

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau Aarau / AG

Geologisch-geotechnischer Bericht Bereich Zentrale 2



Baden, 23. Dezember 2009

Bauherrschaft: IBAarau Kraftwerk AG, Obere Vorstadt 37, 5000 Aarau
Bauingenieur: IUB Ingenieur-Unternehmung AG, Thunstrasse 2, 3005 Bern

INHALT

1	ALLGEMEINES	4
1.1	Einleitung und Auftrag	4
1.2	Projektunterlagen	4
1.3	Ältere Untersuchungen	4
1.4	Ausgeführte Arbeiten	4
2	GEOLOGISCHE ÜBERSICHT	7
3	ANGETROFFENE UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE	7
3.1	Künstliche Auffüllungen	7
3.2	Auensedimente	7
3.3	Schotter	8
3.4	Gehängeablagerungen	8
3.5	Wildegg-Formation, Effingen-Member	8
4	WASSERVERHÄLTNISSE	9
4.1	Hydrogeologische Übersicht	9
4.2	Grundwasserspiegellage	10
4.3	Durchlässigkeit	11
4.4	Grundwasserschutz	12
5	BAUTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	12
5.1	Projekt	12
5.2	Baugrundwerte	13
5.3	Foundation	14
5.4	Aushub	17
5.5	Baugrubenabschluss	17
5.6	Bauwasserhaltung	18
5.7	Trockenhaltung unterirdische Gebäudeteile	18
5.8	Bauüberwachung	18
6	METEORWASSERVERSICKERUNG	19

TABELLEN

Tabelle 1:	Sondierungen	6
Tabelle 2:	Grundwasserspiegel im Bereich der Zentrale 2 (Periode 1998–2009)	11
Tabelle 3:	Baugrundwerte für ungestörte Verhältnisse	13
Tabelle 4:	einachsige Druckfestigkeit, Elastizitäts- und Verformungs-Modul, Poisson-Zahl von Felsproben	14

FIGUREN

Figur 1:	Ausschnitt aus der Grundwasserkarte 1:25'000 (Quelle: UVB Hauptuntersuchung, Regionales Grundwasser-Strömungsmodell)	9
Figur 2:	Ganglinie (Monatsmittel) des Grundwasserspiegels in der Grundwasserfassung Inseli 1998–2009	10
Figur 3:	Ganglinie des Grundwasserspiegels in den Piezometerrohren und der Grundwasserfassung Inseli	10
Figur 4:	Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende quadratische Bodenplattenbereiche im Schotter (Bemessungsniveau)	15
Figur 5:	Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende streifenförmige Streifenfundamente im Schotter (Bemessungsniveau)	16

BEILAGEN

Beilage 1:	Situation 1:750, Lage der Sondierungen, Verlauf der Felsobergrenze
Beilage 2:	Profil A 1:200, Variante mit 2 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
Beilage 3:	Profil B 1:200, Variante mit 2 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
Beilage 4:	Profil C 1:200, Variante mit 2 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
Beilage 5:	Profil A 1:200, Variante mit 3 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
Beilage 6:	Profil B 1:200, Variante mit 3 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
Beilage 7:	Profil C 1:200, Variante mit 3 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
Beilage 8:	Kernbohrungen Nr. 09-7 und Nr. 09-9 bis 09-11, 1:100
Beilage 9:	Drehrammkernbohrung Nr. 09-12, 1:100
Beilage 10:	Untersuchungsergebnisse Erdbau- und Felslabor
Beilage 11:	Lugeon-Tests (Wasserabpress-Versuche)
Beilage 12:	Auswertung Pumpversuche

1 ALLGEMEINES

1.1 Einleitung und Auftrag

Die IBAarau Kraftwerk AG plant die Erneuerung des bestehenden Kraftwerks Aarau. In diesem Zusammenhang waren geologische Baugrunduntersuchungen durchzuführen, was gemäss Vorschlag der Dr. Heinrich Jäckli AG vom 3. Juni 2009 mit Hilfe von Kernbohrungen und Drehrammkernsondierungen erfolgte. Den entsprechenden Auftrag erteilte Herr B. Harisberger von der IBAarau Kraftwerk AG mit schriftlichem Vertrag vom 9. Juli 2009.

1.2 Projektunterlagen

Die IUB Ingenieur-Unternehmung AG stellte vom Bauvorhaben folgende Planunterlagen zur Verfügung:

[1] Übersichtsplan 1:10'000,	Plan-Nr. 14.50536.31.010,	14.4.2008
[2] Situation 1:2'000,	Plan-Nr. 14.50536.31.011A,	7.1.2009
[3] Übersichtsplan 1:500,	Plan-Nr. 14.50530.31.101A,	7.1.2009
[4] Grundriss 1:200,	Plan-Nr. 14.50530.31.102A,	7.1.2009
[5] Längsschnitte 1:200,	Plan-Nr. 14.50530.31.103,	7.1.2009
[6] Querschnitte 1:200,	Plan-Nr. 14.50530.31.103A,	7.1.2009
[7] Bauabläufe, Bauetappen 0–6,	Plan-Nr. 14.50530.31.105A,	7.1.2009
[8] Grundrisse 1:200,	Plan-Nr. 14.50530.31.106A,	7.1.2009
[9] Längsschnitt 1:200,	Plan-Nr. 14.50530.31.107A,	7.1.2009
[10] Querschnitt 1:200,	Plan-Nr. 14.50530.31.108A,	7.1.2009
[11] Bauabläufe, Bauetappen 0–6,	Plan-Nr. 14.50530.31.109A,	7.1.2009

1.3 Ältere Untersuchungen

In der Umgebung des Projektareals sind in der Vergangenheit bereits verschiedene geologische Abklärungen erfolgt. Es standen insbesondere die Resultate folgender Untersuchungen zur Verfügung:

[12] Dr. Heinrich Jäckli AG (28. März 1994): Neubau Häsibrücke, Aarau, Geologische Baugrundverhältnisse, Kurzbeurteilung

Die für das Bauvorhaben relevanten Ergebnisse der älteren Untersuchungen wurden in den vorliegenden Bericht integriert.

1.4 Ausgeführte Arbeiten

Zur Abklärung der geologischen Baugrundverhältnisse wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

Bohrunternehmung Stump ForATec AG, Russikon

- 4 Rotationskernbohrungen Nr. 09-7, 09-9 bis 09-11 mit fortlaufender Kernentnahme, Sondiertiefen 17.0–27.0 m,
- 14 Standard-Penetration-Tests (SPT) zur Ermittlung der Lagerungsdichte,
- 4 Kleinpumpversuche mit stufenweisem Mantelrohrrückzug zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Schotter,
- 4 Lugeon-Tests (Wasserabpress-Versuche) zur Bestimmung der Durchlässigkeit der Felsgesteine,
- Einbau von Piezometerrohren \varnothing 4.5" zur Messung des Grundwasserspiegels und dessen Schwankungen.

Bohrunternehmung Studersond AG, Höfen

- 1 Drehrammkernsondierung Nr. 09-12 mit fortlaufender Kernentnahme, Sondiertiefe 7.8 m,
- 2 Rammsondierungen im Bohrloch (Bohrung 09-12) mit Bestimmung des dynamischen Rammwiderstandes, Rammgewicht 30 kg, Fallhöhe 20 cm, Spitzenquerschnitt 10 cm² zur Ermittlung der Lagerungsdichte.

Erdbau-/Felslabor F. Steiger, Zürich

- Untersuchungen an Lockergesteinsproben:
 - Kornverteilungskurve (8 Proben)
- Untersuchungen an Felsproben:
 - einachsige Druckversuche (6 Proben)
 - Messen der Querdehnung (6 Proben)

Dr. Heinrich Jäckli AG, Baden

- Geologische Bauleitung über die Untersuchungen,
- Geologische Aufnahme der Bohrprofile,
- Entnahme der Lockergesteins- und Felsproben,
- Grundwasserspiegelmessungen in den Piezometerrohren,
- Einmessen und Nivellieren der Sondierstellen. Als Ausgangshöhe für das Nivellement diente der Höhenfixpunkt AG 507G (371.72 m ü.M).

In der nachfolgenden *Tabelle 1* sind die wichtigsten zahlenmässigen Angaben über die einzelnen Sondierungen zusammengestellt. Die Lage der Sondierungen ist aus dem Situationsplan ersichtlich (*Beilage 1*).

Tabelle 1: Sondierungen

Sondierung	Terrainhöhe	Sondierart, Piezometer- rohr	Sondiertiefe	Wasserspiegel		
				Tiefe	Kote	Datum
Nr.	m ü.M.	*)	m	m u.T.	m ü.M.	–
09-7	371.87	KB P **)	22.7	6.15	365.72	15.07.2009
				7.51	364.36	07.08.2009
				7.73	364.14	26.08.2009
				7.73	364.14	07.10.2009
				7.73	364.14	08.10.2009
				7.71	364.16	15.10.2009
				7.89	363.98	09.11.2009
09-9	370.85	KB P **)	17.0	6.65	364.20	10.07.2009
				6.58	364.27	07.08.2009
				7.08	363.77	26.08.2009
				7.01	363.84	07.10.2009
				7.00	363.85	08.10.2009
				7.27	363.58	15.10.2009
				7.15	363.70	09.11.2009
09-10	371.59	KB P **)	24.8	6.60	364.99	21.07.2009
				7.35	364.24	07.08.2009
				7.44	364.15	26.08.2009
				7.45	364.14	07.10.2009
				7.46	364.13	08.10.2009
				7.07	364.52	15.10.2009
				7.59	364.00	09.11.2009
09-11	367.70	KB P **)	27.0	3.46	364.24	27.07.2009
				3.71	363.99	07.08.2009
				3.99	363.71	26.08.2009
				3.94	363.76	07.10.2009
				3.94	363.76	08.10.2009
				4.47	363.23	15.10.2009
				4.27	363.43	09.11.2009
09-12	364.77	DRKS	9.0	keine Angaben (Bohrung auf Kanalsohle)		

*) KB = Rotationskernbohrung
 DRKS = Drehrammkernsondierung
 P = Piezometerrohr

**) OK Piezometerrohr
 Nr. 09-7 371.78 m ü.M.
 Nr. 09-9 370.63 m ü.M.
 Nr. 09-10 371.45 m ü.M.
 Nr. 09-11 367.60 m ü.M.

2 GEOLOGISCHE ÜBERSICHT

Das Konzessionsgebiet des Kraftwerks Aarau liegt im solothurnischen und aargauischen Aaretal, welches zwischen Schönenwerd und Aarau generell dem Südfuss des Faltenjuras folgt. Das glazial geprägte Tal ist in die Schichten des Malms (Oberer Jura) eingetieft, wobei ein Grossteil des Felsuntergrundes den kalkig-mergelig ausgebildeten Gesteinen des Effingen-Members (Wildeggen-Formation) zugehört. Die Felsgesteine sind durch die tektonischen Prozesse während der Jurafaltung stellenweise zerbrochen und zerklüftet worden. Die quartäre Talfüllung über der Felsunterlage wurde spät- und postglazial geschüttet und besteht vorwiegend aus Schotter (sog. Niederterrassenschotter). Nacheiszeitlich wurde die ursprünglich auf einheitlicher Höhe liegende Schotterflur durch Erosion in verschiedene Terrassen gegliedert. Über dem Schotter wurden verbreitet meist geringmächtige, feinkörnige Auensedimente abgelagert.

Von den Seitentälern (Eintalung von Erlinsbach, Roggenhuser-Täli) stossen Lokalschotter und Bachschuttfächer gegen das Aaretal vor und verzahnen sich mit dem eigentlichen Aaretal-Schotter. Von den steilen Talhängen stammen Gehängeablagerungen, welche gravitativ ins Tal transportiert wurden und ebenfalls mit dem Schotter verzahnt sein können.

Der quartäre Schotter beherbergt den ergiebigen Aaretal-Grundwasserstrom, welcher in diversen Grundwasserfassungen genutzt wird. Als Grundwasserstauer wirkt der Felsuntergrund, auch wenn dieser selber, dort wo er stark zerklüftet oder kalkig ausgebildet und verkarstet ist, einen beschränkten Aquifer darstellen kann.

3 ANGETROFFENE UNTERGRUNDVERHÄLTNISSSE

3.1 Künstliche Auffüllungen

In allen Sondierungen wurden zuoberst künstliche Auffüllungen angetroffen. Die künstlichen Auffüllungen sind zwischen 1.4 und 6.6 m mächtig und bestehen vorwiegend aus siltigem Kies mit Sand und Steinen, untergeordnet aus siltigem Sand mit Kies resp. tonigem Silt mit Sand. Die künstlichen Auffüllungen sind teilweise mit Fremdbestandteilen (Ziegelbruchstücke, Schwarzbelag, Keramikbruchstücke) durchsetzt, welche einen Gewichtsanteil von zwischen 2 und 50% aufweisen.

3.2 Auensedimente

Unter den künstlichen Auffüllungen wurden in den Bohrungen Nr. 09-7 und 09-9 Auensedimente festgestellt, deren Untergrenze zwischen 6.3 und 9.9 m verläuft. Die Auensedimente bestehen vorwiegend aus schwach, z.T. mässig siltigem Sand, welcher mit wenig bis reichlich Kies durchsetzt ist und lagenweise viel organisches Material enthält. Die Auensedimente weisen naturgemäss eine kleine bis mittlere Lagerungsdichte auf.

3.3 Schotter

Unter den Auensedimenten resp. den künstlichen Auffüllungen wurde Schotter angetroffen, dessen Untergrenze in 9.4–18.2 m Tiefe festgestellt wurde und in der Bohrung Nr. 09-12 bis in die maximale Sondiertiefe von 7.8 m nicht erreicht wurde. Der Schotter setzt sich aus leicht siltigem Kies mit Sand (gemäss Siebanalyse zwischen 14 und 37 %, *Beilage 10*) und Steinen zusammen. Der Gewichtsanteil der Steine variiert in den Bohrungen zwischen 0 und 20%. Die Steine können schichtweise angehäuft auftreten. Im Schotter sind untergeordnet Sandlinsen und Einschaltungen von sauberem sowie tonig-siltigem Kies vorhanden.

Obwohl in den Kernbohrungen keine Blöcke angetroffen wurden, muss im Schotter gleichwohl mit solchen gerechnet werden. Sie treten in der Regel vereinzelt, sehr selten schichtweise angehäuft auf und können Durchmesser bis rund 0.5 m aufweisen.

Die Lagerungsdichte des Schotters kann als mittel bis hoch eingestuft werden.

3.4 Gehängeablagerungen

Unter dem Schotter wurden im östlichen Arealbereich in den Bohrungen Nr. 09-9 und 09-11 bis in eine Tiefe zwischen 11.1 und 20.2 m Gehängeablagerungen vorgefunden. Die Gehängeablagerungen setzen sich aus tonig-siltigem Kies mit Sand zusammen, wobei die Kieskomponenten vorwiegend aus eckigen Kalksteinbruchstücken bestehen. In den Bohrungen Nr. 09-7 und 09-10 wurden keine vergleichbaren Lockergesteine angetroffen. Die effektive Verbreitung der Gehängeablagerungen im Bereich der geplanten Baugrube ist deshalb nicht genau bekannt. Die Lagerungsdichte der Gehängeablagerungen ist naturgemäss als mittel bis hoch zu taxieren.

3.5 Wildegg-Formation, Effingen-Member

Unter dem Schotter resp. den Gehängeablagerungen lag in allen Sondierungen dunkelgrauer, kalkiger Mergel, welcher dem Effingen-Member (Wildegg-Formation) zuzuordnen ist. Die Felsobergrenze wurde in den Sondierungen in Tiefen zwischen 11.1 und 20.2 m u.T. angetroffen und fällt mit ca. 5° in südliche Richtung ein (*Profil A, Beilage 2* und *Beilage 5*). Der kalkige Mergel ist in den oberflächennahen Partien leicht verwittert, wenig bis mässig zerklüftet und mit zunehmender Tiefe härter ausgebildet.

Das Gestein weist allgemein eine schwach ausgeprägte Schichtung auf. Im stärker verwitterten, oberen Bereich waren die Bohrproben entlang der Schichtung teils zerbrochen. Im schwach verwitterten Bereich ist das Gestein dagegen als massig und ungebant zu bezeichnen.

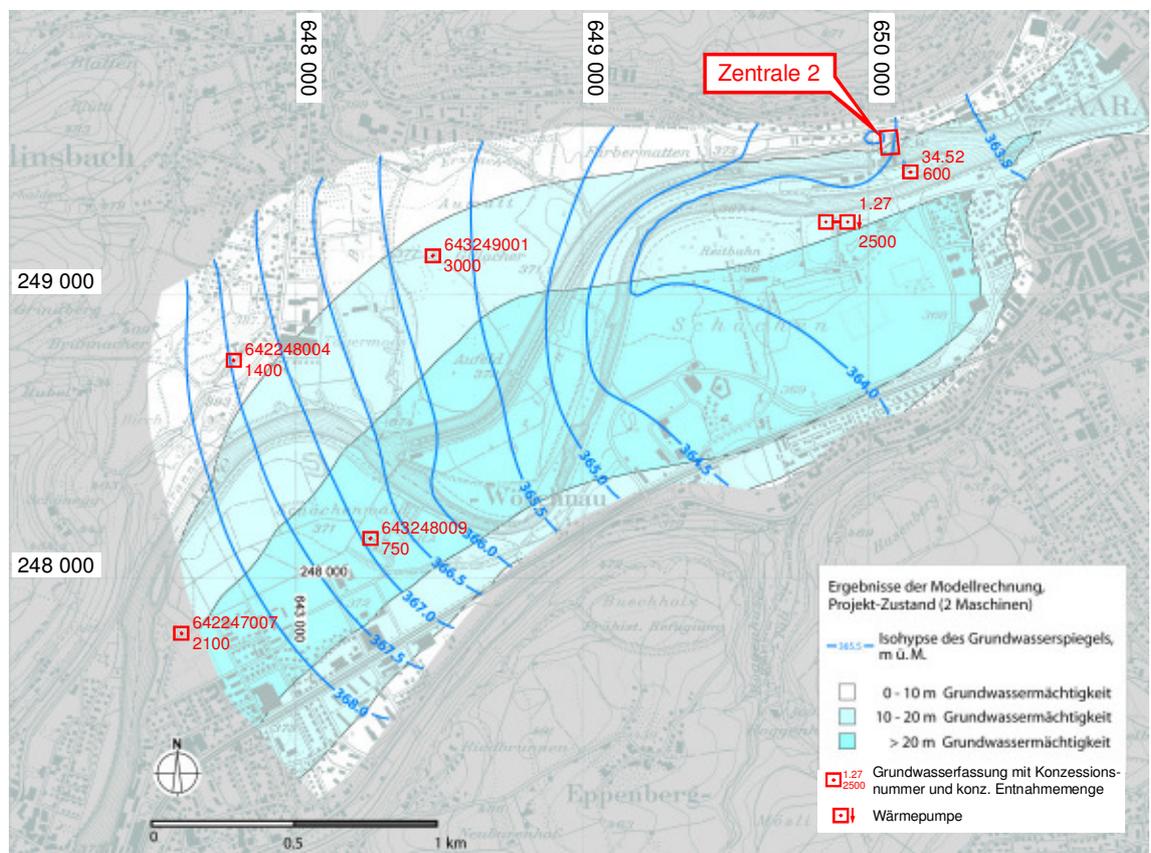
4 WASSERVERHÄLTNISSE

4.1 Hydrogeologische Übersicht

Als Haupt-Grundwasserleiter wirkt im Aaretal der Niederterrassen-Schotter, welcher lokal Mächtigkeiten bis 30 m aufweisen kann. Der Grundwasserleiter stellt als Talfüllung generell einen längsgestreckten, trogförmigen Körper dar, dessen grösste Tiefe im Bereich des Aarauer Schachens etwas südlich der Talmitte liegt. Die Breite der Schotterrinne variiert sehr stark, da Felsriegel das Tal queren. Solche Felsriegel sind einerseits bei Schönenwerd, andererseits bei Aarau vorhanden. Die schmalste Stelle befindet sich ca. 500 m östlich des Kraftwerks im Bereich der Aarauer Kettenbrücke. Die Schotterrinne hat hier eine maximale Breite von lediglich ca. 370 m. Dazwischen, d.h. im Gebiet der Konzessionsstrecke des Kraftwerks, weitet sich die Schotterrinne beckenförmig aus und erreicht zwischen Niedererlinsbach und Eppenbergr mit ca. 1.5 km seine maximale Breite (Figur 1).

Die Grundwassermächtigkeit erreicht in der Talsohle des Aaretals 20 und mehr Meter und dünnt gegen die Talflanken aus. Auf beiden Talseiten finden sich noch gewisse Schottervorkommen, welche kein nutzbares Grundwasser mehr enthalten, jedoch zum seitlichen Einzugsgebiet des Grundwasservorkommens gehören.

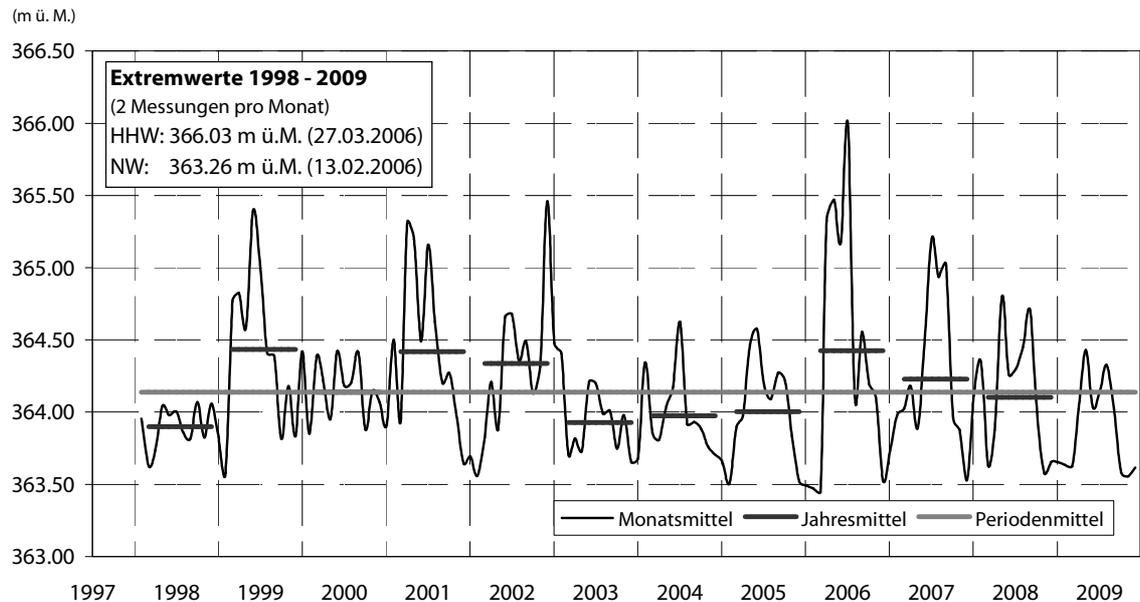
Figur 1: Ausschnitt aus der Grundwasserkarte 1:25'000 (Quelle: UVB Hauptuntersuchung, Regionales Grundwasser-Strömungsmodell)



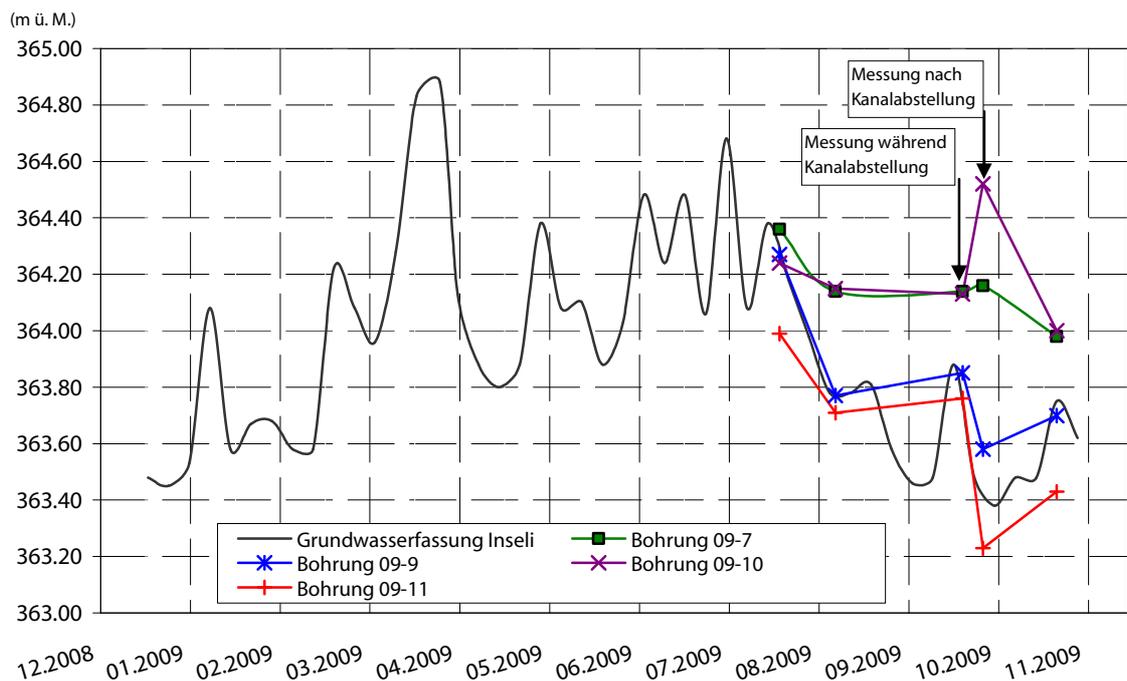
4.2 Grundwasserspiegellage

Der Grundwasserspiegel liegt im Bereich der Talsohle meist nur wenige Meter unter der Geländeoberfläche. Im Bereich der Zentrale wurde er am 9. November 2009 in den Sondierbohrungen in Tiefen zwischen ca. 4.25 und 7.75 m unter dem bestehenden Terrain angetroffen.

Figur 2: Ganglinie (Monatsmittel) des Grundwasserspiegels in der Grundwasserfassung Inseli 1998–2009



Figur 3: Ganglinie des Grundwasserspiegels in den Piezometerrohren und der Grundwasserfassung Inseli



In der ca. 100 m südöstlich der Zentrale 2 gelegenen Grundwasserfassung Inseli (IBAarau AG, Konz.-Nr. 34.52, konzessionierte Entnahmemenge 600 l/min) betrug die Amplitude der Grundwasserschwankungen in der Periode 1998–2009 rund 2.75 m (*Figur 2*).

Aufgrund der über einen Zeitraum von ca. drei Monaten durchgeführten Messungen in den neu erstellten Bohrungen (*Tabelle 1, Figur 3*) kann erwartet werden, dass die Schwankungen des Grundwasserspiegels im Bereich der Zentrale 2 vergleichbar gross sind wie in der Fassung Inseli. Unter dieser Annahme ergeben sich für die Zentrale 2 für den Nieder-, Mittel- und Hochwasserstand folgende Niveaus:

Tabelle 2: Grundwasserspiegel im Bereich der Zentrale 2 (Periode 1998–2009)

Wasserstand	Oberwasserseite Zentrale 2	Unterwasserseite Zentrale 2
Niederwasser	363.5 m ü.M.	363.1 m ü.M.
Mittelwasser	364.4 m ü.M.	364.0 m ü.M.
Hochwasser	366.1 m ü.M.	365.7 m ü.M.

Der Grundwasserspiegel liegt in den Grundwassermessstellen auf der Oberwasserseite (Bohrungen Nr. 09-7 und 09-10) nur ca. 0.4 m höher als in den Messstellen auf der Unterwasserseite (Bohrungen Nr. 09-9 und 09-11). In Letzteren liegt der Grundwasserspiegel ungefähr auf der Höhe des Pegels von Altlauf resp. vom Unterwasser. Altlauf und Unterwasser der Aare wirken für das Grundwasser als Vorflut und regulieren damit im Wesentlichen den Grundwasserspiegel im Bereich des Kraftwerks. Obschon Aarewasser aus dem Oberwasserkanal ins Grundwasser infiltriert, korrespondiert der Grundwasserspiegel nicht mit dem Pegel des Oberwassers, sondern liegt ungefähr auf der Höhe der Sohle des Oberwasserkanals. Im Uferbereich des Oberwasserkanals ist daher mit einer Infiltrationszone zu rechnen, in welcher grundsätzlich ungesättigte Wasserverhältnisse herrschen. Je nach Durchlässigkeit des Materials und der Abdichtung des Oberwasserkanals (Kanalwände, natürliche Kolmation der Kanalsole) kann aber zonenweise trotzdem Wasser zirkulieren.

4.3 Durchlässigkeit

Schotter

Der als Grundwasserleiter wirkende Schotter wurde extramorän abgelagert. Dementsprechend ist er gut gewaschen, arm an Feinbestandteilen und damit allgemein gut durchlässig. Zur Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte k wurden in den Sondierbohrungen im Bereich des Kraftwerks Pumpversuche mit stufenweisem Rohrrückzug durchgeführt. Die Werte lagen dabei zwischen 3×10^{-4} und 1×10^{-2} m/s (*Beilage 12*). Hangseitig (Bohrungen Nr. 09-7 und 09-9) war die Durchlässigkeit generell geringer als in den Bohrungen Nr. 09-10 und 09-11, welche weiter südlich im mittleren Teil der Schotterrinne liegen.

Fels

Die kalkigen Mergel des Effingen-Members sind bezüglich Poren-Durchlässigkeit als praktisch undurchlässig zu bezeichnen. Da die Gesteine aber zerklüftet sind, ist trotzdem mit einer gewissen Durchlässigkeit zu rechnen. Diese wurde mittels Lugeon-Tests (Wasserabpress-Versuche) und Pumpversuchen untersucht.

Bei den Lugeon-Tests wurde eine Teststrecke im Bohrloch einer Abfolge von verschiedenen Wasserdrücken ausgesetzt. Die Wasserverluste in Funktion des aufgebracht Druckes ergeben den so genannten Lugeon-Wert. Eine Lugeon-Einheit entspricht dem Verlust von 1 l Wasser pro Minute und Meter Teststrecke bei einem Druck von 10 bar.

Die Versuchsprotokolle sind in der *Beilage 11* zusammengestellt. Daraus geht hervor, dass der Lugeon-Wert zwischen ca. 28.3 und 297.5 l/min pro m beträgt.

Aus den Lugeon-Werten lassen sich nach der Beziehung von Snows k-Werte in der Grössenordnung von 1×10^{-5} bis 2×10^{-6} m/s ableiten.

Zusätzlich wurde in den Bohrungen Nr. 09-7, 09-10 und 09-11 vor dem Rückzug des Futterrohres jeweils ein Pumpversuch durchgeführt. Dabei wurde im Wesentlichen ebenfalls die Durchlässigkeit des Felsens gemessen. Es wurden k-Werte in der Grössenordnung von 1×10^{-6} bis 1×10^{-7} bestimmt. Diese Werte sind rund eine Zehnerpotenz kleiner als die aufgrund der Lugeon-Tests ermittelten Werte. Diese Abweichung kann wahrscheinlich dadurch erklärt werden, dass die wasserführenden Klüfte beim Lugeon-Test (Wasserabpress-Versuch) etwas geöffnet werden. Dadurch verändert sich die Durchlässigkeit des Gesteins auf der Teststrecke im Grössenbereich der bestimmten Werte.

4.4 Grundwasserschutz

Das Kraftwerk Aarau ist gemäss der Gewässerschutzkarte des Kantons Aargau dem Gewässerschutzbereich A_u zugeordnet.

Die Thematik des quantitativen Grundwasserschutzes wird im Rahmen der Hauptuntersuchung des Umweltverträglichkeitsberichts (UVB), abgehandelt, welcher für die Erneuerung des Kraftwerks notwendig ist.

5 BAUTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

5.1 Projekt

Das Projekt beinhaltet den Neubau des nördlichen Kraftwerkteils, wo entweder zwei oder drei Maschinengruppen installiert werden. Die lage- und niveaumässige Anordnung des Neubaus sind aus dem Situationsplan und den geologisch bearbeiteten Profilen A bis C (*Beilagen 1 bis 7*) ersichtlich.

5.2 Baugrundwerte

Für erdstatische Berechnungen können die aufgrund der Sondier- und Laborergebnisse geschätzten Baugrundwerte gemäss SIA-Norm 267 (Geotechnik) der nachfolgenden *Tabelle 3* verwendet werden. Es handelt sich dabei um Erwartungswerte mit Angabe von Extremwerten.

*Tabelle 3: Baugrundwerte für ungestörte Verhältnisse
 (geschätzte Erwartungswerte X_m , in Klammer Extremwerte X_{extr})*

Bodenbeschreibung	Raumlast	Kohäsion	Reibungswinkel	Zusammendrückungsmodul	
				Erstbelastung	Wiederbelast.
	γ	c'	ϕ'	ME	ME'
	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]	[MN/m ²]	[MN/m ²]
<i>künstliche Auffüllung</i>					
– siltiger Sand mit Kies und Steinen	20	(1) 3 a)	(30) 33	(15) 30	60
– siltiger Kies mit Sand und Steinen	21	0	(33) 36	(25) 40	100
<i>Auensedimente</i>					
– siltiger Sand mit Kies	19	(1) 3 a)	(30) 32	(15) 20	40
<i>Schotter</i>					
– sauberer Sand mit Kies	20.5	0	(31) 33	(30) 40	100
– sauberer bis leicht siltiger Kies mit Sand und Steinen	21	0	(37) 39	(50) 70	180
<i>Gehängeablagerungen</i>					
– tonig-siltiger Sand mit Kies	20	(2) 4	(29) 31	(25) 35	80
– toniger-siltiger Kies mit Sand	21	(2) 4	(34) 36	(30) 50	120
<i>Effingen-Member</i>					
– Mergel, verwittert	23	(10) 20	(25) 28	(50) 70	200
– kalkiger Mergel, unverwittert	(25) 26 (27)	dc = 4'000–20'000 b)		praktisch inkompressibel	

Umrechnung Einheiten:

$$1 \text{ kN/m}^3 = 0.1 \text{ t/m}^3 \quad 1 \text{ kN/m}^2 = 0.1 \text{ t/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2 \quad 1 \text{ MN/m}^2 = 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

- a) scheinbare Kohäsion oberhalb des Grundwasserspiegels infolge natürlicher Bodenfeuchtigkeit (geht bei Durchnässung oder Austrocknung vollständig verloren)
- b) einachsige Druckfestigkeit dc

Bestimmung der charakteristischen Werte $X_k = X_m - \alpha (X_m - X_{extr})$

Faktor für Zuverlässigkeit $\alpha = 0.20$

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der felsmechanischen Untersuchungen zusammengestellt. Die Daten geben einen groben Anhaltspunkt über die Felskennwerte.

Tabelle 4: einachsige Druckfestigkeit, Elastizitäts- und Verformungs-Modul, Poisson-Zahl von Felsproben

	Proben	Mittelwert	Bandbreite
einachsige Druckfestigkeit	6 Stück	12.1 N/mm ²	4.8–17.9 N/mm ²
Elastizitäts-Modul	6 Stück	1972 N/mm ²	790–4265 N/mm ²
Verformungs-Modul	6 Stück	1145 N/mm ²	240–2846 N/mm ²
Poisson-Zahl	6 Stück	0.13	0.04–0.24

Erdbeben

Für die erdbebengerechte Projektierung gemäss SIA-Norm 261 (Einwirkungen auf Tragwerke) ist der Untergrund im Projektgebiet aufgrund der Sondierergebnisse der Baugrundklasse A zuzuordnen.

5.3 Foundation

Die Gebäudesohle des neuen Kraftwerkteils verläuft grösstenteils im Fels und lediglich im südlichen Bereich im darüber liegenden Schotter.

Auf dem leicht verwitterten, kalkigen Mergel sind Bodenpressungen in der Grössenordnung von 2'000 kN/m² (Bemessungsniveau) möglich, wobei lediglich mit geringfügigen Setzungen im mm-Bereich zu rechnen ist.

Für die Gebäudeteile auf dem Schotter sind die möglichen Bodenpressungen für mitwirkende quadratische und streifenförmige Bodenplattenbereiche in den nachfolgenden Figuren zusammengestellt. Es wurden für die Baugrundwerte X_k folgende Partialfaktoren festgelegt:

- Kohäsion c' $\gamma_c = 1.5$
- Reibungswinkel φ' $\gamma_\varphi = 1.2$
- Raumlast γ_e $\gamma_\gamma = 1.0$
- Zusammendrückungsmodul M_E $\gamma_E = 1.0$

Überreste von Gehängeablagerungen (z. B. Bereich der nördlichen Schwallentlastung im Profil A, *Beilage 2* sind bis auf den Fels auszuheben und durch Magerbeton zu ersetzen.

Die Setzungen werden grösstenteils bei Belastung der Foundationselemente eintreten und ihr Endmass infolge des Gebäudeeigengewichts bei Abschluss der Rohbauarbeiten praktisch erreichen.

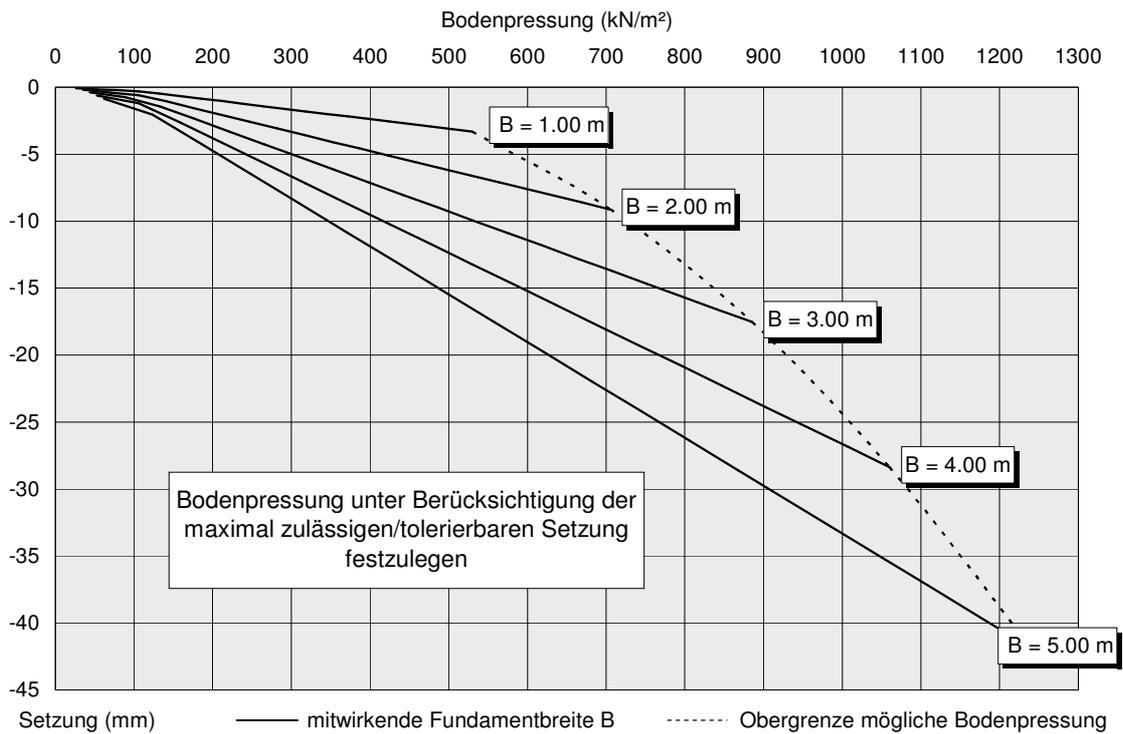
Für weitere Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzungen können die Baugrundwerte der *Tabelle 3* verwendet werden.

Figur 4: Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende quadratische Bodenplattenbereiche im Schotter (Bemessungsniveau)

Annahmen:

Kohäsion c_d'	($\gamma_c = 1.5$)	0	kN/m ²	
Winkel der inneren Reibung φ_d'	($\gamma_{\tan\varphi} = 1.2$)	34	°	
Raumlast γ_d	($\gamma_\gamma = 1.0$)	11	kN/m ³	
effektiver Überlagerungsdruck q		13	kN/m ²	Bodenplatte
Zusammendrückungsmodul M_{Ed}	($\gamma_E = 1.0$)	70	MN/m ²	Erstbelastung
Zusammendrückungsmodul $M_{E'd}$	($\gamma_E = 1.0$)	180	MN/m ²	Wiederbelastung
effektive Vorbelastung		110	kN/m ²	
Konzentrationsfaktor Spannungsausbreitung		0.5		

mitwirkende Fundamentbreite (m)	Boden- pressung (kN/m ²)	Anteil Wieder- belastung (kN/m ²)	Anteil Erst- belastung (kN/m ²)	Setzung		
				Wiederbel. (mm)	Erstbelast. (mm)	Total (mm)
1.00	530	110	420	0	-3	-3
2.00	705	110	595	-1	-9	-10
3.00	885	110	775	-1	-17	-18
4.00	1060	110	950	-1	-27	-28
5.00	1240	110	1130	-2	-40	-42

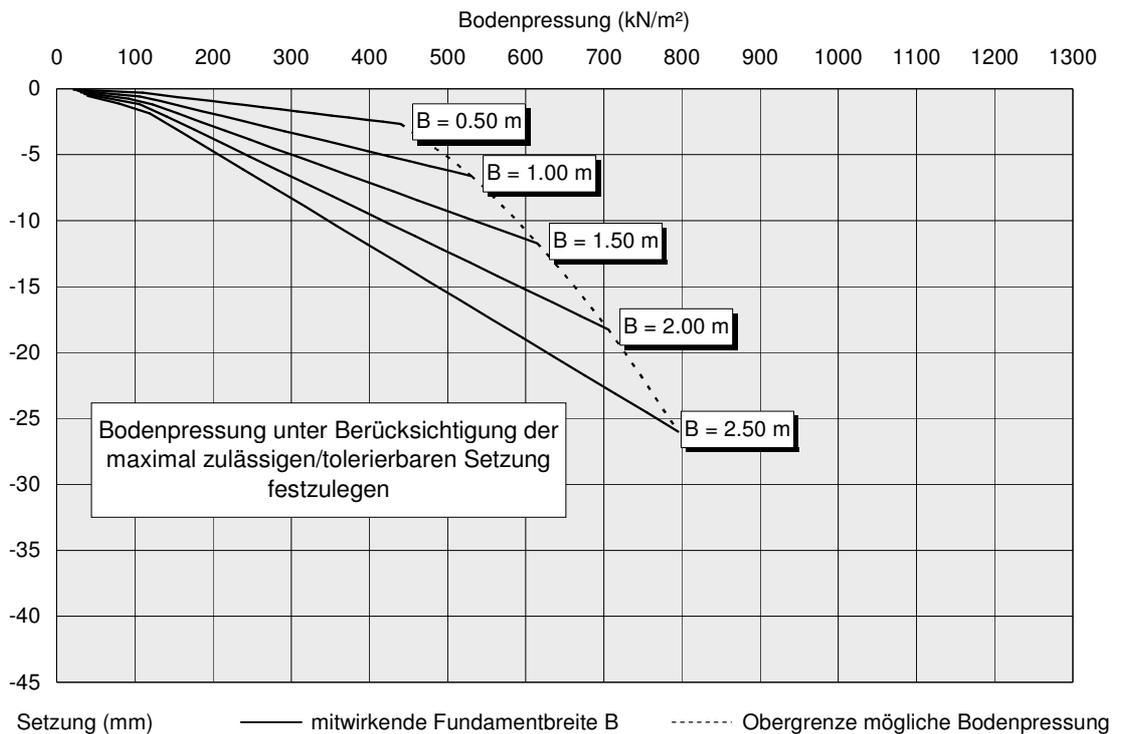


Figur 5: Tragfähigkeits- und Setzungsabschätzung für mitwirkende streifenförmige Streifenfundamente im Schotter (Bemessungsniveau)

Annahmen:

Kohäsion c_d'	($\gamma_c = 1.5$)	0	kN/m ²	
Winkel der inneren Reibung φ_d'	($\gamma_{\tan\varphi} = 1.2$)	34	°	
Raumlast γ_d	($\gamma_\gamma = 1.0$)	11	kN/m ³	
effektiver Überlagerungsdruck q		13	kN/m ²	Bodenplatte
Zusammendrückungsmodul M_{Ed}	($\gamma_E = 1.0$)	70	MN/m ²	Erstbelastung
Zusammendrückungsmodul $M_{E'd}$	($\gamma_E = 1.0$)	180	MN/m ²	Wiederbelastung
effektive Vorbelastung		110	kN/m ²	
Konzentrationsfaktor Spannungsausbreitung		1.0		

mitwirkende Fundamentbreite (m)	Boden- pressung (kN/m ²)	Anteil Wieder- belastung (kN/m ²)	Anteil Erst- belastung (kN/m ²)	Setzung		
				Wiederbel. (mm)	Erstbelast. (mm)	Total (mm)
0.50	440	110	330	0	-2	-2
1.00	530	110	420	-1	-6	-7
1.50	615	110	505	-1	-11	-12
2.00	705	110	595	-1	-17	-18
2.50	795	110	685	-2	-24	-26



5.4 Aushub

Belastungen im Untergrund

Gemäss den durchgeführten Sondierungen ist insbesondere im Bereich nördlich der Zentrale 2 mit *belastetem* Aushub zu rechnen, welcher einer gesetzes- und vollzugskonformen Weiterverwendung resp. Entsorgung zugeführt werden muss. Die Thematik "Abfälle und umweltgefährdende Stoffe" wird im Rahmen des Umweltverträglichkeitsberichts (UVB Hauptuntersuchung) abgehandelt, welcher für die Erneuerung des Kraftwerks notwendig ist.

Baggerfähigkeit und Abbaubarkeit

Die Lockergesteinsschichten sind als normal baggerfähig einzustufen. Im Schotter können einzelne, selten schichtweise angehäufte Blöcke auftreten.

Für den Abbau des Felsens sind Lockerungssprengungen und/oder der Einsatz eines Abbauhammers erforderlich.

Verwendung des Aushubmaterials

Vom Aushubmaterial eignet sich der Schotter am besten für eine Weiterverwendung. Er weist aufgrund der ermittelten Kornverteilungskurven allerdings eine relativ schlechte Kornabstufung mit einem hohen Feinsandanteil auf. Überdies ist er mit Steinen und einzelnen Blöcken durchsetzt und muss deshalb je nach Verwendungszweck evtl. zuerst aufbereitet werden.

Der Felsaushub besteht aus kalkigem Mergel, welcher nicht verwitterungsresistent ist und somit als Baustoff nur beschränkt einsetzbar sein wird. Überdies ist die Verwendungsmöglichkeit stark von der Grössenverteilung der beim Aushub anfallenden Gesteinsbrocken abhängig. Es besteht die Möglichkeit, das Material zu brechen.

Die übrigen Aushubmaterialien eignen sich zum Vorneherein höchstens für untergeordnete Aufschüttungen oder Auffüllungen ohne hohe Verdichtungsanforderungen.

5.5 Baugrubenabschluss

Es ist vorgesehen, den Baugrubenabschluss im Fluss als Kastenfangdamm zu erstellen. In den Lockergesteinsschichten lassen sich die Spundwandprofile aufgrund der Sondierergebnisse voraussichtlich gut abteufen. Zu Erschwernissen können evtl. einzeln auftretende Blöcke führen.

Für eine Einbindung der Spundwand in den Fels sind Vorbohrungen erforderlich, da sich die Spundwandbohlen wahrscheinlich nur einige cm bis wenige dm in den kalkigen Mergel einreiben lassen.

Der seitliche Baugrubenabschluss gegen das bestehende Kraftwerksgebäude kann von den Platzverhältnissen her nicht als Spundwand erstellt werden. Hier muss ein spezielles Wandsystem gewählt werden (z.B. Jetting-Wand).

Für eine allfällige Rückverankerung des Baugrubenabschlusses mittels Lockergesteinsankern sind die Verankerungsstrecken im Schotter mit einem Strumpfüberzug zu versehen, um die

Menge und Ausbreitung des Injektionsgutes im Hinblick auf den quantitativen Grundwasserschutz zu begrenzen.

5.6 Bauwasserhaltung

Bei einer allseitig wasserdichten Baugrubenumschliessung beschränkt sich die Bauwasserhaltung auf das Sammeln und Abpumpen des Wassers, welches durch die undichten Spundwandschlösser hindurch fliesst und welches aus dem Fels in das Baugrubeninnere gelangt. Der Zufluss aus dem Fels begrenzt sich auf die Klüfte, deren Ergiebigkeit aufgrund der Untersuchungen schwierig zu beurteilen ist. Mit den ermittelten kleinen k-Werten von rund 1×10^{-5} bis 2×10^{-6} m/s ergibt sich rechnerisch eine geringe Wassermenge, wobei einzelne offene Klüfte ein Mehrfaches an Wasser in die Baugrube führen können.

Die Bauwasserhaltung in der wasserdicht umschlossenen Baugrube kann mit Hilfe von Pumpensümpfen oder bis auf den Fels reichenden Filterbrunnen erfolgen. Das Wasser ist über ein Absetzbecken zu führen und kann mit entsprechender Bewilligung in die Aare geleitet werden. Dabei sind in hydrochemischer Hinsicht die Einleitbedingungen einzuhalten.

5.7 Trockenhaltung unterirdische Gebäudeteile

Die unterirdischen Gebäudeteile sind bis auf das Niveau des höchsten Wasserspiegels (plus Sicherheitszuschlag) wasserdicht auszubilden und unter anderem auch auf den hydrostatischen Wasserdruck zu bemessen.

5.8 Bauüberwachung

Im Rahmen der Bauüberwachung sind vor, während und nach Abschluss der Bauarbeiten die notwendigen Messungen und Beobachtungen durchzuführen. Die Ausarbeitung des entsprechenden Überwachungskonzeptes liegt im Verantwortungsbereich des projektierenden Ingenieurs.

Zu einer einwandfreien Überwachung der Baugrube gehören während der Bauphase periodische Kontrollen der Verformungen des Baugrubenabschlusses, die Überprüfung allfälliger Anker und eine Überwachung der Bauwasserhaltung (Wasserspiegel innerhalb und ausserhalb der Baugrube, Pumpwasserqualität).

Es empfiehlt sich, von den Nachbargebäuden im Sinne einer vorsorglichen Beweisaufnahme vor Beginn der Bauarbeiten eine gegengezeichnete amtliche Zustandsaufnahme durchführen zu lassen. Ferner sollten an den gefährdeten Nachbarbauwerken Messbolzen versetzt werden, welche vor, während und nach den Bauarbeiten geodätisch überwacht werden.

Mit der Überwachung können kritische Bauphasen frühzeitig erkannt und allfällige nötige Gegenmassnahmen rechtzeitig eingeleitet werden. Zudem lassen sich ungerechtfertigte nachträgliche Forderungen zurückweisen und berechtigte Forderungen können quantifiziert werden.

6 METEORWASSERVERSICKERUNG

Die hydrogeologischen Aspekte der Meteorwasserversickerung werden im Umweltverträglichkeitsbericht (UVB Hauptuntersuchung) abgehandelt, welcher zur Erneuerung des Kraftwerks Aarau notwendig ist.

Baden, 23. Dezember 2009

080261 bericht zentrale.doc (PDF-Ausdruck)A/PH/ZR/md

Dr. Heinrich Jäckli AG

Sachbearbeiter:

R. Arnold, dipl. Bauing. ETH

H. R. Pfister, MSc UniBAS, Geologe

R. Ziltener, dipl. Bauing. FH

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau
Aarau / AG

Geologisch-geotechnischer Bericht
Bereich Zentrale 2

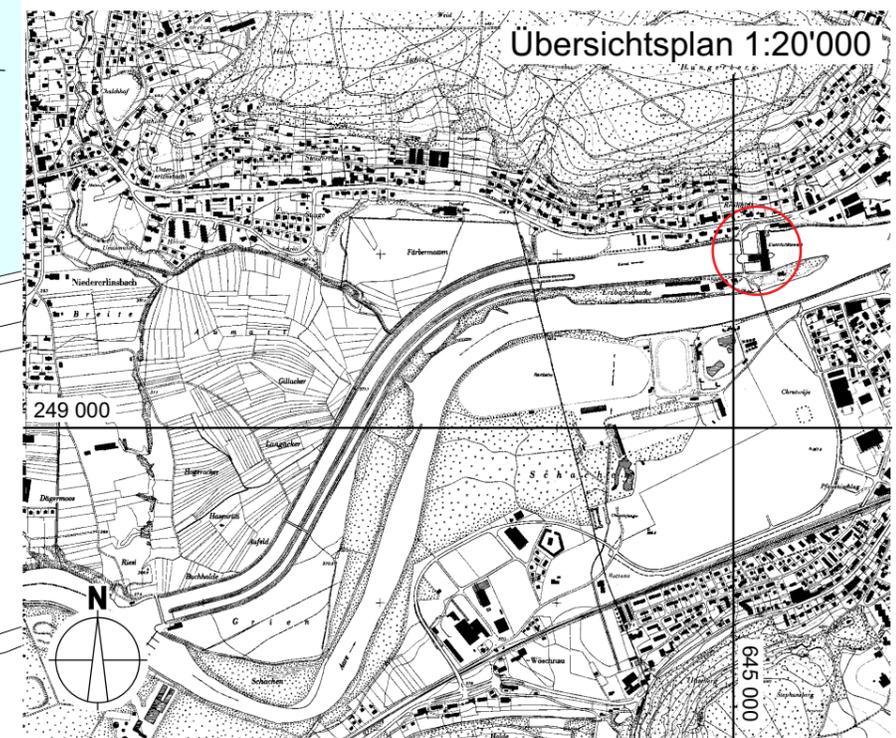
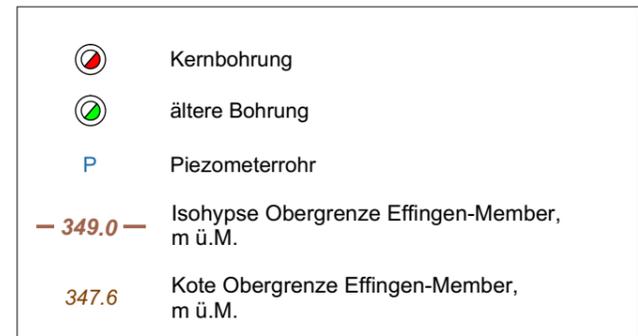
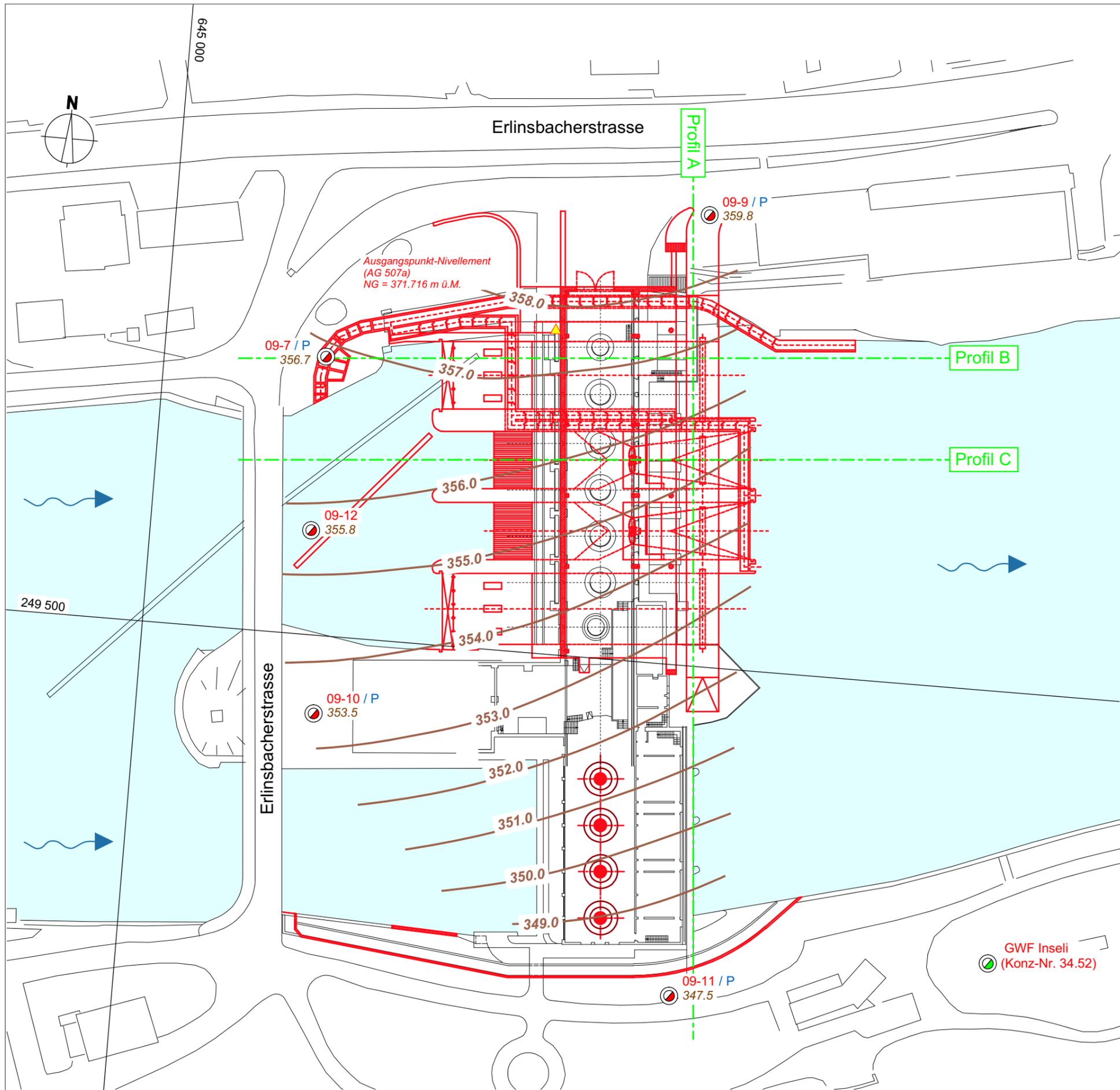
Beilagen

- Beilage 1: Situation 1:750, Lage der Sondierungen, Verlauf der Felsobergrenze
- Beilage 2: Profil A 1:200, Variante mit 2 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
- Beilage 3: Profil B 1:200, Variante mit 2 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
- Beilage 4: Profil C 1:200, Variante mit 2 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
- Beilage 5: Profil A 1:200, Variante mit 3 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
- Beilage 6: Profil B 1:200, Variante mit 3 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
- Beilage 7: Profil C 1:200, Variante mit 3 Maschinengruppen, geologisch bearbeitet
- Beilage 8: Kernbohrungen Nr. 09-7 und Nr. 09-9 bis 09-11, 1:100
- Beilage 9: Drehrammkernbohrung Nr. 09-12, 1:100
- Beilage 10: Untersuchungsergebnisse Erdbau- und Felslabor
- Beilage 11: Lugeon-Tests (Wasserabpress-Versuche)
- Beilage 12: Auswertung Pumpversuche

Erneuerung und Neukonzessionierung
Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

Geologische Baugrunduntersuchungen
Bereich Zentrale 2

Situation 1:750
Lage der Sondierungen, Verlauf der
Felsobergrenze



N

S

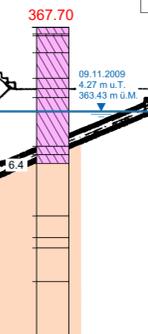
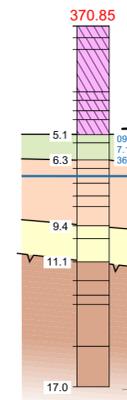
Beilage 2
zum Bericht vom 23. Dezember 2009

Erneuerung und Neukonzessionierung
Kraftwerk Aarau, Aarau / AG
Geologische Baugrunduntersuchungen
Bereich Zentrale 2

Profil A 1:200
geologisch bearbeitet
(Variante mit 2 Maschinengruppen)

09-9 / P
(3 m projiziert)

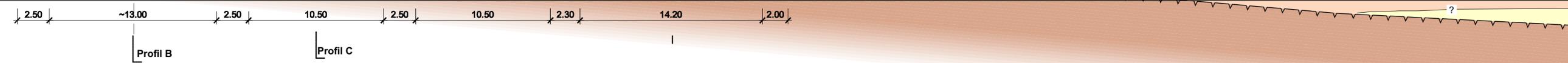
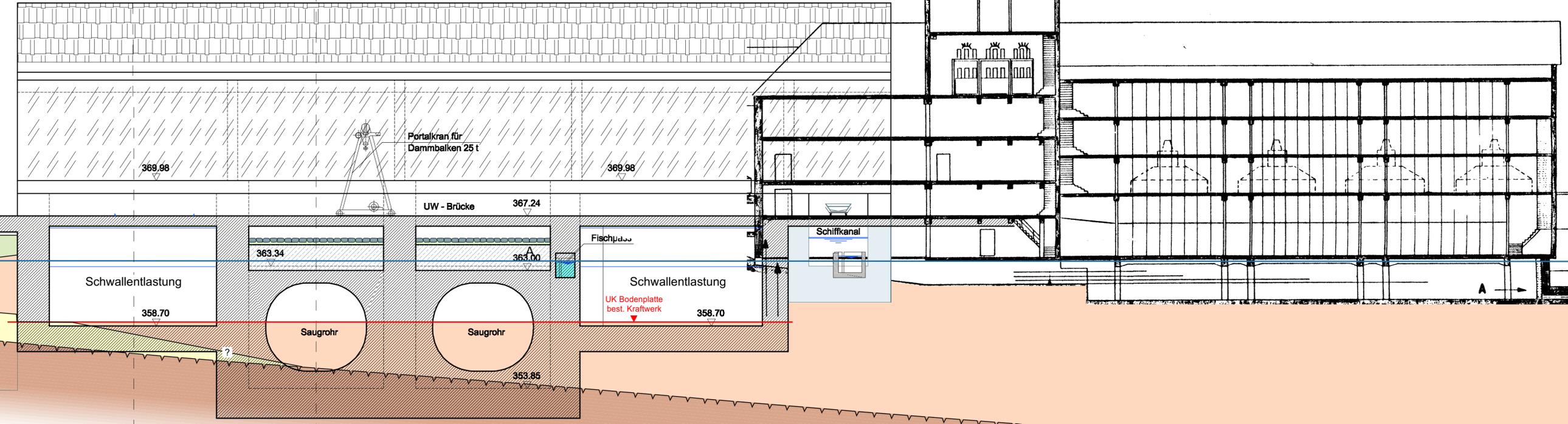
09-11 / P
(5 m projiziert)



- künstliche Auffüllungen
- Auensedimente
- Schotter
- Gehängeablagerungen
- Effingen-Member
- Felsobergrenze, lineare Interpolation
- Grundwasserspiegel mit Datum

Profil B

Profil C



350.00

Erneuerung und Neukonzessionierung
Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

Geologische Baugrunduntersuchungen
Bereich Zentrale 2

Profil B 1:200
geologisch bearbeitet
(Variante mit 2 Maschinengruppen)

W

E

Profil A

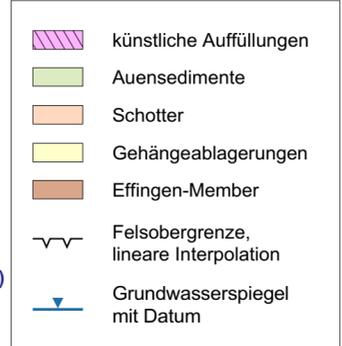
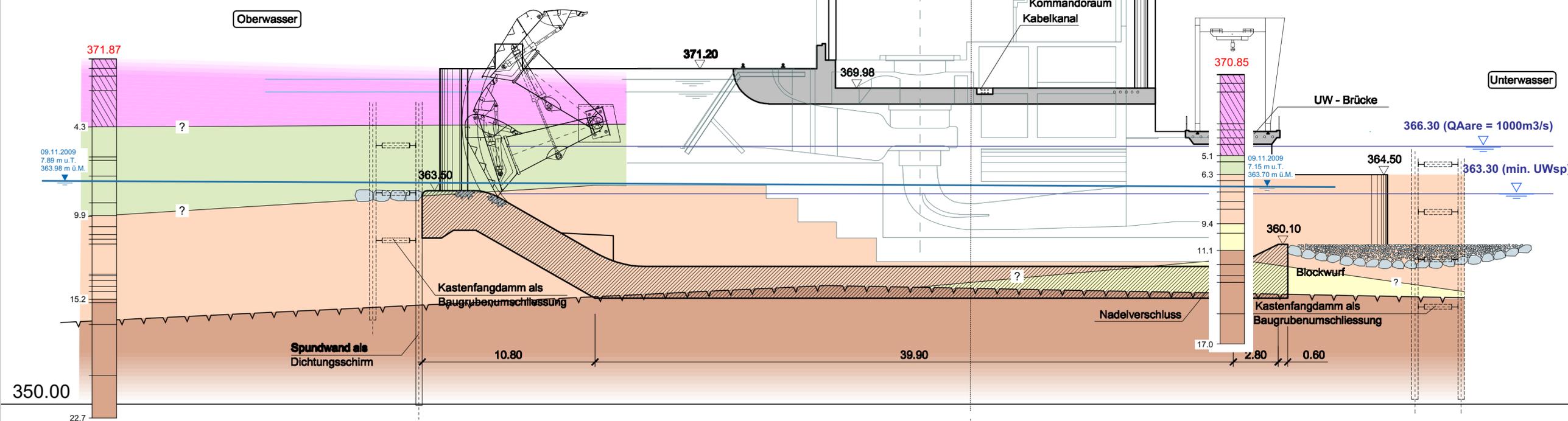
Profil A

09-7 / P

09-9 / P
(27 m projiziert)

Oberwasser

Unterwasser



Erneuerung und Neukonzessionierung
Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

Geologische Baugrunduntersuchungen
Bereich Zentrale 2

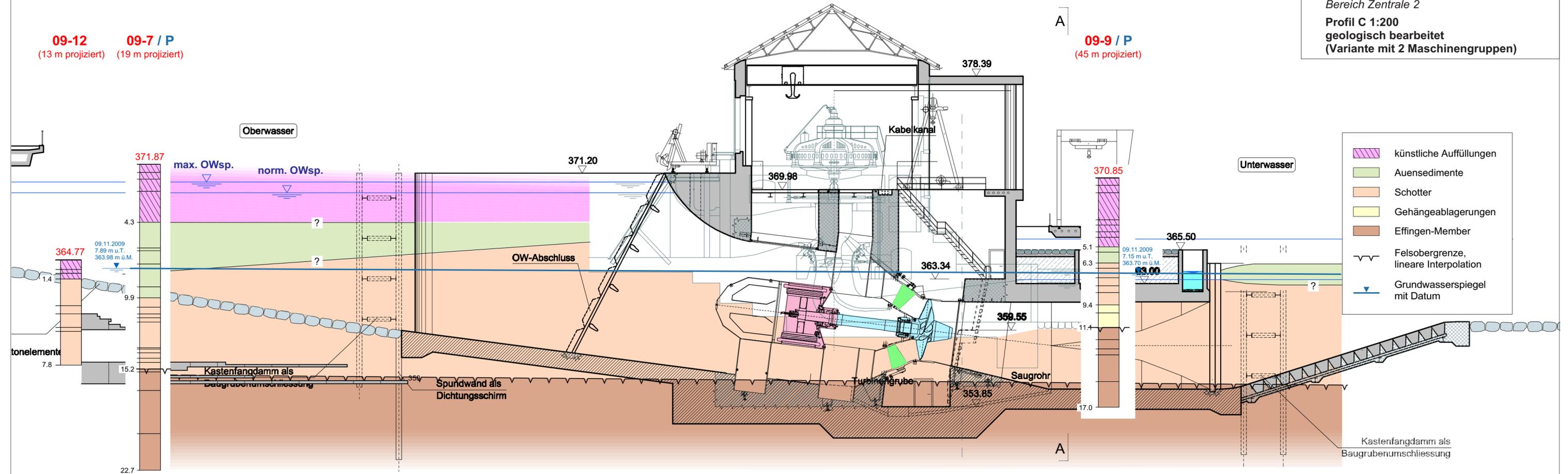
Profil C 1:200
geologisch bearbeitet
(Variante mit 2 Maschinengruppen)

W

E

09-12 (13 m projiziert) 09-7 / P (19 m projiziert)

09-9 / P (45 m projiziert)



- künstliche Auffüllungen
- Auensedimente
- Schotter
- Gehängeablagerungen
- Effenen-Member
- Felsobergrenze, lineare Interpolation
- Grundwasserspiegel mit Datum

340.00

N

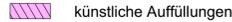
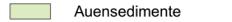
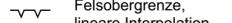
S

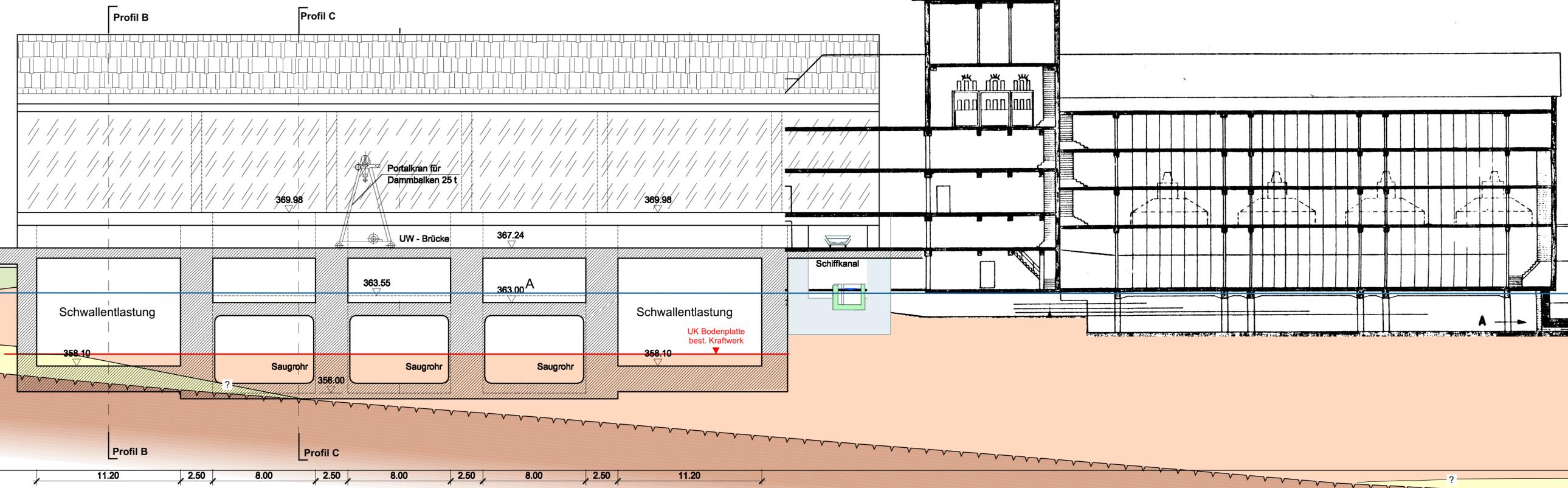
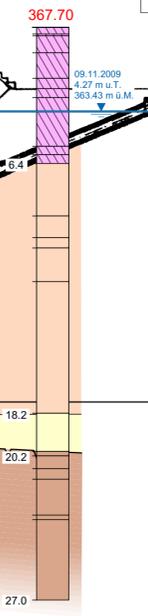
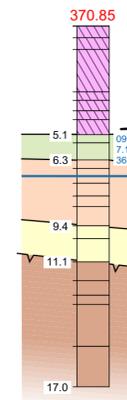
Beilage 5
zum Bericht vom 23. Dezember 2009

Erneuerung und Neukonzessionierung
Kraftwerk Aarau, Aarau / AG
*Geologische Baugrunduntersuchungen
Bereich Zentrale 2*
**Profil A 1:200
geologisch bearbeitet
(Variante mit 3 Maschinengruppen)**

09-9 / P
(3 m projiziert)

09-11 / P
(5 m projiziert)

-  künstliche Auffüllungen
-  Auensedimente
-  Schotter
-  Gehängeablagerungen
-  Effingen-Member
-  Felsobergrenze, lineare Interpolation
-  Grundwasserspiegel mit Datum



350.00

Erneuerung und Neukonzessionierung
Kraftwerk Aarau, Aarau / AG
*Geologische Baugrunduntersuchungen
Bereich Zentrale 2*
Profil B 1:200
geologisch bearbeitet
(Variante mit 3 Maschinengruppen)

W

E

Profil A

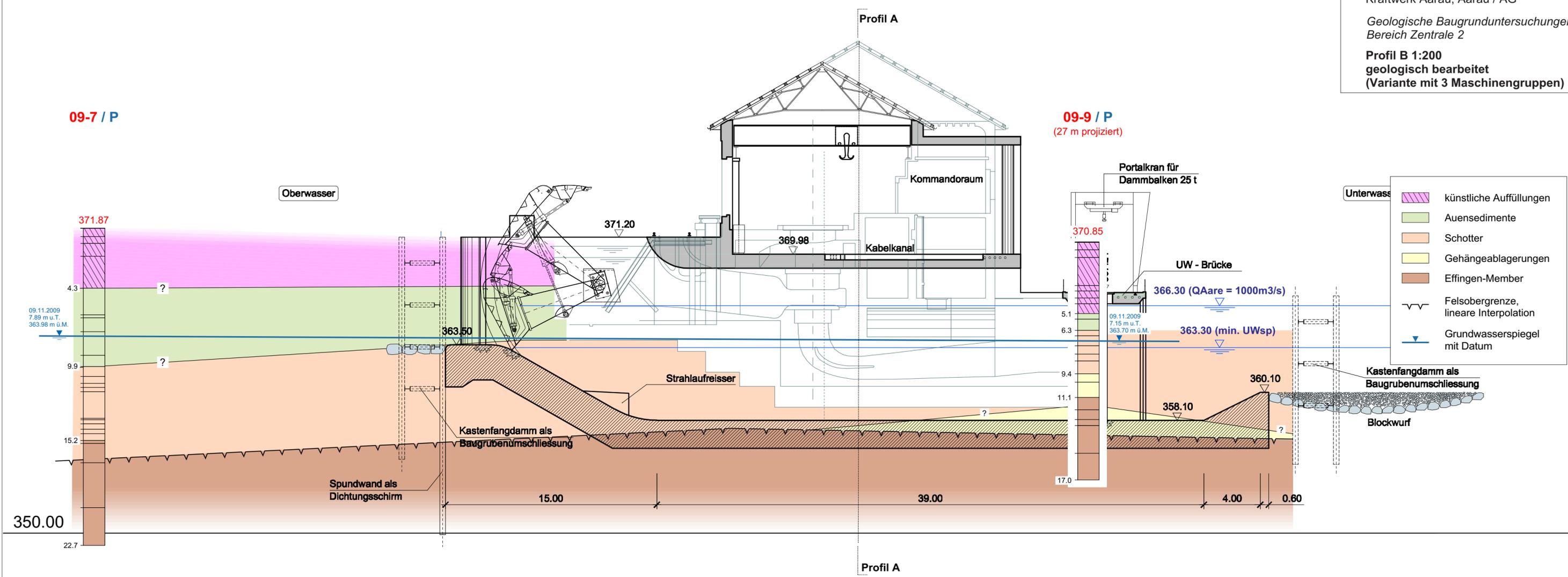
Profil A

09-7 / P

09-9 / P
(27 m projiziert)

Oberwasser

Unterwasser



- künstliche Auffüllungen
- Auensedimente
- Schotter
- Gehängeablagerungen
- Effingen-Member
- Felsbergrenze, lineare Interpolation
- Grundwasserspiegel mit Datum

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau
Aarau / AG

Geologisch-geotechnischer Bericht
Bereich Zentrale 2

Kernbohrungen Nr. 09-7 und Nr. 09-9 bis 09-11, 1:100

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau Aarau / AG

Bohrung 09-9 Massstab 1:100

Bauherrschaft: IBAarau Kraftwerk AG, obere Vorstadt 37, Aarau
 Bohrfirma: Stump ForATec AG, Madetswilerstrasse 33, Russikon
 Bohrmeister: Herr J. Da Silva
 Geologische Aufnahme: H. Pfister, MSc Geologe Uni BAS
 Ausführungsdatum: 9. Juli - 14. Juli 2009
 Koordinaten: 645 097 / 249 583
 OK Terrain (OKT): 370.85 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): 370.63 m ü.M.



Datei: 080261 bohrungen-01.dsf / ber

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Einfachkernrohr, Bohr-ø 168 mm	künstliche Auffüllung	364.55	0.55	dunkelbrauner, siltiger Sand, wenig Kies, durchwurzelt, humos, erdfeucht	<p>Standard-Penetration-Test (SPT) (Anzahl Schläge / 15 cm Eindringung)</p> <p>4.00-4.45 m u.T. 6 7 11 N30=18</p> <p>8.00-8.45 m u.T. 3 5 N30=10</p> <p>Rock Quality Designation (RQD) (Anteil Kernstücke > 10 cm)</p> <p>50% 100%</p> <p>Pumpversuch mit stufenweisem Rohrrückzug</p> <p>K = 1.2 x 10⁻³ m/s K = 3.0 x 10⁻⁴ m/s K = 9.9 x 10⁻⁴ m/s</p>
			1.1	dunkelbrauner, siltiger Sand, reichlich Kies, humos, erdfeucht	
				brauner, mässig siltiger Kies, reichlich Sand, humos, erdfeucht	
			3.1	brauner, leicht toniger Silt kleiner Plastizität, reichlich Sand, vereinzelt Ziegelreste, steif	
			3.5	beige-brauner, stark siltiger Kies, reichlich Sand, Ziegelbruchstücke (Gesichtsanteil ca. 5%), erdfeucht	
	Auensedimente	364.55	4.0	grauer, stark siltiger Sand, wenig Kies, erdfeucht (rostfleckig)	
			4.4	grauer, stark siltiger Kies, viel Sand, mit vereinzelt Ziegelbruchstücken, erdfeucht	
	Schotter	360.25	5.1	grauer, stark siltiger Sand, rostfleckig, erdfeucht	
			5.5	grauer, lagenmässig leicht, lagenmässig mässig siltiger Sand, rostfleckig, erdfeucht	
			6.3	grauer, sauberer bis leicht siltiger Sand, viel Kies, Steine (gemessener max. ø 8 cm, Gewichtsanteil ca. 10%), Steine teilweise zerbohrt, nass	
6.7			grauer, leicht siltiger Kies, viel Sand, Steine (gemessener max. ø 12 cm, Gewichtsanteil 15%), Steine teilweise zerbohrt, nass		
7.4			grauer, sauberer Kies, viel Sand, nass		
Gehängeablagerungen	359.75	8.0	grauer, sauberer Kies, viel Sand, Steine (gemessener max. ø 7 cm, Gewichtsanteil 10%), Steine teilweise zerbohrt, nass		
		8.5	grauer, sauberer Sand, viel Kies, Steine (gemessener max. ø 6 cm, Gewichtsanteil 5%), nass		
		9.4	beiger, leicht toniger, stark siltiger Kies, reichlich Sand, wenig gerundete Gerölle, vorwiegend ungerundete Kalkgerölle (Kalke der Villigen-Formation, Geissberg-Member)		
Doppelkernrohr, Bohr-ø 101 mm	Wildeggen-Formation, Effingen-Member	353.85	10.0	grau-beiger, mässig tonig, stark siltiger Sand, reichlich Kies (ungerundete Kalkbruchstücke), hart gelagert, erdfeucht	
			11.1	grauer, stark verwitterter Mergel (in Siltmatrix schwimmende eckige Mergelbruchstücke)	
			12.0	dunkelgrauer, kalkiger Mergel, hart, offene Klüfte (zwei)	
			12.7	dunkelgrauer, kalkiger Mergel, hart, stark zerklüftet, Kluffüllungen bestehend aus stark verwittertem Mergel	
			13.1	grauer, kalkiger Mergel, hart, vereinzelte Klüfte, scharf brechend	
			15.1	dunkelgrauer, kalkiger Mergel, hart, wenig zerklüftet	

□ Bohrkern
 ▬ gestörte Bodenprobe

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau Aarau / AG

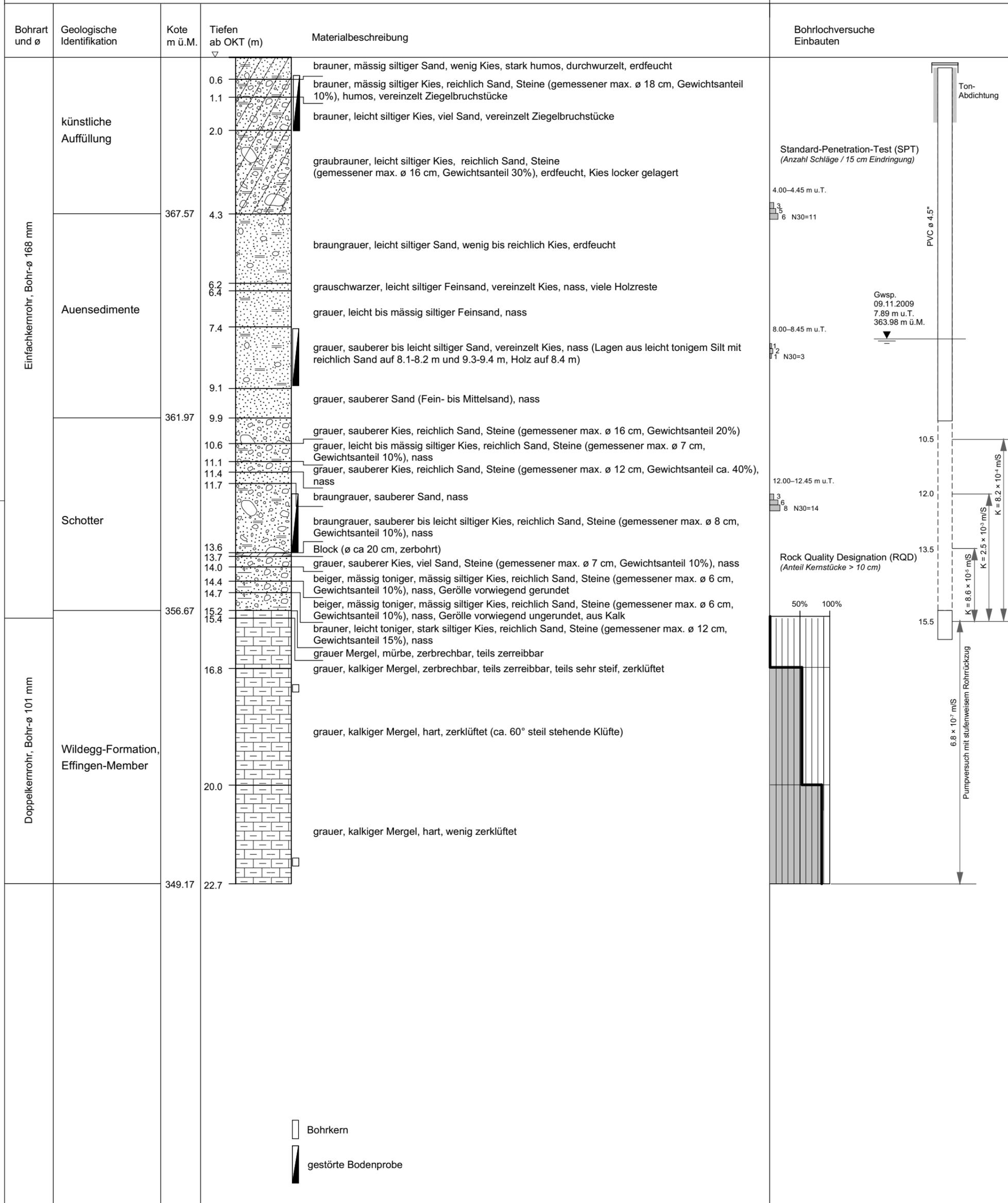
Bohrung 09-7

Masstab 1:100

Bauherrschaft: IBAarau Kraftwerk AG, obere Vorstadt 37, Aarau
 Bohrfirma: Stump ForATec AG, Madetswilerstrasse 33, Russikon
 Bohrmeister: Herr J. Da Silva
 Geologische Aufnahme: H. Pfister, MSc Geologe Uni BAS
 Ausführungsdatum: 15. Juli - 21. Juli 2009
 Koordinaten: 645 030 / 249 551
 OK Terrain (OKT): 371.87 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): 371.78 m ü.M.

jäckli geologie

Datei: 080261 bohrungen-01.dsf / ber



Bohrkern
gestörte Bodenprobe

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau Aarau / AG

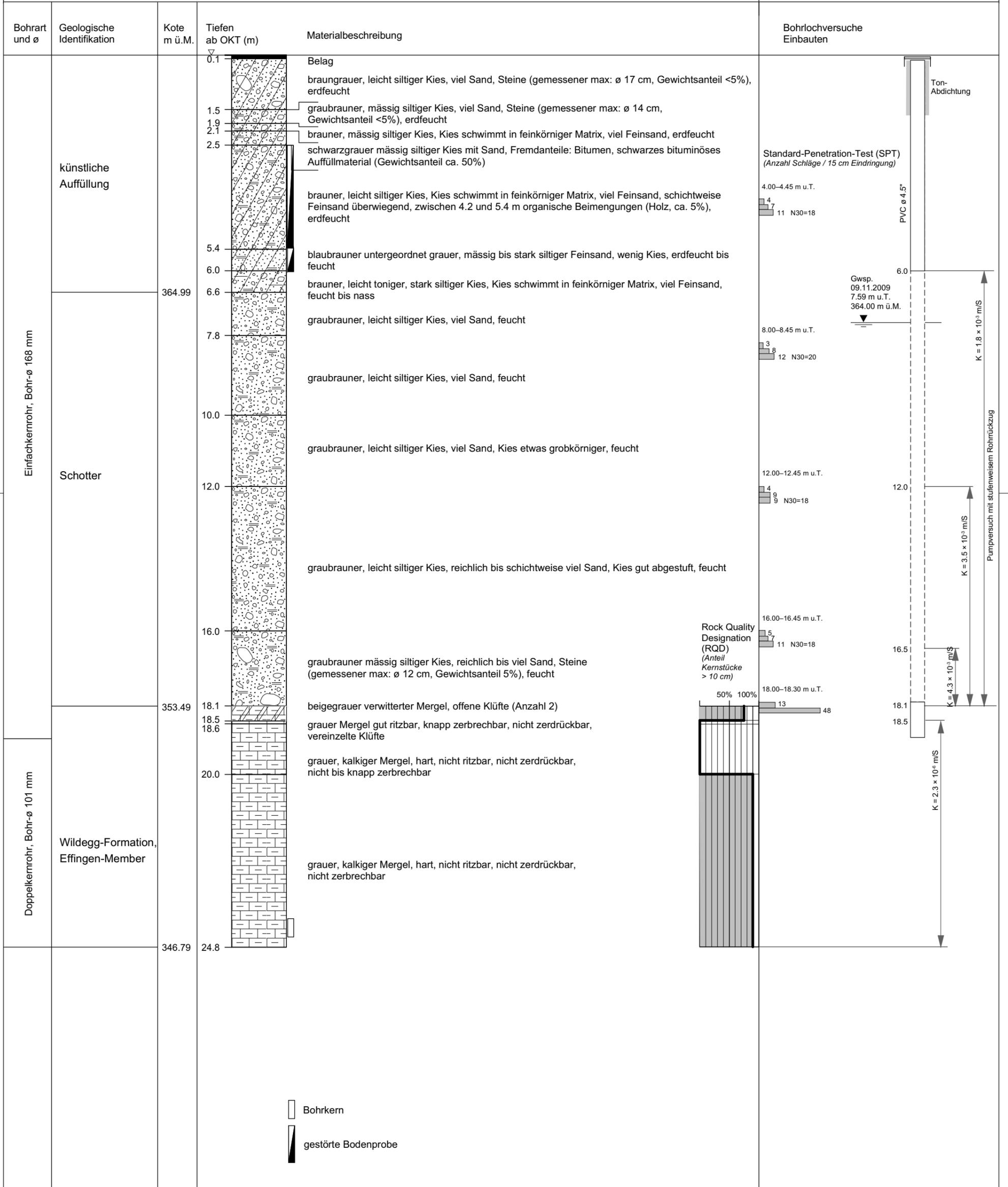
Bohrung 09-10

Masstab 1:100

Bauherrschaft: IBAarau Kraftwerk AG, obere Vorstadt 37, Aarau
 Bohrfirma: Stump ForATec AG, Madetswilerstrasse 33, Russikon
 Bohrmeister: Herr J. Da Silva
 Geologische Aufnahme: R. Ziltener, dipl. Bauing. FH
 Ausführungsdatum: 21. Juli - 24. Juli 2009
 Koordinaten: 645 033 / 249 486
 OK Terrain (OKT): 371.59 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): 371.45 m ü.M.

jäckli geologie

Datei: 080261 bohrungen-01.dsf / ber



Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau Aarau / AG

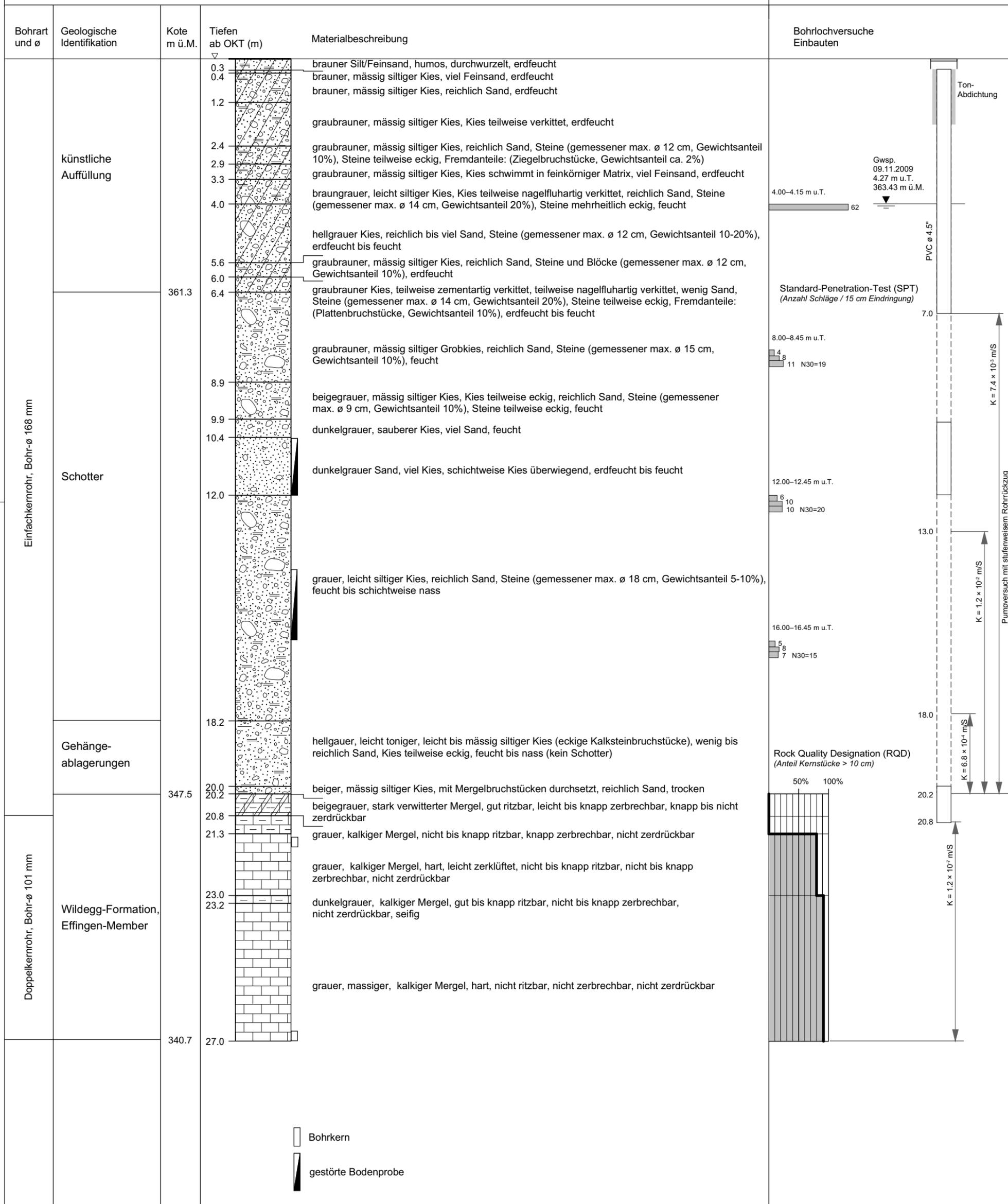
Bohrung 09-11

Masstab 1:100

Bauherrschaft: IBAarau Kraftwerk AG, obere Vorstadt 37, Aarau
 Bohrfirma: Stump ForATec AG, Madetswilerstrasse 33, Russikon
 Bohrmeister: Herr J. Da Silva
 Geologische Aufnahme: R. Ziltener, dipl. Bauing. FH
 Ausführungsdatum: 27. Juli - 30. Juli 2009
 Koordinaten: 654 100 / 249 439
 OK Terrain (OKT): 367.70 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): 367.60 m ü.M.

jäckli geologie

Datei: 080261 bohrungen-01.dsf / ber



Bohrkern
 gestörte Bodenprobe

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau
Aarau / AG

Geologisch-geotechnischer Bericht
Bereich Zentrale 2

Drehrammkernbohrung Nr. 09-12, 1:100

**Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau
Aarau / AG**

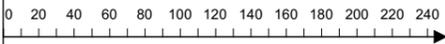
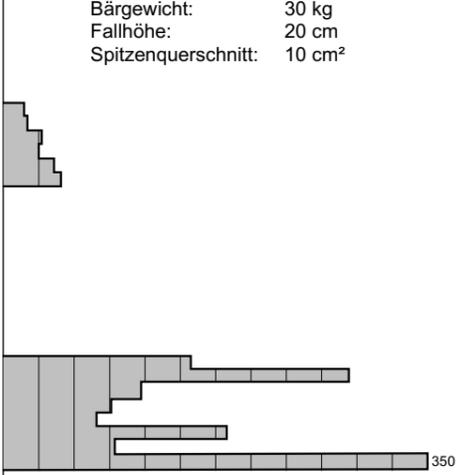
Bohrung 09-12

Masstab 1:100

Bauherrschaft: IBAarau Kraftwerk AG, obere Vorstadt 37, Aarau
 Bohrfirma: Studersond AG, Gländ, Höfen
 Bohrmeister: Herr Studer
 Geologische Aufnahme: H. Pfister, MSc Geologe Uni BAS
 Ausführungsdatum: 8. Oktober 2009
 Koordinaten: 645 025 / 249 518
 OK Terrain (OKT): 364.77 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -



Datei: 080261 bohrungen-01.dsf / ber

Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Rammsondierung im Bohrloch
Drehrammkernsondierung-ø 140 mm	rezentes Ge- schiebe der Aare	363.77	0.7	braun-grauer, leicht siltiger Kies, viel Sand, Steine (gemessener max. ø 5 cm, Gewichtsanteil 10%), nass	
	künstliche Auffüllung (Blocklage)		1.0	grauer, leicht siltiger Kies, reichlich Sand, Steine (gemessener max. ø 5 cm, Gewichtsanteil 10%), nass	
			1.4	grauer, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Sand, Steine, Blöcke (Gewichtsanteil 50%), Steine und Blöcke zerbohrt, Steine und Blöcke vorwiegend bestehend aus grauem Sandstein, nass	<p>Bärgewicht: 30 kg Fallhöhe: 20 cm Spitzenquerschnitt: 10 cm²</p>
				grauer, sauberer Kies, viel Sand	
	Schotter		3.4	brauner, leicht siltiger Kies, viel Sand, Steine (gemessener max. ø 6 cm, Gewichtsanteil 10%), nass	
			4.0	grauer, leicht siltiger Kies, viel Sand, Steine (gemessener max. ø 7 cm, Gewichtsanteil 10%), Steine teilweise zerbohrt, nass	
			5.0	grauer, sauberer Sand, wenig Kies, nass	
			5.3		
			7.8	grauer, leicht siltiger Kies, viel Sand, Steine (gemessener max. ø 7 cm, Gewichtsanteil 10%), Steine teilweise zerbohrt, nass	
		355.97	7.8		

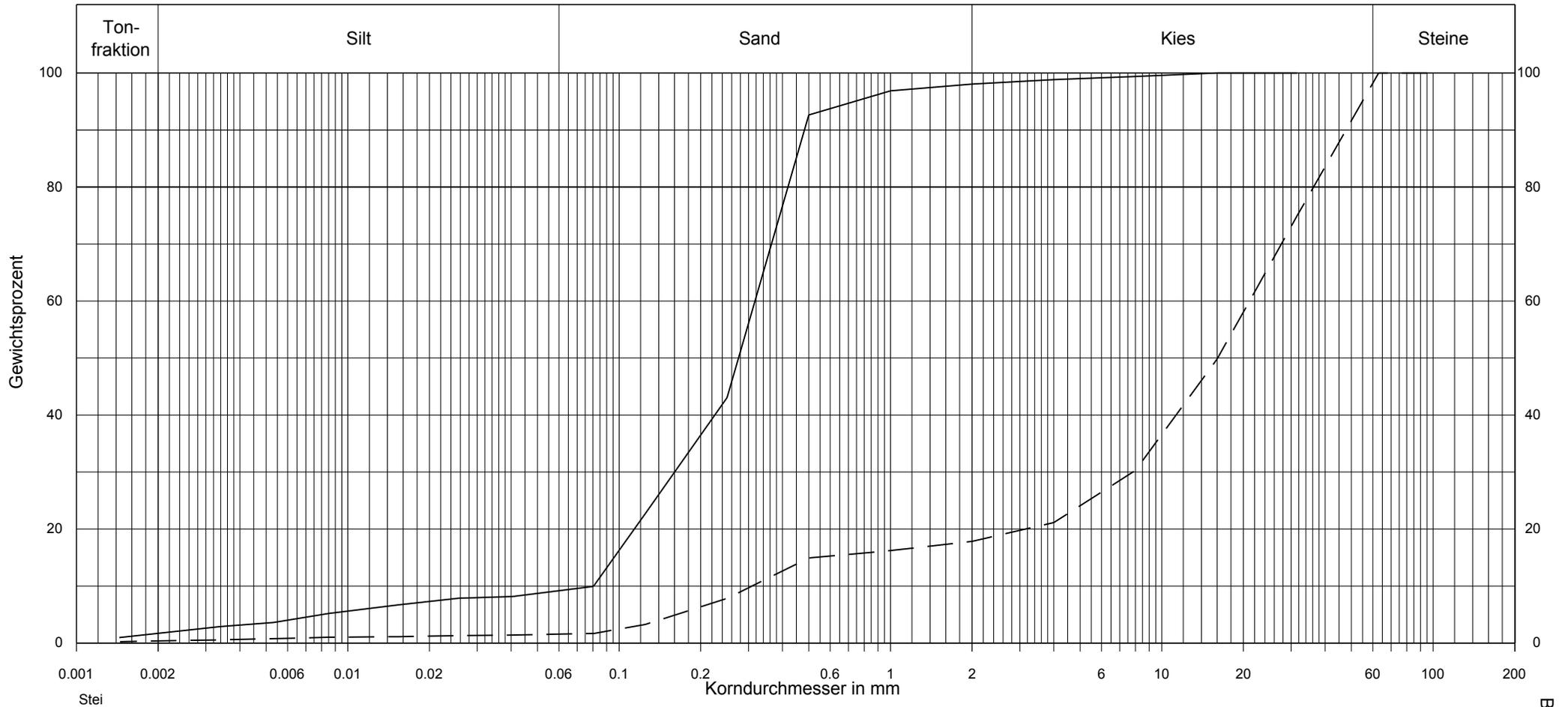
Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau
Aarau / AG

Geologisch-geotechnischer Bericht
Bereich Zentrale 2

Untersuchungsergebnisse Erdbau- und Felslabor

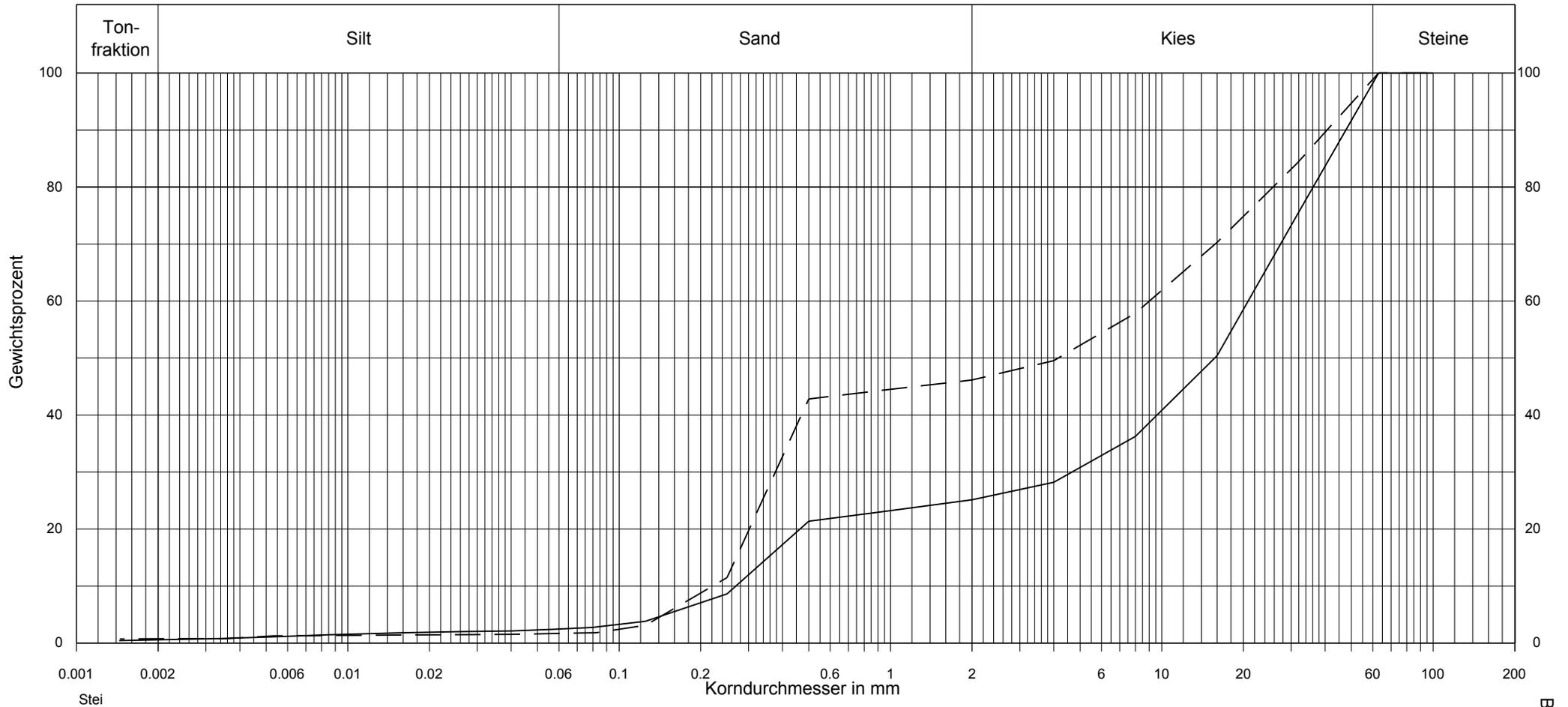
Kornverteilung in Summationskurven

Material- und Feldbezeichnung				Anlieferungszustand				Konsistenz			USCS
Bohrung Nr.	Labor Nr.	Tiefe m	Signatur	w %	ρ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	ρ_s g/cm ³	w _L %	w _P %	I _P	
09-7	12820	7.4-9.0	—————	18.6			2.66				GP
09-7	12821	12.0-14.0	- - - - -	3.1			2.65				



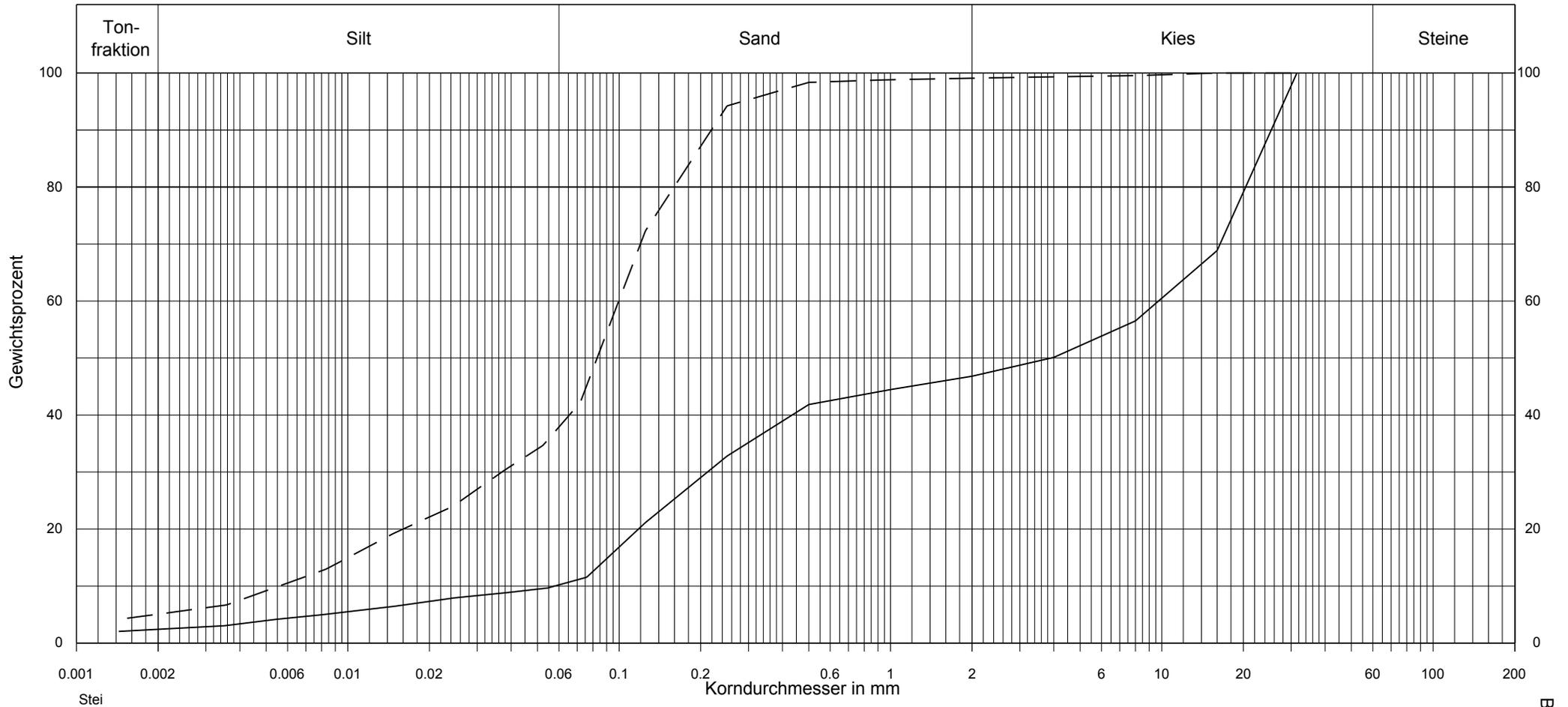
Kornverteilung in Summationskurven

Material- und Feldbezeichnung				Anlieferungszustand				Konsistenz			USCS
Bohrung Nr.	Labor Nr.	Tiefe m	Signatur	w %	ρ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	ρ_s g/cm ³	w _L %	w _P %	I _P	
09-9	12824	6.7-8.0	—————	3.3			2.68				GP
09-9	12825	8.0-9.4	- - - - -	7.3			2.67				GP



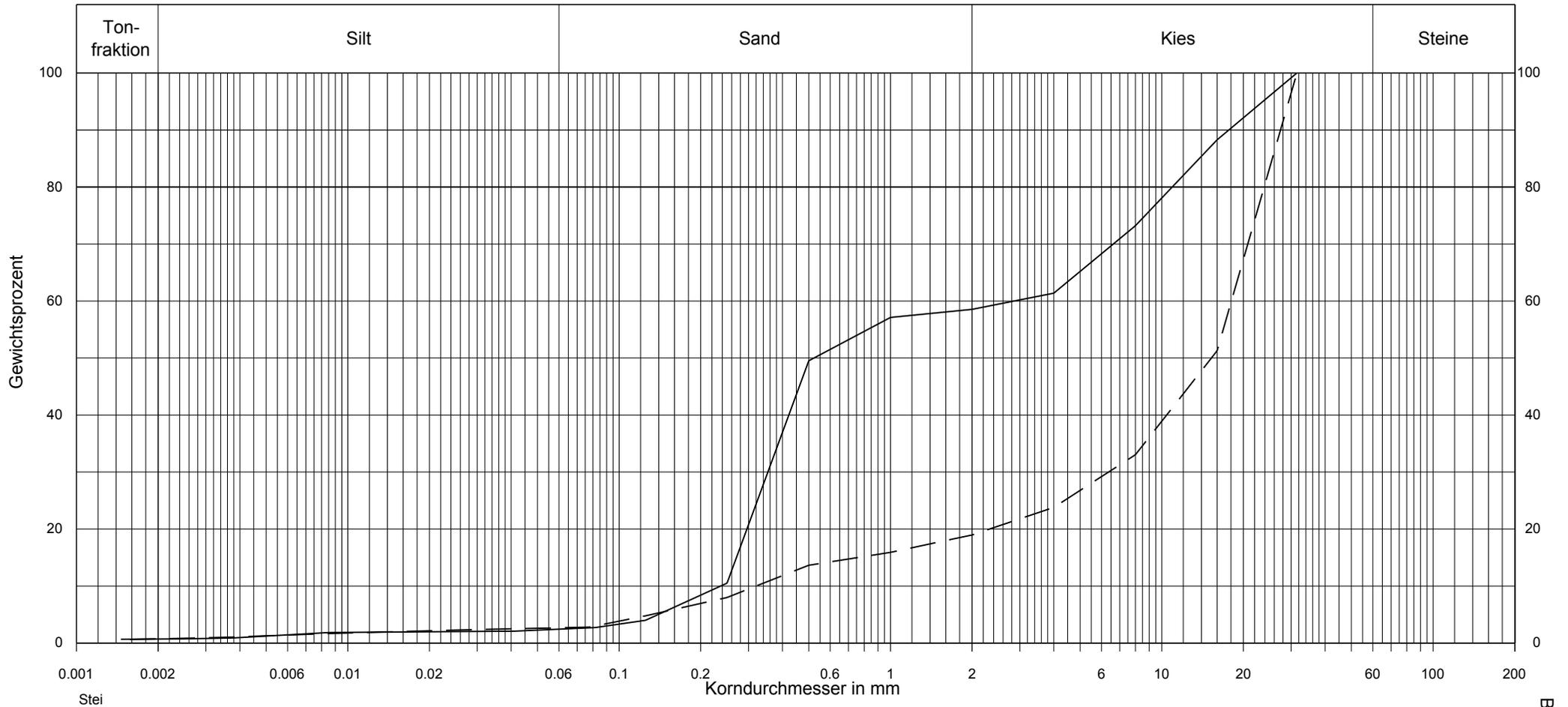
Kornverteilung in Summationskurven

Material- und Feldbezeichnung				Anlieferungszustand				Konsistenz			USCS
Bohrung Nr.	Labor Nr.	Tiefe m	Signatur	w %	ρ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	ρ_s g/cm ³	w _L %	w _P %	I _P	
09-10	12827	2.5-5.4	—————	7.0			2.67				
09-10	12828	5.4-6.0	- - - - -	16.4			2.67				



Kornverteilung in Summationskurven

Material- und Feldbezeichnung				Anlieferungszustand				Konsistenz			USCS
Bohrung Nr.	Labor Nr.	Tiefe m	Signatur	w %	ρ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	ρ_s g/cm ³	w _L %	w _P %	I _P	
09-11	12830	10.4-12.0	—————	5.3			2.67				SP
09-11	12831	14.0-16.0	- - - - -	2.9			2.67				GP

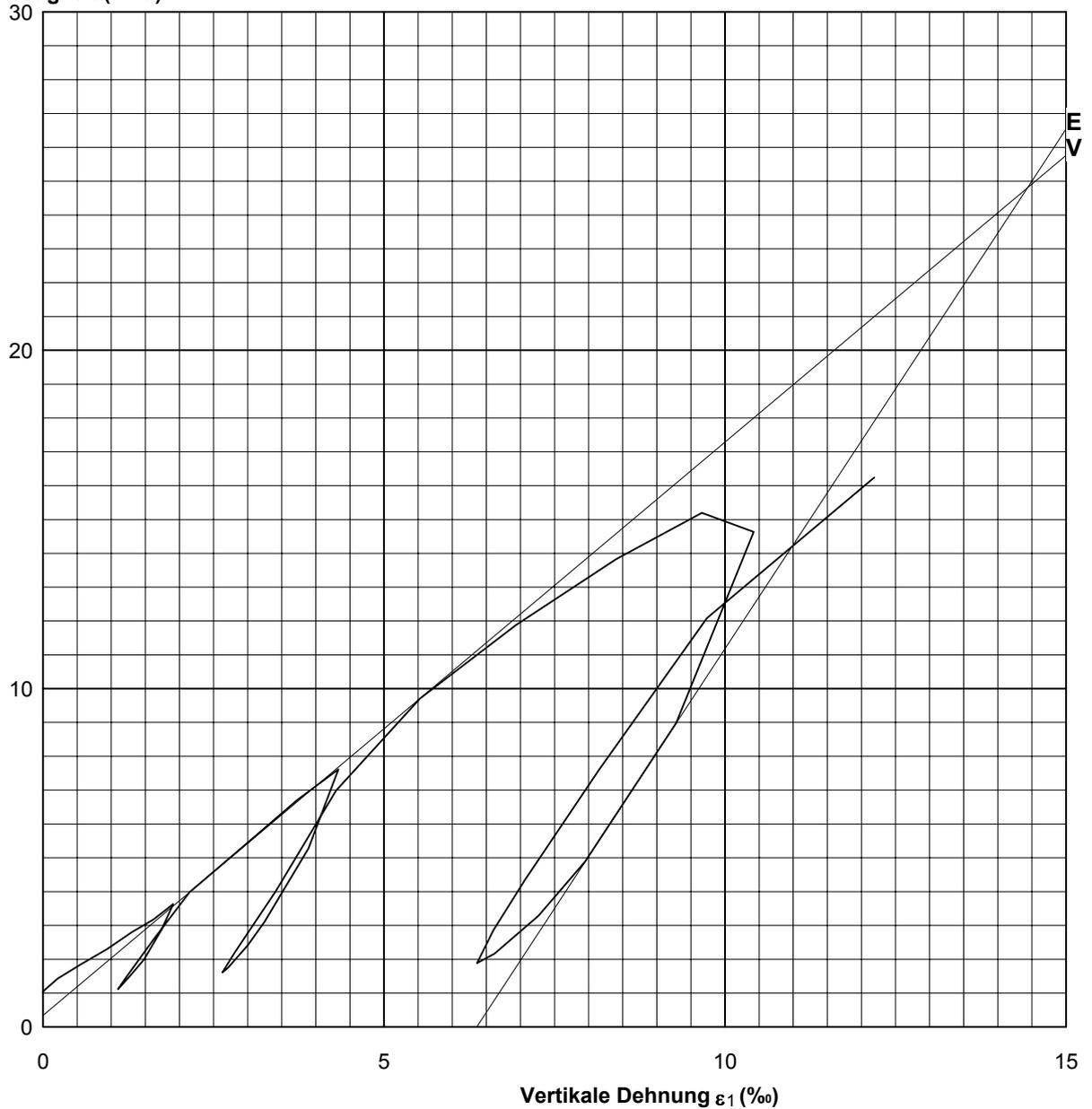


DRUCKVERSUCH

Labor Nr.	12822
Höhe (mm)	121.0
Durchmesser (mm)	81.0
Dichte (g/cm ³)	2.54
Druckfestigkeit (MPa)	16.24
Bruchdehnung (‰)	12.2

E = 3072 MPa
V = 1695 MPa

Druckfestigkeit (MPa)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-7, 17.3-17.45 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

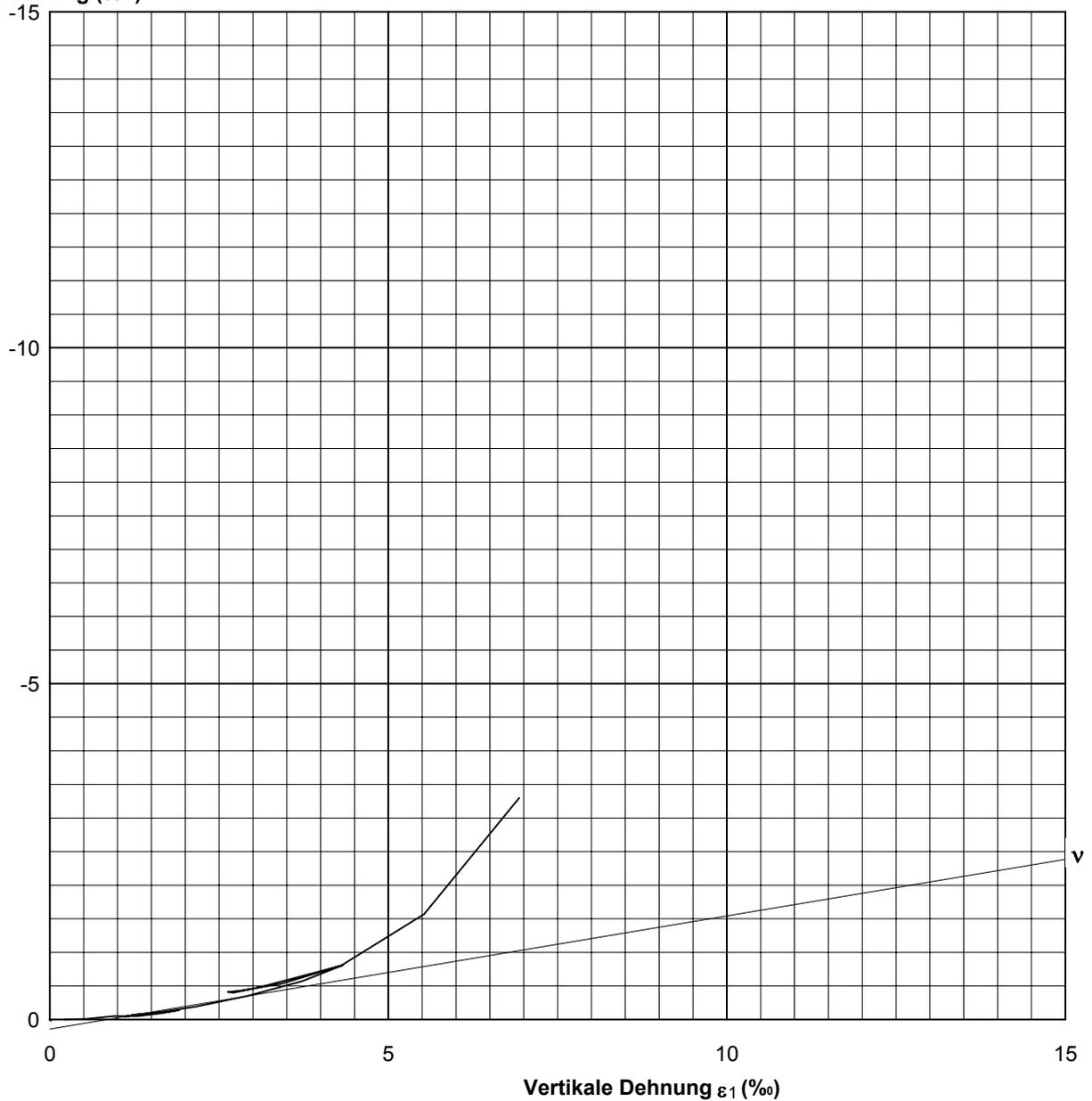
No

Querdehnung aus Druckversuch

Labor Nr.	12822
Höhe (mm)	121.0
Durchmesser (mm)	81.0
Dichte (g/cm ³)	2.54
Druckfestigkeit (MPa)	16.24
Bruchdehnung (‰)	12.2

Poisson-Zahl = 0.17

Querdehnung (‰)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-7, 17.3-17.45 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

No

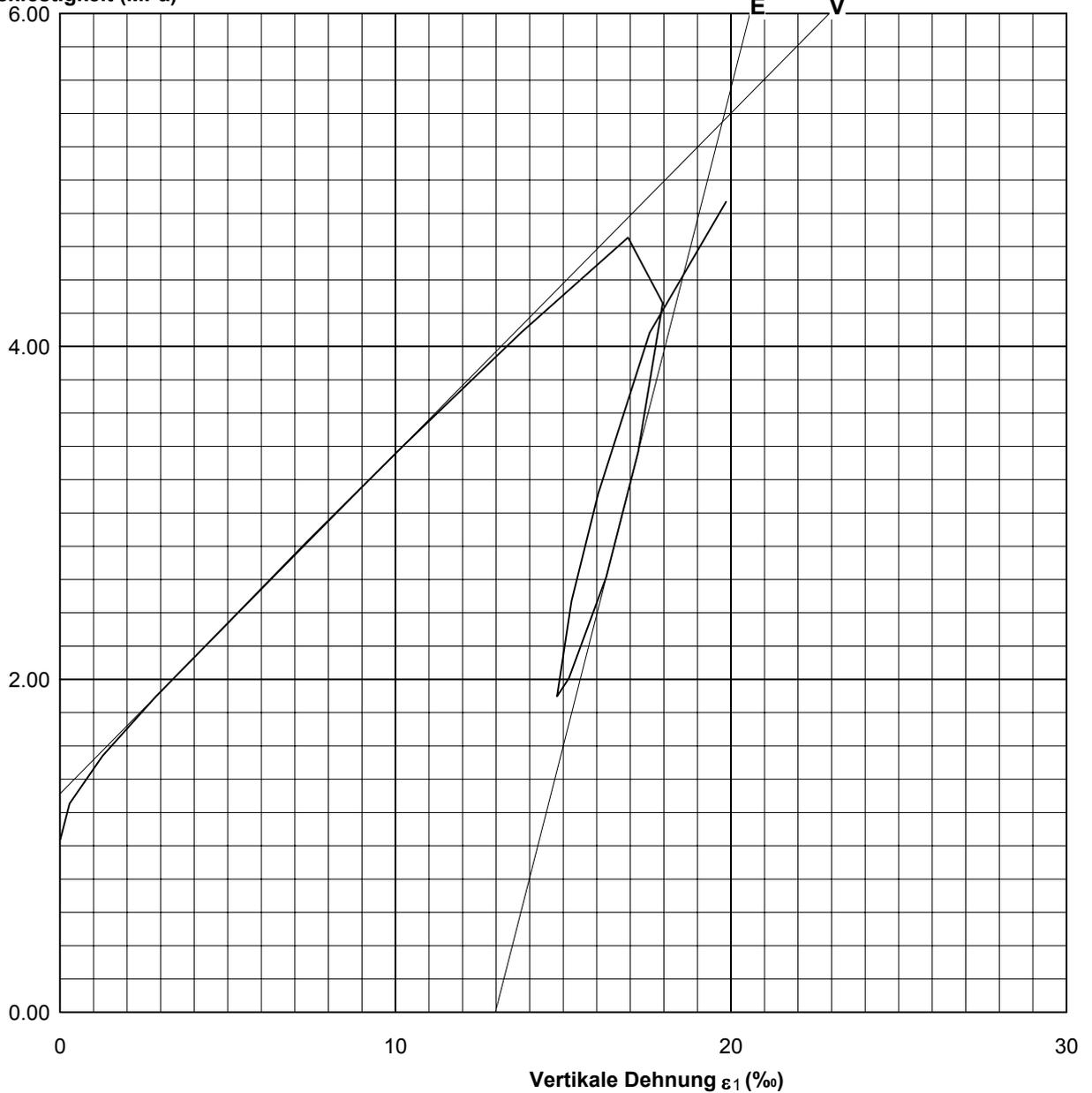
DRUCKVERSUCH

Beilage

Labor Nr.	12823
Höhe (mm)	145.0
Durchmesser (mm)	80.0
Dichte (g/cm ³)	2.47
Druckfestigkeit (MPa)	4.87
Bruchdehnung (‰)	19.9

E = 790 MPa
V = 204 MPa

Druckfestigkeit (MPa)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-7, 22.0-22.2 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

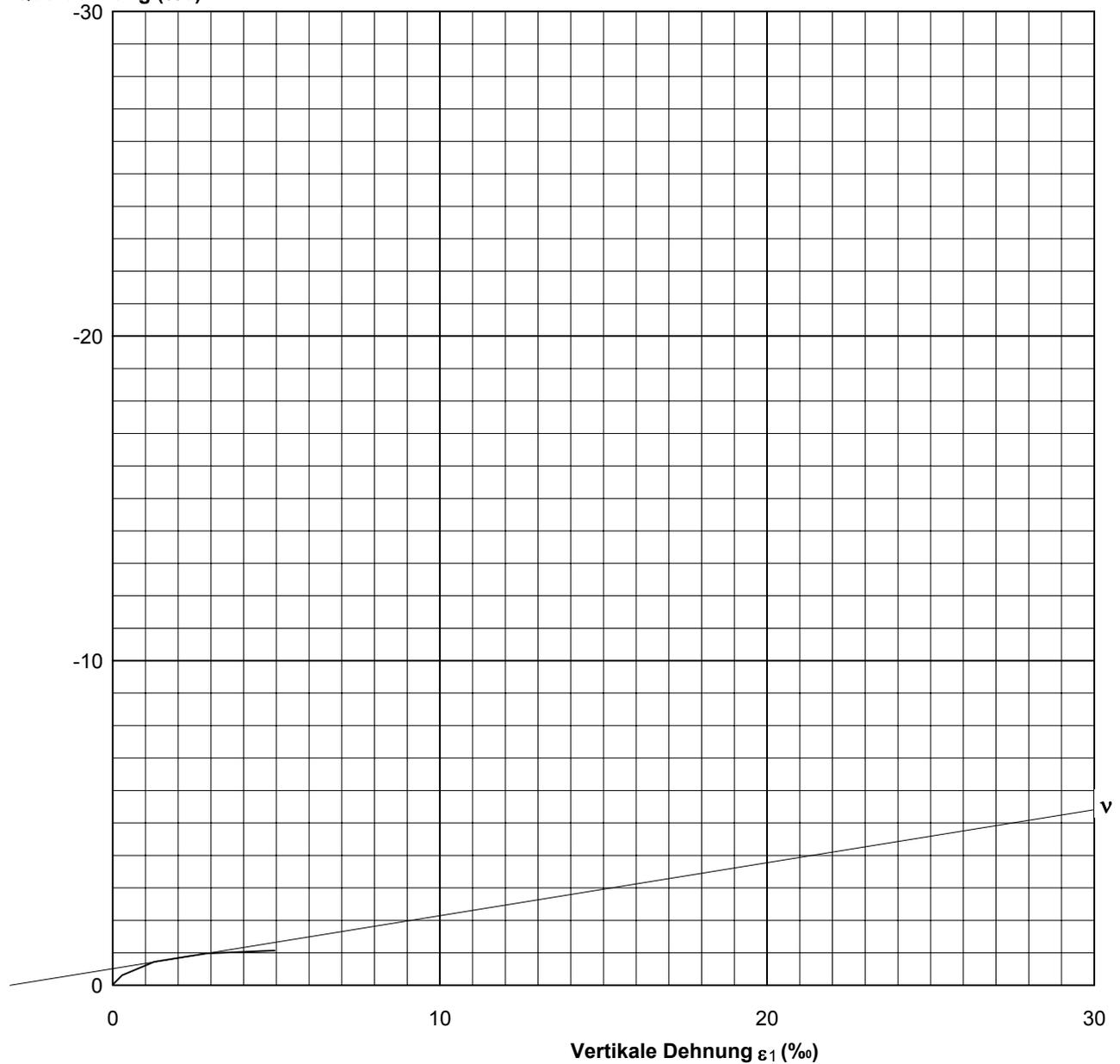
No

Querdehnung aus Druckversuch

Labor Nr.	12823
Höhe (mm)	145.0
Durchmesser (mm)	80.0
Dichte (g/cm ³)	2.47
Druckfestigkeit (MPa)	4.87
Bruchdehnung (‰)	19.9

Poisson-Zahl = 0.16

Querdehnung (‰)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-7, 22.0-22.2 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

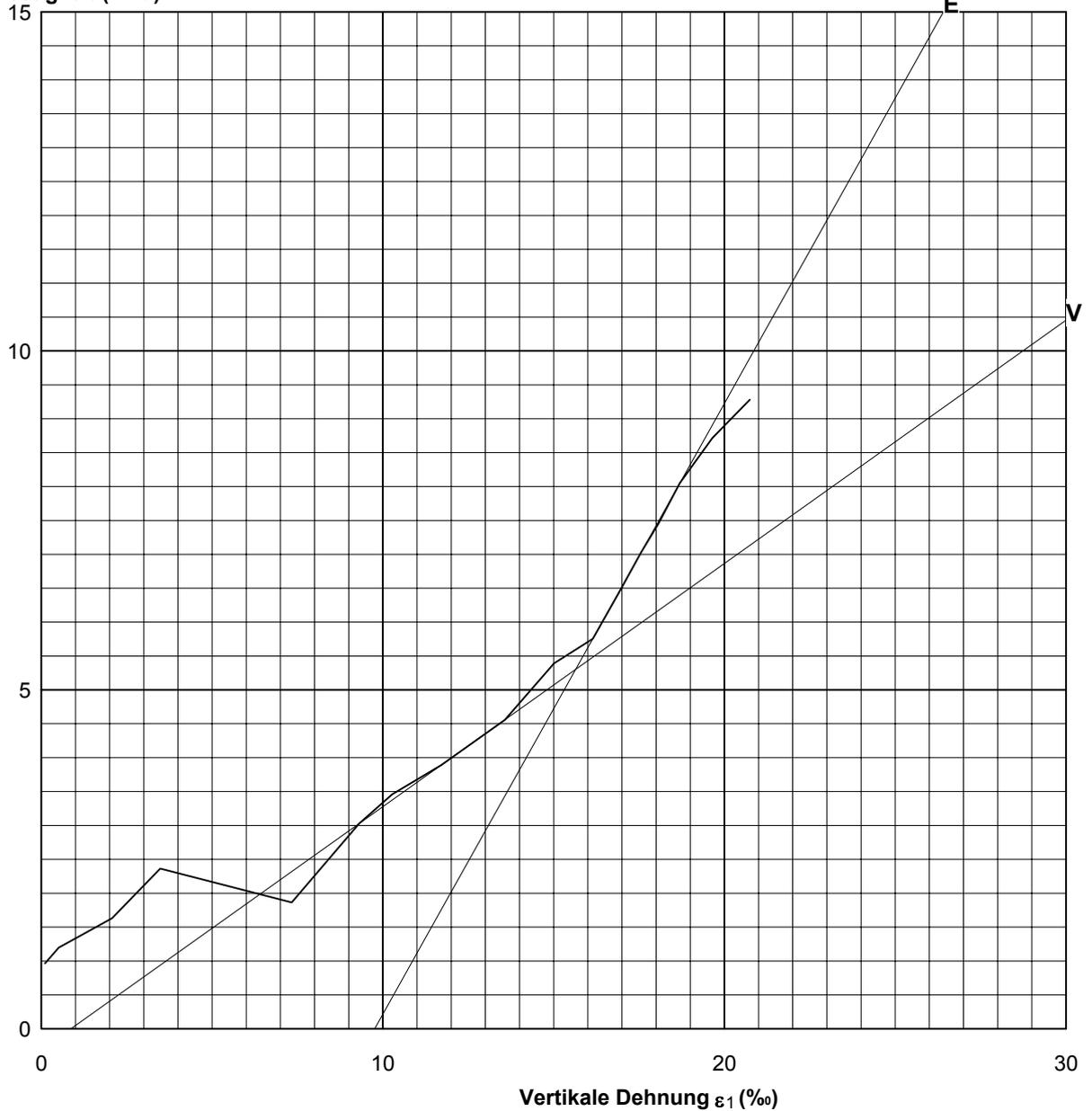
No

DRUCKVERSUCH

Labor Nr.	12826
Höhe (mm)	102.0
Durchmesser (mm)	83.0
Dichte (g/cm ³)	2.52
Druckfestigkeit (MPa)	9.28
Bruchdehnung (‰)	20.7

E = 901 MPa
V = 359 MPa

Druckfestigkeit (MPa)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-9, 15.6-15.8 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

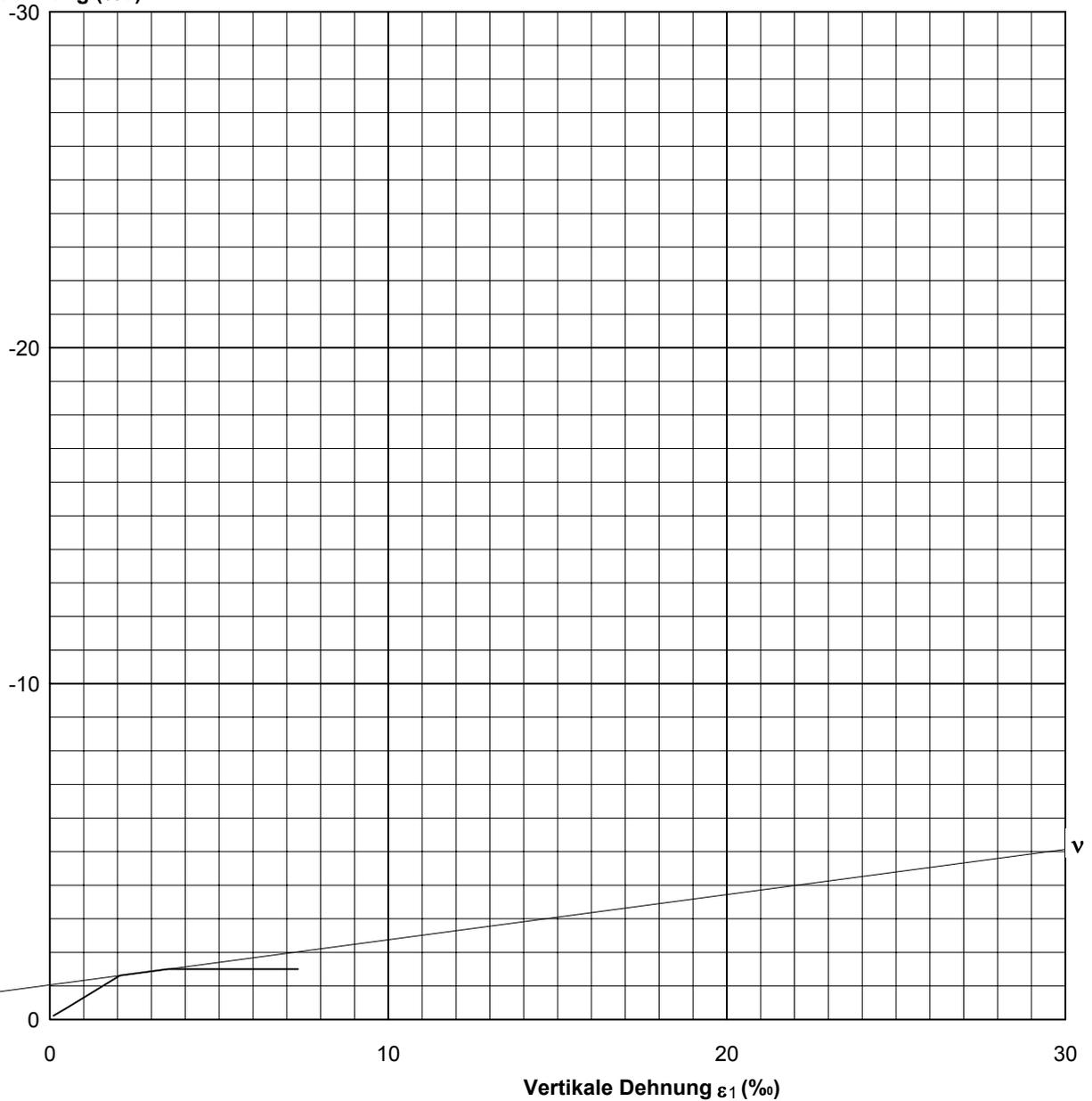
No

Querdehnung aus Druckversuch

Labor Nr.	12826
Höhe (mm)	102.0
Durchmesser (mm)	83.0
Dichte (g/cm ³)	2.52
Druckfestigkeit (MPa)	9.28
Bruchdehnung (‰)	20.7

Poisson-Zahl = 0.13

Querdehnung (‰)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-9, 15.6-15.8 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

No

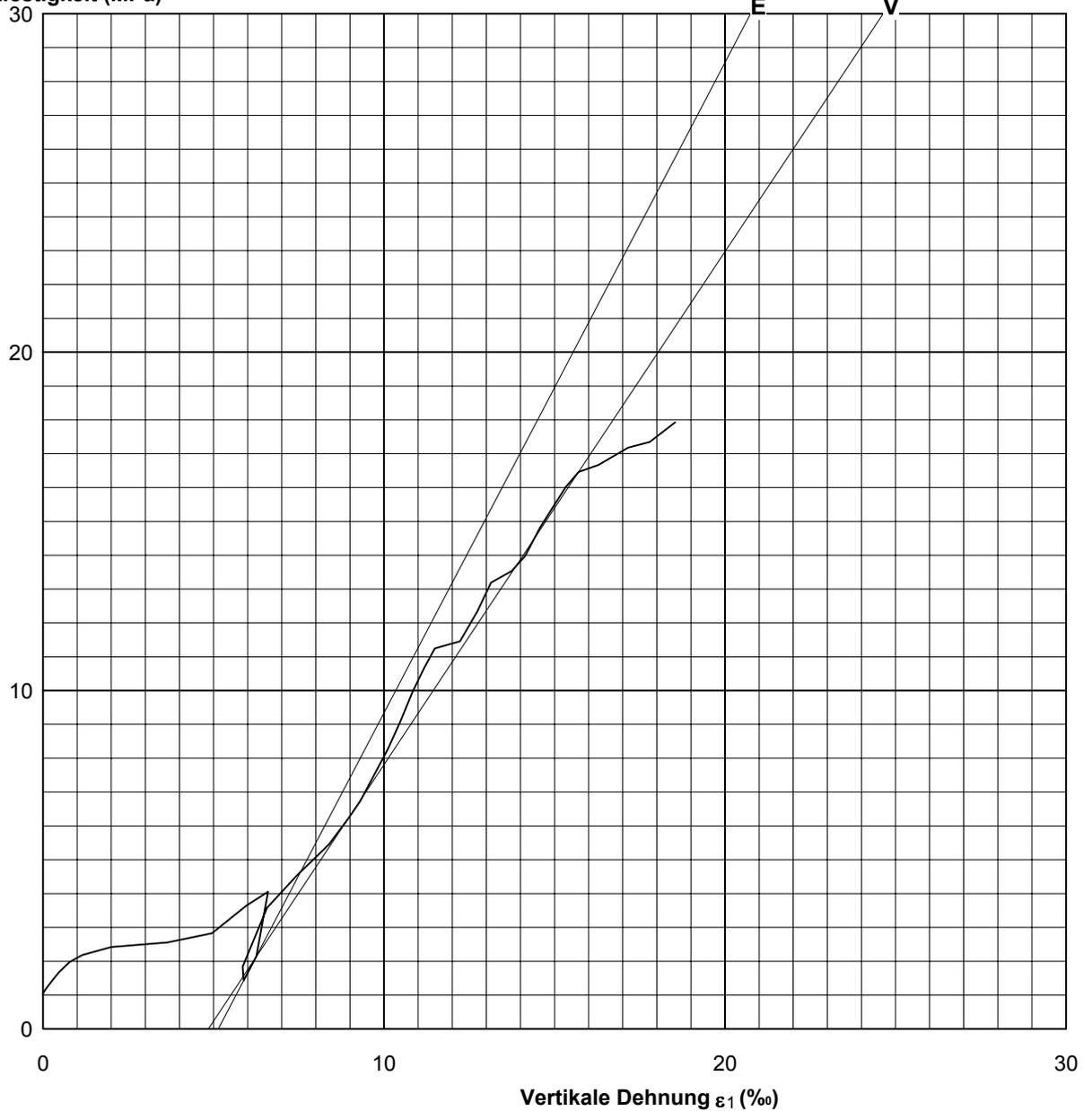
DRUCKVERSUCH

Beilage

Labor Nr.	12829
Höhe (mm)	102.0
Durchmesser (mm)	82.0
Dichte (g/cm ³)	2.69
Druckfestigkeit (MPa)	17.93
Bruchdehnung (‰)	18.5

E = 1921 MPa
V = 1516 MPa

Druckfestigkeit (MPa)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-10, 24.0-24.8 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

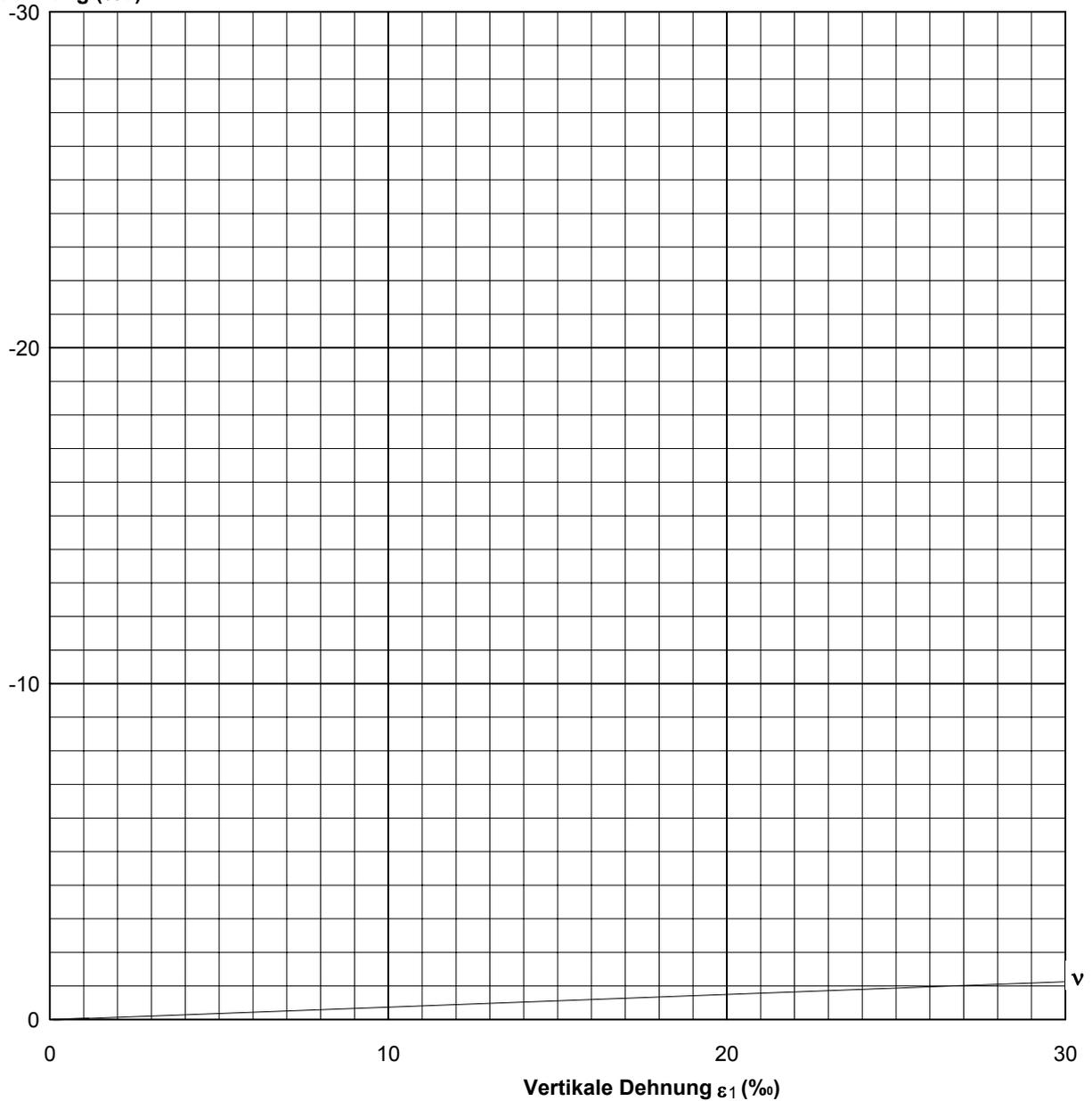
No

Querdehnung aus Druckversuch

Labor Nr.	12829
Höhe (mm)	102.0
Durchmesser (mm)	82.0
Dichte (g/cm ³)	2.69
Druckfestigkeit (MPa)	17.93
Bruchdehnung (‰)	18.5

Poisson-Zahl = 0.04

Querdehnung (‰)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-10, 24.0-24.8 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Stei

Vis

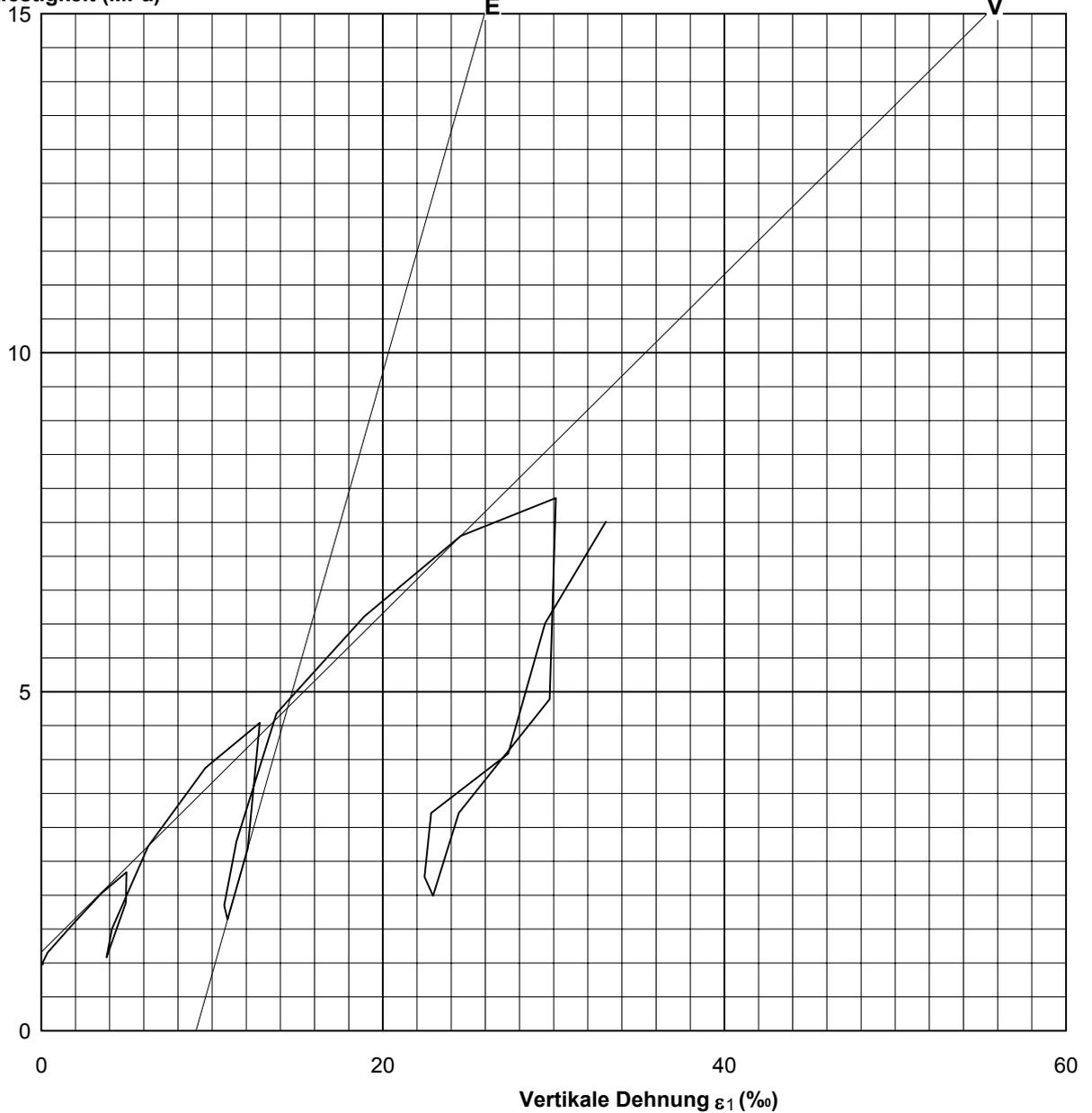
No

DRUCKVERSUCH

Labor Nr.	12832
Höhe (mm)	83.0
Durchmesser (mm)	81.0
Dichte (g/cm ³)	2.52
Druckfestigkeit (MPa)	7.86
Bruchdehnung (‰)	30.1

E = 888 MPa
V = 250 MPa

Druckfestigkeit (MPa)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-11, 21.5-21.65 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

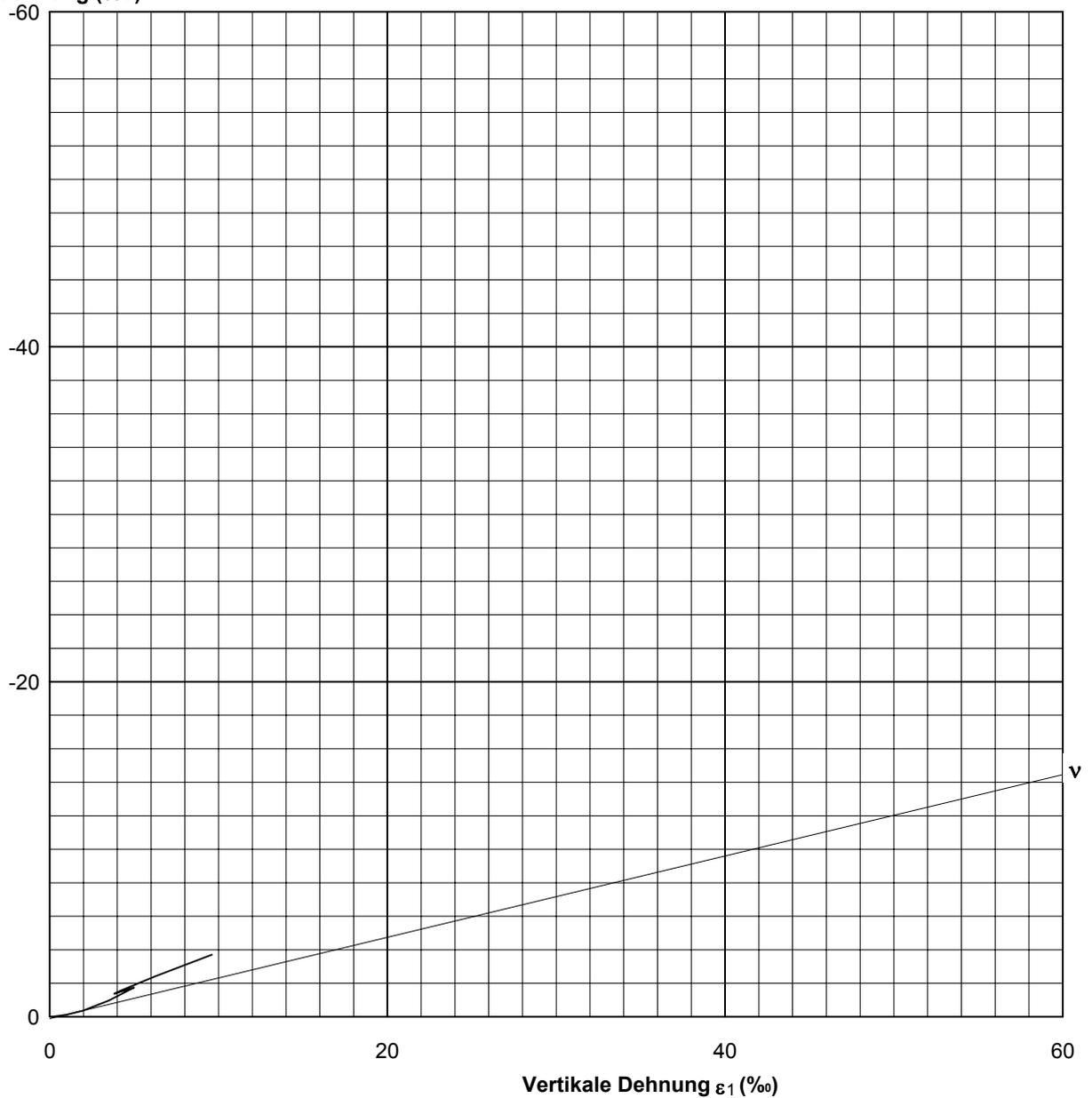
No

Querdehnung aus Druckversuch

Labor Nr.	12832
Höhe (mm)	83.0
Durchmesser (mm)	81.0
Dichte (g/cm ³)	2.52
Druckfestigkeit (MPa)	7.86
Bruchdehnung (‰)	30.1

Poisson-Zahl = 0.24

Querdehnung (‰)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-11, 21.5-21.65 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

No

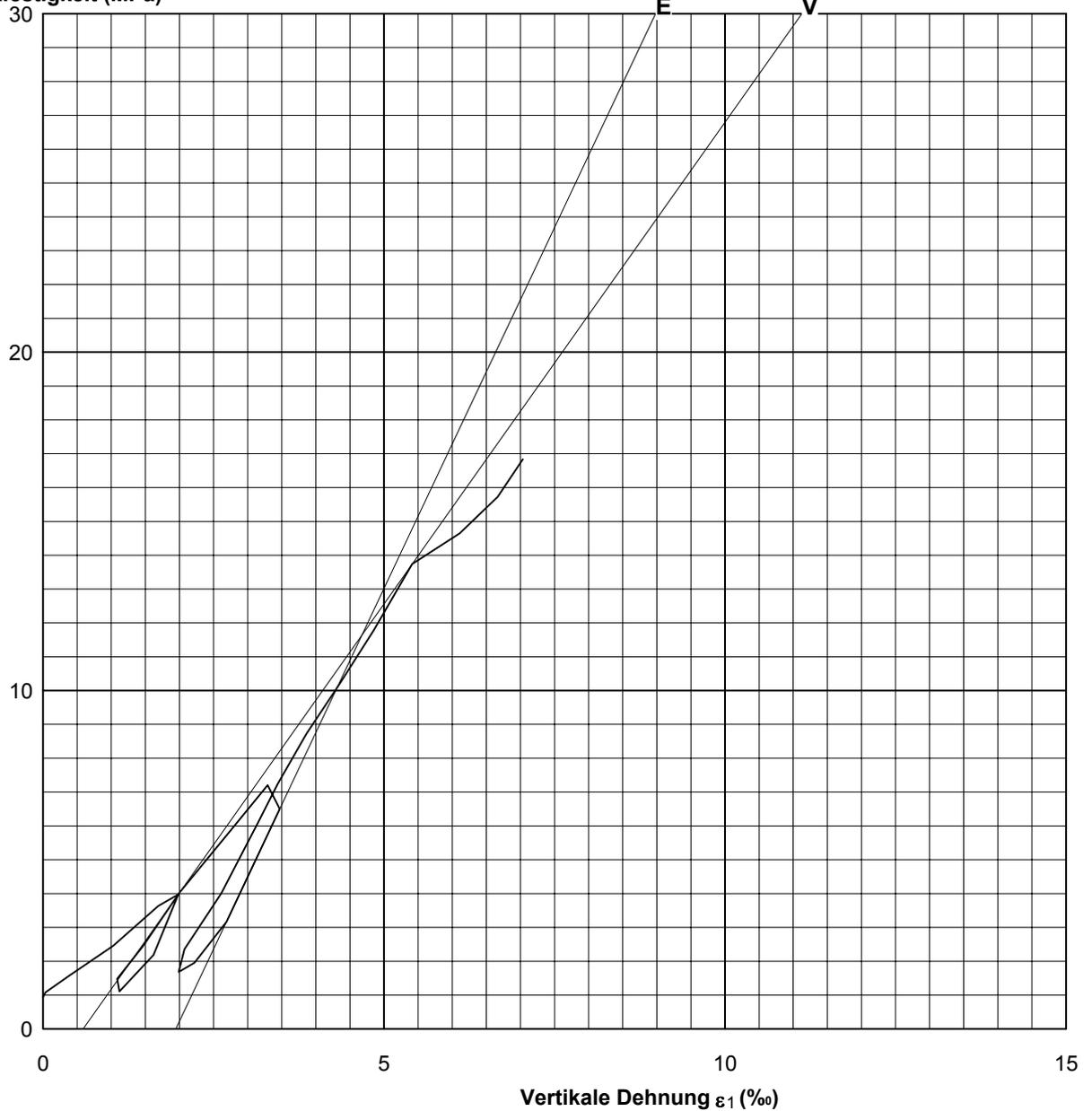
DRUCKVERSUCH

Beilage

Labor Nr.	12833
Höhe (mm)	174.0
Durchmesser (mm)	82.5
Dichte (g/cm ³)	2.64
Druckfestigkeit (MPa)	16.84
Bruchdehnung (‰)	7.0

E = 4265 MPa
V = 2846 MPa

Druckfestigkeit (MPa)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-11, 26.7-27.0 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

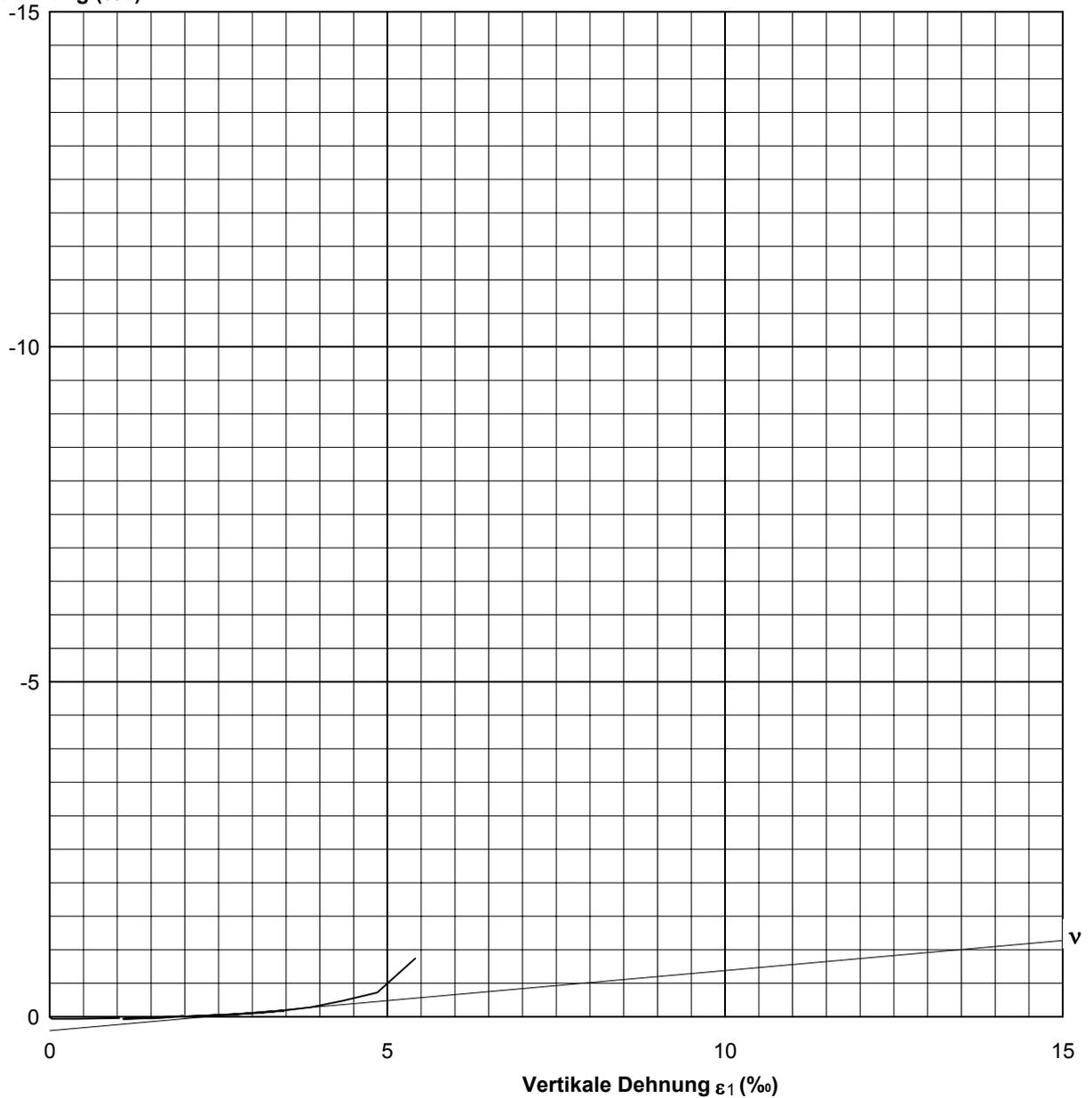
No

Querdehnung aus Druckversuch

Labor Nr.	12833
Höhe (mm)	174.0
Durchmesser (mm)	82.5
Dichte (g/cm ³)	2.64
Druckfestigkeit (MPa)	16.84
Bruchdehnung (‰)	7.0

Poisson-Zahl = 0.09

Querdehnung (‰)



Erneuerung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG

09-11, 26.7-27.0 m

F. STEIGER

Dat. 8.8.2009/Ste

Vis

No

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau
Aarau / AG

Geologisch-geotechnischer Bericht
Bereich Zentrale 2

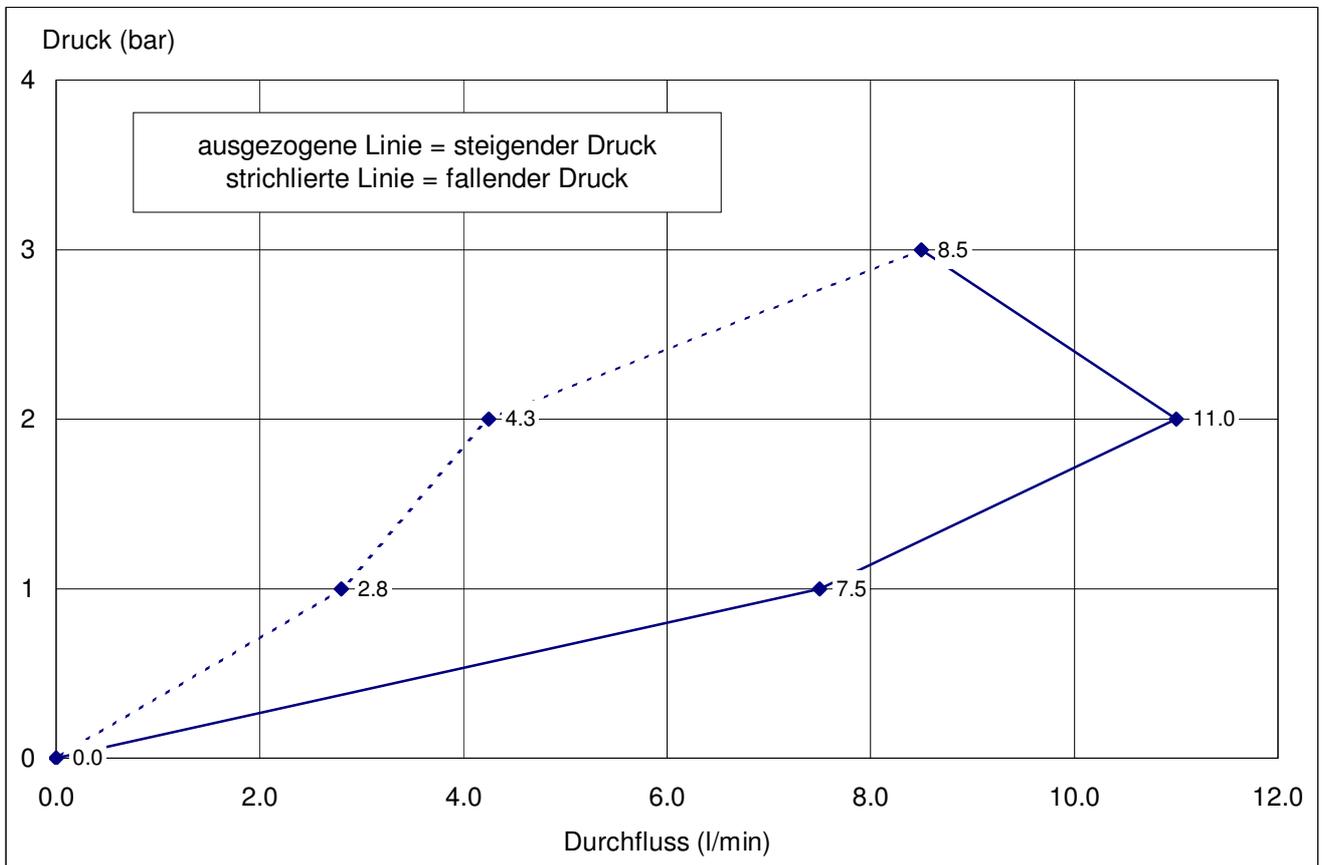
Lugeon-Tests (Wasserabpress-Versuche)

Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG Lugeon-Test (Wasserabpress-Versuch) Nr. 09-7

Bohrung		09-7	
Terrainoberfläche		371.87	m ü.M.
Grundwasserspiegel	Tiefe	7.73	m u.T.
	Kote	364.14	m ü.M.
Testabschnitt oben	Tiefe	20.70	m u.T.
Testabschnitt unten	Tiefe	22.70	m u.T.
Länge Testabschnitt		2.00	m
Bohrlochdurchmesser		101	mm
Geologie		Effingen-Member	

Lugeon 28.33 l/min pro m bei 10 bar

gemessener Druck	Zeit	Dauer	Volumen		Durchfluss	Durchfluss pro Länge Testabschnitt
			Anfang	Ende		
bar	min	min	l	l	l/min	l/min pro m
0.0	0	0			0.0	0.0
1.0	10	10			15.0	7.5
2.0	20	10			22.0	11.0
3.0	30	10			17.0	8.5
2.0	40	10			8.5	4.3
1.0	50	10			5.6	2.8
0.0					0.0	0.0

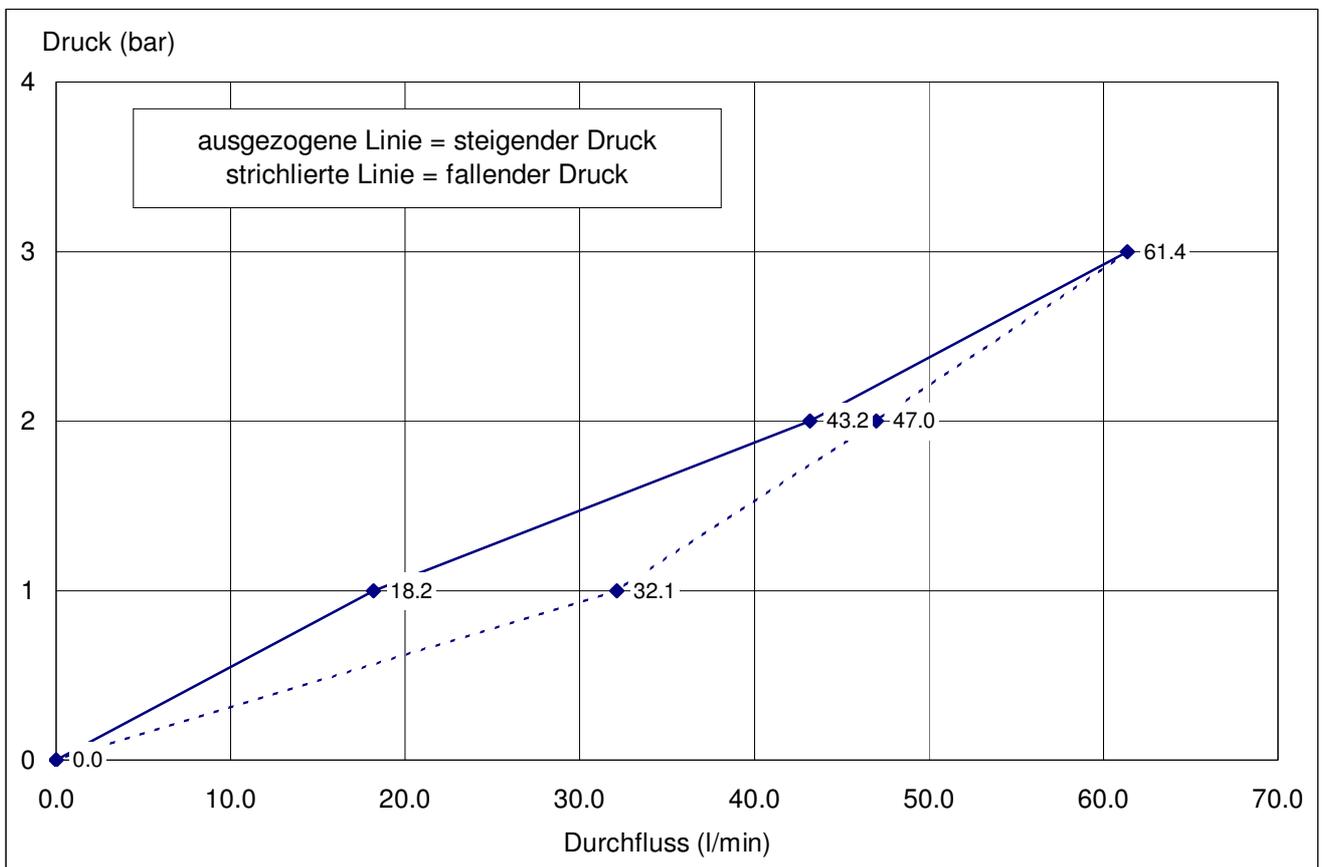


Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG Lugeon-Test (Wasserabpress-Versuch) Nr. 09-9

Bohrung		09-9	
Terrainoberfläche		370.85	m ü.M.
Grundwasserspiegel	Tiefe	7.08	m u.T.
	Kote	363.77	m ü.M.
Testabschnitt oben	Tiefe	14.80	m u.T.
Testabschnitt unten	Tiefe	17.00	m u.T.
Länge Testabschnitt		2.20	m
Bohrlochdurchmesser		101	mm
Geologie		Effingen-Member	

Lugeon 204.55 l/min pro m bei 10 bar

gemessener Druck	Zeit	Dauer	Volumen		Durchfluss	Durchfluss pro Länge Testabschnitt
			Anfang	Ende		
bar	min	min	l	l	l/min	l/min pro m
0.0	0	0			0.0	0.0
1.0	10	10			40.0	18.2
2.0	20	10			95.0	43.2
3.0	30	10			135.0	61.4
2.0	40	10			103.4	47.0
1.0	50	10			70.7	32.1
0.0					0.0	0.0

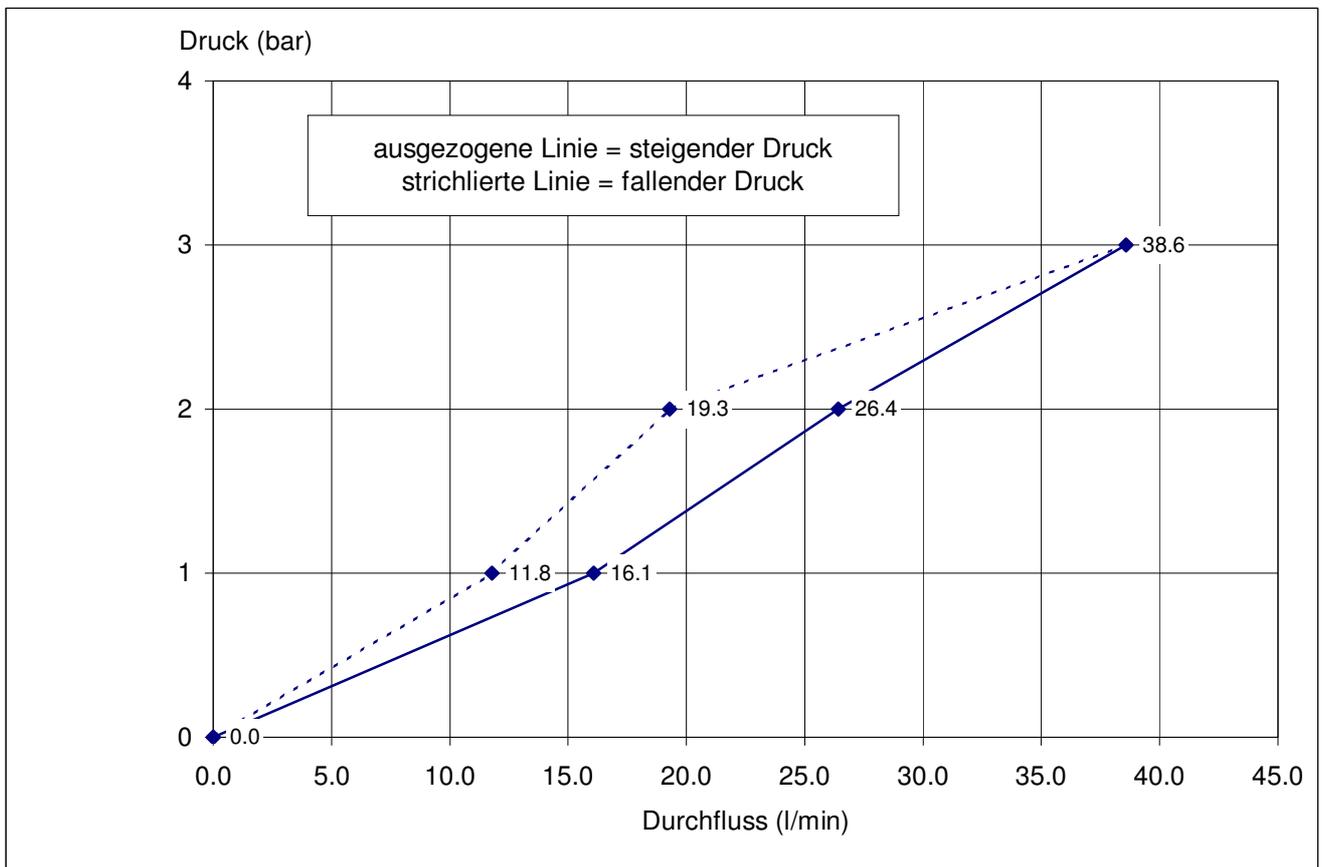


Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG Lugeon-Test (Wasserabpress-Versuch) Nr. 09-10

Bohrung		09-10	
Terrainoberfläche		371.59	m ü.M.
Grundwasserspiegel	Tiefe	7.44	m u.T.
	Kote	364.15	m ü.M.
Testabschnitt oben	Tiefe	22.00	m u.T.
Testabschnitt unten	Tiefe	24.80	m u.T.
Länge Testabschnitt		2.80	m
Bohrlochdurchmesser		101	mm
Geologie		Effingen-Member	

Lugeon 128.57 l/min pro m bei 10 bar

gemessener Druck	Zeit	Dauer	Volumen		Durchfluss	Durchfluss pro Länge Testabschnitt
			Anfang	Ende		
bar	min	min	l	l	l/min	l/min pro m
0.0	0	0			0.0	0.0
1.0	10	10			45.0	16.1
2.0	20	10			74.0	26.4
3.0	30	10			108.0	38.6
2.0	40	10			54.0	19.3
1.0	50	10			33.0	11.8
0.0					0.0	0.0

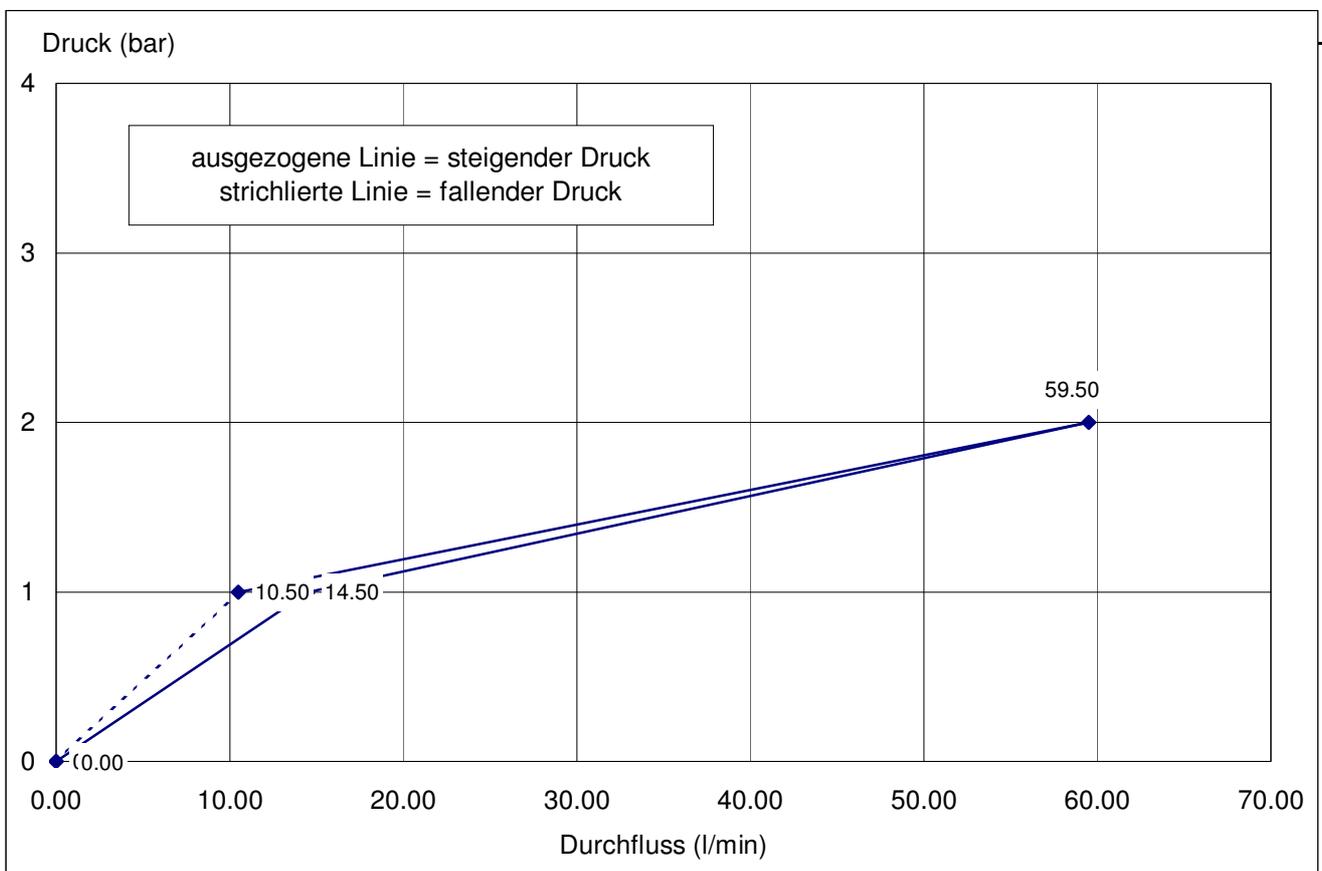


Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau, Aarau / AG Lugeon-Test (Wasserabpress-Versuch) Nr. 09-11

Bohrung		09-11
Terrainoberfläche		367.70 m ü.M.
Grundwasserspiegel	Tiefe	3.99 m u.T.
	Kote	363.71 m ü.M.
Testabschnitt oben	Tiefe	25.00 m u.T.
Testabschnitt unten	Tiefe	27.00 m u.T.
Länge Testabschnitt		2.00 m
Bohrlochdurchmesser		101 mm
Geologie		Effingen-Member

Lugeon 297.50 l/min pro m bei 10 bar

gemessener Druck	Zeit	Dauer	Volumen		Durchfluss	Durchfluss pro Länge Testabschnitt
			Anfang	Ende		
bar	min	min	l	l	l/min	l/min pro m
0.0	0	0			0.0	0.00
1.0	10	10			29.0	14.50
2.0	20	10			119.0	59.50
1.0	30	10			21.0	10.50
0.0					0.0	0.00



Erneuerung und Neukonzessionierung Kraftwerk Aarau
Aarau / AG

Geologisch-geotechnischer Bericht
Bereich Zentrale 2

Auswertung Pumpversuche

080261 Erneuerung und Neukonzessionierung KW Aarau

Auswertung der Pumpversuche in den Sondierbohrungen 09-1 bis 09-11

Bohrung	Position Futterrohr	Position Stauer	Pumpmenge [l/min]	Absenkung [m]	Ruhwasser- spiegel [m u.T.]	GW- Mächtigkeit [m]	k-Wert (Abschätzung) bei teilweise gezogenem Futterrohr	k-Wert bei vollständig gezogenem Futterrohr (mittlere Durchlässigkeit des Grundwasserleiters)	Grundwasser- leitende Schicht
	[m u.T.]	[m u.T.]					[m/s]	[m/s]	
09-1	19	20	150	0.56	4.64	1	5.2E-03		Schotter
	13.5	20	150	0.87	4.57	6.5	4.6E-04		Schotter
	10.5	20	150	0.36	4.3	9.5	6.8E-04		Schotter
	7	20	70	0.47	4.53	13	1.6E-04		Schotter
	4	20	150	0.05	4.38	15.62		2.3E-03	Schotter
09-5	-	16 (unvollkomme Bohrung)	160	0.15	6.93	9.07		1.7E-03	Damm- schüttung, Schotter
09-7	15.5	14.7	2	6.24	6.86	7.2	6.8E-07		Fels
	13.5	14.7	15	2.6	4.9	1.2	8.6E-05		Schotter, feinanteilsreich
	12	14.7	150	0.38	8	2.7	2.5E-03		Schotter
	10.5	14.7	150	1	6.9	4.2		8.2E-04	Schotter
09-9	9	9.4	80	3.8	6.7	0.4	1.2E-03		Fels, Gehänge- ablagerungen
	7.5	9.4	100	3.5	7	1.9	3.0E-04		Schotter
	6	9.4	120	3.5	6.8	2.6		9.9E-04	Schotter
09-10	18.5	18.1	11	14.65	8.4	6.3	2.3E-06		Fels
	16.5	18.1	150	0.4	7.05	1.6	4.3E-03		Schotter
	12	18.1	150	0.1	6.9	6.1	3.5E-03		Schotter
	6	18.1	150	0.1	6.85	11.25		1.8E-03	Schotter
09-11	20.5	27	1	20.73	3	6.5	1.2E-07		Fels
	18	20.2	150	2	4	2.2	6.8E-04		Gehänge- ablagerungen
	13	18.2	150	0.03	3.6	5.2	1.2E-02		Schotter
	7	18.2	150	0.02	3.55	11.2		7.4E-03	Schotter