

**Bau- und Verkehrsdepartement Basel-Stadt  
Tiefbauamt  
Münsterplatz 11  
4001 Basel**

**Muttenz / Münchenstein  
Birswuhr, Kraftwerk Neue Welt**

**Zustandsbeurteilung Birswuhr,  
Kraftwerk Neue Welt**

**mit 10 Beilagen**

**PFIRTER  
NYFELER** | **PARTNER AG**

Geologie, Geotechnik, Spezialtiefbau  
Gartenstrasse 15  
4132 Muttenz

Tel. 061-467 68 30  
Fax 061-467 68 36  
E-Mail [info@pnpmu.ch](mailto:info@pnpmu.ch)

**4627.0019**  
09.03.2011

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG UND AUFTRAG	3
2.	GRUNDLAGEN	3
3.	AUSGANGSLAGE	4
3.1	Geologische Situation	4
3.2	Grundwasserverhältnisse	4
3.3	Historischer Überblick über die Entwicklung des Birswuhr	5
3.4	Setzungsverhalten des Wuhrs	5
3.5	Anforderungen an das Birswuhr	6
3.6	Projekt Sanierung "H18, Senkungsmulde Rütihard"	7
4.	RISIKOBEURTEILUNG	8
4.1.	Allgemeine Bemerkungen	8
4.2.	Gefährdungsbilder	9
4.2.1	Weitere Setzungen / Verkipfung des Wuhrkörpers	9
4.2.2	Risse im Birswuhrs	9
4.2.3	Bruch von Teilen des Birswuhrs	9
4.2.4	Ausspülung von Hohlräumen	10
5.	SCHLUSSBEMERKUNGEN	11
5.1	Diskussion möglicher Massnahmen	11
5.2	Weitere Massnahmen / Bemerkungen	11

## BEILAGEN

Beilage 1	Lage des Untersuchungsgebietes, Situation 1:25'000
Beilage 2	Birswuhr mit Lageplan der Messpunkte, Situation 1:400
Beilage 3	Geologische Profil, Längsschnitt 1:400
Beilage 4	Querschnitt A-A, mit Sanierungsmassnahmen, Mst. 1:100
Beilage 5	Setzungsverlauf der Wuhrkrone 1884 bis 2010
Beilage 6	Auswertung Setzungsmessungen Obere Wuhrschwelle
Beilage 7	Auswertung Setzungsmessungen Mittlere Wuhrschwelle
Beilage 8	Auswertung Setzungsmessungen Untere Wuhrschwelle
Beilage 9	Situation 1:200, mit Sanierungsmassnahmen "H18, Senkungsmulde Rütihard"
Beilage 10	Geologisch-geotechnische Profil rechtes Birsufer, mit Pfahlwand "H18, Senkungsmulde Rütihard", Mst. 1:500/200

## 1. EINLEITUNG UND AUFTRAG

Das Birswuhr beim Kraftwerk Neue Welt, Münchenstein weist bereits seit der Erstellung in den Jahren 1882/84 einseitige Setzungen gegen das rechte Flusssufer auf. Die Setzungen beschränken sich nicht nur auf das Wuhr sondern sind in einem grösseren Umfeld nachweisbar. Die nahe verlaufende kantonale Autobahn H18 liegt ebenfalls im Einflussbereich dieser Setzungen.

Auf der Autobahn werden seit der Erstellung in den 1970er Jahren Setzungen in der Fahrbahn und an Kunstbauten beobachtet und messtechnisch überwacht. Diverse Sondierkampagnen haben ergeben, dass im Felsuntergrund verbreitet weiche-breiige Zonen und lokal sogar Hohlräume vorhanden sind. Auf der Fahrbahn hatte sich eine ausgedehnte Setzungsmulde ausgebildet (bekannt als "Setzungsmulde Rütihard").

Das Risiko eines Hohlraumeinbruchs mit anschliessendem Tagbruch im Autobahnperimeter wurde 2005 als sehr hoch eingeschätzt, weshalb der gefährdete Autobahnabschnitt durch das Tiefbauamt Basel-Landschaft in den Jahren 2006-2008 geotechnisch saniert worden ist.

Mit den Sanierungsarbeiten an der H18 wurde auch die Problematik der Setzungen im Bereich des Birswuhrs neu diskutiert. Der Wissensstand über die Problematik im Raum Rütihard konnte mit den Sanierungsarbeiten an der H18 wesentlich vertieft werden. Die IWB, als Konzessionsnehmerin des Kraftwerks Neue Welt, wurde über die Erkenntnisse aus den Sanierungsarbeiten an der H18 laufend informiert.

Die Pfirter, Nyfeler + Partner AG, MuttENZ hat das Sanierungsprojekt "H18, Senkungsmulde Rütihard" entwickelt und geplant. In der Phase der Ausführung wurde Pfirter, Nyfeler + Partner AG die Bauleitung übertragen. In der Bauphase konnten weitere Erkenntnisse gesammelt werden, weshalb die geologisch-geotechnischen Verhältnisse auf der Ostseite des Birswuhrs heute gut bekannt sind.

Unser Büro wurde vom Tiefbauamt Basel-Stadt mit einer geologisch-geotechnischen Zustandsbeurteilung des Birswuhr Kraftwerk Neue Welt beauftragt. Mit der Beurteilung soll die Problematik der Setzungen und die damit verbundenen Risiken für das Wuhr beleuchtet werden. Aufgrund des Berichtes soll entschieden werden, ob und wenn ja in welchem Umfang Massnahmen zur Sicherung des Wuhrs notwendig werden.

## 2. GRUNDLAGEN

Es standen uns die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Dokumentation "100 Jahre Birswuhr Neue Welt", Ed. Golder, Basel, 1984
- [2] Projektunterlagen und Pläne des Projekts: H18, Senkungsmulde Rütihard, Tiefbauamt Basel-Landschaft (Projektverfasser: Pfirter, Nyfeler + Partner AG).
- [3] Setzungsmessungen Birswuhr 1982 – 2010, Tiefbauamt Basel-Stadt
- [4] Geologische und geotechnische Unterlagen unseres Büros

### **3. AUSGANGSLAGE**

#### **3.1 Geologische Situation**

Das Untersuchungsgebiet liegt im Oberrheingraben im Birstal. Der Felsuntergrund besteht aus den mergelig- tonigen und gipsführenden Schichten des Gipskeupers und den sandigen-tonigen Mergeln des Schilfsandsteins und den oberen Bunte-Mergel.

Die Birs hat sich nach der Eintiefung im Birstal östlich vom Quartier Wasserhaus zusätzlich in diesen Felsuntergrund eingeschnitten, eine enge Felsrinne geschaffen. Zwischen dem heutigen Birslauf und der Rütihard wurden im Laufe der Zeit Birsschotter und Schwemmlehm abgelagert.

Die felsoberflächennahen Bereiche des Gipskeupers sind durch Gipsauslaugung stark verwittert und über mehrere Meter Mächtigkeit aufgelockert (Sanierung H18: Felsoberfläche verbreitet bis 15m stark verwittert). In diversen Sondierbohrungen auf der H18 wurden breiige Zonen und gar Hohlräume aufgeschlossen. Das zirkulierende Grundwasser durchströmt den aufgelockerten Gipskeuper. Dadurch wird der Laugungsprozess gefördert.

Das Birswuhr liegt auf der linken Birssseite (Westen, Münchenstein) auf einem festen Felsuntergrund (Schilfsandstein / obere Bunte-Mergel) auf. Dieser ist stabil und keinen Setzungen unterworfen. Auf der rechten Uferseite (Osten, Muttentz) liegt das Wuhr im verwitterten, aufgeweichten Gipskeuper. Der Übergang vom stabilen Felsuntergrund im Osten (Schilfsandstein, obere Bunte Mergel) in den verwitterungsanfälligen Gipskeuper liegt ungefähr in der Mitte des Wuhrs. (vgl. Beilage 3).

#### **3.2 Grundwasserverhältnisse**

Die Stauhöhe der Birs oberhalb des Wuhrs liegt auf Kote von 266.23 m.ü.M. (Konzessionshöhe). Das Tosbecken unterwasserseitig des Wuhrs liegt auf ca. Kote 260.00 m.ü.M. Die Höhendifferenz des Wuhrs beträgt demnach ca. 6.3 Meter. Diese Höhendifferenz entspricht der hydraulischen Druckdifferenz.

Birswasser infiltriert oberhalb des Birswuhrs in die Birsschotter und umströmt das Wuhr östlich (im Bereich der H18), um unterhalb desselben wieder in die Birs zu entwässern. Das Grundwasser durchfließt die Birsschotter und die stark verkarstete Zone des Felsuntergrundes (Gipskeuper). Die Fliessgeschwindigkeit des Grundwassers, im Bereich des Birswuhrs, wurde mit einem Markierversuch bestimmt. Sie liegt zwischen 3.5 bis 4.6 m/h. Diese hohe Geschwindigkeit ist nur mit dem Vorhandensein von Karsthohlräumen, wie sie auch in den Bohrungen aufgeschlossen worden sind, zu erklären.

Im Bereich der rechten Flügelmauer wurde bei den Sanierungsarbeiten am Wuhr in den Jahren 1982/83 ein starker Wasseraustritt aus dem Untergrund unter der Mauer festgestellt. Das Wasser wurde in einem Sickerschacht gefasst und in die Birs eingeleitet.

Das Grundwasser umfließt das Wuhr auf der rechten Seite. Studien haben gezeigt, dass das Wuhr durch den Gipskeuper auch unterströmt wird.

Auf der westlichen Uferseite verhindert ein hoch liegender Felsriegel das Umfließen des Birswuhrs. Mit der Umsetzung der Sanierungsmassnahmen auf der H18 wurde entlang der Birs (rechte Flussseite) eine dichte Bohrpfehlwand erstellt, welche das grossräumige Umströmen des Wuhrs verhindert.

Zu der Problematik der Grundwasserströmungen und Gipsauslaugung im Bereich des Birswuhrs hat das Geologisch-Paläontologische Institut, Uni Basel im Rahmen des Projekts "H18, Senkungsmulde Rütihard" 2007/2008 bereits erste Untersuchungen und Modellierungen gemacht.

### 3.3 Historischer Überblick über die Entwicklung des Birswuhr

Im Bereich des heutigen Birswuhrs wurden bereits im 17. Jahrhundert erste Wuhranlagen gebaut, welche jedoch immer wieder durch Hochwasser zerstört wurden. Das heutige Wuhr wurde in seiner Grundform in den Jahren 1882 bis 1884 erstellt. Die Geschichte des Birswuhrs ist ausführlich in der Dokumentation von E. Golder [1] dokumentiert.

Nachfolgend wird die baugeschichtliche Entwicklung kurz dargestellt:

- |         |  |
|---------|--|
| 1882/84 | Erstellung Birswuhr in "heutiger" Form<br>(Querdamm mit seitlichen Stützmauern)  |
| 1906    | Längsrisse am Wuhr gegen rechtes Birsufer (Senkung von ca. 35 cm)  |
| 1912    | Erstellung von 2 Caisson auf der rechten Wuhr-Seite vor dem Querdamm und Aussteifung des Querdamms mit Verbindungsrippen.<br><br>Die Caissons sind dem Querdamm vorgelagert und sind bis in eine Tiefe von ca. 9 m unter die Sohle des Querdamms fundiert. Bei den Arbeiten wurden im Gipskeuper breiige Zonen aufgeschlossen und Schlamm trat in die Caisson ein.                 |
| 1949    | Setzungen des Querdamms seit 1884 betragen 50 cm am rechten Ufer.<br>Die Wuhrkrone wird erneuert und um 50 cm wieder bis auf die Konzessionshöhe erhöht.   |
| 1982/83 | Instandstellung Vorzone des Wuhrs (Tosbecken) mit neuem Querdamm auf Bohrpfählen.<br><br>Unter der rechten Flügelmauer wird ein starker Sickerwasserstrom festgestellt, welcher mit einem Sickerschacht gefasst wird. Zudem wird hier bei den Pfahlarbeiten eine breiige Zone (bei ca. Kote 251.00-245.50 m.ü.M.; d.h. bis ca. 2.80 m unter der Sohle von Caisson I) festgestellt. |
| 2007    | Sanierungsarbeiten "H18 Senkungsmulde Rütihard"<br><br>Entlang des rechten Birsufers wird bis auf Höhe des Birswuhrs eine dichte Bohrpfahlwand erstellt, mit dem Ziel eine grossräumige Umströmung des Wuhrs (unter die H18) zu unterbinden.<br>Bei Bohrpfahlarbeiten im Bereich des Birswuhrs werden am Wuhr innerhalb von kurzer Zeit Setzungen bis ca. 1 cm gemessen.           |

### 3.4 Setzungsverhalten des Wuhrs

Das Setzungsverhalten des Birswuhrs wird bereits seit der Erstellung in den Jahren 1882/84 beobachtet. Seit den 1980er Jahren wird das gesamte Wuhr mit einem Messnetz (vgl. Beilage 2) überwacht.

Beilage 5 zeigt den Setzungsverlauf der Wuhrkrone auf der rechten Wuhrseite seit 1884 (Messpunkt 60). Die Setzungsdaten vor 1982 sind dabei aus der Dokumentation von E. Golder [1] übernommen worden.

Der Setzungsverlauf zeigt die unmittelbaren Auswirkungen von Bauarbeiten im Bereich des Wuhrs. Insbesondere die Pfahlarbeiten 1982/83 und 2007 hatten sprunghafte Setzungszunahmen zur Folge. Insgesamt lässt sich jedoch feststellen, dass das Setzungsmass kontinuierlich abnimmt. Anfang des 20. Jahrhunderts betrug das Setzungsmass noch ca. 14 mm / Jahr und liegt Heute bei ca. 0.5-1 mm / Jahr.

In Beilage 6 bis 8 sind die Setzungen der einzelnen Vermessungspunkte auf der oberen, mittleren sowie unteren Wuhrschwelle seit 1982 dargestellt. Die Setzungslinien zeigen ein deutliches Verkippen des Wuhrs gegen Osten.

Die Höhendifferenz, resp. die Verkipfung des Wuhrs, zwischen linker und rechter Wuhrseite beträgt Heute total ca. 10 cm auf der oberen Wuhrschwelle. Ohne Berücksichtigung der Kronenkorrektur von 1949 ergeben sich totale Setzungen der rechten Wuhrseite von ca. 68 cm! Die Abweichung zur Konzessionshöhe von 266.234 m.ü.M. beträgt auf der Ostseite (Punkt 60) ca. 15 cm und auf der Westseite (Punkt 55) ca. 5 cm.

Die Überwachung des Setzungsverlaufs insgesamt lässt auf eine zunehmende Beruhigung der Setzungen schliessen. Ein Ausklingen der Setzungen ist jedoch, insbesondere auch angesichts der beobachteten, sprunghaften Setzungen bei den Bauarbeiten 1982/83 und 2007, nicht absehbar.

Es muss davon ausgegangen werden, dass bei Bauarbeiten im näheren resp. weiteren Umfeld des Wuhrs immer wieder Setzungsspitzen provoziert werden.

### 3.5 Anforderungen an das Birswuhr

Das Birswuhr resp. das Kraftwerk Neue Welt muss diversen Interessen und Auflagen gerecht werden. Als wesentliche Interessengruppen sind das Kraftwerk, der St. Alban-Teich sowie die Fischerei zu nennen.

Für die Fischerei muss ein minimaler Trockenwetterabfluss über das Wuhr und die Fischtreppe gewährleistet werden. Der St. Alban Teich dient heute nur noch untergeordnet der gewerblichen Nutzung und speist vor allem noch die Weiher in der "Grün 80". Im St. Alban Tal werden heute noch Wasserräder betrieben. Somit muss auch hier ein minimaler Abfluss sichergestellt werden. Das "Restwasser" kann schliesslich im Kraftwerk Neue Welt turbinert werden, sofern dies die Abflussmenge zulässt.

Uns sind folgende Anforderungen / Auflagen an das Wuhr bekannt:

Konzessionshöhe (Wuhrkrone):	266.234 m.ü.M	(Konzession)
Minimaler Trockenwetterabfluss über Wuhr:	700 l/s	(Konzession)
Abflussmenge St. Alban Teich:	2.5 m <sup>3</sup> /s	(Konzession)
Abflussmenge Fischpass:	300 – 400 l/s	
Betriebsmenge Kraftwerk:	minimal 1.5 m <sup>3</sup> /s maximal 17.5 m <sup>3</sup> /s	

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass das Kraftwerk Neue Welt bis zu einer minimalen Wasserführung der Birs von ca. 5 m<sup>3</sup>/s betrieben werden kann. Bei einem geringeren Abfluss können nicht mehr alle Auflagen eingehalten werden.

Die Verkipfung des Wuhrs wirkt sich somit unmittelbar auf die Nutzung der Birs im Bereich Neue Welt aus. Durch die Verkipfung des Wuhrs fliesst das Wasser konzentriert auf der rechten Uferseite ab, was sich insbesondere bei niedrigem Pegelstand deutlich auswirkt. In diesem Fall ist die Verkipfung des Wuhrs deutlich erkennbar, da die linke Wuhrseite, gegen das Kraftwerk Neue Welt, praktisch trocken liegt. In diesem Fall kann kaum noch Wasser turbinert werden, resp. der Nutzungsgrad des Kraftwerks kann nicht voll ausgeschöpft werden. Zudem kann die Auflage in der Konzession, wonach das Wuhr gleichmässig wie ein Wasserfall überflossen werden muss, nur noch bedingt erfüllt werden.

### 3.6 Projekt Sanierung “H18, Senkungsmulde Rütihard“

Wie oben erwähnt wurden im Bereich Rütihard auf der kantonalen Autobahn H18 seit dem Bau Setzungen festgestellt. Die Setzungen manifestierten sich als markante Senkungsmulde in der Fahrbahn und in Deformationen der angrenzenden Bauwerken (Stützmauern).

Aufgrund der durchgeführten Sondierkampagnen wurde nachgewiesen, dass der Felsuntergrund (Gipskeuper) mehrere Meter mächtig (bis 15 m auf Höhe Birswuhr) verwittert ist. In den Bohrungen wurden breiige Zonen und gar Hohlräume festgestellt (Durchsacken des Bohrgestänges). Mit Markierversuchen und Flügelsondenmessungen konnte nachgewiesen werden, dass das Grundwasser mit hoher Geschwindigkeit den Felsuntergrund durchströmt und direkt vom Pegel der Birs beeinflusst wird. Die hohen Fliessgeschwindigkeiten können nur durch das Vorhandensein von Kluftsystemen erklärt werden. Sie beschleunigen die Gipsauslaugung.

Aufgrund der Erkenntnisse konnte ein Hohlraumeinsturz nicht mehr ausgeschlossen werden. Zudem konnte ein plötzliches Ausspülen von unter Druck stehendem Schlamm- und breiigem Material unterhalb des Wuhrs, im Bereich der bereits vorhandenen Wasseraustritte, nicht mehr ausgeschlossen werden. Um einem Tagbruch auf der Autobahn vorzubeugen wurde daher durch das Tiefbauamt Basel-Landschaft die geotechnische Sanierung der H18 im Bereich Rütihard beschlossen.

#### Sanierungsprojekt

Das Sanierungsprojekt umfasste zwei zentrale Punkte.

Erstens musste der von Setzungen betroffene Autobahndamm gestützt werden und allfällige Hohlräume im Untergrund waren zu verfüllen. Dazu wurden auf der Fahrbahn in einem Raster von 6x6 m 166 Grossbohrpfähle erstellt. Dabei wurde ein theoretischer Mehrbetonverbrauch von insgesamt ca. 200 m<sup>3</sup> (entspricht ca. 17% Mehrverbrauch) festgestellt. Es kann davon ausgegangen werden, dass Hohlräume und Klüfte in diesem Umfang verfüllt wurden. Der grösste lokal festgestellte Mehrverbrauch lag dabei bei ca. 18 m<sup>3</sup> in einem Pfahl.

In einem weiteren Schritt wurde entlang der Birs, bis auf Höhe Birswuhr, und quer zur Autobahn eine dichte überschnittene Bohrpfahlwand bis in den “gesunden“, unverwitterten Gipskeuper erstellt. Mit dieser Massnahme soll der gefährdete Bereich gegen die Birs abgeschottet werden, so dass die Durchströmung mit Grundwasser, und damit der Auslaugungsprozess des Gipskeupers, gebremst wird.

Die Sanierungsmassnahmen im Bereich des Birswuhrs sind in Beilage 9 und 10 dargestellt.

Durch die Bauarbeiten im Bereich des Birswuhrs wurden an der Stützmauer gegen die Autobahn und an der rechten Flügelmauer des Wuhrs innert kurzer Zeit Setzungen von ca. 1 cm gemessen.

Dieser Sachverhalt belegt folgendes:

1. Der Baugrund reagiert sehr rasch auf Zusatzbelastungen resp. Erschütterungen.
2. Er ist in einer gewissen Tiefenlage wenig tragfähig, was bei zusätzlichen Beanspruchungen umgehend stärkere Setzungen zur Folge hat.
3. Diese Beobachtung deutet auf einen sehr stark aufgeweichten Baugrund hin.

Im Bereich des Birswuhrs wurde wegen den neu aufgetretenen Setzungen von ca. 1 cm eine zusätzliche Baugrundverbesserung mit Jettingsäulen (Hochdruckzement-Injektionen) beschlossen, um die Setzungen zu bremsen. Unter der Stützmauer der Autobahn konnten die Arbeiten ohne grössere Probleme durchgeführt werden, da dieser Bereich bereits durch die Pfahlwand geschützt war. Als eine Verbesserung auch im Bereich der Flügelmauer des Birswuhrs versucht wurde (ausserhalb der Abschottung), wurde das Zementgut jedoch aufgrund der starken

Grundwasserströmungen direkt in die Birs ausgespült, weshalb die Arbeiten hier eingestellt werden mussten.

### **Erkenntnisse**

Die Erkenntnisse aus den Pfahlarbeiten im Bereich H18, Senkungsmulde Rütihard bestätigen im Wesentlichen die Beobachtungen und Rückschlüsse aus den vorhergehenden Sondierkampagnen. Der Gipskeuper ist mehrere Meter mächtig ausgelaugt und deshalb stark verwittert und aufgeweicht. Grosse Setzungen sind bei Zusatzbelastungen die Folge. Das Vorhandensein von ausgedehnten grossen Hohlräumen konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass im Felsuntergrund ein Kluftsystem vorhanden ist, welches vom Grundwasser durchströmt wird. Kleinere mit breiigem Material gefüllte Hohlräume sind jedoch wahrscheinlich. Die Umströmung des Wuhrs auf der rechten Uferseite kann bestätigt werden.

Die neuesten Setzungsmessungen auf der H18 zeigen aktuell eine deutliche Beruhigung der Setzungen.

## **4. RISIKOBEURTEILUNG**

### **4.1. Allgemeine Bemerkungen**

Die Auslaugung des Gipskeupers erfolgt kontinuierlich und über einen grösseren Bereich, konzentriert sich aber besonders auf Höhe des Birswuhrs. Durch die zunehmende Verkarstung nehmen die Grundwasserströmungen im Untergrund zu, was die Gipsauslaugung beschleunigt.

Durch die Erstellung der Pfahlwand auf der rechten Birsuferseite ist eine grossräumige, seitliche Umströmung des Wuhrs unterbunden worden. Das Wuhr wird jedoch dennoch im Bereich der rechten Flügelmauer umströmt. Eine Unterströmung des Wuhrs ist ebenfalls sehr wahrscheinlich. Die Strömungsgeschwindigkeiten im Grundwasser dürften sich durch die Erstellung der seitlichen Abschottung (Pfahlwand) nicht verändert haben, da das hydraulische Potential unverändert durch den Höhenunterschied des Wuhrs gegeben ist.

Es ist davon auszugehen, dass der Felsuntergrund im Bereich des Wuhrs bis ca. 15 m mächtig stark verwittert und aufgeweicht ist. Der Felsuntergrund ist von einem Kluftsystem durchzogen, wobei durch Auswaschungen durchaus kleinere bis mittlere Hohlräume entstanden sein dürften. Diese Verkarstungen sind mindestens teilweise mit Schlamm und breiig verwittertem Gipskeuper verfüllt. Es ist denkbar, dass durch lokale Durchbrüche breiiges Material ausgeschwemmt wird. Dies kann zu Hohlraumeinbrüchen und zu weiteren Setzungen führen.

Für die Risikobeurteilung im Bereich des Birswuhrs werden folgende Gefährdungsbilder betrachtet:

1. Weitere Setzungen / Verkipfung des Wuhrkörpers
2. Risse im Wuhrkörper
3. Bruch von Teilen des Wuhrs
4. Ausspülung von Hohlräumen

Die betrachteten Gefährdungsbilder beschränken sich auf eine Gefährdung aus geotechnischer Sicht, sprich auf Risiken im Untergrund. Es werden keine Gefährdungsbilder in Bezug auf den baulichen Zustand (bestehende Schäden, Betonqualität, etc.) des Wuhrs untersucht.



## 4.2. Gefährdungsbilder

### 4.2.1 Weitere Setzungen / Verkipfung des Wuhrkörpers

#### Beschreibung

Durch den aufgeweichten Untergrund auf der rechten Wuhrseite wird sich der gesamte Wuhrkörper weiter einseitig absenken. Zudem wird durch die Um- und Unterströmung des Wuhrs die Gipsauslaugung weiter begünstigt und weiter in die Tiefe fortschreiten.

Das Setzungsmass ist mit aktuell ca. 0.5 - 1.0 mm/a nicht mehr so markant wie vor 1949. Es ist jedoch anzumerken, dass z.B. infolge von Bauarbeiten im Bereich des Wuhrs oder bei Veränderungen im Untergrund (z.B. Ausspülen eines Hohlraums) die Setzungen wieder sprunghaft zunehmen können. Ein völliges Abklingen der Setzungen ist aufgrund der nicht zu stoppenden Gipsauslaugung nicht wahrscheinlich.

#### Auswirkungen

Die einseitigen Setzungen des Wuhrkörpers bewirken eine weitere Verkipfung auf die rechte Seite. Die Höhendifferenz zwischen linker und rechter Wuhrkrone beträgt aktuell ca. 10 cm. Durch diese Verkipfung fliesst Wasser konzentriert auf der rechten Wuhrseite ab. Da über das Wuhr ein minimaler Trockenwetterabfluss gewährleistet werden muss, kann somit bei niedrigem Birspegel weniger Wasser im Kraftwerk genutzt werden.

#### Risikobeurteilung

Die Eintretenswahrscheinlichkeit für weitere Setzungen und eine weitere Verkipfung des Wuhrs ist **hoch**.

### 4.2.2 Risse im Birswuhrs

#### Beschreibung

Durch die einseitigen Setzungen treten im Wuhrkörper Eigenspannungen und Risse auf. Die Risse können in Form von Längs- und Querrissen auftreten und schwächen den Wuhrkörper. Aufgrund der grossen Setzungen von total ca. 68 cm dürfte der Wuhrkörper bereits Risse aufweisen und lokal geschwächt sein. Es ist unbekannt, in welchem Umfang bereits Risse saniert wurden.

#### Auswirkungen

Durch die Risse kann Grund- und Birswasser strömen. Der Wuhrkörper ist eine Schwergewichtskonstruktion. Einzelne Risse im Wuhrkörper verändern die Quersteifigkeit, sind aber für die Wuhrstabilität von untergeordneter Bedeutung.

#### Risikobeurteilung

Risse sind aufgrund der starken Setzungen vermutlich bereits verbreitet vorhanden. Die Eintretenswahrscheinlichkeit wird daher mit **hoch** bezeichnet. Als primäres Risiko gilt die Schwächung des Wuhrkörpers in Querrichtung. Die direkten Auswirkungen sind jedoch, aufgrund der grossen Masse des Wuhrkörpers, in erster Linie eher als gering einzustufen.

### 4.2.3 Bruch von Teilen des Birswuhrs

#### Beschreibung

Instabilitäten beim Wuhr oder den seitlichen Böschungen können zu einer Destabilisierung des Untergrundes führen. Dadurch können die mit schlammigem Material gefüllten Hohlräume am Böschungsfuss bei der Birs, unterhalb vom Wuhr, ausfliessen (Grundbruch). Das fehlende Material kann zu einem Nachsacken der Erdmassen unter dem Wuhr resp. der rechten Flügelmauer führen.

#### Auswirkungen

Das Versagen des Untergrundes (Einsturz eines grösseren Hohlraumes) bei oder in der Nähe des Birswuhrs kann direkte Folgen auf die Stabilität der Flügelmauer oder gar des Wuhrs haben. Die Flügelmauer kann sich verschieben (Bruch). Bei sehr grossen Deformationen (Setzungen) könnte das Betonwuhr brechen. Ein effektiver Dammbruch ist aber kaum zu erwarten.

Mit der, für die Sanierung der H18, erstellten Pfahlwand entlang dem rechten Birsufer bis auf Höhe des Wuhrs sind die Auswirkungen eines Bruchs von Teilen des Wuhrs beschränkt. Eine weiträumige, tief greifende Ausspülung des rechten Ufers ist daher nicht möglich. Hingegen kann durch einen Bruch der Flügelmauer oder gar des Wuhrkörpers das Wuhr lokal um- resp. unterströmt werden. Dabei würde sich der Staubereich oberhalb des Wuhrs (bis ca. Höhe Hofmatt) mit einer mittleren-kleinen Flutwelle entleeren.

Die Auswirkungen eines Durchbruchs können schwer abgeschätzt werden und sind abhängig von der Heftigkeit des Wuhrbruchs. Sach- und Personenschäden im Nahbereich des Wuhrs können nicht ausgeschlossen werden.

### **Risikobeurteilung**

#### Bruch des Wuhrkörpers:

Aufgrund der grossen Masse des Wuhrkörpers und den bereits ergriffenen Zusatzmassnahmen (Cassion, Verstärkung mit Rippen, etc.) beurteilen wir das Risiko für einen Bruch resp. Wegfall von Teilen des Wuhrkörpers als **gering**.

#### Bruch der rechten Flügelmauer:

Die rechte Flügelmauer weist bereits einige Schwachstellen (Risse, Unterspülungen, etc.) auf. Zudem wurde unter der Flügelmauer ein starker Wasserstrom (vermutlich umströmendes Birswasser) festgestellt. Das Wasser wurde 1983 in einem Sickerschacht gefasst und es wurden Bohrpfähle vor der Mauer erstellt. Eine Ausspülung unter der Flügelmauer kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Die Eintretenswahrscheinlichkeit wird daher langfristig als **mittel** eingestuft; ebenso sind die Auswirkungen aufgrund der vorhandenen Pfahlwand als mittelschwer einzustufen.

Ein Bruch des Wuhrkörpers oder von Teilen davon zeichnet sich in Form von zunehmenden Schäden am Bauwerk ab. Ein plötzliches Eintreten ist nur in Zusammenhang mit einem Extrem-Hochwasser denkbar, wobei in diesem Fall jedoch die Auswirkungen, im Vergleich zum Hochwasser, in einer 1. Phase eher gering sind.

## **4.2.4 Ausspülung von Hohlräumen**

### **Beschreibung**

Bei diversen Arbeiten und Sondierungen im Gipskeuper wurde breiiges bis schlammiges Material festgestellt. Teilweise wurden Grundbrucherscheinungen beobachtet (z.B. Pfahlarbeiten 1983). Durch die schwankenden Grundwasserspiegel (hoch- / niedrig Wasser der Birs) verändert sich das Druck- und Strömungsniveau im vorhanden Karst- und Kluftsystem im Felsuntergrund ständig. Es ist denkbar, dass dadurch schlammiges Material ausgespült wird und sich ein Grundbruch oder Hohlraumeinsturz ausbilden kann.

### **Auswirkungen**

Die Auswirkungen einer Hohlraum-Ausspülung können je nach Umfang und Ort von Setzungen bis zum Bruch von Teilen des Wuhrs reichen (=> vgl. Gefährdungsbilder 1 bis 3).

### **Risikobeurteilung**

Die Eintretenswahrscheinlichkeit für eine Ausspülung eines Hohlraums von grösserem Umfang, mit unmittelbaren, schweren Folgen für das Wuhr, stufen wir als **gering** ein. Ausspülungen im kleineren Umfang sind jedoch denkbar (mittel).

## 5. SCHLUSSBEMERKUNGEN

### 5.1 Diskussion möglicher Massnahmen

Die aktuelle **Verkipfung** der Wuhrkrone kann durch eine erneute Anhebung der Krone (1. Anhebung 1949) auf die Konzessionshöhe korrigiert werden. Durch die weiteren Setzungen wird sich aber, ohne zusätzliche Massnahmen, langfristig wieder eine Verkipfung einstellen. Bei einer Aufstockung sollte eine möglichst gewichtsneutrale Lösung gesucht werden, da zusätzliches Gewicht neue Setzungen hervorruft.

Die **Setzungen** können aktiv nur durch eine Baugrundverbesserung unter dem Wuhrkörper oder allenfalls durch eine Unterfangung mit Mikropfählen gedämpft werden. Solche Massnahmen sind jedoch aufgrund der hohen Grundwasserströmungen nur im Schutz einer oberwasserseitigen Grundwasserabschottung umsetzbar.

Der Problematik der **Um- und Unterströmung des Wuhrs** kann mit einer Grundwasserabschottung oberhalb des Wuhrs, hinter dem Querdamm, begegnet werden. Mit einer Bohrpfahlwand kann z.B. quer zur Birs ein dichter Riegel bis in den unverwitterten Gipskeuper erstellt werden. Mit einer genügenden Einbindung in den kompakten Fels kann dadurch, nebst der Unterbindung der Um- und Unterströmung des Wuhrs, auch die weitere Gipsauslaugung unter dem Wuhr gebremst werden.

Für eine Sanierung des Wuhrs ist eine Kombination von oben diskutierten Massnahmen ins Auge zu fassen.

### 5.2 Weitere Massnahmen / Bemerkungen

Die obige Beurteilung wurde aufgrund der uns vorliegenden Unterlagen und Erkenntnissen aus den Arbeiten im Projektgebiet gemacht. Es lagen uns keine Angaben zum baulichen Zustand des Wuhrs und das allfällige Ausmass von bereits bestehenden Schäden in Folge der Setzungen vor.

Für eine ergänzende Beurteilung empfehlen wir den baulichen Zustand des Wuhrs aufnehmen zu lassen.

Für die Planung von allfälligen Sanierungsmassnahmen sind zusätzlich die Randbedingungen des Kraftwerks Neue Welt und allfälliger weiterer Anstösser und Problemkreise zu berücksichtigen. Zudem ist bei einer Grundwasserabschottung eine Beurteilung der Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse empfehlenswert. Erste Untersuchungen und Modellierungen wurden hier bereits im Rahmen des Projekts "H18, Senkungsmulde Rütihard" durch das Geologisch-Paläontologische Institut, Uni Basel gemacht.

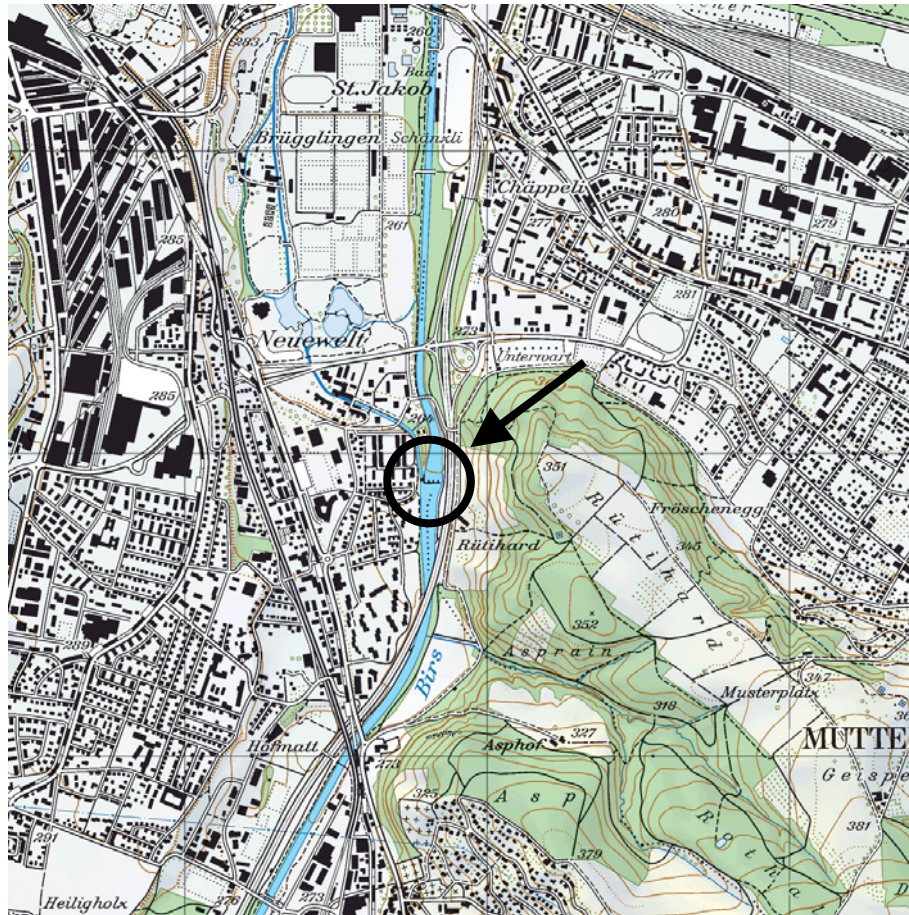
Für die Klärung der effektiv vorhandenen Untergrundverhältnisse und die Bestimmung der Verkarstungszone empfehlen wir frühzeitig im Bereich des Wuhrs zusätzliche Sondierbohrungen auszuführen.

PFIRTER, NYFELER + PARTNER AG

**Bau- und Verkehrsdepartement Basel-Stadt,  
Tiefbauamt, Münsterplatz 11, 4002 Basel**

## Muttenz / Münchenstein, Kraftwerk Neue Welt, Birsuwur Zustandsbeurteilung

### Lage des Untersuchungsgebietes, Situation 1:25'000



Koordinaten : 613'800 / 263'900 (273m ü.M.)

PFIRTER  
NYFELE

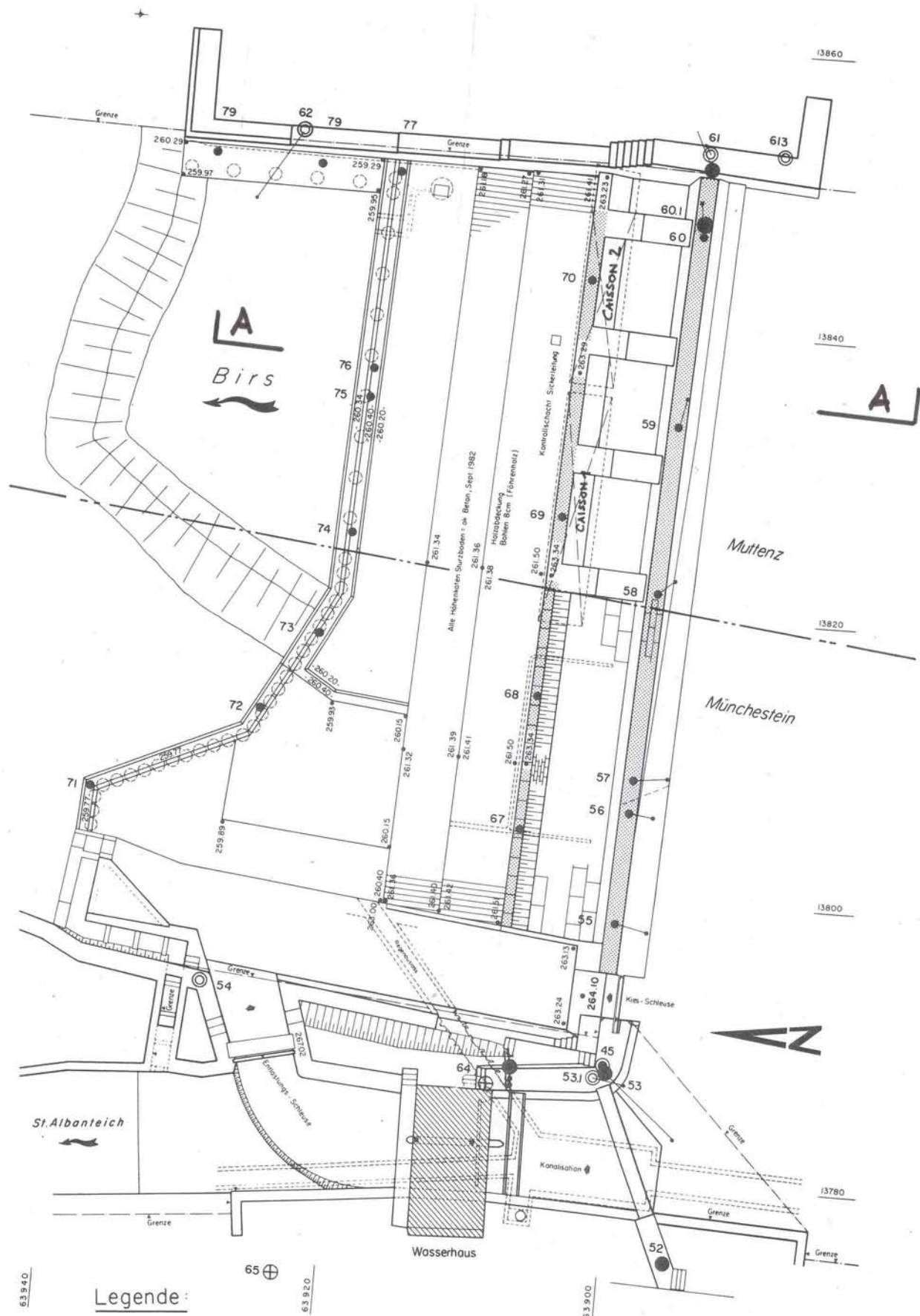
PARTNER AG

Geologie, Geotechnik, Spezialtiefbau  
Gartenstrasse 15  
4132 Muttenz

Tel. 061-467 68 30  
Fax 061-467 68 36  
E-Mail [info@pnpmu.ch](mailto:info@pnpmu.ch)

**4627.0019**  
01.02.2011 / He





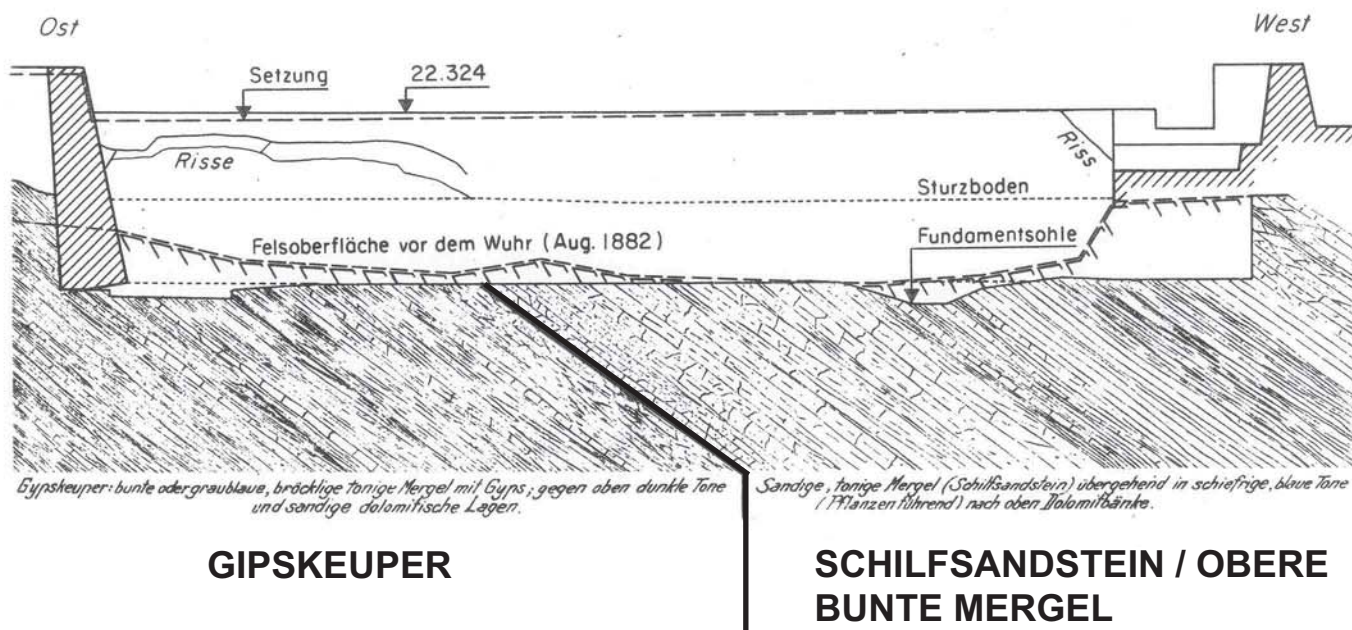
### Birswuhr mit Lageplan der Messpunkte

## Situation 1:400

aus: 100 Jahre Biswuhlr Neue Welt, E. Golder (1984)

## Geologisches Profil Birswuhr Neue Welt

Längsschnitt 1:400

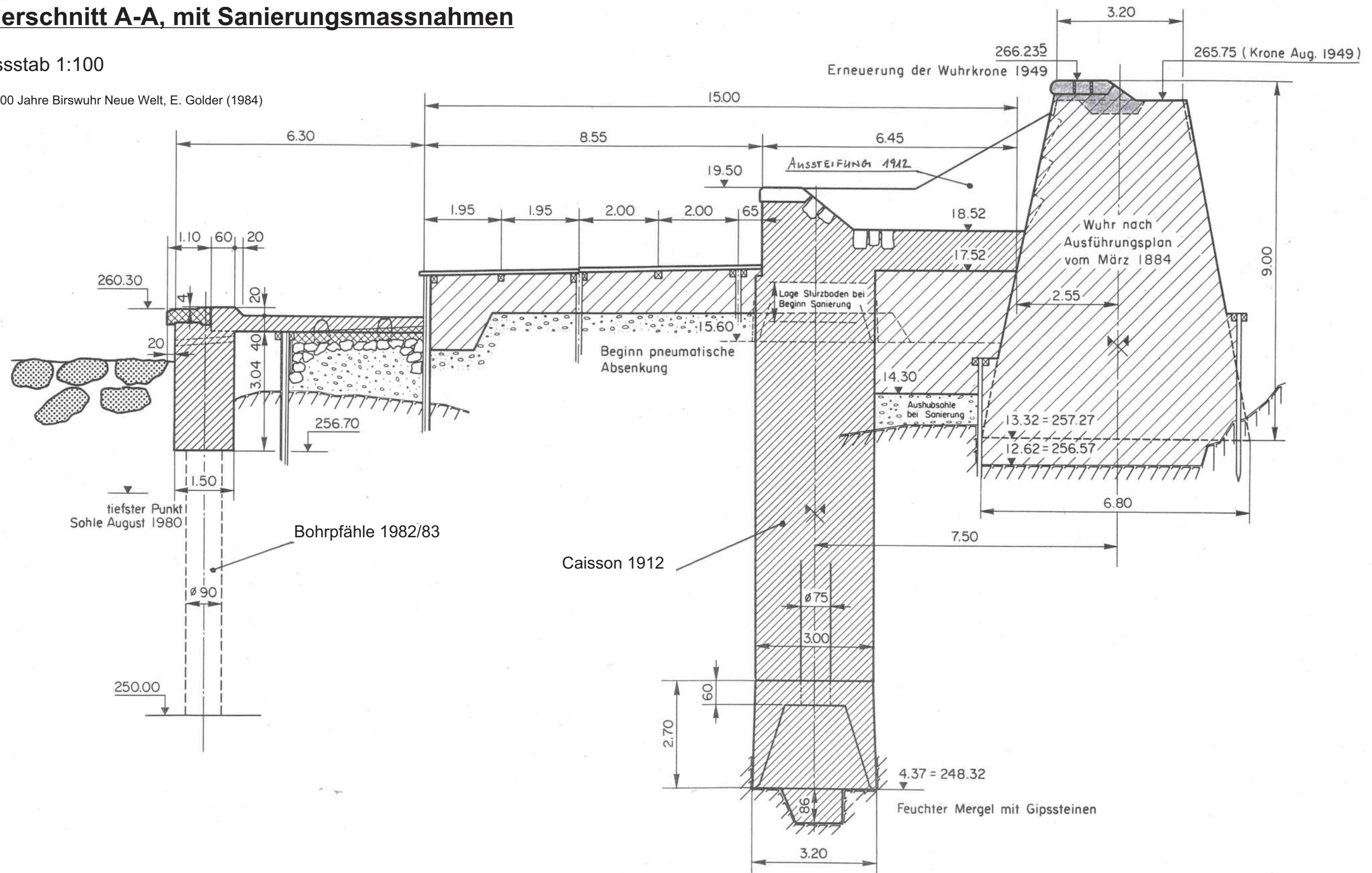




# Querschnitt A-A, mit Sanierungsmassnahmen

Massstab 1:100

aus: 100 Jahre Birswuhr Neue Welt, E. Golder (1984)



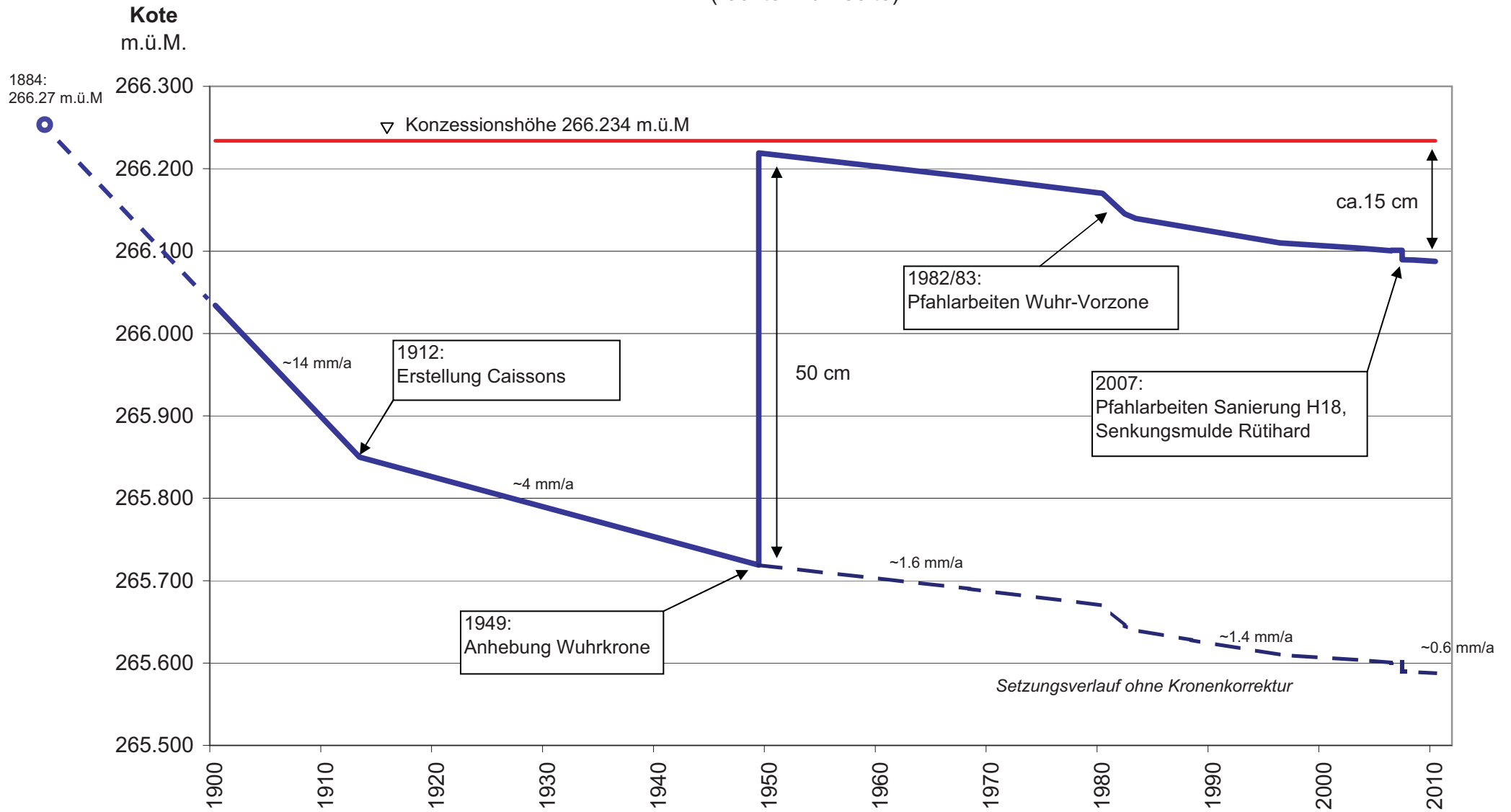
**PFIRTER**  
**NYFELER** + **PARTNER AG**

Geologie, Geotechnik, Spezialtiefbau  
Gartenstrasse 15  
4132 Muttensz  
Tel. 061-467 68 30  
Fax 061-467 68 36  
E-Mail info@pnpmu.ch

01.02.2011 / He

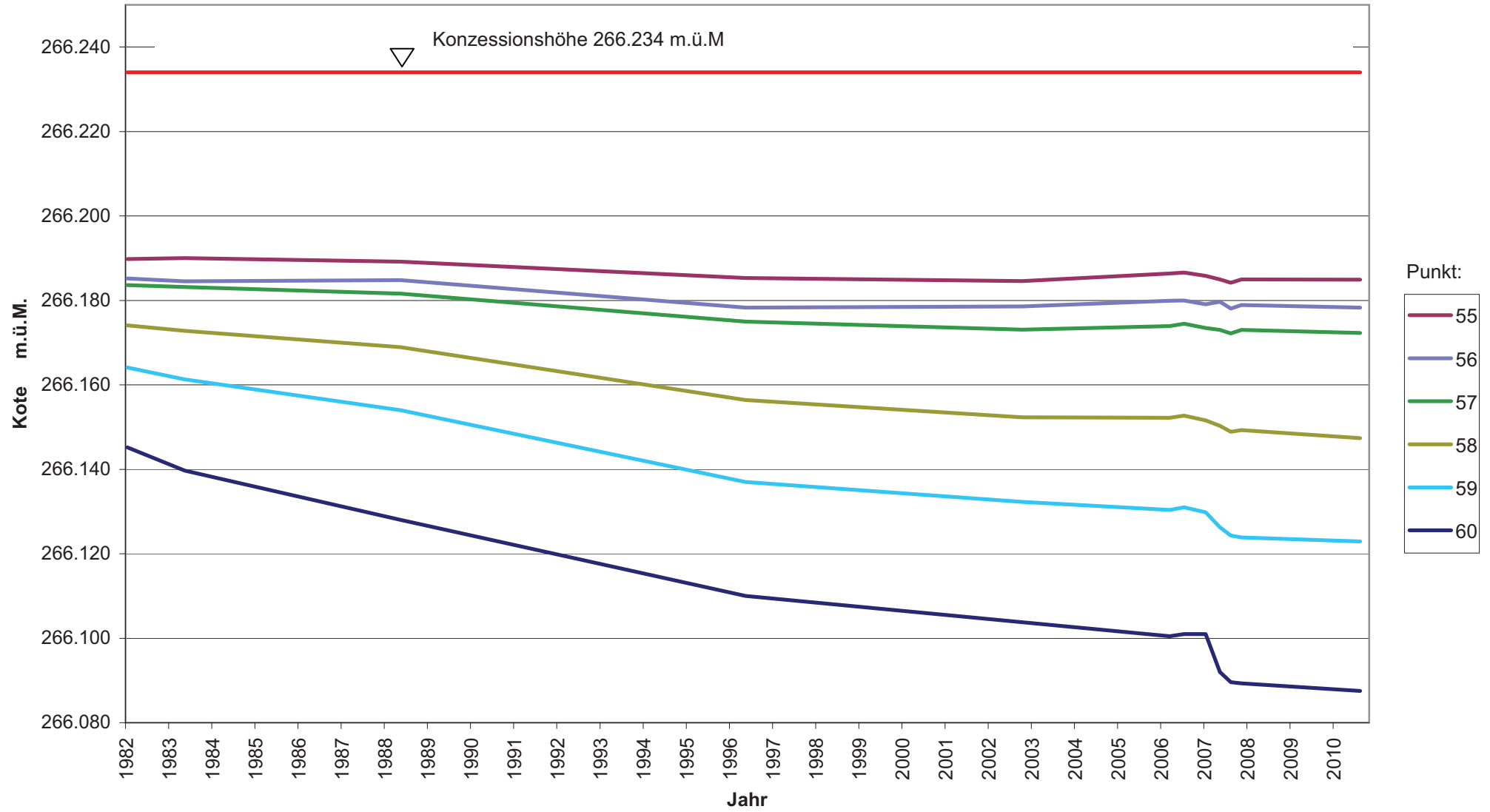
# Setzungsverlauf der Wuhrkronen 1884 bis 2010

(rechte Wuhrseite)

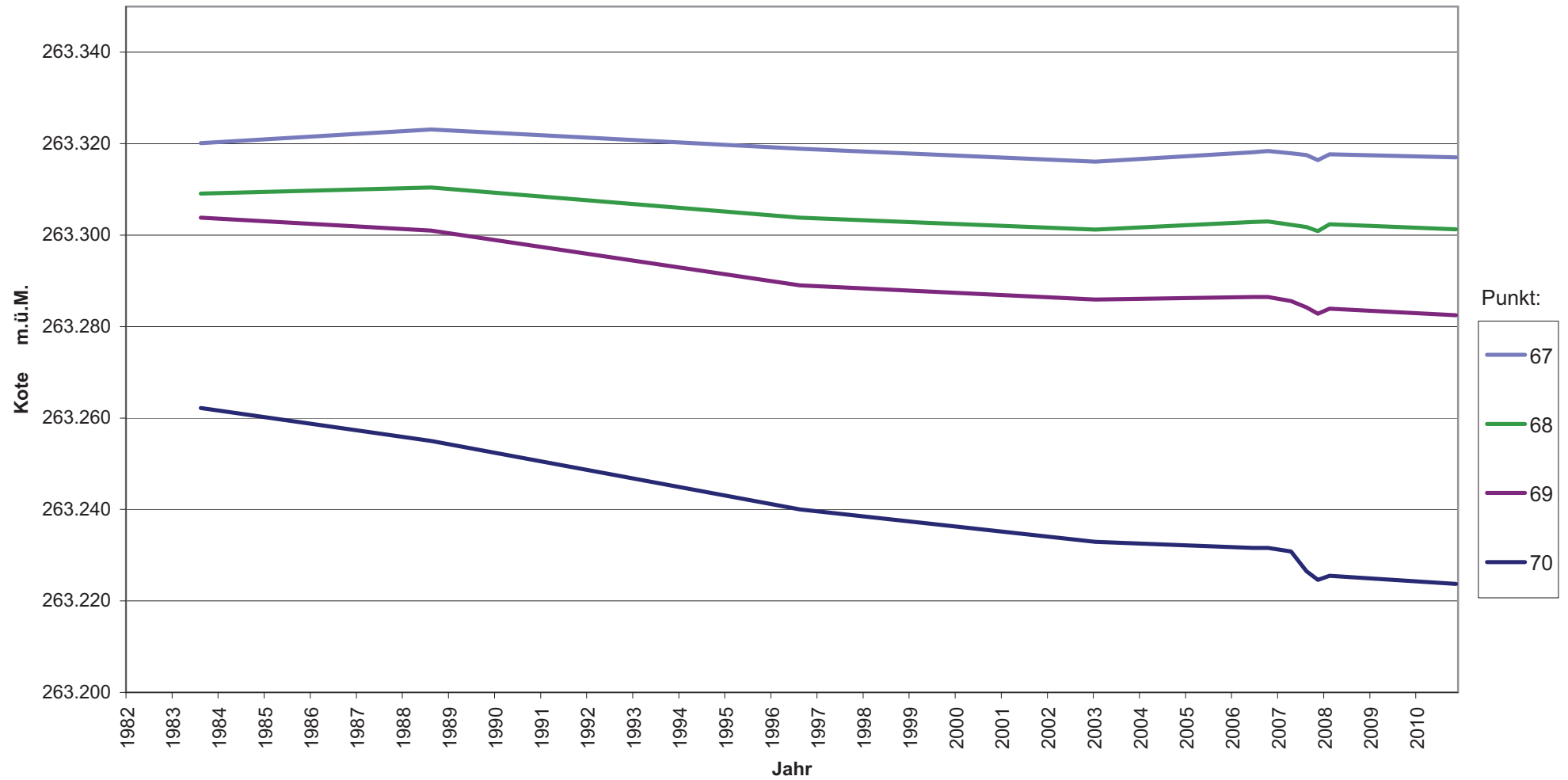




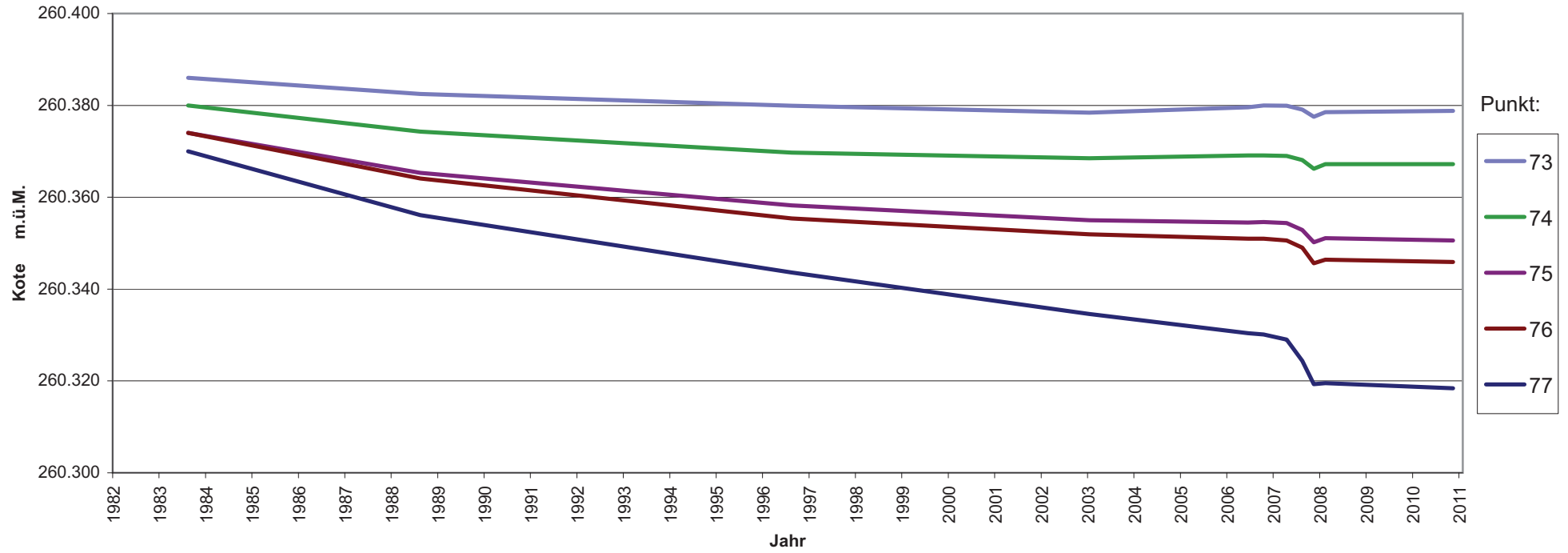
## Setzungsverlauf Obere Wuhrschwelle

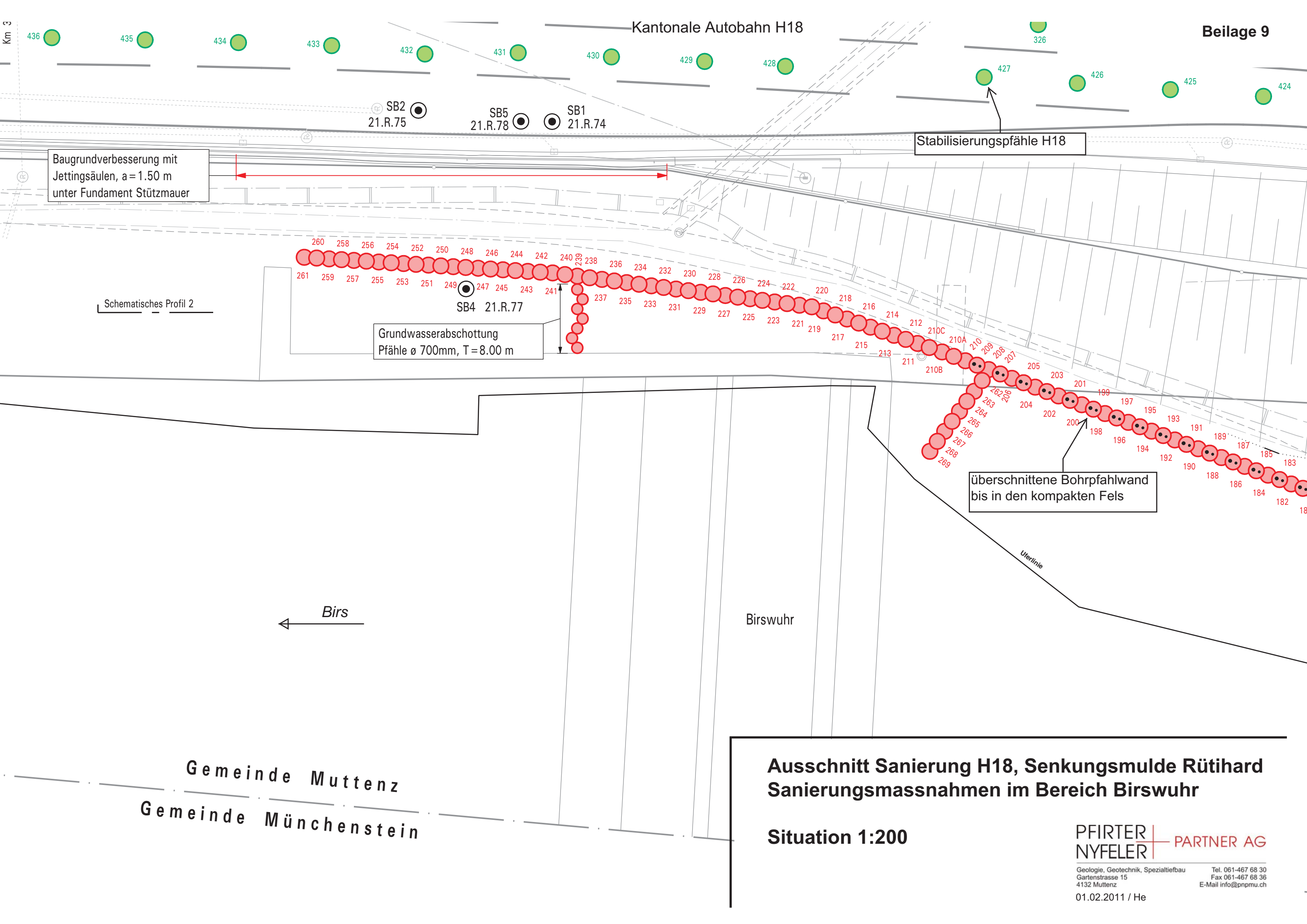


## Setzungsverlauf Mittlere Wuhrschwelle



## Setzungsverlauf Untere Wuhrschwelle





# Ausschnitt Sanierung H18, Senkungmulde Rütihard Sanierungsmassnahmen im Bereich Birswehr

Situation 1:200

**PFIRTER  
NYFELER** + **PARTNER AG**

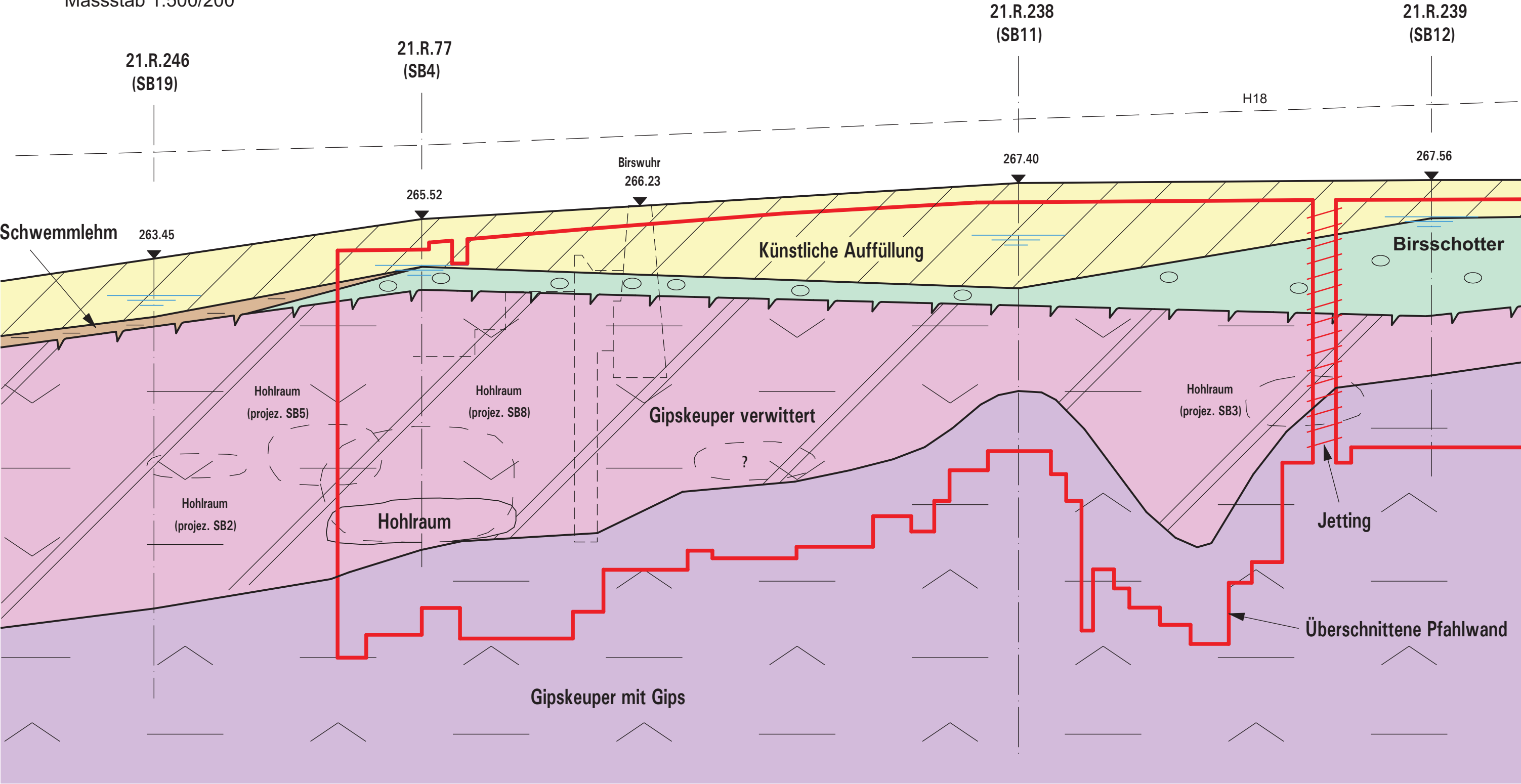
Geologie, Geotechnik, Spezialtiefbau  
Gartenstrasse 15  
4132 MuttENZ

Tel. 061-467 68 30  
Fax 061-467 68 36  
E-Mail info@pnpmu.ch

01.02.2011 / He

Geologisch-geotechnisches Profil rechtes Birsufer,  
mit Pfahlwand "H18, Senkungsmulde Rütihard"

Masstab 1:500/200



Horizont = 230.00 m ü.M.

PFIRTER  
NYFELER + PARTNER AG

Geologie, Geotechnik, Spezialtiefbau  
Gartenstrasse 15  
4132 Muttenz  
Tel. 061-467 68 30  
Fax 061-467 68 36  
E-Mail info@pnpmu.ch

01.02.2011 / He