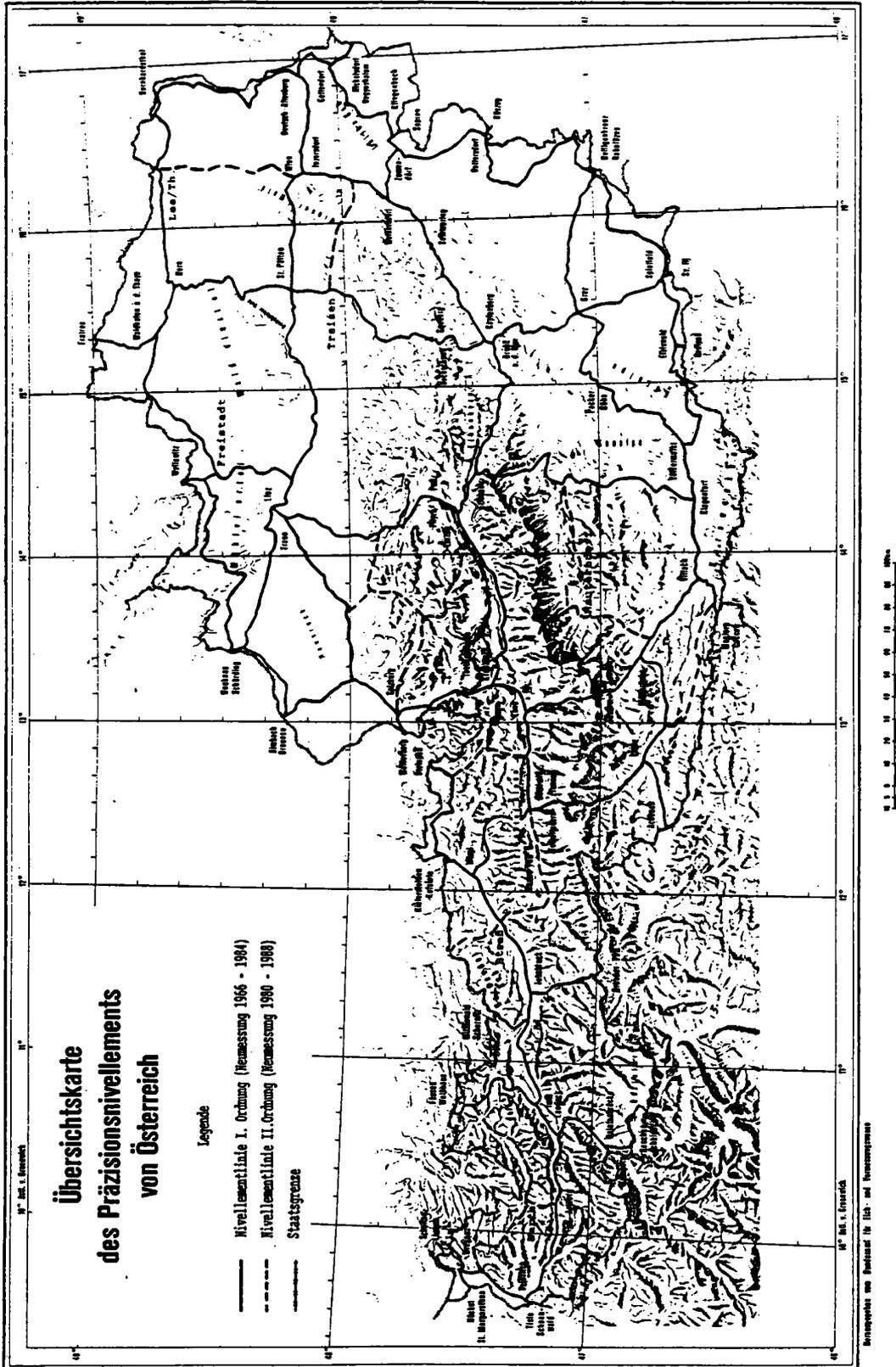
For the region of the northern Viennese Basin results of levelling measurements carried out over the past hundred years (1875-1992) were examined. With reference to the Central Alpine Zone (Dt. Altenburg) and the Cliff Zone at Staats subsidences up to 8mm/year occurred at Bernhardsthal. In some places a correlation between regions of gas and oil exploitation and regions with strong height variation (like Bernhardsthal, Weikendorf, Aderklaa) can be seen. The greatest subsidences were observed between 1955 and 1975. Between 1975 and 1992, however, the subsidences were only half the value as before.

1) Einführung

Die Aufgabe des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen (BEV) im Bereich des Präzisionsnivellements ist die Schaffung und Erhaltung eines homogenen Höhenbezugs für das österreichische Staatsgebiet. Die in Österreich verwendeten Gebrauchshöhen leiten sich von der Pegelstation in Triest/Italien ab; weiters ist das österreichische Präzisionsnivellementnetz im Europäischen Höhenetz (United European Levelling Network: UELN) integriert.

Nach der Beseitigung des "*Eisernen Vorhanges*" im Jahre 1989 konnten die zur ehemaligen Tschechoslowakei eingefrorenen Beziehungen wieder aufgenommen und normalisiert werden. Es war daher erstmals möglich moderne Nivellementverbindungen zwischen Österreich und der Tschechoslowakei (heute Slowakei und Tschechien) zu messen. 1991/92 wurden 10 Netzverbindungen von Aigen/Mühlviertel bis Bernhardsthal/NÖ zu Tschechien und 4 Netzverbindungen zur Slowakei von Hohenau/NÖ bis Kittsee/NÖ gemessen. Neben einer Verbesserung der Netzkonfiguration ist es jetzt auch möglich die Differenz zwischen den beiden Höhensystemen anzugeben (Mittelwert der Differenz: $H_{\text{Ö}} - H_{\text{CZ}} = + 0.50\text{m}$).

Aufgrund von teilweise bekannten Höhenänderungen im Bereich des nördlichen Wiener Beckens war es für eine homogene Einpassung der Grenzverbindungen in das österreichische Netz erforderlich, die Nivellementmessungen an möglichst stabile Widerlager anzuschließen. Aus diesem Grund wurde ein durchgehender Linienzug zwischen der zentralalpiner Zone bei Hainburg und Deutsch Altenburg,



Figur 1: Übersicht des Präzisionsnivellementnetzes von Österreich (Höggerl, 1986)

der Klippenzone bei Staatz und dem Böhmischem Massiv bei Horn/Frauenhofen gemessen.

2) Untersuchung von Höhenänderungen

In dem Arbeitstitel "*Schaffung und Erhaltung*" eines homogenen Höhennetzes (wie unter Punkt 1 angeführt) ist zwar explizit nichts über die Untersuchung von Höhenänderungen enthalten. Implizit ist jedoch sofort die Notwendigkeit ersichtlich, wenn die Meßdauer eines Höhennetzes in Betracht gezogen wird. Die letzte Übermessung des Höhennetzes 1. Ordnung in Österreich benötigte den Zeitraum von 1966-1984 (*Figur 1*). Bei diesen sich über Jahrzehnte erstreckenden Messungen läßt sich nur dann die erforderliche Qualität für das Gesamtnetz erzielen, wenn sehr gute Angaben über stabile oder instabile Bereiche vorliegen. D.h., daß für alle Linien mit zwei oder mehr Messungen Untersuchungen über die Stabilität der betroffenen Objekte durchgeführt werden müssen. Verwendet werden diese Ergebnisse, um

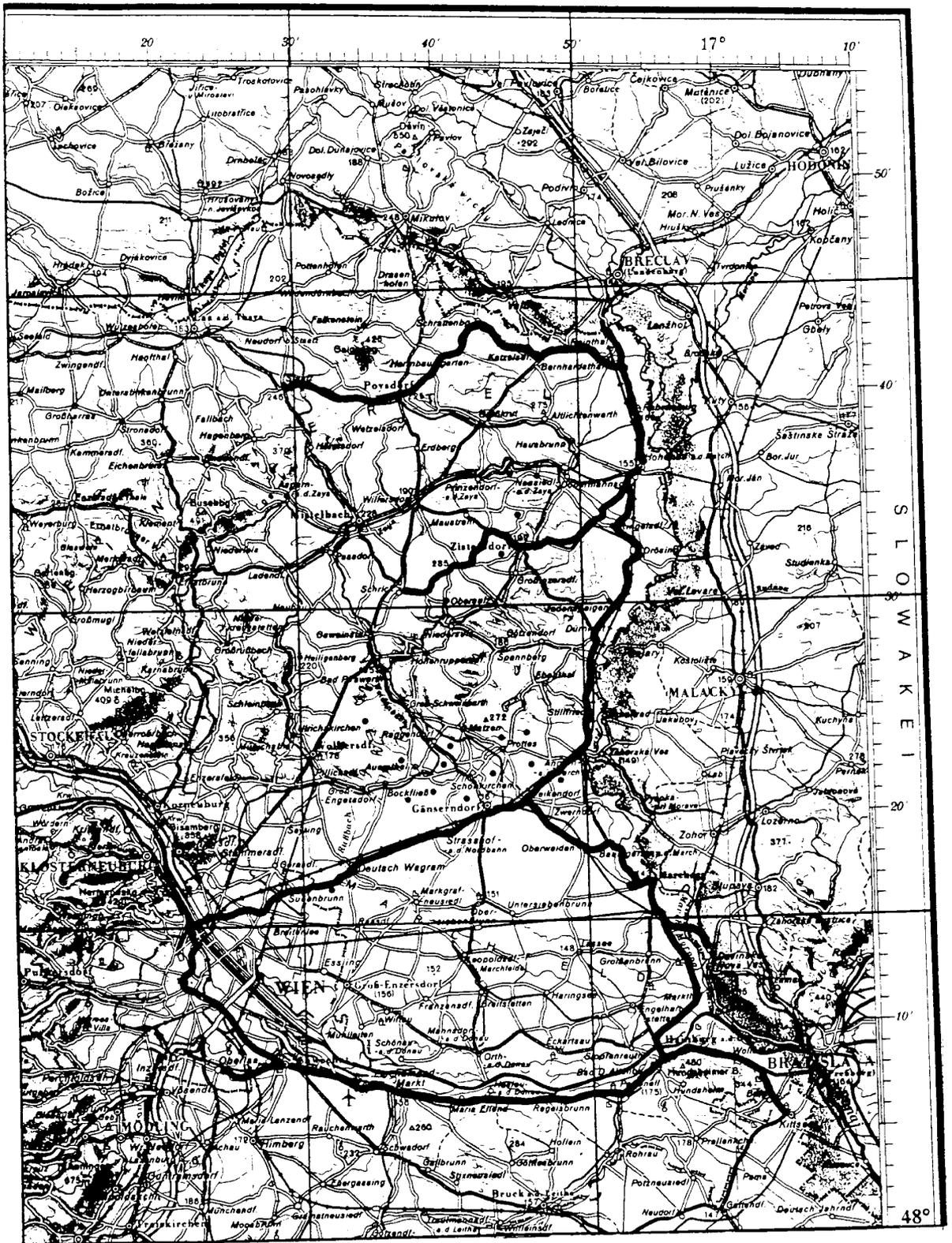
- lokal instabile Objekte (Punkte) auszuscheiden
- lokal den stabilsten Punkt einer Gruppe zu ermitteln (Knotenpunkt)
- regional stabile Bereiche zu ermitteln (wie weit ist eine Messung zu führen)
- überregional (österreichweit) Tendenzen von Höhenänderungen zwischen verschiedenen geologischen Einheiten erkennen zu können.

Die Untersuchung von abgeschlossenen Bereichen (wie z.B. in dieser Arbeit das nördliche Wiener Becken) gestaltet sich insofern nicht immer sehr einfach, da i.a. die vorhandenen Datensätze heterogen sind, d.h. die Messungen nicht in Hinblick auf die flächendeckende Untersuchung eines geschlossenen Gebietes angeordnet wurden. Die Anordnung orientierte sich an den o.a. Punkten, wie dem Anschluß an stabile Knotenpunkte.

3) Projektgebiet

In *Figur 2* sind jene Linienzüge eingezeichnet, die in die vorliegende Untersuchung einbezogen wurden. Es handelt sich dabei um den österreichischen Teil des nördlichen Wiener Beckens. Längs zum Wiener Becken verläuft die Linie Dt. Altenburg - Bernhardsthal entlang der Staatsgrenze zur Slowakei; quer dazu die Linie Bernhardsthal - Staatz. Nur Teilquerungen sind durch die Linien Schrick - Hohenau und Wien (Floridsdorf) - Weikendorf gegeben. Zusätzlich gibt es eine Linie südlich der Donau, die einerseits den Anschluß an den Zentralalpenbereich bei Hainburg ermöglicht und andererseits Richtung Westen bis nach Wien führt.

Derzeit konnten keine Messungen auf slowakischem Gebiet einbezogen werden (ausgenommen 1 Punkt in Nova Ves = Theben). Eine Kooperation mit dem Slowakischen Amt für Geodäsie und Kartographie soll jedoch eine Ausdehnung des



Figur 2: Nördliches Wiener Becken mit Nivellementlinien (—)

Untersuchungsgebietes auf den slowakischen Teil des Wiener Beckens ermöglichen.

Das Wiener Becken ist ein Einbruchsbecken, genauer gesagt ein Grabenbruch der durch Öffnung nach den Seiten entstanden ist. Der vorneogene Untergrund des Wiener Beckens gehört zum alpin-karpatischen Gesteinsverband, die Füllung des Beckens ist jungtertiären Ursprungs und erreicht im Bereich des "Schwechatertiefs" ihren maximalen Betrag mit 5500m.

Bedingt durch die Entstehungsgeschichte des Wiener Beckens gibt es eine größere Anzahl von Erdgas- und Erdölvorkommen in verschiedenen Tiefen, die seit ca. 1930 erschlossen werden (*Figur 3*).

4) Datenmaterial

Militärgeographisches Institut (MGI)

Theben (Nova Ves)-Marchegg-Hohenau (1875/76)

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV 0)

Theben (Nova Ves)-Marchegg-Hohenau-Bernhardsthal/Zoll (1934/35)

Reichsamt für Landesaufnahme (RHN)

Schrick-Zistersdorf-Hohenau-Bernhardsthal (1939)

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV1)

Dt. Altenburg-Marchegg-Hohenau-Bernhardsthal-Staatz (1955)

Dt. Altenburg-Fischamend-Wien/TU (1954)

Weikendorf-Wien/Floridsdorf (1954)

Schrick-Zistersdorf-Hohenau-Bernhardsthal (1952)

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV2)

Dt. Altenburg- Marchegg-Hohenau-Bernhardsthal-Staatz (1975)

Dt. Altenburg-Fischamend-Wien/TU (1972)

Weikendorf-Wien/Floridsdorf (1972)

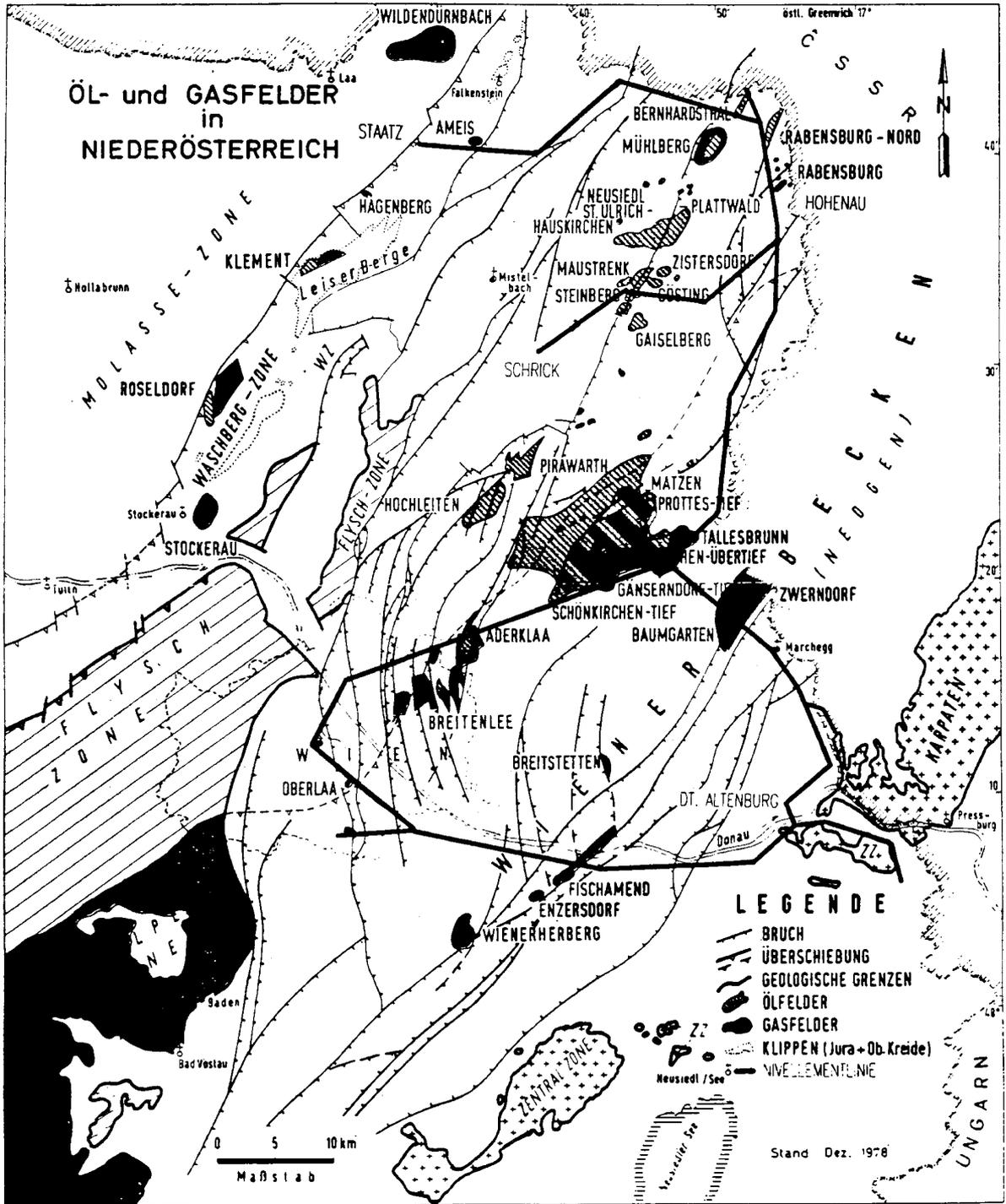
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV3)

Regelsbrunn-Fischamend-Oberlaa (1988)

Dt. Altenburg-Marchegg-Hohenau-Bernhardsthal-Staatz (1992)

5) Fehlerabschätzung

Die zu der jeweiligen Meßperiode gehörenden mittleren Fehler sind in *Tabelle 1* zusammengefaßt. Dabei wurden die Werte m für MGI, BEV1, BEV2, BEV3 aus einer Netzausgleichung abgeleitet, die restlichen Werte für m (BEV0, RHN) konnten nur aufgrund von Streck- und Liniendifferenzen zwischen Hin- und Rückmessung ermittelt werden. Bei den mittleren Fehlern m für MGI, BEV1, BEV2, BEV3 wird es



Figur 3: Erdöl- und Erdgasfelder im nördl. Wiener Becken (Bachmayer, 1980)

sich um Fehlerobergrenzen handeln, da die für die Ermittlung von m verwendeten Nivellementlinien sich über ganz Österreich erstreckten und sehr große Höhenunterschiede (bis 1000m) beinhalteten. Im gesamten Untersuchungsgebiet des nördlichen Wiener Beckens treten jedoch nur Höhenunterschiede bis zu 100m auf, die einen geringeren Fehler erwarten lassen.

	Periode	m(mm/km)
MGI	1875/76	4-5
BEV0	1920-37	1,5
RHN	1939	1,5
BEV1	1951-55	1,5
BEV2	1972-77	0,7
BEV3	1988,92	0,7

Tabelle 1: Mittlerer Kilometerfehler m

Für die Beurteilung der Höhenänderungen δh , abgeleitet aus zwei Messungen einer Linie, ist der kombinierte Fehler der beiden Messungen zu berücksichtigen:

$$m_{\delta h} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

Fehler für 1 km

$$m_L = m_{\delta h} \sqrt{L}$$

Fehler für die Länge L(km)

Um eine entsprechende Signifikanz der Aussagen zu erreichen wird üblicherweise mit dem doppelten mittleren Fehler gearbeitet, was einem Signifikanzniveau von 95% entspricht:

$$\delta h > 2m_{\delta h} \equiv 95\% \text{ Wahrscheinlichkeit}$$

In *Tabelle 2* sind die doppelten mittleren Fehler $2m_L$ für alle Kombinationen von Linienvergleichen für einige Entfernungen angeführt. Die Zahlen bedeuten, daß Höhenänderungen δh in einer bestimmten Entfernung erst nach Überschreiten des in der Tabelle angeführten Wertes als signifikant angesehen werden können.

Kombination	1km	10km	50km	100km
MGI - BEV0	9,4	29,8	66,4	----
BEV0 - BEV1	4,2	13,2	29,6	----
BEV0 - BEV3	3,2	10,2	22,6	----
RHN - BEV1	4,2	13,2	29,6	----
BEV1 - BEV2	3,2	10,2	22,6	32,0
BEV2 - BEV3	2,0	6,4	14,2	20,0

Tabelle 2: Zweifacher mittlerer Fehler $2m_L$ für die Differenz δh von zwei Höhenunterschieden

6) Träger der Information über Höhenänderungen (Stabilisierungsobjekte)

Aussagen über Höhenänderungen sind nur für mehrfach eingemessene Höhenfestpunkte möglich. Untersuchungen haben gezeigt (Lang, 1970), daß folgende Qualitätsabstufungen gegeben sind:

- Felsobjekte
- alte, große Gebäude (z.B. Kirchen)
- Häuser
- Brücken.

Dabei sind sehr oft Felsobjekte und Kirchen in ihrer Qualität als gleichwertig anzusetzen. Die Qualität der zur Verfügung stehenden Objekte kann bis zu einem gewissen Grad durch Quantität ersetzt werden. D.h. aus vielen Punkten mittlerer Qualität läßt sich durch den Einsatz von statistischen Methoden sehr wohl ein repräsentatives Ergebnis für das untersuchte Gebiet erzielen. Im Untersuchungsgebiet stehen nur 3 Vermarkungen im anstehenden Fels zur Verfügung (Dt. Altenburg, Staatz), die restlichen Objekte sind Kirchen, Häuser, Brücken und Sonstiges. In *Tabelle 3* sind als Beispiel für den Linienzug Dt. Altenburg - Marchegg - Bernhardsthal die in den verschiedenen Meßepochen verwendeten Stabilisierungsobjekte angeführt.

	FELSEN	KIRCHEN	HÄUSER	BRÜCKEN	SONST.	SUMME
MGI	--	--	15	1	31	47
BEV0	--	5	40	11	31	87
BEV1	--	16	82	9	60	167
BEV2	3	25	125	27	110	290
BEV3	3	30	137	30	124	324

Tabelle 3: Stabilisierungsobjekte im Profil Dt. Altenburg-Bernhardsthal

Eine weitere Schwierigkeit liegt auch darin begründet, daß durch die hohe Anzahl von Punktverlusten (ca. 1,7%/Jahr), der Zusammenhang zwischen einzelnen Meßperioden nicht immer leicht herzustellen ist. *Tabelle 4* zeigt die rasante Abnahme der Identpunkte für die jeweils vorangegangene Epoche.

	MGI	BEV0	BEV1	BEV2	BEV3
MGI	47	8	4	2	1
BEV0	---	87	47	20	20
BEV1	---	---	167	36	36
BEV2	---	---	---	290	208
BEV3	---	---	---	---	324

Tabelle 4: Identpunkte zwischen verschiedenen Meßepochen

7) Ergebnisse

Bedingt durch die nur teilweise flächenhafte Abdeckung des nördlichen Wiener Beckens mit mehrfach gemessenen Nivellementlinien wurden nur die Messungen auf Linien miteinander verglichen und profilweise grafisch dargestellt. Eine weitergehende Bearbeitung der Höhenänderungen durch Ausgleichsmodelle und mit Vertikalgeschwindigkeiten, z.B. mit Modell Holdahl Nr. 2 (Holdahl, 1975) ist erst sinnvoll, wenn durch weitere Messungen die Bildung von mehreren Schleifen möglich ist.

Für die Untersuchungen wurden nur gemessene Höhenunterschiede aus dem Präzisionsnivellement verwendet, da die im BEV vorhandenen Schweremessungen (seit 1955) keine Änderung der Oberflächenschwere erkennen lassen.

7.1) Profil Dt. Altenburg - Marchegg - Bernhardsthal (- Staatz)

Figur 4 zeigt den Vergleich der beiden ältesten Messungen mit Bezugspunkt Theben (Nova Ves). Die maximale Höhenänderung beträgt -18mm und ist als nicht signifikant zu betrachten. Alle verwendeten Objekte liegen entlang der Bahnlinie und sind Häuser oder Bahnhöfe.

Figur 5 zeigt den Vergleich aller Messungen (bezogen auf 1934) auf dem o.a. Profil, wobei als Bezugspunkt Marchegg gewählt werden mußte, da die Messung 1934 nicht in Dt. Altenburg angeschlossen. Ein Vergleich der Messung zwischen Dt. Altenburg und Marchegg mit den Messungen 1955, 1975 und 1992 zeigt jedoch die relative Stabilität des Bereichs Marchegg gegenüber Dt. Altenburg (Felsen) auf. Eine Kurzinterpretation zeigt, daß für Marchegg und Hohenau das Niveau erhalten bleibt, die größten Höhenänderungen in Bernhardsthal (Kirche), Stillfried und Weikendorf auftreten. Wobei zeitlich gesehen für die Periode 1955-1975 die maximalen Veränderungen festgestellt werden können (bis 8mm/Jahr). Zwischen 1975 und 1992 hat sich die Geschwindigkeit der Absenkung etwa halbiert. Alle Höhenänderungen zwischen Marchegg und Hohenau und bis Bernhardsthal sind als signifikant anzusehen.

Figur 6 und **Figur 7** zeigen ein gegenüber **Figur 4** und **Figur 5** bis zur Staatzer Klippenzone verlängertes Profil. Die Hebung der Klippenzone gegenüber dem zentralalpinen Bereich (Dt. Altenburg) von 30mm liegt an der Grenze zur Signifikanz. Besonders interessant ist jedoch die zwischen Hohenau und Reinthal auftretende Höhenverschiebung von 20mm innerhalb des kurzen Bereiches von nur 15km (**Figur 6**). Erkennbar ist ein erstmaliges Einsinken des Bereiches Hohenau (bezogen auf Dt. Altenburg) während des Zeitraumes von 1975-1992.

Figur 8 dient der Untersuchung des Bezugspunktes in Dt. Altenburg (37494) durch Vergleich mit weiteren Felspunkten in der Zentralzone (Bereich Wolfsthal - Berg). Der Vergleich der 20 Jahre auseinanderliegenden Messungen bringt eine Schwankungsbreite von ± 2 mm auf 13km für alle eingemessenen Felspunkte (Signifikanz wäre ab 3,6mm erreicht), d.h. die verwendeten Felspunkte sind in sich mit Ausnahme von 38871 als stabil anzusehen.

7.2) Profil Dt. Altenburg - Wien

Figur 9 gibt die Ergebnisse eines heterogenen Datensatzes auf der Linie Dt. Altenburg - Schwechat - Wien wieder. Zwischen 1954 und 1972 konnte der Linienzug Dt. Altenburg - Wien TU durchgehend verglichen werden. 1988 erfolgte nur eine Messung zwischen Regelsbrunn und Schwechat auf dem o.a. Linienzug, sowie eine Seitmessung nach Oberlaa. Zusätzlich zur Absenkung des Wiener Bereiches um 10 bis 20mm gegenüber Dt. Altenburg ist in diesem Profil von besonderem Interesse das Absinken eines lokal beschränkten Bereiches knapp östlich von Fischamend (1,1 bis 1,5mm/Jahr). Wird ein schräges Einfallen der Schichtung angenommen, so fällt dieser Bereich mit dem sogenannten "Schwechater Tief", der tiefsten Stelle des Beckenuntergrundes zusammen.

7.3) Querprofile

Figur 10 und **Figur 11** als Querprofile zum Wiener Becken bestätigen einerseits die Absenkungen in Weikendorf und andererseits in Bernhardsthal. Dabei sind aber die Zeitintervalle der Messungen zu berücksichtigen.

8) Zusammenfassung

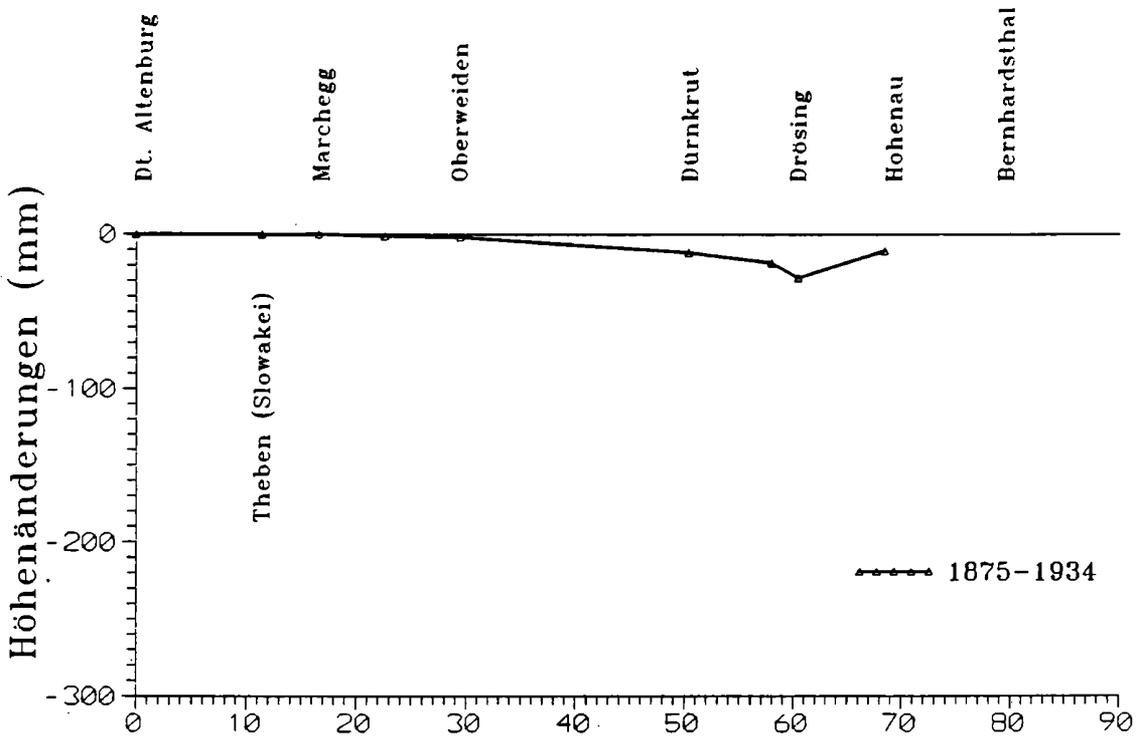
Die dargestellten Ergebnisse sollen von geodätischer Seite nicht interpretiert werden. Bei einem Vergleich mit den in **Figur 3** dargestellten Erdöl- und Erdgasfeldern fällt jedoch auf, daß in vielen Bereichen Höhenänderungen besonders in Bereichen auftreten wo eine Entnahme von Erdöl und/oder Erdgas stattgefunden hat oder noch immer stattfindet: Bernhardsthal, Rabensburg, Weikendorf, Zistersdorf, Aderklaa. Eine Trennung von Höhenänderungen natürlichen und künstlichen Ursprungs ist kaum möglich. Nur die in **Figur 4** dargestellte (nicht signifikante) Veränderung liegt in dem Zeitraum vor der Erdölgewinnung.

9) Ausblick

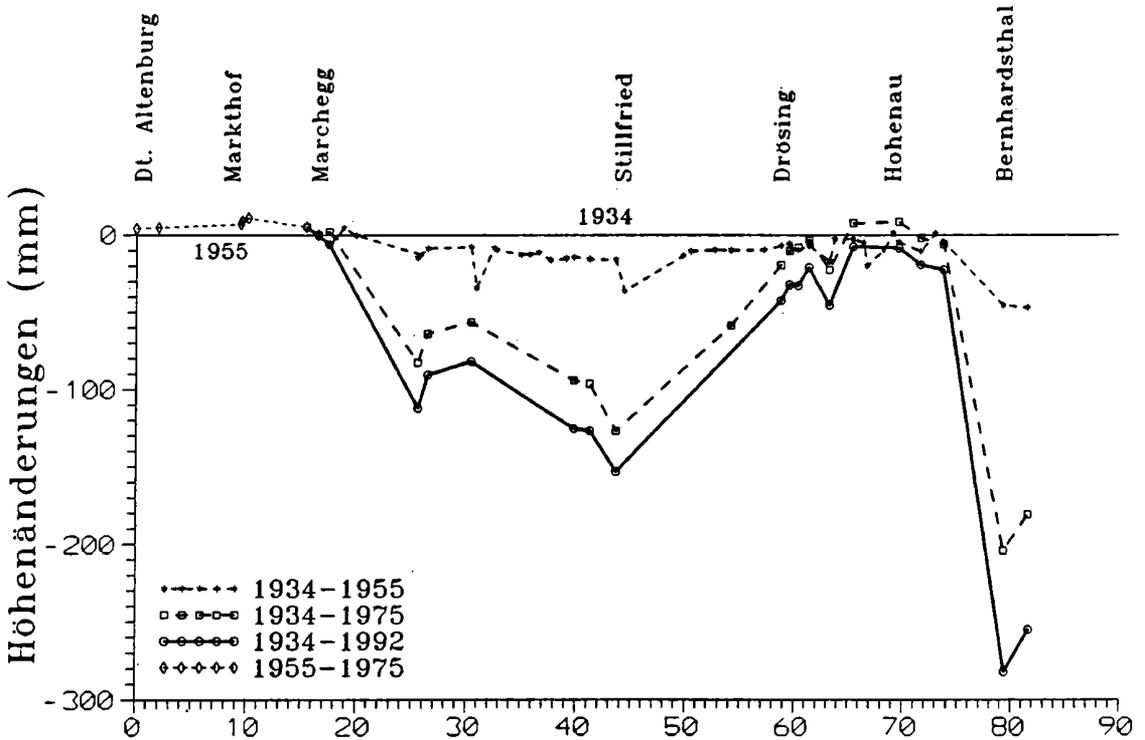
Die vorgestellten Ergebnisse stellen erst einen Teil einer umfassenden Studie über das nördliche Wiener Becken dar. Zu ergänzen ist diese Arbeit durch weitere Messungen die 1993 und 1994 ausgeführt werden und eine wesentlich bessere flächenhafte Erschließung des Gebietes bringen werden. Es wird der Anschluß an die Kalkalpen und Flyschzone bei Wien erfolgen. Weiters sollen die Untersuchungen auch auf den slowakischen Teil des Wiener Beckens ausgedehnt werden. Als wesentlich erscheint es auch, die Berechnung mit Vertikalgeschwindigkeiten und Ausgleichsmodellen durchzuführen, damit eine punktbezogene Aussage über Fehler und Signifikanz der Höhenänderungen erhalten wird.

Referenzen:

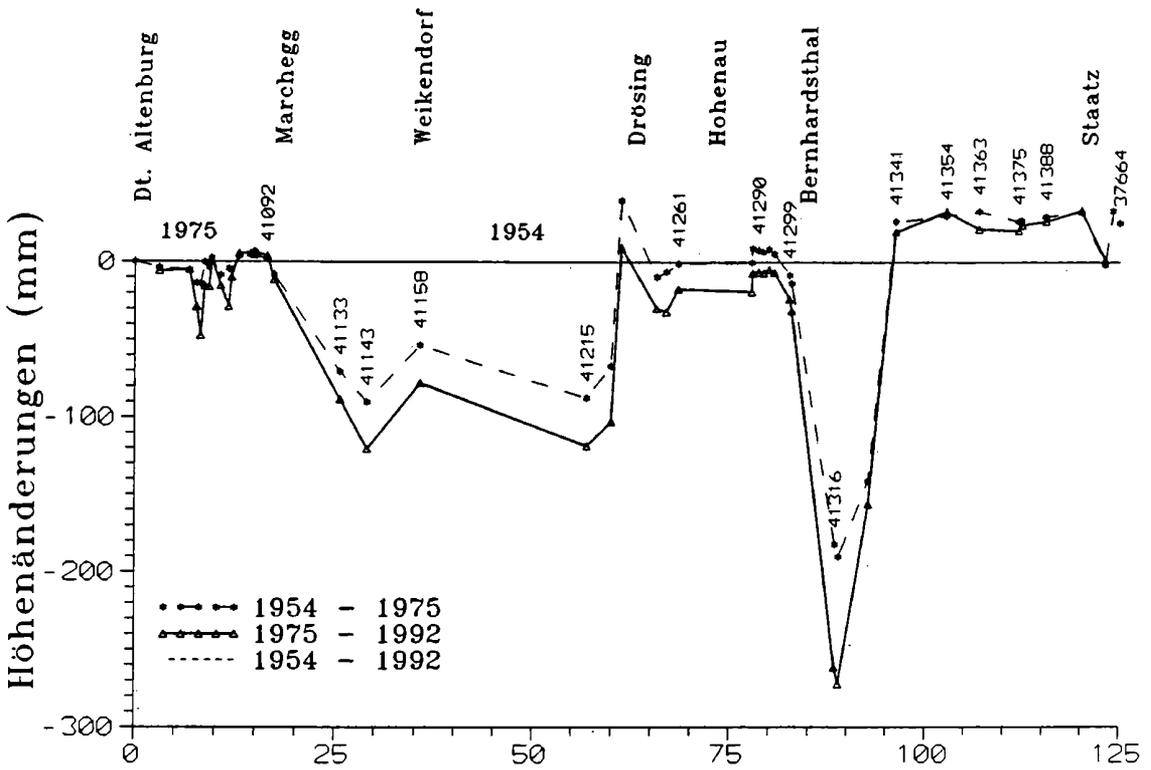
- Bachmayer F. (Hsg.): **Erdöl und Erdgas in Österreich**. Naturhistorisches Museum Wien, Wien 1980.
- Holdahl S.: **Models and Strategies for Computing Vertical Crustal Movements in the United States**. Preprint for the International Symposium on Recent Crustal Movements, Grenoble, France 1975.
- Höggerl N.: **Die Ausgleichung des österreichischen Präzisionsnivellementnetzes**. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 74. Jg., Wien 1986.
- Lang M.: **Lokale Beständigkeit der Höhe eines Präzisionsnivellementpunktes aus regionalen statistischen Untersuchungen**. Vierte Fachtagung für Vermessungswesen in Wien, Wien 1970.



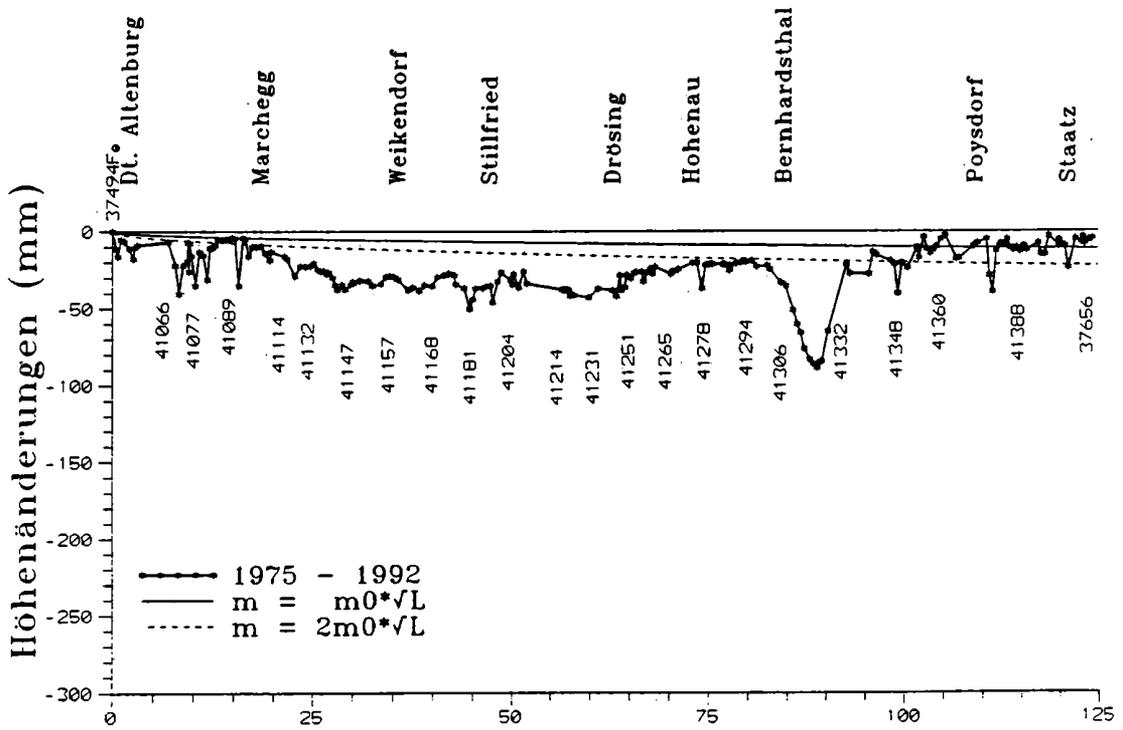
Figur 4: Theben (Nova Ves) - Hohenau (km)



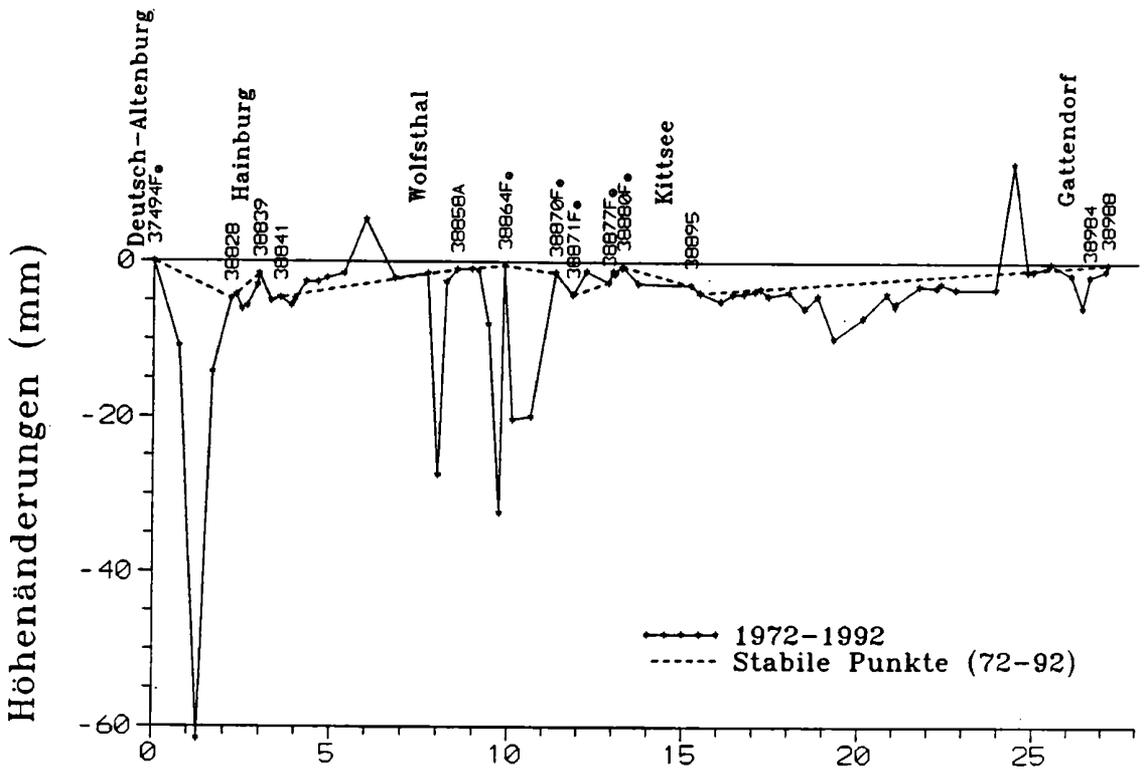
Figur 5: Deutsch Altenburg - Bernhardtsthal (km)



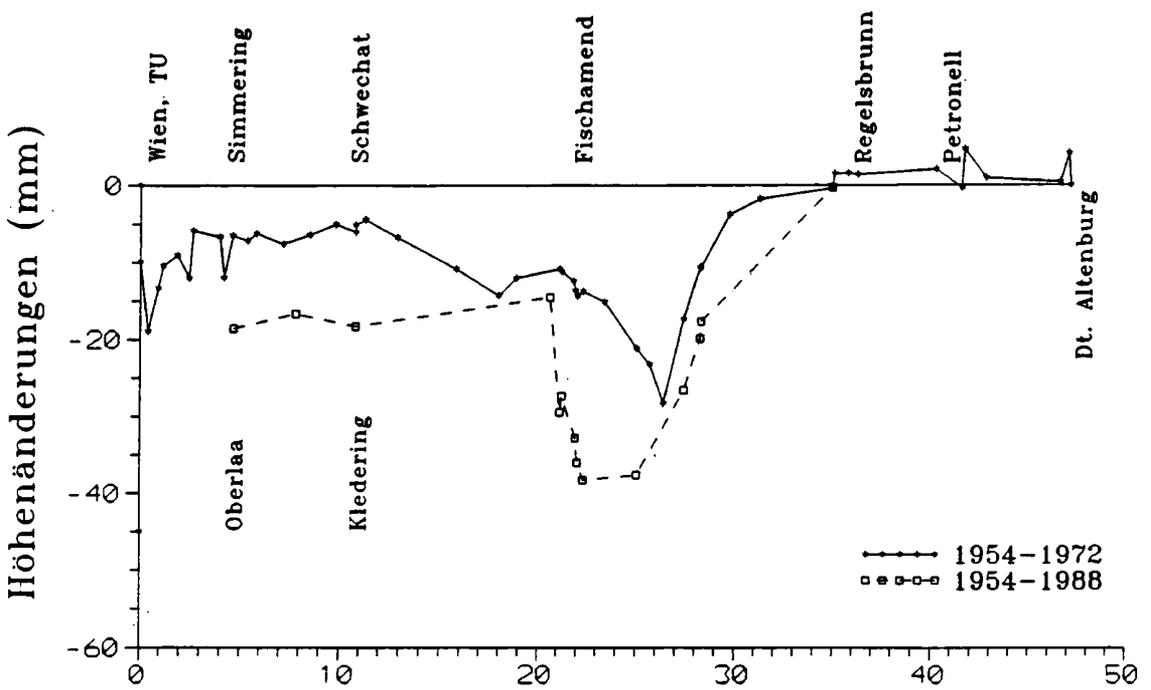
Figur 6: Deutsch Altenburg - Staatz (km)



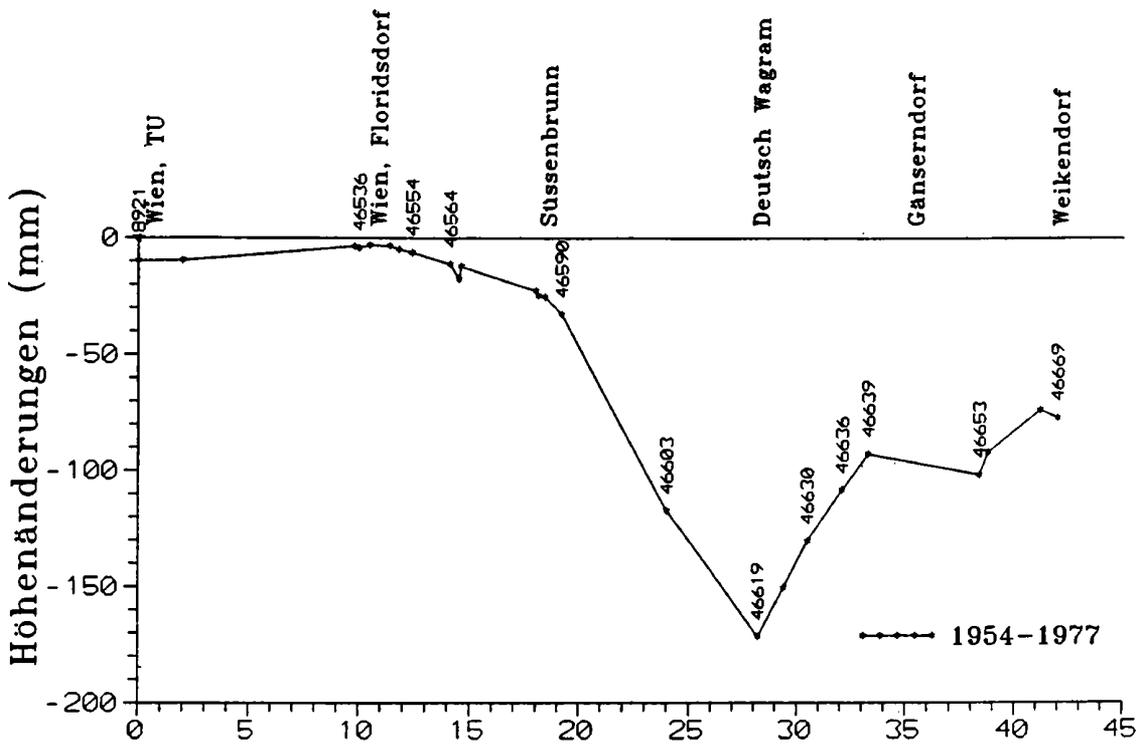
Figur 7: Deutsch Altenburg - Staatz (km)



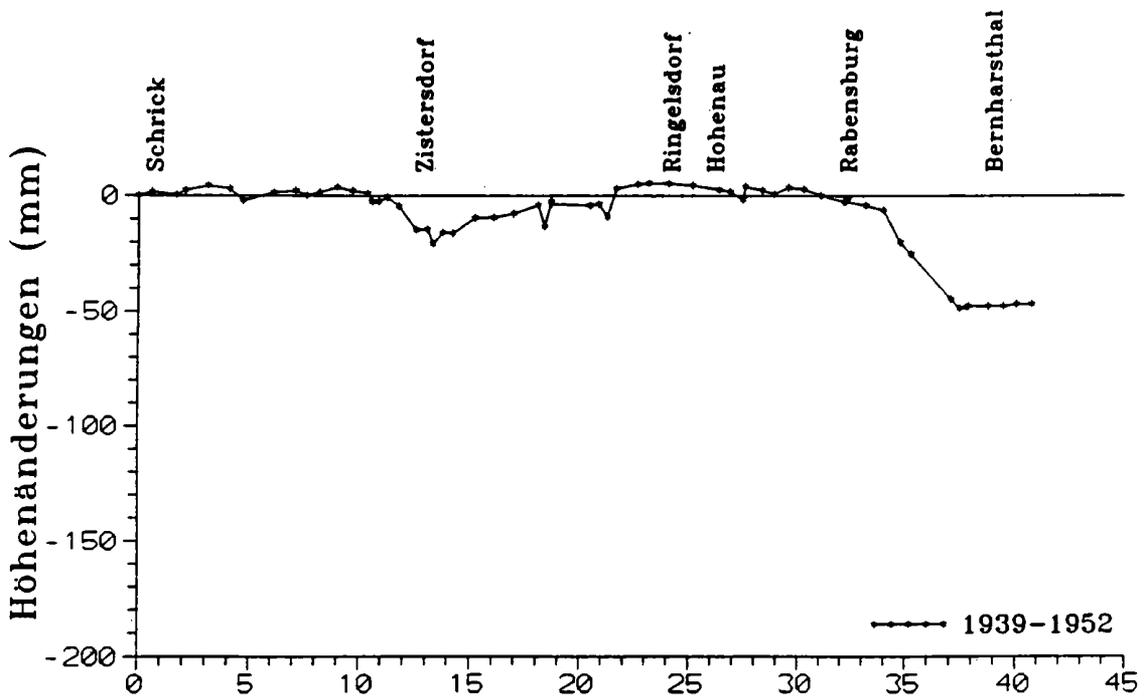
Figur 8: Deutsch Altenburg - Gattendorf (km)



Figur 9: Wien - Deutsch Altenburg (km)



Figur 10: Wien - Weikendorf (km)



Figur 11: Schrick - Bernhardsthal (km)

