

Gemeinde Bergdietikon, Gebiet «Rai»

# Geologische Baugrundbeurteilung und Massnahmen

Erläuternde Beilage zum Gestaltungsplan «Rai»

15. Mai 2013

---

A.

Geologische Baugrunduntersuchungen Baugebiet Rai, 12. Mai 1997

B. (Plandokument)

Ergebnisse der Kernbohrungen und Hangbewegungsmessungen, Situation 1:1000,  
12. Mai 1997

C. (Plandokument)

Ergebnisse der Kernbohrungen und Hangbewegungsmessungen, Profil A 1:200,  
12. Mai 1997

D. (Plandokument)

Ergebnisse der Kernbohrungen und Hangbewegungsmessungen, Profil C 1:200,  
12. Mai 1997

E.

Ergebnisse der Hangbewegungsmessung, Baugebiet Rai, 24. August 2007

F.

Hangentwässerungskonzept, Baugebiet Rai, 3. Oktober 2011

G.

Massnahmenkatalog Hangentwässerung, Baugebiet Rai, 14. Oktober 2011

H.

Kernbohrungen und Inclinometermessungen, Baugebiet Rai, 17. Juli 2012

# **Geologische Baugrunduntersuchungen Baugebiet Rai**

**Bergdietikon / AG**

**Ergebnisse der Kernbohrungen und  
Hangbewegungsmessungen 1996/1997**

**mit 6 Beilagen**

**12. Mai 1997**

## **Geologische Baugrunduntersuchungen**

### **Baugebiet Rai Bergdietikon / AG**

#### **Ergebnisse der Kernbohrungen und Hangbewegungsmessungen 1996/1997**

## Inhaltsverzeichnis

Frühere Berichte unseres Büros	4
Einleitung und Auftrag	5
Ausgeführte Arbeiten	5
1. Ergebnisse der Kernbohrungen Nr. 96-1 bis 96-3	7
1.1 Lage der Kernbohrungen	7
1.2 Angetroffene Bodenverhältnisse	7
1.3 Angetroffene Wasserverhältnisse	8
2. Lage und Schwankungen des Hangwasserspiegels	8
3. Messung der Hangbewegungen	11
3.1 Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3	11
3.2 Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7	11
4. Neuplanung der Bauzonen im Gebiet «Rai»	13
5. Sanierungsmöglichkeiten	14
5.1 Konstruktive Hangsicherung	14
5.2 Entwässerung	14
5.2.1 Oberflächenentwässerung	15
5.2.2 Tiefenentwässerung	16
6. Stabilitätsberechnungen	19
6.1 Ziel und Zweck	19
6.2 Annahmen und Berechnungsmethoden	19
6.3 Resultate der Stabilitätsberechnungen	19
6.3.1 Restscherfestigkeit	19
6.3.2 Abschätzung des Einflusses einer Hangwasserspiegelabsenkung	21
6.4 Diskussion der Resultate	23
7. Vorschlag und Kostenschätzung der Firma FlowTex Service AG	24
7.1 Sanierungsvorschlag	24
7.2 Kostenschätzung	25
8. Empfehlung und weiteres Vorgehen	26

**Figuren:**

1	Wasserspiegelmessungen 1993–1997, Gangliniendarstellungen	10
2	Hangverschiebungen 1991–1997	12
3	Interaktionsdiagramm für $\Phi'$ und $c'$	20
4	Sicherheitsfaktor F in Funktion der Hangwasserspiegelabsenkung $\Delta h$	22

**Beilagen:**

1	Situation 1:1000
2	Profil A, 1:200
3	Profil C, 1:200
4	Einzelprotokolle der Kernbohrungen Nr. 96-1 bis 96-3
5	Messresultate der Verschiebungsmessungen
6	Sanierungsvorschlag und Kostenschätzung der Firma FlowTex Service AG

**Auftraggeber:**

Gemeinderat Bergdietikon, 8962 Bergdietikon

### **Frühere Berichte unseres Büros**

Die Ergebnisse der früheren Untersuchungen im Gebiet Rai sind in den folgenden Berichten unseres Büros enthalten:

- 8.2.1991      Erschliessung Baugebiet Rai, Geologische Untersuchungen
  
- 7.12.1992      Geologische Baugrunduntersuchungen, Erschliessung Baugebiet Rai,  
Bergdietikon/AG
  
- 19.10.1995      Geologische Baugrunduntersuchungen, Erschliessung Baugebiet Rai,  
Bergdietikon/AG, Ergebnisse der Hangbewegungsmessungen  
1991 bis 1995

Die oben genannten Berichte werden im Folgenden als bekannt vorausgesetzt.

## **Einleitung und Auftrag**

Im Hinblick auf eine Erschliessung und Überbauung des Gebietes Rai in Bergdietikon haben wir in den Jahren 1990 und 1991 im Projektgebiet geologische Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Zur langfristigen Überwachung des Hanggebietes wurden damals 7 Piezometerrohre für die Messung des Hangwasserspiegels (in Rammsondierungen) und 7 Slope-Indicator-Rohre (in Kernbohrungen) für die Messung der Hangbewegungen versetzt.

Mit den Ergebnissen der Bewegungsmessungen konnten im Gebiet Rai ein nördliches und ein südliches Rutschgebiet mit mittleren bis grossen Bewegungsgeschwindigkeiten ausgeschieden werden. Dazwischen liegt ein stabileres Gebiet mit kleinen Kriechbewegungen.

Zur Erfassung der hangseitigen Begrenzungen der beiden Rutschgebiete schlugen wir dem Gemeinderat Bergdietikon mit Schreiben vom 1.2.1996 vor, im oberen Hangbereich drei ergänzende Kernbohrungen auszuführen und mit Slope-Indicator-Messrohren auszubauen. Gestützt auf den Beschluss der Gemeindeversammlung vom 24.6.1996 wurden wir durch Herrn Gemeinderat W. Weibel mit der Ausführung der Arbeiten beauftragt.

## **Ausgeführte Arbeiten**

Für die Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes wurden folgende Feldarbeiten ausgeführt:

### ***Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich***

- Geologische Bauleitung über die Arbeiten der Bohrfirma
- Geologische Aufnahme der Bohrkerne
- Einmessen und Nivellieren der Sondierstellen
- Vermessen der eingebauten Slope-Indicator-Messrohre:
  - 16.9.96: Nullmessung in den neuen Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3
  - 01.4.97: 1. Folgemessung in den Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3 und  
4. Folgemessung in den Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7

**Forag AG, Stans**

- Ausführen der Kernbohrungen Nr. 96-1 bis 96-3 in der Zeit vom 20.8. bis 11.9.1996, Sondiertiefen 25–35 m
- Ausbau der Bohrungen mit Slope-Indicator-Messrohren

**Bauverwaltung der Gemeinde Bergdietikon**

- Monatliche Messung der Wasserstände in den Piezometerrohren

Die wichtigsten Angaben über die im Jahr 1996 ausgeführten Kernbohrungen sind in der nachfolgenden *Tabelle 1* zusammengestellt.

*Tabelle 1:* Kernbohrungen 1996, Datenzusammenstellung

<b>Sondierung Nr.</b>	<b>Terrainhöhe m ü.M.</b>	<b>Sondiertiefe m</b>	<b>Einbau</b>
96-1	490.34	30.0	Slope-Indicator-Messrohr
96-2	477.24	25.0	Slope-Indicator-Messrohr
96-3	491.52	35.0	Slope-Indicator-Messrohr

## 1. Ergebnisse der Kernbohrungen Nr. 96-1 bis 96-3

### 1.1 Lage der Kernbohrungen

Die Kernbohrungen Nr. 96-1 und 96-2 liegen jeweils rund 10–15 m oberhalb der im Gelände erkennbaren Anrissränder der beiden Rutschgebiete, im Bereich der Bergstrasse (*Beilage 1*). Die Bohrung Nr. 96-3 wurde rund 40 m oberhalb des nördlichen Rutschgebietes, auf der flachen Ebene zwischen der Kirche und dem Schulhaus, ausgeführt.

Die Bohrungen Nr. 96-1 bis 96-3 liegen in der hangseitigen Verlängerung der Profile A und C (vgl. Berichte vom 7.12.1992 und 19.10.1995 sowie *Beilage 1*). Die entsprechend ergänzten geologischen Hangprofile sind in den *Beilagen 2* und *3* dargestellt. Die Einzelprotokolle der Kernbohrungen Nr. 96-1 bis 96-3 sind in *Beilage 4* enthalten.

### 1.2 Angetroffene Bodenverhältnisse

In der Kernbohrung Nr. 96-1 wurde bis 2.5 m Tiefe *Gehängelehm* aus erdigem und sandigem Lehm angetroffen. Darunter folgte bis 6.8 m Tiefe die *Moräne* aus tonigem Silt mit Sand, Kies und Steinen. Unter der Moräne wurden bis zur Endtiefe der Bohrung von 30.0 m stark verwitterte und aufgelockerte *Molassegesteine* aus Mergel, Sand- und Siltsteinschichten angetroffen. Innerhalb der Molasse trat in 12.5–13.2 m Tiefe eine moränenartige Zwischenschicht auf, welche auf einen älteren Rutschhorizont in diesem Tiefenbereich hindeutet.

In den Kernbohrungen Nr. 96-2 und 96-3 folgte bis in 3.1 m resp. 3.8 m Tiefe *Gehängelehm*, welcher vorwiegend aus verwittertem Molassemergel besteht. Darunter folgten in beiden Bohrungen verwitterte *Molassegesteine*. In der Bohrung Nr. 96-2 war die ursprünglich horizontale Schichtung der Molasse teilweise deutlich gestört. Zwischen 12.6 m und 15.8 m Tiefe wurde innerhalb der erbohrten Molasseschichten ein *Moränenpaket* aus sandigem Silt mit Kies und Blöcken angetroffen. In der Bohrung Nr. 96-3 folgte bis in 22.0 m Tiefe verwitterte Molasse. Darunter wurde bis auf die Endsondierentiefe von 35 m u.T. Moräne erbohrt.

Damit zeigen auch die neuen Bohrungen, dass im Hanggebiet Rai ausgesprochen heterogene Untergrundverhältnisse mit Moränenschichten und mächtigen versackten Molassepaketen vorliegen.

### 1.3 Angetroffene Wasserverhältnisse

Die Bohrungen wurden nach Erreichen der Endtiefe mit Slope-Indicator-Messrohren ausgebaut, so dass keine Messungen des ungestörten Wasserspiegels möglich waren.

Nach den Angaben des Bohrmeisters wurde während des Bohrvorgangs in der Bohrung Nr. 96-1 zwischen 9.1 und 9.2 m Tiefe und in der Bohrung Nr. 96-3 ab ca. 9.9 m Tiefe Wasser angetroffen. In der Bohrung Nr. 96-2 wurde während der Bohrarbeiten kein Wasser festgestellt. Vermutlich hätte sich in allen Bohrlöchern nach einiger Zeit ein Wasserspiegel auf einem höheren Niveau eingestellt. Es handelt sich hier um sogenanntes Hangwasser, welches in etwas besser durchlässigen sandigen Partien langsam talwärts sickert.

## 2. Lage und Schwankungen des Hangwasserspiegels

Zur langfristigen Überwachung des oberflächennahen *Hangwasserspiegels* wurden bei den Sondierarbeiten im Jahr 1991 sieben Piezometerrohre versetzt. Die Wasserspiegel werden seit 1993, mit einem Unterbruch 1994/1995, monatlich durch die Bauverwaltung Bergdietikon gemessen.

Bei Beginn der Messungen waren die beiden Piezometerrohre Nr. 14 und 16 im südlichen Rutschgebiet nicht mehr vorhanden. Das Piezometerrohr Nr. 6 ist seit 1994 nicht mehr vorhanden. Die Ganglinien der gemessenen Wasserspiegel in den Piezometerrohren Nr. 2, 4, 6, 8 und 10 sind in der nachfolgenden *Figur 1* dargestellt.

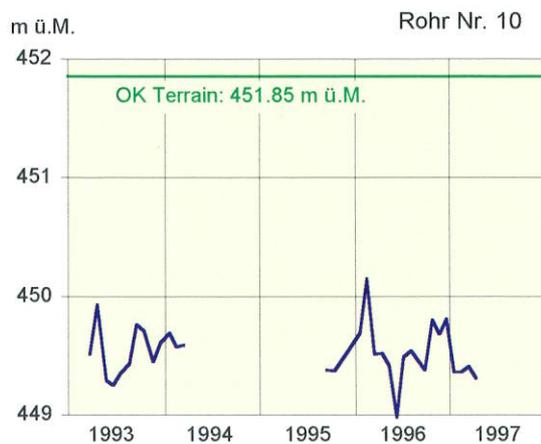
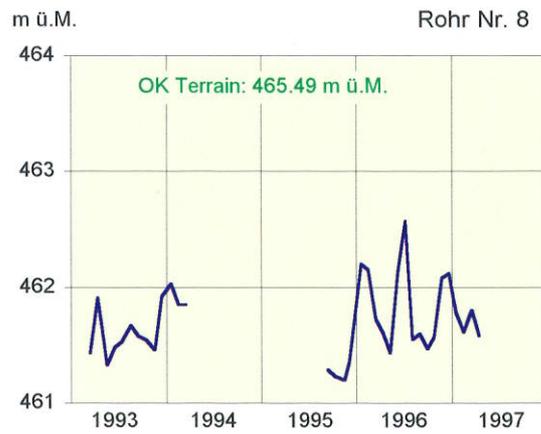
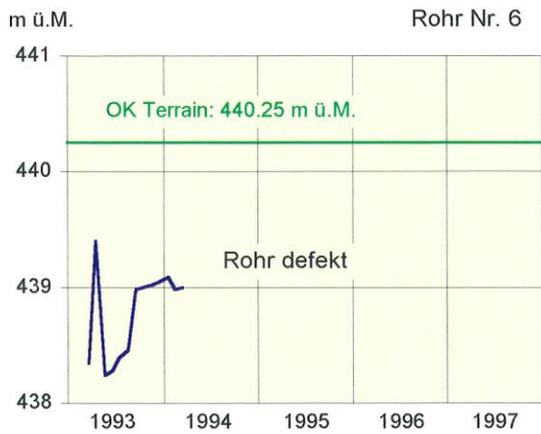
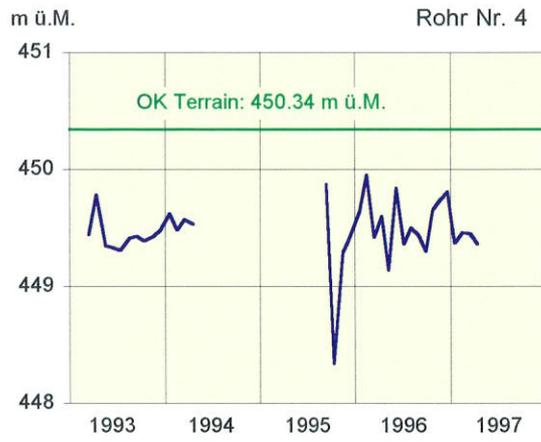
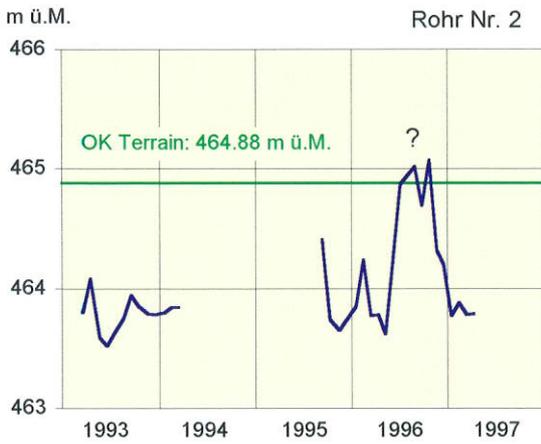
Der Schwankungsbereich des oberflächennahen Hangwasserspiegels beträgt in allen Messstellen rund 1 m. Der sehr unregelmässige Verlauf der Ganglinien zeigt dabei, dass der Hangwasserspiegel kurzfristig und stark auf Niederschlagsereignisse reagiert.

Im nördlichen Rutschgebiet (Piezometerrohre Nr. 2, 4 und 6) liegt der Hangwasserspiegel durchwegs hoch und im Mittel nur rund 1 m unter der Terrainoberfläche. Im mittleren, stabileren Hangteil liegt er in rund 2–4 m Tiefe. Aus dem südlichen Rutschgebiet liegen keine längeren Messreihen über die Lage des Hangwasserspiegels vor.

Über die Wasserverhältnisse in den tieferen Bodenschichten, insbesondere über die Porenwasserdrücke im Bereich der Gleithorizonte, liegen bislang keine Angaben vor. Im Rahmen der Hangsanierung sollten auf Höhe des Gleithorizontes zusätzliche Piezometerrohre versetzt werden, damit die Grösse des Porenwasserdruckes und die Auswirkungen einer allfälligen Tiefendrainage erfasst werden können.

Gebiet Rai, Bergdietikon/AG

Wasserspiegelmessungen 1993–1997, Gangliniendarstellungen



monatliche Wasserspiegelmessungen:  
Bauverwaltung Bergdietikon

Auswertung und Darstellung:  
Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich

### 3. Messung der Hangbewegungen

In den neuen Slope-Indicator-Messrohren Nr. 96-1 bis 96-3 wurde am 16.9.1996 die *Nullmessung* durchgeführt. Die *erste Folgemessung* erfolgte nach einem halben Jahr, am 1.4.1997. Gleichzeitig wurde in den Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7 die *vierte Folgemessung* durchgeführt. Die gemessenen Verschiebungen sind in den Profilen A und C (*Beilagen 2 und 3*) aufgezeichnet. Die aufsummierten Verschiebungsbeträge zwischen den Bohrlochenden und der Geländeoberfläche sind in der nachfolgenden *Figur 2* in Funktion der Zeit aufgezeichnet.

#### 3.1 Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3

Innerhalb des Zeitraumes von einem halben Jahr konnten in den drei neuen Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3 Verschiebungen in der Grössenordnung von 1.0–1.5 mm gemessen werden. Diese Werte liegen innerhalb der Messgenauigkeit und können damit noch keine schlüssige Aussage über effektive Kriechbewegungen resp. Bewegungsgeschwindigkeiten geben. Erst nach einer weiteren Folgemessung in ca. 1 bis 2 Jahren werden genauere Schlüsse gezogen werden können.

Falls es sich bei den bisher gemessenen Bewegungsgeschwindigkeiten tatsächlich um effektive Kriechbewegungen handelt, so sind diese jedoch deutlich kleiner als diejenigen in den beiden talseits angrenzenden Rutschgebieten (siehe Abschnitt 3.2). Es kann daher vorläufig davon ausgegangen werden, dass die neuen Messstellen ausserhalb der beiden aktiven Rutschgebiete *Nord* und *Süd* liegen.

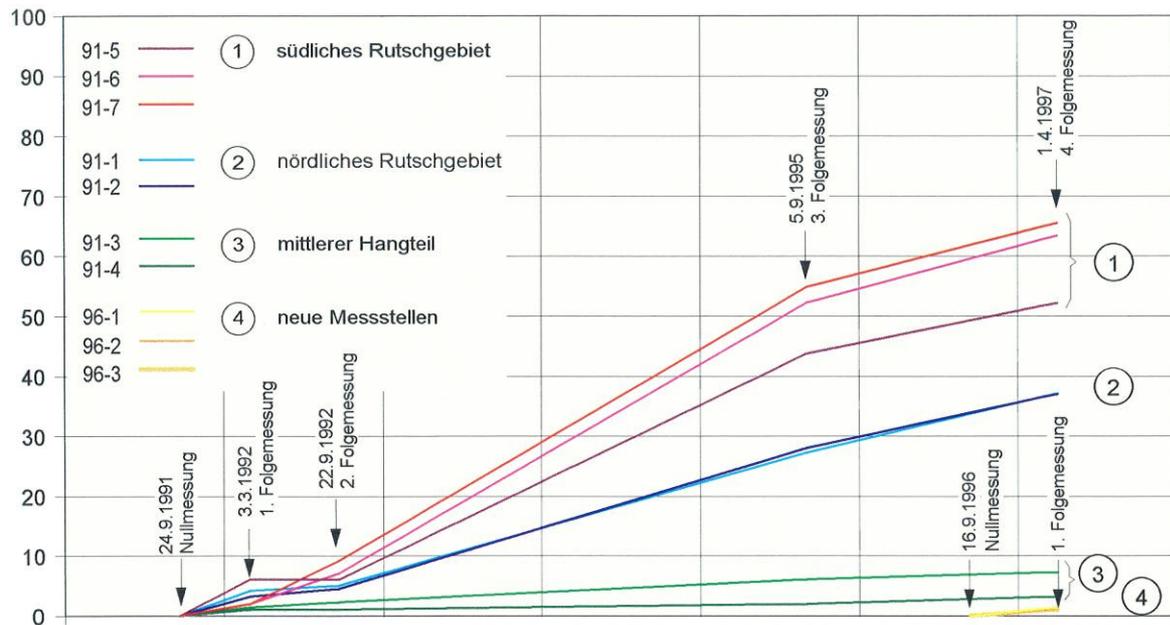
#### 3.2 Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7

Die beiden Messstellen Nr. 96-1 und 91-2 im *nördlichen Rutschgebiet* weisen seit dem Messbeginn im Jahre 1991 stetige Bewegungen entlang einem ausgeprägten Gleithorizont auf. Die mittlere Geschwindigkeit ist recht konstant und beträgt in der beobachteten Zeitperiode 1991–1997 rund 6–7 mm/Jahr.

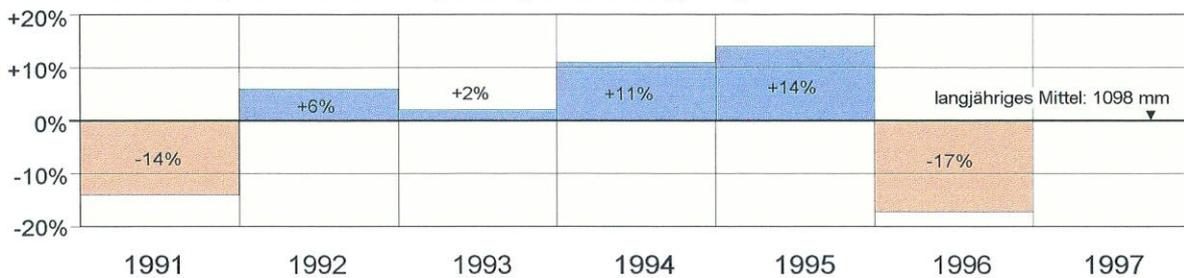
Figur 2

### Gebiet Rai, Gemeinde Bergdietikon/AG

mm Hangverschiebungen 1991–1997



Abweichung der Niederschlagsmengen vom langjährigen Mittel



Im *mittleren Hangabschnitt* (Messstellen Nr. 91-3 und 91-4) erfolgen die Hangbewegungen weiterhin als langsame Kriechbewegungen, ohne Ausbildung eines eigentlichen Gleithorizontes. Die Bewegungsgeschwindigkeiten liegen konstant bei rund 0.5 resp. 1.5 mm/Jahr.

Das *südliche Rutschgebiet* weist weiterhin die grössten Bewegungsgeschwindigkeiten entlang einem bis 18 m tief liegenden und ausgeprägtem Gleithorizont auf. Im Zeitintervall 1995–1997 hat sich die Hangbewegung gegenüber den früheren Messungen jedoch etwas verlangsamt. Wir führen dies in erster Linie auf das vergleichsweise niederschlagsarme Jahr 1996 und den trockenen Jahresbeginn 1997 zurück. Die mittlere Bewegungsgeschwindigkeit seit 1991 liegt zwischen 10 und 12 mm/Jahr.

#### **4. Neuplanung der Bauzonen im Gebiet «Rai»**

Gestützt auf die schwierigen geotechnischen Verhältnisse im Hanggebiet «Rai» sieht der Gemeinderat vor, die Überbauung des Gebietes wie folgt zu etappieren:

In einem ersten Schritt soll die *Schwemmebene*, welche am Hangfuss und ausserhalb der Rutschgebiete liegt, bebaut werden. Eine Überbauung kann hier ohne die Risiken, wie sie im Rutschgebiet vorhanden sind, erfolgen. Hingegen sollten zur Beurteilung der Fundations- und Grundwasserverhältnisse noch projektbezogene Baugrunduntersuchungen durchgeführt werden.

Der *nördliche Rutschhang* wird als «Spezialzone Rai» ausgeschieden. In diesem Gebiet soll vorerst eine Hangsanierung durchgeführt werden. Erst wenn die Stabilisierungsmassnahmen Wirkung zeigen und eine deutliche Verlangsamung der Hangbewegung messbar ist, kann dieser Hangteil im Rahmen eines Gestaltungsplanes bebaut werden.

Der *südliche Rutschhang* wird als «Übergangszone» mittelfristig nicht bebaut. Wenn die Sanierungsmassnahmen im nördlichen Rutschgebiet erfolgreich verlaufen sind, wird nach ca. zehn Jahren eine allfällige Sanierung und nachträgliche Bebauung des südlichen Bereiches überprüft.

## 5. Sanierungsmöglichkeiten

Die grundsätzlichen Baumassnahmen und Baueinschränkungen im Hanggebiet Rai sowie Massnahmen zur Hangstabilisierung wurden bereits in unseren früheren Berichten diskutiert. Nachfolgend werden für den *nördlichen Rutschhang* verschiedene Sanierungsmöglichkeiten aufgezeigt. Für eine mögliche Lösung wurden zudem die Kosten ermittelt.

### 5.1 Konstruktive Hangsicherung

Bei einer konstruktiven Hangsicherung werden die Kräfte der Hangbewegung aufgenommen und in den stabilen Untergrund abgeleitet. Da es sich im Gebiet Rai um sehr grosse, mächtige Rutschmassen und dementsprechend grosse Kräfte handelt, wäre eine solche Hangsicherung nur mit mehreren, tief reichenden und rückverankerten Bohrpfehlwänden denkbar. Es handelt sich dabei um einen massiven und teuren baulichen Eingriff, welcher zwar den Bewegungsmechanismus bremsen resp. stoppen kann, die Ursache der Rutschung aber nicht behebt.

Aus praktischen und wirtschaftlichen Überlegungen empfehlen wir, diese Sanierungsvariante nicht weiter zu verfolgen.

### 5.2 Entwässerung

Das Wasser hat einen grossen, meist entscheidenden Einfluss auf die Hangstabilität. Eine Absenkung des Hangwasserspiegels und eine damit verbundene Verminderung des Strömungsdruckes und der Porenwasserspannungen im Bereich der ausgeprägten Gleitfläche mittels einer konsequenten *Entwässerung* ist daher eine zweckmässige Lösung, um einen Rutschhang zu beruhigen.

Die Hangentwässerung setzt sich zusammen aus einer *Oberflächenentwässerung*, welche die direkte Infiltration von Oberflächenwasser (Niederschlagswasser) im Hanggebiet reduziert, und einer *Tiefenentwässerung*, welche den Hangwasserspiegel effektiv abzusenken vermag.

### 5.2.1 Oberflächenentwässerung

Damit das Oberflächenwasser möglichst vollständig gefasst und abgeleitet werden kann, wäre an und für sich ein dichtes Drainagenetz mit untiefen Gräben und darin eingebauten flexiblen Entwässerungsleitungen wünschenswert. Die Erfahrung zeigt aber, dass ein solches System nur in Kombination mit tief liegenden Drainagen wirksam ist (vgl. Kapitel 5.2.2). Das Konzept für die Anordnung und den Ausbau dieser Oberflächenentwässerung muss zusammen mit der Tiefenentwässerung durch ein Ingenieurbüro ausgearbeitet werden. Soweit möglich, sollte bei der Anordnung der Leitungen im nördlichen Hanggebiet eine zukünftige Erschliessung und Überbauung bereits berücksichtigt werden.

Bei der Projektierung der Oberflächenentwässerung sind folgende Punkte besonders zu berücksichtigen:

- Im Hanggebiet Rai bestehen bereits ältere, teilweise defekte Entwässerungsleitungen. Das gefasste Wasser wird dabei nicht konsequent aus dem Hanggebiet abgeleitet, sondern versickert an anderer Stelle meist relativ konzentriert wieder im Untergrund. Dieser Zustand wirkt sich auf die Hangstabilität äusserst ungünstig aus. Diese Leitungen sollten daher entweder vollständig entfernt oder aber wieder Instand gestellt und an das neue Drainagenetz angeschlossen werden.
- Am nördlichen Rand des nördlichen Rutschgebietes besteht eine ältere *Quellfassung*. Angaben über die Lage und die Tiefe der Quellfassung liegen uns nicht vor. Von einem wassergefüllten Betonschacht aus gelangt das Quellwasser durch einen Überlauf in einen kleinen Bachlauf, welcher entlang dem nördlichen Rand des Rutschgebietes verläuft. Damit aus dem Quellschacht und dem Bachlauf kein Wasser versickern und den Hang zusätzlich durchnässen kann, sollte auch das Wasser dieser Quellfassung in einem dichten Gerinne oder in einer geschlossenen Leitung aus dem Hanggebiet abgeleitet werden.
- Bei der Oberflächenentwässerung sind die *Anrissbereiche* der beiden Rutschgebiete besonders zu berücksichtigen, da in diesen aufgelockerten Zonen Niederschlagswasser rasch in tiefere Schichten versickern und die Gleitfläche durchnässen und damit «schmieren» kann. Insbesondere muss auch verhindert werden, dass Oberflächenwasser von der *Bergstrasse* in die Anrissbereiche und das Hanggebiet abfliessen kann. Dies dürfte heute vor allem im nördlichen Rutschgebiet der Fall sein.

### 5.2.2 Tiefenentwässerung

Mit einem Entwässern der tieferen Bodenschichten sollen der Hangwasserspiegel möglichst flächenhaft abgesenkt und die Porenwasserspannungen im Bereich der Gleitfläche reduziert resp. vollständig abgebaut werden. Für diese Tiefenentwässerung kommen grundsätzlich tief liegende Drainagen oder allenfalls Entwässerungsbohrungen in Frage.

#### *Tiefe Drainagen*

Im nördlichen Rutschgebiet liegt die Gleitfläche bis knapp 8 m unter der Geländeoberfläche. Mit Drainagen, welche in der Fallrichtung des Hanges angeordnet sind und bis auf das Niveau der Gleitfläche reichen, könnte der Hangwasserspiegel bis unter die Gleitfläche abgesenkt und die Porenwasserspannungen in der Gleitfuge abgebaut werden. Wir sind uns bewusst, dass diese tiefen Drainagen aufwendig und kostenintensiv sind, vor allem dann, wenn die Gräben für die Erstellung der Drainagen gesichert und ausgespriesst werden müssten.

Wir empfehlen, aus Kostengründen von nicht ausgespriessten, möglichst steil abgebochten V-Gräben auszugehen. Dies würde bedeuten, dass sofort nach Erreichen der Sohlkote ein Geotextil, eine basale flexible Drainageleitung (z.B. ab Endlosrolle) und anschliessend die Sickerpackung eingebracht werden müsste. Der steil ausgebildete, ungesicherte V-Graben darf zu keinem Zeitpunkt begangen werden, da mit lokalen Einstürzen gerechnet werden muss.

Da in der Rutschmasse zum Teil grössere Blöcke und abgerutschte Molassepakete zu erwarten sind, ist der Aushub der Gräben mit einer Dragline sehr wahrscheinlich nicht möglich. Der Aushub muss deshalb vermutlich mit einem grossen Bagger realisiert werden. Dort, wo die Gleitfläche tiefer als 5–6 m u.T. liegt, muss im Grabenbereich vorgängig ein entsprechender Voraushub realisiert werden, damit die notwendige Tiefe überhaupt erreicht werden kann.

Als Alternative zu tiefen, bis auf die Gleitfläche hinunter reichenden Sickergräben wären auch untiefere Gräben (z.B. bis 3–4 m u.T.) denkbar. Damit bei dieser Lösung eine Reduktion der Porenwasserspannungen in der Gleitfläche überhaupt erreicht werden kann, müssten diese Drainagen in direkter hydraulischer Verbindung mit der Gleitfläche stehen. Dies könnte zum Beispiel mit sogenannten «Sanddrains» (mit Sand gefüllte Bohrungen) erreicht werden, welche bis knapp unter die Gleitfläche reichen müssten. Diese Lösung hat aber den Nachteil, dass der

Porenwasserdruck nur bis auf das Niveau der Drainageleitung im Graben abgesenkt werden kann und dass bei noch längere Zeit anhaltenden Bewegungen die Drains allmählich abgeschert werden und damit ihre Funktionstüchtigkeit verlieren. Würde eine solche Lösung ins Auge gefasst, müssten die Sanddrains sicherheitshalber mit einem genügend grossen Durchmesser (z.B. ca. 30 cm) ausgebildet werden.

Die Stabilitätsberechnungen zeigen, dass bereits Drainagen von mittlerer Tiefe (3–4 m), sofern sie in direkter hydraulischer Verbindung mit der aktiven Gleitfläche stehen, eine nennenswerte stabilisierende Wirkung haben können (vgl. Kapitel 6).

Im nördlichen, insgesamt rund 120 m breiten Rutschgebiet müssten ca. 5 Drainagestränge mit einem Abstand von ca. 20 m vorgesehen werden. Die Drainagen müssten von der Bergstrasse bis in den Bereich des Stauchwulstes reichen, was eine Grabenlänge von jeweils gut 200 m bedeuten würde.

Im Anrissbereich des Rutschhanges steigt die Gleitfläche gegen die Geländeoberfläche an. Hier wäre es sinnvoll, mit Y-förmig angeordneten, bis auf die Gleitfläche hinunter reichenden Zwischendrainagen das aus dem hangseitigen Bereich anfallende Hangsickerwasser zu fassen und in die in der Fallrichtung angeordneten Hauptdrainagen abzuleiten.

### ***Entwässerung der Gleitfläche mit Entwässerungsbohrungen***

Da die Gleitfläche im vorliegenden Fall klar ausgebildet und gut bekannt ist, könnten Entwässerungsbohrungen gezielt angeordnet und ausgeführt werden. Für die Ausführung solcher Bohrungen bestünden folgende Möglichkeiten:

- Punktueller Anbohren der Gleitfläche mit *Schrägbohrungen* aus einem tiefen Graben in Streichrichtung des Hanges, oder fächerförmige Bohrungen aus einem oder mehreren *Vertikalschächten*, Einbau von Filterrohren.
- Aufbohren der Gleitfläche vom Hangfuss bis zum Anrissrand mit unverrohrten, *steuerbaren Bohrungen*, Einziehen von Drainageleitungen und gravitative Entwässerung. Grössere Blöcke und abgerutschte Molassepakete stellen jedoch Bohrhindernisse dar, welche bei dieser Lösung eventuell nicht gemeistert werden können. Zudem wäre diese Lösung nur dann wirkungsvoll, wenn die Bohrung tatsächlich genau in der Gleitfuge verlaufen würde. Ob eine solche Präzision bei einer Bohrlänge von über 200 m überhaupt erreicht werden kann, ist eher fraglich.

Die wichtigsten Vor- und Nachteile der vorgängig aufgezeigten Möglichkeiten sind in der nachfolgenden *Tabelle 2* zusammengestellt.

*Tabelle 2:* Ausführungsmöglichkeiten für Tiefenentwässerung

<i>Art</i>	<i>Nachteile und Risiken</i>	<i>Vorteile</i>
1 Tiefe Drainagen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiefreichende Gräben erforderlich</li><li>• grosse und aufwendige bauliche Eingriffe (evtl. Spriessungen)</li><li>• hohe Kosten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tiefreichende, grossflächige Entwässerung möglich</li><li>• bekanntes und bewährtes Entwässerungsverfahren</li></ul>
2 Entwässerungsbohrungen aus einem Graben oder Vertikal-schacht	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bautechnisch anspruchsvoll</li><li>• Wasser muss evtl. permanent abgepumpt werden</li><li>• hohe Kosten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• tiefreichende Entwässerung möglich</li></ul>
3 Steuerbare Entwässerungsbohrungen	<ul style="list-style-type: none"><li>• relativ neue Anwendung, wenig Erfahrungen</li><li>• Auswirkungen schwer prognostizierbar</li><li>• grössere Blöcke stellen u.U. nicht überwindbare Bohrhindernisse dar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grossflächige Entwässerung direkt auf dem Niveau der Gleitfläche möglich</li><li>• kleiner baulicher Eingriff</li><li>• kleiner Landbedarf</li></ul>

## 6. Stabilitätsberechnungen

### 6.1 Ziel und Zweck

Mittels Stabilitätsberechnungen lassen sich aufgrund des Verlaufes der aktiven Gleitfläche mögliche Wertepaare der Scherfestigkeitsparameter  $\Phi'$  (Reibungswinkel) und  $c'$  (Kohäsion) für den heutigen, leicht instabilen Zustand ermitteln. Im weiteren soll mit diesen Berechnungen der stabilitätsmässig günstige Einfluss einer Hangwasserspiegelabsenkung quantitativ erfasst werden.

### 6.2 Annahmen und Berechnungsmethoden

Das Feuchtraumgewicht  $\gamma$  der Rutschmasse wurde einheitlich mit  $20 \text{ kN/m}^3$ , das Raumgewicht im gesättigten Zustand  $\gamma_g$  mit  $21 \text{ kN/m}^3$  in Rechnung gesetzt. Die Lage des Hangwasserspiegels wurde gemäss dem Verlauf im Profil A (*Beilage 2*) angenommen. Der Strömungsdruck des Hangwasserspiegels wurde bei den Berechnungen berücksichtigt.

Aufgrund der sehr langgestreckten, nicht kreiszylindrischen Form der Gleitfläche wurden die Berechnungen nach der Methode von Janbu durchgeführt.

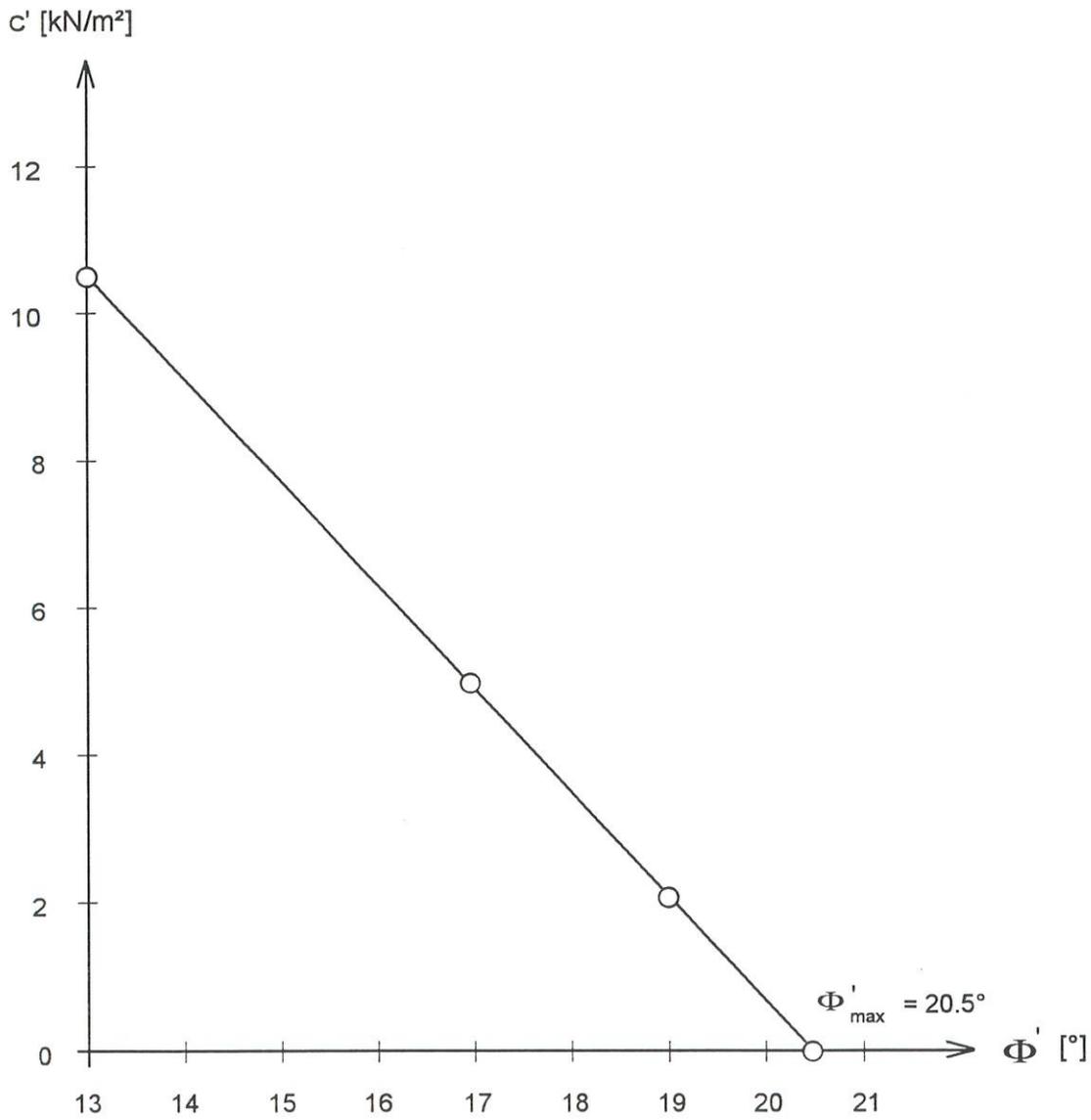
### 6.3 Resultate der Stabilitätsberechnungen

#### 6.3.1 Restscherfestigkeit

Bei der Bestimmung möglicher Wertepaare der Scherfestigkeitsparameter  $\Phi'$  und  $c'$  entlang der bekannten Gleitfläche wurde berücksichtigt, dass sich der Hang heute in einem leicht instabilen Zustand mit latenten Kriechbewegungen befindet. Der Sicherheitsfaktor wurde deshalb mit  $0.97-0.99$  knapp unter dem kritischen Wert von 1 angenommen. Aufgrund des bekannten Verlaufs der Gleitfläche und des gegebenen Sicherheitsfaktors lassen sich mit Rückwärtsrechnungen mögliche Wertepaare von  $\Phi'$  und  $c'$  ermitteln. In der nachfolgenden *Figur 3* ist ein Interaktionsdiagramm möglicher Wertepaare von  $\Phi'$  und  $c'$  dargestellt.

Geologische Baugrunduntersuchungen  
Baugebiet Rai, Bergdietikon/AG

Mögliche Wertepaare der Scherfestigkeitsparameter  $\Phi'$  und  $c'$  im heutigen Zustand  
Sicherheitsfaktor  $F = 0.97-0.99$



Aufgrund des Bohrgutes scheint uns folgender Streubereich sinnvoll zu sein:

$$\begin{aligned}\Phi' &= 13-17^\circ \\ c' &= 10-5 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Bei den ermittelten Werten handelt es sich nicht um Scherfestigkeiten im ungestörten Zustand, sondern um sogenannte *Restscherfestigkeiten* innerhalb der ausgeprägten Gleitfuge, welche sich erst nach grösseren Bewegungen allmählich einstellen.

### 6.3.2 Abschätzung des Einflusses einer Hangwasserspiegelabsenkung

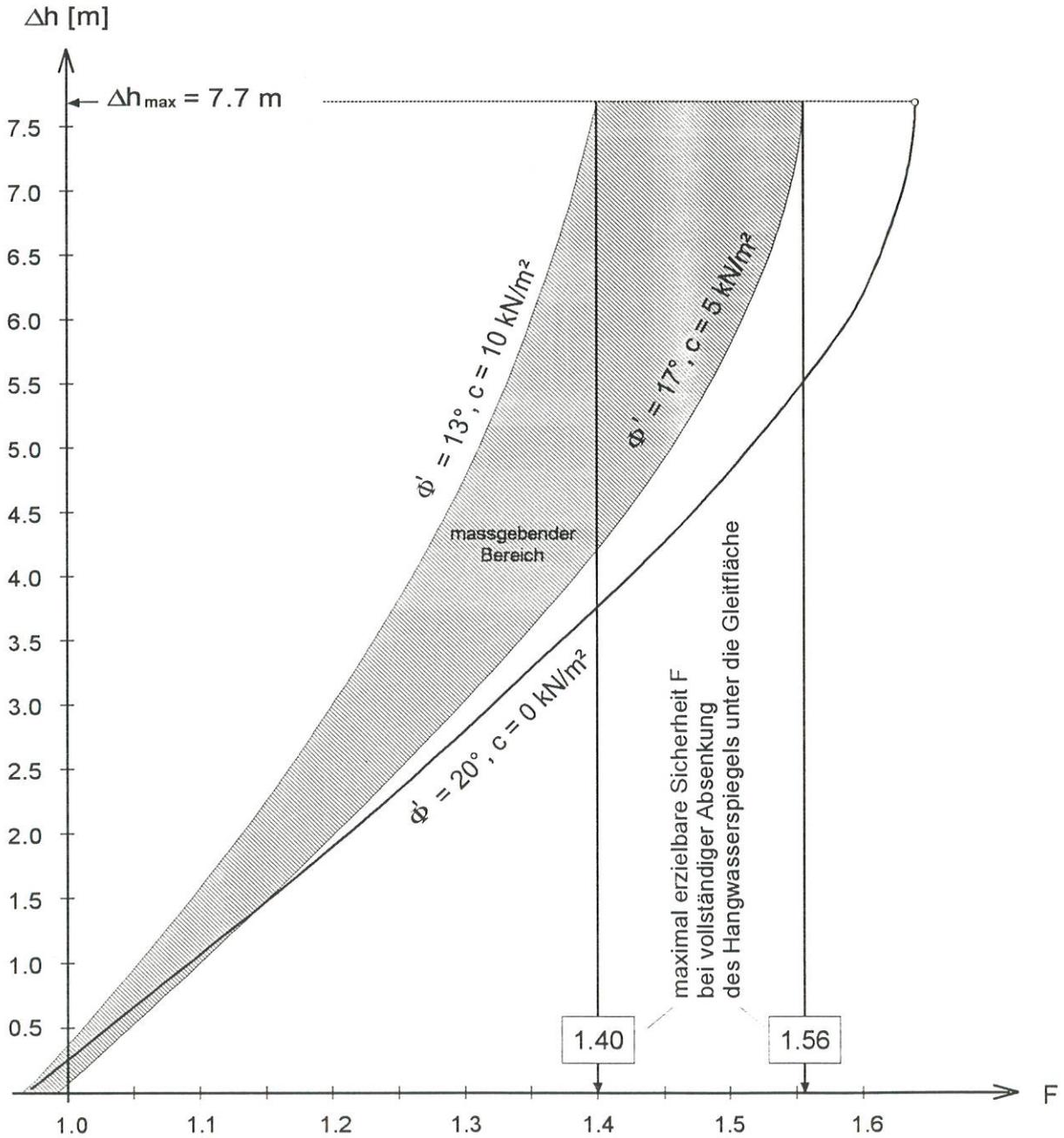
Durch ein Absenken des Hangwasserspiegels werden die Porenwasserspannungen und der Strömungsdruck reduziert und damit die Stabilitätssicherheit erhöht. Bei den Berechnungen wurde angenommen, dass der Hangwasserspiegel parallel zu der im Profil A eingezeichneten Lage abgesenkt wird.

In der nachfolgenden *Figur 4* ist der Sicherheitsfaktor in Funktion der Grösse der Hangwasserspiegelabsenkung  $\Delta h$  für verschiedene Wertepaare von  $\Phi'$  und  $c'$  dargestellt. Dabei lässt sich erkennen, dass der Einfluss einer Hangwasserspiegelabsenkung bei nichtkohäsiven Böden (Silte, Sande, Kiese) grösser ist als bei kohäsiven Böden. Generell nimmt der Einfluss einer Hangwasserspiegelabsenkung mit zunehmender Kohäsion des Gehängelehmes sukzessive ab.

Wie bereits erwähnt, schätzen wir die Restscherfestigkeitsparameter aufgrund der Materialklassifikation in den Kernbohrungen auf  $\Phi' = 13-17^\circ$  und  $c' = 10-5 \text{ kN/m}^2$ . Für diese Annahme ergäbe sich bei einer Hangwasserspiegelabsenkung vollständig unter die Gleitfläche ein Sicherheitsfaktor von 1.40-1.56. Könnte z.B. lediglich eine Hangwasserspiegelabsenkung von 1 m erzielt werden, so würde der Sicherheitsfaktor bei 1.06-1.10 liegen.

### Geologische Baugrunduntersuchungen Baugebiet Rai, Bergdietikon/AG

Sicherheitsfaktor F in Funktion der Hangwasserspiegelabsenkung  $\Delta h$   
Annahme: Absenkung erfolgt parallel zum heutigen Spiegelverlauf



#### 6.4 Diskussion der Resultate

Die Berechnungen zeigen, dass bereits mit einer geringfügigen Absenkung des Hangwasserspiegels eine nennenswerte Erhöhung des Sicherheitsfaktors erreicht werden kann, sofern die Porenwasserspannungen auch in der Gleitfuge entsprechend reduziert werden. Dies bedeutet, dass bei einer Drainage, welche nicht bis auf die Gleitfläche hinunter reicht, eine hydraulische Verbindung zwischen Grabensohle und Gleitfläche geschaffen werden muss. Die Erhöhung des Sicherheitsfaktors liegt für die ersten paar Meter Hangwasserspiegelabsenkung bei ca. 6–10% pro m Wasserspiegelabsenkung. Bei einer noch grösseren Hangwasserspiegelabsenkung nimmt die Zunahme des Sicherheitsgrades deutlich ab. Bei einer vollständigen Entwässerung der Rutschmasse bis unter die ausgeprägte Gleitfläche wird der Sicherheitsfaktor je nach Annahme von  $\Phi'$  und  $c'$  von 0.97–0.99 auf 1.40–1.56 angehoben. Bei einer solchen Erhöhung des Sicherheitsgrades kann davon ausgegangen werden, dass sich der Hang stabilisiert und keine nennenswerten Kriechbewegungen mehr stattfinden.

Die wirksamste Lösung zur Absenkung des Hangwasserspiegels sind in der Fallrichtung des Hanges angeordnete Sickergräben. Um eine flächenmässig möglichst optimale Absenkwirkung zu erzielen, dürfte allerdings der Abstand zwischen den Gräben nicht zu gross gewählt werden (vgl. Kapitel 5.2.2). Wie die Berechnungen gezeigt haben, wäre es nicht unbedingt notwendig, die Gräben bis unter den Gleit-horizont abzutiefen. Zur Gewährleistung der einwandfreien Entspannung des Porenwassers in der Gleitfläche wären jedoch zahlreiche Sanddrains notwendig. Bei dieser Lösung wäre nicht ganz auszuschliessen, dass die Sanddrains im Laufe der Zeit stellenweise abgeschert würden, und sich die Hangstabilität längerfristig wieder verschlechtern könnte.

Bei einer Entwässerung der Gleitfläche mit Entwässerungsbohrungen lässt sich die effektive Hangwasserspiegelabsenkung nicht prognostizieren und damit die Wirksamkeit auch nicht rechnerisch abschätzen. Wie bereits erwähnt, müsste zudem bei der Lösung mit steuerbaren Bohrungen beim Anfahren von Blöcken oder Molassepaketen mit unter Umständen unüberwindbaren Schwierigkeiten gerechnet werden.

## 7. Vorschlag und Kostenschätzung der Firma FlowTex Service AG

Obwohl wir bei der Lösung mit steuerbaren Bohrungen im vorliegenden Fall grosse Bedenken und Vorbehalte anbringen möchten, ist die Firma FlowTex Service AG von der Realisierbarkeit dieser Lösung überzeugt und hat deshalb einen entsprechenden Sanierungsvorschlag mit Kostenschätzung eingereicht.

### 7.1 Sanierungsvorschlag

Das Verfahren von geraden oder gebogenen, steuerbaren Bohrungen wurde in erster Linie für das grabenlose Verlegen von Leitungen entwickelt. Als weitere Anwendungsmöglichkeit ist heute auch die Ausführung von *Horizontalfilterbrunnen* für die Fassung von Grundwasser resp. die Entwässerung des Untergrundes zu nennen. Anwendungen und Erfahrungen für Rutschhangstabilisierungen liegen nach unseren Kenntnissen erst in Deutschland vor.

In der Schweiz bietet die Firma FlowTex Service AG (Schweiz), als Tochterunternehmung der deutschen FlowTex GUT GmbH, D-Amsdorf, dieses Bohrverfahren an. Wir haben diese Firma gebeten, die Machbarkeit einer Hangstabilisierung im Gebiet Rai mit ihrem Verfahren zu prüfen und uns einen Sanierungsvorschlag mit Kostenschätzung vorzulegen (*Beilage 6*).

Für die *Tiefenentwässerung* des Rutschhanges schlägt die Firma FlowTex vor, in beiden Rutschgebieten entlang der Gleitfläche je vier rund 230–270 m lange gesteuerte Bohrungen hangaufwärts zu treiben. Das Bohrloch soll nicht mit Bentonit, sondern mit Wasser gestützt werden. Dies ist wichtig, damit die später einzuziehenden Rohre überhaupt entwässernd wirken können. In die Bohrungen würden anschliessend poröse, duktile Filterrohre eingezogen. Für den Vortrieb der Bohrungen müsste je eine Start- und eine Zielgrube erstellt werden, wobei die Startgruben anschliessend für den Bau der Sammelschächte und für die Ableitung des anfallenden Sickerwasser genutzt werden könnten. Die Zielgruben könnten als Unterhaltschächte für die Kontrolle und Rückspülung der Drainageleitungen dienen.

## 7.2 Kostenschätzung

In der beiliegenden Kostenschätzung der Firma FlowTex sind die Kosten für die vorgängig genannten Arbeiten zusammengestellt. Es wäre mit Kosten in der folgenden Grössenordnung zu rechnen.

<b>nördliches Rutschgebiet</b>	<b>ca. Fr. 420'000.-</b>
<b>beide Rutschgebiete</b>	<b>ca. Fr. 820'000.-</b>

In diesen Kosten *nicht* enthalten wären die Erstellung der Start- und Zielschächte für die Bohrungen, der Bau von Drainagesammelschächten, Ableitungen etc. Diese Arbeiten müssten durch einen Tiefbauunternehmer ausgeführt werden.

## 8. Empfehlung und weiteres Vorgehen

Wir empfehlen, das *nördliche* Rutschgebiet mit ca. 5 in der Fallrichtung angeordneten und bis auf die Gleitfläche hinunter reichenden Drainagen bestmöglichst zu entwässern. Diese Lösung bietet am ehesten Gewähr, dass der Hang stabilisiert werden kann. Eine zusätzliche Oberflächenentwässerung könnte mit dieser Lösung relativ einfach kombiniert werden. Der Erfolg der aufgezeigten Sanierungs-Lösung sollte mittels weiterer periodischer Messungen der Slope-Indicator-Rohre überwacht werden.

Für die weitere Projektierung, die Kostenermittlung und die Ausarbeitung eines Detailprojektes für die Oberflächen- und Tiefenentwässerung sollte nun in jedem Fall ein geeignetes Ingenieurbüro beigezogen werden.

Bei einer späteren Sanierung des *südlichen* Rutschgebietes käme eine analoge Lösung mit unter die Gleitfläche reichenden Drainagen wegen der grossen Tiefenlage der Gleitfläche (bis 18 m u.T.) aus Kostengründen zum vornherein nicht in Frage. Dort sehen wir am ehesten eine Lösung mit ca. 4–6 m tiefen Drainagen, kombiniert mit grosskalibrigen, bis in den Bereich der Gleitfläche hinunter reichenden Sanddrains. Die gemachten Erfahrungen bei der Sanierung des nördlichen Rutschgebietes können danzumal bei der Projektierung der diesbezüglichen Massnahmen eingesetzt werden.

Zürich, 12. Mai 1997

B0382BE1 Mü/ah/W

Dr. Heinrich Jäckli AG



Sachbearbeiter:

Dr. S. Mützenberg, Geologe

E. Walter, dipl. Ing. ETH/SIA

**Einzelprotokolle der Kernbohrungen Nr. 96-1 bis 96-3, 1:100**

Objekt: **Erschliessung Baugebiet Rai, Bergdietikon**

**Bohrung Nr. 96-1**

**jäckli** Geologie  
Geotechnik  
Grundwasser

Bauherrschaft: **Gemeinde Bergdietikon, 8962 Bergdietikon**  
 Bohrfirma: **Forag AG, Stans**  
 Bohrmeister: **Hr. Reichmann**  
 Ausführungsdatum: **20.8. - 26.8.1996**  
 Koordinaten: **671'700 / 248'999**  
 Kote OK Terrain: **490.34 m ü. M.**

Massstab **1:100**  
 Geologische Aufnahme:  
**Dr. S. Mützenberg**

Objekt Nr. **0382**  
 Datei **0382-1**  
 Gez. **Mü**  
 Datum: **8.96**

Dr. Heinrich Jäckli AG  
 8049 Zürich  
 Limmattalstrasse 289  
 Tel 01 - 341 25 00  
 Fax 01 - 341 31 47  
 5400 Baden  
 Kronengasse 39  
 Tel 056 - 21 29 77  
 Fax 056 - 21 29 83

Bohrt u. Bohr- $\phi$	geologische Identifikation	Tiefen ab OK Terrain in m	Beschreibung des Bohrgutes		
Rotationskernbohrung $\phi$ 168 mm	Gehängelehm	1.10	dunkelbrauner Lehm, erdig	Slope-indicator-Messrohr	
		2.50	beigebrauner, stark sandiger Lehm, glimmerhaltig, einzelne Feinkieskörner		
	Moräne	6.80	braungrauer, toniger Silt, reichlich Kies und Steine ab 5.3 m zunehmend tonig-siltig, weniger Kies 6.0–6.35 m: Verruccano-Block		OK Messrohr: 490.22 m ü. M.
		9.1–9.5 m: siltig-feinsandig 9.5–9.8 m: einzelne harte Sandsteinstücke 10.2–10.7 m: deutlich horizontal geschichtet 10.8–10.9 m: verwitterte Sandsteinlage (Sand, feucht) 11.0–11.5 m: grössere harte Sandsteinblöcke 12.0–12.2 m: Silt und Sand, feucht	9.1–9.2 m Beim Bohren erstmals Wasser festgestellt		
		12.50 12.70 12.90 13.20	stark tonig-siltiger Kies Silt und Sand (verwitterte Molasse) stark tonig-siltiger Kies		
	Obere Süsswasser-Molasse versackt und verwittert	15.30	bunter Mergel, lehmig verwittert, ab 14.9 m einzelne verwitterte Silt- und Sandsteinlagen		
		16.60	toniger Silt- und Sandstein, vollständig verwittert		
		22.0–22.2, 23.0–23.3 m: harte unverwitterte Sandsteinstücke			
		23.30 24.00	grauer Mergel, lehmig verwittert, horizontal geschichtet 23.8–23.9 dunkelgrau, bituminös		
		24.4–24.5, 25.8–25.9 m: stark verwittert, weich 26.4–26.6, 26.7–27.0, 28.5–28.7 m: verwitterte Sandsteinlagen			
		30.00	 mögliche Rutschhorizonte		

Objekt: **Erschliessung Baugebiet Rai, Bergdietikon**

**Bohrung Nr. 96-2**

**jäckli** Geologie  
Geotechnik  
Grundwasser

Bauherrschaft: **Gemeinde Bergdietikon, 8962 Bergdietikon**  
Bohrfirma: **Forag AG, Stans**  
Bohrmeister: **Hr. Reichmann**  
Ausführungsdatum: **28.8.-3.9.1996**  
Koordinaten: **671'735 / 249'231**  
Kote OK Terrain: **477.24 m ü. M.**

Massstab 1:100  
Geologische Aufnahme:  
**Dr. S. Mützenberg**

Objekt Nr. 0382  
Datei 0382-2  
Gez. MÜ  
Datum: 9.96

Dr. Heinrich Jäckli AG  
8049 Zürich  
Limmattalstrasse 289  
Tel 01 - 341 25 00  
Fax 01 - 341 31 47  
5400 Baden  
Kronengasse 39  
Tel 056 - 21 29 77  
Fax 056 - 21 29 83

Bohrart u. Bohr- $\phi$	geologische Identifikation	Tiefen ab OK Terrain in m	Beschreibung des Bohrgutes	
Rotationskernbohrung $\phi$ 168 mm	Gehängelehm	0.20	brauner Humus	 <p>OK Messrohr: 477.16 m ü.M.</p> <p>kein Wasser angetroffen</p> <p>Bohrgut feucht bei ca. 6.5 m</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Slope-Indicator-Messrohr</p>
		0.50	brauner, toniger Silt, erdig	
		2.20	brauner und rötlicher, vollständig verwitterter Mergel, steif, einzelne Sandsteinstücke	
	Obere Süswasser-Molasse  versackt und verwittert	3.10	grauer Ton, weich, knetbar, fein geschichtet organische Resten	
		3.60	brauner und rötlicher Mergel, vereinzelt Sandsteinstücke	
		4.00	grauer Siltstein, verwittert	
		5.80	grauer, ab 4.5 m bunter Mergel, lehmig verwittert	
		5.90	Lehm und Sandsteinblöcke	
		6.10	brauner, feingeschichteter Lehm, wenig Feinkies	
	Moräne	7.10	grauer Silt- und Sandstein, teilweise verwittert	
		8.00	grauer bis dunkelgrauer Mergel, lehmig verwittert horizontal geschichtet	
		11.30	bunter Mergel, lehmig verwittert deutliche Schichtung erkennbar, teilweise schräggestellt	
	Obere Süswasser-Molasse  versackt und verwittert	11.50	weiche Sandlagen, feucht	
		12.60	grauer Lehm mit reichlich harten Sandsteinstücken, keine Schichtung erkennbar	
		13.70	grauer sandiger Silt mit Kies (alpine Gerölle)	
14.00		Block (Aaregranit)		
15.80		grauer sandiger Silt mit Kies (alpine Gerölle)		
		brauner und grauer Mergel, verwittert		
		19.6-19.9 m: Sandstein, hart		
	20.20	grauer Siltstein, hart		
20.50				
	Mergel, bunt, Schichtung teilweise stark gestört			
25.00				

 mögliche Rutschhorizonte

Objekt: Erschliessung Baugebiet Rai, Bergdietikon

Bohrung Nr. 96-3

**jäckli** Geologie  
Geotechnik  
Grundwasser

Bauherrschaft: Gemeinde Bergdietikon, 8962 Bergdietikon  
Bohrfirma: Forag AG, Stans  
Bohrmeister: Hr. Reichmann  
Ausführungsdatum: 4.9.-11.9.1996  
Koordinaten: 671'698 / 249'229  
Kote OK Terrain: 491.52 m ü. M.

Massstab 1:100  
Geologische Aufnahme:  
Dr. S. Mützenberg

Dr. Heinrich Jäckli AG  
8049 Zürich  
Limmattalstrasse 289  
Tel 01 - 341 25 00  
Fax 01 - 341 31 47  
5400 Baden  
Kronengasse 39  
Tel 056 - 21 29 77  
Fax 056 - 21 29 83

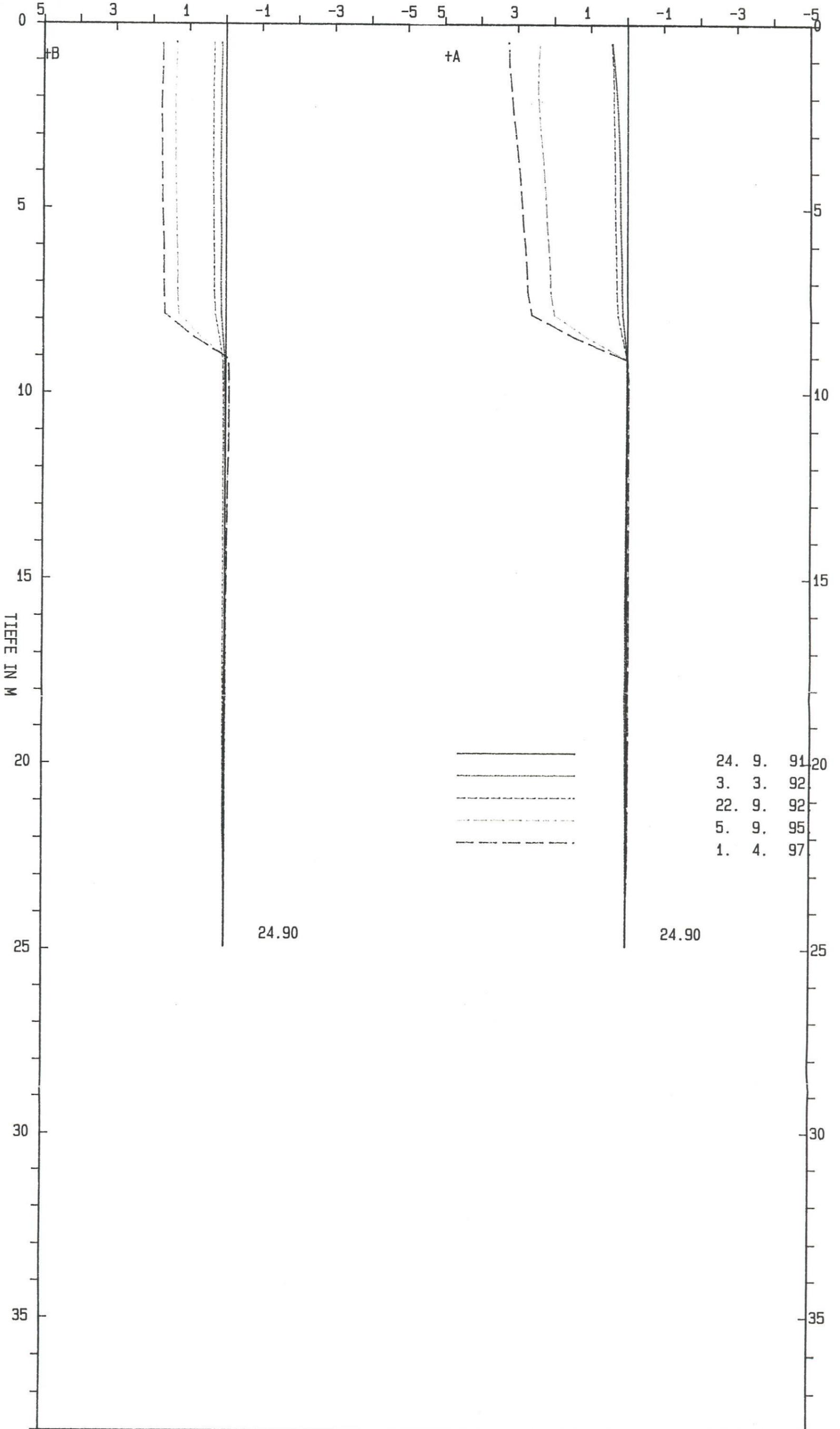
Objekt Nr. 0382  
Datei 0382-3  
Gez. Mü  
Datum: 9.96

Bohrart u. Bohr-ø	geologische Identifikation	Tiefen ab OK Terrain in m	Beschreibung des Bohrgutes	
Rotationskernbohrung Ø 168 mm	Gehängelehm	0.10	Humus	OK Messrohr: 491.46 m ü.M.
		0.70	brauner, toniger Silt mit wenig Feinsand und Feinkies, erdig	
			grauer bis beiger, siltiger Ton (verwitterte Molassemergel) mit wenig Feinkies, weich, undeutlich geschichtet	
		3.00	grauer, sandig-siltiger Ton, glimmerführend, weich	
		3.80	grauer und beiger Mergel, vollständig zu Lehm verwittert	
		4.90	grauer Sandstein, vollständig zu weichem, schwach siltigem Feinsand verwittert, nass	
		6.20	grauer und beiger, siltiger Ton, weich, nass (verwitterter Mergel)	
		7.80	grauer und beiger Mergel, lehmig verwittert	
		14.00	grauer Sandstein, blockig zerlegt	
		14.50	beiger und grauer Mergel, hart, lehmig verwittert, einzelne Sandsteinbrocken	
Rotationskernbohrung Ø 145 mm	Obere Süswasser-Molasse versackt und verwittert	16.2-16.7 m	weicher Sand (verwitterter Sandstein)	Slope-Indicator-Messrohr Wasser ab ca. 9.9 m
		20.2-20.3 m	grauer, feinkörniger Sandstein, zerbohrt	
		20.3-20.9 m	braungrauer, bituminöser Mergel, hart, rötliche Schalenreste, horizontal geschichtet	
		22.00	beiger und grauer, toniger Silt und Sand, Sandsteinbrocken, vereinzelt Gerölle (u.a. schwarzer Kieselkalk) hart, mergelartig	
		23.50	hellbrauner, toniger Silt und Sand, reichlich Kies und Steine, hart	
	alte Rutschfläche	28.9-29.7 m	hellgrauer, mittelkörniger Molassesandstein, zerbohrt bei ca. 25 m beim Bohren etwas weicher	
		30.3-31.1 m	viele rötliche Feinsandsteinbrocken	
		31.10		

**Messresultate der Verschiebungsmessungen**

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



OBJEKT:

Baugebiet Raj, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

1. MESSSTELLE 91-1

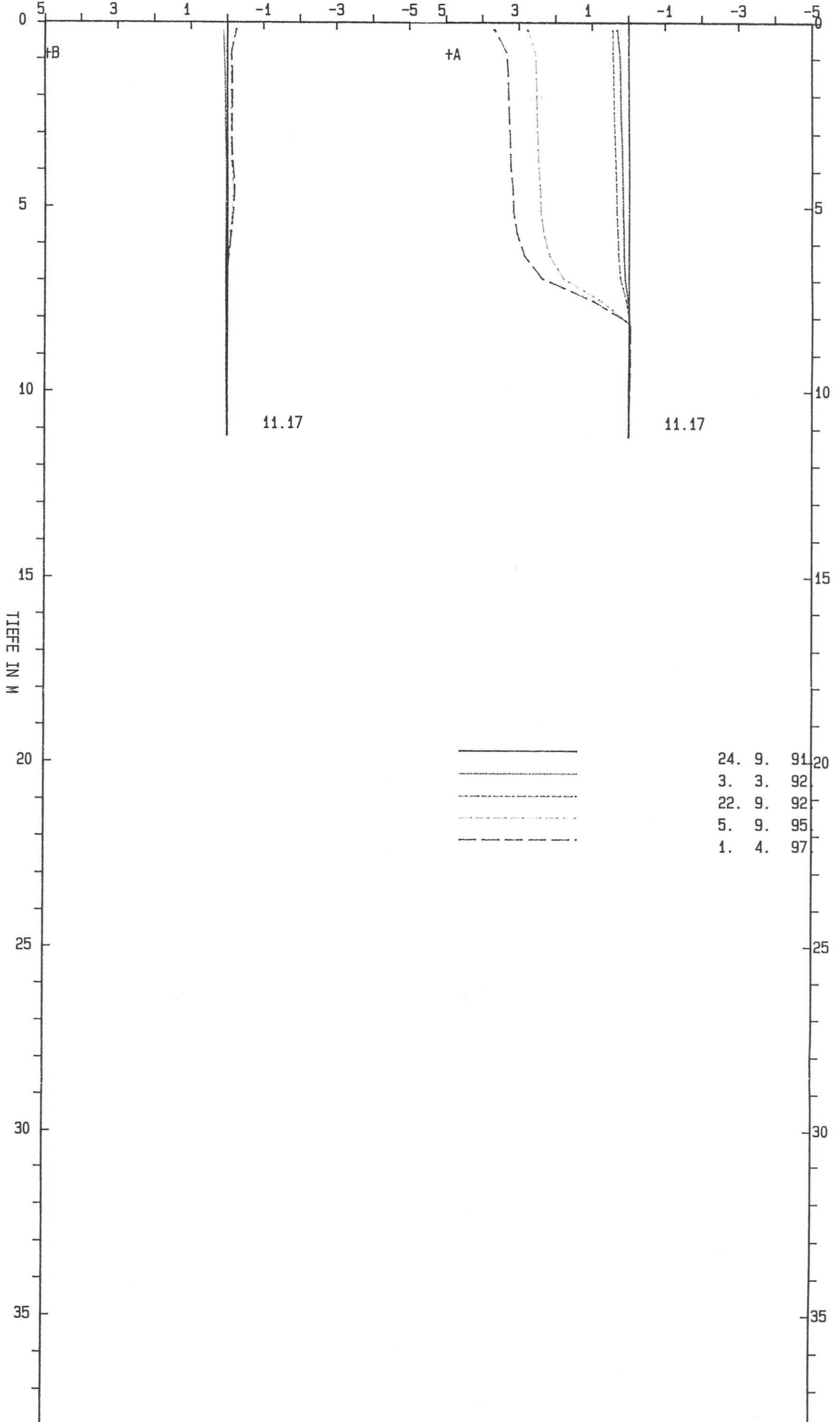
IB 87 1. 4. 1997

Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMM/357

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

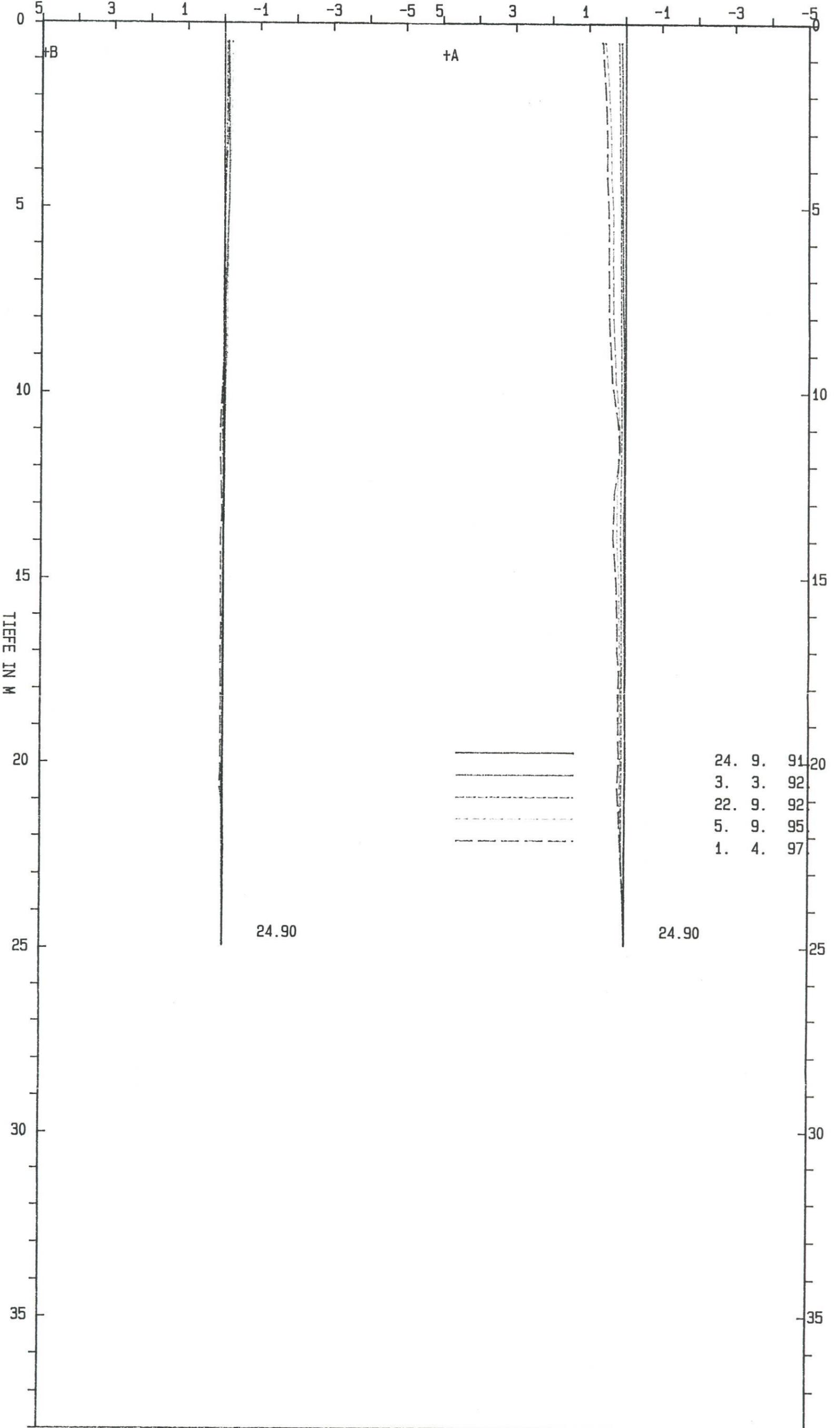
2. MESSSTELLE 91-2 IB 87 1. 4. 1997

Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMM/357

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



24.	9.	91
3.	3.	92
22.	9.	92
5.	9.	95
1.	4.	97

24.90

24.90

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

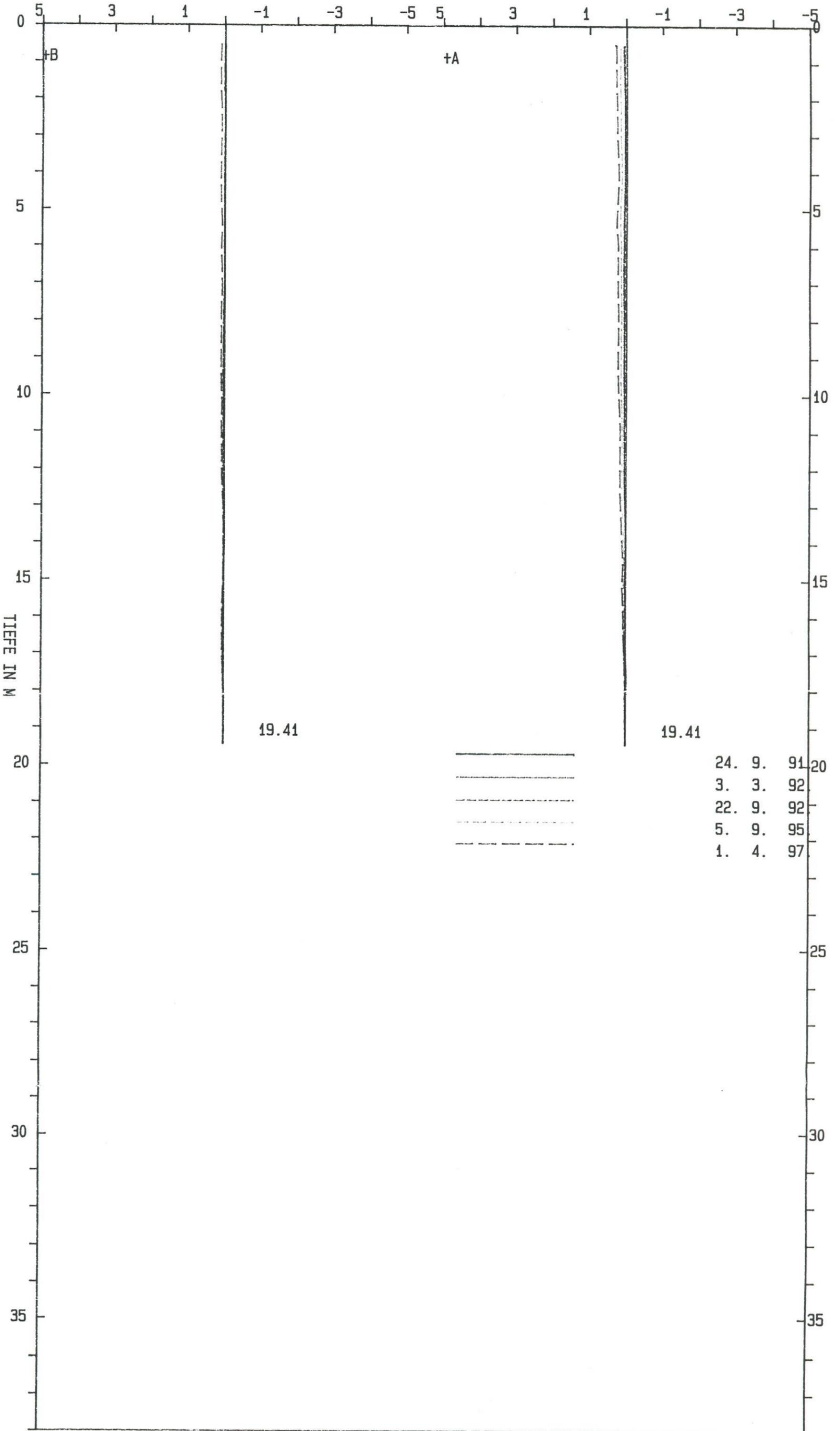
Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich  
3. MESSSTELLE 91-3 IB 87 1. 4. 1997

Geraete-Typ: Sinco

Geraetenr.: DMM/357

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



24.	9.	91
3.	3.	92
22.	9.	92
5.	9.	95
1.	4.	97

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Buero Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

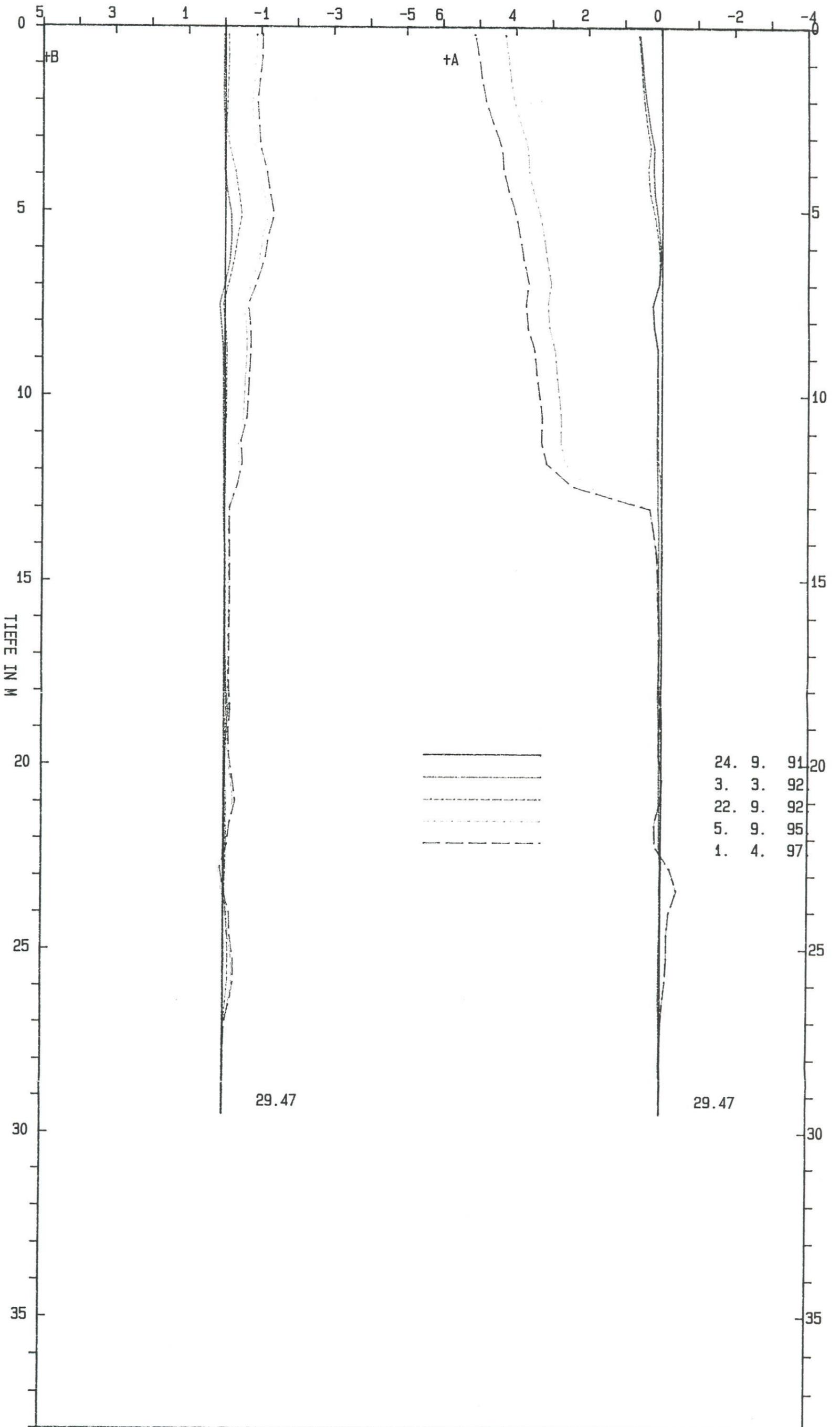
4. MESSSTELLE 91-4 IB 87 1. 4. 1997

Geraete-Typ: Sinco

Geraetenr.: DMM/357

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMM/357

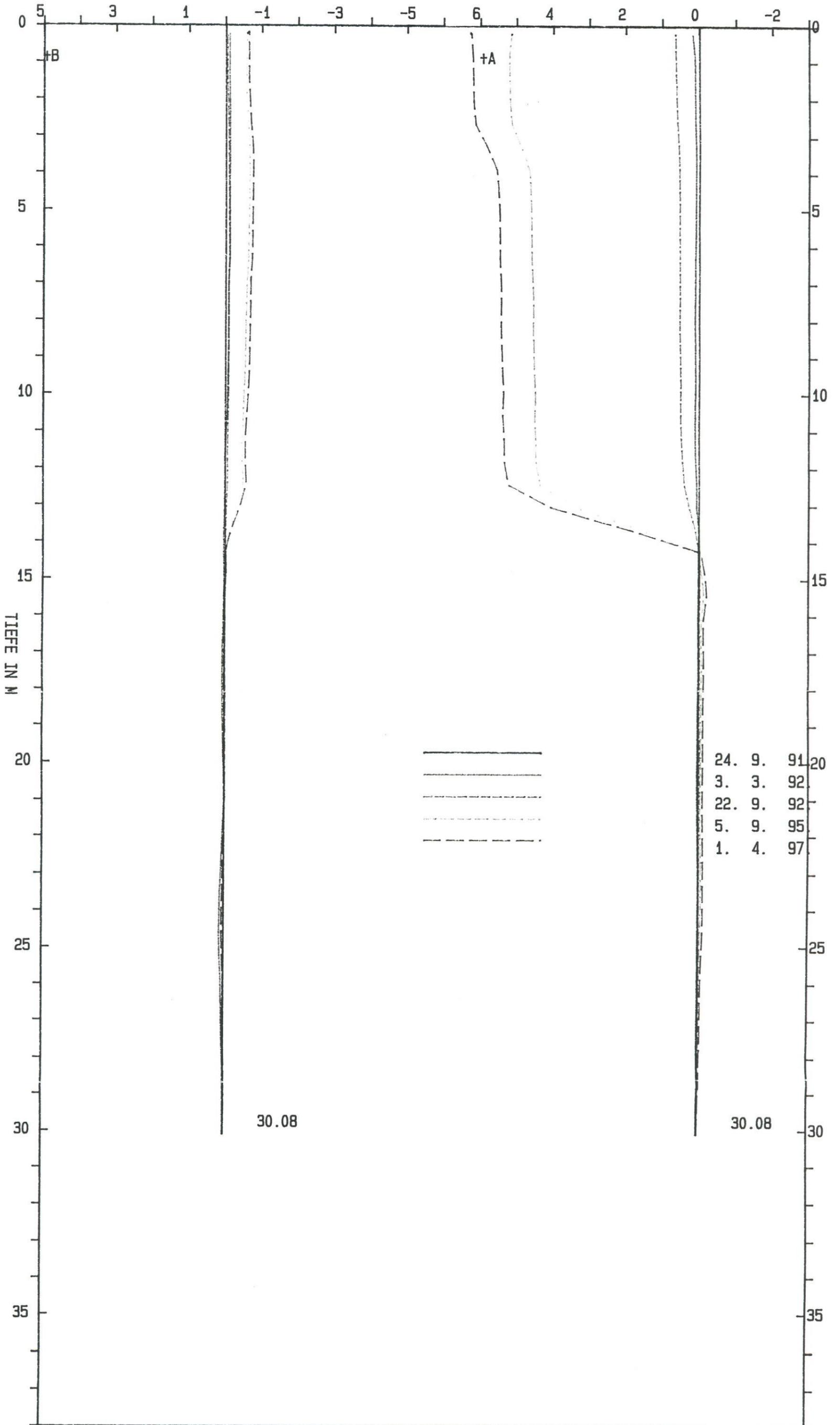
5. MESSSTELLE 91-5

IB 87

1. 4. 1997

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

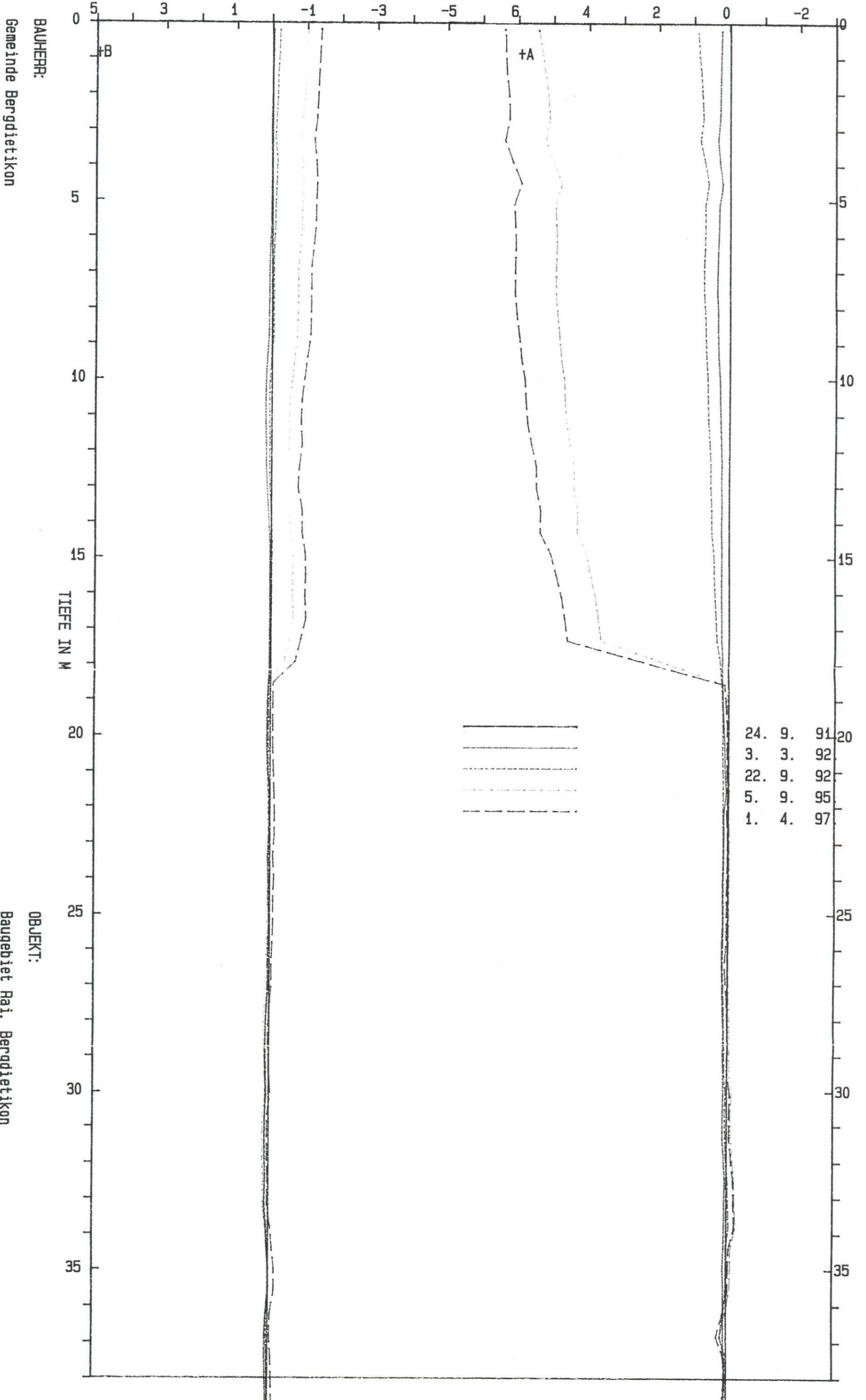
6. MESSSTELLE 91-6

IB 87 1. 4. 1997

Geraete-Typ: Sinco

Geraetenr.: DMW/357

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



24.	9.	91
3.	3.	92
22.	9.	92
5.	9.	95
1.	4.	97

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

OBJEKT:  
Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

Geraete-Typ: Sinco

Geraetenr.: DM/357

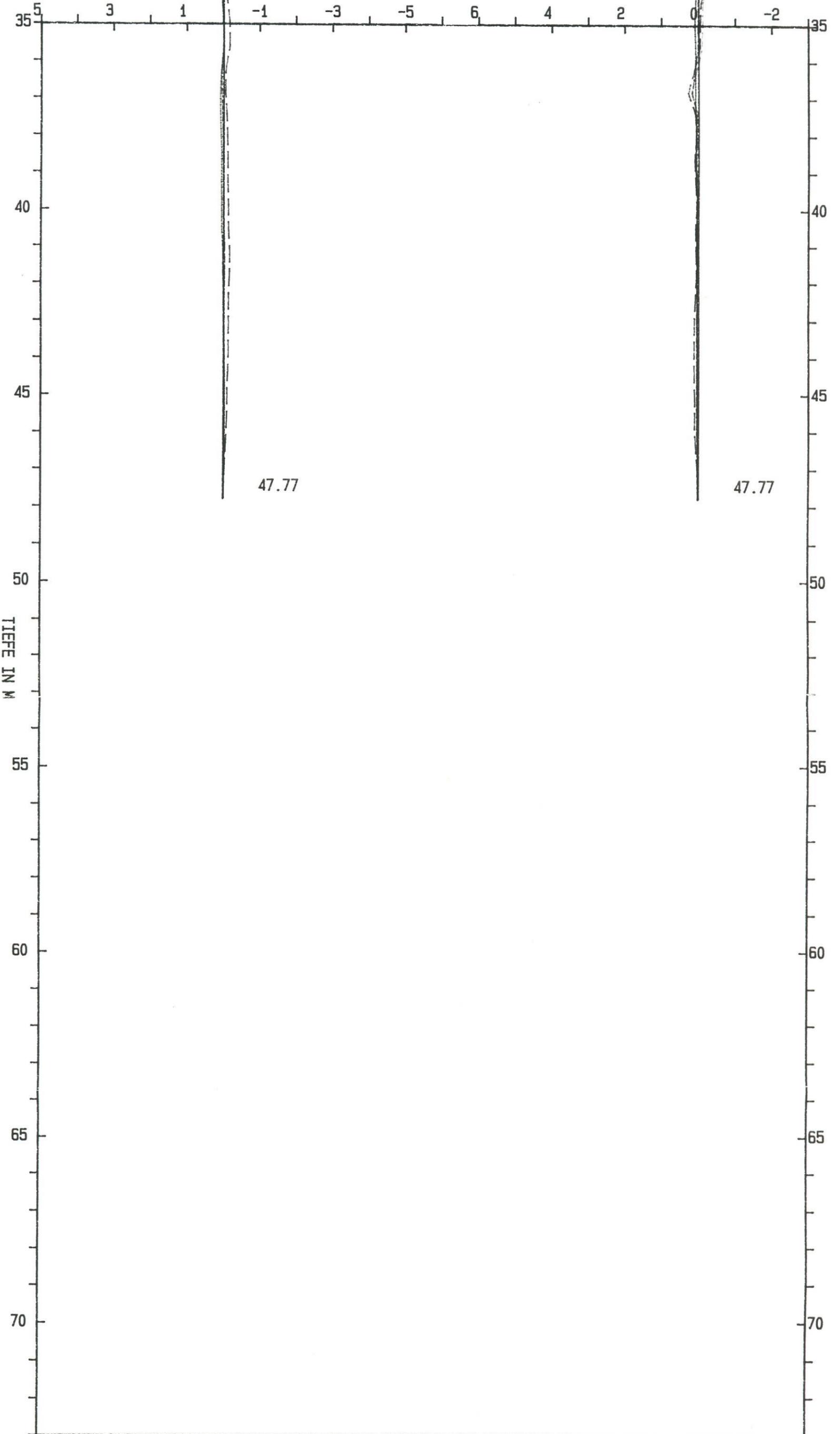
7. MESSSTELLE 91-7

IB 87

1. 4. 1997

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMM/357

7. MESSSTELLE 91-7

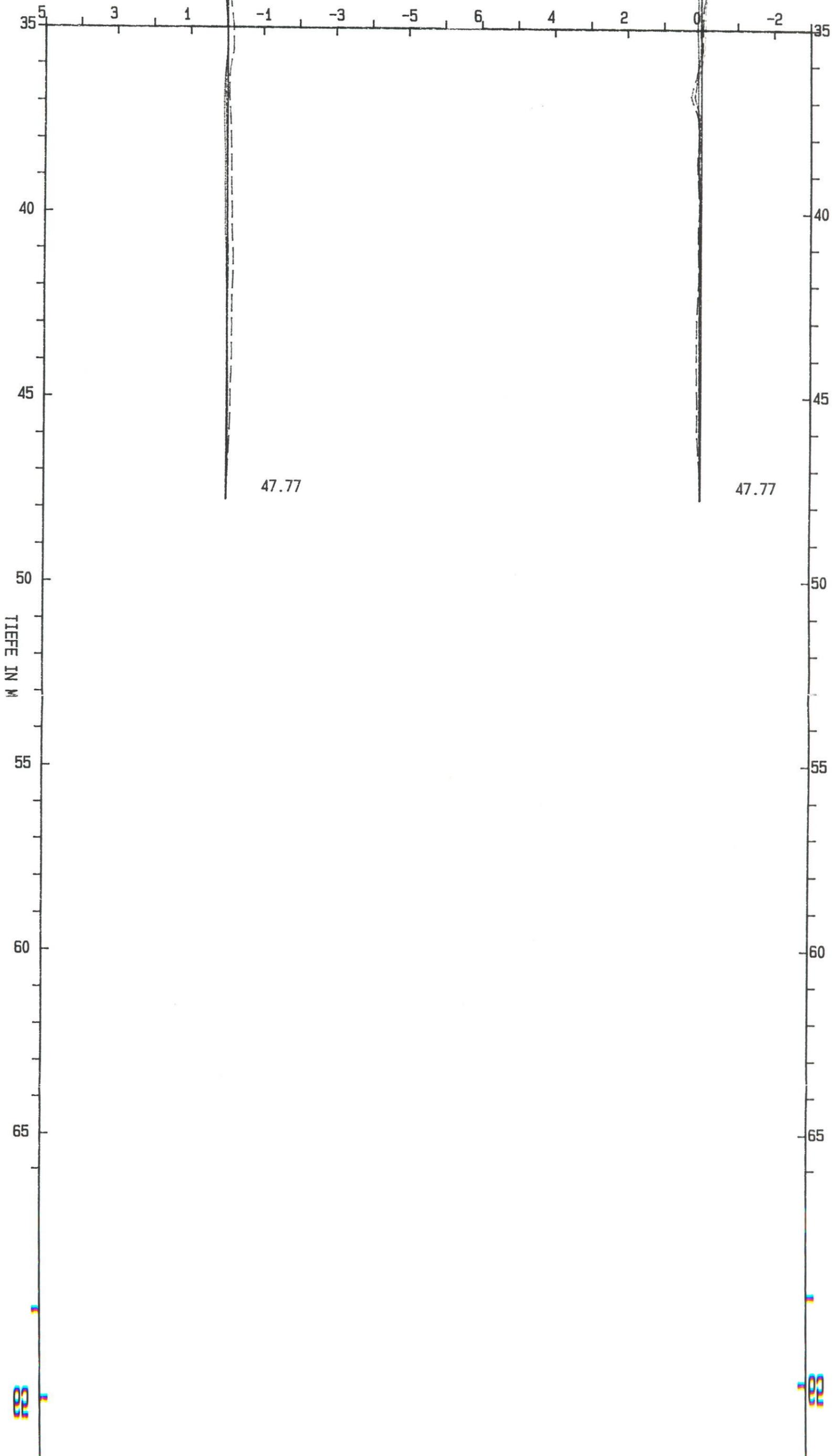
IB 87 1. 4. 1997

OBJEKT:  
Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Büro Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMN/357

7. MESSSTELLE 91-7

OBJEKT:

Baugebiet Raj, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Büro Dr. H. Jaechli

7. MESSSTELLE 91-7

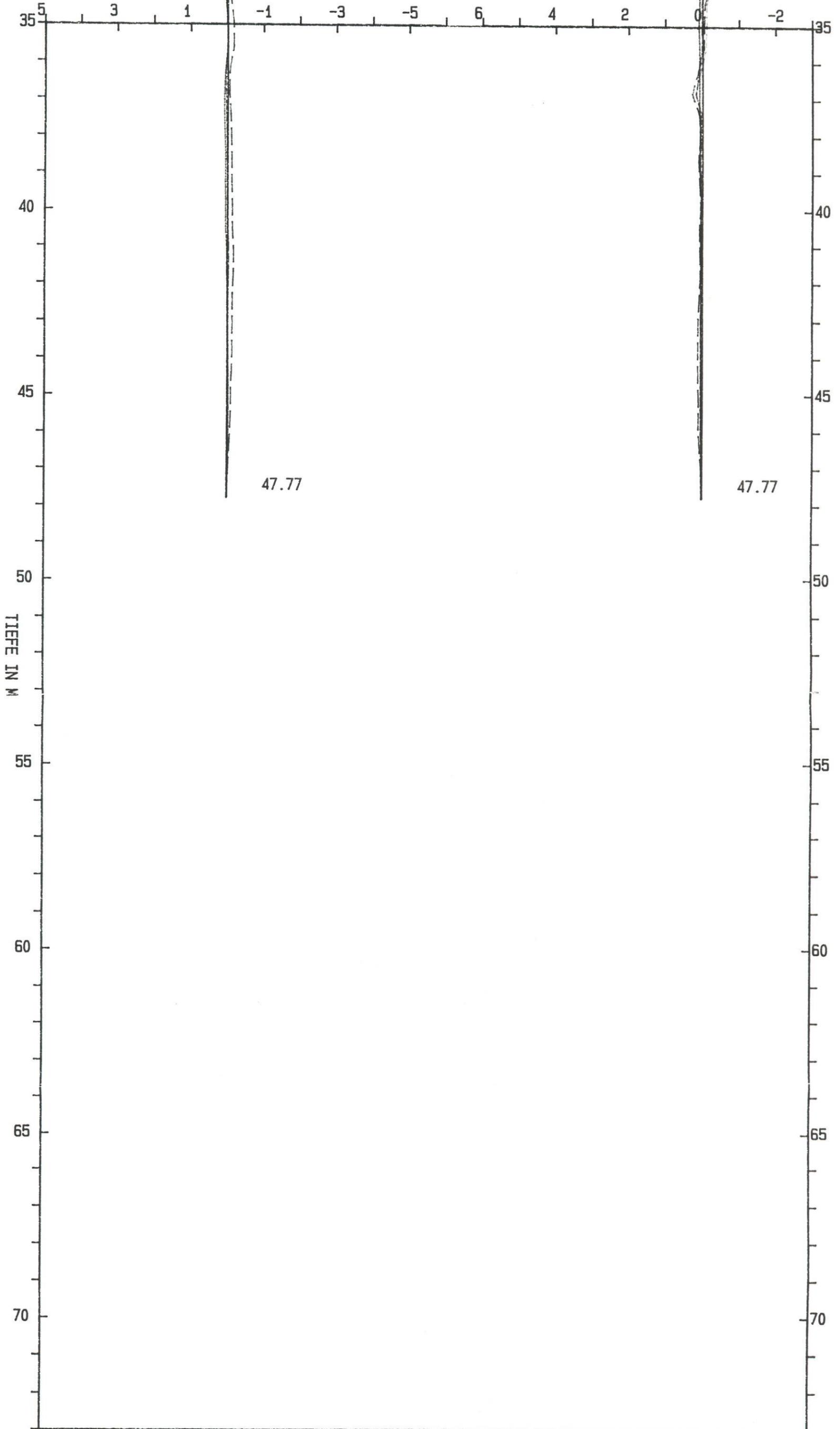
NOKIJARI

MEK

H. 7

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

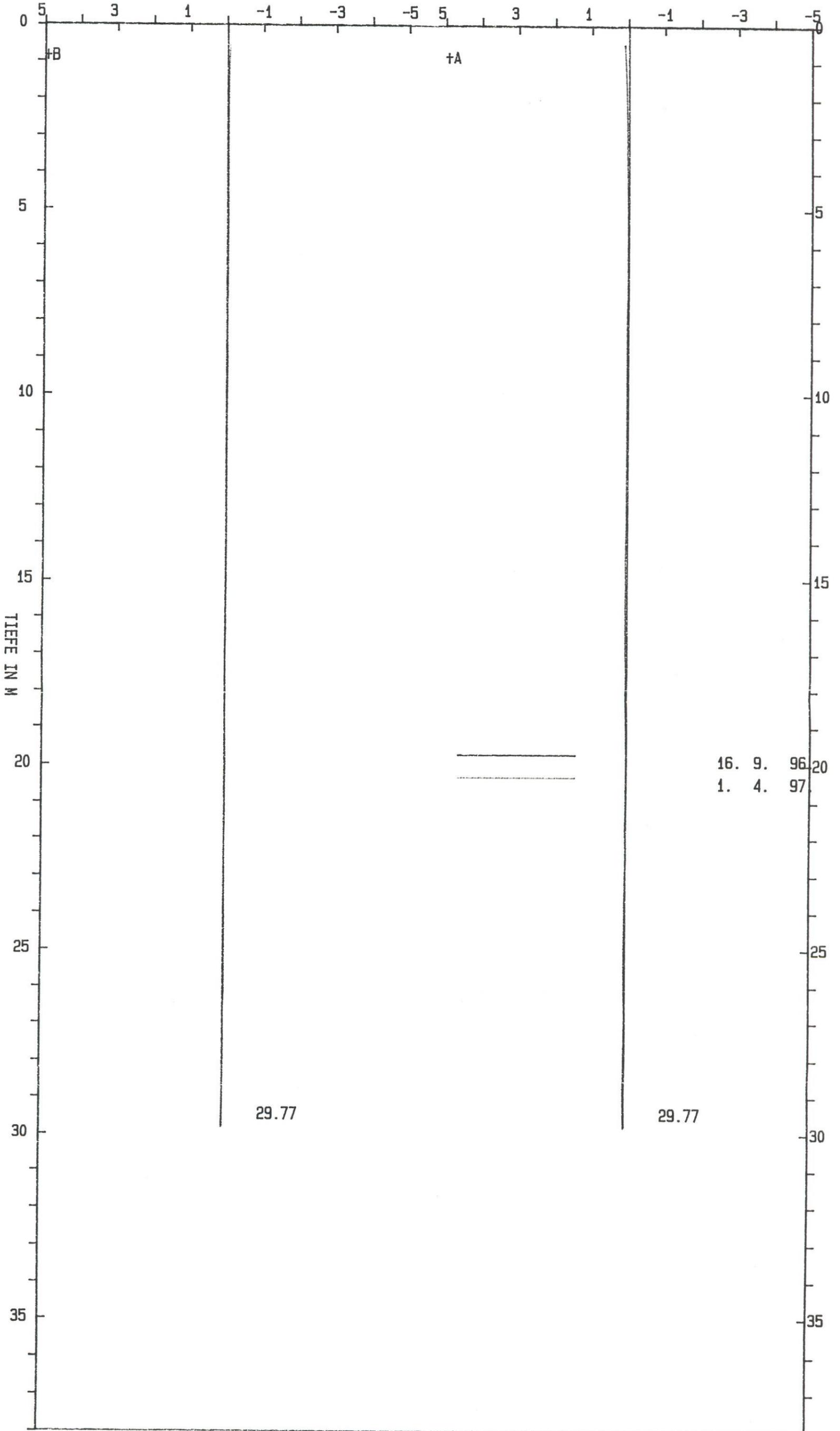


OBJEKT:  
Baugebiet Raj, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geraete-Typ: Sinco      Geraetenr.: DMW/357  
Geologisches Buero Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich  
7. MESSSTELLE 91-7      IB 87      1. 4. 1997

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



16. 9. 96  
1. 4. 97

29.77

29.77

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

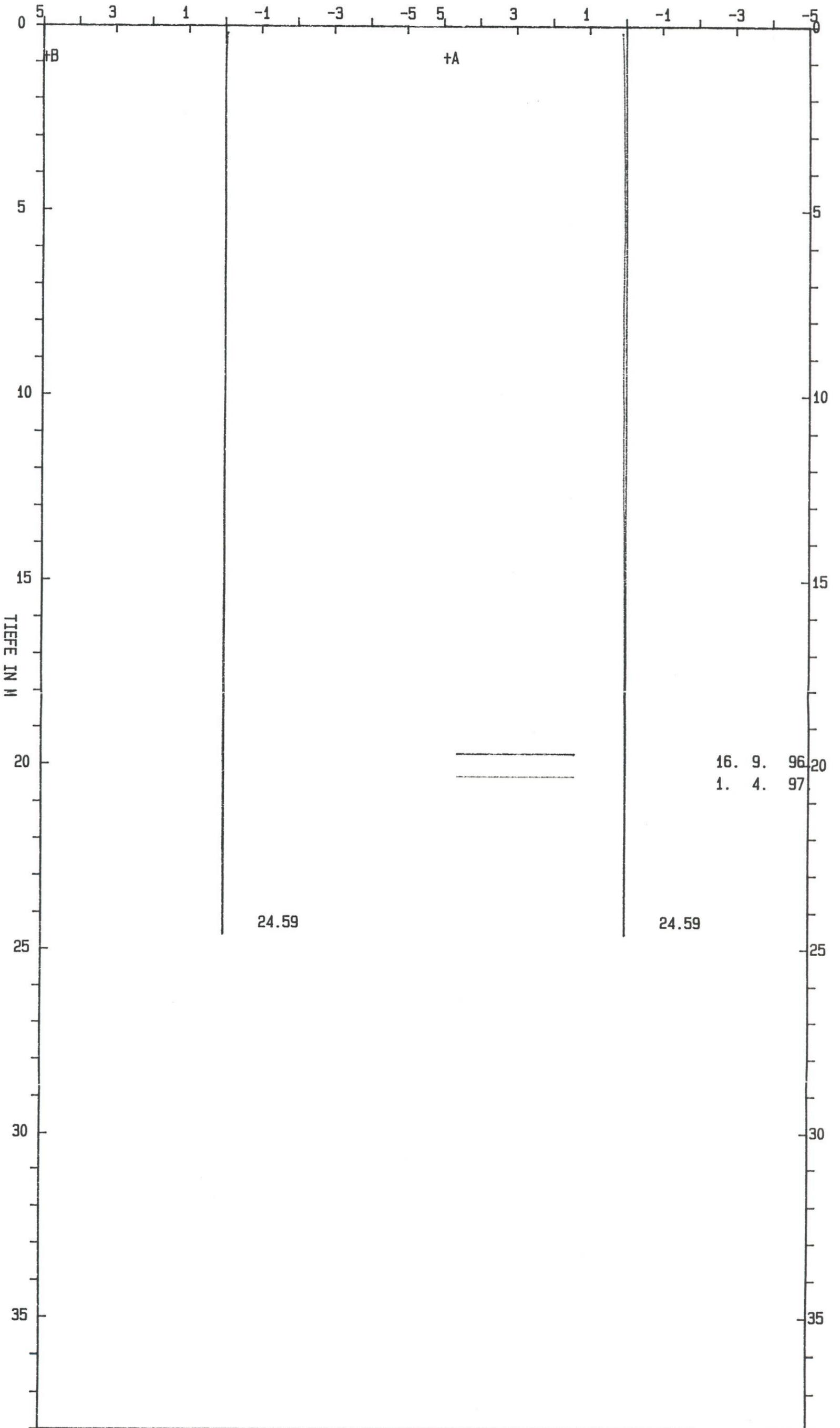
Geologisches Buero Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

8. MESSSTELLE 96-1 IB 87 1. 4. 1997

Azimuth N - +A = 110

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon



Azimut N - +A = 90

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

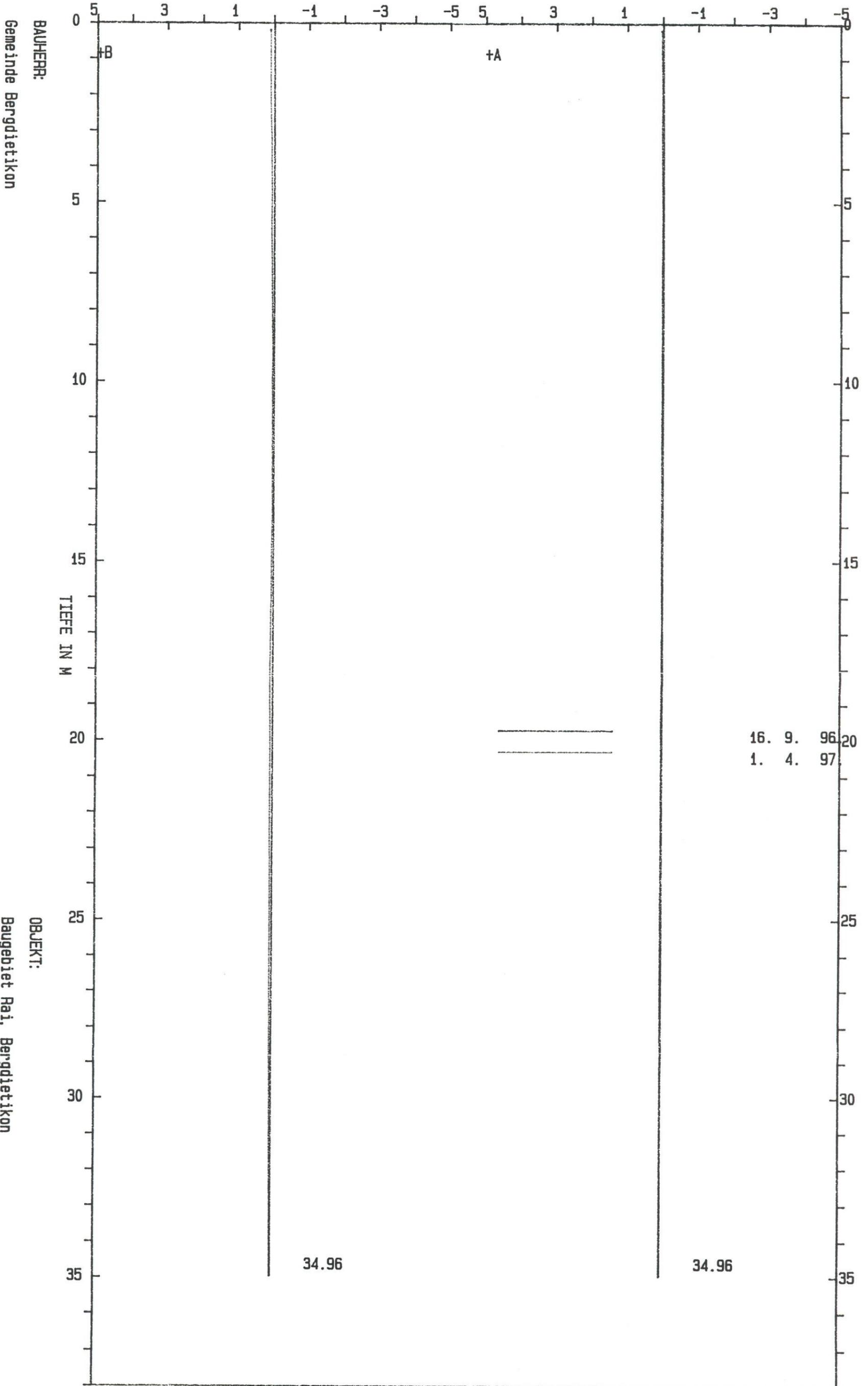
Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

9. MESSSTELLE 96-2

IB 87

1. 4. 1997

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



BAUHERR:

Gemeinde Bergdietikon

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Bureau Dr. H. Jaeckli AG, Zuerich

10. MESSSTELLE 96-3 IB 87 1. 4. 1997

Azimuth N - +A = 90

**Sanierungsvorschlag und Kostenschätzung der Firma Flow Tex**





FlowTex GUT GmbH, Chausseestradle 1, D-06317 Amstdorf

FlowTex Service AG  
Herrn Lüthi  
Bruneggerstr. 45

5103 Möriken

28.04.1997

CZ/hi

**Böschungsstabilisierung Berg Dietikon, Schweiz  
P 1195**

Sehr geehrter Herr Lüthi,

für Ihre Anfrage zum o.g. Bauvorhaben danken wir Ihnen sehr. Wir freuen uns Ihnen auf der Grundlage der uns vorliegenden Daten und Sachverhalte sowie der getroffenen Annahmen konzeptionelle Hinweise und eine Kostenschätzung unterbreiten zu dürfen.

**1. Technische Erläuterung**

Um bei den gegebenen bzw. angenommenen Standortbedingungen eine langfristige Stabilisierung zu gewährleisten, empfehlen wir für jeden Teilbereich die Erstellung von vier Querdrainagen nach dem Schumaflow-Verfahren. Voraussetzung ist jedoch, daß die Morphologie der Gleitfläche diese Anordnung erlaubt.

Bei dieser Technologie sind minimale Restwasserstände zwischen den Horizontalbrunnen zu erwarten.

Bei Vorliegen weiterer Erkenntnisse sind Modifikationen bzw. Präzisierungen der Brunnenanordnung und des Brunnenausbaues möglich.

Bei den derzeit bekannten Standortbedingungen gelangt ein FlowTex-Großbohrgerät mit einer maximalen Zugkraft von 200 kN zum Einsatz.

Wir gehen davon aus, daß es keine Einschränkungen für das bauseitige Ausheben der Start- und Zielgruben (4 x 5 m, 2 m tief) gibt und die Baufreiheiten für die Geräteaufstellung (Platzbedarf 10 x 20 m) gegeben sind.



Seite 2 zur Kostenschätzung 1195 vom 28.04.1997

Die Horizontalfilterbrunnen bestehen jeweils im aktiven Teil aus einer 140 m bzw. 180 m langen horizontalen Filterstrecke und aus Vollrohren im Bereich der mit 45 m veranschlagten An- und Auslaufstrecke (2 x 45 m).

Unter den gegebenen Bedingungen können wir uns vorstellen, daß der Filterbrunnen - dem Relief des Stauers folgend - möglichst an der Basis des Grundwasserleiters verlegt wird. Bei der Projektierung der Brunnen ist ein gestängebedingter Mindestbohrradius von  $R = 150$  m zu beachten.

Im ca. 7 m tiefen Verlegehorizont rechnen wir mit schluffigen Sanden, die teilweise kiesig sind. Wir gehen derzeit insgesamt von erschwerten Entwässerungsbedingungen aus.

## 2. Kostenschätzung

Pos. 1	Baustelleneinrichtung Anfahren, Vorhalten und wieder Abtransportieren des FlowTex-Spülbohrsystems, incl. Aufwand für den länderüberschreitenden Transfer			
Pos. 2	Horizontalbohrung Erstellen, Aufweiten Schutzrohreinzug PE-HD 100, da = 180 (PN 10), ca. 4 x 230 = 920 m und 4 x 270 = 1080 m insgesamt: 2000 m			
Pos. 3	Schumasoil-Brunnenfilter, da = 125 mm, incl. Schweißen ca. 4 x 140 = 560 m und 4 x 180 = 720 m insgesamt: 1280 m			
Pos. 4	Vollrohr PE-HD, da = 125 mm, incl. Schweißen ca. 16 x 45 = 720 m			
Pos. 5	Schutzrohr PE-HD 100, da = 180 (PN 10), incl. Schweißen ca. 270 m			
	<b>Komplettpreis</b>	<b>Summe Pos. 1-5</b>	<b>SFr</b>	<b>816.975,00</b>



Seite 3 zur Kostenschätzung 1195 vom 28.04.1997

a) Unsere Kostenschätzung beinhaltet folgende Leistungen

- Einrichten und Räumen der Baustelle
- Herstellen der verlaufsgesteuerten Pilotbohrung
- Aufweitvorgänge bis zum erforderlichen Enddurchmesser
- Liefern des Einzugkopfes
- Liefern und Schweißen der Rohre
- Einzug der Rohre
- Herstellen der Bohrsuspension
- Überwachung des Bohrkopfes während der Durchführung der Pilotbohrung
- Erstellung der CAD-Dränage

b) In der Kostenschätzung sind nicht enthalten

- Einholen aller erforderlichen Genehmigungen
- Bereitstellung der Bestandspläne von Leitungen und Anlagen im Baustellenbereich
- Zufahrt und Abstellfläche für Geräte und Material
- Herstellen der Start- und Zielgruben (ca. 5 x 4 m)
- Entschädigung für beanspruchte Arbeitsflächen
- Flurschadenbeseitigungen
- Wasserversorgung
- Entsorgen von Bohrsuspensionsresten

c) Preisstellung

Unsere Kostenschätzung basiert auf einer Bohrlänge von insgesamt ca. 2000 m und einem Biegeradius von  $R = 150$  m.

Wir gehen von folgenden Bodenbedingungen aus: schluffig Sande, teilweise kiesig

Stillstandszeiten, die nicht auf ein Verschulden des Auftragnehmers zurückzuführen sind, werden mit SFr/Std. 640,-- berechnet.

Die geschriebenen Längen sind Abrechnungslängen. Minderlängen sind nicht abzugsfähig. Über die Kostenschätzung hinausgehende Bohrlängen werden zusätzlich in Rechnung gestellt.



Seite 4 zur Kostenschätzung 1195 vom 28.04.1997

Zahlungsbedingungen:

1. Pos. 1 wird in Höhe von SFr 26.000,00 sofort fällig bei Start der Pilotbohrung
2. Restzahlung: 14 Tage nach Aufmaß durch FlowTex GUT ohne jeglichen Abzug.

Nach Ablauf der vereinbarten Zahlungsfrist berechnen wir Verzugszinsen in Höhe von 2 % über dem zum Zeitpunkt des Verzuges festgelegten Diskontsatz der Deutschen Bundesbank.

Wir hoffen, Ihnen mit diesen Angaben gedient zu haben und würden uns freuen, bei der weiteren Projektverfolgung, verbunden mit einem Ortstermin zur Klärung der Platzverhältnisse und der verfahrenstechnischen Fragen, einbezogen zu werden und den entsprechenden Auftrag zu erhalten.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ingo Sass', written over a horizontal line.

Dr. Ingo Sass  
Geschäftsführer

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ortwin Caldonazzi', written in a cursive style.

i.A. Dr. Ortwin Caldonazzi  
Projektentwicklung

## **ALLGEMEINE GESCHÄFTSBEDINGUNGEN**

### **1. Preise**

Die angebotenen Preise sind freibleibend. Sie werden bei Bestätigung des Auftrags durch die *FlowTex Service AG (Schweiz)* fest. Sie werden je nach Vereinbarung "nach Ergebnis" oder "zu Pauschalpreisen" gemäss SIA 118 - Allg. Bedingungen für Bauarbeiten festgelegt. Die Mehrwertsteuer ist in den Preisen nicht inbegriffen. In Verkaufslisten, Werbebroschüren und Lieferunterlagen enthaltene Preise können durch *FlowTex Service AG (Schweiz)* jederzeit einseitig abgeändert werden. Rabatte bedürfen der ausdrücklichen Festlegung durch die Vertragsparteien.

### **2. Zahlungsbedingungen**

Innerhalb von 30 Tagen ab Rechnungsdatum netto, vorbehältlich besonderer Vereinbarungen zwischen den Vertragsschliessenden.

### **3. Garantie**

Beanstandungen werden nur innerhalb von 8 Tagen nach Fertigstellung der Anlage oder eines Teils davon entgegengenommen.

Die *FlowTex Service AG (Schweiz)* garantiert für die Verwendung von gutem Material, zweckmässiger Konstruktion und einwandfreier Ausführung. Sie verpflichtet sich, von ihr gelieferte Produkte oder Teile davon, die zu Beanstandungen Anlass geben, nach ihrer Wahl kostenlos instand zu stellen oder zu ersetzen. Diese Garantie gilt für die Dauer von zwei Jahren ab Fakturadatum. Auftretende Schäden, deren Verhütung nicht in der Macht der *FlowTex Service AG (Schweiz)* liegt sowie Folgen äusserer Einwirkungen (besonders mechanischer, chemischer oder elektromechanischer Art) und atmosphärische Einflüsse sind von der Garantie ausgeschlossen. Bei Ersatz eines schadhafte Lieferungsteils findet keine Garantieverlängerung für die Restlieferung statt.

Jede weitere Verantwortlichkeit für direkten oder indirekten Schaden wird abgelehnt.

### **4. Ausführung**

Es gelten die Allgemeinen Bedingungen für Bauarbeiten SIA 118. Massgeblich ist jeweils die im Moment des Vertragsschlusses gültige Version.

### **5. Schutzrechte**

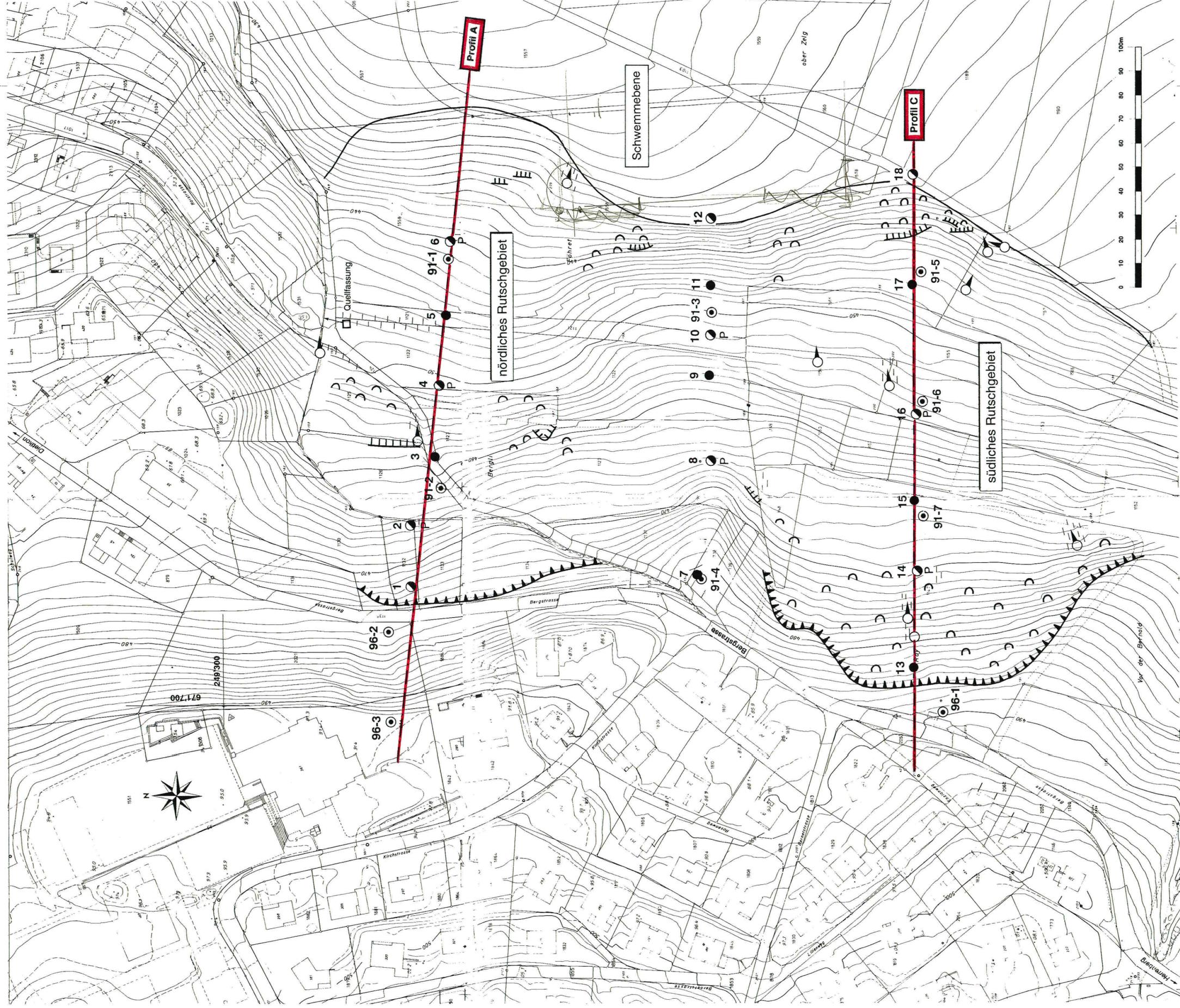
Zeichnungen und Unterlagen der *FlowTex Service AG (Schweiz)* dürfen Drittpersonen nicht zugänglich gemacht werden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz und berechtigen die *FlowTex Service AG (Schweiz)* überdies, sofort vom Vertrag zurückzutreten.

### **6. Geltungsbereich**

Die Verkaufsbedingungen gelten, sofern keine anderslautenden Abmachungen ausdrücklich getroffen worden sind. Offensichtliche Irrtümer, Druck-, Schreib- und Uebersetzungsfehler verpflichten die *FlowTex Service AG (Schweiz)* nicht. Die in Prospekten und Katalogen enthaltenen Abbildungen, Zeichnungen und Beschreibungen, wie auch Mass- und Gewichtsangaben sind Näherungswerte. Verbindlich werden sie soweit, als sie schriftlich zugesichert wurden. Konstruktionsänderungen sind immer vorbehalten.

### **7. Gerichtsstand**

Erfüllungsort und Gerichtsstand ist Lenzburg AG. Es gilt schweizerisches Recht.



**LEGENDE :**

- Rammsondierung
- unverrohrte Bohrung
- ⊙ Kernbohrung / Slope - Indicator - Messstelle
- vorgeschlagene zusätzliche Slope - Indicator Messstelle
- P Piezometerrohr
- Profilspur
- 60 → Marksteinverschiebungen ca. 1908 bis 1991, gemessene Verschiebungen in cm. (Ingenieur - und Vermessungsbüro F. Hirschi)
- ↔ Dito zwischen September 1991 und September 1995
- ↔ Anrisse, sichtbare bergseitige Begrenzung der Rutschgebiete
- TTT Anrisse in der Grasnarbe
- ∪ Wulst- und Muldenformen, Anzeichen oberflächennaher Kriechbewegungen
- ⊙ Quellaustritt
- Feuchtstelle

Bellage 1  
zum Bericht vom 12.5.1997

# Geologische Baugrunduntersuchungen Baugebiet Rai Bergdietikon / AG

Ergebnisse der Kernbohrungen und  
Hangbewegungsmessungen 1996/1997

Situation 1:1000  
mit Lage der Sondierstellen und Profilsuren



# Geologische Baugrunduntersuchungen Baugebiet Rai

## Bergdietikon / AG

Ergebnisse der Kernbohrungen und  
Hangbewegungsmessungen 1996/1997

Profil C, 1:200

**jöckli**  
Geotechnik  
Dr. Heinrich Jöckli AG  
Bühlstrasse 299  
8003 Zürich

Plan-Nr.: 92/02  
Standort: Rai  
Format: B0/208  
Zeichner: Ra/Ad  
geprüft: MJ

**Massstab für Rammdiagramm**



Spezifischer Rammwiderstand

Fällhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg, Spitzenschnitt 10 cm²

Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm und Nachschlagen von 20 cm

Hangwasserspiegel am 18.1.1997 und mit Datum

**Massstab für Verschiebungsmessungen**



Gemessene Verschiebungen in cm

**Geotechnische Legende**

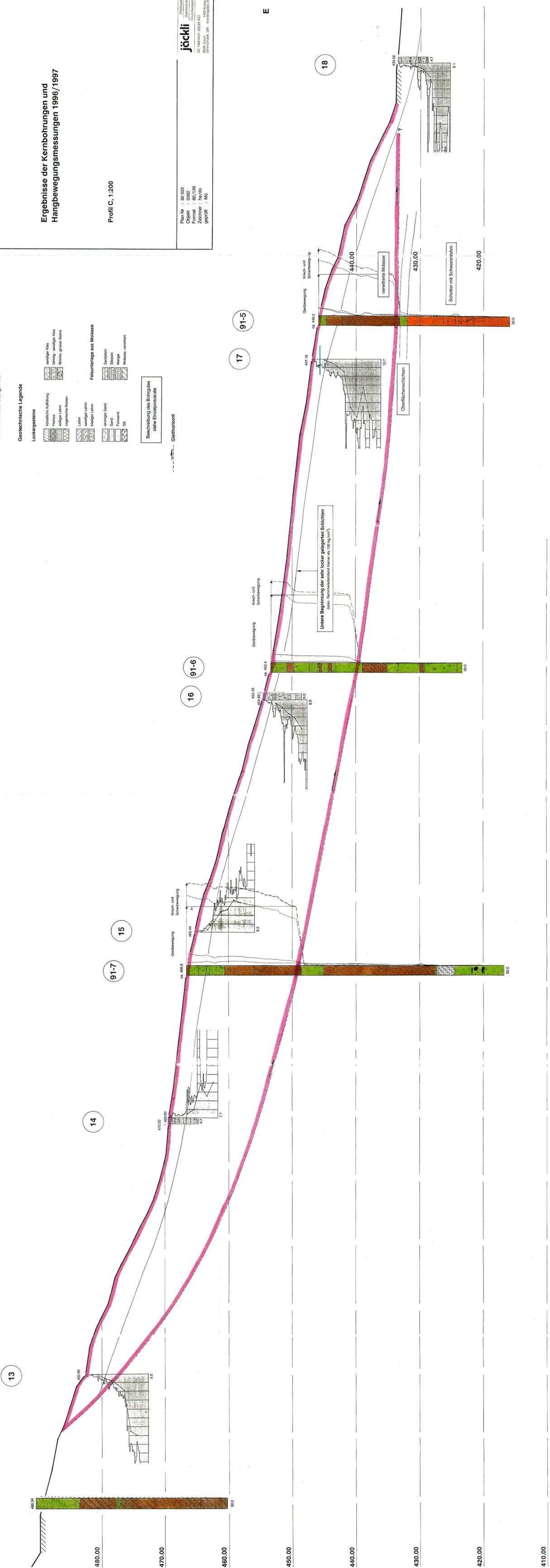
Lockergesteine	
	kaolinitische Auffüllung
	Humus
	schluffiger Lehm
	organische Reste
	Lehm
	schluffiger Lehm
	schluffiger Schluff
	wenigsl. Sand
	Sand
	Schluff
	Silt
	Mergel
	Molasse, verwittert
Felsuntertage aus Molasse	
	Sandstein
	Siltstein
	Mergel
	Molasse, verwittert

Beschreibung des Bohrgutes  
siehe Einzelprotokolle

--- Gliedhorizont

W

96-1  
10m Profil



E

Gemeinde Bergdietikon  
Bauverwaltung  
Herr Gloor  
8962 Bergdietikon

Sachbearbeiter: R. Arnold, dipl. Bauing. ETH  
Telefon: 056-203 60 30  
Fax: 056-203 60 21  
eMail: arnold@jaeckli.ch

Baden, 24. August 2007

051187 brief t gloor.doc Aa/5B

**Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG**  
**Ergebnisse der Hangbewegungsmessungen vom 26.9.2005**

Sehr geehrter Herr Gloor

Am 26. September 2005 hat die Firma Stump ForATec AG eine weitere Folgemessung in den Slope-Indicator-Messrohren im Gebiet Rai ausgeführt. Die Lage der insgesamt 10 Slope-Indicator-Messstellen ist aus dem Situationsplan in *Beilage 1* ersichtlich. Wir können Ihnen zu den Messergebnissen folgende Angaben machen:

**1 Messungen**

Die Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7 wurden im Jahr 1991 erstellt und erstmals gemessen. Im Jahre 1996 wurden *oberhalb* des Hanggebietes Rai drei ergänzende Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3 errichtet und in das laufende Messprogramm aufgenommen.

Gegenüber der Nullmessung ergibt sich für die erstgenannten Messstellen ein Beobachtungszeitraum von 14 Jahren, während für die später errichteten Messstellen oberhalb des Rutschgebietes eine Beobachtungszeit von 9 Jahren resultiert.

Anlässlich der im September 2005 durchgeführten Messkampagne konnte das Messrohr Nr. 91-7 nicht mehr gefunden werden. Dieses Messrohr konnte bereits bei der vorletzten Messung im Jahr 2000 wegen der dort auftretenden, starken Hangbewegungen mit der Inklinometersonde nur noch knapp befahren werden.

## 2 Ergebnisse

### **Nördliches Rutschgebiet**

Im nördlichen Rutschgebiet mit den beiden Messstellen Nr. 91-1 und 91-2 sind weiterhin signifikante Verschiebungen entlang der rund 6–9 m unter Terrain liegenden Gleitzzone zu beobachten. Nach einer leichten Beschleunigung der Rutschbewegungen zwischen 1998 und 2000 haben sich die Bewegungen wieder etwas verlangsamt (*Beilage 2*). Die Bewegungsgeschwindigkeiten sind im oberen und unteren Hangteil nach wie vor praktisch gleich gross.

Seit 1991 hat sich der Hang um etwa 10 cm talwärts verschoben, entsprechend einer annähernd gleichbleibenden Geschwindigkeit von rund 7 mm pro Jahr (*Tabelle 1*).

*Tabelle 1: Mittlere Hangbewegungen bei den Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7 (Beobachtungszeitraum 1991-2005) und bei den Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3 (Beobachtungszeitraum 1996–2005)*

Messstelle	91-1	91-2	91-3	91-4	91-5	91-6	91-7	96-1	96-2	96-3
Lage	nördliches Rutschgebiet		mittlerer Hangteil			südliches Rutschgebiet		oberhalb Rutschgebiet		
mittl. Bewegungen (mm/Jahr)	7.1	7.3	1.6	0.4	8.8	11.8	10.7	1.4	0.5	1.6

### **Mittlerer Hangteil**

Im mittleren Hangteil mit den Messstellen Nr. 91-3 und 91-4 sind nach wie vor vergleichsweise geringe Rutschbewegungen festzustellen. Im Hangfussbereich (Messstelle Nr. 91-3) hat sich der Untergrund seit 1991 um gut 2 cm talwärts bewegt, während im oberen Hangbereich (Messstelle Nr. 91-4) nur sehr geringe Verschiebungen von rund einem halben cm gemessen werden.

### **Südliches Rutschgebiet**

Im südlichen Rutschgebiet, mit den nun um eine Messstelle (Nr. 97-7) reduzierten zwei Messstellen Nr. 91-5 und 91-6 (*Beilage 2*), sind die stärksten Rutschbewegungen vorhanden. Der Gleithorizont liegt hier tiefer und reicht bis 14 m unter die Geländeoberfläche (*Beilage 3*).

Bei der Messstelle Nr. 91-6 im mittleren Hangteil liegt der Gleithorizont in rund 13–14 m Tiefe. Der Hang hat sich an dieser Stelle seit 1991 bereits um etwas mehr als 16 cm talwärts bewegt. Dies entspricht einer Bewegungsgeschwindigkeit von 12 mm pro Jahr.

Auch im Hangfussbereich werden recht starke Rutschbewegungen gemessen. In der Messstelle Nr. 91-5 erreichen diese seit Beginn der Messungen im Jahre 1999 rund 12 cm.

Nach einer Beschleunigung der Bewegungen im niederschlagsreichen Jahr 1999 zeigt sich auch im südlichen Rutschgebiet seit der letzten Folgemessung im Frühjahr 2000 eine deutliche Verlangsamung der Bewegungen, welche zwischen 2000 und 2005 ziemlich gleichmässig verlaufen sind.

### **Bereich oberhalb des Rutschgebietes**

Die im Jahr 1996 errichteten Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3 oberhalb der eigentlichen Rutschgebiete zeigen bisher vergleichsweise nur sehr geringe Hangverschiebungen von maximal rund 2 cm (*Beilage 2*).

Die Bewegungsgeschwindigkeiten liegen in der Grössenordnung von 0.5–1.6 mm pro Jahr (*Tabelle 1*). Die Bewegungen sind somit wesentlich kleiner als im weiter unten liegenden nördlichen Rutschgebiet und sind als «Kriechbewegungen» zu bezeichnen. Die Bewegung erfolgt hier auch nicht entlang einem scharf ausgebildeten Gleithorizont, sondern annähernd gleichmässig verteilt über die ganze Tiefe der Messrohre (*Beilage 3*). Diese Messstellen liegen somit ausserhalb der aktiven Rutschgebiete.

### **3 Beurteilung**

Im Rutschgebiet Rai werden die Hangverschiebungen seit 14 Jahren mit Hilfe von Inklinometerrohren gemessen. Im nördlichen und südlichen Rutschgebiet sind sehr ausgeprägte Hangbewegungen messbar, welche in Abhängigkeit der Wasserverhältnisse (Niederschlagsgeschehen, Hangwasserspiegel) zusätzlich gewissen zeitlichen Schwankungen unterworfen sind. Die Hangstabilität wird massgeblich durch den Einfluss des Wassers bestimmt.

Längerfristig betrachtet werden in den beiden Rutschgebieten mehr oder weniger konstante Bewegungsgeschwindigkeiten in der Grössenordnung von 7–12 mm pro Jahr beobachtet. Eine signifikante Abnahme dieser Bewegungen ist ohne entsprechende Gegenmassnahmen in näherer Zukunft nicht zu erwarten.

Der mittlere Hangteil sowie das oberhalb angrenzende Gebiet können, abgesehen von kleinen Kriechbewegungen, weiterhin als vergleichsweise stabil betrachtet werden.

\* \* \*

Wir hoffen, Ihnen mit unserem Bericht zu dienen. Für weitere Angaben stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse

**Dr. Heinrich Jäckli AG**



#### **Beilagen:**

- 1 Situation 1:2000 mit Lage der Sondierstellen
- 2 Diagramm Hangverschiebungen 1991–2005
- 3 Slope-Indicator-Messungen, Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7 und Nr. 96-1 bis 96-3

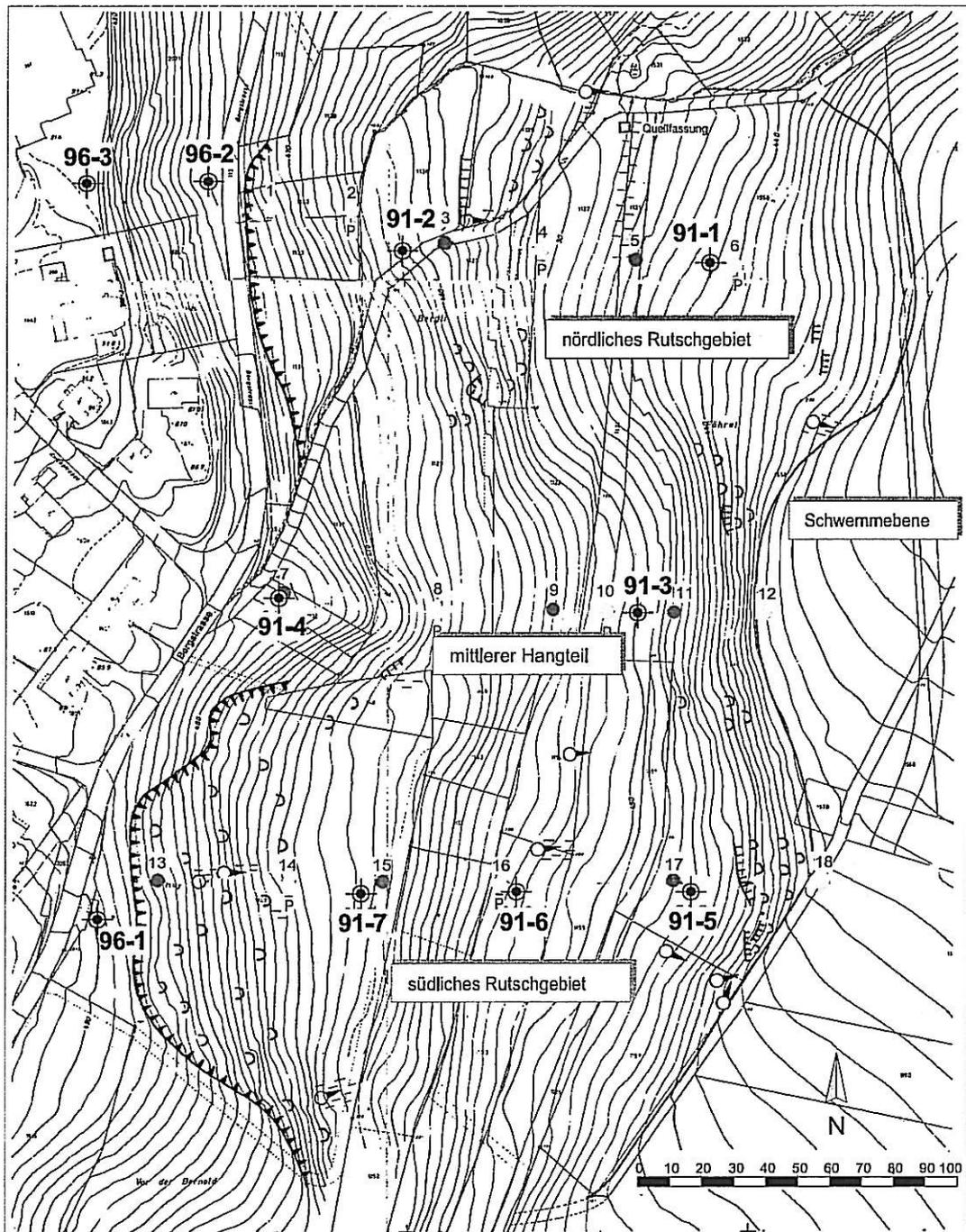
Brief mit Beilage 2-fach

Baugebiet Rai, Bergdietikon/AG

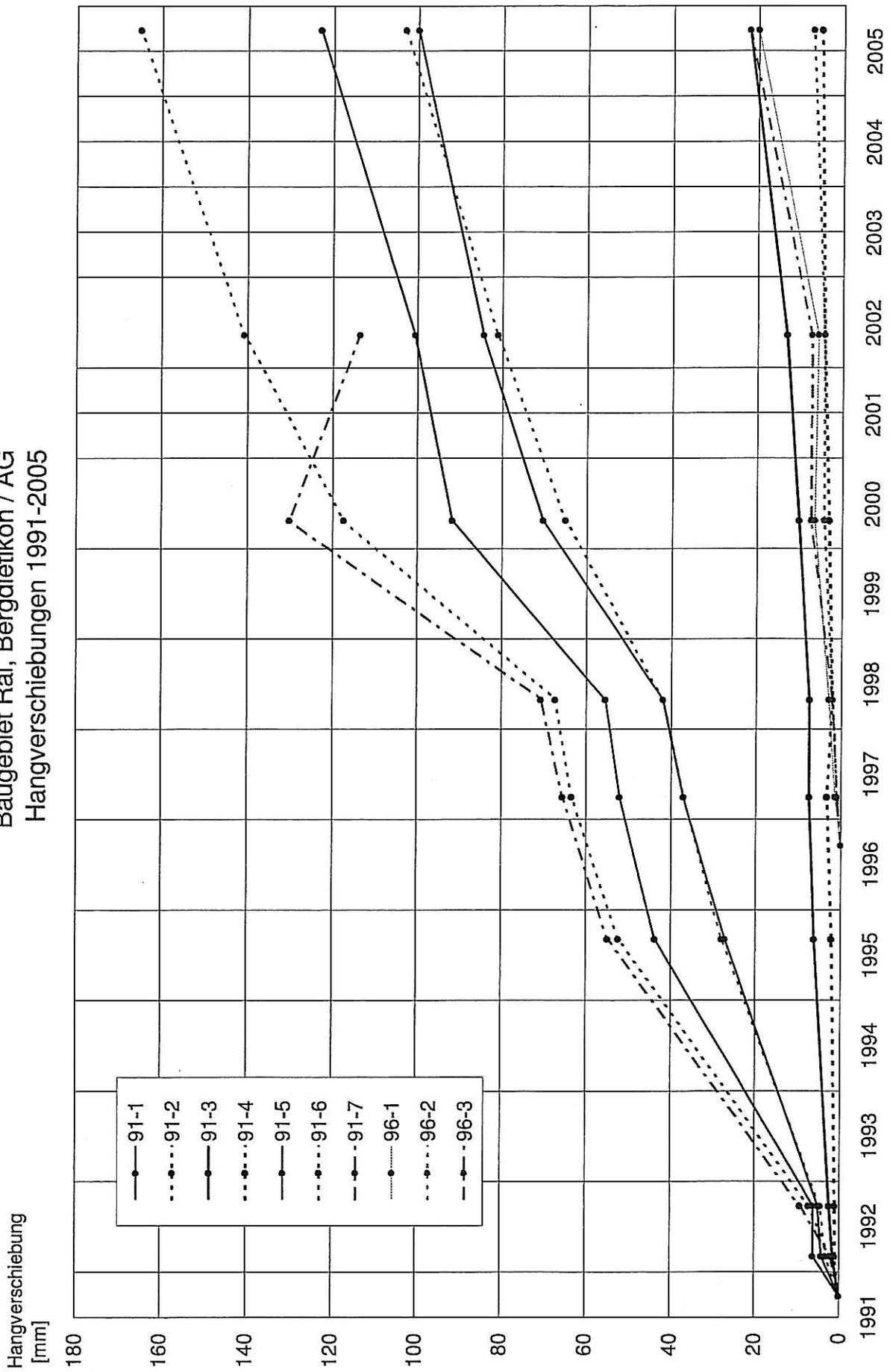
### Situation 1:2000 mit Lage der Sondierstellen

Legende:

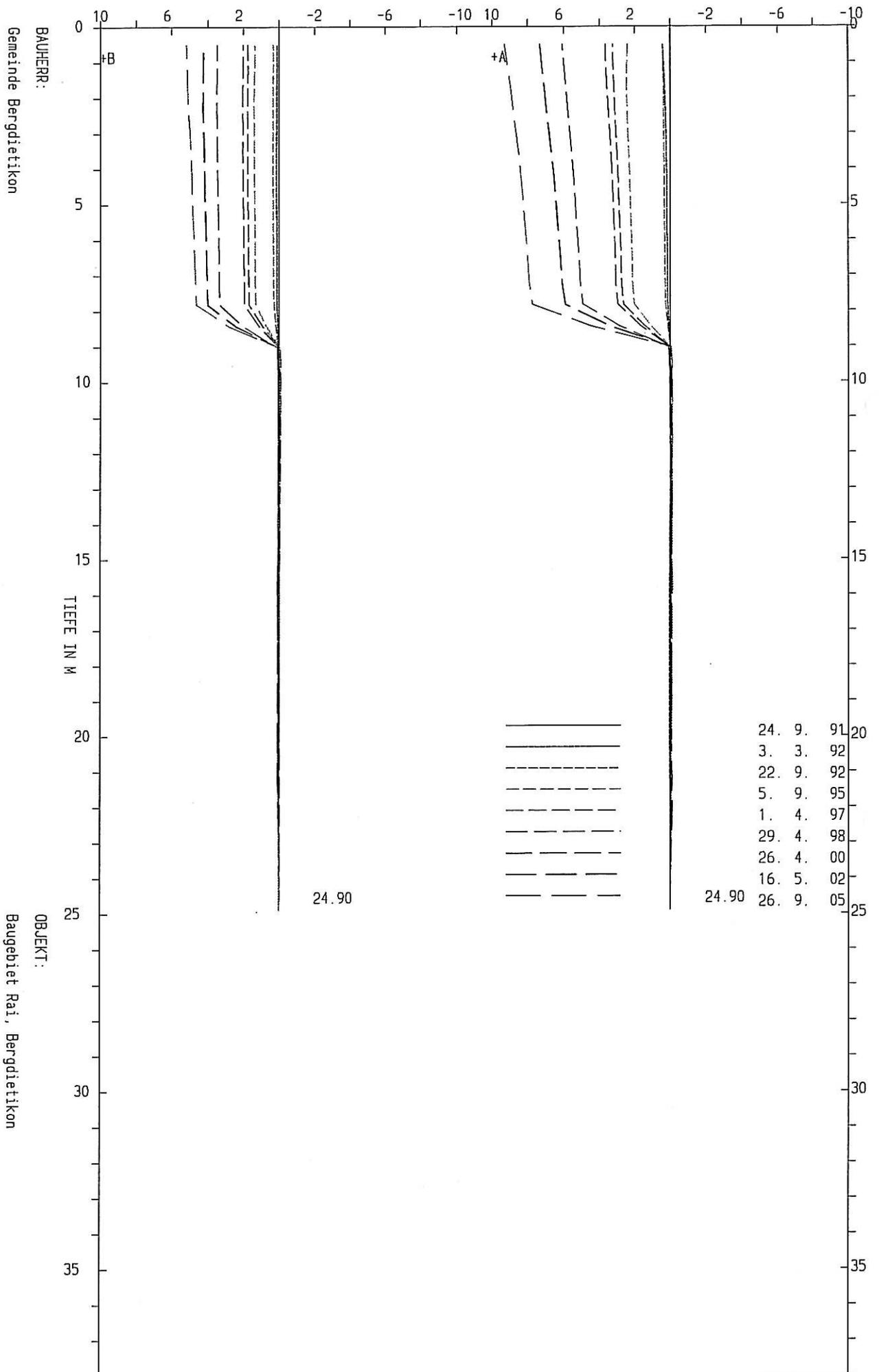
-  Kernbohrung mit Slope-Indicator-Messrohr
-  Rammsondierung
-  Rammsondierung und unverrohrte Bohrung
-  P Piezometerrohr



Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG  
Hangverschiebungen 1991-2005



AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

TIEFE IN M

OBJEKT:  
Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

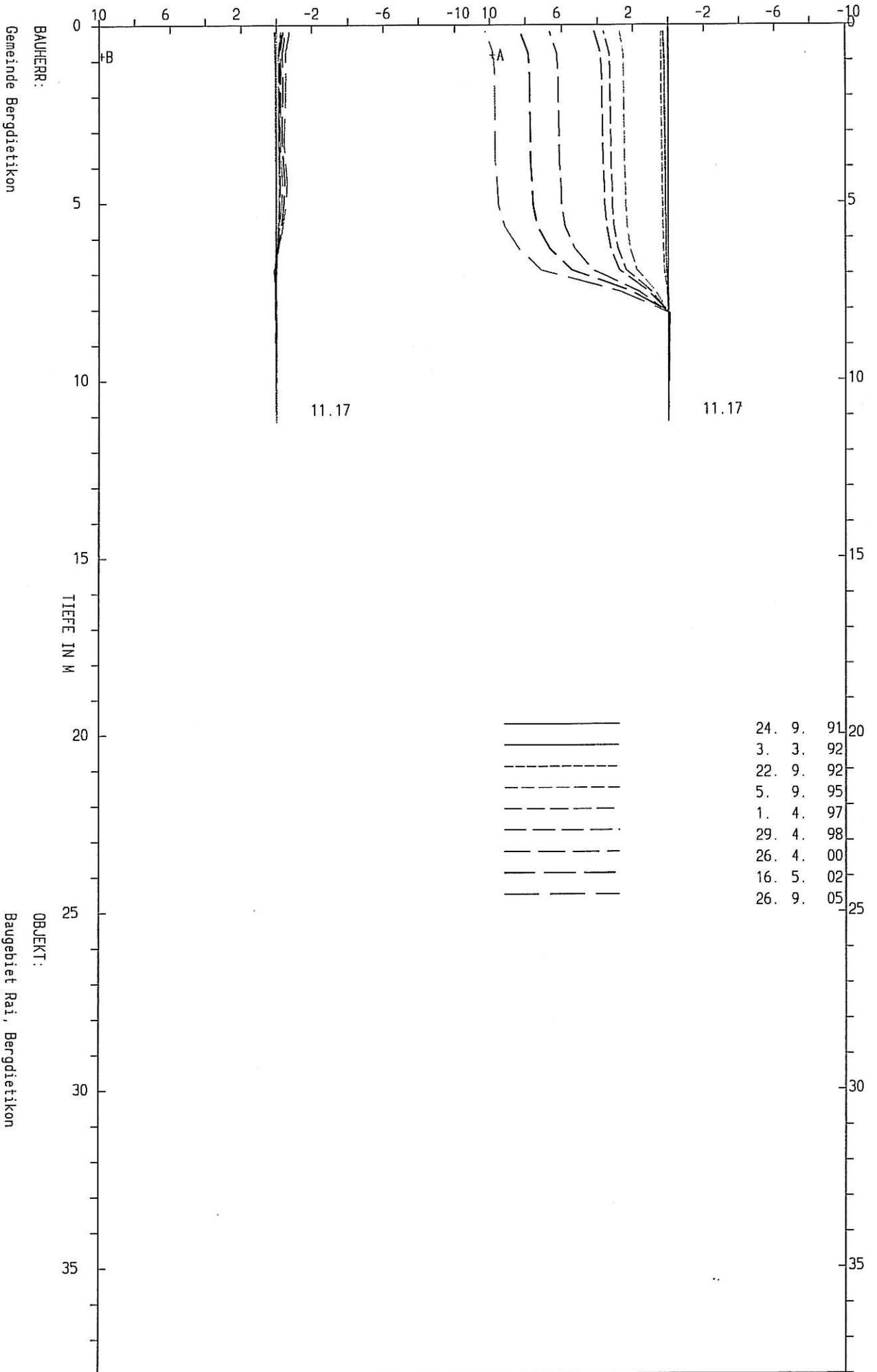
Geologisches Bureau Dr. H. Jaekli AG, Zuerich

Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMW/357

1. MESSSTELLE 91-1 IB 87 26. 9. 2005

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

TIEFE IN M

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Bureau Dr. H. Jaekli AG, Zuerich

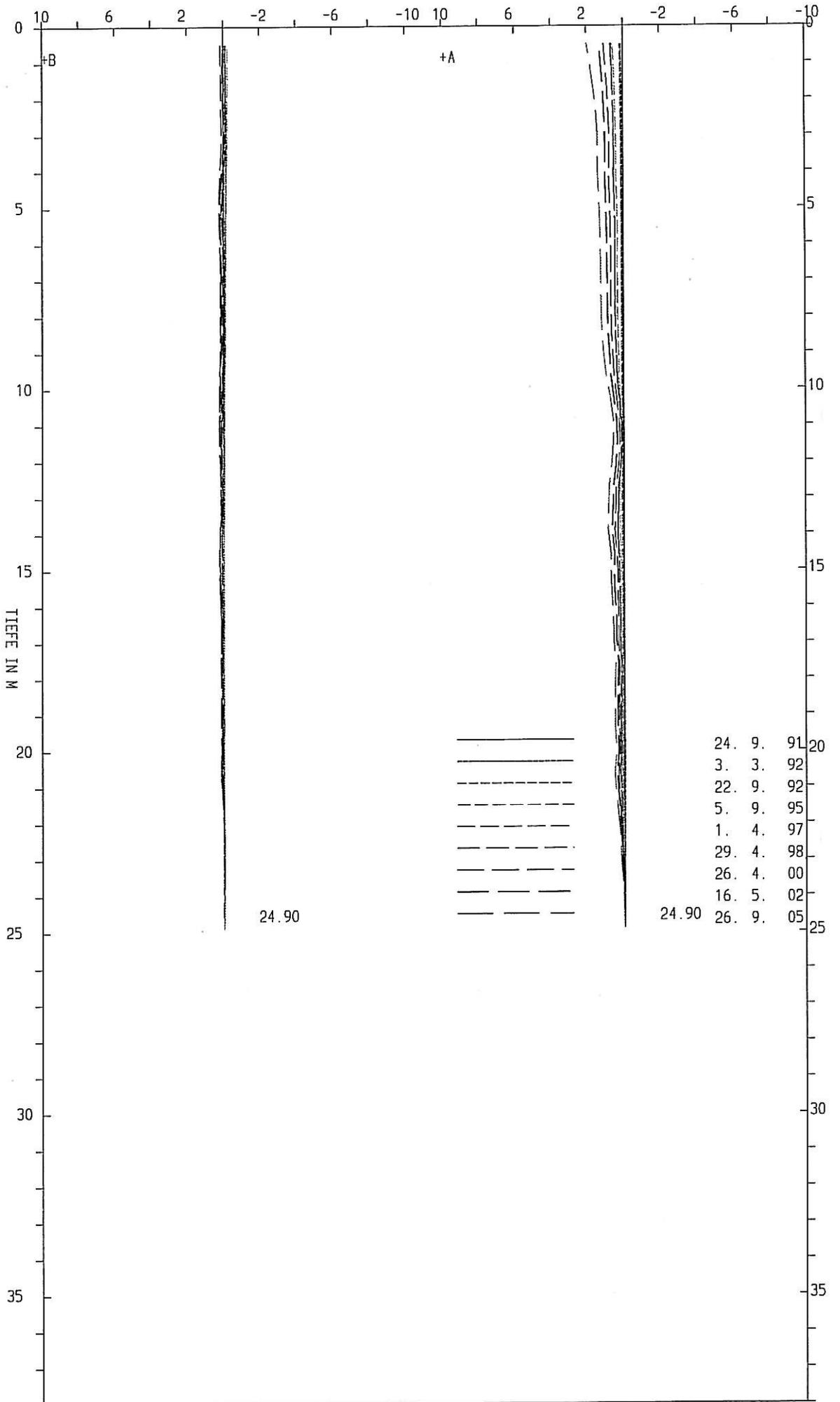
2. MESSSTELLE 91-2 IB 87 26. 9. 2005

Geräte-Typ: Sinco

Gerätemr.: DMM/357

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

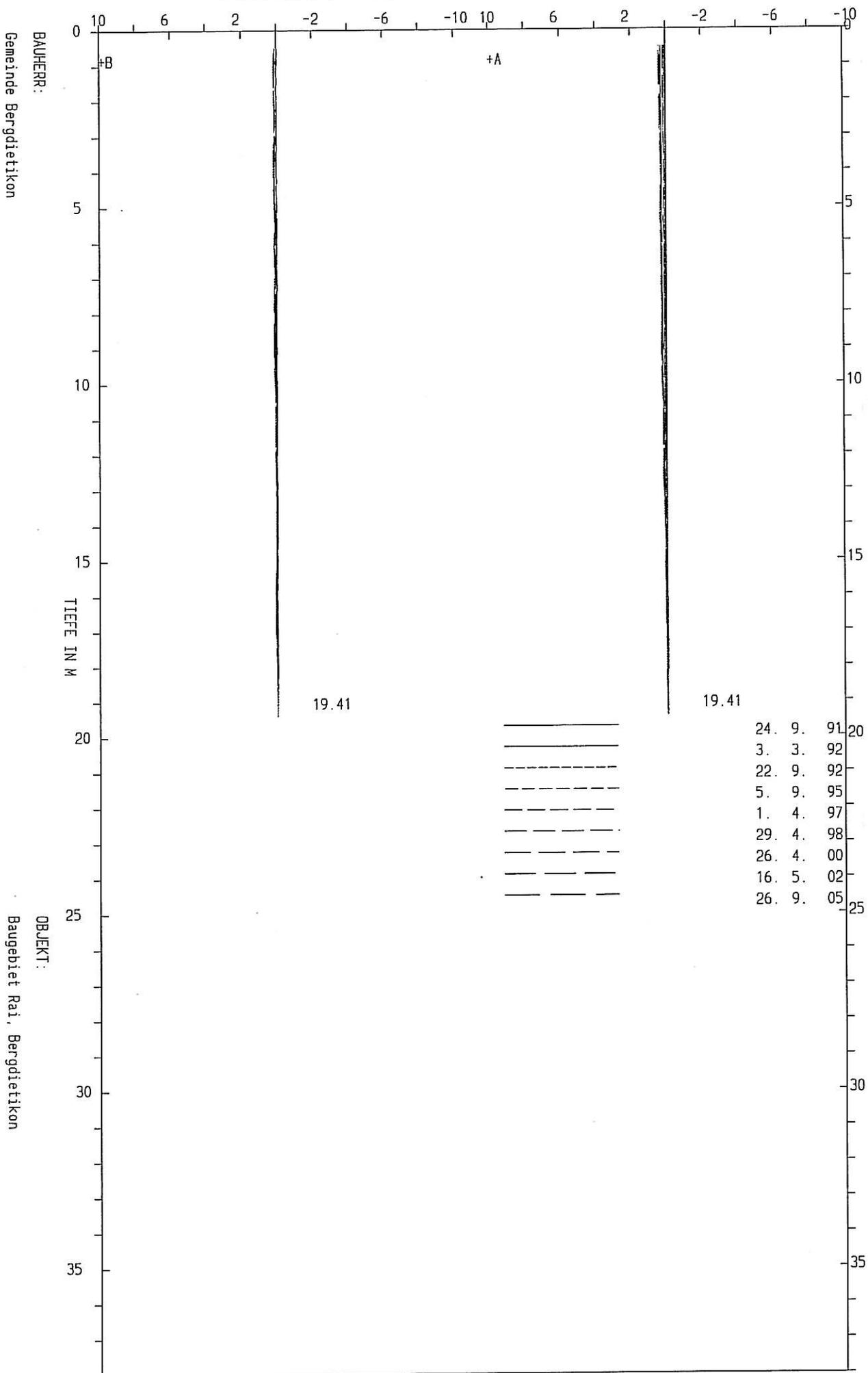


Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMW/357

OBJEKT:  
Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:  
Geologisches Büro Dr. H. Jaekli AG, Zuerich  
3. MESSSTELLE 91-3  
IB 87 26. 9. 2005

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

Geräte-Typ: Sinco

Gerätenr.: DMW/357

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon

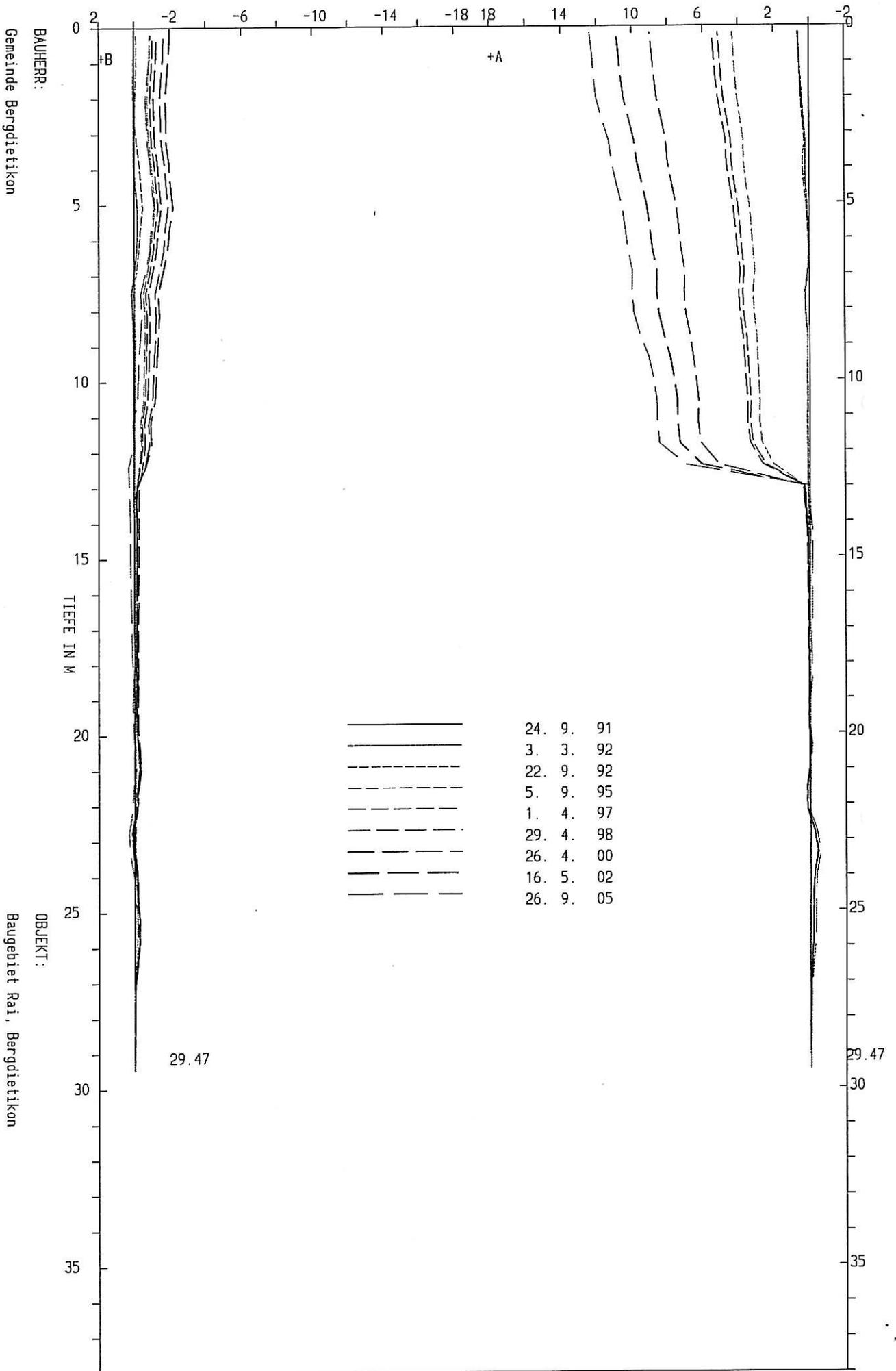
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Büro Dr. H. Jaekli AG, Zuerich

4. MESSSTELLE 91-4

IB 87 26. 9. 2005

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM

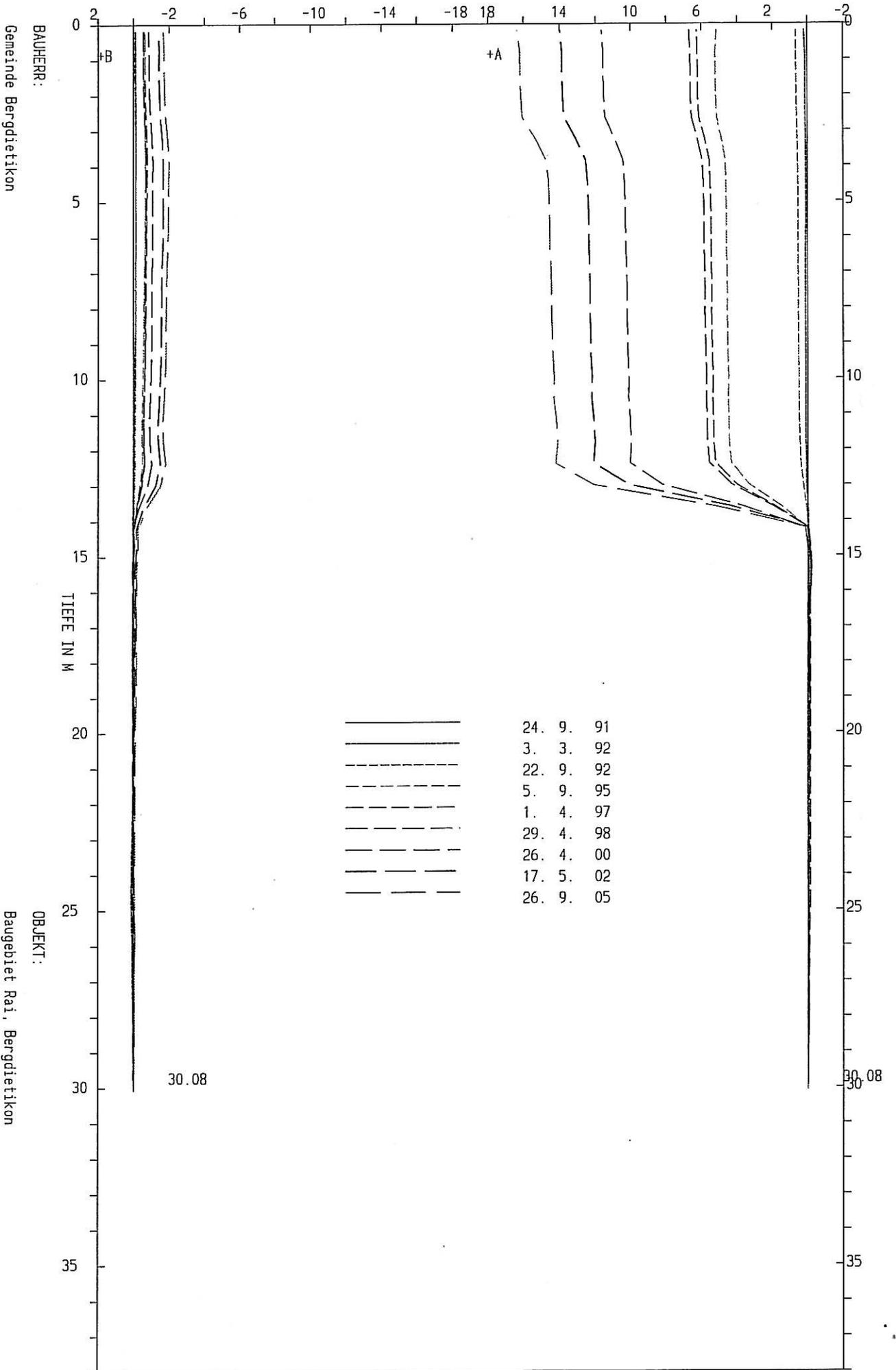


Geräte-Typ: Sinco

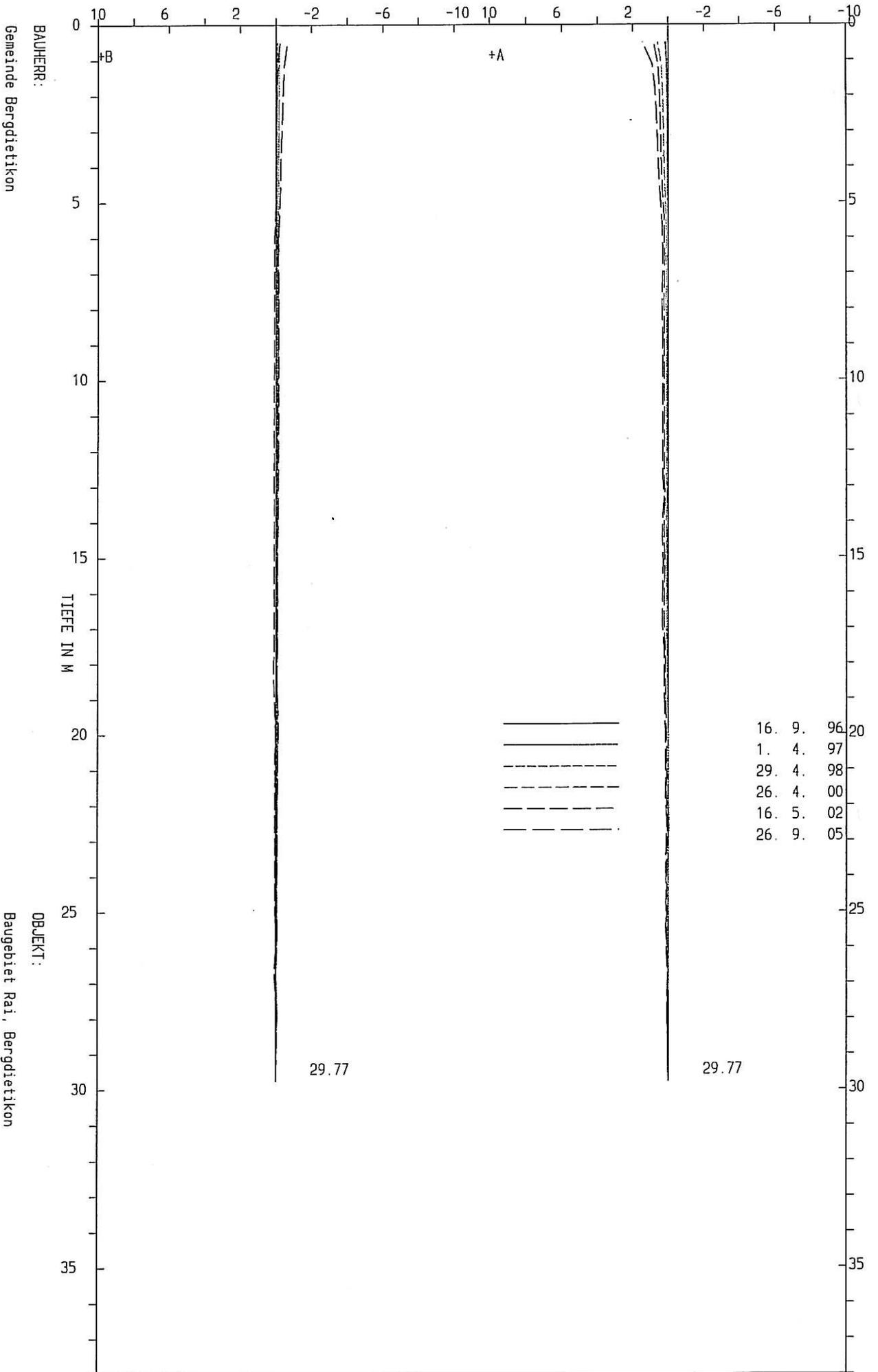
Gerätenr.: DMW/357

Geologisches Büro Dr. H. Jaekli AG, Zuerich  
5. MESSSTELLE 91-5  
IB 87 26. 9. 2005

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

TIEFE IN M

OBJEKT:

Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

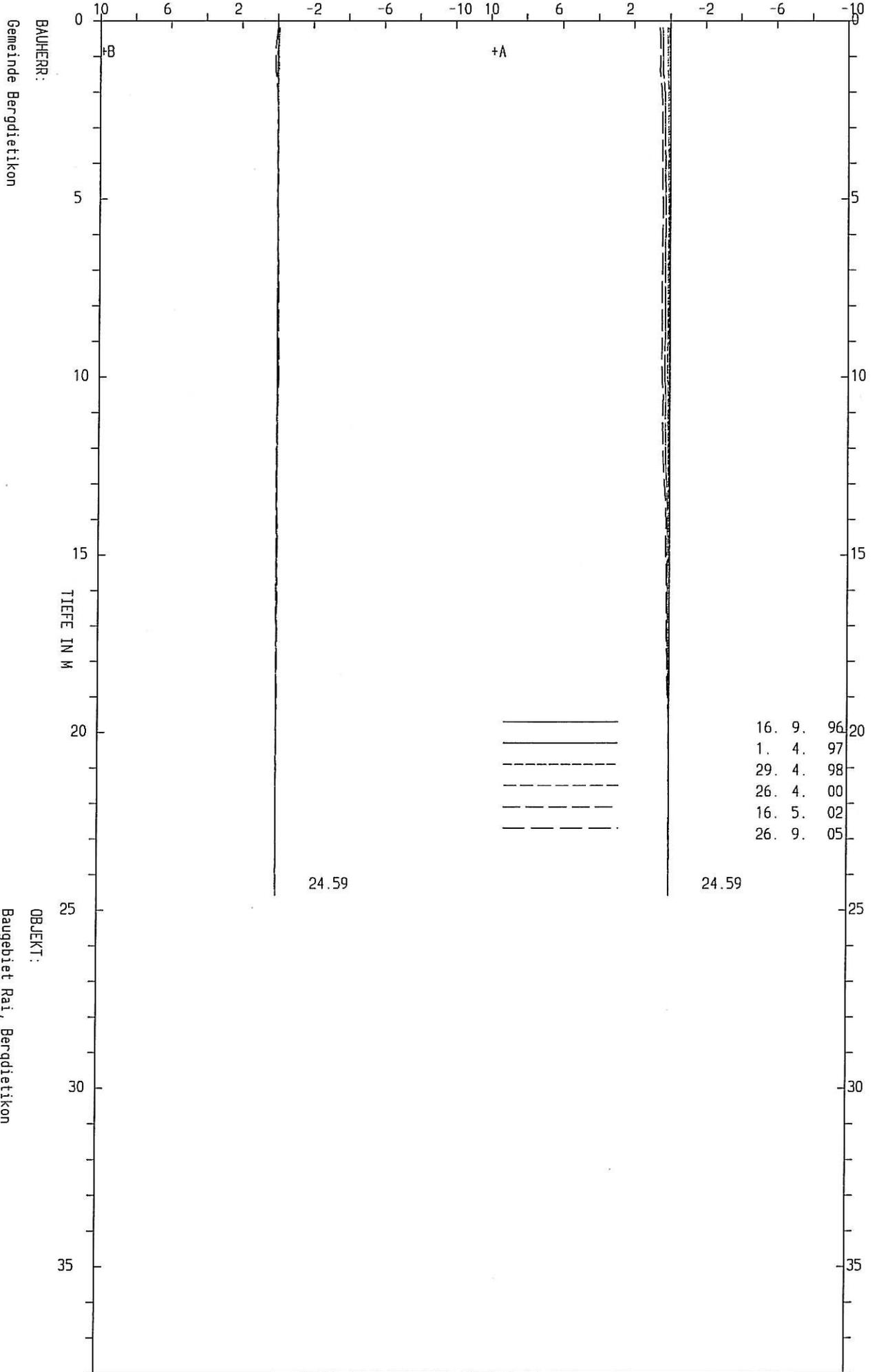
Azimut N - +A = 110 Grad

Geologisches Bureau Dr. H. Jaekli AG, Zuerich  
8. MESSSTELLE 96-1 IB 87 26. 9. 2005

29.77

29.77

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

TIEFE IN M

Azimut N - +A = 90 Grad

OBJEKT:

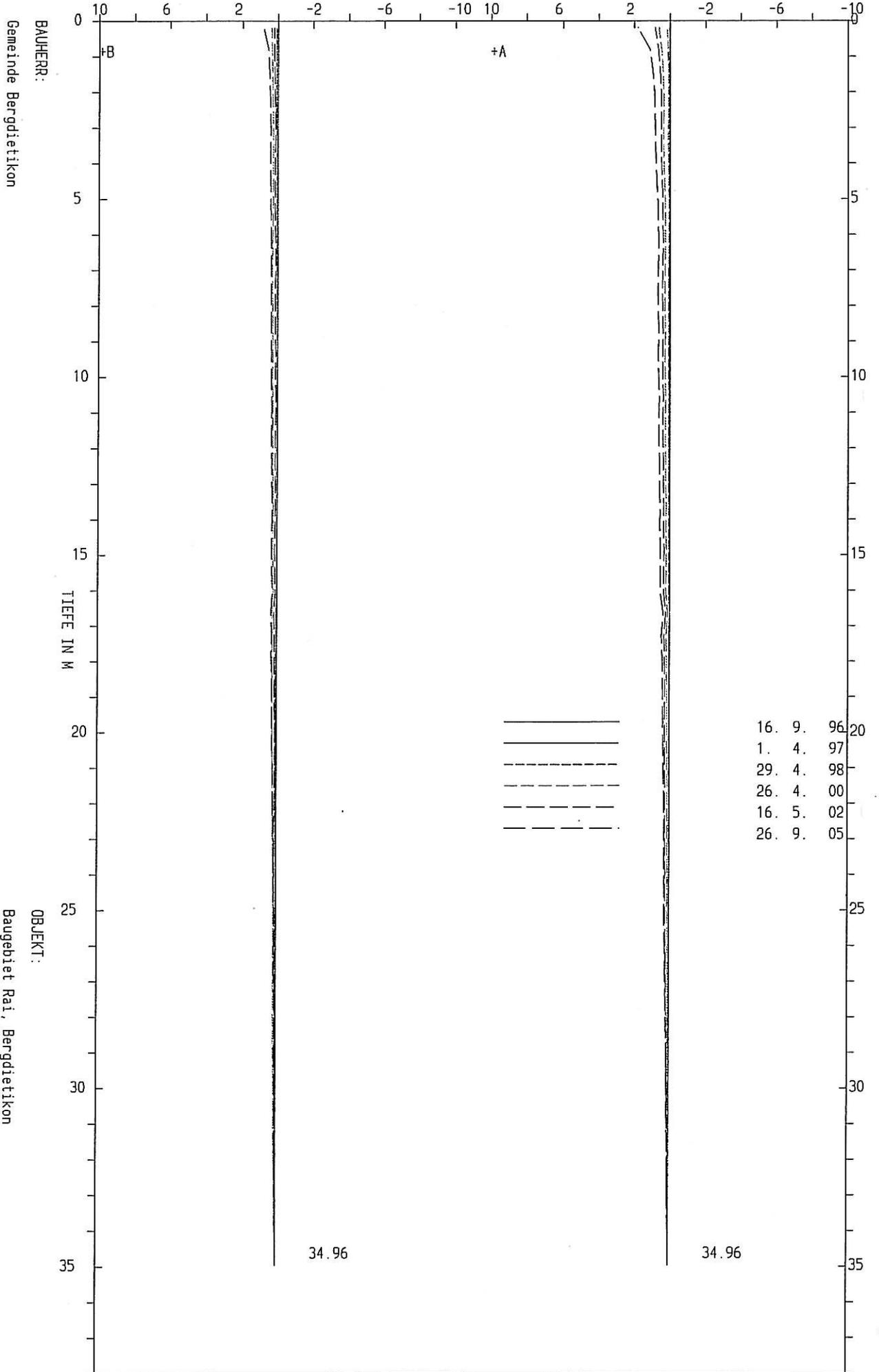
Baugebiet Rai, Bergdietikon

VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:

Geologisches Buero Dr. H. Jaekli AG, Zuerich

9. MESSSTELLE 96-2 IB 87 26. 9. 2005

AUSWERTUNG DER GEMESSENEN VERSCHIEBUNGEN IN CM



BAUHERR:  
Gemeinde Bergdietikon

Azimuth N - +A = 90 Grad

OBJEKT:  
Baugebiet Rai, Bergdietikon  
VERSCHIEBUNGSMESSUNGEN:  
Geologisches Bureau Dr. H. Jaekli AG, Zuerich  
10. MESSSTELLE 96-3 IB 87 26. 9. 2005

34.96

34.96

Implenia Development AG  
Herr Roland Ebnetter  
Industriestrasse 24  
8305 Dietlikon

Sachbearbeiter: Ernst Walter  
dipl. Bauingenieur ETH/SIA  
Telefon: +41 44 344 55 77  
E-Mail: e.walter@jaeckli.ch

Zürich, 3. Oktober 2011

110560 Rai Bergdietikon.doc (PDF-Ausdruck) W/Km/La

## **Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG** **Hangentwässerungskonzept**

Guten Tag Herr Ebnetter

Anlässlich des Telefongesprächs vom 29.9.2011 zwischen Ihnen und unserem Herrn E. Walter haben Sie uns gebeten, zum Hangentwässerungskonzept im Baugebiet Rai in Bergdietikon aus heutiger Sicht nochmals schriftlich Stellung zu nehmen.

### **1 Ältere Baugrunduntersuchungen**

Im Hinblick auf eine Erschliessung und Überbauung des Gebietes Rai in Bergdietikon haben wir in den Jahren 1990 und 1991 im Projektgebiet geologische Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Zur langfristigen Überwachung des Hanggebietes wurden damals 7 Piezometerrohre für die Messung des Hangwasserspiegels (in Rammsondierungen) und 7 Slope-Indicator-Rohre (in Kernbohrungen) für die Messung der Hangbewegungen versetzt.

Mit den Ergebnissen der Bewegungsmessungen konnten im Gebiet Rai ein *nördliches* Rutschgebiet mit mittleren Bewegungsgeschwindigkeiten und ein *südliches* Rutschgebiet mit grossen Bewegungsgeschwindigkeiten ausgeschieden werden. Dazwischen liegt ein stabileres, *mittleres* Gebiet mit kleinen Kriechbewegungen.

Zur Erfassung der hangseitigen Begrenzungen der beiden Rutschgebiete schlugen wir dem Gemeinderat Bergdietikon mit Schreiben vom 1.2.1996 vor, im oberen Hangbereich drei ergänzende Kernbohrungen auszuführen und ebenfalls mit Slope-Indicator-Messrohren auszubauen. Diese Bohrungen wurden 1996 abgeteuft und ebenfalls mit Slope-Indicator-Rohren ausgerüstet.

Die Resultate der Baugrunduntersuchungen sowie die Interpretation der Hangbewegungsmessungen für die Periode 1991 bis 1997 wurden in unserem Bericht vom 12.5.1997 (mit 6 Beilagen) zusammengestellt, welcher nachfolgend als bekannt vorausgesetzt wird.

## 2 Bisherige Messresultate

Die Messstellen Nr. 91-1 bis 91-7 wurden im Jahr 1991 erstellt und erstmals gemessen. Wie bereits erwähnt, wurden im Jahre 1996 *oberhalb* des Hanggebietes Rai drei ergänzende Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3 errichtet und in das laufende Messprogramm aufgenommen. Die Lage der Messstellen resp. Sondierungen ist aus der Situation 1:2000 der *Beilage 1* ersichtlich.

Am 26.9.2005 wurden die Slope-Indicator-Rohre *letztmals* gemessen. Gegenüber der Nullmessung ergab sich für die erstgenannten Messstellen ein Beobachtungszeitraum von 14 Jahren, während für die später errichteten Messstellen oberhalb des Rutschgebietes eine Beobachtungszeit von 9 Jahren resultierte.

Anlässlich der im September 2005 durchgeführten Messkampagne konnte das Messrohr Nr. 91-7 nicht mehr gefunden werden. Dieses Messrohr konnte bereits bei der vorletzten Messung im Jahr 2000 wegen der dort auftretenden, starken Hangbewegungen mit der Inclinometersonde nur noch knapp befahren werden.

Die Resultate der Hangbewegungsmessungen sind in unserem Bericht vom 22.11.2005 zu Händen der Gemeinde Bergdietikon zusammengestellt, welcher nachfolgend als bekannt vorausgesetzt wird. Zum besseren Verständnis werden die Beilagen 1 und 2 des erwähnten Berichtes den aktuellen Ausführungen nochmals beigelegt.

### 2.1 Nördliches Rutschgebiet

Im nördlichen Rutschgebiet mit den beiden Messstellen Nr. 91-1 und 91-2 waren zwischen 1991 und 2005 signifikante Verschiebungen entlang der rund 6–9 m unter Terrain liegenden Gleitzone zu beobachten. Nach einer leichten Beschleunigung der Rutschbewegungen zwischen 1998 und 2000 hatten sich die Bewegungen wieder etwas verlangsamt (*Beilage 2*). Die Bewegungsgeschwindigkeiten waren im oberen und unteren Hangteil praktisch gleich gross.

Zwischen 1991 und 2005 hatte sich der Hang um etwa 10 cm talwärts verschoben, entsprechend einer annähernd gleich bleibenden Geschwindigkeit von rund 7 mm pro Jahr.

### 2.2 Mittlerer Hangteil

Im mittleren Hangteil mit den Messstellen Nr. 91-3 und 91-4 waren zwischen 1991 und 2005 vergleichsweise geringe Rutschbewegungen festzustellen. Im Hangfussbereich (Messstelle Nr. 91-3) hatte sich der Untergrund zwischen 1991 und 2005 um gut 2 cm talwärts bewegt, während im oberen Hangbereich (Messstelle Nr. 91-4) nur sehr geringe Verschiebungen von rund einem halben cm gemessen worden waren.

### 2.3 Südliches Rutschgebiet

Im südlichen Rutschgebiet, mit den um eine Messstelle (Nr. 91-7) reduzierten zwei Messstellen Nr. 91-5 und 91-6 (*Beilage 2*), wurden in der Messperiode 1991 bis 2005 die stärksten Rutschbewegungen gemessen. Der Gleithorizont liegt hier tiefer und reicht bis 14 m unter die Geländeoberfläche.

Bei der Messstelle Nr. 91-6 im mittleren Hangteil liegt der Gleithorizont in rund 13–14 m Tiefe. Der Hang hatte sich an dieser Stelle zwischen 1991 und 2005 bereits um etwas mehr als 16 cm talwärts bewegt. Dies entspricht einer Bewegungsgeschwindigkeit von 12 mm pro Jahr.

Auch im Hangfussbereich wurden recht starke Rutschbewegungen gemessen. In der Messstelle Nr. 91-5 erreichten die Bewegungen zwischen 1991 und 2005 rund 12 cm.

Nach einer Beschleunigung der Bewegungen im niederschlagsreichen Jahr 1999 zeigte sich auch im südlichen Rutschgebiet seit der Folgemessung im Frühjahr 2000 eine deutliche Verlangsamung der Bewegungen, welche zwischen 2000 und 2005 ziemlich gleichmässig verlaufen sind.

#### **2.4 Bereich oberhalb des Rutschgebietes**

Die im Jahr 1996 errichteten Messstellen Nr. 96-1 bis 96-3 oberhalb der eigentlichen Rutschgebiete zeigten bis ins Jahr 2005 vergleichsweise nur sehr geringe Hangverschiebungen von maximal rund 2 cm (*Beilage 2*).

Die Bewegungsgeschwindigkeiten lagen in der Grössenordnung von 0.5–1.6 mm pro Jahr. Die Bewegungen sind somit wesentlich kleiner als im weiter unten liegenden nördlichen Rutschgebiet und sind als «Kriechbewegungen» zu bezeichnen. Die Bewegung erfolgten hier auch nicht entlang einem scharf ausgebildeten Gleithorizont, sondern annähernd gleichmässig verteilt über die ganze Tiefe der Messrohre. Diese Messstellen liegen somit ausserhalb des aktiven Rutschgebietes.

### **3 Beurteilung des Hangentwässerungskonzeptes aus heutiger Sicht**

In unserem Bericht vom 12.5.1997 haben wir verschiedene Möglichkeiten zur Stabilisierung des zur Diskussion stehenden mittleren und nördlichen Hangbereichs diskutiert. Der südliche Hangbereich steht wegen den dort andauernden grossen Bewegungen und vor allem auch wegen des tief liegenden Gleithorizontes für eine Überbauung nicht zur Diskussion.

Obwohl seit dem Jahr 2005 keine weiteren Bewegungsmessungen durchgeführt wurden, muss angenommen werden, dass sich der zur Diskussion stehende und in naher Zukunft zu überbauende mittlere und nördliche Hangbereich des Gebietes Rai in zur Messperiode 1991 bis 2005 analogem Masse weiter bewegt hat. Wir haben deshalb keine Veranlassung, von unseren Empfehlungen im Bericht vom 12.5.1997 abzurücken. Als beste Lösung, welche am ehesten Gewähr zu einer deutlichen Verlangsamung der Hangbewegungen führt, schlagen wir nach wie vor eine Entwässerung des Hanges mit tiefen, bis unter den Gleithorizont reichenden, in der Fallrichtung des Hanges angeordneten Drainagegräben vor. Diese tiefen Drainagegräben sollten mit einem dichten Netz von untiefen Entwässerungsgräben ergänzt werden, welche die Aufgabe haben, das anfallende Meteorwasser zu fassen und abzuleiten. Ein diesbezügliches Projekt wurde 2002 durch das Ingenieurbüro Wismer und Partner AG, Rotkreuz ausgearbeitet, welches Ihnen zur Verfügung gestellt wurde (Plan-Nr. 02055-01 vom 23.9.2002). Die skizzierte Lösung hat den Vorteil, dass neben der entwässernden und verdübelnden Wirkung der tief reichenden Drainagegräben auch noch eine Baugrundverbesserung erzielt werden kann, indem über diese Gräben die Bauwerkslasten in tiefere, besser tragfähige Schichten abgeleitet werden können.

Wir haben Ihnen gegenüber immer betont, dass die skizzierte Entwässerungslösung nicht Gewähr bietet, dass die Bewegungen vollständig gestoppt werden können. Gewisse Bewegungen sind vermutlich auch nach der Hangentwässerung noch über lange Zeiträume zu erwarten. Zudem haben wir darauf hingewiesen, dass die Hangsanierung möglichst frühzeitig ( $\geq 1$  Jahr) vor Inangriffnahme der Bauarbeiten realisiert werden sollte, damit der Erfolg dieser Lösung möglichst lange Zeit mit Bewegungsmessungen in Slope-Indicator-Rohren überwacht und ausgewertet werden kann. Das Mess-System müsste auf seine heutige Tauglichkeit überprüft und mit zusätzlichen Kernbohrungen (ausgebaut mit Slope-Indicator-Rohren und Piezometerrohren) ergänzt werden.

\* \* \*

Wir hoffen, Ihnen mit diesen ergänzenden Ausführungen zu dienen und stehen für weitere Fragen und Unterstützungen jederzeit gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse

**Dr. Heinrich Jäckli AG**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'H. Jäckli', written in a cursive style.

**Beilagen:**

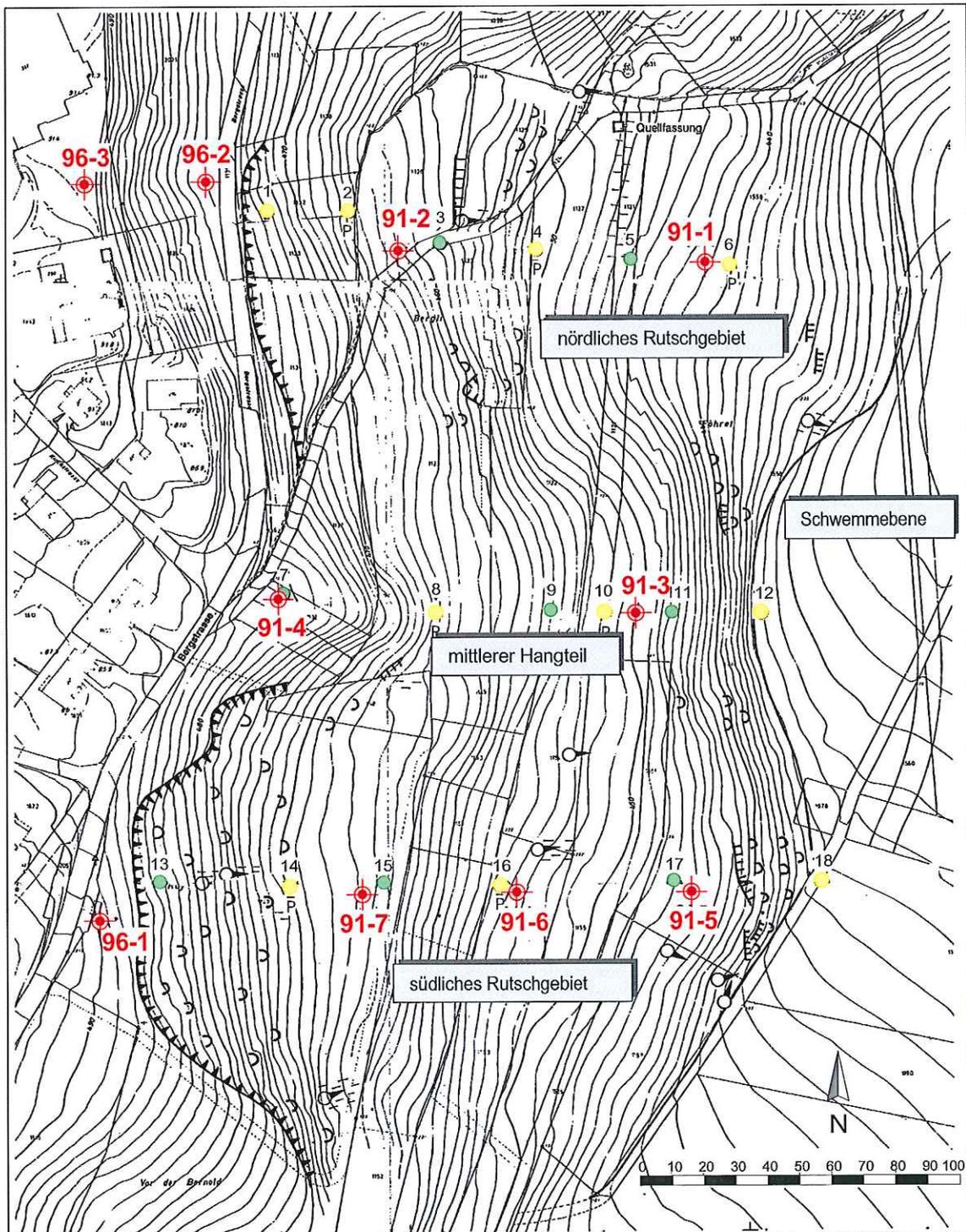
- 1 Situation mit Lage der Sondierstellen
- 2 Diagramm Hangverschiebungen 1991–2005

Baugebiet Rai, Bergdietikon/AG

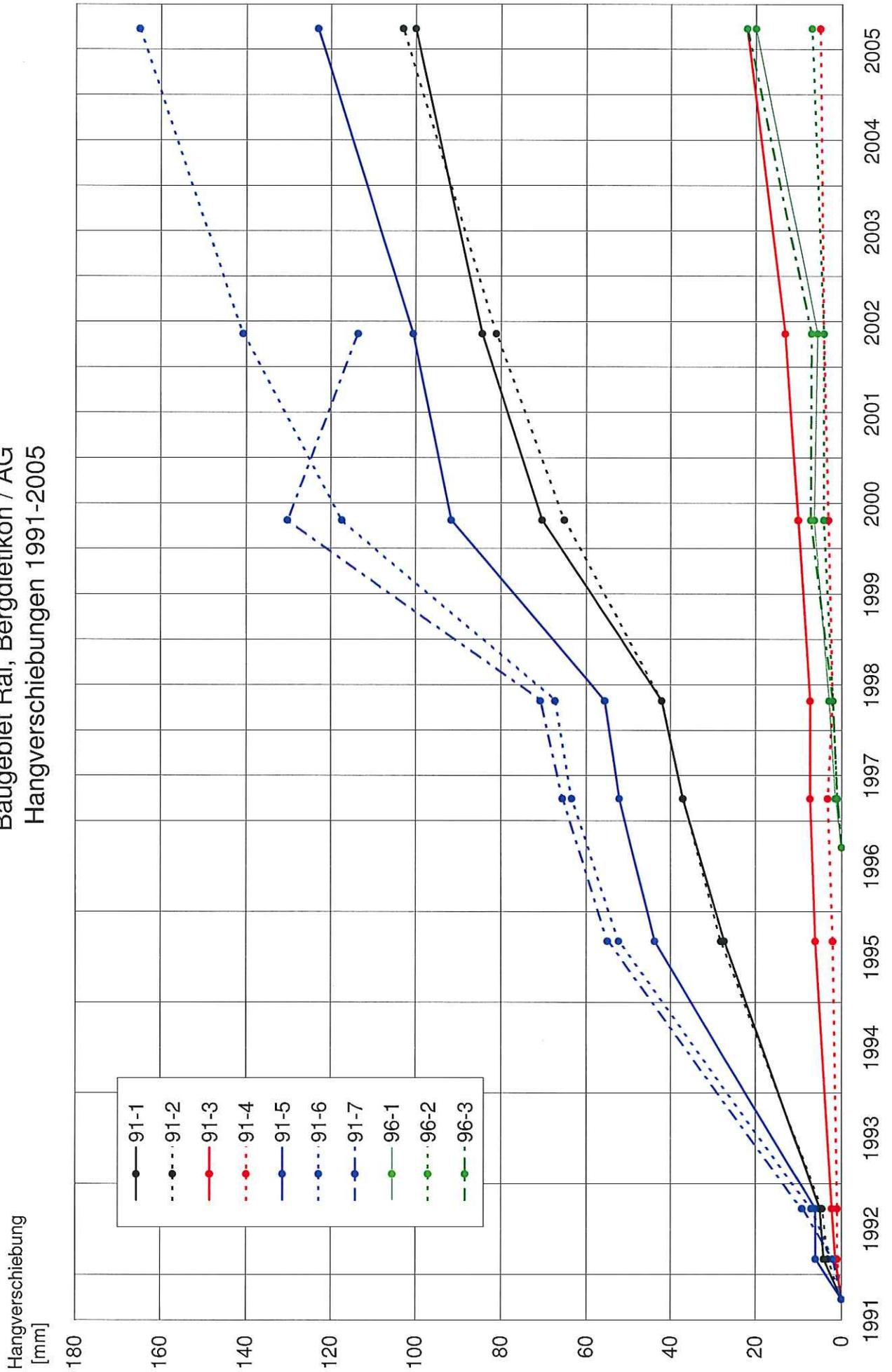
**Situation 1:2000 mit Lage der Sondierstellen**

Legende:

-  Kernbohrung mit Slope-Indicator-Messrohr
-  Rammsondierung
-  Rammsondierung und unverrohrte Bohrung
-  Piezometerrohr



Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG  
Hangverschiebungen 1991-2005



Implenia Development AG  
Herr Roland Ebnetter  
Industriestrasse 24  
8305 Dietlikon

Sachbearbeiter: Ernst Walter  
dipl. Bauingenieur ETH/SIA  
Telefon: +41 44 344 55 77  
E-Mail: e.walter@jaeckli.ch

Zürich, 14. Oktober 2011

110560 Rai Bergdietikon Massnahmen.doc (PDF-Ausdruck) W/Km

**Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG**  
**Massnahmenkatalog Hangentwässerung**

Guten Tag Herr Ebnetter

Mit Email vom 7.10.2011 haben Sie uns gebeten, einen Massnahmenkatalog für bevorstehende Arbeiten, Untersuchungen und Prüfungen auszuarbeiten, welche notwendig sind, um die vorgesehene Hangentwässerung im Gebiet Rai, Bergdietikon vorbereiten, beurteilen und langfristig überwachen zu können.

**1 Hangentwässerungskonzept**

In unserem Bericht vom 3.10.2011 haben wir zum Hangentwässerungskonzept aus heutiger Sicht, unter Berücksichtigung der periodischen Inklinometer-Messungen im Zeitraum 1991 bis 2005, schriftlich Stellung genommen. Dieser Bericht wird im Folgenden als bekannt vorausgesetzt. Der Vollständigkeit halber möchten wir an dieser Stelle trotzdem die im Vordergrund stehende Lösung nochmals kurz skizzieren.

Als beste Lösung, welche am ehesten Gewähr zu einer deutlichen Verlangsamung der Hangbewegungen führt, schlagen wir nach wie vor eine Entwässerung des Hanges mit tiefen, bis *unter* den Gleithorizont reichenden, in der Fallrichtung des Hanges angeordneten Drainagegräben vor. Diese tiefen Drainagegräben sollten mit einem dichten Netz von untiefen Entwässerungsgräben ergänzt werden, welche die Aufgabe haben, das anfallende Meteorwasser zu fassen und abzuleiten. Ein diesbezügliches Projekt wurde 2002 durch das Ingenieurbüro Wismer und Partner AG, Rotkreuz ausgearbeitet, welches Ihnen zur Verfügung gestellt wurde (Plan-Nr. 02055-01 vom 23.9.2002). Die skizzierte Lösung hat den Vorteil, dass neben der entwässernden und verdübelnden Wirkung der tief reichenden Drainagegräben auch noch eine Baugrundverbesserung erzielt werden kann, indem über diese Gräben die Bauwerkslasten in tiefere, besser tragfähige Schichten abgeleitet werden können.

## 2 Massnahmenkatalog

### 2.1 Digitales Geländemodell

Die von uns verwendeten Höhenlinienpläne stammen aus Aufnahmen vor 1991 und sind vermutlich heute nicht mehr aktuell. Damit in Zukunft auf einfache und rasche Art und Weise beliebige Profile durch das Gelände gelegt werden können, wäre es wünschenswert, ein auf aktuellen geodätischen Daten basierendes digitales Geländemodell über den gesamten Projektperimeter zu erstellen. Dieses Geländemodell könnte bereits bei der Projektierung der Entwässerungsgräben und der Erschliessung des Gebietes gezielt eingesetzt werden.

### 2.2 Überprüfung der heute noch vorhandenen Messstellen

Der zu überbauende Hangbereich soll *möglichst frühzeitig vor* Baubeginn ( $\geq 1$  Jahr) mit den in *Kapitel 1* aufgezeigten Drainagegräben entwässert werden. Um den Erfolg der Entwässerungsmassnahmen beobachten und den Erfolg beurteilen zu können, sind periodische Verschiebungsmessungen im entsprechenden Hangbereich unumgänglich.

1991 wurden im Bereich des zu überbauenden *mittleren* und *nördlichen* Projektabschnittes die Kernbohrungen Nr. 91-1 bis 91-4 (*vgl. Beilage*) abgeteuft und mit Slope-Indicator- resp. Inklinometer-Rohren bestückt. Diese Rohre wurden ab 1991 periodisch kontrolliert.

Zur Erfassung der hangseitigen Begrenzungen der beiden Rutschgebiete wurden 1996 im oberen Hangbereich die beiden ergänzenden Kernbohrungen Nr. 96-2 und 96-3 (*vgl. Beilage*) ausgeführt und ebenfalls mit Inklinometer-Rohren ausgebaut. Diese Bohrungen wurden seit 1996 ebenfalls periodisch gemessen.

Am 26.9.2005 wurden alle Slope-Indicator-Rohre *letztmals* gemessen. Seither wurden die Rohre nicht mehr gemessen und bezüglich ihres Zustandes auch nicht mehr kontrolliert. Insbesondere ist nicht bekannt, ob diese Rohre im durch das Vieh stark beweideten Hangbereich überhaupt noch vorhanden resp. auffindbar sind. Wir empfehlen deshalb, diese Rohre zu suchen, freizulegen und auf ihre Gängigkeit mit der Inklinometer-Sonde zu überprüfen.

Falls einzelne Rohre noch vorhanden, aber wegen der grossen eingetretenen Verformungen für die Sonde nicht mehr gängig sind, besteht heute eine ganz neue Methode der Deformationsmessungen mit der sog. TDR (Time Domain Reflectometry), mit welcher die stark deformierten Rohre trotzdem noch weiter kontrolliert werden können. Dabei wird in die bestehenden Messrohre ein Koaxialkabel eingeführt, welches sehr enge Krümmungsradien der Messrohre bewältigen kann. Diese Methode erlaubt den Einsatz von Datenloggern, mit welcher die Daten mit beliebiger zeitlicher Auflösung fern übertragen werden können.

Rohre, welche nicht mehr auffindbar sind, müssten ersetzt werden. Dies bedeutet, dass neue Kernbohrungen abgeteuft und mit Messeinrichtungen (Inklinometer-Rohre oder TDR-Koaxialkabel) bestückt werden müssten.

### 2.3 Festlegen des Kontroll- und Überwachungsplanes

Umgehend sollte ein Kontroll- und Überwachungsplan ausgearbeitet werden. Ohne den Kontrollplan bereits detailliert zu skizzieren, müssen neben der Beobachtung der Inklinometer auch Hangwasserspiegelmessungen in Piezometerrohren und geodätische Messungen von im Gelände versetzten Messpunkten durchgeführt werden.

## 2.4 Zusätzliche Sondierungen, Versetzen von Piezometerrohren und Messpunkten

Sind die vorhandenen Messrohre einmal überprüft und der definitive Kontroll- und Überwachungsplan festgelegt, können der Umfang und die Kosten der zusätzlich notwendigen Bohrungen und Messeinrichtungen, Piezometerrohre und Messpunkte sowie die Aufwendungen für die periodischen Kontrollmessungen zusammengestellt werden. Dabei ist sehr zu empfehlen, die zusätzlich notwendigen Kernbohrungen geologisch zu begleiten, aufzunehmen und in weiteren resp. ergänzten geologischen Profilen darzustellen.

\* \* \*

Wir hoffen, Ihnen mit diesen ergänzenden Ausführungen zu dienen und stehen für weitere Fragen und Unterstützungen jederzeit gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse

**Dr. Heinrich Jäckli AG**



### **Beilagen:**

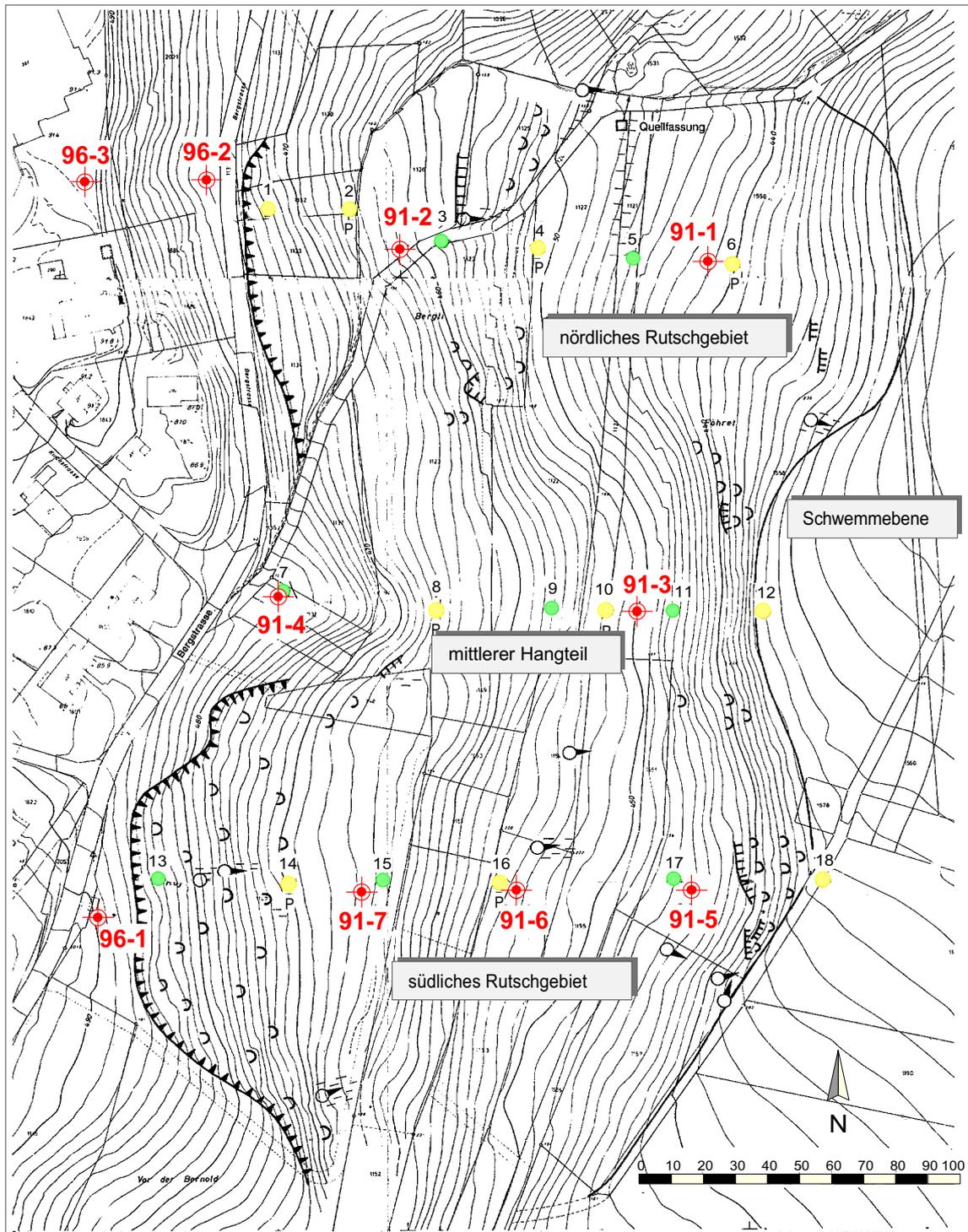
1 Situation mit Lage der Sondierstellen

Baugebiet Rai, Bergdietikon/AG

## Situation 1:2000 mit Lage der Sondierstellen

Legende:

-  Kernbohrung mit Slope-Indicator-Messrohr
-  Rammsondierung
-  Rammsondierung und unverrohrte Bohrung
-  Piezometerrohr



Implenia Development AG  
Herr Roland Ebnetter  
Industriestrasse 24  
8305 Dietlikon

Sachbearbeiter: Pascal Spaar  
dipl. Natw. ETH, Geologe  
Telefon: +41 44 344 55 90  
E-Mail: spaar@jaeckli.ch

Zürich, 17. Juli 2012

110560 Brief KB2011.doc (PDF-Ausdruck) PS/W

## **Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG** **Kernbohrungen und Inklinometermessungen**

Sehr geehrter Herr Ebnetter

Im Baugebiet Rai in Bergdietikon wurden ab Ende 2011 bis Anfangs 2012 zur ergänzenden Überwachung der Kriechbewegungen 6 neue Kernbohrungen abgeteuft und mit Inklinometerrohren ausgerüstet. Die Kernbohrungen haben wir geologisch aufgenommen. Die Nullmessung der 6 neuen Inklinometerrohre erfolgte im März 2012. Dabei wurde auch eine Folgemessung in den 6 älteren, bestehenden Inklinometerrohren durchgeführt. Nachfolgend erläutern wir kurz die Ergebnisse der Kernbohrungen sowie der Folgemessungen und zeigen das weitere Vorgehen auf.

Grundlage für den Auftrag bildet unsere Kostenschätzung vom 11.11.2011. Die Auftragserteilung erfolgte nach mündlicher Absprache.

### **Kernbohrungen**

Das Baugebiet Rai umfasst den mittleren und nördlichen Hangteil im Gebiet Rai. Um die Kriechbewegungen im Baugebiet Rai im Detail beobachten und um die Auswirkungen der geplanten Hangentwässerungsmassnahmen überwachen zu können, haben wir vorgeschlagen, zwischen den beiden bestehenden Hangprofilen zwei weitere Profile mit je drei Kernbohrungen, ausgerüstet mit Inklinometerrohren, zu erstellen. Im Zeitraum vom 5.12.2011 bis 29.2.2012 hat die Bohrfirma Implenia Bau AG die sechs Kernbohrungen Nr. 11-1 bis 11-6 bis in Tiefen von 20.3–25.6 m u.T. abgeteuft und mit Inklinometerrohren ausgebaut. Die Bohrkerns haben wir geologisch aufgenommen. Die Lage der Bohrungen ist aus dem Situationsplan 1:2000 der *Beilage 1* ersichtlich. Die Einzelprotokolle der Bohrungen sind in *Beilage 3* enthalten.

Die 6 neuen Kernbohrprofile zeigen ähnliche Untergrundverhältnisse wie die in den Jahren 1991 und 1996 abgeteuften Bohrungen. Gemäss den Bohraufschlüssen sind Abschnitte mit Gehängelehm, Moränenpartien und Molassepakete in sehr unterschiedlichen Mächtigkeiten und in räumlich stark variierender Abfolge übereinander geschoben abgelagert. Einzig in den Kernbohrungen Nr. 11-1 und 11-4 sowie in der älteren Kernbohrung Nr. 91-5 wurden unter der Rutschmasse ab 8.7–13.1 m Tiefe, entsprechend

Kote 421.6–433.3 m ü.M., die mutmasslich ungestörten Lockergesteine der ursprünglichen Talfüllung aus Oberflächenschichten, Verlandungssedimenten und Schotter erbohrt. In der Kernbohrung Nr. 11-1 wurde unter dem Schotter in 18.2 m Tiefe, entsprechend Kote 416.5 m ü.M., zudem die mutmasslich anstehende, verwitterte Molasse erreicht.

### **Inklinometermessungen**

Die Messstellen Nr. 91-1 bis 91-4, 96-2 und 96-3 wurden am 8.3.2012 erneut gemessen. In den von der Firma Stump Foratec AG am 9.3.2012 abgegebenen Messprotokollen war bei den Messstellen Nr. 91-1 und 91-2 eine markante Beschleunigung der Kriechbewegungen gegenüber dem langjährigen Durchschnitt um einen Faktor 5–6 festzustellen. Da diese Beschleunigung nicht erklärbar war, haben wir die Stump Foratec AG um eine Überprüfung der Messwerte gebeten. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Inklinometerrohre Nr. 91-1 und 91-2 mit einer anderen Sonde gemessen und die Messresultate aber mit falschen Eichwerten ausgewertet wurden. Am 11.7.2012 hat uns die Stump Foratec AG die korrigierten Messprotokolle zugestellt (vgl. Messprotokolle in *Beilage 4*). Nach nochmaliger Rückfrage bestätigte uns die Stump Foratec AG, dass diese Werte nun verlässlich seien.

In den Messprotokollen der Inklinometerrohre Nr. 91-1 und 91-2 ist aber nach wie vor eine verglichen mit der letzten Folgemessung am 24.10.2011 deutliche Akzentuierung der Kriechbewegungen gegenüber den langjährigen mittleren Horizontalverschiebungen zu beobachten. Die langjährigen mittleren Horizontalverschiebungen sowie die aufs Jahr hochgerechneten Verschiebungsraten der Messperiode von Oktober 2011 bis März 2012 sind in der nachfolgenden *Tabelle 1* aufgeführt.

*Tabelle 1: Beobachtete Horizontalverschiebungen*

<b>Messstelle</b>	<b>Verschiebung Messperiode 1991–2011 resp. 1996–2011</b>	<b>Verschiebung Okt. 2011 bis März 2012, hochgerechnet auf 1 Jahr</b>
91-1	7.2 mm/Jahr	25.3 mm/Jahr
91-2	6.6 mm/Jahr	21.5 mm/Jahr
91-3	1.3 mm/Jahr	– *)
91-4	0.3 mm/Jahr	– *)
96-2	0.7 mm/Jahr	– *)
96-3	1.9 mm/Jahr	– *)

\*) nicht auswertbar, Verschiebungen liegen im Bereich der Messungenauigkeit

Dabei zeigt sich, dass in der jüngsten, recht kurzen Messperiode von bloss 4.5 Monaten bei den Messstellen Nr. 91-1 und 91-2 eine deutliche Akzentuierung der Kriechbewegungen beobachtet werden kann, welche die mittlere Kriechrate um das 3–4-fache übersteigt. Die Ursache für diese Akzentuierung ist noch nicht vollständig geklärt. Im Laufe der langjährigen Beobachtung hat sich gezeigt, dass eine Beschleunigung der Kriechbewegungen insbesondere mit lang anhaltenden, intensiven Niederschlägen einhergehen dürfte. In der jüngsten Messperiode fiel im Dezember 2011 eine ungewöhnlich hohe Regenmenge von 180 mm, wie dies seit dem Jahr 1991 nie beobachtet werden konnte. Auch im Januar 2012 wurde noch eine Regenmenge deutlich über dem langjährigen Durchschnitt registriert. Die monatlichen Regenmengen im Zeitraum von Januar 1991 bis Mai 2012 sind in *Beilage 2* dargestellt.

Da während der intensiven Niederschläge im Dezember 2011 und Januar 2012 aufgrund der Jahreszeit die Pflanzenaktivität nur gering war, dürfte das Niederschlagswasser praktisch vollständig in den Untergrund infiltriert sein. Dies dürfte zu einem raschen Anstieg des Hangwasserspiegels geführt haben. Anlässlich einer Feldbegehung am 16.12.2011 des Gebietes Rai waren denn auch an einigen Stellen im aktiven Rutschgebiet Vernässungen des Wiesenhangs und eigentliche Quellwasseraustritte zu beo-

bachten, was zeigt, dass der Hangwasserspiegel bis an die Terrainoberfläche angestiegen war. Da die Niederschläge bis in den Januar hinein anhielten, dürfte der Hangwasserspiegel während längerer Zeit auf ungewöhnlich hohem Niveau gelegen haben. Die beobachtete Beschleunigung der Kriechbewegungen ist wahrscheinlich auf den während längerer Zeit hoch liegenden Hangwasserspiegel zurückzuführen.

In den anderen Messstellen sind in der kurzen Messperiode keine eindeutig auswertbaren Veränderungen zu beobachten.

### **Weiteres Vorgehen**

In den neu versetzten Inklinometerrohren sollte nach einem halben Jahr, entsprechend September 2012, eine erste Folgemessung durchgeführt werden. Anhand der dannzumal beobachteten Verschiebungen kann die Tiefenlage der Gleithorizonte bestimmt und das Intervall für weitere Folgemessungen festgelegt werden. Im Hinblick auf die geplanten Hangentwässerungsmassnahmen sollten im Baugebiet Rai, wie von uns im Brief vom 11.11.2011 vorgeschlagen, zusätzliche Piezometerrohre versetzt werden, welche mit Drucksonden und automatischen Datenloggern zu bestücken sind. Damit kann der Hangwasserspiegel in hoher zeitlicher Auflösung beobachtet werden. Weiter sind im Gelände Messbohlen anzu-bringen, welche geodätisch überwacht werden. Sämtliche Überwachungsmassnahmen sind in einem Kontroll- und Überwachungsplan festzulegen. Wir empfehlen, diesen umgehend auszuarbeiten. Mit Hilfe der Überwachungsmassnahmen können die Auswirkungen der Hangentwässerung auf die Kriechbewegungen beobachtet und beurteilt werden.

\* \* \*

Wir hoffen, Ihnen mit unseren Angaben und den Unterlagen zu dienen. Bei Fragen stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse

**Dr. Heinrich Jäckli AG**

### **Beilagen:**

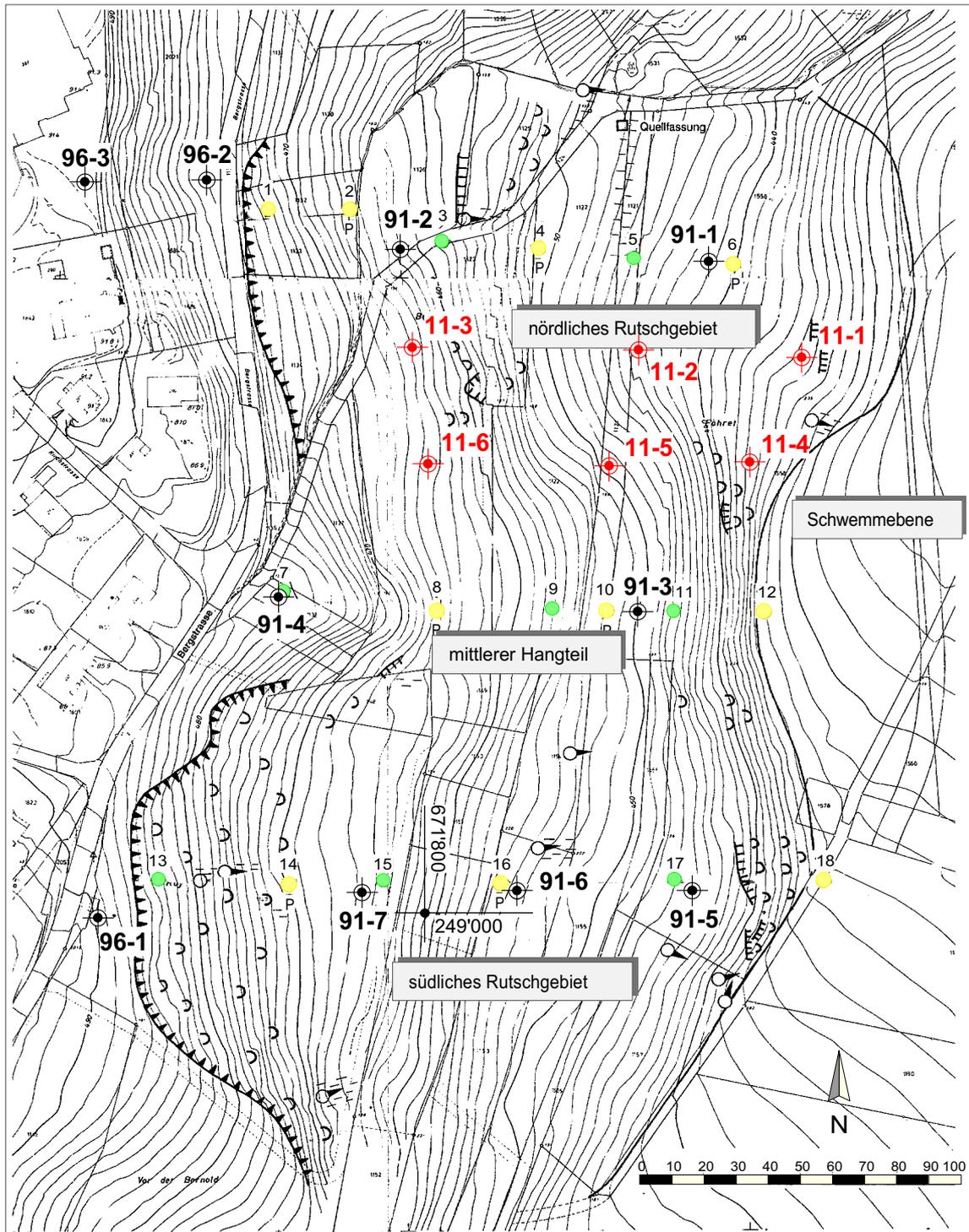
- 1) Situation 1:2000 mit Lage der Sondierstellen
- 2) Niederschlag SMA-Messstation Dietikon, Monatliche Regenmengen Januar 1991 bis Mai 2012
- 2) Einzelprotokolle der Kernbohrungen Nr. 11-1 bis 11-6, 1:100
- 3) Protokolle der Inklinometermessungen in den Messstellen Nr. 91-1 bis 91-4, 96-2 und 96-3

Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG

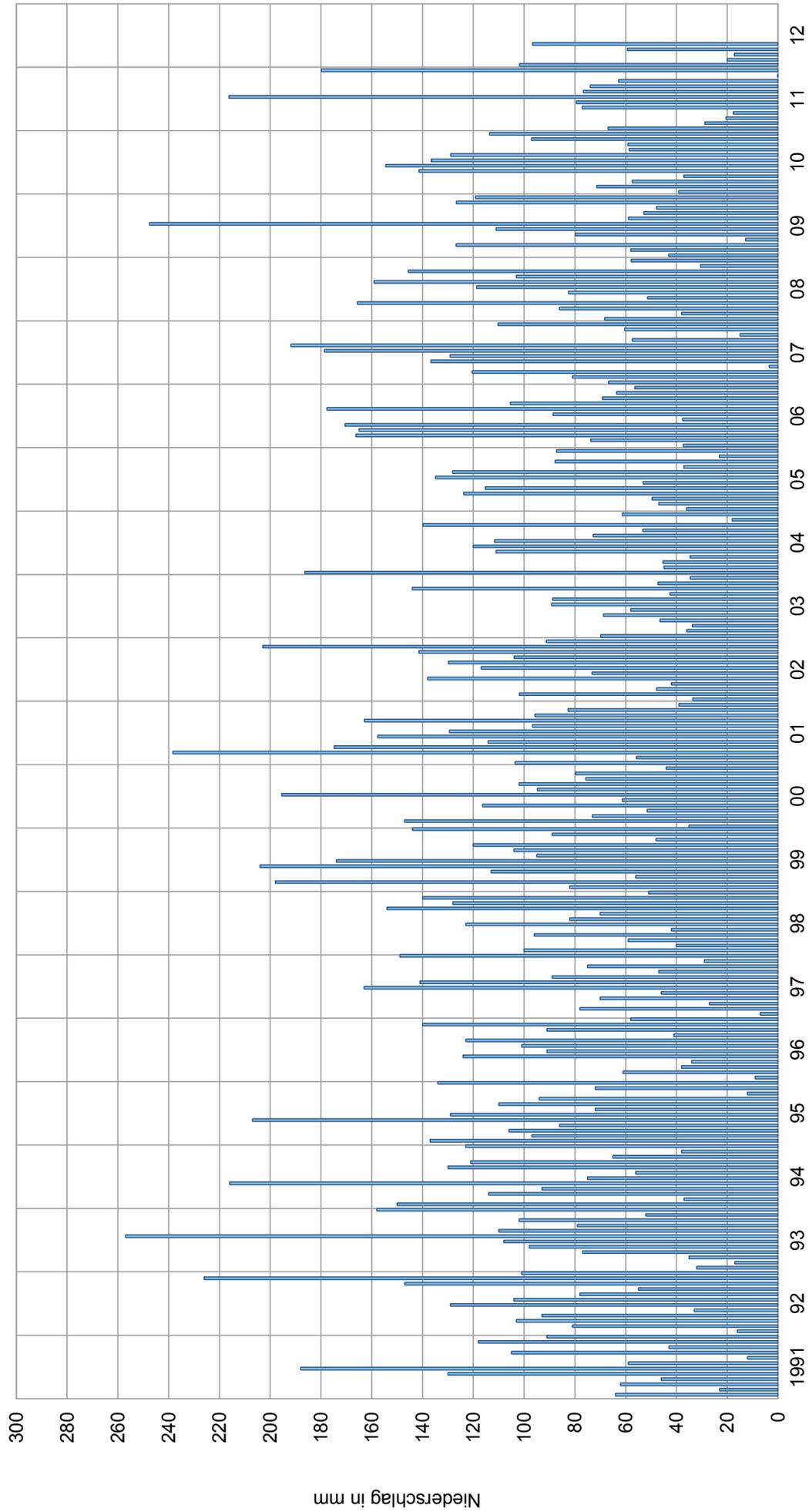
## Situation 1:2000 mit Lage der Sondierstellen

Legende:

-  neue Kernbohrung 2011 mit Slope-Indicator-Messrohr  
Lage der neuen Piezometerrohre noch nicht bestimmt
-  ältere Kernbohrung mit Slope-Indicator-Messrohr
-  ältere Rammsondierung
-  ältere Rammsondierung und unverrohrte Bohrung
-  älteres Piezometerrohr



Niederschlag SMA-Messtation Dietikon  
Monatliche Regenmengen Januar 1991 bis Mai 2012



Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG

*Kernbohrungen und Inklinometermessungen*

***Einzelprotokolle der Kernbohrungen Nr. 11-1 bis 11-6, 1:100***

**Baugebiet Rei  
Bergdietikon / AG**

**Bohrung 11-1**

Masstab 1:100

Bauherrschaft: Implenia Development AG, Dietlikon  
 Bohrfirma: Implenia Bau AG, Zürich  
 Bohrmeister: Herr Sebastian Martius  
 Geologische Aufnahme: Dr. Heinrich Jäckli AG, 8048 Zürich, P. Spaar dipl. Natw. ETH, Geologe  
 Ausführungsdatum: 23.01. - 25.01.2012  
 Koordinaten: 671'917 / 249'174  
 OK Terrain (OKT): 434.73 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): -



Dr. Heinrich Jäckli AG www.jaeckli.ch

Datei: 110560 KB.dsf / KS

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Einfachkernrohr, Bohr-ø 180 mm	Oberflächenschichten	434.0	0.3 0.7	dunkelbrauner Oberboden ("Humus"), mässig durchwurzelt hellbrauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, breiig bis steif, wenig Sand, vereinzelt Kies und Molassebruchstücke	
Einfachkernrohr, Bohr-ø 140 mm	Gehängelehm	434.0	3.9	beiger, ab 3.7 m grauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig Sand, vereinzelt Molassebruchstücke	
			5.3	braungrauer, zu mässig tonig-siltigem Sand verwitterter Molassesandstein	
			8.3	graubeiger, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif bis hart, von 6.0-6.7 m kleine Plastizität, hart, wenig Sand, vereinzelt kleine Molassebruchstücke	
			8.9	dunkelgrauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig Sand, vereinzelt bis wenig Kies	
			9.8	brauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig, abschnittsweise reichlich Sand, wenig Kies	
			12.1	hellbrauner, toniger Silt kleiner Plastizität, steif, viel Sand, reichlich Fein- bis Mittelkies	
			12.1	hellbrauner, stark, gegen unten mässig tonig-siltiger Sand, reichlich Kies	
			13.1	brauner, praktisch siltfreier Sand, wenig Kies	
			13.7	braungrauer, praktisch siltfreier Kies, viel Sand, Steine bis max. ø 10 cm, 5-10 Gew-%	
			Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Schotter	
16.8	rötlich-brauner, mässig siltiger Kies, reichlich Sand, Steine bis max. ø 12 cm, 20-30 Gew-%				
17.3	beigegrauer, mässig siltiger Sand, viel Kies				
17.6	Sandsteinblock				
17.7	grauer, zunächst praktisch siltfreier Kies, viel Sand, ab 18.0 m leicht siltiger Kies, reichlich Sand; Steine bis max. ø 10 cm, 15-20 Gew-%				
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	verwitterte Molasse	416.5	18.2	graubeiger Mergel, bröckelig, mässig verwittert	
			414.4	20.3	

Inklinometerrohr ø 85 mm

**Baugebiet Rei  
Bergdietikon / AG**

**Bohrung 11-2**  
Massstab 1:100

Bauherrschaft: Implenia Development AG, Dietlikon  
 Bohrfirma: Implenia Bau AG, Zürich  
 Bohrmeister: Herr Sebastian Martius  
 Geologische Aufnahme: Dr. Heinrich Jäckli AG, 8048 Zürich, P. Spaar dipl. Natw. ETH, Geologe  
 Ausführungsdatum: 24.02. - 29.02.2012  
 Koordinaten: 671'866 / 249'176  
 OK Terrain (OKT): 443.62 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): -

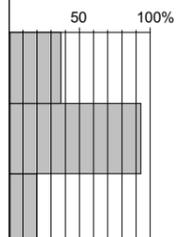


Dr. Heinrich Jäckli AG www.jaeckli.ch

Datei: 110560 KB.dsf / KS

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Einfachkernrohr, Bohr-ø 180 mm	Oberflächenschichten / Gehängelehm	437.2	0.2	dunkelbrauner Oberboden ("Humus"), mässig durchwurzelt	
			2.6	brauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, reichlich Sand, wenig Kies, ab 1.7 m wenig Sand, vereinzelt Kies, abschnittsweise fein geschichtet, vereinzelt org. Reste	
Einfachkernrohr, Bohr-ø 140 mm	abgeschürfte verwitterte Molasse	437.2	4.3	dunkelgrauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, breiig bis steif, wenig, teilweise reichlich Sand, vereinzelt Feinkies, abschnittsweise fein geschichtet, vereinzelt org. Reste	
			5.4	olivegrauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, breiig, wenig Sand, vereinzelt Feinkies, gegen unten reichlich Sand und wenig Kies	
			6.4	beiger, toniger Silt kleiner Plastizität, breiig, viel Sand, wenig Kies	
			9.3	beigegrauer, zu tonigem Silt kleiner Plastizität, steif, verwitterter sandiger Mergel, wenig Sand, bei 7.5 m stark verwitterter mergeliger Sandstein, Schichtstärke 0.1 m	
			9.6	braungrauer, stark tonig-siltiger Sand, reichlich Kies (moränenartig)	
			10.0	beigegrauer, zu tonigem Silt kleiner Plastizität, hart, verwitterter sandiger Mergel, wenig Sand	
			10.3	grauer, stark tonig-siltiger Sand, reichlich Kies (moränenartig)	
			12.9	graubeiger, stark verwitterter sandiger Mergel, recht hart	
			13.3	beigebunter, zu tonigem Silt mittlerer Plastizität, steif, verwitterter Mergel (Gleithorizont?)	
			Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Gehängelehm	429.4
14.2	grauer, zu tonigem Silt mittlerer Plastizität, steif, verwitterter Mergel				
14.4	graubrauner, leicht toniger Silt mittlerer Plastizität, breiig, reichlich Sand, reichlich org. Reste (Pflanzen)				
14.7	hellgrauer, stark tonig-siltiger Sand, viel Kies				
15.0	beigegrauer, stark tonig-siltiger Sand bis toniger Silt, reichlich Molassebruchstücke				
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	verwitterte Molasse	427.0	16.6	braungrauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig, schichtweise reichlich Sand, vereinzelt Kies	
			17.0	graubeiger, zu tonigem Silt kleiner Plastizität, steif, verwitterter Mergel, vereinzelt bis wenig Sand	
			17.8	graubeiger, stark verwitterter mergeliger Sandstein, bröckelig	
Doppelkernrohr, Bohr-ø 101 mm	unverwitterte Molasse	423.3	18.5	beigegrauer, teils bunter Mergel, mässig verwittert, von 18.5-18.7 m dunkelbraun mit Schneckenachsen	
			19.4	hellgrauer, verwitterter mergeliger Feinsandstein, zerbohrt	
überbohrt mit Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm		421.4	20.3	braungrauer, mittelkörniger Sandstein	
			22.2		

Rock Quality Designation (RQD)  
(Anteil Kernstücke > 10 cm)



**Baugebiet Rei  
Bergdietikon / AG**

**Bohrung 11-3**

Masstab 1:100

Bauherrschaft: Implenia Development AG, Dietlikon  
 Bohrfirma: Implenia Bau AG, Zürich  
 Bohrmeister: Herr Sebastian Martius  
 Geologische Aufnahme: Dr. Heinrich Jäckli AG, 8048 Zürich, P. Spaar dipl. Natw. ETH, Geologe  
 Ausführungsdatum: 12.12. - 15.12.2011  
 Koordinaten: 671'796 / 249'178  
 OK Terrain (OKT): 465.52 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): -

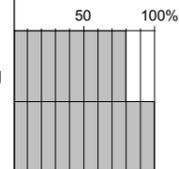


Dr. Heinrich Jäckli AG www.jaekli.ch

Datei: 110560 KB.dsf / KS

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Einfachkernrohr, Bohr-ø 140 mm	Oberflächenschichten	465.0	0.3 0.5	dunkelbrauner Oberboden ("Humus"), mässig durchwurzelt hellbrauner, toniger Silt kleiner Plastizität, breiig, viel Sand, vereinzelt Kies (Unterboden)	
	Gehängelehm			2.9	
			3.8	hellbrauner, toniger Silt kleiner bis mittlerer Plastizität, steif, wenig, lageweise viel Sand, vereinzelt Kies, vereinzelt Kalkkonkretionen	
			4.7	hellbrauner, mässig toniger, stark siltiger Sand, wenig Kies und Molassebruchstücke	
			6.3 6.5	hellbrauner, toniger Silt kleiner Plastizität, steif, reichlich, lageweise viel Sand, wenig, lageweise reichlich Kies, einzelne tonig-siltige Sandlagen, Molassebruchstücke bis max. ø 12 cm, 5-10 Gew-% beiger, stark tonig-siltiger Sand	
			8.2 8.4	hellbrauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, generell wenig, abschnittsweise reichlich bis viel Sand, wenig Kies hellbrauner, leicht toniger, mässig siltiger Sand, wenig Kies	
			8.9	hellbrauner, teils rotbunter, toniger Silt kleiner Plastizität, steif, viel Sand	
			9.2	hellgrauer Granitblock	
			9.4	grauer Sandsteinblock, zerbohrt	
			10.4	hellbrauner, teils grauer, zu tonigem Silt verwitterter Mergel, wenig Sand, mittlere Plastizität, steif bis hart, bei 10.2 m Sandstein ø 10 cm, zerbohrt	
		abgeschürfte verwitterte Molasse		10.8	
			11.6	hellbeiger, teils rotbunter Mergel, stark verwittert	
			12.2	hellgrau-brauner, stark verwitterter Mergel, hart	
			13.1	grauer und beigebunter, teils zu tonigem Silt verwitterter Mergel, bröckelig	
Einfachkernrohr, Bohr-ø 1116mm	Moräne	451.3	14.2	hellbrauner, vereinzelt rotbunter, zu tonigem Silt kleiner bis mittlerer Plastizität, hart, verwitterter Mergel, wenig, lageweise reichlich bis viel Sand	
		450.1	15.4	hellbrauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, hart, wenig, lageweise reichlich Sand, wenig Kies	
	verwitterte Molasse		16.4	hellgrau-brauner, zu tonigem Silt kleiner Plastizität, hart, verwitterter Mergel	
			18.0	hellgrau-brauner, stark verwitterter Mergel, bröckelig	
			18.6	beiger, vereinzelt rotbunter, stark verwitterter Mergel und sandiger Mergel	
			19.2	hellgrauer, lageweise dunkelbrauner, zu tonigem Silt kleiner Plastizität, hart, verwitterter Mergel	
			21.6	hellbrauner, teils rotbunter und hellgrauer, stark verwitterter Mergel, von 21.0-21.3 m sandiger Mergel	
			25.2 25.4	grauer, brauner und rotbunter, stark, gegen unten leicht verwitterter Mergel, abschnittsweise sandig hellgrauer, leicht verwitterter mergeliger Feinsandstein	
		Doppelkernrohr, Bohr-ø 101 mm			
		überbohrt mit Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm			

Rock Quality Designation (RQD)  
(Anteil Kernstücke > 10 cm)



**Baugebiet Rei  
Bergdietikon / AG**

**Bohrung 11-4**

Masstab 1:100

Bauherrschaft: Implenia Development AG, Dietlikon  
 Bohrfirma: Implenia Bau AG, Zürich  
 Bohrmeister: Herr Sebastian Martius  
 Geologische Aufnahme: Dr. Heinrich Jäckli AG, 8048 Zürich, P. Spaar dipl. Natw. ETH, Geologe  
 Ausführungsdatum: 17.01. - 19.01.2012  
 Koordinaten: 671'901 / 249'141  
 OK Terrain (OKT): 435.85 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): -



Dr. Heinrich Jäckli AG www.jaeckli.ch

Datei: 110560 KB.dsf / KS

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Einfachkernrohr, Bohr-ø 180 mm	Oberflächenschichten	434.7	0.2	dunkelbrauner Oberboden ("Humus"), schwach durchwurzelt	
			1.2	brauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig Sand, vereinzelt bis wenig Kies, vereinzelt durchwurzelt	
Einfachkernrohr, Bohr-ø 140 mm	Gehängelehm	427.2	2.6	braungrauer, übergehend in grauen, tonigen Silt mittlerer Plastizität, breiig bis steif, wenig Sand, vereinzelt bis wenig Kies	Standard-Penetration-Test (SPT) (Anzahl Schläge / 15 cm Eindringung)  3.20-3.65 m u.T. 3 7 10 N30=17  6.00-6.45 m u.T. 5 6 8 N30=14  9.20-9.65 m u.T. 6 11 N30=18  12.20-12.65 m u.T. 14 18 19 N30=37  15.10-15.29 m u.T. 145 > 50 (Eindringung 4 cm)  18.10-18.18 m u.T. > 50 (Eindringung 8 cm)
			3.4	grauer, toniger Silt mittlerer bis hoher Plastizität, breiig bis steif, vereinzelt Sand, vereinzelt Kies	
			3.8	beigegrauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig, gegen unten reichlich Sand, wenig Kies	
			5.2	beiger, toniger Silt kleiner bis mittlerer Plastizität, steif, viel Sand, viel Kies, Steine bis max. ø 12 cm, 15-20 Gew-%	
			6.6	dunkelgrauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig bis reichlich Sand, wenig Kies, vereinzelt org. Reste (verkohlt)	
			7.5	grauer toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig Sand, wenig Kies	
			8.0	beigegrauer, toniger Silt kleiner bis mittlerer Plastizität, steif, wenig, abschnittsweise reichlich Sand, reichlich Kies, Steine bis max. ø 10 cm, 5-10 Gew-%	
			8.4	beigegrauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, wenig, abschnittsweise reichlich bis viel Sand (mergelartig)	
			8.7	beigegrauer, stark tonig-siltiger Sand, viel Kies (moränenartig)	
			Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Verlandungs-sedimente	
11.5	hellgrauer, leicht toniger Silt bis Feinsand, mittlere Plastizität, breiig, anfangs reichlich, ab 10.7 vereinzelt Kalkkonkretionen				
12.1	dunkelbrauner, ab 12.0 m grauer, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, vereinzelt, gegen unten reichlich Sand, bis 11.6 m einzelne, cm-mächtige Torflagen				
12.6	grauer, ab 12.4 m rotbrauner, leicht toniger, stark siltiger Sand, viel Kies				
15.1	grauer, ab 13.0 m rötlich brauner, praktisch siltfreier ab 14.4 m leicht siltiger Kies, viel Sand, Steine bis max. ø 10 cm, 5-10 Gew-%				
18.0	grauer, praktisch siltfreier Kies, viel Sand, Steine bis max. ø 15 cm, 10-15 Gew-%				
18.5	braungrauer, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Sand, Steine bis max. ø 12 cm, 15-20 Gew-%				
19.0	braungrauer, leicht siltiger Kies, viel Sand				
19.4	hellbrauner, siltfreier bis leicht siltiger Sand				
	Schotter	414.5			21.4

**Baugebiet Rei  
Bergdietikon / AG**

**Bohrung 11-5**  
Massstab 1:100

Bauherrschaft: Implenia Development AG, Dietlikon  
 Bohrfirma: Implenia Bau AG, Zürich  
 Bohrmeister: Herr Sebastian Martius  
 Geologische Aufnahme: Dr. Heinrich Jäckli AG, 8048 Zürich, P. Spaar dipl. Natw. ETH, Geologe  
 Ausführungsdatum: 17.02. - 22.02.2012  
 Koordinaten: 671'857 / 249'140  
 OK Terrain (OKT): 449.73 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): -



Dr. Heinrich Jäckli AG www.jaeckli.ch

Datei: 110560 KB.dsf / KS

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Einfachkernrohr, Bohr-ø 180 mm	Oberflächenschichten	448.2	0.2 0.5 1.5 1.7	dunkelbrauner Oberboden ("Humus"), mässig durchwurzelt brauner, leicht toniger Silt kleiner Plastizität, breiig, reichlich Sand, wenig Kies, Stein ø 8 cm, bei 0.4 m brauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, breiig bis steif, wenig Sand, vereinzelt, ab 1.1 m wenig Kies, wenig Ziegelbruchstücke bei 1.4 m beigegrauer Sandsteinblock, zerbohrt	<p>Standard-Penetration-Test (SPT) (Anzahl Schläge / 15 cm Eindringung)</p> <p>3.15-3.60 m u.T. 4, 6, 9 N30=15</p> <p>6.30-6.75 m u.T. 11, 14, 20 N30=34</p> <p>9.20-9.65 m u.T. 15, 22, 27 N30=49</p> <p>12.00-12.45 m u.T. 18, 24, 26 N30=50</p> <p>15.20-15.65 m u.T. 21, 25, 31 N30=56</p> <p>18.10-18.55 m u.T. 28, 33, 37 N30=70</p> <p>21.50-21.78 m u.T. 41 &gt; 50 (Eindringung 13 cm)</p> <p>24.00-24.14 m u.T. &gt; 50 (Eindringung 14 cm)</p> <p>Inklinometerrohr ø 85 mm</p>
Einfachkernrohr, Bohr-ø 140 mm	Gehängelehm	442.5	4.2 5.9 7.2	brauner, stark tonig-siltiger Sand, reichlich Kies, Steine bis max. ø 12 cm, 5-10 Gew- graubrauner, toniger Silt mittlerer Plastizität, steif, viel Sand, reichlich Kies, Steine bis max. ø 10 cm, 5-10 Gew- graubrauner, stark tonig-siltiger Sand, reichlich Kies, Steine bis max. ø 12 cm, 5-10 Gew-	
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	abgeschürfte verwitterte Molasse		8.3 8.4	beigebunter, zu tonigem Silt mittlerer Plastizität, breiig, verwitterter Mergel Sandsteinblock, zerbohrt	
		430.7	18.6 19.0 19.3	brauner, mässig tonig-siltiger Sand, reichlich Kies (moränenartig) beigebunter, stark verwitterter Mergel	
Gehängelehm / abgeschürfte verwitterte Molasse	424.1		22.0 23.1 23.5 23.7 24.0 24.3	graubrauner, mässig bis stark tonig-siltiger Sand, reichlich Kies, Steine bis max. ø 15 cm, 5-10 Gew- beiger und grauer, stark verwitterter Mergel, schichtweise mergeliger Sandstein und Sandstein graubrauner, stark tonig-siltiger Sand, wenig Kies und Molassebruchstücke grauer Sandsteinblock, zerbohrt graubrauner, toniger Silt kleiner Plastizität, steif bis hart, reichlich Kies und Molassebruchstücke graubrauner, zu siltigem Sand verwitterter Sandstein	
		25.5 25.6	beigebunter, stark verwitterter sandiger Mergel brauner, toniger Silt kleiner Plastizität, steif, reichlich Sand, wenig Kies		

**Baugebiet Rei  
Bergdietikon / AG**

**Bohrung 11-6**  
Massstab 1:100

Bauherrschaft: Implenia Development AG, Dietlikon  
 Bohrfirma: Implenia Bau AG, Zürich  
 Bohrmeister: Herr Sebastian Martius  
 Geologische Aufnahme: Dr. Heinrich Jäckli AG, 8048 Zürich, P. Spaar dipl. Natw. ETH, Geologe  
 Ausführungsdatum: 05.12. - 08.12.2011  
 Koordinaten: 671'801 / 249'141  
 OK Terrain (OKT): 464.91 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): 465.61 m ü.M.



Dr. Heinrich Jäckli AG www.jaeckli.ch

Datei: 110560 KB.dsf / KS

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Einfachkernrohr, Bohr-ø 180 mm	Oberflächenschichten	462.9	0.3 1.1	dunkelbrauner Oberboden ("Humus"), schwach durchwurzelt brauner, toniger Silt kleiner Plastizität, steif, viel Sand, wenig Kies (Unterboden)	
Einfachkernrohr, Bohr-ø 140 mm	abgeschürfte verwitterte Molasse	460.2	2.0 2.2 3.0 3.4 3.6	hellbrauner, toniger Silt kleiner Plastizität, breiig bis steif, viel Sand, vereinzelt Kies beige-grauer, verwitterter mergeliger Sandstein, zerbohrt beige-grauer, leicht tonig-siltiger Feinsand (verwitterter sandiger Mergel) hellbrauner, teils rotbunter, toniger Silt kleiner bis mittlerer Plastizität, steif, lageweise sandig beiger, leicht siltiger Feinsand	Standard-Penetration-Test (SPT) (Anzahl Schläge / 15 cm Eindringung) 3.50-3.95 m u.T. 14 24 27 N30=51
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Gehängelehm	460.2	4.7 5.6 5.7	grauer, toniger Silt mittlerer bis hoher Plastizität, breiig bis steif, vereinzelt Sand, vereinzelt Kies hellgrauer Sandsteinblock grauer, stark tonig-siltiger Sand, wenig Kies, Steine bis max. ø 20 cm, < 5 Gew-%	6.10-6.55 m u.T. 9 21 28 N30=49
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Gehängelehm	460.2	7.4 8.3 9.2	grauer, toniger Silt kleiner Plastizität, steif, reichlich, lageweise viel Sand, vereinzelt Kies grauer und braungrauer, toniger Silt kleiner Plastizität, steif bis hart, viel Sand, wenig Kies braungrauer, mässig bis stark tonig-siltiger Sand, vereinzelt, abschnittsweise reichlich Kies	9.00-9.45 m u.T. 11 14 18 N30=32
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Gehängelehm	460.2	10.7	braungrauer, stark tonig-siltiger Sand, wenig, ab 12.4 m reichlich Kies, Steine bis max. ø 18 cm, 5-10 Gew-%, bei 11.1-11.2 m vereinzelt org. Reste (Pflanzen)	12.10-12.55 m u.T. 16 20 25 N30=45
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Gehängelehm	460.2	15.4	beige-grauer, toniger Silt kleiner Plastizität, steif, reichlich Sand, vereinzelt bis wenig Sandsteinbruchstücke	15.10-15.55 m u.T. 13 16 22 N30=38
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Moräne	447.7	17.2	braungrauer, toniger Silt, viel Sand, reichlich Kies, kleine Plastizität, hart, Steine bis max. ø 20 cm, 5-10 Gew-%, abschnittsweise sanddominiert	17.90-17.95 m u.T. > 50 (Eindringung 5 cm)
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Moräne	447.7	21.20	braungrauer, toniger Silt, viel Sand, reichlich Kies, kleine Plastizität, hart, Steine bis max. ø 20 cm, 5-10 Gew-%, abschnittsweise sanddominiert	21.20-21.65 m u.T. 31 39 42 N30=81
Einfachkernrohr, Bohr-ø 116 mm	Moräne	447.7	24.30	braungrauer, toniger Silt, viel Sand, reichlich Kies, kleine Plastizität, hart, Steine bis max. ø 20 cm, 5-10 Gew-%, abschnittsweise sanddominiert	24.30-24.51 m u.T. 46 > 50 (Eindringung 6 cm)
		439.5	25.4		

Rohr-Überstand 0.70 m

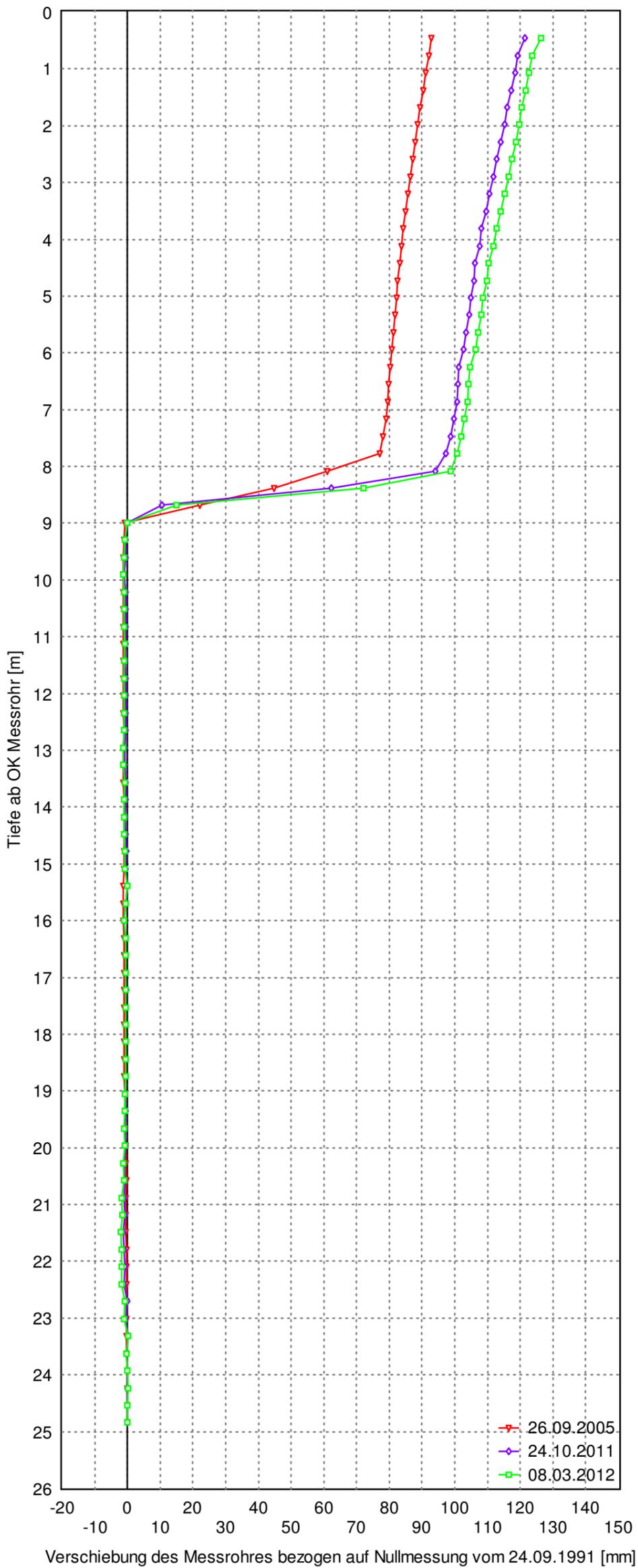
Inklinometerrohr ø 85 mm

Baugebiet Rai, Bergdietikon / AG

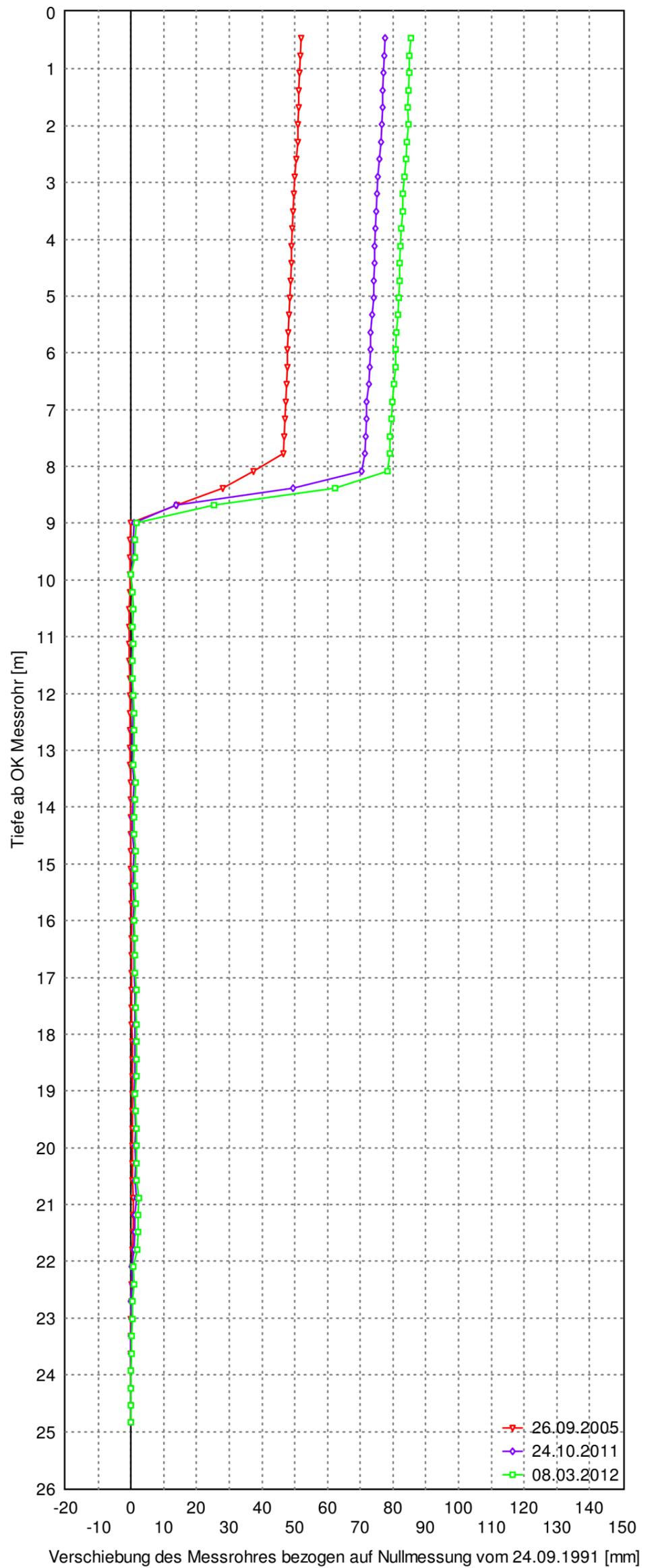
*Kernbohrungen und Inklinometermessungen*

***Protokolle der Inklinometermessungen in den Messstellen Nr. 91-1 bis 91-4,  
96-2 und 96-3***

A - Achse



B - Achse

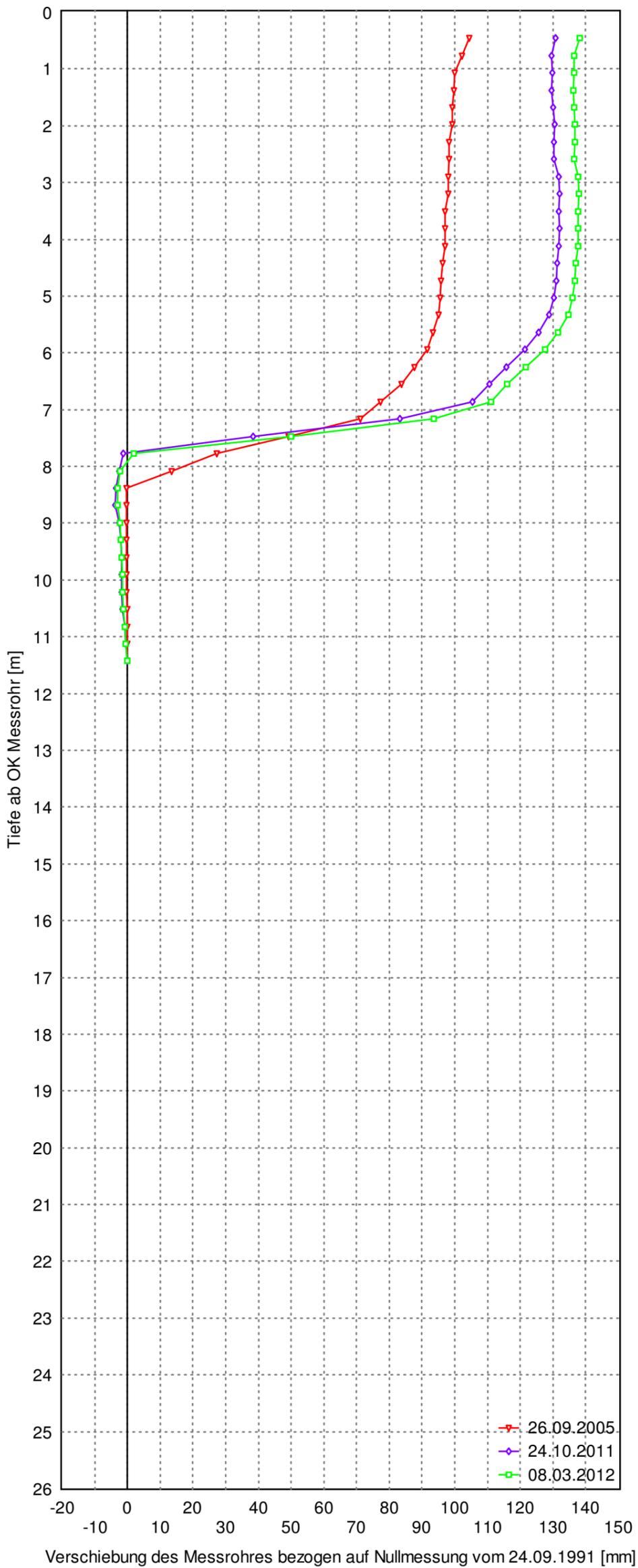


OBJEKT (51-6071)  
 Bergdietikon  
 Baugebiet Rai  
 Inklinometermessung

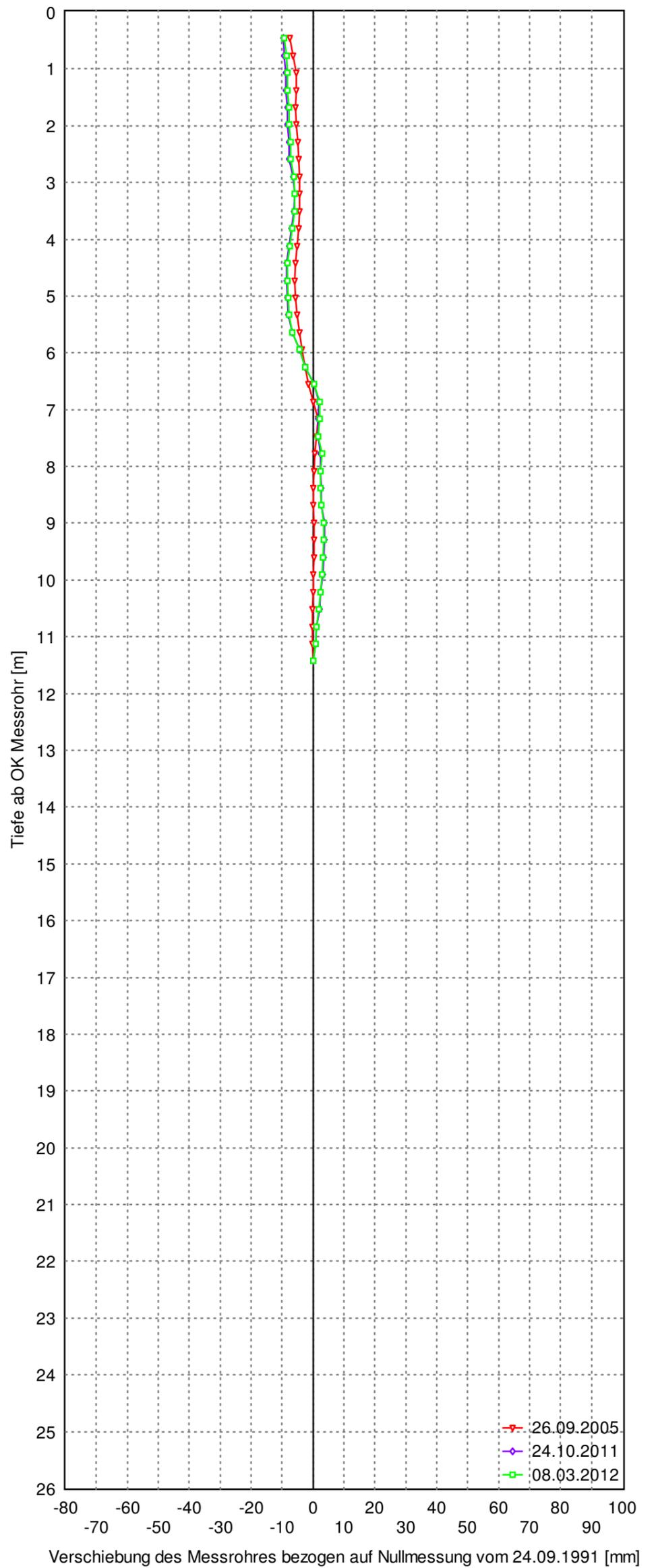
MESSSTELLE:  
 91-1  
 A: positiv = Falllinie  
 B: positiv = 90° nach rechts

Stump FORATEC AG  
 Abteilung Messtechnik  
  
 www.stump.ch

A - Achse



B - Achse



OBJEKT (51-6071)

Bergdietikon

Baugebiet Rai

Inklinometermessung

MESSSTELLE:

91-2

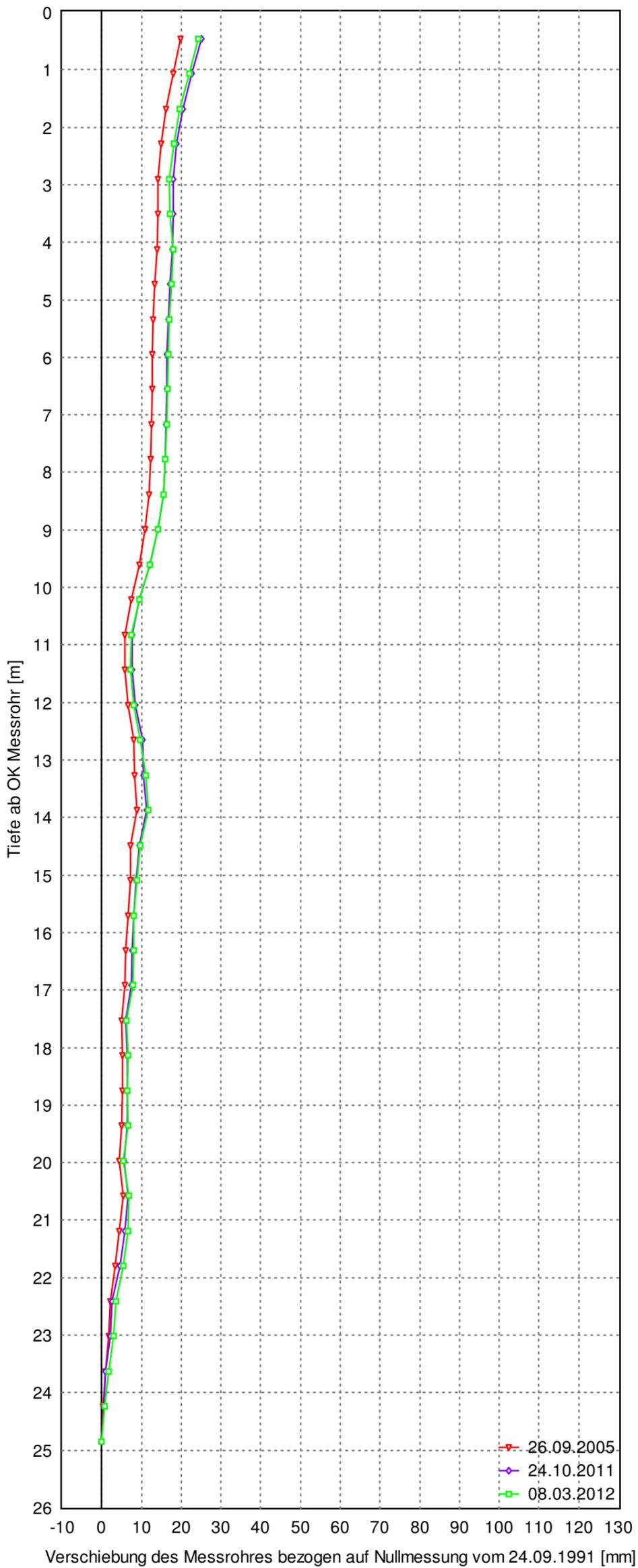
A: positiv = Falllinie

B: positiv = 90° nach rechts

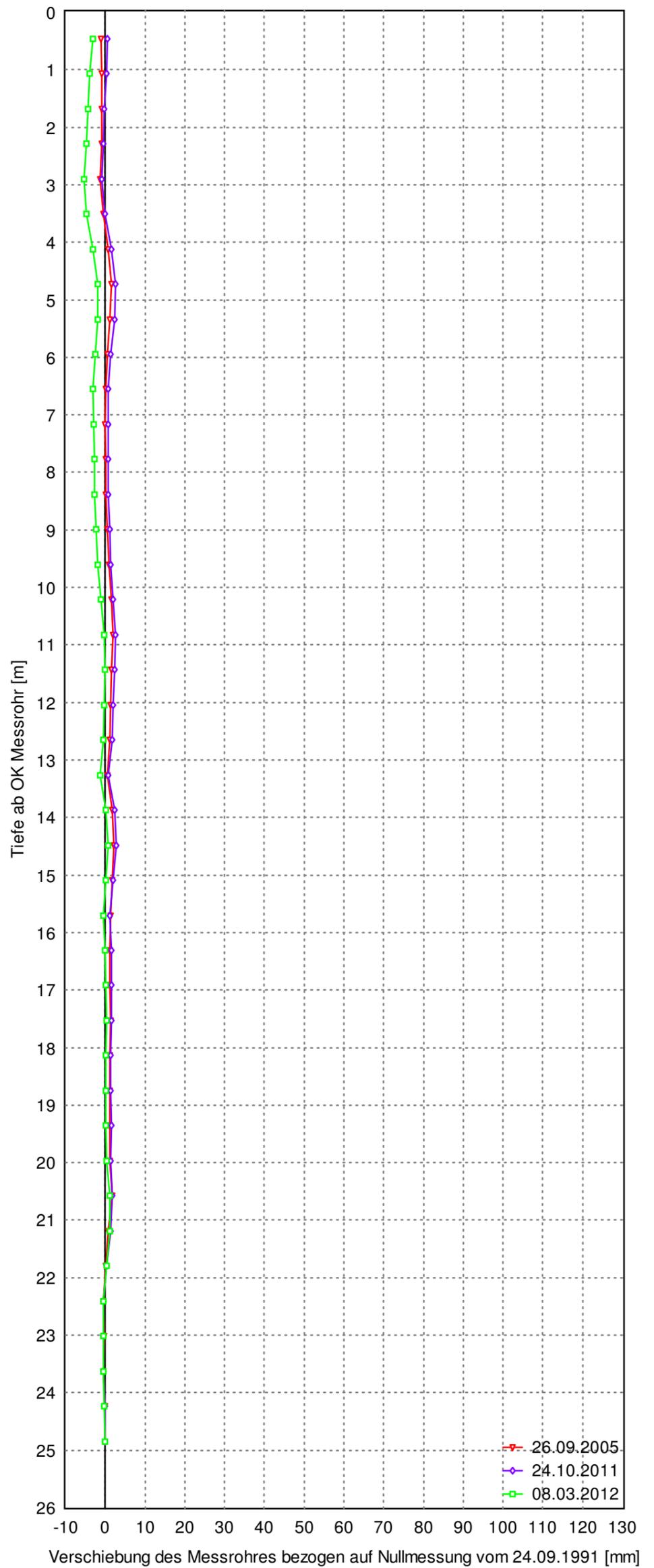
Stump FORATEC AG  
Abteilung Messtechnik



A - Achse



B - Achse



**OBJEKT (51-6071)**

Bergdietikon

Baugebiet Rai

*Inklinometermessung*

**MESSSTELLE:**

91-3

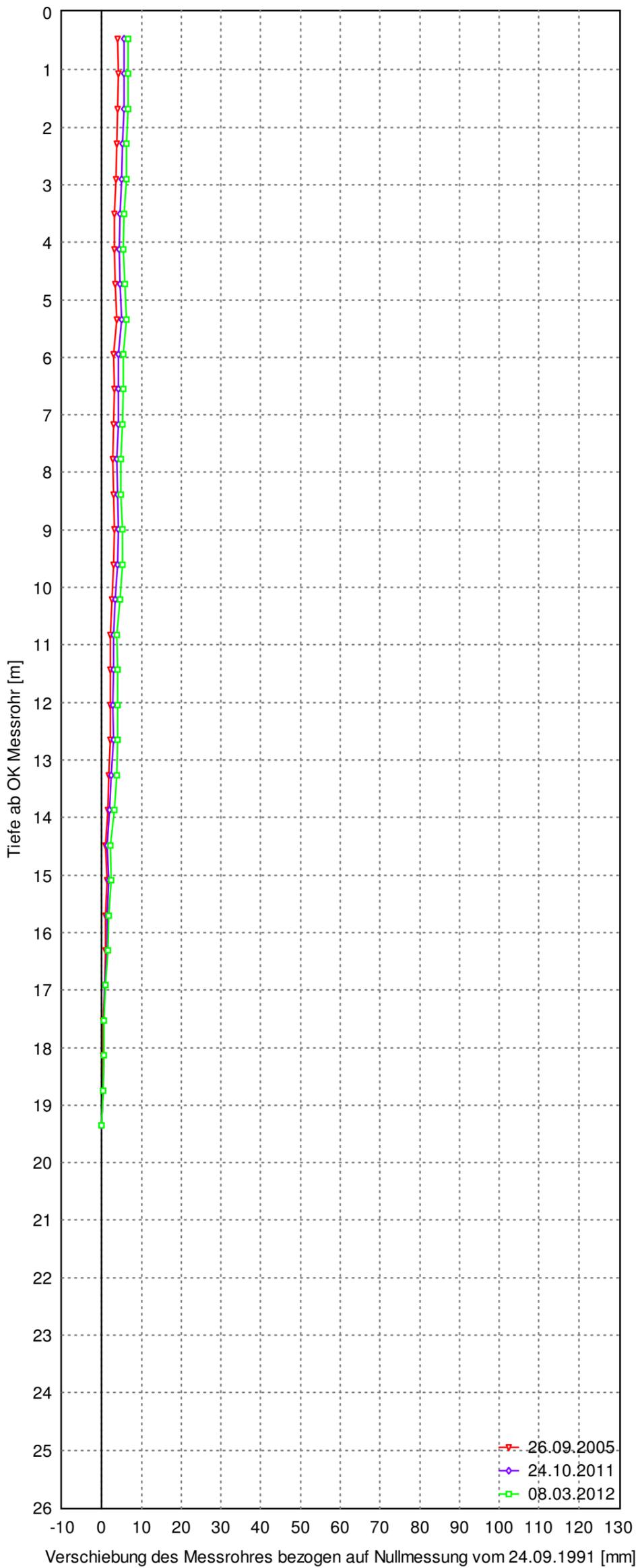
A: positiv = Falllinie

B: positiv = 90° nach rechts

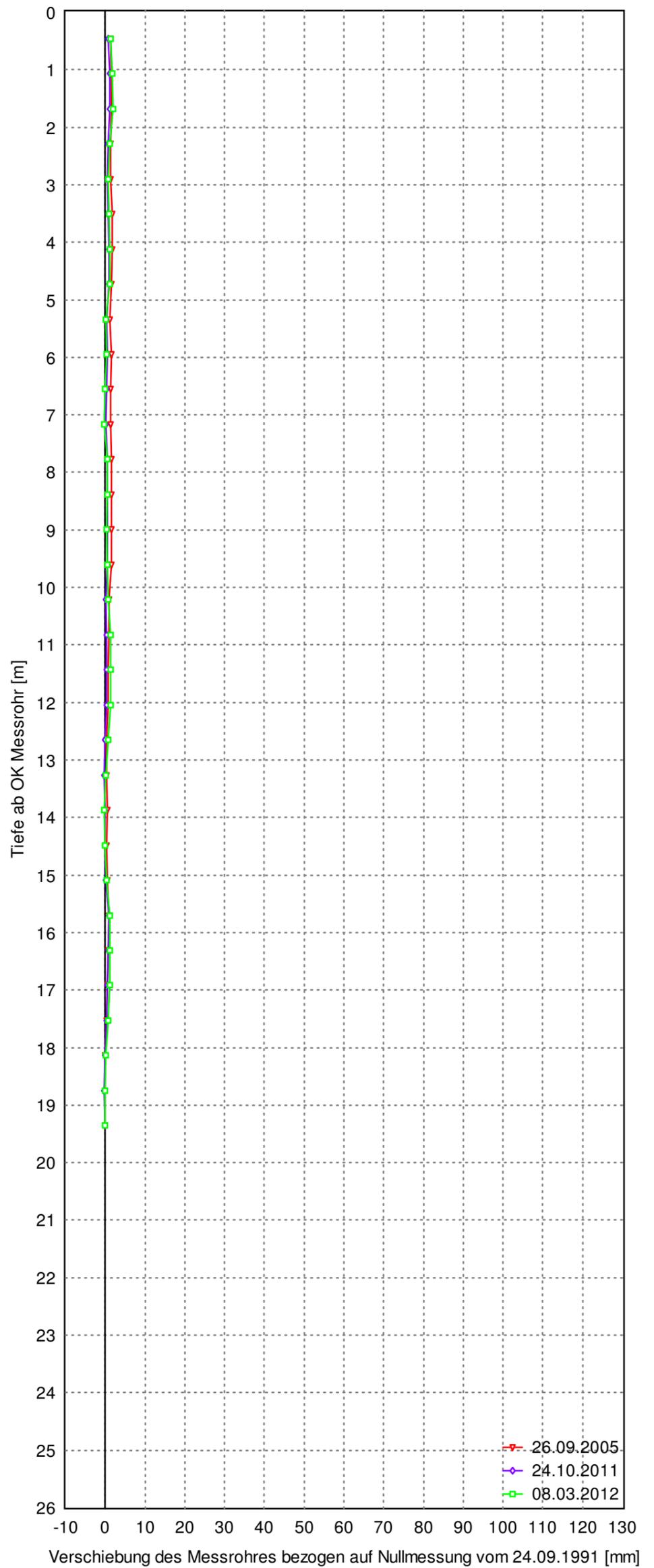
Stump FORATEC AG  
Abteilung Messtechnik



A - Achse



B - Achse



**OBJEKT (51-6071)**

Bergdietikon

Baugebiet Rai

*Inklinometermessung*

**MESSSTELLE:**

91-4

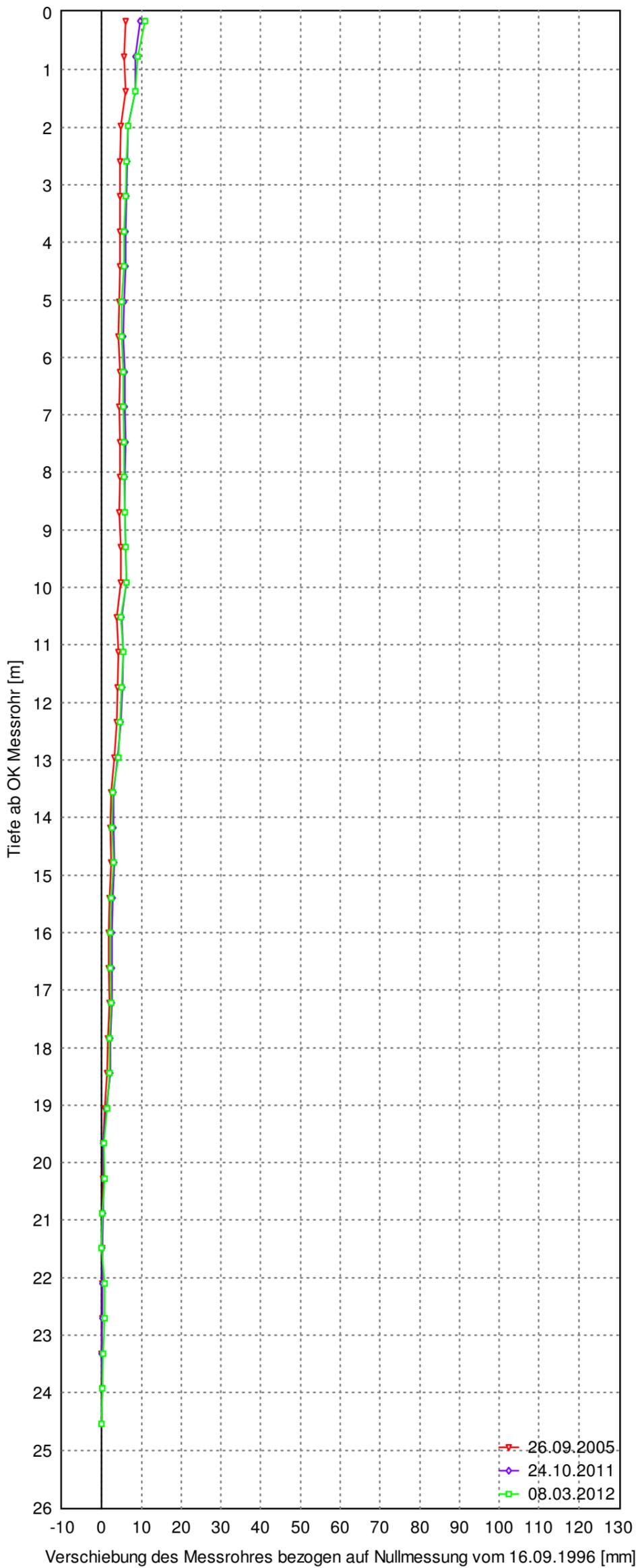
A: positiv = Falllinie

B: positiv = 90° nach rechts

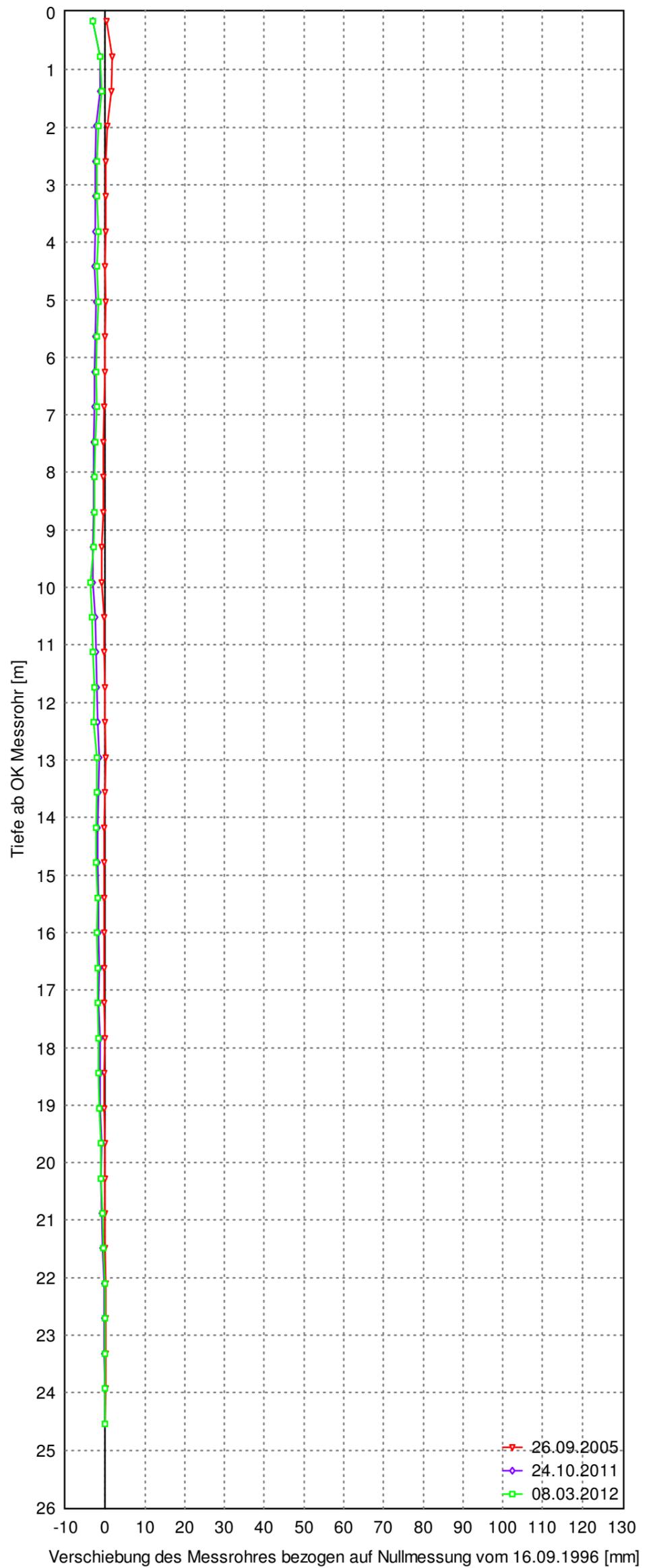
Stump FORATEC AG  
Abteilung Messtechnik



A - Achse



B - Achse



**OBJEKT (51-6071)**

Bergdietikon

Baugebiet Rai

*Inklinometermessung*

**MESSSTELLE:**

96-2

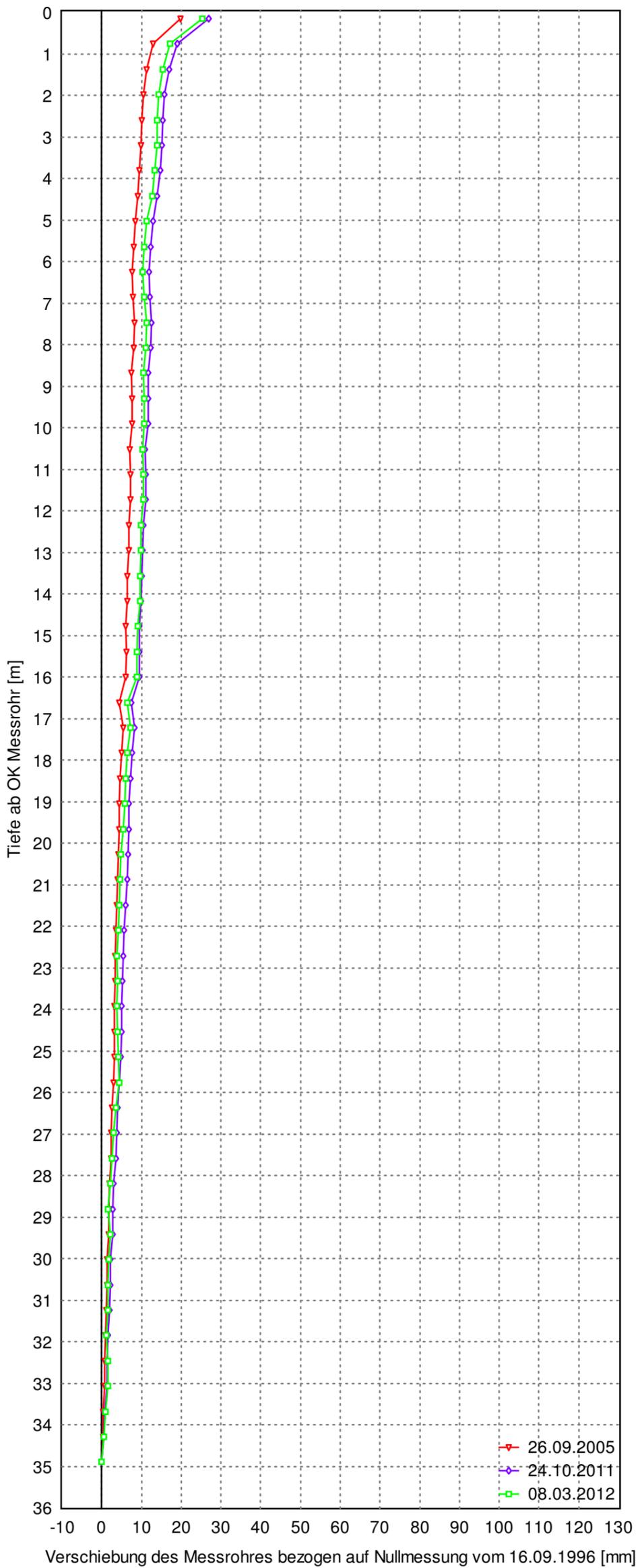
A: positiv = Falllinie

B: positiv = 90° nach rechts

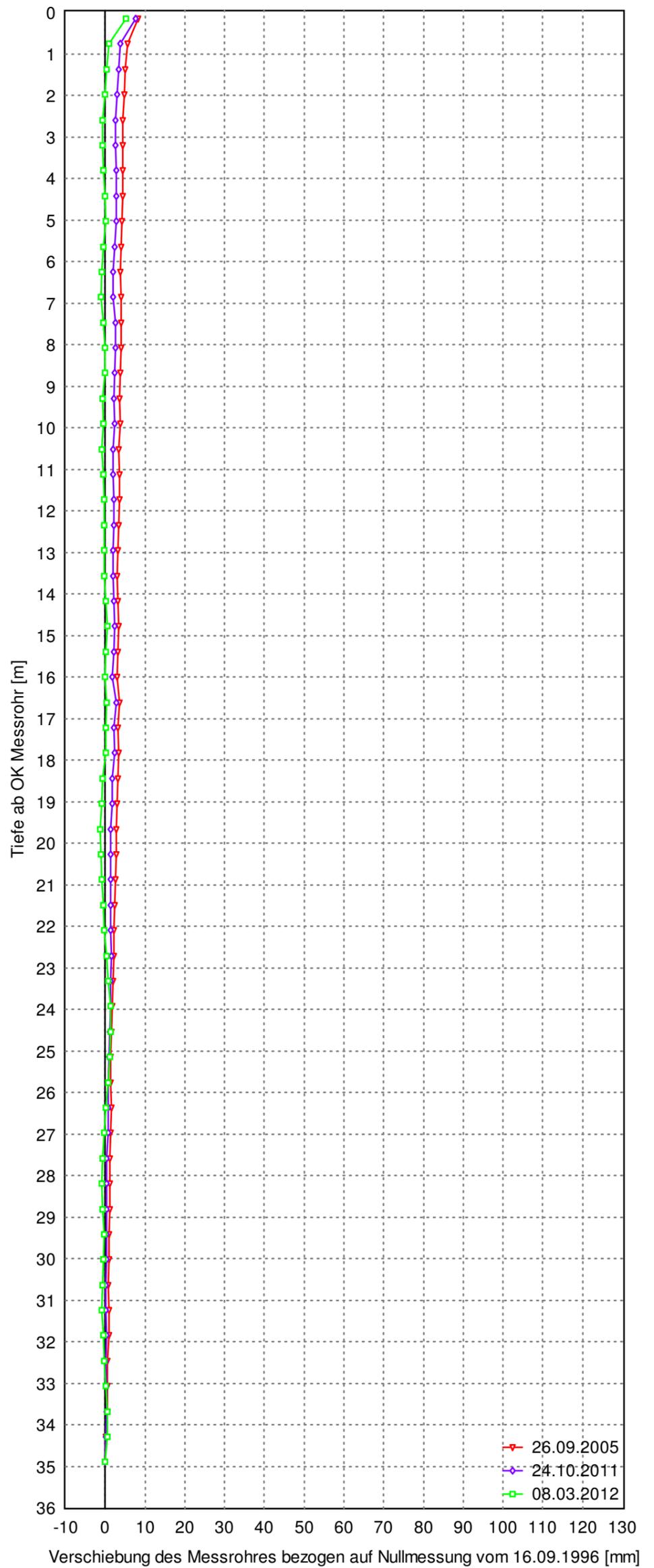
Stump FORATEC AG  
Abteilung Messtechnik



A - Achse



B - Achse



**OBJEKT (51-6071)**

Bergdietikon

Baugebiet Rai

*Inklinometermessung*

**MESSSTELLE:**

96-3

A: positiv = Falllinie

B: positiv = 90° nach rechts

Stump FORATEC AG  
Abteilung Messtechnik

