Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 132 (2006)
Heft: 36: Hochwasserschutz

Artikel: Hochwasserentlastung für den Thunersee
Autor: Spycher, Ernst / Schmocker, Peter / Andres, Martin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-107985

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: 16.07.2025

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

Ernst Spycher, Peter Schmocker, Martin Andres, Beat Aeschbacher

Hochwasserentlastung für den Thunersee

Seit der historischen Umleitung der Kander weist der Thunersee kein ausreichendes Speichervermögen bei starken Niederschlägen mehr auf, was bisher zu zahlreichen Überschwemmungen in Thun und Umgebung geführt hat. Abhilfe soll jetzt ein neuer Entlastungsstollen unter dem Bahnhofareal schaffen. Unter Nutzung eines bestehenden Schifffahrtskanals wird die Abflusskapazität der Aare so weit erhöht, dass Schäden wie bei den Extremereignissen 1999 und 2005 nicht mehr auftreten können.

Mit dem Kanderdurchstich von 1714 (Bild 1) begann ein neues Zeitalter für den Thunersee und insbesondere für die Stadt Thun und die unterliegenden Gemeinden an der Aare. Diese wurden von den Überschwemmungen durch die Kander befreit, welche das Land versumpfen liessen. Die Auswirkungen des Kanderhochwassers waren in der Aare auch in der Stadt Bern und bis nach Aarau spürbar. Mit dem Bau der Inneren und der Äusseren Aare bzw. ihren beiden Schleusenwerken sind die Abflussverhältnisse in Thun bis 1788 an die neuen Gegebenheiten angepasst worden. Die Schleusen in Thun sind heute noch in Gebrauch und unterliegen dem Denkmalschutz.

Die seit 1869 durch die Landeshydrologie erfolgten Pegelstandmessungen am Thunersee (Bild 2) geben eine Übersicht über die Höchstwasserstände der letzten 137 Jahre. In diesem Zeitraum wurde der Schadenpegel von 558.30 m ü.M. rund 40-mal erreicht oder überschritten (in den letzten sieben Jahren 5-mal). Die beiden Ereignisse aus den Jahren 1999 und 2005 ragen dabei aus den üblichen Überschreitungen heraus: Die Überschreitung der Schadengrenze durch die beiden letzten Hochwasser (Pegel 559.12 m ü.M. und 559.25 m ü.M.) ist mehr als doppelt so hoch wie beim höchsten Hochwasser in den vergangenen 137 Jahren im Jahr 1910 mit einem Pegel von 558.68 m ü.M.

Hydraulische Grundlagen

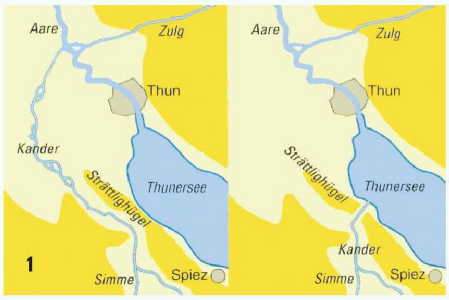
Die Hochwassersituation am Thunersee ist vor allem durch drei Randbedingungen bestimmt:

– Mit der Umleitung der Kander in den See ist das Einzugsgebiet fast verdoppelt worden. Trotz dem Umfunktionieren des Stadtgrabens zur Äusseren Aare und dem Bau des Uttigenkanals blieb die Abflusskapazität beim Seeausfluss in Thun ungenügend.

– Der Thunersee weist von allen Schweizer Seen bezogen auf das Einzugsgebiet die kleinste Oberfläche auf.

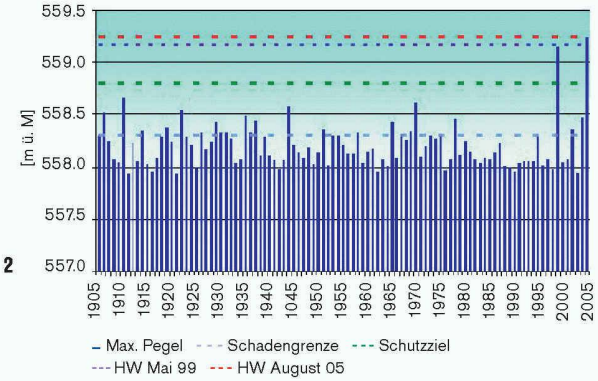
– Das Speichervermögen ist im Vergleich zu anderen Seen klein (Bild 3). Die Differenz vom mittleren Sommerseespiegel bis zur Gefahrengrenze beträgt lediglich ca. 50 cm.

Diese Gründe führen dazu, dass der See häufig die Gefahrengrenze übersteigt. Die einzigen Möglichkeiten zur Verbesserung dieser Situation sind einerseits ein permanentes Tieferhalten des Seespiegels oder andererseits die Erhöhung der Abflusskapazität der Aare in

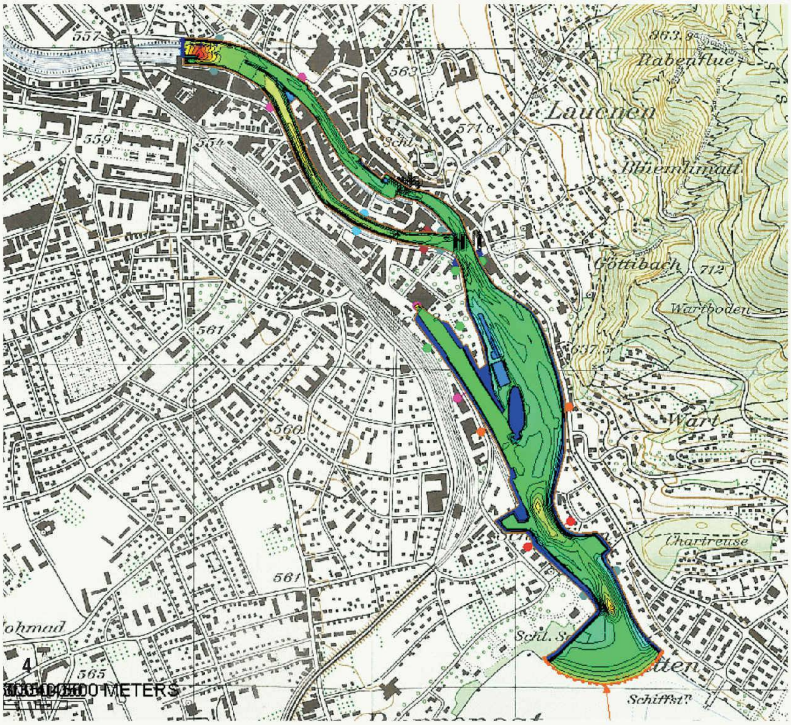


1

1 Kanderdurchstich bei Spiez, links Situation vor 1714 (Bild: D. Vischer)



2



4
Hydraulische Berechnungen mit 2-D-Modell: Innere (rechts) und Äussere Aare sowie Schifffahrtskanal (Mitte links) mit anschliessendem Entlastungsstollen (Bild: bhc/aquavision)

Thun. Der letztere Ansatz ist erfolgversprechender, denn das alleinige Optimieren des Speichervolumens reicht bei weitem nicht aus, um künftige Hochwasser bei länger dauernden starken Zuflüssen in den Thunersee zu verhindern.

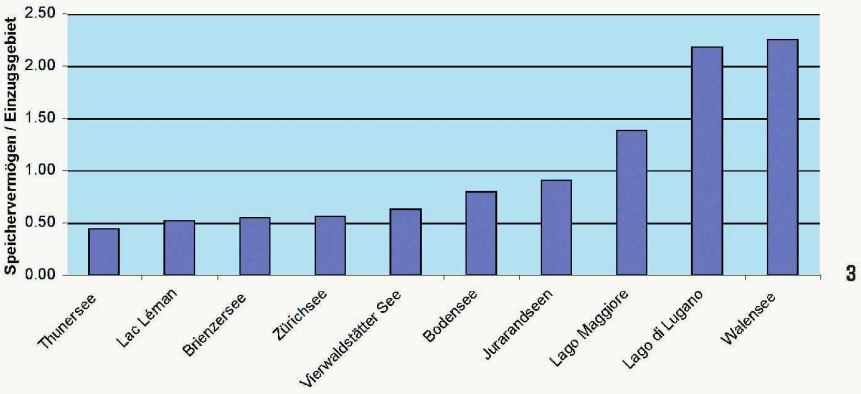
Hochwasserschutz oder Äschen

Nach dem Hochwasser von 1970 wurden die Scherzligschleuse saniert und die Sohle unterhalb der Schleuse geglättet. Es war vorgesehen, die Sohle oberhalb der Scherzligschleuse auszubaggern, um den Abflussquerschnitt der Aare zu vergrössern. Da in diesem Gebiet ein Äschenlaichgebiet von nationaler Bedeutung liegt, verzichtete man damals jedoch auf die Tieferlegung der Aaresohle.

Eine nach dem Hochwasser von 1999 im Grossen Rat des Kantons Bern eingebrachte Motion verlangte die Reaktivierung des Baggerprojekts. Der Kanton Bern veranlasste daraufhin diverse Grundlagenuntersuchungen hinsichtlich Fischerei, Geschiebehaushalt und Abflussverhältnisse und beauftragte 2002 den Oberingenieurkreis I des Tiefbauamtes des Kantons Bern, ein Hochwasserschutzprojekt auszuarbeiten. Aufgrund des schwierigen Umfelds (Betroffene durch das Hochwasser, Umweltaspekte, Schifffahrt) wurde die Projektentwicklung durch eine Projektdelegation begleitet. Darin sind oder waren Vertreter der Stadt Thun, des Kantons Bern, des Bundes, der Umweltverbände, der Schiffsbetriebe und der Gebäudeversicherung vertreten. Eine Reihe möglicher Massnahmen wurde schliesslich im Rahmen einer Nutzwertanalyse auf ihre Tauglichkeit hin bewertet:

– Temporäre Wehrabsenkungen bei drohendem Hochwasser im Flusskraftwerk Thun-Aare.
– Vertiefung von 4 Toren der Scherzligschleuse und Sohlenanpassungen oberhalb und unterhalb, ausserhalb der Äschenlaichplätze im Thunersee.
– Durchflusserweiterung bei der Bahnhofbrücke über eine Länge von rund 70 m.
– Kurzstollen vom Schifffahrtskanal unter der Panoramastrasse und dem Scherzligweg hindurch zur Äusseren Aare mit Einmündung rund 25 m unterhalb der Scherzligschleuse.

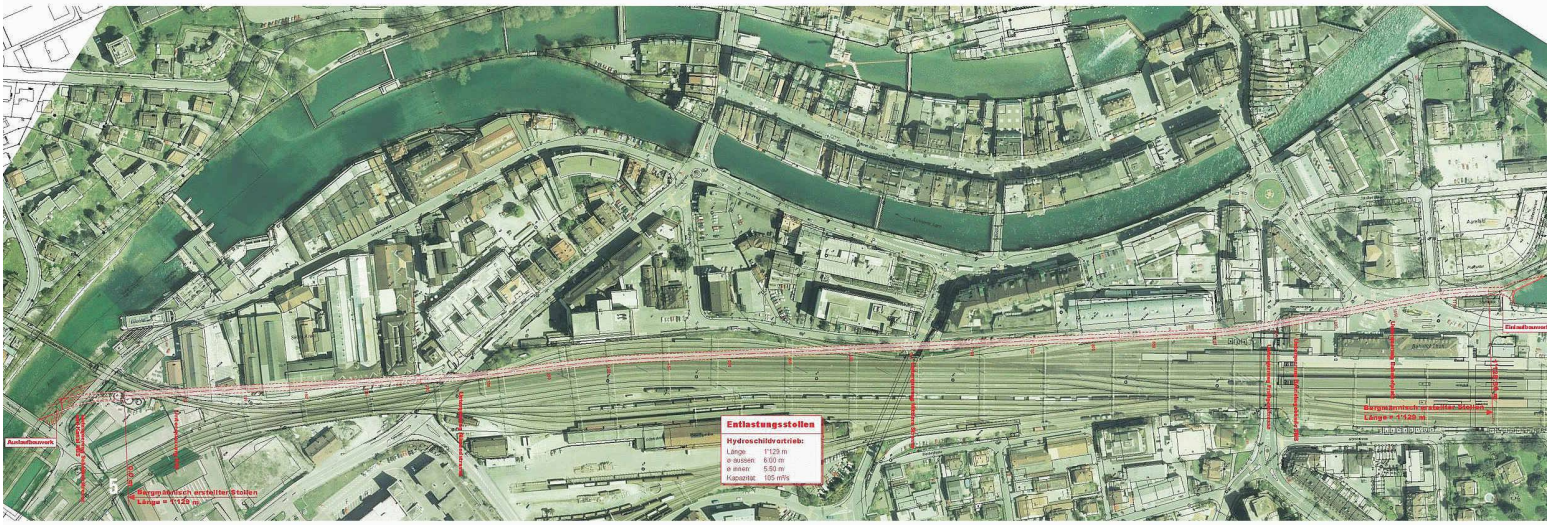
Ein wirksamer Hochwasserschutz muss bereits bei tiefem Wasserstand mehr Wasser aus dem Thunersee ableiten können. Anhand dieses und anderer Kriterien



3

2
Pegelstandmessungen (maximale Jahrespegel) des Thunersees, Zeitraum von 1905 bis 2005 (Bild: IG TSA)

3
Speichervermögen der grösseren Schweizer Seen, dargestellt anhand der Differenzen vom mittleren Sommerseespiegel bis zur Gefahrengrenze (Bild: bhc Projektplanung)



5
Orthofoto der Innenstadt und des Bahnhofareals der Stadt Thun mit rot eingetragener Linienführung des Entlastungsstollens. Oben im Bild ist die Innere Aare, darunter die Äussere Aare, je mit den zugehörigen Schleusen gegen den Thunersee (rechts), erkennbar (Bilder: ITG TSA)

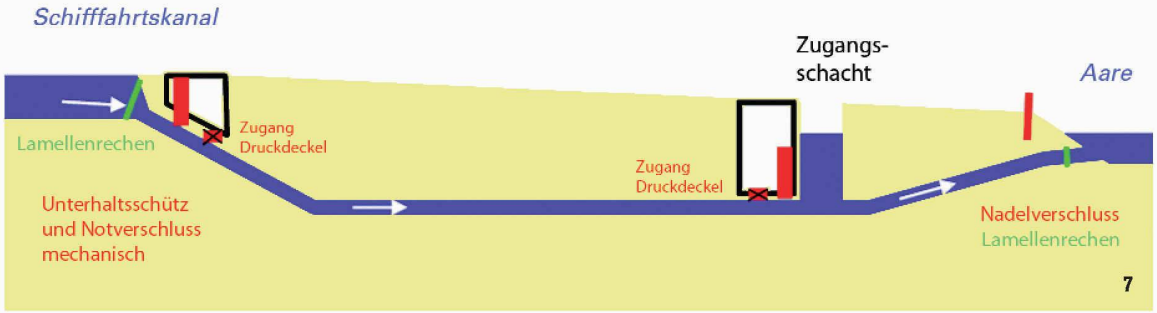
6
Ansicht (Montage) des Auslaufbauwerks. Am rechten Bildrand ist noch die Regiebrücke (Strassenbrücke) erkennbar

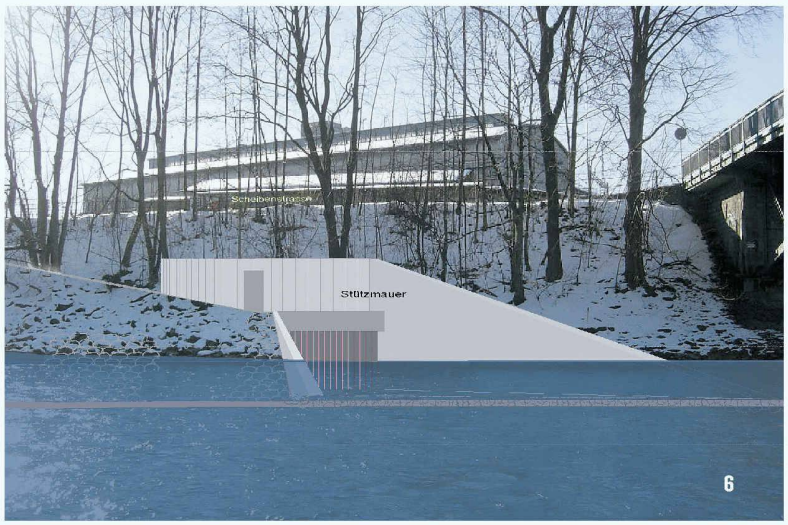
7
Schematische Darstellung des Systems Entlastungsstollen Thunersee

vermochte keines der geprüften Konzepte wirklich zu überzeugen. Noch während dieser Projektierungsphase zeigten neue hydraulische Berechnungen, dass der Schifffahrtskanal grosse Wassermengen durchleiten kann. Daraus entwickelte sich allmählich die Idee eines langen Entlastungsstollens, der bereits bei tiefem Wasserstand eine beträchtliche Wassermenge ableiten und erst unterhalb des Kraftwerkes Thun-Aare wieder der Aare zuführen kann. Im Dezember 2005 wurde das Projekt durch den Kanton genehmigt, und der Grosse Rat des Kantons bewilligte den Kredit im Februar 2006.

Bypass für den See

Mit dem Entlastungsstollen kann die Abflusskapazität um etwa 100 m^3/s erhöht werden. Aufgrund von verschiedenen Indikatoren im Einzugsgebiet (Niederschlag, Bodenfeuchte, Zunahme der Zuflüsse, Schneeschmelzwasserdisposition) soll der Stollen rechtzeitig vor einem Hochwasserereignis in Betrieb genommen werden. Hydraulische Berechnungen mit einem 2-D-Finite-Elemente-Programm (Bild 4), gekoppelt mit einem Flood-Routing für sehr kurze Distanzen von weniger als 2 km, haben unter anderem ergeben, dass

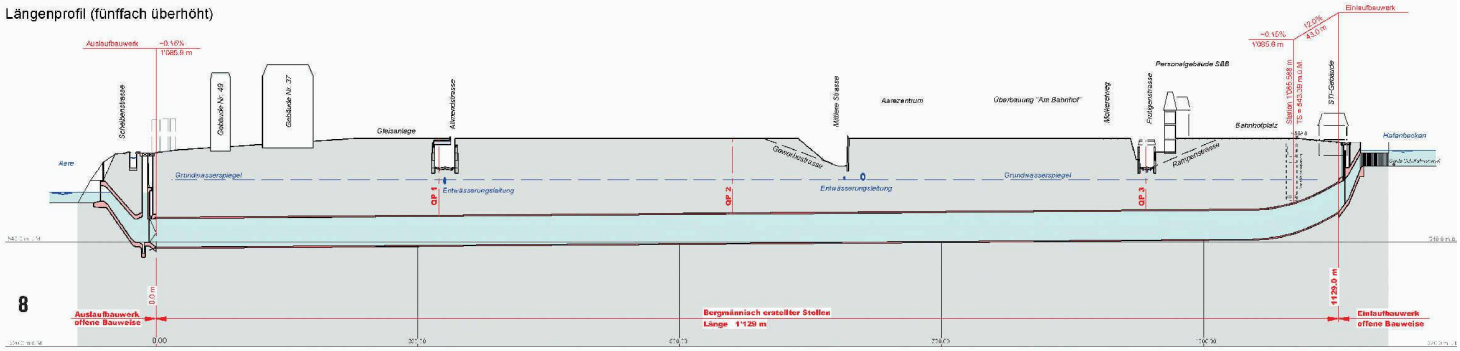


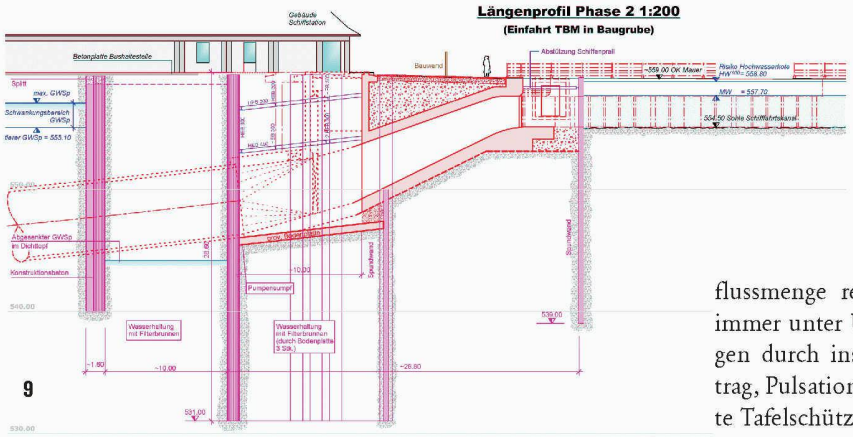


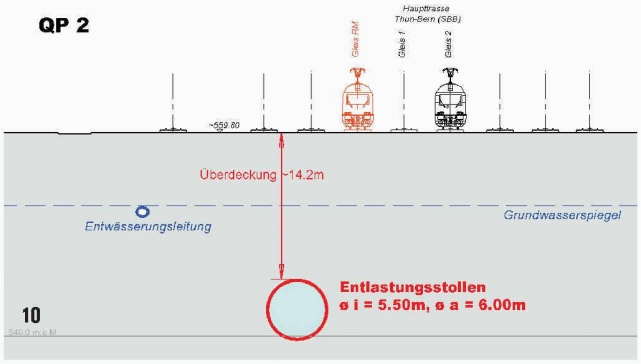
der See bei den Extremereignissen im Mai 1999 und im August 2005 mit dem Stollen um ca. 40 cm weniger hoch gestiegen wäre. Durch diesen tieferen maximalen Seepegel bleibt die Abflussspitze der Aare nach Thun in der gleichen Grössenordnung wie im heutigen Zustand ohne Stollen und wird – dies ist wichtig für die Unterlieger – bei Extremereignissen nicht erhöht.
Mit dem verbesserten Ausfluss aus dem Thunersee und einer neuen Pegelstandabflussbeziehung muss auch das heutige Wehrreglement angepasst werden. Die Anpassung wird mit einem speziellen Betriebsreglement vorgenommen und beschränkt sich im Wesentlichen auf den Hochwasserfall. Der Einsatz des Entlastungsstollens geschieht nachgeschaltet zur Entlastung durch die Scherzlig- und die Mühleschleuse. Das Betriebsreglement, das eine bedürfnisgerechte Thunersee-Entlastung aufgrund von meteorologischen und hydrologischen Frühindikatoren erlaubt, durchläuft zurzeit einen breit abgestützten Vernehmlassungsprozess.

Im Stollen unter dem Bahnhof durch

Der Entlastungsstollen weist eine Länge von rund 1210 m und einen nominalen Innendurchmesser von 5.5 m auf. Er führt vom Ende des Schifffahrtskanals in Verlängerung des Thunersees entlang des Bahntrassees bis zur Aare unterhalb des Kraftwerks Thun (Bild 5). Das Bauwerk unterteilt sich in die drei Abschnitte Einlaufbauwerk, den bergmännisch aufgefahrenen Stollen und das Auslaufbauwerk.
Die Lage des Einlaufbauwerks ist auf die möglichst parallele Anströmung im Schifffahrtskanal ausgelegt, um den Schiffsbetrieb wenig zu beeinträchtigen, und den vorhandenen Gebäuden und Strassen angepasst. Das Bauwerk ist hydraulisch so gestaltet, dass der Lufteintrag minimal ist und die Kapazität nicht durch Einlaufwirbel reduziert wird. Im Endzustand ist das Einlaufbauwerk komplett überdeckt, und die Einlauföffnung mit den Rechenstäben ist nur in Ausnahmefällen bei Niederwasserständen sichtbar. Die heutigen Verkehrsbeziehungen bleiben erhalten.
Ab dem Einlaufbauwerk taucht der Entlastungsstollen mit rund 12 % Gefälle ab. Nach rund 60 m wird das mögliche künftige Trassee der Stadtumfahrung Süd unterquert. Die Bedingung, diese Tunnellösung als Option zu erhalten, bestimmt weitestgehend das Längenprofil des Entlastungsstollens. Gleichzeitig erreicht man damit, dass die Scheitelüberdeckung des Entlastungsstollens bereits nach 80 m rund 12–13 m beträgt und damit Konflikte mit bestehenden Bauwerken und Werkleitungen ausgeschlossen werden können.
Die Lage des Auslaufbauwerks berücksichtigt einerseits einen möglichst flachen Einleitwinkel in die Aare, andererseits die sehr engen örtlichen Verhältnisse. Das Bauwerk ist zwischen der Regiebrücke und der Bahnbrücke des RM (Regionalverkehr Mittelland) geplant. Vom Ende des gefrästen Stollens bis zur Aare wird in einem 60 m langen Auslaufbauwerk die Höhendifferenz von 8.5 m zwischen Stollentiefpunkt und Aaresohle überwunden und der Querschnitt aufgeweitet. Das Auslaufbauwerk enthält eine Tafelschütze, einen Pumpenschacht mit Kiesfang und unterwasserseitigem Zugangsschacht sowie eine Zugangsöffnung oberwasserseitig der Schütze. Es ist mit einem Grobrechen versehen und so ausgelegt, dass bei Volllastbetrieb ein strömungstechnisch stabiler Übergang vom Druckabfluss im Stollen zum Freispiegelabfluss in der Aare stattfindet. Der Auslauf kann für Revisions- und Kontrollzwecke mit einem Nadelverschluss abgeschottet werden. Im Endzustand ist das Auslaufbauwerk vollständig überdeckt. Nur die rund 22 m breite und 3 m hohe Austrittsöffnung zur Aare bleibt sichtbar (Bild 6).
Die hydraulische Funktionsweise des Entlastungsstollens entspricht einem Düker (Bild 7). Dieser nützt das Wasserspiegelgefälle von rund 6 m zwischen der Aare unterhalb des Kraftwerks und dem Schifffahrtskanal. Durch die Tafelschütze beim Auslauf kann die Durch-







8
Längenprofil Entlastungsstollen Thunersee, vergleiche dazu auch Bild 6. Mst. 1:7000, 5 fach überhöht

9
Längsschnitt durch die Baugrube beim Einlaufbauwerk am Ende des Schifffahrtskanals mit Pfahl- und Spundwänden. Mst. 1:600

10
Querprofil Entlastungsstollen Thunersee etwa in Stollenmitte, unter dem Gleisfeld des Bahnhofs (Position QP 2 in Bild 8). Mst. 1:700

flussmenge reguliert werden. Der Stollen ist damit immer unter Überdruck, und Betriebsbeeinträchtigungen durch instationäre hydraulische Effekte (Lufteintrag, Pulsationen etc.) sind nicht zu erwarten. Die zweite Tafelschütze beim Einlaufbauwerk ist im Normalfall geöffnet. Sie dient als oberes Abschlussorgan zum Leeren des Stollens für den Unterhalt sowie als Notorgan, falls sich die Regulierschütze nicht schliessen lässt. Es kann von einer nominalen Abflusskapazität des Stollens bei Vollöffnung der Schütze von 110–115 m^3/s ausgegangen werden (je nach Wasserstand bzw. Wasserführung der Aare). Dabei wird eine Strömungsgeschwindigkeit im Stollen von bis ca. 4.6 m/s erreicht.

Tunnelbau im Grundwasser

Der Untergrund besteht vorwiegend aus siltigen / sandigen Schottern. Sie sind mitteldicht bis dicht gelagert, gut tragfähig und gut durchlässig. Der Stollenscheitel liegt ca. 5–6 m unter dem Grundwasserspiegel (Bild 8). Das Auffahren des Stollens ist mit einer Hydroschild-Tunnelbohrmaschine (TBM) vorgesehen. Dabei wird die Ortsbrust mit einem Wasser-Bentonit-Gemisch gestützt, und der Grundwasserspiegel muss nicht abgesenkt werden. Der Ausbau erfolgt einschalig mit vorfabrizierten Stahlbetontübbingen von 25 cm Stärke. Als Abdichtung dient ein Neoprenband in den Tübbingfugen. Der Stollen wird von der Baugrube des Auslaufbauwerks ausgehend Richtung Thunersee aufgefahren. Bei einer Vortriebsleistung von durchschnittlich 6 m / Arbeitstag ergibt sich eine Gesamtvortriebsdauer von rund acht Monaten. Das Ausbruchmaterial fällt an der Ortsbrust als flüssiges Wasser-Boden-Bentonit-Gemisch an, das zu einer Separieranlage gepumpt wird.

Der Stollen führt zu Beginn der Vortriebsarbeiten unter den Gleisen des RM durch und verläuft anschliessend entlang des Gleisfeldes des Bahnhofs Thun (Bild 10). Zusätzlich werden drei Strassenunterführungen, ein Gebäude der SBB und zum Schluss der stark befahrene

Bahnhofplatz unterquert. Während der Vortriebsarbeiten werden die tangierten Bauwerke (Gebäude, Unterführungen, Gleisanlagen, Plätze) mit verschiedenen Messanlagen überwacht, die bei grösseren Setzungen automatisch Alarm auslösen.

In den bis 20 m tiefen Baugruben liegt die Sohle bis zu 14 m unter dem Grundwasserspiegel. Dieser kann beim Einlaufbauwerk (Bild 9) infolge Setzungsgefahr (feinkörnige Böden) und beim Auslaufbauwerk infolge starken Grundwasseranfalls (durchlässige Schotter) nicht abgesenkt werden. Damit sind wasserdichte Baugrubenabschlüsse vorgegeben. Die grosse Länge von ca. 28 m und das Erfordernis geringer Baugrubendeformationen im Nahbereich von Gebäuden und Gleisen bedingen überschnittene Pfahlwände im tiefen Baugrubenbereich. Mit ansteigender Baugrubensohle erfolgt ein Wechsel auf Spundwände. Das Grundwasser im Innern der Baugrube wird mittels Filterbrunnen entspannt. Damit müssen zwar die Bohrpfahlwände weniger tief ausgebildet werden, die Wasserhaltungsmassnahmen müssen jedoch jederzeit reibungslos funktionieren, da sonst das Aufschwimmen der Baugrubensohle die Folge sein könnte (hydraulischer Grundbruch). Eine zusätzliche Segmentierung der Baugrube reduziert dabei die Pumpmengen. Die insbesondere beim Einlaufbauwerk schlecht tragfähigen Böden und der hohe Wasserdruck lassen eine Verankerung nicht zu.

Für die Erstellung des Bauwerks wird mit einer Gesamtbauzeit von zwei Jahren gerechnet. Damit kann der Stollen ab Frühling 2009 (Schneeschmelze) zur Verfügung stehen.

Ernst Spycher, Tiefbauamt des Kantons Bern,
Oberingenieurkreis I, Thun,
ernst.spycher@bve.be.ch
Peter Schmocker, bhc / Aquavision, Wimmis / Ecublens,
peter.schmocker@bhc-projektplanung.ch
Martin Andres, IG TSA, Spiez / Bern,
martin.andres@kzag.ch
Beat Aeschbacher, Marchand+Partner AG, Bern,
b.aeschbacher@marchand.ch

Weitere Informationen unter:
www.hochwasserschutzthunersee.ch
www.aarewasser.ch

Publireportage

Das sichere und zuverlässige «Virtuelle Private Netzwerk» (VPN)

Die Diwisa Distillerie Willisau SA verfügt über eine der modernsten Distillerien. Der Vertrieb ihrer vielfältigen Produkte erfolgt hauptsächlich über den Detailhandel. Weil der Verkaufsaussendienst täglich die aktuellen Daten seiner Kunden in Echtzeit zur Verfügung haben muss, vertraut das Unternehmen auf die neuen – speziell für die Bedürfnisse von KMU entwickelten – standardisierten Data-Produkte von Swisscom Fixnet.

Das Familienunternehmen Diwisa wurde 1918 gegründet und brennt heute noch nach traditioneller Art im Kupferhafen (Häfeli-Brand). Im Angebot befinden sich die bekannten Fruchtdestillate der Marke Original Willisauer, die Trojka-Linie, Xellent Swiss Vodka, aber auch Import-Produkte wie Jägermeister, Tequila Sierra, Whisky Gold Label usw. Neben der auf den Heimmarkt und auf den Export ausgerichteten Distillerie Willisau SA gehört auch das Château du Breuil in der Normandie als einer der weltweit führenden Calvados-Produzenten zur Diwisa Holding.

Ein Tag ohne Internet ist für die Diwisa SA unvorstellbar – nicht einmal eine Stunde. «Eine einfache, sichere und reibungslose Kommunikation ist ein wichtiges Grundbedürfnis von Diwisa. Unser Verkaufsaussendienst muss täglich die aktuellen Daten seiner Kunden in Echtzeit zur Verfügung haben. Dies bedingt einen sicheren und schnellen Zugriff auf unsere interne EDV-Infrastruktur», sagt Peter Rölli, Leiter EDV bei der Diwisa SA.

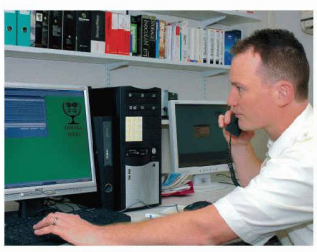
Mit VPN Professionell von Swisscom Fixnet steht der Diwisa SA ein sicheres und zuverlässiges «Virtuelles Privates Netzwerk» zur Verfügung, das – geschützt vom Internet – auf der Plattform von Swisscom betrieben wird. Es besteht aus Router, Firewall, IP-Adressierungs-Konzept und kostenlosem ISDN-Backup, auf den bei einer allfälligen Nicht-Verfügbarkeit von ADSL automatisch umgeschaltet wird.

Wir sind alle näher zusammengerückt!
Für die Diwisa SA hat die Einführung von VPN Professionell Vorteile auf verschiedenen Ebenen gebracht. «Den Hauptnutzen sehen wir im sicheren, schnellen Zugriff der externen Arbeitsplätze auf unser internes Datenbank- und Mailsystem. Diese Computer melden sich am System genau gleich an wie die internen Arbeitsplätze. Die Distanz macht sich nur beim Transfer von sehr grossen Datenmengen (>2 MB) bemerkbar», so Marcel Mosimann, Netzwerkadministrator. Dazu hat durch den Einsatz von VPN Professionell vor allem eine deutliche Steigerung der Sicherheit und der Effizienz (z. B. Zugriffsgeschwindigkeiten der externen Arbeitsplätze) stattgefunden.

Auch CEO René Gut ist überzeugt: «Die hohe Verbindungsgeschwindigkeit sowie die durch die Swisscom gemanagte Firewall, welche für alle Arbeitsplätze nur einen einzigen Zugang ins World Wide Web bietet, sind für uns die wichtigsten Vorteile.»

«Der Support-Aufwand für unsere EDV-Abteilung hat auch abgenommen. Durch die schnelle und vor allem auch sichere Verbindung schlafen wir ruhiger», so Mosimann, «Spass beiseite: mit VPN Professionell können wir die externen Arbeitsplätze (Laptops) im Notfall von Willisau aus ‹fernsteuern› und so bei Problemen online helfen.»

Weitere Informationen unter:
www.swisscom-fixnet.ch/kmu
oder unter der
Gratisnummer 0800 800 800

Die Vorteile von VPN Professionell auf einen Blick:

- Installation durch einen Swisscom IT-Partner
- Standard-Firewall mit drei wählbaren Sicherheitsstufen
- Hohe Verfügbarkeit dank ISDNBackup
- IP-Adressierungs-Konzept inkl. Verwaltung der IP-Adressen via DHCP im LAN am Standort
- Kostenloser Versand von 50 SMS pro Monat
- Fünf E-Mail-Konten kunde@fixnetdata.ch POP3- und Web-Zugang (verschlüsselt)