

# Die Grundlagen für die Automatisierung der Thunerseeregulierung

Autor(en): **Neumann, Kornel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **75 (1983)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941252>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die Grundlagen für die Automatisierung der Thunerseeregulierung

Kornel Neumann

## Zusammenfassung

Um den Wandel der Interessen an der Regulierung des Thunerseespiegels und der Aareabflussmenge im Laufe der letzten Jahrzehnte besser zu berücksichtigen, wird ab 1. Januar 1981 ein neues Regulierreglement angewandt. Dieses bedingt ein viel häufigeres Regulieren mit kleineren Schritten, was nur durch eine prozessrechnergesteuerte Automatik möglich ist. Die Regulierautomatik für den Thunersee hat die Aufgabe, das System nach dem Regulierreglement oder nach einem der drei Sonderprogramme zu steuern: Abflussmenge konstant, Seespiegel konstant und Seespiegel nicht sinkend. Grösster Wert wurde auf die Betriebssicherheit gelegt.

## 1. Einleitung

Die Einleitung der Wasser der Simme und der Kander in den Thunersee im Jahre 1713, also vor 270 Jahren, war ein grossartiges und kühnes Unternehmen, vor allem, wenn man die damaligen Kenntnisse der Thunerseezuflüsse und die den Bauleuten zur Verfügung stehenden Baugeräte berücksichtigt. Diese Einleitung hatte den vorrangigsten Zweck, Überschwemmungen im Raume Thun zu vermeiden, die durch Kiesablagerungen der Kander nach ihrem Austritt in die Ebene bei Gwatt und bei ihrer Einmündung in die Aare, die bis dahin gegenüber der Zulgmündung lag, entstanden.

Erst nach der Kanderumleitung in den Thunersee stellte man fest, dass noch weitere Massnahmen nötig waren, um den schadlosen Abfluss der zusätzlichen Wassermassen aus dem Thunersee sicherzustellen, wie der Ausbau des damaligen Stadtgrabens (heute: Äussere Aare), der Bau von Regulierschleusen in der Äusseren und in der Inneren Aare, die Aarebettvertiefung und nicht zuletzt die Abflussregulierung nach bestimmten Regeln.

Die ersten Schleusen entstanden 1726. Sie wurden im Laufe der Jahre und Jahrzehnte immer wieder erneuert und ausgebaut.

## 2. Die Interessen an der Thunerseeregulierung

Die Schleusen hatten schon zu jener Zeit verschiedene Aufgaben zu erfüllen. So stellen wir beim Lesen des «Reglementes über die Schleusen zu Thun», von den «MgHrn. und Oberen Rächt und Burgeren placidiert am 22. January 1762», fest, dass auch damals schon die «Conservation des Fischfangs» (Art. 4) und der Antrieb der Mühlen (Art. 2 und 6) eine grosse Rolle gespielt hatten (s. Spalte rechts). Im Jahre 1851 wurde dem Schleusenmeister zudem folgende Weisung erteilt:

«Zur Unterhaltung der Schiffahrt wird er nach bisheriger Übung und auf so lange, als es der Wasserstand erfordert, in der Regel alle Montage, Mittwoch und Samstag die grossen und nachher die kleinen Schleusen öffnen und zwar jeweilen von 8 Uhr des Morgens bis 3 Uhr Nachmittags . . .»

Die mannigfaltigen Interessen sowohl am Thunerseestand als auch an den Aareabflussmengen unterlagen im Laufe der Zeit einem steten Wandel. Während einzelne Interessen verschwanden (Aareschiffahrt), kamen andere dazu (Sportfischerei, Natur- und Landschaftsschutz, Grundwasserbewirtschaftung, Kühlwassernutzung der Aare).

1972/73 wurde eine Umfrage bei den Ufergemeinden, interessierten kantonalen Amtsstellen, Kraftwerksgesellschaften, der Thunersee-Schiffahrtsgesellschaft und verschiedenen Vereinen durchgeführt.

Die Auswertung der Antworten auf Fragen über Hochwasserschadensgrenze, Winterabsenkung und erwünschte Mittelwasserstände im Sommer bzw. Winter ergaben eine breite Fächerung der Ansichten und Wünsche.

Als allgemeine obere Grenze der Mittelwasserstände kann die Kote 558,00 m ü. M. angenommen werden, während die Kote 558,30 als sogenannte *Schadensgrenze* gilt. Die Ansichten der Ufergemeinden divergieren, je nachdem, ob sie ein flaches, eventuell überbautes Ufer besitzen oder nicht.

Bei den *Fischereikreisen* muss unterschieden werden zwischen jenen, die mehr an den Seeständen, und anderen, die mehr an den Aareabflussmengen interessiert sind. Je nach Jahreszeit werden einmal Wünsche nach gewissen Seeständen oder deren Tendenzen, oder aber Wünsche nach bestimmten, einmal kleinen, ein andermal grossen oder konstanten Wassermengen geäussert.

Seitens der *Kraftwerksgesellschaften* der Städte Thun und Bern sowie seitens der Bernischen Kraftwerke (BKW) besteht das Bedürfnis nach der Speicherung der Hochwassermengen im See zur Überbrückung der Niedrigwasserperioden, um ihre Kraftwerke optimal betreiben zu können.

## Das Reglement über die Schleusen zu Thun

(Aus dem Policey-Buch der Stadt Bern, Nr. 14, S. 248)

Schleüssen-Reglement zu Thun

1. Die äusseren Schleüssen an dem Scherzligweg werden geöffnet, auf den 15. Marty, hiemit nur 14 Tag später, als nach dem alten Reglement. Die Öffnung dieser Schleüssen dienet den See auszulähren.
2. Die Jnneren Schleüssen bey den Mühlennen, welche meistentheils zu betreibung der Mühlennen dienen, sollen geöffnet werden vom 1. April bis den 15ten.
3. Der Beschliessung; Mitte September soll der anfang gemacht werden, mit den Schleüssen bey den Mühlennen, und auf den 1. Octobris die bey dem Scherzligweg, hiemit anstatt dass mit Eröffnung aussen angefangen wird, so wird mit beschliessung innen angefangen.
4. Zu Conservation des Fischfangs sollen nach wegweisung MgHrn. den Rächten den 21. September 1741 die Schleüssen nicht auf einmahl weder geöffnet noch beschlossen werden, weilen sonsten entweders der See, oder die Aaren auf einmahl zu sehr ins trockenere gesetzt werden, und dardurch der Saamen ruiniert wird, sondern nach und nach.
5. Soll in der vorgemelten Eröffnung und beschliessung der Schleüssen, allezeit auf die, mit dem Bären an den Pfählen geschlagenen Sommer- und Winterzeichen gesehen werden, welche zur Regul dienen sollen, also dass das Wasser weder darüber noch darunder steigen, noch fallen solle, dieses gründet sich auf die widerholten Proben, die seit etlichen Jahren darüber gemacht worden, ohne dass einiche Klägden eingelangt.
6. Von Ausgang des Monats April den ganzen Sommer hindurch, werden alle Schleüssen völlig offen seyn, ausgenommen die 12 kleinen neben Schleüssen auf der Seiten des Canals, so das Wasser zu den Mühlennen führet, welche den Ablauf der Aaren im geringsten nicht hinderen, vorwon auch die Aufsätze den Sommer hindurch weggethan werden.
7. Ist heiter vorbehalten, dass allezeit nach den Umständen soll verfahren werden, so dass, wann mitten im Winter, oder aussert den sonsten gesezten Terminen, ein unerwarteter Anlauf des Wassers zu befürchten wäre, ein jewender Jnspector bey seiner Pflicht dem Hrn. Amtsmann die Gefahr anzeigen soll, der Herr Amtsmann dann nach derselben beschaffenheit und erfordernuss befehlen soll, die nöhtigen Schleüssen zu eröffnen, aller Überschwemmung und Klägden vorzukommen, nicht nur bis die Gefahr vorbei, sondern auch bis der See in seine gehörige Tiefe wird gesetzt seyn.

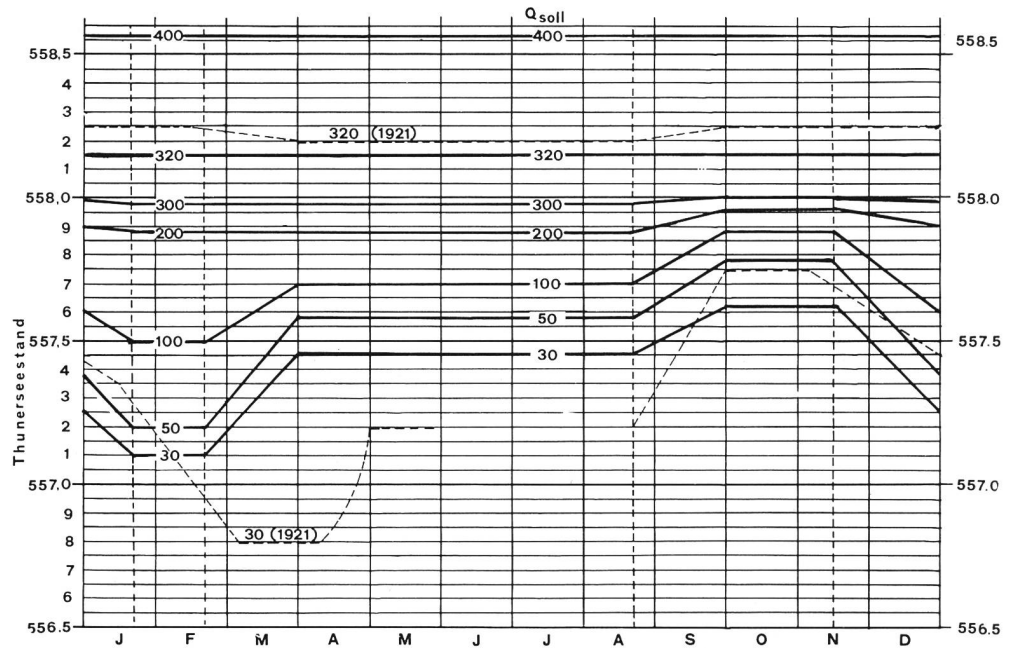
Zu Erleüterung dieses Articul und aller benachbarten Gemeinden Sicherheit, dienet zum Bericht, dass der See, bey jetziger Einrichtung, in ein paar mahl 24 Stunden kann gelähret werden und sollen selbige befuegt seyn, wann sie eine bevorstehende Gefahr obhanden glauben, einen Jnspectoren zu mahnen, auch einem Herrn Schultheissen zu rechter Zeit ihre Vorstellungen zu thun, welches allezeit etliche Tage vorher kann gesehen werden. Zu welchem Ende Jhnen eine Abschrift des Reglements kan in die Hände gegeben werden.

Actum in Jhr Gnaden Schloss Thun den 2. Januar 1762.

(sig.) B. von Muralat Schultheiss der Statt und Grafschaft Thun.

Dieses Reglement ist von MgHrn. und Oberen Rächt und Burgeren placidiert worden den 22. January 1762.

Bild 1. Das neue Regulierreglement «März 1980», das die heutigen Interessen am Seestand und an den Abflussmengen berücksichtigt. Vergleicht man es mit dem vorherigen Reglement 1921, so stellt man fest, dass die Absenkung des Seestandes im Frühling kleiner ist und die Seestandsschwankungen ganz allgemein kleiner sind (gestrichelte Linien:  $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw.  $320 \text{ m}^3/\text{s}$  gemäss Reglement 1921).



Die Ausbauwassermengen und konzidierten Gefälle der einzelnen Kraftwerke zwischen dem Thuner- und dem Bielersee betragen:

	$Q$ $\text{m}^3/\text{s}$	$H_{br}$ m
Kraftwerk Thun	190	4,05–7,55
Matte/Bern	40	1,25–3,30
Felsenau/Bern	80	13,70
Mühleberg (BKW)	291	17,14–19,77
Kraftwerkgruppe		
Kallnach-Niederried-Radelfingen	(45+170)	17,84–23,32
Kraftwerk Aarberg	170	5,40–11,43
Hagneck	175	8,61

In den letzten Jahrzehnten, insbesondere aber seit der Inbetriebnahme der Kernkraftwerke, hat die Bedeutung der

Energieproduktion aus den Laufkraftwerken relativ abgenommen, da die Kernkraft und auch einzelne Speicherkraftwerke zeitweise hinreichend Grundlastenergie erzeugen.

Das *Kernkraftwerk Mühleberg* besitzt eine Kühlwasserkonzession und ist demzufolge daran interessiert, dass die Aarewassermenge bei Niederwasser nicht während mehrerer Tage unter  $35$  bis  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  sinkt. Damit bei solchen kleinen Wassermengen die Aare nicht über Gebühr erwärmt wird, müsste der Wärmeeintrag und damit die Stromproduktion gedrosselt werden.

Die *Thunersee-Schifffahrt* ist an einem hohen Seestand von Ostern bis Ende September/Mitte Oktober interessiert, damit die Passagierschiffe im See und im Aarebeken in Thun ungehindert zirkulieren und an den Schiffländen anlegen können. Damit sind auch die Wünsche des Verkehrsverbandes Berner Oberland weitgehend befriedigt.

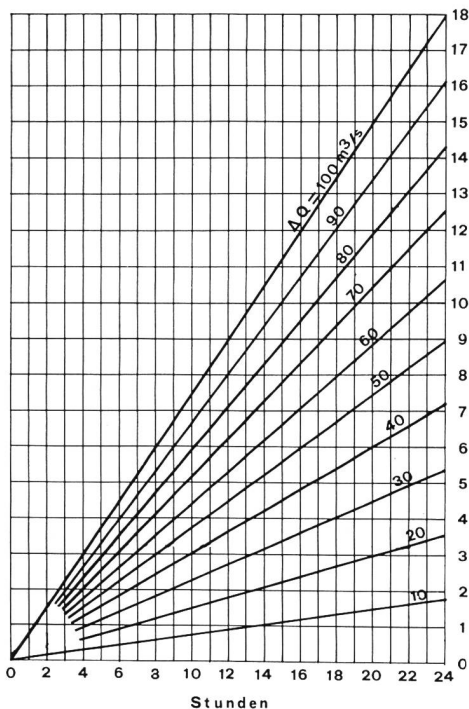
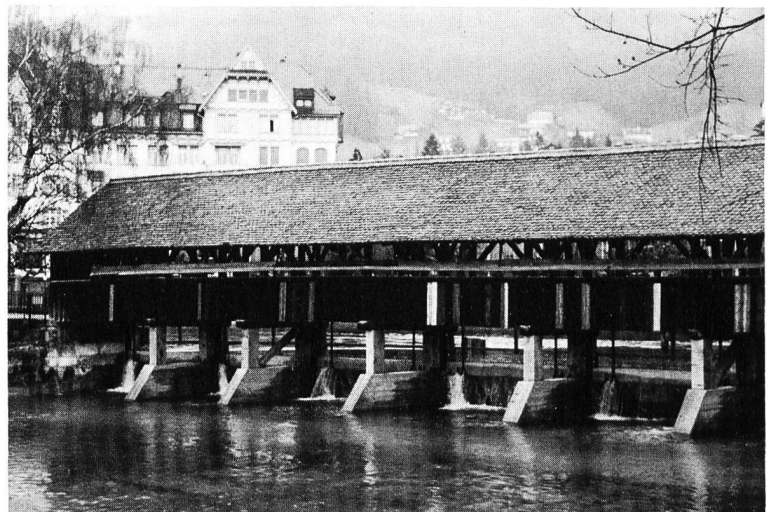


Bild 2, links. Seespiegelschwankungen als Funktion der Differenz zwischen der Summe der Zuflüsse und des Abflusses pro Zeiteinheit. Von den Zuflüssen werden nur jene der Simme, Kander und der Aare gemessen und über das Telephonnetz in den Kommandoraum Bern übertragen, die übrigen können normalerweise vernachlässigt werden. Unbekannt sind allfällige Unterwasserzuflüsse zum Thunersee vom Norden her, die vermutlich während der Schneeschmelze eine gewisse Rolle spielen.

Bild 3, rechts. Ansicht der Scherzligschleuse in Thun.



Daneben benötigt die Schifffahrt während des Winterhalbjahres an einzelnen Tagen bestimmte Minimalwasserstände, um ihre Schiffe zur Revision in Trockendocks führen bzw. sie wieder wassern zu können.

Die Aare beeinflusst zwischen Thun und Bern das teilweise sehr ergiebige Grundwasser, indem sie es an gewissen Strecken speist und an anderen Abschnitten ihm als Vorfluter dient. Diese Strecken ändern sich im Verlaufe der Zeit je nach dem gegenseitigen Verhältnis der Wasserstände der Aare und des Grundwassers. Die Abflussregulierung beeinflusst somit die Wasserergiebigkeit der verschiedenen Grundwasserfassungen im Einflussbereich der Aare zwischen Thun und Bern.

### 3. Das neue «Regulierreglement März 1980»

Um diesen verschiedenartigen Anliegen möglichst gut nachzukommen, wurde das bis dahin angewandte Regulierreglement 1921 (siehe «wasser, energie, luft – eau, énergie, air», 71 [1979], Heft 9, Seite 182) aufgrund von Berechnungen der Sektion Seeregulierung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft abgeändert. Das neue Reglement (Bild 2) wird seit dem 1. Januar 1981 angewandt. Darin wurde auch die durch die erste Etappe der Aarebaggerung erzielte höhere Abflusskapazität berücksichtigt. Vergleicht man das vorher gültige Reglement aus dem Jahre 1921 mit dem neuen, so kann man feststellen, dass der Schwankungsbereich des Seespiegels generell herabgesetzt wurde, am stärksten in den Monaten:

	Wassermengenbereich	Spiegel-differenz	
		vorher	jetzt
Juni/Juli	80–320 m <sup>3</sup> /s	84 cm	49 cm
Oktober	120–300 m <sup>3</sup> /s	27 cm	8 cm

Im Oktober muss der Abfluss somit für jeden cm Seeanstieg um je 20 m<sup>3</sup>/s verändert werden, sofern der See stand zwischen 557,93 und 558,01 liegt.

### 4. Die Notwendigkeit der Regulierautomatik

Will man das neue Reglement genau einhalten, so müssen der Thunerseespiegel und die Abflussmenge der Aare in Thun in kurzen Zeitabständen abgefragt und miteinander verglichen werden. Sobald die tatsächliche Wassermenge  $Q_{\text{ist}}$  von derjenigen wesentlich abweicht, die gemäss Reglement dem momentanen Seespiegel entspricht ( $Q_{\text{soil}}$ ), ist normalerweise der Abfluss durch Heben oder Senken von Schützentafeln zu verändern. Wird der richtige Zeitpunkt für die Regulierung verpasst, so muss bei der nächsten Regulierung eine entsprechend grössere Abflusskorrektur vorgenommen werden, wodurch die Unterlieger (Sportfischer, Uferunterhaltungspflichtige, zum Teil auch Kraftwerke) benachteiligt werden können.

Das neue Reglement ist gleich wie das alte ein reines Linienreglement: Jedem Seewasserstand ist in Abhängigkeit des Datums eine bestimmte Abflussmenge zugeordnet.

Wie wurde bis zur Einführung der Automatik reguliert? Wenn der zuständige Beamte festgestellt hatte, dass eine Abflussänderung nötig war, gab er dem Wehrwärter den telefonischen Auftrag, ein bestimmtes Reguliertor zu verstellen. Der Wärter fuhr sodann (mit dem Fahrrad) zur betreffenden Schleuse, um den Auftrag auszuführen. Wurde die gewünschte Abflussänderung auf ersten Anhieb nicht erreicht oder wurde sie überschritten, so musste nach etwa einer Stunde nachkorrigiert werden. Die Tore wurden übrigens mit grossen Handkurbeln oder -rädern bewegt,

manchmal waren hierfür sogar 2 Mann notwendig. (Auch heute noch wird der Brienersee in Unterseen/Interlaken nach dem gleichen Verfahren reguliert.)

Die Regulierautomatik hat den Vorteil, dass sie das Regulierreglement weitgehend genau befolgen kann, sie hat aber auch den Nachteil, dass sie gewisse subjektive Überlegungen, die bei Handbetrieb oder bei Fernsteuerung möglich und üblich sind, nicht machen kann, es sei denn, man würde den Informationsfluss und die Verarbeitung dieser Daten noch weiter steigern, als dies bei der realisierten Thunerseeautomatik der Fall war. Bei Handbetrieb werden – je nach Wetterlage – folgende Informationen in die Beurteilung einbezogen: Differenz zwischen Seezu- und -abfluss pro Zeiteinheit, vorhandene Schneemenge in den tieferen, mittleren und höheren Lagen des Einzugsgebietes, kurz- und langfristige Wettervorhersage (Niederschläge in Form von Regen oder Schnee, Veränderungen der 0-Grad-Grenze), Füllungsgrad der Stauseen der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), Stand des Brienersees u. a. m. Den meisten dieser Informationen hatten bestimmte Unsicherheiten an. Aus diesem Grunde – und weil einem jeden Seereguliersystem eine gewisse Trägheit eigen ist – hat man die Thunersee-Regulierautomatik auf die einfache Funktion

$$Q_{\text{soil}} = F(H_{\text{See}})$$

gegründet.

Man hat also auf den Einbezug weiterer Informationen verzichtet.

Treten ausserordentliche Verhältnisse ein (extreme Hoch- oder Niederwasser, Zwangsabsenkung der KWO-Speicherseen), ist die Regulierautomatik auszuschalten – dann ist auf Fernsteuerung vom Kommandoraum in Bern aus umzustellen. Das gleiche gilt auch im Falle eines Defektes der Automatik.

### 5. Die Eigenheiten der Thunerseeeregulierung

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Kenndaten der Zuflüsse zum Thunersee, des Sees und seines Abflusses, der Aare, enthalten.

Auch wenn ein See nicht künstlich reguliert wird, erfolgt dank seiner grossen Fläche ein gewisser Ausgleich bzw. eine Beruhigung der Abflussschwankungen. Doch den Seespiegelschwankungen, verursacht durch die Differenz zwischen den Zu- und Abflussschwankungen (Bild 2), sind enge Grenzen gesetzt: Steigt der See zu stark an, gibt es Überschwemmungen, sinkt er (zu Unzeiten) zu stark ab, treten andere Inkonvenienzen auf (Fischerei, Schifffahrt, Natur- und Landschaftsschutz, Uferschutz).

Tabelle 1: Wichtigste Kenndaten der Thunerseeeregulierung

	Einzugsgebiet			$Q_m$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{\text{max}}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{\text{min}}$ m <sup>3</sup> /s
	Fläche km <sup>2</sup>	mittl. Höhe m ü. M.	Vergle- mü. M. sicherung %			
<b>Zuflüsse/Messstation</b>						
Aare/Interlaken	1140	1950	18,2	62,0	220	2,2
Simme/Simme-fluh	564	1600	2,9	18,5	275	1,7
Kander/Hondrich	495	1840	8,0	20,4	182	1,3
<b>Abfluss/Messstation</b>						
Aare/Thun	2490	1760	10,9	109	400	23,4
<b>Thunersee</b>						
Fläche:			48,3 km <sup>2</sup>	bei Kote 557,61 m ü. M.		
Wasserspiegel:			HHWSp	558,30 m ü. M.		
			NNWSp	557,00 m ü. M.		
Seeinhalt:			6,5 Mrd. m <sup>3</sup>			
Speichervolumen, für die Regulierung verfügbar			58 Mio m <sup>3</sup>			

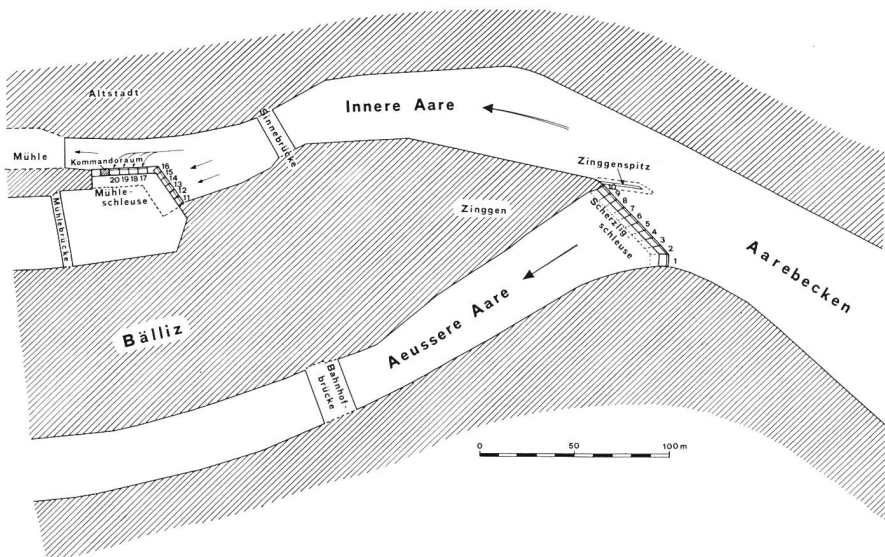


Bild 4. Die Situation der Bälliz-Insel, welche den Aarelauf in zwei Arme teilt: die Innere und die Äussere Aare. Die Scherzligschleuse am oberen Ende der Äusseren Aare liegt rund 1250 m unterhalb des Seeauslaufes, die Mühleschleuse rund 1500 m. Das Bälliz ist etwa 1000 m lang. Die Abflusskapazität der Äusseren Aare beträgt rund 300 m<sup>3</sup>/s, jene der Inneren Aare rund 100 m<sup>3</sup>/s bei offenen Schleusen und Überstau (Seespiegel über 558,30).

Bei der Regulierung des Seeabflusses durch Schleusen sind einerseits die Grenzen der Seespiegelschwankungen und andererseits die Grenzen der Abflussmengen zu berücksichtigen.

Innerhalb dieser Grenzwerte des Sees und der Aare können die verschiedenartigen Interessen an den Seeständen und Abflussmengen berücksichtigt werden, sofern sie sich gegenseitig nicht zuwiderlaufen.

Die Hauptschwierigkeit liegt dabei in der Gewichtung der verschiedenen, jahreszeitlich oft schwankenden Interessen, wie

	Interesse vorwiegend an:	
	Seespiegel	Abfluss
Fischerei (u. a. Laichfischfang)	+	+
Natur- und Landschaftsschutz	+	+
Schifffahrt	+	
Wasserkraftnutzung	(+)	+
Kühlwassernutzung	(+)	+
Ufersicherungsarbeiten	+	+
Grundwasserbewirtschaftung	(+)	+
Motor- und Segelbootfahrer	+	
Kanufahrer und Pontoniere		+

Der Thunersee besitzt bei Mittelwasser eine Fläche von 48,5 km<sup>2</sup>. Das gesamte Volumen beträgt 6,5 Mrd. m<sup>3</sup>, während das zwischen HHW und NNW speicherbare Volumen bei 82 Mio m<sup>3</sup> liegt. Für die Regulierung stehen jedoch zwischen den Hoch- und Niederwasserständen nur etwa 58 Mio m<sup>3</sup> zur Verfügung.

Beim Seeausfluss haben wir zuerst ein ca. 1200 m langes Aarebecken unterschiedlicher Breite, dann teilt das Bälliz (Bild 4) die Aare in zwei Arme, die Äussere und die Innere Aare. Beide Arme werden durch Schleusen gestaut und reguliert: die Äussere Aare durch die Scherzligschleuse, die Innere durch die Mühleschleuse.

Diese aus der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts stammenden hölzernen Schleusen wurden verschiedentlich umgebaut und abgeändert, zuletzt im Jahr 1818. Bei späteren Erneuerungen wurden die äusseren Formen jeweils unverändert beibehalten.

Heute hat jede Schleuse 10 Tore unterschiedlicher Breite:

	Tor-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Scherzligschleuse	Torbreite (m)	5,73	5,71	5,10	5,07	4,96	5,04	4,97	5,00	4,10	4,23
	Tor-Nr.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Mühleschleuse	Torbreite (m)	3,85	3,73	3,76	3,94	3,92	3,98	4,63	4,66	4,64	4,63

Die Oberkante der Schwelle liegt bei den Toren 1 bis 10 auf Kote 555,00, bei den Toren 11 bis 16 auf 555,52 und bei den Toren 17 bis 20 auf 555,92 m ü. M.

Die Abflusskapazität einzelner Tore ist durch ihre Lage beeinträchtigt: die Tore 9 und 10 durch den Zinggenspitze und die Tore 17 bis 20 durch die ungünstige Anströmung.

An die Mühleschleuse schliesst die Turbinenanlage der Mühlen AG mit einem Schluckvermögen von 7 m<sup>3</sup>/s an.

Unterhalb des Zusammenflusses der beiden Aarearme befindet sich am linken Ufer die Wasserfassung des Werkkanals, aus dem das alte Kraftwerk der Stadt Thun und jenes der Eidg. Konstruktionswerkstätte gespeist werden. Sodann folgt quer im Aarebett das neue Kraftwerk Thun mit 2 Kaplan-turbinen und einem automatischen Klappenwehr.

Einige hundert Meter flussabwärts befindet sich am linken Ufer der Limnigraph Thun der Landeshydrologie, der über die aus dem Thunersee ausfliessende Wassermenge Auskunft gibt.

Alle diese Elemente (Schleusen, Turbinenanlage der Mühlen AG, die Innere und Äussere Aare, das Kraftwerk Thun) sind bei der Konstruktion der Regulierautomatik gebührend zu berücksichtigen.

Abflussänderungen, die durch Verstellen eines Schleusentors vorgenommen werden, brauchen etwa 20 bis 45 Minuten, bis sie beim Limnigraph Thun eintreffen. Die Fortpflanzungszeit ist unter anderem bedingt durch die jeweilige Wassermenge, durch die jeweilige Regulierart des Kraftwerkes Thun (Handregulierung der Turbinen bzw. automatische Regulierung der Stauklappen bei  $Q = 190 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und teilweise auch durch den Umstand, ob die Abflussänderung bei der Scherzligschleuse oder bei der Mühleschleuse vorgenommen wird.

## 6. Vorbereitung der Regulierautomatik

Bevor der Auftrag für die Regulierautomatik erteilt wurde, mussten folgende Vorarbeiten ausgeführt werden:

a) Revision des mechanischen Antriebs der aus dem letzten Jahrhundert stammenden Schleusentore (Bild 5) und Ersatz der schadhafte Teile, ausgeführt durch die Firmen Ammann, Langenthal, und Stauffer, Allmendingen/Thun;

b) Einbau von Elektromotoren mit Getrieben, die auf diese alten Antriebe und die Holzkonstruktion der Tore abgestimmt sind, ausgeführt durch die Firma Indumation, Aarau;

c) Ausrüstung der Schleusentore mit zirka 30 cm hohen Aufsatzbrettern, die sich bei Anheben der Tore jalousieartig selbsttätig senken, ausgeführt durch die Firma Stauffer,

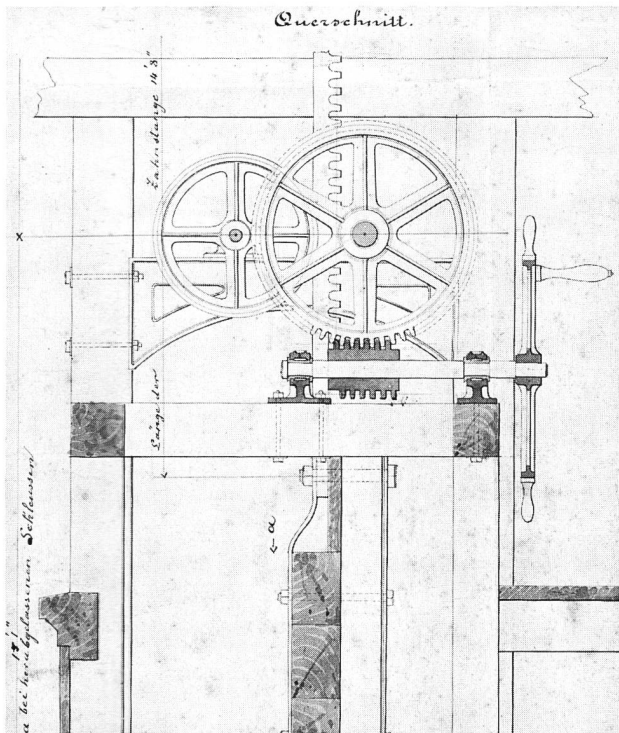


Bild 5. «Aufzugsmechanismus für die Schleusenwerke Thun», Kopie eines Planes vom 1. Februar 1861.

Allmendingen/Thun (früher mussten diese Bretter bei Bedarf jeweils von Hand ein- bzw. ausgebaut werden);

d) Verlegen von Steuerkabeln und Einbau von Steuer-schränken auf den Wehrbrücken sowie Verlegen eines Unterwasserfernsteuernkabels von der Scherzlig- zur Mühleschleuse, ausgeführt durch die Elektrizitäts- und Verkehrsbetriebe der Stadt Thun.

e) Erstellen eines Kommandoraumes auf der Wehrbrücke der Mühleschleuse, ausgeführt durch das Baugeschäft Weibel, Thun.

Die Koordination dieser Arbeiten sowie der Regulierautomatik oblag der Firma Boess & Jenk AG, Projektierung elektrischer Anlagen, Liebfeld/Bern.

### 7. Der Auftrag für die Regulierautomatik

Der Auftrag wurde der Firma Gfeller Télécommunications, Fabrik elektrischer Apparate, in Bern, erteilt. Er umfasste folgendes:

a) Automatische Regulierung der Thuner Schleusen nach den Bestimmungen des Regulierreglementes März 1980, wobei Änderungen des Reglementes durch Programmanpassungen möglich sein sollten;

b) Sonderprogramme

– Abflussmenge konstant (Anwendung: Abflussmengenmessungen bei den Limnigraphen Thun und Bern, Grundwasserbeobachtungen im Einflussbereich der Aare, Bestimmung der In- und Exfiltrationsstrecken bei verschiedenen Wasserständen der Aare und des Grundwassers, Laichfischfang, Pontonier- und Kanuwettfahrten),

– Seestand konstant (Anwendung: Laichfischfang sowie während der Laichperiode sowohl im See als auch im Aarebecken, Begünstigung der Seeschifffahrt, Tiefhalten des Sees zur Erleichterung von Ufersicherungsarbeiten und Erneuerung der Schiffländten bzw. Ausführung von ufernahen Bauarbeiten),

– Seestand nicht sinkend (Anwendung: während der Hechtlaichperiode);

c) Fernsteuerung der Schleusentore vom Kommandoraum Thun und vom Kommandoraum im Wasser- und Energiewirtschaftsamt (WEA) in Bern aus;

d) Protokollierung aller wichtigen Betriebszustände und derer Veränderungen sowie aller wesentlichen Unregelmässigkeiten (Alarmer) auf einem Fernschreiber im Kommandoraum Bern;

e) Zweckmässige und übersichtliche optische Darstellung aller wichtigen Informationen über den Betriebszustand, Programmart, Störungen usw. in den Kommandoräumen Thun und Bern;

f) Abweichungen vom Regulierreglement (Toleranzen) einstellbar in Abhängigkeit vom Seestand;

g) Einbau aller nötigen Sicherungen, um ein Abwandern des Regelsystems zu verunmöglichen (zum Beispiel übermässiges oder zu schnelles Ansteigen oder Absinken des Seespiegels oder der Abflussmenge – tritt ein solches Ereignis ein, ist die ganze Anlage zu blockieren, und es ist ein Alarm auszulösen);

h) Wichtige Alarmer, wie Ausfall der Fernverbindung des Prozessrechners mit den Wassermessstationen Thunersee/Spiez oder Aare/Thun oder der Verbindung Thun/Bern oder Ausfall des Prozessrechners usw. sind im Kommandoraum Bern optisch anzuzeigen und – wenn die Meldung nicht quittiert wird – Meldung durch Sprechband an die privaten Telephonnummern der zuständigen WEA-Mitarbeiter.

Zur Vereinfachung des Reguliersystems wurde vereinbart, – dass je acht Schleusentore pro Schleuse als Grobreguliertore funktionieren sollen, also jeweils nur entweder «offen» oder «zu» sein sollen,

– dass zwei Tore der Scherzligschleuse als Feinreguliertore dienen sollen und

– dass zwei Tore der Mühleschleuse normalerweise als Dotationstore für die Wassererneuerung der Inneren Aare dienen sollen, wenn aber die beiden Feinreguliertore infolge Defekts ausgefallen sind, dass die beiden Dotationstore die Funktion der Feinreguliertore übernehmen sollen.

Die Regulierautomatik muss – ebenso wie der Elektroantrieb – dem Umstand Rechnung tragen, dass die beiden Staatsschleusen alte, hölzerne Bauwerke mit sehr einfachen Antriebs-elementen (Zahnradern, Zahnstangen, Schneckengetrieben) sind, auf die nur sehr subtil eingewirkt werden darf.

### 8. Erste Erfahrungen

Die hienach beschriebene Regulierautomatik ist nach einem längeren Versuchsbetrieb Mitte 1982 definitiv in Betrieb genommen worden. Sie hat im allgemeinen zufriedenstellend funktioniert, und zwar auch bei Nieder- und Hochwasser. Einzig im Bereich um 100 m<sup>3</sup>/s kam es hie und da zu erhöhten Abflussschwankungen. Das genaue Austesten der Sonderprogramme «See konstant» und «See nicht sinkend» war bisher noch nicht möglich.

Adresse des Verfassers: *Kornel Neumann*, Adjunkt, Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern, Rathausplatz 1, 3011 Bern.