Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 100 (2008)
Heft: 4

Artikel: Hochwasserrückhaltebecken am Jonenbach, Affoltern am Albis
Autor: Hochstrasser, H. / Aemmer, M. / Sorgenfrei, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939716

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 27.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Hochwasserrückhaltebecken am Jonenbach, Affoltern am Albis

H. Hochstrasser, M. Aemmer, A. Sorgenfrei

1 Vorgeschichte und untersuchte Varianten

Der Jonenbach in Affoltern am Albis hat in der Vergangenheit wiederholt Überschwemmungen verursacht. In den letzten 20 Jahren waren Schäden von über 11.4 Mio. Franken zu verzeichnen. Die Suche für einen angemessenen Hochwasserschutz reicht aber zurück bis ins Jahr 1973. Untersucht wurden ein durchgehender Bachausbau, ein Teilausbau mit mehreren, kleinen Rückhaltebecken, fünf Varianten von Entlastungskanälen und ein Hochwasserrückhaltebecken im Jonental oberhalb von Affoltern am Albis. Alle Projekte scheiterten an ihren jeweiligen Nachteilen, waren dies Kosten, Standort oder Immissionen, und an den jeweils nachfolgenden trockenen Jahren. Neu belebt wurde der Planungsprozess durch die Hochwasser von 1994 und 1999 sowie durch den Druck der Gebäudeversicherung via Eigentümer und Gemeinde.

2. Projektbeschrieb Hochwasserrückhaltebecken

Für das Hochwasserrückhaltebecken wurde ein topographisch geeigneter Standort gefunden. Der Damm liegt in einem engen Bereich des Tales, unmittelbar oberhalb des Siedlungsgebiets von Affoltern am Albis.

2.1 Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Jonenbach entwässert beim Hochwasserrückhaltebecken ein Einzugsgebiet von 21 km^2 *(Bild 1)*. Das Becken mit einem Retentionsvolumen von 392 000 m^3 vermag ein im Mittel alle 100 Jahre einmal auftretender Hochwasserabfluss von 34 m^3/s auf 15 m^3/s zu drosseln.

2.2 Verlegung der Jonentalstrasse

Im heutigen Stauraum verlief die Kantonsstrasse vom Bezirkshauptort Affoltern am Albis nach Rifferswil und Hausen am Albis. Nach den Erfahrungen mit den grossen Hochwassern von 1994 und 1999 war der Hochwasserschutz mit einem Rückhaltebecken von niemand mehr umstritten. Die Einsprachen gegen das Projekt richteten sich ausschliesslich gegen die notwendige Strassenverlegung. Vorgeschlagen wurde für die Strasse auch eine Tunnellösung. Bei einem Einstau hätte der Tunnel durch den Damm mit Dammbalken geschlossen werden müssen. Aus Sicherheitsüberlegungen und einer ungenügender Vorwarnzeit wurde diese Variante nicht weiter verfolgt. Die Kantonsstrasse wurde, nachdem die Einsprachen behandelt waren, vor dem Bau des Rückhaltebeckens an die rechte Talflanke verlegt.

2.3 Konstruktion des Durchlasses und der Hochwasserentlastung

Der Durchlass und die Hochwasserentlastung sind in einem Bauwerk aus Beton zusammengefasst und über die gesamte Länge von 141 m auf Molassefels fundiert. Der für das Sicherheitshochwasser erforderliche Querschnitt misst im Licht 3.80 m × 4.10 m. Um differenzielle Setzungen und damit potentielle Sickerwege entlang dem Durchlass zu vermeiden, sind die Deckenkanten abgeschrägt *(Bild 2)*. Bachaufwärts der Hochwasserentlastung, wo nur die gedrosselte Wassermenge abgeführt werden muss, konnte der Durchlass kleiner gebaut werden. Der Querschnitt ist aber nicht auf diesen relativ kleinen Abfluss ausgelegt. Er richtet sich nach den Bedingungen der Begehbarkeit, des späteren Unterhalts und vor allem des Bauzustandes. Die lichte Breite ist mit 3.80 m beibehalten worden, die Höhe konnte aber auf 2.70 m reduziert werden. Die Bodenplatte, die Wände und die Decke sind durchwegs 0.60 m stark.

Der Bau des Durchlasses erfolgte in einzelnen Arbeitsettapen mittels Schalungswagen. Das ganze Bauwerk (Durchlass und Hochwasserentlastung) weist keine Dilatationsfugen auf. Im begehbaren Bankett des Durchlasses wurde die im Jonental vorhandene Wasserleitung durch

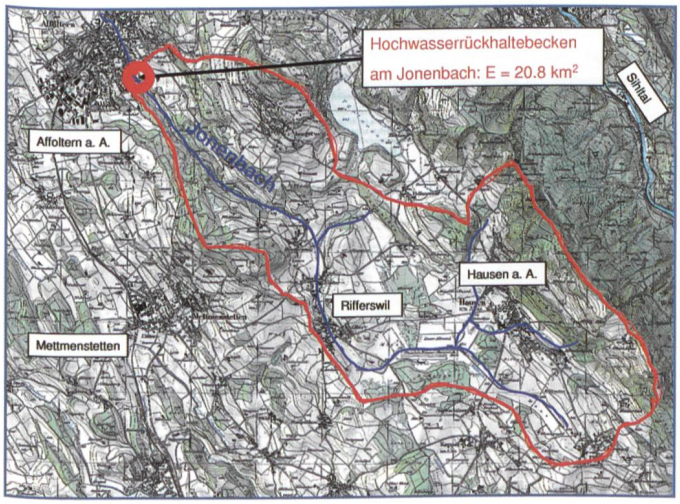


Bild 1. Einzugsgebiet des Jonenbachs oberhalb des Hochwasserrückhaltebeckens.

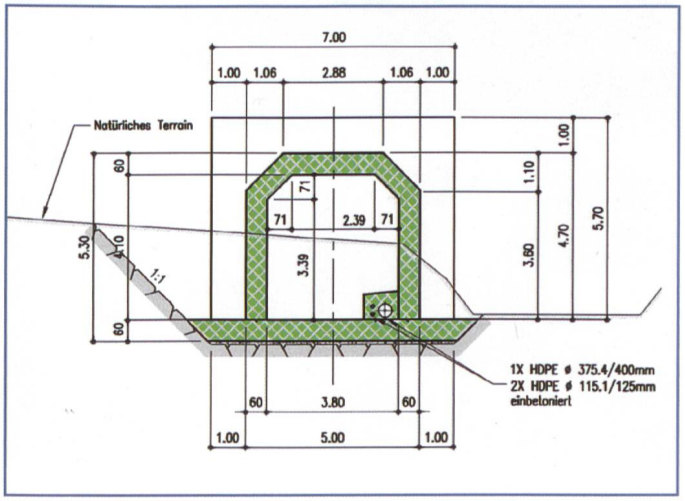


Bild 2. Querschnitt des Durchlasses unterhalb der Hochwasserentlastung.

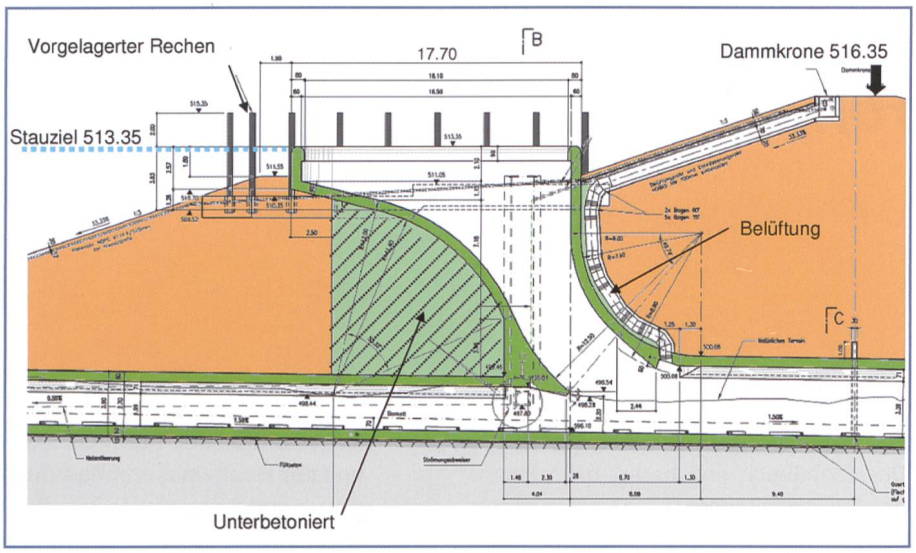


Bild 3. Längsschnitt durch die Hochwasserentlastung.

den Damm geführt. Im Übergang zum Tosbecken ist der Auslauf des Durchlasses mit einem Fischpass versehen. Die Fischwanderung ist damit möglich und wird im Durchlass mit fischgratartig versetzten Holzbalken unterstützt. Bei Niederwasser ergeben sich schnelle und langsame Strömungen mit Ruhezonen. Die etwas oberhalb der Kanalmitte aufgesetzte Hochwasserentlastungsanlage wirkt im Durchlass als Lichtschacht und begünstigt damit die Fischwanderung. Sie konnte bereits beobachtet werden. In der oberen Hälfte des Durchlasses ist mit gleicher Breite die Hochwasserentlastung aufgesetzt. Die Hochwasserentlastung besteht aus einem beidseitig anströmbaren Schachtüberfall, der mit einer hydraulisch günstigen Form in den Durchlass mündet. Der auskragende Teil des Überfallschachtes ist auf die Breite des Durchlasses mit Beton unterfüllt (Bild 3). Der vorgelagerte Schwemmholzrechen schützt die Hochwasserentlastung vor Verklausungen.

2.4 Kapazität des Durchlasses während des Bauzustands

Das Schütten eines Staudamms ist ein kritischer Bauzustand. Dies gilt insbesondere auch für Hochwasserrückhaltebecken, die meist wenig oberhalb des Siedlungsgebiets liegen. Ein teilweise geschütteter Damm weist, vor allem wenn die Arbeiten schon weit fortgeschritten sind, ein grosses potentielles Rückhaltevolumen auf. Da die Hochwasserentlastung noch nicht betriebsbereit ist, muss ein unkontrollierter Aufstau oder gar ein Überströmen des noch nicht fertigen Damms unter allen Umständen verhindert werden. Der Durchlass muss auf seiner gesamten Länge eine genügende Dimension aufweisen und er darf auch während eines Extremereignisses nicht verstopfen. Die Frontplatte beim Einlauf darf erst betoniert werden, wenn die Schüttarbeiten beendet sind und die Hochwasserentlastung betriebsbereit ist. Dem Bauzustand wurde ein HQ_{500} mit einem Abfluss von 55 m^3/s zugrunde gelegt *(Bild 4)*. Beim Rückhaltebecken am Jonenbach wurde zudem vor Beginn der Schüttarbeiten an der künftigen Stauwurzel ein V-förmiger Schwemmholzrechen erstellt. Es konnte damit ausgeschlossen werden, dass der grosszügig dimensionierte Durchlass auch bei einem sehr unwahrscheinlichen Extremereignis während der Schüttarbeiten des Damms, verstopft.

2.5 Drosselöffnung

Die Drosselöffnung in der Frontwand aus Beton hat eine Breite von 1.40 m. Die Höhe ist mit einem Stahlschütz (Drosselblende) fest eingestellt. Während eines Einstaus kann die Höhe und somit die Abflusskapazität nicht verändert werden. Hingegen erlaubt das abschliessbare System Anpassungen der Lage des Stahlschützes bei Niederwasser. Erfahrungen aus Hochwassern können damit berücksichtigt werden. Werden in Affoltern am Albis zukünftig einzelne Engpässe beseitigt und damit die Abflusskapazität erhöht, kann die Drosselöffnung entsprechend vergrössert werden.

2.6 Dammkörper

Der Erddamm besteht aus zugeführtem Moränenmaterial und vor Ort angefallenem Aushubmaterial. Für den Kernbereich sind die Anforderungen an das Schüttmaterial bezüglich Siebkurve, Wassergehalt, Verdichtung und Einbaukontrollen strenger formuliert worden, als für die wasser- und luftseitigen Stützkörperbereiche. Der grösste Teil des zugeführten Schüttmaterials mit einer Festkubatur von rund 98 000 m^3 konnte als Abdeckmaterial einer ca. 8 km entfernten Kiesgrube gewonnen werden. Dieses Moränenmaterial erfüllte die Anforderungen als Schüttmaterial

Bild 4. Einlaufbereich zum Durchlass im Bauzustand ohne Frontplatte und Drosselblende.

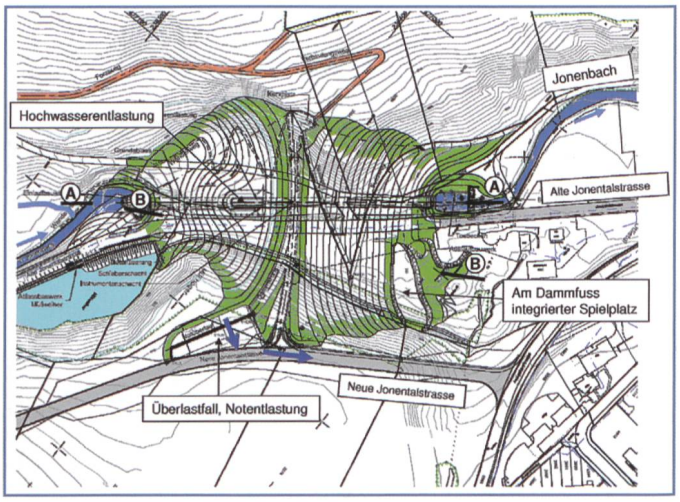


Bild 5. Situation des Erddamms mit ausgerundeten Dammböschungen an den Talflanken und der vor den Dammbauarbeiten neu verlegten Jonentalstrasse.

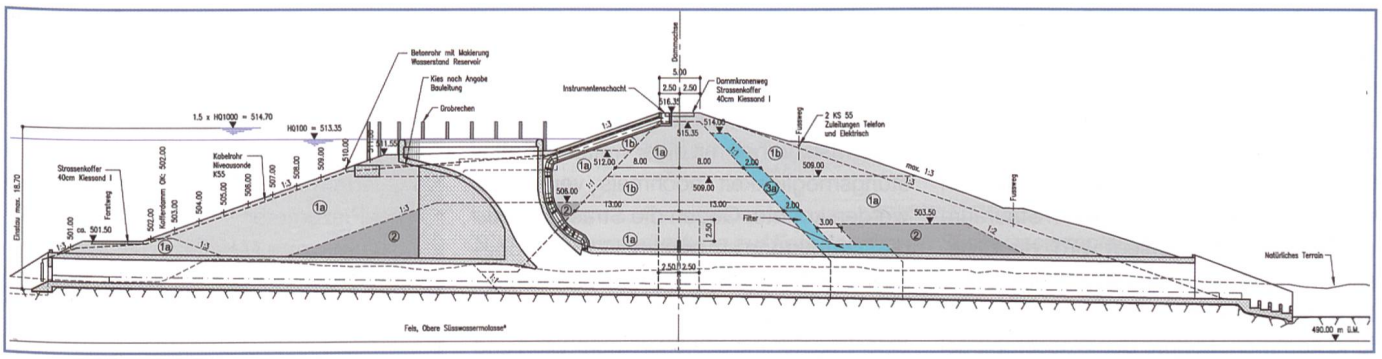
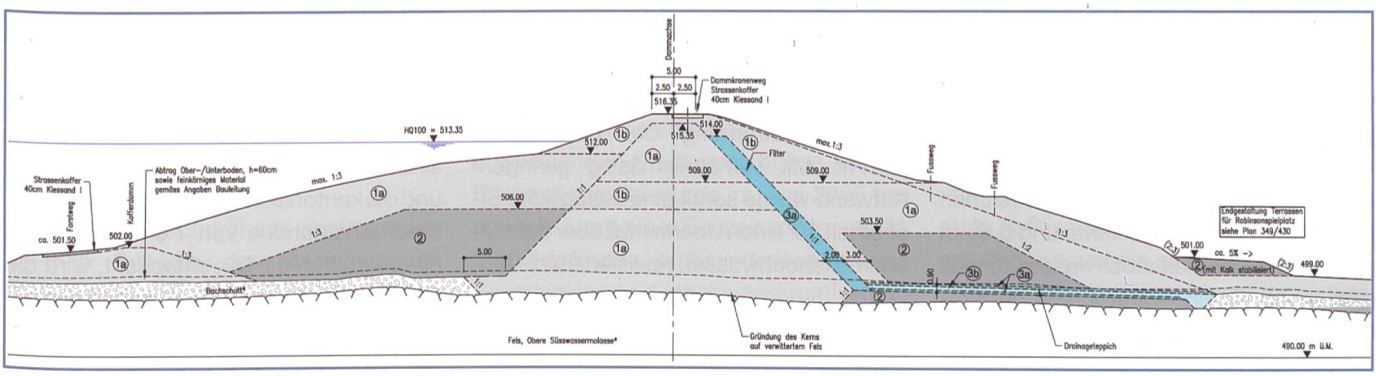


Bild 6. Dammquerschnitte A-A (oben) und B-B (unten) mit Kernbereich, Stützkörperzonen aus verschiedenen Schüttmaterialien sowie Filter- und Drainagezonen.



sehr gut. Qualitativ ähnliches Schüttmaterial von zusätzlichen 21 000 m³ wurde aus einem externen grossen Moränenaushub gewonnen. Rund 24 000 m³ stammen aus im Dammbereich angefallenem Aushubmaterial. Werden noch die rund 7000 m³ Filter- und Drainagematerial berücksichtigt, ergibt sich ein totales, festes Dammvolumen von rund 150 000 m³ *(Bild 6)*. Die relativ grosse Schüttmenge ergab sich aus den flachen Böschungsneigungen wasser- und luftseitig von 1:3 und in den grosszügigen Ausrundungen der Dammböschungen in die Talflanken (*Bild 5* und *9*). Beides sind Massnahmen, die nicht in der Geotechnik, sondern in der Gestaltung und der optischen Einbindung des Damms in die gegebene Topographie begründet sind. Das aus geotechnischer Sicht vorhandene Überprofil kann bepflanzt werden.

Die Dammzonierung weist einen Drainageteppich auf, der mit einem Filterkamin kombiniert ist. Der Durchlass als einzige Durchdringung durch den Damm ist im Filterbereich grosszügig mit Filtermaterial umhüllt. Allfällig auftretende Sickerströmungen werden somit sicher gefasst und abgeleitet.

2.7 Konzept der Rechen

Wie im Kapitel 2.4 erwähnt, wurde bereits vor dem Beginn der Dammschüttung ein V-förmiger Schwemmholzrechen an der Stauwurzel gebaut. Die Rechenstäbe mit einer Höhe von 1.50 m bis 2.00 m und einem Achsabstand von 3.0 m vermögen das im Bach anfallende Schwemmholz aufzufangen. Der Rechen ist für den Überlastfall ausgebildet. Auch wenn er voll mit Holz belegt, mit Geschiebe hinterfüllt und überströmt werden sollte, kann er die dabei auftretenden Kräfte (Wasserdruck und aktiver Erddruck) aufnehmen.

Vor der Drosselöffnung ist ein Tauchrechen mit einem Rechenabstand von 80 cm gebaut (*Bild 7* und *9*). Die Rechenstäbe tauchen bei Niederwasser etwa 15 cm in das 1.0 m tiefe Vorbecken ein. Es ist damit gewährleistet, dass die Drosselöffnung nicht verstopft und auch

Bild 7. Einlaufbauwerk mit Drosselöffnung und vorgelagertem Tauchrechen. Die Einlauföffnung der Notentleerung ist rechts angeordnet.

Bild 8. Hochwasserentlastung mit vorgelagertem Schwemmholzrechen.

bei einer Belegung des Rechens immer angeströmt werden kann. Erfahrungen mit dem Hochwasser vom 8./9. August 2007 und mit früheren Hochwassern bei anderen Becken mit ähnlich konstruiertem Rechen haben gezeigt, dass der Rechen erst bei absinkendem Wasser im Stauraum mit Schwemmholz belegt wird, die Drosselöffnung aber immer offen bleibt. Sollte es wider Erwarten doch zu einer Verstopfung kommen, könnte der Wasserspiegel im Rückhaltebecken über eine Notentleerung abgesenkt werden. Ein im Normalfall geschlossener Schütz würde in solchen Fällen geöffnet. Die als Schachtüberfall gebaute Hochwasserentlastung wird durch einen vorgelagerten Grobrechen gegen Verstopfungen geschützt. Die um 4.0 m vorgelagerten Rechenstäbe haben einen Achsabstand von 3.0 m und reichen 2.00 m über die Überfallkante und 0.65 m über das Sicherheitshochwasser hinaus (*Bild 8* und *9*). Eine Verstopfung der Entlastungsanlage kann damit auch für ein extremstes Hochwasserereignis ausgeschlossen werden.

2.8 Hochwasserentlastung und Überlastfall

Die Überfallkante der Hochwasserentlastung liegt auf der Höhe des Stauziels. Das bei dieser Höhe wirksame Rückhaltevolumen von 392 000 m^3 kann ein HQ_{100} von 34 m^3/s auf 15 m^3/s drosseln. Das Bemessungshochwasser (HQ_{1000}) mit einem Abfluss von 78 m^3/s lässt den Stauspiegel auf 1.00 m und das Sicherheitshochwasser (1.5 × HQ_{1000}) mit einem Abfluss von 117 m^3/s auf 1.35 m über die Überfallkante ansteigen. Aufgrund der Dammhöhe ist das Freibord gegenüber der Dammkrone für das Bemessungshochwasser mit 2.0 m festgelegt. Gegenüber dem Sicherheitshochwasser resultiert somit ein Freibord von 1.65 m. Die Bedingungen der Stauanlagenverordnung sind mit diesen Projektparametern eingehalten. Bei der Verlegung der Strasse wurde darauf geachtet, dass die Systemsicherheit mit einer weiteren Entlastungsmöglichkeit nochmals verbessert werden konnte. Gegen die Strasse wurde die Dammkrone um maximal 1.00 m abgesenkt. Die Überlaufpartien und die entsprechenden Strassenbereiche wurden mit einer Pflästerung gesichert, humusiert und begrünt. Sollte ein nach menschlichem Ermessen nicht zu erwartender unkontrollierter Aufstau über das Sicherheitshochwasser erfolgen, kann über die gebaute Dammscharte eine Wassermenge von 41 m^3/s abgeleitet werden, bevor es zu einer Überströmung der Dammkrone kommt. Mit verhältnismässig geringem Aufwand wurde somit eine zusätzliche Sicherheit, für einen Überlastfall über dem Sicherheitshochwasser, realisiert *(Bild 10)*.

2.9 Überwachung der Stauanlage

Das Hochwasserrückhaltebecken am Jonenbach oberhalb Affoltern am Albis mit einem Rückhaltevolumen von 392 000 m^3 und einer Dammhöhe von rund 20.35 m ist der Stauanlagenverordnung unterstellt und wird durch das Bundesamt für Energie beaufsichtigt.

Ein Betriebs- und Überwachungsreglement regelt die Aufgaben, die Kompetenzen und das Überwachungsprogramm. Es werden periodische visuelle Kontrollen und folgende Messungen durchgeführt:

- Ständige Einstauüberwachung mittels Drucksonde und Online-Übertragung (Wasserstand im Reservoir kann ebenfalls optisch abgelesen werden)
- Ständige Wasserstandsmessung in einem Piezometer im linken Widerlager (P3) mittels Drucksonde und Online-Übertragung
- Ständige Abflussmessung des Jonenbachs in Zwillikon
- Optische Abflussmesseinrichtung mittels Messlattenpegel unterhalb Stauanlage
- Quartalweise Wasserstandsmessung der Piezometer
- Quartalweise Messung des Abflusses aus den Drainagen (falls wasserführend)
- Jährliches Nivellement (Damm, Durchlassbauwerk & 4 Punkte im Stauraum)

Ausserordentliche zusätzliche Kontrollen und Messungen werden während und nach Hochwasserereignissen, bei bekannt gewordenen Rutschungen im Stauraum und nach stärkeren Erdbeben durchgeführt.

Im Alarmdispositiv eingebunden sind die Feuerwehr, der Talsperrenwärter und die kantonalen Wasserbauorgane. Bei einer Einstauhöhe von 7.0 m, was etwa einem mittleren HQ_{10} entspricht, wird die Feuerwehr alarmiert. Bei einer Einstauhöhe von 13.0 m, was etwa einem mittleren HQ_{40} entspricht, erfolgt eine erneute Alarmierung. Das Rückhaltebecken, die Abflussverhältnisse in Affoltern am Albis und die Wetterentwicklung werden während einem Einstau intensiv überwacht, um rechtzeitig allenfalls erforderliche Schutzmassnahmen für die Unterlieger bereitzustellen.

3. Ausführungsprojekt und Bauausführung

3.1 Bauvorgang

Der Rückhaltedamm wurde in folgenden Bauetappen realisiert:

1. Rodungsarbeiten im Sperrstellenbereich
2. Baustelleninstallation, Geländeabtrag mit Aushub des Umleitkanals im linken Widerlagerbereich

Bild 9. Wasserseitige Böschung mit Einlaufpartie und Hochwasserentlastung.

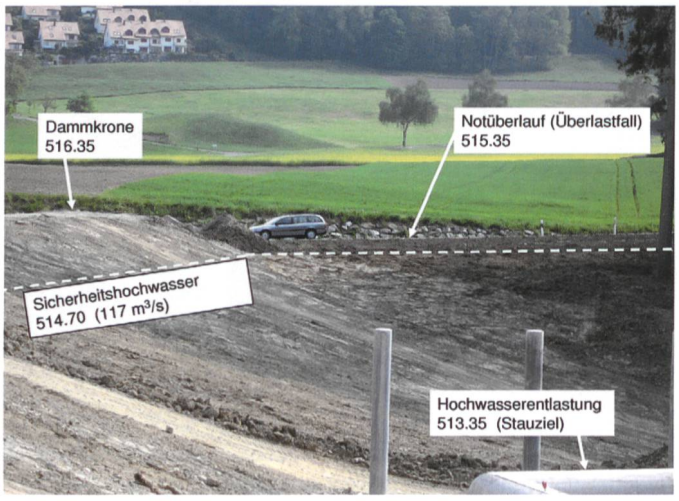


Bild 10. Erhöhte Dammsicherheit mit zusätzlichem Notüberlauf im Überlastfall.

Bild 11. Bauumleitung mit Durchlassbauwerk im Oktober 2005.

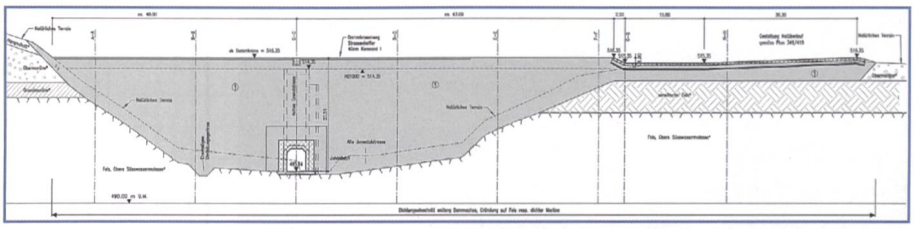


Bild 12. Dammgründung auf Fels der oberen Süsswassermolasse, welche aus einer geschichteten Wechsellagerung von Mergeln, Silt- und Sandsteinen besteht.

3. Inbetriebnahme der Bauumleitung für den Jonenbach
4. Bau des Grobrechens im Stauraum zum Schutze der untenliegenden Dammbaustelle
5. Betonarbeiten Durchlassbauwerk (kombiniertes Bauwerk für Grundablass, Hochwasserentlastung und Notentleerung) und Bau des Tosbeckens im Bereich des ursprünglichen Bachbetts des Jonenbachs
6. Aushubarbeiten für die Dammgründung im rechten Widerlagerbereich
7. Inbetriebnahme des Durchlassbauwerks
8. Erstellung des 5 m hohen, oberwasserseitigen Kofferdamm
9. Fertigstellung der Aushubarbeiten für die Dammgründung im linken Widerlagerbereich
10. Dammschüttung bis auf Kronenhöhe einschliesslich der etappenweisen Ausführung von Injektionsmassnahmen im linken Widerlagerbereich
11. Bau des im zukünftigen Stauraumbereich gelegenen Umgehungsgewässers beim Wehr Mühliweiher
12. Bau der seitlichen Notentlastung im rechten Widerlagerbereich
13. Bau der Dammsicherungsmassnahmen für den im zukünftigen Stauraumbereich gelegenen Mühliweiher
14. Einbau von Frontwand, Drosselblende und Grobrechen beim Einlaufbauwerk
15. Ausrüstungsarbeiten Damminstrumentierung (geodätische Fixpunkte, Piezometer und automatische Pegelsonde)
16. Strassen- und Forstwegbau mit Anschluss des Rückhaltedammes an das bestehende Wegnetz
17. Gestaltungsmassnahmen auf der luftseitigen Dammböschung zur Integration und Erweiterung des bestehenden Bauspielplatzes
18. Rekultivierung und Wiederaufforstung

Die Rodungsarbeiten für die ursprünglich zum grössten Teil bewaldete Sperrstelle wurden im Winter 2004/2005 ausgeführt. Mit der Baustelleninstallation und den anschliessenden Bauhauptarbeiten für den Rückhaltedamm wurde im Juni 2005 begonnen. Nach einer Bauzeit von knapp 11 Monaten für das kombinierte Bauwerk aus Grundablass und Hochwasserentlastung mit einem Gesamtbetonvolumen von rund 3000 m^3 konnte Ende April 2006 der Jonenbach definitiv durch das fertig gestellte Durchlassbauwerk geleitet werden. Die anschliessenden Hauptdammschüttarbeiten fanden zwischen Mai und Mitte Dezember 2006 statt. Innerhalb einer Zeitspanne von knapp 7.5 Monaten wurden rund 143 000 m^3 Moränen- und 7000 m^3 Kiessandmaterial (Filter- und Drainagezonen) eingebaut. Nach einem witterungsbedingten Unterbruch der Bauarbeiten im Winterhalbjahr 2006/2007 wurden in den Monaten April bis Juni 2007 die Restarbeiten ausgeführt und Mitte Juli 2007 das Bauwerk offiziell abgenommen. Die Gesamtbauzeit für den Hochwasserrückhaltedamm hat etwas mehr als 24 Monate gedauert, wobei in den zwei Winterhalbjahren 2005/2006 und 2006/2007 der Baubetrieb jeweils witterungsbedingt während zwei bis drei Monaten vollständig eingestellt war.

3.2 Bauumleitung und Hochwasserereignis vom 21./22. August 2005

Parallel zum Bau des Durchlassbauwerks wurde der Jonenbach über einen rund 200 m langen Umleitkanal geleitet, der vorgängig im Bereich des linken Widerlagers nach Abtrag eines grösseren, aus Moränenmaterial (toniger Silt mit Kiessand) und Molassefels bestehenden Geländekopfes, ausgehoben wurde *(Bild 11)*. Dieser Umleitkanal hatte einen trapezförmigen Querschnitt von 1.5 m minimaler Breite und 2.0 m minimaler Höhe mit einer Grenzabflusskapazität, die im Bereich von 5 bis 6 m^3/s lag. Während dem knapp 10 Monate (vom 1. Juli 2005 bis zum 26. April 2006) dauernden Betrieb des Umleitkanals, wurde das Einzugsgebiet des Jonenbachs mehrmals von Starkniederschlägen heimgesucht, die sowohl zu kleineren als auch sehr grossen Abflussspitzen im Bereich der Sperrstelle geführt haben. Ein Spitzenereignis war das Hochwasser vom 21. August 2005, bei dem der maximale Abfluss des Jonenbachs im Bereich der Dammbaustelle rund 17 m^3/s betrug. Dieses Ereignis hat zu einer Überschreitung der Abflusskapazität der Bauumleitung mit einer anschliessenden Flutung der daneben liegenden Baustelle des Durchlassbauwerkes geführt. Abgesehen von wenigen Verunreinigungen im Bereich der Betonbaustelle für das Durchlassbauwerk sowie einigen Schäden am Umleitkanal infolge Seitenerosion konnte dieses Extremhochwasser praktisch schadlos über die Baustelle geführt werden.

Im Rahmen der nachfolgenden Dammschüttarbeiten wurde der auf der Luftseite des Kerns liegende Teil des Umleitkanals als Drainagegraben umgebaut.

3.3 Dammgründung und Behandlung der im linken Widerlager unerwartet entdeckten Klüfte

Der Damm ist auf Molassefels gegründet, der aufgrund der vorgängig durchgeführten Baugrunduntersuchungen grundsätzlich als ein dichter und standfester Untergrund gilt *(Bild 12)*. Aus diesem Grunde wurde im Rahmen der Ausführungsprojektierung nach dem Abtrag des darüber liegenden Bachschutt- und Moränenmaterials eine direkte Gründung der Dammkernzone auf dem anstehenden Molassefels ohne zusätzliche Abdichtungsmassnahmen vorgesehen. Im Zuge der Aushubarbeiten im Bereich der zukünftigen Dammgründung wurden sowohl im linken als auch im rechten Widerlagerbereich diverse, aufgrund der vorhandenen Baugrunduntersuchungen unvorhergesehene, Hangwasserquellen freigelegt, die teilweise erhebliche Wassermengen führen. Aufgrund dieser Hangwasseraustritte mussten in Abweichung zum Bauprojekt

Bild 13. Offene Klüfte/Hohlräume im Bereich der linken Kernaufstandsfläche.

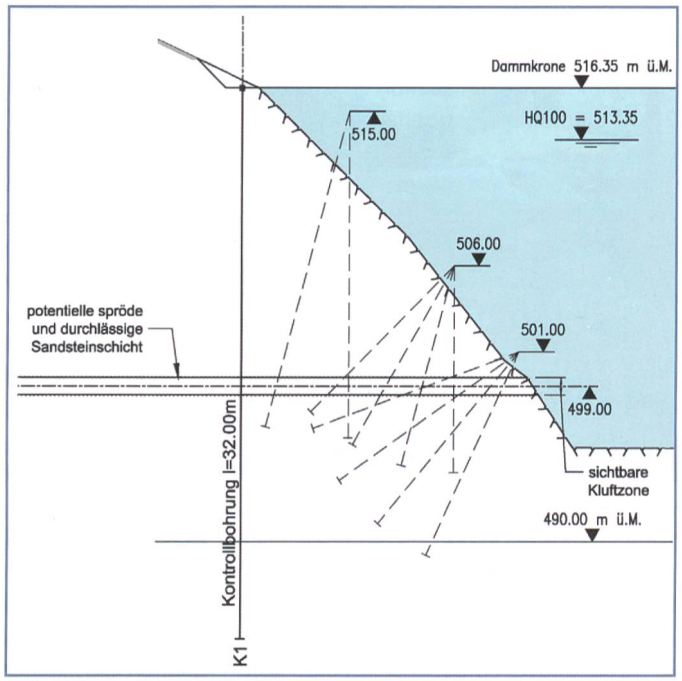


Bild 14. Injektionsschirm zur Abdichtung der Klüfte/Hohlräume des linken Widerlagers.

zusätzliche Massnahmen wie Untergrundabdichtungen, Drainagegräben, Filterpackungen und den Einsatz von geeigneten Geotextilien vorgesehen werden.

Im Juli 2006 wurden zudem während den Aushubarbeiten in einer tief liegenden Sandsteinschicht des linksseitigen Böschungsaushubes Hohlräume aufgeschlossen, die zusätzlich mit speziellen Injektionsmassnahmen abgedichtet werden mussten *(Bild 13)*. Aufgrund der relativ hohen Injektionsgutaufnahmen wurde schliesslich im Bereich des linken Dammwiderlagers in insgesamt vier Etappen ein Injektionsschirm erstellt (*Bild 14 & 15*). Zur Überprüfung dieser Injektionsmassnahmen sowie zur Kontrolle der geologischen Gegebenheiten im Untergrund der Sperrstelle, wurden anfangs 2007 in beiden Widerlagerbereichen zusätzlich je eine gekernte Kontrollbohrung bis auf die betreffende Sandsteinschicht abgetieft. Zusätzlich wurde im Bereich des luftseitigen Dammfusses des linken Widerlagers ein, mit einer automatischen Grenzpegelsonde ausgerüsteten, Piezometer (*P3*) versetzt. Mit diesem Piezometer lassen sich bei einem Einstau des Rückhaltebeckens mögliche Durchsickerungen infolge der wahrscheinlich erhöhten Durchlässigkeit des linken Widerlagerbereiches feststellen und überwachen.

Im März 2006 ist man während den Aushubarbeiten für die rechtseitige Dammgründung auf eine bis anhin nicht bekannte Altlast bestehend aus Brandschuttmaterial und Ziegelsteinen gestossen. Aufgrund der Resultate der Altlastenuntersuchung sowie des Risikos von lokal erhöhten Setzungen im Gründungsbereich des Dammes, wurden rund 1800 m^3 Altlastenmaterial ausgehoben und fachgerecht in einer Inertstoffdeponie entsorgt.

3.4 Dammschüttung, Schüttmaterialbezug und Einbaukontrollen

Aufgrund von technischen und landschaftsgestalterischen Gesichtspunkten wurde die Dammachse leicht zur Oberwasserseite hin gekrümmt ausgebildet und die Dammschüttung in ihren Seitenbereichen mit Ausrundungen an die anstehenden Talflanken angeschlossen. Der Dammkörper (150 000 m^3) wurde als gezonter Erdschütt-

Bild 15. Bohrarbeiten für Injektionen im linken Widerlager.

Bild 16. Ersteinstau des Hochwasserrückhaltebeckens am 9. August 2007.

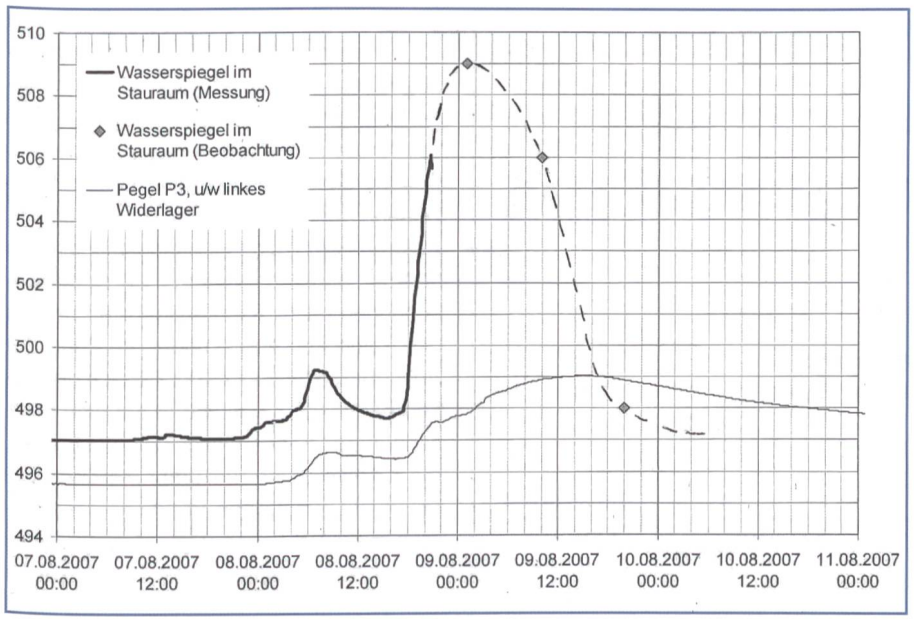


Bild 17. Verlauf der Wasserspiegel im Stauraum und Piezometer (P3) im linken Widerlager.

damm unter Verwendungen folgender Schüttmaterialien gebaut *(Bild 6)*:

- Kernzone aus Moränenmaterial
- ober- und unterwasserseitige Stützkörperzonen aus Moränenmaterial und tonigem Silt mit Kiessand
- Filterzonen und Drainagen aus Kiessand

Das Moränenmaterial wurde aus einer Kiesgrube (98 000 m^3) und einem Baugrubenaushub (21 000 m^3), welche beide in der Umgebung vom Cham, Kanton Zug lagen, bezogen. Der tonige Silt mit Kiessand (24 000 m^3) wurde vor Ort aus dem Aushub für den Rückhaltedamm (insbesondere aus dem Geländeabtrag im linken Widerlagerbereich) gewonnen und ab einem Zwischendepot als Dammschüttmaterial wieder verwendet. Die Materialien für die Filter- und Drainagezonen (7000 m^3) wurden nach vorgegebenen Kornverteilungen aus verschiedenen Kieswerken bezogen.

Vorgängig ihrer Verwendung im Dammkörper wurden die Dammschüttmaterialien der verschiedenen Bezugsquellen eingehenden Eignungsprüfungen unterzogen. Die Eignungsprüfungen für die Einbaumaterialien der Kern- und Stützkörperzonen umfassten im Wesentlichen die folgenden bodenmechanischen Versuche:

- Klassifikationsversuche (Kornverteilung, Wassergehalt, spezifisches Gewicht, Attenberggrenzen)
- Verdichtungsversuche (Proctor-Standard) zur Bestimmung des optimalen Einbauwassergehaltes wopt
- Durchlässigkeitsversuche im Proctortopf zur Bestimmung des k-Wertes
- Oedometerversuche zur Bestimmung des Me-Wertes
- Triaxiale Scherversuche zur Bestimmung der Scherparameter Reibungswinkel φ' und Kohäsion c'

Vor dem Beginn der eigentlichen Dammschüttung wurden auf der Dammgründung für die Einbaumaterialien der Kern- und Stützkörperzonen grossflächige Probeschüttungen durchgeführt. Während den Dammschüttarbeiten wurden regelmässig die folgenden Einbaukontrollen (Kernzone jede 2. Einbauschicht; Stützkörperzonen alle 2000 $m^3 \div 3000$ m^3) durchgeführt:

- Klassifikationsversuche
- Verdichtungsversuch (Proctor-Standard)
- Wassergehalt und Dichtemessung mit Troxler-Sonde

Die Einbaubarkeit des Moränenmaterials und insbesondere des vor Ort gewonnenen, tonigen Silt mit Kiessand war stark vom Wassergehalt abhängig und nur bei trockener Witterung möglich. Aufgrund des allgemein erhöhten Deformationsvermögen natürlicher Schüttmaterialien wurde im vorliegenden Fall auf eine Stabilisierung der witterungsempfindlichen Materialien verzichtet. Der ab dem Zwischendepot bezogene, tonige Silt mit Kiessand war teilweise so stark vernässt, dass er vorgängig der Verdichtung auf der Einbaustelle lagenweise ausgelegt und ausgetrocknet werden musste. Der Einbau dieses Materials war somit nur an den sonnigsten und wärmsten Tagen des Sommers 2006 möglich.

4. Ersteinstau vom 8./9. August 2007

Drei Monate nach dem das Hochwasserrückhaltebecken in Betrieb genommen wurde, kam es während dem Hochwasserereignis vom 8./9. August 2007 zum Ersteinstau bei dem das Rückhaltebecken innert relativ kurzer Zeit bis zu $^2/_3$ der maximalen Stauhöhe gefüllt wurde *(Bild 16)*. Der maximale Stauspiegel lag bei rund 12 m über der Schwelle der Drosselöffnung und etwa 4.35 m unterhalb der Überlaufkante der Hochwasserentlastung. Das vorhandene Rückhaltevolumen war aber noch nicht zur Hälfte beansprucht. Bei diesem Einstau lag der maximale, gedrosselte Abfluss aus dem Rückhaltebecken bei rund 14 m^3/s. Aufgrund der verschiedenen Messdaten, die vom Ereignis zur Verfügung standen, konnte die Zuflussspitze zum Hochwasserrückhaltebecken rechnerisch abgeschätzt werden. Diese wird rund 24 m^3/s betragen haben, was einem Ereignis mit einer Wiederkehrperiode im Bereich von 60 bis 70 Jahren entspricht.

Dank der Dämpfung der Hochwasserspitze und dem Rückhalt von Schwemmholz konnte das unmittelbar unterhalb des Rückhaltebeckens liegende Siedlungsgebiet erfolgreich vor Hochwasserschäden geschützt werden. Dieses Ereignis hat aber auch aufgezeigt, dass die Abflusskapazität des Bachbetts im Siedlungsgebiet von Affoltern am Albis schon mit einem Teileinstau des Rückhaltebeckens an einzelnen Stellen praktisch ausgeschöpft ist und somit stellenweise effektiv tiefer ist, als die in früheren Studien für den Gesamtabschnitt ermittelte Gerinnekapazität von 16 ÷ 18 m^3/s. An einer kritischen Stelle musste sogar mit Sandsäcken ein Überlaufen des Bachbetts verhindert werden. Aufgrund dieser Erkenntnisse werden in einem nächsten Schritt lokale Baumassnahmen untersucht, um die Gerinneabflusskapazität unterhalb des Rückhaltedammes möglichst erhöhen zu können. Bis diese Massnahmen realisiert sind, ist die Drosselöffnung in der Höhe um 14 cm verkleinert worden. Der Ersteinstau des Rückhaltebeckens hat zudem gezeigt, dass die installierte Dammintrumentierung weitgehend einwandfrei funktioniert hat. Beim Erreichen der Kote 506.00 m ü.M. (9 m über der Schwelle der Drosselöffnung) musste zwar ein Ausfall der automatischen Pegelsonde verzeichnet werden. Zeitpunkt und Höhe des Maximalstaus konnte dank Beobachtungen des Stauspiegels und der optischen Wasserstandesanzeige im Becken ermittelt werden *(Bild 17)*.

Das automatische Piezometer *(P3)* auf der Unterwasserseite des linken Widerlagers hat während dem Ersteinstau ein Anstieg des Sickerwasserspiegels von

Technische Daten des Hochwasserrückhaltebeckens am Jonenbach	
Einzugsgebiet oberhalb Rückhaltedamm:	21 km^2
Inhalt HWRB (Stauziel HQ_{100}):	391'500 m^3
Stauziel HQ_{100} (= Kote Hochwasserüberfall):	513.35 m ü.M.
Stauziel $HQ_{1'000}$ (Bemessungshochwasser):	514.35 m ü.M.
Stauziel 1.5 x $HQ_{1'000}$ (Sicherheitshochwasser):	514.70 m ü.M.
Hochwasserhydrologie (Zuflüsse HWRB):	
• HQ_{100}	34 m^3/s
• $HQ_{1'000}$ (Bemessungshochwasser Hochwasserentlastung):	78 m^3/s
• 1.5 x $HQ_{1'000}$ (Sicherheitshochwasser Hochwasserentlastung):	117 m^3/s
Rückhaltedamm:	
• Kote Dammkrone	516.35 m ü.M.
• Maximale Dammhöhe über Fundament	21 m
• Kronenlänge	163 m
• Dammvolumen	150'000 m^3
Hochwasserentlastung/Grundablass:	
• Wirksame Breite Hochwasserüberfall	34.8 m
• Q_{GA} Grundablass beim Stauziel HQ_{100}	15 m^3/s
• Drosselquerschnitt beim Grundablasseinlauf	1.40 x 0.95 m
Notentleerung:	
• Q_{NE} Notentleerung beim Stauziel HQ_{100}	7.4 m^3/s
Notentlastung (Überlastfall):	
• Zusätzliche Entlastungswassermenge (Staukote = Dammkrone)	41 m^3/s
• Kote Dammscharte (= 0.65 m über dem Sicherheitshochwasser)	515.35 m ü.M.

Tabelle 1. Technische Daten des Hochwasserrückhaltebeckens am Jonenbach, Affoltern am Albis.

rund 3 m verzeichnet. Dieser maximal beobachtete Grundwasserspiegel war identisch mit der Höhenlage der zerklüfteten Sandsteinschicht und hat die Stabilität des linken Widerlagers in keiner Weise gefährdet. Aufgrund dieser Beobachtungen wurde nachträglich entlang des auf der Luftseite des linken Widerlagers gelegenen Weges eine Dreinageleitung eingebaut, um allfällige Sickerwasser kontrolliert abzuleiten.

5. Zusammenfassung

Mit einem Hochwasserrückhaltebecken werden bei Starkniederschlägen nicht nur Wasser sondern auch Geschiebe und Schwemmholz zurückgehalten. Für den Schwemmholzrückhalt wurden im Becken am Jonenbach Rechen vor der Drosselöffnung, vor der Hochwasserentlastung sowie an der Stauwurzel realisiert. Es wurde darauf geachtet, dass sie nicht verstopfungsanfällig sind und sich bei einem Überlastfall gutmütig verhalten. Zusätzlich zur Hochwasserentlastung, die als Schachtüberfall ausgebildet ist, konnte beim vorliegenden Objekt eine Entlastungsmöglichkeit für den Überlastfall realisiert werden. Besonderes Gewicht wurde auf den Bauzustand während der Schüttarbeiten gelegt. Aufgrund von landschaftsgestalterischen Gesichtspunkten wurden die Dammböschungen relativ flach ausgebildet und zu den Talflanken ausgerundet. Im Zuge der Aushubarbeiten ist man im Bereich des linken Widerlagers unerwartet auf eine stark zerklüftete Sandsteinschicht gestossen, die in Abweichung zum ursprünglichen Detailprojekt zusätzliche Injektionsmassnahmen, erfordert haben. Drei Monate nachdem das Hochwasserrückhaltebecken in Betrieb genommen wurde, ist es während des Hochwasserereignisses vom 8./9. August 2007 bereits stark eingestaut worden. Dank der Dämpfung und dem Rückhalt des Schwemmholzes konnten in Affoltern am Albis Schäden vermieden werden.

Anschrift der Verfasser
Heinz Hochstrasser, Dipl. Bauing. ETH
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Walcheplatz 2, CH-8090 Zürich
heinz.hochstrasser@bd.zh.ch

Martin Aemmer, Dipl. Bauing. ETH
Pöyry Energy AG
Hardturmstrasse 161, CH-8037 Zürich
martin.aemmer@poyry.com

Andreas Sorgenfrei, Dipl. Bauing. FH
Pöyry Energy AG
Hardturmstrasse 161, CH-8037 Zürich
andreas.sorgenfrei@poyry.com