

Hochwasserschutz am Thunersee

AWA Amt für Wasser und Abfall

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern



Zur Sache



Baumann

Der 29. Mai 2009 war ein denkwürdiger Tag. Feierlich wurde damals in Thun der Hochwasser-Entlastungsstollen eingeweiht, der die Abflusskapazität des Thunersees so stark erhöht, dass künftig nicht nur die Bevölkerung von Thun selbst, sondern auch alle anderen Seeanstösser weniger Angst haben müssen vor überbordenden Wassermassen, die Millionen-schäden verursachen.

Oft genug hatten solche Ereignisse in Thun und in den übrigen Gemeinden am Thunersee gravierende Folgen gehabt: Seit 1869 überschritt der Pegel des Thunersees in nicht weniger als 41 Jahren die heute gültige Hochwassergrenze, deren Kote auf 558.30 m ü.M. festgelegt ist.

In Erinnerung geblieben sind die Bilder vom Mai 1999, als der Pegel des Thunersees durch das verheerende Zusammentreffen von Dauerregen und Schneeschmelze auf **559.17 mü.M.** anstieg. Doch nur sechs Jahre nach diesem vermeintlichen «Jahrhundert-Hochwasser» stieg der See wegen lang anhaltender Sommer-niederschläge besonders rasch an und erreichte am 24. August 2005 mit **559.25 mü.M.** einen neuen, absoluten Höchststand.

Nicht nur die direkt Geschädigten fragten sich, warum in der Zwischenzeit keine Massnahmen umgesetzt worden waren, um die Hochwassergefährdung am Thunersee wirkungsvoll zu entschärfen.

Vorerst mussten allerdings, um eine gute und breit abgestützte Lösung zu finden, zusätzliche Grundlagen erarbeitet werden. Mit diesen Arbeiten wurde kurz nach dem Hochwasser von 1999 begonnen. Bereits 2002 konnten deshalb mögliche Schutzmassnahmen auf ihre Wirkung und Kosten hin geprüft und parallel dazu deren Auswirkungen in hydraulischen und fischerei-biologischen Studien beurteilt werden.

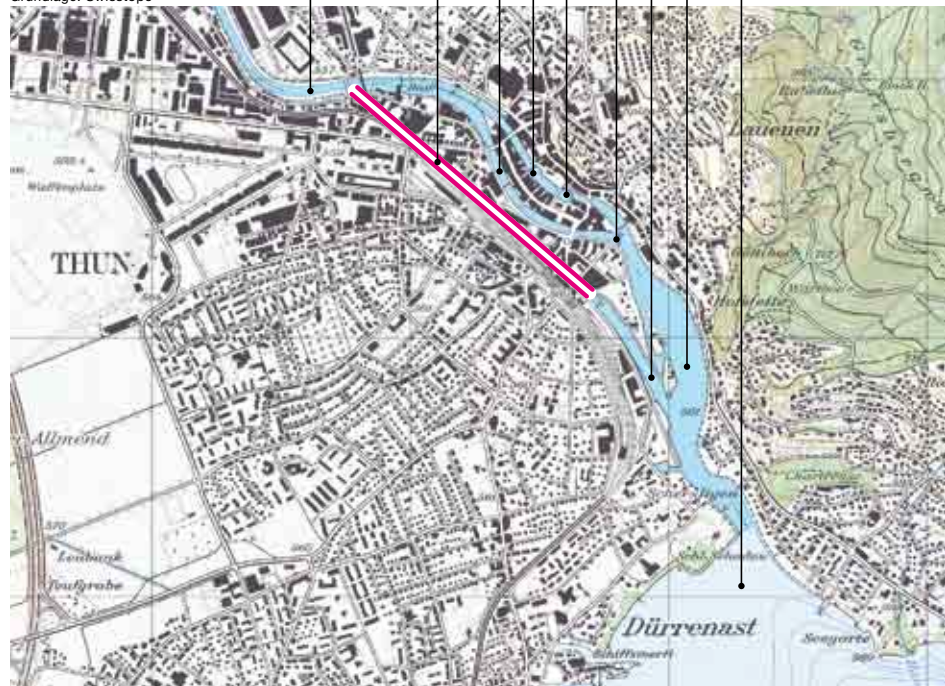
Dass die entsprechenden Resultate rasch zu einem **baureifen Projekt** führten, war gewiss auch eine Folge des Hochwassers im August 2005. Jedenfalls beschloss der Grosse Rat des Kantons Bern am 2. Februar 2006 mit überwältigendem Mehr, die Abflusskapazität aus dem Thunersee durch einen **Entlastungsstollen** entscheidend zu vergrössern.

Inzwischen wurde nicht nur dieses **Bauwerk** realisiert, sondern auch das entsprechende **Betriebsreglement** verabschiedet – ein guter Zeitpunkt also, um mit dieser Broschüre einen Überblick über die wechselvolle Geschichte des Hochwasserschutzes am Thunersee zu geben und um zu zeigen, wie der neue Entlastungsstollen künftig betrieben wird.

Am 15. April 2008 konnte der Durchstich des Hochwasser-Entlastungsstollens im Beisein von Regierungsrätin Barbara Egger-Jenzer gefeiert werden (oben), und sie war es auch, die das Bauwerk ein Jahr später, am 29. Mai 2009, offiziell einweihte und dem Betrieb übergab: «Mit dem Entlastungsstollen ist ein entscheidender Schritt beim Hochwasserschutz in Thun gelungen.»

Die Aare verlässt den Thunersee in einem unterschiedlich tiefen und breiten Flussbett, aus dem linkerhand der sogenannte «Schiffahrtskanal» abzweigt (Karte rechts). 1300 Meter unterhalb des Sees teilt sich die Aare in zwei Arme auf, die über Regulierwehre (Schleusen) verfügen: die Innere Aare und die Äussere Aare. Bereits 900 Meter flussabwärts vereinigen sich diese beiden Arme wieder. Der neue Hochwasser-Entlastungsstollen (Foto links im Endzustand) bildet nun einen dritten, unterirdischen Arm der Aare, der bei Bedarf zusätzliche Wassermengen unter der Stadt Thun hindurch ableitet.

Grundlage: Swisstopo



Die Kanderumleitung und ihre langfristigen Folgen



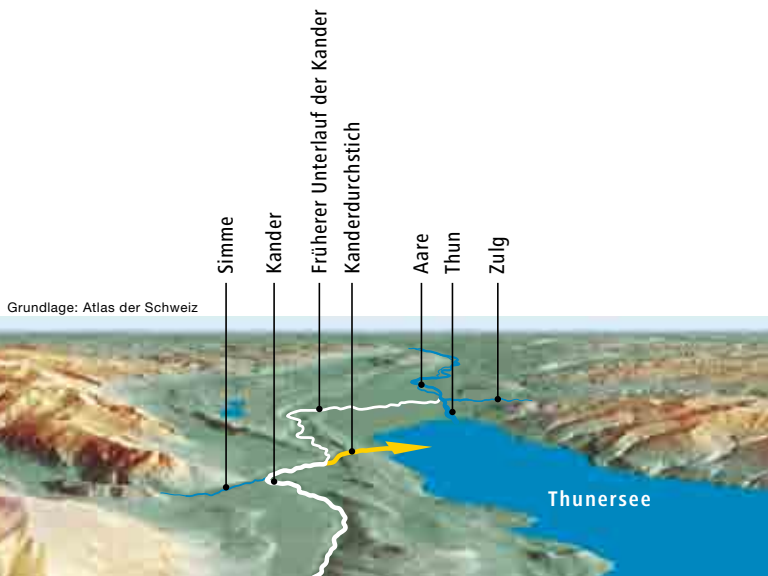
Frank

Von Überschwemmungen waren die Menschen in Thun und in dessen Umgebung seit alten Zeiten betroffen. Häufig spielte bei solchen Ereignissen die **Kander** eine entscheidende, wenn auch unrühmliche Rolle. Nach sommerlichen Gewittern und Starkregen, oder im Vorfrühling, wenn nach heftigen Neuschneefällen jähe Föhnneinbrüche eine rasche Schneeschmelze einleiteten, schwoll die Kander oft stark an. Der wilde Gebirgsfluss brachte jeweils auch viel **Geschiebe** mit sich, das im flachen Unterlauf liegenblieb und dort das Flussbett auffüllte. Die Kander uferte aus, und darunter hatten vor allem die Menschen in **Allmendingen, Thierachern** und **Uetendorf** zu leiden.

Denn ursprünglich floss die Kander nicht wie heute in den Thunersee, sondern unterhalb von Thun direkt in die Aare – und zwar gegenüber der von Steffisburg heranströmenden **Zulg**. Die Schuttfächer dieser beiden Aarezufüsse bildeten immer wieder einen **Riegel**, der die Aare bis nach Thun zurückstaute. Auch aareabwärts, bis weit über Bern hinaus, wirkten sich die unvermittelt zuströmenden Kanderhochwasser häufig verheerend aus.

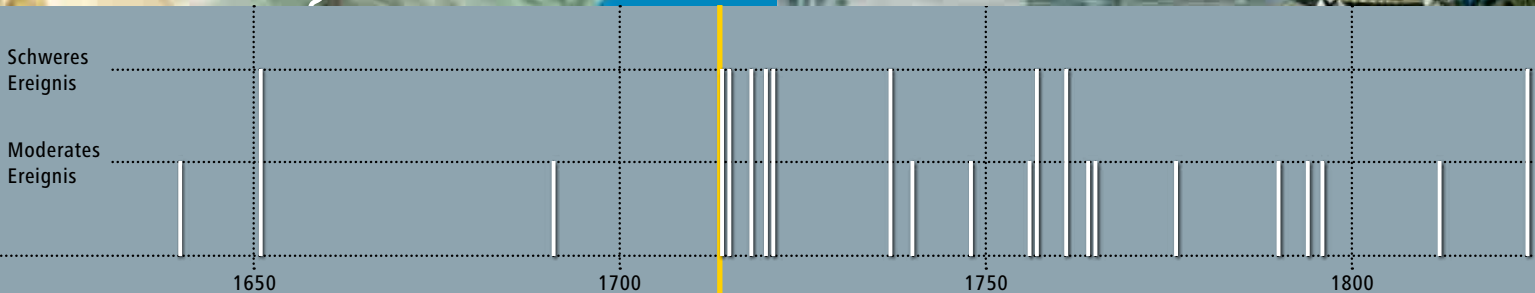
Abhilfe schuf erst jenes Vorhaben, dessen Grundstein vor etwas mehr als dreihundert Jahren gelegt wurde: die Umleitung der Kander in den Thunersee, wozu vorerst eine tiefe Breche in den **Strättlihügel** geschlagen werden sollte. Die Idee zu diesem wasserbaulichen Pionierprojekt stammte vermutlich von dem seit 1695 in Amsoldingen ansässigen **Samuel Bodmer**, der als Müller mit hydraulischen Abläufen vertraut und als ehemaliger Artillerieinstructor Vermessungserfahrung hatte. Jedenfalls legten die von der Kander bedrohten Gemeinden der Regierung in Bern im **Dezember 1698** eine gemeinsame Eingabe vor: Der Fluss sei dort, wo er sich dem Thunersee am meisten näherte, in den See umzuleiten. Nicht alle waren begeistert von dieser Idee, so bestechend sie auch sein mochte. Manche Seeanlieger befürchteten **vermehrte Überschwemmungen**. Durchaus richtig hatten sie erkannt, dass man dem Thunersee nicht die gewaltigen Wassermassen eines wilden Gebirgsflusses mit einem beachtlichen Einzugsgebiet zuführen konnte, ohne gleichzeitig beim Seeausfluss für die entsprechende **Abflusskapazität** zu sorgen.

Umleitung der Kander durch den Strättlihügel in den Thunersee, geschaffen von Menschenhand vor bald dreihundert Jahren.



Im Laufe des 18. und 19. Jahrhunderts wurden in Thun Korrektionsarbeiten vorgenommen, um die ungünstigen Abflussverhältnisse zu verbessern. Dazu gehörte auch der Bau zweier Aareschleusen (Ansicht von Thun 1836, unten).

Archiv Frank



Aare-Hochwasser von 1600 bis 1868

Quelle: Andreas Hügli (2007)



Auch Samuel Bodmer war sich dessen bewusst gewesen. Sein Projekt sah jedenfalls vor, dass die Kanderkorrektion aus zwei ebenbürtigen Teilen bestehen sollte: einerseits aus der **Umleitung** des Flusses in den See, aber andererseits auch aus **Korrektionsmassnahmen** an der Aare vom Seeausfluss in Thun bis hinunter nach Uttigen.

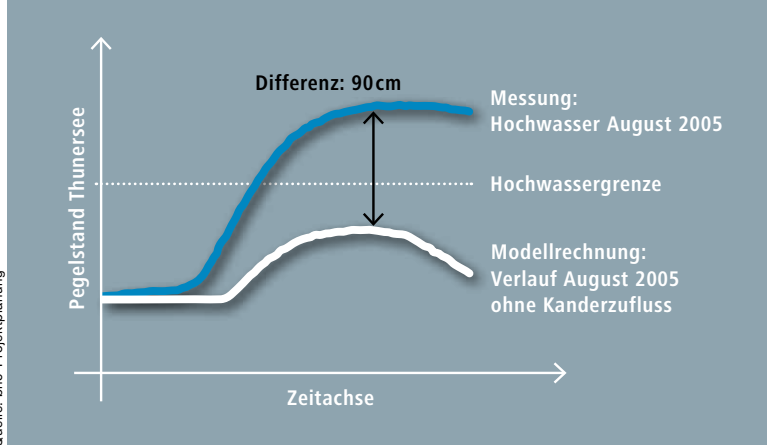
Trotzdem beschränkte sich der Baubeschluss, der im Februar 1711 gefasst und trotz etlicher Schwierigkeiten zügig umgesetzt wurde, auf die eigentliche Umleitung. Im **Frühjahr 1714** floss erstmals Kanderwasser direkt in den Thunersee. Das brachte – wie erwartet – viel Verdruss: Noch im gleichen Jahr stand Thun unter Wasser, ebenso 1715, 1718 und 1720.

Eilig versuchte man, die unbefriedigende Situation zu verbessern: In Thun wurden alte Mühleschwellen entfernt, der frühere Stadtgraben wurde erweitert und zur Äusseren Aare vertieft, erste Schleusen wurden errichtet. Diese **Nacharbeiten** samt der späteren **Aarekorrektion** änderten aber nichts daran, dass bei Hochwasser die Abflusskapazität aus dem Thunersee weiterhin und bis in jüngste Zeit zu gering blieb.

Schweizer Luftwaffe (24. August 2005)



Quelle: bhc-Projektplanung

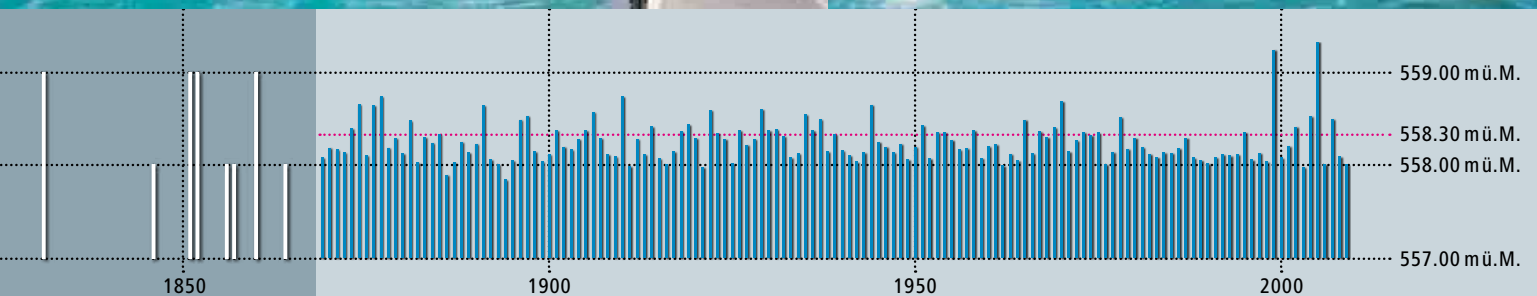


Mit der zwischen 1711 und 1714 vollbrachten Umleitung der Kander gelang es einerseits, die Kraft des wilden Gebirgsflusses in seinem Unterlauf zu brechen, seine Geschiebmassen im Thunersee ablagern zu lassen und den See als natürliches Rückhaltebecken zu nutzen. Andererseits verfrachtet die Kander bei Hochwasser nicht nur enorm viel Schwemmholz (Foto oben), sondern trägt auch massgeblich dazu bei, dass der Thunersee zeitweise ausfult (Grafik oben).

Am Einlauf der Äusseren Aare gibt es seit 1726 eine Schleuse, die seither mehrmals umgebaut und erneuert worden ist: die Scherzligschleuse (oder Obere Staatsschleuse, unten).

An der Inneren Aare wurde 1788 eine neue Schleuse errichtet, die seither ebenfalls mehrmals umgebaut und erneuert worden ist: die Mühleschleuse (oder Untere Staatsschleuse, unten).

Frank (2)



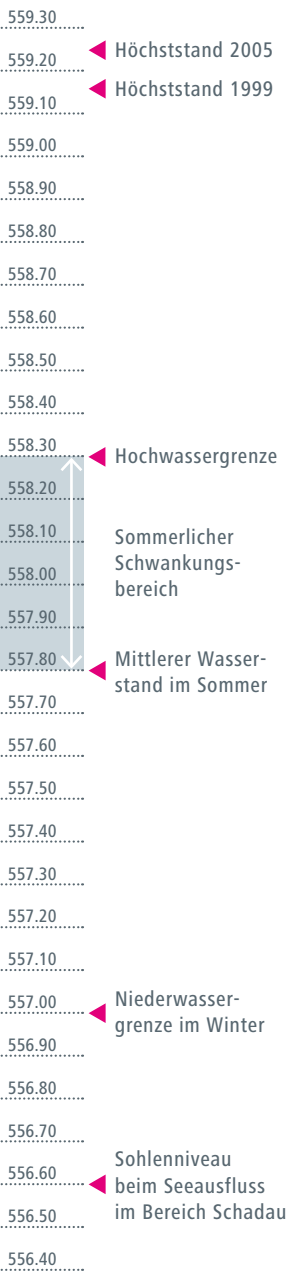
Höchste jährliche Thunersee-Pegelstände von 1869 bis 2009

Daten: BAFU



Die früheren Möglichkeiten und Grenzen der Seeregulierung

Relevante Koten (m.ü.M.)
für den Thunersee:



Die Umleitung der Kander in den Thunersee, die offenbar recht unbekümmert in Angriff genommen und erst nach einer endlosen Kette von Irrtümern und Fehlern einigermaßen bewältigt worden ist, hat das **«System Thunersee»** grundlegend verändert.

In erster Linie hat die Umleitung der Kander das **Einzugsgebiet** des Thunersees nahezu verdoppelt, von zuvor 1370 Quadratkilometern auf nunmehr 2490 Quadratkilometer. Seither umfasst das Einzugsgebiet des Thunersees neben dem östlichen Berner Oberland (Haslital, Gadmental) auch das Frutigtal, das Kandertal und das Simmental – Gebiete also, aus denen nach heftigen Regenfällen, nach Unwettern oder während der Schneeschmelze gewaltige Wassermassen zusammenströmen. In Extremfällen fliessen allein durch die Kander samt Simme pro Sekunde um die 300 Kubikmeter Wasser in den Thunersee, im August 2005 waren es zeitweise sogar über 500 Kubikmeter!

Doch der Thunersee ist kein Auffang- oder Rückhaltebecken, das extreme Zuflüsse in jedem Fall problemlos aufnehmen kann. Als unmittelbare Folge der Kanderumleitung hat sich auch das **Verhältnis von Seefläche und Einzugsgebiet** ungünstig verändert und ist nun kleiner als bei allen anderen grossen Seen der Schweiz (Grafik unten).

Dazu kommt, dass der **Schwankungsbereich** des Thunersees stark eingeschränkt ist. Normalerweise drohen Hochwasser im Spätfriehling und im Sommer. In dieser Jahreszeit ist der Spielraum der Seeregulierung begrenzt auf den Bereich zwischen dem mittleren Wasserstand und der offiziellen Hochwassergrenze (vgl. Spalte links aussen). Ein höherer Wasserstand setzt angesichts der intensiv genutzten Uferbereiche unweigerlich ufernahe Bauten unter Wasser (wobei eine markante Schadenszunahme erst ab einer Kote von 558.80 m ü.M. zu verzeichnen ist).

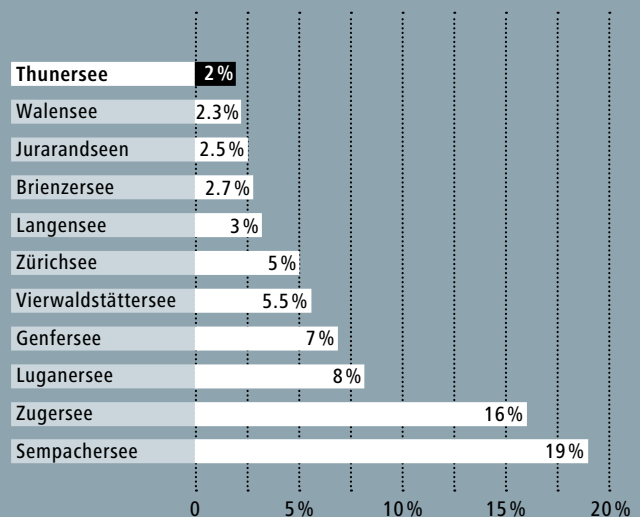
Der Handlungsspielraum der Seeregulierung war wegen der **geringen Abflusskapazität** ohnehin viel kleiner als häufig vermutet, und das aus hydraulischen Gründen. Der Thunersee ist ein dynamisches System, dessen Abflussmenge bei Hochwasser bislang allein von der Höhe des Seespiegels abhängig war: Wegen der ungünstigen Gerinnegeometrie mit dem hohen Sohlenniveau im Bereich Schadau–Scherzligschleuse war nur bei hohem Wasserstand auch der Abfluss gross. So musste selbst bei einer vollständigen Öffnung der beiden Regulierwehre in Thun ein Seestand von 558.00 m ü.M. überschritten sein, damit pro Sekunde mehr als 300 Kubikmeter Wasser in die Aare abfliessen konnten. Bei tiefem Wasserstand war die Ka-

Problem 1 (Grafik oben):
Sehr geringer Spielraum für Seepegelschwankungen.

Der normale sommerliche Schwankungsbereich – die Differenz zwischen dem mittleren Sommerwasserstand und der Hochwassergrenze – beträgt nur rund 50 Zentimeter (in der Übergangszeit bis zur Inbetriebnahme des Entlastungstollens wurde dieser Spielraum auf 60 Zentimeter ausgeweitet).

Problem 2 (Grafik rechts):
Ungünstiges Verhältnis von Seefläche und Einzugsgebiet.

Knapp 50 Quadratkilometer misst die Fläche des Thunersees, aber das Einzugsgebiet ist rund 2500 Quadratkilometer gross, womit die Seefläche nur rund 2 Prozent des gesamten Einzugsgebiets ausmacht. Bei den meisten grossen Seen der Schweiz ist dieses Verhältnis weniger problematisch.



kapazität des früheren Seeausflusses dagegen so gering, dass sich aussergewöhnliche Zuflüsse in jedem Fall im See aufstauten.

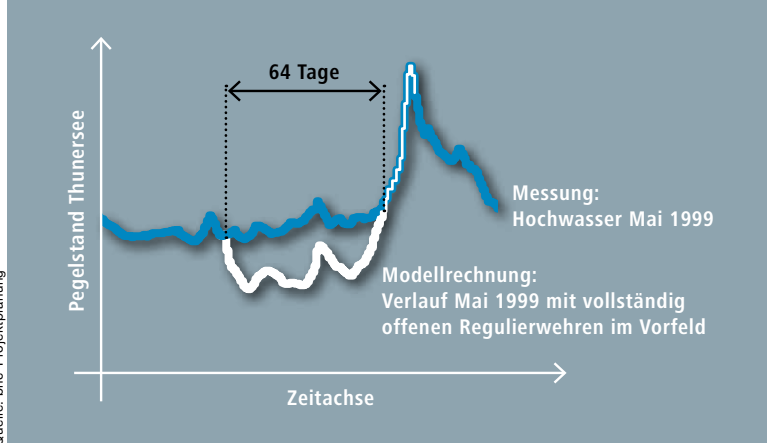
Was aber konnte die frühere Seeregulierung? Mit den beiden Regulierwehren in Thun konnte der Wasserstand bei normalen Verhältnissen innerhalb des mehrheitlich akzeptierten Schwankungsbereichs gehalten werden. In dieser Situation wurde der Abfluss so gesteuert, dass ein **Gleichgewicht** zwischen den Zuflüssen in den See und dem durch die Aare* abfliessenden Wasser bestand.

Was konnte die Seeregulierung früher nicht? Schon bei mittleren hydrologischen Verhältnissen war der Spielraum der Seeregulierung recht gering. Noch kleiner wurde ihr Einfluss, wenn besonders viel Wasser in den Thunersee gelangte. Dann regulierte sich der See bei vollständig geöffneten Schleusen praktisch selbständig: Der Seespiegel stieg so lange an, bis der Abfluss gleich gross war wie die Summe aller Zuflüsse. Auf diese **hydraulische Gesetzmässigkeit** hatte die Regulierung keinen entscheidenden Einfluss.

*Eine wichtige Funktion hat die Regulierung im Winter, wenn nur wenig Wasser in den See fliesst. Dann verhindert sie, dass der Thunersee zu tief absinkt – und dadurch kaum noch Wasser in die Aare gelangt.



Keystone/Müller (Gwatt, 16. Mai 1999)



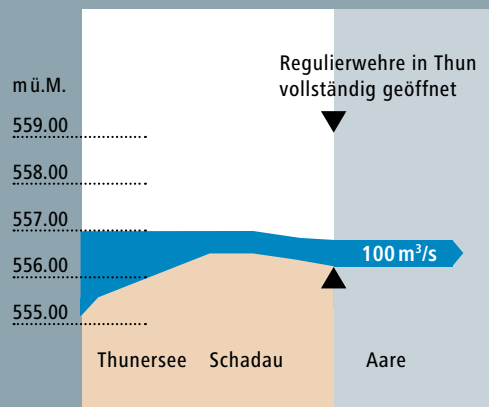
Quelle: bhcc-Projektplanung

Anhaltende Niederschläge und die gleichzeitige Schneeschmelze führten dazu, dass im Mai 1999 zeitweise mehr als 700 Kubikmeter Wasser in den Thunersee strömten. Der Seespiegel stieg auf 559.17 m ü.M. an und setzte in Thun und anderen Seegemeinden zahlreiche Gebäude unter Wasser (Foto oben). Im Nachhinein wurde heftig darüber debattiert, ob eine frühzeitigere oder stärkere Seeabsenkung diesen Anstieg verhindert oder zumindest gemindert hätte. Das wäre bei den damaligen Abflussverhältnissen nicht der Fall gewesen, wie nachträgliche Modellierungen (Grafik oben) bestätigen. Denn der Ausfluss aus dem Thunersee ist sehr seicht und liess ohnehin nur wenig Spielraum für Seeabsenkungen (wobei der Bereich Schadau–Scherzligschleuse als engste Stelle im Abfluss den eigentlichen «Tellerrand» des Thunersees bildete). Trotz vollständig geöffneten Schleusen konnte deshalb bei tiefem Seestand nur verhältnismässig wenig Wasser aus dem Thunersee abfliessen.

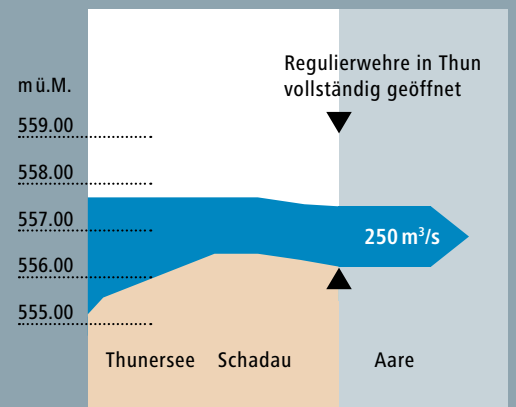
Problem 3 (Grafiken rechts): Geringe Abflusskapazität beim Seeausfluss.

Wegen der ungünstigen Gerinnegeometrie (hohes Sohlniveau im Bereich Schadau–Scherzligschleuse) konnte ein ausserordentlich starker Zufluss früher nur abgeleitet werden, wenn auch der Wasserstand im Thunersee bereits eine gewisse Höhe erreicht hatte.

Tiefer Seestand – geringer Abfluss

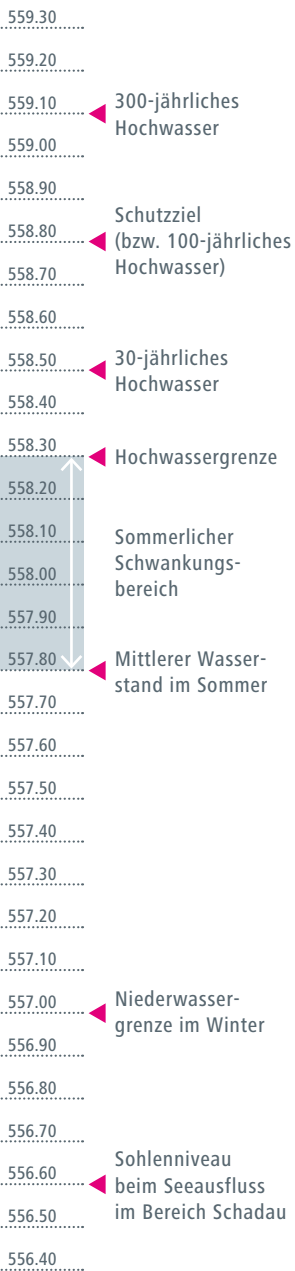


Höherer Seestand – grösserer Abfluss



Das gemeinsam festgelegte Schutzziel: 558.80 m ü.M.

Relevante Koten (m ü.M.)
für den Thunersee:



Seit alten Zeiten war die **Abflusskapazität in Thun** zu gering, um ausserordentliche Zuflüsse rasch genug aus dem See in die Aare abzuleiten. Die Folge davon war oft, dass sich der See aufstaute. An Ideen, wie dieses Ungleichgewicht behoben werden konnte, mangelte es nicht. So empfahl bereits im Jahr 1970 das damalige Bundesamt für Wasserwirtschaft, die Abflusskapazität durch eine **Tieferlegung und Glättung** der Flusssohle im Seeausfluss zwischen der Schadau und der Scherzligschleuse zu erhöhen. Entsprechende Ausbaggerungen in diesem bedeutenden Laichgebiet der landesweit rar gewordenen Äschen waren aber nicht realisierbar.

Nach dem Hochwasser im Mai 1999 wurden erneut **Ausbaggerungen** bei der Schadau und vor dem Thunerhof erwogen. Aber es zeigte sich, dass diese Massnahme nicht genügen würde, um das Problem wirklich zu entschärfen. Es mussten alternative Lösungen gesucht werden.

Eine ganze Reihe **möglicher Massnahmen** wurden schliesslich im Rahmen einer sogenannten «Nutzwertanalyse» auf ihre Tauglichkeit hin bewertet. Aber noch während dieser Phase ergaben neue hydraulische Berechnungen, dass der sogenannte **Schiffahrtskanal** eine entscheidendere Rolle als bisher übernehmen könnte. Daraus entwickelte sich allmählich die Idee eines **langen Entlastungsstollens**,

der bereits bei einem tiefen Wasserstand eine beträchtliche Wassermenge durch den Schiffahrtskanal ableiten könnte, um sie erst unterhalb des Kraftwerks Thun-Aare wieder der Aare zuzuführen.

Diese Lösung zur Behebung der mangelnden Abflusskapazität würde wohl teurer werden als andere Massnahmen, die damals zur Diskussion standen. Allerdings überzeugte sie durch entscheidende **Vorteile**:

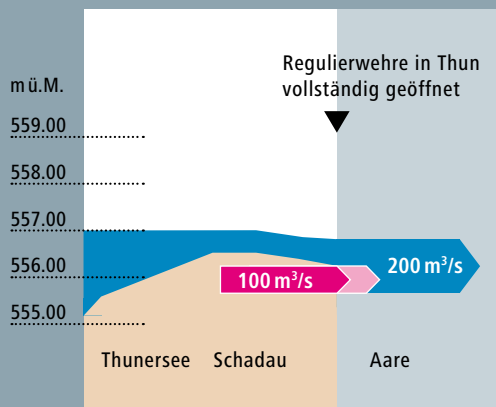
- Mit einem Entlastungsstollen kann bereits frühzeitig auf eine drohende Hochwassergefahr reagiert werden.
- Der Entlastungsstollen bietet eine bessere Schutzwirkung als alle anderen diskutierten Massnahmen.
- Gebaut wird der Entlastungsstollen vom Endpunkt her mit einer Hydroschild-Tunnelvortriebsmaschine. Dadurch sind praktisch keine Bauarbeiten am Seeausfluss oder in der Aare nötig, und bestehende Einrichtungen (Gebäude, Werkleitungen) werden durch die Bauarbeiten ebenfalls nicht tangiert.

Im **November 2004** entschied sich der Kanton Bern zusammen mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und der Stadt Thun für den Bau eines langen Entlastungsstollens.

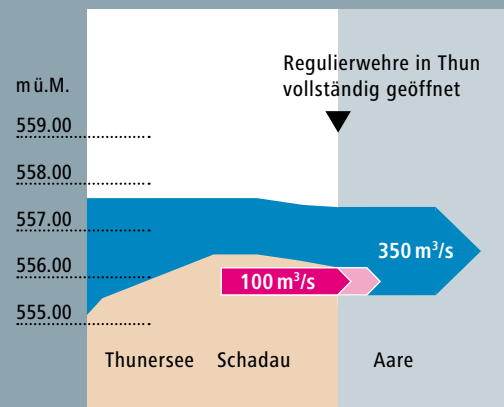
Einen **absoluten Schutz** wird es allerdings auch mit einem Entlastungsstollen nicht geben.

Der Entlastungsstollen (rot) erhöht die Abflusskapazität in Thun bereits bei einem sehr tiefen Seestand um $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die Seeregulierung ist aber vor allem die Wirkung bei mittlerem sommerlichem Wasserstand bedeutsam: Mit dem Entlastungsstollen können bei einem Seestand von 557.80 m ü.M. insgesamt $350 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Thunersee abgeführt werden (statt nur $250 \text{ m}^3/\text{s}$ wie früher).

Wirkung bei sehr tiefem Seestand



Wirkung bei mittlerem Seestand



Denn Massnahmen, die sämtliche Hochwasserereignisse am Thunersee auffangen könnten, würden unverhältnismässig hohe Kosten verursachen, die in keinem vertretbaren Verhältnis zu den möglichen Schäden stünden (und sie wären auch technisch nicht realisierbar).

Zudem nehmen die Schäden an den Gestaden des Thunersees nicht linear zu. Erste Schäden treten auf, sobald der Wasserstand über die Hochwassergrenze von 558.30 m ü.M. ansteigt. Wirklich dramatisch wird die Situation aber erst, wenn der Seepiegel die Höhe von 558.80 m ü.M. erreicht – oder sogar noch darüber hinaus ansteigt.

Das Schutzziel für die künftige Massnahmenplanung am Thunersee wurde deshalb auf das tatsächlich vorhandene **Schadenpotenzial** abgestimmt: Selbst Hochwasser wie jene vom Mai 1999 oder vom August 2005 sollen künftig die Kote von 558.80 m ü.M. nicht übersteigen.

Nachdem dieser **Konsens** gefunden worden war, konnte 2006 der entsprechende Wasserbauplan genehmigt und 2007 mit dem Bau des Entlastungsstollens begonnen werden.

Das festgelegte Schutzziel entbindet die Gemeinden am Thunersee also nicht davon, der Hochwassergefahr bei der **Nutzungsplanung** (Ortsplanung) weiterhin grosse Beachtung zu schenken. Der Wasserstand des Thunersees kann auch weiterhin über die Hochwassergrenze ansteigen – trotz Entlastungsstollen.



Spatzini



Kohler (3)



Am 12. Juli 2007 begann der Bau des Entlastungsstollens mit dem feierlichen «Anfahren» der mächtigen Tunnelvortriebsmaschine (Foto ganz oben). Vom heutigen Auslaufbauwerk her drang sie in die Sand- und Kiesschichten, die praktisch vollständig im Grundwasser lagen. Noch im Schutz des Bohrschildes musste deshalb der Stollen ausgekleidet werden. Herangeführt wurden die vorgefertigten, mit Dichtungen versehenen Betonelemente (sogenannte «Tübbing») mit einer Stollenbahn (mittleres Foto oben und Foto links). Nach neunmonatigem Vortrieb erreichte das mit 64 Schälmessern und 23 Rollenmeisseln bestückte Schneidrad sein Ziel und durchbrach am 8. April 2008 die Pfahlwand der vorübergehend gefluteten Baugrube beim Bahnhof Thun (Foto oben). Danach folgten die Schlussarbeiten an den Einlauf- bzw. Auslaufbauwerken sowie Betriebsversuche der gesamten Anlage.

Der Hochwasser-Entlastungsstollen im Überblick

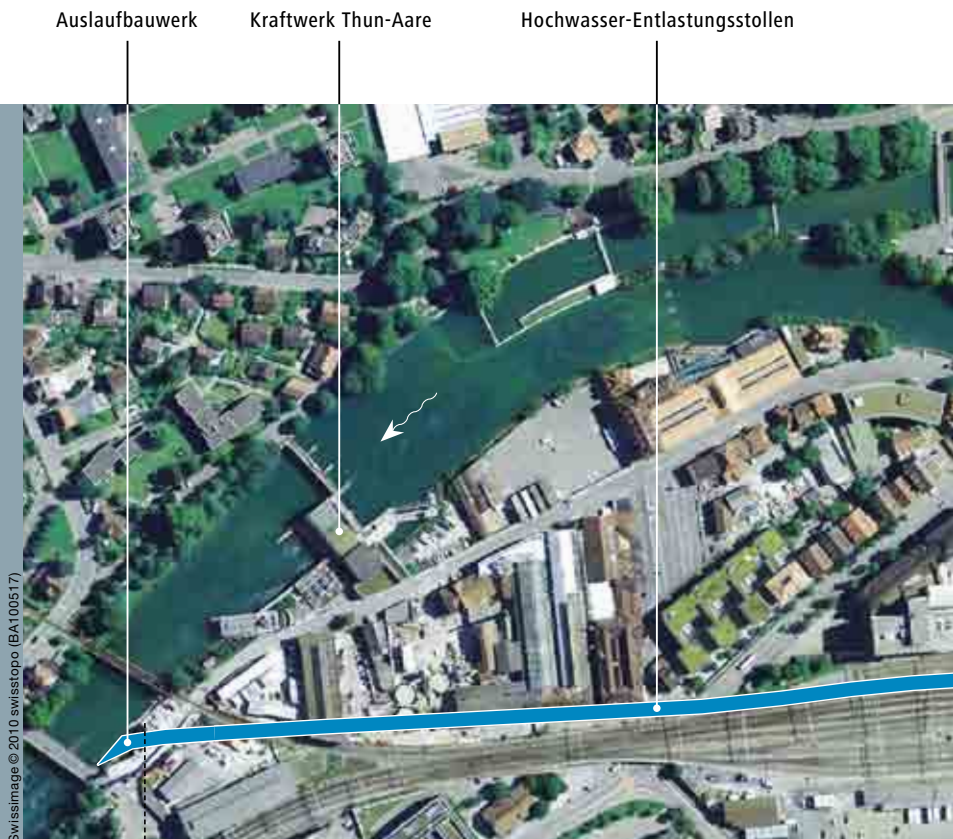
Im Normalfall wird der Thunersee weiterhin durch die Aare entwässert, deren Lauf sich mitten in Thun in zwei Arme – die Innere und die Äussere Aare – aufteilt (Foto rechts). Der Entlastungsstollen wird nur bei Hochwassergefahr in Betrieb genommen, um das Abflussvolumen aus dem Thunersee frühzeitig zu erhöhen.

Das Einlaufbauwerk des Entlastungsstollens befindet sich am Ende des Schifffahrtskanals. Es ist mit einem Grobrechen, Zugangsöffnungen und einer Tafelschütze zur Sicherung der gesamten Anlage bei Revisionsarbeiten ausgerüstet. Sichtbar ist von diesem Bauwerk aber nur wenig. Lediglich bei niedrigem Wasserstand des Thunersees ist beim Einlauf der oberste Teil des Grobrechens zu sehen.

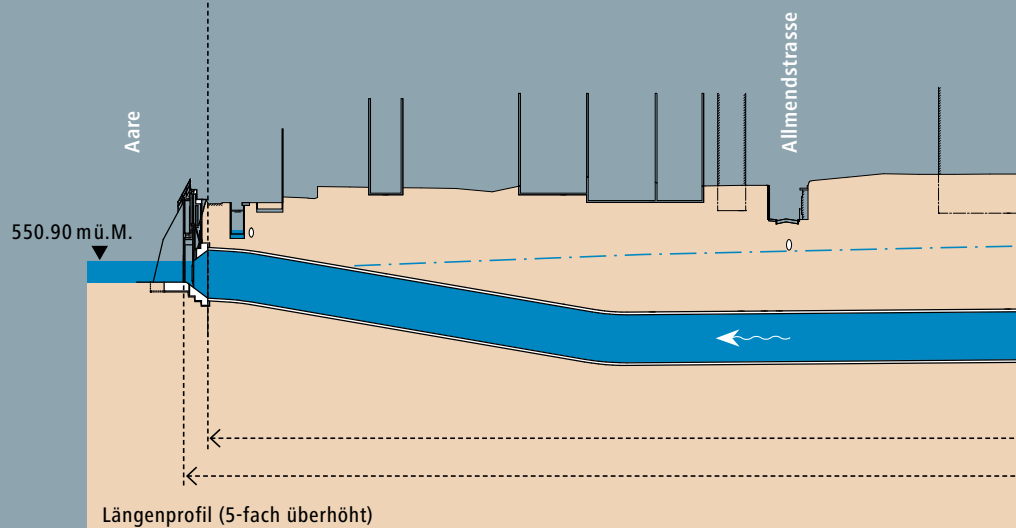
Vom Einlaufbauwerk her wird das Wasser im Entlastungsstollen unter dem Bahnhofplatz hindurch und entlang der Bahnanlagen abgeleitet und unterhalb des Kraftwerks Thun-Aare wieder der Aare zugeführt. Dazu nutzt der als Düker konzipierte Stollen das Wasserspiegelgefälle zwischen dem Einlauf und dem Auslauf. Der Entlastungsstollen hat einen Innendurchmesser von 5,4 Metern und bleibt – ausser bei Revisionsarbeiten – immer mit Wasser gefüllt. Er verläuft bis zu 16 Meter unter der Erdoberfläche. Dadurch wurden bei seinem Bau keine Gebäude und Werkleitungen tangiert.

Geöffnet und geschlossen wird der Entlastungsstollen durch eine fernsteuerbare Schütze beim Auslaufbauwerk. Auch dieses schräg zum Aarelauf angelegte Bauwerk ist weitgehend überdeckt. Vom gegenüberliegenden Aareufer aus sind nur der Technikraum samt Stollentor sowie die Stützmauern der Ufersicherung sichtbar.

Die Baukosten beliefen sich auf 57,3 Millionen Franken. Dazu kamen 3,7 Millionen Franken für die Anpassung des Regulatorsystems (Ausarbeitung von Grundlagen und Betriebsreglement; Bereitstellung von hydrologischen Messstellen und der Stollensteuerung).



In Betrieb:
Auslaufbauwerk



Innere Aare

Äussere Aare

Mühleschleuse

Scherzligschleuse

Einlaufbauwerk

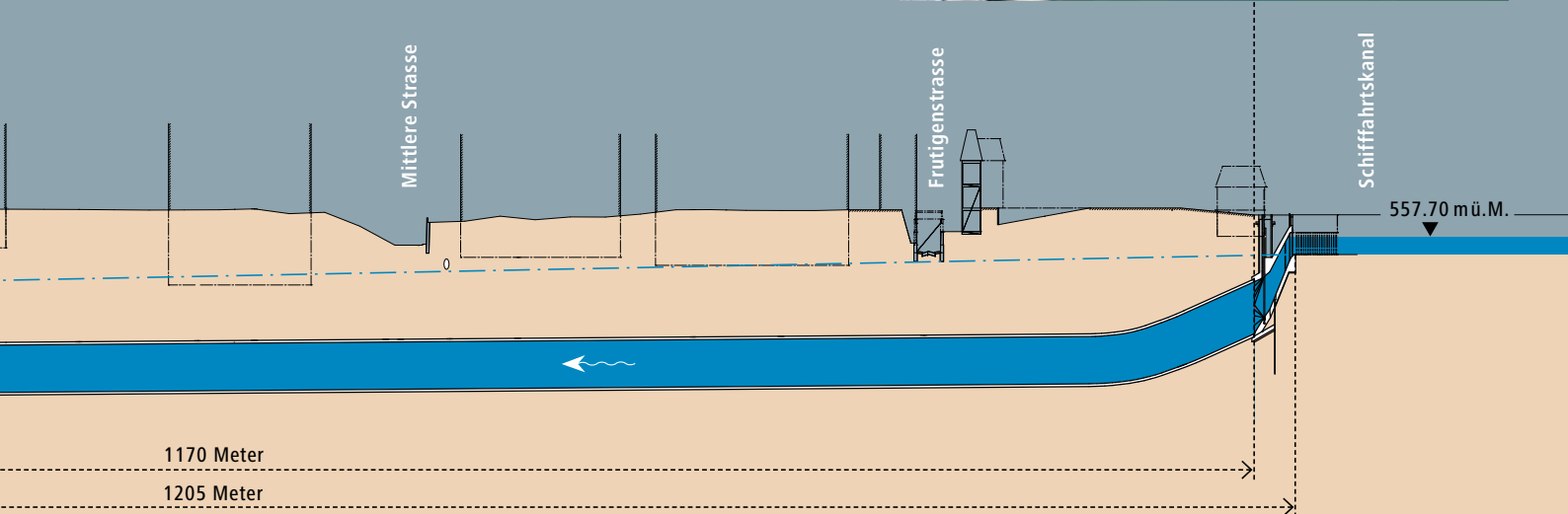


Gesamtlänge: 1205 Meter
 Bergmännischer Stollen: 1170 Meter
 Maximale Überdeckung: 16 Meter
 Ausbruchdurchmesser: 6,32 Meter
 Innendurchmesser: 5,40 Meter
 Tübbingstärke: 0,30 Meter

In Betrieb:
 Einlaufbauwerk



Frank



1170 Meter

1205 Meter



Die Seeregulierung mit dem Hochwasser-Entlastungsstollen

* Die Seeregulierung muss ganz unterschiedlichen Ansprüchen gerecht werden:

- Bevölkerung und Wirtschaft erwarten einen verlässlichen Schutz vor Überschwemmungen.
- Fauna und Flora am und im Thunersee sollen nicht durch stark schwankende Wasserstände beeinträchtigt werden.
- Ebenso soll die Aare vom Thunersee her möglichst gleichmässig gespeist werden.
- Die kommerzielle Schifffahrt auf dem Thunersee braucht auch in zuflussarmen Zeiten ausreichend hohe Wasserstände.
- Die Grundwasserstände entlang von Thunersee und Aare sollen nicht zu stark schwanken.

Im Normalfall wird der Seestand des Thunersees auch weiterhin mit der **Mühle- und der Scherzligschleuse** reguliert. Anhand eines sogenannten «Regulierreglements» wird der Seeausfluss so eingestellt, dass die Höhe des Seestands und die Abflussmenge in die Aare möglichst vielen Ansprüchen* genügen.

Dieses Vorgehen funktioniert allerdings nur bei normalen hydrologischen Verhältnissen, wenn ein gewisses Gleichgewicht zwischen den Zuflüssen in den See und dem bisherigen Abflussvermögen aus dem See besteht. Nehmen die Zuflüsse aber ausserordentlich stark zu, dann reichen selbst vollständig geöffnete Schleusentore nicht aus, um eine genügend grosse Abflusskapazität zu erreichen (vgl. Seite 7).

Erst wenn sich Risikosituationen abzeichnen, und wenn die Tore der Mühle- und Scherzligschleuse bereits vollständig geöffnet sind, kommt auch der **Hochwasser-Entlastungsstollen** zum Einsatz, womit der Handlungsspielraum für die Seeregulierung am Thunersee erheblich erweitert wird: Dank diesem Bauwerk fliessen nun bereits vor dem Hochwasser zusätzlich pro Sekunde bis zu 100 Kubikmeter Wasser aus dem See, was rechtzeitig ein genügend grosses **Rückhaltevolumen** für übermässige Zuflüsse schafft.

Diese entscheidende Verbesserung gegenüber früher kann aber nur wirksam werden, wenn ein drohender Anstieg bereits zu einem möglichst **frühen Zeitpunkt** erkannt und der neue Entlastungsstollen vorgängig geöffnet wird.

Wie jedoch lassen sich Hochwasserereignisse rechtzeitig erkennen? Welche Parameter sind von Bedeutung? Wie kann eine zuverlässige Messung und Datenübermittlung sichergestellt werden? Welche Wirkung hat die veränderte Regulierung auf die Unterlieger?

Schon im Laufe des Planungsprozesses für den Hochwasser-Entlastungsstollen waren viele Fragen zu klären. Im Herbst 2005 begann der Kanton Bern deshalb mit der Erarbeitung eines **Betriebsreglements** für die Früherkennung von Hochwasserereignissen und die optimale Regulierung des Thunersees bei drohenden Hochwassern. Ausgangspunkt bildeten **historische Daten** zu Niederschlägen, Pegelständen, Zu- und Abflüssen sowie zu Wasseräquivalenten des Schnees im gesamten Einzugsgebiet des Thunersees.

Anhand dieser Grundlagen wurde schliesslich ein **neues Regulierkonzept** entwickelt, um mögliche Gefahrensituationen nach aussagekräftigen Kriterien beurteilen, in Gefahrenstufen bewerten und schliesslich mit entsprechenden Reguliereinstellungen in der täglichen Praxis in einer weitgehend automatisierten Steuerung umsetzen zu können (vgl. Seite 14).

Eine automatische Steuerung ist aber nur möglich, wenn die **relevanten Messwerte** im gesamten Einzugsgebiet laufend zur Verfügung stehen und verarbeitet werden können. Inzwischen überwachen deshalb zahlreiche Messstellen im Einzugsgebiet des Thunersees die entscheidenden Parameter.

Frank

Die Zentrale für die Steuerung der beiden Regulierwehre in Thun (der Mühle- und der Scherzligschleuse) befindet sich in den Räumen des Amtes für Wasser und Abfall (AWA) in Bern (Foto rechts). Ebenso laufen dort alle Informationen für den Einsatz des neuen Hochwasser-Entlastungsstollens zusammen.



Das neue Regulierkonzept schafft die organisatorischen und operationellen **Rahmenbedingungen**, damit der neue Hochwasser-Entlastungsstollen optimal eingesetzt werden kann. Aber welchen Schutz bietet er für Bevölkerung und Wirtschaft am Thunersee, wenn tatsächlich **extreme Zuflüsse** in den See strömen, vergleichbar beispielsweise mit jenen im August 2005?

Nach einem regnerischen Sommer und entsprechend gesättigten Böden in weiten Teilen der Alpennordseite sorgten damals weitere, noch intensivere und lang anhaltende Niederschläge dafür, dass der Thunersee innerhalb von bloss zwei Tagen auf einen Pegel von 559.25 m ü.M. anstieg und damit seine historische Höchstmarke erreichte.

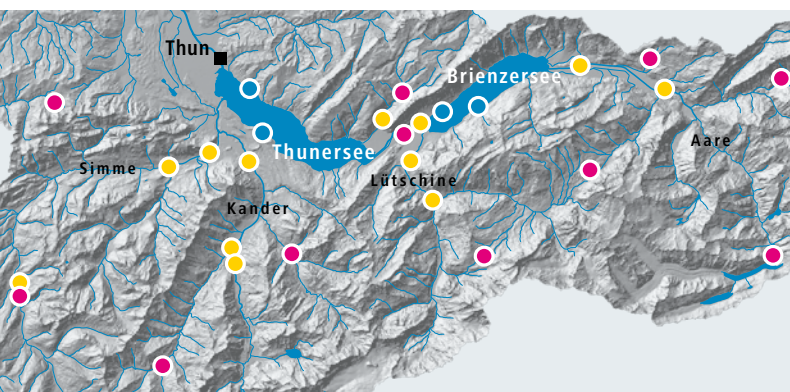
Mit **rechnerischen Simulationen** ist die damalige Entwicklung der Niederschläge und Seestände nachgestellt worden. Sie zeigten, dass der Einsatz des Hochwasser-Entlastungsstollens den erwünschten Effekt gehabt hätte: Selbst bei einem derartigen, durch Intensivniederschläge ausgelösten und rasch ablaufenden Hochwasserereignis hätte die Kapazität des neuen Bauwerks ausgereicht, um den Abfluss entscheidend zu erhöhen und das **Schutzziel von 558.80 m ü.M.** einzuhalten. Denn der zusätzliche Abfluss durch den Hochwasser-Entlastungsstollen erlaubt ein rechtzeitiges **Absenken des Seespiegels**, was den Pegel schliesslich um wichtige Zentimeter weniger hoch ansteigen lässt.



Scheidegger



Wenn übermässige Zuflüsse dazu führen, dass der Thunersee ansteigt, dann ist es für eine wirkungsvolle Intervention oft bereits zu spät (Foto oben zeigt die Kander im August 2005). Die beste Wirkung hat der Entlastungsstollen, wenn er frühzeitig und bei tiefem Seestand in Betrieb genommen wird. Um diesen tiefen Seestand zu erreichen, wird der Thunersee bei erkanntem Hochwasserrisiko kurzfristig um 10 bis 20 Zentimeter abgesenkt. Diese sogenannte «Vorabsenkung» schafft das nötige Rückhaltevolumen, um übermässige Zuflüsse aufzufangen und damit die Hochwassersicherheit rund um den Thunersee zu erhöhen. Auch bei extremen Verhältnissen kann damit das Schutzziel eingehalten werden.



- Abflussmessung
- Seepegelmessung
- Niederschlagsmessung

Automatisch arbeitende Messstellen (Grafik links) geben laufend Auskunft über die Wassermengen, die über die entscheidenden Zuflüsse in den Thunersee fließen, und sie überwachen die aktuellen Seepegel im Brienzer- und Thunersee. Diese Messstellen werden entweder vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) oder vom Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA) betrieben. Wichtige Messstellen sind jeweils mit zwei Mess-, Aufzeichnungs- und Datenübertragungssystemen ausgerüstet, damit sie auch beim Ausfall eines Systems zur Verfügung stehen. Zudem wurde das Niederschlagsmessnetz massiv verdichtet und umfasst mittlerweile elf automatisch arbeitende Stationen im Einzugsgebiet des Thunersees.



Die Entscheidungskriterien zur Öffnung des Entlastungsstollens

*Das «Betriebsreglement für die Regulierung des Thunersees in Hochwasser-Risikosituationen» (2009) definiert, wann und wie der Hochwasser-Entlastungsstollen in Thun eingesetzt wird. Es ergänzt das bisherige «Reglement für die Regulierung des Thunersees».

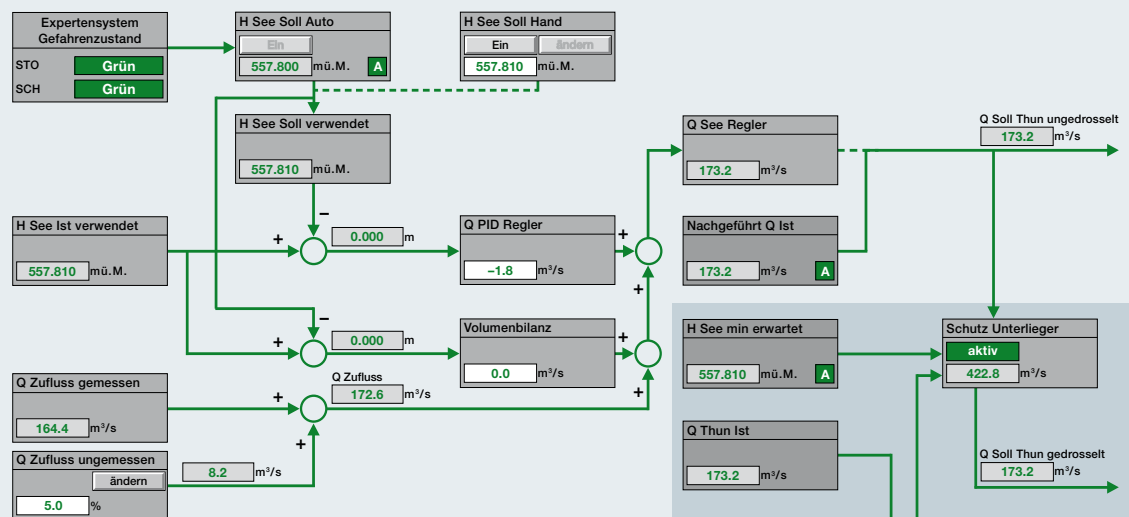
Ein Hochwasser ereignet sich, sobald mehr Wasser in den Thunersee fliesst, als am Seeausfluss in die Aare abgeleitet werden kann. Bei dieser Ausgangslage bildet der Entlastungsstollen ein zusätzliches Tor für die Seeregulierung, das in **Risikosituationen** in Betrieb genommen wird. Um den Entlastungsstollen effizient einsetzen zu können, müssen **drohende Hochwasser** möglichst früh erkannt werden. Deshalb definiert ein spezielles Betriebsreglement* einerseits die relevanten **Schwellenwerte** und die entsprechenden **Gefahrenstufen**, andererseits legt es fest, wie die **Seeregulierung** in solchen Risikosituationen zu erfolgen habe (vgl. Schema rechts). Folgende Kriterien werden laufend erhoben, um kritische Situationen frühzeitig zu erkennen:

- die Veränderungen des **Thunersee-Pegelstands** und der wichtigsten **Zuflüsse**,
- die anhand der vorangegangenen Niederschläge bestimmte **Bodensättigung** im Einzugsgebiet des Thunersees,
- die **Meteowarnungen** für das Einzugsgebiet des Thunersees und die darin gemessenen, aktuellen **Niederschläge**,
- die **Zuflüsse** aus höher gelegenen Einzugsgebieten des Thunersees (inkl. deren Veränderung),
- im **Frühjahr** zudem die **Schneebedeckung**, die **Schneehöhen** und die im Schnee gespeicherte **Wassermenge** im Einzugsgebiet des Thunersees.

Da praktische Erfahrungen mit dem Einsatz des Hochwasser-Entlastungsstollens in Risikosituationen bislang fehlen (Stand: August 2010), kann seine Wirkung vorläufig erst anhand von **Simulationen** früherer Hochwasserereignisse beurteilt werden:

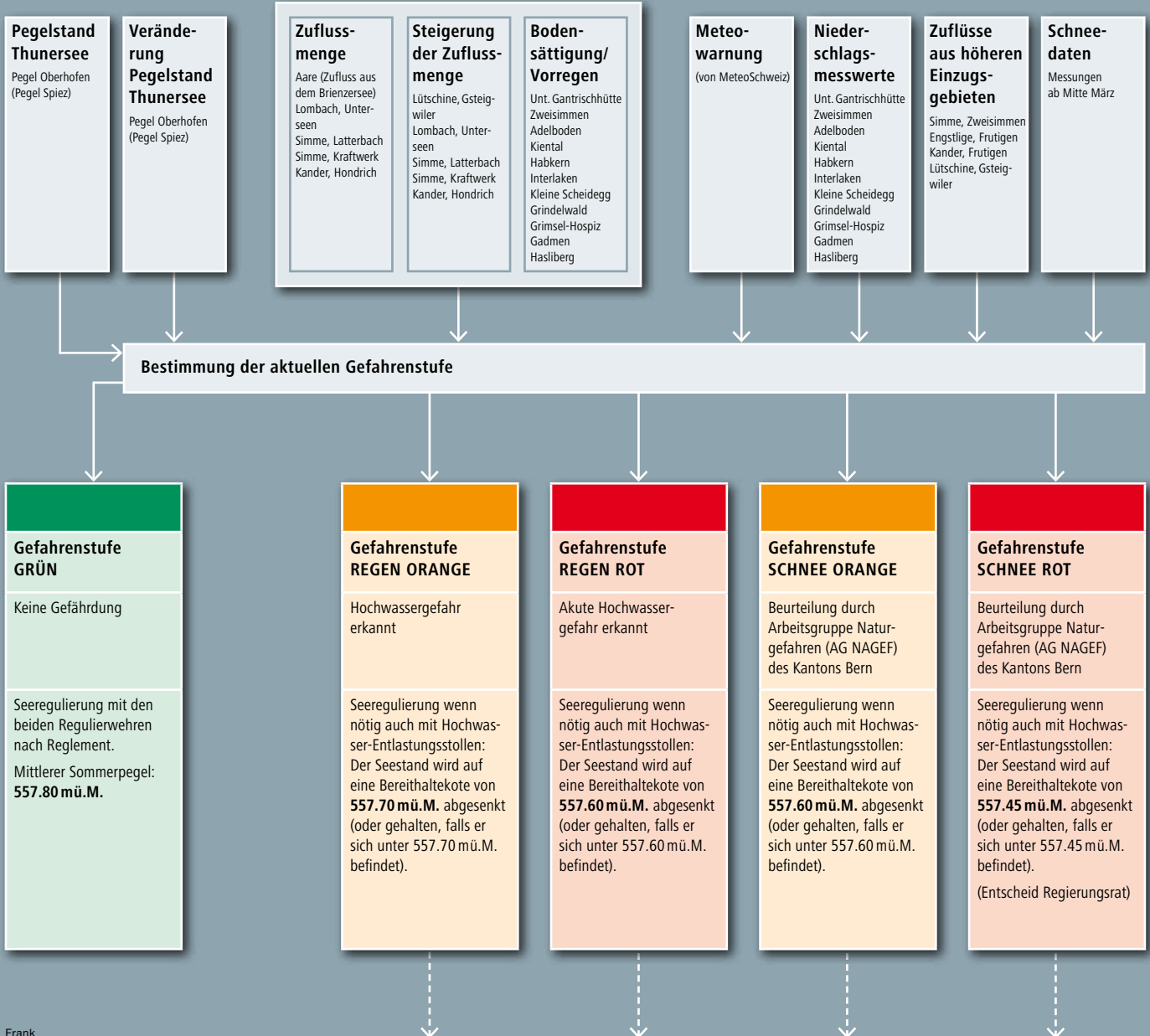
- Mit dem Entlastungsstollen wäre der Thunersee nur bei den beiden Extremereignissen vom Mai 1999 bzw. vom August 2005 über die Hochwassergrenze von 558.30 m ü. M. angestiegen. In beiden Fällen wäre aber das definierte und allgemein akzeptierte **Schutzziel von 558.80 m ü. M.** eingehalten worden.
- Mit dem Entlastungsstollen wäre die Abflusskapazität der **Aare in Bern** von heute 440 m³/s ebenfalls nur bei den beiden Extremereignissen von 1999 und 2005 überschritten worden (aber nicht in höherem Ausmass als ohne Stolleneinsatz).
- Der Entlastungsstollen wäre pro Jahr durchschnittlich **vier Mal** geöffnet worden, um eine drohende Hochwassergefahr zu bannen. Zwei bis drei dieser Öffnungen wären erfolgt, ohne dass es tatsächlich ein Hochwasser gegeben hätte.
- Alle fünf Hochwasserereignisse, die sich zwischen 1999 und 2005 ereignet haben und bei denen der Thunersee über die Hochwassergrenze von 558.30 m ü. M. angestiegen ist, wären dank der heute verwendeten **Entscheidungskriterien** rechtzeitig erkannt worden.

Die Steuerung der beiden Regulierwerke und des Entlastungsstollens in Thun erfolgt aus Sicherheitsgründen so weit wie möglich automatisch. Die Messwerte zum Seestand bzw. zu dessen Veränderung sowie die kombinierten Kriterien zu den Seezuflüssen und der Bodensättigung im Einzugsgebiet werden deshalb in einem Steuerungssystem (Ausschnitt rechts) laufend verarbeitet und als Steuerbefehle an die Regulierwerke weitergegeben.



Kriterien, die in jahreszeitlicher Abhängigkeit miteinander kombiniert werden und das Regulierregime je nach Gefahrenstufe automatisch ändern:

Kriterien, die den Regulierdienst (AWA) warnen und ihm den Entscheid über einen Wechsel des Regulierregimes überlassen:



Frank



Die Auswirkungen auf den Abfluss der Aare



Frank (Bern-Mattequartier, 23. August 2009)

Der Hochwasser-Entlastungsstollen hat Auswirkungen auf den Abfluss der Aare zwischen Thun und Bern, aber er wird die Situation der Unterlieger nicht zusätzlich verschärfen: Das Schutzziel für den Thunersee kann erreicht werden, ohne dass sich die bei einem Hochwasser auftretende **Abflussspitze** der Aare erhöht und dadurch die Situation namentlich in der Stadt Bern nachteilig verändert wird. Etwas häufiger werden lediglich die mittleren, noch keine Schäden verursachenden Hochwasser in der Aare, da bei erkannter Hochwassergefahr rechtzeitig mehr Wasser als früher aus dem Thunersee abgeleitet werden kann (und soll).

In gewissen Fällen wird es allerdings nicht möglich sein, die volle Kapazität des Entlastungsstollens auszunutzen. Sobald auch aus den unterhalb von Thun gelegenen **Zwischeneinzugsgebieten** der Zulg, der Rotache, der Chise und der Gürbe besonders viel Wasser in die Aare hineinströmt, ist die – gegenwärtig noch auf $440 \text{ m}^3/\text{s}$ limitierte – Abflusskapazität der Aare in Bern überfordert. In solchen Fällen wird der Durchfluss durch den Entlastungsstollen automatisch gedrosselt, bis die Hochwasserspitzen aus den Zwischeneinzugsgebieten abgeflossen und in Bern wieder die nötigen Abflusskapazitäten vorhanden sind.

Droht aber gleichzeitig am Thunersee ein **extremer Anstieg** des Seespiegels, so wird der Durchfluss durch den Entlastungsstollen nicht eingeschränkt. Denn eine Drosselung des Stollendurchflusses bei einem Extremhochwasser würde den Thunersee höher ansteigen lassen

Keystone/Lehmann (Bern-Marzilibad, 22. August 2005)

Die hochwasserführende Aare hat in jüngerer Zeit gleich mehrmals Teile des Berner Mattequartiers und andere flussnahe Gebiete unter Wasser gesetzt: im Mai 1999, im August 2005 (Fotos oben und rechts) und erneut im August 2007. Diese Überschwemmungen wurden allerdings nicht allein durch das aus dem Thunersee zufließende Wasser verursacht. Zwischen Thun und Bern nimmt die Aare auch viel Wasser aus den Einzugsgebieten der Zulg, der Rotache, der Chise und der Gürbe auf (Grafik rechts). Zur besseren Beurteilung der Gesamtsituation wurden deshalb seit dem Jahr 2005 zusätzliche Abflussmessstellen errichtet, etwa an der Zulg (Foto rechts aussen). Übersteigen sämtliche Zuflüsse die Abflusskapazität der Aare in Bern, dann wird der Entlastungsstollen in Thun gedrosselt – allerdings nur, solange der Thunersee seinerseits nicht über $558.45 \text{ m} \ddot{u}.\text{M.}$ ansteigt.

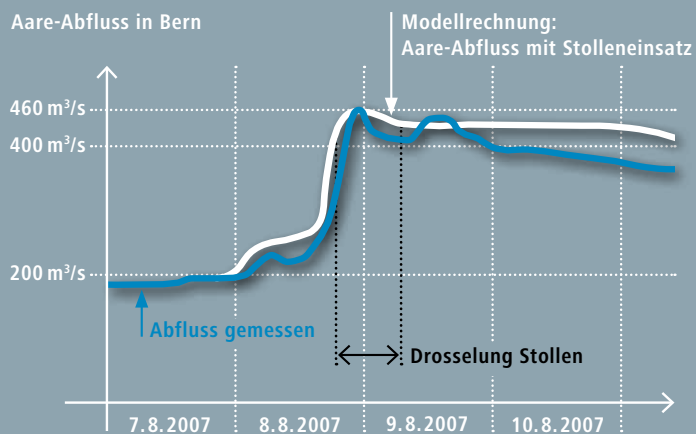


und – zeitlich verzögert – zu gleich grossen oder sogar grösseren Abflüssen aus dem Thunersee führen wie bei offenen Schleusen und ungedrosseltem Stollen. Der Grund liegt darin, dass der Thunersee dank dem **frühzeitigen Einsatz** des Stollens weniger hoch ansteigt als ohne Stollen.

Eine Drosselung des Stollens bei einem Extremhochwasser würde also niemandem nützen, weder den Unterliegern entlang der Aare noch den Seeanrainern. Aus diesem Grund mussten zuverlässige **Prognoseprogramme** entwickelt und vernünftige **Entscheidungskriterien** formuliert werden, die ein wesentlicher Bestandteil des neuen Betriebsreglements für die Seeregulierung am Thunersee sind:

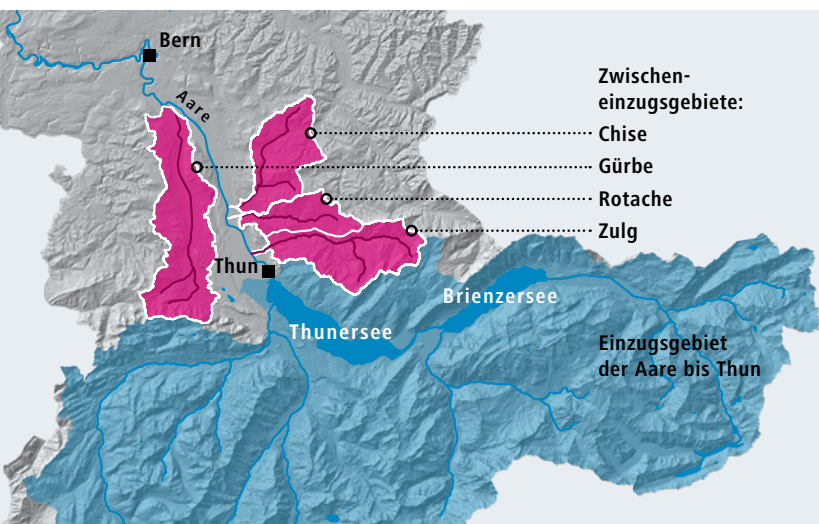
- Einerseits wird der mindestens zu erwartende **Höchststand des Thunersees** im Vorfeld und während eines Hochwassers anhand der aktuellen Zuflüsse von Aare, Kander, Simme und Lombach berechnet. Zeigt diese Prognose einen Maximalstand des Thunersees von mehr als 558.45 m.ü.M. an, so wird der Durchfluss durch den Stollen nicht gedrosselt.
- Andererseits wird prognostiziert, wie gross der **Abfluss der Aare in Bern** sein wird (anhand der aktuellen Wassermengen von Aare, Zulg, Rotache, Chise und Gürbe, deren Trends sowie der Dauer, bis die kritischen Wassermengen Bern erreichen). Anhand dieser Berechnungen findet bei Bedarf eine automatische Drosselung des Stollendurchflusses statt (sofern es sich am Thunersee nicht um ein Extremhochwasser handelt).

Quelle: bhcc-Projektplanung



Unabhängig vom Einsatz des Hochwasser-Entlastungsstollens in Thun ist die Abflusskapazität der Aare in Bern mit gegenwärtig 440 m³/s zu knapp, um auch extreme Hochwasser bewältigen zu können. Grundsätzlich verbessern wird sich die Situation in den flussnahen Quartieren der Stadt Bern deshalb erst, wenn auch dort wirksame Schutzmassnahmen umgesetzt sind und die Abflusskapazität der Aare auf 550 bis 600 m³/s angehoben worden ist. Das wiederum wird auch den Spielraum für den Einsatz des Entlastungsstollens in Thun erhöhen. Vorläufig wird die Situation in Bern durch den Einsatz des Thuner Entlastungsstollens zumindest nicht verschärft. Das zeigen Modellrechnungen* mit den Daten vom August 2007 (Grafik oben). Auch mit dem Entlastungsstollen hätte die Aare damals die Hochwassergrenze übertreten. Durch die Drosselung des Entlastungsstollens in Thun wäre die Abflussspitze in Bern aber nicht höher angestiegen. Allerdings hätte die Aare ab dem 9. August 2007 mehr Wasser geführt, um die zeitweilige Drosselung wieder auszugleichen.

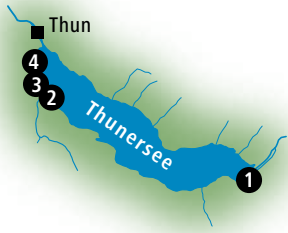
* Angenommen, es hätte den Hochwasser-Entlastungsstollen bereits im August 2007 gegeben, so wäre der Thunersee auf maximal 558.25 m.ü.M. angestiegen (statt auf 558.45 m.ü.M.), während die Abflussspitze in Bern mit rund 460 m³/s gleich geblieben wäre. Der Abfluss durch den Stollen hätte dabei zum Schutz der Unterlieger am 8. August, um 19.30 Uhr, für rund 12 Stunden gedrosselt werden müssen (bei einer Gesamtbetriebszeit des Stollens von 85 Stunden).



Frank



Die Auswirkungen auf die natürlichen Lebensräume am Thunersee



Die Weissenau im oberen Seebereich (1), das Kanderdelta zwischen Einigen und Gwatt (2) sowie das Gwattlischenmoos (3 und Foto unten) und die Seeallmend (4) im unteren Seebereich sind Flachmoore und Auengebiete von nationaler oder kantonaler Bedeutung, die von Schilfgürteln umgeben und einer speziellen Fauna und Flora belebt sind.

Ein natürliches Seeufer samt der dort heimischen Fauna und Flora wird stark durch die **jahreszeitlichen Schwankungen** des Seespiegels geprägt: Im Winter sind die natürlichen Wasserstände eher tief, mit der Schneeschmelze im Frühling steigen sie an und erreichen im Sommer ihren Höchststand, anschliessend fallen sie wieder.

Am Thunersee wird dieser charakteristische Verlauf allerdings schon seit Jahrhunderten ganz bewusst verändert. Die seit 1714 vollzogenen und im Laufe der Zeit immer wirksamer gewordenen wasserbaulichen Eingriffe sollen verhindern, dass der Seestand im Winter zu tief abfällt und im Sommer zu hoch ansteigt. Sie zielen also auf eine **Nivellierung des Seestandes**, um möglichst vielen Interessen gerecht zu werden.

Diese Nivellierung wird durch den Hochwasser-Entlastungsstollen noch verstärkt, da durch seinen Einsatz der Seestand im Falle übermässiger Zuflüsse nicht zu hoch ansteigt. Andererseits wird der Seespiegel bei der Auslösung von Gefahrenstufen und der entsprechenden Regulierung jeweils kurzzeitig abgesenkt. Der Betrieb des Entlastungsstollens wird somit nicht nur den Seewasserstand beeinflussen, sondern indirekt auch Auswirkungen haben auf die verbliebenen **natürlichen Uferbestände** an den Gestaden des Thunersees: die Weissenau, das Kanderdelta, das Gwattlischenmoos und die Seeallmend (vgl. Karte links oben).

Bereits bei der Planung des Hochwasser-Entlastungsstollens stellte sich deshalb die Frage, ob sich die beiden Einflussfaktoren – die geringere Anzahl von Überflutungen bzw. die kurzzeitigen Absenkungen – nachteilig auf diese **wertvollen Lebensräume** auswirken.

Eindeutig kann diese Frage wohl erst nach einer längeren Beobachtungszeit* beantwortet werden. Gegenwärtig wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen allenfalls geringfügig sind:

- Mit dem Einsatz des Entlastungsstollens und der damit verbesserten Schutzwirkung vor Hochwassern werden seenahe **Flachmoore** weniger oft und weniger hoch überstaut. Zumindest gebietsweise dürften dort die Standortbedingungen wechselfeuchter und nährstoffreicher werden.
- Durch die kurzzeitigen Absenkungen können seenahe **Amphibienlaichgewässer** und **Larvenhabitate** trockenfallen (was durch Ersatzmassnahmen aufgefangen werden soll).
- Der Einsatz des Entlastungsstollens dürfte dagegen kaum einen Einfluss haben auf den **Grundwasserspiegel**, die **Schilfbestände** oder die Bestände der **Wasservögel** und **Fische**.

* Die Auswirkungen des neuen Betriebsreglements auf die Flachmoore und die Amphibienlaichgebiete werden mit einem Monitoring überwacht.



Projektorganisation Hochwasser-Entlastungsstollen Thun

Projektentwicklung
und Bauherrschaft

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern (BVE),
vertreten durch das Tiefbauamt des Kantons Bern (TBA, Ober-
ingenieurkreis I)
Stadt Thun, vertreten durch den Gemeinderat
Schweizerische Eidgenossenschaft, vertreten durch das Bundes-
amt für Umwelt (BAFU)

Planung und Projektierung

Ingenieurgemeinschaft Thunersee-Aare (IG TSA):
• Kissling + Zbinden AG, Spiez
• IUB Ingenieur-Unternehmung AG, Bern
• Bächtold + Moor AG, Thun
bhc-Projektplanung, Wimmis
Aquavision, Ecublens
ETH Zürich, VAW
Hunziker, Zarn und Partner, Aarau
Geotechnisches Institut, Spiez
geo7 AG, Bern
BKW FMB Energie AG, Bern
IC Infraconsult AG, Bern

Projektmanagement/
Support Oberbauleitung

Marchand + Partner AG, Bern

Bauleitung

Ingenieurgemeinschaft Thunersee-Aare (IG TSA)

Ausführung Stollen

Arbeitsgemeinschaft Hochwasserentlastungsstollen Thun:
• Walo Bertschinger AG, Zürich
• PraderLosinger AG, Zürich und Sion

Umweltbaubegleitung/
Kommunikation Bauphase

IC Infraconsult AG, Bern

Überwachung

Wiegert & Bähr GmbH, Deutschland

Stahlwasserbau

Riesen & Stettler AG, Urtenen-Schönbühl

Seeregulierung

AWA Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern,
Abteilung Gewässerregulierung

Kohler

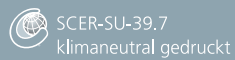


Herausgeber:
AWA Amt für Wasser und Abfall, Abteilung Gewässerregulierung
Reiterstrasse 11, 3011 Bern
Telefon 031 633 38 11
info.awa@bve.be.ch

Redaktion:
Bernhard Wehren (AWA); Bernhard Schudel (AWA)

Konzeption und Realisation:
Felix Frank Redaktion und Produktion, Bern

Druck:
Jost Druck AG, Hünibach



Download PDF:
www.bve.be.ch/gewaesserregulierung

Schriftlicher Bezug dieser Broschüre:
AWA Amt für Wasser und Abfall, Abteilung Gewässerregulierung
Reiterstrasse 11, 3011 Bern
info.awa@bve.be.ch

© Bern, September 2010

