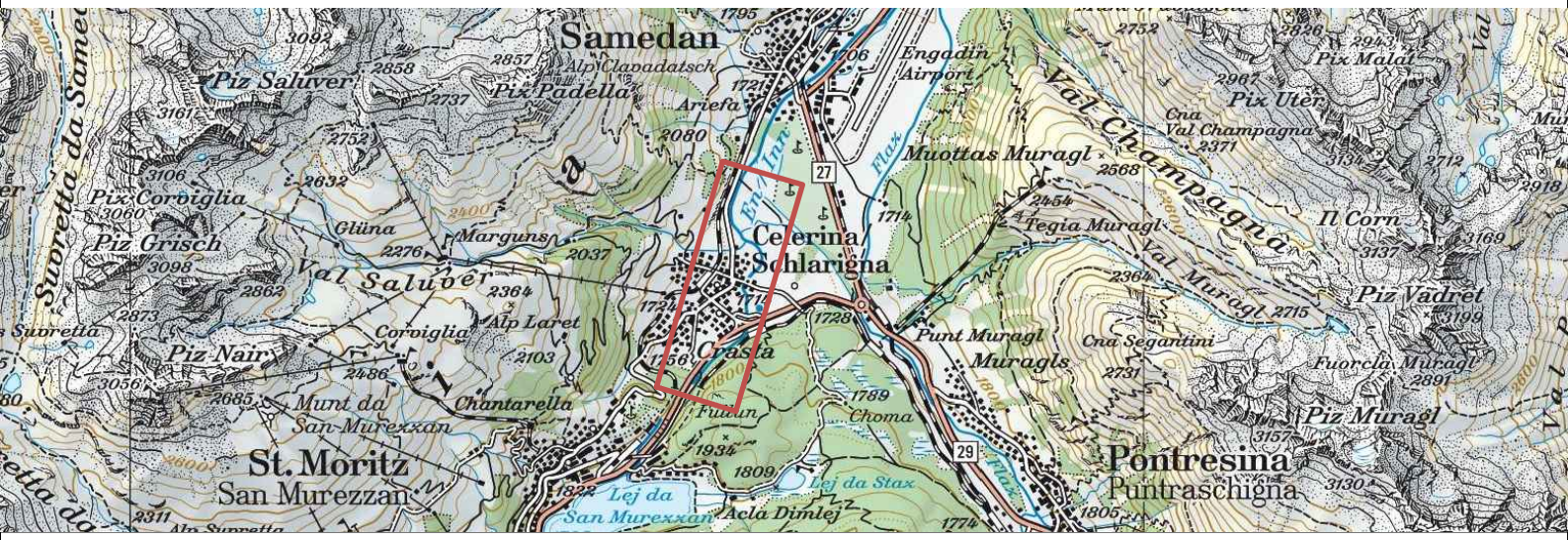
Kanton Graubünden

Gemeinde Celerina

Revitalisierungsprojekt Inn, Celerina

Auflageprojekt



Beilage 3
Hydrologische Begleitung Stufe Auflageprojekt
Sieber Cassina + Handke AG und TK Consult AG

Chur, August 2020

Plan Nr. 10.110

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN

GR573D-1
11.08.2020

Revitalisierung, Inn Celerina

Hydrogeologische Begleitung

STUFE AUFLAGEPROJEKT

Auftraggeber: **Gemeinde Celerina**

Verteiler: **Eichenberger Revital SA**
ecowert gmbh
Hunziker Zarn und Partner AG

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 5

1. Einleitung 8
   - 1.1. Projektbeschrieb 8
   - 1.2. Zweck und Ziel der hydrogeologischen Untersuchung 8
   - 1.3. Ausgeführte Arbeiten 9
   - 1.4. Inhalt und Aufbau des Gutachtens 10
   - 1.5. Untersuchungsperimeter 11
2. Bestehende Grundlagen 11
3. Methodisches Vorgehen 16
   - 3.1. Felduntersuchungen 16
   - 3.2. Vorgehen bei der Datenauswertung 17
   - 3.3. Berechnung der Wasserspiegellagen im Inn 17
   - 3.4. Grundwassermodellierungen 17
4. Geologisch/hydrogeologische Verhältnisse im Taltrog bei Celerina 18
   - 4.1. Felsuntergrund 18
   - 4.2. Die Lockergesteinsfüllung im Taltrog 18
5. Die Grundlagendaten der Kalibrierungsperiode Juni 2013 bis Juli 2014 21
   - 5.1. Grundwasserstände 21
   - 5.2. Wasserstände und Abflüsse in den Binnenkanälen 23
   - 5.3. Abflüsse und Wasserspiegel im Inn 24
   - 5.4. Vergleich Grundwasserspiegel und Wasserspiegel Inn 25
   - 5.5. Vergleichsdaten aus dem hydrologischen Jahrbuch der Schweiz 2013/14 26
6. Numerisches, instationäres 3D-Grundwassermodell Celerina 28
   - 6.1. Geologisches Modell Oberengadin 28
   - 6.2. Modellaufbau und Netzgenerierung 30
   - 6.3. Modellrandbedingungen 30
   - 6.4. Modellierung der Innsohle im Grundwassermodell 30
   - 6.5. Durchlässigkeiten des Untergrunds 31
   - 6.6. Sensibilität und Abgrenzung des Modells 31
   - 6.7. Risiken und Unsicherheiten 32
7. Resultate der Kalibrierung 32
   - 7.1. Kalibrierte k-Werte 32

7.2. Kalibrierung: Abweichung Modell – Messung 33

8. Auswirkungen der wasserbaulichen Eingriffe im Inn auf dessen Wasserspiegellagen.....35

8.1. Überblick wasserbaulichen Eingriffe im Inn.....35

8.2. Überblick der Auswirkungen auf die Wasserspiegellage im Inn.....36

8.3. Eingriffe im Abschnitt Oben, km 2.2 bis 2.9 36

8.4. Eingriffe im Abschnitt Mitte, km 2.9 bis 3.2 37

8.5. Eingriffe im Abschnitt Unten, km 3.4 bis 4.5.....38

9. Grundwassermodellierungen.....41

9.1. Modellierte Szenarien 41

9.2. Darstellung der Resultate.....43

9.3. A: Modellierung des Ist-Zustandes.....44

9.4. B1: Modellierung des Bauzustandes unmittelbar nach Baueingriff mit erhöhter Durchlässigkeit der Gewässersohle (ohne flankierende Massnahmen).....47

9.5. B2: Modellierung des Endzustandes nach dem Baueingriff mit kolmatierter Gewässersohle (mit flankierenden Massnahmen).....55

9.6. C4: Unterhalt Binnenkanäle bei Crasta.....58

10. Auswirkung der Grundwasserspiegeländerungen auf Siedlungsgebiete und sensible Bauten 60

10.1. Ausgangslage und Untersuchungskriterien.....60

10.2. Durchgeführte Arbeiten 60

10.3. Resultate und Beurteilung.....61

11. Spezifische Fragestellungen 63

11.1. Auswirkungen der Revitalisierungen Inn auf das Grundwasser im Pumpwerk Champagnatscha 63

11.2. Schutz oder Aufwertung des Flachmoores Crasta.....64

12. Weiterführende Massnahmen 65

12.1. Hydrogeologische Begleitung und begleitende Sondierungen der Baugrundverhältnisse im unteren Projektperimeter 65

12.2. Monitoring 65

12.3. Lokale Wasserhaltungsmassnahmen 67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Gemessene Pegelstände Grundwasser Celerina 22
Abbildung 2 : Pegelstände Binnengewässer Celerina 23
Abbildung 3: Abflussganglinie gemäss Modell Hunziker Zarn und Partner [11] 24
Abbildung 4: Berechnete Wasserstandslinien des Inns 25
Abbildung 5 : Jahresniederschlagssummen im Vergleich zum Normwert (1981-2010) 26
Abbildung 6 : Schneehöhen im Vergleich zum Normwert (1981-2010) 27
Abbildung 7 : Abfluss Inn (bei Martina) im Vergleich zum Normwert (1981-2010) 27
Abbildung 8: Randbedingungen des numerischen Grundwassermodelles.....31
Abbildung 9: Durchlässigkeitsbeiwerte K des Grundwassermodelles 33
Abbildung 10: Terrainveränderungen im Auflageprojekt gegenüber dem Ist-Zustand [11] 35
Abbildung 11: Wasserspiegellage des Inns Ist- und im Projektzustand 37
Abbildung 12: Überblick über die Gewässerbaulichen Eingriffe im Bereich Hof Manella [1] 38
Abbildung 13: Überblick über die Gewässerbaulichen Eingriffe im Bereich Hof Manella [1] 40
Abbildung 14: Überblick und Anpassung Modellszenarien Stufe VP und AP 41
Abbildung 15: Übersichtstabelle k-Werte im Ist-Zustand 45
Abbildung 16: Flurabstandskarte GW-Hochstand Ist-Zustand (Szenario A, Beilage 1d) 47
Abbildung 17: Übersichtstabelle im Modell verwendete k-Werte im Bauzustand ..49
Abbildung 18: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf den Pegel Pz3 im Grundwasser 50
Abbildung 19: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf den Pegel Pz6 im Grundwasser 50
Abbildung 20: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf den Pegel Pz15 im Grundwasser 51
Abbildung 21: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf das Grundwasser am Standort Brücke San Gian 52
Abbildung 22: Ganglinie des Wasserspiegels im Inn und Projektauswirkungen auf den Pegel P27 im Grundwasser 53
Abbildung 23: Ganglinie des Wasserspiegels im Inn und Projektauswirkungen auf den Pegel P29 im Grundwasser 53
Abbildung 24: Übersichtstabelle im Modell verwendete k-Werte im Endzustand ..56

Beilagenverzeichnis

Resultate der Grundwassermodellierungen

Beilage 1: 1a-1d: Modellierung des Ist-Zustands Szenario A, Differenzenkarten und Flurabstandskarte

Beilage 2: 2a-2d: Modellierung des Bauzustandes Szenario B1, Differenzenkarten und Flurabstandskarte

Beilage 3: 3a-3d: Modellierung des Endzustandes Szenario B2, Differenzenkarten und Flurabstandskarte

Beilage 4: 4a-4d: Modellierung des Bauzustandes mit flankierenden Massnahmen Szenario C4, Differenzenkarten und Flurabstandskarte

Beilage 5: Bauzustand, Situation und Querprofile entlang des Inns, Darstellung des hohen Grundwasserspiegels im Ist- und Bauzustand

Grundlagen für die Grundwassermodellierungen

Beilage 6: Terrainveränderungen im Auflageprojekt und Durchlässigkeiten im Untergrund, Situation 1:8'000

Beilage 7: Hydrogeologische Übersicht aus [15] und aus [14], Situation 1:25'000

Beilage 8: Lage der Grundwassermessstellen aus [14], Situation 1:2'000

Beilage 9: Lage der Abflussmessstellen aus [14], Situation 1:2'000

Beilage 10: Ganglinien der gemessenen Grundwasserspiegel aus [14]

Beilage 11: Ganglinien der gemessenen Binnengewässer aus [14]

Beilage 12: Lage der Baggerschlitze Baugrunduntersuchungen 2018/19 [13], Situation 1:5’000

Beilage 13: Baggerschlitzprotokolle Baugrunduntersuchungen 2018/19 [13]

Gebäudeaufnahmen und Monitoring

Beilage 14: Perimeter Gebäudeaufnahmen

Beilage 15: Kotenplan Keller- und Untergeschosse und Lage des Grundwassers bei hohem Grundwasserspiegel

Beilage 16: Abstand der Gebäude zum Grundwasser im Ist-, End-, und Bauzustand

Beilage 17: Konzept Monitoring Grundwasser und Abflüsse

Zusammenfassung

Das Projekt Revitalisierung, Inn Celerina hat eine gewässerökologische Aufwertung des Inns zwischen der Charnadüra Schlucht und der Flazmündung zum Ziel. Das Auflageprojekt besteht aus drei Abschnitten: Charnadüra-Schlucht – ARA Staz (Oben), ARA Staz – Brücke San Gian (Mitte) und Brücke San Gian – Alte Flazmündung (Unten) und sieht abschnittsweise jeweils eine seitliche Aufweitung des Inns vor.
Mit den flussbaulichen Massnahmen müssen auch die Anforderungen des Hochwasserschutzes gewährleistet werden.
Im Siedlungsgebiet Celerina sind die Grundwasserstände bereits im Ausgangszustand hoch. Bereits heute existieren entlang dem Inn landwirtschaftliche Flächen und Gebäude in kritischem Zustand in Bezug auf das Grundwasser. Als Bedingung für das Revitalisierungsprojekt gilt daher, in den Siedlungsgebieten und insbesondere in der Dorfzone von Celerina einen Grundwasserspiegelanstieg möglichst zu vermeiden.
Im Vorprojekt wurden eine Projektweiterführung und zusätzliche hydrogeologische Untersuchungen empfohlen.

Im Rahmen der hydrogeologischen Begleitung – Stufe Auflageprojekt wurden die Auswirkungen des Projektes auf das Grundwasser mittels Modellierungen untersucht.
Als Grundlage für die Modellierungen wurden die bestehenden Kenntnisse über den Baugrund im unteren Projektabschnitt mittels Baugrundsondierungen und Laborversuchen vertieft.
Für die Beurteilung der möglichen Projektauswirkungen auf die Gebäude in der Dorfkernzone wurden die Lage der Erd- und Untergeschosse vermessen und deren Zustand grob beurteilt. Anschliessend wurde die Lage der Gebäude mit den Grundwasserständen im Ausgangs-, Bau-, und Endzustand verglichen.
Wo erforderlich wurden vereinzelte Projektelemente zur Anpassung empfohlen und flankierende Massnahmen für die Phase während und nach dem Bau ausgearbeitet.
Es wurde ein Monitoringkonzept für die Ausführung und die langfristige Erfolgskontrolle erstellt.
Die erarbeiteten Erkenntnisse wurden im vorliegenden Bericht dokumentiert und dargelegt.

Basierend auf den umfangreich getätigten Grundwasserabklärungen können die relevanten grundwasserbedingten Projektauswirkungen wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Prognose über die Projektauswirkungen auf die Grundwasserspiegel basieren auf einer Modellbildung und Simulation. Abweichungen von der Prognose sind aufgrund von Modellungenauigkeit oder geänderten Randbedingungen möglich.
- Aufgrund der durchgeführten Grundwasseruntersuchungen werden im Bauzustand ohne flankierende Massnahmen in der Dorfzone von Celerina und im Gebiet Champagnatscha rund 10 – 15 cm höhere Grundwasserstände erwartet. Im Gebiet Crasta steigen die Stände lokal sogar um 20 – max. 30 cm.
- Im Endzustand mit flankierenden Massnahmen werden die Anstiege deutlich reduziert. Kurzzeitig, an wenigen Tagen im Jahr sind in der Dorfzone und im

Gebiet Champagnatscha rund 5 – 10 cm höhere Grundwasserstände möglich. Die mittleren und länger andauernden Grundwasserstände bleiben im Dorf grossräumig stabil.

- In Ufernähe entlang des Inns könnten bereits heute von Vernässungen betroffene landwirtschaftliche Flächen etwas häufiger vernässt sein.
- Gebäude, welche bereits heute von Wasserzutritten in die Untergeschosse oder feuchtem Mauerwerk betroffen sind, werden in ähnlichem Umfang von Vernässungen betroffen sein. Deutlich länger andauernde Vernässungen und häufigere Vernässungen werden nicht erwartet. Schäden an der Bausubstanz werden nicht erwartet (z.B. durch Setzungen infolge Grundwasserspiegelabsenkungen oder infolge Auftriebs durch lange andauernde und starke Grundwasserspiegelanstiege).
- Die Revitalisierungen erfüllen die Anforderungen an den Gewässerschutz. In der Ausführung sind zum Schutz des Trinkwassers im Pumpwerk Champagnatscha vorsorgliche Massnahmen zu treffen. Während der Bauarbeiten gelten daher die Weisungen gemäss Merkblatt für Arbeiten in Schutzzonen S1-S3 des kantonalen Amts für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden.
- Die Deponie Manella (ehemalige Kerichtdeponie Nr. 2) wird durch das Projektvorhaben nicht tangiert. Aufgrund der Revitalisierungsmassnahmen sind keine negativen Einflüsse auf die Deponie und Änderung des aktuellen Beurteilungsstandes aus Sicht der AltlV zu erwarten.
- Unerwünschten Grundwasserspiegelanstiegen im Gebiet Crasta – ARA Staz werden durch Abdichtungsmassnahmen im Lej da Spuondas oder im Inn mit Feinsediment oder durch den Unterhalt der Binnenkanäle bei Crasta (z.B. Ova da Brattas) entgegengewirkt.
- Unerwünschten Grundwasserspiegelanstiegen im Gebiet Brücke San Gian und Champagnatscha werden im Bedarfsfall mit Projektoptimierungen in der Ausführung (Sohlenlage und Flächenausdehnung der Eingriffe) und mit Gerinneabdichtungsmassnahmen mit Feinsediment entgegengewirkt.
- Das Grundwassermodell basiert auf einem hydrogeologischen Modell sowie auf den Annahmen der Wasserspiegellagen im Inn und in den Binnengewässern. Die Abweichung zwischen den gemessenen Grundwasserständen und den modellierten Grundwasserständen ist i.A. klein. Sie liegt durchschnittlich im Bereich von ca. 10 – 30 cm.
- Die Schichtverhältnisse und Durchlässigkeitsbeiwerte können lokal von den getroffenen Annahmen abweichen.
- Im Grundwassermodell wurden erhöhte jährliche Abflüsse (ca. HQ1) berücksichtigt. Grundwasserstände, wie sie sich in seltenen - sehr seltenen Fällen bei sehr hohen Abflüssen im Inn einstellen (z.B. im Juni 2019, > HQ10-30), sind nicht berücksichtigt. In solchen Fällen können die modellierten Grundwasser Hochstände auch kurzzeitig (Stunden bis wenige Tage) überschritten werden.
- Die Bauarbeiten müssen durch einen Hydrogeologen begleitet werden. Durch eine hydrogeologische Baubegleitung kann das Projekt in der Ausführung optimiert und die Übereinstimmung mit der Prognose überprüft werden.
- Die Grundwasserstände müssen während und nach den Bauarbeiten mit dem vorgeschlagenen Monitoring überwacht werden. An besonders sensiblen

Standorten empfehlen wir die Einrichtung von drei zusätzlichen Grundwassermessstellen.

- Zur Beweissicherung empfehlen wir in ausgewählten Gebäuden die Durchführung einer amtlich beglaubigten Bestandesaufnahme der Keller- und Untergeschosse.
- Aus Sicht Grundwasser kann gemäss heutigem Kenntnisstand die Weiterverfolgung des Projektes empfohlen werden.

1. Einleitung

1.1. Projektbeschrieb

Das Projekt Revitalisierung, Inn Celerina hat eine gewässerökologische Aufwertung des Inns zwischen der Charnadüra Schlucht und der Flazmündung zum Ziel. Mit den flussbaulichen Massnahmen müssen auch die Anforderungen des Hochwasserschutzes gewährleistet werden.

Das Auflageprojekt sieht im Abschnitt zwischen der Mündung der Charnadüra Schlucht und der ARA Staz zwischen km 2.2 und km 2.9 eine Gerinneverbreiterung und eine Absenkung der Gewässersohle vor. Nebst der Gerinneverbreiterung und -Absenkung sind in diesem Abschnitt zwei durch eine Sohlenerhöhung voneinander abgetrennte Tiefwasserzonen vorgesehen.
Mit der Gerinneverbreiterung und der Schaffung der Tiefwasserzonen werden Schwall- /Sunkeffekte gedämpft und im Inn neue Laichplätze für Fische geschaffen. Dadurch wird das Gewässer aus gewässerökologischer Sicht erheblich aufgewertet. Abgesehen davon wird mit den Revitalisierungsmassnahmen eine landschaftliche Aufwertung des Gebietes erreicht.

Im mittleren Projektabschnitt von der ARA Staz bis zur unteren Inn Brücke San Gian zwischen km 2.9 und 3.2 ist eine Verbreiterung des Überflutungsraumes linksufrig des Inns vorgesehen. Die entsprechende Fläche wird nur bei hohen Abflüssen im Inn überflutet.

Im unteren Projektabschnitt vom Innbogen beim Hof Manella bis zur alten Flazmündung bei der Ochsenbrücke zwischen km 3.4 und km 4.2 sind sowohl links- und rechtsufrig des Inns Massnahmen vorgesehen. Das Vorland im Innbogen beim Hof Manella soll zwischen km 3.4 und km 3.8 mit einem Nebengerinne durchströmt werden. Das Vorland wird im Hochwasserfall durch den Inn überflutet. Unterhalb der Mündung des Schlattainbachs ist im Abschnitt zwischen km 3.9 und km 4.2 rechtsufrig des Inns eine Aufweitung und die Schaffung eines verzopften Gerinnes vorgesehen.

1.2. Zweck und Ziel der hydrogeologischen Untersuchung

Im Siedlungsgebiet Celerina sind die Grundwasserstände bereits im Ausgangszustand hoch. Bereits heute existieren landwirtschaftliche Flächen und Gebäude in kritischem Zustand in Bezug auf das Grundwasser. Teils sind zur Wasserhaltung in Kellern bereits heute Pumpen erforderlich. Als Bedingung für das Revitalisierungsprojektgilt daher, in den Siedlungsgebieten einen Grundwasserspiegelanstieg zu vermeiden.

Das Flachmoor Crasta ausgangs der Charnadüra Schlucht ist von regionaler Bedeutung. Die Grundwasserstände im Flachmoor werden einerseits durch den Inn und anderseits durch die Binnengewässer linksufrig des Inns beeinflusst. Die Rahmenbedingungen für die Flora und Fauna im Flachmoor dürfen durch den Pro-

jekteingriff nicht verschlechtert werden. Ziel des Projektes ist es daher die Grundwasserstände gegenüber dem Ausgangszustand nicht abzusenken.

Das bestehende Grundwassermodell war im Raum Celerina bisher nur auf wenige Grundwasserdaten abgestützt und daher ungenügend, um darauf zuverlässige Aussagen über die Auswirkungen einer Revitalisierung des Inns auf die Grundwasserstände machen zu können. Ziel der durchgeführten Grundwasser- und Abflussmessungen war daher eine Verbesserung des Modells.

Zweck und Ziel dieses Fachgutachtens ist es verlässliche Aussagen über die Auswirkungen des Revitalisierungsprojektes auf das Grundwasser zu machen. Risiken für die Gemeinde in Bezug auf negative Auswirkungen für bestehende Nutzungen werden aufgezeigt. Die Erkenntnisse aus diesem Gutachten sind mitentscheidend, ob der Gemeinde Celerina die Umsetzung des Revitalisierungsprojektes empfohlen werden kann.

1.3. Ausgeführte Arbeiten

Vorstudie / Vorprojekt:

- Grundlagenerhebung: Grundwasserspiegelmessungen, Abflussmessungen Binnengewässer
- Erstellung des Geologisch-hydrogeologischen Modells
- Erstellung nummerisches Grundwassermodell
- Kalibrierung des Grundwassermodells
- Untersuchung der Auswirkungen der Revitalisierungen auf das Grundwasser auf Stufe Vorprojekt. Beurteilungsbericht Grundwasser auf Stufe Vorprojekt

Auflageprojekt:

- Baugrundsondierungen und Laborversuche zur Untersuchung des Schichtaufbaus im Bereich des unteren Projektperimeters
- Aufnahmen von sensiblen Bauwerken / Gebäuden in Zonen mit hohen Grundwasserspiegeln
- Entwicklung Monitoringkonzept für die Ausführung und die langfristige Erfolgskontrolle
- Mitwirkung bei Projektoptimierungsmassnahmen, Untersuchung der Auswirkungen des Auflageprojektes auf das Grundwasser, Konzept für flankierende Massnahmen während und nach dem Bau
- Beurteilungsbericht auf Stufe Auflageprojekt

Das Grundwassermodell wurde in der Vorprojektphase erstellt und kalibriert. Im Auflageprojekt wurden die Geometrien und Eigenschaften des definitiven Revitalisierungsprojektes in das Grundwassermodell eingearbeitet. Ebenso wurden die neuen Erkenntnisse aus den Baugrundabklärungen in das Modell eingepflegt. Das Modell musste für diesen Zweck jedoch nicht nochmals neu kalibriert werden.

1.4. Inhalt und Aufbau des Gutachtens

In Kapitel 1 werden die einleitenden Grundlagen beschrieben. Das sind die wesentlichen Projektelemente und die Zielsetzung des Projektes. Weiter werden die bisher durchgeführten Untersuchungen beschrieben und der Projektperimeter festgelegt.

Kapitel 2 enthält die Referenzen und Grundlagen, auf welche das vorliegende Dokument abstützt.

In Kapitel 3 werden die durchgeführten Felduntersuchungen, die Instrumentierung der ausgewählten Messstellen und die Grundlagen für die hydrogeologische Modellbildung für die verschiedenen Grundwassergebiete erläutert.

In Kapitel 4 werden die hydrogeologischen Erkenntnisse aus früheren Untersuchungen beschrieben, welche für die Modellbildung verwendet worden sind.

In den folgenden Kapiteln 5 und 6 werden die für die Grundwassermodellierungen mit der Software SPRING verwendeten Datengrundlagen, der Modellaufbau und die wesentlichen Modellrandbedingungen beschrieben. Darauf basierend werden die Sensibilität sowie die Risiken und Unsicherheiten des Modells beurteilt.

In Kapitel 7 werden die Resultate der Modellkalibrierung beschrieben. Die Kalibrierung erfolgte bereits auf Stufe Vorprojekt.

In Kapitel 8 werden abschnittsweise die Projekteingriffe beschrieben und die Auswirkungen auf die Wasserspiegellage im Inn beurteilt.

In Kapitel 9 werden die Grundwasserverhältnisse im Ist-Zustand beschrieben. Anschliessend werden für den Bau- und Endzustand die Auswirkungen der Revitalisierungen auf das Grundwasser beurteilt.

In Kapitel 10 werden die zu erwartenden Grundwasserspiegeländerungen in Bezug zur Lage der Erd- und Untergeschosse im Dorfkern von Celerina gesetzt. Es werden die Auswirkungen auf die Gebäude beurteilt.

In Kapitel 11 werden spezifische Fragestellungen betreffend die Auswirkungen auf das Grundwasserpumpwerk Champagnatscha untersucht, welches der Trinkwasserversorgung dient. Ebenso werden die Auswirkungen auf die Deponie Manella untersucht.

In Kapitel 12 werden der Sinn und Zweck von weiterführenden Massnahmen in der späteren Projektierung und Ausführung beschrieben. Dazu gehören die geologische Begleitung der Erdarbeiten, die Überwachung der Grundwasserspiegel und die Beweissicherung von Keller- und Untergeschossen.

1.5. Untersuchungsperimeter

Der Perimeter für die Untersuchung der Projektauswirkungen auf das Grundwasser umfasst die Talsohle des Oberengadins auf Gemeindegebiet von Celerina von der Innmündung ausgangs der Charnadüra-Schlucht bis zur Mündung des alten Flazlaufes in den Inn.

2. Bestehende Grundlagen

Projektgrundlagen

[1] Eichenberger Revital SA (2019): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Auflageprojekt, Plan Nr. 10.110.103, Übersicht 1:1'000 Abschnitt unten vom 21.11.2019

[2] AF Toscano AG (2019): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Aufnahmen und Kotenplan Gebäudevermessung im Gebiet San Gian vom 4.-6.8.2019

[3] Eichenberger Revital SA (2019): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Auflageprojekt, Plan Nr. 10.110.102, Übersicht 1:1'000 Abschnitt obenmitte vom 20.11.2019

[4] Eichenberger Revital SA (April 2016): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Vorprojekt, Plan Nr. 10.110.001, Übersicht 1:2'500 und Längenprofile 1:5'000/100 vom April 2016

[5] Eichenberger Revital SA (April 2016): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Vorprojekt, Plan Nr. 10.110.002, Situation Abschnitt oben 1:1'000 vom April 2016

[6] Eichenberger Revital SA (April 2016): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Vorprojekt, Plan Nr. 10.110.003, Situation Abschnitt unten 1:1'000 vom April 2016

[7] Eichenberger Revital SA (April 2016): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Vorprojekt, Plan Nr. 10.110.004, Querprofile oben 1:250 vom April 2016

[8] Eichenberger Revital SA (April 2016): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Vorprojekt, Plan Nr. 10.110.005, Querprofilmitte 1:250 vom April 2016

[9] Eichenberger Revital SA (April 2016): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Entwurf Vorprojekt, Plan Nr. 10.110.006, Querprofile unten 1:500 vom April 2016

[10] Hunziker Zarn und Partner AG (Oktober 2019): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Abflussmodell Inn Stand Auflageprojekt für die Kalibrierungsperiode

[11] Hunziker Zarn und Partner AG (Juli 2016): Revitalisierungsprojekt Inn Celerina, Abflussmodell Inn Stand Vorprojekt für die Kalibrierungsperiode

[12] ecowert gmbh (2014): H-Q-Beziehung und Abflussganglinien für die Binnengewässer Celerina

Hydrogeologische Berichtgrundlagen

[13] Sieber, Cassina + Handke AG, (2019): Revitalisierung Inn Celerina, Baugrunduntersuchungen Stufe Auflageprojekt; Bericht GR573C-1 vom 03.04.2019.

[14] Sieber, Cassina + Handke AG, TK CONSULT AG (2017): Revitalisierung Inn Celerina – Grundwassermodellierung Stufe Vorprojekt – Fachgutachten Grundwasser; Bericht GR573B vom 28.02.2017.

[15] TK CONSULT AG und SC+H Sieber Cassina + Handke AG (2016): Amt für Natur und Umwelt Kt. Graubünden; Grundwassermodell Oberengadin – Modellpflege 2015/16; Bericht GR800A vom 05.09.2016.

[16] SC+H Sieber, Cassina + Handke AG und TK CONSULT AG (2011): GR518 Grundwassermodellierung Oberengadin; September 2011.

[17] Dr. Riccardo Bernasconi AG (2007): Geophysikalische Untersuchungen im Gebiet von St. Moritz bis S'Chanf, Beratender Geologe+Hydrogeologe, Dezember 2007

[18] SC+H Sieber Cassina + Handke AG (2008): GR71-4: Grundwasserpumpwerk Champagnatscha Celerina – Hydrogeologischer Bericht zum ausgeführten Bauwerk; Sieber Cassina + Handke AG; Mai 2008.

[19] SC+H Sieber Cassina + Handke AG (2003): GR71-2: Grundwasser Champagnatscha und Marguns, Celerina – Hydrogeologischer Bericht, Abklärung der Fassungsmöglichkeiten von Grundwasser;

[20] SC+H Sieber Cassina + Handke AG (2014): GR 326, 429.27-D, Hochwasserschutz Gemeinde Samedan, Grundwasser-Monitoring, Periode Januar 2005 – Dezember 2013

[21] SC+H Sieber Cassina + Handke AG (2000): GR 286, 429.27-D, Hochwasserschutz Gemeinde Samedan, Aquifersimulation zur vertieften Projektstudie Flazverlegung; Sieber Cassina + Handke AG; Mai 2000.

[22] Sieber, Cassina + Handke AG, TK CONSULT AG (2016): Revitalisierung Inn (Bever 2. Bauetappe & La Punt) & Chamuerabach – Grundwassermodellierung – Abschätzung der Auswirkungen basierend auf dem bestehendem instationären Grundwassermodell Oberengadin (GR732B-1); Sieber, Cassina + Handke AG, TK CONSULT AG; Februar 2015.

[23] Sieber, Cassina + Handke AG, TK CONSULT AG (2016): Revitalisierung Inn Bever 2. Bauetappe – Grundwassermodellierung – Abschätzung der Auswirkungen basierend auf dem bestehendem instationären Grundwassermodell Oberengadin; Bericht GR732D-1A vom März 2016.

[24] Sieber, Cassina + Handke AG, TK CONSULT AG (2018): Revitalisierung Inn Bever-La Punt – Neukalibrierung Grundwassermodell – Kalibrierung anhand der Messdaten der Periode 2015 – 2017; Bericht GR732F-1 vom 21.05.2018.

[25] Sieber, Cassina + Handke AG, TK CONSULT AG (2019): Revitalisierung Inn Bever 2. Bauetappe (Stufe Ausführungsprojekt) – Grundwassermodellierung – Abschätzung der Auswirkungen basierend auf dem bestehendem instationären 3D-Grundwassermodell Oberengadin; Bericht GR732E vom 22.07.2019.

[26] Büchi und Müller AG (1982): Untersuchungen der Grundwasserverhältnisse im Oberengadin, Hydrogeologisches Gutachten Nr. 1518, Chur, Dezember 1982.

[27] Burga C.A. (1987): Gletscher und Vegetationsgeschichte der südrhätischen Alpen seit der Späteiszeit.-Denkschrift der Naturforschenden Schweiz. Gesellschaft, Band 101

[28] Bearth, P., Heierli, H., Roesli, F. (1987): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1237 Albulapass mit Erläuterungen.

Geologisch/Hydrogeologische Karten

[29] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2016): Geologischer Atlas der Schweiz, Geo-Cover Karte

[30] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2016): Grundwasserkarte des Kantons Graubünden mit Transmissivitätskarte Oberengadin, Stand 2016

[31] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2016): Gewässerschutzkarte des Kantons Graubünden Oberengadin, Stand 2016

[32] Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1257 St. Moritz 1:25'000 mit Erläuterungen

Datengrundlagen

[33] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2015): Grundwasserspiegelmessungen Oberengadin 1976 – 2015

[34] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2015): Koordinaten und Entnahmemengen der öffentlichen Wasserversorgungen im Oberengadin (2006 – 2010)

[35] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2015): Digitales Höhenmodell Oberengadin (2006 – 2010)

[36] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2015): Karten 1:25‘000 und Luftbilder

[37] SC+H Sieber Cassina + Handke AG (2015): Grundwasserspiegelmessungen Celerina und Entnahmemengen Baustelle Celerina 2013/14; September 2015.

[38] SC+H Sieber Cassina + Handke AG (2014): Pegelstands- und Abflussmessungen der Binnengewässer in Celerina 2013/14.

[39] Bundesamt für Umwelt BAFU (2015): Grundwasserspiegelmessungen Pegel B BWG 1998 – 2015

[40] Bundesamt für Umwelt BAFU (2015): Abflussmessungen Inn St. Moritzbad, Inn Cinuos-chel, Rosegbach, Berninabach, Chamuerabach (2009 – 2015)

[41] Bundesamt für Umwelt BAFU (2015): Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2014

[42] Bundesamt für Umwelt BAFU (2014): Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2013

[43] MeteoSchweiz (2015): Meteodaten (Lufttemperatur, Schneehöhen, Niederschlag, Wind, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Luftdruck) der Messstelle Samedan (2009 – 2016)

[44] SC+H Sieber Cassina + Handke AG, GIS Daten, Bohrdaten Oberengadin aus den Jahren 1960 - 2015

[45] Geologische Daten Erdwärmesondenbohrungen im Oberengadin aus den Jahren 1998 - 2015, Amt für Umwelt und Natur, Kanton Graubünden.

[46] Sytec (2016), Mündliche Auskunft: k-Wert von Bentofixmatten.

[47] Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden (2020): Naturgefahrenkarte

3. Methodisches Vorgehen

3.1. Felduntersuchungen

Als Grundlage für die Kalibrierung des Grundwassermodelles wurden in der Periode vom Juni 2013 bis Juli 2014 auf Gemeindegebiet Celerina Grundwassermessungen und Abflussmessungen in Oberflächengewässern durchgeführt.

3.1.1. Grundwasserspiegelmessungen

Für die Grundwasserspiegelmessungen wurden bereits bestehende Piezometer des kantonalen Amtes für Natur und Umwelt sowie von früheren hydrogeologischen Untersuchungen auf Gemeindegebiet Celerina mit Drucksonden bestückt. Die Lage der Messstellen kann der Beilage 8 entnommen werden.
Im oberen Projektabschnitt im Gebiet Crasta, Prolizun und Celerina wurden in einem 500 - 1000 m breiten Streifen entlang des Inns 6 Messstellen eingerichtet und betrieben. Es sind dies die Piezometer Pz03, Pz06, Pz08, Pz12, Pz15 und Pz18.
Nachdem im Herbst 2013 im Gebiet Crasta mit einem grossflächigen Baugrubenaushub mit freier Grundwasserspiegelabsenkung begonnen wurde, wurden zur Überwachung der Grundwasserabsenkungen zwei weitere Datenlogger in Schächte von Filterbrunnenanlagen eingebaut. Es sind dies die Piezometer Pz Bau und Brunnen1.

Im unteren Projektabschnitt wurden im Gebiet Hof Manella, Pumpwerk Champagnatscha und Flazmündung 3 Piezometer des kantonalen Amtes für Natur und Umwelt mit Drucksonden und Datenloggern ausgerüstet. Es sind dies die Piezometer Pz27, Pz28 und Pz29.

Die Installation, Wartung und Datenauslesung der Drucksonden mit Datenloggern erfolgte durch SC+H Sieber Cassina + Handke AG.

3.1.2. Kontinuierliche Messung der Wasserspiegellagen und stichprobenartige Abflussmessungen in den Binnengewässern

Im oberen Projektabschnitt wurden die Auswirkungen der Binnengewässer Ova da Brattas, Foss da Mulin und des Gerinnes westlich des Inndammes auf die Ex- und Infiltration von und ins Grundwasser untersucht. Dafür wurden im Gebiet Crasta die Abflussmessstellen PB1 bis PB7 durch SC+H eingerichtet und betrieben. Die Lage der Abflussmessstellen kann Beilage 9 entnommen werden.
An den Abflussmessstellen wurden die Wasserspiegellagen in den Binnenkanälen mittels Drucksonden kontinuierlich aufgezeichnet. Das Büro ecowert gmbh sowie SC+H führten während der Messperiode in den Binnengewässern stichprobenartig Abflussmessungen mittels Salzverdünnungsmethode durch.

3.1.3. Vermessung der Messstellen und Gewässersohlen

Die Lage und Höhe sämtlicher Piezometer und Abflussmessstellen wurde im Juni 2013 durch das Ingenieurbüro Edy Toscano AG vermessen.

Die Lage der Gewässersohlen im Inn sowie in den Binnengewässern Ova da Brattas und Foss da Muli wurde durch das Ingenieurbüro Meisser Vermessung AG aufgenommen.

3.2. Vorgehen bei der Datenauswertung

Die Rohdaten aus den Datenloggern Orpheus MINI wurden ausgelesen und zur weiteren Bearbeitung mit Hilfe der Software Hydras 2.80 nach Excel exportiert. Beim Auslesen der Daten festgestellte Abweichungen zwischen den Ablesungen der Datenlogger und den Handmessungen wurden linear auf die Messreihe ausgeglichen.

Basierend auf Messreihen der kontinuierlichen Wasserspiegellagen und den stichprobenartigen Abflussmessungen wurden die HQ-Beziehungen für die jeweiligen Binnengewässer abgeleitet.

3.3. Berechnung der Wasserspiegellagen im Inn

Grundlage für das Grundwassermodell bildete ein Abflussmodell bzw. ein Modell der Wasserspiegellagen im Inn. Das Abflussmodell und die H-Q-Beziehungen für ausgewählte Innquerschnitte entlang der Gewässerlinie wurden durch das Ingenieurbüro Hunziker Zarn und Partner AG erarbeitet [11]. Die Wasserspiegellagen wurden anschliessend basierend auf den jeweiligen H-Q-Beziehungen und dem Abflussmodell für die einzelnen Innquerschnitte berechnet.

3.4. Grundwassermodellierungen

Für die Modellierung der Grundwasserverhältnisse im Ist-Zustand wurde in einem ersten Schritt die Geometrie des Inns in das Grundwassermodell integriert (Sohlenlage, Gerinnebreite). Nachdem die Grundwasserverhältnisse im Ist-Zustand kalibriert und modelliert wurden wurde die Gerinnegeometrie des Inns im Modell dem Projektzustand angepasst. Anschliessend wurden die Auswirkungen des Vorprojektes modelliert. Die Modellrandbedingungen sowie die Kalibrierung werden in den Kapiteln 6 und 7 beschrieben. Die Resultate der Grundwassermodellierungen werden in Kapitel 9 beschrieben.

4. Geologisch/hydrogeologische Verhältnisse im Taltrog bei Celerina

4.1. Felsuntergrund

Celerina befindet sich am oberen Rand des Grundwassergebietes im Oberengadiner Taltrog zwischen Celerina und S'Chanf.

Bei den Festgesteinen im Einzugs- und Berandungsbereich des Grundwassergebiets von Celerina handelt es sich gemäss der geologischen Grundlagen [13][15][32] um paläozoische, Gneise und Granite (z.T. metamorph überprägte) der Bernina Decke.
Die Durchlässigkeit dieser Gesteine beschränkt sich in der Regel auf lokale und oberflächennahe Bereiche entlang von schlecht bis mässig durchlässigen Klüften oder Störzonen. Insgesamt kann der Felsuntergrund als praktisch undurchlässig betrachtet werden.

Die Lage der Felsoberfläche im Taltrog wurde basierend auf Auswertungen von Erdwärmesondenbohrungen [45] und vereinzelten Kernbohrungen [44] rekonstruiert. Die Felsoberfläche ist entlang der nordwestlichen, südlichen und südöstlichen Talflanken aufgeschlossen. Die Felsoberfläche taucht von der Mündung der Charnadüra Schlucht im Südwesten in nordöstliche Richtungen unter die Talebene ab. Im Bereich des Flachmoores Crasta liegt sie in ca. 10 - 20 m Tiefe unter der Terrainoberfläche, im Raum ARA bis zur unteren Inn Brücke San Gian liegt sie in ca. 20 - 30 m und im Bereich des alten Flazlaufes in über 60 m Tiefe.

4.2. Die Lockergesteinsfüllung im Taltrog

4.2.1. Sondierungen und vorhandene Grundlagen

Der Schichtaufbau der Lockergesteinsablagerungen im Taltrog bei Celerina wurde mit mehreren Kernbohrungen in 10 - 60 m Tiefe unter OK Terrain erkundet [44]. Abgesehen von den Erdwärmesondenbohrungen [45] existieren nur wenige Bohrungen, mit welchen die gesamte Talfüllung bis in den Felsuntergrund erkundet wurde. Es sind dies die Tiefbohrungen bei Samedan [13] und Bohrungen, welche im Rahmen der Untersuchungen für das Grundwasserpumpwerke Champagnatscha in Celerina abgeteuft wurden [17].
Weitere Informationen über den tieferen Untergrund konnten aus geoelektrischen Messungen gewonnen werden. Mit Hilfe von Widerstandsmessungen [13], [17] konnten Aussagen über die Verbreitung und Mächtigkeiten von durchlässigen und undurchlässigen Schichten gemacht werden.
Oberflächennah und bis ca. 30 m Tiefe liegen geologische Informationen aus Sondierbohrungen und Baggerschlitzen verschiedener Baugrunduntersuchungen im Raum Celerina vor. An dieser Stelle sollen die Sondierungen erwähnt werden, welche im Rahmen der Auflageprojektierung zur Untersuchung der oberflächen-

nahen Lockergesteine im untersten Projektabschnitt zwischen Hof Manella und der alten Flazmündung durchgeführt wurden [13].

4.2.2. Eiszeitliche Moränen

Die eiszeitlichen Moränen liegen über der Felsoberfläche und sind entlang der Talflanken aufgeschlossen. Im Talboden sind sie teilweise erodiert oder durch jüngere Lockergesteinsablagerungen überdeckt worden. Die Schichtmächtigkeit der Moräne beträgt in der Tiefbohrung Samedan nur ca. 3 m. Im Gebiet Celerina konnte die Moräne auch in vereinzelten untiefen Bohrungen in ca. 20 m Tiefe unter OK Terrain aufgeschlossen werden. Die Schichtmächtigkeit konnte dort jedoch nicht vollständig aufgeschlossen werden und wird auf wenige Meter geschätzt.

Die Moräne ist dicht bis sehr dicht gelagert und in der Regel schlecht oder sehr schlecht durchlässig. Erfahrungsgemäss liegt die Durchlässigkeit in der Moräne bei rund 1.0E-8 m/s bis 1.0E-6 m/s.

4.2.3. Verwitterte und verschwemmte Moräne sowie Seeablagerungen

Die Moräne ist entlang ihrer Schichtoberfläche teilweise verwittert und aufgelockert. Die Mächtigkeit der verwitterten und aufgelockerten Moräne ist im südlichen Projektperimeter von der Mündung der Charnadüra Schlucht bis zur unteren Inn Brücke San Gian sehr gering und beträgt höchstens wenige Meter. Nördlich davon nimmt die Mächtigkeit der verschwemmten Moräne zu. Teilweise ist es auch mit feinkörnigen Ablagerungen aus lokalen Seen oder Tümpeln verzahnt. In der Kernbohrung für die Planung der Grundwasserfassung Champagnatscha (Celerina) [17] sind zwischen ca. 48.5 und 54m Tiefe feingeschichtete Silte und Sande aufgeschlossen worden.

Erfahrungsgemäss liegt die Durchlässigkeit in der verwitterten Moräne und in Seeablagerungen bei rund 1.0E-8 m/s bis 1.0E-6 m/s.

4.2.4. Alluviale Ablagerungen des Inns

Über den oben beschriebenen fein- und gemischtkörnigen glazialen- und fluvioglazialen Ablagerungen (Moräne, Seeablagerungen) liegen verbreitet und mächtig alluviale Ablagerungen des Inns. Diese sind mächtig und reichen vielerorts bis nahe an die Terrainoberfläche. Die Ablagerungen bestehen sowohl aus Sanden wie auch aus Kiesen, welche rinnenartige, ineinander verzahnte und verzopfte Strukturen bilden. Die Durchlässigkeit dieser Ablagerungen ist je nach Kornabstufung und Lagerungsdichte mittel bis hoch (1.0E-4 m/s bis 5.0E-3 m/s).

Zwischen den alluvialen Ablagerungen wurden in verschiedenen Sondierungen vereinzelte Lagen und Linsen von feinkörnigen Überschwemmungssedimenten aufgeschlossen. Diese haben dort aufgrund ihrer beschränkten Ausdehnung keinen wesentlichen Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse.

4.2.5. Lokale und oberflächennahe Überschwemmungssedimente

In den Gebieten des Flachmoores Crastas, im Raum ARA Staz bis zur unteren Inn Brücke San Gian und grossräumig entlang des Inns zwischen dem nordöstlichen Dorfrand bis zur alten Flazmündung werden die alluvialen Ablagerungen des Inns durch Überschwemmungssedimente überlagert. Die gemischt- bis feinkörnigen, locker gelagerten Schwemmsande und Silte, teilweise mit Torf, sind in der Regel geringmächtig (1 m - ca. 3 m). Die Durchlässigkeit dieser Schichten ist generell eher schlecht und liegt erfahrungsgemäss im Bereich 1.0E-7 m/s bis 5.0E-6 m/s.

4.2.6. Bachschuttablagerungen des Flaz

Im Raum der Mündung der Val Bernina ins Oberengadin bis zur Mündung des alten Flaz ist der mächtige Bachschuttkegel des Flaz grossräumig und bis weit ins Haupttal vorgestossen. Die Bachschuttablagerungen unterscheiden sich von den alluvialen Ablagerungen des Inns durch etwas mehr Feinanteil und eine etwas geringere Durchlässigkeit. Insgesamt erwarten wir in diesem Raum mittlere bis hohe Durchlässigkeiten (1.0E-5 m/s bis 1.0E-3 m/s). Im Mündungsbereich der Val Bernina ins Oberengadin wurde im Untergrund ein Endmoränenstand durch den Bachschuttkegel überschüttet. In diesem Bereich sind die Durchlässigkeiten nochmals deutlich tiefer (5.0E-7 m/s bis 1.0E-4 m/s).

5. Die Grundlagendaten der Kalibrierungsperiode Juni 2013 bis Juli 2014

5.1. Grundwasserstände

Das Grundwassermodell Celerina wurde basierend auf erhobenen Grundwasserspiegelmessungen und Abflussdaten kalibriert. Die dafür verwendeten Daten sind im Zeitraum vom 29. Mai 2013 bis zum 19. Juli 2014 erhoben worden.

5.1.1. Beobachtete Grundwasserspiegel

Die Grundwasserspiegel im Untersuchungsperimeter können aufgrund ihrer räumlichen Lage und ihrer Jahresganglinien grob in zwei Gruppen unterteilt werden. In eine Gruppe von Daten aus dem Gebiet Crasta und Celerina sowie in eine Gruppe Celerina - Ochsenbrücke (alte Flazmündung).
Im Gebiet Crasta und Celerina sind geringe Flurabstände vorherrschend (Beilage 1d). Typisch sind sehr geringe Pegelschwankungen in der Jahresganglinie. Die Differenz zwischen dem Jahreshöchst- und -minimalstand beträgt nur ca. 0.5 bis maximal 1 m (Abbildung 1). Im Jahr 2013 wurden die höchsten Pegelstände im Juni gemessen. Mit Abnahme der Niederschlagsaktivität und einem vollständigen Abschmelzen der Schneedecke in den hochgelegenen Einzugsgebieten nahmen die Pegelstände im Herbst langsam ab. Ein Starkniederschlagsereignis am 23.-25.10. Oktober 2013 führte zu einem kurzfristigen, aber sehr markanten Anstieg des Grundwassers im gesamten Untersuchungsperimeter. Mit nachlassender Niederschlagsaktivität sanken die Pegelstände. Die Tiefstände wurden bereits Anfangs Dezember 2013 nahezu erreicht. Die Pegelstände verharrten dort bis Mitte März 2014 auf tiefem Niveau. Mit Beginn der Schneeschmelze stiegen die Pegel in den Monaten März - Juni 2014 an und erreichten im Frühling/Sommer ihre Höchststände.
Die Flurabstände im Gebiet Celerina entlang des Inns bis zum Hof Manella sind gering. Die Grundwasserstände werden dort im Wesentlichen durch die Pegelstände im Inn beeinflusst. Die Jahresganglinie beim Pegel P27 verläuft ähnlich wie diejenige der Messstellen im Gebiet Crasta. Die Schwankungen sind bei P27 allerdings deutlich grösser.
Im Bereich Ochsenbrücke - Golfplatz Samedan - Hügel San Gian bildete der alte Flaz einen grossflächigen, gegenüber der Talebene leicht erhöhten Bachschuttkegel. Entsprechend sind dort etwas grössere Flurabstände vorherrschend. Daher schwanken auch die Pegelstände bei den Messstellen P28 und 29 stärker.

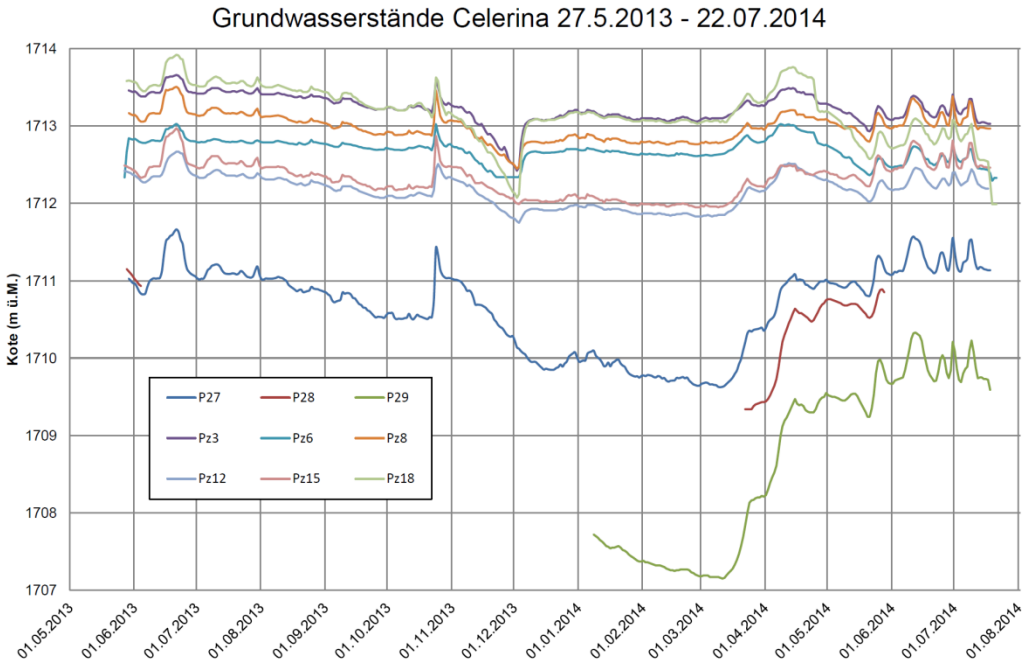


Abbildung 1 : Gemessene Pegelstände Grundwasser Celerina
Sämtliche Grundwassermessstellen im Gebiet Crasta und Celerina (Pz3 bis Pz18) zeigen nur geringe Jahresschwankungen. Die Pegelstände im Gebiet Celerina - Ochsenbrücke schwanken stärker (P27 bis P29).

5.1.2. Besonderheiten während der Messperiode

Im Gebiet Crasta wurde im Herbst 2013 mit dem Aushub für eine grössere Überbauung begonnen. Dafür wurde das Grundwasser ab dem 21.10.2013 bis zum 4.12.2013 und ab dem 24.04.2014 bis Ende 2015 jeweils während der Bausaison (Frühjahr bis Spätherbst) mit Filterbrunnen abgesenkt. Für den Aushub und die Materialersatzarbeiten wurden keine Spundwände eingebaut. Die Grundwasserabsenkungen wirkten sich daher grossflächig auf die Pegelstände bei den umliegenden Messstellen aus (Pz3, 6, 8, 12, 15 und 18). Die markante Absenkung der Wasserspiegel Ende Oktober bis November 2013 war folglich auf den Pumpbetrieb in der Baugrube zurückzuführen. Der Grundwasserspiegelanstieg am 4. Dezember 2013 ist auf die Einwinterung der Baustelle und das Abschalten der Pumpen zurückzuführen. Die im Mai, Juni und Juli 2014 gemessenen Pegelstände in Pz3, 6, 8, 12, 15 und 18 entsprachen wegen des Pumpbetriebes nicht ihren natürlichen Höchstständen (welche über denjenigen von 2013 lagen). Die gemessenen Daten mussten aufgrund der angenommenen Entnahmemenge und der gemessenen Absenkungen in der Baugrube rückgerechnet und korrigiert werden.

Die Pegel in P27 bis P29 gelten als durch die Baugrubenarbeiten unbeeinflusst.

Die Auswirkungen des Pumpbetriebes auf den Grundwasserspiegel wurden auf der Baustelle phasenweise mit 3 zusätzlichen Drucksonden in Filterbrunnen und Piezometern aufgezeichnet. Die maximalen Grundwasserabsenkungen gegenüber dem Ruhewasserspiegel haben während dem Pumpbetrieb im April 2014 bis zu 4 m betragen. Die effektiven Pumpraten in der Baugrube variierten je nach Baufortschritt und konnten durch den Unternehmer nicht im Detail angegeben werden. In der Bauphase waren jeweils 1 bis 3 Schächte bzw. Filterbrunnen in Betrieb. Die Filterbrunnen waren jeweils mit einer Pumpe mit maximaler Leistung von 1'000

l/min ausgerüstet. Die angenommenen, durchschnittlichen Pumpraten lagen bei rund 2'000 l/min.

5.2. Wasserstände und Abflüsse in den Binnenkanälen

Die gemessenen Wasserspiegel in den Binnengewässern zeigen wenige Schwankungen. Insbesondere im Oberlauf der Binnengewässer Ova da Brattas (Crasta) und Prolizun lag der Schwankungsbereich während der Beobachtungsperiode bei maximal 25 cm. Diese Pegelstände werden massgeblich durch das Grundwasser gesteuert, welches dort durch die Binnengewässer drainiert wird.
Im Unterlauf der Binnengewässer wurden dann etwas deutlichere Pegelschwankungen im Bereich von 50 - 70 cm gemessen. Die Pegelstände wurden dort massgeblich durch den Inn beeinflusst. Daher stiegen sie bei Inn- Hochwasser an und sanken im Winter bei Niedrigwasser im Inn ab.

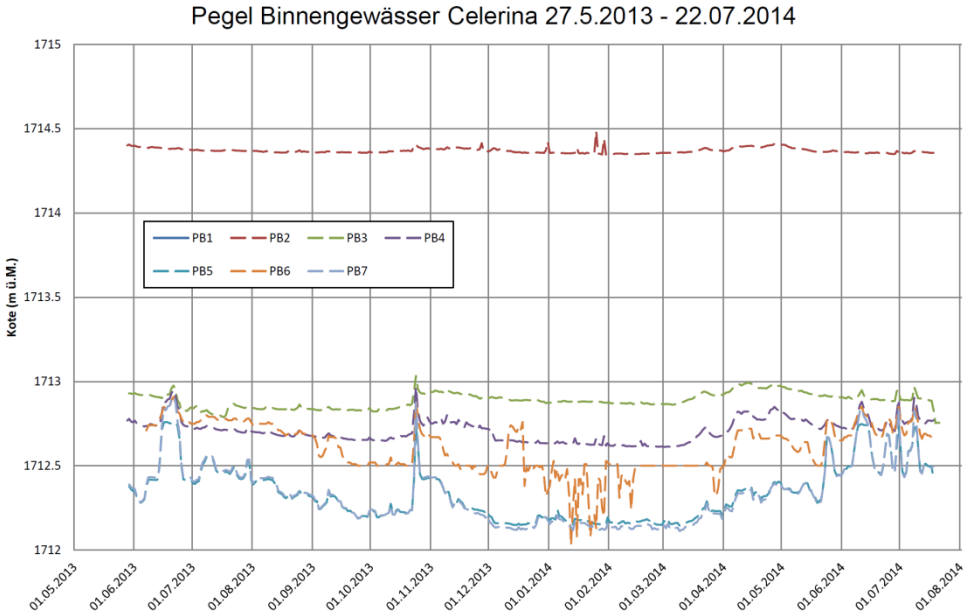


Abbildung 2 : Pegelstände Binnengewässer Celerina
Pegelstände der Binnengewässer im Untersuchungsperimeter Celerina (PB2 bis PB7). Der Pegel B1 ist nicht abgebildet.

Die in den Stichprobenmessungen festgestellten Abflüsse der Binnengewässer lagen zwischen rund 10 und 200 l/s. Die Abflüsse bei den einzelnen Messstellen schwankten jedoch in einem deutlich geringeren Rahmen. Das Verhältnis zwischen den durchschnittlichen Hochwasserabflüssen und den Tiefwasserabflüssen lag bei den einzelnen Messstellen bei ca. 5:1 bis 3:1. Die Stichprobenmessungen der Abflüsse sowie die daraus abgeleiteten Abflussganglinien sind in der Beilage 11 dargestellt.

5.3. Abflüsse und Wasserspiegel im Inn

5.3.1. Abflüsse im Inn

Die Abflüsse im Inn schwankten während der Beobachtungsperiode zwischen rund 1 m3/s und ca. 32 m3/s (Abbildung 3). Die Spitzenwerte wurden jeweils im Sommerhalbjahr oder im Herbst während weniger Tage gemessen. Im Winter und Frühjahr vor der Schneeschmelze (in den Monaten Dezember - März) wurden jeweils die tiefsten Abflüsse von rund 1 m3/s gemessen. Die höchsten Abflüsse entsprechen in der Kalibrierungsperiode (2013/2014) i.e. einem HQ1.
Das Abflussmodell und die H-Q-Beziehungen für ausgewählte Innquerschnitte entlang der Gewässerlinie wurden durch das Ingenieurbüro Hunziker Zarn und Partner AG erarbeitet [11].

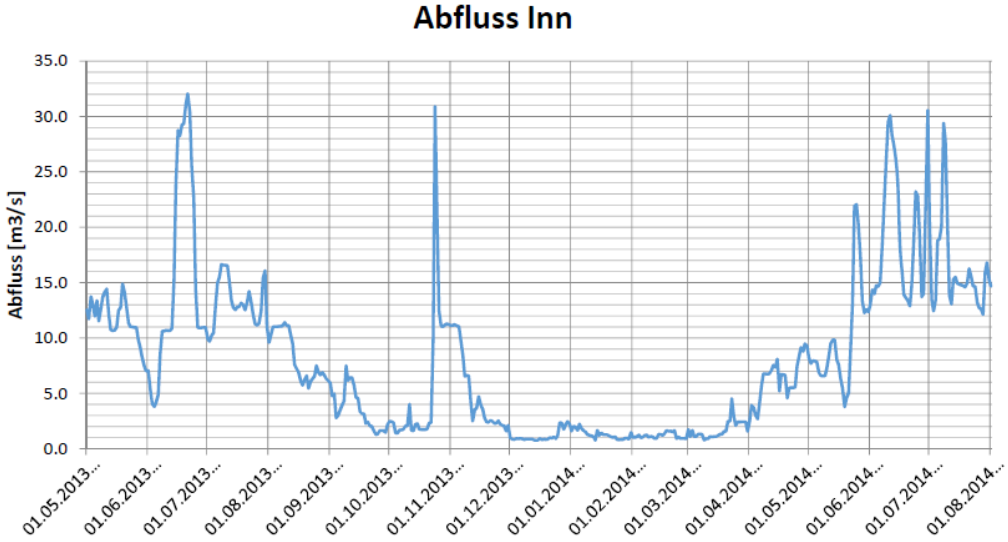


Abbildung 3: Abflussganglinie gemäss Modell Hunziker Zarn und Partner [11]

Die markante Abflussspitze Ende Oktober 2013 war auf ein mehrtägiges Starkniederschlagsereignis zurückzuführen (siehe Kap. 5.5.1).

5.3.2. Wasserstände im Inn

Die Wasserspiegellagen für die jeweiligen Innquerschnitte wurden basierend auf den jeweiligen H-Q-Beziehungen für die einzelnen Innquerschnitte und dem Abflussmodell berechnet [11]. Die berechneten Wasserstandsganglinien einiger ausgewählter Querprofile sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Pegelstände innerhalb der Kalibrierungsperiode alle in ähnlicher Grössenordnung schwanken. Die tiefsten Wasserstände wurden für die Monate Dezember bis März berechnet. Mit dem Einsetzen der Schneeschmelze und von Sommerniederschlägen stiegen sie Pegel um ca. 0.7 bis zu 1.0 m an und sanken im Herbst allmählich wieder ab.
Die berechneten Wasserstandsganglinien wurden als instationäre Eingangsgrösse für die Berechnung der Grundwasserspiegel im Grundwassermodell verwendet.

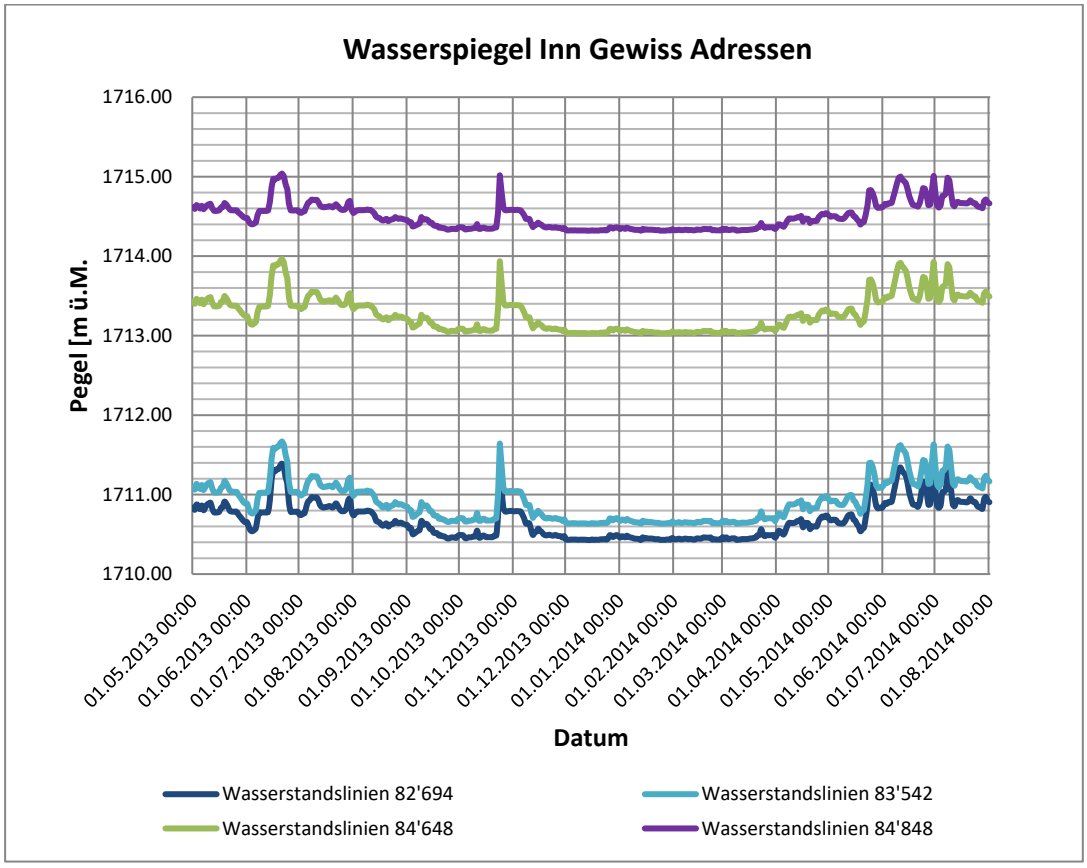


Abbildung 4: Berechnete Wasserstandslinien des Inns
Für die einzelnen Querprofilschnitte am Inn wurden jeweils Wasserstandslinien für die Kalibrierungsperiode berechnet. Die dargestellten Ganglinien dienen als Eingangsparameter für die Modellierung der Grundwasserspiegel.

5.4. Vergleich Grundwasserspiegel und Wasserspiegel Inn

Ausgangs Charnadüra Schlucht liegt die Innsohle über dem umliegenden Talboden bei Crasta und sinkt in Fliessrichtung Norden bis zum Lej da Spuondas auf Niveau der Terrainoberfläche und tiefer ab. Im entsprechenden Abschnitt liegen die mittleren und hohen Grundwasserspiegel nahe an der Terrainoberfläche oder leicht darunter. Die Innwasserspiegel liegen folglich ganzjährig über den Grundwasserspiegeln.

Im folgenden Abschnitt vom Lej da Spuondas bis zum Hof Manella liegt die Innsohle rund 1.5 m unter der Terrainoberfläche. Die Grundwasserspiegel schwanken je nach Jahreszeit leicht über oder unter dem Wasserspiegel des Inns.

Im untersten Abschnitt unterhalb des Hofs Manella bis zur alten Flazmündung sinken die Grundwasserspiegel deutlich unter den Wasserspiegel im Inn ab. Der Innwasserspiegel liegt unabhängig von den jahreszeitlich bedingten Grundwasserspiegelschwankungen über dem Grundwasser.

5.5. Vergleichsdaten aus dem hydrologischen Jahrbuch der Schweiz 2013/14

Zur Beurteilung, ob es sich bei den erhobenen Daten zur Eichung des Grundwassermodelles um ein nasses oder trockenes Jahr handelte, wurden Vergleichsdaten aus dem hydrologischen Jahrbuch der Schweiz beigezogen [41][42].

5.5.1. Niederschlag

Die Jahresniederschlagsmengen erreichten im Engadin im Jahr 2013 nur ca. 80% der Normwerte. Die Niederschläge waren im Engadin vor allem im Sommer und Herbst bis ca. Mitte Oktober unterdurchschnittlich. Am 23.-25. Oktober folgte eine kurze sehr starke Niederschlagsphase, dank welcher der Monat Oktober als überdurchschnittlich niederschlagsreich galt. Auf das Starkniederschlagsereignis folgten im Inn bei Celerina Hochwasserabflüsse von bis zu 30 m^3/s. Der November und Dezember waren wechselhaft und durchschnittlich bis überdurchschnittlich nass.
Im Winter 2013/14 sorgten Südstaulagen für überdurchschnittliche Niederschlagsraten (und entsprechend hohe Schneemengen). Frühling und Frühsommer waren im Engadin durchschnittlich nass. Der Juli 2014 war gesamtschweizerisch aussergewöhnlich nass mit zwei bis dreimal so hohen Niederschlagsraten wie in der Norm. Im Engadin lagen die Niederschlagsraten im Juli bei ca. 105 - 130 % der Jahresnorm.

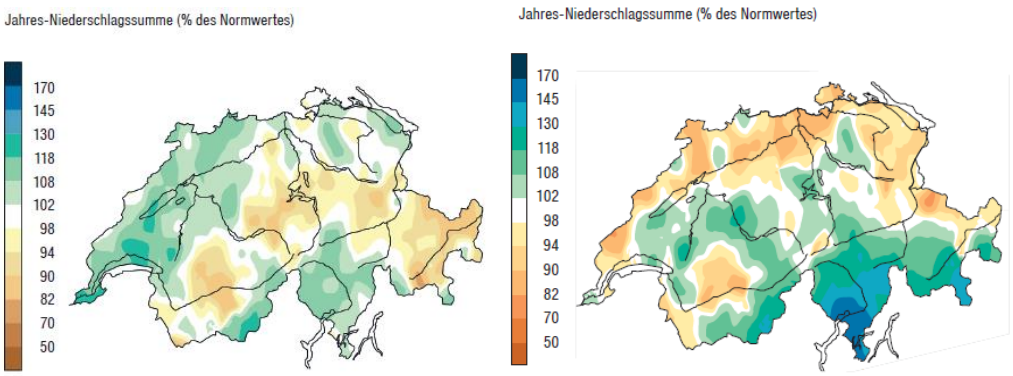


Abbildung 5 : Jahresniederschlagssummen im Vergleich zum Normwert (1981-2010)
Die Jahresniederschlagsmengen erreichten im Engadin im Jahr 2013 nur ca. 80% der Normwerte. Hingegen wurden die Jahresniederschlagsmengen im Jahr 2014 mit ca. 105 - 130 % der Normwerte deutlich überschritten.

5.5.2. Schneehöhe

Der Winter 2012/13 war auf der Alpennordseite und im Westen überdurchschnittlich niederschlagsreich. Entsprechend konnten dort hohe Schneemengen gemessen werden. Das Engadin lag allerdings im Rücken der Alpen in Bezug auf die mehrheitlich von Nordwesten anströmenden Luftmassen und blieb entsprechend schneearm.
Der Winter 2013/14 war durch aussergewöhnlich häufige und z.T. sehr intensive Südstaulagen geprägt. In den höheren Lagen fielen deshalb im Engadin, den Südtälern und Teilen des Tessins aussergewöhnlich hohe Schneemengen.

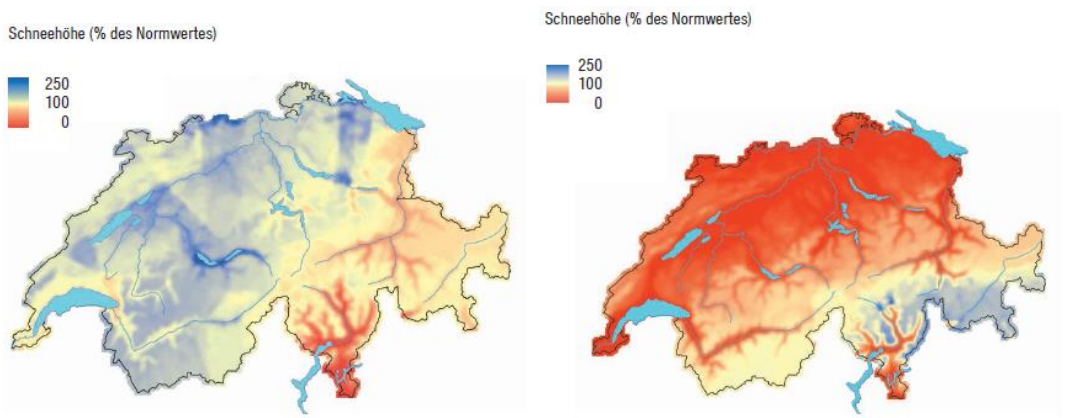


Abbildung 6 : Schneehöhen im Vergleich zum Normwert (1981-2010)
Die Schneehöhen im Vergleich zum Normwert. Auf der Abbildung links abgebildet ist das schneearme Jahr 2013 (Winter 2012/13), rechts das aussergewöhnlich schneereiche Jahr 2014 (Winter 2013/14). Blau sind in Bezug auf das langjährige Mittel überdurchschnittlich hohe und rot unterdurchschnittlich tiefe Schneehöhen.

5.5.3. Abfluss Inn

Fehlende Niederschläge und Schneemengen (schneearmer Winter 2012/13) führten zu unterdurchschnittlichen Abflüssen im Inn. Die Monatsmittel der Abflüsse stiegen erst ab Oktober 2013 bedingt durch ein Starkniederschlagsereignis und anhaltend warmfeuchter Witterung auf überdurchschnittliche Werte an. Die Abflüsse im März und April 2014 waren geprägt durch eine zeitweise intensive Schmelze der grossen Schneemengen aus dem vergangenen Winter. Die Monate Juni, Juli und August waren nass und führten zu leicht überdurchschnittlichen Abflüssen im Inn.

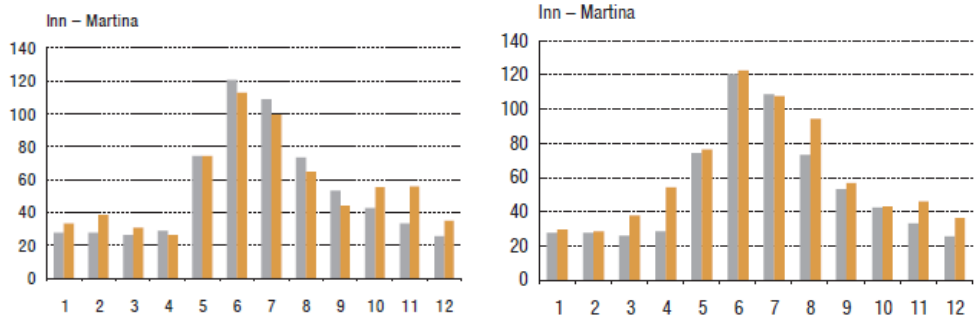


Abbildung 7 : Abfluss Inn (bei Martina) im Vergleich zum Normwert (1981-2010)
Monatsmittel des Abflusses (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981-2010 (grau). Auf der Abbildung links abgebildet ist das Jahr 2013, rechts das Jahr 2014.

5.5.4. Bezug der hydrologischen Daten zur Kalibrierungsperiode

Obwohl das Jahr 2013 im Engadin insgesamt als unterdurchschnittlich niederschlagsreich gilt, kann die für die Grundwassermodellierung verwendete Kalibrierungsperiode vom Juni 2013 bis Juli 2014 tendenziell als nass bezeichnet werden. Ausschlaggebend war, dass sich der Herbst 2013 ab Oktober als sehr niederschlagsreich und das Frühjahr und der Sommer 2014 dank der intensiven Schneeschmelze und wegen der hohen Sommerniederschläge als nass erwies.

6. Numerisches, instationäres 3D-Grundwassermodell Celerina

Die Modellierung der Projektauswirkungen der Revitalisierungen Inn in Celerina basieren auf einem dreidimensionalen, instationären Grundwassermodell des Oberengadins, welches im Auftrag des kantonalen Amtes für Umwelt in den Jahren 2010 bis 2016 erstellt und weiterentwickelt wurde [13][15]. Das Modell wurde im Raum Celerina mit Hilfe von zusätzlichen, projektspezifischen Grundwasser- und Abflussmessungen (siehe Kapitel 3 und 5) verfeinert, um die gewünschte Modellgenauigkeit für zuverlässige Prognosen zu erreichen. Auf die Modellkalibrierung wird im Kapitel 7 eingegangen.

Das numerische Grundwassermodell ermöglicht eine Simulation der Grundwasserströmungen bei veränderlichen Randbedingungen und damit die quantitative Beurteilung der Projektauswirkungen.

6.1. Geologisches Modell Oberengadin

Grundlage für das Grundwassermodell ist ein dreidimensionales hydrogeologisches Modell des Oberengadiner Taltroges [15].
Das geologische Modell basiert einerseits auf Information aus geologischen Kartierungen und der Literaturgrundlagen [13][27][28][29]. Anderseits basiert es auf Informationen aus Erdwärmesondenbohrungen, diversen Baugrundsondierungen, Kernbohrungen für Filterbrunnen und Grundwasserfassungen sowie geophysikalischen Untersuchungen [17][21][13][44][45]. In einem ersten Schritt sind alle diese Informationen im Geographischen Informationssystem (GIS) erfasst und in einer Karte dargestellt worden.

6.1.1. Felsuntergrund und Felsoberfläche

Nach der vollständigen Datenerfassung im GIS wurde die Felsoberfläche des Oberengadiner Taltroges modelliert.
Der kristalline Felsuntergrund der Berninadecke wirkt im Modell als Stauer. Grundwasserzuflüsse aus dem geklüfteten Felsuntergrund werden vernachlässigt.

6.1.2. Die Lockergesteine im Taltrog des Oberengadins bei Celerina

Schliesslich wurde die Lockergesteinsfüllung des Taltroges innerhalb der modellierten Felsoberfläche modelliert. Innerhalb des Taltroges sind im Grundwassermodell im Gebiet Celerina (von oben nach unten) folgende Schichten berücksichtigt worden.

- Alluviale Ablagerungen des Inns sowie seitliche Bachschuttablagerungen und Gehängeschutt
- tiefer liegende Alluviale Ablagerungen mit Feinanteil
- Seeablagerungen und verschwemmte Moräne

6.1.2.1. Alluviale Ablagerungen des Inns sowie seitliche Bachschuttablagerungen und Gehängeschutt

Die alluvialen Ablagerungen des Inns bestehen aus gut durchlässigen Sanden und Kiesen. Obwohl die jüngsten, alluvialen Ablagerungen im Talgrund des Oberengadins von S-Chanf bis Celerina nur ca. 20 - 35 m mächtig sind und somit im Gebiet von Samedan und unterhalb davon nur ca. 1/4 bis 1/3 der Gesamtmächtigkeit der Talfüllung ausmachen bilden sie aus hydrogeologischer Sicht den wichtigsten Teil des Ganzen Talgrundwasserleiters. Weil ihre Durchlässigkeit (k-Wert von 1.0E-4m/s bis 5.0E-3m/s) um den Faktor 10 bis >100 wesentlich grösser ist als in allen darunter- und seitlich davon liegenden Lockergesteinsschichten innerhalb des Taltroges, finden dort die mit Abstand am grössten Grundwasserdurchflüsse sowie an der Geländeoberfläche die grössten Austauschraten (In- und Exfiltration) mit den Oberflächengewässern statt. Im Gebiet Celerina ist der Taltrog noch weniger mächtig als z.B. in Samedan. Dort machen die alluvialen Ablagerungen einen wesentlich grösseren Anteil an der gesamten Lockergesteinsfüllung des Talgrund aus (ca. bis zur Hälfte der Lockergesteinsfüllung). Entsprechend hoch ist ihre Bedeutung als Grundwasserleiter.

Die mächtigen Bachschuttkegel der Seitenzuflüsse (Flaz und Schlattainbach) liegen zum Teil über dem eigentlichen Talgrund und über dem Grundwasserspiegel. Im Untergrund stossen sie jedoch weit in die Talebene vor. Dort liegen sie unter dem Grundwasserspiegel und sind vollständig wassergesättigt. Im gesättigten Bereich sind die Schichtdurchlässigkeiten mässig bis gut (k-Wert von 1.0E-5m/s bis 5.0E-4m/s) und lokal sogar ähnlich hoch wie bei den Innschottern. Mit zunehmender Tiefe nehmen die Durchlässigkeiten jedoch bedingt durch die erhöhte Konsolidierung und den tendenziell zunehmenden Feinanteil ab. Die Strömungsverhältnisse im Talgrundwasser werden im Bereich der Bachschuttfächer einerseits durch seitlich zuströmendes Hangwasser und teilweise versickerndes Oberflächenwasser beeinflusst. Anderseits werden die Strömungsverhältnisse durch tendenziell etwas tiefere Durchlässigkeiten und höhere Gradienten im Bereich der Schuttfächer beeinflusst.

6.1.2.2. Alluviale Ablagerungen mit Feinanteil

Aus mehreren Sondierbohrungen im Raum Celerina bis S-chanf ist bekannt, dass die Durchlässigkeit der alluvialen Ablagerungen ab einer Tiefe von ca. 30 m langsam abnimmt. Obwohl vom Untergrund im Gebiet nur wenig Informationen aus mittleren und tieferen Bohrungen vorliegen nehmen wir an, dass diese Beobachtung auch für das Gebiet Celerina zutrifft. Grund dafür ist einerseits ein tendenziell höherer Feinanteil (Ton-Silt), welcher den Porenraum in den Lockergesteinen zunehmend verfüllt sowie die mit der Tiefe zunehmend höhere Konsolidierung. Beide Faktoren führen zu einer Abnahme der effektiven Porosität. In den tieferliegenden alluvialen Ablagerungen mit Feinanteil finden Grundwasserflüsse daher primär entlang von einzelnen, teilweise beschränkt ausgedehnten Schichten mit erhöhter Porosität statt. In den übrigen Lockergesteinsmassen findet nur noch eine beschränkte Zirkulation statt. Insgesamt sind die durchschnittlichen Durchlässigkeiten gering bis mittel, wobei auch lokal hohe Durchlässigkeiten möglich sind (k-Wert im Bereich von 1.0E-6m/s bis 1.0E-3m/s). Bei der Kalibrierung des Grundwassermodelles wurde für die Durchlässigkeit der alluvialen Ablagerungen mit Feinanteil ein k-Wert von 1.0E-4m/s angesetzt. Obwohl diese Schichten nördlich von Celerina den Grossteil des Taltroges ausfüllen, spielen sie aus hydrogeologischer Sicht (Durchflussmenge und -Rate sowie Speicherkapazität) betrachtet daher nur eine untergeordnete Rolle.

6.1.2.3. Seeablagerungen und verschwemmte Moräne

Über der Felsoberfläche und der unverwitterten Moräne liegen verbreitet verschwemmte Kiese und Sande mit einem erhöhten Feinanteil. In einer tieferen Kernbohrung für die Planung der Grundwasserfassung Champagnatscha (Celerina) [17] sind zwischen ca. 48.5 und 54m Tiefe feingeschichtete Silte und Sande aufgeschlossen worden.
Im Grundwassermodell im Gebiet nördlich von Celerina wurde daher für den tiefsten Teil der Lockergesteinsfüllung des Taltroges eine schlecht durchlässige Schicht mit k-Wert von 1.0E-6 m/s definiert.

6.2. Modellaufbau und Netzgenerierung

Die erforderlichen Grundlagen zur Modellbildung wurden im GIS bearbeitet und anschliessend ins Grundwassermodell SPRING importiert. Dazu gehören der Verlauf der Vorfluter, die Isohypsen des Stauers und der geologischen Schichtgrenzen, der Modellrand, und die vorhandenen Piezometer.

Anschliessend wurden die Netzknoten festgelegt und ein Netz generiert. Im nächsten Schritt wurden den Netzkoten und Elementen die entsprechenden Randbedingungen zugewiesen. Als Randbedingungen werden u.a. die Vorflutpotentiale, Randzuflüsse oder Festpotentiale bezeichnet.

6.3. Modellrandbedingungen

Für einen detaillierten Beschrieb der Randbedingungen verweisen wir auf den Bericht über die Modellpflege des instationären 3D Grundwassermodells des Oberengadins [15].

Die wichtigsten, im Modell berücksichtigten Randbedingungen werden im Folgenden zusammengefasst wiedergegeben:

6.4. Modellierung der Innsohle im Grundwassermodell

Die Innsohle wird im Grundwassermodell als ein dreidimensionaler Austauschkörper zwischen dem Oberflächengewässer (Inn) und dem Grundwasser abgebildet. Die Höhenlage und Breite der Innsohle stammt aus dem Abflussmodell von Hunziker Zarn und Partner AG (HZP) [11]. Die Geometrie des Abflussmodells von HZP basiert im Ist-Zustand auf den effektiven Gewässeraufnahmen gemäss Plänen von Eichenberger Revital SA [1] bis [9].
Die Innsohle wurde im Grundwassermodell als 1 m mächtige Schicht mit variablem K-Wert definiert. Der K-Wert der Innsohle im Ist-Zustand wurde basierend auf dem Abflussmodell von HZP kalibriert. Aus der Kalibrierung resultierte eine geringe bis mässig hohe Durchlässigkeit von 4.0 E-6m/s (oben) bzw. 5.0E-7 m/s (unten) (siehe Abschnitt im 7.1). Mit dieser Methode konnte die kolmatierte Innsohle im Modell im Ist-Zustand unabhängig von der Durchlässigkeit des unmittelbar unterhalb davon anstehenden Untergrundes abgebildet werden.
Im Projektzustand wird die Innsohle gemäss Vorprojekt örtlich abgesenkt und / oder verbreitert. Durch den Baueingriff wird die kolmatierte Schicht vermutlich mehrheitlich abgetragen und entfernt. Die Durchlässigkeit der "neuen" Innsohle

wurde für die Modellierung des Bauzustandes wie im Vorprojekt durch einen hohen k-Wert (2.0 E-3 m/s) vorgegeben.

Randbedingung	Annahme	Werte/Datengrundlage
Pegeldaten Grundwasser	instationär	Kontinuierliche Grundwasserspiegelmessungen (Juni 2013 - Juli 2014)
Wasserspiegel Inn	instationär	Abflussmodell HZP [11]
Wasserspiegel Binnengewässer	instationär	Abflussmessungen (4-5 Stichproben pro Messstelle) Kontinuierliche Wasserspiegelmessungen (Periode Juni 2013 - Juli 2014)
Randzufluss (Oberflächengewässer und Unterirdische Randzuflüsse aus Hangwasser)	Instationär	Abschätzung der Oberflächeneinzugsgebiete, Abschätzung der Randzuflüsse basierend auf Meteodaten SMA [43] und Oberflächenabflüssen [40].
Niederschlag	Instationär	Meteodaten SMA (Lufttemperatur, Schneehöhen, Niederschlag, Wind, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Luftdruck, Periode Juni 2013-Juli 2014) [43]
Schneespeicher (verzögerte Speisung des Grundwassers durch gefallene Winterniederschläge, Schneeschmelze)	instationär	

Abbildung 8: Randbedingungen des numerischen Grundwassermodelles

6.5. Durchlässigkeiten des Untergrunds

Bei der Modellierung der Szenarien auf Stufe Auflageprojekt wurden - sofern bekannt - die Kenntnisse der Durchlässigkeiten in den oberflächennahen Schichten zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasserleiter berücksichtigt. So wurden die Durchlässigkeiten im Auflageprojekt gegenüber der Stufe Vorprojekt teils etwas angepasst, wenn z.B. nachgewiesen werden konnte, dass vorhandene feinkörnige Überschwemmungssedimente eine Infiltration ins Grundwasser abschwächen (so z.B. in Zone 4 gemäss Beilage 6). In der Beilage 6 sind folglich die in der Modellierung angesetzten Durchlässigkeiten der oberflächennahen Schichten im Untergrund und im Bereich der Projekteingriffe aufgeführt. Die Angaben beziehen sich auf eine vertikale Durchströmung.
In den anstehenden feinkörnigen z.B. Überschwemmungssedimenten (mit linsenartigem oder horizontalem Schichtaufbau) ist die Durchlässigkeit in horizontaler Richtung, um einen Faktor 10 höher einzustufen. In den kiesigen Innschottern ist die horizontale Durchlässigkeit nur um einen Faktor 1-5 höher.

6.6. Sensibilität und Abgrenzung des Modells

Das Modell bildet Zustände ab, wie sie im Rahmen der jährlichen Grund- und Innwasserspiegelschwankungen vorkommen (z.B. bis ca. HQ1-2). Zustände mit seltenen und sehr hohen Wasserständen im Inn, wie sie z.B. im Juni 2019 eingetreten sind (ca. HQ10-30) werden im Modell nicht abgebildet. Die modellierten Grundwasser Hochstände können bei solchen, seltenen Ereignissen kurzzeitig

überschritten werden – unabhängig von den geplanten Revitalisierungen des Inns. In solchen Fällen können stärkere Vernässungen von Untergeschossen und landwirtschaftlichen Flächen nicht ausgeschlossen werden. Die Erfahrung zeigt, dass solche Ereignisse in der Regel aber nur von kurzer Dauer sind.

Grössere Durchlässigkeiten im Untergrund führen zu stärkerer Infiltration ins Grundwasser und grösseren Anstiegen der Grundwasserstände. Für die Modellierung des Bauzustandes wurden für die Innsohle hohe Durchlässigkeiten von 1.0E-3m/s angenommen. Dies entspricht der Durchlässigkeit wie sie in gut durchlässigen Schottern (bestehend aus Kiesen und Sanden) zu erwarten ist.

Die Abweichung der kalibrierten Grundwasserstände im Modell (Berechnung) von den gemessenen Grundwasserständen (Messdaten) ist gering und liegt im Bereich von Zentimetern bis wenigen Dezimetern (siehe Abschnitt 7.2). Das entspricht einer hohen Modellgenauigkeit.

6.7. Risiken und Unsicherheiten

Das hydrogeologische Modell ist eine Vereinfachung der effektiven Verhältnisse. Grossräumig betrachtet entsprechen die effektiven Durchlässigkeiten voraussichtlich den im Modell angenommenen Verhältnissen. Lokal können jedoch auch abweichende Baugrundverhältnisse und Durchlässigkeiten im Untergrund vorkommen (z.B. durchlässige Kieslinsen innerhalb von schlecht durchlässigen Sanden und Silten). Je nach Lage von Schichten mit abweichenden hydrogeologischen Eigenschaften, können diese einen wesentlichen Einfluss auf die Lage der Grundwasserspiegel haben. Die Massnahmen zur Reduzierung der verbleibenden Risiken und Unsicherheiten werden im Kapitel 12 beschrieben.

7. Resultate der Kalibrierung

Das Grundwassermodell wurde bereits auf Stufe Vorprojekt kalibriert und als Grundlage für die Untersuchung der Projektauswirkungen auf Stufe Auflageprojekt weiterverwendet. Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Resultate der Kalibrierung sind folglich auch für das Auflageprojekt zutreffend.

7.1. Kalibrierte k-Werte

Aus der Kalibrierung resultieren für die alluvialen Ablagerungen des Inns sowie die randlichen Bachschuttablagerungen innerhalb des Projektperimeters k-Werte von 5.0E-5 bis 1.0E-2m/s. Wobei die tiefen Werte des k-Wertebereichs eher in den randlichen Gebieten (mit Bachschuttablagerungen) und die hohen Werte im Bereich der Talebene (mit alluvialen Ablagerungen) zu finden sind (Abbildung 9).

Die kalibrierten K-Werte der Innsohle (Kolmationsschicht) betragen im Ist-Zustand 4.0E-6 m/s (oben) bzw. 5.0E-7 m/s (unten). Daraus resultiert eine geringe bis mässig hohe Durchlässigkeit entlang der ungestörten Innsohle. Das entspricht einem Kiessand oder Sand, dessen Porenraum teilweise mit Feinanteil (Schwebstoffen; Silt, Ton) verfüllt wurde.

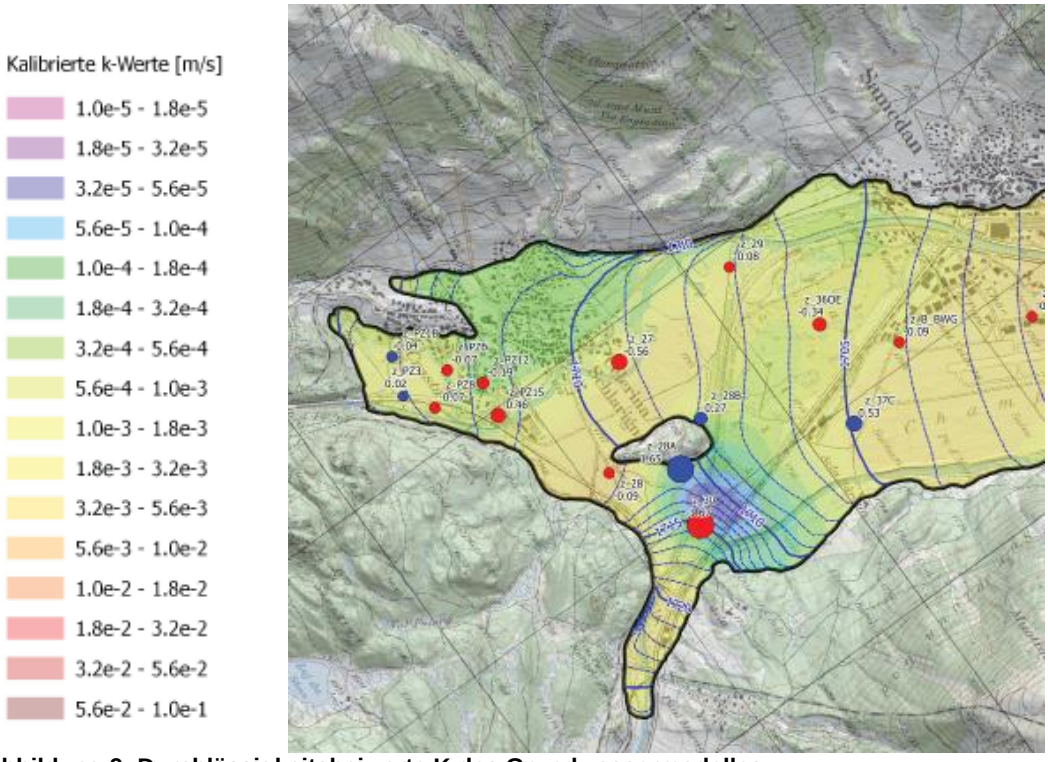


Abbildung 9: Durchlässigkeitsbeiwerte K des Grundwassermodelles
Kalibrierte K-Werte aus dem Grundwassermodell im Bereich des Projektperimeters. Abbildung Ausschnitt aus [15] mit Isohypsen für tiefe Grundwasserstände.

7.2. Kalibrierung: Abweichung Modell – Messung

Beilage 5 aus [15] zeigt den Vergleich zwischen den gemessenen und den modellierten Ganglinien des Grundwasserspiegels bei den einzelnen Pegeln (Periode 01.01.2009 – 30.09.2015). Die Pegel im Gebiet Celerina wurden in zwei Bereiche eingeteilt. Im Folgenden wird auf die Pegel eingegangen:

- Bereich Celerina Süd (Celerina: PZ1 – 18): Die Pegelmessungen können mit dem Modell sehr gut wiedergegeben werden. Das Modell konnte anhand der erhobenen Daten in PZ1 bis Pz18 zuverlässig kalibriert werden. Die Schwankungen des Grundwasserspiegels liegen bei den gemessenen Pegeln sowie im Modell bei rund 1.0 m. Die modellierten Grundwasserhöchststände im Jahr 2014 übertreffen diejenigen des Jahres 2013. Das entspricht den Witterungseinflüssen gemäss dem hydrologischen Jahrbuch der Schweiz [41][42] sowie den Aussagen im Abschnitt 5.4. Ebenso sind die Einflüsse der grossräumigen Grundwasserabsenkungen als Folge der offenen Wasserhaltung in der Baugrube Crasta im Modell berücksichtigt bzw. kompensiert worden (vgl. Abschnitt 5.1.2). Die Abweichungen der modellierten Grundwasserstände zu den gemessenen Werten liegen im Bereich von ca. 10 - 20 cm, was einer sehr guten Kalibrierung entspricht.
- Bereich Celerina Nord, San Gian (27 – 30): Bei den Inn-nahen Pegeln 27 und 29 ist die Übereinstimmung zwischen den gemessenen Grundwasserständen der Periode 2013 – 2015 und dem Modell sehr gut. Die Pegelschwankungen

weisen beim Pegel 29 rund 3.5 m auf und sind dadurch wesentlich grösser als im südlichen Bereich von Celerina. Die Verhältnisse um den Hügel San Gian werden mit dem Modell nicht optimal abgebildet. Sowohl die grossen Grundwasserspiegelschwankungen beim Pegel 28A von fast 4.5 m, die im Modellgebiet sonst nirgends auftreten, als auch das grosse Gefälle zwischen dem Pegel 30 und 28A sind schwierig nachzuvollziehen. Das grosse Gefälle zwischen Pegel 30 und 28A wird geologisch bedingt durch einen Endmoränenstand des Bernina Gletschers im Mündungsbereich des Oberengadiner Taltroges begründet. Die Abweichung der modellierten Grundwasserstände zu den gemessenen Werten liegt im Bereich von ca. 10 - 20 cm, was einer sehr guten Kalibrierung entspricht.

8. Auswirkungen der wasserbaulichen Eingriffe im Inn auf dessen Wasserspiegellagen

8.1. Überblick wasserbaulichen Eingriffe im Inn

8.1.1. Überblick Projektabschnitte und Überflutungsbereiche

Wie bereits im Abschnitt 1.2 beschrieben, beschränken sich die wasserbaulichen Eingriffe mit Auswirkungen auf das Grundwasser im Wesentlichen auf drei Abschnitte. Die Abbildung 10 zeigt die räumliche Lage von Eingriffen (vgl. auch Beilage 6). Blau dargestellt sind Geländeabtragungen, rot dargestellt sind Flächen mit Anschüttungen. Die Details zu den wasserbaulichen Eingriffen werden in den folgenden Abschnitten 8.3 - 8.5 näher erläutert und beurteilt.
Als Annäherung kann davon ausgegangen werden, dass Flächen mit Geländeabtrag im Projektzustand mehrheitlich durch den Inn überflutet werden. Rote Flächen liegen über dem Wasserspiegel und werden nicht überflutet.

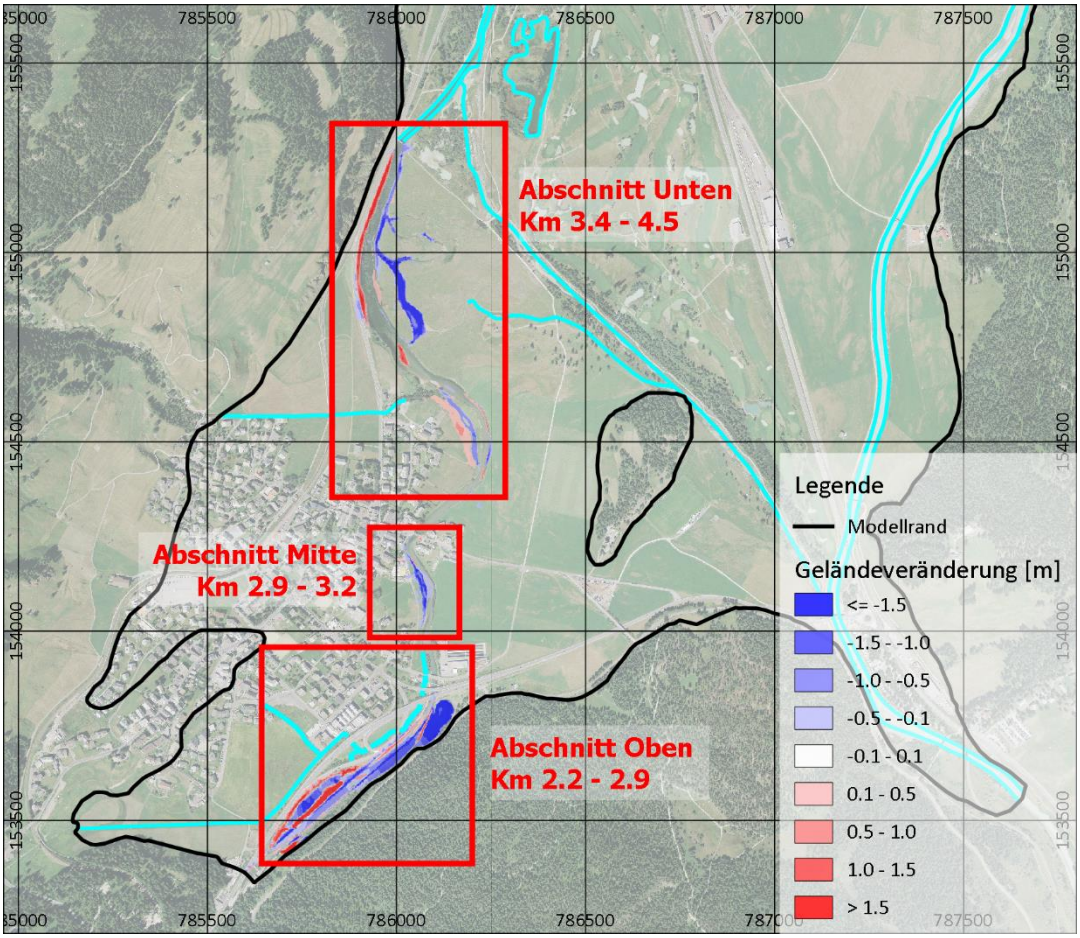


Abbildung 10: Terrainveränderungen im Auflageprojekt gegenüber dem Ist-Zustand [11]
In der Situation blau dargestellt sind Geländeabtragungen. Rot dargestellt sind Aufschüttungen.

8.1.2. Überblick Projektszenarien und Durchlässigkeiten im Untergrund

In der Beilage 6 werden die Terrainveränderungen durch die Eingriffe noch detaillierter dargestellt. In blauen Farbstufen werden die Tiefe der Abträge (hell = wenig Abtrag, dunkel = viel Abtrag) sowie in roten Farbstufen (hell = wenig Aufschüttung, dunkel = viel Aufschüttung) dargestellt. Die in der Grundwassermodellierung für die Abschätzung der Auswirkungen relevanten Durchlässigkeiten im Untergrund werden zonenweise tabellarisch dargestellt:

- Der Projektabschnitt Oben (km 2.2 - 2.9) beinhaltet die Zonen 1, 5 und 6
- Der Projektabschnitt Mitte (km 2.9 - 3.2) beinhaltet die Zonen 2 und 3
- Der Projektabschnitt Unten (km 3.4 - 4.5) beinhaltet die Zone 4

Für die jeweiligen Modellszenarien wurden jeweils unterschiedliche Durchlässigkeiten im Untergrund angenommen. Für die Erläuterung der Modellszenarien verweisen wir auf das Kapitel 9. Teils sind innerhalb derselben Zone für die Stufe Vorprojekt und Auflageprojekt unterschiedliche Durchlässigkeiten angenommen worden. Die Abweichungen werden einerseits mit Projektanpassungen auf Stufe Auflageprojekt begründet. Anderseits werden die Abweichungen im untersten Abschnitt (in der Zone 4) auf die durchgeführten Baugrundsondierungen abgestützt.

8.2. Überblick der Auswirkungen auf die Wasserspiegellage im Inn

Als Folge der wasserbaulichen Eingriffe werden über das gesamte Projekt betrachtet nur geringfügige Änderungen der Wasserspiegellagen im Inn erwartet. Bei tiefen Winterabflüssen steigt der Wasserspiegel im Projektzustand gegenüber dem Ist-Zustand maximal um wenige Zentimeter an. Bei hohen Sommerabflüssen wird im Projektzustand gegenüber dem Ist-Zustand wegen der Gerinneverbreiterung eine leichte Abnahme der Wasserspiegellage im Inn um maximal 20 cm erwartet (siehe Abbildung 11). Ausnahme bildet der obere Abschnitt, wo lokal auch grössere Absenkungen der Wasserspiegel im Inn zu erwarten sind.

8.3. Eingriffe im Abschnitt Oben, km 2.2 bis 2.9

Im oberen Abschnitt zwischen der Mündung der Charnadüra Schlucht und der ARA Staz zwischen km 2.2 und km 2.5 ist eine linksufrige Aufweitung des Gewässerraumes mit einem neuen Seitenarm des Inns vorgesehen. Im Seitenarm sowie im Hauptgerinne sollen neue Stillwasserzonen geschaffen werden. Dafür wird die Gewässersohle in grössere Becken unterteilt und um 0.2 bis 1.0 m vertieft (siehe in Abbildung 11 und Beilage 6). Mit der Ausbildung einer punktuellen Sohlerhöhung sollen in diesem, teilweise abgesenkten Abschnitt zwei Tiefwasserzonen geschaffen werden. Der Lej da Spuondas bleibt als Stillwasser, soll aber gewässerökologisch besser an den Inn angeschlossen werden. Dafür ist eine Absenkung der Gewässersohle um bis zu >1.5 m vorgesehen. Eine vollständige Durchströmung des Lej da Spuondas durch den Inn erfolgt erst bei hohen Abflüssen (> 20 m^3/s).
Als Folge der Sohlenabsenkung und der Gerinneverbreiterung im Inn sinken die Wasserspiegel im Inn im Projektzustand gegenüber dem Ist-Zustand deutlich ab (siehe Abbildung 11). Die Absenkung der Wasserspiegel im Projektzustand be-

trägt sowohl bei tiefen Winterabflüssen (1 m³/s) als auch bei hohen Sommerabflüssen (ca. 30 m³/s) rund 0.2 bis 0.8 m. Als Folge davon sinkt die Potentialdifferenz vom Wasserspiegel im Inn gegenüber dem Grundwasser.
Im Lej da Spuondas wird im Projektzustand gegenüber dem Ist-Zustand eine deutliche Abnahme der Wasserspiegel um ca. 1.0 m erwartet.

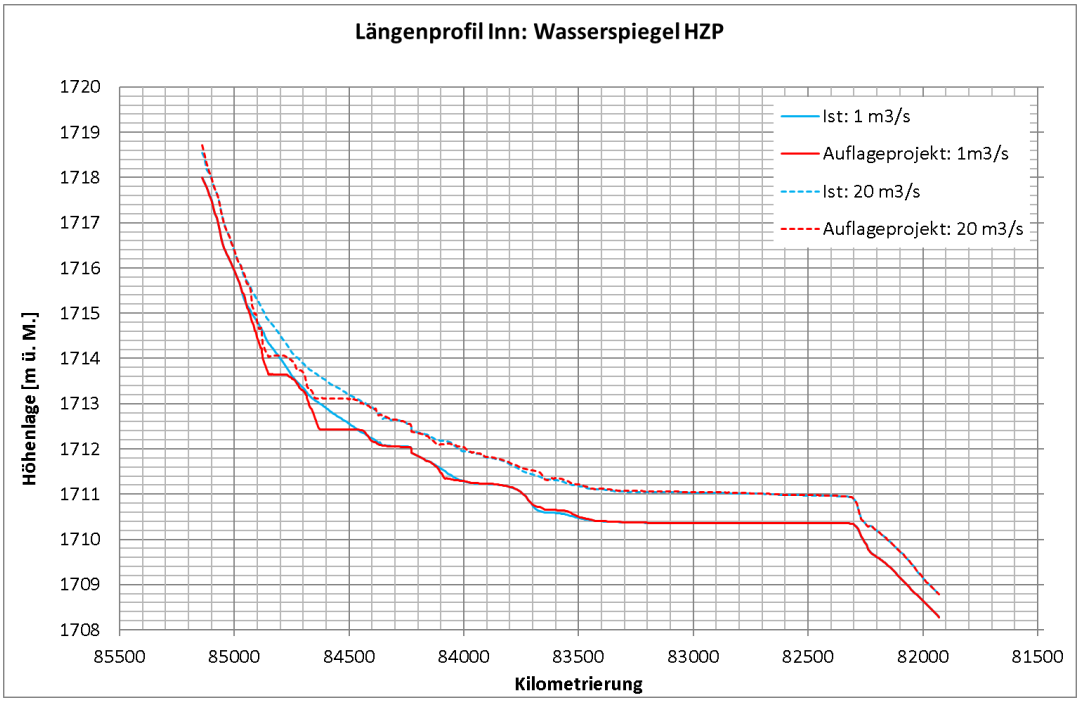


Abbildung 11: Wasserspiegellage des Inns Ist- und im Projektzustand
Als Folge der Sohlenabsenkung und Verbreiterung des Inns berechnete Wasserspiegellage im Projektzustand (rot) bei Niedrigwasserabflüssen (ausgezogen) und bei Sommerabflüssen (gestrichelt) im Vergleich zum Ist-Zustand (blau).

8.4. Eingriffe im Abschnitt Mitte, km 2.9 bis 3.2

8.4.1. Linksufrige Aufweitung ARA-Celerina bis untere Brücke San Gian

Zwischen der ARA Staz und der unteren Inn Brücke bei San Gian (km 2.9 bis 3.2) ist eine Verbreiterung des Überflutungsraums im Hochwasserfall linksufrig des Inns vorgesehen. Das Auflageprojekt wurde gegenüber dem Vorprojekt in diesem Abschnitt in Bezug auf die Auswirkungen auf das Grundwasser nicht verändert.

Für die obere Gerinneverbreiterung zwischen der ARA und der unteren Inn Brücke bei San Gian wird das Umland um bis ca. 0.5 m abgetragen und liegt ca. 0.5 bis 1.0 m über der Gerinnesohle (siehe in Beilage 5 und Beilage 6). Die neu geschaffene Fläche wird gemäss Abflussmodell nur bei hohen Abflüssen im Inn (>20m3/s) überflutet. Dem Gerinne wird dadurch im Projektzustand gegenüber dem Ist-Zustand bei hohen Abflüssen im Inn mehr Platz geschaffen, so dass die hohen Wasserstände im Inn stabil bleiben oder sogar um wenige cm leicht abnehmen (Beilage 5). Bei tiefen Abflüssen im Inn sind keine Veränderungen der Wasserspiegellage zu erwarten.

8.5. Eingriffe im Abschnitt Unten, km 3.4 bis 4.5

8.5.1. Revitalisierungen Innbogen Manella km 3.5 bis 3.8

Beim Hof Manella wird gegenüber dem Vorprojekt im Auflageprojekt auf eine flächige Verbreiterung des linkes Uferbereichs verzichtet (Abbildung 12). Stattdessen soll in der Weidefläche im Vorland des Hofs ein kleines Stillgewässer entstehen, welches vom Inn über ein kleines Binnengewässer gespeist wird. Die Entwässerung erfolgt wiederum über ein kleines Binnengewässer bis zur Mündung in den Inn oberhalb der Mündung des Schlattainbachs (Abbildung 13).

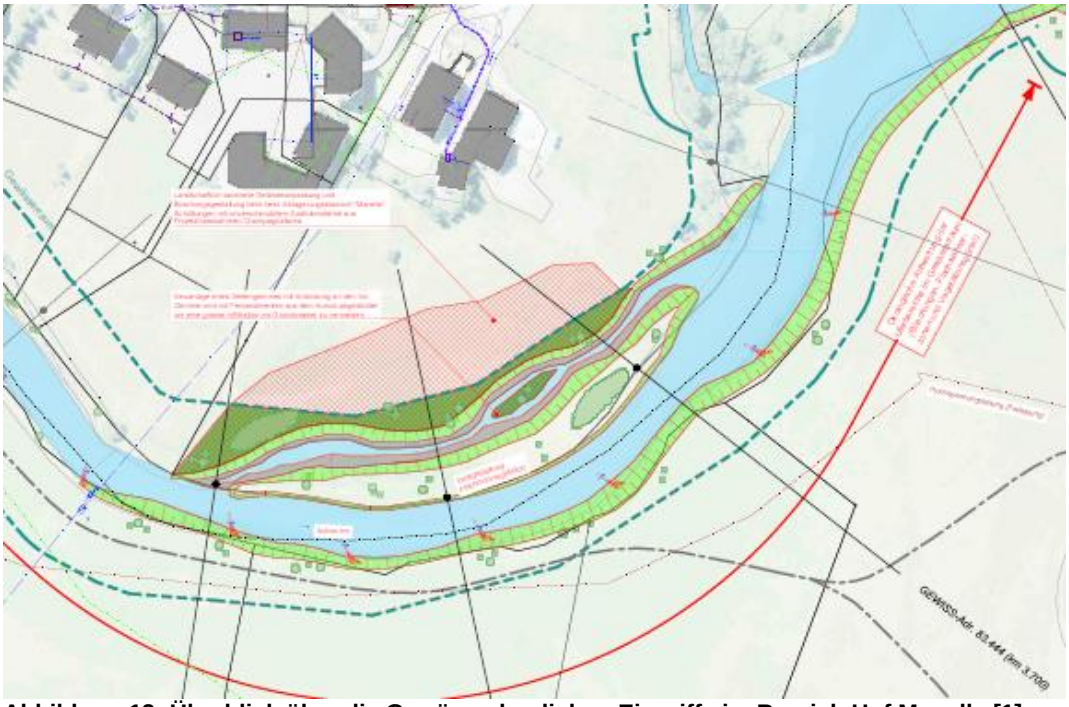


Abbildung 12: Überblick über die Gewässerbaulichen Eingriffe im Bereich Hof Manella [1]
Als dunkelblaue Linien dargestellt ist die Uferaufweitung Stand Vorprojekt. Flächig in Farbe dargestellt die Anpassung Stand Auflageprojekt.

Als Folge der Eingriffe beim Innbogen Manella werden im Projektzustand gegenüber dem Ist-Zustand im Bereich des neuen Binnengewässers zusätzliche Überflutungsflächen erwartet. Die Sohlenlage des neuen Binnengewässers ist in der Abbildung 13 als rote Linie dargestellt. Die Höhe der Sohlenlage des Binnengewässers ergibt sich durch die Wasserspiegellage im Mündungsbereich des Inns. Sie liegt ca. 0.5 - 1.0 m unter der heutigen Terrainoberfläche (blaue Fläche in Beilage 6).
Wegen des geringen Gefälles des Inns wird das Binnengewässer bereits bei tiefen bis mittleren Abflüssen im Inn nahezu vollständig eingestaut. Im Inn werden im neuen Binnengewässer nur minimale Anstiege der Wasserspiegel um 0 - 5 cm erwartet (Beilage 5). Im Vorprojekt wären die Wasserspiegel im Inn im Hochstand gegenüber dem Ist-Zustand leicht abgesenkt worden (0 - 20 cm). Dies allerdings bei einer deutlichen Verbreiterung des Inns auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzflächen (Weideland). Damit wäre aber, abgestützt auf die im Jahr 2018 durchgeführten Baugrunduntersuchungen [24], voraussichtlich eine grossflächigen Entfernung der dort vorhandenen feinkörnigen Überschwemmungssedimente und

dadurch eine direkte hydraulische Verbindung des Inns mit dem kiesigen Aquifer (Innschotter) verbunden gewesen (siehe auch Beilage 6).

Zur Landschaftsgestaltung und zur Verhinderung von Überflutungen ins angrenzende Umland wird das Terrain linksufrig des neuen Binnengewässers flächig um 1.0 - 1.5 m angehoben und an den bestehenden Deponiekörper angeglichen (rote Flächen in Beilage 6).

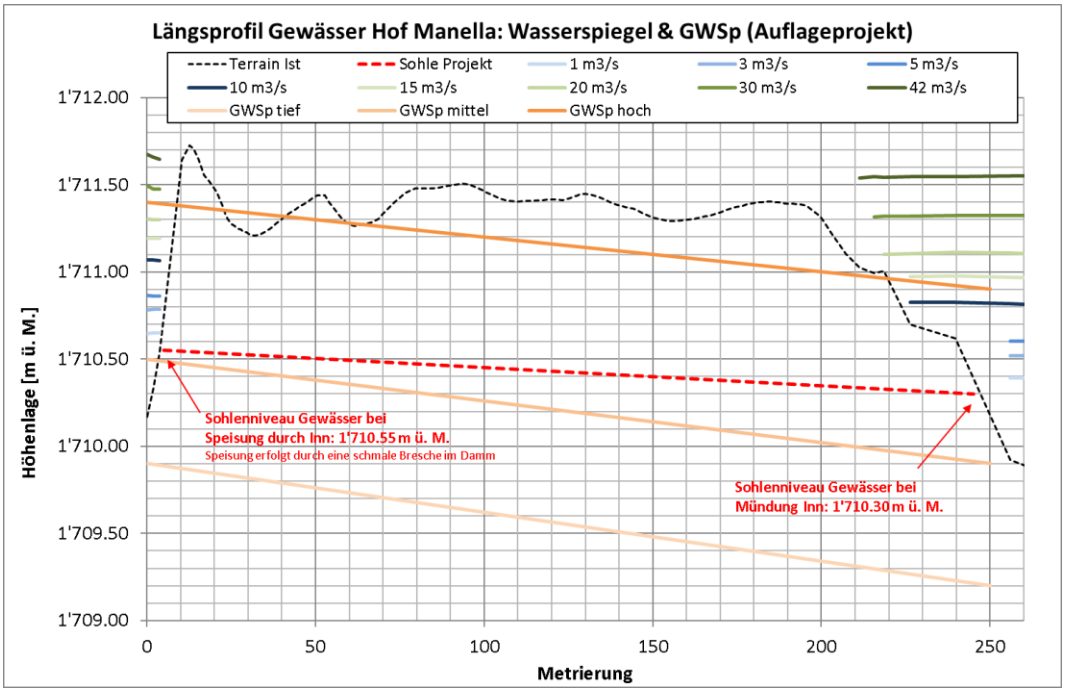


Abbildung 13: Überblick über die Gewässerbaulichen Eingriffe im Bereich Hof Manella [1]
Rot dargestellt ist die projektierte Sohlenlage des Binnengewässers. in blauen und grünen Farben sind die Wasserspiegellagen im Inn bei unterschiedlichen Abflüssen dargestellt (Modellierung Stand Auflageprojekt HZP [10]). Die Linien in orangen Farbtönen zeigt die Lage des Grundwasserspiegels im Ist-Zustand.

8.5.2. Aufweitung Champagnatscha km 3.9 bis 4.5

Im Abschnitt zwischen km 3.9 und km 4.5 wird die linke Uferböschung des Inns vorgeschüttet und flacher ausgebildet. Dadurch wird das bestehende Gerinne zugeschüttet und die benetzte Fläche verkleinert. Ein Eingriff in die kolmatierte Gerinnesohle ist dabei nicht vorgesehen. Damit die Durchflusskapazität des Gerinnes dennoch gewährleistet bleibt, muss das rechte Innufer um einen entsprechend breiten Streifen zurückversetzt werden. Zusätzlich zur rechtsseitigen Gerinneverbreiterung werden die bereits bestehenden Binnengewässer im Gebiet Champagnatscha - alte Flazmündung durch einen neu angelegten Gewässerarm parallel zum Inn verbunden [1][6]. Die Tiefe der rechtsseitigen Gerinneverbreiterung wird auf das bestehende Gerinne angepasst. Die Sohle des neuen Gewässerarmes bei Champagnatscha soll gemäss Vor- und Auflageprojekt ca. 1 - 2 m tief unter die bestehende Terrainoberfläche reichen. Mit diesem Eingriff wird der Grundwasserspiegel erreicht.
Die Veränderung der Wasserspiegellagen bei hohen Abflüssen im Inn ist gegenüber dem Ist-Zustand vernachlässigbar (siehe Abbildung 11 und in Beilage 5). Die Wasserspiegel bei tiefen Abflüssen im Inn sinken im Auflageprojekt gegenüber dem Ist-Zustand bedingt durch die Verbreiterung leicht ab (Änderungen im Bereich ca. 0 - 2 cm). Gegenüber dem Vorprojekt werden die Wasserspiegellagen im Inn im Auflageprojekt nicht verändert.

9. Grundwassermodellierungen

9.1. Modellierte Szenarien

9.1.1. Modellszenarien Überblick

Im Folgenden werden die Modellszenarien der jeweiligen Projektstufen tabellarisch aufgelistet. Details zu den jeweiligen Szenarien werden in den folgenden Abschnitten kurz beschrieben (siehe auch Beilage 6):

Modell Szenario		Vorprojekt VP	Auflage-projekt AP	Wesentliche Änderungen Stand VP zu AP
A	Ist-Zustand	Ja	Ja	keine
B1	Bauzustand (ohne flankierende Massnahmen)	Ja	Ja	Geometrieanpassungen, Anpassung Durchlässigkeiten • Abschnitt oben: Absenkung Sohlenniveau Lej da Spuondas • Abschnitt Mitte: keine Verbreiterung Inn, • Abschnitt unten: a) neues Binnengewässer im Bereich Hof Manella -> inkl. Materialersatz mit Feinsediment, wenig kolmatiert b) Champagnatscha; Durchlässigkeiten im Untergrund, abgestützt auf Baugrunduntersuchung [13], c) Innsohle nicht kolmatiert
B2	Endzustand (mit flankierenden Massnahmen im Bau)	Ja	Ja	Geometrieanpassungen, Anpassung Durchlässigkeiten • Abschnitt oben: Absenkung Sohlenniveau Lej da Spuondas, Kolmatierung Innsohle und Lej da Spuondas • Abschnitt Mitte: keine Verbreiterung Inn, Innsohle kolmatiert • Abschnitt unten: a) neues Binnengewässer im Bereich Hof Manella - > inkl. Materialersatz mit Feinsediment und vollständig kolmatiert b) Champagnatscha; Durchlässigkeiten im Untergrund, abgestützt auf Baugrunduntersuchung [13], c) Innsohle kolmatiert wie im Ist-Zustand
C1	Bauzustand, Abdichtung Innarm Champagnatscha	Ja	Nicht untersucht	
C2	Bauzustand, Abdichtung Innverbreiterung rechtsufrig bei Champagnatscha	Ja	Nicht untersucht	
C3	Szenario C1 + C2 zusammen	Ja	Nicht untersucht	
C4	Bauzustand gesamtes Projekt Variante AP	Nein	Ja	Unterhalt Ova da Brattas mit Schwelle

Abbildung 14: Überblick und Anpassung Modellszenarien Stufe VP und AP

Die Modellszenarien C1 bis C3 der Stufe VP wurden verworfen und im AP nicht weiter untersucht. Aufgrund der Erkenntnisse aus den weiteren Untersuchungen [13] sowie auf den Projektoptimierungen [1] wurde das Szenario B1 im AP angepasst und als Variante das Szenario C4 untersucht.

9.1.2. Modellszenarien Stand Vorprojekt

Im Vorprojekt [14] wurden folgende Szenarien modelliert:

A: Ist-Zustand
B1: Auswirkungen des Bauzustandes unmittelbar nach Realisierung (mit erhöhter Sohlendurchlässigkeit des Inns und der neuen Seitengewässer)
B2: Auswirkungen des Projektzustandes im Endzustand (mit gleicher Sohlendurchlässigkeit des Inns wie im Ist-Zustand)

C: Damit unerwünschte Grundwasserspiegelanstiege im Bauzustand vermieden werden können sind im Vorprojekt die Wirkungen unterschiedlicher Sohlenabdichtungsmassnahmen untersucht worden. Die Massnahmen wurden für die weitere Projektierung verworfen und nicht weiter untersucht.

- C1: Abdichtung des neuen Innarm bei Champagnatscha im untersten Projektabschnitt
- C2: Abdichtung des verbreiterten, rechten Uferstreifens am Inn im untersten Projektabschnitt
- C3: Szenario C1 und C2 zusammen. Abdichtung des Innarms bei Champagnatscha und Abdichtung des rechten Uferstreifens am Inn

9.1.3. Modellszenarien Stand Auflageprojekt

Im Auflageprojekt wurden folgende Szenarien modelliert:

A: Ist-Zustand
B1: Bauzustand (ohne flankierende Massnahmen): Der Bauzustand wurde im Auflageprojekt gegenüber dem Vorprojekt wie folgt optimiert:

- Anpassungen der Geometrien, Sohlenlagen in den Binnengewässern und im Inn [1]
- Berücksichtigung von Erkenntnissen aus Untersuchungen des Untergrundes im Abschnitt unten [13]

B2: Endzustand (mit flankierenden Massnahmen): Im Endzustand wurden gegenüber dem Bauzustand folgende Annahmen getroffen:

- Im Inn werden nach dem Eingriff und nach erfolgter Kolmatierung der Gerinnesohle die gleichen Sohlendurchlässigkeiten wie im Ist-Zustand erreicht
- Der Zustand wird erreicht / beschleunigt durch eine geeignete Wiederverwertung von schlecht durchlässigen, feinkörnigen Überschwemmungssedimenten (flankierende Massnahmen):
  i. Während dem Bau neuer Gerinne in durchlässigen Kiesen und Sanden durch Abdichtung der Sohle mit feinkörniger Überschwemmungssedimenten (solange noch kein Anschluss ans bestehende Gewässer besteht, Bau im Trockenen)
  ii. Einschlämmen der neuen Gewässersohle durch Feinstoffeintrag im Fliessgewässer (im bereits durchströmten Gewässer)

C4: Wirkungen weiterer flankierender Massnahmen: Unterhalt des Ova da Brattas
Bestandteil des Unterhaltes sind die Entfernung der Verkrautung und Feinsedimentschicht (Kolmatierung) im Abschnitt zwischen dem Piezometer Pz3 und der ehemaligen Abflussmessstelle PB4. Damit soll eine Wiederinstandstellung der ursprünglichen Drainageleistung des Baches erreicht werden.

9.1.4. Unterschied zwischen Bau- und Endzustand

Erfahrungsgemäss stellt sich nach erfolgtem Eingriff in eine kolmatierte Gewässersohle aufgrund erhöhter Sohlendurchlässigkeit als erstes ein Bauzustand ein. Im Bauzustand ist der Austausch zwischen Oberflächen- und Grundwasser stärker als normal. Die Grundwasserspiegel steigen (bei Infiltration ins Grundwasser) oder sinken (bei Exfiltration des Grundwassers) infolgedessen stärker als im ungestörten zustand.
Mit fortschreitender natürlicher Kolmatierung der Gewässersohle stellt sich ein neuer Endzustand ein.

9.1.5. Auswirkung von Grundwasserspiegeländerungen

Zur Beurteilung, ob sich ein Projektzustand in Bezug auf das Grundwasser negativ auf die betroffenen Siedlungsgebiete oder landwirtschaftlichen Nutzflächen auswirkt, sind insbesondere die Veränderungen der hohen und mittleren Grundwasserspiegel relevant. Obwohl sich die Grundwasserhochstände nur an wenigen Tagen im Jahr und oft nur für kurze Phasen einstellen, können dadurch kurzfristige Vernässungen in Untergeschossen auftreten.
Insbesondere in Gebieten mit geringen Flurabständen (siehe Flurabstandskarte des Ist-Zustandes in Beilage 1, Gebiete mit blauer und grüner Färbung) sind die Änderungen der mittleren Grundwasserstände ebenfalls kritisch zu beurteilen. Die mittleren Grundwasserspiegel stellen sich über mehrere Wochen oder gar Monate im Jahr ein. Ein deutlicher Anstieg der mittleren Grundwasserspiegel kann in Gebieten mit geringem Flurabstand zu anhaltenden Vernässungen und zu einer langfristigen Veränderung der Vegetation (z.B. auf landwirtschaftlichen Flächen) führen. Im Falle von Gebäuden können Untergeschosse, welche bisher evtl. nur an wenigen Tagen im Jahr feucht oder nass waren, dann oft oder für längere Phasen vernässt werden.

Eine deutliche und anhaltende Absenkung der hohen und mittleren Grundwasserstände im Dezimeterbereich führt zu einer Entwässerung von Feuchtstandorten. In Moorgebieten (wie z.B. am Standort Crasta) wird dadurch die typische Vegetation verschwinden. Setzungen und Schäden an Bauten werden erst bei grösseren Absenkungen der Grundwasserstände (> 1 m) und in setzungsempfindlichen Böden erwartet. Dies ist z.B. bei flachgründigen Fundationen in fein- und gemischtkörnigen Lockergesteinen (z.B. Überschwemmungssedimenten) der Fall.

9.2. Darstellung der Resultate

In den folgenden Abschnitten werden die Resultate der untersuchten Szenarien auf Stufe Auflageprojekt A, B1, B2 und C4 beschrieben und anhand von Karten in den Beilage 1 bis Beilage 4 dargestellt. Am Schluss der Beschreibung werden die Auswirkungen der jeweiligen Massnahmen im Auflageprojekt mit derjenigen im Vorprojekt verglichen.

9.2.1. Grundwasserkarte mit Isohypsen im Ist-Zustand

Die modellierten Grundwasserstände im Ist-Zustand sowie in den jeweiligen Projektzuständen werden in Grundwasserkarten mit Isohypsen dargestellt. Es werden jeweils Grundwasserkarten für Hoch-, Mittel- und Tiefstände dargestellt. Die in den Grundwasserkarten dargestellten Zustände sind immer mit einem definierten Zeit-

punkt in der Modellrechnung verknüpft. Z.B. wurde aus der instationären Modellierung der 22.6.2013 als Grundwasserhöchststand definiert. Damit die Resultate resp. Auswirkungen der modellierten Bauzustände auf das Grundwasser immer mit dem Ist- Zustand vergleichbar sind, gilt der 22.06.2013 in allen Szenarien als Grundwasserhochstand. Dementsprechend wurden auch die Mittel- und Tiefstände für alle Szenarien zeitlich definiert. Der gewählte Zeitpunkt für die Mittelstände ist der 17.10.2013. Als Zeitpunkt für die Grundwassertiefststände wurde der 14.03.2014 gewählt.

9.2.2. Differenzenkarten der Grundwasserstände (im Vergleich zum Ist-Zustand) für die Bau- und Endzustände

Die modellierten Grundwasserstände in den unterschiedlichen Bauzuständen und im Endzustand werden immer mit dem Ist-Zustand verglichen. Sind durch die unterschiedlichen Projekteingriffe Veränderungen des Grundwasserspiegels zum Ist-Zustand modelliert worden, sind diese in den Differenzenkarten dargestellt. Gebiete mit positiven Abweichungen d.h. Gebiete mit erwarteten Grundwasserspiegelanstiegen werden als rote Flächen dargestellt. Umgekehrt werden Gebiete mit erwarteten Grundwasserspiegelabsenkungen in blauen Farben dargestellt.

9.2.3. Darstellung des Austauschs zwischen Grundwasserleiter und Inn resp. Binnengewässer

Die mit dem Grundwasser kommunizierenden Gewässer (Inn und Binnengewässer) werden in den Grundwasser- bzw. Differenzenkarten als gefärbte Punkte dargestellt. Der Wasseraustausch im Modell findet über die an den jeweiligen Gewässersohlen definierten Modellknoten statt. Stellen mit Infiltration von den Oberflächengewässern ins Grundwasser werden als rote Punkte, Stellen mit Exfiltration von Grundwasser ins Oberflächengewässer werden als blaue Punkte dargestellt.

9.2.4. Flurabstandskarten (für alle Modellszenarien)

Ausgehend vom Ist-Zustand und den projektbedingten, modellierten Veränderungen im Grundwasser wurden für die jeweiligen Szenarien neue Flurabstände berechnet. Dargestellt wurden jeweils nur die Flurabstände bei Grundwasser Hochstand.

9.3. A: Modellierung des Ist-Zustandes

9.3.1. Berechnungsannahmen

Im ungestörten Zustand existiert entlang der Innsohle eine Kolmationsschicht. Die Durchlässigkeit der Kolmationsschicht resultiert aus der Kalibrierung des Grundwassermodells Oberengadin. Sie beträgt im oberen Projektperimeter 4.0E-6 m/s und im unteren Projektperimeter 5.0E-7 m/s (vgl. Kapitel 7.1). In der folgenden Tabelle wird der vorhandene Baugrund in den Zonen gemäss Beilage 6 beschrieben und daraus die Durchlässigkeiten im oberflächennahen Untergrund (Bereich Austausch Oberflächenwasser – Grundwasserleiter) abgeleitet.

Zone / Abschnitt (gem. Beilage 6)		**Schicht**	**k-Wert Modell (vertikal)**
1	Innsohle im Abschnitt Crasta - Lej da Spuon-	Kiesig-sandige Innschotter mit Feinsediment eingeschlämmt (natürli-	4.0E-6m/s

Zone / Abschnitt (gem. Beilage 6)		Schicht	k-Wert Modell (vertikal)
	das	che Kolmatierung, Durchlässigkeit aus Modellkalibrierung berechnet)	
2	Innsohle zwischen ARA und Brücke San Gian		4.0E-6m/s
3a	Innsohle im Innbogen Hof Manella	durch Feinsedimente kolmatierte Sohle des Inns. Die Kolmatierung wird durch die sehr geringe Strömung im Inn und den Feinstoffeintrag beim Schlatteinbach begünstigt	5.0E-7m/s
3b	Vorland Innbogen Hof Manella (im Ist-Zustand nur bei Hochwasser überflutet)	kiesig-sandige Innschotter, mit natürlicher Bedeckung aus Überschwemmungssedimenten	5.0E-7m/s
4a	Innsohle im Abschnitt Mündung Schlatteinbach - Ochsenbrücke	durch Feinsedimente kolmatierte Sohle des Inns. Die Kolmatierung wird durch die sehr geringe Strömung im Inn und den Feinstoffeintrag beim Schlatteinbach begünstigt	5.0E-7m/s
5	Sohle Lej da Spuondas	kiesig-sandige Innschotter mit Feinsediment eingeschlämmt (natürliche z.T. mächtige Kolmatierung, Durchlässigkeit aus Modellkalibrierung berechnet)	1.0E-7m/s
6a-6e	Sohle Binnengewässer Crasta	kiesig-sandige Innschotter, je nach Unterbereich 6A-E z.T. mit Wechsellagerung Überschwemmungssedimenten (natürliche Kolmatierung, Durchlässigkeit aus Modellkalibrierung berechnet)	2.0E-4m/s - 5.0E-6m/s

Abbildung 15: Übersichtstabelle k-Werte im Ist-Zustand
Übersichtstabelle mit im Modell verwendeten k-Werten im Ist-Zustand gemäss Beilage 6.

Die Sohlendurchlässigkeit des Inns basiert u.a. auch auf der Modellkalibrierung. Die schlechte Durchlässigkeit der Innsohle insbesondere im Bereich Schlatteinbach – Ochsenbrücke kann abgestützt auf die durchgeführten Baugrunduntersuchungen als plausibel eingestuft werden. Ein weiterer Beleg für eine geringe Sohlendurchlässigkeit im Inn sind die tiefen Grundwasserstände bei Pegel Pz29 im Winter. Obwohl zwischen Inn und dem Grundwasserspiegel ein grosser Potentialunterschied besteht sinken die Grundwasserstände im Winter stark ab. Bei grösseren Durchlässigkeiten im Bereich der Innsohle würde permanent mehr Wasser vom Inn in den Untergrund infiltrieren. Die effektiv gemessenen Grundwasserspiegel würden nie derart tief absinken.

9.3.2. Grundwasserkarte mit Isohypsen, In-/Exfiltration von Gewässern (Beilagen 1a bis 1c)

Hoher Grund- und Innwasserstand (Beilage 1a)
Ausgangs Charnadüra Schlucht bis zum Lej da Spuondas liegt der Innwasserspiegel deutlich über dem umliegenden Grundwasserspiegel. Bei hohen Grund- und Innwasserständen wirkt der Inn im gesamten Projektperimeter infiltrierend (rote Punkte = Infiltration ins Grundwasser). Die Isohypsen zeigen eine allgemeine Strömung des Grundwassers vom Inn weg in Richtung Flachmoor Crasta an. Der hydraulische Gradient ist dort hoch und beträgt bis zu 1.2 % (Beilage 1a, zwischen Inn und den Messstellen PB2 und Pz3). Ein Teil des Grundwassers wird dort durch die Binnengewässer drainiert und abgeleitet. Die Binnengewässer sind daher blau gepunktet dargestellt (= Exfiltration von Grundwasser). Unterhalb der Messstelle PB7 sowie bei Pz15 ist das Gefälle des Binnengewässers gering resp. wird das Gewässer im Mündungsbereich in den Inn rückgestaut, wodurch in diesem Abschnitt Infiltration ins Grundwasser auftritt (rote Punkte).
Nördlich des Lej da Spuondas bis zur Ochsenbrücke / Alte Flazmündung infiltriert der Inn teilweise ins Grundwasser. Die allgemeine Strömungsrichtung in der Talebene zeigt talparallel in Nordöstliche Richtungen. Die seitlichen Schuttkegel des Schlattainbachs sowie des Flaz haben nur am Rand einen Einfluss auf das Strömungsverhalten im Talboden. Der durchschnittliche hydraulische Gradient des Grundwassers im Projektperimeter beträgt ca. 0.25 %.

Mittlerer und tiefer Grund- und Innwasserstand (Beilagen 1b und 1c)
Bei mittleren Grund- und Innwasserständen nimmt der Potentialunterschied zwischen dem Innwasserspiegel und dem Grundwasser ab. Die drainierende Wirkung der Binnengewässer nimmt folglich auch ab, so dass bei tiefen Wasserständen nur noch die mittleren Abschnitte der Binnengewässer exfiltrierend wirksam sind (Beilage 1c, blaue Punkte unterhalb von P25, PB4 sowie unterhalb Pz3 bis oberhalb PB7).

9.3.3. Flurabstandskarten hoher Grundwasserstand (Beilage 1d)
Der Grossteil der Siedlung von Celerina wurde auf die randlichen Bachschuttfächer gebaut. Dort betragen die Flurabstände im Ist-Zustand bei hohem Grundwasserspiegel (und hohen Wasserspiegeln in den Oberflächengewässern) 4 bis 5 oder mehr Meter. Eine Gefährdung der Gebäude durch das Grundwasser kann ausgeschlossen werden (Beilage 1d, Abbildung 16).
Für die Gebiete entlang des Inns sind kleine Flurabstände typisch (0 bis 3 m). Das Flachmoor Crasta und der linke Uferstreifen entlang des Inns oberhalb der Brücke San Gian, sowie das tief liegende Weideland östlich der Deponie Manella sind im Frühjahr oder nach intensiven Nässeperioden grossflächig vernässt. Der Grundwasserspiegel liegt an der Terrainoberfläche oder nur wenige Dezimeter unterhalb davon. Die übrigen Gebiete entlang des Inns sind zwar nicht sichtbar vernässt, die Grundwasserspiegel liegen jedoch nur wenige Dezimeter bis max. 2 m unter Terrain (grüne und hellblaue Flächen in Abbildung 16). In dieser Zone mit sehr geringen Flurabständen befinden sich auch Wohn- und Industriebauten. An dieser Stelle sind namentlich genannt:

- die neuen Wohnbauten bei Crasta (mit Tiefgarage im Grundwasser)
- die Bauten im Gebiet zwischen der Inn Lodge und der Schreinerei Pedrini
- die Wohnbauten entlang des Inns zwischen der ARA und der Brücke San Gian

- die Bauten beidseits der Inn Brücke San Gian mit z.T. historischen Gebäuden

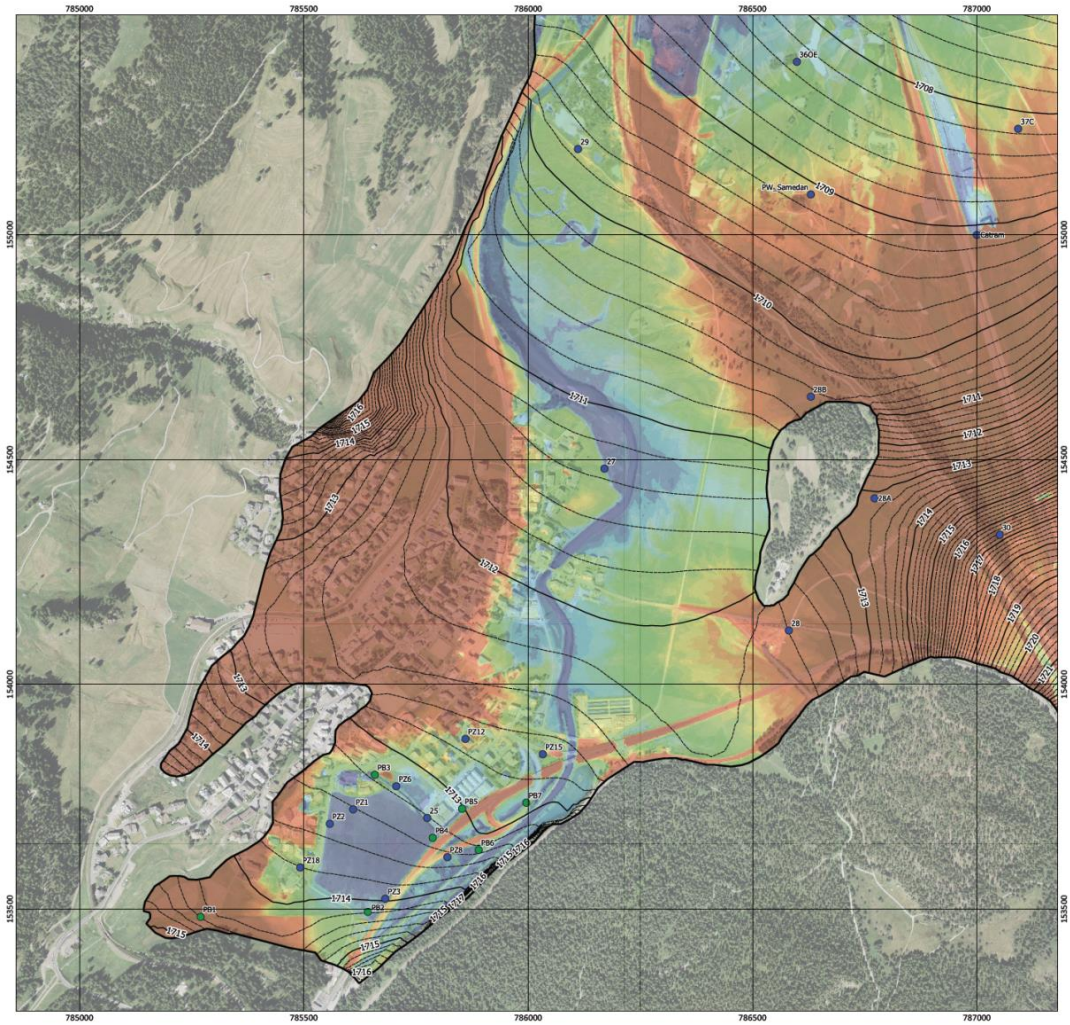


Abbildung 16: Flurabstandskarte GW-Hochstand Ist-Zustand (Szenario A, Beilage 1d)
Geringe Flurabstände in der Talebene entlang des Inns (blaue Flächen, 0 - 1 m), mittlere Flurabstände (1 - 3 m, grüne und gelbe Flächen), grosse Flurabstände in Richtung Hang (rote und braune Flächen).

9.4. B1: Modellierung des Bauzustandes unmittelbar nach Baueingriff mit erhöhter Durchlässigkeit der Gewässersohle (ohne flankierende Massnahmen)

9.4.1. Berechnungsannahmen

Als Folge des Projekteingriffes wird die Gerinnesohle des Inns im Abschnitt zwischen der Mündung der Charnadüra Schlucht und der ARA Staz zwischen km 2.2 und km 2.8 verbreitert und abgesenkt. Die Absenkung beträgt in den Stillwasserzonen Ausgangs Charnadüra Schlucht bis zu 1.5 m und wird in Fliessrichtung abwärts an das bestehende Sohlenniveau angepasst (siehe auch Abbildung 11 und Beilage 6). Zur Erhöhung der Biodiversität sind in diesem Abschnitt zwei, durch

eine Schwelle abgetrennte Stillwasserzonen vorgesehen. Als Folge der Vertiefung der Gerinnesohle wird die vorhandene Kolmatierung des Inns vermutlich mehrheitlich abgetragen und entfernt. Für die Modellierung der Grundwasserverhältnisse unmittelbar nach dem Projekteingriff gehen wir von einer erhöhten Durchlässigkeit der Gerinnesohle (k = 2.0 E-3m/s) aus.

Bei den Eingriffen in die Gewässersohle des Inns im Abschnitt von der ARA Staz bis zur unteren Inn Brücke San Gian wird die Innsohle um maximal 0.5 m abgesenkt (Beilage 6). Auch hier gehen wir bei der Modellierung im Inn von einer erhöhten Sohlendurchlässigkeit (k = 2.0 E-3m/s) aus. Im entsprechenden Abschnitt ist analog zum Vorprojekt eine linksufrige Verbreiterung des Inns vorgesehen. Durch den Abtrag des Uferstreifen wird das Vorland gemäss Abflussmodell HZP [10] nur bei hohen Abflüssen im Inn (> 20 m3/s) überflutet.

Im Abschnitt Hof Manella zwischen km 3.4 und km 3.8 wurde auf die Verbreiterung des Inns gemäss Vorprojekt zugunsten der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Weideland) verzichtet bzw. sieht das Auflageprojekt ein vom Inn getrenntes Binnengewässer mit einem kleinen Stillgewässer vor. Das Binnengewässer wird bei tiefen Grundwasserständen im Trockenen erstellt. Die Durchlässigkeit der Gerinnesohle wird durch den Einbau einer ca. 0.5 m mächtigen Schicht bestehend aus feinkörnigen Überschwemmungsedimenten reduziert. Damit soll bei tiefen Grundwasserständen die Versickerung von Oberflächengewässer ins Grundwasser reduziert werden. Die Feinsedimentschicht wird durch den Einbau einer Kies-Sandschicht vor Erosion geschützt (die erwartete Erosionskraft des Gewässers ist in diesem Abschnitt gering, das Gewässer befindet sich oft im Einstau des Inns). Mit der Massnahme soll bereits im Bauzustand eine geringe Sohlendurchlässigkeit (k = 1.0 E-5 m/s) erreicht werden.

In der folgenden Tabelle werden der Untergrund in den Zonen gemäss Beilage 6 beschrieben und daraus die Durchlässigkeiten im oberflächennahen Untergrund (Bereich Austausch Oberflächenwasser – Grundwasserleiter) abgeleitet.

Zone / Abschnitt (gem. Beilage 6)		**Schicht**	**k-Wert Modell (vertikal)**
1	Innsohle im Abschnitt Crasta - Lej da Spuondas (im Bericht mit Abtrag, ansonsten siehe Szenario A)	kiesig-sandige Innschotter (kann bei Bedarf mit Feinsediment eingeschlämmt werden)	2.0E-3m/s
2	Innsohle Aufweitung zwischen ARA und Brücke San Gian (im Bericht mit Abtrag, ansonsten siehe Szenario A)	kiesig-sandige Innschotter	2.0E-3m/s
3a	Innsohle im Innbogen Hof Manella (kein Eingriff)	durch Feinsedimente kolmatierte Sohle des Inns. Die Kolmatierung wird durch die sehr geringe Strömung im Inn und den Feinstoffeintrag beim	5.0E-7m/s

Zone / Abschnitt (gem. Beilage 6)		Schicht	k-Wert Modell (vertikal)
		Schlatteinbach begünstigt	
3b	Sohle neues Binnengewässer Hof Manella	kiesig-sandige Innschotter, künstlicher Sohlenaufbau mit Materialersatz: 0.5 m Überschwemmungssedimente mit Erosionsschutz	1.0E-5m/s
4a	Innsohle im Abschnitt Mündung Schlatteinbach - Ochsenbrücke (kein Eingriff)	durch Feinsedimente kolmatierte Sohle des Inns. Die Kolmatierung wird durch die sehr geringe Strömung im Inn und den Feinstoffeintrag beim Schlatteinbach begünstigt	5.0E-7m/s
4b	Innsohle rechter Uferstreifen und neuer Innarm im Abschnitt Mündung Schlatteinbach - Ochsenbrücke	Mehrheitlich feinkörnige Überschwemmungssedimente	5.0E-7m/s
5	Sohle Lej da Spuondas	kiesig-sandige Innschotter (nach Abtrag der Kolmatierung)	2.0E-3m/s
6a-6e	Sohle Binnengewässer Crasta	durch Feinsedimente kolmatierte Sohle des Inns. Die Kolmatierung wird durch die sehr geringe Strömung im Inn und den Feinstoffeintrag beim Schlatteinbach begünstigt	2.0E-4m/s - 5.0E-6m/s

Abbildung 17: Übersichtstabelle im Modell verwendete k-Werte im Bauzustand
Übersichtstabelle mit im Modell verwendeten k-Werten im Bauzustand gemäss Beilage 6.

Im Teilbereich zwischen Mündung Schlatteinbach km 3.9 und Ochsen Brücke km 4.5 konnten im Rahmen der durchgeführten Baugrunduntersuchungen [13] oberflächennah ca. 2 - 3 Meter mächtige, schlecht durchlässige Überschwemmungssedimente aufgeschlossen werden. Deshalb werden in der Modellrechnung beim neuen, rechten Uferstreifen am Inn sowie beim neuen Innarm im Auflageprojekt eine geringe Sohlendurchlässigkeit (k-Wert vertikal=5.0E-7m/s) angenommen.
Bei der Verbreiterung des rechten Uferstreifens wird die Innsohle an die bestehende Gerinnesohle angepasst. Eine Absenkung der Sohlenlage ist nicht vorgesehen. Die Sohlenlage des neu errichteten Innarms liegt gemäss Vor- und Auflageprojekt [1] bis zu 1.5 m unter OK Terrain und somit im Schwankungsbereich des Grundwassers.
Eingriffe in die übrige Gerinnesohle sind nicht vorgesehen. Die Sohlendurchlässigkeit des Inns wird im Modell gegenüber dem Ist-Zustand nicht verändert.

9.4.2. Differenzenkarte mit Isohypsen, In-/Exfiltration von Gewässern

Auswirkungen: Differenzenkarten (Auflageprojekt gegenüber Ist-Zustand)

Hoher Grund- und Innwasserstand (Beilage 2a)
Bei hohem Grund- und Innwasserstand steigen die Grundwasserspiegel im Gebiet Flachmoor Crasta und bis zu den Gewerbestandorten bei der Messstelle PB5 im Bauzustand gegenüber dem Ist-Zustand um rund 10 - 25 cm an (siehe Auswirkungen Piezometer Pz3 in Abbildung 18, am Standort Pz6 in Abbildung 19 und am

Standort Pz15 in Abbildung 20). Grund dafür ist die erhöhte Infiltration aufgrund der erhöhten Sohlendurchlässigkeit.

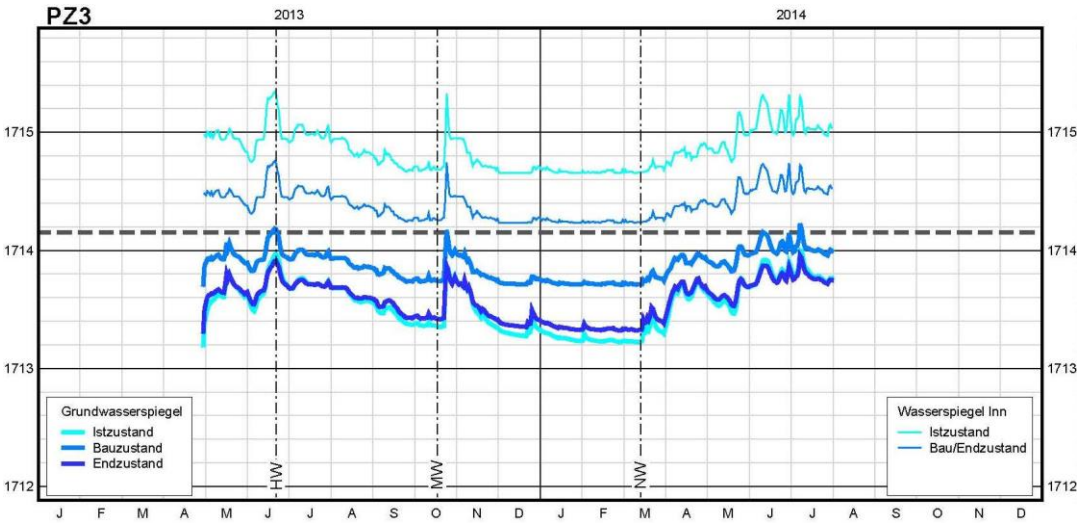


Abbildung 18: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf den Pegel Pz3 im Grundwasser
Die Grafik zeigt den Wasserspiegel im Inn bei Crasta (dünne Linien: hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1) und die Auswirkungen auf die Grundwasserstände bei Pz3 bei Crasta (ausgezogene Linien fett, hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1, und dunkelblau im Endzustand B2). Grau gestrichelt ist die Lage der Terrainoberfläche dargestellt.

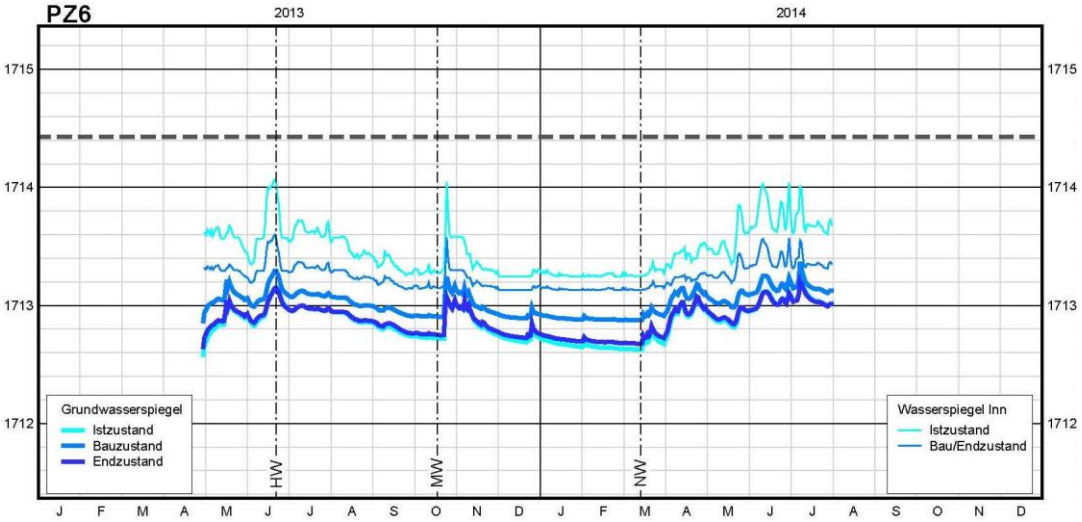


Abbildung 19: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf den Pegel Pz6 im Grundwasser
Die Grafik zeigt den Wasserspiegel im Inn bei Crasta (dünne Linien: hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1) und die Auswirkungen auf die Grundwasserstände bei Pz6 bei Crasta (ausgezogene Linien fett, hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1, und dunkelblau im Endzustand B2). Grau gestrichelt ist die Lage der Terrainoberfläche dargestellt.

Die Berechnungen zeigen, dass im Nahbereich des abgesenkten Inns die Grundwasserspiegel im Hochstand gegenüber dem Ist-Zustand moderat abnehmen (ca. 0 bis 25 cm). Diese Abnahme ist dort jedoch nicht von Relevanz, da sie sich auf den Gewässerraum im Bereich der flussbaulichen Massnahmen beschränkt.
Beim Lej da Spuondas infiltriert als Folge des Sohleneingriffes deutlich mehr Wasser ins Grundwasser. Dadurch steigt der Grundwasserspiegel in Seenähe um 10

bis 50 cm an. Der Anstieg im Bereich der ARA Staz und Engadinstrasse beträgt ca. 15 - 30 cm. Im Übrigen sind keine bebauten Flächen vom Anstieg betroffen.

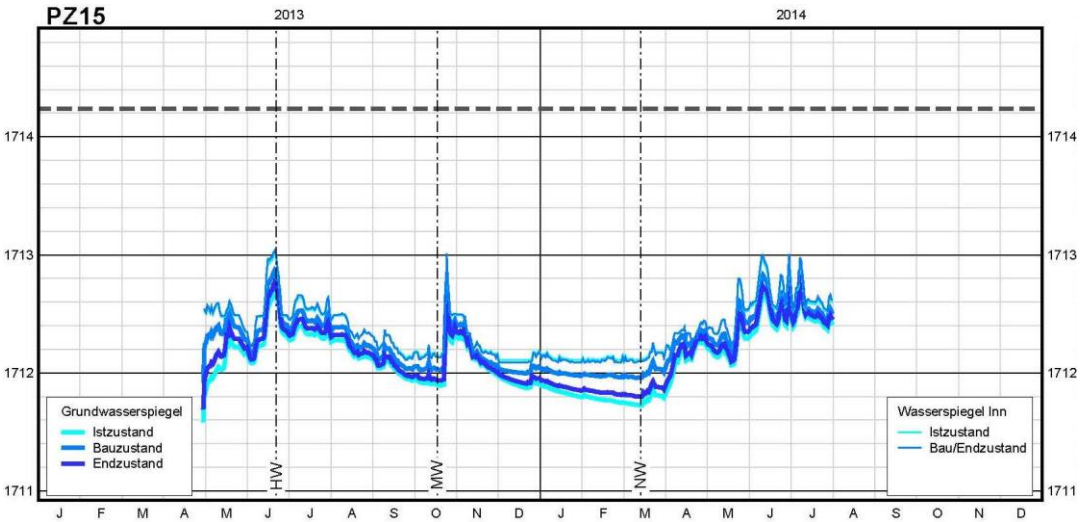


Abbildung 20: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf den Pegel Pz15 im Grundwasser
Die Grafik zeigt den Wasserspiegel im Inn bei der ARA Staz (dünne Linien: hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1) und die Auswirkungen auf die Grundwasserstände bei Pz15 im Gebiet ARA Staz (ausgezogene Linien fett, hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1, und dunkelblau im Endzustand B2). Grau gestrichelt ist die Lage der Terrainoberfläche dargestellt.

Im Bereich des neuen linksufrigen Überflutungsraums (km 2.9 und 3.2 zwischen der ARA und der unteren Inn Brücke San Gian, Abbildung 21) liegen die Inn- und Grundwasserspiegel bei hohen Abflüssen im Inn und hohen Grundwasserständen auf ähnlichem Niveau. Daher halten sich In- und Exfiltration von- und ins Grundwasser i.e. die Waage. Im neuen Überflutungsraum dominiert die Exfiltration vom Grundwasser in den Inn (überwiegend blaue Punkte, siehe Beilage 2a). Im Hauptgerinne dominiert Infiltration vom Inn ins Grundwasser (fast nur rote Punkte, siehe Beilage 2a).

Die Wasserspiegelhöhen sind dort allerdings gering, sodass dieser Eingriff isoliert betrachtet keinen wesentlichen Einfluss auf die Veränderung der Grundwasserspiegel gegenüber dem Ist-Zustand beiträgt.

Im Gebiet um den alten Dorfkern bei der unteren Inn Brücke San Gian werden die hohen Innwasserspiegel im Projektzustand gegenüber dem Ist-Zustand kaum verändert. Infolge Der Grundwasserspiegelanstiege in den umliegenden Gebieten wird auch am Standort San Gian ein Anstieg der Grundwasserhochstände um rund ca. 10 cm erwartet. Die Abbildung 21 zeigt, dass es sich dabei jedoch nur um sehr kurzfristige Spitzen (ähnlich wie bisher) handelt.

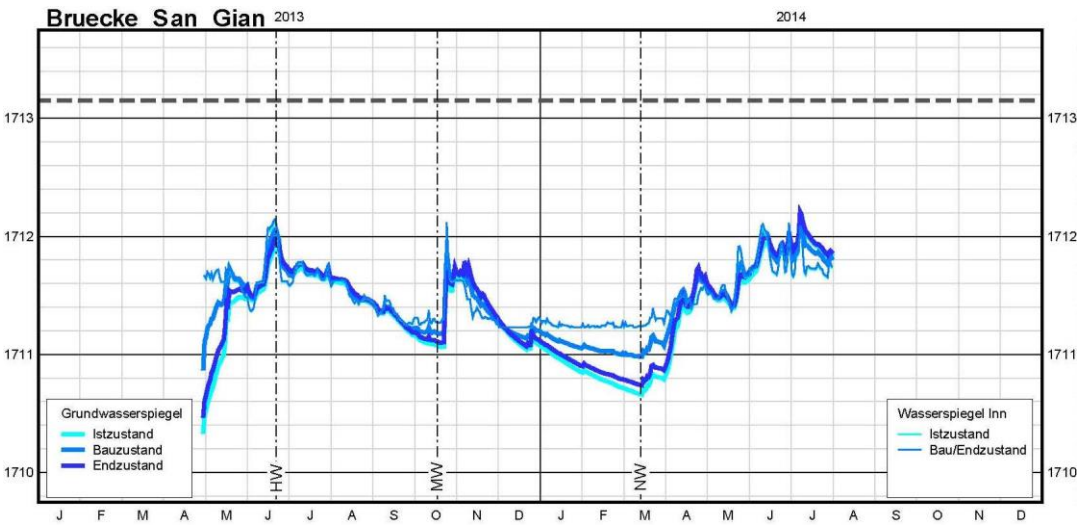


Abbildung 21: Änderungen im Wasserspiegel im Inn und Auswirkungen auf das Grundwasser am Standort Brücke San Gian
Die Grafik zeigt den Wasserspiegel im Inn in der Nähe der unteren Inn Brücke San Gian (dünne Linien: hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1) und die Auswirkungen auf die Grundwasserstände im alten Dorfteil linksufrig des Inns (ausgezogene Linien fett, hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1, und dunkelblau im Endzustand B2). Grau gestrichelt ist die Lage der Terrainoberfläche dargestellt.

Auf die Schaffung eines neuen Überflutungsraums beim Hof Manella (km 3.4 bis km 3.8, bei Messstelle 27, Abbildung 22) gemäss Vorprojekt wurde im Auflageprojekt zugunsten der landwirtschaftlichen Flächen verzichtet. Anstelle des grossflächigen Überflutungsraums ist ein schmales Binnengewässer vorgesehen.
Bei hohen Grundwasserständen steht das Grundwasser in Pegel 27 bereits heute unmittelbar unter der Terrainoberfläche bzw. z.T. knapp darüber sowie praktisch auf demselben Niveau wie der Innwasserspiegel. Durch die tiefe Wasserspiegellage im oberen Abschnitt des Binnengewässers wird Grundwasser bei tiefen Abflüssen im Inn teils ins Binnengewässer exfiltriert (siehe blaue Punkte in Beilage 2a). Im Unterlauf liegt die Wasserspiegellage im Binnengewässer bedingt durch den Einstau des Gewässers durch den Inn über dem Grundwasserspiegel. Das Binnengewässer infiltriert ins Grundwasser (siehe rote Punkte in Beilage 2a). Bei mittleren und hohen Abflüssen im Inn wird das Binnengewässer vollständig eingestaut. Infolgedessen verliert es seine exfiltrierende Wirkung zunehmend und infiltriert ins Grundwasser.

Isoliert betrachtet hat der Eingriff kurz nach dem Bau des neuen Binnengewässers (Bauzustand) keinen Einfluss auf die Grundwasserhochstände. Der Grundwasserspiegelanstieg im Gebiet Hof Manella und unterhalb davon sind auf die Eingriffe im untersten Projektabschnitt zwischen der Mündung Schlatteinbach und Ochsenbrücke zurückzuführen.

Im Bereich der rechtsufrigen Verbreiterung des Inns sowie dem neuen Innarm im untersten Projektabschnitt zwischen der Mündung Schlatteinbach und der Ochsenbrücke / alte Flazmündung infiltriert Wasser vom Inn ins Grundwasser. Grund dafür ist die vorhandene grosse Potentialdifferenz zwischen dem Wasserspiegel in den Oberflächengewässern und dem ganzjährlich unter dem Inn liegenden Grundwasser (siehe Abbildung 23). Da die Infiltration grossflächig erfolgt, wird ein grossflächiger Anstieg der Grundwasserspiegel erwartet. Bei hohen Inn- und Grundwasserspiegeln resultiert ein Anstieg von ca. 10 - 15 cm. Der Anstieg des

Grundwassers wirkt sich bis ins Siedlungsgebiet von Celerina aus. Der Anstieg beträgt dort 5 - 15 cm.

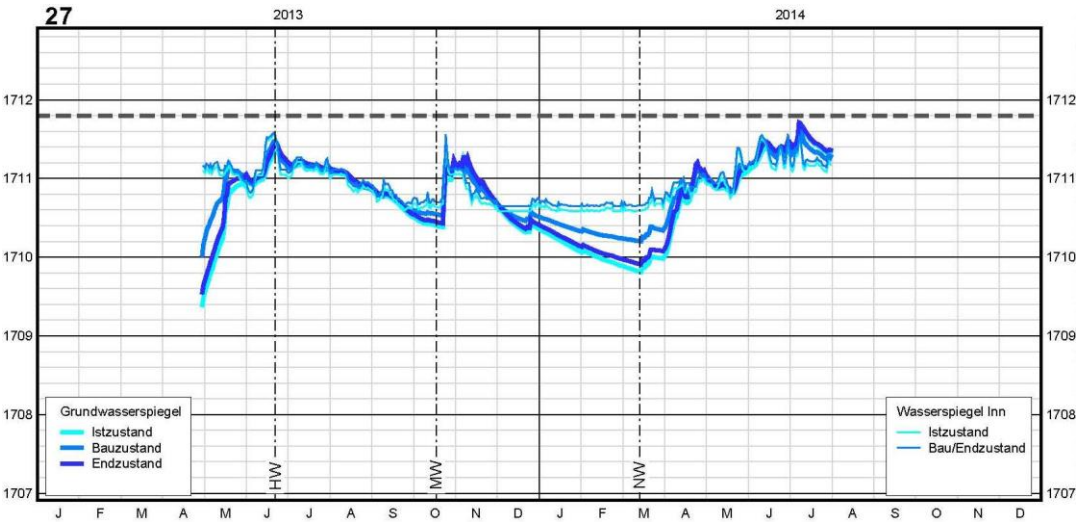


Abbildung 22: Ganglinie des Wasserspiegels im Inn und Projektauswirkungen auf den Pegel P27 im Grundwasser
Die Grafik zeigt den Wasserspiegel im Inn beim Innbogen Hof Manella (dünne Linien: hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1) und die Auswirkungen auf die Grundwasserstände bei Pz27 im Gebiet Hof Manella (ausgezogene Linien fett, hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1, und dunkelblau im Endzustand B2). Grau gestrichelt ist die Lage der Terrainoberfläche dargestellt.

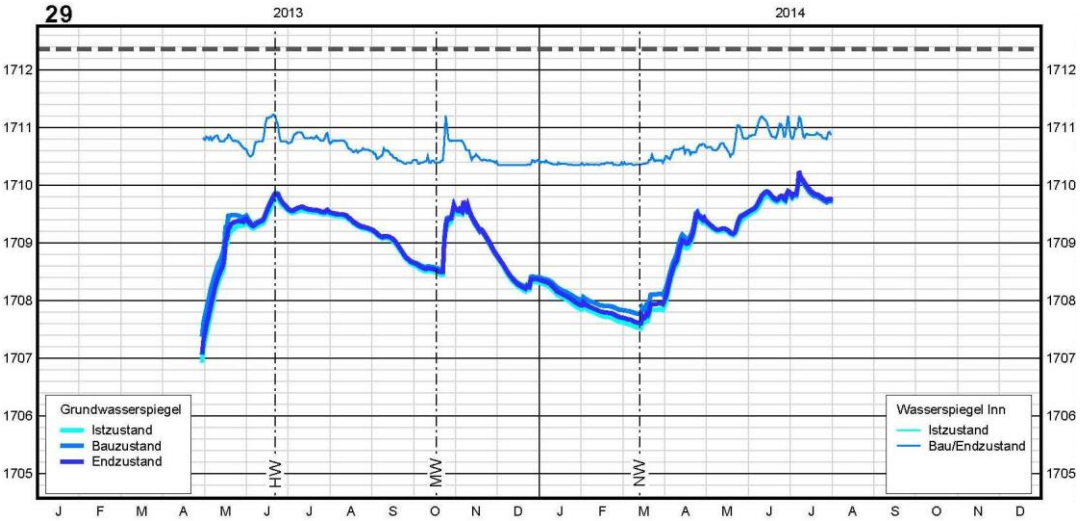


Abbildung 23: Ganglinie des Wasserspiegels im Inn und Projektauswirkungen auf den Pegel P29 im Grundwasser
Als Folge der Revitalisierungsmassnahmen werden die Wasserspiegel im Inn nicht verändert (dünne blaue Linie). Die erhöhte Infiltration infolge der nahezu verdoppelten Wasserfläche im Bauzustand führt zu einem Anstieg der Infiltration, welche sich aufgrund der grossen Potentialdifferenz zwischen Oberflächenwasserspiegel im Inn und dem Grundwasser insbesondere bei tiefen und mittleren Grundwasserständen auswirkt. Aber auch bei hohen Grundwasserständen sind Grundwasserspiegelanstiege zu erwarten. Die Grafik zeigt den Wasserspiegel im Inn oberhalb der Mündung des Alten Flaz (dünne Linien: hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1) und die Auswirkungen auf die Grundwasserstände bei Pz29 oberhalb der Mündung des Alten Flaz (ausgezogene Linien fett, hellblau im Ist-Zustand A, blau im Bauzustand B1, und dunkelblau im Endzustand B2). Grau gestrichelt ist die Lage der Terrainoberfläche dargestellt.

Im Gegensatz zum Vorprojekt werden im Auflageprojekt im Bauzustand generell deutlich geringere Grundwasserspiegelanstiege erwartet, weil im Bereich der neu

geschaffenen Wasserflächen auch geringere Durchlässigkeiten im Untergrund erwartet werden [13].

Mittlere und Tiefe Grund- und Innwasserstände (Beilagen 2b und 2c)
Im Abschnitt zwischen der Charnadüra Schlucht und der ARA Staz steigen die mittleren (um 10 – 40 cm) und tiefen (20 – 50 cm) Grundwasserstände deutlich an. Die Sohlendurchlässigkeit des Inns bleibt wie bei hohen Grundwasserständen unverändert hoch. Im Gegensatz zu den hohen Grundwasserständen liegen die mittleren und tiefen Grundwasserstände im Ist-Zustand deutlich unter dem Innwasserspiegel. Dadurch steigt bei gleichbleibend hoher Durchlässigkeit die Potentialdifferenz zwischen Inn und Grundwasser an. Als Folge davon nimmt die Infiltration vom Inn ins Grundwasser zu und somit steigen die Grundwasserspiegel gegenüber dem Ist-Zustand deutlich an. Vor allem der Zustand der mittleren Grundwasserspiegel nähert sich den Hochständen im Ist-Zustand. Daher werden Zustände wie sie heute nur bei Grundwasser- und Inn-Hochständen angetroffen werden, auch über längere Zeit andauern.
In den mittleren und unteren Projektabschnitten steigen die mittleren Grundwasserspiegel grossflächig um rund 10 – 15 cm an. Die tiefen Grundwasserspiegel steigen entsprechend grossflächig um 20 – 30 cm an.

9.4.3. Flurabstandskarte hoher Grundwasserstand (Beilage 2d)

Vergleicht man die Flurabstandskarte im Projektzustand B1 (Beilage 2d) mit derjenigen im Ist-Zustand (Beilage 1d), erkennt man im oberen Projektabschnitt Mündung Charnadüra Schlucht bis zur Inn Brücke Engadinstrasse geringfügige Veränderungen. Die vernässten Flächen im Gebiet Crasta und entlang des Inns nehmen kaum zu bzw. bleiben von gleicher Ausdehnung (blaue Flächen). Am ausgeprägtesten sind die Abnahmen des Flurabstandes im Uferbereich Lej da Spuondas. Davon betroffen sind jedoch nur geringe Flächen, welche bereits heute Feuchtstandorte in der Uferzone darstellen.
Abnahmen des Flurabstandes bzw. Zunahmen von Vernässungen sind zwischen der ARA und der Brücke San Gian in beschränktem Ausmass im Bereich der linksufrigen Innaufweitung zu erwarten. Im Mündungsbereich des Binnengewässers Foss da Mulin in den Inn, im Umland des neuen Abwasserpumpwerkes Celerina sowie rechts- und linksufrig des Inn obstromig der Brücke San Gian nehmen die ohnehin geringen Flurabstände leicht ab und liegen zwischen 0 und 1 m. Davon betroffen sind vor allem landwirtschaftliche Nutzflächen. Kritisch zu beurteilen sind vereinzelte und insbesondere ältere Gebäude in diesem Gebiet.
Etwas grössere Veränderungen sind auf der gegenüberliegenden Seite vom Inn auf Höhe des Hof Manella (Messstelle 27) und unterhalb davon beidseitig des Inns bis zur alten Flazmündung zu erwarten. Dort nimmt der Flurabstand entlang dem Uferstreifen teils auf unter 0.5 (bis 0 m) ab. Die von den Vernässungen betroffenen landwirtschaftlichen Flächen (primär Weideland) auf Höhe Hof Manella sind bereits im Ist-Zustand teils vernässt. Unterhalb davon werden im Gebiet Champagnatscha vor allem die Mündungsbereiche der bestehenden Binnengewässer in den Inn sowie bereits vorhandene Feuchtstandorte entlang dem Ufer mehr vernässt. Die Anzahl und Ausdehnung von vernässten Flächen werden im Bauzustand gegenüber dem Ist-Zustand leicht zu nehmen. Die Zunahme ist aufgrund der Projektanpassungen auf Stufe Auflageprojekt jedoch deutlich weniger stark als noch im Vorprojekt angenommen.

9.4.4. Fazit: Projektzustand unmittelbar nach dem Baueingriff ohne flankierende Massnahmen

Im Projektperimeter nehmen die Flurabstände im Dorf und im Gebiet Champagnatscha um ca. 10 - 15 cm und im Gebiet Crasta um ca. 10 – 30 cm ab. Im Dorf werden dadurch keine sichtbaren Vernässungen an der Oberfläche erwartet. Bereits heute vernässte Kellergeschosse sind jedoch von einem weiteren Anstieg der Grundwasserspiegel betroffen. Die Kellergeschosse werden zwar nur wenig stärker eingestaut, sind aber länger mittleren bis hohen Grundwasserspiegeln ausgesetzt.
Aufgrund der Projekteingriffe werden Vernässungen im Gebiet Crasta und entlang des Inns vor allem unterhalb des Hof Manella bis zur Flazmündung leicht zu nehmen. Primär betroffen werden bereits bekannte Feuchtgebiete, teils aber auch neue Flächen. In Phasen mit Grundwasserhochstand werden in diesen Gebieten die Flächen mit an der Oberfläche stehendem Wasser an wenigen Tagen sichtbar werden.
Damit unerwünschte Grundwasserspiegelanstiege nicht länger andauern und weniger stark ausgeprägt sind, sind flankierende Massnahmen vorgesehen (siehe Kapitel 9.5).

9.5. B2: Modellierung des Endzustandes nach dem Baueingriff mit kolmatierter Gewässersohle (mit flankierenden Massnahmen)

9.5.1. Berechnungsannahmen

Da dem Inn unterhalb des St. Moritzersees bis zur Mündung des Schlattainbachs praktisch keine Feinstofffracht zugeführt wird, muss davon ausgegangen werden, dass sich eine natürliche Kolmatierung des Gerinnes nach Abschluss von flussbaulichen Eingriffen nicht rasch einstellt. Der anzustrebende Endzustand mit einer kolmatierten Innsohle wie im Ist-Zustand muss daher mit flankierenden Massnahmen erreicht bzw. beschleunigt werden. Die Kolmatierung wird mit örtlich begrenzten und gezielten Abdichtungsmassnahmen erreicht. Als Dichtungsmittel kommen im vorliegenden Projektkontext natürlich vorhandene Feinsedimente in Frage.
Mit den durchgeführten Baugrunduntersuchungen [13] sowie basierend auf bestehende Kenntnisse des Baugrundes in den übrigen Gebieten konnte festgestellt werden, dass in der Materialbilanz des Projektes [3] ein Überschuss an feinkörnigen Überschwemmungssedimenten vorliegt. Im Projekt ist vorgesehen, überschüssiges Feinmaterial im Abschnitt Lej da Spuondas, der linksseitigen Aufweitung oberhalb der Inn Brücke San Gian, beim Hof Manella und als Materialersatz im untersten Abschnitt zwischen der Mündung Schlatteinbach und der alten Flaz Mündung in die Gerinnesohle einzubauen oder einzuschlämmen (siehe Kapitel 9.1.3).

Bei der Modellierung des Endzustandes wurde im Inn von der kalibrierten Sohlendurchlässigkeit im Ist-Zustand ausgegangen. Diese beträgt im Projektperimeter ca. 4.0E-6m/s (vertikale Durchströmung). im Übrigen werden die Durchlässigkeiten gemäss untenstehender Tabelle resp. Beilage 6 angenommen. In der Tabelle wird der vorhandene Baugrund in den Zonen gemäss Beilage 6 beschrieben (so-

weit bekannt) und daraus die Durchlässigkeiten im oberflächennahen Untergrund (Bereich Austausch Oberflächenwasser – Grundwasserleiter) abgeleitet.

Zone / Abschnitt (gem. Beilage 6)		Schicht	k-Wert Modell (vertikal)
1	Innsohle im Abschnitt Crasta - Lej da Spuondas	kiesig-sandige Innschotter (mit Feinsediment eingeschlämmt)	4.0E-6m/s
2	Innsohle Aufweitung zwischen ARA und Brücke San Gian	kiesig-sandige Innschotter (bei Bedarf mit Feinsediment eingeschlämmt)	4.0E-6m/s
3a	Innsohle im Innbogen Hof Manella (kein Eingriff)	durch Feinsedimente kolmatierte Sohle des Inns. Die Kolmatierung wird durch die sehr geringe Strömung im Inn und den Feinstoffeintrag beim Schlatteinbach begünstigt	5.0E-7m/s
3b	Sohle neues Binnengewässer Hof Manella	kiesig-sandige Innschotter, künstlicher Sohlenaufbau mit Materialersatz: 0.5 m Überschwemmungssedimente mit Erosionsschutz. Zusätzlich durch natürlichen Feinstoffeintrag kolmatiert (analog Abschnitt Schlatteinbach - Ochsenbrücke)	5.0E-7m/s
4a	Innsohle im Abschnitt Mündung Schlatteinbach - Ochsenbrücke (kein Eingriff)	durch Feinsedimente kolmatierte Sohle des Inns. Die Kolmatierung wird durch die sehr geringe Strömung im Inn und den Feinstoffeintrag beim Schlatteinbach begünstigt	5.0E-7m/s
4b	Innsohle rechter Uferstreifen und neuer Innarm im Abschnitt Mündung Schlatteinbach - Ochsenbrücke	Mehrheitlich feinkörnige Überschwemmungssedimente. Zusätzlich natürlich kolmatiert	5.0E-7m/s
5	Sohle Lej da Spuondas	kiesig-sandige Innschotter nach Abtrag der Kolmatierung und künstlichem Eintrag von Feinsedimenten	4.0E-6m/s
6a-6e	Sohle Binnengewässer Crasta	kiesig-sandige Innschotter, je nach Unterbereich 6A-E z.T. mit Wechsellagerung Überschwemmungssedimenten (natürliche Kolmatierung, Durchlässigkeit aus Modellkalibrierung berechnet)	2.0E-4m/s - 5.0E-6m/s

Abbildung 24: Übersichtstabelle im Modell verwendete k-Werte im Endzustand
Übersichtstabelle mit im Modell verwendeten k-Werten im Endzustand gemäss Beilage 6.

9.5.2. Differenzenkarte mit Isohypsen, In-/Exfiltration von Gewässern

Auswirkungen: Differenzenkarten (Auflageprojekt gegenüber Ist-Zustand)

Hoher Grund- und Innwasserstand (Beilage 3a)
Die Berechnungen zeigen, dass im Nahbereich des abgesenkten Inns die Grundwasserspiegel im Hochstand gegenüber dem Ist-Zustand leicht abnehmen (ca. 10

bis 30 cm). Das Moor Crasta wird durch diese Abnahme folglich nicht mehr tangiert. Die Abnahme ist bedingt durch die Sohlenabsenkung im Inn und durch die damit verbundene Abnahme des Innwasserspiegels.
Im Uferbereich des Lej da Spuondas wird lokal ein Grundwasserspiegelanstieg um 10 - 40 cm erwartet. Grund dafür ist die erhöhte Durchlässigkeit gegenüber den Ist-Zustand. Der Anstieg beschränkt sich auf ein eng begrenztes Gebiet zwischen dem südlichen Talrand und der Engadinstrasse.
Im unteren Projektabschnitt zwischen dem Hof Manella und der alten Flazmündung ist grossflächig ein geringer Grundwasserspiegelanstieg von rund 10 cm erkennbar. Der Anstieg ist auf die Schaffung der zusätzlichen Wasserflächen (neuer Innarm, rechtsufrige Aufweitung) zurückzuführen. Über die vergrösserte Wasserfläche kann bei gleichbleibender Sohlendurchlässigkeit mehr Oberflächenwasser ins Grundwasser versickern. Das von oben anströmende Grundwasser wird dadurch rückgestaut. Daraus resultiert ein grossflächiger Anstieg des Grundwassers um rund 5 cm. Davon betroffen ist der nördliche Dorfteil von Celerina.

Mittlere und Tiefe Grund- und Innwasserstände (Beilagen 3b und 3c)
Bei mittleren Grundwasser- und Innwasserständen steigt der Grundwasserspiegel im südlichen Teil des Flachmoors Crasta sowie um den Lej da Spuondas um rund 5 cm. Im Gebiet Champagnatscha werden etwas grossflächigere Anstiege, ebenfalls um rund 5 cm erwartet. Vor allem im Siedlungsgebiet mit geringen Flurabständen (z.B. nördlich von Crasta, ARA Staz, Brücke San Gian) und in den übrigen Gebieten werden keine Anstiege der mittleren Grundwasserstände erwartet (Beilage 3b).
Bei tiefen Grund- und Innwasserständen steigen die Grundwasserstände im Flachmoor Crasta grossflächig um 5 – 10 cm leicht an. Zwischen dem Lej da Spuondas und der alten Flazmündung steigen die Grundwasserspiegel nun zusammenhängend um 5 - 15 cm an. Im Siedlungsbereich von Celerina beträgt der Anstieg bei Tiefstand rund 5 - 10 cm.

Der erwarteten Grundwasserspiegelanstieg für mittlere und tiefe Grund- und Innwasserstände liegt deutlich unter jenem bei Hochstand im Ist-Zustand (Abbildungen 14-16).

9.5.3. Flurabstandskarte hoher Grundwasserstand (Beilage 3d)

Bei hohen Grund- und Innwasserständen bleiben die geringen Flurabstände von 0 – 1 m im Flachmoor Crasta grossflächig erhalten. An der Oberfläche sichtbare Vernässungen werden nach wie vor existieren. Ihre Anzahl und Ausdehnung wird im Endzustand gegenüber dem Ist-Zustand nicht verändert (dunkelblaue Flächen in Beilage 3d). Im Gebiet ARA Staz bis zur Brücke San Gian sind auf der Flurabstandskarte im Endzustand gegenüber dem Ist-Zustand kleinräumige und geringfügige Abnahmen der Flurabstände zu erwarten. Die kleinsten Flurabstände von rund 0.5 m werden im Gebiet Abwasserpumpwerk der ARA Staz und beidseitig des Inns im Bereich der linksufrigen Innaufweitung erwartet. Dort sind bei sehr hohen Inn- und Grundwasserspiegeln kurzfristig lokale Vernässungen möglich.
Unterhalb der Brücke San Gian werden geringe Flurabstände links und rechtseitig des Inns bis zur alten Flazmündung erwartet. Im den Gebieten Hof Manella (bei der Messstelle 27) und Champagnatscha im Mündungsbereich der bestehenden Binnengewässer werden vernässte Flächen gegenüber dem Ist-Zustand etwas vermehrt auftreten. Die über kurze Zeit auftretenden Vernässungen beschränken auf einen schmalen Uferstreifen entlang des Inns und des Mündungsbereichs der

bestehenden Binnengewässer. Bei Grundwasserhochstand sind diese Bereiche bereits heute in vergleichbarem Ausmass vernässt. In den übrigen Gebieten zwischen Hof Manella und der alten Flazmündung werden an der Terrainoberfläche keine Vernässungen erwartet.

9.5.4. Fazit: Endzustand

Im Endzustand ist gegenüber dem Ist-Zustand im nördlichen Dorfteil von Celerina noch ein geringer Anstieg der Grundwasserspiegel um 5 - 10 cm zu erwarten. Im Flachmoor Crasta bleiben die Grundwasserspiegel bei hohen Grundwasserständen stabil. Die mittleren Grundwasserspiegel bleiben gegenüber dem Ist-Zustand – abgesehen von Gebiet Champagnatscha – grossräumig unverändert stabil. Im Gebiet Champagnatscha steigt der mittlere Grundwasserspiegel um rund 5 cm. Bei tiefen Grundwasserspiegeln sind im gesamten Projektperimeter moderate Grundwasserspiegelanstiege um 0 - 15 cm feststellbar.
Gegenüber dem Ist-Zustand werden im Grundwasserhochstand kaum stärkere Vernässungen erwartet. Die maximalen Stände sind von sehr kurzer Dauer (wenige Tage im Jahr). Aufgrund dieser kurzzeitigen Anstiege sind gegenüber dem Ist- Zustand keine Gefährdungen von Gebäuden oder deutliche Wertverminderungen von landwirtschaftlichen Nutzflächen zu erwarten. Die moderaten Grundwasserspiegelanstiege bei mittleren und tiefen Grundwasserständen haben keine Auswirkungen auf den Flurabstand und sind daher für die Gefährdung von Kulturland oder Gebäude voraussichtlich nicht relevant.
Die im Bauzustand unerwünschten Grundwasserspiegelanstiege bei hohen Grund- und Innwasserspiegeln können im Endzustand unter der Annahme einer sich einstellenden Kolmatierung der Innsohle verhindert werden. Effektiv wird dieser Zustand wegen des praktisch fehlenden Feinstoffgehalts im Inn mittels flankierender Massnahmen künstlich herbeigeführt.

9.6. C4: Unterhalt Binnenkanäle bei Crasta

Im Rahmen der Betreuung der Messstellen im Gebiet Crasta wurde festgestellt, dass die vorhandenen Binnengewässer resp. Kanäle z.T. durch Verkrautung stark zugewachsen sind. Wegen der Verkrautung befinden sich die Kanäle oft im Einstau, was zu einer Abnahme der Fliessgeschwindigkeit und zu einer zunehmenden Kolmatierung der Gewässersohle durch Feinsedimentablagerungen geführt hat. Die kolmatierten Kanäle können ihre ursprüngliche Drainagefunktion nicht mehr erfüllen. Als flankierende und weiterführende Massnahme zur Vermeidung von unerwünschten Grundwasserspiegeln im Gebiet Crasta und den angrenzenden Bauzonen wurde die Wirksamkeit von einem Unterhalt des Ova da Brattas zwischen Pz3 und PB4 untersucht (Beilage 4).

9.6.1. Berechnungsannahmen

Für die Untersuchung wurden dieselben Sohlendurchlässigkeiten der Fliessgewässer wie im Bauzustand verwendet (siehe Tabelle in Abbildung 17). Im oben genannten Abschnitt zwischen Pz3 und PB4 des Ova da Brattas wurde die Sohlendurchlässigkeit jedoch auf 1.0E-3m/s erhöht. Der Anstieg der Sohlendurchlässigkeit wird durch die Entfernung der Verkrautung und den Abtrag der Feinsedi-

mente im Bereich der Gewässersohle erreicht. Die Wasserspiegellage im Ova da Brattas wurden für die Berechnung nicht verändert.

9.6.2. Differenzenkarte mit Isohypsen, In-/Exfiltration von Gewässern

Auswirkungen: Differenzenkarten (Auflageprojekt gegenüber Ist-Zustand)

Hoher Grund- und Innwasserstand (Beilage 4a)
Die Modellierung zeigt, dass ein Unterhalt des Ova da Brattas gegenüber dem Ist-Zustand zu einer Absenkung der Grundwasserhochstände um rund 5 - 25 cm führt. Die an das Moor angrenzenden Liegenschaften könnten mit dieser Massnahme im Bedarfsfall von unerwünschten und zusätzlichen Vernässungen gegenüber dem Ist-Zustand geschützt werden. Die Massnahme steht jedoch womöglich im Zielkonflikt mit einer geplanten Aufwertung des Moores.

Mittlere und Tiefe Grund- und Innwasserstände (Beilage 4b und c).
Die mittleren und tiefen Grundwasserstände werden durch diese Massnahme nicht weiter abgesenkt. Gegenüber dem Ist-Zustand wird ein Anstieg der mittleren und tieferen Grundwasserstände um 0 - 30 cm erwartet. Dies betrifft vor allem das Gebiet südlich des Flachmoores zum Inn hin und in geringerem Ausmass die überbauten Gebiete westlich des Flachmoores.

9.6.3. Flurabstandskarte hoher Grundwasserstand (Beilage 4d)

Gegenüber dem Ist-, Bau- und Endzustand werden mit dieser Massnahme bei Grundwasserhochstand die Flurabstände im Bereich Moor Crasta zunehmen. Hier werden deutlich weniger Vernässungen erwartet.

9.6.4. Fazit: Bauzustand mit Unterhalt Binnenkanal Crasta

Mit dem Unterhalt des Binnenkanals Crasta kann im Bauzustand bei hohen Grund- und Innwasserständen im Gebiet Crasta sowie den angrenzenden Siedlungsflächen eine deutliche Absenkung der Grundwasserhochstände erreicht werden. Die Massnahme kann im Bedarfsfall auch auf weitere Binnenkanäle ausgedehnt werden (nicht untersucht). Solange in den überbauten Gebieten jedoch keine unerwünschten Grundwasserspiegelanstiege und keine zusätzlichen Vernässungen in Untergeschossen auftreten, empfehlen wir, von dieser Massnahme vorerst abzusehen, weil damit verbunden auch eine Abnahme der Grundwasserhochstände im Flachmoor erwartet wird.

10. Auswirkung der Grundwasserspiegeländerungen auf Siedlungsgebiete und sensible Bauten

10.1. Ausgangslage und Untersuchungskriterien

Im Gebiet östlich der Via Maistra im alten Dorfkern sowie am Inn bei der Brücke San Gian befinden sich historische Bauten, Hotels und Überbauungen mit Einstellhallen welche z.T. knapp über und z.T. unter dem Grundwasserspiegel fundiert wurden. Weiter befindet sich der Uferbereich entlang dem Inn gemäss Gefahrenkarte des Kantons Graubünden in der Gefahrenzone gelb und blau bezüglich Hochwasser im Inn. Insbesondere im Gebiet südlich der Brücke San Gian reicht die Gefahrenzone z.T. bis in den alten Dorfkern hinein.

Aufgrund der hohen Dichte an sensiblen Bauten wurden ausgewählte Bauten im erweiterten Dorfkern zur Untersuchung vorgeschlagen. Als sensible Bauten wurden:

- Gebäude mit im oder nahe am Grundwasser liegenden Untergeschossen, Keller- oder Erdgeschossen oder grossen Einstellhallen sowie
- alte oder historische Gebäude mit wasserdurchlässigem Mauerwerk im Bereich des Grundwassers definiert

10.2. Durchgeführte Arbeiten

10.2.1. Gebäudeaufnahmen und Kotenplan

Die Lage der ausgewählten Erd-, Keller- oder Untergeschosse wurden durch die Firma AF Toscano AG vermessen [2]. Die Dokumentation beinhaltet einen Plan mit der Kote der Erd-, Keller-, oder Untergeschosse (= Gebäudekoten) und soweit bekannt oder zum Zeitpunkt der Aufnahmen erkennbar Angaben zur Bauart, dem Alter und sichtbaren Schäden. Die vermessene Kote bezieht sich auf OK Bodenplatte. Der Zustand der Bodenplatten konnte nicht bzw. nur grob beurteilt werden. Die Lage UK Bodenplatte ist unbekannt. Der Bauzustand der Untergeschosse wurde in der Beilage **15** kategorisiert und in einer Karte mit der Lage der Grundwasserstände im Ist- und Bauzustand dargestellt. Braun dargestellt sind Altbauten (Annahme: undichte Untergeschosse), orange dargestellt sind ältere Neubauten (Annahme: teils nur mässig dicht gebaut, teils evtl. mit Sanierungsbedarf) und grün dargestellt sind jüngere Neubauten (Annahme: dichte Bauweise).

10.2.2. Abstand Gebäudekoten zum Grundwasser

Basierend auf den vermessenen Gebäudekoten wurden mit den Grundwasserständen in den verschiedenen Zuständen verglichen. Daraus wurden anschliessend die Abstände zwischen den Gebäuden und dem Grundwasser in den jeweiligen Zuständen abgeleitet und in Beilage 16 in dargestellt. Zur Beurteilung ob ein Gebäude nur sehr kurzfristig oder permanent unter dem Grundwasserspiegel liegt, wurden die aufgenommenen Koten mit den hohen als auch mit den mittleren Grundwasserspiegeln verglichen. Die Karten in der Beilage 16 zeigen daher jeweils die Abstände zum hohen Grundwasserspiegel (Punkte) und zum mittleren Grundwasserspiegel (Quadrate).

Die Abstände der Gebäude zum Grundwasser wurden in den Kartenbeilagen wie folgt klassiert:

Klassierung Abstand zum Grundwasser Hochstand (als Punkte dargestellt)

Abstand [m]	Relevanz / Bezug zum Grundwasser
-2.2 - -0.3	Bodenplatte liegt über mehrere Wochen - Monate oder permanent unter dem Grundwasserspiegel
-0.3 – 0	Bodenplatte liegt an wenigen Tagen – Wochen unter dem Grundwasserspiegel
0 – 0.2	Bodenplatte liegt an wenigen Tagen im Schwankungsbereich oder knapp über dem Grundwasserspiegel
0.2 – 0.5	Bodenplatte liegt immer wenig über dem Grundwasserspiegel
'> 0.5 m	Bodenplatte liegt immer deutlich über dem Grundwasserspiegel

* positive Abstände = OK Bodenplatte liegt über dem hohen Grundwasserspiegel
** negative Abstände = OK Bodenplatte liegt unter dem hohen Grundwasserspiegel

Klassierung Abstand zum Grundwasser Mittelstand (als Quadrate dargestellt)

Abstand [m]	Relevanz / Bezug zum Grundwasser
-1.4 - -0.0	Bodenplatt liegt über mehrere Monate (von der Schneeschmelze – Späthebst) oder permanent unter dem Grundwasserspiegel
0 – 0.2	Bodenplatte liegt jährlich über mehrere Wochen bis Monate (von der Schneeschmelze – Späthebst) unter dem Grundwasserspiegel
0.2 – 0.5	Bodenplatte liegt immer wenig über dem Grundwasserspiegel
'> 0.5 m	Bodenplatte liegt deutlich über dem mittleren Grundwasserspiegel und folglich an wenigen Tagen bis Wochen unter dem Grundwasserspiegel

* positive Abstände = OK Bodenplatte liegt über dem mittleren Grundwasserspiegel
** negative Abstände = OK Bodenplatte liegt unter dem mittleren Grundwasserspiegel

In der Tabelle in der Beilage 16.4 sind die Abstände der Gebäude zum Grundwasser in den verschiedenen Zuständen zusätzlich noch mit den Resultaten der Gebäudeaufnahmen gegenübergestellt worden. Veränderungen der Grundwasserstände gegenüber der OK Bodenplatte sind dort anhand der unterschiedlichen Farben rasch erkennbar.

10.3. Resultate und Beurteilung

10.3.1. Abstand der Gebäude zum Grundwasser im Ist-, Bau und Endzustand

Aus den Beilage 16.1 – 16.3 (Kartenbeilagen) und 16.4 (Tabellen) ist ersichtlich, dass:

- Die neueren Bauten und Einstellhallen deutlich unter dem mittleren Grundwasserspiegel fundiert wurden (Parz. 202 Chesa Talvoin, 215 Chesa Ronchi, 216 Hotel Rosatsch, 231 STWEG Einstellhalle San Gian, 566 Chesa Bellaval, 688 Keller Chesa Pradatsch Suot 1-3 und 762 Pradatsch Suot). Der Abstand zum hohen und mittleren Grundwasserspiegel ist daher in jedem Zustand (Ist-, End-, und Bauzustand) negativ und entsprechenden in grauer Farbe dargestellt. Die entsprechenden Bauten befinden sich ganz-

jährig oder z.T. mit Ausnahme von Phasen mit Grundwasser Tiefständen (im Spätwinter) unter dem Grundwasserspiegel.

- Ein Teil der neueren Bauten und Einstellhallen wurde knapp über dem mittleren Grundwasserspiegel fundiert (Parz. 227 Chesa Sonne Einstellhalle / Keller, 648 Chesa Christina Öltank und 688 Chesa Pradatsch Suot 1-3 Einstellhalle). Die Bauten befinden sich bei Grundwasser Hochständen sowohl im Ist-, End-, und Bauzustand deutlich unter dem Grundwasserspiegel (an mehreren Tagen bis Wochen pro Jahr zutreffend). Die Bauten liegen im Ist-, End-, und Bauzustand knapp (Parz. 227 Chesa Sonne 32-B Tiefgarage), wenig (Parz. 227 Chesa Sonne 32-A Keller und 648 Chesa Christina Öltank) bis deutlich (Parz. 688 Chesa Pradatsch Suot 1-3 Einstellhalle) über dem mittleren Grundwasserspiegel. Daher befinden sich die Bauten zumindest in den Wintermonaten bis zur Schneeschmelze über dem Wasserspiegel.
- Die untersuchten historischen Altbauten und erneuerten Bauten wurden knapp oder nur wenig über den hohen Grundwasserspiegel errichtet (Parz. 197 Chesa Peidra, 203 Chesa Gianzun, 207 Chesa Veglia, 648 Chesa Christina Erdgeschoss / Naturkeller, 694 Chesa Curtin San Gian Einstellhalle). Im Bauzustand sind die Abstände zum Grundwasser Hochstand z.T. sehr gering bzw. liegt das Grundwasser im Falle von Parz. 227 Chesa Veglia auf der Kote OK Bodenplatte.
- Die OK Bodenplatte des Kellers der Chesa Ruinelli (Parz. 206) und des Gewölbekeller des Haus Sonne (Parz. 227) befinden sich heute bereits unter der Kote des Grundwasser Hochstandes. Die Bauten stehen daher sowohl im Ist-, End-, und Bauzustand an wenigen Tagen im Jahr (Chesa Ruinelli) bzw. an einigen Tage bis wenigen Wochen im Jahr (Gewölbekeller Chesa Sonne) unter dem Grundwasserspiegel. In der Chesa Ruinelli wurde zum Abpumpen des Wassers im Keller eine Tauchpumpe mit Schwimmer in einem eigens erstellten Schacht installiert. Im Bau- und Endzustand wird der Grundwasser Hochstand noch ein wenig über dem heutigen Niveau liegen.
- Die historischen Gebäude Parz. 202 Chesa Griot und 205 Chesa Monsch wurden deutlich (> 0.75 m resp. 0.85) über dem Grundwasser Hochstand fundiert. Die Kellergeschosse liegen in sämtlichen Zuständen (Ist-, End-, und Bauzustand) immer deutlich über dem Grundwasserspiegel.

10.3.2. Beurteilung

Die im allgemeinen geringen Anstiege der Grundwasser Hochstände um rund 5 cm (im Endzustand) und rund 15 cm (im Bauzustand) haben v.a. dort Auswirkungen auf den Zustand der Erd-, Unter-, oder Kellergeschosse wo die OK Bodenplatte knapp über oder unter dem Grundwasserspiegel liegt. Dies ist bei den folgenden Gebäuden der Fall:

- Chesa Peidra, ref. Pfarramt, Parz. 197, Kote 1712.40 m
- Chesa Gianzun, Parz. 203, Kote 1712.27 m
- Casa Ruinelli, Parz. 206, Kote 1711.84 m
- Chesa Veglia, Parz. 207, Kote 1712.1 m
- Chesa Sonne 32, Parz. 227, Kote 1711.75 m
- Chesa Christina, Parz. 648, Kote 1712.27 m

Gebäude, welche bisher knapp oder nur wenig über dem Grundwasser fundiert wurden, befinden sich im Bau- und Endzustand im an sehr wenigen Tagen im Jahr oder sehr selten in nassen Jahren im Grundwasser. Gebäude welche knapp unter dem Grundwasserspiegel fundiert wurden und bisher nur an wenigen Tagen z.B. feucht oder nass im Keller waren werden häufiger oder länger andauernd feucht oder vereinzelt auch nass sein.

Schäden an der Bausubstanz werden aufgrund der geringen Grundwasserspiegeländerungen nicht erwartet. Es werden daher keine Setzungen infolge Grundwasserspiegelabsenkungen oder Schäden infolge Auftriebs durch lange andauernde und starke Grundwasserspiegelanstiege erwartet.

Gebäude, welche bereits im Ist- Zustand mehrheitlich im bzw. unter dem Grundwasserspiegel fundiert sind, werden durch die zu erwartenden Grundwasserspiegelanstiege im Bau- und Endzustand nicht beeinträchtigt. Dies gilt ebenso für Gebäude, welche deutlich über dem Grundwasser fundiert wurden.

11. Spezifische Fragestellungen

11.1. Auswirkungen der Revitalisierungen Inn auf das Grundwasser im Pumpwerk Champagnatscha

11.1.1. Auswirkungen auf die Quantität des Grundwassers

Als Folge der Baueingriffe im unteren Projektabschnitt wird im Gebiet Champagnatscha für die Szenarien B1 Bauzustand sowie B2 Endzustand ein unterschiedlich starker Grundwasserspiegelanstieg erwartet. Als Folge des Grundwasserspiegelanstieges nimmt die gesamte Grundwassermächtigkeit tendenziell leicht zu. Die Zunahme ist jedoch in Bezug auf die verfügbare Wassermenge im Untergrund vernachlässigbar und im Pumpwerk kaum feststellbar.
Als Beispiel rechnen wir im Bauzustand mit einem maximalen Wasserspiegelanstieg um 30 cm (bei tiefem Grundwasserstand) im Vergleich zu einer vorhandenen Wassersäule in gut durchlässigen Kiesen und Sanden von rund 30 m.

11.1.2. Auswirkungen auf die Qualität des Grundwassers

Als Folge des erwarteten Grundwasserspiegelanstiegs im Gebiet Champagnatscha sinkt der Strömungsgradient in Anstromrichtung des gleichnamigen Pumpwerks. Folglich wird der Zustrom von Grundwasser zum Pumpwerk verlangsamt. Allfällige Verschmutzungen im Oberflächenwasser des Inns, welche im Anstrom des Pumpwerkes ins Grundwasser infiltrieren, benötigen gegenüber dem Ist-Zustand länger, um in die Fassung zu gelangen. Dieser Effekt ist im Pumpbetrieb jedoch verschwindend klein und nicht relevant.

Starke Anstiege des Grundwassers und andauernde Vernässungen bis an die Terrainoberfläche sind im Gebiet Champagnatscha und in der Schutzzone S3 des Pumpwerkes nicht zulässig. Gesättigter Boden hat im Vergleich zu einer ungesättigten Bodenschicht deutlich weniger Schutzwirkung (höhere Vulnerabilität). Verschmutzungen an der Oberfläche können über die gesättigte Bodenschicht rasch

direkt ins Grundwasser gelangen. Andauernde Vernässungen aufgrund starker Grundwasserspiegelanstieg werden nicht erwartet.

Die flussbaulichen Massnahmen im Abschnitt unterhalb des Hofs Manella und oberhalb der Alten Flazmündung erfolgen im Inn in Bezug im Abstrom des Pumpwerks. Eine rasche Infiltration von allfällig verschmutztem Oberflächenwasser ins Grundwasser und ins Pumpwerk (z.B. durch einen Havariefall infolge Bauarbeiten im Fluss) ist wenig wahrscheinlich.

11.1.3. Massnahmen in Bezug auf den Schutz des Grundwassers

Die baulichen Eingriffe beim Innarm bei Champagnatscha erfolgen in der Schutzzone S3 des Pumpwerkes. Flussbauliche Eingriffe in der Schutzzone S3 können durch die Behörden fallweise bewilligt werden.
Während der Bauarbeiten gelten die Weisungen gemäss Merkblatt für Arbeiten in Schutzzonen S1-S3 des kantonalen Amts für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden.

11.1.4. Massnahmen bei Aushub von verschmutztem Untergrund

Die Altablagerungen der Deponie Manella werden durch die Baumassnahmen nicht tangiert. Sollte im Rahmen der flussbaulichen Massnahmen wieder der Erwartung verschmutzter Untergrund angetroffen werden, ist dieser VVEA-konform zu verwerten oder zu entsorgen. Ein Kontakt von verschmutztem Aushub mit dem Oberflächengewässer ist mittels geeignetem Bauverfahren möglichst zu vermeiden.

11.2. Schutz oder Aufwertung des Flachmoores Crasta

Im Rahmen der Auflageprojektierung konnte die leichte Absenkung des Grundwasserspiegels im Endzustand im Bereich des Flachmoors Crasta reduziert werden. Als Folge davon werden keine wesentlichen Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand und keine negativen Auswirkungen auf das Flachmoor erwartet.

Eine Ausdehnung des Flachmoores wäre mit dem Einbau einer Schwelle im Unterlauf des Ova da Brattas möglich. Diese Massnahme muss kritisch überprüft werden, da bei einem deutlichen Anstieg des Grundwasserspiegels im Gebiet des Flachmoores auch mit einem Anstieg des Grundwasserspiegels in den umliegenden Siedlungsgebieten zu rechnen ist. In diesem Fall ist eine Interessensabwägung zwischen einer Aufwertung des Flachmoores und dem Schutz der umliegenden Gebäude nötig.

Die Auswirkungen von Eingriffen wie der Unterhalt von weiteren Binnengewässern sowie der Einbau einer allfälligen Schwelle in den Binnengewässern Ova da Brattas oder Foss da Mulin auf das Grundwasser müssen in der Ausführungsprojektierung mit dem Modell untersucht werden. In der Ausführung müssen die Auswirkungen mittels Grundwasserspiegelmessungen und evtl. Abflussmessungen überwacht werden (siehe Kapitel 12.2 Monitoring).

12. Weiterführende Massnahmen

12.1. Hydrogeologische Begleitung und begleitende Sondierungen der Baugrundverhältnisse im unteren Projektperimeter

Kiesige Linsen mit hoher Durchlässigkeit hätten im untersten Projektabschnitt im Gebiet Champagnatscha eine starke Infiltration vom Inn ins GW und unerwünschte Grundwasserspiegelanstiege zur Folge.
Die genaue Lage des geplanten Innarms kann im Rahmen der Ausführung noch innerhalb des ausgeschiedenen Gewässerraumes angepasst werden.
Wir empfehlen die durchgeführten Sondierungen im Bereich des geplanten Innarms im Rahmen der Ausführung noch zu verdichten. Sollten unerwünschte, hoch durchlässige Schichten auf Sohlenniveau des geplanten Gewässers angetroffen werden, werden diese durch eine Verlegung des Gewässers umgangen oder mittels Materialersatz mit feinkörnigen Überschwemmungssedimenten abgedichtet. Für die Sondierungen empfehlen wir Baggerschlitze. Die Arbeiten sollten insbesondere in diesem Abschnitt in jedem Fall hydrogeologisch begleitet werden.

12.2. Monitoring

12.2.1. Monitoring Grundwasser

Die Auswirkungen der flussbaulichen Eingriffe sollten mit einem geeigneten Grundwassermonitoring überwacht werden (Beilage 17). Das Monitoring sollte in der Bauphase und im Sinne einer langjährigen Erfolgskontrolle auch nach Abschluss der Bauarbeiten weitergeführt werden.

Ein Vorschlag für das Grundwassermonitoring beinhaltet die folgenden Messstellen:

Bezeichnung	Bemerkungen	Zweck / Ziel
PZ3	Überstandrohr abgebrochen, noch bestehend (?)	Überwachung Flachmoor Crasta, Infiltration vom Inn ins GW
PZ6	Bestehend, Standrohr	Überwachung Flachmoor Crasta
PZ15	Überstandrohr abgebrochen, noch bestehend (?)	Überwachung Grundwasser und Baueingriff Gebiet Inn / Lej da Spuondas
PZ27	Bestehend, Standrohr	Überwachung Grundwasser und Baueingriff Gebiet Hof Manella
PZ29	Bestehend, Standrohr	Überwachung Grundwasser und Baueingriff Gebiet Ochsenbrücke
PZ100	Neues Piezometer	Überwachung Grundwasser historischer Dorfteil Gebiet Inn Brücke San Gian
PZ101	Evtl. neues Piezometer	Überwachung Grundwasserspiegel Gebiet Abwasserpumpwerk (Bauzone und LWL mit geringem Flurabstand)

PZ102	Neues Piezometer	Überwachung Grundwasser und Baueingriff Aufweitung Innarme und Pumpwerk Champagnatscha (Mündung Schlatteinbach – Ochsenbrücke)
Chesa Peidra	Schacht	GW-Messung im Kellergeschoss
Chesa Ruinelli	Schacht	GW-Messung im Kellergeschoss

Bei den Piezometern Pz100 – Pz102 handelt es sich um Vorschläge für neue Messstellen. Mit dem Ausbau mit einem 4.5'' Piezometer besteht die Möglichkeit zur Durchführung eines Pumpversuches und Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeit (k-Wert) im Untergrund.
Die restlichen Piezometer sind bestehend und müssen nur neu bestückt werden.
In den Gebäuden mit bestehenden Pumpenschächten können die Messgeräte evtl. ohne weitere Massnahmen installiert werden.

12.2.2. Monitoring Binnengewässer

Wir empfehlen die Abflüsse in den Binnengewässern im Gebiet Crasta an geeigneten Stellen zu überwachen. Zur Messung des Gesamtabflusses aus dem Gebiet Crasta sehen wir den Standort unterhalb des Zusammenflusses der beiden Binnenkanäle (Messtelle A1). Zur Überprüfung der Auswirkungen der Revitalisierungsmassnahmen am Inn auf den Brattas Kanal eignet sich ein Standort unmittelbar oberhalb des Zusammenflusses (Messstelle A2).

12.2.3. Gebäudemonitoring und Beweissicherung

Wie stark sich ein Grundwasserspiegelanstieg im Bauzustand (ohne flankierende Massnahmen) auf die sensiblen Siedlungsflächen im erweiterten Uferbereich des Inns auswirken, ist massgeblich vom Zustand der Gebäude abhängig (Bauzustand und Niveau von Untergeschossen). Hauptaugenmerk des Monitorings sollte auf ältere oder historische Gebäude sowie ältere Tiefgaragen und Untergeschosse fallen. Dies betrifft insbesondere die Gebäude im Gebiet des historischen Dorfkerns bei der Inn Brücke San Gian. Der Zustand dieser Gebäude sollte für die Beweissicherung in einer amtlich beglaubigten Bestandesaufnahme der Keller- und Untergeschosse dokumentiert werden.

Aus den oben genannten Gründen werden folgende Bauten zur Überwachung empfohlen (siehe Situation in der Beilage 16):

- Casa Ruinelli, Parz. 206, Kote 1711.84 m, roter Punkt
- Chesa Peidra, ref. Pfarramt, Parz. 197, Kote 1712.4 m, gelber Punkt
- Chesa Veglia, Parz. 207, Kote 1712.1 m, oranger Punkt
- Chesa Cristina, Parz. 648, Kote 1711.5 resp. 1712.3, roter Punkt
- Haus Sonne, Parz. 227, Gewölbekeller Kote 1711.75 roter Punkt

Innerhalb der Chesa Ruinelli und der Chesa Peidra besteht voraussichtlich die Möglichkeit einer Überwachung der Grundwasserstände in bestehenden Pumpenschächten (vgl. Tabelle oben). Wir empfehlen diese Messungen im Rahmen der amtlich beglaubigten Bestandesaufnahme möglichst früh in der Ausführungsprojektierung durchzuführen. Damit können allfällige Einschätzungen der Grundeigen-

tümer überprüft und die gemessenen Grundwasserspiegel auch rechtzeitig zur Modellüberprüfung verwendet werden.

12.3. Lokale Wasserhaltungsmassnahmen

Wenige Bauten verfügen bereits über einen Schacht zum Abpumpen von Wasser im Keller (z.B. Chesa Ruinelli). Die Schächte werden zum Absenken von kurzfristig eindringendem Grundwasser (bei seltenen Hochständen) oder Oberflächenwasser (bei Hochwasser im Inn) verwendet. Aufgrund der hohen Durchlässigkeit im Untergrund wird bei hohen Grundwasserständen eine massgebliche und dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels nicht möglich sein. Die Massnahme kann folglich nur als kurzfristige Notlösung betrachtet werden und funktioniert nur in Fällen, wo die Erd- oder Kellergeschosse nur knapp über oder unter dem Grundwasser Hochstand liegen und bereits auf verdichtetem oder abgedichtetem Untergrund stehen.

Sachbearbeitung:
Peter Wille, dipl. Natw. ETH
Michael Ballmer dipl. Bauing. ETH
Peter Berchtold, dipl. Geologe, NDS Siedlungwasserbau EAWAG

Chur, 11.08.2020
Sieber Cassina + Handke AG

Peter Berchtold

Peter Wille

Zürich, 11.08.2020
TK CONSULT AG

Steffen Corbe

Michael Ballmer

785000 785500 786000 786500 787000

155000 154500 154000 153500

36OE 37C 29 PW_Samedan Catram 28B 27 28A 30 28 PZ12 PZ15 PB3 PZ6 PZ1 PB5 PB7 25 PZ2 PB4 PB6 PZ8 PZ18 PZ3 PB2 PB1

1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721

Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Istzustand (Szenario A)
Hoher Grundwasserspiegel

Beilage 1a

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

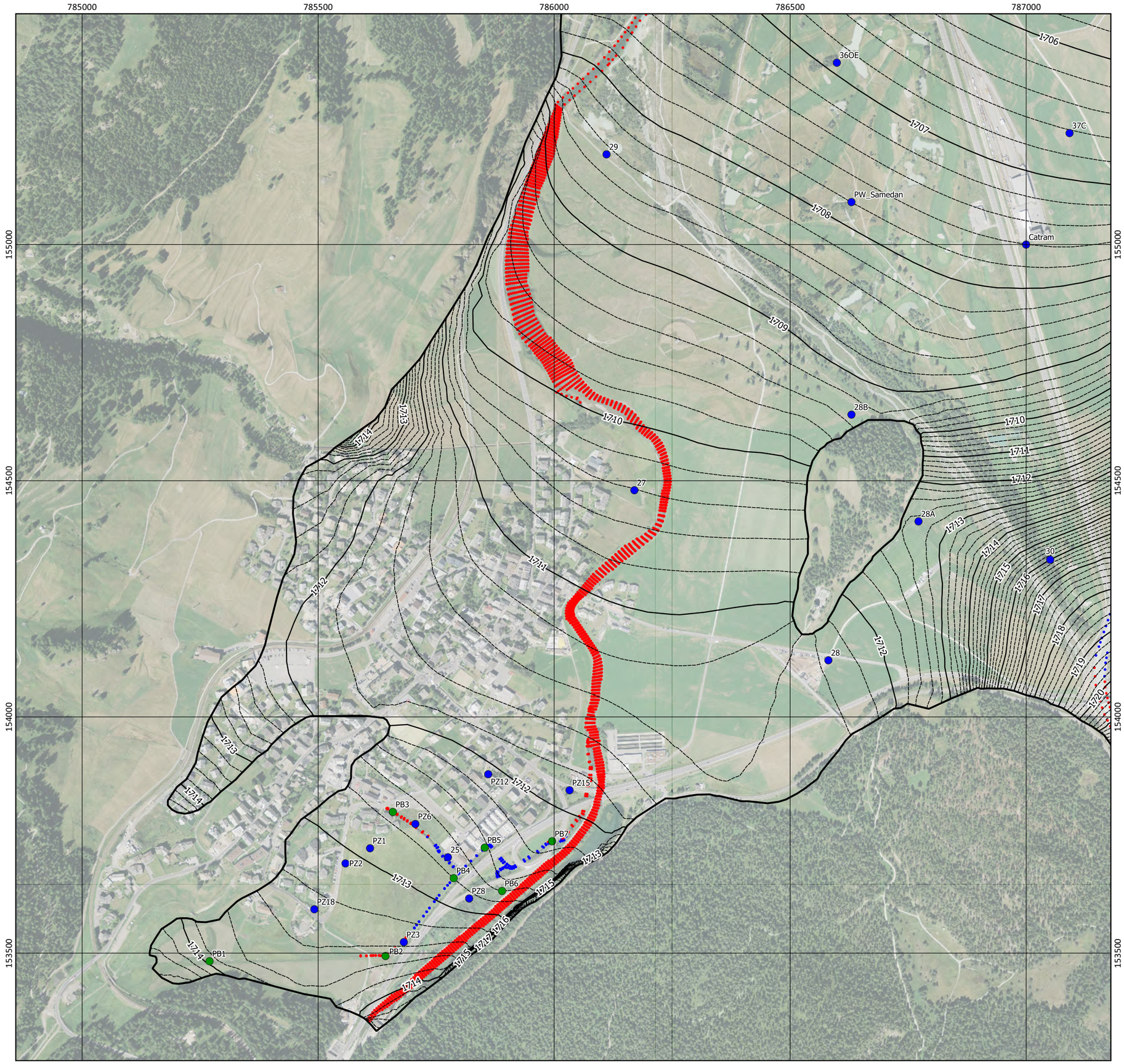
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur
SC+H



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Istzustand (Szenario A)
Mittlerer Grundwasserspiegel

Beilage 1b

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

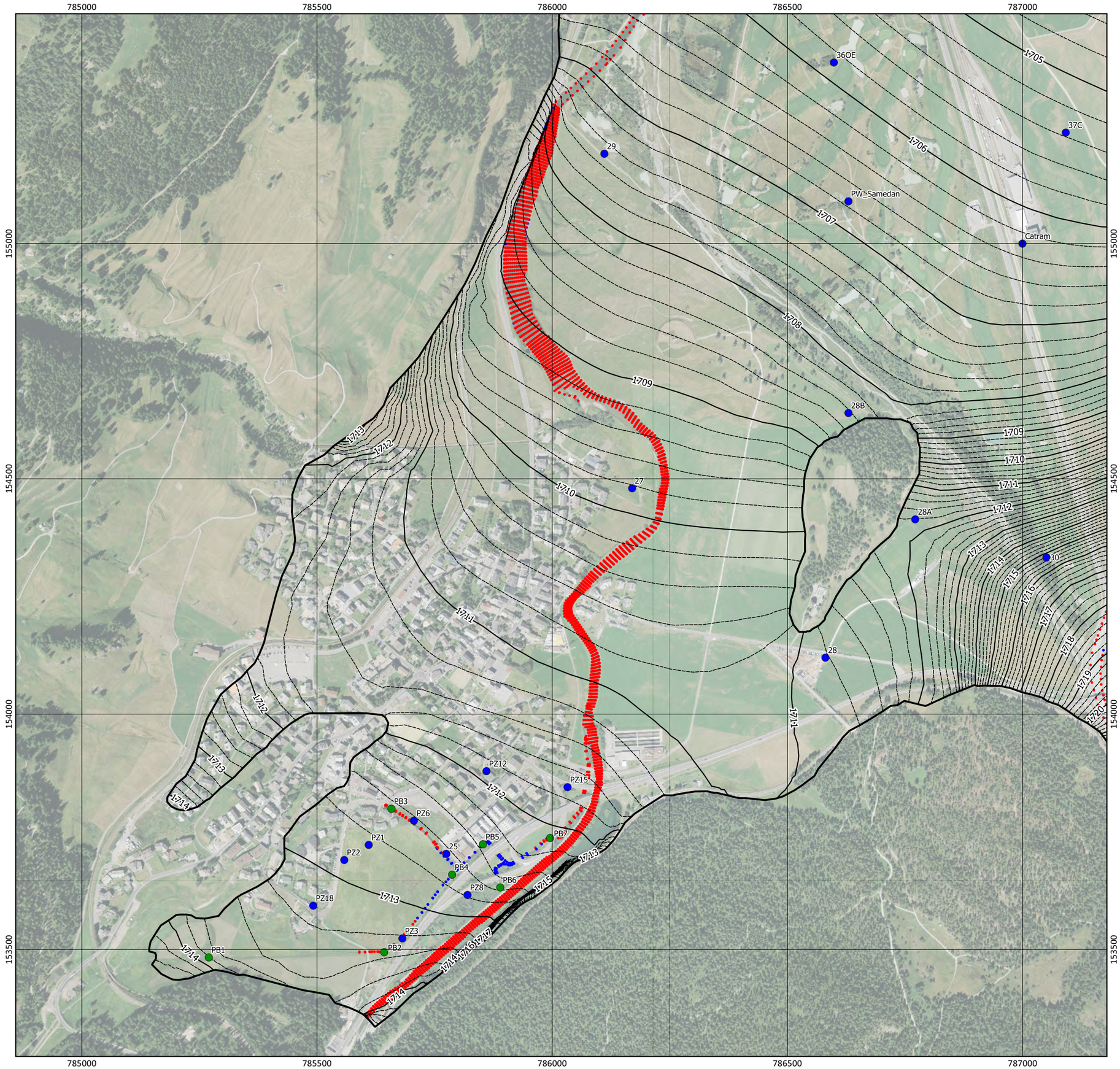
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Istzustand (Szenario A)
Tiefer Grundwasserspiegel

Beilage 1c

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

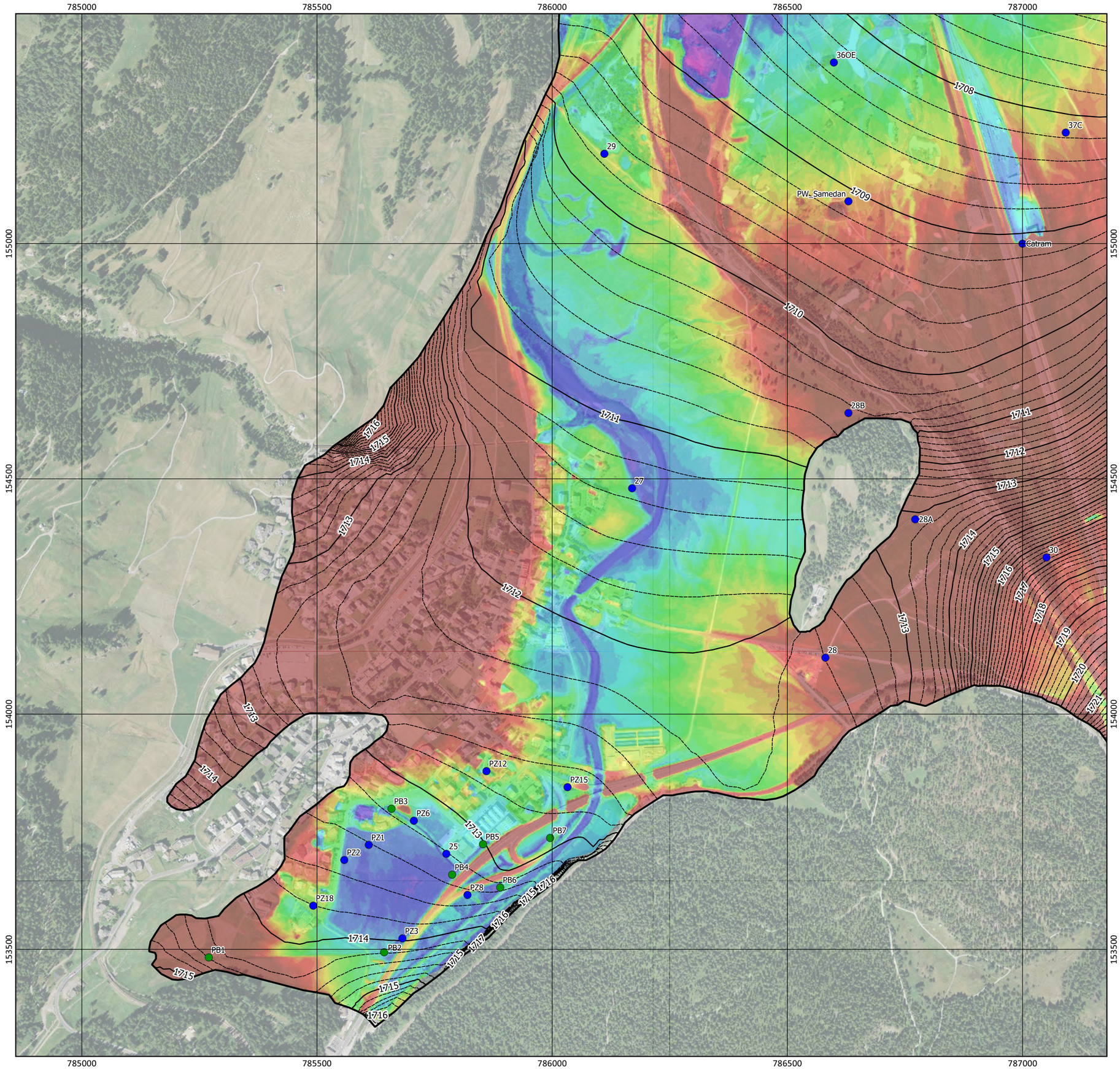
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Istzustand (Szenario A)
Minimaler Flurabstand (Hoher GWSp)

Beilage 1d

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Flurabstand [m]

- -1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

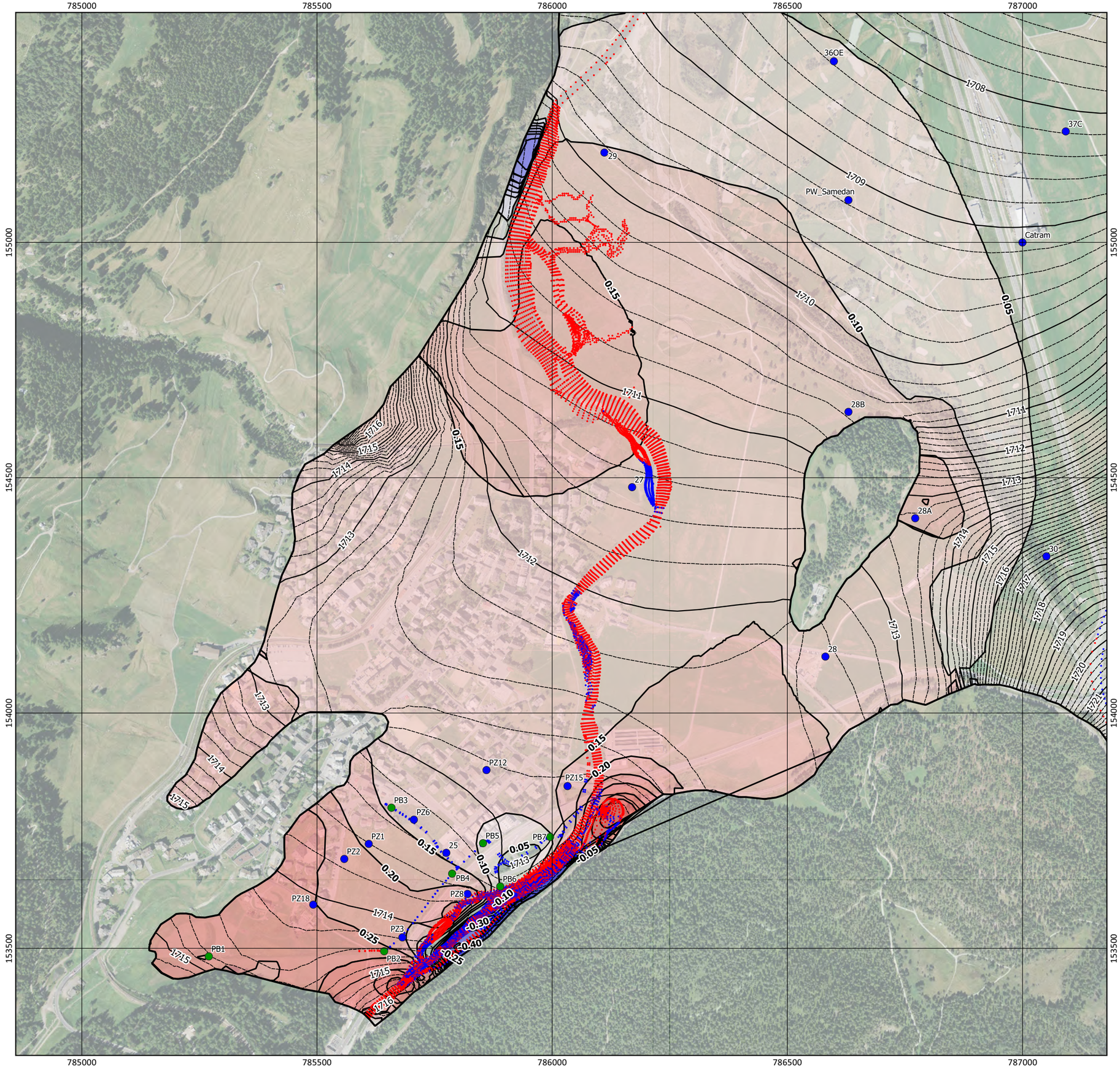
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur
SCH



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand (Szenario B1)
Hoher Grundwasserspiegel

Beilage 2a

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

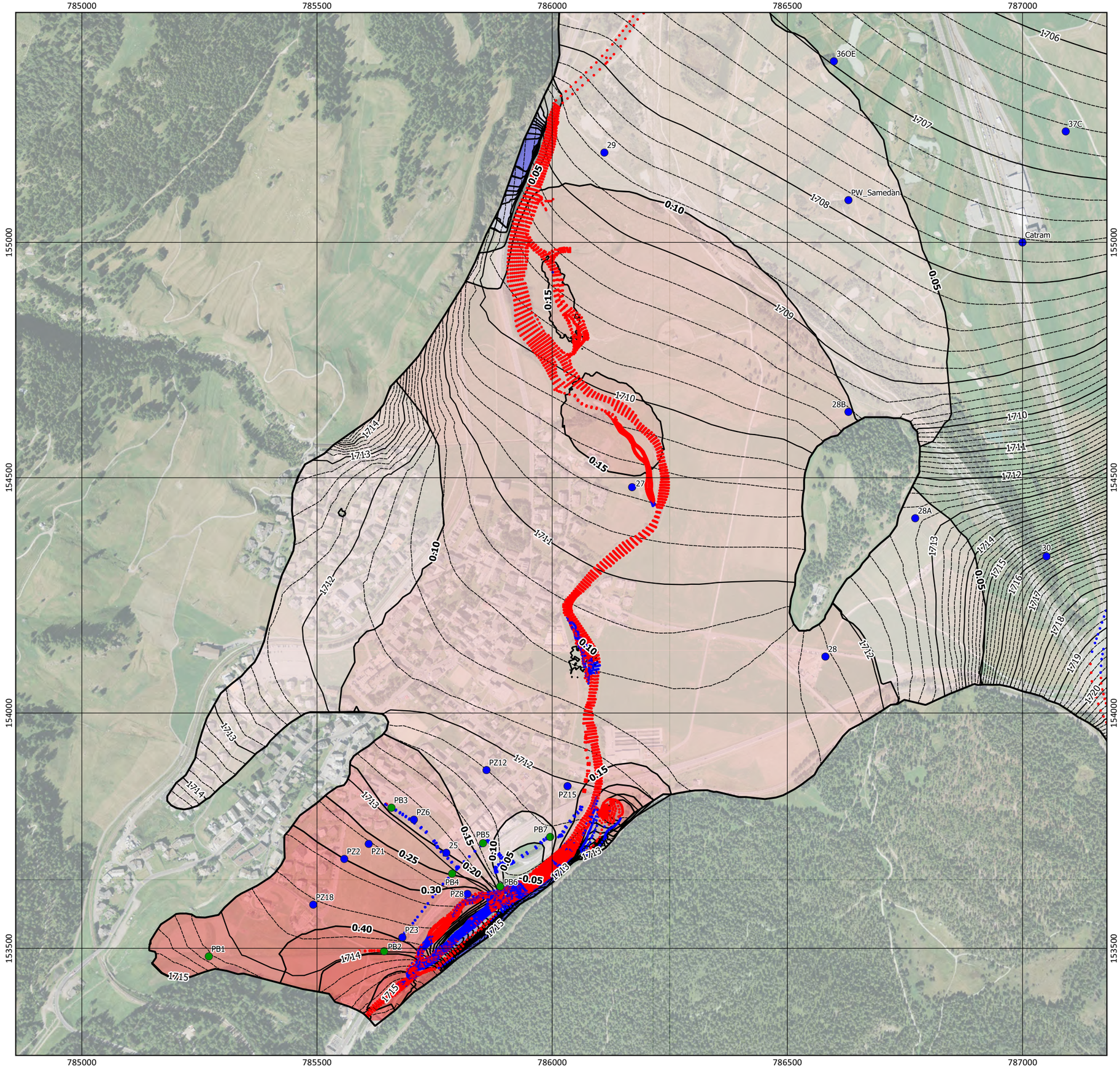
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand (Szenario B1)
Mittlerer Grundwasserspiegel

Beilage 2b

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

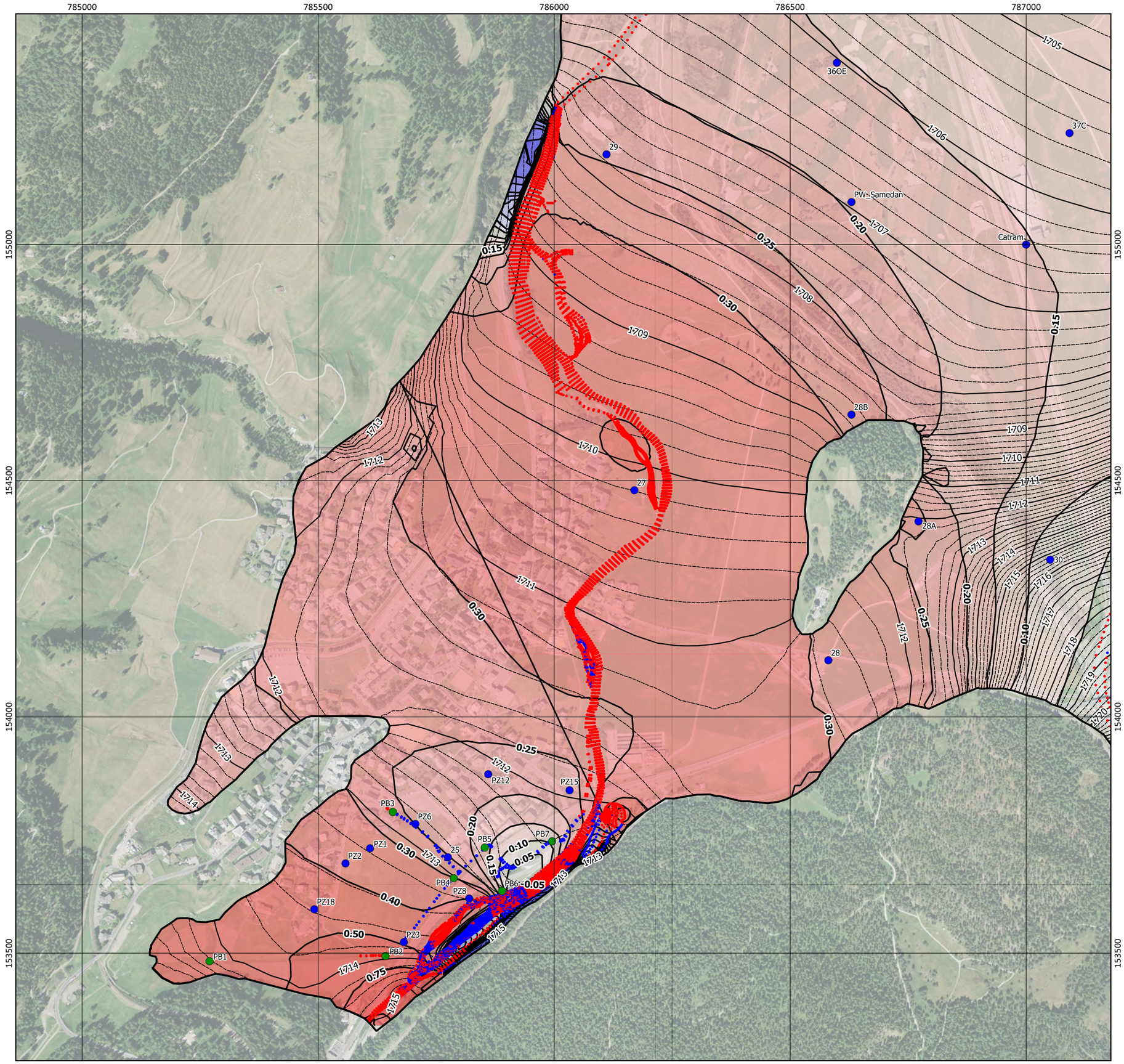
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand (Szenario B1)
Tiefer Grundwasserspiegel

Beilage 2c

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

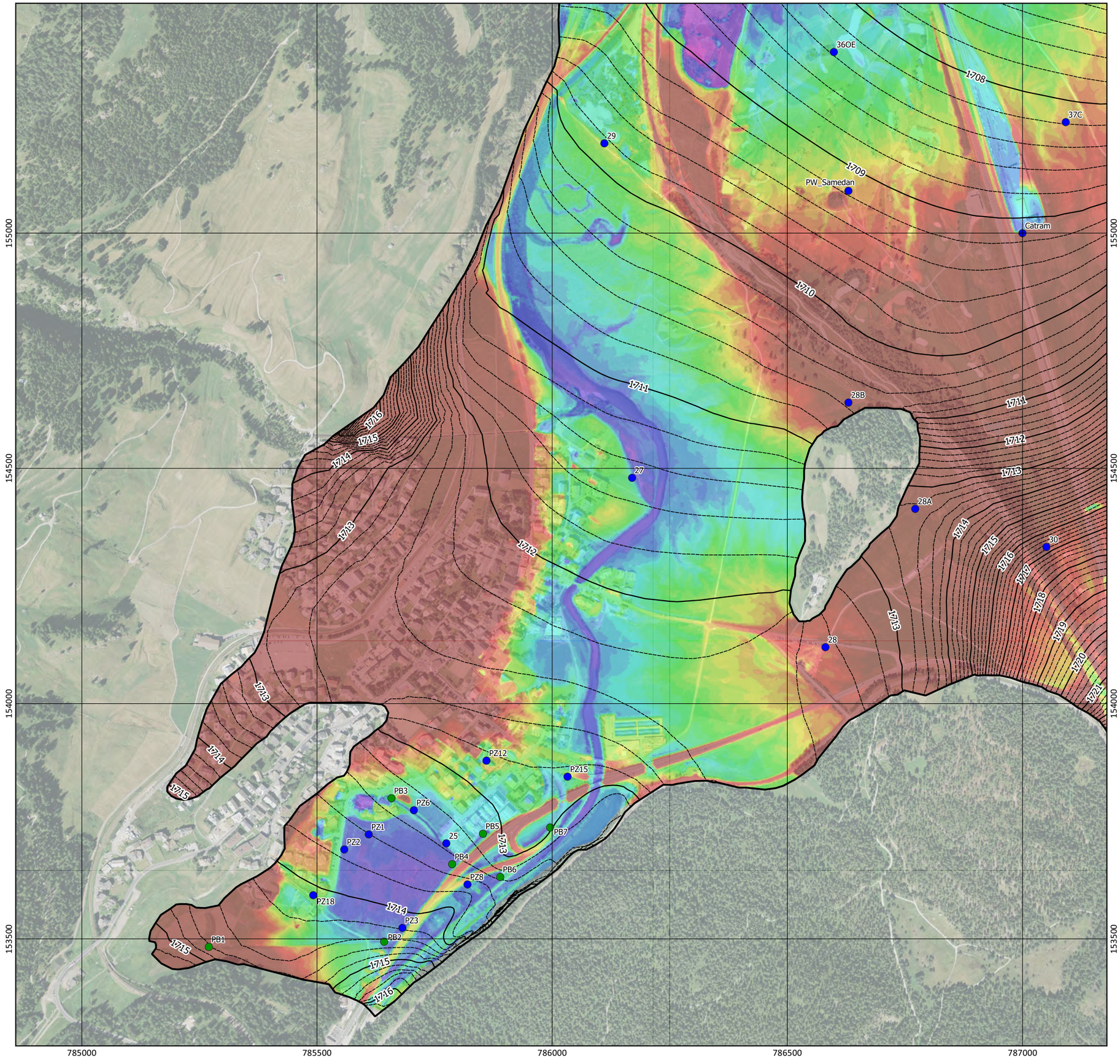
Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur

Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand (Szenario B1)
Minimaler Flurabstand (Hoher GWSp)

Beilage 2d

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Flurabstand [m]

- -1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

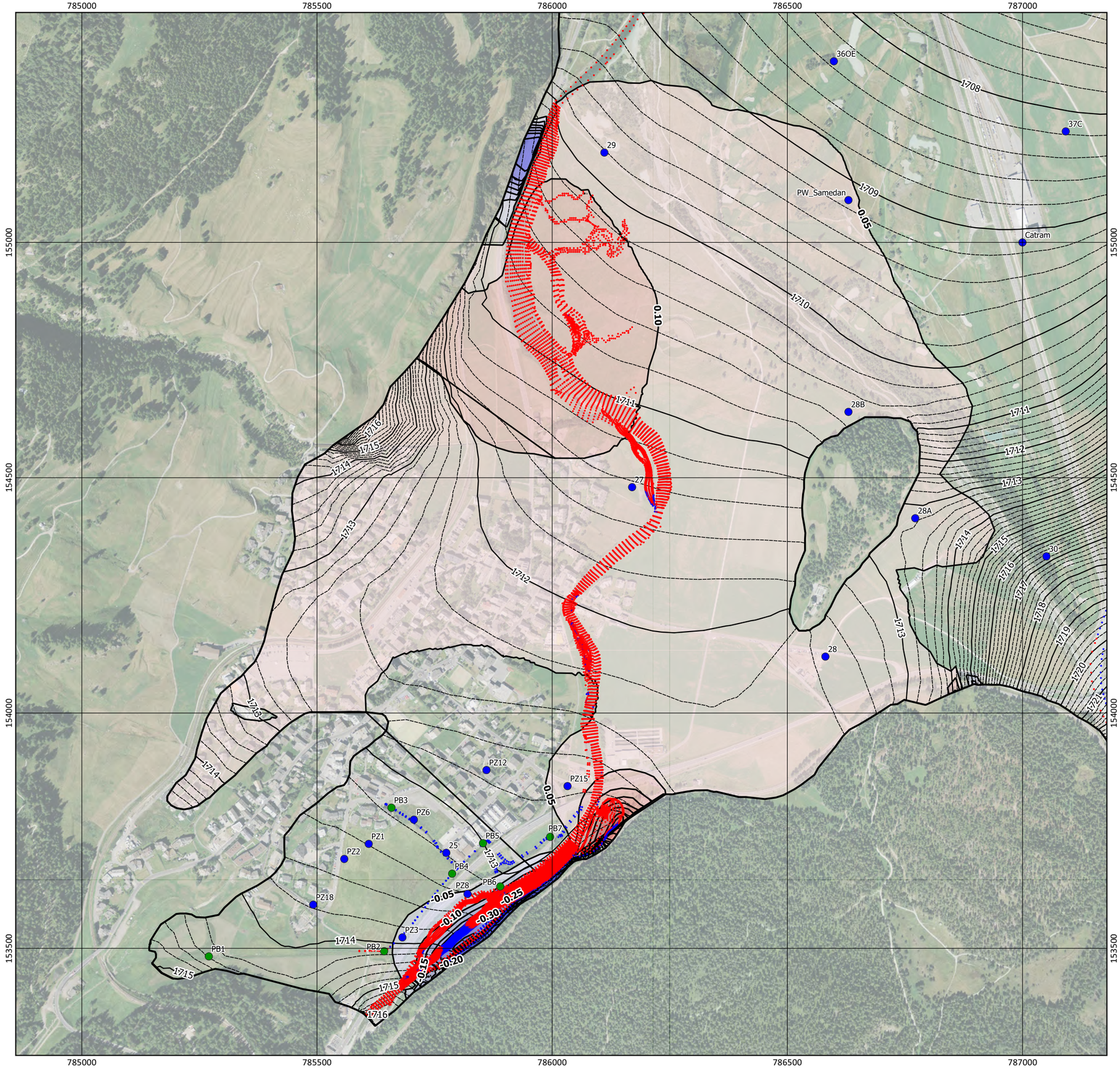
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Endzustand (Szenario B2)
Hoher Grundwasserspiegel

Beilage 3a

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

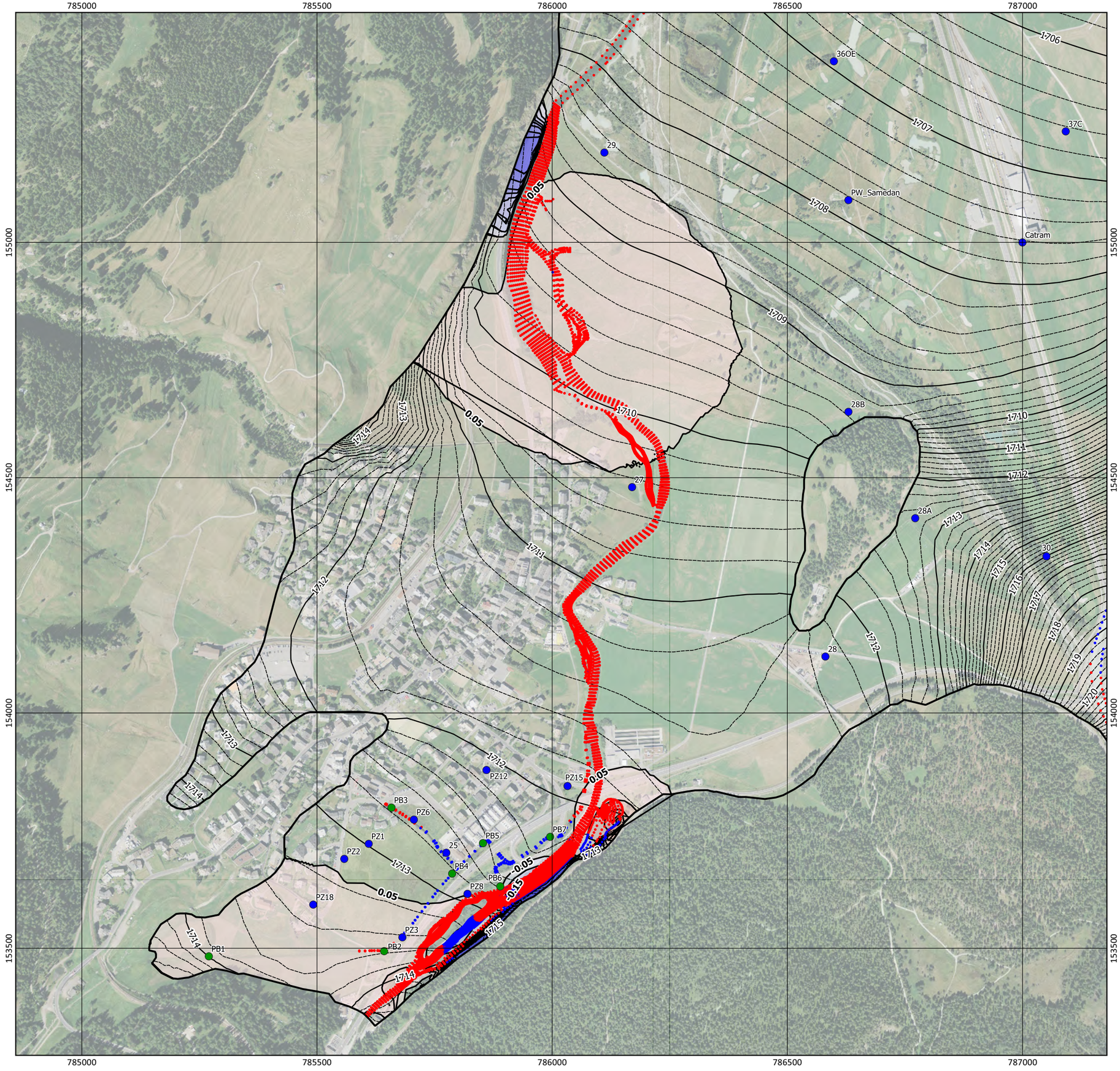
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Endzustand (Szenario B2)
Mittlerer Grundwasserspiegel

Beilage 3b

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

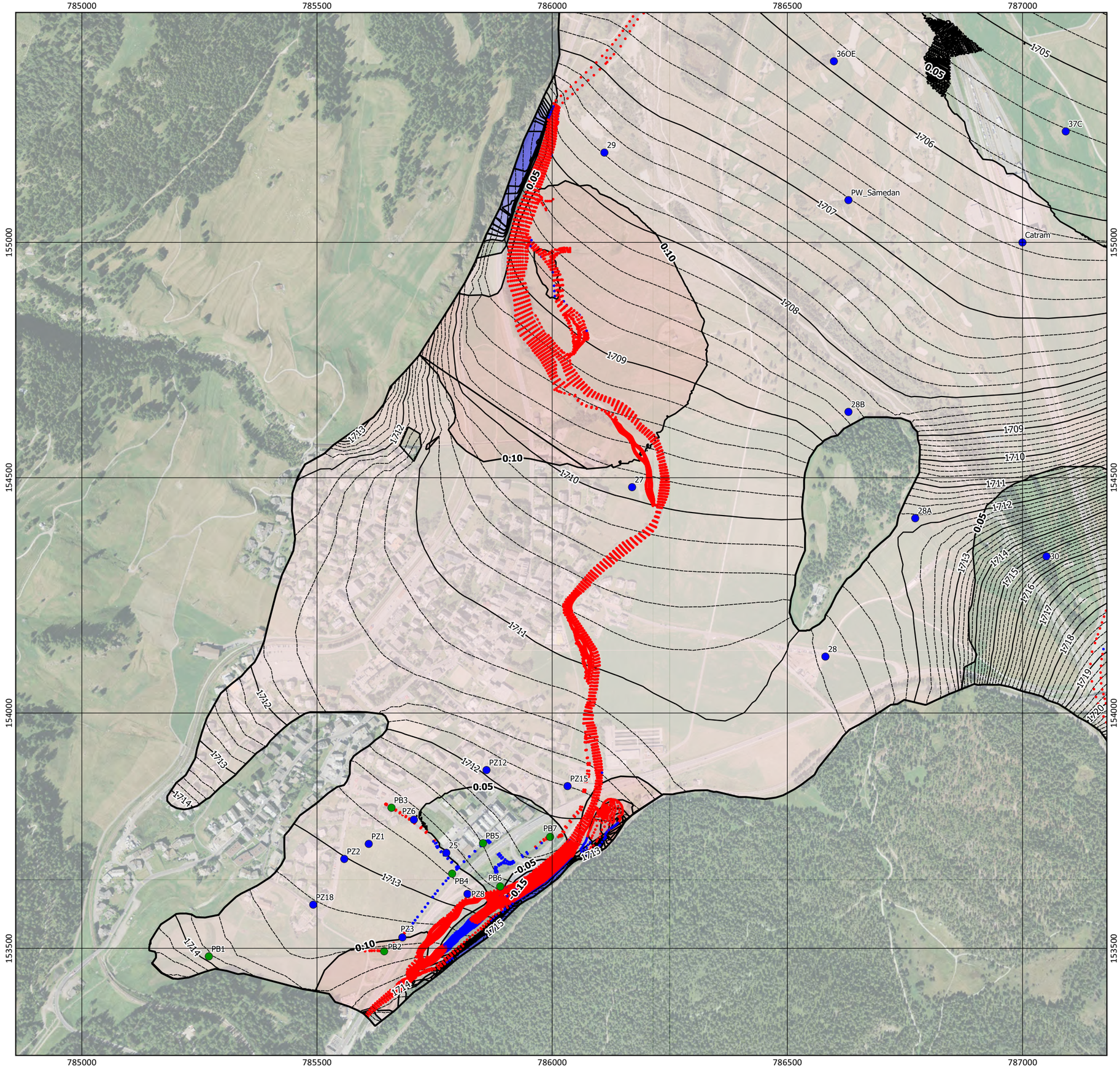
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Endzustand (Szenario B2)
Tiefer Grundwasserspiegel

Beilage 3c

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

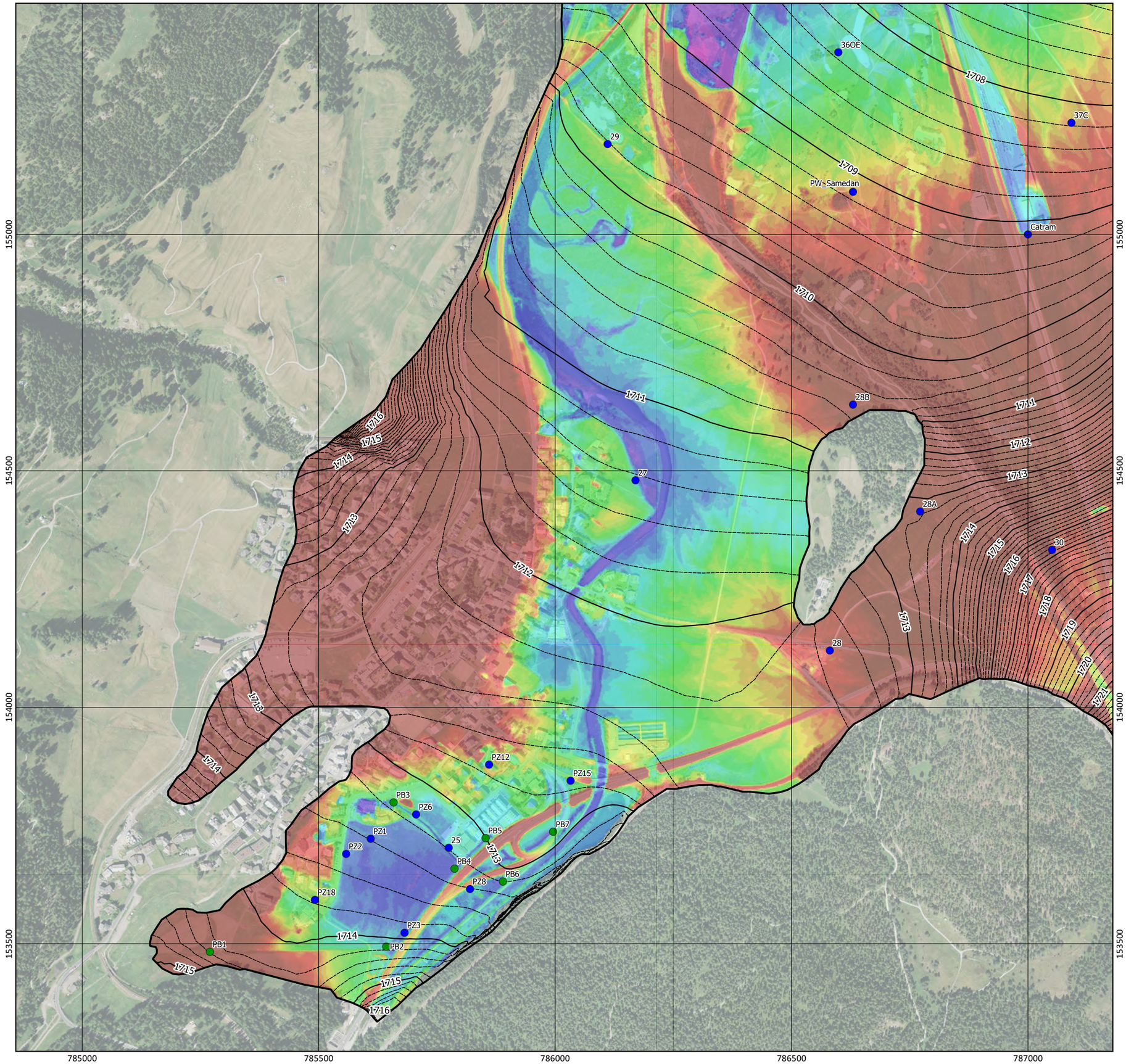
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Endzustand (Szenario B2)
Minimaler Flurabstand (Hoher GWSp)

Beilage 3d

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Flurabstand [m]

- -1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

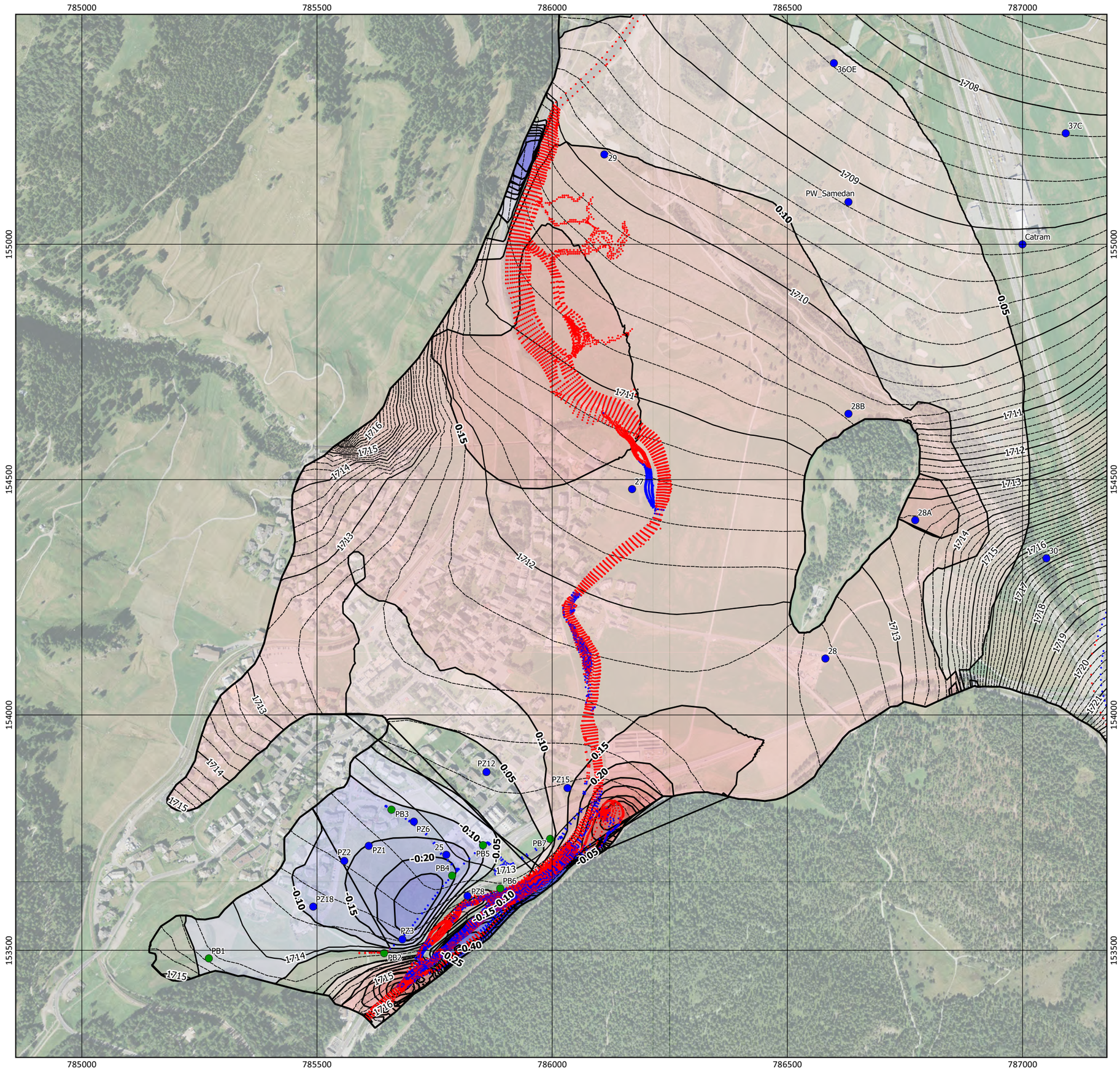
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand mit flankierenden Massnahmen (Szenario C4) - Hoher Grundwasserspiegel

Beilage 4a

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

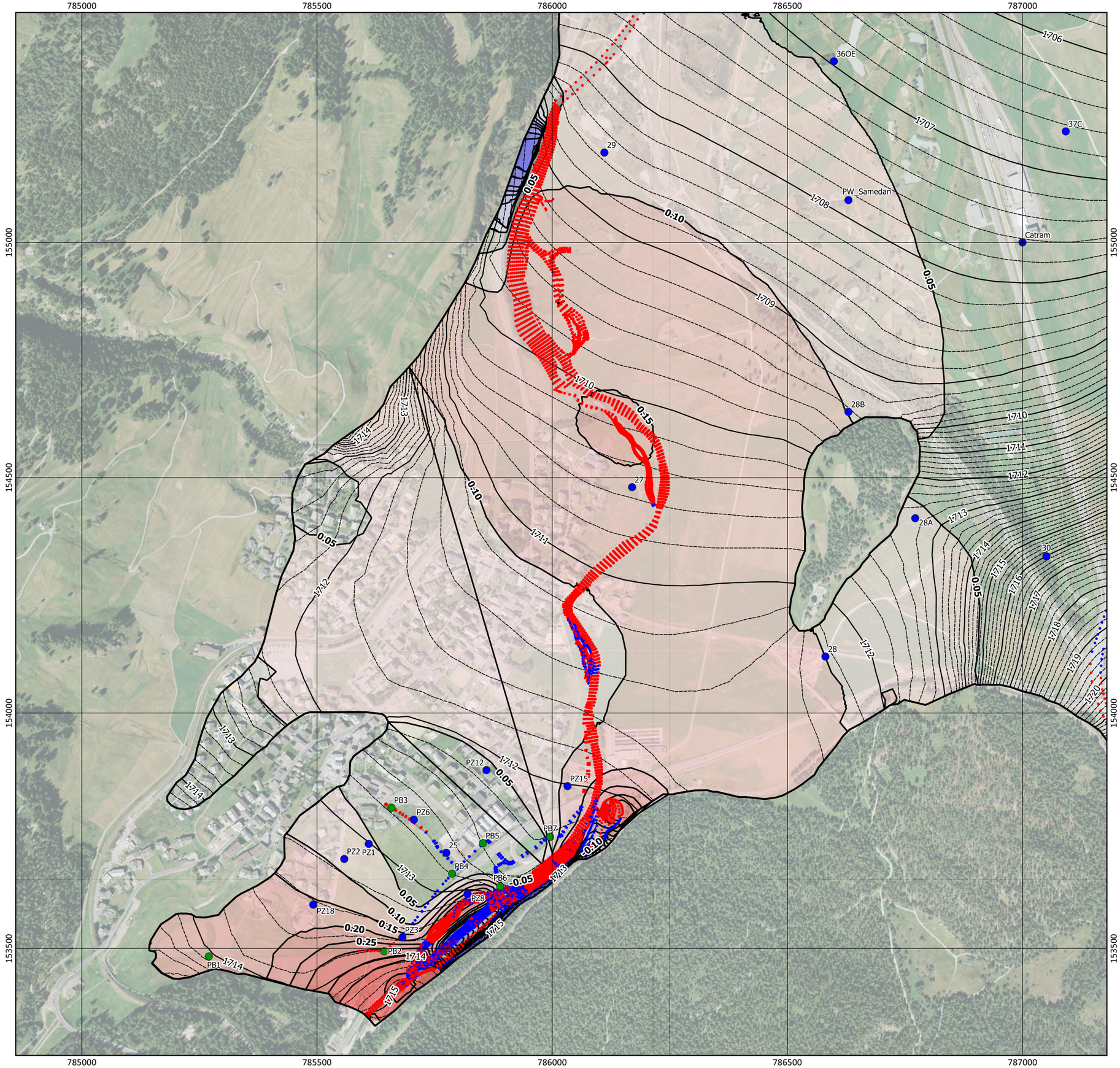
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand mit flankierenden Massnahmen (Szenario C4) - Mittlerer Grundwasserspiegel

Beilage 4b

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

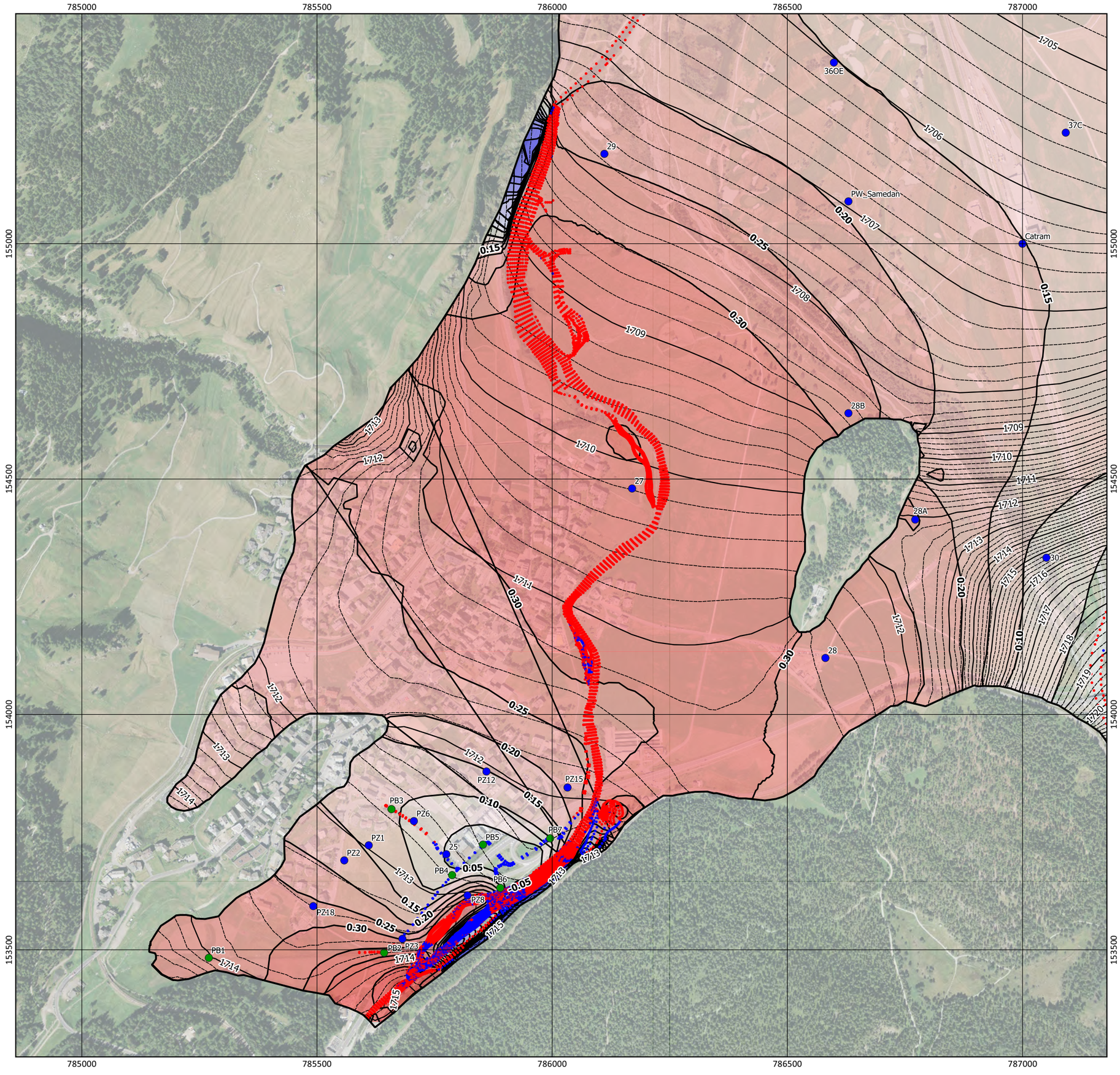
Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand mit flankierenden Massnahmen (Szenario C4) - Tiefer Grundwasserspiegel

Beilage 4c

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Wasseraustausch

- Infiltration
- Exfiltration

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Absenkung GWSp gegenüber Istzustand [m]

- > 1.00
- 0.75 - 1.00
- 0.50 - 0.75
- 0.40 - 0.50
- 0.30 - 0.40
- 0.25 - 0.30
- 0.20 - 0.25
- 0.15 - 0.20
- 0.10 - 0.15
- 0.05 - 0.10

Anstieg GWSp gegenüber Istzustand [m]

- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- > 1.00

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

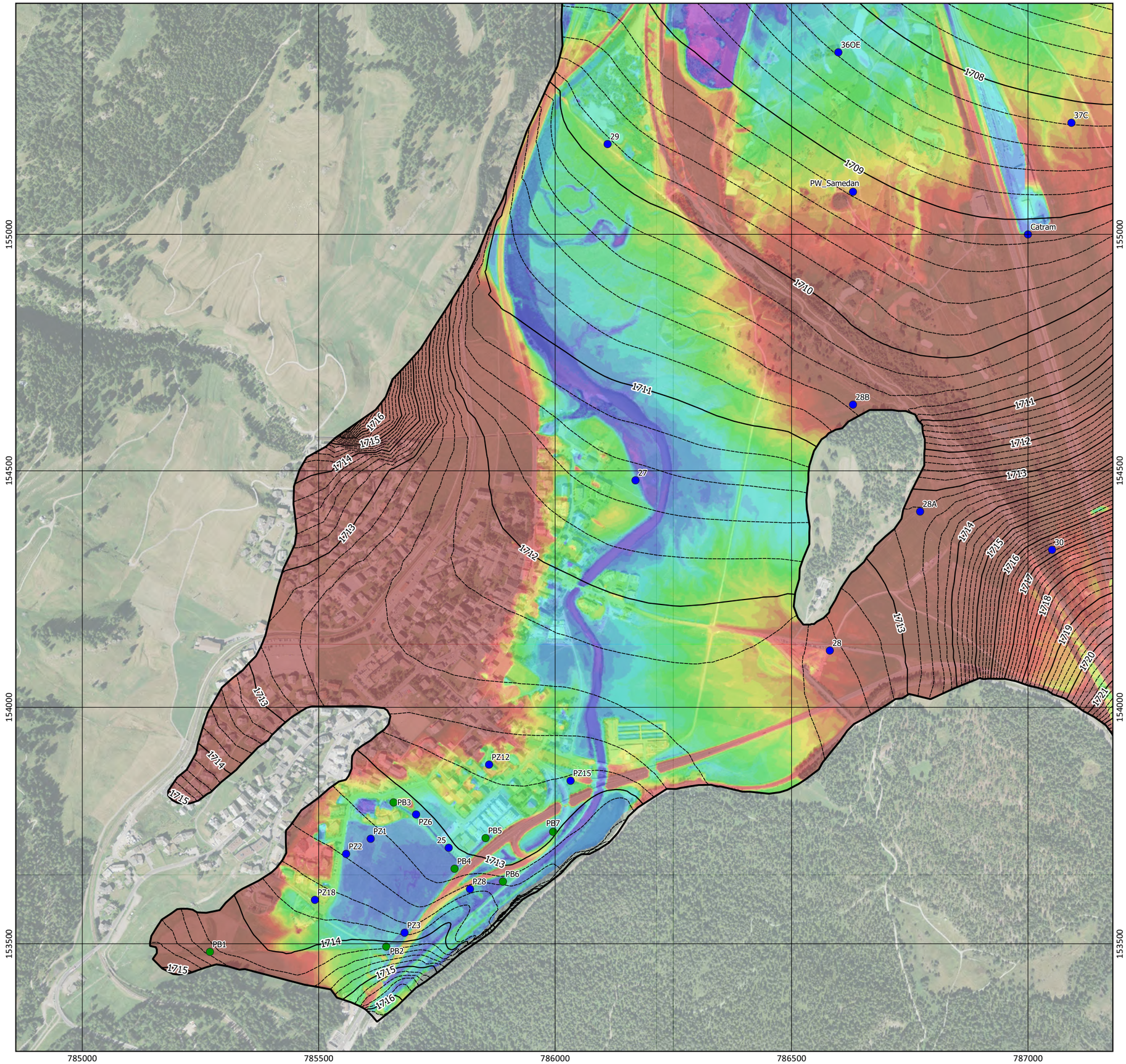
Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur

Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch



Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand mit flankierenden Massnahmen (Szenario C4) - Minimaler Flurabstand (Hoher GWSp)

Beilage 4d

Legende

- Modellrand
- Pegel GW
- Pegel OG

Grundwasserspiegel [m ü. M.]

- 1.0 m
- 0.2 m

Flurabstand [m]

- -1
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur

Auftraggeber: GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Bauzustand, Situation und Querprofile entlang des Inns, Darstellung des hohen Grundwasserspiegels im Ist- und Bauszustand

Beilage 5

Legende für Situationsplan (Abbildung oben) siehe Beilagen
Legende für Querprofile (Abbildung unten) direkt in der Abbildung

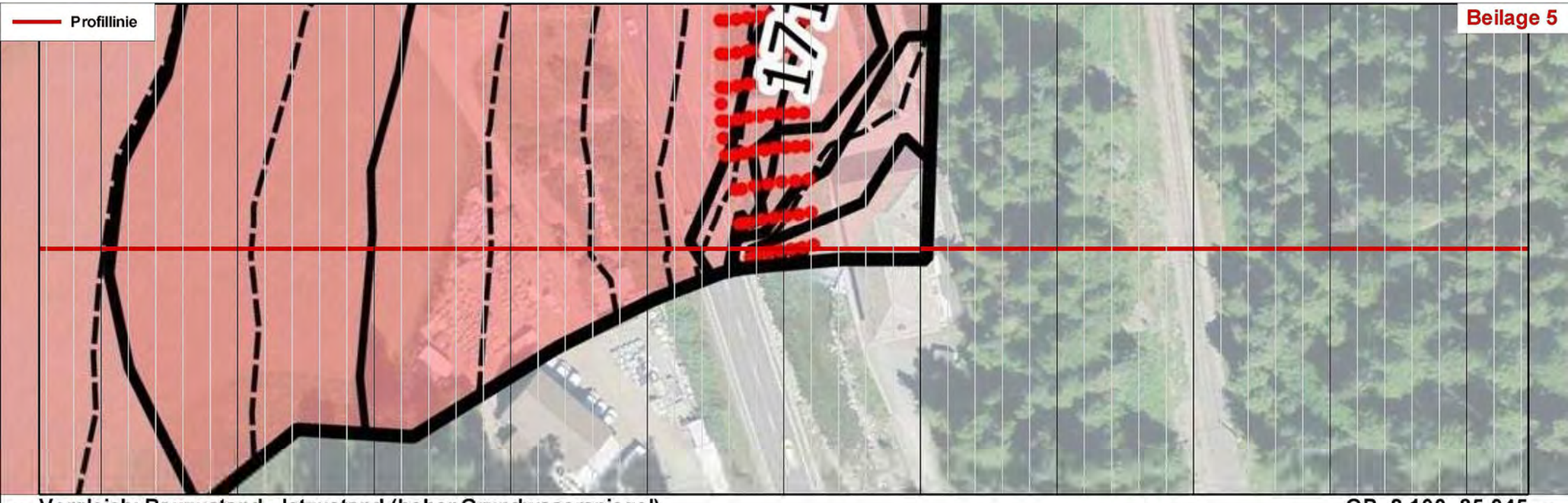
Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	05.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A4

Massstab: 1:1'000

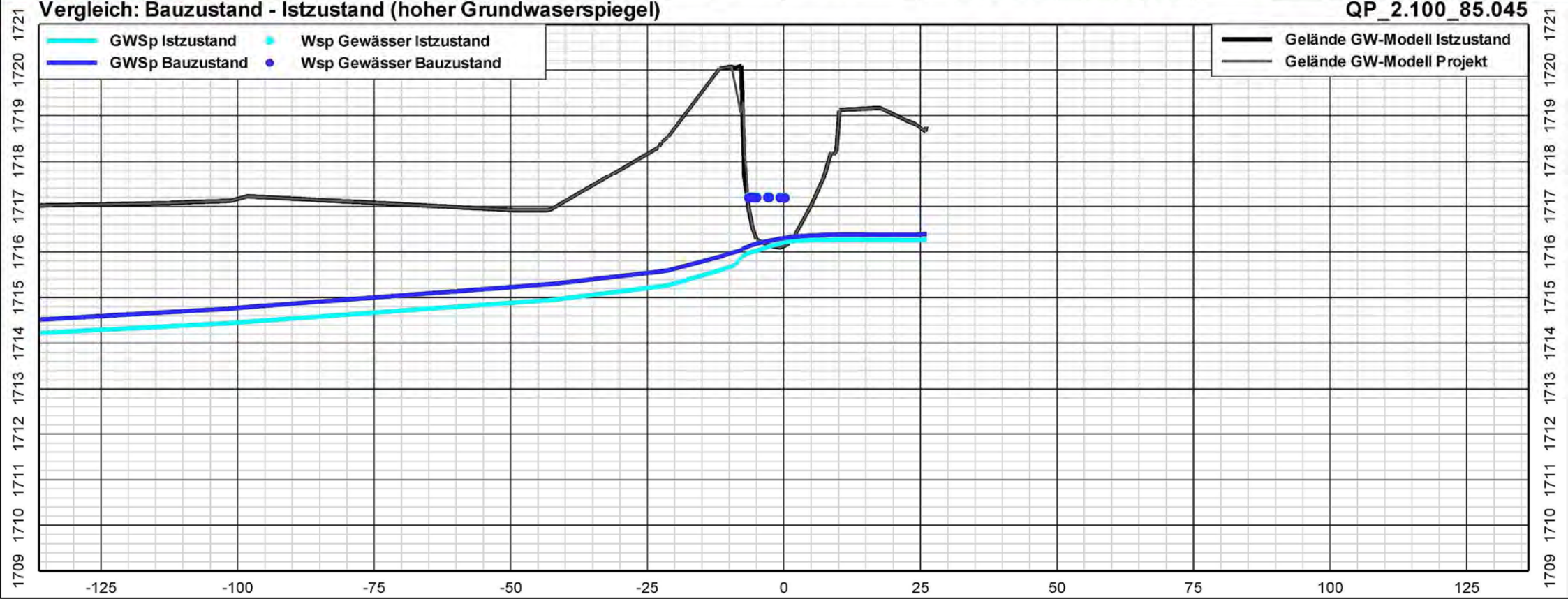
Auftragnehmer:
TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

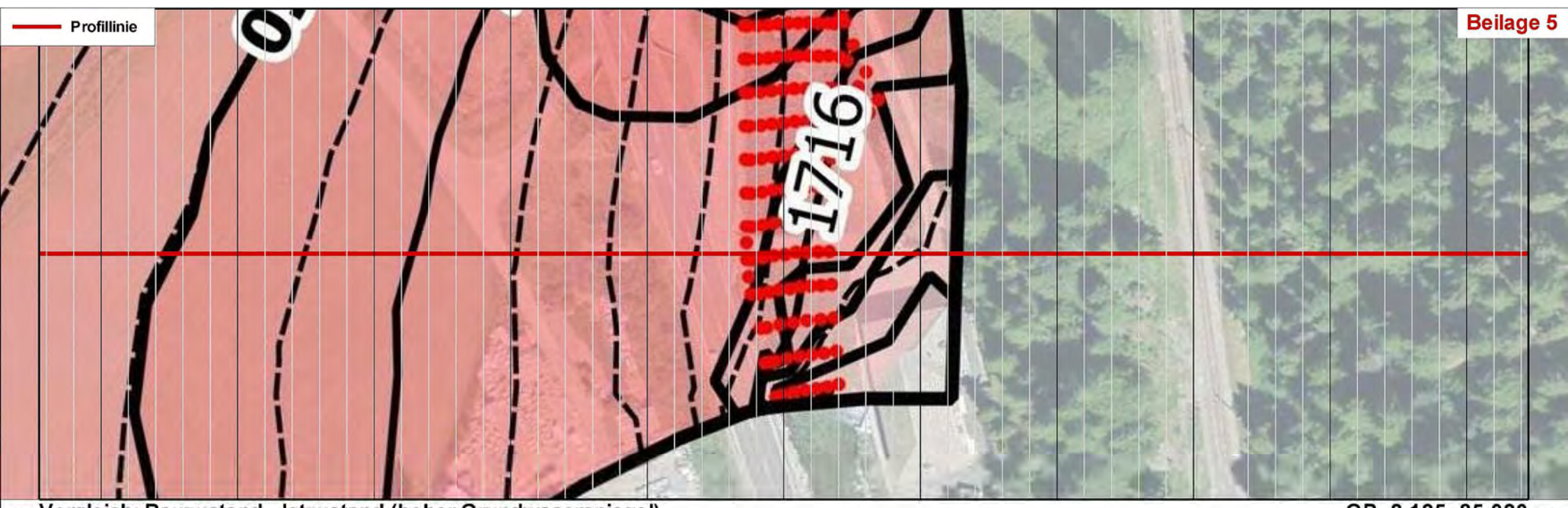
Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur
S C + H



Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

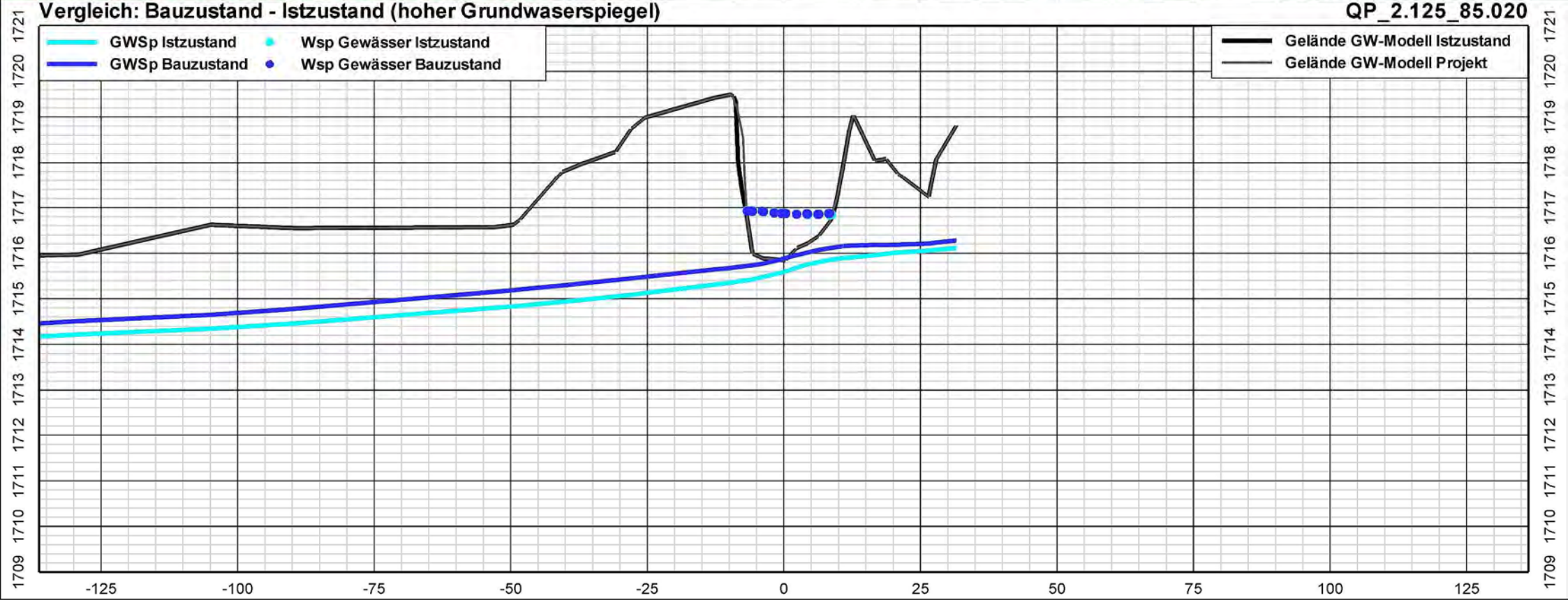
QP_2.100_85.045

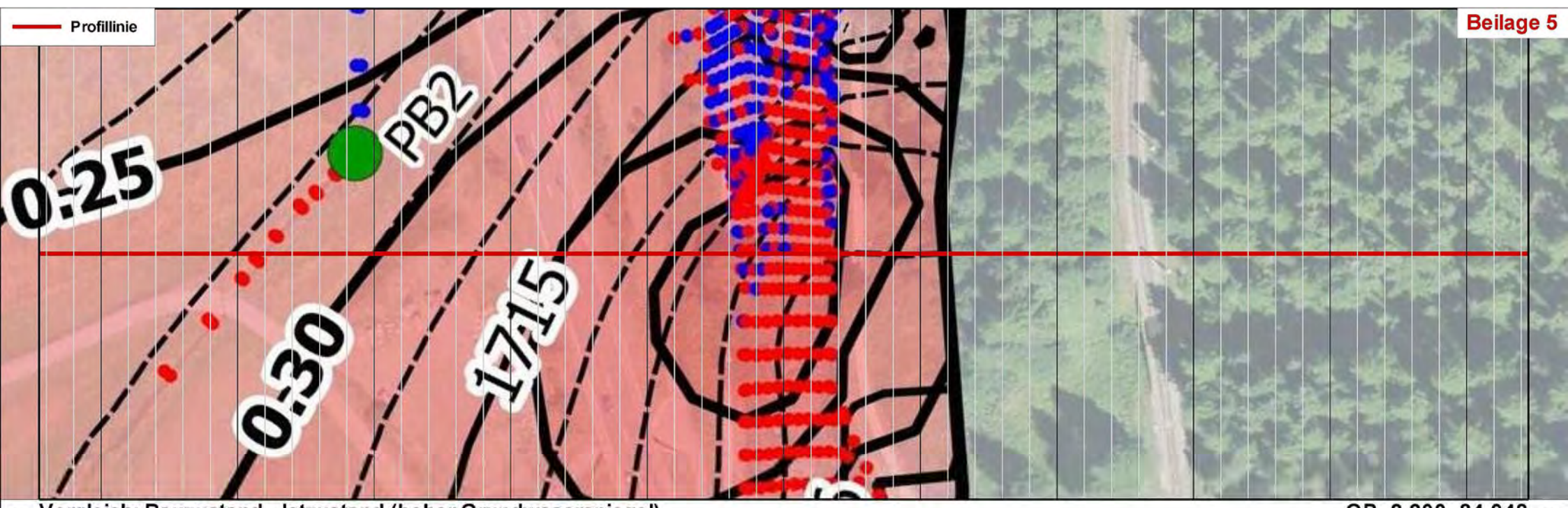




Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

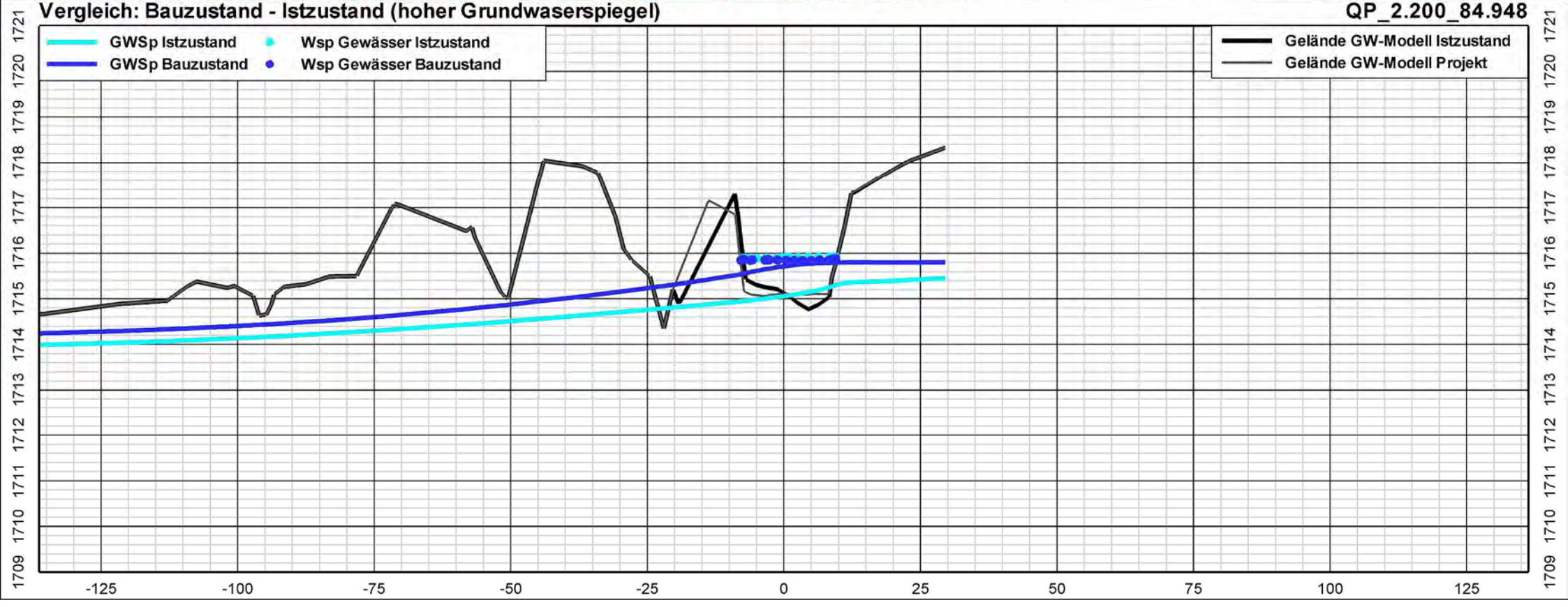
QP_2.125_85.020

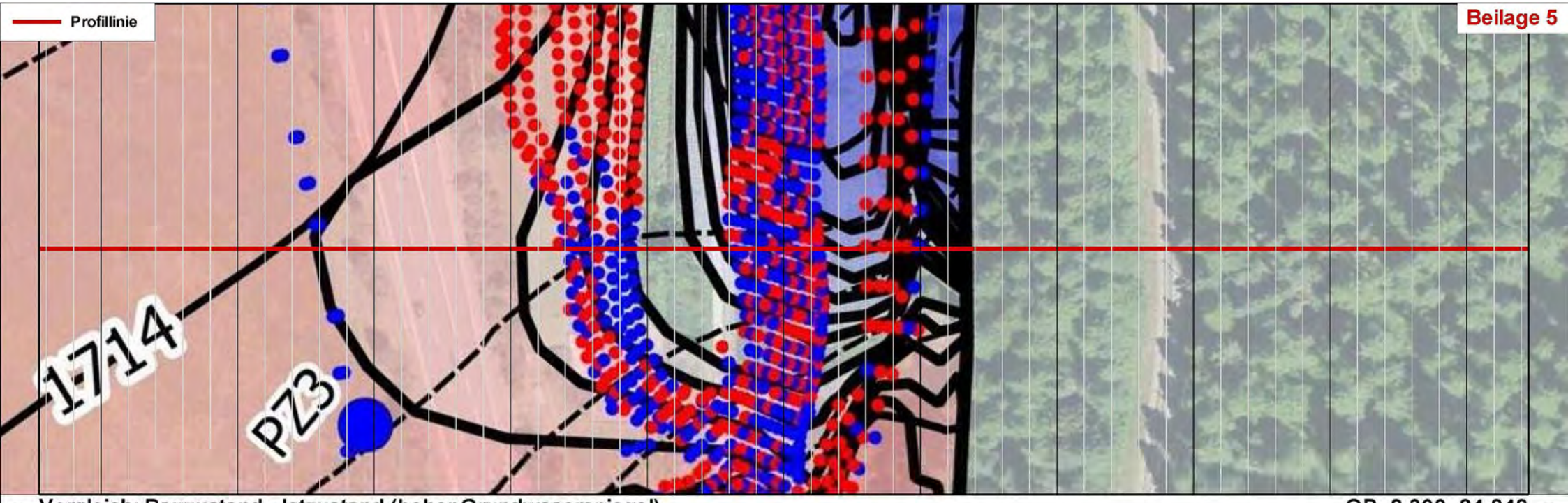




Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

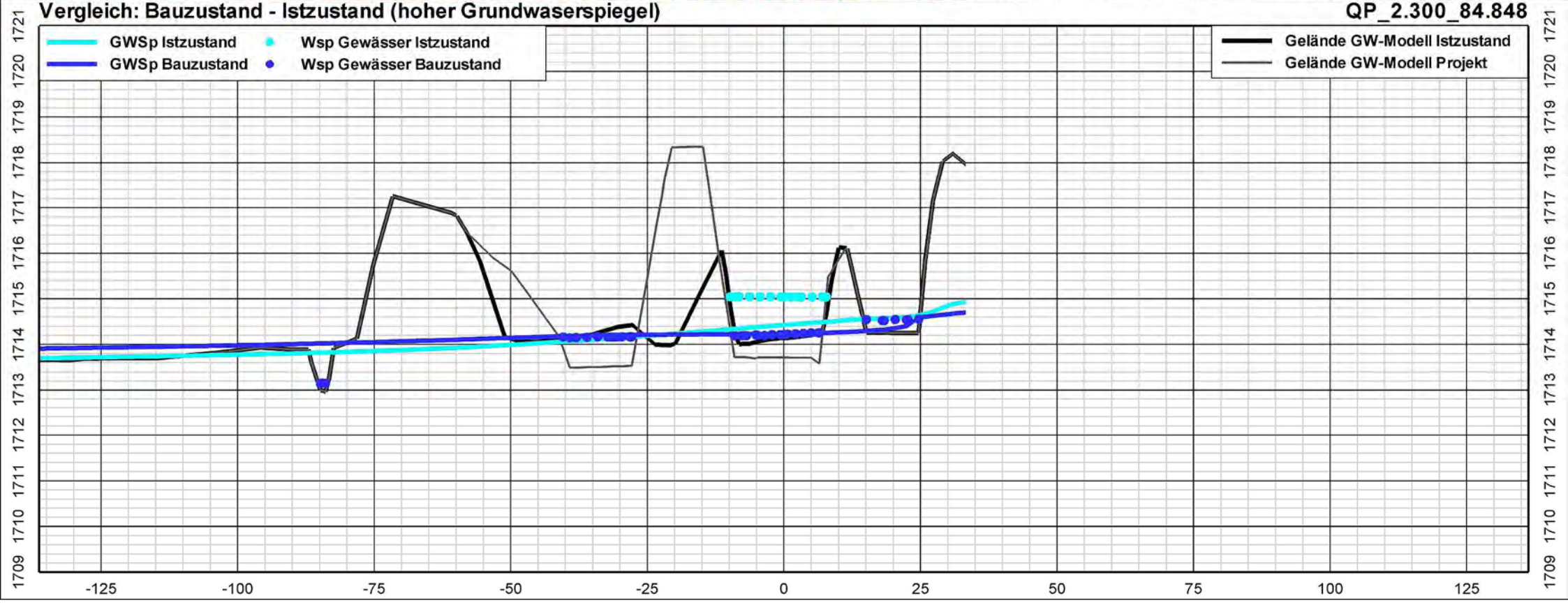
QP_2.200_84.948

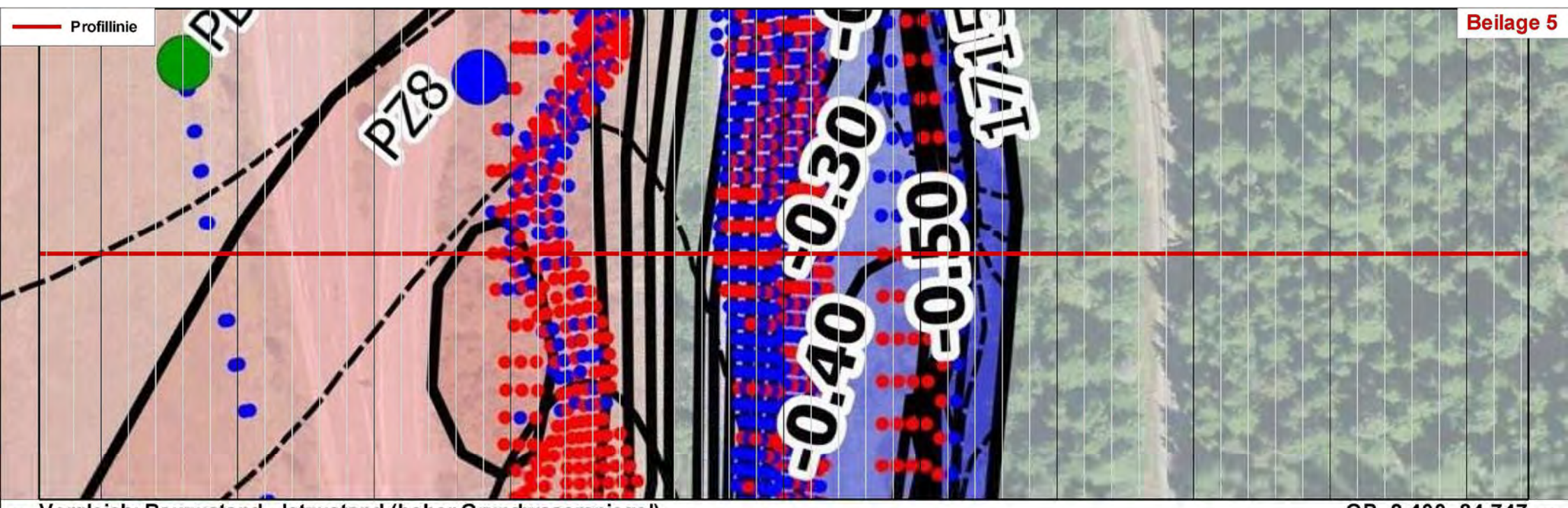


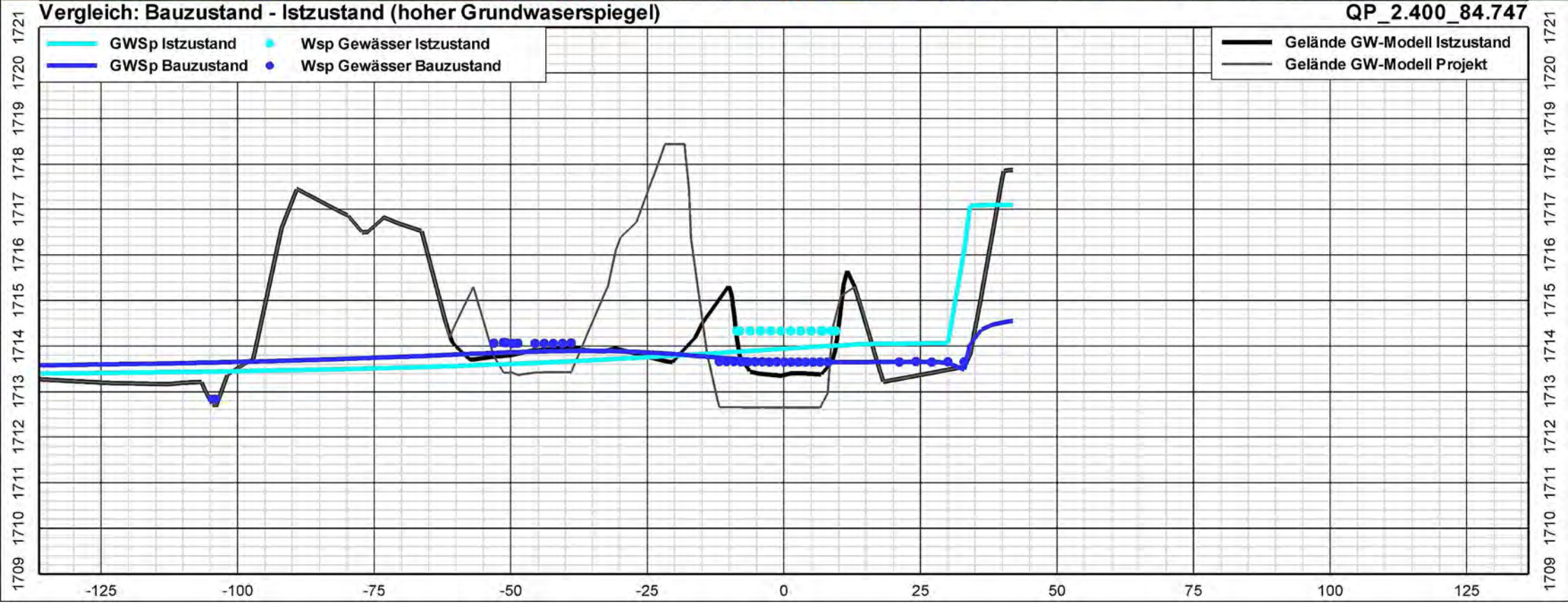


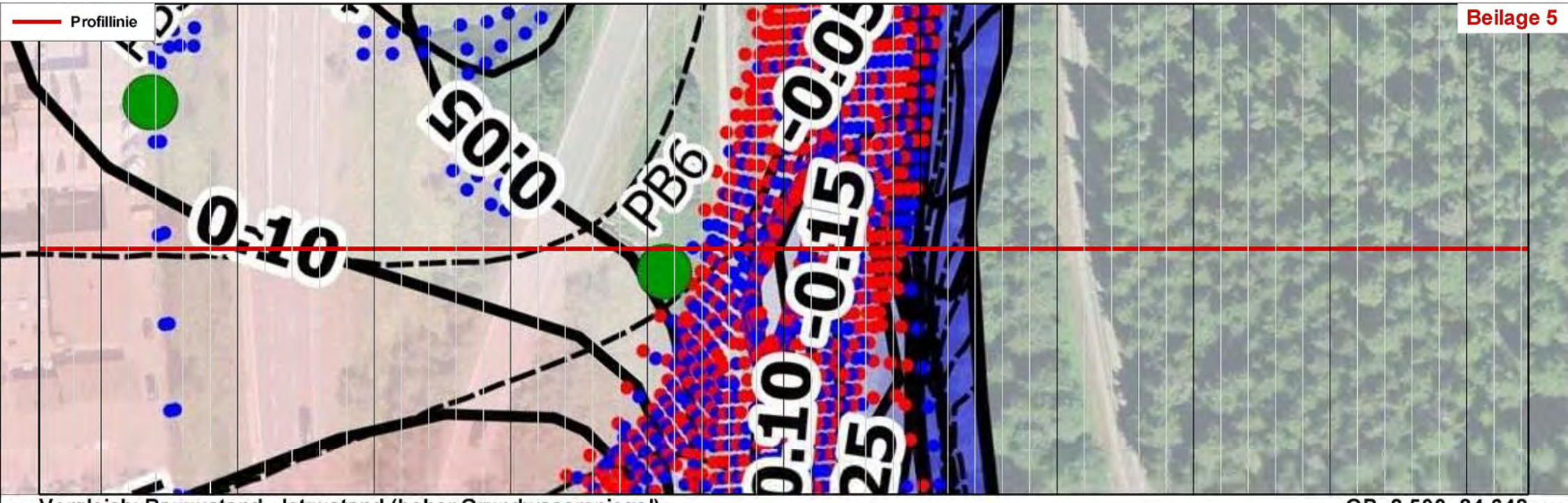
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_2.300_84.848



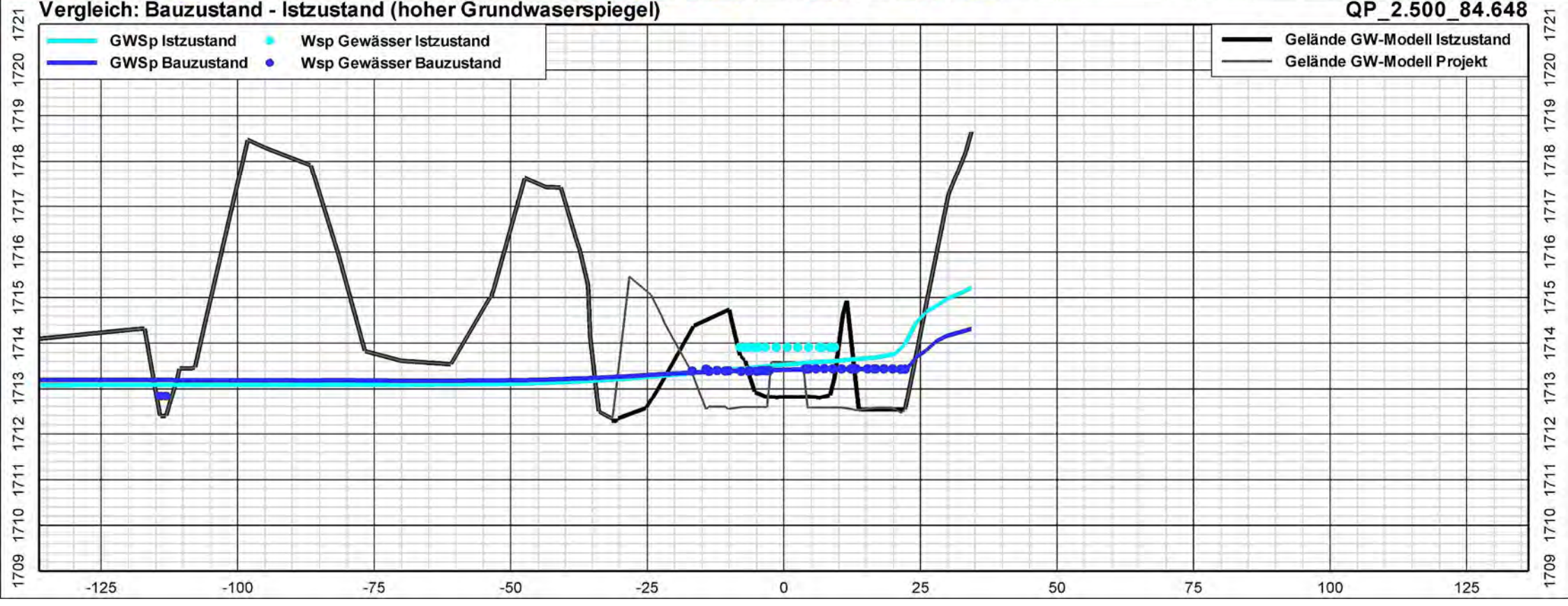

Profillinie
PZ8
-0.30
-0.40
-0.50

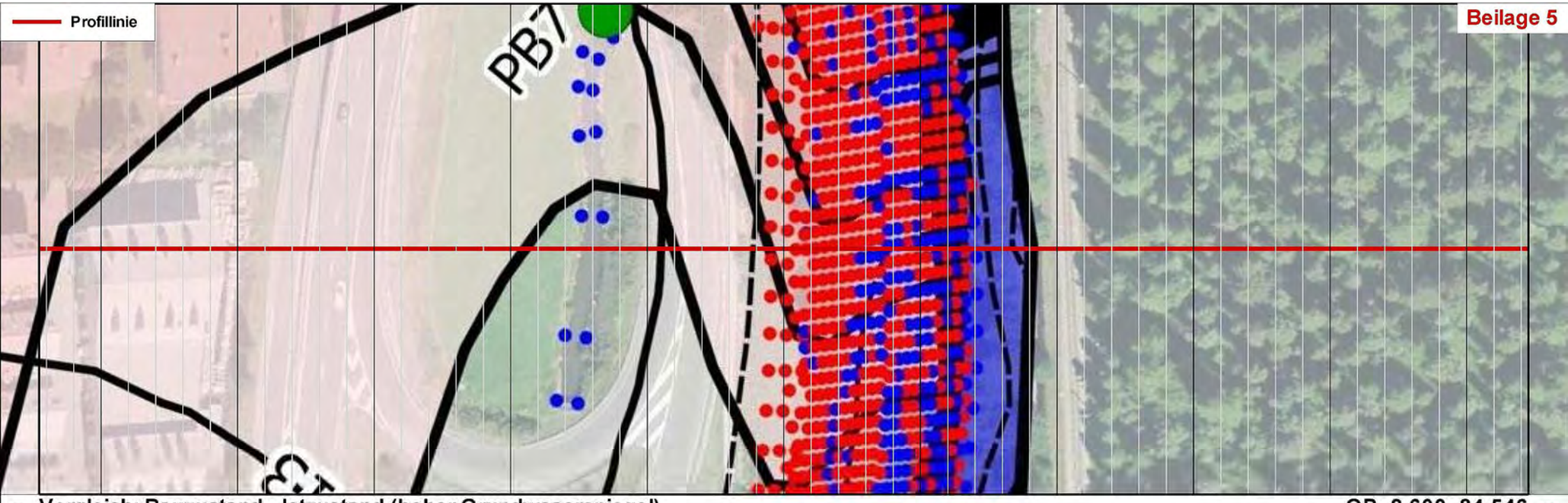

Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_2.400_84.747
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125



Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

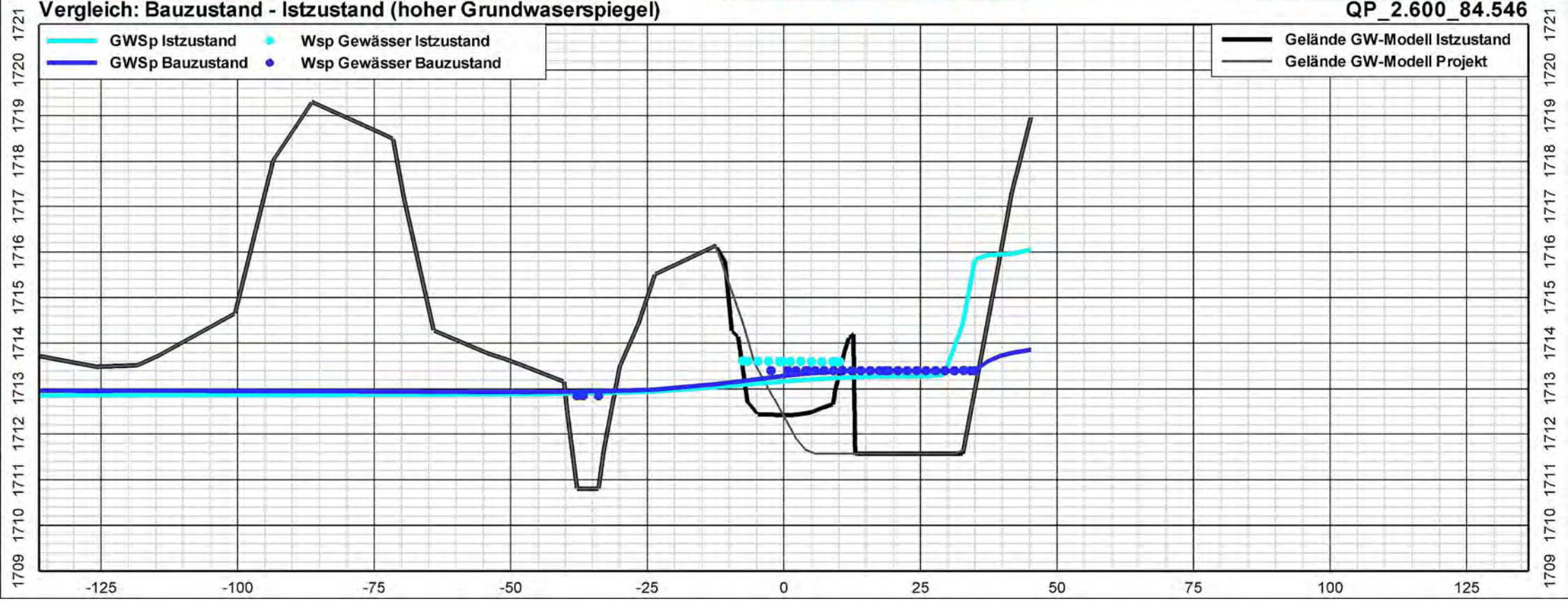
QP_2.500_84.648

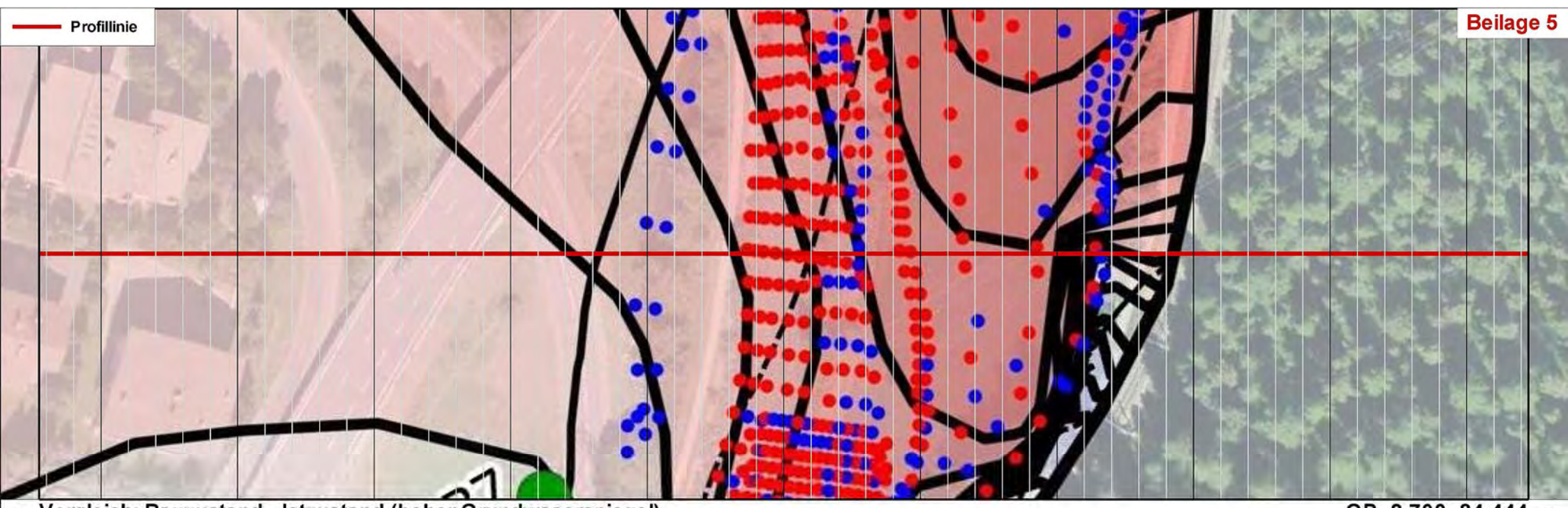




Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_2.600_84.546

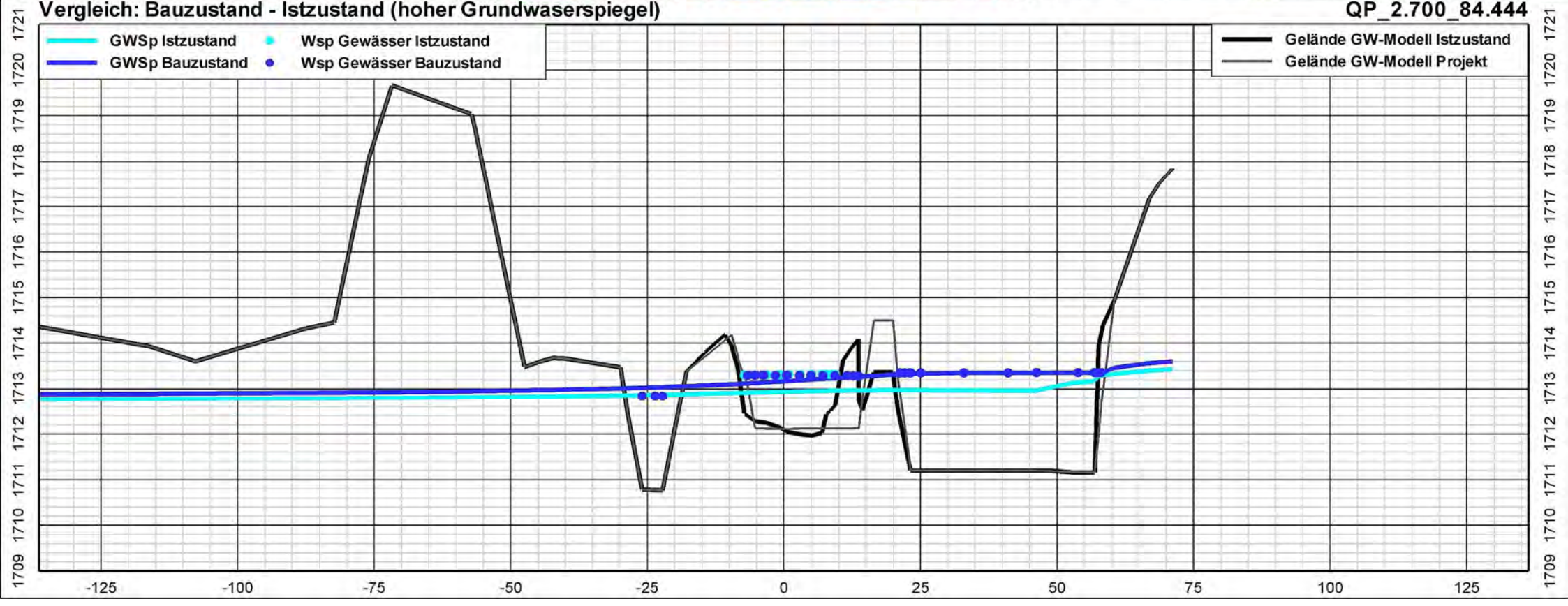


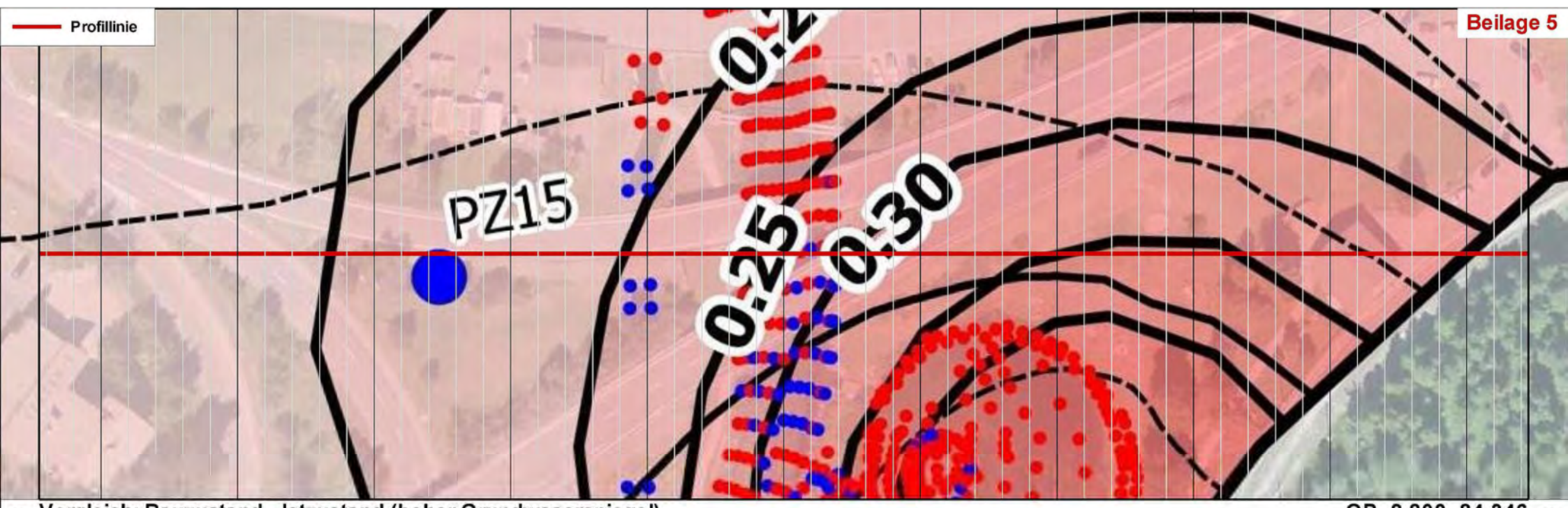


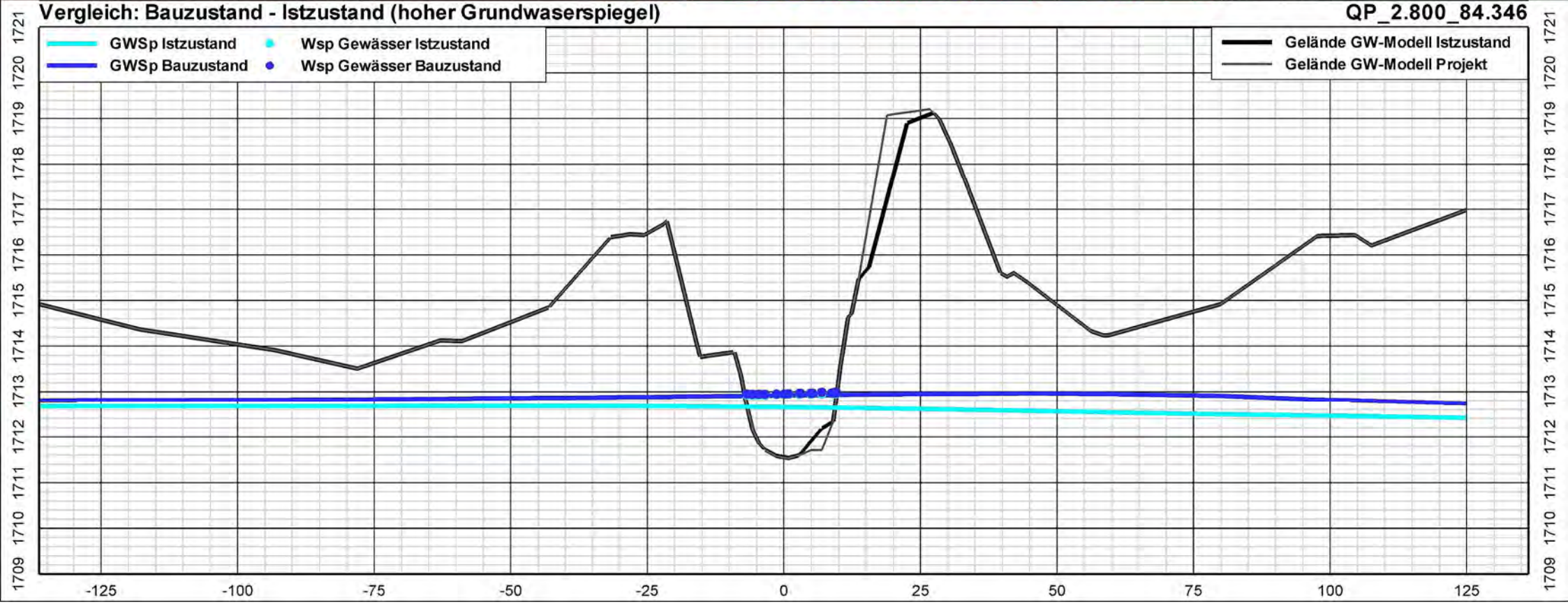
Beilage 5

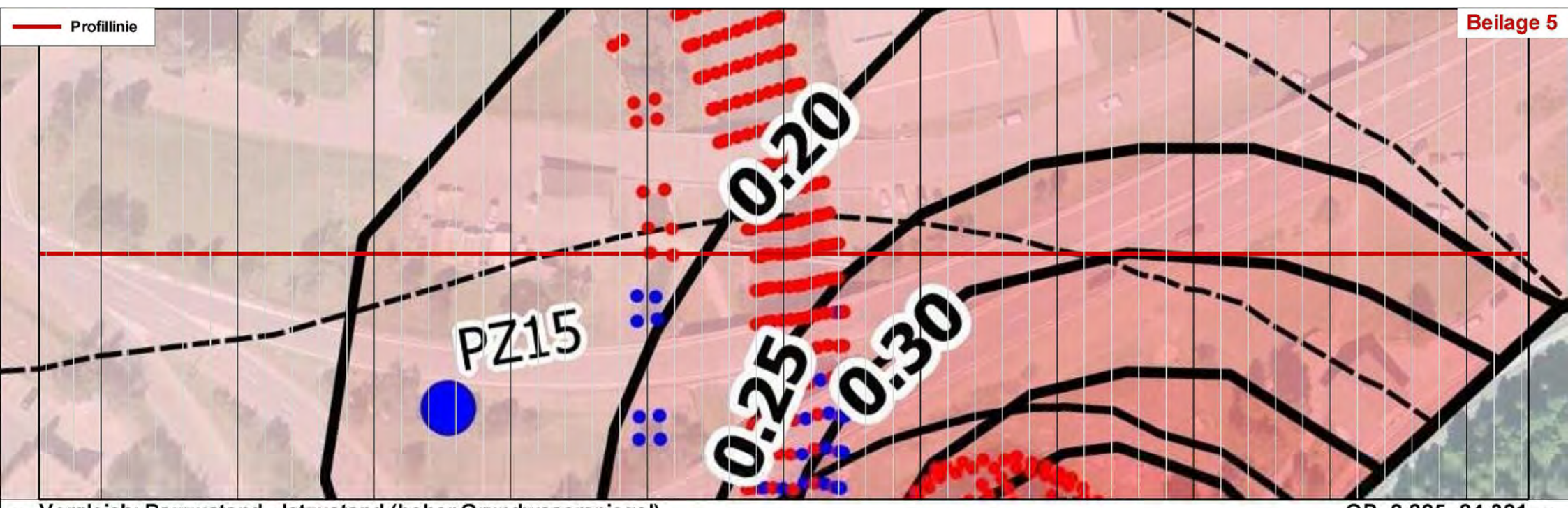
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

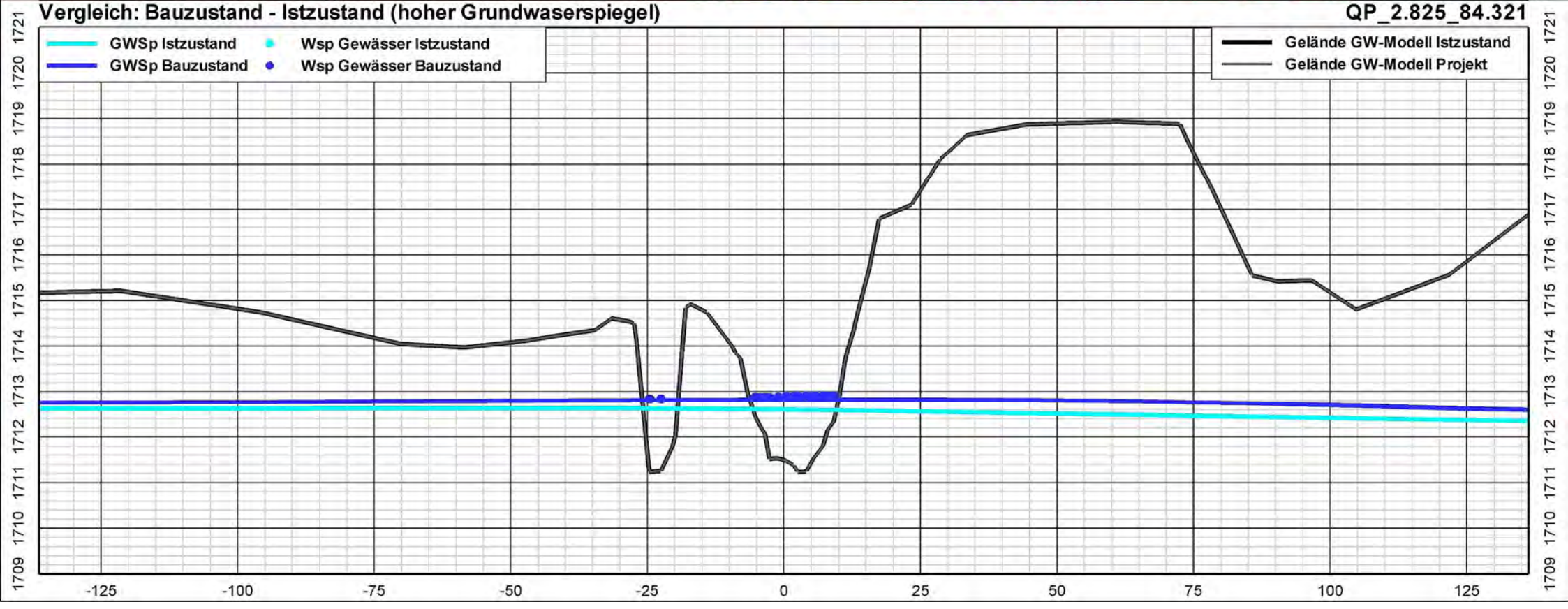
QP_2.700_84.444

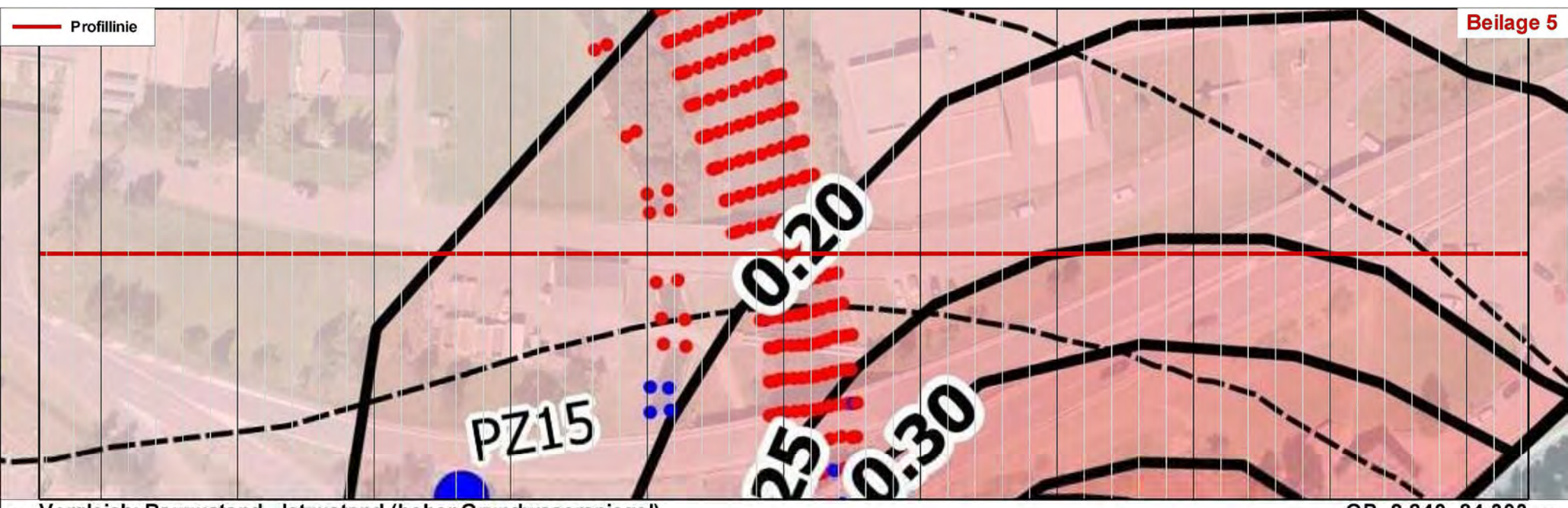



Profillinie
PZ15
0.25
0.30


Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_2.800_84.346
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125

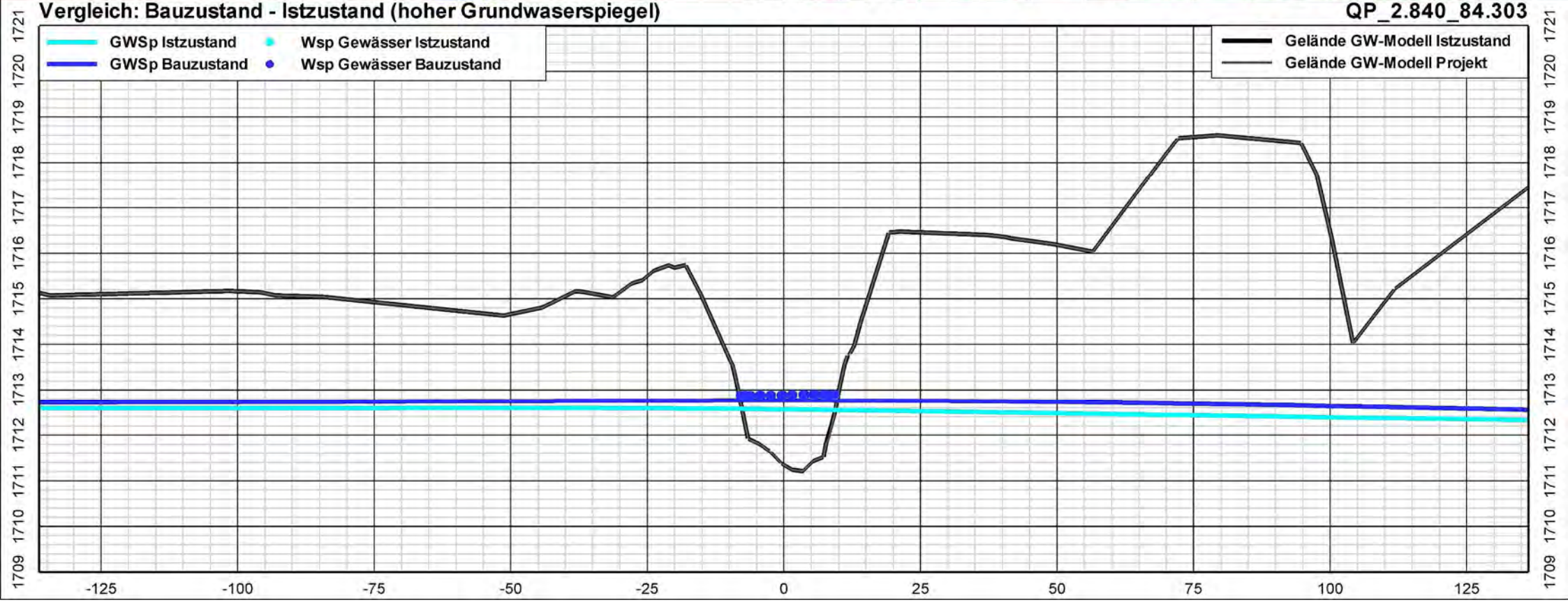

Profillinie
PZ15
0.20
0.25
0.30

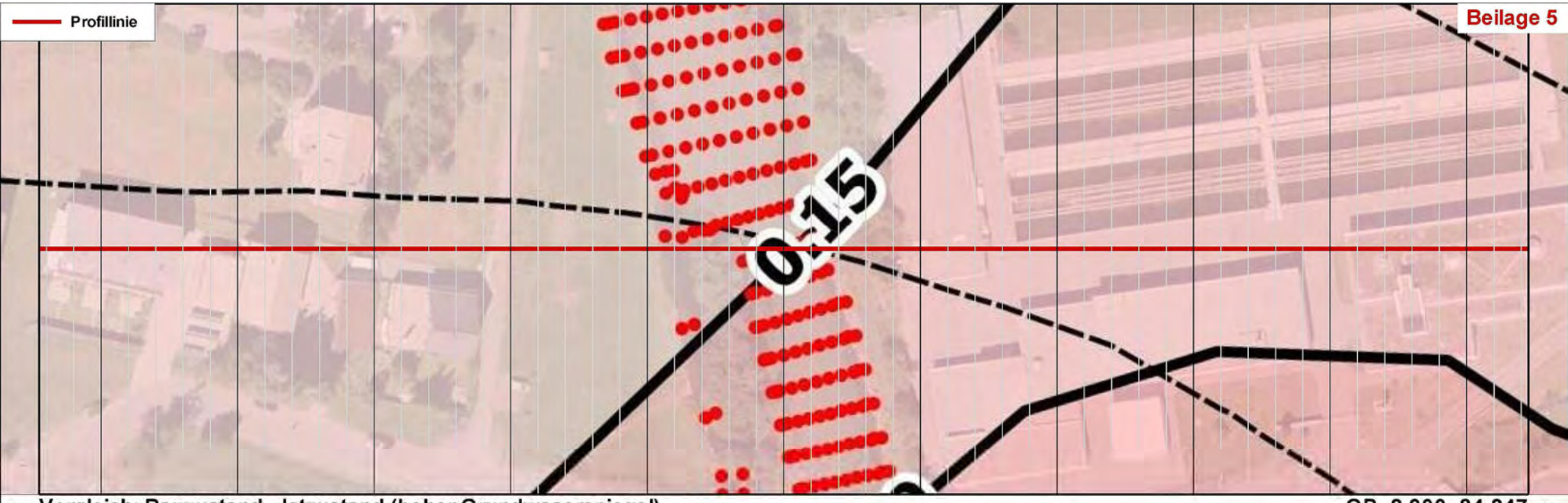

Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_2.825_84.321
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125



Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

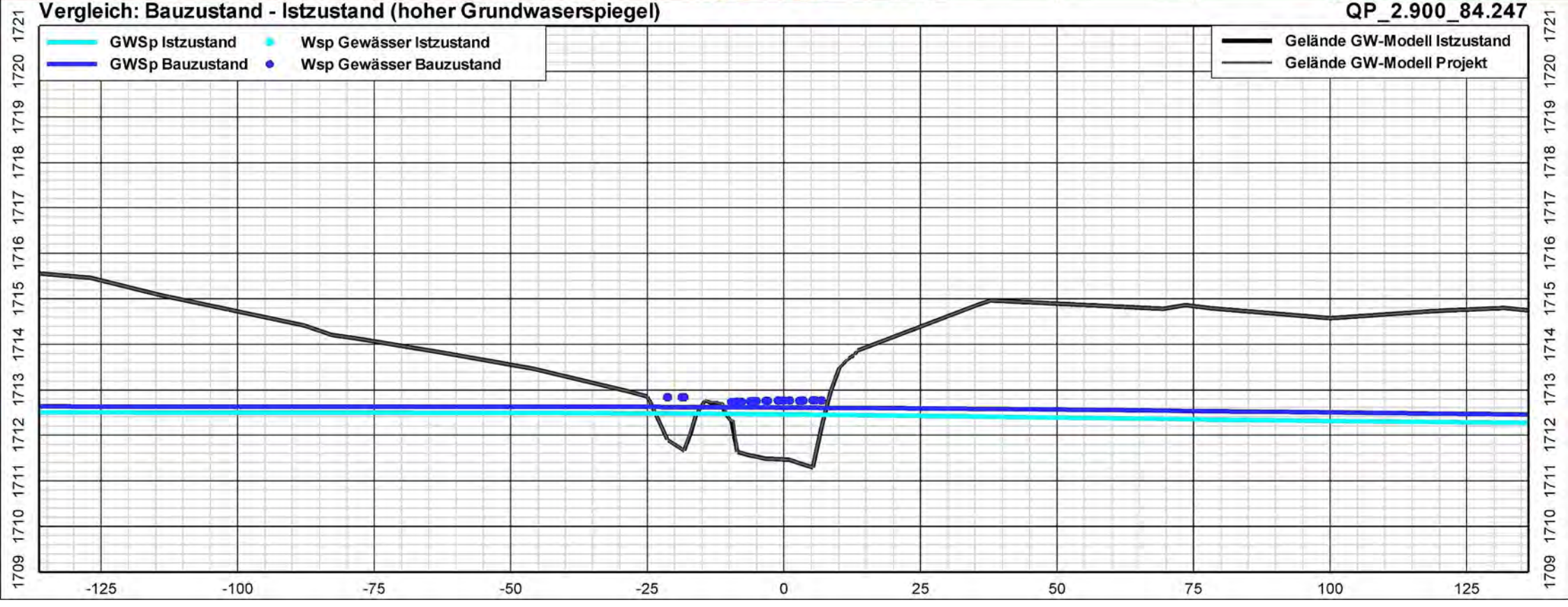
QP_2.840_84.303

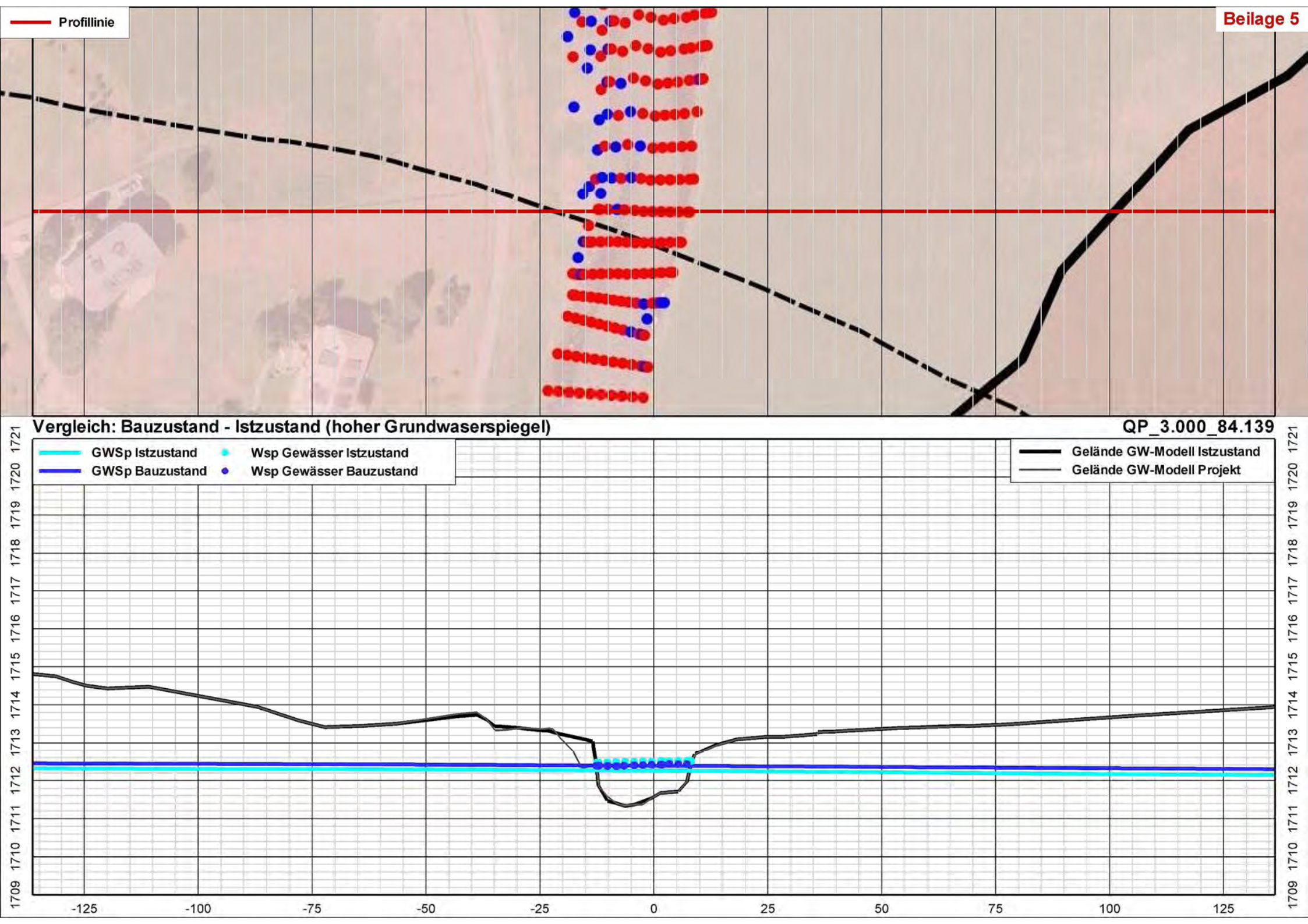


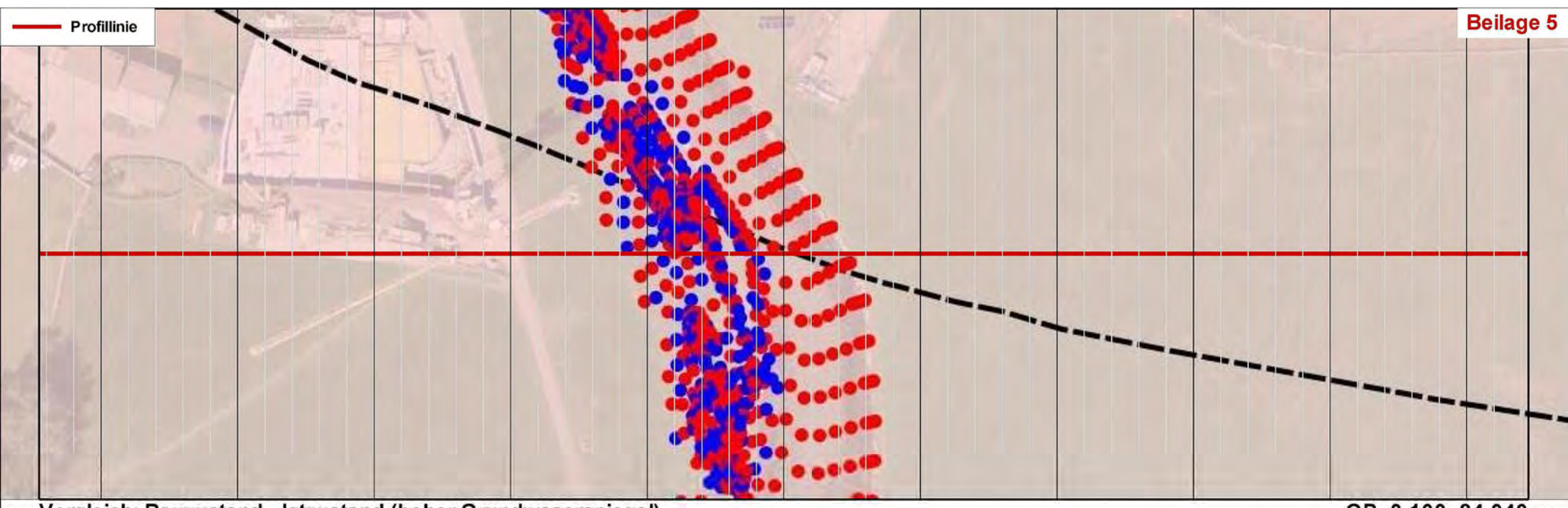


Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_2.900_84.247

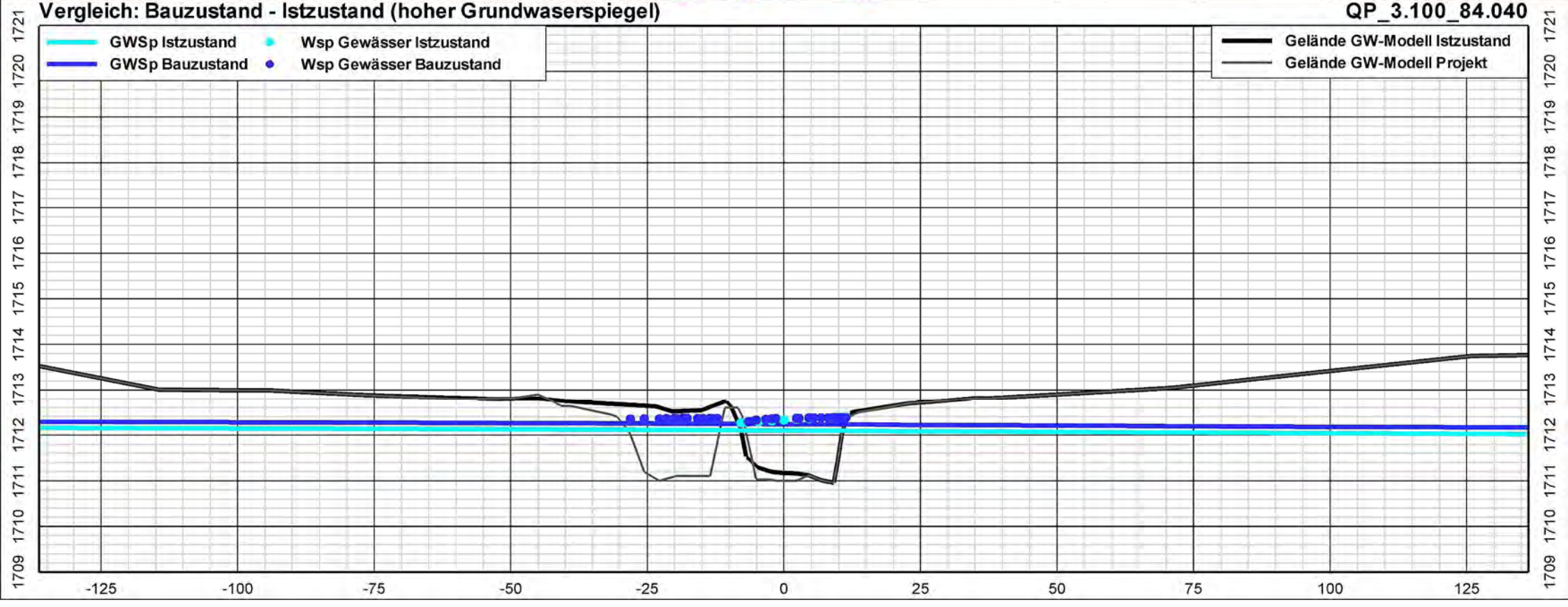


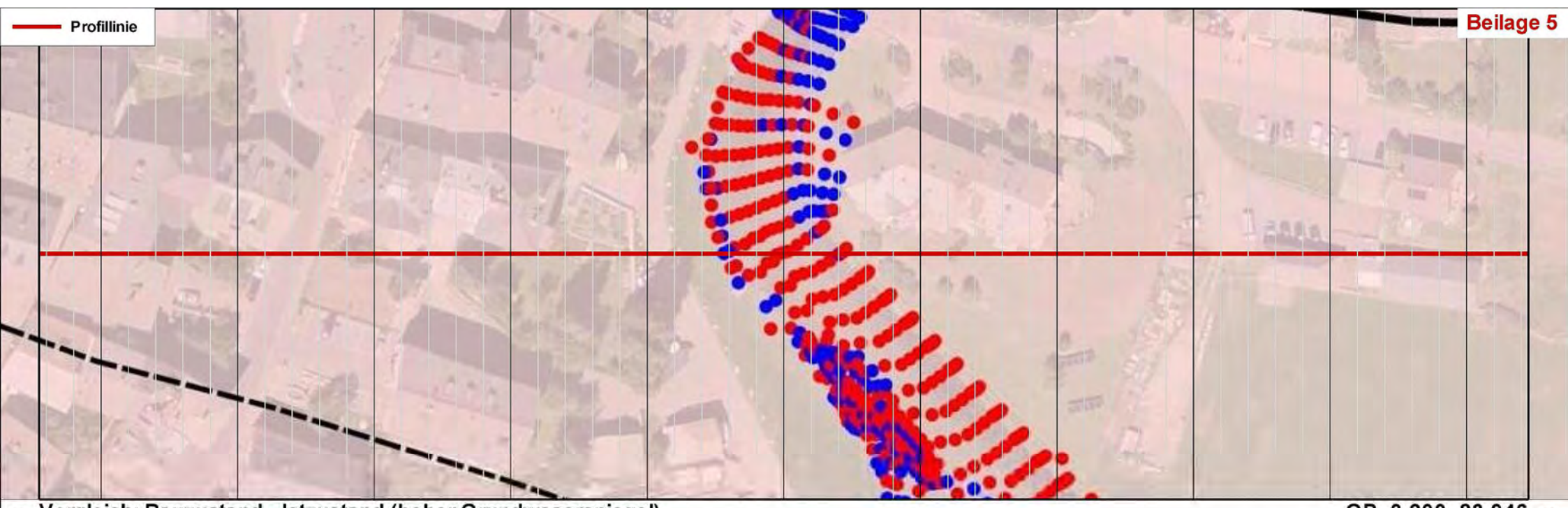

Profillinie
Beilage 5
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_3.000_84.139
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125

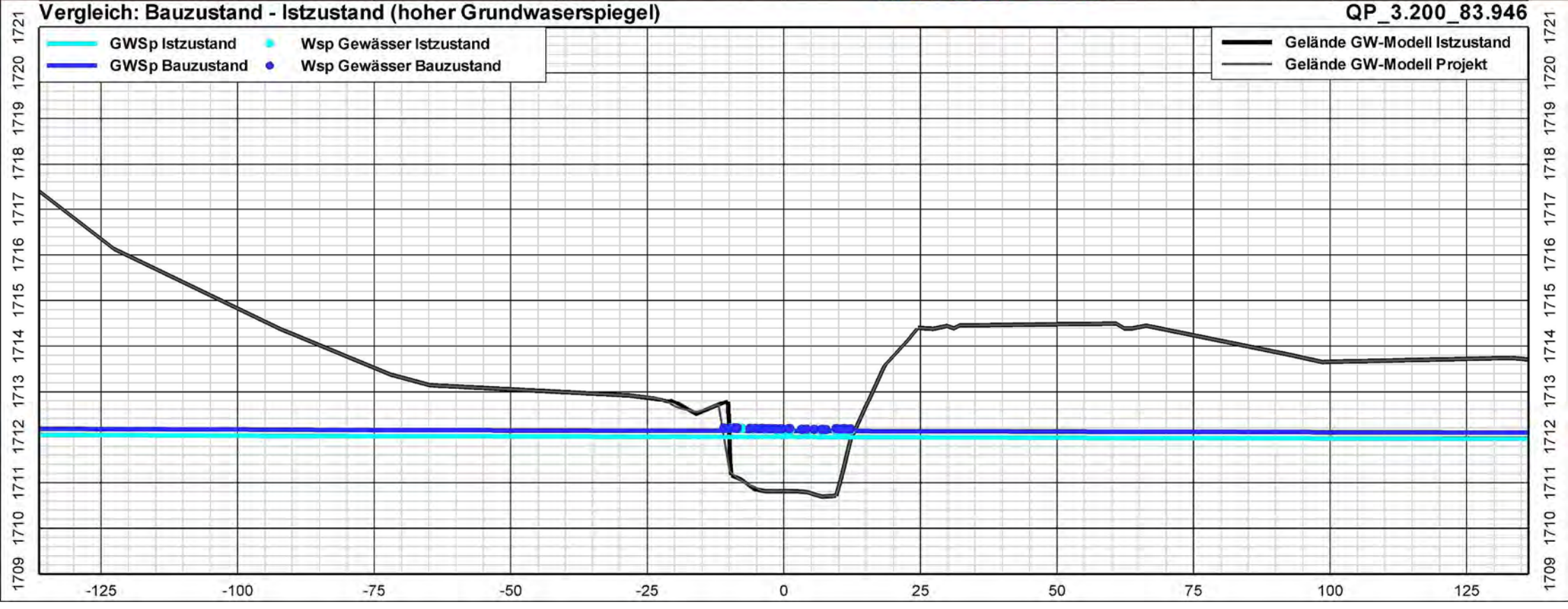


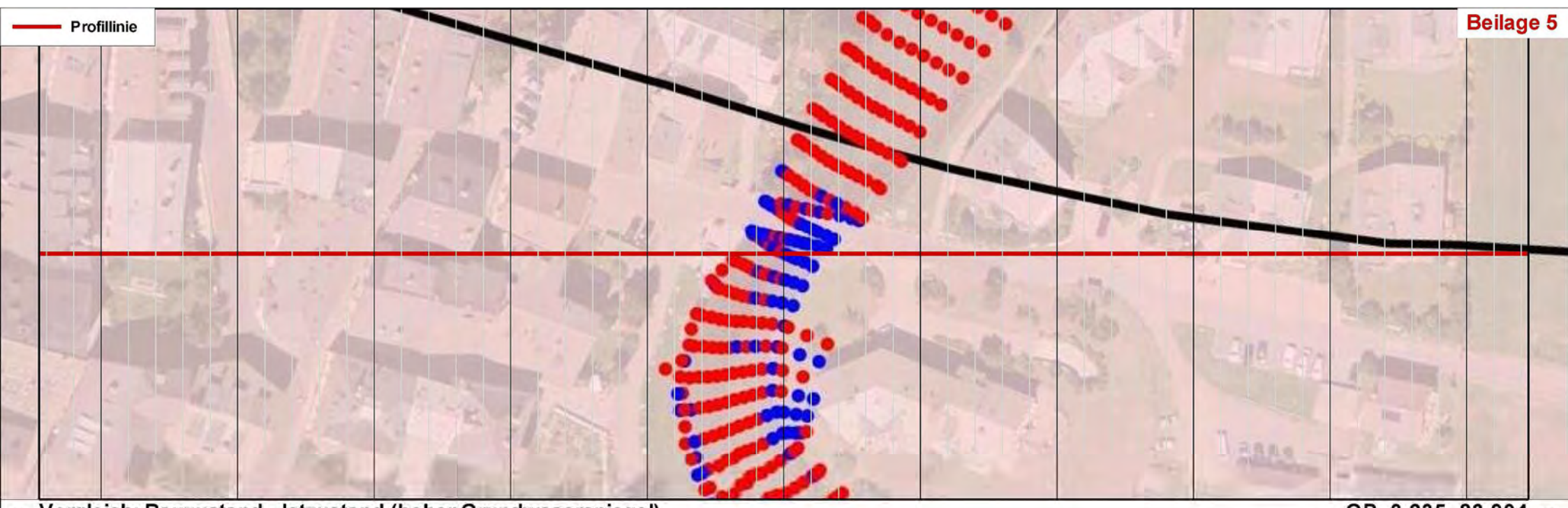
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_3.100_84.040



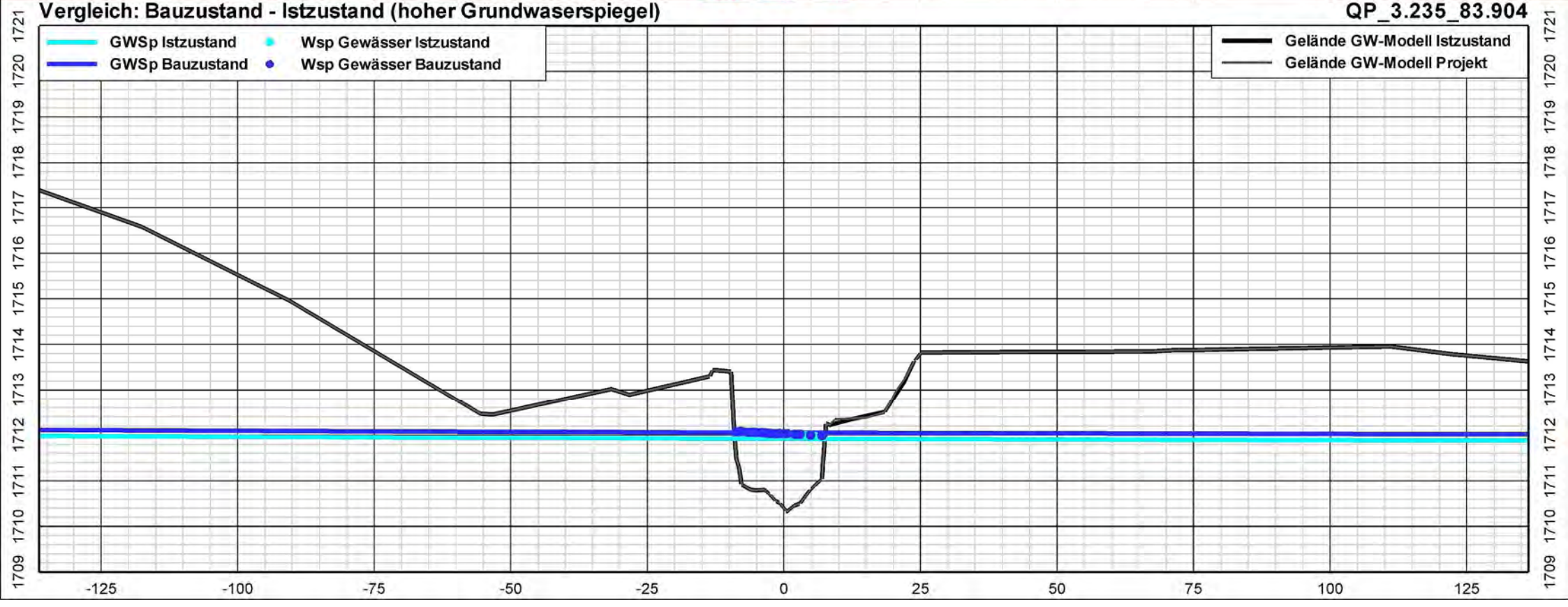

Profillinie

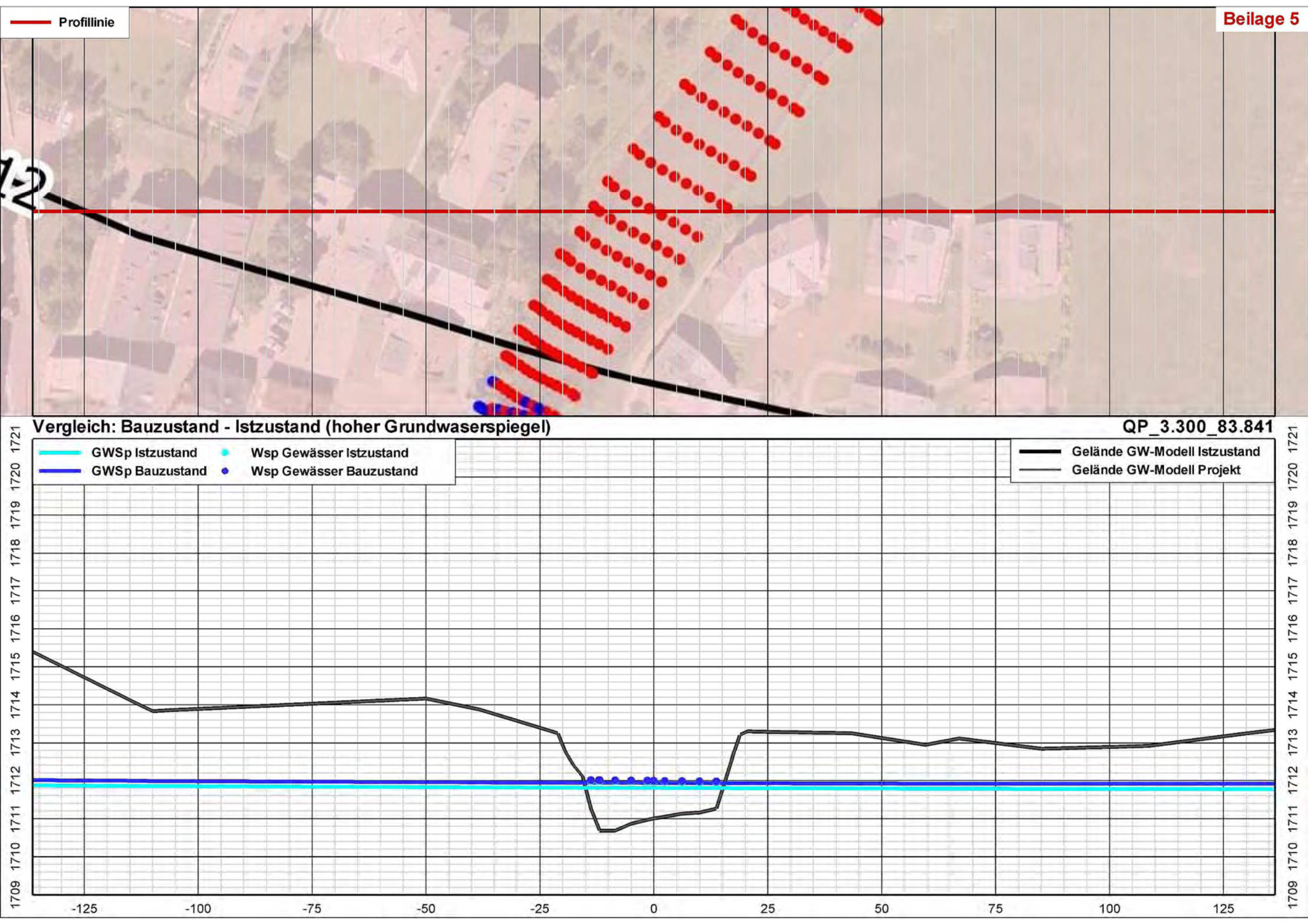

Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_3.200_83.946
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125

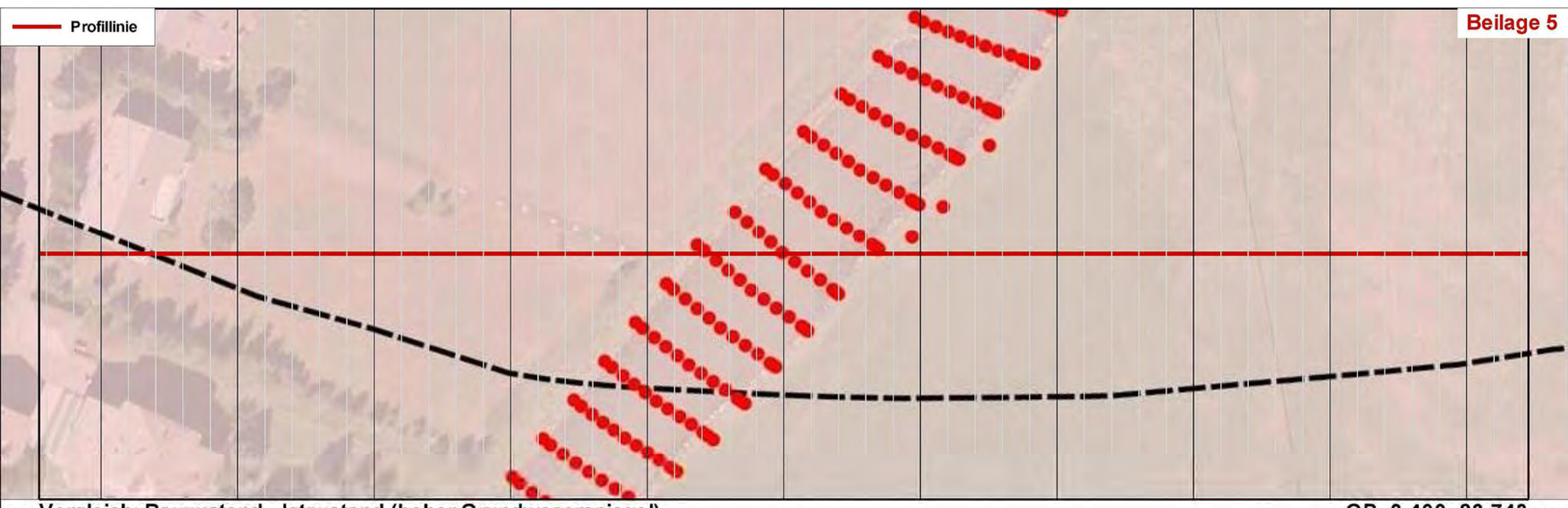


Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_3.235_83.904

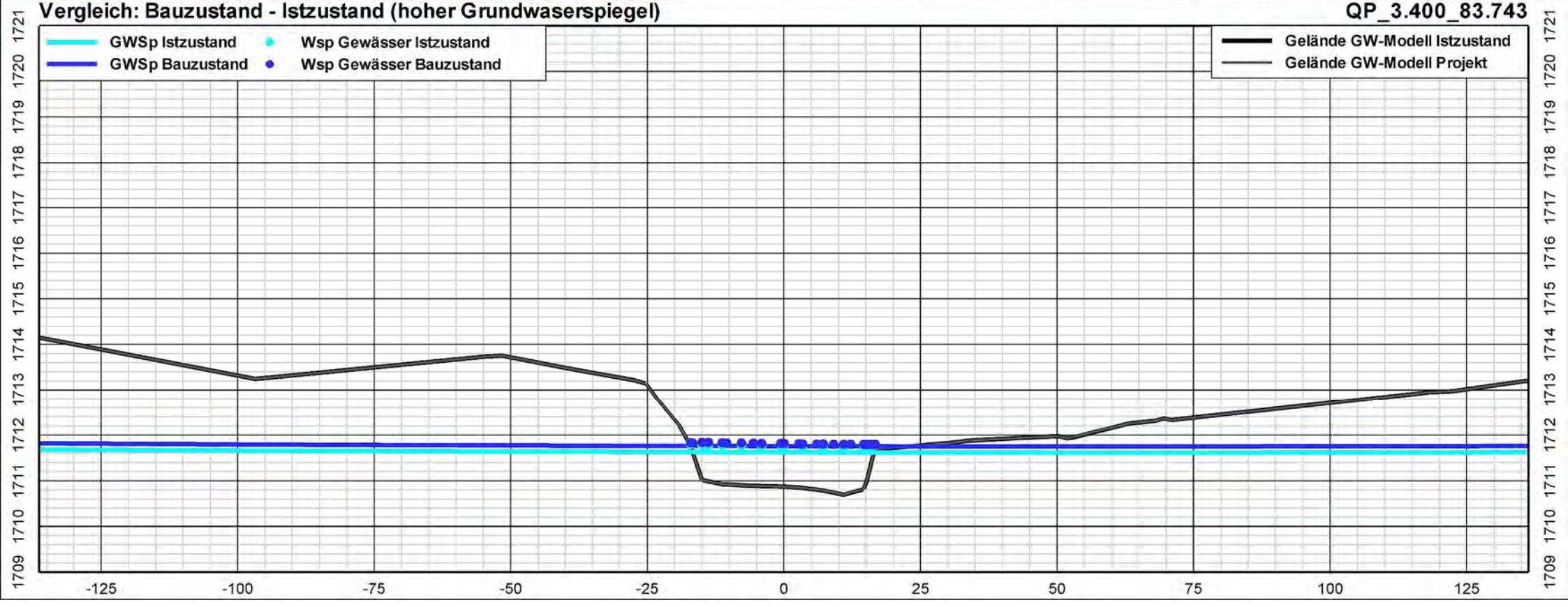


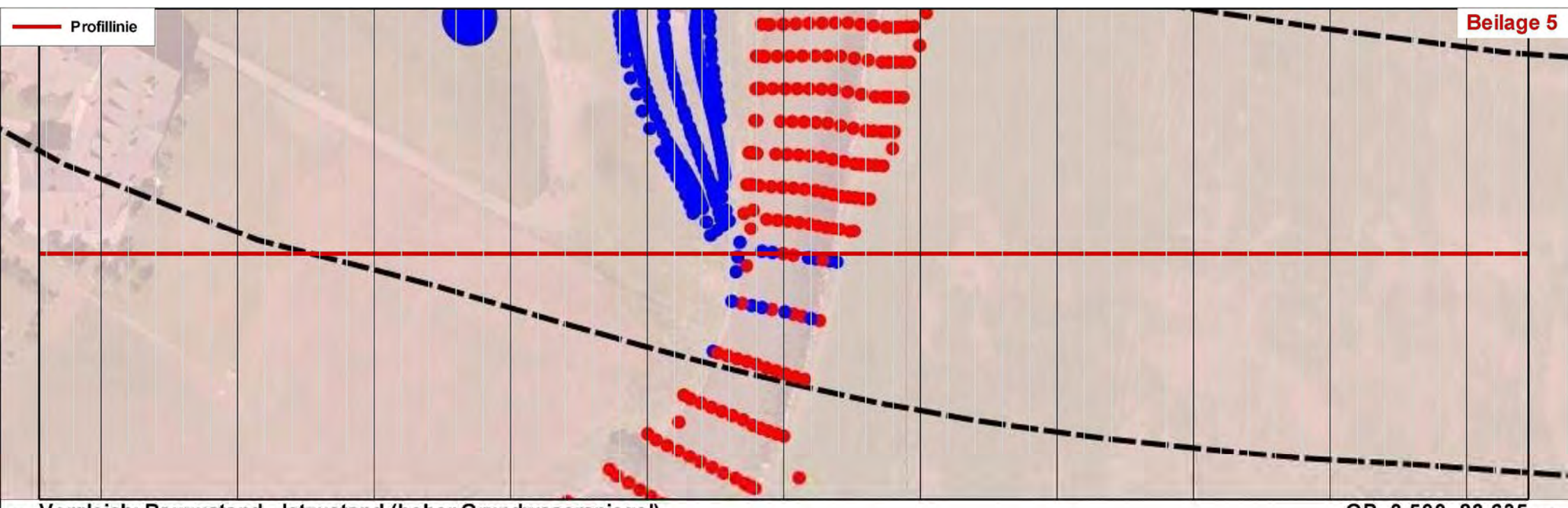

Profillinie
Beilage 5
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_3.300_83.841
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125

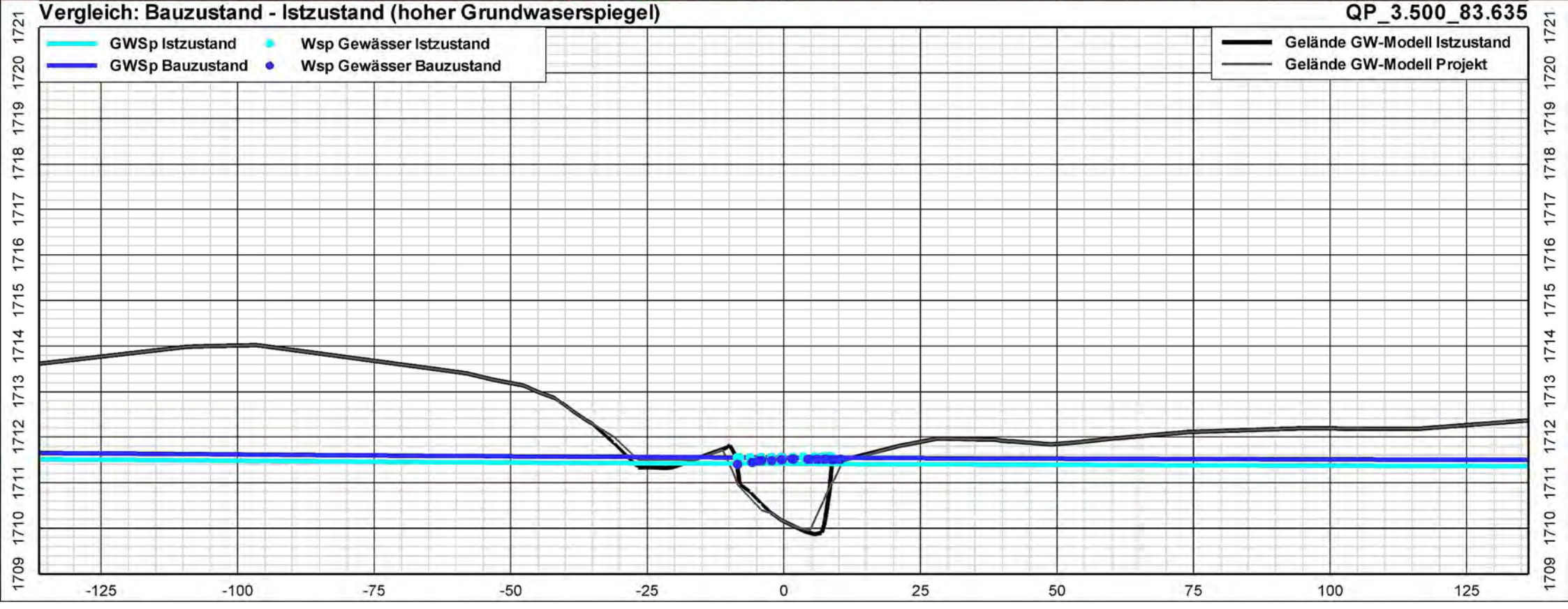


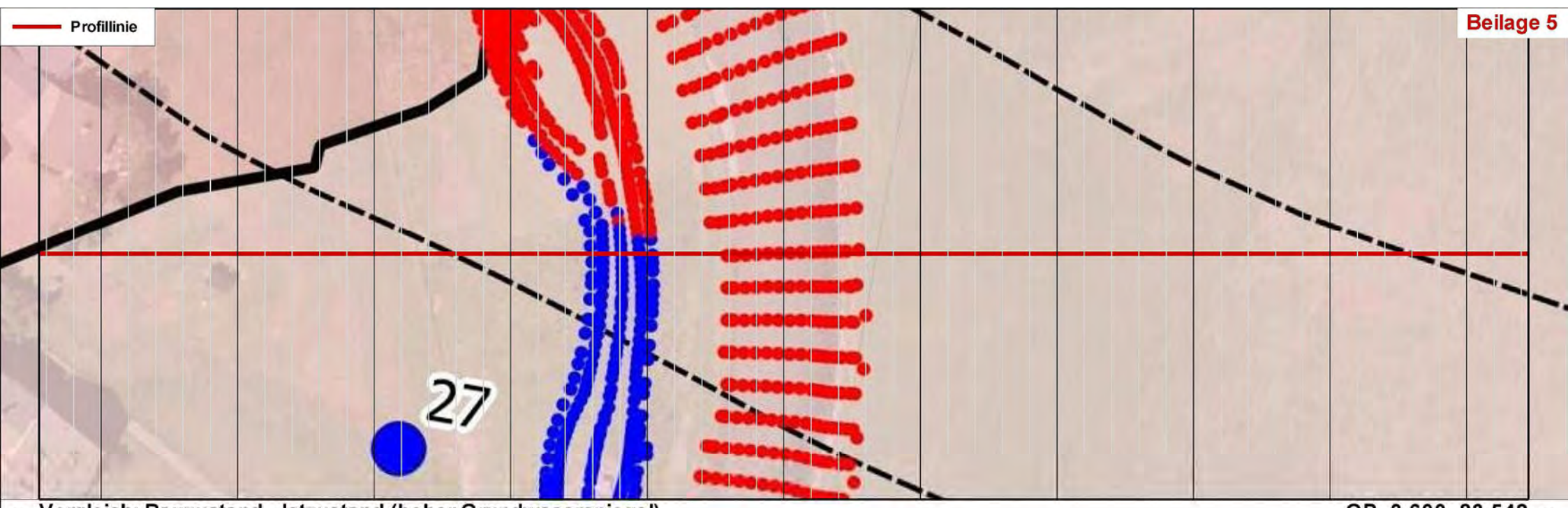
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_3.400_83.743



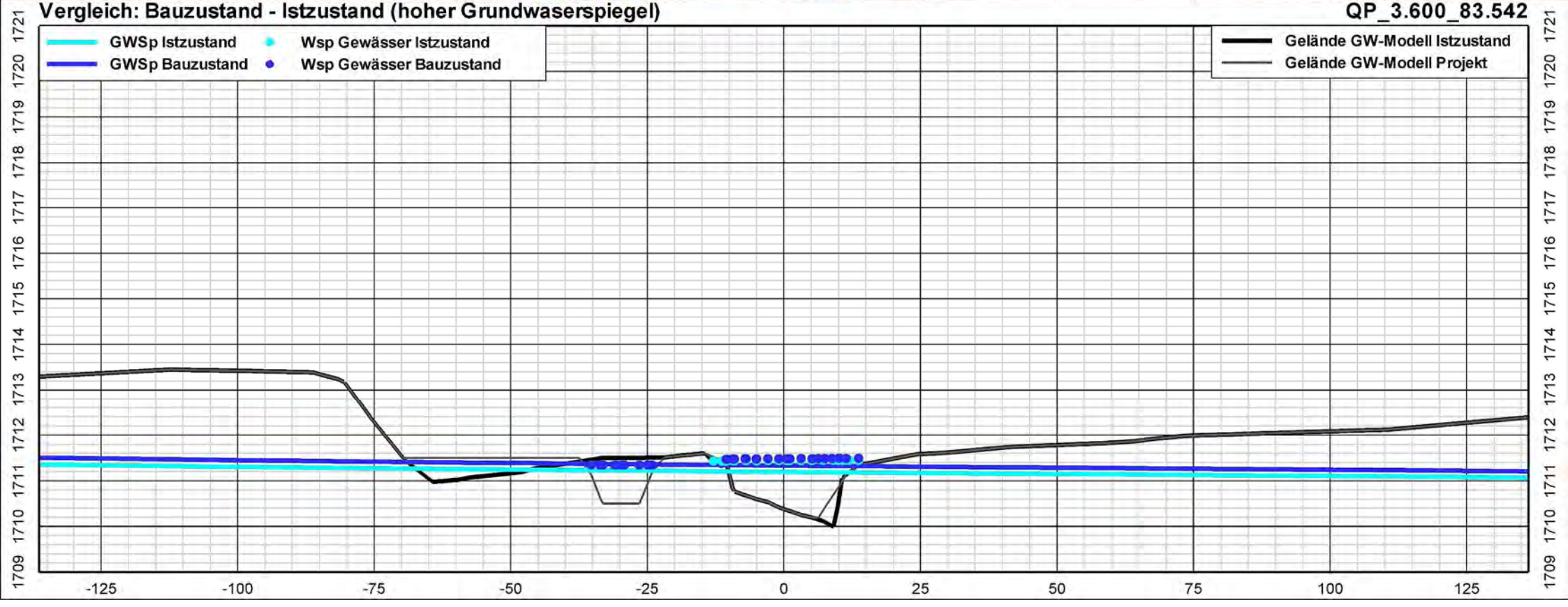

Profillinie

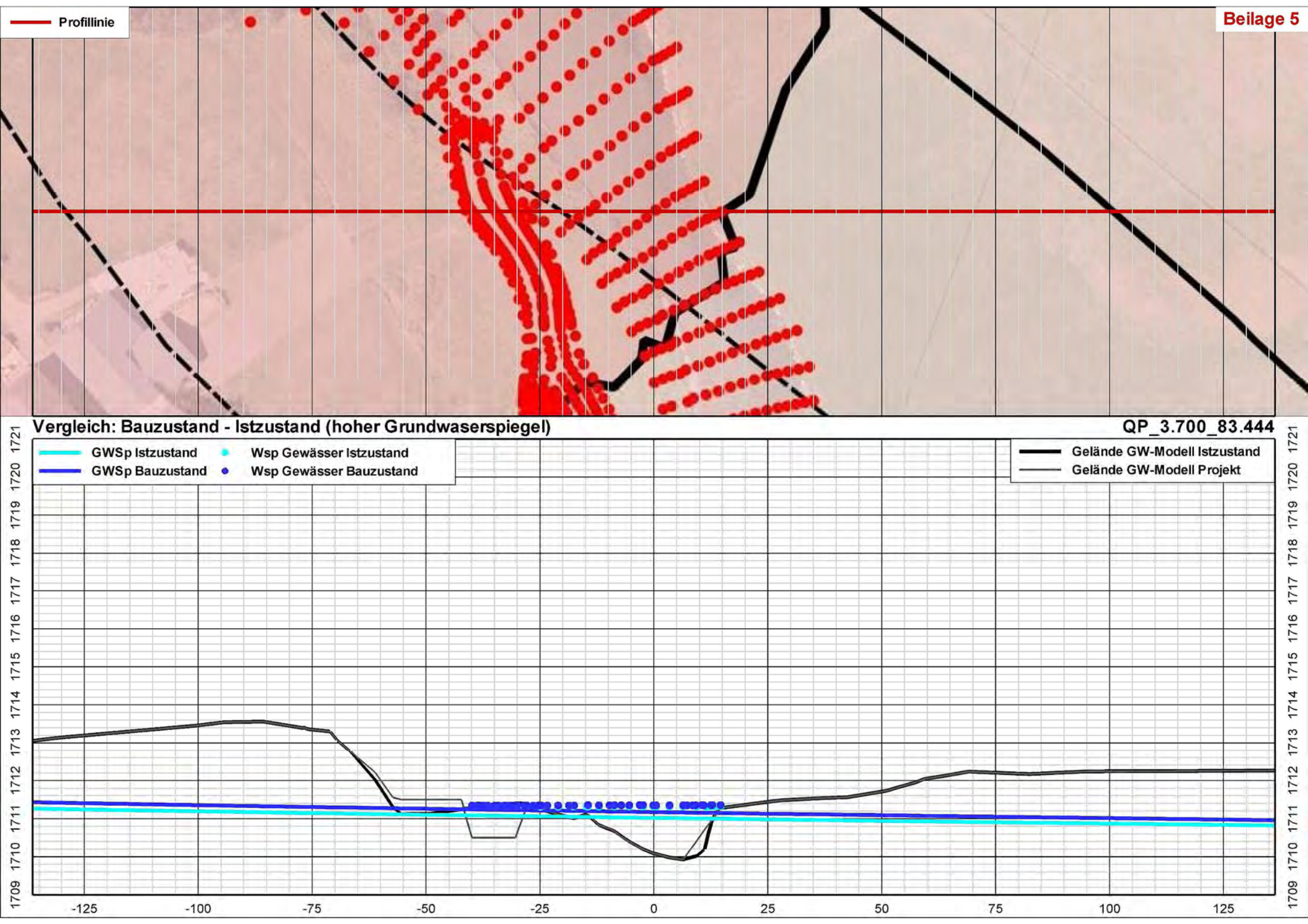

Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_3.500_83.635
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125

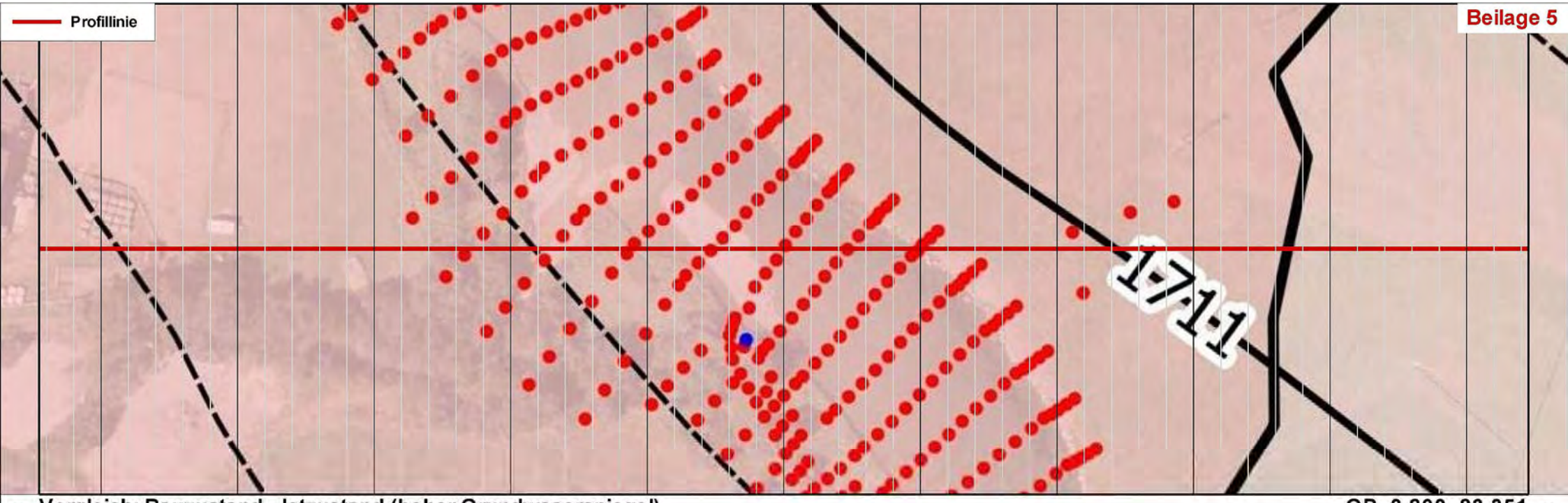


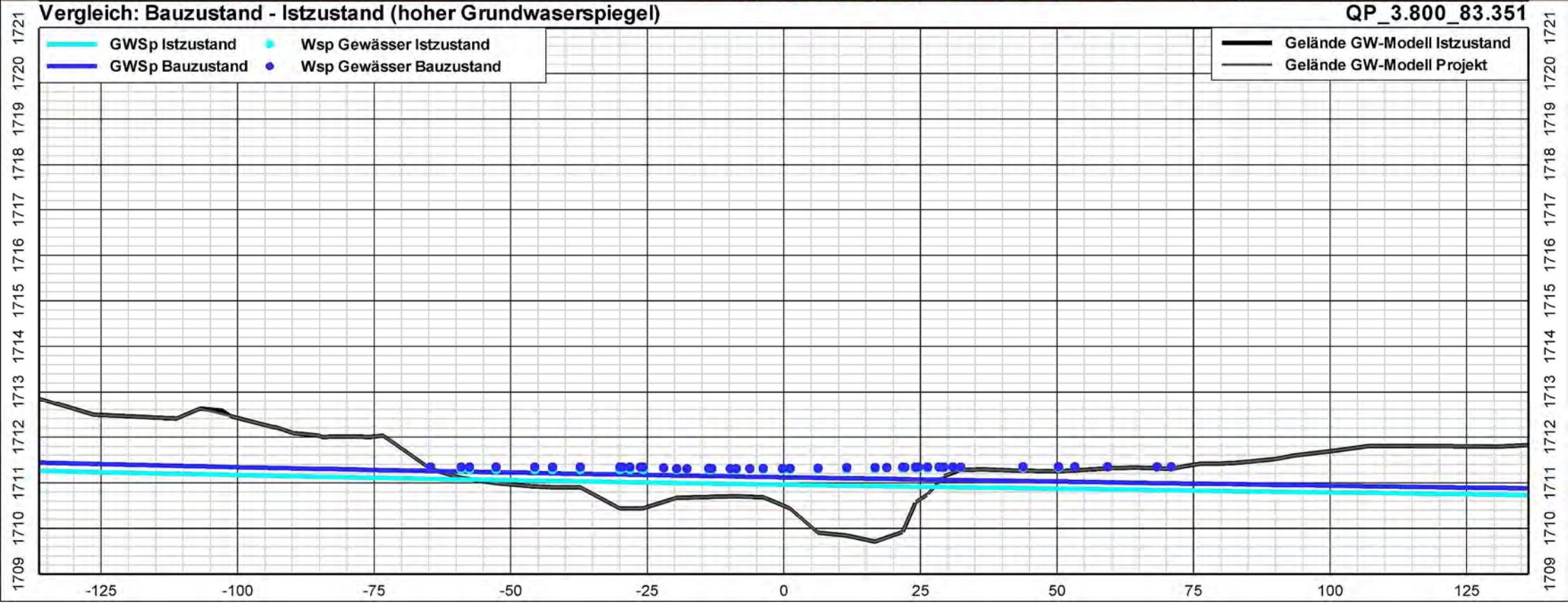
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

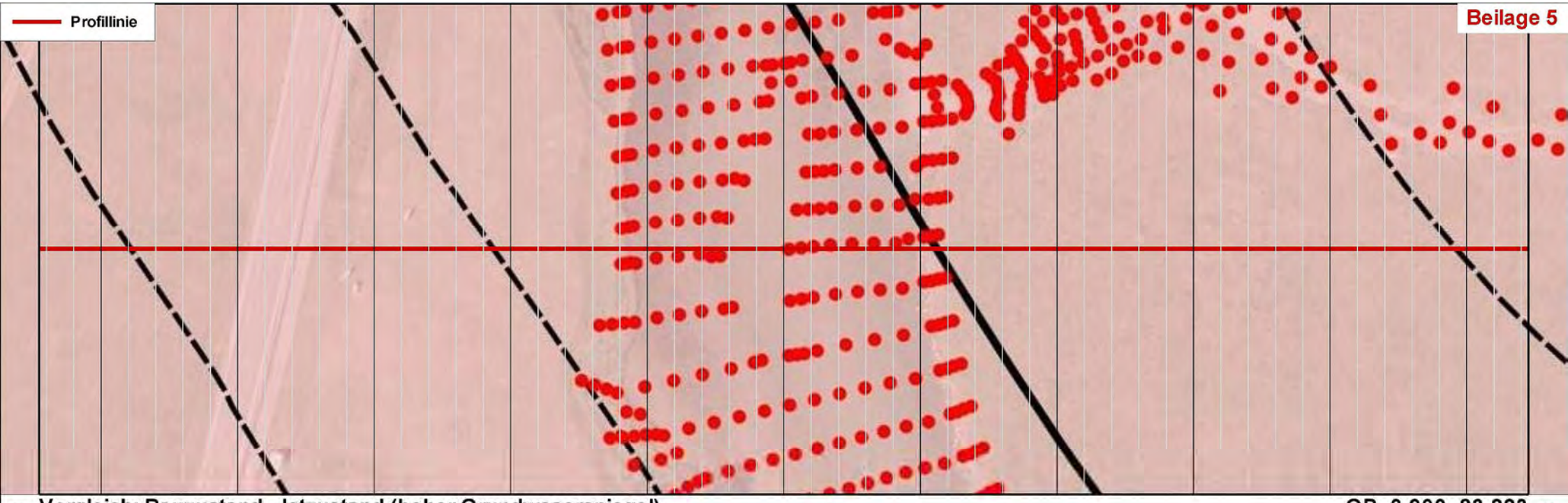
QP_3.600_83.542

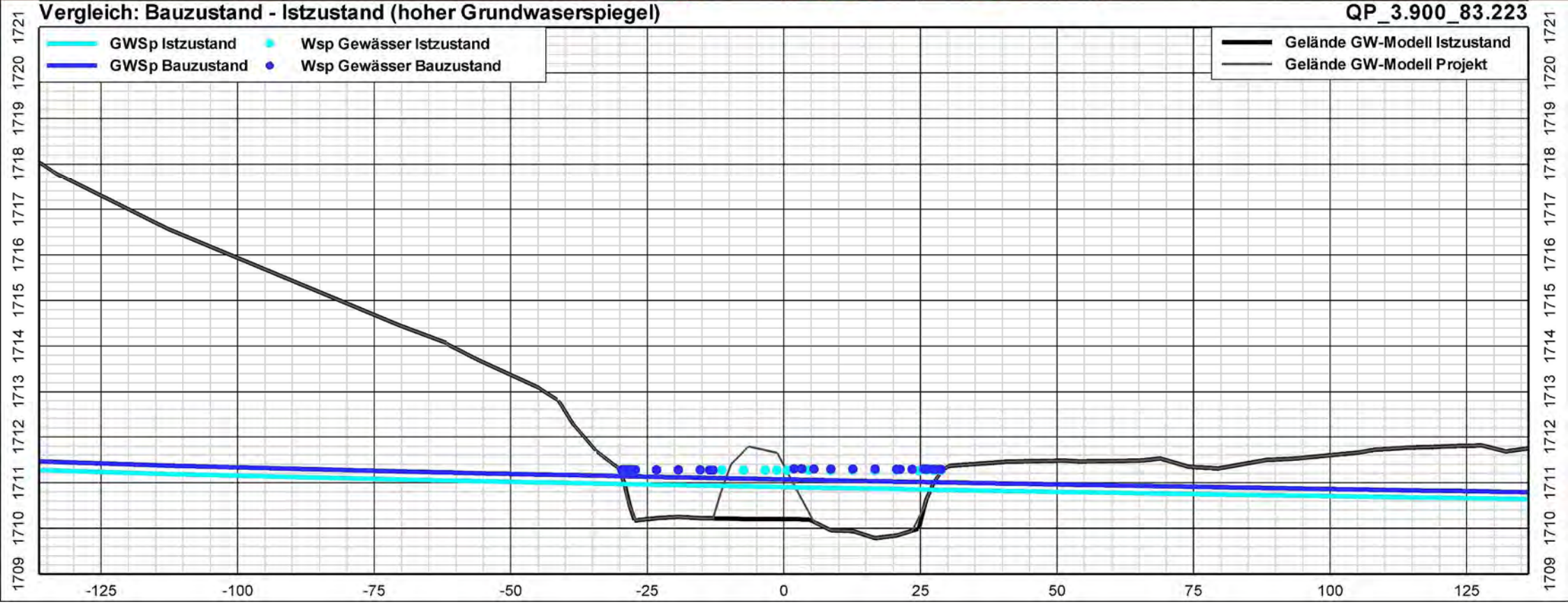


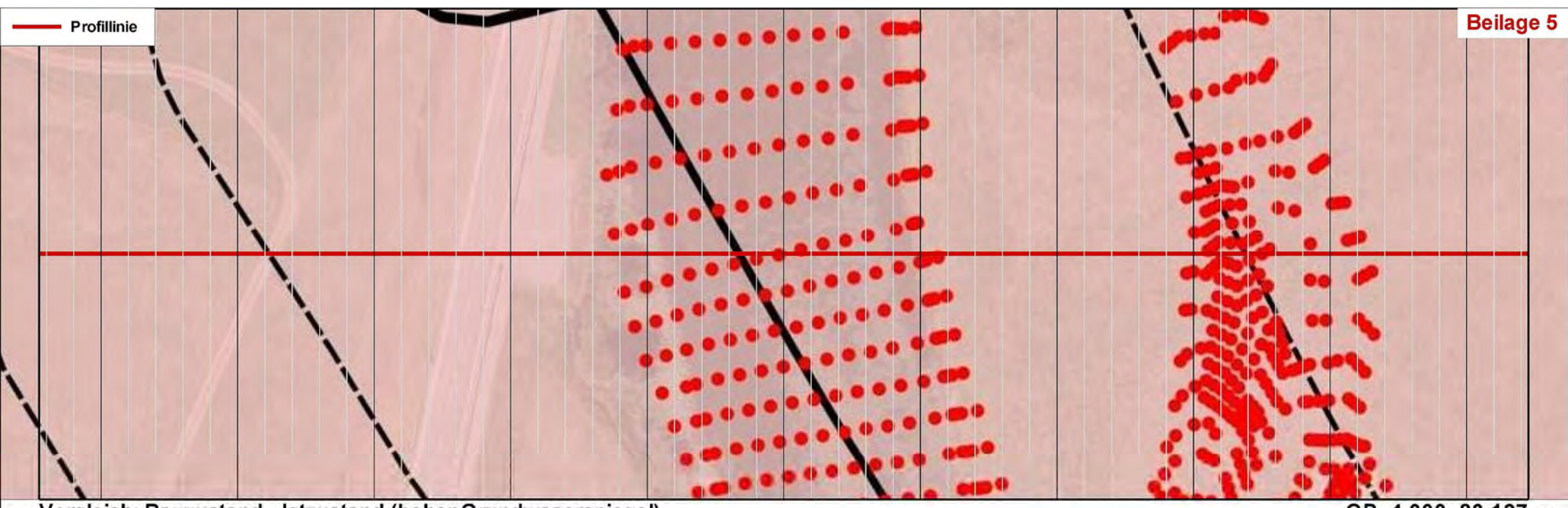

Profillinie
Beilage 5
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_3.700_83.444
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125


Profillinie
1711


Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_3.800_83.351
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125

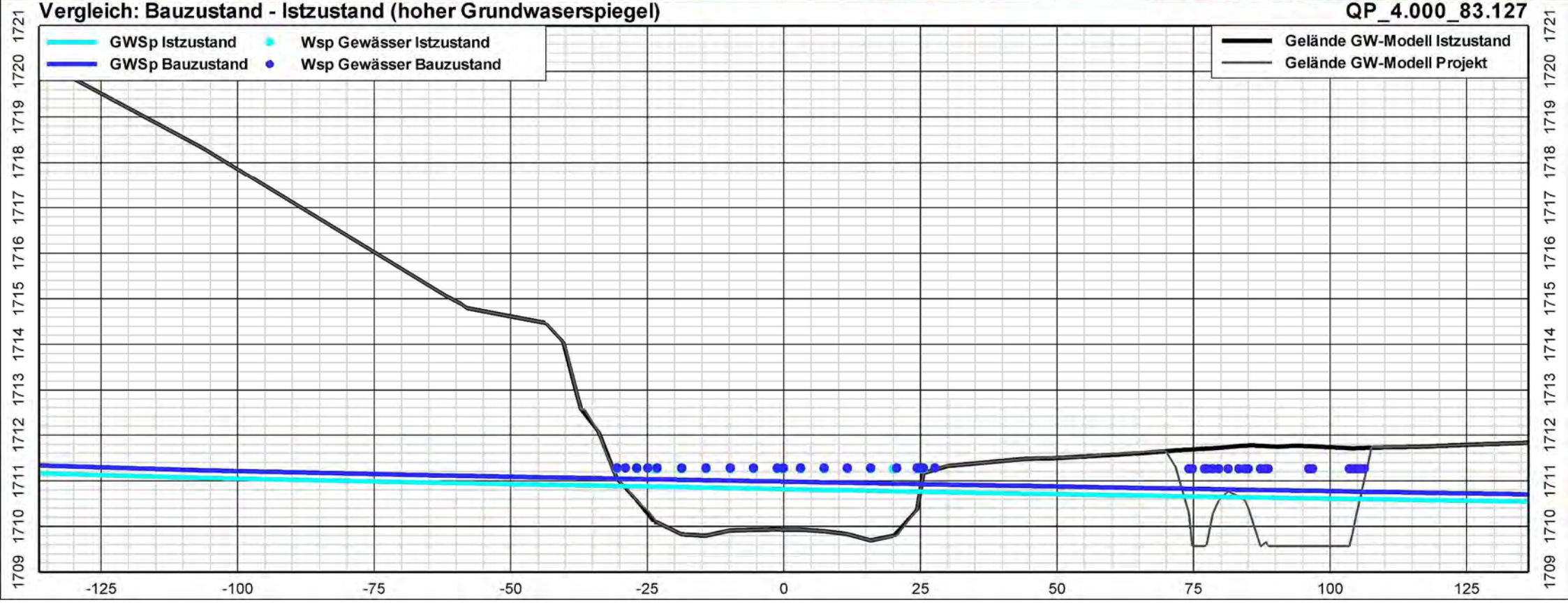

Profillinie

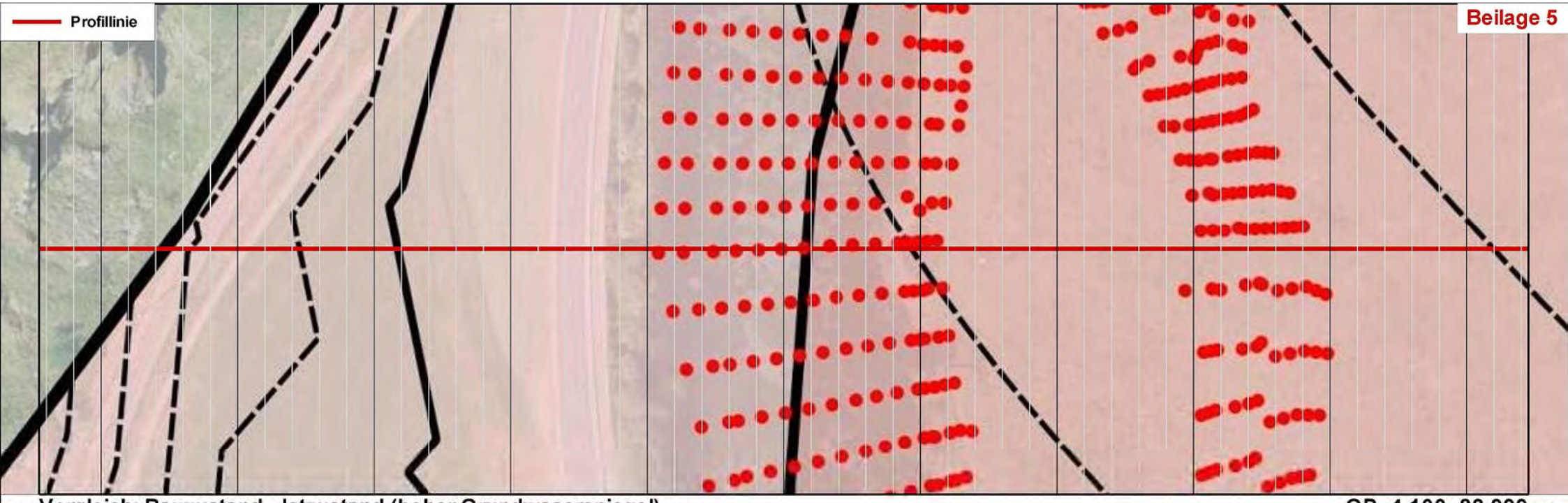

Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_3.900_83.223
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125



Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

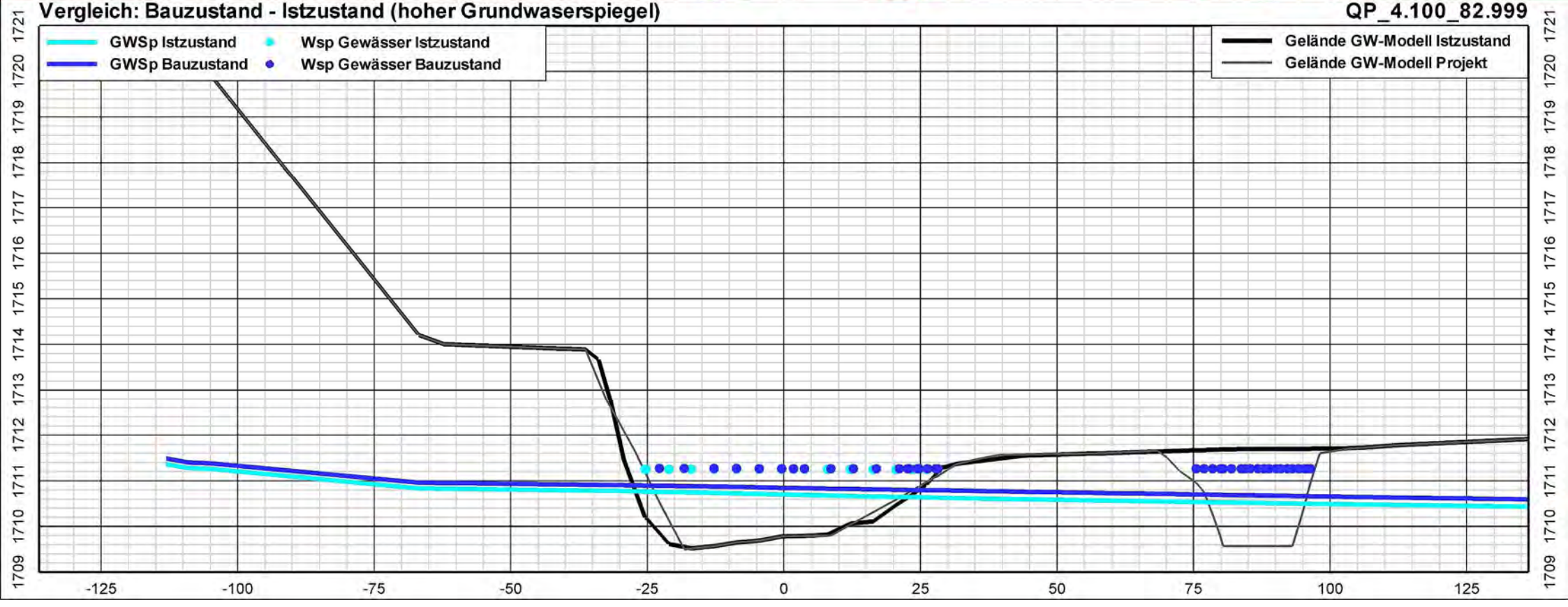
QP_4.000_83.127





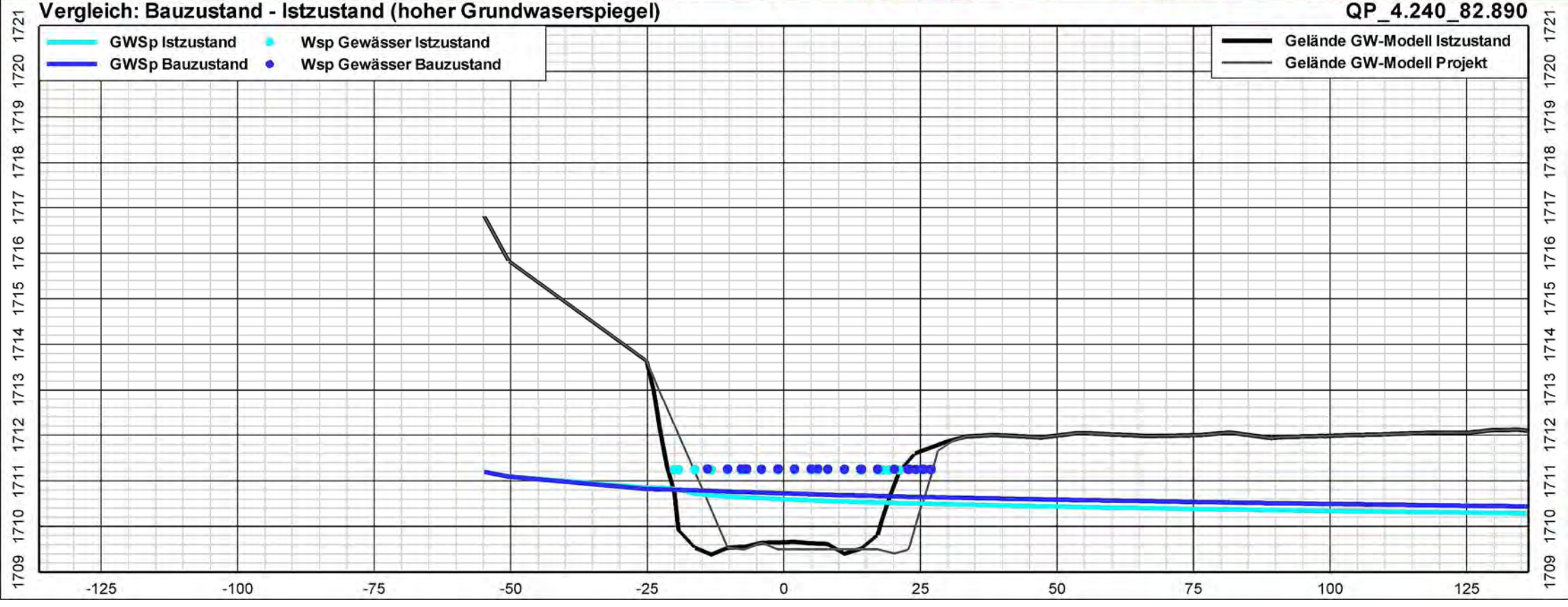
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

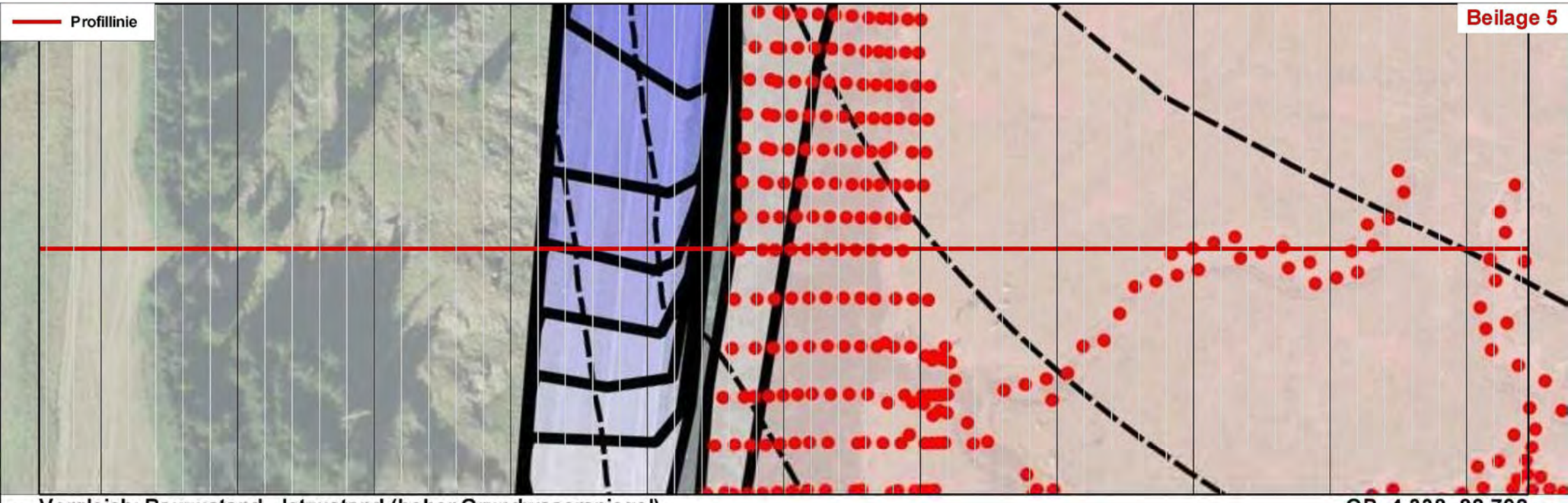
QP_4.100_82.999



Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

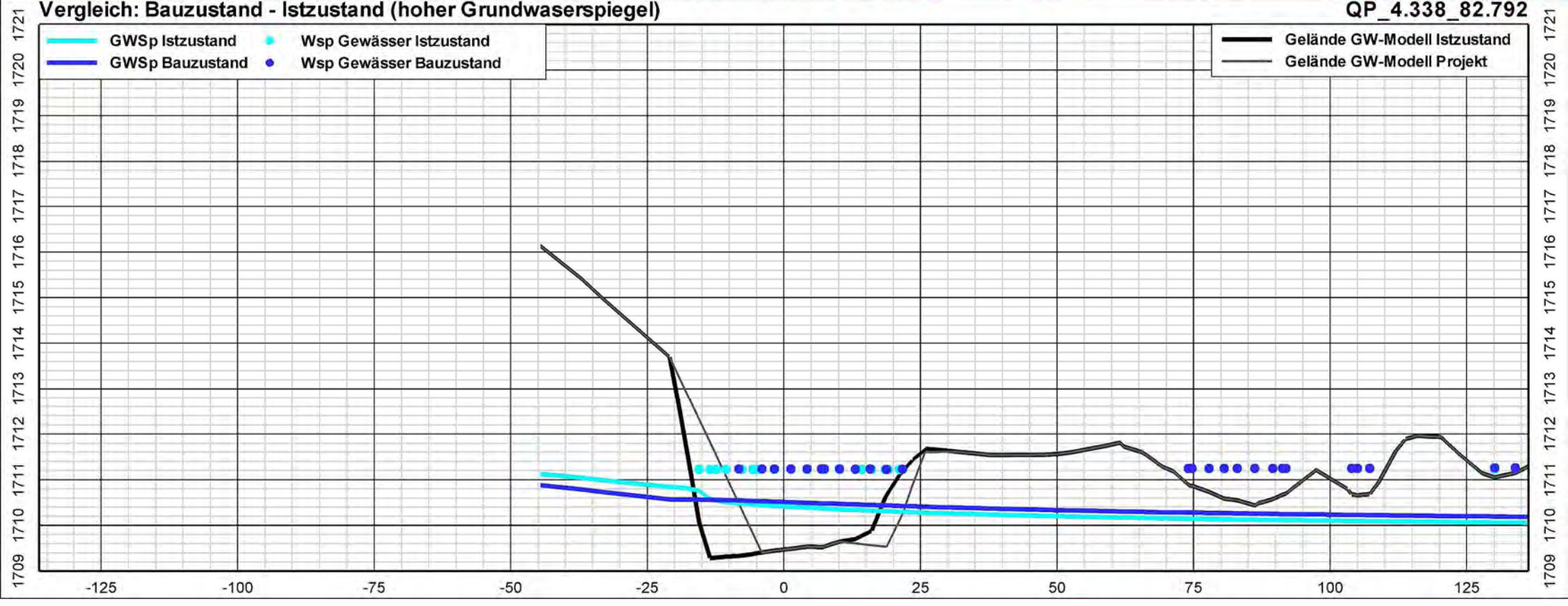
QP_4.240_82.890

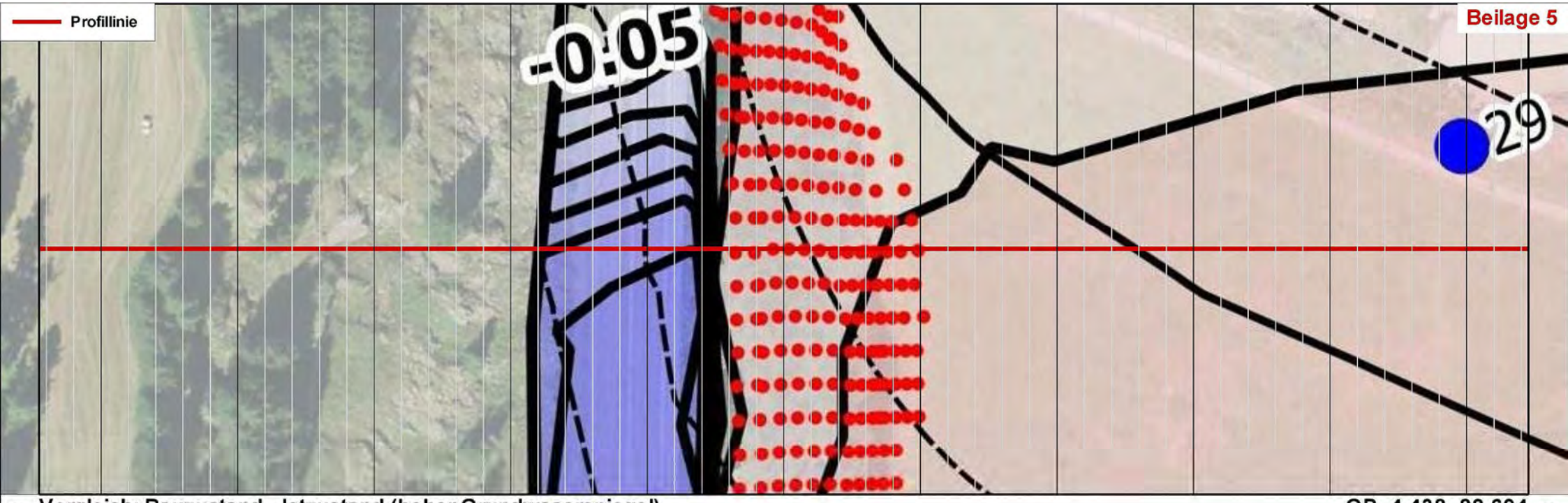


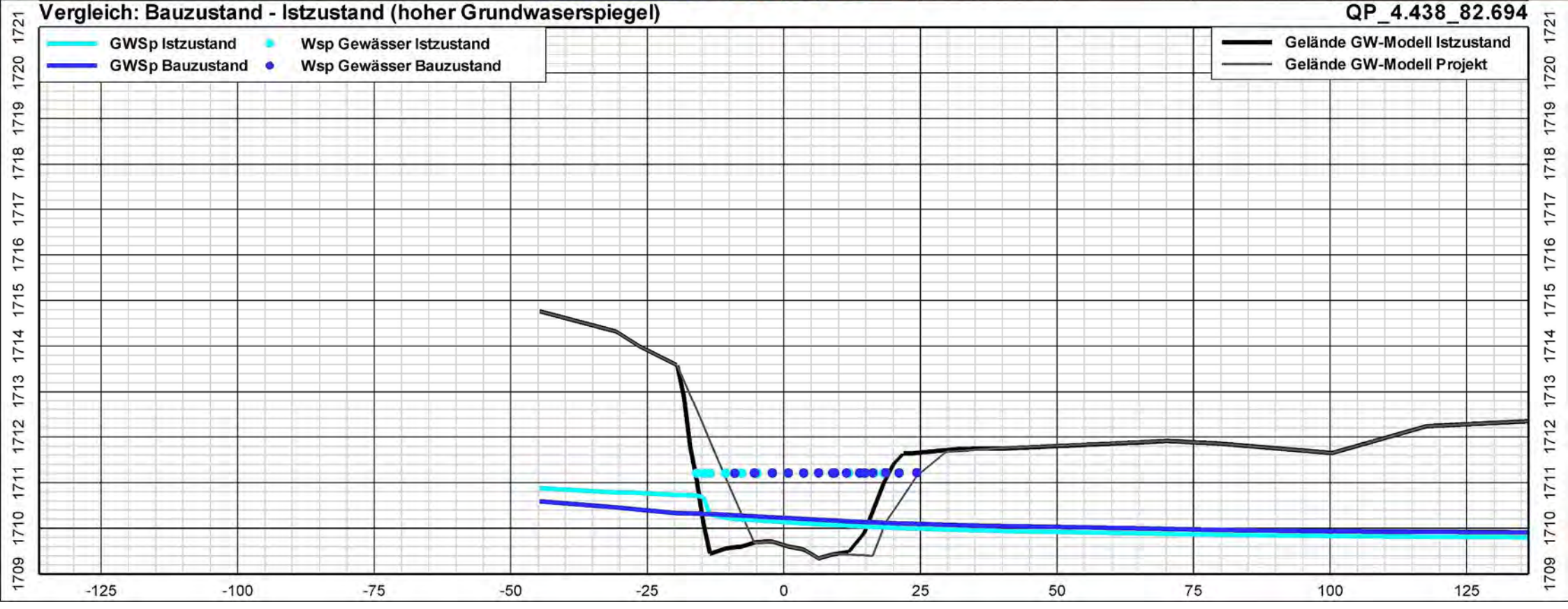


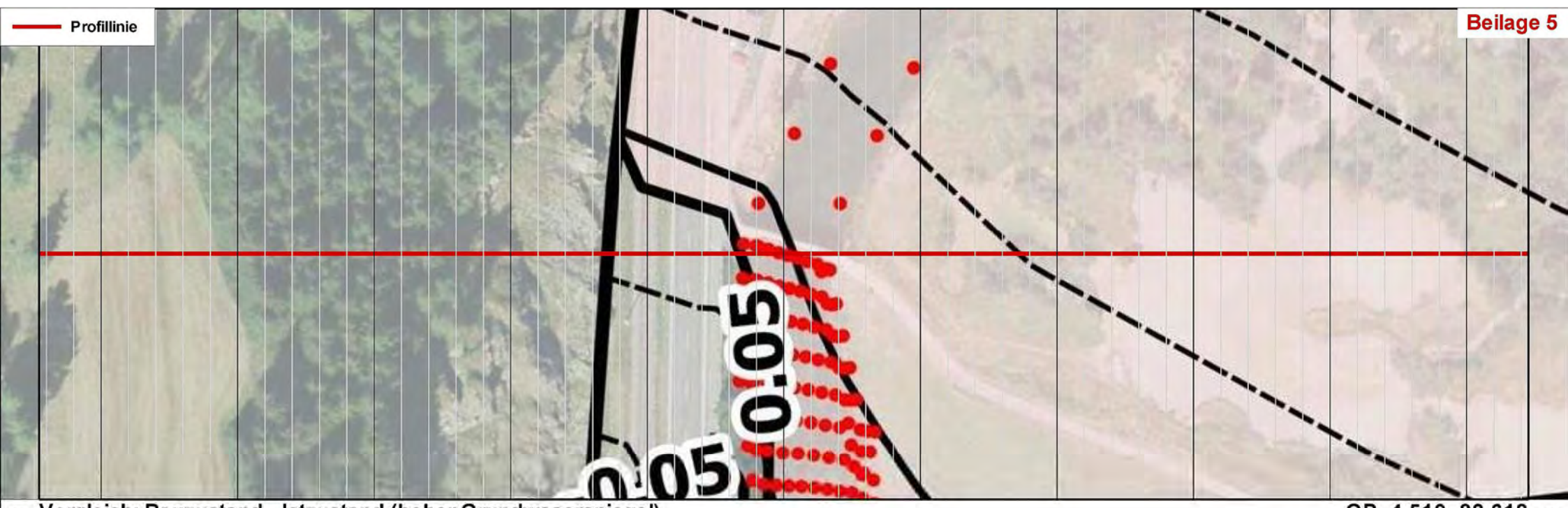
Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_4.338_82.792



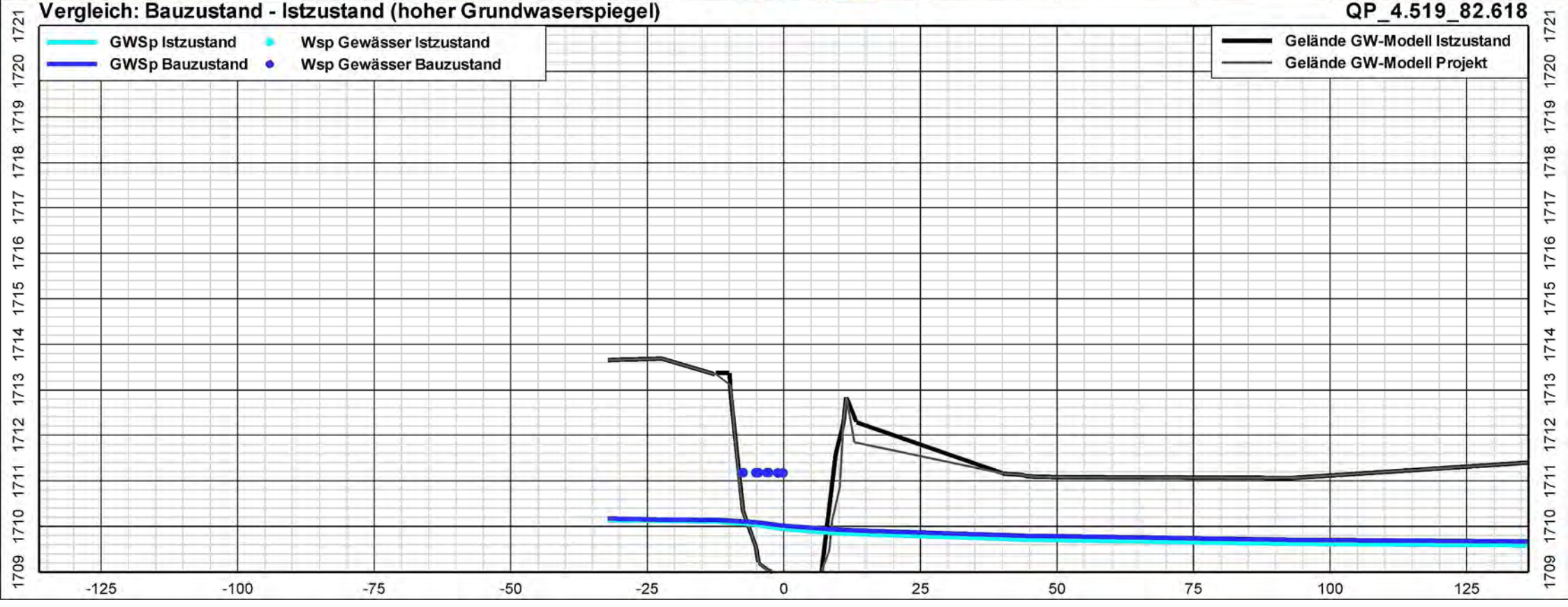

Profillinie
-0.05
29


Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)
QP_4.438_82.694
GWSp Istzustand
GWSp Bauzustand
Wsp Gewässer Istzustand
Wsp Gewässer Bauzustand
Gelände GW-Modell Istzustand
Gelände GW-Modell Projekt
1721
1720
1719
1718
1717
1716
1715
1714
1713
1712
1711
1710
1709
-125
-100
-75
-50
-25
0
25
50
75
100
125



Vergleich: Bauzustand - Istzustand (hoher Grundwaserspiegel)

QP_4.519_82.618



785000 785500 786000 786500 787000

155000 154500 154000 153500

4.701 4.601 4.519 4.438 4.338 4.240 4.100 4.000 3.900 3.800 3.700 3.600 3.500 3.400 3.300 3.225 3.200 3.100 3.000 2.900 2.840 2.825 2.800 2.700 2.600 2.500 2.400 2.300 2.200 2.125 2.100

4 3 2 1 5 6A 6B 6C 6D 6E

K-Werte [m/s] (Zone 4)	IST	AP BAU	AP END	VP BAU	VP END
Aufschüttung/Unverändert (rot/farblos)	5.0e-07	5.0e-07	5.0e-07	5.0e-07	5.0e-07
Abtrag (blau)	5.0e-07	5.0e-07	5.0e-07	1.0e-09	5.0e-07

K-Werte [m/s] (Zone 3)	IST	AP BAU	AP END	VP BAU	VP END
Aufschüttung/Unverändert (rot/farblos)	5.0e-07	5.0e-07	5.0e-07	5.0e-07	5.0e-07
Abtrag (blau)	5.0e-07	1.0e-05	5.0e-07	1.0e-04	5.0e-07

K-Werte [m/s] (Zone 6)	IST	AP BAU	AP END	VP BAU	VP END
6A	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06
6B	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06
6C	5.0e-06	5.0e-06 (optional: 1.0e-03)	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06
6D	2.0e-04	2.0e-04	2.0e-04	2.0e-04	2.0e-04
6E	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06	5.0e-06

K-Werte [m/s] (Zone 2)	IST	AP BAU	AP END	VP BAU	VP END
Aufschüttung/Unverändert (rot/farblos)	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06
Abtrag (blau)	4.0e-06	2.0e-03	4.0e-06	1.0e-04	4.0e-06

K-Werte [m/s] (Zone 5)	IST	AP BAU	AP END	VP BAU	VP END
Aufschüttung/Unverändert (rot/farblos)	1.0e-07	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06
Abtrag (blau)	1.0e-07	2.0e-03	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06

K-Werte [m/s] (Zone 1)	IST	AP BAU	AP END	VP BAU	VP END
Aufschüttung/Unverändert (rot/farblos)	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06	4.0e-06
Abtrag (blau)	4.0e-06	2.0e-03	4.0e-06	1.0e-04	4.0e-06

Auftraggeber:

GEMEINDE CELERINA
VSCHINAUNCHA DA SCHLARIGNA

Revitalisierung Inn Celerina - Auflageprojekt

Hydrogeologische Begleitung/ Grundwassermodellierung

Terrainveränderungen im Auflageprojekt und Durchlässigkeiten im Untergrund

Beilage 6

Legende

- Modellrand
- Querprofile Inn [km]
- Zonen

Geländeveränderung [m]

- <= -1.5
- -1.5 - -1.0
- -1.0 - -0.5
- -0.5 - -0.1
- -0.1 - 0.1
- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- > 1.5

Version	Datum	Erstellt	Geprüft	Änderungsdokumentation
1.0	06.05.2020	BAM	KUR	Erste Version

Projektnr.: 23.023-2//GR573D
Grösse: DIN A3

Massstab: 1:8'000
0 50 100 150 200 m

Auftragnehmer:

TK CONSULT AG
NUMERISCHE MODELLIERUNGEN
Neugasse 136, Zürich/ +41 (0)44 288 81 81/ tkconsult.ch

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur
SCH

GR573D
Revitalisierungen Inn Celerina
Grundwassermodellierungen Stufe Auflageprojekt
Fachbericht Grundwasser

Beilage 7

Grundwassermodell Oberengadin
Modellpflege 2015

Übersichtsplan Geologie und Geologisches Längenprofil

Massstab: 1:25'000

22.7.2016 / bam

Legende (Situation)

- Modellrand
- Längenprofil
- Profillinien
- Pumpwerke
- Pegel

Geologische Einheit

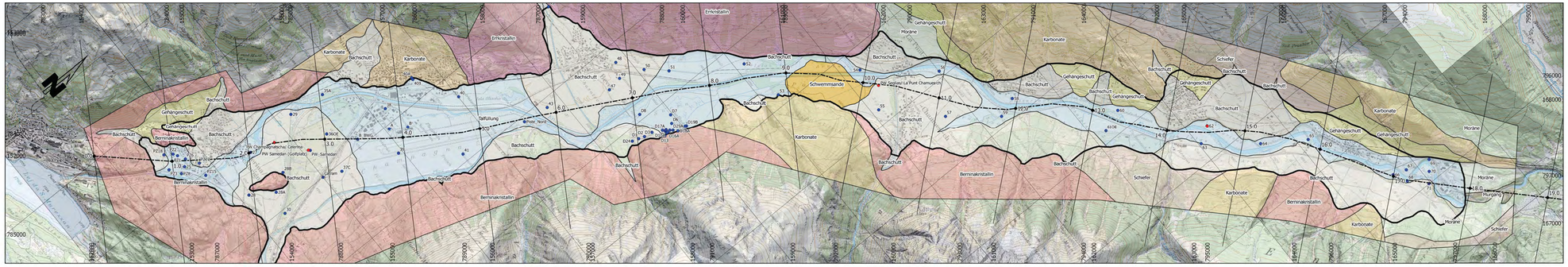
- Talfüllung
- Gehängeschutt
- Bachschutt
- Murgang
- Moräne
- Karbonate
- Schiefer
- Berninakristallin
- Errkristallin
- Schwemmsande

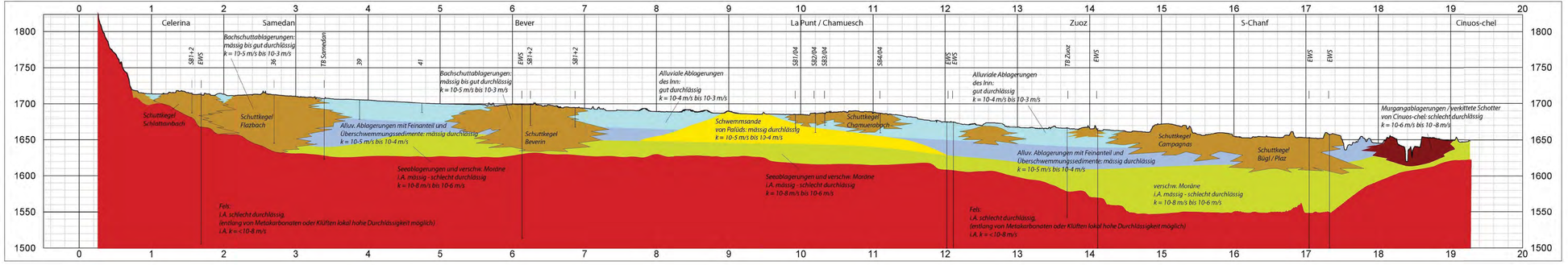
Legende (Profil)

siehe Abbildung

TK CONSULT AG
Hallenstrasse 10
8008 Zürich

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



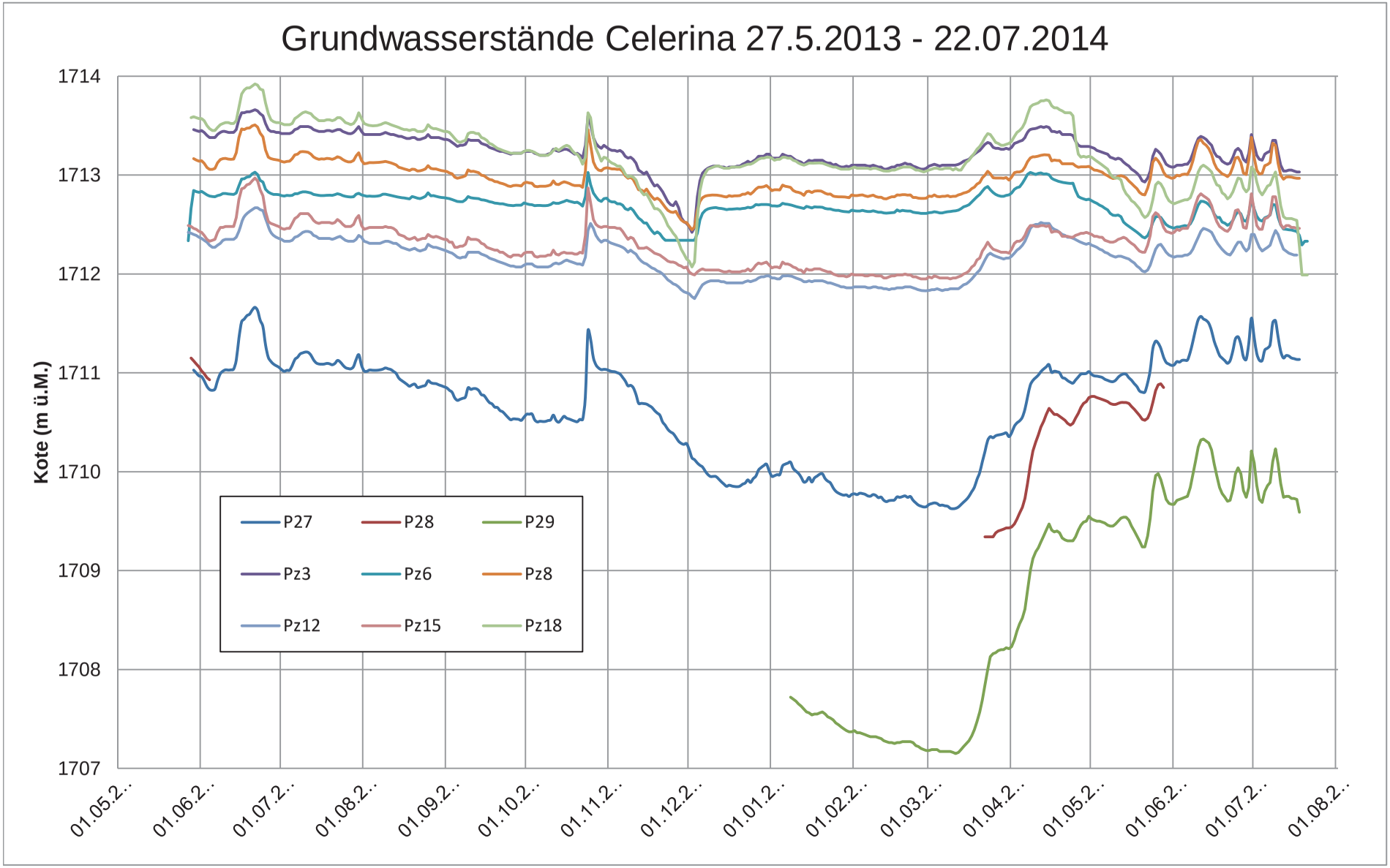


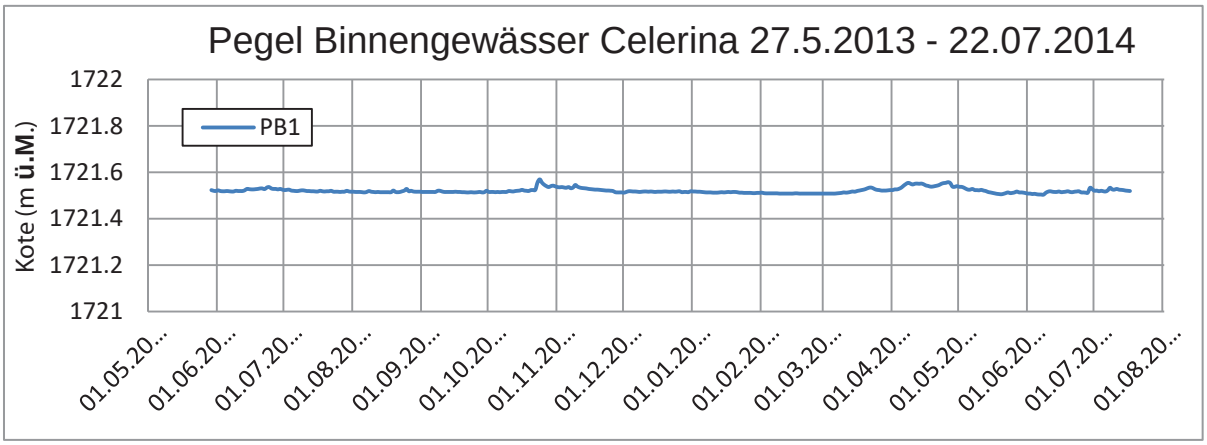
Piezometerstandorte	Celerina	1:50 00
Feldaufnahme am 31.07.2013	31.7.2013 / EDY TO SCANO AG, buc	

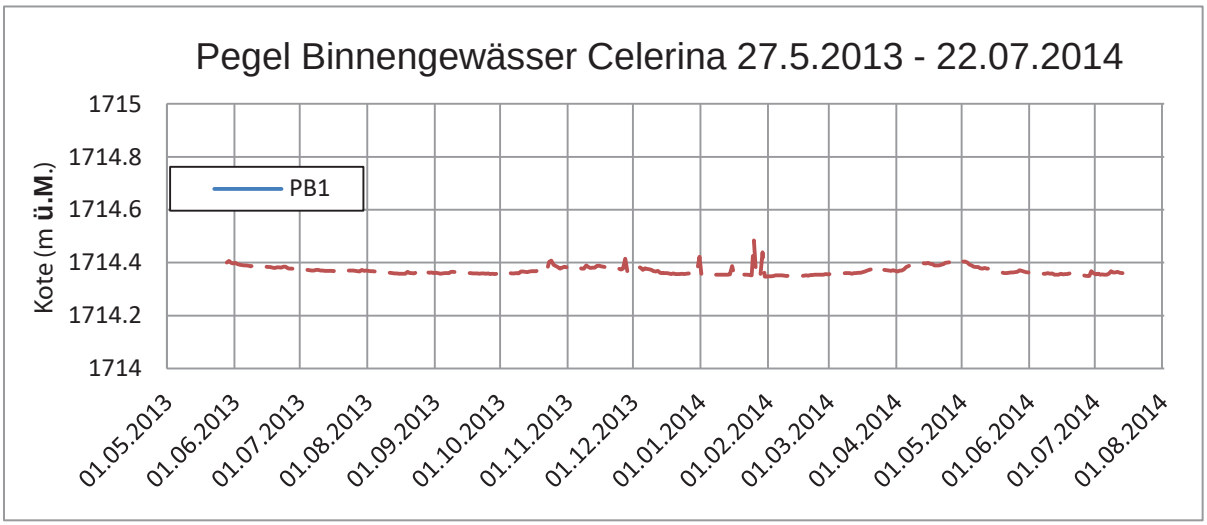
Beilage 8

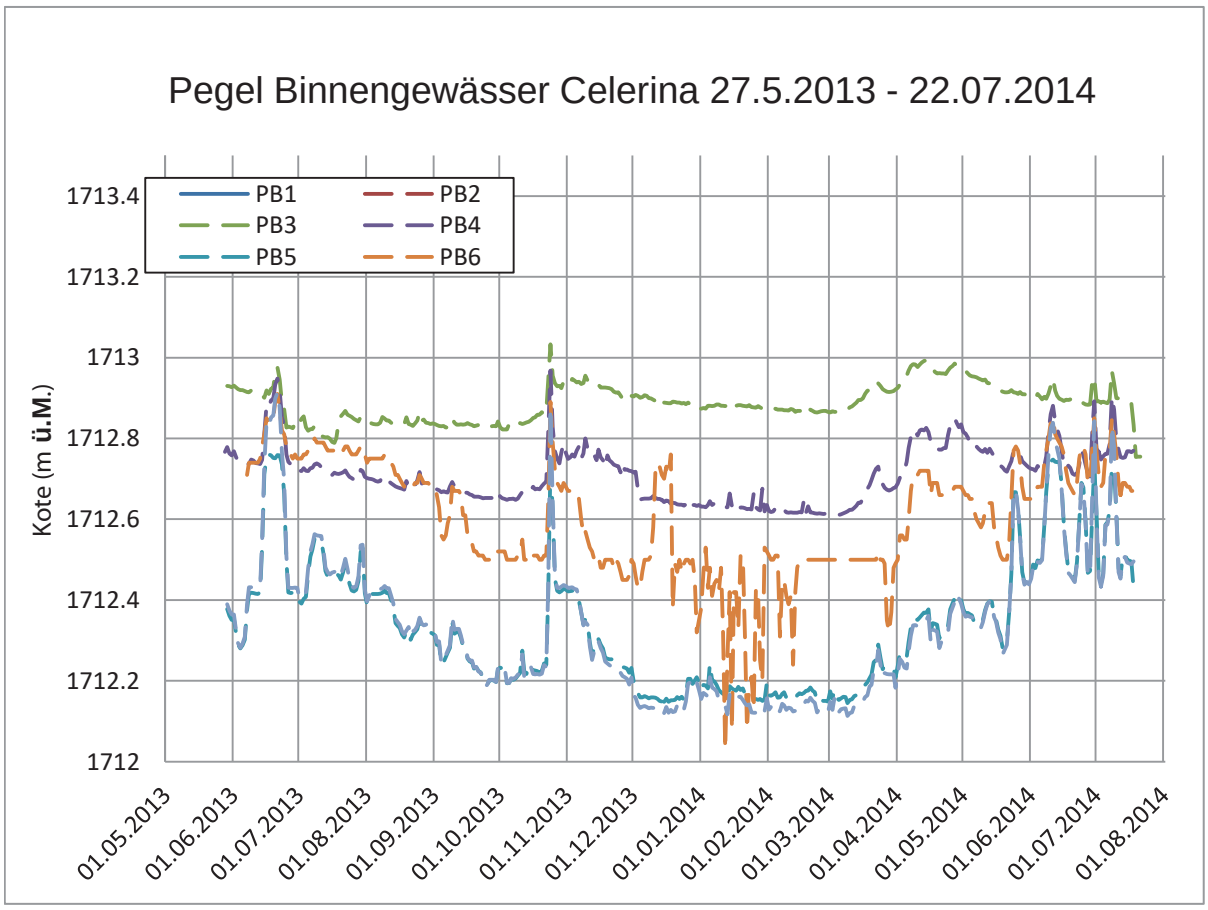
20 0 074 Revitalisierung Inn	Celerina	1:20 00
Standorte Messs tationen	14.6.2013 / EDY TO SCANO AG, buc	

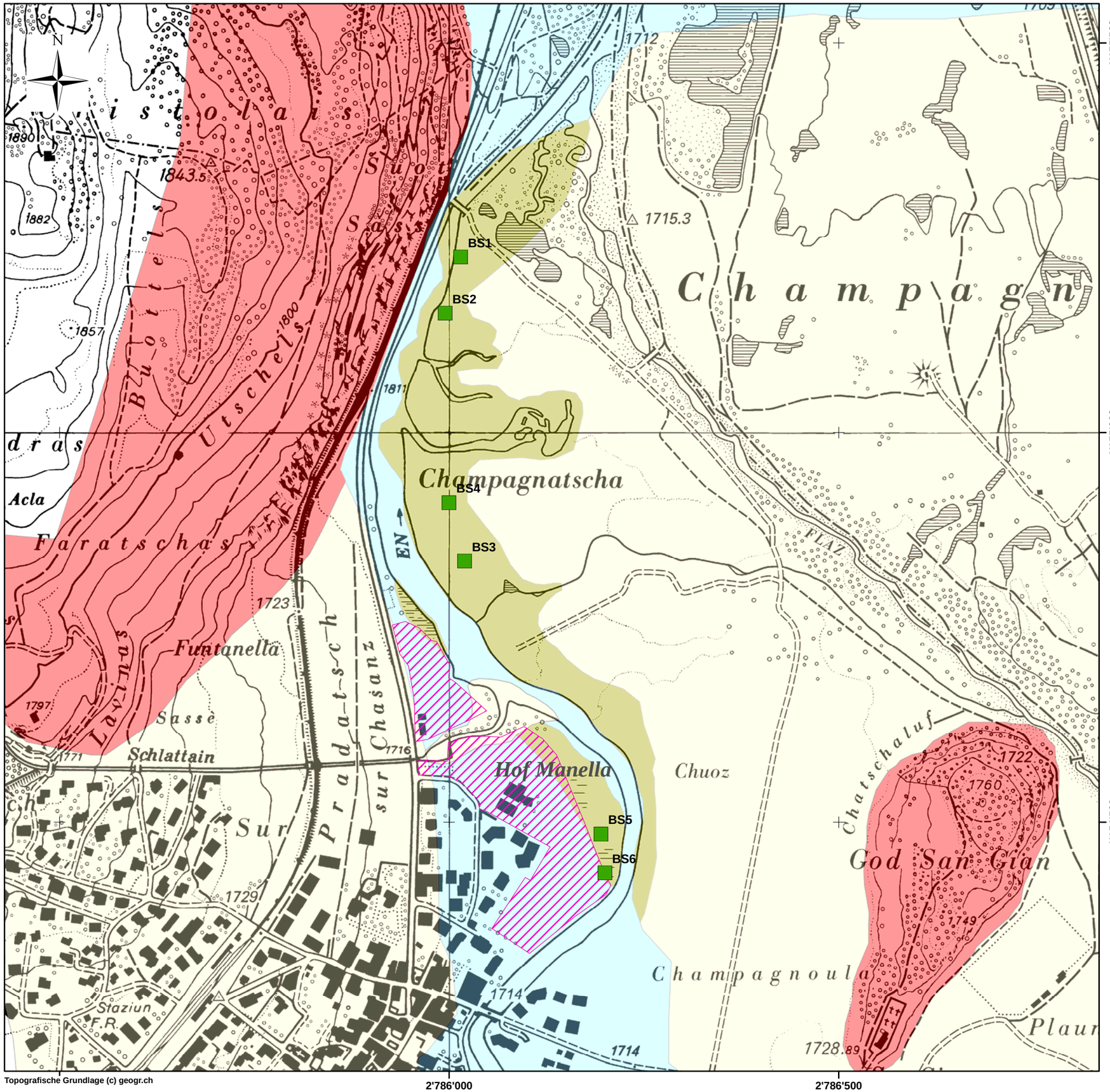
Beilage 9


Grundwasserstände Celerina 27.5.2013 - 22.07.2014
Kote (m ü.M.)
1714
1713
1712
1711
1710
1709
1708
1707
P27
P28
P29
Pz3
Pz6
Pz8
Pz12
Pz15
Pz18
01.05.2..
01.06.2..
01.07.2..
01.08.2..
01.09.2..
01.10.2..
01.11.2..
01.12.2..
01.01.2..
01.02.2..
01.03.2..
01.04.2..
01.05.2..
01.06.2..
01.07.2..
01.08.2..


Pegel Binnengewässer Celerina 27.5.2013 - 22.07.2014
Kote (m ü.M.)
1722
1721.8
1721.6
1721.4
1721.2
1721
PB1
01.05.20...
01.06.20...
01.07.20...
01.08.20...
01.09.20...
01.10.20...
01.11.20...
01.12.20...
01.01.20...
01.02.20...
01.03.20...
01.04.20...
01.05.20...
01.06.20...
01.07.20...
01.08.20...


Pegel Binnengewässer Celerina 27.5.2013 - 22.07.2014
Kote (m ü.M.)
1715
1714.8
1714.6
1714.4
1714.2
1714
PB1
01.05.2013
01.06.2013
01.07.2013
01.08.2013
01.09.2013
01.10.2013
01.11.2013
01.12.2013
01.01.2014
01.02.2014
01.03.2014
01.04.2014
01.05.2014
01.06.2014
01.07.2014
01.08.2014


Pegel Binnengewässer Celerina 27.5.2013 - 22.07.2014
Kote (m ü.M.)
1713.4
1713.2
1713
1712.8
1712.6
1712.4
1712.2
1712
PB1
PB2
PB3
PB4
PB5
PB6
01.05.2013
01.06.2013
01.07.2013
01.08.2013
01.09.2013
01.10.2013
01.11.2013
01.12.2013
01.01.2014
01.02.2014
01.03.2014
01.04.2014
01.05.2014
01.06.2014
01.07.2014
01.08.2014



Topografische Grundlage (c) geogr.ch

GR573D-1 **Beilage 12**

Revitalisierungen Inn Celerina
Auflageprojekt

Hydrogeologische
Baugrundsondierungen

Geologischer Überblick
Lage der Sondierungen

Situation
1:5'000

Legende

- Baggerschlitze 2018
- Perimeter Deponie Manella

Geologie

- Schwemmsedimente
- Innschotter
- Bachschutt
- Berninakristallin, Fels

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur

Baggerschlitz BS1/2018

Kilometrierung: ca. km 4'460

Koordinaten: ca. 2'786'015 / 1'155'225 OKT = 1711.7 M ü M

Tiefe ab OKT [m]	Schicht	Beschreibung des Materials Probennahmen	Feld Nr. Labor Nr.
0 - 0.3	Oberboden	Sand/Feinsand, siltig-tonig, schwach kiesig, humos, durchwurzelt Komponenten: angerundet, D_{max} ca. 8 cm, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, dunkelbraun	
0.3 - 2.0	Schwemmsedimente	Feinsand, siltig-tonig - stark siltig-tonig, fein geschichtet, locker, beige	x
2.0 - 2.9	Innschotter	Kies, stark sandig mit Linsen aus Sand, stark kiesig mit wenigen Steinen Komponenten: kubisch, angerundet, polymikt, Kristallin und Sedimente, D_{max} ca. 15 cm locker, grau - beige	
Bemerkung	kein Wasserzutritt (!), Material erdfeucht Schlitzwände: mässig-gute Standfestigkeit		

Legende:
Anteil Überkorn von 63-200 mm (Steine) und > 200 mm (Blöcke) :
<15 % = wenig; 15 - 30 % = reichlich; >30 % = viel

BS1

Baggerschlitz BS2/2018

Kilometrierung: ca. km 4.380

Koordinaten: ca. 2'785'995 / 1'155'153 OKT = 1711.5 M ü M

Tiefe ab OKT [cm] (Kote müM)	Schicht	Beschreibung des Materials Probennahmen	Feld Nr. Labor Nr.
0 - 0.3	Oberboden	Sand/Feinsand, siltig-tonig, schwach kiesig, mit wenigen Steinen und Blöcken, humos, durchwurzelt Komponenten: angerundet, D_{max} ca. 25 cm, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, beige-braun	
0.3 - 1.0	Schwemmsedimente	Feinsand, stark siltig-tonig, Komponenten: angerundet, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, beige	
1.0 - 1.2		Sand/Grobsand Komponenten: angerundet, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, grau	
1.2 - 2.7		Feinsand/Silt, siltig-tonig, fein geschichtet Komponenten: angerundet, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, beige	
2.7 - 2.8	Innschotter	Sand, stark kiesig, schwach siltig, mit wenigen Steinen, D_{max} ca. 15 cm Komponenten: kubisch, gerundet, Kalksandsteine, Kalke locker gelagert, grau	
Bemerkung	Wasserzutritt bei 2.7 m, Material erdfeucht Schlitzwände: mässig-gute Standfestigkeit.		

Legende:
Anteil Überkorn von 63-200 mm (Steine) und > 200 mm (Blöcke) :
<15 % = wenig; 15 - 30 % = reichlich; >30 % = viel

BS2

Baggerschlitz BS3/2018

Kilometrierung: ca. km 4.000

Koordinaten: ca. 2'786'020 / 1'154'835 OKT = 1711.6 M ü M

Tiefe ab OKT [cm] (Kote müM)	**Schicht**	**Beschreibung des Materials Probennahmen**	**Feld Nr. Labor Nr.**
0 - 0.2	Oberboden	Silt, sandig - stark sandig, tonig, humos, durchwurzelt weich, schwach plastisch, beigegrau	
0.2 - 0.9	Schwemm-sedimente	Silt, feinsandig, schwach tonig, durchwurzelt, fein geschichtet weich, schwach plastisch, beige	x
0.9 - 1.8		Feinsand, stark siltig - tonig, fein geschichtet, mit Zwischenlagen aus Sand, schwach siltig-tonig locker , beige	
1.8 - 2.7		Sand / Grobsand, siltig-tonig, vereinzelt schwach feinkiesig Komponenten: angerundet, D_{max} ca. 3 cm, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, grau	
Bemerkung	Wasserzutritt ca. 1.6 m, Material trocken - erdfeucht Schlitzwände: mässig- gute Standfestigkeit.		

Legende:
Anteil Überkorn von 63-200 mm (Steine) und > 200 mm (Blöcke) :
<15 % = wenig; 15 - 30 % = reichlich; >30 % = viel

BS3

Baggerschlitz BS4/2018

Kilometrierung: ca. km 4.080

Koordinaten: ca. 2'786'000 / 1'154'910 OKT = 1711.5 M ü M

Tiefe ab OKT [cm] (Kote müM)	Schicht	Beschreibung des Materials Probennahmen	Feld Nr. Labor Nr.
0 - 0.3	Oberboden	Fein- Mittelsand, schwach siltig, humos, durchwurzelt locker, graubeige	
0.3 - 1.0	Schwemm-sedimente	Silt, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig, fein geschichtet weich, schwach plastisch, beige	
1.0 - 1.9		Sand, stark siltig - tonig, fein geschichtet locker , beige	
1.9 - 2.1		Sand, feinkiesig Komponenten: angerundet, D_{max} ca. 2 cm, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, rötlichbraun oxidiert	
2.1 - 2.9		Sand, stark siltig-tonig, wechselgelagert mit Silt, tonig, schwach sandig Locker resp. weich, schwach plastisch, beige	
Bemerkung	Wasserzutritt bei 1.9 m, Material erdfeucht Schlitzwände: mässige bis gute Standfestigkeit.		

Legende:
Anteil Überkorn von 63-200 mm (Steine) und > 200 mm (Blöcke) :
<15 % = wenig; 15 - 30 % = reichlich; >30 % = viel

BS4

Baggerschlitz BS5/2018

Kilometrierung: ca. km 3.550

Koordinaten: ca. 2'786'195/ 1'154'485 OKT = 1711.4 M ü M

Tiefe ab OKT [cm] (Kote müM)	Schicht	Beschreibung des Materials Probennahmen	Feld Nr. Labor Nr.
0 - 0.3	Oberboden	Silt, schwach sandig, tonig, mit wenigen Steinen, humos, durchwurzelt Komponenten: angerundet, D_{max} ca. 10 cm, polymikt, Kristallin, Sedimente weich, schwach plastisch, dunkelbraun	
0.3 - 0.8	Schwemmsedimente	Fein- Mittelkies, stark sandig Komponenten: angerundet, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, hellgrau	
0.8 - 1.0		Silt, stark sandig, tonig, humos weich, schwach plastisch, dunkelbraun	
1.0 - 1.3	Innschotter	Kies, stark sandig, mit wenigen Steinen Komponenten: angerundet, D_{max} ca. 15 cm, polymikt, Kristallin, Sedimente locker, grau	
Bemerkung	Wasserzutritt bei 0.5 m, Material erdfeucht-nass Schlitzwände: im Innschotter rollig und geringe Standfestigkeit, in den Schwemmsedimenten mässige Standfestigkeit		

Legende:
Anteil Überkorn von 63-200 mm (Steine) und > 200 mm (Blöcke) :
<15 % = wenig; 15 - 30 % = reichlich; >30 % = viel

BS5

Baggerschlitz BS6/2018

Kilometrierung: ca. km 3.500

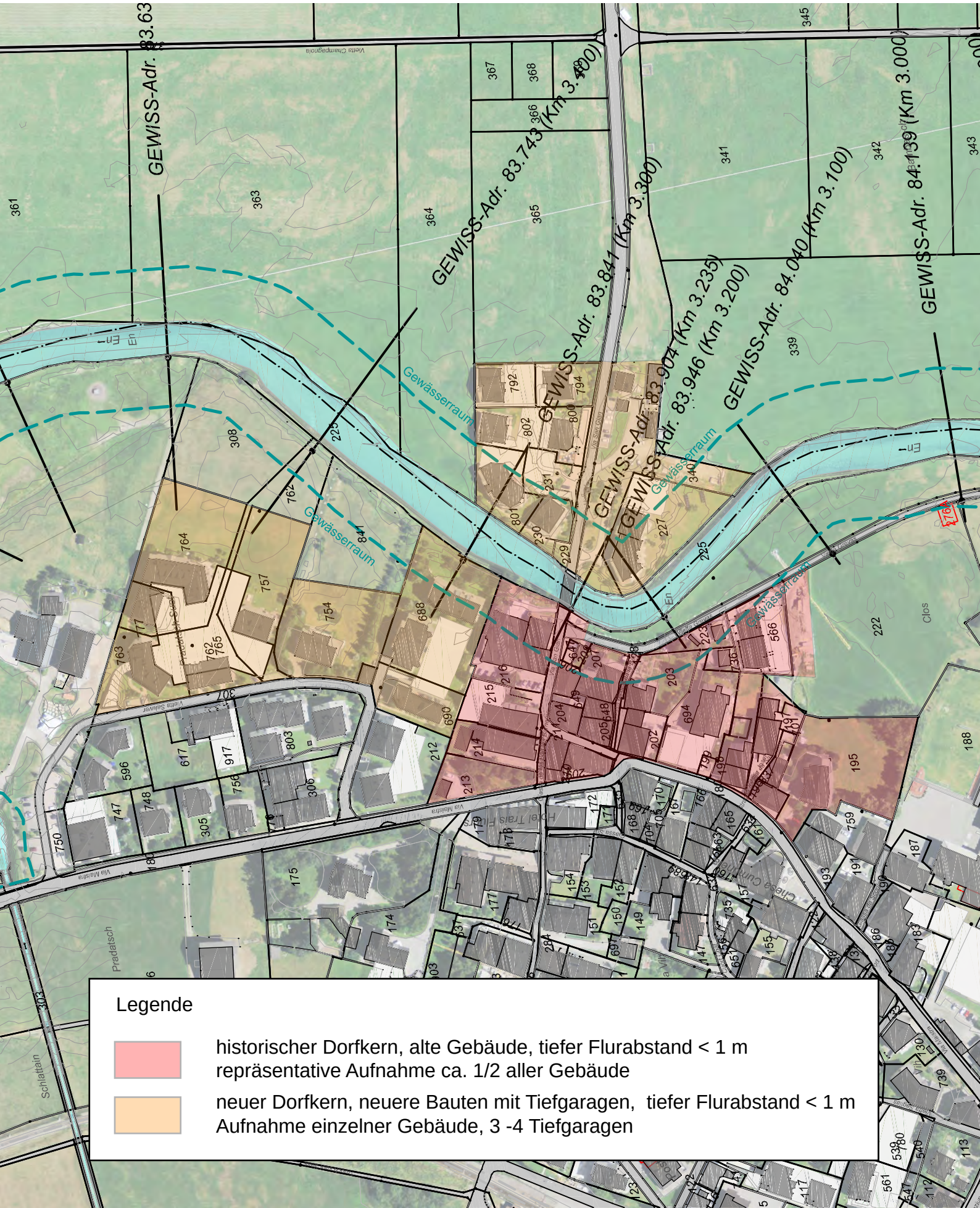
Koordinaten: ca. 2'786'200 / 1'154'435 OKT = 1711.6 M ü M

Tiefe ab OKT [m]	Schicht	Beschreibung des Materials Probennahmen	Feld Nr. Labor Nr.
0 - 0.2	Oberboden	Grasnarbe, dann Silt, sandig, tonig, mit wenigen Steinen, humos, durchwurzelt Komponenten: angerundet, D_{max} ca. 10 cm, polymikt, Kristallin, Sedimente weich, schwach plastisch, dunkelbraun	
0.2 - 0.9	Schwemmsedimente	Feinsand, stark siltig-tonig, mit Zwischenlagen Silt, tonig, schwach sandig, fein geschichtet locker gelagert resp. weich, schwach plastisch (Zwischenlagen), grau	x
0.9 - 1.4	Innschotter	Kies, stark sandig, schwach siltig, mit wenigen Steinen Komponenten: kubisch, angerundet, polymikt, Kristallin und Sedimente, D_{max} ca. 15 cm locker, grau - beige	
Bemerkung	Wasserzutritt bei 0.9 m. Material erdfeucht - nass Schlitzwände: im Innschotter rollig und geringe Standfestigkeit, in den Schwemmsedimenten mässige Standfestigkeit		

Legende:
Anteil Überkorn von 63-200 mm (Steine) und > 200 mm (Blöcke) :
<15 % = wenig; 15 - 30 % = reichlich; >30 % = viel

BS6

Perimeter Gebäudeaufnahmen, Situation 1:2‘500



GR573D Beilage 15.1

Revitalisierungen Inn Celerina

Koten Gebäudeaufnahmen und hoher Grundwasserspiegel im Ist Zustand

1 : 1'500

Legende

Typ / Kote Untergeschoss

- UG Neubau 1990 - 2020
- UG 1960-1990
- UG Altbau 1600-1960
- Parzellengrenzen

Kote Grundwasserspiegel

- hoher GWSP, Ist Zustand

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur

785'850 785'900 785'950 786'000 786'050 786'100 786'150 786'200 786'250

154'450 154'400 154'350 154'300 154'250 154'200 154'150 154'100

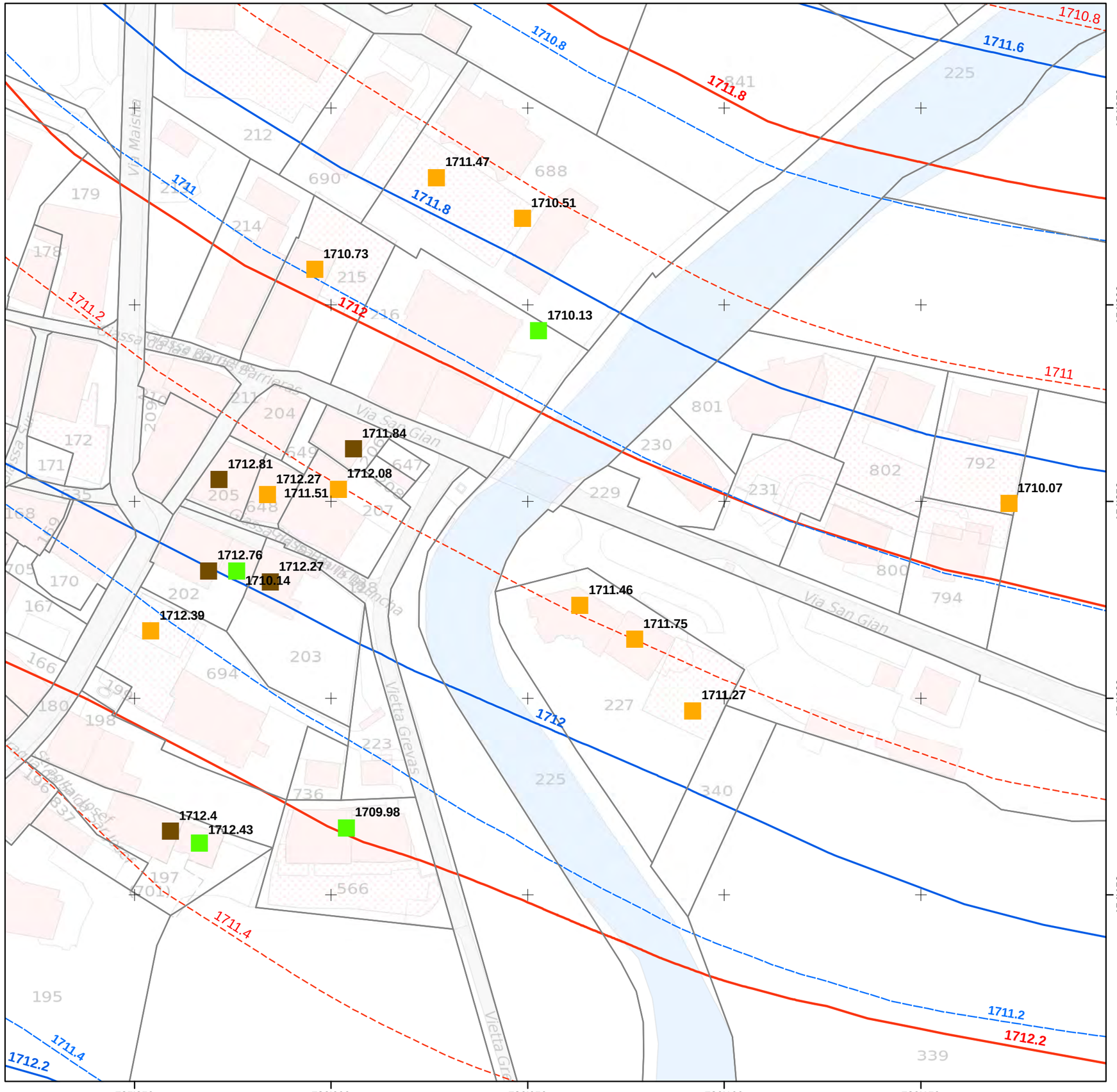
GR573D Beilage 15.2

Revitalisierungen Inn Celerina

Koten Gebäudeaufnahmen und Grundwasserspiegel im Ist- und im Bau-Zustand

Situation

1 : 1'000



Legende

Typ / Kote Untergeschoss

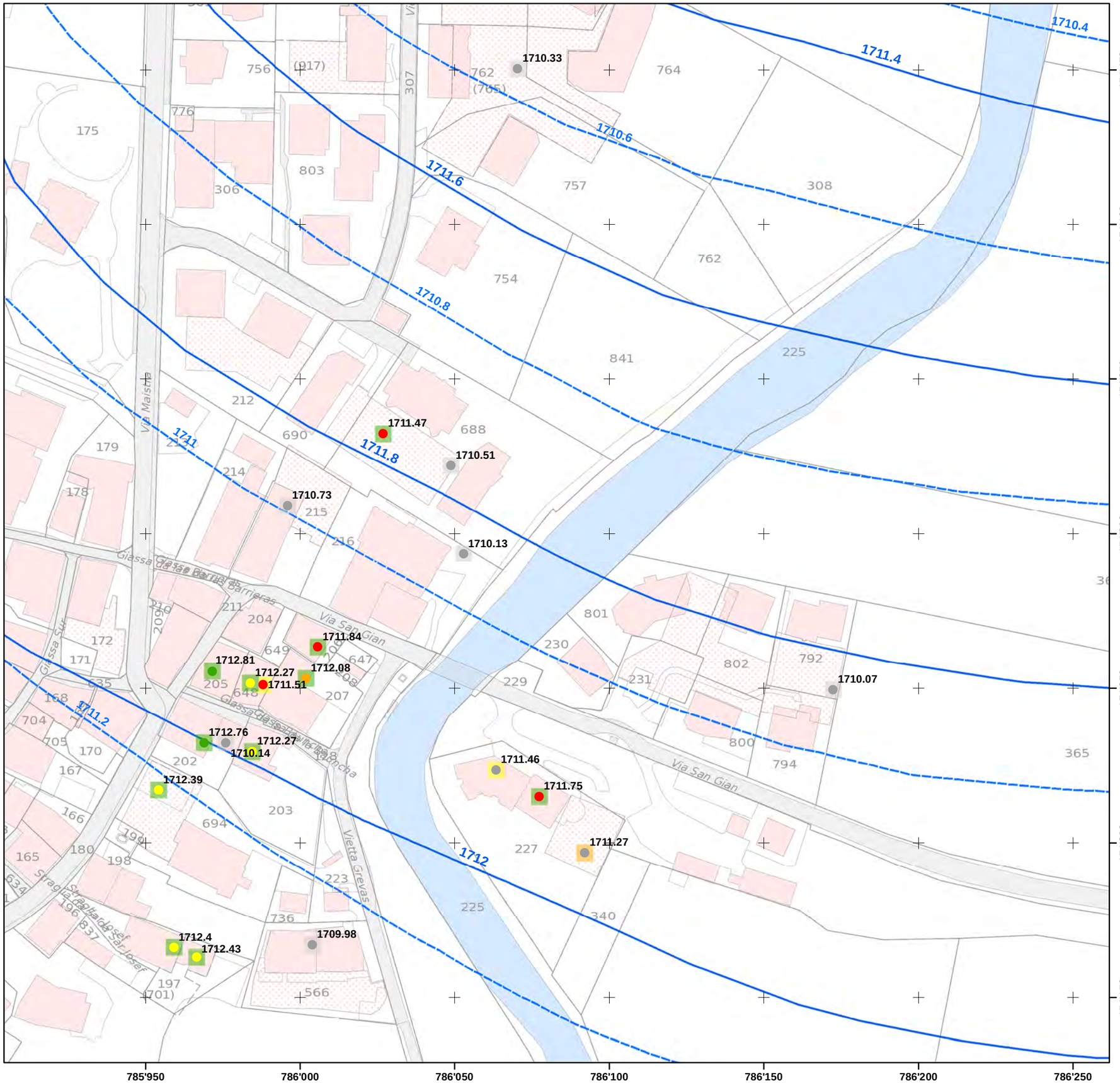
- UG Neubau 1990 - 2020
- UG 1960-1990
- UG Altbau 1600-1960
- Parzellengrenzen

Kote Grundwasserspiegel

- hoher GWSP, Ist Zustand
- mittlerer GWSP, Ist Zustand
- hoher GWSP, Bau Zustand
- mittlerer GWSP, Bau Zustand

N

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



GR573D Beilage 16.1

Revitalisierungen Inn Celerina

Abstand der Erd- und Untergeschosse zum Grundwasser im Ist-Zustand

Situation

1 : 1'250

Legende

Abstand zum GW Hochstand

- -2.1 - -0.5 m
- -0.5 - 0.0 m
- 0.0 - 0.2 m
- 0.2 - 0.5 m
- > 0.5 m

Abstand zum GW Mittelstand

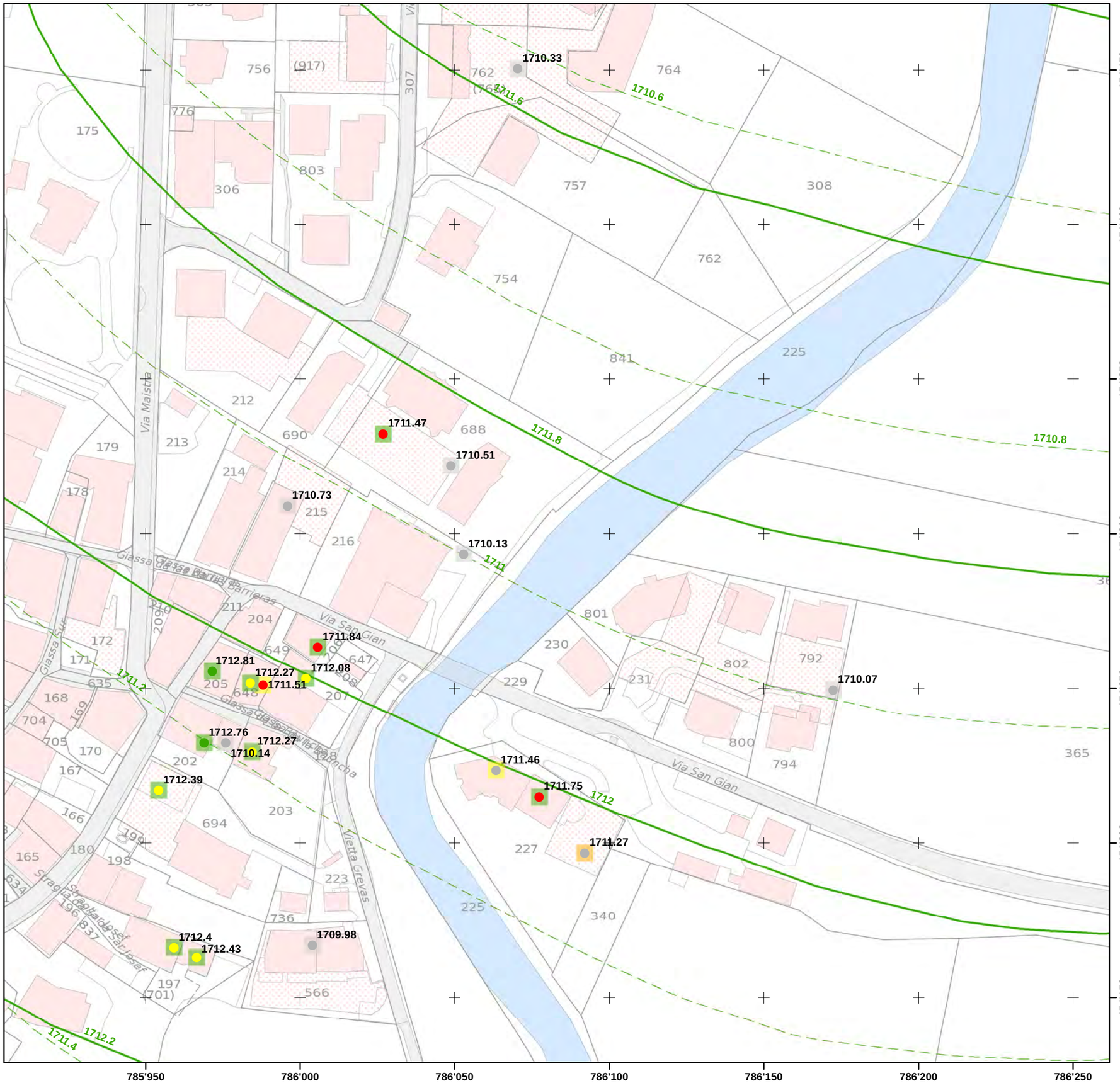
- -1.3 - 0.0 m
- 0.0 - 0.2 m
- 0.2 - 0.5 m
- 0.5 - 1.7m

Kote Grundwasserspiegel

- hoher GWSP, Ist Zustand
- mittlerer GWSP, Ist Zustand

N

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur



GR573D-1 Beilage 16.2

Revitalisierungen Inn Celerina

Kote und Abstand der Erd- und Untergeschosse zum Grundwasser im End-Zustand

Situation

1 : 1'250

Legende

Abstand zum GW Hochstand

- -2.1 - -0.5 m
- -0.5 - 0.0 m
- 0.0 - 0.2 m
- 0.2 - 0.5 m
- > 0.5 m

Abstand zum GW Mittelstand

- -1.3 - 0.0 m
- 0.0 - 0.2 m
- 0.2 - 0.5 m
- 0.5 - 1.7m

Kote Grundwasserspiegel

- hoher GWSP, End Zustand
- mittlerer GWSP, Ist Zustand

N

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur

GR573D-1 Beilage 16.3

Revitalisierungen Inn Celerina

Abstand der Erd- und Untergeschosse zum Grundwasser im Ist-Zustand

Situation

1 : 1'250

Legende

Abstand zum GW Hochstand

- -2.2 - -0.5 m
- -0.5 - 0.0 m
- 0.0 - 0.2 m
- 0.2 - 0.5 m
- > 0.5 m

Abstand zum GW Mittelstand

- -1.4 - 0.0 m
- 0.0 - 0.2 m
- 0.2 - 0.5 m
- 0.5 - 1.6 m

Kote Grundwasserspiegel

- hoher GWSP, Bau Zustand
- mittlerer GWSP, Bau Zustand

N

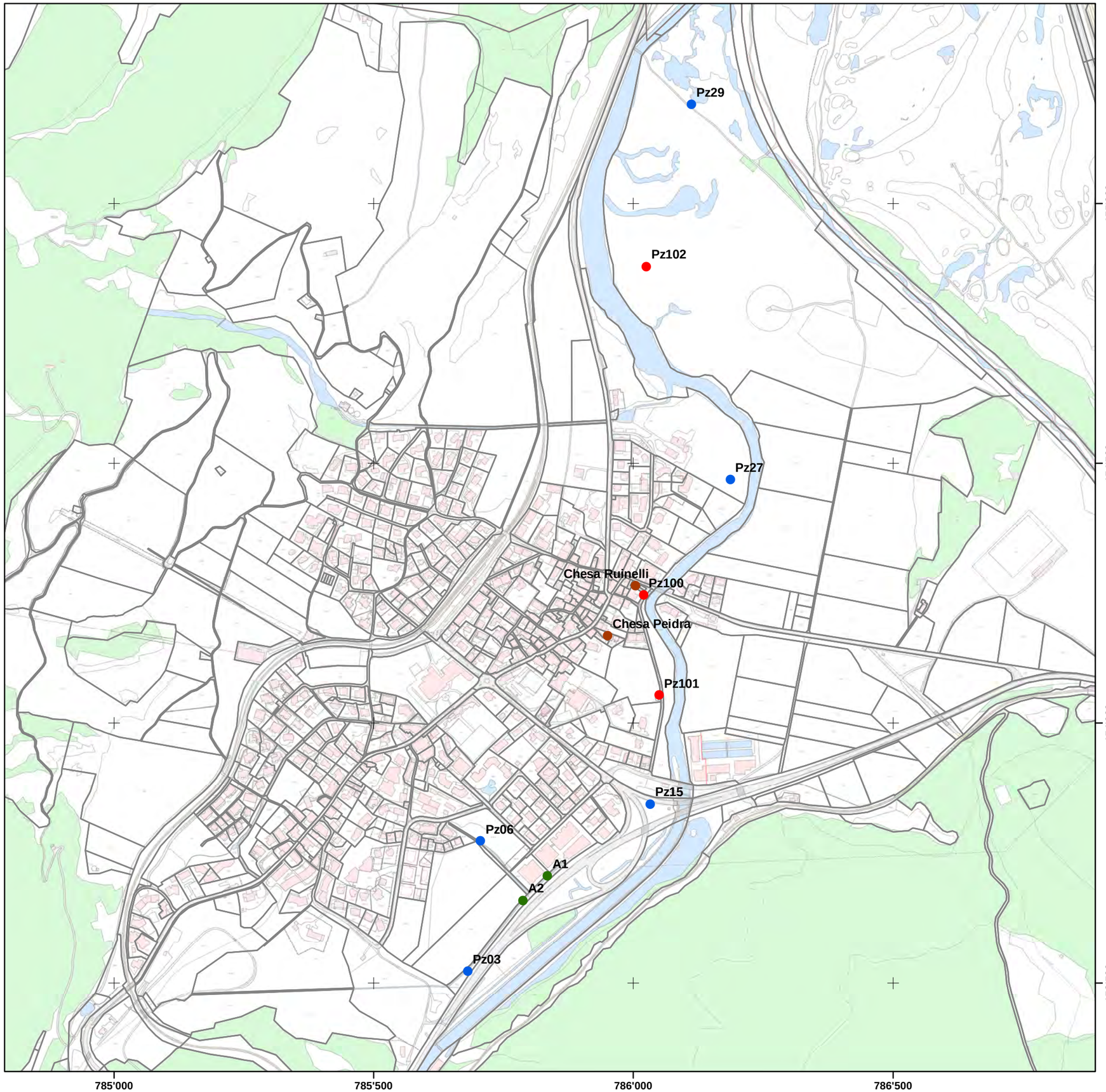
Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur

785'950 786'000 786'050 786'100 786'150 786'200 786'250

154'450 154'400 154'350 154'300 154'250 154'200 154'150

Gefährdungsbeurteilung Untergeschosse infolge Grundwasserpiegelanstiege im Ist-, Bau-, und Endzustand

Parz. Nr.	Bezeichnung	Bauart	Typ UG	Baujahr UG	Pumpenschacht vorhanden	Kote UG [m ü.M.]	Bemerkung	Flurabstand IST bei GW HS [m]	Flurabstand IST bei GW MS [m]	Flurabstand END bei GW HS [m]	Flurabstand END bei GW MS [m]	Flurabstand BAU bei GW HS [m]	Flurabstand BAU bei GW MS [m]	Lage UG im Bezug auf das Grundwasser
197	Chesa Peidra Pfarramt	Mauerwerk alt	Keller	1700	Schacht vorhanden, Betrieb unklar	1712.40	Feuchtstellen	0.30	1.10	0.25	1.07	0.15	1.00	UG liegt im Ist-, und Endzustand wenig und im Bauzustand nur knapp über dem Grundwasserspiegel
197	Chesa Peidra Archiv	Neubau	Erdgeschoss	1990	nein	1712.43	trocken	0.33	1.13	0.30	1.10	0.18	1.00	UG liegt im Ist-, und Endzustand wenig und im Bauzustand nur knapp über dem Grundwasserspiegel
202	Chesa Talvoin	Altbau renoviert, Weisse Wanne	Keller	2008	nein	1710.14	trocken	-1.90	-1.00	-1.90	-1.05	-2.00	-1.15	UG liegt permanent und ganzjährig unter dem Grundwasserspiegel
202	Chesa Griot	Mauerwerk alt	Keller	1700	nein	1712.76	Feuchtstellen, Schimmel, Bewegung (?)	0.76	1.60	0.70	1.55	0.60	1.45	UG liegt ganzjährig deutlich über dem Grundwasserspiegel
203	Chesa Gianzun	Mauerwerk alt	Keller	1822	Schacht vorhanden (?)	1712.27	Feuchtstellen	0.27	1.10	0.22	1.07	0.12	0.97	UG liegt im Ist-, und Endzustand wenig und im Bauzustand nur knapp über dem Grundwasserspiegel
205	Chesa Monsch	Mauerwerk alt	Keller	1633	nein	1712.81	Feuchtstellen	0.85	1.70	0.80	1.65	0.70	1.55	UG liegt ganzjährig deutlich über dem Grundwasserspiegel
206	Chesa Ruinelli	Mauerwerk alt	Keller	1635	Pumpschacht in Bertieb	1711.84	Feuchtstellen	-0.05	0.75	-0.10	0.74	-0.20	0.65	UG liegt knapp resp. an wenigen Tagen im Jahr unter dem dem Grundwasserspiegel
207	Chesa Veglia	Mauerwerk alt / Betonboden	Garage Keller	1980	nein	1712.08	trocken	0.15	1.00	0.10	1.00	0.00	0.90	UG liegt im Ist-, und End Zustand knapp über dem Grundwasserspiegel. UG liegt im Bauzustand im Bereich des Grundwasser Hochstandes resp. an sehr wenigen Tagen im Schwankungsbereich des Grundwassers
215	Chesa Ronchi	Beton	Tiefgarage Heizung	k.a.	nein	1710.73	ganze Tiefgarage feucht	-1.20	-0.30	-1.17	-0.40	-1.30	-0.40	UG liegt permanent und fast ganzjährig unter dem Grundwasserspiegel (Ausnahme Spätwinter vor der Schneeschmelze)
216	Hotel Rosatsch, Chesa al En	Beton	Tiefgarage	1995	nein	1710.13	trocken	-1.72	-0.85	-1.77	-0.87	-1.85	-1.00	UG liegt permanent und ganzjährig unter dem Grundwasserspiegel
227	Chesa Sonne 32-B	Beton	Tiefgarage	1989	nein	1711.27	Feuchtstellen	-0.70	0.17	-0.75	0.12	-0.85	0.00	UG liegt im Sommerhalbjahr über Monate oft unter dem Grundwasserspiegel (Schneeschmelze bis Herbst)
227	Chesa Sonne 32-A	Beton	Keller	1988	nein	1711.46	trocken	-0.50	0.36	-0.65	0.35	-0.55	0.25	UG liegt im Sommerhalbjahr über mehrer Tage bis Wochen unter dem Grundwasserspiegel (Schneeschmelze bis Herbst)
227	Chesa Sonne 32	Mauerwerk alt / Betonboden	Keller	1989	nein	1711.75	Feuchtstellen, Risse	-0.20	0.65	-0.25	0.60	-0.35	0.55	UG liegt im Ist-, und End Zustand an wenigen Tagen unter dem Grundwasserspiegel. UG liegt im Bauzustand an einigen Tagen bis wenige Wochen unter dem Grundwasserspiegel
231	STWEG Einstellhalle San Gian	Beton	Tiefgarage	k.a.	nein	1710.07	wenige Risse	-1.80	-0.90	-1.83	-0.95	-1.90	-1.00	UG liegt permanent und ganzjährig unter dem Grundwasserspiegel
566	Chesa Bellaval	Neubau Beton	Tiefgarage	2013	Schacht???	1709.98	neu, evtl. Pumpschacht?	-2.10	-1.25	-2.12	-1.32	-2.22	-1.35	UG liegt permanent und ganzjährig unter dem Grundwasserspiegel
648	Chesa Cristina	Mauerwerk alt / Betonbau alt	Öltank, Altbau renoviert	1969	nein	1711.51	feucht?	-0.45	0.40	-0.50	0.36	-0.60	0.25	UG liegt im Sommerhalbjahr über mehrer Tage bis Wochen unter dem Grundwasserspiegel (Schneeschmelze bis Herbst)
648	Chesa Cristina	Betonbau alt	Keller	1969	nein	1712.27	feucht??	0.30	1.15	0.22	1.12	0.15	1.05	UG liegt im Ist-, und Endzustand wenig und im Bauzustand nur knapp über dem Grundwasserspiegel
688	Chesa Pradatsch Suot 1-3	Beton	Keller	1970	nein	1710.51	ganzer Boden feucht	-1.30	-0.40	-1.35	-0.45	-1.40	-0.55	UG liegt permanent und fast ganzjährig unter dem Grundwasserspiegel (Ausnahme Spätwinter vor der Schneeschmelze)
688	Chesa Pradatsch Suot 1-3	Betonbau	Tiefgarage	1974	nein	1711.47	ganzer Boden feucht	-0.30	0.60	-0.35	0.55	-0.40	0.42	UG liegt im Sommerhalbjahr über mehrer Tage bis Wochen unter dem Grundwasserspiegel (Schneeschmelze bis Herbst)
694	Chesa Curtin San Gian	Beton	Tiefgarage	1984	nein	1712.39	trocken	0.40	1.20	0.30	1.15	0.25	1.10	UG liegt deutlich und im Bauzustand nur wenig über dem Grundwasserspiegel
762	Pradatsch Suot	Beton, neu	Tiefgarage	k.a.	nein	1710.33	wenige Risse	-1.20	-0.25	-1.22	-0.30	-1.32	-0.40	UG liegt permanent und ganzjährig unter dem Grundwasserspiegel



GR573D Beilage 17

Revitalisierungen Inn Celerina
Auflageprojekt

Monitoringkonzept

Situation

1 : 7'500

Legende

Messstellen Monitoring

- Piezometer bestehend
- Piezometer neu
- Datenlogger Untergeschoss
- Abflussmessstelle neu
- Parzellengrenzen

N

Sieber Cassina + Handke AG
Ingenieure Geologen Planer
CH-7000 Chur