



Der Sylvensteinspeicher



Wasserwirtschaftsamt Weilheim



Dafür sind wir da:

- Wildbach- und Lawinenverbauung
- Pflege und Entwicklung der Gewässer
- Schutz der Gewässer
- Gewässeraufsicht
- Sauberes Grundwasser - Sauberes Trinkwasser
- Hochwasserschutz - Wasserspeicher

Damit Hochwasser nicht zur Katastrophe wird, spielen u.a. die Wasserspeicher eine wichtige Rolle. Ziel ist es, Wasser zurückzuhalten, um die Hochwasserspitzen zu kappen und die unterhalb liegenden gefährdeten Siedlungsgebiete zu schützen.

Das Wasserwirtschaftsamt Weilheim betreibt zwei Wasserspeicher:

- ▲ den Windachspeicher ca. 12 km westlich des Ammersees. Seit 1964 dient er dem Hochwasserschutz der Unterliegergemeinden. Ein Ausbau der landschaftlich sehr reizvoll gelegenen Windach konnte dadurch vermieden und die Unterlieger vor erheblichen Schäden bewahrt werden.
- ▲ und die wohl bekannteste Talsperre in Bayern, den Sylvensteinspeicher an der Oberen Isar, der mit einem Hochwasserrückhaltevermögen von rund 85 Mio. m³ seit 1959 den Bewohnern des Isartals (vor allem Bad Tölz und München) Schutz vor Hochwasser bietet und damit überregionale Funktion hat.

▲ Amtsbezirk (geografische Übersicht)

▼ Amtsbezirk in Zahlen

Landkreis	Fläche km ²	Einwohner (01.01.2009)	Gemeinden
Bad Tölz- Wolftrathausen	1.111	120.225	21
Garmisch- Partenkirchen	1.014	86.760	22
Landsberg a.L.	804	113.311	31
Starnberg	488	129.708	14
Weilheim- Schongau	966	131.234	34
Gesamt	4.383	581.238	122

Wasserwirtschaftsamt Weilheim
 Pütrichstraße 15
 82362 Weilheim
 Tel. 0881/182-0
 Fax. 0881/182-162
 E-Mail poststelle@wwa-wm.bayern.de
 Internet: www.wwa-wm.bayern.de

Eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit

Impressum

Herausgeber:

Wasserwirtschaftsamt Weilheim,
eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit
Pütrichstraße 15, 82362 Weilheim
Tel. 0881/182-0, Fax: 0881/182-162, E-Mail: poststelle@wwa-wm.bayern.de

Bearbeitung:

Dr. Tobias Lang, Wasserwirtschaftsamt Weilheim

Konzeption, Text, Grafik und Gestaltung:

Dr. Tobias Lang, Dr. Brigitte Lenhart, Gisela Kangler, Natalie Stahl, Andreas Bauer,
Christian Heilbock, Martin Weinhart, Erich Winner, Ingrid Peischer, Wasserwirtschaftsamt Weilheim
Markus Willibald, Anton Wasensteiner, Peter Hohenreiter, Betriebszentrale Sylvensteinspeicher
Günther Prem, Bayerische Landeskraftwerke GmbH

Druck:

ESTA DRUCK GmbH

Bildnachweis:

Walchensee-Kraftwerk, Kochel: 7 u
Schneider Chr.: 9 o-li
Stadtmuseum München: 10 u-li,
Landesbildstelle Südbayern: 10 o-li
Bayerisches Hauptstaatsarchiv München: 16 o-li
Werbeagentur Eder GmbH, Lenggries: 23 o-re
Urselmann, Fotodesign, Werbeagentur, Lenggries:
23 u-re, 27 u-re, 28, 35 u-li, 39 m-re, 42 u-re, 43 u-re,
44 u-re, 45 m-li, 47 m-mi, 48 u, 51 o-re/m-li/u-re,
55 u-li/u-re, 59 o-li, 60 o-li/o-re, 62 m-li, 65 u, 69 o-li, 71 o-li
3d-illustration: © ing.-büro sabine wiederer, neunburg v.w.: 31 u-re
TU-München, Versuchsanstalt Obernach: 32 o-re
Heilbock Johann: 58 o-re, 60 o-re
Hartl Andreas: 60 o-li

Alle weiteren Bilder und Grafiken wurden von Mitarbeitern des LfU und der Wasserwirtschaftsämter aufgenommen bzw. bereitgestellt.

Karten erstellt auf Basis der Daten des LfU, Topographische Grunddaten:
Geobasisdaten

© Bayerische Vermessungsverwaltung

Literarische Quellen:

Denkschrift über die Errichtung eines Speichers im Oberen Isartal.
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern. Oktober 1949

Altinger, L.: Sylvensteinspeicher mit Deutscher Alpenstraße
Sonderdruck aus Deutsche Bauzeitschrift. März 1960

Krauss, J.: Die Ausführung des Staudammes am Sylvenstein.
Sonderdruck aus Baumaschine und Bautechnik. Oktober 1959

Lorenz, W.: Die Dichtungsschürze des Staudamms am Sylvenstein.
Sonderdruck aus Baumaschine und Bautechnik. Oktober 1959

Sonstige diverse Veröffentlichungen und Vorträge der Wasserwirtschaftsverwaltung, insbesondere:
Der Sylvensteinspeicher "Gerüstet für die Zukunft", Wasserwirtschaftsamt Weilheim, 2001

Donat, F. M. von: Die Kraft der Isar, eine Quelle des Reichtums für Staat und Volk.
Vortrag, München 1906

Die Isar. Ein Lebenslauf. Hrsg.: Marie-Louise Plessen.
Hugendubel München 1983

Die Obere Isar eine Zeitreise.
Werbeagentur Eder GmbH, Lenggries 1997

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Stand:
Juli 2009

Die Broschüre ist beim Wasserwirtschaftsamt Weilheim erhältlich.

Inhaltsverzeichnis

Vom Ringen ums Isarwasser zum Sylvensteinspeicher	7	Modernisierung und Erweiterung der Betriebsgebäude	51
		Bauzeiten / Kosten	52
Bau des Sylvensteinspeichers	8	Bau eines zweiten Kraftwerks	53
Vorgeschichte	8	Planung des neuen Kraftwerks	54
Planung	11	Bau des neuen Kraftwerks	54
Straßen- und Brückenbau	11	Bauzeiten / Kosten	56
Isarumleitung / Speicherauslässe	14	Erneuerung von Kraftwerk I	57
Sylvensteintalsperre	16	Naturschutz und Landschaftsentwicklung	58
Dambau	16	Naturschutz	58
Kavernen-Kraftwerk	21	Landschaftsentwicklung	61
Sonstige Speicheranlagen	22	Gewässerökologie	62
Fall - das versunkene Dorf	23	Gewässerqualität	62
Bauzeiten / Kosten	24	Einstufung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie	63
		Badewasserqualität	63
Überprüfung der Funktion des Speichers	26	Der Betrieb des Sylvensteinspeichers	64
Hochwasserschutz	26	Steuerung der Speicher- und Kraftwerksanlagen	64
Niedrigwasseraufhöhung	27	Speicherbewirtschaftung	64
Resümee	28	Hochwasservorhersagezentrale (HVZ)	66
		Talsperrensicherheit	68
Nachrüstungsmaßnahmen	29	Das Messsystem am Sylvensteindamm	68
Sanierung und Verbesserung des Damm-Kontrollsystems	29	Messungen der statischen Belastung	69
Bau einer neuen Hochwasserentlastung	31	Messungen der hydraulischen Belastung	69
Projektbeschreibung	31	Wetterkapriolen und Speicherbewirtschaftung	72
Stollenbau	33	Niedrigwasser 2003 und 2007	72
Einlaufbauwerk	34	Pfingsthochwasser 1999	74
Auslaufbauwerk	35	Augusthochwasser 2005	79
Bauzeiten / Kosten	36	Technische Daten	84
Dammerhöhung	37	Staatliche Wasserspeicher	85
Dammverbreiterung	38	Bayerns staatliche Wasserspeicher	85
Umbau der alten Hochwasserentlastung	39	Bayerische Landeskraftwerke GmbH	86
Abdichtungsmaßnahmen	40	Schlusswort	87
Kronenmauer	40		
Straßenstützmauern	41		
Straßenentwässerung / Straßenbau	42		
Messsystem	43		
Radweg	44		
Schieberschächte	46		
Anpassung der neuen Hochwasserentlastung	47		
Neuer Revisionsverschluss am Triebwasserstollen	49		

Vorwort

Gravierende menschliche Eingriffe in das Flussregime der Oberen Isar, nämlich die Ableitung der Isar zum Walchensee in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts, führten bei dem nun stark geschmälernten Isarabfluss gerade in Trockenzeiten zu erheblichen Problemen. Andererseits brachten wiederkehrende, manchmal gewaltige Hochwasser den Siedlungen im Isartal große Schäden. Beide Probleme - Wassermangel und Wasserüberschuss - sollten mit der Errichtung einer Talsperre ausgeglichen und gelöst werden.

Unmittelbar nach der Zustimmung des Bayerischen Landtags im Januar 1954 wurde mit dem Bau des Sylvensteinspeichers begonnen. Der Bauauftrag bis zur Fertigstellung im Jahr 1959 war ein respektable Kraftakt für den Freistaat Bayern. In der wichtigen Phase des Wiederaufbaus nach dem Krieg war das Projekt zugleich ein nicht zu unterschätzender wirtschaftlicher Impuls für die Region.

Seither hat der Speicher seine Aufgaben zur Niedrigwasseraufbesserung des Isarabflusses und zum Hochwasserschutz der Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen im Isartal in hervorragender Weise erfüllt. Daneben hat er sich zu einem Anziehungspunkt für Naherholung und Fremdenverkehr entwickelt und mit den beiden Wasserkraftwerken umweltfreundlichen Strom erzeugt.

Eine Bilanz der technischen Ausrüstung des Sylvensteinspeichers nach 30 Jahren erfolgreichen Einsatzes ergab - wie nicht anders zu erwarten - einen deutlichen Nachrüstungs- und Verbesserungsbedarf. Die Erweiterung und Automatisierung des Damm-Kontrollsystems, der Bau einer zusätzlichen Hochwasserentlastungsanlage, die Dammerhöhung zur Vergrößerung des Hochwasserschutzraums, der Bau des zweiten Kraftwerks und weitere kleinere Maßnahmen, die seit 1990 umgesetzt wurden, brachten den ältesten staatlichen Wasserspeicher Bayerns wieder auf den Stand der Technik.

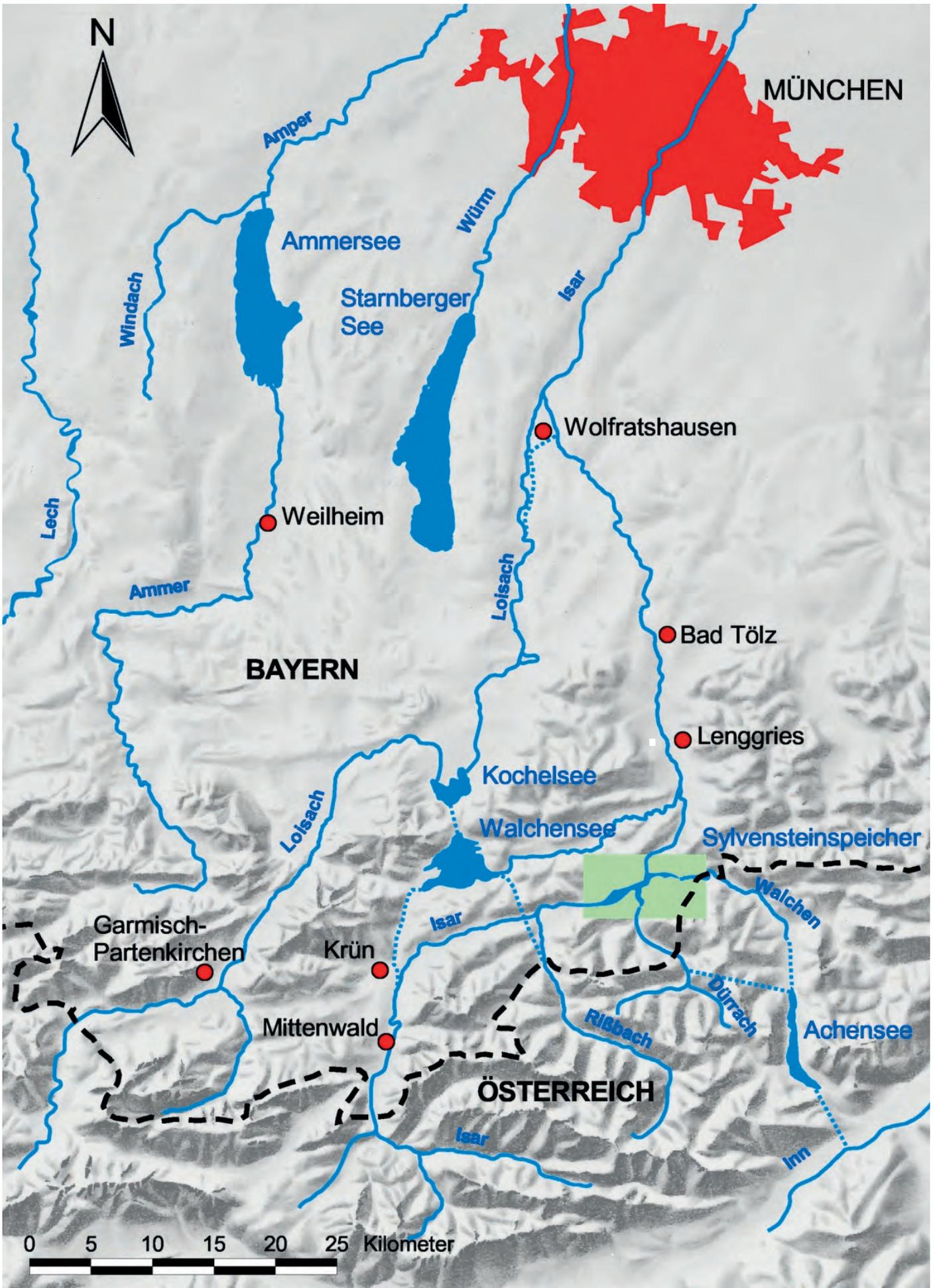
Mit der vorliegenden Broschüre wird der Bogen gespannt von den ersten Gedanken zum Bau einer großen Talsperre, über die Bauausführung in den fünfziger Jahren bis hin zu den Nachrüstungsmaßnahmen am bestehenden Speicher. Abgerundet wird sie mit einem Kapitel zu den Hochwasserereignissen 1999 und 2005 und dem Trockensommer 2003, bei denen der Sylvensteinspeicher seine Bewährungsprobe eindrucksvoll bestanden hat.

Die Veröffentlichung soll sowohl Fachleute als auch die interessierte Öffentlichkeit umfassend über die Funktionen der Talsperre informieren sowie den Speicherbetrieb und das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten im Gesamtsystem des Wasserspeichers erläutern. Letztlich macht die Broschüre deutlich, dass der Sylvensteinspeicher stets auf dem Stand der Technik gehalten wurde, um für künftige Aufgaben bestens gerüstet zu sein.

Weilheim, Juli 2009



Christian Wanger
Ltd. Baudirektor



Vom Ringen ums Isarwasser zum Sylvensteinspeicher

Um die Jahrhundertwende wurde in München eine phantastische Idee geboren. Seitdem im Jahre 1904 Major Fedor Maria von Donat zufällig den Höhenunterschied von 200 m zwischen Kochelsee und Walchensee auf Karten entdeckt und veröffentlicht hatte, war den Gedankenspielen, mit Wasserströmen und großen Fallhöhen Elektrizität zu erzeugen, Tür und Tor geöffnet. Ziemlich zu gleicher Zeit legten die Ingenieure Schmick, Jean Jaquel und Donat genauere Pläne für ein Walchensee - Kochelsee - Projekt vor. Um dem Walchensee aufgrund seines kleinen Niederschlagseinzugsgebietes genügend Zufluss zu sichern, hat Donat bereits damals schon die Überleitung von Isar und Rißbach vorgesehen.

Bereits 1909 schrieb die Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern in aller Form einen Walchensee-Wettbewerb aus. Von 31 Projektentwürfen wurden sechs preisgekrönt. Dazu gehörte z.B. ein Wettbewerbsbeitrag von Professor Kreuter von der Technischen Hochschule München, in dem bereits eine Talsperre an der Sylvensteinenge vorgesehen war. Das Bauwerk sollte 110 Meter hoch werden, und die Zuflüsse aus Isar, Walchen, Dürrach und Rißbach in einen riesigen Stausee speichern und direkt über ein Kraftwerk in den Kochelsee abführen.



◀ Großprojekt Sylvenstein - eine frühe Planungsvariante mit 110 m hoher Staumauer und einem Speichervolumen von 1.400 Mio. m³

Die Staatsregierung zögerte die Realisierung des Walchensee-Projektes aus Gründen, die wir heute, in Zeiten ständig steigenden Stromverbrauchs, nicht mehr verstehen können, hinaus. Damals stellte sich die Frage: "Wohin mit all dieser elektrischen Energie?"

Da griff der Münchner Ingenieur Oskar von Miller, Mitglied des Reichsrats der Krone Bayerns, ein. Er warb mit dem ihm eigenen Temperament dafür, die bayerischen Eisenbahnen zu elektrifizieren und den übrigen Walchensee-Strom über einen Ring von Hochspannungsleitungen dem ganzen Lande zukommen zu lassen. Nach dem Ende des Ersten Weltkrieges (1918) beauftragte der Bayerische Landtag Oskar von Miller, die Bayernwerke zu schaffen und mit dem Bau des Walchensee-Kraftwerkes zu beginnen.

In den Jahren 1918 bis 1924 wurde das Walchensee-Kraftwerk gebaut. Mit seiner anfänglichen Leistung von 106.000 Kilowatt bildete das Kraftwerk das Rückgrat der bayerischen Elektrizitätsversorgung und damit auch des weiteren industriellen Landesaufbaus. Da der Walchensee nur ein kleines natürliches Niederschlagseinzugsgebiet besitzt, musste ihm Wasser aus dem Flussgebiet der Isar zugeführt werden.

Von 1919 bis 1921 wurde vor Krün eine Wehranlage gebaut, um bis zu 25 m³ Isarwasser pro Sekunde über einen Kanal dem Walchensee zuleiten zu können.



◀ Walchensee-Kraftwerk

Bau des Sylvensteinspeichers

Vorgeschichte

Nach dem Zweiten Weltkrieg herrschte in Deutschland Energie-mangel, doch das besiegte Land durfte keine Kraftwerke bauen. So besann man sich auf alte Planungen, durch zusätzliche Wasserableitungen zum Walchensee die Kraftwerksleistung zu steigern. Ähnliche Pläne hatte Österreich mit Ableitungen zu dem im Isar-Einzugsgebiet liegenden Achensee. Im Inntal bei Jenbach rund 400 m unterhalb des Achensees ist seit 1928 das Achensee-Kraftwerk in Betrieb. Für die Wasserableitungen waren bilaterale Vereinbarungen zwischen Österreich und Bayern erforderlich. Im Jahre 1948 wurden am deutsch-österreichischen Verhandlungstisch unter Aufsicht der amerikanischen Besatzungsmacht die Ableitungen des Rißbaches mit Fischbach und Alpenbach in den Walchensee und das Ableitungsrecht für Dürrach, Kesselbach, Blaserbach und Dollmannsbach in den Achensee beschlossen. Der Rißbach wurde 1949, die Dürrach- und Walchenzuläufe 1950 abgeleitet.



◀ Am Krüner Wehr werden seit 1924 bis zu 25 m³/s Isarwasser zum Walchensee abgeleitet (Blick von Unterwasser auf das Wehr)

Wie sollte man z.B. Abwässer entsorgen? Wie würde sich der Grundwasserstand und damit die Landschaft verändern?

Schon in der Genehmigungsphase der Rißbachableitung hatten die Gemeinden gefordert, dass ein Wasserspeicher zur Sicherstellung einer Mindestwassermenge in der Oberen Isar gebaut wird.

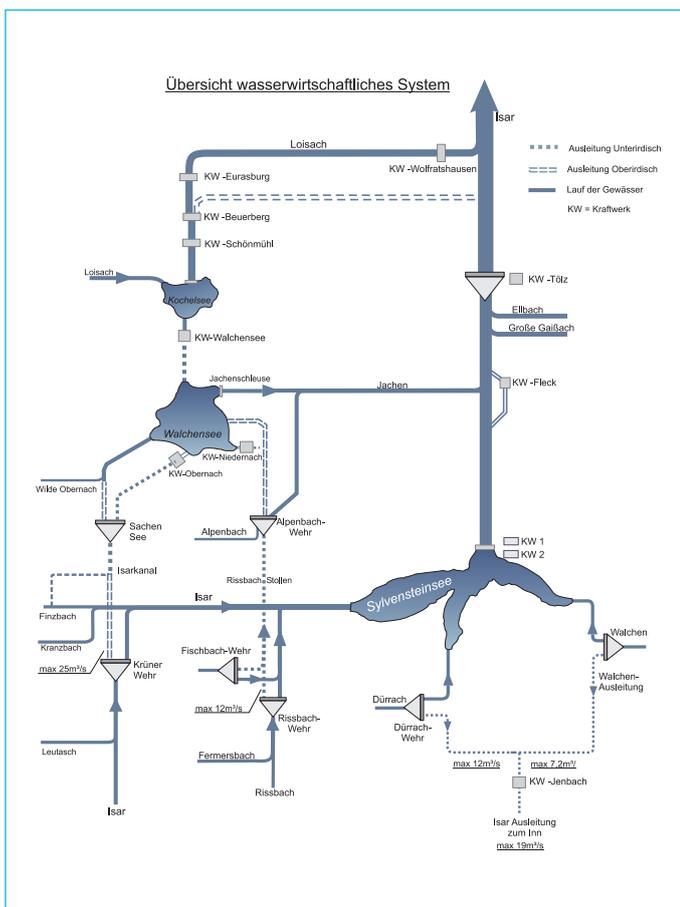
Laut eines Landtagsbeschlusses vom 26. Juni 1947 sollten die Rißbachableitung und der Bau eines Wasserspeichers möglichst gleichzeitig fertiggestellt werden.

Im Zusammenhang mit dem Rißbachprojekt ergaben sich nach einem geologischen Rahmengutachten zunächst fünf mögliche Standorte für eine Talsperre: Am Hochgraben, am Ochsenitz (oberhalb Vorderriß), oberhalb Fall und an der Isarengel am Sylvenstein.

Sprach für die höherliegenden Sperrstandorte die Möglichkeit, das Wasser ins Walchensee-Kraftwerk überleiten zu können, so überzeugte der Standort an der Sylvensteinenge durch das Umfassen des gesamten Einzugsgebietes im Faller Tal und den Kostenvorteil, mit wenig Sperrmaterial viel Wasser zurückhalten zu können. Nachdem man durch Erkundungsbohrungen und seismische Untersuchungen festgestellt hatte, dass die unter den Isarschottern verborgene natürliche Felsenge am Sylvenstein von einer für ein Naturgestein denkbar besten Beschaffenheit ist, waren die Zweifel an der Standfestigkeit einer Talsperre an dieser Stelle ausgeräumt, und man konnte mit der Planung des Speichers beginnen.



▲ Isarengel zwischen Sylvenstein- und Hennenköpflwand



▲ Wasser-Ableitungen zum Walchensee und Achensee

Für die Isar-Anliegergemeinden glich dies einer Katastrophe. Eine Isar in der meisten Zeit des Jahres ohne Wasser? Diese Vorstellung trieb nicht nur die politisch Verantwortlichen vor Ort, sondern auch die Bevölkerung zu Protestäußerungen.

Was sollte der Speicher leisten?

Zunächst einmal lautete die Forderung des Bayerischen Landtags vom 26. Juni 1947 "eine ausreichende Wasserführung im Isarbett sicherzustellen". Diese sogenannte Niedrigwasser-Aufhöhung erfüllt ein Speicher, indem er Hochwasser - insbesondere die Frühjahrs-Schmelzwasser - auffängt und in Trockenzeiten mehr Wasser abgibt, als natürliches Flusswasser zuläuft. Damit wäre der Speicher über kurz oder lang gefüllt und jedes zusätzliche Hochwasser müsste man in vollem Umfang passieren lassen.

Den Anliegern im oberen Isartal ging es vornehmlich um die Sicherung des durch Wasserableitungen geschmäleren Isarabflusses.



▲ Bad Tölz, Niederwasser 1900

Die Städte und Gemeinden flussabwärts waren aber vor allem am Schutz vor den alljährlichen Überschwemmungen interessiert. Wer erinnert sich heute noch an die häufigen katastrophalen Überflutungen entlang der Isar?



▲ Fall Postbus, Hochwasser 1954; Begleiter tasten nach dem Straßenverlauf

Neben dem Speicherraum für die Niedrigwasser-Aufhöhung war also ein zusätzlicher Raum für die kurzzeitige Rückhaltung von Hochwasserwellen - insbesondere der schadensträchtigen Sommerhochwasser - zu schaffen.



▲ Fleck, Hochwasser 1910

Es stellte sich nun die Frage: Wie groß denn dieser Schutz für die Unterlieggemeinden und -städte sein sollte? Damit nicht genug. Das Problem des Energiebedarfs stand nach wie vor zur Debatte. Um den hochwertigen, gut zu vermarktenden sogenannten "Winterspitzenstrom" zu erzeugen, wurde nun das Projekt in einer Größe angedacht, bei der die "Abarbeitung" der gespeicherten Wassermengen außer in einem kleinen Kraftwerk an der Talsperre vor allem über das Walchensee-Kraftwerk abgearbeitet werden konnte.

Für die Ermittlung der Speichergröße war neben der Niedrigwasser-Aufhöhung, dem Hochwasserschutz und der möglichen Stromerzeugung auch die Ablagerung von Geschiebe- und Schwebstoffmassen zu berücksichtigen.



▲ Plattling, Hochwasser 1940

Außerdem galt es, nicht nur die wasserwirtschaftlichen Belange zu betrachten, sondern auch auf "Heimat- und Naturschutz" Rücksicht zu nehmen. Da es sich beim Isarwinkel um eines der schönsten Erholungsgebiete Bayerns handelt, sollten ästhetische Momente berücksichtigt werden.



Hochwasser beim Maximilianeum in München, 1899
Fotografie



▲ Hochwasser beim Maximilianeum in München 1899



▲ München Hochwasser 1899, Zerstörte Luitpoldbrücke

Veranlasst durch den Beschluss des Bayerischen Landtags vom 26. Juni 1947 hat die Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern 1949 eine "Denkschrift" über die Errichtung eines Speichers im oberen Isartal vorgelegt. In dieser Denkschrift wurden insgesamt 16 verschiedene Projektvarianten dargestellt.

Letztlich blieben zwei Versionen des Sylvensteinprojekts in der Diskussion, die "kleine" ohne und die "große" mit zusätzlicher Stromerzeugung. Die große Projektvariante sah eine 110 m hohe Bogenstaumauer vor. Der eingestaute Speicher hätte sich

Flößerei

Die Flößerei auf dem reißenden Wildfluss Isar hatte für die Bewohner des oberen Isartals einst eine wichtige wirtschaftliche Bedeutung. Außer den Waren aus Italien wie Wein, Südfrüchte und Stoffe wurden Wildbret, Holzkohle und Kalk sowie Brenn- und Schnittholz von Mittenwald isarabwärts transportiert. Da die Obere Isar damals noch viel Wasser führte, wurde die Fahrt der Flöße kräftig beschleunigt. Bei Fall kam es wegen einer Verengung des Isarbettes und starker Stromschnellen oft zu schweren Unfällen. Durch mehrere Sprengungen konnte die berühmte Gefahrenstelle zwar entschärft, aber nie völlig beseitigt werden. Seit dem Baubeginn am Sylvensteinspeicher ist die Flößerei im Oberen Isartal nicht mehr möglich.

mit einem Nutzraum von rund 1.400 Mio. m³ bis Wallgau erstreckt. Aufgrund verschiedener Problempunkte und des angespannten Staatshaushaltes wurde die Großspeichervariante aufgegeben.

Letztendlich wurde von der Obersten Baubehörde nach harten Landtagsdebatten über die Finanzierbarkeit des Projekts eine "Kleinstlösung" erarbeitet, welcher schließlich der Bayerische Landtag am 15. Januar 1954 zustimmte.

Im Frühjahr 1954 konnte dann endlich mit dem Bau eines Wassspeichers begonnen werden.

Landtagsdebatten (Protokollauszüge vom Januar 1954)

(Dr. Hundhammer, CSU)

... Sie dürfen mir glauben, dass ich die wirtschaftlichen Überlegungen sowie die Verantwortung für den Staat sorgfältig gegeneinander abwäge. Wenn ich das tue, dann komme ich zu der ganz eindeutigen Überzeugung, dass keine absolute Verpflichtung besteht den Sylvensteinspeicher zu bauen.

(Dr. Lacherbauer, BP)

... Das Obere Isartal hat einen Anspruch auf Wasserausgleich. Verbinden sie mit dem Gedanken des Ausgleichs auch gleichzeitig die Erfüllung einer Bitte der Bevölkerung des unteren Isartals, ihr den Hochwasserschutz zu gewähren. ...

(Herr Piehler, SPD)

... Meine Damen und Herren, Sie tragen eine große Verantwortung; seien Sie sich darüber klar! Es ist schade, dass wir es nicht in 10 oder 20 Jahren alle erleben können, was uns für ein Vorwurf gemacht wird, wenn der Sylvensteinspeicher jetzt nicht gebaut wird. ...

Abstimmungsergebnis am 15. Januar 1954 über den Bau des Sylvensteinspeichers.

Von 174 abgegebenen Stimmen stimmten 123 mit Ja, 17 mit Nein bei 34 Enthaltungen.



▲ Floßfahrt 1925 auf der Isar bei Fall; im Hintergrund die Grindelbrücke

Planung

Die Planung sah vor, einen Wasserspeicher mit 104 Millionen m³ Gesamtvolumen zu bauen. Darin waren 40 Mio. m³ Raum für die Niedrigwasser-Aufhöhung, 59 Mio. m³ für Hochwasserrückhalt und 5 Mio. m³ für Verlandungsschutz vorgesehen. Mit Errichtung einer 41 Meter hohen Talsperre an der natürlichen Flussenge am Sylvenstein konnte dieses Speichervolumen bei relativ niedrigen Kosten erreicht werden. Bei Höchststau von 764 Meter über Meereshöhe (mNN) beträgt die Seeoberfläche rund 6 km².

Sie entspricht damit etwa der Größe des Königssees. Zwischen den Staukoten 736,40 und 764 mNN kann der Speicher für Niedrigwasser-Aufhöhung und Hochwasserschutz genutzt werden. Dabei darf die "Normalstaukote" von 752 mNN - leicht an der dort verlaufenden Bewuchsgrenze zu erkennen - nur im Hochwasserfall überschritten und der darüberliegende Rückhalteraum genutzt werden.



◀ Der Sylvenstein-speicher aus der Luft, gut erkennbar sind die drei Zuläufe Walchen, Dürrach und Isar (von links)

Straßen- und Brückenbau

Im Stauraum des geplanten Speichers befanden sich 15 km Landstraßen und Forstwege, die verlegt werden mussten. Diese Maßnahme war vordringlich, da die Verbindungen nach Lenggries und Tegernsee nicht durch den Vorstau im Zuge der Trockenlegung der Talsperren-Baugrube unterbrochen werden durften. Im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Verkehr verlegte man im Juni 1956 den früher durch die Jachenau geplanten Verlauf der "Deutschen Alpenstraße" zwischen Garmisch und Tegernsee in das obere Isar- und Walchental. Heute stellt sie eine Ringverbindung zwischen Tegernsee, Achensee, Sylvensteinsee und Vorderriß bzw. Lenggries her und zählt zu den eindrucksvollsten Straßen Bayerns.

Die Faller-Klammbrücke ist mit ihrer S-förmigen Gestalt wohl das augenscheinlich beherrschende Bauwerk, quasi das Aushängeschild des Sylvensteinspeichers. Aus architektonischen Gründen wählte man eine Trägerbrücke mit 8 gleichlangen Feldern und 7 schlanken Betonpfeilern, deren Ansicht selbst bei den schwankenden Staulagen des Sees in jeder Hinsicht befriedigt.

Die Gründung der radial zur Brückenachse stehenden Betonpfeiler und der beiden Widerlager stellte schwierige Probleme dar, da der Untergrund sehr unterschiedlich beschaffen war. An zwei Pfeilern und am Südwiderlager mussten die mit Seeton durchzogenen Moränenkiesschichten durch Untergründinjektionen verfestigt werden.



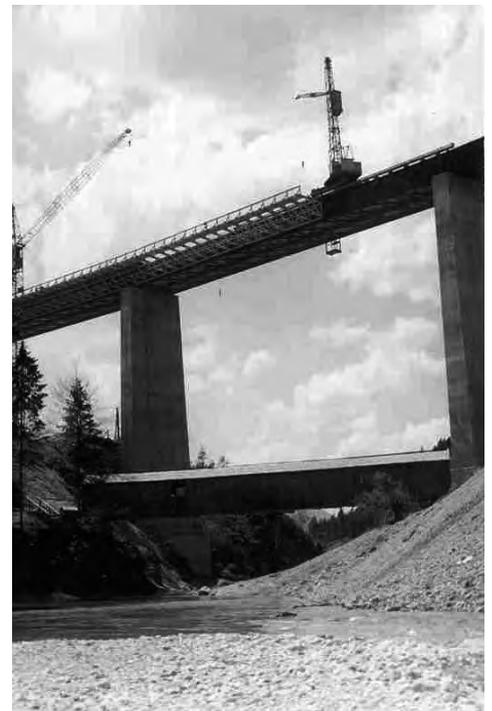
◀ Die Faller-Klammbrücke wurde zum Prunkstück der künstlichen Seelandschaft

Die Entscheidung, die Deutsche Alpenstraße statt durch die Jachenau nun über die Faller-Klammbrücke Richtung Vorderriß zu führen, fiel zu einem Zeitpunkt, als die Brücke bereits im Bau war. Für die neue Bundesstraße musste die Fahrbahn von 6 auf 7,5 m verbreitert werden. Das war jedoch bei den bereits fertigen Pfeilern nachträglich nur möglich, indem man die zusätzlichen Kräfte der breiteren Fahrbahnkonstruktion durch stählerne Mittelträger aufnahm. Vielleicht hat dieser Umstand zu der ästhetisch ansprechenden Gestalt der Brücke beigetragen, weil das breitere Band der Fahrbahn auf den schmaleren Pfeilern diesen bekannt schlanken, leichtfüßigen Eindruck erweckt.



▲ Noch stehen die Häuser von Alt-Fall, doch daneben steht bereits die neue Klammbrücke

▶ Zukünftige und ehemalige Faller-Klammbrücke



Wegen Termenschwierigkeiten mussten die Brückenbauarbeiten zeitweise auch bei Frost und Schlechtwetter weitergehen. In dieser Zeit mussten die Betonierarbeiten unter fahrbaren Arbeitszelten mit Hilfe von gasbeheizten Infrarotstrahlern durchgeführt werden.

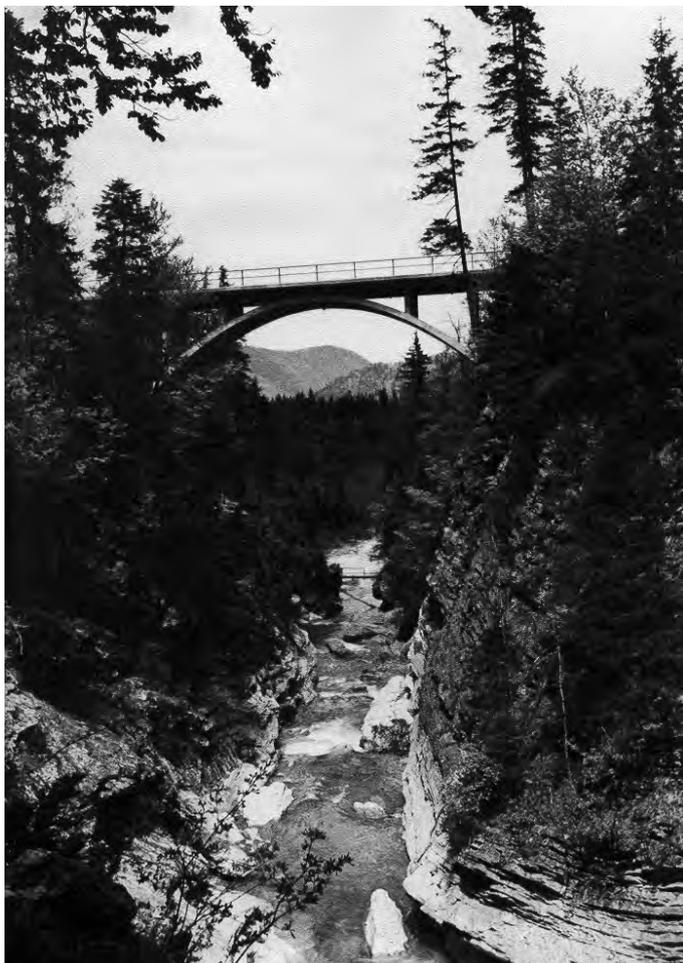
Weitere Brückenbauten waren die 70 m lange Isarbrücke unterhalb der Talsperrenstelle, die 40 m lange Rauchstubenbrücke und die 110 m lange Geißalmbrücke über die Walchenklamm sowie die Dürrach-Klammbrücke und die Schürpfengrabenbrücke.



▲ Blick von der neuen Brücke auf Alt-Fall



▲ Arbeitskräne fügen, hoch über der Grindelbrücke, die Fahrbahnträger der Faller-Klammbrücke zusammen



▲ Fertige Brücke über die Dürrachklamm



▲ Schlagen der Niete für die Faller-Klammbrücke



Isarumleitung / Speicherauslässe

Um die Talsperre errichten zu können, musste der Fluss während der Bauarbeiten umgeleitet werden. An der Sylvensteinenge wurden dazu zwei "Umleitungsstollen" und ein 18 m hoher Vordamm gebaut. Mit diesem System sollte die Talsperrengrube trockengelegt und vor Überflutung geschützt werden. Das damals bekannte größte Isarhochwasser mit einer Abflussspitze von bis zu 600 m³/s sollte dadurch beherrschbar sein. Der Vordamm ist heute ein Teil der Hauptsperre; die beiden Umleitungsstollen dienen seither zur kontrollierten Wasserabgabe aus dem Speicher.



▲ Die Trockenlegung der Dammbaugrube wurde durch die Umleitung der Isar in den Grundablass- und Triebwasserstollen sowie durch den Vordamm gewährleistet

Durch die linke Flanke der Talenge am Hennenköpfl verläuft mit einem Durchmesser von 4,90 m und 300 m Länge der "Grundablassstollen". Durch ihn können bis zu 370 m³ Wasser je Sekunde abgeführt werden. Sein Einlauf liegt am tiefsten Punkt des Speichersees, so dass man den See durch ihn vollkommen entleeren kann.



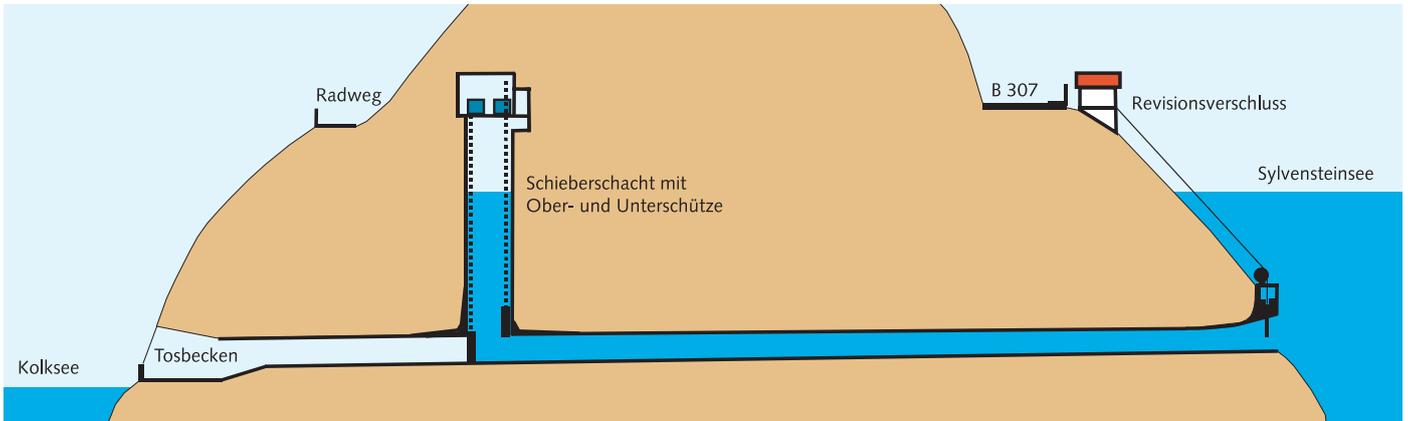
▲ Die Bohrlöcher für das Aussprengen der Stollen wurden mit Pressluft-Bohrgeräten hergestellt

Auf der gegenüberliegenden Seite verläuft ein zweiter Ablassstollen mit 4 m Durchmesser und 325 m Länge, mit einem maximalen Abflussvermögen von 235 m³/s. Von diesem durch die Sylvensteinwand verlaufenden sogenannten "Triebwasserstollen" können über einen Abzweigstollen bis zu 15 m³/s Seewasser dem in einer Felsenkaverne untergebrachten Kraftwerk zugeführt werden.

Die Feinregulierung der Speicherabgabe für die Niedrigwasser-Aufhöhung erfolgt über die Turbine des Kavernenkraftwerkes. Im Hochwasserfall wird die Wasserabgabe über die beiden Ablassstollen mit Hilfe von Schiebern (sogenannten Schützen) durchgeführt. In jedem Stollen befinden sich zwei hintereinander liegende Rollschützen aus Stahl, die in den Schieberschächten über Antriebswinden und Zahnstangen elektrisch, bei Bedarf auch manuell, bewegt werden. Die Stollen sind mit einer 30 cm dicken Betonauskleidung versehen. Bei voller Beaufschlagung der Stollen werden Fließgeschwindigkeiten bis zu 20 Metern in der Sekunde erreicht. Dieser Wildheit des Wasserstrahls wird durch eine Prallwand am vertieften und erweiterten Stollenauslauf und durch den unmittelbar anschließenden 200 m langen und bis zu 16 m tiefen Kolksee begegnet.

▶ Der Durchfluss des Grundablass- und Triebwasserstollens wird durch Rollschützen gesteuert





▲ Triebwasserstollen mit Revisionsverschluss (später modernisiert), Schieberschacht und Tosbecken

Zusätzlich zu den Ablassstollen wurde das Absperrbauwerk mit einer sogenannten Hochwasser-Entlastungsanlage versehen. Sie besteht aus einem oberirdisch liegenden Einlaufbauwerk mit steuerbarem Verschluss (sogenanntes Drungate), einem 210 m langen Felsstollen mit 5,20 m Durchmesser, und dient als Sicherheitseinrichtung dem Schutz der Talsperre gegen Überströmung. Über sie können bis zu 200 m³ Wasser in der Sekunde abgeführt werden.

Beim Erreichen des Höchststaus des Speichers können insgesamt bis zu 800 m³ Wasser in der Sekunde über die sogenannten Entlastungsorgane abgegeben werden.

▶ Dammschüttung, im Hintergrund das Einlaufbauwerk der Hochwasserentlastung



▲ Mit der Baubahn wurde das Ausbruchmaterial aus dem Stollen transportiert

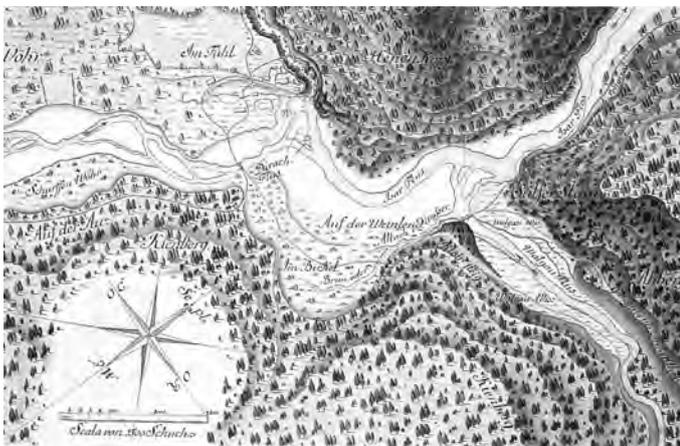
▶ Grundablass - Einlaufbauwerk mit verriegelter Revisionschütze





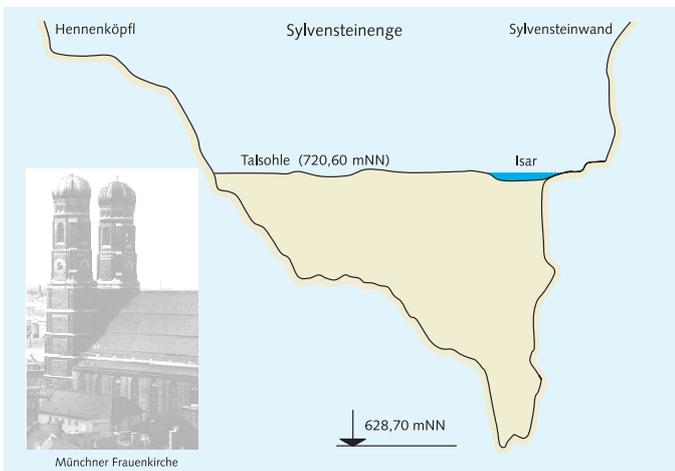
Sylvensteintalsperre

Der in alten Landkarten eingetragene Sylvenstein bildet als westlichster Punkt des Schergenwieser Berges eine 50 bis 80 Meter hohe, sehr steile, zum Teil überhängende Felswand. Sie begrenzt mit dem gegenüberliegenden Hennenköpf als Felstor die einzige markante Engstelle im Isartal. Am Fuß dieser Wand entlang führte einst die von Lenggries kommende Talstraße nach Fall und weiter nach Vorderriß. Es war naheliegend, der Talsperre und dem entstandenen künstlichen Stausee den Namen dieser markanten Felsformation zu geben.



▲ Der „Sulfer Stain“ und der „Henenkopf“ auf einer Karte der Isar bei Fall um 1786

Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts erschien es verlockend, die nur zweihundert Meter breite, in den Hauptdolomit geschliffene Talenge mit einem Staudamm zu verschließen. Noch nicht beherrschbar erschien aber damals die unterirdische, auf der Sylvensteinseite bis zu hundert Meter tiefe, mit Lockergestein und Grundwasser gefüllte Felsschlucht. Diese durch eiszeitliche Gletscherströme entstandene sogenannte Erosionsrinne wurde seit dem Abschmelzen der Gletscher durch Kiese und Feinteile der Isar gefüllt.



▲ In der bis zu 100 m tiefen Erosionsrinne der Isar an der Sylvensteinenge hätten die Türme der Münchner Frauenkirche Platz

Bei der Wahl der Bauart für das Absperrbauwerk stand eine Stauwand oder ein Staudamm zur Diskussion. Aus zwei Gründen wurde die Errichtung eines Staudamms dem Bau einer Stauwand vorgezogen. Zum einen wäre die Gründung der Mauer wegen des Untergrundes ungewöhnlich schwierig und kostspielig gewesen, während ein Damm in Verbindung mit einer Untergrundabdichtung wesentlich einfacher und billiger fundiert werden konnte. Zum andern kam hinzu, dass sozusagen in Greifweite der Sylvensteinenge fast alle Baustoffe (Kies, Sand, Schluff etc.) für ein Dammbauwerk zur Verfügung standen. Aufgrund dieser Überlegungen wurde schließlich für die Ausführung ein Kiesdamm mit zentral liegendem Dichtungskern und Anschluss an eine sogenannte Dichtungsschürze (im Untergrund) gewählt.

Dammbau



▲ Staudamm-Skizze aus den Vorplanungen

Zum Schutze der Dammbaustelle vor Hochwasser musste zunächst ein 18 Meter hoher Vordamm mit 15 cm dicker Asphaltbeton-Oberflächendichtung und einem bis zu 30 Meter tiefen Dichtungsschleier (aus Ton-Zement-Suspension) gebaut werden.



▲ Vordamm mit Asphaltabdichtung, Dammbaugrube und Hochwasserentlastung

In Verbindung mit den bereits fertigen Umlaufstollen konnte die eigentliche Dammbaugrube während der gesamten Bauzeit trocken gehalten werden. Der Vordamm wurde von Beginn an als Teil des Hauptdamms konzipiert. Diese Konstruktion brachte durch Verkürzung der Umlaufstollen und Verminderung der Dammschüttung erhebliche Kosteneinsparungen.



▲ Dammbaugrube, Gründung des Dichtungskerns

Die Abdichtung des bis zu 100 m tiefen und mit Geschiebe aufgefüllten Untergrundes wurde mit Hilfe einer 5.000 m² großen Dichtungsschürze hergestellt. Dazu wurden in Abständen von jeweils 2 bis 3 Metern senkrechte Bohrungen bis zum anstehenden Felsen abgeteuft und das Injektionsmaterial über gelochte Rohre eingepresst. Zusammengerechnet ergaben sich Bohrungen von fast 13 km Länge. Durch dieses Verfahren wurden etwa 40.000 m³ quellfähiges Ton-Zement-Gel in das Lockergestein gepresst. Die Hohlräume in der Talauffüllung, die ursprünglich 25 % betrug, konnten dadurch auf weniger als 10 % reduziert werden. Die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes verringerte sich um mindestens das Tausendfache. Zur Überprüfung der Bodenabdichtung wurden ein 11 m tiefer Beobachtungsschacht sowie mehrere Kontrollbohrungen niedergebracht. Alle Kontrollen wiesen darauf hin, dass die gewünschte Dichtigkeit des Untergrundes erreicht wurde.

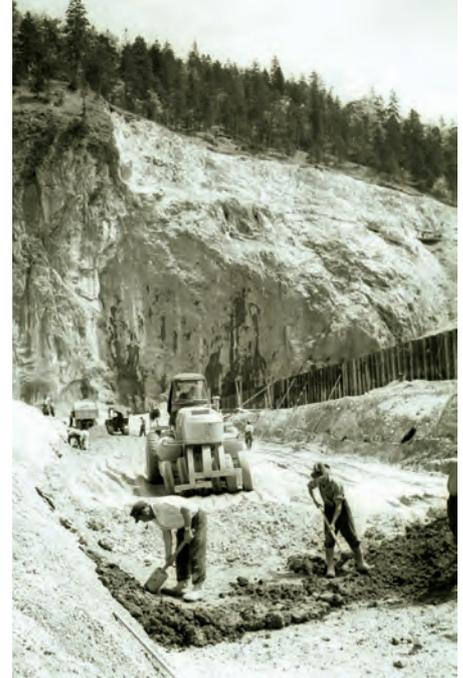


▲ In 3 Bauabschnitten wurde die Dichtungsschürze hergestellt



▲ Injektionsbohrungen zur Abdichtung des Untergrundes

▶ Beim Einbau des Dichtungskerns war viel Handarbeit notwendig



Zwischen Hennenköpfl und Sylvensteinwand bei Flusskilometer 224,30 wurde der rund 41 Meter hohe Sylvensteindamm errichtet. Sein zentrales Element ist der plastische Dichtungskern. Er ist die Fortsetzung der Dichtungsschürze und besteht im wesentlichen aus 60.000 m³ sogenanntem "Erdbeton" einer Mischung aus Kiessand, Feinsand, Seekreide und teilweise bis zu 2 % Bentonitzugabe. Bei der Dammschüttung wurde das angefeuchtete Material jedes mal nach 20 cm Schütthöhe mit einer 12 Tonnen schweren Gummi-Radwalze so oft überfahren, bis die geforderte Dichtigkeit erreicht war.



▲ In Handarbeit wurde der Anschluss Damm / Fels mit Ton abgedichtet

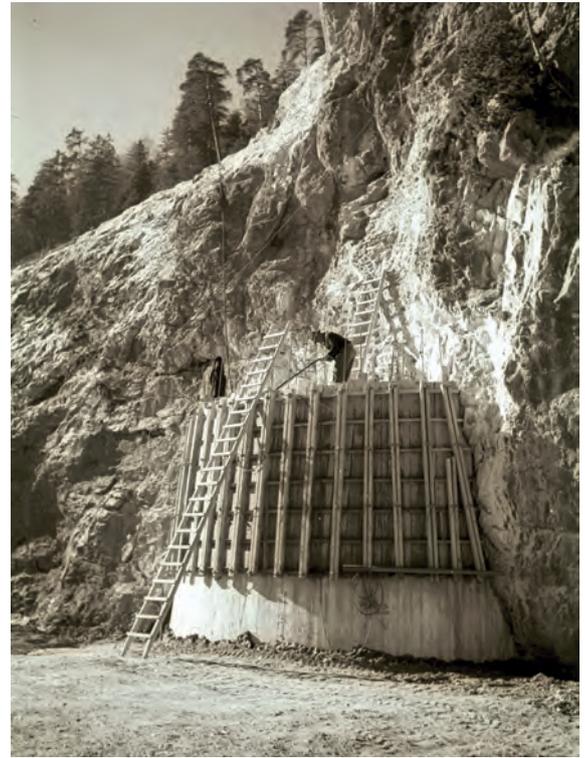
Zum Schutz vor Erosion ist der Dichtungskern mit Filterschichten umgeben. Der Anschluss an die Felsflanke am Hennenköpfl sowie an die unterirdische Dichtungsschürze ist mit einer 10 cm dicken Tonschicht hergestellt.



Auf der Sylvensteinseite gleicht ein 40 m hoher kegelförmiger Betonpfeiler, der vom Dichtungskern zangenartig umschlossen wird, einen bis zu 4 Meter vorspringenden Felsüberhang aus. In diesem sogenannten "Vorsatzpfeiler" sind Messeinrichtungen untergebracht, die über einen Steigschacht erreicht werden können.



◀ Der Vorsatzpfeiler gleicht den vorspringenden Felsüberhang aus. Im Steigschacht sind Messeinrichtungen untergebracht ▶



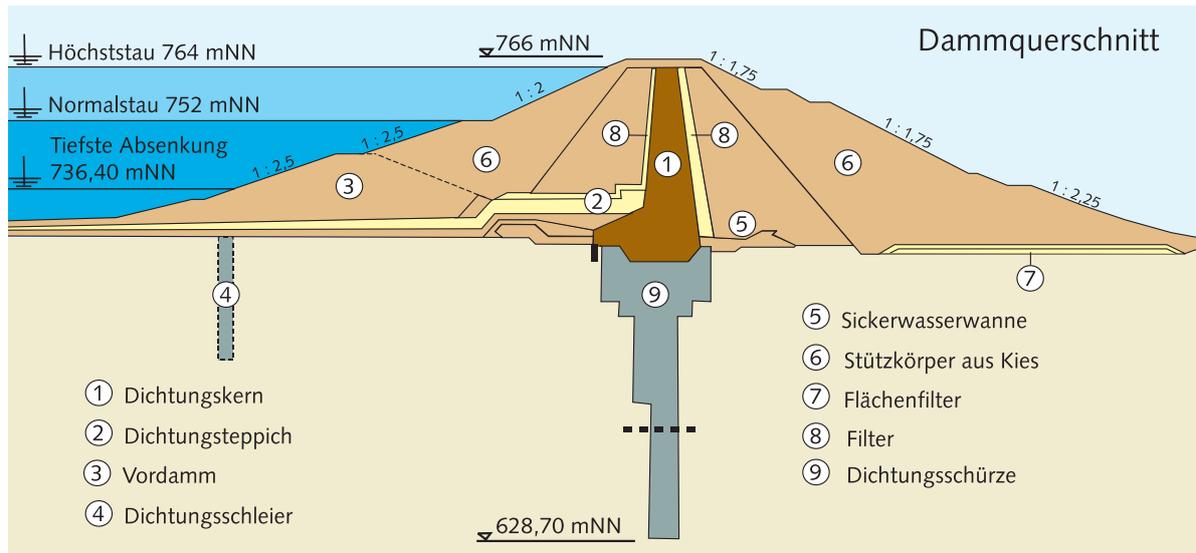
Unter dem seeseitigen Dammstützkörper schließt an den Dichtungskern ein horizontaler Lehnteppich an. Er wirkt als Bremsschicht und verlängert die Sickerwege im Untergrund. Die Entwässerung des luftseitigen Stützkörpers gewährleistet eine Flächendrainage aus groben Plattenkalksteinen, die bis zu den Kolkseen reichen.



◀ Der später überstaute Dichtungsteppich aus Lehm wirkt als Bremsschicht und verlängert die Sickerwege im Untergrund

Die bisher beschriebene Konstruktion aus Dichtungskern, Flächenfilter und Dichtungsteppich wird durch sich nach oben verjüngende Stützkörper aus Aue- und Isarkies gefestigt. Die Oberfläche der wasserseitigen Dammböschung wurde zum Schutz gegen Wellenschlag mit Kalkplatten belegt. Auf der seeabgewandten Seite hat sich ein natürlicher Bewuchs gebildet.

Die Stützkörper sind abgestuft; sogenannte "Bermen" unterbrechen die aufwärts strebenden Hangflächen. Sie erhöhen die Standsicherheit des Dammes und werden genutzt, um Wege zu führen und die Unterhaltung der Dammkontroll-Messeinrichtungen zu erleichtern.



Nach dem langen Winter von 1958 konnte erst im April mit den Dammbauarbeiten begonnen werden. Für die schweren Baumaschinen und Geräte musste vorher die Zufahrtsstraße ausgebaut werden.



▲ Straßenbau, auch hier bedurfte es noch vieler Menschen Hände Arbeit

Die Baustelle wurde mit talüberspannenden Beleuchtungskörpern ausgerüstet, so dass auch nachts gearbeitet werden konnte. Für den Strombedarf wurde von Lenggries bis zur Baustelle eine Hochspannungsleitung verlegt; diese sogenannte 20 kV-Leitung sollte später auch gleich den im Kraftwerk erzeugten Strom ableiten. Der Sylvensteindamm wurde im Zweischichtbetrieb erbaut. In Spitzenzeiten verkehrten auf den Zufahrtsrampen bis zu 150 Fahrzeuge pro Stunde.



▲ Die Dammschüttung wurde im Zweischichtbetrieb Tag und Nacht durchgeführt

Insgesamt wurden rund 1 Million m³ Dammmaterial bewegt, davon 800.000 m³ in 8 Monaten. Die zur Dammschüttung notwendigen Kiese und Sande wurden im Sylvensteinbereich durch Trocken- und Nassbaggerung gewonnen. Für die Aufbereitung des Materials für die Kerndichtung wurde eine vollautomatische Mahl-, Wäge- und Mischanlage aufgestellt. Damit konnten in einer Arbeitsschicht rund 400 m³ sogenannter Erdbeton hergestellt werden. Beim Dammbau waren 10 Raupenbagger, 6 Raupen, 18 Großraumfahrzeuge, 30 Lastkraftwagen, 1 Gummiradwalze und 1 Gräder eingesetzt.



◀ Fertiger Damm (Luftseite) 1960



◀ Arbeiter beim Einbau von Setzungspegeln



▲ Sylvensteindamm (Wasserseite) kurz vor dem Einstau. Links der Einlauf des Grundablassstollens, rechts der Triebwasserstollen und oben links die Hochwasserentlastung



▼ Kontrollbohrungen zur Überprüfung der Dammdichte

Kontrollmaßnahmen

Die Eignung der verwendeten Materialien und die bodenmechanischen Vorgänge im Damm wurden durch Werkstoffprüfungen, Setzungsmessungen, die Beobachtung von Grundwasser- und Kluftwasserständen sowie der Sickerwasserströmungen überprüft. Mit dem fortschreitenden Dammaufbau wurden bis zu 30 Porenwasserdruckdosen eingebaut, mit denen vornehmlich die Konsolidierung des Dichtungskerns kontrolliert werden kann.

Über Kontrollbohrungen konnten, mit Hilfe von Wasserzugabe und Pumpversuchen, Rückschlüsse auf die Dichtungswirkung des Dammes gezogen werden.

Kavernen-Kraftwerk

Neben dem Hochwasserschutz dient der Sylvensteinspeicher vornehmlich der Niedrigwasser-Aufbesserung der Isar. Dazu wird aus dem Stauraum Wasser abgegeben, um in Trockenzeiten den durch Wasserableitungen geschmäleren Abfluss im oberen Isartal zu erhöhen. Für diese Aufgabe müssen sich häufig ändernde, kleinere Wassermengen (maximal 12,5 m³/s) feinreguliert aus dem Speicher abgegeben werden. Außerdem steht je nach Füllungsgrad des Speichers ein zwischen 37 m und 13 m schwankendes Gefälle zur Verfügung. Es lag deshalb nahe, an der Talsperre ein Kraftwerk zu bauen, das einerseits der Feinregulierung dient und andererseits "sauberen" elektrischen Strom erzeugt. Im Jahr 1970 wurde durch eine Konstruktionsänderung der Maximaldurchfluss auf 15 m³/s erhöht.



▲ Kraftwerksraum in der Felskaverne mit Turbine, Steuerpult und Zugang

Bautechnische Überlegungen führten wegen der besonderen örtlichen Gegebenheiten (schwierige Gründung, beengte Platzverhältnisse, Hochwassergefährdung des Geländes) letztlich zu der Lösung, das Kraftwerk in einer Felskaverne unterzubringen. Mit einem Sicherheitsabstand von rund 50 m zum Triebwasserstollen bietet die Kaverne die Vorteile eines sicheren Untergrundes im Hauptdolomitgestein und kurzer Stollenlänge für die Zuleitung des Triebwassers.

Kavernen-Kraftwerk:

Kaplan-Rohrturbine	3,2 MW
Fallhöhe	13 - 37 m
Durchfluss	max. 15 m ³ /s
Mittlere Jahres-Stromproduktion	18 Mio. kWh

Für die Stromerzeugung wurde eine sogenannte "Kaplan-Rohrturbine" mit verstellbarem Flügellaufwerk (Durchmesser 1,36 m) gewählt. Diese Maschine treibt auf horizontaler Achse über ein Stirnradgetriebe den im Rohr fixierten Generator an. Die ganze Konstruktion liegt horizontal und wird vom Wasser umströmt. Der Turbinentyp wurde speziell für die Verhältnisse am Sylvensteinspeicher entwickelt und zeichnet sich durch eine besonders niedere Bauhöhe und guten Wirkungsgrad aus.

Mit einem maximalen Durchfluss von 15 m³/s können je nach Stauhöhe vom Drehstromgenerator bis zu 3.400 kW Leistung erzeugt werden. Die Jahresstromerzeugung beträgt im Mittel etwa 18 Mio. kWh. Damit könnte etwa eine Stadt wie Bad Tölz (rund 15.000 Einwohner) mit Strom versorgt werden. Der Strom wird in der Regel in das regionale Überlandnetz der Isar-Amperwerke eingespeist. Bei Unterbrechung des Versorgernetzes wird der erzeugte Strom zur Eigenversorgung der Betriebsanlagen und der Ortschaft Fall im sogenannten "Inselbetrieb" verwendet.



► Montage der Kaplan-Rohrturbine



◀ Holzarbeiterlager

Im Jahr 1957 wurde mit 800 Mann die größte Baubelegschaft erreicht. Sonst waren während der Jahreshauptbauzeit 500 bis 600 Personen eingesetzt, deren Zahl in den Monaten Januar mit März bis auf 200 sank. Wegen der abgelegenen Baustelle sowie der fehlenden Unterbringungs- und Versorgungsmöglichkeiten wurde ein Arbeiterlager bestehend aus Mannschafts- und Verwaltungsbaracken mit Büros, Magazin, Bibliothek, Laden, Küche, Arzt- und Polizeistation usw. gebaut. In den Lagern konnten bis zu 600 Personen untergebracht werden.

Sonstige Speicheranlagen

In dem 200 m vom Damm entfernt gelegenen Betriebsgebäude ist die Schaltwarte für die Steuerung und Überwachung der Speicher- und Kraftwerksanlagen untergebracht.

Für die Ermittlung der Speicherzuflüsse wurden im Einzugsbereich Pegelstationen errichtet.

Der Geröll-, Kies- und Sandeintrag in den Speichersee wird durch Geschieberückhaltesperren an den Speicherzuflüssen vermieden.

Für die Trinkwasserversorgung und die Abwasserbeseitigung wurden sowohl in Neu-Fall als auch an der Betriebszentrale entsprechende Einrichtungen bereit gestellt.

▼ Schaltwarte im Betriebsgebäude - von hier aus wird der Speicher- und Kraftwerksbetrieb gesteuert



► Dürrach-Geschiebesperre am Stiersschlag, eine 20 m hohe Bogenstaumauer mit Wasserdurchlässen



► Pegelanlage Dürrach - hier wird ein Zufluss zum Sylvensteinspeicher gemessen



Fall - das versunkene Dorf

Der zur Gemeinde Lenggries gehörende Ortsteil Fall - berühmt geworden durch Ludwig Ganghofers Roman "Der Jäger von Fall" - bestand aus dem Unterdorf, dem Mitteldorf und dem Oberdorf mit insgesamt etwa zwanzig Wohn- und Betriebsgebäuden. Sie alle lagen verstreut auf dem Boden des neuen Stausees. Das Faller Tal hatte sich ab 1955 zu einer Großbaustelle verwandelt: Die Wälder wurden bis auf die spätere sogenannte Normalstauhöhe von etwa 752 Meter über Meereshöhe gerodet, die neuen Straßenverläufe an den Berghängen und über die Klamm gebaut, Stollen in die Felsen getrieben, die Isar umgeleitet, die alten Straßen beseitigt und auch die Gebäude von Fall abgetragen. Der Seeboden wurde planiert und der Humus abgefahren.



◀ Alt-Fall mit Unterdorf, Dürrachbrücke, Mittel- und Oberdorf sowie die Felsenge "Grindel". Heute überstaut der See die übriggebliebenen Fundamente

Haus für Haus wurde in Alt-Fall abgetragen, zuerst im Unterdorf das Zollamt, die Polizeistation und die Holzerhütten an der Dürrach. Dann im Mitteldorf die Schmiede und das Zerwirkgewölbe und zuletzt im Oberdorf das Forstamt, das bekannte Gasthaus Faller Hof, Jäger- und Gamshäusl, die Mautstation, die Kapelle, der Pfarrhof und die Schule.

▶ Neu-Fall aus heutiger Sicht, mit Sylvensteinsee und Klammbrücke



Bereits 1955 wurde der Wald am "Rametsboden" auf dem Schuttkegel zwischen Dürrach und der Isar abgeholzt. Dort wurde 10 Meter über dem Höchststauziel des Sylvensteinsees die neue Siedlung Neu-Fall gebaut. Die Umsiedlung der Bewohner, überwiegend Staatsbedienstete und deren Familien, vollzog sich im Herbst 1957.

Am 24. August 1958 wurde die Kirche in Neu-Fall eingeweiht. Es war das erste Fest im neuen Ort mit Prozession, Blasmusik und Fahnenabordnungen.



Bauzeiten / Kosten (Bau des Sylvensteinspeichers) *

Bauwerke	Bauzeit	Kosten	
<u>Sylvensteinspeicher:</u>			
Sperrendamm mit Nebenanlagen	Juli 1957 - Mai 1959	5,37 Mio. Euro	
Betriebsgebäude		0,51 Mio. Euro	
Pegel- und Fernmeßanlagen		0,15 Mio. Euro	
Geschiebesperren		0,15 Mio. Euro	
Dichtungsschürze	Aug. 1955 - Dez. 1957	2,20 Mio. Euro	
Grundablassstollen	Mai 1954 - Dez. 1956	1,07 Mio. Euro	
Triebwasserstollen	Mai 1955 - Sept. 1957	1,28 Mio. Euro	
Hochwasserentlastung	Dez. 1956 - Okt. 1958	0,72 Mio. Euro	
Kavernenkraftwerk	Juli 1955 - April 1959	1,33 Mio. Euro	
Sonstige Kosten (Arbeiterlager usw.)		1,48 Mio. Euro	14,27 Mio Euro
<u>Neu Fall:</u>			
	Juni 1956 - Okt. 1957	1,18 Mio. Euro	1,18 Mio. Euro
<u>Straßen- und Brückenbau:</u>			
Isarbrücke		0,26 Mio. Euro	
Faller-Klammbrücke	Sept. 1955 - Okt. 1957	2,25 Mio. Euro	
Rauchstubenbrücke	Nov. 1958 - Dez. 1959	0,36 Mio. Euro	
Gaißalmbrücke		0,72 Mio. Euro	
Straßenbau und kleine Brücken	Juni 1954 - Dez. 1959	10,28 Mio. Euro	13,86 Mio. Euro
<u>Verwaltung:</u>			
Entwurfsbearbeitung und Bauaufsicht		1,53 Mio. Euro	
Bewirtschaftung der Unterkunftslager und Werkstattbetriebe		0,05 Mio. Euro	1,59 Mio. Euro
		<u>Summe ca. 31,00 Mio. Euro</u>	

* Bei der Umrechnung in Euro ist die Inflation nicht berücksichtigt.



◀ Marterl an der Faller Klammbrücke



▲ Gedenktafel für die Todesopfer während der Bauzeit 1954 bis 1959

Bei den Sprengarbeiten am Triebwasserstollen geschah am 05. Oktober 1955 ein Explosionsunglück, bei dem zwei Arbeiter ums Leben kamen. Insgesamt waren beim Bau des Sylvensteinspeichers fünf Menschenleben zu beklagen.



▲ Sylvensteinsee in der Morgenröte

Überprüfung der Funktion des Speichers

Der Sylvensteinspeicher ist Bayerns ältester Wasserspeicher. Deshalb gilt der Grundsatz: "Talsperren müssen sicher sein" für diese Anlage besonders.

Beim Versagen einer Talsperre ist mit schweren Schäden am Leben und Eigentum der Unterlieger zu rechnen, deshalb wird der Sicherheit der staatlichen Wasserspeicher höchste Priorität beigemessen. Für den Staat als Betreiber der Anlage ist es selbstverständlich, dass die technischen Bauwerke nicht nur sorgfältig überwacht werden, sondern auch nach einer gewissen Betriebsdauer die ehemaligen Bemessungsgrundlagen und die Schutzfunktion aus aktueller Sicht überprüft werden.



◀ Kontrollmessung am Sylvensteindamm mit Hilfe eines Feldgerätes

Eine wichtige Aufgabe ist die kontinuierliche Überwachung des Staudamms auf seine Standsicherheit. Für die Beurteilung des Verhaltens des Dammbauwerks werden von Beginn an umfangreiche Kontrollmessungen durchgeführt. Dadurch können frühzeitig kleinere Schwachstellen im Dichtungssystem erkannt und lokalisiert werden. Des Weiteren werden auch Defizite am alternden Mess- und Kontrollsystem festgestellt.

Hochwasserschutz

Auch die technischen Anforderungen haben sich geändert, sie sind strenger geworden. So wurde beispielsweise lange lediglich gefordert, dass die Talsperre keinen Schaden nehmen darf (das heißt nicht überströmt werden darf), selbst wenn ein Katastrophen-Hochwasser, das statistisch im Zeitraum von 1000 Jahren nur einmal vorkommt, eintritt. Weltweite Erfahrungen über Dammbrech-Ereignisse in den vorangegangenen Jahrzehnten bewogen 1986 die Fachbehörden in Deutschland, die Talsperrenvorschriften zu verschärfen. Seitdem wird gefordert, dass die Sicherheit eines Dammbauwerkes selbst dann nicht gefährdet sein darf, wenn im Falle eines Jahrtausend-Hochwassers zugleich der leistungsfähigste Ablassstollen ausfällt.

... nach der Talsperren-DIN 19700 (Fassung 1986) gilt:

"Für die Sicherheit des Absperrbauwerkes ist nachzuweisen, dass im Katastrophenfall ein 1000jähriges Hochwasser über die Entlastungsorgane schadlos abgeführt werden kann."

zugleich gilt:

"Bei großen Speicheranlagen mit beweglichen und ständig eingestauten Verschlüssen ist von einem Versagen des leistungsfähigsten Verschlusses auszugehen."

Das Isartal ist heute dichter besiedelt als zur Bauzeit; das Schadenspotential hat sich ganz wesentlich erhöht und das Schutzbedürfnis vor Hochwassergefahren ist insgesamt gewachsen.

Seit der Inbetriebnahme des Sylvensteinspeichers hat sich das Datenspektrum durch Niederschlags- und Abflussmessungen erheblich vergrößert. Mit den nunmehr fast 70 Jahre langen Messreihen und dem Einsatz von modernen mathematischen Rechenmodellen konnte die Wasserwirtschaft seltene, extreme Hochwasserereignisse genauer ermitteln und damit die Schutzfunktion des Speichers überprüfen. Dabei zeigte sich, dass im Katastrophenfall nicht nur die ursprüngliche Leistungsfähigkeit der Speicherabgabe sondern auch der Hochwasserrückhalteraum nach den heutigen Erkenntnissen zu knapp bemessen war. So konnte beispielsweise nachgewiesen werden, dass einige Bereiche in den Unterliegersiedlungen vor einem Jahrhunderthochwasser nicht geschützt werden können.



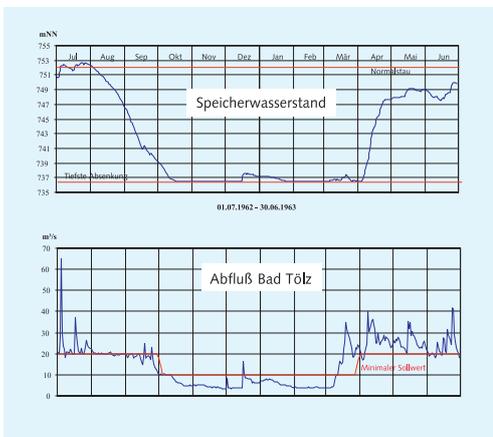
◀ Bad Tölz - Bebauung 1950



◀ Bebauung 2000 - in den 50 Jahren wurde zunehmend näher an die Isar gebaut

Niedrigwasseraufhöhung

Der extrem kalte, trockene und langanhaltende Winter 1962/63 führte zu grossen Niedrigwasserproblemen im oberen Isartal. So konnte über Monate der Sollwert in Bad Tölz von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ trotz voller Ausnutzung des Speichers nicht eingehalten werden. Mit einer rechenmodellgestützten Analyse wurde festgestellt, dass der für die Niedrigwasseraufhöhung vorgesehene Speicherraum nicht ausreichend ist. Dieses Problem hat sich aber seit der 1990 durchgeführten Teilrückleitung der Isar am Krüner Wehr wesentlich verbessert. Durch diese ökologisch notwendige Restwasserführung (im Mittel etwa $4 \text{ m}^3/\text{s}$) kann selbst bei extrem trockenen Jahreszeiten die Niedrigwasseraufhöhung der Isar im Normalfall gewährleistet werden.



◀ Niedrigwasser 1962 / 63 - die Gewässergüte litt unter der extremen Wasserknappheit

Rollschützen des Grundablassstollens durchgeführt werden müsste. Diese für die Hochwasserbewirtschaftung ausgelegten Entlastungsorgane sind aber auf Dauer für die Feinregulierung nicht geeignet.

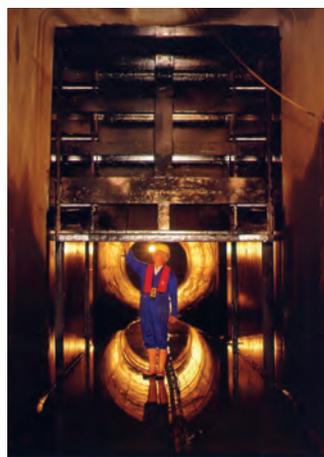


▲ Teilrückleitung der Isar - seit 1990 werden der Isar am Krüner Wehr im Mittel $4 \text{ m}^3/\text{s}$ von der Walchenseeüberleitung zurückgegeben

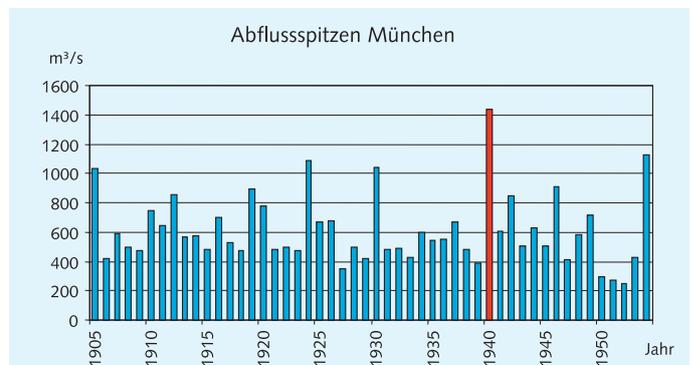
Das Kraftwerk am Sylvenstein dient seit der Inbetriebnahme neben der Energieerzeugung als Feinregulierorgan für die Niedrigwasseraufbesserung der Isar. Das heißt es müssen kleinere, sich häufig ändernde Wassermengen feindosiert durch die Turbine abgegeben werden. Inzwischen sind Wartungsarbeiten und Reparaturen an den Kraftwerksanlagen eine häufige Erscheinung geworden, mit der Gefahr, dass beim Ausfall der Turbine über längere Zeit die Feinregulierung mit den 4×5 Meter großen



▲ Das Turbinenlaufrad (bei Montagearbeiten) dient auch zur Feinregulierung



▲ Die Rollschützen dienen zur Hochwasserbewirtschaftung. Für die Feinregulierung sind sie nicht geeignet



Definition der Jährlichkeit

Die Hochwasserwahrscheinlichkeit wird gewöhnlich aus einer langjährigen Messreihe von Abflüssen ermittelt.

Am Beispiel Pegel München sind die Abflussspitzen von 1905 bis 1954, also 50 Jahre, dargestellt. Die Grafik zeigt, dass die Hochwasserspitze von 1940 ($1440 \text{ m}^3/\text{s}$) in dieser Zeitspanne das größte Ereignis war. Vereinfacht ausgedrückt kann man dieses Ereignis als "50jähriges Hochwasserereignis" bezeichnen. Seltenerere Ereignisse (z.B. ein 100jähriges) werden aus statistischen Verteilungsfunktionen errechnet.



Resümee

Der Freistaat Bayern als Betreiber des Sylvensteinspeichers stand in der Pflicht, die erkannten Defizite durch entsprechende Sanierungen und Nachrüstungen zu beheben. Im Wesentlichen mussten folgende Aspekte gelöst werden:

- Sanierung der Dammdichtung und Verbesserung des Damm-Kontrollsystems
- Schaffung von ausreichenden Speicherabgabemöglichkeiten (nach dem Stand der Technik)
- Verbesserung des Hochwasserschutzes für die unterhalb liegenden Gemeinden und Städte (u.a. Bad Tölz und München)
- Sicherstellung einer zuverlässigen und ausreichenden Feinregulierung für die Niedrigwasseraufhöhung

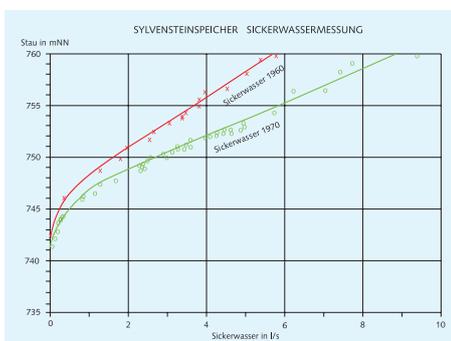


▲ Der Sylvensteinspeicher ist mit zweiter Hochwasserentlastung, Dammerhöhung und Modernisierung der Kontrolleinrichtungen für neue Herausforderungen gerüstet

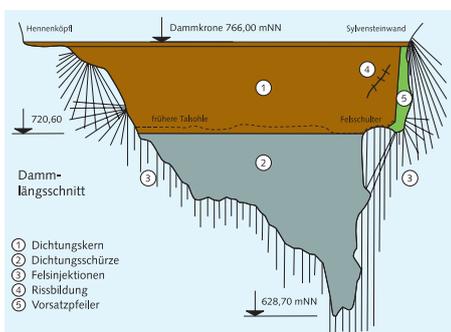
Nachrüstungsmaßnahmen

Sanierung und Verbesserung des Damm-Kontrollsystems

Die wichtigste Aufgabe hinsichtlich der Standsicherheit der Sylvenstein-Talsperre ist die kontinuierliche Überwachung des Staudamms. Die langjährigen Kontrollmessungen zeigten, dass innerhalb von 10 Jahren nach Inbetriebnahme des Speichers die Sickerwassermenge und die Setzungen auf der rechten Talseite langsam zunahm. Untersuchungen gaben den Hinweis, dass die Ursachen für die Zunahme des Sickerwassers in Rissbildungen zu sehen waren, die im oberen Teil des Kerns über der rechten Felschulter durch unterschiedliche Setzungen vermutet wurden.



◀ Sickerwasseranstieg im Bereich der Sylvensteinwand



◀ Vermutete Rissbildung im Dammkern durch unterschiedliche Setzungen vor-gänge

Durch Aufschlussbohrungen wurden diese Schwachzonen lokalisiert und mit Hilfe von Ton-Zement-Injektionen 1972 saniert.

Im Verlauf der weiteren Beobachtungen zeigten sich ab 1982 wieder Veränderungen in den Kontrollmessungen. Sie wurden diesmal besonders bei den sogenannten Porenwasserdruckmessungen festgestellt. Mit Hilfe der Messungen können die Druckverhältnisse im Dammkörper beobachtet werden. Beim Bau des Damms verwendete man die damals üblichen Messwertgeber, die auf elektrischem Wege gemessen werden. Im Laufe der Jahre fielen immer mehr Geber infolge von Überspannungsschäden, hervorgerufen durch Blitzeinwirkung, aus; der Rest lieferte keine glaubhaften Messwerte mehr. Man entschloss sich daher 1984 zu einer intensiven Kontrolle des Damms und zur Erneuerung des Messsystems.



▲ Einbau neuer Porenwasserdruck-Sonden in Bohrlöcher



Mit sieben sogenannten Aufschlussbohrungen wurden der Anschluss des Dammkerns an den Untergrund, die Wasserdurchlässigkeit und der Druckabbau geprüft. Unter anderem wurden auch Injektionseinpress- und Versickerungsversuche durchgeführt. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es möglich ist, den Dammkern ohne Absenken des Speichers zu injizieren und in seiner Dichtigkeit zu verbessern. Außerdem konnte durch den nachträglichen Einbau von 25 Porenwasserdrucksonden das Kontrollsystem wesentlich verbessert werden.

Die weitere Auswertung der Kontrollmesswerte bis 1986 führte schließlich zu der Entscheidung, die Dammdichtung zu sanieren.

Nachweis der Abdichtungsmaßnahme

Mit sogenannten Schlauchkernbohrungen wurde nach dem Injizieren ungestörtes Kernmaterial entnommen. Der Injektionserfolg konnte anhand der verfüllten Hohlräume (blau schimmernde Ton-Zement-Suspension) eindeutig nachgewiesen werden.





◀ Injektionsstation mit Bohrerät, Mischanlagen, Druckpumpen und Kontrolleinrichtungen auf der Dammkrone

Im April 1987 wurde mit den Arbeiten begonnen. Innerhalb von 6 Monaten wurden rund 5.350 m Bohrungen im sogenannten Rotationsbohrverfahren in den Dammkern abgeteuft. Über gebohrte, mit Gummimanschetten überzogene Rohre wurde das Injektionsgut, bestehend aus einer Ton-Zement-Mischung, in den Dichtungskern gepresst. Durch die kontinuierliche Aufzeichnung der Einpressmengen konnte zuverlässig verfolgt werden, inwieweit Schwachstellen im Damm erreicht und abgedichtet werden konnten.

Der Injektionserfolg konnte mit Hilfe von Kontrollbohrungen nachgewiesen werden. Nach Abschluss der Untersuchungen wurden in diese Bohrungen weitere 6 Porenwasserdrucksonden zur Ergänzung des Messsystems eingebaut.

Zur Überprüfung des Sickerwasserabflusses wurden 4 sogenannte Schluckbrunnen bis zur Sickerwasserwanne abgeteuft. Über die Brunnen wurden später im Rahmen einer Versuchsreihe definierte Wassermengen zugegeben und deren Ablauf in den Sickerwasserleitungen mit Hilfe einer fahrbaren Kleinkamera beobachtet. Dabei stellte sich heraus, dass ein Großteil des Sickerwassers aus der Sammelleitung am linken Talhang (Hennenköpflwand) in den Dammuntergrund sickert und deshalb am Messschacht nicht erfasst werden kann. Durch die Sanierung der Sammelleitung wurde zwischenzeitlich das Problem behoben.



◀ Einführung der Manschettenrohre zur Verpressung des Dichtungskerns



◀ Injektionslanze mit Doppelpacker

Die Arbeiten wurden an der linken Felsschulter der Sylvensteinwand entlang der Dammachse begonnen. Der Bohrlochabstand betrug in der Regel 2 m und wurde in kritischen Bereichen auf 1 m verdichtet. Die Bohrlochtiefe lag bei maximal 60 Meter.

Die mit einem Doppelpacker versehene Injektionslanze wird in das Manschettenrohr eingeführt und durch Aufblasen der Doppelpacker fixiert. Dann wird über den Bereich zwischen den beiden Packern eine Ton-Zement-Suspension in die Schwachstellen der Kerndichtung gepresst.

Bau einer neuen Hochwasserentlastung

Um den Sicherheitsanforderungen einer Talsperre gerecht zu werden, muss insbesondere die sogenannte "hydrologische Sicherheit" gemäß den gültigen technischen Regeln nachgewiesen werden. Für den Sylvensteinspeicher bedeutet dies, dass selbst dann, wenn sich der Grundablassstollen nicht öffnen lässt,

die Abflussleistung der restlichen Speicherauslässe ausreichen muss, ein Jahrtausendhochwasser ohne Gefährdung des Dammes (das heißt ohne Überströmung des Dammes) zu überstehen. Das Ergebnis der Überprüfung zeigte, dass in diesem Fall die Speicherabgabenanlagen nicht ausreichen um diese Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Zusätzliche Speicherabgabekapazität war notwendig.



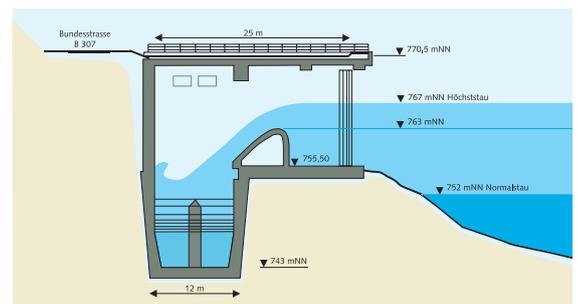
▲ Das Einlaufbauwerk der neuen Hochwasserentlastung ist in einer kleinen Bucht vor direkter Anströmung geschützt

Projektbeschreibung

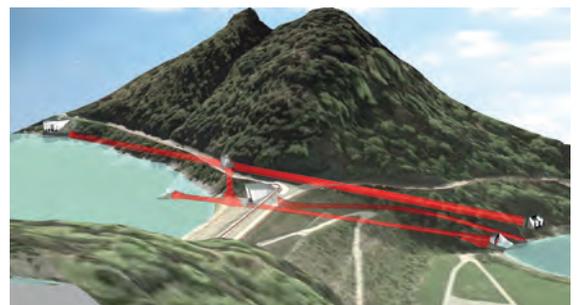
Umfangreiche Variantenuntersuchungen und Überlegungen zur späteren Betriebssicherheit gaben den Ausschlag, eine zusätzliche Hochwasser-Entlastungsanlage zu planen. Sie besteht aus einem hochliegenden Einlaufbauwerk mit fester Überlaufschwelle und einem Ablaufstollen mit Auslaufbauwerk. Die Anlage sollte bei Höchststau eine Abflussleistung bis zu 400 m³/s erreichen.

Günstige geologische und topografische Voraussetzungen für die Unterbringung der Anlage boten sich im Bereich der linken Talflanke an. Hier konnte das Einlaufbauwerk vor direkter Anströmung geschützt, in einer kleinen Bucht neben der Flur "am Paradies" gelegen, eingebettet werden. Über einen Stollen durch die Hennenköpflwand sollte das Abgabewasser in den Kolksee münden.

An der Versuchsanstalt der Technischen Universität München in Oberrach wurde die neue Anlage im Modell 1 : 40 hergestellt und getestet. Hier wurden die Abmessungen und die Form von Einlaufbauwerk, Stollen und Auslaufbauwerk gestaltet und minimiert sowie die Abflusseigenschaften optimiert.



▲ Einlaufbauwerk - Querschnitt mit Überlaufschwelle, Fallschacht und Strahlteiler



▲ Hochwasserentlastung - Computeranimation mit Einlauf, Stollen, Sprungschanze und bestehenden Auslässen



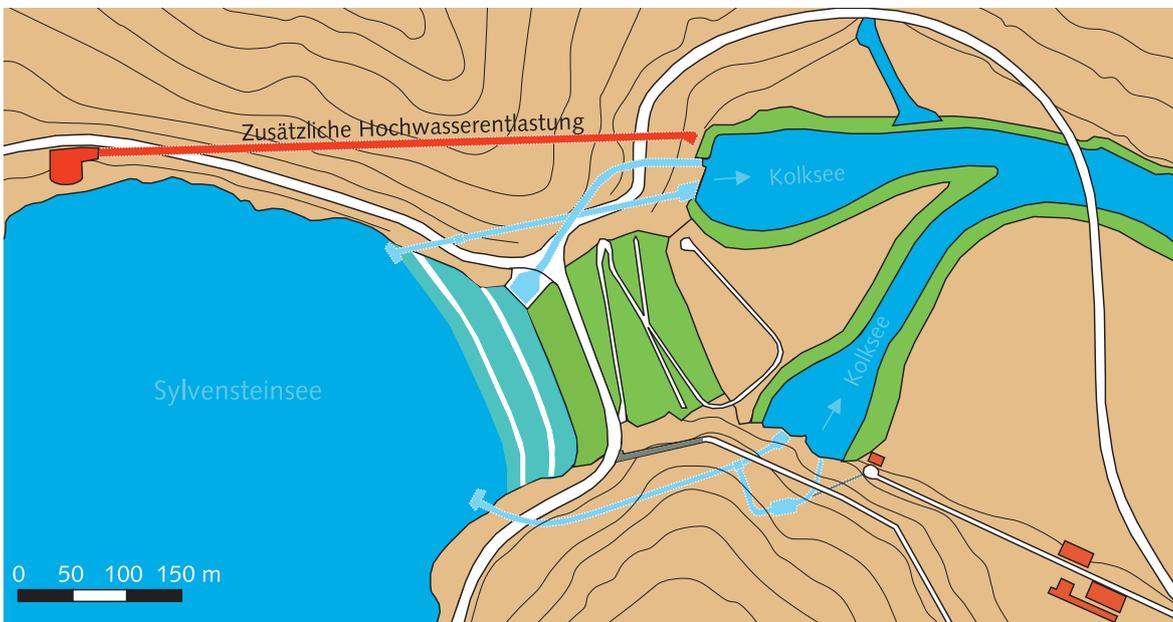
Die Untersuchungen führten zu folgenden Festlegungen:
 Das Einlaufbauwerk mit einer Gesamtbreite von 25 Meter wird durch einen Mittelpfeiler in zwei Wehrfelder von je 12 Meter Breite geteilt. Zum Schutz gegen Treibholz wurde im Einlaufbereich eine Säulenreihe vorgesetzt. Die Decke über dem Einlaufbauwerk wurde als Aussichtsplattform mit Blick über den See und auf den Staudamm gestaltet. Das anströmende Wasser fällt, wenn es die Überlaufschwelle überströmt, in einen etwa 18 m tiefen Fallschacht und baut darin durch Aufstau die nötige Energie auf, um dann im rechten Winkel in den mit 3 % Gefälle relativ flachen und 550 m langen trapezförmigen Stollen abzufließen. Der sogenannte Freispiegelstollen wird als Hufeisenprofil mit 8 m Höhe und bis zu 8 m Breite ausgeführt. Die wasserbenetzten Wand- und Bodenflächen werden zur Verringerung der Wandrauigkeit mit Beton ausgekleidet.

Am Ende des Stollens wird der Abflusstrahl über eine schräg angesetzte Sprungschanze nach oben geworfen und durch einen Betonkeil zur besseren Energieumwandlung aufgeteilt. Im freien Wurf fällt der Strahl ohne größere Schäden anzurichten bis zu 35 m weit in den Kolksee, in dem auch der Grundablassstollen und der Stollen der alten Hochwasser-Entlastungsanlage münden. Die Sprungschanzlösung wurde gewählt, weil ein in seiner Wirkung vergleichbares Auslaufbauwerk in Form eines Tosbeckens mit 50 m Länge und 10 m Tiefe schlecht in das Landschaftsbild integrierbar gewesen wäre. Über die neue

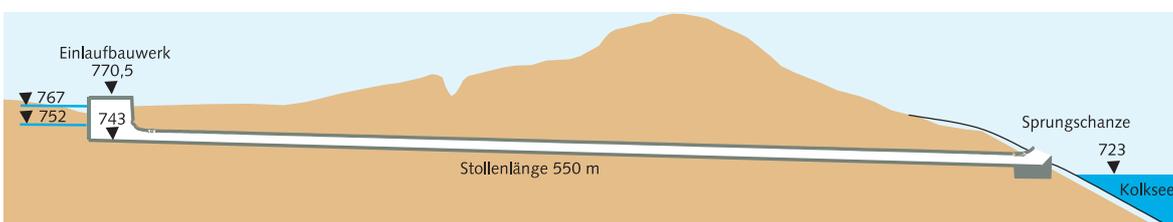
Hochwasser-Entlastungsanlage können bis zu 400 m³ Wasser pro Sekunde abgegeben werden. Dabei werden im Stollen Fließgeschwindigkeiten von bis zu 60 km pro Stunde erreicht.



▲ Modellversuch - Einlaufbauwerk mit Treibzeugfang (Versuchsanstalt Obernach der TU München)



◀ Lageplan der neuen Hochwasserentlastung



◀ Längsschnitt

Stollenbau

Bei der Wahl des Bauverfahrens zur Herstellung des Stollens spielte die Sicherheit der vorhandenen Talsperrenanlagen eine entscheidende Rolle. Kritische Erschütterungen auf den dichten Anschluss von Damm und Felsflanke sowie die nahegelegenen Betriebseinrichtungen wie Grundablass und bestehende Hochwasserentlastung sollten möglichst vermieden werden. Es wurde deshalb für den Stollenbau eine gebirgsschonende kombinierte Fräs- und Sprengtechnik vorgesehen. Dazu wurden zunächst Erkundungsbohrungen und Sprengversuche im anstehenden Gebirge aus Schichten des Hauptdolomits durchgeführt. Darauf aufbauend wurden dann strenge Grenzwerte zur Überwachung der Erschütterungen aus dem Sprengbetrieb festgelegt. Die Grenzwerte entsprachen in etwa den Anforderungen bei denkmalgeschützten Gebäuden.



▲ Tunnel-Bohrmaschine mit Bohrkopf, 3,50 m Durchmesser. Mit ihr wurde der Pilotstollen gefräst

Nach der Herstellung und Sicherung des Hangeinschnittes im Auslaufbereich wurde auf einer eigens aufgeschütteten Arbeitsfläche eine Tunnel-Bohrmaschine mit einem Hartgestein-Fräskopf von 3,50 m Durchmesser montiert. Mit dieser Vollschnittmaschine wurde innerhalb von 6 Wochen ein Pilotstollen vom Grundablass-Kolksee beginnend zum zukünftigen Einlaufbauwerk gefräst. Der Materialabtransport erfolgte über selbstladende schienengeführte Waggons in einen Schüttbunker am Stollenende. Nach dem Durchqueren des Gebirgsmassivs in gerader Linie wurde die Tunnelbohrmaschine zum Startpunkt zurückgezogen und dort demontiert.



◀ Stollenbau

Im zweiten Schritt wurde der Stollen durch gebirgsschonendes Sprengen auf sein endgültiges Maß aufgeweitet. Dazu unterteilte man den Querschnitt in zwei getrennte Ausbruchflächen, den oberen Kalottenbereich und den unteren Strossenbereich, die nacheinander ausgebrochen wurden.

▶ Fertiger Stollen - Sohle und Seitenwände sind mit Beton verkleidet



Die Sprengbohrungen wurden mit einem Bohrwagen mit zwei hydraulisch angetriebenen Bohrarmlen erstellt. Als Sprengstoff wurde Ammon-Gelit eingesetzt - bei einem Gesamtverbrauch an Sprengstoff von ca. 35 Tonnen ein nicht zu unterschätzendes Sicherheitsproblem für Transport und Lagerung.

Die Entnahme des Felsausbruchmaterials erfolgte über Radlader und Tunnellastfahrzeuge. Aufgrund der Vorentspannung des Gebirges durch den Pilotstollen und der Unterteilung des Ausbruchquerschnittes konnten die vorgegebenen Erschütterungsgrenzwerte, die ständig mit Hilfe von seismischen Messgeräten, sogenannten Geophonen, überwacht wurden, sicher eingehalten werden.



◀ Stollenbau - mit kleinen Waggons wurde der Felsausbruch aus dem Stollen transportiert

Innerhalb von nur 7 Monaten wurde der gesamte Stollen mit einer Länge von 550 Meter ausgebrochen. Die Abschlagslängen lagen bei max. 3 m, der Sprengstoffbedarf bei ca. 1,2 kg/m³ Fels. Der Stollen wurde an der Sohle und an den Seitenwänden mit einer 50 cm dicken Betonschale ausgekleidet. Zur Entspannung des Gebirgswasserdruckes wurde hinter der Betonauskleidung ein spezielles Entwässerungssystem installiert.



Einlaufbauwerk

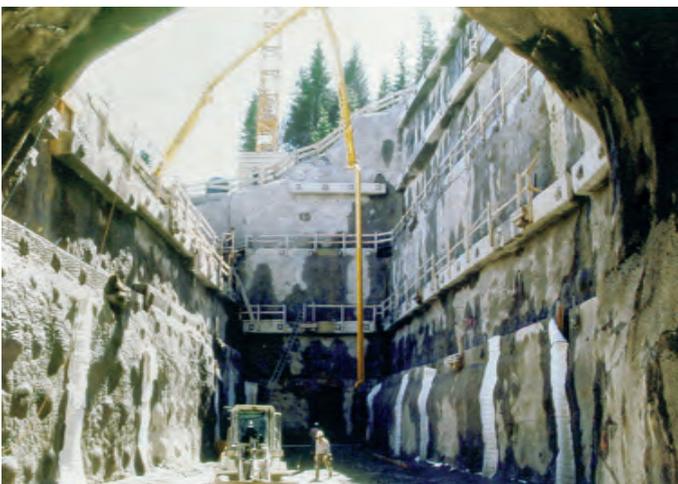
Parallel zum Stollenausbruch liefen die Arbeiten am Einlaufbauwerk. Die etwa 32 m lange und bis zu 30 m tiefe Baugrube wurde in 2 Meter-Stufen durch Aussprengen erstellt. Durch die etwa 5 m entfernt verlaufende Bundesstrasse B 307 konnten die Arbeiten nur mit erheblichem Sicherungsaufwand durchgeführt werden. Die Baugrubenwände wurden im anstehenden Fels verankert. Der Abtransport des Ausbruchmaterials erfolgte durch Bagger und LKW über eine steile Baustraße. Lediglich das Felsmaterial der letzten 5 Meter bis zur Sohle wurde dann durch den bereits ausgebrochenen Stollen in Richtung Kolksee unterhalb des Dammes abgefahren.



▲ Baugrube im Winter - das anstehende Bergwasser erstarrt zu riesigen Eiszapfen

Erst im April 1996 konnte, nach dem Abtauen der Baugrubenwände, mit dem Betonieren der 1,50 m starken Bauwerkssohle begonnen werden. Die seitlichen Wände wurden im unteren Bereich bis zu 4 m Höhe direkt gegen den Fels betoniert, darüberliegende Wandabschnitte mit beidseitiger Schalung erstellt.

▼ Fertige Baugrube



▲ Fertiges Einlaufbauwerk - im Volksmund "Tempel am Sylvenstein" genannt

Die Überlaufschwelle wurde aus 24 Fertigteilen mit einem Einzelgewicht von 6 Tonnen hergestellt. Sie konnten durch Öffnungen in der Decke des Einlaufbauwerkes mit einem Autokran eingehoben werden. Diese Konstruktion wurde erforderlich, da zu diesem Zeitpunkt das Rechtsverfahren der geplanten Dammerhöhung mit Anhebung des Höchststauziels um 3 Meter noch nicht abgeschlossen war. Diese Lösung erlaubte später eine einfache und kostengünstige Anpassung der Schwellenhöhe an die geplante Stauzielerhöhung.

Das fertige Bauwerk erinnert durch die vorgesetzte Säulenreihe in seinem Aussehen an ein klassisches griechisches Bauwerk. Nicht umsonst trägt es mittlerweile im Volksmund die Bezeichnung "Tempel am Sylvenstein".

▼ Einschalung der Säulen ...



▼ ... und des Mittelpfeilers



Auslaufbauwerk

Die Sprungschanze am Stollenauslauf hat eine Grundfläche von etwa 10 x 13 Meter. Erstmals wurde in Bayern diese Form der Energieumwandlung gewählt. Das Betonbauwerk ist vollständig auf Fels gegründet und mit dem Hauptdolomit rückverankert. Damit ließen sich die aus der Umlenkung des Wasserstrahles resultierenden enormen Kräfte auffangen.

Die wasserberührten Bauwerkskanten sind im Hinblick auf die enorm hohen Fließgeschwindigkeiten durch schwere einbetonierte Stahlprofile geschützt. Die Sprungschanze wurde oben durch einen Betondeckel geschlossen, der zugleich die Angleichung der Böschungen in der ursprünglichen Form ermöglicht. Durch standortgerechte Bepflanzung ist das Bauwerk gut in die Landschaft eingebettet.



◀ Sprungschanze in Betrieb

Wegen der Randlage der Sprungschanze zum vorhandenen Kolksee, in dem auch die Abflüsse aus der alten Hochwasserentlastung und dem Grundablass enden, wurde die äußere Führungswand des Auslaufbauwerkes um 20 Grad und die innere um 30 Grad abgewinkelt. Mittig auf der Absprungschanze sitzt ein massiver Betonkeil, der den Abflusstrahl teilt. Zusammen mit der Strahlablenkung wird damit eine effektive Energieumwandlung erreicht. Die rechnerische Kraft auf den Betonkeil liegt bei Vollbeaufschlagung des Stollens bei über 1.000 Tonnen.

▶ Strahlteiler auf der Absprungschanze



◀ Fertiges Auslaufbauwerk - links die Auslässe des Grundablasses und der alten Hochwasserentlastung



▲ Stollenpatin Frau Claudia Goppel

Claudia Goppel, die Frau des damaligen Bayerischen Umweltministers Dr. Thomas Goppel, gab am Freitag, den 31. März 1995, auf der Baustelle am Sylvensteinspeicher als Stollenpatin symbolisch den Startschuss für die Tunnelbauarbeiten an der neuen Hochwasserentlastungsanlage. Der Umweltminister erklärte dazu, der Bau sei erforderlich, um den gestiegenen Sicherheitsanforderungen für den größten und ältesten staatlichen Wasserspeicher in Bayern Rechnung zu tragen.

Nach 2 1/2 Jahren Bauzeit wurde am 06. Oktober 1997 die neue Hochwasserentlastung vom Bayerischen Umweltminister Dr. Goppel mit den Worten eingeweiht "Das Werk ist gelungen, der Zeitplan und die Kosten wurden eingehalten und - was besonders wichtig ist - es gab keine Arbeitsunfälle".



▲ Staatsminister Goppel mit Gattin im Führerstand der Tunnelbohrmaschine

▶ Umweltminister Thomas Goppel



Bauzeiten / Kosten (neue Hochwasserentlastung) *

Baumaßnahmen	Bauzeit	Kosten
Baustelleneinrichtung	Sept. - Dez. 1994	1.070.000 €
Pilotstollen (Tunnelbohrmaschine)	April - Mai 1995	307.000 €
Stollenausbruch (Sprengbetrieb)	Dez. 1995 - Aug. 1996	1.840.000 €
Stollenauskleidung (Betonbau)	Dez. 1995 - Sept. 1996	1.175.000 €
Baugrube Einlaufbauwerk	Aug. 1995 - Nov. 1996	1.540.000 €
Betonbau Einlaufbauwerk	April 1996 - Feb. 1997	2.400.000 €
Baugrube Auslaufbauwerk	August 1996	360.000 €
Betonbau Auslaufbauwerk	Sept. - Nov. 1996	305.000 €
Landschaftsbau	Frühjahr 1997	102.000 €
Planungskosten		920.000 €
Sonstige Kosten		750.000 €
Gesamtkosten		10.769.000 €

* Bei der Umrechnung in Euro ist die Inflation nicht berücksichtigt.

Dammerhöhung

Die Überprüfung der Schutzwirkung des Sylvensteinspeichers hat gezeigt, dass einige Bereiche der Unterliegersiedlungen vor einem Jahrhunderthochwasser nicht geschützt werden können. Es wurde nachgewiesen, dass mit dem vorhandenen Rückhalteraum des Speichers Bad Tölz beispielsweise nur gegen ein 50jähriges Hochwasser zu schützen ist. Darüber hinausgehende Ereignisse würden zu Überschwemmungen führen.

Dadurch konnte der Rückhalteraum um 20 Mio. m³ vergrößert werden, was in etwa einer 45-prozentigen Vergrößerung des bisherigen bewirtschaftbaren Hochwasserschutzraumes entspricht. Im Raumordnungsverfahren wurde dieser Vorschlag als geeignete Lösung bestätigt. Die Eingriffe in das Landschaftsbild konnten dabei möglichst gering gehalten werden.



Die Abwägung aller Umstände, insbesondere städtebauliche, umweltschützerische und wirtschaftliche Belange führten schließlich zu dem Ergebnis, dass das Problem am besten durch eine Vergrößerung des Rückhalterumes des Sylvensteinspeichers, in Verbindung mit städtebaulich verträglicher Anpassung von Mauern und Deichen in den Unterliegersiedlungen gelöst werden kann.

Von der Wasserwirtschaftsverwaltung wurde, nach einer längeren Diskussionsphase im Vorfeld, eine maßvolle Erhöhung des Absperrbauwerkes um 3 Meter und der damit verbundenen Anhebung des höchsten Stauziels von 764 auf 767 mNN vorgeschlagen. Die Erhöhung wurde durch 2 Meter Dammaufschüttung mit einer aufgesetzten 1 Meter hohen Kronenmauer erreicht.



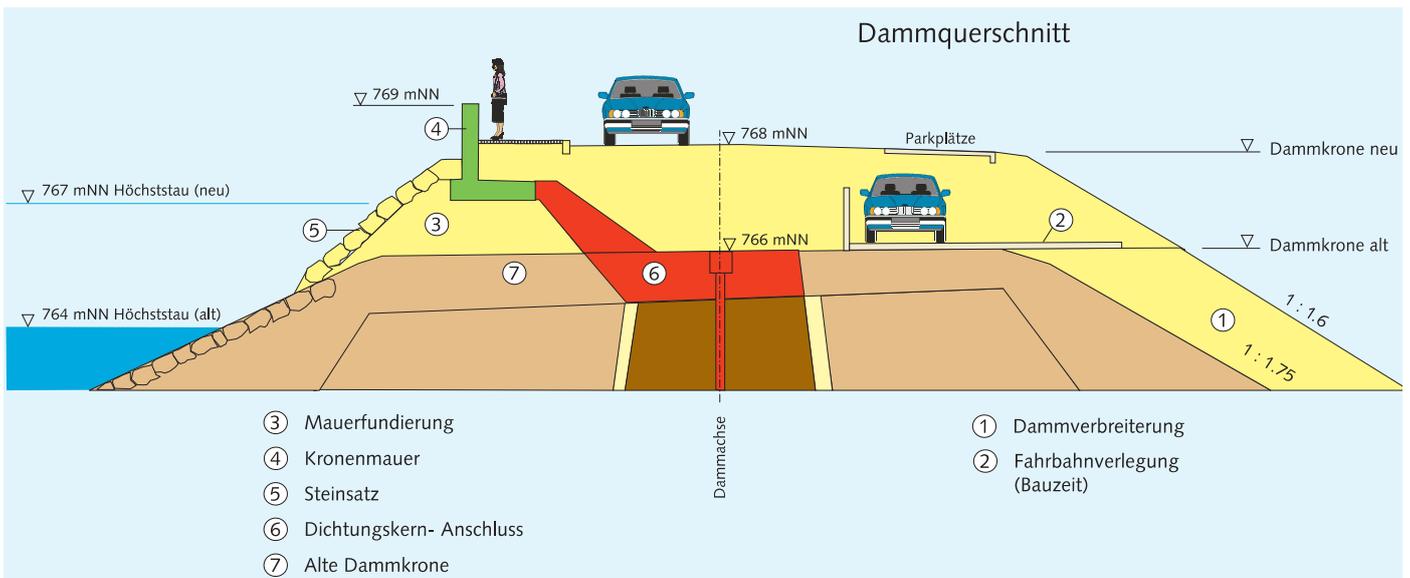
◀ Ein Segment des alten Drumgates steht heute als Symbol für die Dammerhöhung



Dammverbreiterung

Das Dammbauwerk wird als Zonendamm mit einem zentralen Dichtungskern und Stützkörpern aus Kiesmaterial bezeichnet. Über die 15 m breite und 200 m lange Dammkrone führt die Bundesstraße B 307 mit Fußweg und Parkstreifen. Diese bewährten Einrichtungen sollten nach dem Umbau erhalten bleiben. Zugleich musste der Verkehr auf der Bundesstraße während der Bauarbeiten laufend aufrecht erhalten werden.

Als Schüttmaterial wurde größtenteils der auf einer Deponie abgelagerte und aufbereitete Felsausbruch der neuen Hochwasserentlastungsanlage genutzt. Restmaterial wurde an die umliegenden Gemeinden und Forstämter zur weiteren Nutzung kostengünstig weitergegeben. Letztendlich konnte das gesamte Material aus dem Stollenausbruch in ökologisch sinnvoller Weise an Ort und Stelle wieder verwendet werden. Umfangreiche Transporte durch das Isartal zur Baustelle konnten damit ebenfalls vermieden werden.



▲ Dammquerschnitt mit erhöhter Dammkrone

Die Erdarbeiten begannen im Herbst 1997 mit einer zusätzlichen Steinschüttung oberhalb der luftseitigen Berme auf ca. einem Drittel der gesamten Dammhöhe. Durch die steiler geneigte Dammböschung konnte die vorhandene Dammkrone verbreitert und Platz für die provisorische Verlegung der Bundesstraße geschaffen werden.



▲ Brechanlage für Dammschüttmaterial



▲ Verbreiterung des Dammes auf der Luftseite

Umbau der alten Hochwasserentlastung

Die vorhandene alte Hochwasserentlastungsanlage besaß zur Bewirtschaftung des Speichers im Einlaufbauwerk ein bewegliches Wehr ("Drumgate"). Mit der Anhebung des höchsten Stauziels um 3 Meter mussten auch die Überlaufschwelle und die Deckenkonstruktion entsprechend angehoben werden.



◀ Ausbau des Drumgates

Zugunsten der Betriebssicherheit und geringerer Unterhaltungskosten wurde statt des beweglichen Drumgates eine feste Wehrschwelle gewählt. Die Oberkante der neuen Schwelle wurde jedoch nur um 2,50 m angehoben, um ein gleichzeitiges Anspringen der alten und neuen Hochwasserentlastung im Bedarfsfall und damit eine steil ansteigende Abflusszunahme in der Isar zu verhindern.

Des Weiteren musste die hydraulische Überlastung des Freispiegelstollens, dessen Leistungsvermögen auf 200 m³/s beschränkt ist, vermieden werden. Auch dies wurde erreicht, indem das bewegliche Wehr ausgebaut und durch eine feste Überlaufschwelle ausgetauscht wurde. Die gewählte Lösung war schalungstechnisch einfach umzusetzen und zudem sehr kostengünstig.



▲ Einbau von Fertigteilträgern für die neue Decke der Hochwasserentlastung



▲ Einlaufbauwerk - Ansicht von der Seeseite aus

Die Anhebung der Decke war notwendig um die Hinterlüftung des Überfallstrahles beim Eintritt in den Stollen sicherzustellen. Dazu mussten zunächst die Seitenwände entsprechend erhöht werden. Anschließend wurde die Decke aus Betonfertigteilen hergestellt. Zusätzlich wurden noch zwei große Stahlrohre als Sicherung gegen größere Treibholzeinträge vorgesetzt bzw. in die neue Decke eingespannt.



▲ Heutiger Zustand der alten Hochwasserentlastung

In Anlehnung an den alten Zustand wurde die Decke wieder als Aussichtsplattform mit wunderbarem Blick auf den Dam, den See und das Karwendelgebirge hergerichtet. Ein Segment des früheren Drumgates erinnert heute als "Denkmal" an den umfangreichen Umbau der Hochwasserentlastung und in seiner Form an die Dammerhöhung.

Die Arbeiten zum Umbau der alten Hochwasserentlastungsanlage wurden parallel zur Dammbreiterung bereits im September 1997 begonnen und im Frühjahr 1998 abgeschlossen.



Abdichtungsmaßnahmen

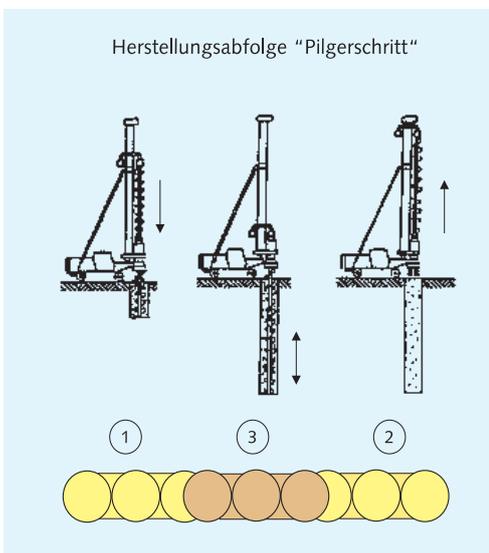
Die Anpassung der Dammkerndichtung wurde mit Hilfe eines patentierten Sonderverfahrens der Firma Bauer hergestellt. Bei diesem sogenannten MIP-Verfahren wird mit Hilfe eines 80 Tonnen schweren Dreifachschnecken-Bohrgerätes der anstehende Boden durch Aufbohren und Ziehen der Bohrschnecken aufgelockert und mit einer Ton-Zement-Suspension vermischt (mixed-in-place => MIP).

Durch die Überschneidung der einzelnen Lamellen entsteht eine durchgehende homogene, ca. 30 cm dicke Wand mit sehr geringer Durchlässigkeit. Die MIP-Wand wurde in Dammschne über die gesamte Dammlänge bis in 12 m Tiefe in nur wenigen Wochen erstellt. Der dichte Anschluss an die Henneköpfl-Felsflanke wurde durch Injektionsbohrungen sichergestellt.



◀ Mixed-in-place Verfahren zum Anschluss der Kerndichtung

Die Vorteile des MIP-Verfahrens gegenüber herkömmlichen Dichtwandverfahren liegen vor allem in der erschütterungsarmen und preiswerten Herstellung.



◀ Der Kernanschluss wurde in sog. Pilgerschritt-abfolge hergestellt

▶ Stocken der Kronenmauer

Kronenmauer

Im nächsten Schritt wurde an der seeseitigen Kronenkante ein 2 m hoher Steinkeil mit 10 m Basisbreite geschüttet, auf dem eine 1,80 m hohe Winkelstützmauer errichtet wurde. Die Mauer wurde in 10m-Abschnitten betoniert.



▲ Bau der Kronenmauer

Auf der Seeseite wurde die nunmehr höher gezogene und steilere Böschung mit einem Steinsatz gegen Wellenschlag gesichert.



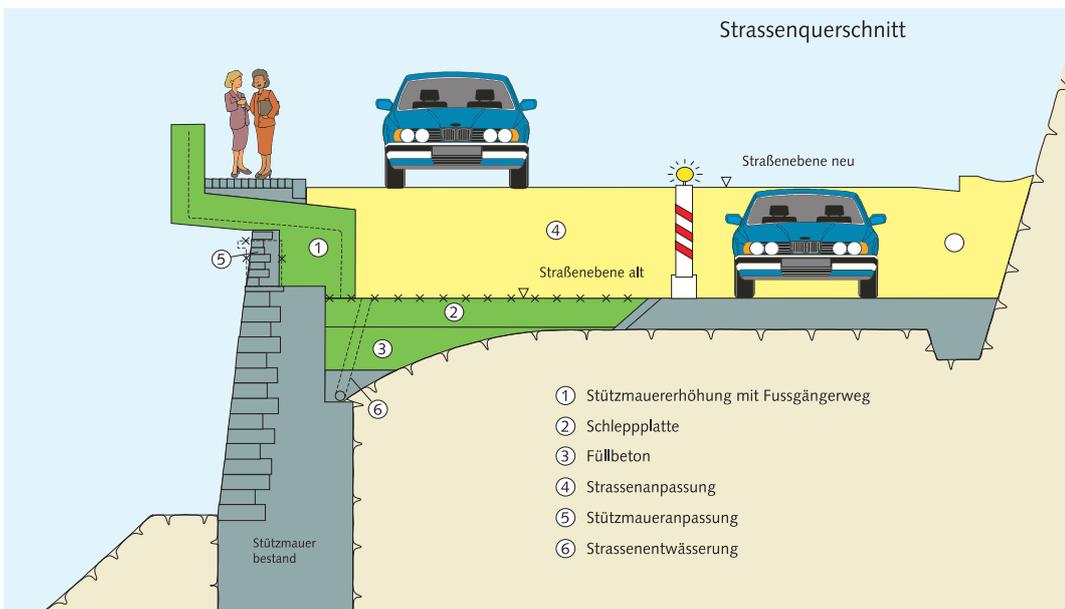
▲ Sicherung der verlängerten Dammböschung mit Steinsatz



Straßenstützmauern

Die auf den Damm führenden Bundesstraßen B 13 und B 307 mussten an die neue Dammhöhe angepasst, das heißt bis zu 2 m höher gelegt werden. Ein Großteil der anzupassenden Straßenlängen wird infolge des steilen Geländes talseitig von bis zu 8 m hohen Stützmauern gesichert. Diese vorhandenen, größtenteils sanierungsbedürftigen Mauern wurden zwischen April und Dezember 1998 an die neue Höhe angepasst.

Zugleich nutzte das Straßenbauamt Weilheim die für den Betonbau notwendigen Gerüste um gleich die gesamten betroffenen Mauerabschnitte nach über 40 Jahren Standzeit einer gründlichen Sanierung zu unterziehen.



◀ Stützmauerquerschnitt mit alter und neuer Straßenebene

Durch den Einbau einer lastverteilenden Stahlbeton-Schleppplatte bis zur Mitte der alten Fahrbahn und eines aufgesetzten Stützmauerkragarms konnten die alten Stützmauern ohne statische Überlastung in die neue Konstruktion integriert werden. Somit konnte auch der gewünschte durchgehende Gehweg auf der Seeseite untergebracht werden.

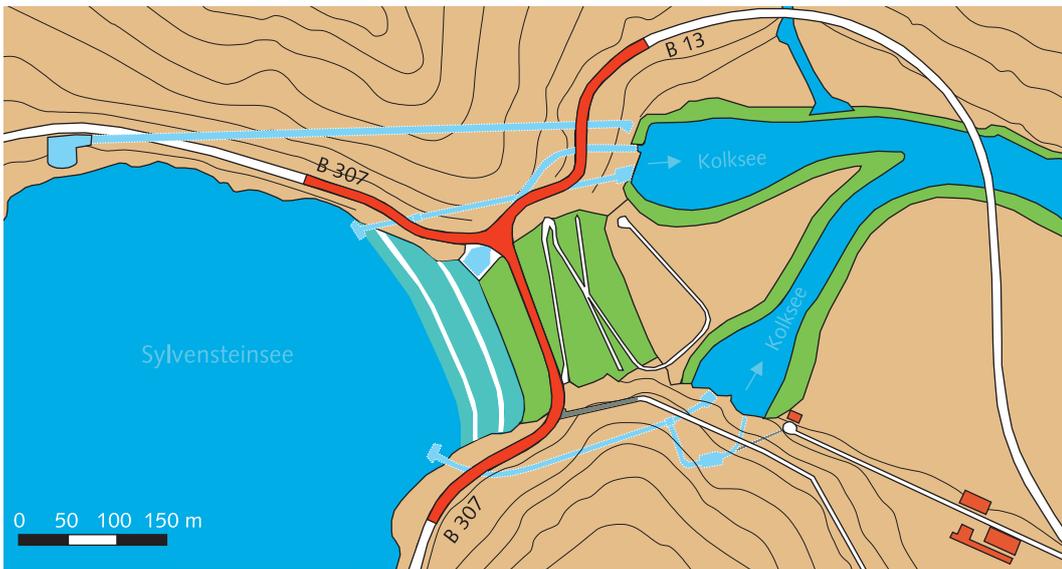


◀ Stützmauerprofil



▲ ▼ Anpassung der Stützmauern an der Dammauffahrt





Straßenentwässerung / Straßenbau

Die zur Einhaltung des zulässigen Straßenlängsgefälles notwendigen Anrampungen auf allen Straßenzweigen reichten jeweils ca. 250 m vom Damm weg. Der sehr kostspielige Umbau von Bogenbrücken, die nur wenig unterhalb des Damms zwei Wildbäche überspannen, konnte durch geschickte Linien- und Höhenwahl verhindert werden.



▲ Ausfräsen eines Grabens entlang der Bundesstraße für die Entwässerungsleitung

Die Entwässerung der Bundesstraßen, die bisher direkt in den Sylvensteinsee erfolgte, wurde entsprechend den heutigen, wesentlich strengeren Anforderungen an den Gewässerschutz geändert. Neue Ablaufleitungen und die Vorreinigung über zwei neue Regenklärbecken - gestaltet als offene Teichanlagen - verhindern nunmehr eine direkte Verschmutzung des Sees bzw. der Isar und können insbesondere bei Ölunfällen einen großen gewässerökologischen Schaden verhindern.



▲ Einbau der neuen Straßendecke auf der Dammkrone



▲ Landschaftlich angepasstes Regenklärbecken - im Hintergrund das Zugangsgebäude zum neuen Kraftwerk

Messsystem

Bereits bei der Sanierung des Dichtungskerns in den Jahren 1987/88 wurde das Messsystem für die Damüberwachung modernisiert und erweitert. Im Zuge der Dammerhöhung wurde das Kontrollsystem weiter ausgebaut und verdichtet. Mit dem Einbau von 17 Porenwasserdrucksonden und weiteren 7 Beobachtungspegeln wurden im Damkörper und im Übergangsbereich Dichtungskern/Dichtungsschürze 7 Messquerschnitte gebildet, mit denen das Verhalten des Dammes besser kontrolliert und eventuell auftretende Veränderungen frühzeitig erkannt werden können.



▲ Bohrungen für den Messsonden-Einbau

Die in der rechten Damseite integrierte Messzentrale mit Zugang zum Vorsatzpfeiler musste, infolge der wesentlich stärkeren Belastung durch die Dammerhöhung, durch vorgesetzte Stützmauern und durch Verstärkung der Gebäudedecke den neuen Verhältnissen angepasst werden.



◀ Einbau einer Porenwasserdrucksonde



◀ Nullmessung für die Kalibrierung der Porenwasserdruckgeber

Von der Messzentrale führt ein Zugang zum Vorsatzpfeiler in dem Sickerwasser und Wasserdrücke gemessen werden. Die korrodierten und nicht mehr den Sicherheitsvorschriften entsprechenden Leitern und Zwischenpodeste wurden durch einen Inspektionsfahrstuhl ersetzt.

Im Speicherseepegel, einem Schwimmerpegel, wurden Schwimmerschacht und Pegelhaus analog dem neuen Straßenniveau angehoben.



▲ Erhöhung und Sanierung des Speicherpegelhauses



▲ Erneuerte Messzentrale



Radweg

In den neunziger Jahren hatte das Straßenbauamt Weilheim mit den Arbeiten für einen durchgehenden Radweg von Bad Tölz bis zum Sylvensteinspeicher begonnen. Bereits im Raumordnungsverfahren zur Dammerhöhung wurde gefordert, dass die Möglichkeit einer Radwegführung bis zur Dammkrone zu prüfen und mit dem Straßenbauamt Weilheim abzustimmen ist. Mehrere Varianten wurden untersucht; letztendlich bot sich als günstigste Lösung die Zuführung über einen vorhandenen Forstweg an. Dieser begann etwa 2,5 km unterhalb der Talsperre und führte oberhalb des Betriebsgebäudes vorbei, bis er an einer steilen Felswand, etwa 250 m vor dem bestehenden Betriebsstollen, endete.

Dieser rund 85 m lange Zugangsstollen von der Dammkrone zum Schieberschacht der Triebwasseranlage hätte infolge der Dammerhöhung ohnehin angepasst werden müssen. Nun bot es sich an, den Stollen so aufzuweiten, dass er für die Anbindung des Radweges zur Dammkrone genutzt werden kann.



▲ Fertiger Radweg zur Dammkrone

Vom Forstwegende bis zum Stollenanfang musste durch das steil geneigte, felsige Gelände ein 250 m langes Verbindungsstück neu gebaut werden. Im Herbst 1998 wurde dieser Bereich aufgrund eines Sondervorschlages der bauausführenden Firma mit einer Felsfräse erstellt. Für das Radwegstück mussten etwa 2.500 m³ Fels entfernt werden. Mit einem 50 Tonnen Hydraulikbagger als Trägergerät erreichte die Fräse eine Abbauleistung zwischen 3 und 12 m³ pro Stunde. Mit diesem relativ landschaftsschonenden Verfahren konnten, im Gegensatz zum herkömmlichen Sprengverfahren, mögliche Gefährdungen durch Steinschlag an den unterhalb liegenden Betriebsanlagen vermieden werden.



▲ Unter der Radwegfahrbahn wurden neue Versorgungsleitungen für den Speicher- und Kraftwerksbetrieb verlegt

Mit der Wahl der Radwegtrasse, die in unmittelbarer Nähe des Betriebsgebäudes vorbeiführt, ergab sich abgesehen von der landschaftlich schönen Einbindung ein weiterer wichtiger betrieblicher Vorteil. Es konnten sämtliche Versorgungsleitungen der Grundablass- und Triebwasseranlagen, der Messzentrale und des 2. Kraftwerkes untergebracht und zum Betriebsgebäude geführt werden. Dazu wurden zahlreiche Leerrohre in die aus Beton bestehende Radwegdecke eingebaut und ein Stichkanal zum Betriebsgebäude geführt.



▲ Radweg Richtung Lenggries oberhalb des Kolksees



▲ Schalung am Stollenportal des Radweges

Radweg „Tyrolensis“

Grenzenloser Radlspaß

Wenn sich der bayerische Löwe mit dem Tiroler Adler auf's Radl schwingt gibt es nur eine Route die die beiden in Erwägung ziehen:

Die Via Bavarica Tyrolensis. Rund 220 Kilometer schlängelt sich der Fernradwanderweg zwischen Bayern und Tirol. Von der pulsierenden Landeshauptstadt München geht's es durch das herrliche oberbayerische Voralpenland in die kontrastreiche Tiroler Gebirgswelt und weiter ins Inntal. Aber keine Angst: Spitzensportler müssen Sie keiner sein um diese herrliche Genusstour zu bewältigen.

Landschaft

Ab Bad Tölz beginnt eine herrliche Auenlandschaft mit zahlreichen seltenen Blumen und Pflanzen. Richtung Süden radelt man den Bergen mit jeder Pedalumdrehung förmlich entgegen - immer mit dem Blick auf die einzigartige Benediktenwand. Die letzte Eiszeit hat in Gaißach, inmitten des Hochmoors, das Naturdenkmal Heckenlandschaft quasi „zurückgelassen“. Ebenso wild wie romantisch: Die Auffahrt zur Dammkrone des fjordartigen Sylvensteinsees - hier mit eigenem Rad-Tunnel. Schluchtartig zieht sich die Landschaft an der Walchen entlang, die man auf einer Radler-Holzbrücke inmitten des wildromantischen Landschafts- und Naturschutzgebiets Karwendel überquert. In Tirol dominieren dann saftige Wiesen und malerische Bauernhöfe, unterbrochen von Gebirgsbächen und schroffen Felswänden.

www.via-bavarica-tyrolensis.com



Schieberschächte

Mit der Anhebung des höchsten Stauziels von 764 auf 767 mNN waren auch an den Schieberschächten der Grundablass- und Triebwasseranlagen umfangreiche Anpassungen vorzunehmen. So musste der Zugang zum Grundablass an die neue Straßenhöhe angeglichen und die Belüftungseinrichtungen in den Windenkavernen der beiden Schieberschächte geändert werden. Die Eingangstüren und die nicht mehr dem Stand der Technik entsprechenden elektrischen Einrichtungen wurden erneuert.



◀ Grundablass - Sanierung des Schieberschacht-Zuganges

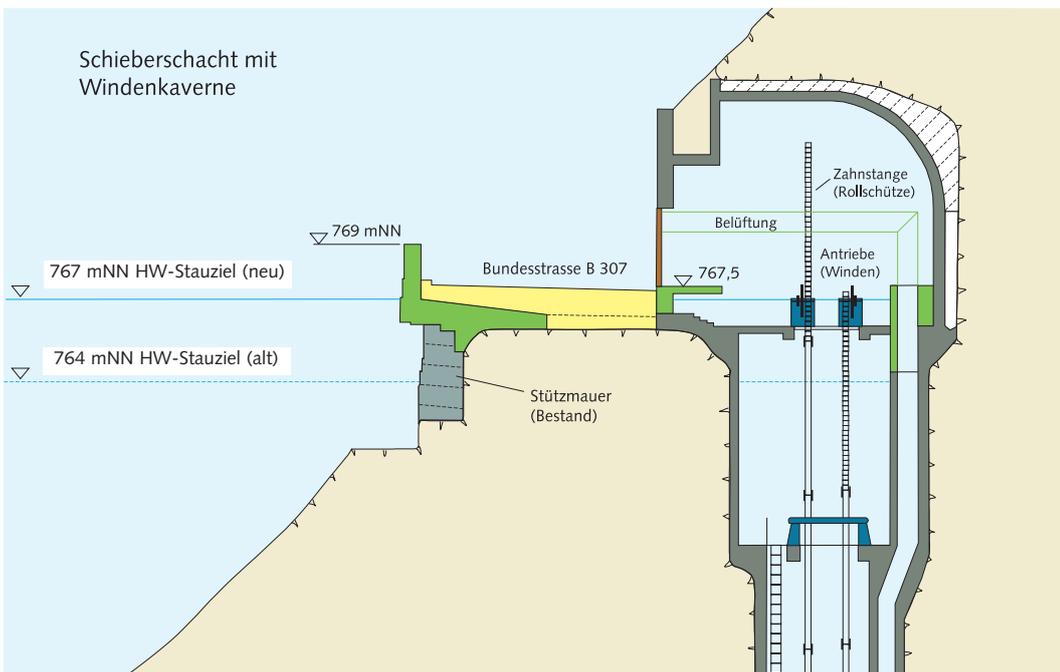
▶ Laufrolle - alter Zustand mit beschädigter Lauffläche



▶ Restaurierte Laufrolle mit Achse



Ein Austausch aller Steuerleitungen durch Glasfaserleitungen gewährleistet, dass zukünftig keine Störungen durch Blitzeinwirkung mehr zu erwarten sind. In einem aufwändigen Verfahren mussten die 40 Jahre alten Verschlusseinrichtungen (Rollschützen) abgestrahlt, neu konserviert und mit neuen Dichtungen belegt werden. Die Laufrollen- und deren Gleitschienenoberflächen konnten zum Teil restauriert werden. Die Steigleitern in den Schieberschächten wurden erneuert. Außerdem wurden Bergungseinrichtungen für Notfälle in den bis zu 40 m tiefen Schächten installiert.



◀ Schieberschacht mit Windenkaverne

Schützensanierung

Die 4 Rollschützen der Triebwasser- und Grundablassanlagen wurden nach einem genauen Betriebsablaufplan auf einer Arbeitsbühne nacheinander abgestellt. Dort wurden die Laufrollen und die Dichtungen demontiert. In der Werkstatt der ausführenden Firma wurden die Rollen in ihre Einzelteile zerlegt und untersucht. Bei fast allen Laufflächen der Rollen wurden Abnutzungserscheinungen festgestellt. Es wurde festgelegt, die Laufflächen einige Millimeter abzudrehen, aufzuschweißen und wieder auf das Planmaß nachzudrehen. Die meisten Wälzlager der Rollen waren in einem guten Zustand. Die Gummidichtungen der Schützen wurden aufgrund ihres Alters komplett erneuert. Nach dem Abstrahlen der Konservierung konnten die Schützen begutachtet werden. Trotz der langen Betriebszeit von 42 Jahren wurden kaum Mängel an den Schützen und deren Zugstangen festgestellt. Nach der Neukonservierung der Schützen und der Montage der Laufrollen und Zugstangen konnten die sanierten Verschlussorgane wieder betriebsbereit montiert werden.



▲ Schützensanierung in Arbeit ...



▲ ... und fertig



▲ Zugang zur Schützenkammer mit dem Boot

Anpassung der neuen Hochwasserentlastung

Beim Bau der neuen Hochwasserentlastungsanlage (1994 bis 1997) stand das Ergebnis des Genehmigungsverfahrens für die Dammerhöhung noch nicht fest. Die Höhe der Überlaufschwelle im Einlaufbauwerk musste daher zunächst für das alte Hochwasserstauziel ausgelegt werden. Da seitens der Wasserwirtschaftsverwaltung auf eine positive Entscheidung des Genehmigungsverfahrens gehofft wurde, hatte man bereits in der Planungsphase eine Konstruktion gewählt, die nachträglich eine einfache Anhebung der Überlaufschwelle möglich machte. So wurden die Deckenplatten am Einlaufbauwerk und die Rücken der Überlaufschwelle aus Betonfertigteilen hergestellt.

► Einheben der 6 Tonnen schweren Überlaufschwelle durch die geöffnete Plattform des Einlaufbauwerkes



Nach der Erhöhung der Talsperre um 3 Meter wurden im Frühjahr 2000 zunächst die etwa 15 Tonnen schweren Fertigteilplatten der Einlaufdecke abgehoben. Dann wurden die Überlaufschwellesegmente von den Auflagerwänden durch die Deckenöffnungen gehoben und seitlich gelagert. Anschließend konnten die Auflagerwände um 3 Meter aufbetoniert werden.



▲ Schwelleneinbau



Nach dem Wiedereinheben, Setzen, Befestigen und Abdichten der Überlaufrücken wurde die Deckenöffnung geschlossen und die rund 700 m² große Deckenplattform begrünt und bepflanzt. Sie dient heute als Aussichtsplattform mit sehr schönem Blick auf den Damm und den fjordartigen Seitenarm (Walchental) des Speichersees.



◀ Einsetzen der Überlaufschwelle



▲ "Guckloch" in den Fallschacht des Einlaufs. Auf der Rückseite des Gebäudes wurden Informationstafeln angebracht

Im mittleren Bereich der Plattform wurde ein Informationsstand in Form eines kleinen Häuschens erstellt. An der nördlichen Dachfläche sind Informationstafeln befestigt, die südliche Dachfläche erlaubt durch ein eingebautes Glasfenster den Besuchern einen Blick in das Innere des bis zu 30 Meter tiefen Einlaufschachtes. Die Plattform ist vom naheliegenden Parkplatz am "Paradies" über einen Fußweg gut zu erreichen.



◀ Fertige Plattform des Einlaufbauwerkes der neuen Hochwasserentlastung

Neuer Revisionsverschluss am Triebwasserstollen

Alle 5 bis 10 Jahre sind der Triebwasser- und Grundablassstollen auf ihren baulichen Zustand zu überprüfen. Dazu müssen die am Seeboden liegenden Stolleneinläufe durch eine zehn Tonnen schwere Verschlussstafel, eine sogenannte Revisionschütze, verschlossen werden. Diese, im Einlaufbauwerk verriegelten Schützen, konnten bisher nur bei abgestautem Speichersee mit Hilfe von Montagetürmen und Flaschenzügen bewegt werden. Dieser aufwändige und langwierige Vorgang durfte aus Sicherheitsgründen nur in den Wintermonaten (Februar bis April) außerhalb der hochwassergefährlichen Zeit durchgeführt werden. Neben extremen Witterungsverhältnissen waren auch fischereiliche und landschaftsästhetische Beeinträchtigungen problematisch.

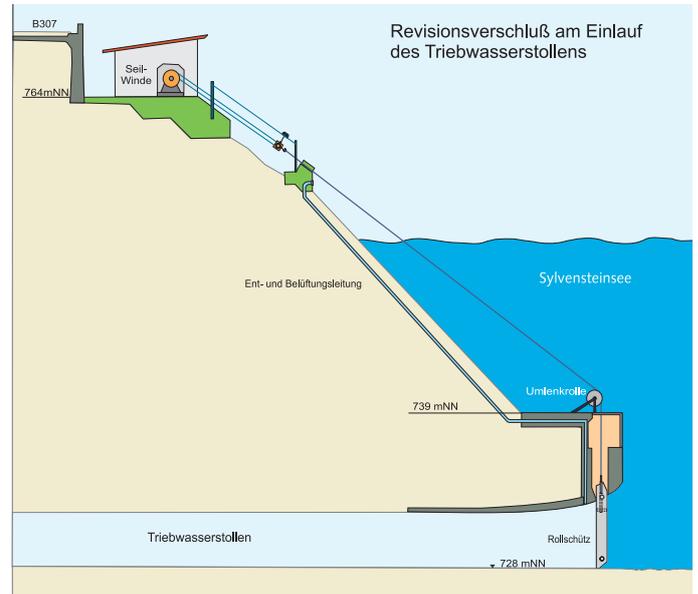


◀ Der alte Revisionsverschluss war oft nur unter schwierigen Bedingungen zu setzen

Deshalb wurden in der Vergangenheit immer wieder Überlegungen angestellt, diesen enormen Aufwand und die daraus entstehenden Probleme zu umgehen. Dringlich wurde die Problemlösung dann 1997, als die Entscheidung getroffen wurde, am Sylvensteinspeicher ein zweites Kraftwerk zu bauen.



▲ Extreme Winterverhältnisse erschweren die Umbaumaßnahmen



Bereits in der Planungsphase stand fest, dass durch den Anschluss des Kraftwerkes an den Triebwasserstollen dessen Revisionsverschluss während der Bauzeit einige Monate geschlossen sein muss. Außerdem war klar, dass nach Inbetriebnahme des Kraftwerkes der Triebwasserstollen mit Abzweig zum Kraftwerk öfters als bisher zu Inspektionszwecken zugänglich sein muss. Diese Überlegungen führten schließlich zu der Entscheidung, die sanierungsbedürftige Verschlussstafel durch eine neue Anlage zu ersetzen, mit der es jederzeit möglich ist, den Einlauf am Triebwasserstollen ohne Speicherabsenkung zu verschließen. Die Konzeption der Anlage sah eine im Einlaufbauwerk verriegelte Verschlussstafel vor, die über Führungsrollen und Schrägseilzugwinde zu schließen bzw. zu öffnen ist. Die Ver- und Entriegelung der Tafel wird von einem Taucher durchgeführt.



▶ Revisionsverschluss - Umbau am Einlaufbauwerk



▲ Winterlandschaft im abgestauten Stausee

Bereits im Spätherbst 1998 wurde der Speichersee langsam abgesenkt, so dass Anfang Februar das tiefste Absenktziel fast erreicht war. Während dieser Zeit wurden die Außenarbeiten an den Windenfundamenten, Seilführungs- und Belüftungseinrichtungen erledigt. Aufgrund der steilen Felsböschungen waren diese Arbeiten sehr zeit- und kostenaufwändig.

Die Umbauten am Einlaufbauwerk und der Einbau der neuen Revisionsschütze konnte erst bei abgesenktem Stausee in den Monaten Februar/März 1999 geschehen. Gerade während dieser Bauphase kam es zu ungewöhnlich ergiebigen Schneefällen, so dass zeitweise Schneehöhen bis zu 1,50 m und Temperaturen bis zu minus 20 Grad die Arbeiten fast zum Erliegen brachten.

Dennoch gelang es der bauausführenden Firma und dem Fachpersonal des Sylvensteinspeichers durch hervorragenden Einsatz und Flexibilität den geplanten Fertigstellungstermin einzuhalten. Am 1. April wurde mit dem Wiederaufstau des Sees begonnen. Durch starke Schneeschmelze infolge Warmlufteinbruch und kleinere Hochwasser konnte der Speichersee innerhalb weniger Tage auf Normalstau gebracht werden.

Die Revisionsverschlussanlage hat sich seither mehrfach bestens bewährt. Sie vereinfacht die Stolleninspektion erheblich.



▲ Fertiger Revisionsverschluss - kurz vor Ostern 1999 konnte das Startsignal zum Wiederaufstau des Sees gegeben werden

Modernisierung und Erweiterung der Betriebsgebäude

Im Zuge der Dammerhöhung wurden auch die 40 Jahre alten Betriebsgebäude modernisiert, erweitert und den neuen Anforderungen angepasst. Die Betriebszentrale mit Schaltwarte, Steuereinrichtungen und Umspannanlage wurde komplett modernisiert und architektonisch neu gestaltet.



▲ Betriebsgebäude im alten Zustand



▲ Betriebsgebäude nach der Modernisierung

Die in den vergangenen 40 Jahren je nach Bedarf, Zug um Zug aneinander gereihten Nebengebäude wurden teils saniert, teils abgerissen und durch ein neues Nebengebäude mit Werkstätten, Lager- und Fahrzeugräumen sowie Aufenthalts- und Büroraum ersetzt. Bei der Gestaltung der Gebäude wurden die Vorgaben der ortsüblichen Bauformen berücksichtigt. Die Versorgungsanlagen für Heizung, Trinkwasser, Abwasser etc. wurden komplett erneuert und dem Stand der Technik entsprechend ausgeführt. In den Jahren 2008 bzw. 2009 wurde die aus der Bauzeit stammende Wasserversorgung komplett saniert.



▲ Betriebsgebäude - im Vordergrund die neu gestaltete Hochterrasse (Ausgleichsfläche)

▶ Das Notstromaggregat sichert den Betrieb bei Netzausfall



▲ Im neuen Nebengebäude sind Werkstätten, Magazine, Garagen und Sozialraum untergebracht



Bauzeiten / Kosten (Dammerhöhung) *

Baumaßnahmen	Bauzeiten	Kosten
Dammverbreiterung	Sept. - Dez. 1997	240.000 €
Schüttmaterial-Aufbereitung	Sept. 1997 - Juli 2000	40.000 €
Umbau Messzentrale	Okt. - Dez. 1997	160.000 €
Umbau alte Hochwasserentlastung	Sept. 1997 - Mai 1998	615.000 €
Anpassung der Kerndichtung	April - Juli 1998	320.000 €
Erweiterung des Damm-Kontrollsystems	Juni - Juli 1998	470.000 €
Anpassung der Straßenstützmauern	April 1998 - Juni 1999	1.200.000 €
Sanierung der alten Stützmauern	Mai - Juli 1999	410.000 €
Kronenmauer	Juni - Nov. 1998	240.000 €
Radwegbau:		
Felsabtrag	Juli - Okt. 1998	255.000 €
Stollenanpassung	Sept. 1998 - Mai 1999	245.000 €
Kabeltrasse und Betondecke	Aug. - Nov. 1999	180.000 €
Anpassung Speicherpegel	Okt. - Nov. 1998	45.000 €
Umbau der Schieberschächte	Okt. 1998 - Mai 1999	160.000 €
Dammschüttung und Straßenanrampung	Okt. - Nov. 1999	245.000 €
Straßenentwässerung	April - Okt. 1999	440.000 €
Fahrbahnbegrenzungen	Sept. - Nov. 1999	190.000 €
Gehwege und Parkplätze	Okt. 1999 - Juni 2000	230.000 €
Asphaltierungsarbeiten	Juni - Juli 2000	110.000 €
Regenklärbecken	Juli - Sept. 2000	125.000 €
Dammweg-Instandsetzung	Juli - Sept. 2000	250.000 €
Restarbeiten neue Hochwasserentlastung	Mai - Sept. 2000	285.000 €
Sanierung und Modernisierung Schieberschächte	Dez. 2000 - Juni 2001	770.000 €
Landschaftsbau	Sept. 2000 - Juni 2001	110.000 €
Steuer-, Regel- und Überwachungseinrichtungen		125.000 €
Grunderwerb		70.000 €
Sonstige Kosten (Planung, Bauleitung, Gutachten usw.)		820.000 €
Modernisierung und Erweiterung der Betriebsgebäude		800.000 €
Gesamtkosten		9.140.000 €

* Bei der Umrechnung in Euro ist die Inflation nicht berücksichtigt.



◀ Restauriertes Laufrad der früheren Kaplan turbine

Bau eines zweiten Kraftwerks

Seit 1990 wird der Isar aus ökologischen Gründen durch die Teiltrückleitung in Krün ein Restwasser von 3,0 m³/s im Winter und 4,8 m³/s im Sommer zugeleitet. Seither fließen dem Sylvensteinspeicher im Jahresmittel etwa 123 Mio. m³ Wasser mehr zu. Mit diesem zusätzlichen Wasser ist es im Normalfall möglich, selbst in extrem trockenen Jahreszeiten die Niedrigwasseraufhöhung der Isar zu gewährleisten. Allerdings ergab sich daraus ein betriebliches Problem für die Steuerung des Sylvensteinspeichers. Seit Bestehen des Speichers wurde die Feinregulierung der Niedrigwasserabgabe durch die Kaplanmaschine des Kavernenkraftwerks sichergestellt. Für die Auslegung der Turbine (maximal 15 m³/s Schluckvermögen) wurden die damaligen, energiewirtschaftlich genutzten Ableitungen von Isar und Nebengewässern zum Walchensee und Achensee berücksichtigt.



▲ Baustellenübersicht - Herstellen der Bohrpfahlwand



▲ Lageplan mit Kraftwerk 2

Seit der Teiltrückleitung konnte das dem Speicher zufließende Niedrigwasser im Winter im Regelfall nach wie vor über die vorhandene Turbine feinreguliert abgegeben werden. Im Frühjahr und Sommer mussten aber zur Einhaltung des Stauziels im Sylvensteinsee und zur Sicherstellung des Mindestabflusses in Bad Tölz von 20 m³/s zeitweise wechselnde geringe Wassermengen über die Grundablässe abgegeben werden. Diese für Hochwasserabflüsse ausgelegten Ablässe, gesteuert mit 5 mal 4 Meter großen Rollschützen mit Zahnstangenantrieb, sind aber für Feinregulierungsabgaben auf Dauer nicht geeignet.

Schwingungserscheinungen führten zu einem deutlichen Verschleiß an den Verschlussorganen, zwischenzeitlich mussten diverse Unwuchten an den Laufrollen und Eintiefungen in den Führungsschienen durch Auftragsschweißung behoben werden. Außerdem wurden die Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten des 40 Jahre alten Kraftwerks in den letzten Jahren immer aufwändiger und problematischer, mit der Gefahr, dass beim Ausfall der bestehenden Turbine über längere Zeit kein Feinregulierungsorgan zur Verfügung steht. Der Einbau einer zusätzlichen Feinreguliereinrichtung wurde deshalb unbedingt erforderlich.

Damit sollten folgende Vorgaben erfüllt werden:

- Feinregulierung des höheren Wasserdargebots (Teiltrückleitung der Isar am Krüner Wehr)
- Grundüberholung bzw. Ersatz der 40 Jahre alten, mittlerweile reparaturanfälligen Kraftwerksanlage
- Optimale Nutzung des zusätzlichen Wasserdargebots zur Energiegewinnung

Letztendlich wurde entschieden, ein zweites Kraftwerk zu bauen

Umfangreiche Variantenuntersuchungen mit den Schwerpunkten Bautechnik, Wirtschaftlichkeit und Landschaftsästhetik führten zu der gewählten Lösung.

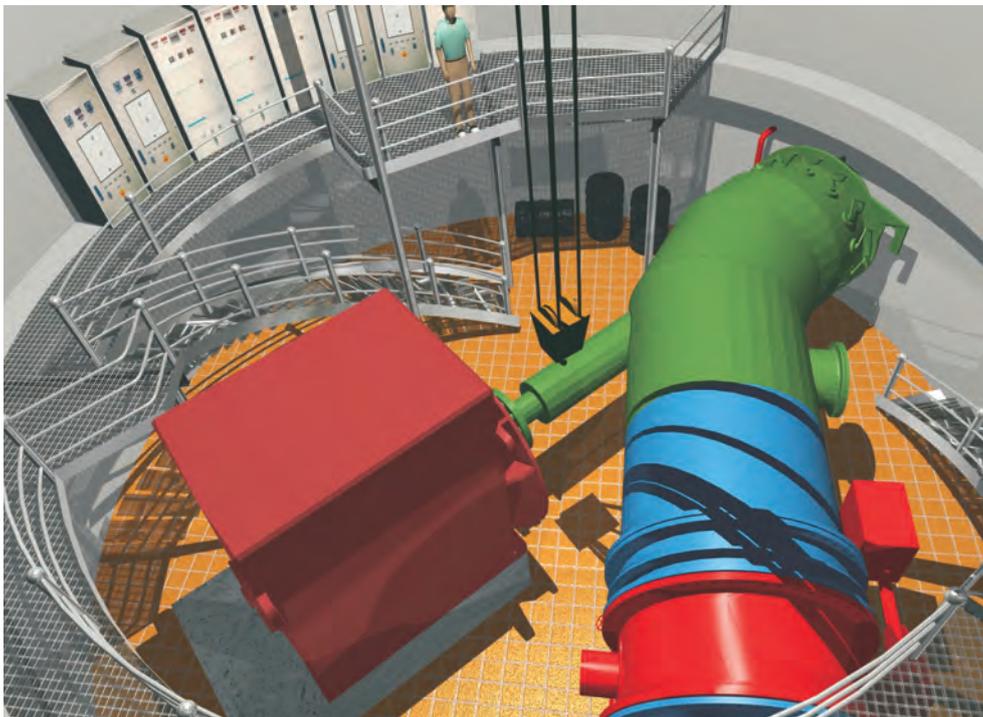


Planung des neuen Kraftwerks

Das neue unterirdische Krafthaus liegt im Lockergestein am luftseitigen Dammfuß in unmittelbarer Nähe zum rechten Dammwiderlager, einer steil abfallenden Felswand aus Hauptdolomit. Der 11,5 m tiefe Kraftwerksschacht wird durch eine überschnittene Bohrpfahlwand von ca. 16 m Pfahllänge, in Kreisform mit einem Innendurchmesser von 14 m gebildet. Das Kraftwerk ist so konzipiert, dass bei der vorgegebenen Geometrie der Maschinenteknik der kleinstmögliche umbaute Raum erforderlich ist. Als Schachtabdeckung dient eine ebenerdige Konstruktion aus

Betonfertigteilen, die zum Einbau und zur Reparatur der großen Maschinenteile abgehoben werden kann. Ein kleinerer, seitlich anschließender rechteckiger Schacht diente zum bergmännischen Auffahren des Druckstollens und heute als Zugang zum Krafthaus.

Der 70 m lange Druckstollen (2,50 m Durchmesser) wurde vom Abzweig der bestehenden Triebwasserleitung im Bereich des gewachsenen Felses ab als Stahlrohrleitung ausgeführt. Der Rechen am Beginn des Druckstollens verhindert das Eindringen von Fremdkörpern in die Turbine.



◀ Kraftwerksplanung (3D-Darstellung)

Bau des neuen Kraftwerks

Mit den Bauarbeiten konnte im August 1998 begonnen werden. Als Erstes wurde die Bohrpfahlwand, die sozusagen die Tragkonstruktion des unterirdischen Gebäudes darstellt, eingebaut. Der Kraftwerksboden wurde mit einer neuen Technik hergestellt, bei der der Boden zunächst nicht konventionell ausgehoben wurde, vielmehr wurde zuerst mit Hilfe zahlreicher Hochdruckinjektionen eine ca. 1 m dicke Erdbetonplatte in einer Tiefe von 14 m erzeugt. Dies hatte den Vorteil, dass die Baugruube anschließend im Trockenen ausgehoben werden konnte.

Nachdem der Rohbau des Kraftwerkskörpers hergestellt war, begannen im Sommer 1999 die Vortriebsarbeiten für den Zulaufstollen. Der Stollen wurde in zweimonatiger Arbeit im 24-Stunden-Betrieb in Meterschritten aus dem Felsgestein herausgesprengt. Die beengten Platzverhältnisse und die zahlreichen, sich überschneidenden Arbeitsschritte stellten hohe Ansprüche an die ausführenden Firmen und die Bauleitung von Auftraggeber und Auftragnehmer.

▼ Kraftwerksschacht mit Auslaufbereich während der Bauarbeiten





◀ Aushub



▶ Stollenverzweigung

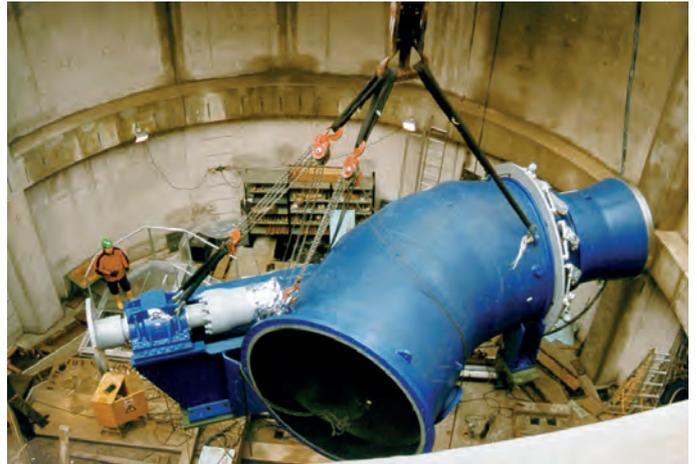
Die Tiefbauarbeiten dauerten bis Ende 1999. Im Anschluss daran konnte nach einer kurzen Winterpause mit den Montagearbeiten für die Turbine und den Generator begonnen werden. Diese beiden Hauptbestandteile des Krafthauses wurden vormontiert angeliefert, innerhalb eines Tages eingehoben und fixiert.

Obwohl das Bauwerk mit einem umbauten Raum von knapp 10.000 m³ eine imposante Größe aufweist, war die Maßgenauigkeit bis auf wenige Millimeter zu gewährleisten. Die vorgefertigten Maschinenteile, Turbine und Generator mit jeweils über 30 Tonnen Gewicht und rund 8 m Länge, mussten exakt in die Auflager und in die Zu- und Ablaufleitungen passen. Als Turbine wurde eine neuartige Compact-Axial-Turbine (CAT) gewählt, die sich durch eine kompakte Bauform, Wartungsfreundlichkeit und einen günstigen Preis durch Verwendung von Standardbauteilen auszeichnet.



▲ Blick auf das neue Kraftwerk, sichtbar ist nur das Zugangsgebäude

Die Inbetriebnahme des Kraftwerkes fand im Juni 2000 statt. Bis auf einen Schaden am Generator, der für eine zweiwöchige Unterbrechung sorgte, verlief die Inbetriebnahme weitgehend problemlos. Mit umfangreichen Tests hinsichtlich des Leistungsvermögens und aller sicherheitsrelevanten Einrichtungen der Turbine ging der dreiwöchige Probetrieb zu Ende.



▲ Einbau der neuartigen Compact-Axial-Turbine

Insgesamt waren an dem Projekt, das zeitgleich mit der Dammerhöhung des Sylvensteinspeichers durchgeführt wurde, zehn Planungsbüros und über zwanzig Firmen sowie zahlreiche Zulieferer beteiligt.



▶ Grobrechen im Zulauf zum Kraftwerk



▶ Auslauf vom Kraftwerk zum Kolksee



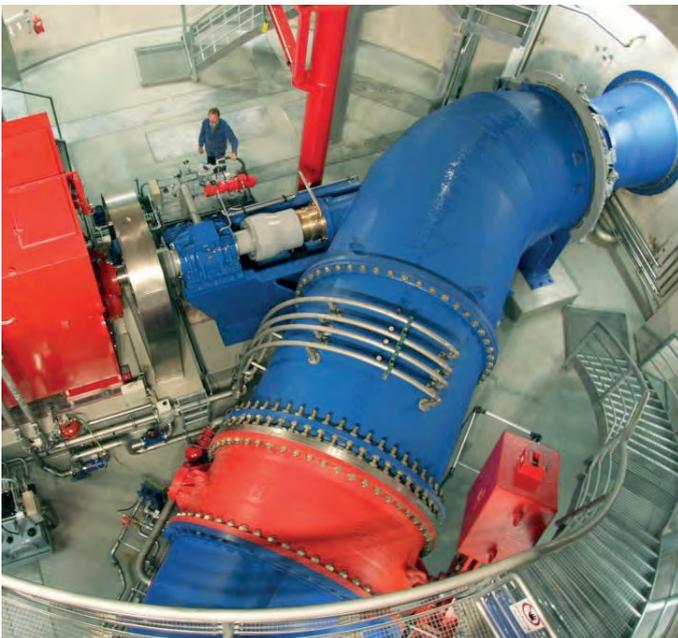
Das alte Kraftwerk blieb zunächst in Betrieb, wenn auch die Hauptlast künftig durch die neue Turbine erbracht wurde. In Einzelfällen konnte mit beiden Kraftwerken eine Gesamtwassermenge bis zu 30 m³/s abgearbeitet werden. Die Ausbauleistung stieg bei voller Ausnutzung der möglichen Abgabe von 3.200 kW auf knapp 7.000 kW an.



▲ CAT-Turbinenlaufrad



▲ Einbau der Drosselklappe zum Schnellschluss der Turbine



▲ Fertiges Kraftwerk

Bauzeiten / Kosten (Kraftwerk 2) *	
Bauphase	Bauzeit
Vorüberlegungen	ab 1985
Planungsphase	ab 1995
Ausschreibung Turbine	Oktober 1997
Ausschreibung Bauwerk	Juni 1998
Baubeginn	August 1998
Spezialtiefbau	Aug. 1998 - Sept. 1999
Stollenbau	Sept. - Dez. 1999
Einbau Turbine	März 2000
Rohbaufertigstellung	April 2000
Inbetriebnahme	Juni 2000
Anlagen	Kosten
Turbine	0,92 Mio. €
Generator	0,41 Mio. €
Bauwerk	3,58 Mio. €
Elektrotechnik	1,79 Mio. €
Sonstiges	0,97 Mio. €
Gesamt	7,67 Mio. €

* Bei der Umrechnung in Euro ist die Inflation nicht berücksichtigt.



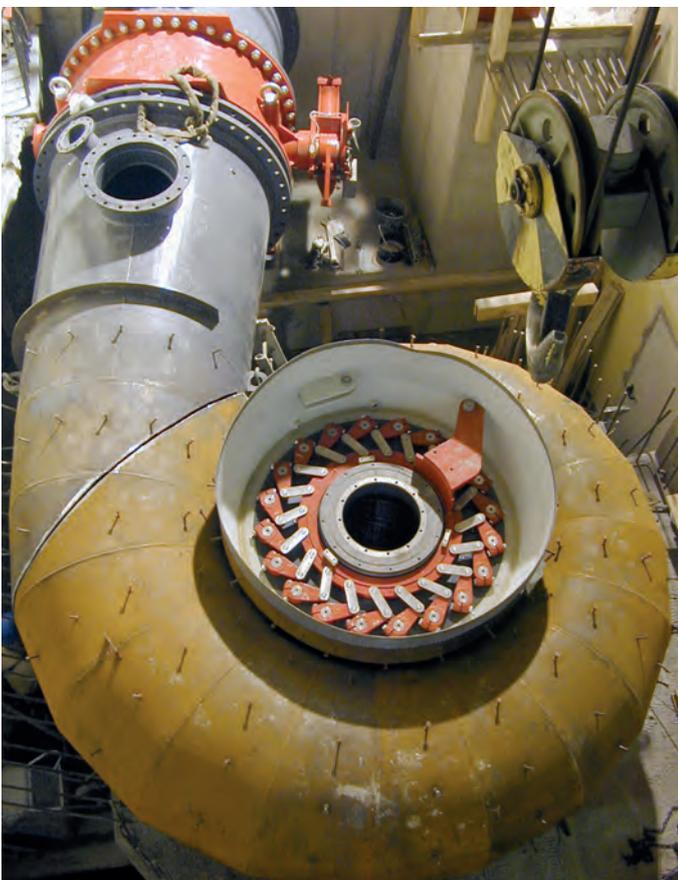
▲ Mit hydraulischen Pressen wurde das Stahlrohr zum Kraftwerkszulauf in den ausgesprengten Druckstollen geschoben

Kraftwerk 2:	
Compact-Axial-Turbine	3,8 MW
Fallhöhe	13 - 39 m
Durchfluss	15 m ³ /s
Mittlere Jahres-Stromproduktion	16 Mio. kWh

Erneuerung von Kraftwerk I

Bei der Planung des zweiten Kraftwerkes war schon vorgesehen, das alte Kavernenkraftwerk einer Generalrevision zu unterziehen und die Lager von Turbine, Getriebe und Generator gegen wartungsfreie Varianten auszutauschen. Des Weiteren sollte die verschlissene schnellschlussfähige Rohrklappe durch eine moderne Konstruktion ersetzt werden. Zudem sollte eine Lösung für die problematischen Dichtflächen der beiden Turbinenhalbschalen gefunden werden. Die Ausschreibung für diese Sanierungsmaßnahme im Jahr 2002 ergab jedoch Kosten, die um den Faktor 4 über den veranschlagten Kosten in Höhe von 400.000 Euro lagen. Eine Sanierung der bestehenden Anlage war somit unwirtschaftlich, so dass nun eine Teilerneuerung des Kraftwerkes I ins Auge gefasst wurde.

Um Kosten zu sparen, wurde bei der Planung versucht eine Standardturbinenversion in die entkernte Felskaverne zu integrieren. Eingebaut wurde letztlich eine Francisturbine mit stehender Welle und einer fallgewichtsbetätigten Rohrklappe im Zulauf. Der von der Firma Kössler/St. Pölten gelieferte Maschinensatz treibt einen direkt angeflanschten Synchron-Generator des französischen Herstellers Leroy Somer an. Der Nenndurchfluss, der als Schnellläufer (428 Umdrehungen/min) ausgelegte Francisturbine liegt bei $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Fallhöhenbereich zwischen 16 m und 32 m können maximal 2.577 kW elektrische Leistung schadstofffrei erzeugt werden. Die Inbetriebnahme der neuen Anlage erfolgte im Oktober 2004 nach einjähriger Bauzeit. Die Gesamtkosten lagen bei rund 2 Mio. Euro.



▲ Einbau der Francisturbine



▲ Blick in das erneuerte Kraftwerk

Problematisch war insbesondere der Abbruch der alten Betonfundamente in der Kaverne. Der ursprünglich als B 25 ausgeführte Beton erwies sich als sehr elastisch und trotzdem sehr zäh, vergleichbar einem Hartgummi. Wegen der jahrzehntelangen Nachhärtezeit unter optimalen Bedingungen wurde eine außerordentlich hohe Druckfestigkeit von 80 N/mm^2 angetroffen.

Neben der Turbinentechnik mussten auch der Brückenkran (25 to) und die Steuerungstechnik erneuert bzw. den neuen Bedingungen angepasst werden. Die sehenswertesten Teile der alten Anlage - das Laufrad mit Welle und Getriebe und die alte schnellschlussfähige Rohrklappe wurden ausgebaut, konserviert und sind heute als Ausstellungsstücke am Betriebsgelände zu besichtigen.

Mit dem erneuerten Kavernenkraftwerk und Kraftwerk 2 können insgesamt bis zu $25 \text{ m}^3/\text{s}$ abgegeben werden. Die maximale elektrische Leistung beträgt bei voller Ausnutzung der möglichen Wasserabgabe 6.400 kW. Die Jahresstromerzeugung der beiden Kraftwerke liegt im Mittel bei 25 Mio. kWh. Dies entspricht in etwa dem Jahresverbrauch an elektrischer Energie von 7.000 Vier-Personen-Haushalten. Der Strom wird überwiegend (abzüglich des Eigenbedarfs) in das Mittelspannungsnetz von E.ON Bayern eingespeist.

Die Kraftwerke werden von der Bayerischen Landeskraftwerke GmbH mit dem örtlichen Personal des Weilheimer Wasserwirtschaftsamtes betrieben. (Näheres siehe Kapitel „Bayerische Landeskraftwerke GmbH“)

Naturschutz und Landschaftsentwicklung

Naturschutz

Noch vor 200 Jahren war die Obere Isar von Eingriffen wenig berührt – lediglich einfacher Uferverbau für die Wegeverbindungen, einzelne Felsprengungen sowie die Nutzung für die Personen-, Holz- und sonstige Frachtflößerei prägte sie schon seit Jahrhunderten. Die Isar floss dabei als unregelmäßiger alpiner Wildfluss in einer Kulturlandschaft vom Karwendel zur Donau. In dem bis zu mehrere Kilometer breiten kiesigen Flussbett lief sie ohne festes Ufer in zahlreichen Rinnen. Rasch ansteigende und heftige Hochwasser, die große Mengen Kies und Geröll aus den Alpen mit sich brachten, bildeten das Flussbett regelmäßig um und ließen breite, vegetationslose Kiesbänke immer wieder neu entstehen.



▲ Die Isar als Wildfluss oberhalb des Sylvensteinspeichers

Die bis heute weitgehend ungestörte Sohl-, Ufer- und Auedynamik prägt ein vielfältiges kleinteiliges Mosaik unterschiedlichster Strukturen: Neben dem Fließgewässer selbst gibt es häufig umgelagerte Kies- und Sandbänke, höher gelegene und seltener überschwemmte Terrassen und Kleingewässer, die stellenweise in Kontakt zu Feuchtwiesen und Niedermooren stehen, sowie dichtere wechselfeuchte Gehölze und lichte trockene Wälder.

Diese Standorte der Oberen Isar sind Lebensräume für eine Vielzahl an Tier- und Pflanzenarten mit ganz verschiedenen Ansprüchen. Die Obere Isar besitzt also natürlicherweise eine sehr hohe Biodiversität, aufgrund der räumlichen und zeitlichen Veränderung der Standorte sowie der Vernetzung verschiedenster Lebensräume von der Quelle bis zur Mündung. Als typische Vegetationsgesellschaft auf den grobkörnigen, trockenen und nährstoffarmen Substraten der am höchsten gelegenen Terrassen der Oberen Isar hat sich der Schneeheide-Kiefern-Wald entwickelt. Er ist Lebensraum einer Vielzahl seltener Arten, allen voran zahlreicher Orchideen.



◀ Naturraumtypischer Schneeheide-Kiefern-Wald



▲ Flussregenpfeiffer – eine Leitart naturnaher Alpenflüsse, brütet auf Isar-Kiesbänken



▲ Deutsche Tamariske – typische Pionierart auf neu gebildeten Kiesflächen der Oberen Isar



▲ Schneeheide – namensgebende Art der Schneeheide-Kiefern-Wälder

Ihr Wildflusscharakter, insbesondere die ausgeprägte Umlagerungsdynamik, hat die Isar lange Zeit vor Eingriffen bewahrt. Mit zunehmenden technischen Möglichkeiten seit der zweiten Hälfte des 19. Jh. änderte sich dies – in manchen Abschnitten sehr stark, in anderen, wie zwischen Krün und Sylvensteinspeicher wenig. Ziele der Flussbaumaßnahmen waren vor allem Verbesserung der Flößerei, Gewinnung von Siedlungs- und Kulturf lächen, Nutzung der Wasserkraft und Hochwasserschutz für Siedlungen. Den entscheidenden Eingriff in das ökologische Gewässersystem der Oberen Isar stellten der Bau des Walchensee-Kraftwerks mit Isarüberleitung (1924), Rissbachüberleitung (1949) und die Ableitungen zum Achensee dar. Durch diese Ableitungen verringerte sich der Abfluss in Bad Tölz drastisch ab. Die dadurch verursachte Wasserarmut machte den Bau eines Ausgleichsspeichers zur Niedrigwasseraufhöhung erforderlich.

Trotz dieser Eingriffe bietet heute die über weite Strecken noch frei fließende Isar im Vergleich zu vielen anderen alpinen Flüssen günstige Entwicklungsmöglichkeiten und ist neben dem Tiroler Lech die besterhaltene Wildflusslandschaft der nördlichen Kalkalpen.

Ein wesentliches Ziel des Wasserwirtschaftsamtes Weilheim ist es, durch Renaturierungs- und Unterhaltungsmaßnahmen das Fließgewässer und sein Einzugsgebiet naturnah zu entwickeln und nachhaltig zu sichern. Aufgabe ist es dabei nicht zuletzt, die wasserwirtschaftlichen und naturschutzfachlichen Ziele, sowie die Bedürfnisse von Naturerlebnis und Landschaftsgenuss der zahlreichen Ausflügler zu koordinieren.



◀ Isar oberhalb der Staffelgraben-Mündung
Flurkarte 1863



◀ Isar oberhalb der Staffelgraben-Mündung
Luftbild 2006

Flusskorrekturen, Uferbefestigungen, der Sylvensteinspeicher sowie der Bau von Wehranlagen und Ausleitungskanälen (Krün, Bad Tölz, Icking etc.) haben den Geschiebehaushalt der Isar tiefgreifend und irreversibel beeinflusst. Das fehlende Geschiebe hat zu Sohleintiefungen geführt, hat die Struktur der Kiesumlagerungsstrecken und den Wildflusscharakter beispielsweise in der Ascholdinger und Pupplinger Au verändert. Der vielstromig verzweigte Lauf mit offenen Kiesflächen wandelt sich dabei tendenziell zu einem einstromigen Gewässer in Gehölzauen. Kompensationsmaßnahmen zur Verbesserung des Geschiebehaushalts waren und sind laufend erforderlich. So wurde versuchsweise aus den Vorsperren des Sylvensteinspeichers entnommenes Geschiebe unterhalb des Damms in die Isar eingebracht. Im Hochwasserfall werden die Stauräume der Wehre gespült. An geeigneten Abschnitten wurden und werden verfestigte Kiesbänke mobilisiert. Der Rückbau von heute nicht mehr nötigen Uferverbauungen und Flussbettaufweitungen fördern Seitenerosion, eine naturnahe eigendynamische Flussbettaufentwicklung und die Erhaltung selten gewordener Flora und Fauna, die nur unter den „wilden“ Lebensbedingungen der naturnahen Isar ihre ökologischen Nischen haben. Nach Möglichkeit werden an einmündenden Wildbächen geschiebedurchgängige Rückhaltesperren eingesetzt.

Durch die Teiltrückleitung der Isar am Krüner Wehr fließt seit 1990 auf der gesamten Strecke bis zur Geschiebesperre des Sylvensteinspeichers wieder ganzjährig Wasser. Die dauerhafte Durchgängigkeit für Fische und andere Gewässerorganismen sichert eine Fischaufstiegshilfe an der Geschiebesperre. Sie hat auch zur Wiederbesiedlung dieses Isarabschnittes mit Kleinlebewesen beigetragen. Alle diese Maßnahmen haben das Ziel, die Obere Isar dem Referenzzustand „alpine Wildflusslandschaft“ wieder näher zu bringen.



▲ Neubau der Fischaufstiegshilfe an der Geschiebesperre

Der Sylvensteinstausee und seine Bauwerke sind bei weitem keine ursprünglichen Bestandteile der Natur der Oberen Isar, dennoch haben sie sich in den letzten 50 Jahren teilweise zu attraktiven Lebensräumen für Tiere und Pflanzen entwickelt. Naturnaher Sekundärlebensraum ist allem voran der See selbst – nicht nur für Fische, sondern beispielsweise auch für Wasservögel und Fledermäuse. Der Steinverbau am Stausee, den Kolkseen und der Geschiebesperre bietet vor allem Reptilien gute Versteckmöglichkeiten und Sonnenplätze. Der Schutz der Gewässerökologie des Sylvensteinspeichers ist in Abwägung mit den Erfordernissen an den Speicherbetrieb eine der komplexen Aufgaben des Wasserwirtschaftsamtes Weilheim.



▲ Uferverbau an den Kolkseen als Sekundärlebensraum für Reptilien



▲ Seeforelle - Kulturfolger des Stauseebaus und heute eine typische Fischart des Sylvensteinsees



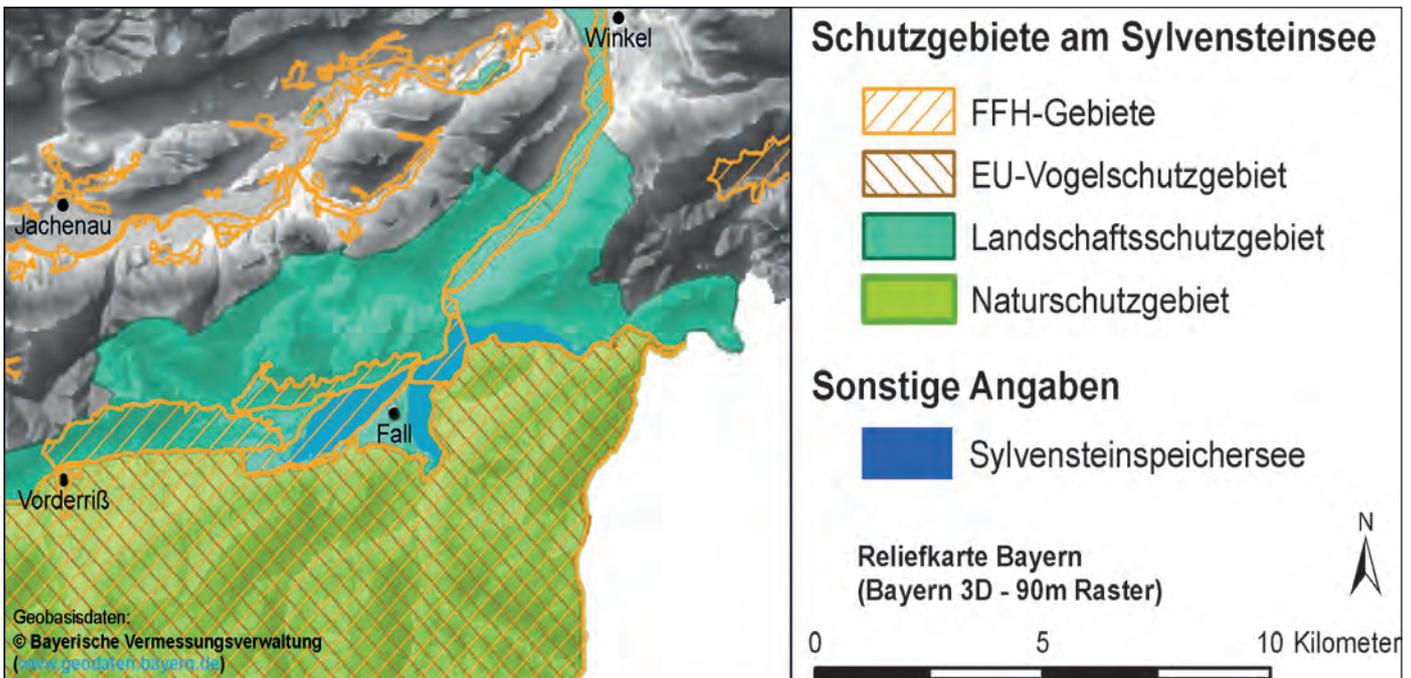
▲ Kreuzotter - typische Bewohnerin von Kiesflächen und lichten Gehölzen; Für diese Art wurde in Bayern ein eigenes Artenhilfsprogramm aufgelegt

Der Sylvensteinspeicher liegt an einem markanten naturräumlichen Schnittpunkt der bayerischen Voralpen im Isarwinkel zwischen Kocheler Bergen, Isartal, Mangfallgebirge und Karwendel. Weite Flächen sind als landesweit für Schutz von Natur und Landschaft bzw. international für die Erhaltung von Tier- und Pflanzenarten bedeutsame Gebiete ausgewiesen: Seit 1982 ist das „Karwendel und Karwendelvorgebirge“ Naturschutzgebiet. Im Europäischen Biotopverbund-Netz „Natura 2000“ bildet das „Karwendel mit Isar“ seit 2001 ein Gebiet zum Schutz der Flora und Fauna (FFH-Gebiet) und zugleich ein EU-Vogelschutzgebiet (SPA). FFH-Gebiet ist seit 2001 außerdem das „Obere Isartal“ und die „Jachenau und Extensivwiesen bei Fleck“.



◀ Steinfliegenlarve - ein typischer Bewohner unbelasteter Fließgewässer wie der Oberen Isar

Besonders wegen der Schönheit, Vielfalt und Eigenart der Landschaft und ihrem besonderen Erholungswert für die Allgemeinheit wurden „Sylvensteinsee und oberes Isartal in den Gemeinden Lenggries und Jachenau“ 1983 als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen.



▲ Gebiete unter nationalem bzw. internationalem Naturschutz am Sylvensteinspeicher

Landschaftsentwicklung

In den 1950er Jahren war die Begeisterung für die technischen Fortschritte groß, die sich auch als neue Landmarken zeigen durften. Doch für das Speicherbauwerk in der weithin bekannten Natur- und Kulturlandschaft Isarwinkel wurde bereits damals mit einem Landschaftsplan auf die Eingriffe reagiert.



▲ Dammböschung zwischen Hennenköpfl und Sylvensteinfels mit Blick auf Wiese, Regenklärteich, Kraftwerkshaus und rechten Kolksee

Für die umfangreichen Baumaßnahmen Ende der 1990er Jahre zur Nachrüstung der Speicheranlage war die naturschutzfachliche Begutachtung ein wesentlicher Teil des Genehmigungsverfahrens. Für unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft wurden, der gesetzlichen Verpflichtung folgend, Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen zur Kompensation in „Landschaftspflegerischen Begleitplänen“ erarbeitet. Es sind Gehölze und Stauden gepflanzt, Magerrasen angesät, aber auch die für die Obere Isar typischen offenen Kiesflächen angelegt worden, um sie der eigendynamischen naturnahen Entwicklung zu überlassen. Einige für Tier- und Pflanzenarten wertvolle Strukturen haben sich dadurch neu entwickelt.

Noch 2002 als Verkehrswege asphaltierte bzw. als Lagerflächen überbaute Bereiche wurden als Ausgleichsmaßnahme zu Kiesrohboden umgestaltet und zeigen sich heute als artenreiche Magerstandorte.



◀ Artenvielfalt auf Sukzessions-Rohboden mit Blühaspekt: Gemeiner Natterkopf, Margerite, Hopfenklee



▲ „Ahornboden“ am Betriebsgelände: Saisonaler Weidebetrieb – eine der typischen Nutzungsformen der Kulturlandschaft Isartal

Am Teich unterhalb der Dammböschung, der als Regenwassersammler dient, hat sich ein breiter Schilfgürtel mit Arten wie Rohrkolben, Froschlöffel und Schwanenblume entwickelt.



▲ Teich unterhalb der Dammböschung; Zustand nach der Bepflanzung im Jahr 2003



▲ Gut entwickeltes, artenreiches Stillgewässer 2009



Gewässerökologie

Auf der nordexponierten Dammböschung zwischen Hennenköpfl und Sylvensteinfels hat sich ein buntes Mosaik aus sonnigen Trockenrasen, schattigen feuchten Hochstaudenfluren sowie Gehölzgruppen gebildet. Aus Gründen der Bauwerkssicherheit müssen zu groß gewordene Bäume regelmäßig entfernt werden. Die Wiese zwischen den Kolkseen wird extensiv 2mal im Jahr gemäht.



◀ Oberste Dammböschung nach Abschluss der Baumaßnahmen und Auftrag von Humus 1997



▲ Oberste Dammböschung als Wiese mit einzelnen Gehölzen 10 Jahre später

Die Außenanlagen am Betriebshof wurden im Jahr 2003 landschaftsarchitektonisch neu gestaltet und soweit möglich die versiegelten Flächen in Grünflächen verwandelt. Die Baumarten Kiefer und Bergahorn nehmen Bezug auf die typischen Waldformen des Oberen Isartals, den „Schneeheide-Kiefern-Wald“ des Tals und die „Buchen-Mischwälder“ der Berghänge, Steinfindlinge und ein kleiner Brunnen gliedern die ehemals asphaltierte Fläche neu. Sitzbänke stehen den zahlreichen Fachbesuchern des Sylvensteinspeichers aus nah und fern zur Verfügung. Zentraler Blickfang des Betriebsgeländes ist das restaurierte Laufrad der früheren Kaplanturbine.



▲ Außenanlagen am Betriebshof – im Jahr 2003 neu gestaltet

Gewässerqualität

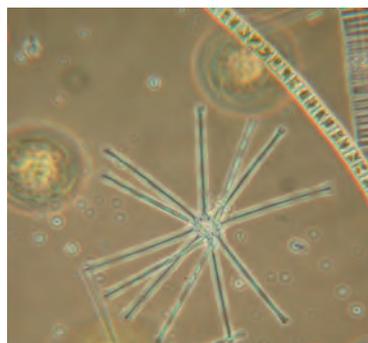
Der Sylvensteinspeicher hat den Charakter eines Flusstausees. Die drei Zuflüsse – Isar, Dürrach und Walchen – führen dem See kaltes, nährstoffarmes Wasser zu. Die Durchflussrate ist relativ hoch, die Wassererneuerungszeit beträgt im Mittel nur 22 Tage. Wie bei vielen unserer Seen durchmischen sich die Wasserschichten des Sylvensteinspeichers zweimal im Jahr.

Aktuelle Untersuchungsergebnisse der Technischen Gewässeraufsicht dokumentieren den nährstoffarmen Charakter des Sees. Der Sylvensteinspeicher ist damit neben dem Walchensee, dem Eibsee und dem Königssee einer der wenigen oligotrophen Seen Bayerns.

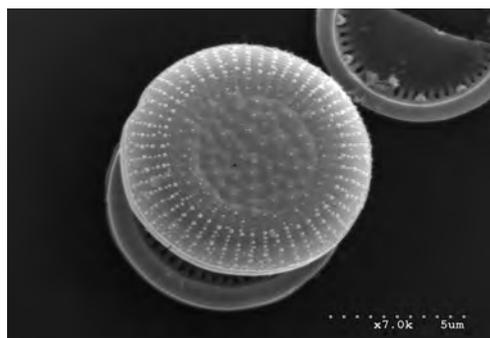
Das bedeutet:

- Er enthält nur sehr geringe Konzentrationen an Phosphat und Nitrat
- Das Algenwachstum ist sehr gering; bei den Planktonalgen überwiegen typische Arten nährstoffarmer Seen
- Die Chlorophyllkonzentrationen – ein Maß für die Algendichte – sind ebenfalls niedrig
- Die Sichttiefen sind meist hoch, es werden Werte bis zu 8 m gemessen; eine Ausnahme bilden Hochwasserphasen und die Zeit der Schneeschmelze, dann ist das Wasser des Sees durch mineralische Schwebstoffe stark getrübt (Sichttiefe zeitweise < 1 m)

Schwebsternchen und Scheibchenkieselalge – zwei wunderschöne Kieselalgen, die typisch für das Phytoplankton des Sylvensteinspeichers sind.



▲ Schwebsternchen



▲ Scheibchenkieselalge

Einstufung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie

Nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist der Sylvensteinspeicher Teil der Isar und als stark veränderter Fließgewässerabschnitt ("heavily modified") eingestuft. Sein ökologischer Zustand wird entsprechend seinem Typus als künstlicher Speichersee in den Alpen beurteilt, der kalkreich und geschichtet ist. Sein Trophiezustand ist oligotroph. Nach den Untersuchungen im Rahmen des WRRL-Monitorings (2007) erreicht er das gute ökologische Potential.



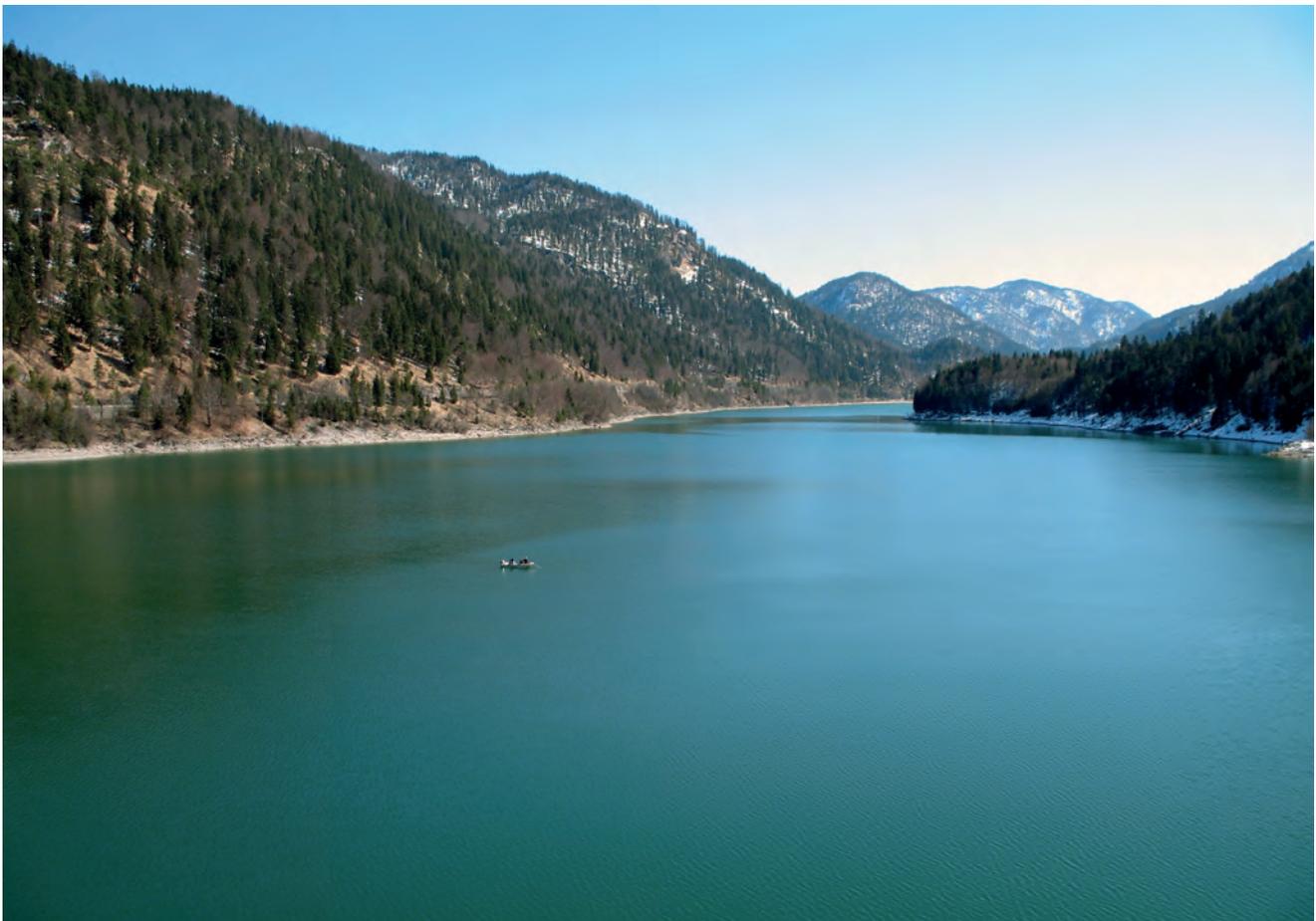
◀ Badestelle mit Liegewiese bei Fall

Badewasserqualität

Als beliebtes Freizeit- und Badegewässer wird der Sylvensteinspeicher während der Badesaison vom Landratsamt Bad Tölz-Wolfratshausen regelmäßig hinsichtlich seiner bakteriologischen Belastung untersucht.

Überschreitungen der Qualitätsanforderungen sind nicht bekannt. Als EU-Badegewässer wurde der Sylvensteinspeichersee erstmals 2008 gemeldet. Die Badestelle bei der Liegewiese ca. 200 m westlich des Ortes Fall wird während der Badesaison monatlich beprobt. Die Ergebnisse werden auf den Internetseiten des Landratsamts Bad Tölz - Wolfratshausen veröffentlicht.

▼ Winterliche Wasserprobennahme auf dem Sylvensteinspeicher



Der Betrieb des Sylvensteinspeichers

Steuerung der Speicher- und Kraftwerksanlagen

Neben der Wasserabgabe und dem Hochwasserrückhalt beeinflussen weitere Randbedingungen die Steuerung des Speichers. So sind die Abflussverhältnisse im Isartal, der Wasserstand im Sylvensteinsee, Störungen an den Betriebsorganen, Belange der Fischerei und Flößerei sowie die Erwartungen der Erholungssuchenden und anderes mehr zu berücksichtigen. Dabei sind Zielkonflikte nicht auszuschließen. Von großer Bedeutung ist die Speichersteuerung bei Baustellen im Unterlauf der Isar sowie Kiesspülungen oder Baggerungen. Bewirtschaftungsentscheidungen können daher nur unter Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Situation sowie einzelner Ziele und Vorgaben getroffen werden. Als Richtlinie für diese Entscheidungen dienen die Betriebsvorschrift und der Bewirtschaftungsplan, in denen die wesentlichen Vorgaben festgelegt sind. Die Steuerung der Speicher- und Kraftwerksanlagen erfolgt von der Betriebszentrale aus. Das technische Herzstück bildet die Schaltwarte mit Steuerzentrale und Bewirtschaftungsleitstelle. In einem Rechnernetz laufen dort die Betriebszustände, Meldungen, hydrologische Daten sowie Mess- und Kontrolldaten auf. Eine Vielzahl von Betriebseinrichtungen können von der Schaltwarte aus ferngesteuert werden.



▲ Neue Schaltanlage für den Kraftwerksbetrieb

Für die Darstellung der Informationen stehen auf den Monitoren Anlagenbilder, Meldebilder, Grafiken und Protokollausdrucke zur Verfügung. Sie ermöglichen eine übersichtliche Darstellung des aktuellen Betriebszustands und der Überwachungsdaten sowie die Dokumentation von Meldungen und Anweisungen.

Die Daten- und Signalübertragung erfolgt über eigene Leitungen (meist Glasfaserleitungen) und über das öffentliche Telefonnetz. Bei Störungen oder Grenzwertüberschreitungen wird Alarm ausgelöst.

Die Betriebszentrale ist nur während der üblichen Arbeitszeiten besetzt. Außerhalb der Dienstzeit ist ein Bereitschaftsdienst organisiert, der bei Störungen automatisch alarmiert wird. Informationen über die Störungsursache erhält er in der Leitstelle vor Ort.



▲ Schaltwarte Sylvensteinspeicher

Speicherbewirtschaftung

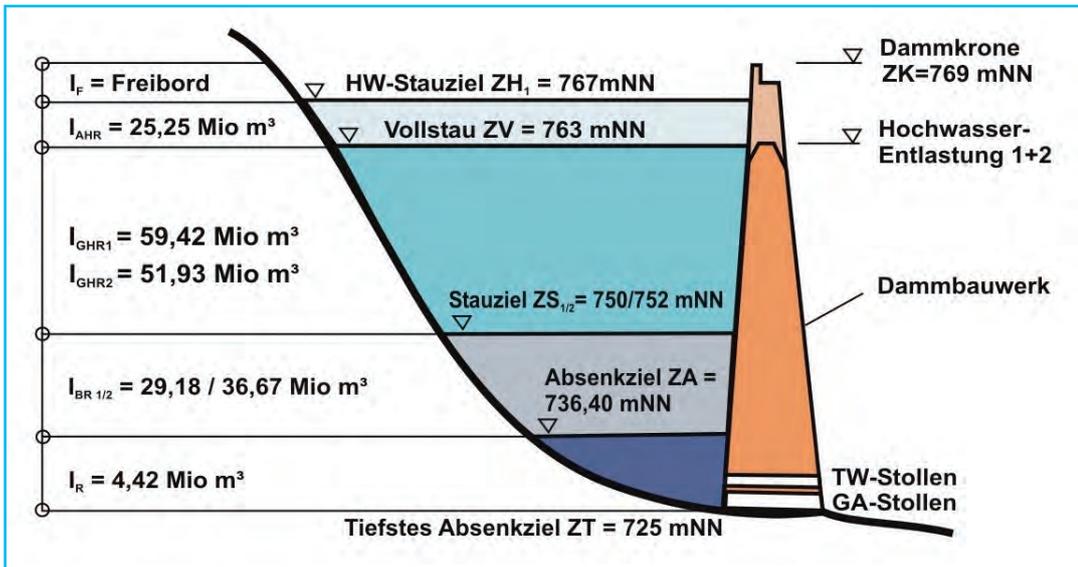
Die Hauptaufgaben des Sylvensteinspeichers sind die Sicherung einer ausreichenden Niedrigwasserführung in der Isar und der Hochwasserschutz, insbesondere für die Räume Bad Tölz und München.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben ist dem Freistaat Bayern nach Wasserrechts-Bescheid gestattet, innerhalb der Staukoten 767,00 mNN (Hochwasserstauziel) und 736,40 mNN (Absenzziel) die Isar mit Seitenzuflüssen auf- und abzustauen. Dabei soll das sogenannte "Stauziel" von 752 mNN - leicht an der dort verlaufenden Bewuchsgrenze zu erkennen - nur im Hochwasserfall überschritten werden.

Der Speicherraum zwischen Absenzziel und Stauziel (rund 30 Mio. m³) dient der Niedrigwasseraufbesserung der Isar. Dazu ist die Speicherabgabe so zu steuern, dass am Pegel Bad Tölz im Winterhalbjahr mindestens 10 m³/s und im Sommerhalbjahr mindestens 20 m³/s in der Isar abfließen.

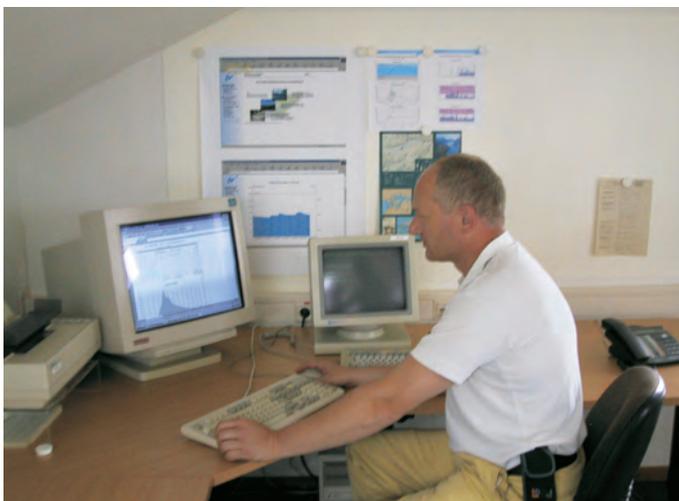
Der Raum zwischen Stauziel und Hochwasserstauziel (rund 85 Mio. m³) steht für die Rückhaltung von Hochwasserwellen zur Verfügung. Die Speicherabgabe soll dabei soweit gedrosselt werden, dass der Abfluss in Bad Tölz 650 m³/s und in München 1.100 m³/s möglichst nicht übersteigt.

Im Anschluss an eine Hochwasserwelle muss der Hochwasserschutzraum möglichst schnell wieder bis auf das Stauziel entleert werden, um gegebenenfalls neue Hochwasser aufnehmen zu können. Der oberste Bereich des Hochwasser-Rückhalterums (Retentionsraum für Katastrophenfälle) dient als Sicherheitsreserve dem Schutz der Talsperre vor Überströmung. Die Bewirtschaftung des Speichers wird im Wesentlichen durch

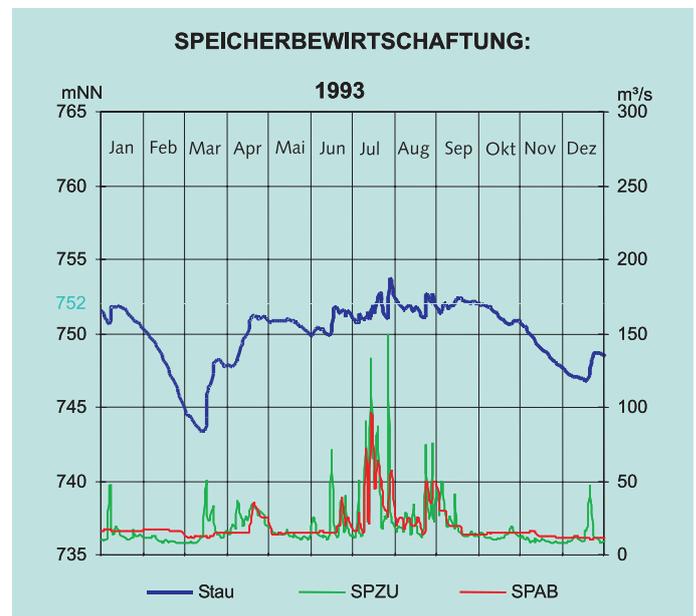


▲ Stauziele und Nutzräume des Sylvensteinspeichers

die alpinen Abflussverhältnisse des Isargebietes geprägt, d.h. im Frühjahr bis Frühsommer erfolgt mit der Schneeschmelze die Füllung des Niedrigwasserraums; von Sommer bis Herbst wird aus Gründen des Hochwasserschutzes versucht, das Stauziel (~ 750,00 mNN) zu halten, wobei gelegentliche Seeschwankungen in abflussarmen Perioden oder bei Hochwasser nicht auszu-schließen sind. In der meist trockeneren Zeit von Spätherbst bis Frühjahr folgt die durch die Niedrigwasseraufbesserung der Isarstrecke unterhalb des Speichers verursachte Absenkperiode; mit ihr schließt sich der Zyklus eines normalen Jahresablaufs.



▲ Einsatz des Bewirtschaftungsmodells am Wasserwirtschaftsamt Weilheim



▲ Jahresbewirtschaftung des Sylvensteinspeichers mit Seewasserstand (Stau), Speicherzufluss (SPZU) und Speicherabfluss (SPAB)

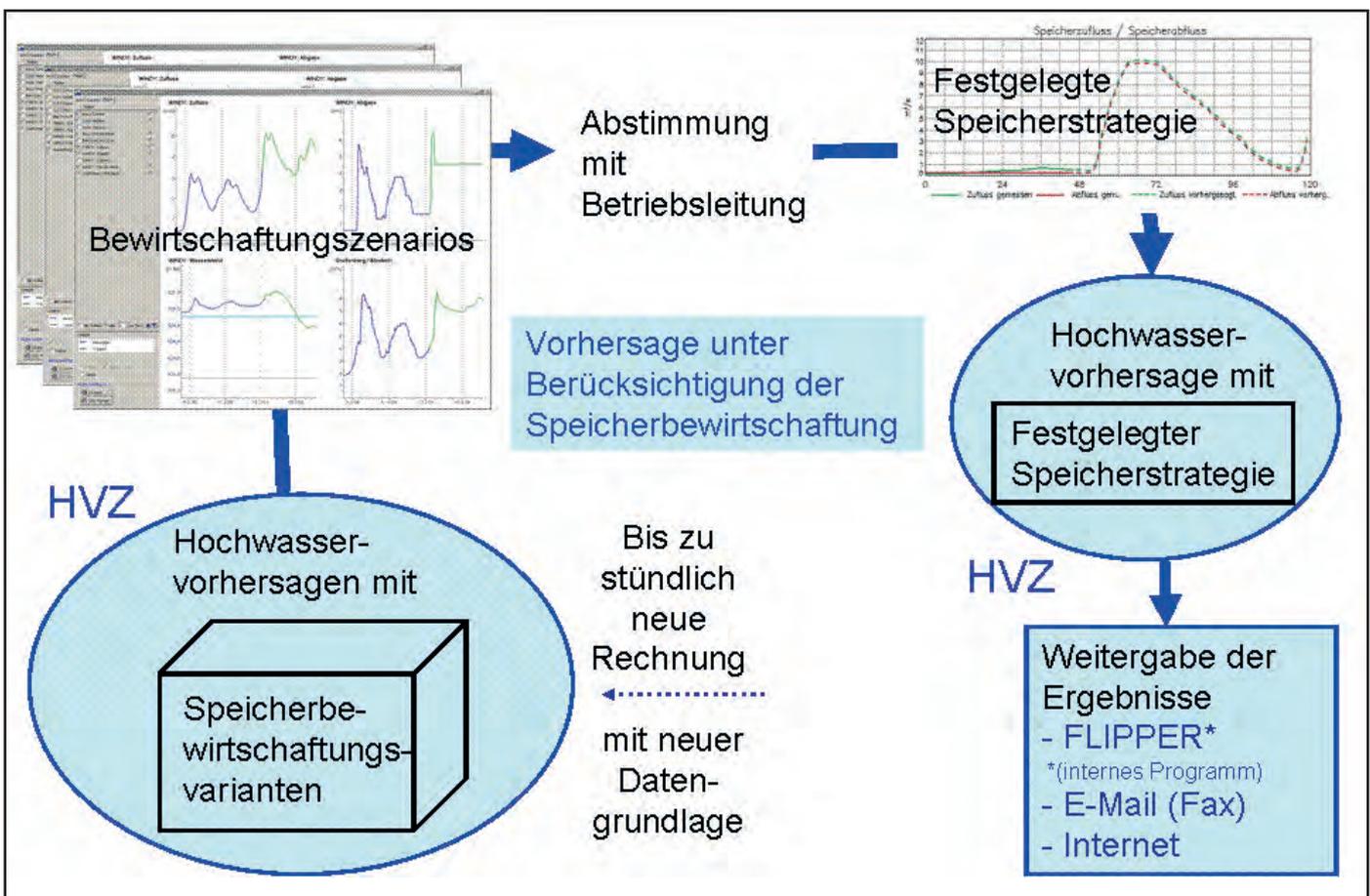


Hochwasservorhersagezentrale (HVZ)

Nach dem Hochwasser 1999 wurden flächendeckend für ganz Bayern Wasserstands- und Abflussvorhersagemodelle erstellt, die von lokalen Hochwasservorhersagezentralen betrieben werden. Seit dem Jahr 2005 ist am Wasserwirtschaftsamt Weilheim die Hochwasservorhersagezentrale Isar angesiedelt.

Sie erstellt mit einem Niederschlags-Abflussmodell für das gesamte ca. 9000 km² große Isareinzugsgebiet bis zur Donau mit allen Nebenflüssen (Loisach, Ammer, Amper) Vorhersagen. Das Abflussgeschehen im Isareinzugsgebiet wird durch die Bewirtschaftung des Sylvensteinspeichers wesentlich beeinflusst. Deshalb ist in das Niederschlags-Abfluss-Modell auch ein Speicherbewirtschaftungsmodul integriert. Dieses ermöglicht eine Vorhersage des Wasserstandes im Speicher unter gleichzeitiger Betrachtung der Abflussentwicklung im Unterlauf.

Darüber kann die Abgabe am Speicher iterativ so angepasst werden, dass der Hochwasserschutzraum optimal ausgenutzt wird, bei gleichzeitig bestmöglichem Schutz der Unterlieger. Das neue Niederschlags-Abfluss-Modell wurde erstmals beim Hochwasser 2005 erfolgreich eingesetzt und wird ständig aktualisiert und an den Stand der Technik angepasst. Es hat das vorherige Hochwasser-Bewirtschaftungsmodell, das im Jahr 1999 im Einsatz war, abgelöst. Die HVZ unterstützt den Speicherbetrieb nicht nur beim Hochwassermanagement mit Modellrechnungen, sondern auch bei der Niedrigwasseraufhöhung und beim Geschiebemanagement entlang der Isar.



▲ Ablaufschema zur Speicherbewirtschaftung



Talsperrensicherheit

Mit dem Höchststau der rund 44 m hohen Talsperre wirkt auf den Sylvensteindamm ein Staudruck von über 170.000 Tonnen. Die Beanspruchungen, die sowohl dem Damm selbst als auch dem Dammuntergrund und Dammmfeld zugemutet werden, sind dementsprechend hoch. Die Frage der Standsicherheit der Talsperre ist deshalb von äußerster Wichtigkeit. Dazu trägt neben der sorgfältigen Planung und der gewissenhaften Bauausführung auch ein umfangreiches Mess- und Kontrollsystem bei. Ziel der Kontrollmessungen ist es, eine möglichst sichere Auskunft über das Verhalten der Talsperre zu bekommen. Sie werden durchgeführt, um festzustellen und nachzuweisen, dass sich das Absperrbauwerk normal verhält, und um Abweichungen frühzeitig zu erkennen bzw. zu dokumentieren.

Bereits in der Bauphase, lange vor der Inbetriebnahme, wurden zahlreiche Messinstrumente für die spätere Kontrolle installiert. Mit diesen Messeinrichtungen werden regelmäßige Verformungen, Spannungen, Wasserstände und Wasserdrücke sowie



▲ Niederschlags-Messstation

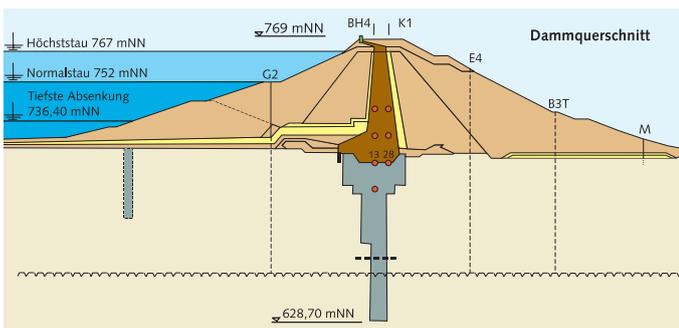
Sickerwasserabflüsse erfasst. Ziel war es zunächst, während der Bauzeit und beim ersten Aufstau die Reaktionen des Damms genau zu ermitteln. So konnte man prüfen, ob die Ergebnisse der statischen und hydraulischen Berechnungen eingehalten wurden. Seit der Inbetriebnahme geben die Messwerte und deren Auswertung und Beurteilung ständig Auskunft über den Sicherheitszustand des Damms.

Im Laufe der Betriebsjahre musste das Überwachungssystem mehrmals angepasst, modernisiert, teilweise erneuert und automatisiert werden. So entstand mittlerweile ein modernes umfangreiches Mess- und Kontrollsystem, das heute die Werte für den Betrieb liefert und die Sicherheit der Speicheranlagen gewährleistet.

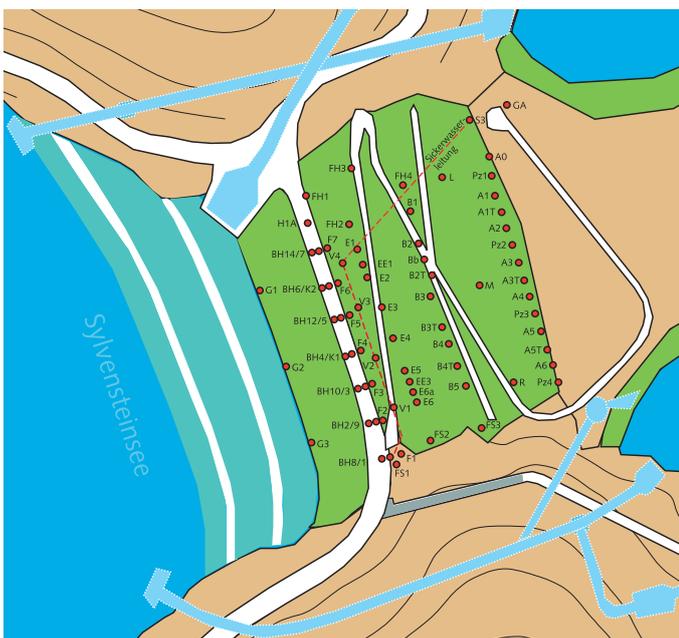
Der Umfang und die Häufigkeit der Kontrollen und Messungen zur Bauwerksüberwachung und Funktionsprüfung sind in der Betriebsvorschrift festgelegt.

Das Messsystem am Sylvensteindamm

Das Eigengewicht des Damms beträgt etwa 2 Mio. Tonnen, der Wasserdruck an der tiefsten Stelle belastet die Dammdichtung mit rund 4,0 bar und die Wasserspiegelschwankungen können bis zu 30 m erreichen. All diese Belastungen verursachen beim Betrieb der Talsperre Verschiebungen, Setzungen, wechselnde Sickerwassermengen und Grundwasserstände sowie unterschiedliche Wasser- und Erddrücke. Zur Beobachtung und Kontrolle des Dammverhaltens bei den unterschiedlichsten Belastungen wurden über 120 Messstellen im Damm und seinem Umfeld eingebaut. Die Messwerte geben zuverlässig Auskunft über den Dammzustand.



▲ Messsystem im Schnitt



▲ Umfangreiches Messsystem im Grundriss

Messungen der statischen Belastung

Auf der Dammkrone und der luftseitigen Böschung sind Messmarken eingebaut. Sie werden von Fixpunkten außerhalb der Dammaufstandsfläche optisch vermessen. Dadurch werden durch den Staudruck verursachte Verschiebungen der Dammkrone kontrolliert. Außerdem werden jährlich einmal die Höhenmesspunkte an den Beobachtungspegelrohren gemessen. Damit können oberflächliche Setzungen erfasst werden.



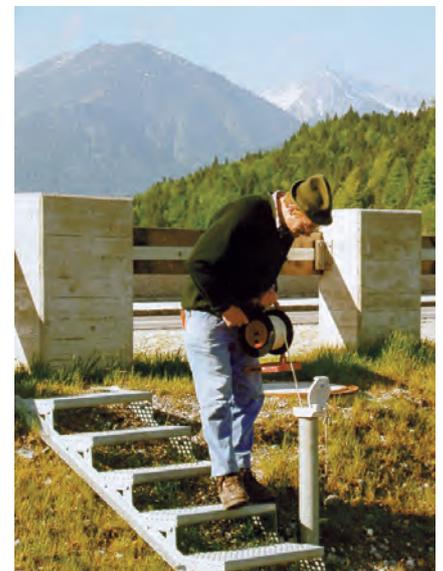
◀ Mitarbeiter des Wasserwirtschaftsamts beim Feinnivellement der Höhenfestpunkte

Messungen der hydraulischen Belastung

Wasserstands-, Wasserdruck- und Sickerwasserabflussmessungen sind hydraulische Messungen. Sie dienen der Kontrolle des Abdichtungssystems im Dammkörper, Dammuntergrund und den seitlichen Anschlüssen des Dammes an den Fels.

Eine vollkommen dichte Talsperre ist mit vertretbarem Aufwand technisch nicht realisierbar. Die Durchlässigkeit des Damms und des Untergrunds ist vielmehr so gering zu halten, dass Durchsickerungen weder zu einer Erosion noch zu einer Durchnässung der seeabgewandten Dammböschung führen.

▶ Der Wasserstand in einem Beobachtungspegel im Dam wird mit einem Lichtlot gemessen



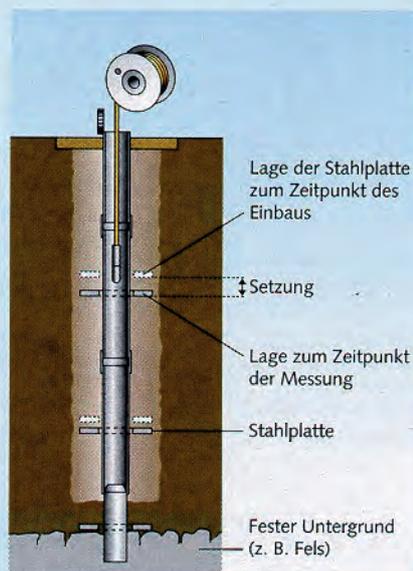
Die Setzungen in den einzelnen Zonen der Dammschüttung oder in den eingelagerten Seetonschichten im Untergrund werden mit speziellen Setzungspegeln ermittelt.

Die Setzungspegel

Die Setzungspegel bestehen aus einem Kunststoffrohr, das mit vertikal verschiebbaren Stahlscheiben senkrecht in die Dammschüttung oder in eine Bohrung eingebaut wird. Die Stahlscheiben setzen sich in gleichem Maße wie der umgebende Boden. Ihre Höhenlage wird durch eine Induktionssonde gemessen, die vom oberen Ende durch das Kunststoffrohr abgelassen wird.

Die Messgenauigkeit liegt bei 1 mm. Durch die abschnittsweise Erfassung der Setzungen ist es unter anderem möglich, die Qualität der Dammschüttung in verschiedenen Tiefen zu überprüfen.

▶ Das Prinzip der Setzungsmessung mit der Induktionssonde.



Mit Bodenfiltern wird durchtretendes Sickerwasser gezielt gesammelt und gemessen. Diese durchlässigen Zonen im Dam sind so ausgelegt, dass evtl. auftretende größere Durchströmungen ohne Gefährdung des Bauwerks abgeleitet werden können.

Der Schwerpunkt der Wasserstands- und Wasserdruckmessungen liegt in der Überwachung des Dichtungskerns und der Untergrundabdichtung. Eventuelle Änderungen der Dichtungswirkung werden auf der Dammluftseite durch höhere Wasserstände in Beobachtungspegeln oder höhere Drücke in sogenannten Piezometern gemessen.

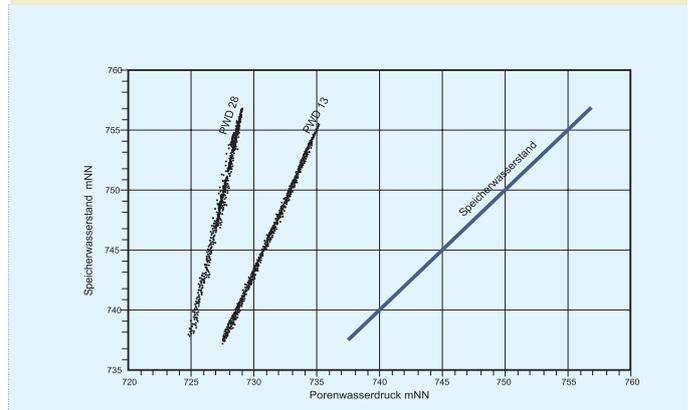
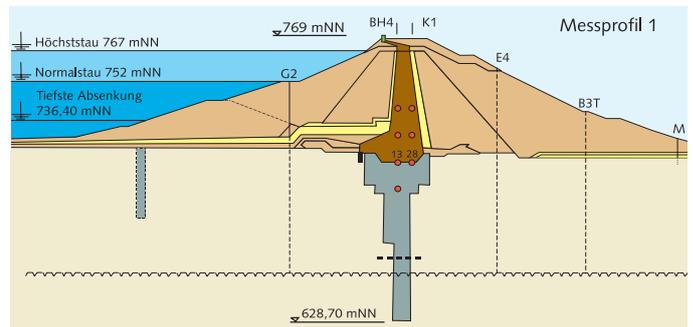


▲ Automatisch gemessene Werte (hier Sickerwasser) werden regelmäßig durch Handmessungen überprüft

Die wichtigste Einrichtung zur Überwachung der Dammdichtung ist die Sickerwassermessung. Das durch den Dichtungskern sickende Wasser wird auf der gesamten Dammlänge erfasst, in gelochten Drainageröhren gesammelt und abgeleitet. Um eventuelle Undichtigkeiten besser lokalisieren zu können wurde die Sickerwasserauffangwanne in zwei Abschnitte unterteilt. Von hier fließt das Wasser zu getrennten Sickerwassermessstellen.

Der Sylvensteindamm wurde im Abstand von 20 Metern mit sieben Messprofilen ausgestattet. Damit lässt sich der Druckabbau von der Seeseite zur Luftseite des Damms gut aufzeigen.

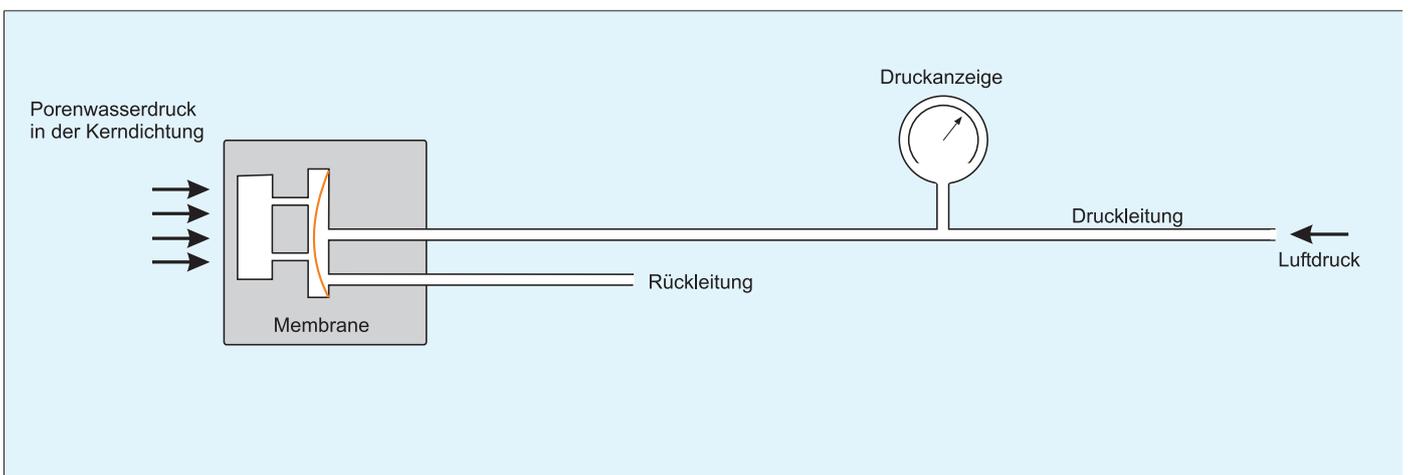
Die Messwerte werden durch hintereinanderliegende Piezometersonden in verschiedenen Messhorizonten erfasst. Sie messen direkt den Porenwasserdruck der auf die Ventilmembrane im



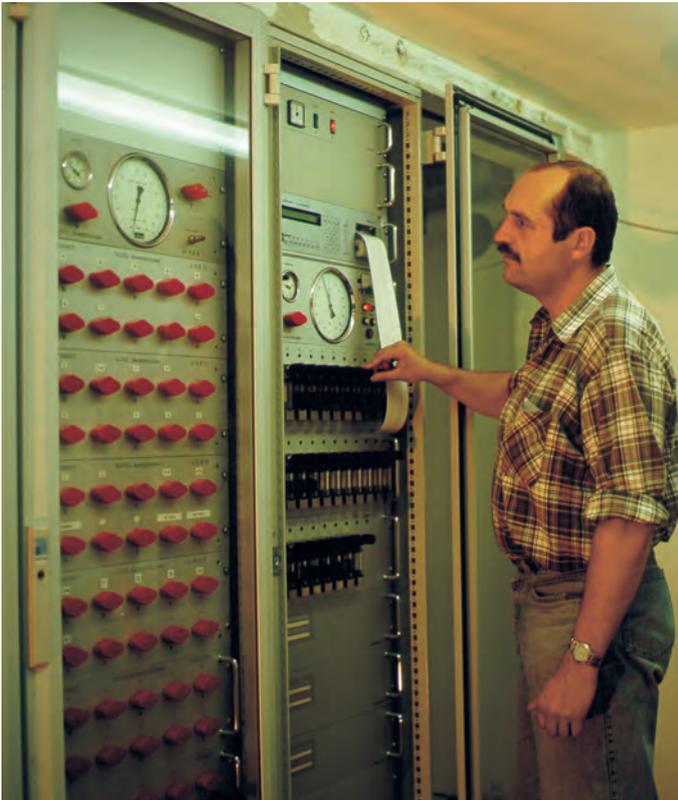
▲ Druckabbau bei hintereinanderliegenden Porenwasserdruckgebern in der Kernaufstandsfläche

Innern der Sonde ausgeübt wird. Der Porenwasserdruck hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Standfestigkeit des Damms und ist deshalb als ein wichtiger Indikator für das Talsperrenverhalten anzusehen.

Ein Netz von Beobachtungspegeln im Umfeld des Speichers erfasst die Grundwasserhältnisse. Sie messen die jahreszeitlichen natürlichen Schwankungen im Grundwasserhorizont und registrieren Änderungen die durch die Speicherbewirtschaftung entstehen.



▲ Porenwasserdruck-System - der anstehende Porenwasserdruck in der Kerndichtung wird durch einen Filterstein auf die Membrane des Druckventils übertragen. Mit Zuführung von Druckluft wird die Membrane geöffnet; der Öffnungsdruck entspricht dem anstehenden Porenwasserdruck



▲ Modernisierte Messzentrale im Damm - hier laufen alle automatisch gemessenen Sicherheitsdaten zusammen

Die Kontrollmessungen werden in der Regel täglich (im Hochwasserfall rund um die Uhr) automatisch und zum geringen Teil manuell erfasst. Mit Hilfe eines Systems zur Datenverwaltung werden die Messwerte zentral gesammelt, gespeichert und dargestellt. Das ermöglicht eine einfache Auswertung der Daten. Vom Betriebsbeauftragten wird eine abschließende Beurteilung der Sicherheitsdaten durchgeführt und der Überwachungsbehörde jährlich vorgelegt.



▲ Abflussmessung am Sylvensteinpegel mit Messflügel und Seilkrananlage



▲ Messfeld mit Temperatur-, Regen- und Schneehöhenmesser zur Ermittlung von aktuellen Wetterdaten

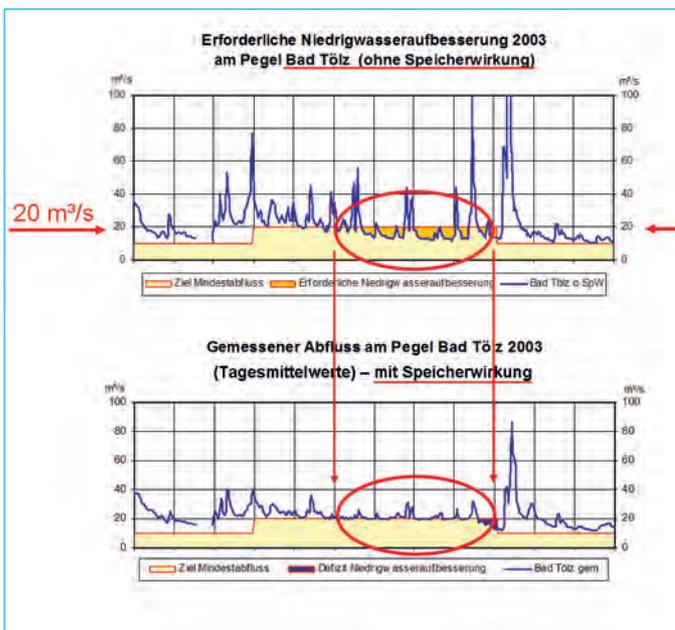
Wetterkapriolen und Speicherbewirtschaftung

Niedrigwasser 2003 und 2007

Richtig spektakulär wurde es für externe Beobachter vermeintlich im Jahrhundertsommer des Jahres 2003. So stand beispielsweise in der Süddeutschen Zeitung vom 11.08.2003 unter der Überschrift „Ein paar Millionen Liter Restwasser – Der Sylvensteinspeicher füllt die Isar ...“ zu lesen: „... Der Dürre wegen ist man hier. ... Nur in München plätschert die Isar fast gleichbleibend vollmundig vor sich hin. Warum eigentlich? Die Antwort liegt hier, am Sylvensteinspeicher, der seit seiner Fertigstellung im Jahr 1959 als der große Isar-Regulator fungiert. ...“

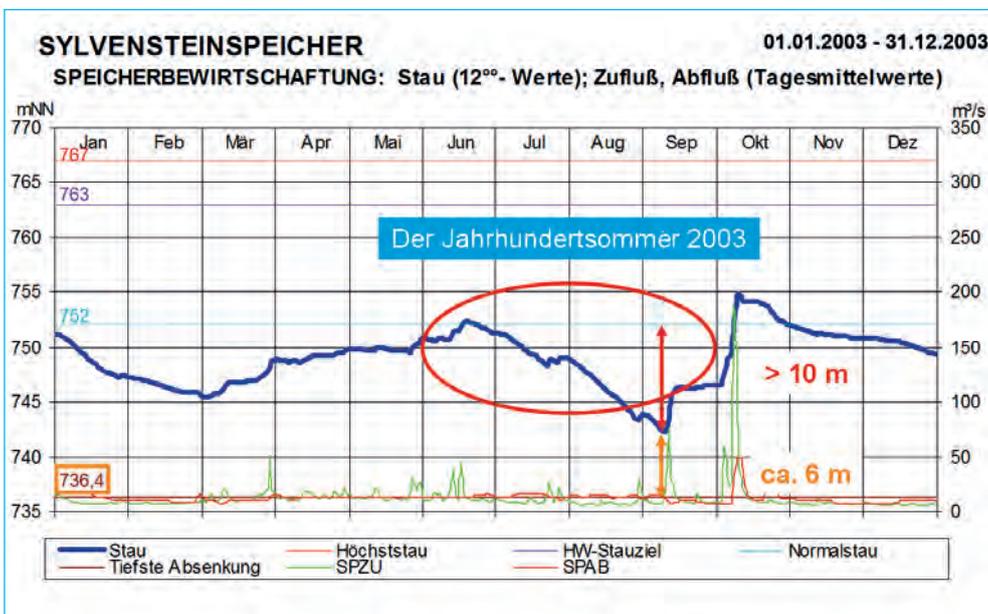


▲ Sylvensteinspeicher im Sommer 2003



▲ Erforderliches Wasservolumen zur Niedrigwasseraufbesserung im "Jahrhundertsommer 2003"

Tatsächlich konnten im Sommer 2003 die Vorgaben zur Mindestwasserführung in Bad Tölz ($20 \text{ m}^3/\text{s}$) sehr gut eingehalten werden. Die Teiltrückleitung der Isar stellte einen Grundstock von etwa 38 Mio. m^3 zur Verfügung. Der Wasserspiegel im Stausee sank um rund 10 m ab, 6 m Reserve standen immer noch zur Verfügung als endlich wieder Regen einsetzte. Da es im Übergang von Spätsommer zum Herbst für Gewässer der nördlichen Kalkalpen nicht ungewöhnlich ist, dass die Wasserführung allmählich zurück geht, wurde in Abstimmung mit der Wasserrechtsbehörde ab Mitte September die Wasserführung vorsorglich etwas reduziert. Das für die Niedrigwasseraufbesserung erforderliche Volumen dieses Jahrundertsommers, das sog. Klemmenvolumen, hätte bei rund 40 Mio. Kubikmetern gelegen. Immerhin 33,6 Mio. m^3 konnten der Isar zugegeben werden. Die Kunst der Speichersteuerung besteht darin das äußerst knappe Niedrigwasservolumen zur rechten Zeit und wohldosiert abzugeben.



Zu leichten Einschränkungen bei der Niedrigwasserführung in Bad Tölz kam es auch im April 2007, als nach einem sehr langen und niederschlagsarmen Winter die Schneeschmelze ausblieb. Gleichzeitig fiel kaum Regen, der Gesamtniederschlag im April ging auf 13,9 mm zurück. Das ist mit 11% des Monatsmittelwertes gleichzeitig der niedrigste Aprilwert seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1959. Gewässerökologische Probleme oder Fischsterben konnten auch diesmal in der Isarstrecke unterhalb des Sylvensteinspeichers dank seiner ausgleichenden Wirkung vermieden werden.

◀ Jahresganglinie der Speicherbewirtschaftung im Jahr 2003

Mit einem Blick auf den Winter 1962/1963 relativieren sich beide Ereignisse sehr schnell. Wie im Kapitel Niedrigwasseraufhöhung auf Seite 27 dargestellt, sind die Jahre extremsten Wassermangels seit Beginn der Teiltrückleitung am Krüner Isarwehr vermutlich vorbei. Dem wohl als „Jahrhundertwinter“ zu bezeichnenden Winter 1962/1963 waren ein ungewöhnlich trockener Spätsommer und Herbst vorausgegangen. Aus dem gut gefüllten Speicher begann Ende Juli 1962 die Niedrigwasseraufhöhung, Mitte Oktober war der Vorrat von rund 40 Mio. m³ aufgebraucht. Nahezu 6 Monate lang blieb der Speicher auf dem Absenkniveau. Das sich ergebende Defizit während dieser Wasserklemme lag bei etwa 70 Mio. m³. In der Isar floss über etwa ein halbes Jahr nicht einmal halb soviel Wasser wie laut Bescheid vorgegeben. Natur und Gewässergüte litten damals unter der extremen Wasserknappheit. Mit einem insgesamt erforderlichen Klemmenvolumen von etwa 110 Mio. m³ dürfte dies wohl den Maximalwert in 50 Betriebsjahren dargestellt haben.



▲ Blick in den Speicherraum bei winterlicher Maximalabsenkung



▲ Der Sylvensteinspeicher bei winterlichem Stauziel

Niedrigwasserinformationsdienst (NID)

Am 4. September 2008 wurde im Beisein des damaligen Umweltministers Otmar Bernhard am Sylvensteinspeicher der Startschuss für den Niedrigwasserinformationsdienst (NID) gegeben.

Der NID soll rechtzeitig Informationen über zu erwartende niedrige Wasserstände bzw. Abflüsse in oberirdischen Gewässern, niedrige Grundwasserstände bzw. geringe Quellschüttungen, hohe Wassertemperaturen und niedrige Sauerstoffgehalte liefern. Mögliche Auswirkungen auf relevante wasserwirtschaftliche Nutzungen (insbesondere Kühlwasserthematik, Abwasser-einleitungen, Trinkwasserversorgung) sollen dargestellt werden. Außerdem soll ein Managementsystem aufgebaut werden, um angemessen auf derartige Fälle reagieren zu können (gezielte bedarfsorientierte Informationsweitergabe, Ablaufpläne, Handlungsanleitungen, Arbeitshilfen etc.). Die relevanten Daten wurden im Internet der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Im Internet:
www.nid.bayern.de



▲ Umweltminister Otmar Bernhard und Christian Wanger, Amtsleiter des Wasserwirtschaftsamt Weilheim beim Startschuss für den Niedrigwasserinformationsdienst im September 2008



Pfingsthochwasser 1999

Die starken Niederschläge an Pfingsten 1999 haben im süd-bayerischen Raum zu großen Überschwemmungen und Sachschäden in dreistelliger Millionenhöhe geführt. An Iller, Ammer, Isar und Donau wurden Wasserstände gemessen, wie sie im 20. Jahrhundert noch nicht beobachtet wurden. Auch am oberen Lech, an Loisach und Oberer Isar sowie an zahlreichen kleineren Gewässern in den Alpen bzw. dem Alpenvorland wurden extreme Wasserstände festgestellt. Große Überschwemmungen gab es im südlichen Allgäu, im Talraum der Iller bis zur Donaumündung, im Augsburger Raum an Lech und Wertach, an Ammer, Loisach und Amper sowie entlang der Donau. In Eschenlohe an der Loisach wurde die Bevölkerung durch einen durchgebrochenen Hochwasserschutzdeich stark getroffen.

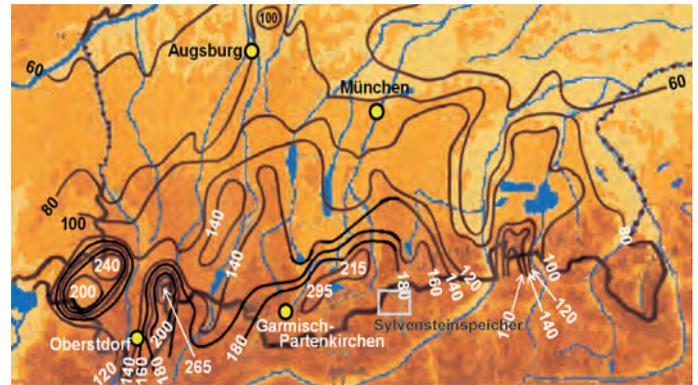


▲ Loisachhochwasser in Eschenlohe

Dort aber, wo Wasserspeicher die Abflüsse der Gewässer regulieren, konnten Hochwasserschäden weitgehend verhindert werden. Ihre Notwendigkeit und effektive Funktion wurde eindrucksvoll unter Beweis gestellt. Eine Schlüsselstellung für den Hochwasserschutz im oberen und mittleren Isartal kam dabei dem Sylvensteinspeicher zu.

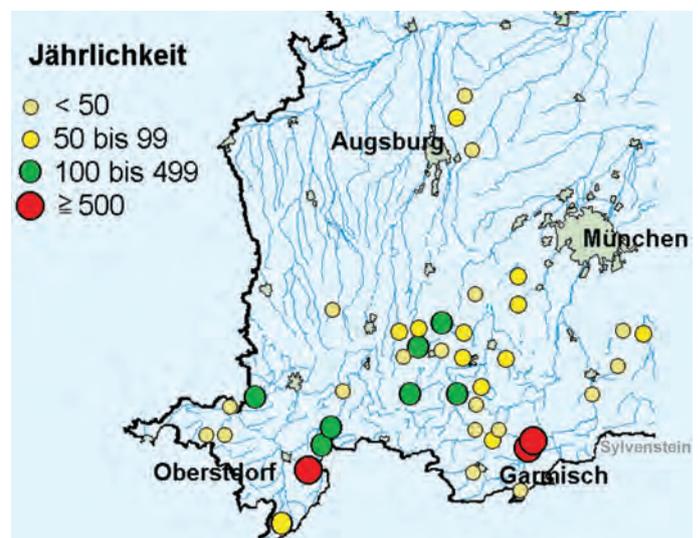


▲ Wetterkarte - Frontenanalyse



▲ Verteilung der Niederschläge

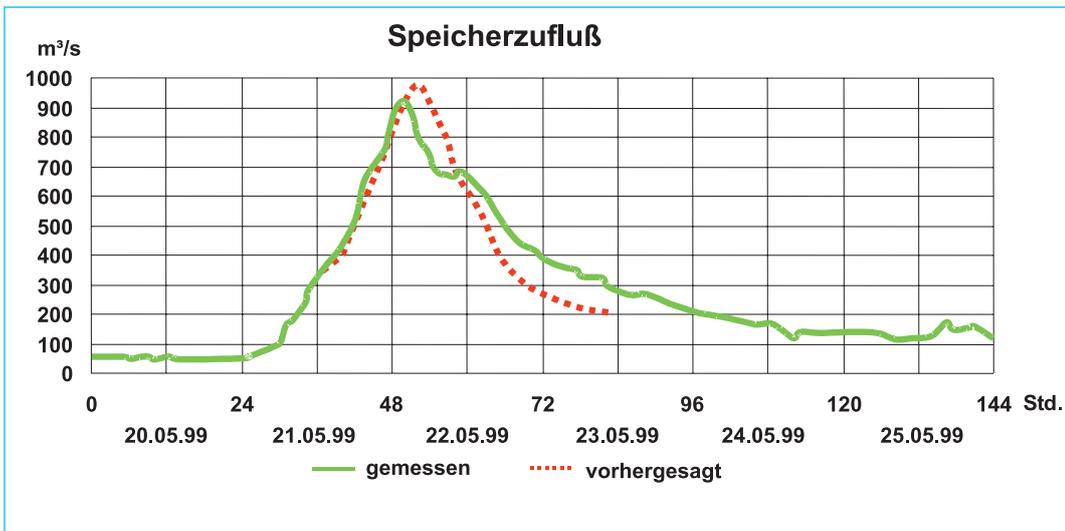
Am 20.05.1999 (Donnerstag vor Pfingsten) bildete sich eine lange Tiefdruckrinne über dem östlichen Deutschland, die auf ihrer Westseite kühle und feuchte Atlantikluft gegen die Alpen führte. Darüber schob sich in der Nacht vom 20. auf den 21. Mai ein Tief mit feuchtwarmer Mittelmeerluft aus Oberitalien, welches in die Zirkulation einbezogen wurde. Dabei entstand für zwei bis drei Tage ein ortsfestes Starkregenband quer über Süddeutschland. Die räumliche Verteilung der Niederschläge zeigte Werte mit mehr als 100 mm innerhalb von 48 Stunden in einem Streifen von der Ostschweiz über die Bayerischen und Allgäuer Alpen bis zu den Hohen Tauern. Der meiste Niederschlag fiel am 21.05.1999 in Obernach bei Wallgau (ca. 15 km vom Sylvensteinspeicher entfernt) mit 243 mm in 24 Stunden.



▲ Jährlichkeit der Niederschläge

Betrachtet man die Zweitagesniederschläge, so sind flächendeckend 50- bis 100jährige Niederschlagsereignisse zu verzeichnen, vereinzelt lagen die Jährlichkeiten auch noch etwas höher.

Bereits eine Woche vor Pfingsten hatten die ergiebigen Regenfälle zu Christi Himmelfahrt im südwestlichen Alpenvorland zum Anschwellen der Gewässer geführt. Die einsetzende Schneeschmelze, die bis in Höhen von 2.000 Meter zum Abbau der Schneedecke führte, verstärkte die Abflüsse und die Wassersättigung der Böden.



▲ Speicherzuflussdaten vom Pfingsthochwasser 1999

sagen von etwa 900 m³/s. Aufgrund dieser Prognose deutete sich an, dass die anlaufende Hochwasserwelle über einem Jahrhunderthochwasser liegen könnte. Mit einer vorausschauenden Vorentlastung des Speichers konnte bis zum Eintreffen der Hochwasserwelle zusätzlicher Rückhalteraum von etwa 6 Mio. m³ freigegeben werden. Als Steuerungsstrategie für den Speicher wurde ein "Vollschutz" der Unterlieger - also ein Hochwasserschutz so lange wie möglich - festgelegt.

Die Starkniederschläge vom 20. bis 22.05.1999 kamen damit in Teilgebieten nahezu vollständig zum Abfluss und verursachten in Verbindung mit weiterer Schneeschmelze in den südbayerischen Flussgebieten das große Pfingsthochwasser. Aus den alpinen Einzugsgebieten sammelten sich die hohen Abflüsse am Pfingstamstag in Iller, Lech und Ammer. Dort stiegen die Flüsse auf Abflussspitzen an, wie sie statistisch gesehen innerhalb von 200 bis 300 Jahren nur einmal erreicht werden. Auch an der Oberen Isar wurden extreme Abflüsse gemessen. Dennoch kam es im Isartal nicht zu den befürchteten Überschwemmungen. Der Schutz der Siedlungsräume konnte bei diesem Katastrophenhochwasser nur deshalb gelingen, weil die Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung frühzeitig moderne Steuermodelle entwickelte, die Defizite bei der Schutzwirkung des Sylvensteinspeichers erkannte und trotz teilweiser erheblicher Widerstände die notwendigen Nachrüstungsmaßnahmen (Hochwasserentlastung, Dammerhöhung) durchgeführt hat.

Hochwassermanagement

Aufgrund der Wetterprognose des Deutschen Wetterdienstes wurde mit Hilfe eines modernen Rechenprogramms, dem sogenannten "Bewirtschaftungsmodell", am 20.05.1999 gegen 12.00 Uhr eine erste Zuflussvorhersage zum Speicher durchgeführt, die auf ein großes Hochwasserereignis hinwies. Daraufhin wurde das Betriebspersonal in Alarmbereitschaft versetzt. Am nächsten Morgen wurde vom Deutschen Wetterdienst für das Einzugsgebiet des Sylvensteinspeichers für die nächsten 48 Stunden ein Niederschlag von 190 mm prognostiziert. Eine darauf gestützte Vorhersage ließ für den Speicher Zuflussspitzen zwischen 800 und 1.000 m³/s erwarten, eine Größe, die in der rund 60-jährigen Beobachtungszeit am Sylvenstein noch nie registriert wurde.

Weitere modifizierte Niederschlagsvorhersagen sowie die Nacheichung des Rechenmodells unter Berücksichtigung der wassergesättigten Böden und der Abschätzung der Schneelagen im alpinen Einzugsgebiet führten zu Speicherzufluss-Vorher-

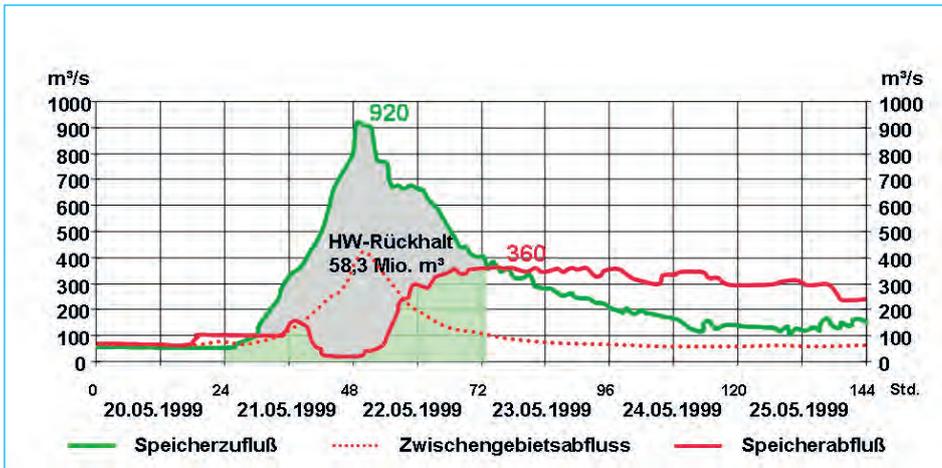
Bereits um 10.00 Uhr desselben Tages wurde den flussabwärts liegenden zuständigen Behörden eine 36-Stunden-Vorhersage der zu erwartenden Abflusswelle zugesandt.

Die weitere Entwicklung der Hochwasserwelle wurde durch kontinuierlichen Vergleich der berechneten und gemessenen Abflussdaten an den Kontrollpegeln überprüft. Es zeigte sich bald, dass statt des prognostizierten Niederschlags von 190 mm in 48 Stunden bereits in 24 Stunden 152 mm an der Station Sylvenstein erreicht wurden. Am 22. Mai 1999 gegen 3.00 Uhr wurde der größte jemals gemessene Speicherzufluss von rund 920 m³/s gemessen. Dieser Zufluss entspricht (statistisch gesehen) in etwa einem 150- bis 200-jährlichen Hochwasserereignis.

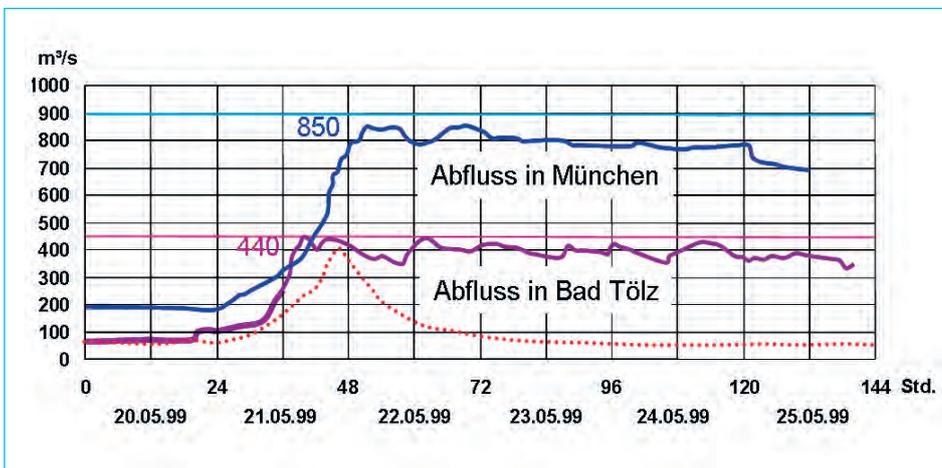


▲ Dürrach-Hochwasser - Zufluss mit 300 m³/s (bei Mittelwasser fließen am Pegel Dürrach nur 2,2 m³/s)

Etwa zur gleichen Zeit wurden aus dem Zwischeneinzugsgebiet unterhalb des Sylvensteinspeichers Spitzenabflüsse von etwa 420 m³/s bis Bad Tölz ermittelt. Als besonders kritisch stellte sich die Lage in Bad Tölz heraus, wo Abflüsse über 450 m³/s zu Überschwemmungsschäden im Stadtgebiet führen. Während dort der Abfluss auf einen Wert bis zu 440 m³/s answoll,



◀ Hochwasser-Bewirtschaftung - durch den Sylvensteinspeicher wurde die Hochwasserspitze von 920 m³/s so stark gekappt (zeitweise bis auf 20 m³/s), dass in den unterhalb liegenden Städten und Gemeinden keine gravierenden Schäden auftraten. Insgesamt wurden im Speicher 58 Mio. m³, d.h. 66 % der 88 Mio. m³ großen Fülle der Hochwasserwelle zurückgehalten



◀ Durch die Speichersteuerung konnte ein Überschreiten der kritischen Grenzen (450 m³/s in Bad Tölz und 900 m³/s in München) verhindert werden

musste die Abgabe aus dem Sylvensteinspeicher zeitweise bis auf 20 m³/s reduziert werden. Die starke Drosselung des Speicherabflusses bei gleichzeitigem Spitzenzufluss von 920 m³/s mit fast vollständiger Ausnutzung des Rückhalteriums zugunsten von Bad Tölz war vertretbar, weil mit Hilfe des Bewirtschaftungsmodells für den verantwortlichen Betriebsbeauftragten erkennbar wurde, dass der vergrößerte Hochwasserschutzraum des Speichers für die beabsichtigte Betriebsweise knapp ausreichen würde. Diese Strategie wurde durch ausreichende Sicherheitsreserven bei den Entlastungsorganen, speziell durch die neue Hochwasserentlastung, erleichtert und hat sich - auch im nachhinein betrachtet - als absolut richtig herausgestellt.

Aufgrund der optimalen Bewirtschaftung des Hochwasserrückhalteriums mussten in Bad Tölz bis auf vorsorgliche Schutzmaßnahmen, wie das Lagern von Sandsäcken an kritischen Stellen und das Sperren von ufernahen Straßen und Wegen, keine größeren Vorkehrungen gegen die hochwasserführende Isar getroffen werden. Es konnte sogar, auf Empfehlung des Wasserwirtschaftsamtes Weilheim, auf die beabsichtigte Auslösung des Katastrophenalarms durch das Landratsamt Bad Tölz verzichtet werden.

In München war die Situation weniger kritisch. Hier wurde ein Spitzenabfluss von rund 850 m³/s gemessen, der deutlich unter dem kritischen Wert von 900 m³/s lag.



▲ Wesentliche Elemente der Dammerhöhung (Kronenmauer und Kerndichtung) standen beim Hochwasser bereits zur Verfügung

Insgesamt konnten von der rund 88 Mio. m³ großen Fülle der Hochwasserwelle rund 58 Mio. m³ - also etwa 66 % - im Sylvensteinspeicher zurückgehalten werden. Möglich war dies nur durch die frühzeitige Vorentlastung des Speichers und die weitgehende Ausnutzung des gesamten bewirtschaftbaren Hochwasserrückhalteraaumes. Dabei stieg der Speicherwasserspiegel innerhalb von 30 Stunden um 12,85 Meter an und blieb mit seinem Höchststau von 762,85 mNN nur 15 cm unterhalb des zulässigen Hochwasserstauziels.



▲ Höchstes Seewasserstand mit 762,85 mNN. Bis zur Kronenmauer war noch genügend Sicherheit

Während dieser extremen Belastung der Talsperre wurde die Standsicherheit des Damms rund um die Uhr durch das Mess- und Kontrollsystem überwacht. Der Vertrauensbereich der Grenzwerte wurde zu keinem Zeitpunkt überschritten.

Im Nachlauf der Hochwasserwelle musste der Schutzraum des Speichers zügig entleert werden. Das Isartal wurde deshalb mehrere Tage lang mit relativ hohen, aber weitgehend unschädlichen Abflüssen beaufschlagt.



▲ Bad Tölz blieb durch den Sylvensteinspeicher vor Überschwemmungen verschont

Datum	Mittenwald	Bad Tölz	München	Landshut
vor Errichtung des Sylvensteinspeichers				
Sep 1899	-	850	1290	1400
Dez 1918	75	-	896	900
Sep 1920	65	600	776	1080
Aug 1924	90	700	1090	1200
Mai 1930	37	635	1040	950
Mai 1940	97	897	1440	1600
Jul 1954	70	780	1130	1490
nach Errichtung des Sylvensteinspeichers im Jahre 1959				
Jun 1965	89	462	731	998
Jun 1979	52	384	755	1040
Jul 1981	75	355	730	822
Aug 1985	75	408	601	592
Aug 1995	52	370	572	586
Mai 1999	141	440	800	990
Aug 2005	190	640	990	1000
Simulation ohne Sylvensteinspeicher				
Mai 1999	1230		1550	
Simulation ohne Sylvensteinspeicher				
Aug 2005	1500		1800	

▲ Gegenüberstellung der Scheitelabflüsse ausgewählter Pegel unterhalb des Sylvensteinspeichers bei verschiedenen Hochwasserereignissen

Bei der Beherrschung dieses etwa 100-jährlichen Hochwassers musste kein erhöhtes Risiko eingegangen werden. Für die Dammsicherheit standen durch den Bau der neuen Hochwasserentlastungsanlage ausreichend leistungsfähige Speicherabgabeborgane zur Verfügung. Die Dammerhöhung war rechtzeitig soweit fortgeschritten, dass mit dem vergrößerten Rückhalteraum die Hochwasserwelle zugunsten der Unterlieger zeitweise fast vollständig zurückgehalten werden konnte.

Als großes Spektakel für die Öffentlichkeit erwies sich die neue Hochwasserentlastungsanlage. Diese kam jedoch nicht - wie regulär vorgesehen - zum Schutz der Talsperre zum Einsatz, sondern verdankt die „Feuertaufe“ der Höhendifferenz von 3 m zwischen der alten und der neuen Bauwerksoberkante. Nach Abschluss der Nachrüstungsmaßnahmen ist ein Anspringen der Entlastungsanlage erst bei wesentlich höheren Speicherwasserständen möglich.



▲ Neue Hochwasserentlastung in Betrieb mit 260 m³/s



„Der Damm hat uns gerettet!“

„200jähriges Hochwasser“ – Größter Feuerwehreinsatz nach dem Krieg – Bootsfahrer vermisst

◀ Tölzer Kurier
25. Mai 1999

„Die Dammerhöhung hat sich rentiert“

Lob für Weitsicht des Wasserwirtschaftamts

◀ Tölzer Kurier
01. Juni 1999

Wasserwirtschaftsamt: Kritiker der Dammerhöhung lagen falsch

Staatssekretärin Stewens lobte Weitsicht der Planer

◀ Weilheimer Tagblatt
01. Juni 1999



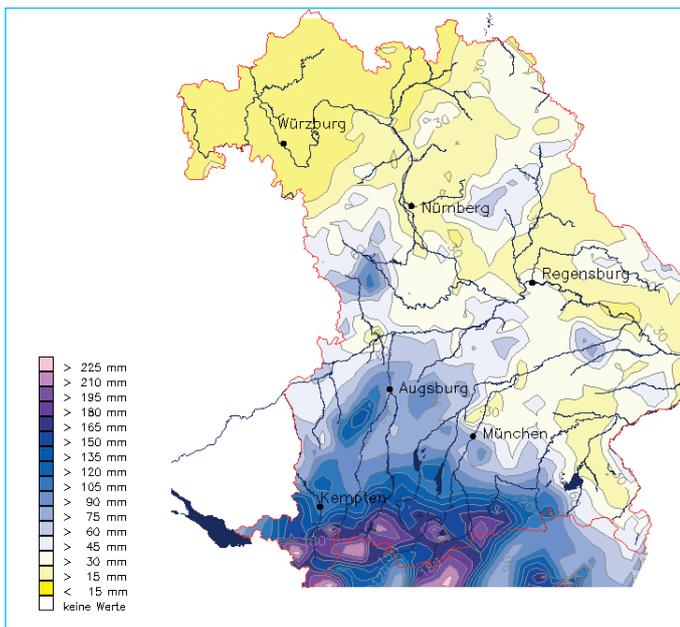
▲ Sylvensteinsee am Pfingstmontag 1999 - Ruhe nach dem Sturm

Augusthochwasser 2005

Nach dem etwa 100-jährlichen Hochwasserereignis im Jahr 1999 war der Süden Bayerns im August 2005 erneut von einem markanten Hochwasserereignis betroffen. So wurde am Sylvensteinspeicher mit 1.100 m³/s ein Zufluss festgestellt, der als etwa 300-jährliches Hochwasserereignis eingestuft wird und den 1999 gemessenen Spitzenzufluss von 920 m³/s noch deutlich übertrifft. Dieses außergewöhnliche Ereignis hat einige Einrichtungen für den Hochwasserschutz an der Isar bis an den Rand der Leistungsfähigkeit beansprucht. Durch eine geschickte Bewirtschaftung des Sylvensteinspeichers, die gute Zusammenarbeit von Wasserwirtschaftsverwaltung und Katastrophenschutz sowie den engagierten Einsatz aller Beteiligten ist es trotz schwieriger Bedingungen gelungen, die Isaranlieger von Bad Tölz bis Moosburg vor größeren Hochwasserschäden zu bewahren.

Wetterlage im August 2005

Der südbayerische Raum lag ab dem 21.08.2005 im Bereich der Nordflanke eines ausgeprägten Tiefs in einer östlichen Strömung, das sich nur sehr langsam von der Adria nach Nordosten verlagerte. Zusammen mit den feucht-warmen Luftmassen aus dem Mittelmeerraum baute sich eine „Vb-Wetterlage“ auf und verursachte ergiebigen Dauerregen. Durch die nachfolgend zunehmend nördliche Anströmung verstärkte sich der Stauereffekt an den Alpen und das Niederschlagsgebiet dehnte sich vom Bodensee bis zum Inn aus. Die extremen Niederschlagsintensitäten führten zu ungewöhnlich steilen Anstiegen der Abflüsse und zu neuen Höchstwerten.



▲ Niederschlagschwerpunkt im Alpenbereich vom 21.-24.08.2005

Im Bereich des Sylvensteinspeichers wurden dabei innerhalb von 24 Stunden über 200 mm Niederschlag gemessen. Daher baute sich innerhalb weniger Stunden ein extrem schnell steigender, über 10 Stunden anhaltender Speicherzufluss von über 900 m³/s und einer Zuflussspitze von bis zu 1.100 m³/s auf.

Bewirtschaftung des Sylvensteinspeichers

Vor der großen Hochwasserflut war der Rückhalteraum des Sylvensteinspeichers durch zwei kleinere vorangegangene Hochwasserereignisse mit einem Speicherzufluss von 334 m³/s am 17.07.05 und 210 m³/s am 16.08.05 um rund 4,50 bzw. 2 Meter eingestaut und noch nicht vollständig auf sein Stauziel (752,00 mNN) zurückgefahren worden.

Nach der ersten Vorwarnung auf ein größeres Hochwasser am Sonntag den 21.08.05 wurde die Speicherabgabe stufenweise von 30 m³/s auf 80 m³/s erhöht, um den Hochwasserrückhalteraum zügig zu leeren. Eine höhere Abgabe aus dem Speicher war ohne Gefährdung der Urlauber, Wochenendausflügler und Wassersportler an der Isar, die das schöne Ausflugs Wetter nutzen, nicht möglich. Dennoch konnte der Speicher innerhalb von 24 Stunden um rund 1 Meter auf 751,44 mNN abgesenkt und somit ca. 4 Mio. m³ zusätzlicher Rückhalteraum gewonnen werden.

Die am Montagvormittag (22.08.05) vorliegenden Niederschlagsprognosen ließen zunächst auf ein weniger dramatisches Hochwasser in der Größe eines 5 bis 20-jährlichen Ereignisses schließen. Am Montagabend um 18:30 Uhr wurde eine Niederschlagsprognose mit Schwerpunkt der Starkniederschläge bis Mitternacht herausgegeben. Die darauf aufbauende Abflussvorhersage für Bad Tölz ergab, dass - selbst bei einer sehr geringen Speicherabgabe von nur 20 m³/s - mit einer Abflussspitze in Bad Tölz von ca. 570 m³/s zu rechnen war. (Der kritische Abfluss, bei dessen Überschreitung Ausuferungen in Bad Tölz auftreten, lag bis dato bei etwa 450 bis 500 m³/s). Deshalb wurde bis 22.00 Uhr die Speicherabgabe auf die Minimalabgabe von 5 m³/s reduziert, um Bad Tölz bei Überschreiten des kritischen Abflusses zu entlasten.

Die prognostizierten extremen Niederschlagsspitzen trafen jedoch bis Dienstag (23.08.05) 2:00 Uhr früh nicht ein. Eine neue Abflussvorhersage aufgrund der Niederschlagsprognose von 1:30 Uhr ließ eine Verschiebung des Ereignisses auf einen späteren Zeitpunkt mit steigenden Abflüssen in Bad Tölz erwarten. Deshalb wurde entschieden, dass die geringe Speicherabgabe von 5 m³/s belassen wird, da ansonsten die Gefahr einer Aufsattelung der Abgabewelle aus dem Speicher mit dem Abfluss der Niederschlagsspitze aus dem Zwischeneinzugsgebiet unterhalb des Speichers drohte.



▲ Gebrochene Geschiebesperre am Isarzufluss zum Sylvensteinspeicher am 23.08.2005

Am Dienstag (23.08.05) etwa ab 2:00 Uhr früh setzten unterhalb des Speichers Starkniederschläge mit bis zu 14 mm pro Stunde ein. Der Wasserstand im Sylvensteinsee lag zu dieser Zeit bei rund 753 mNN, d.h. etwa 1 Meter über dem Stauziel. Bis 7:00 Uhr in der Früh stieg der Isarabfluss in Bad Tölz auf etwa 400 m³/s an, der - bis auf den Mindestabfluss von 5 m³/s aus dem Speicher - ausschließlich aus dem Zwischeneinzugsgebiet (Sylvensteinspeicher bis Bad Tölz) stammte. Der Zwischengebietsabfluss sollte später noch auf seinen Maximalwert von rund 525 m³/s ansteigen.

Um 7:00 Uhr am Dienstagmorgen verschärfte sich die Situation, da nun statt mit der prognostizierten kurzen Spitze der Starkniederschläge eher mit lang anhaltenden Starkniederschlägen bis in die Abendstunden gerechnet werden musste. Um 8:00 Uhr liefen dem Sylvensteinspeicher bereits 905 m³/s zu, die zu einem Teileinbruch der Isar-Geschiebevorsperre führten. Dabei wurden im Gebiet des Sylvensteinspeichers teilweise Niederschlagshöhen bis zu 21 mm pro Stunde gemessen. Eine neue Abflussvorhersage um 9:00 Uhr ließ Speicherzuflüsse von über 900 m³/s für einen Zeitraum von 9 Stunden (9:00 bis 18:00 Uhr) erwarten. Den Verantwortlichen des WWA Weilheim war klar, dass beim Eintreffen dieser Prognose und bei Beibehaltung der geringen Abgabe von 25 m³/s der bewirtschaftbare Hochwasserschutzraum nicht ausreichen würde.



Am Dienstagnachmittag (23.08.05) um 14:00 Uhr wurde bei einem Speicherzufluss von ca. 1.030 m³/s, einem Speicherstau von 760 mNN und einem Abfluss in Bad Tölz von etwa 475 m³/s vom WWA Weilheim eine Freibordmessung an der Ufermauer in Bad Tölz durchgeführt. Der Wasserspiegel der Isar lag etwa 80 cm unterhalb der Ufermauerkrone, rund 70 cm niedriger als bei gleicher Abflussmenge beim Pfingsthochwasser 1999. Diese „Freibord-Reserven“ waren durch eine vorausgegangene Stauraumpülung im Juli 2005 und die einen Tag vorher erfolgte Staulegung am Kraftwerk Bad Tölz zur Durchleitung des laufenden Hochwassers entstanden.

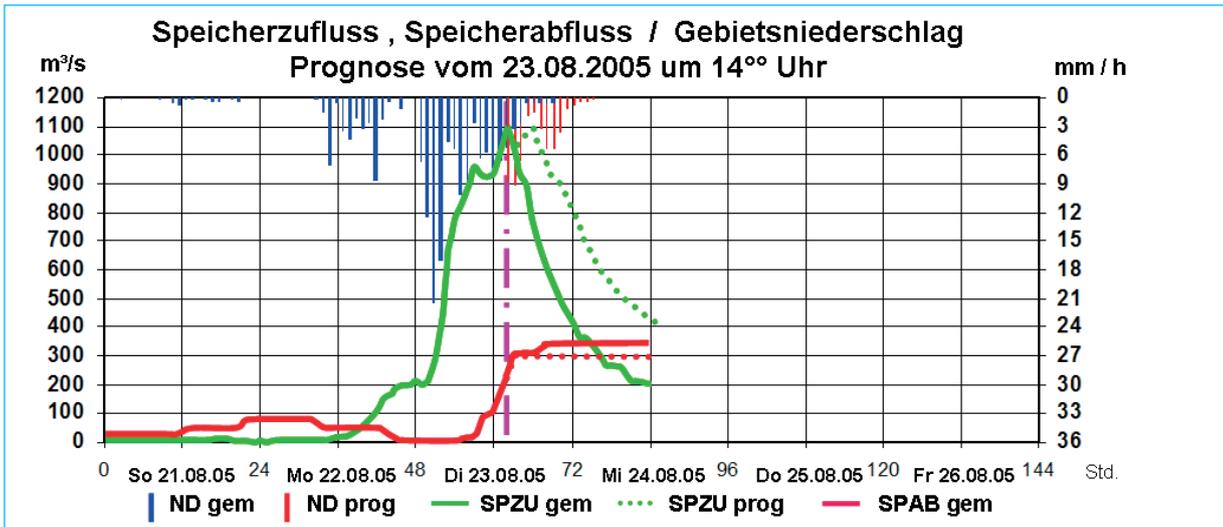


▲ „Bordvoller“ Abfluss der Isar in Bad Tölz am 23.08.05 um 18:00 Uhr

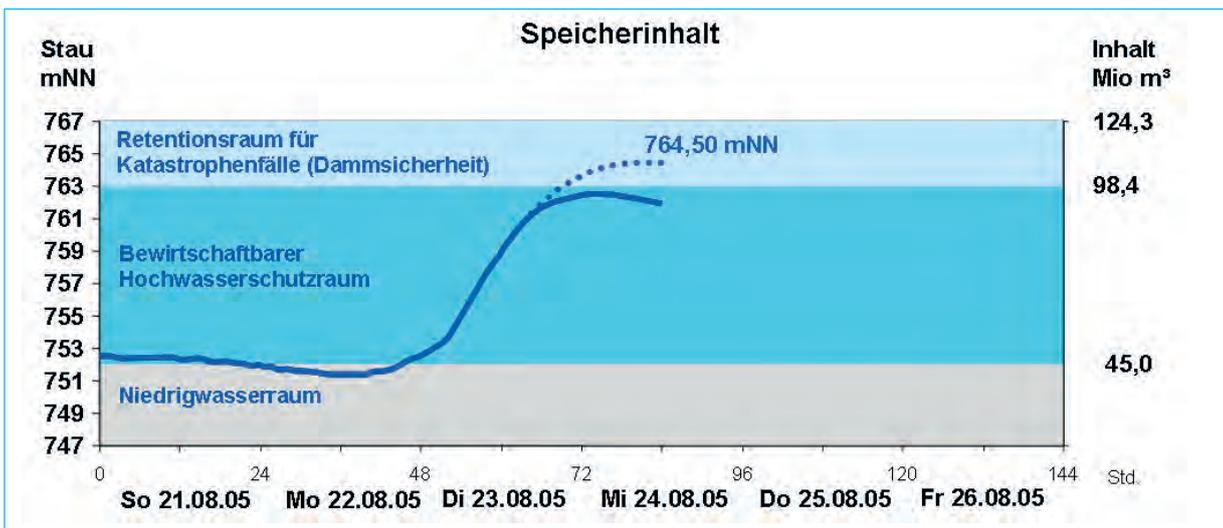
Der noch vorhandene Freibord ließ Spielraum für neue Überlegungen. Nach einer Risikoabwägung wurde von den Verantwortlichen schließlich die Entscheidung getroffen, die Speicherabgabe langsam von 25 auf 300 m³/s zu erhöhen mit dem Ziel, einerseits die Freibordreserven im Bereich Bad Tölz - dem kritischen Nadelöhr bei Hochwasserabflüssen im Isartal - zu nutzen und andererseits die Inanspruchnahme des „außergewöhnlichen Hochwasserschutzraumes“ am Sylvensteinspeicher und damit das Anspringen der Hochwasserentlastungsanlagen möglichst gering zu halten. Nach dieser Simulationsvariante musste man in Bad Tölz mit einem Scheitelabfluss um die 650 m³/s und einem Höchststau im Speicher von ca. 764,50 mNN (d.h. 1,50 bis 2 Meter über den Überlaufschwelen der Hochwasserentlastungsanlagen) rechnen.

Diese Bewirtschaftungsstrategie wurde in enger Abstimmung mit den Aufsichtsbehörden getroffen, da die Niederschlagsvorhersage ein weiteres Anhalten der hohen Niederschläge im Speichereinzugsbereich erwarten ließ und die Großwetterlage das Anrücken einer neuen Tiefdruckzone vom Atlantik zeigte.

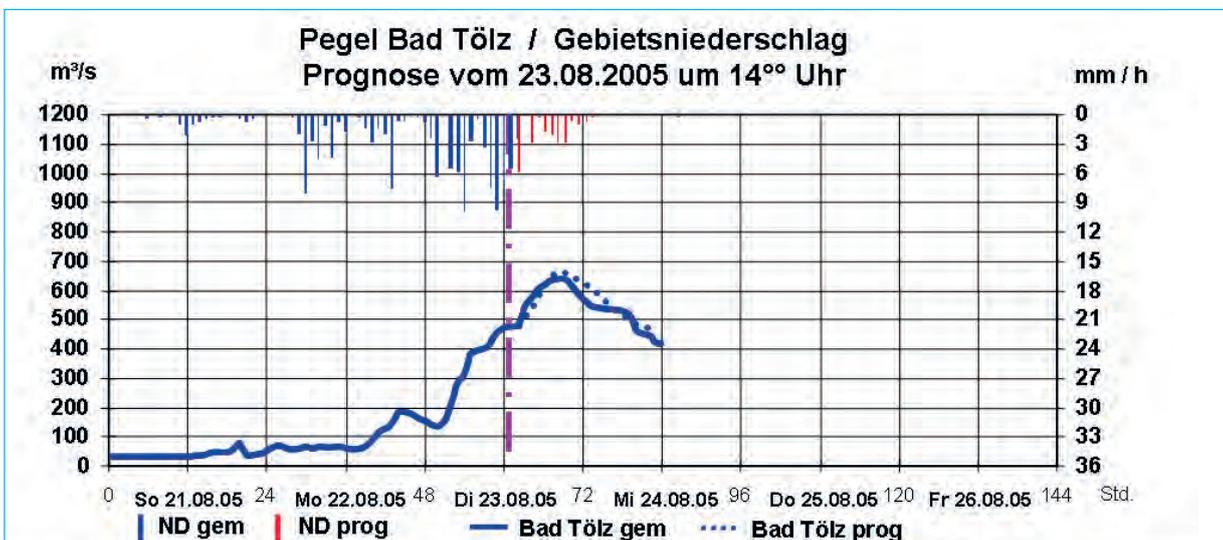
◀ Hochwasserabfluss in Bad Tölz am 23.08.05 um 14.00 Uhr mit ca. 475 m³/s und 80 cm Freibord



▲ Prognostizierte und gemessene Speicherzufluss-, Speicherabfluss- und Niederschlagsdaten am 23.08.2005, 14.00 Uhr



▲ Prognostizierter und gemessener Speicherwasserstand am 23.08.05, 14.00 Uhr



▲ Prognostizierte und gemessene Abfluss- und Niederschlagswerte am Pegel Bad Tölz am 23.08.2005, 14.00 Uhr



Die tatsächliche Wetterentwicklung entspannte jedoch die Situation. Zunächst ließen die Niederschläge und Abflüsse im Zwischeneinzugsgebiet etwas nach, sodass die Speicherabgabe von 300 auf 350 m³/s erhöht werden konnte. Diese Abgabesteigerung war vertretbar, da sie einerseits - aufgrund der Fließzeit - den Spitzenabfluss von 650 m³/s in Bad Tölz nicht erhöhte und andererseits die Steiggeschwindigkeit des Wasserstandes im Speicher verringert wurde.

Am späteren Nachmittag ließen die starken Niederschläge auch im 1.138 km² großen Speichereinzugsgebiet wesentlich schneller nach als prognostiziert, der Speicherzufluss ging von seinem Spitzenwert mit rund 1.100 m³/s schneller zurück als erwartet. Damit stieg der Speicherseewasserstand „nur“ auf 762,42 mNN.

Die zügige Speicherentleerung musste wegen der neuen anrückenden Tiefdruckzone über mehrere Tage weiter betrieben werden, da nach Wasserrechtsbescheid die Leerung des Hochwasserschutzraumes möglichst schnell durchzuführen ist, um Retentionsraum für neue Hochwasserwellen zu schaffen. Nachdem für die nächsten Tage für Nordtirol (Speichereinzugsgebiet) erneut bis zu 60 mm Niederschlag prognostiziert waren, wurde zunächst die Speicherabgabe unter Berücksichtigung der Unterlieger bei 350 m³/s belassen.



▲ Schwemmhölzeintrag am Dürracharm

Hochwassersituation in München und Freising

Bei der Hochwassersteuerung des Sylvensteinspeichers sind neben Bad Tölz insbesondere die Abflussgrenzen in München und Freising zu beachten. Die Abgabe aus dem Speicher wird so geregelt, dass der Scheitelabfluss der Isar möglichst gering gehalten werden kann und es nicht zu einer Überlagerung mit Hochwasserspitzen aus den nicht beeinflussbaren Seitengewässern unterhalb von Bad Tölz kommt. Dabei soll in München ein Gesamtabfluss aus Isar und Loisach von rund 900 m³/s eingehalten und bei extremen Hochwasserereignissen - soweit möglich - der Wert von etwa 1.000 bis 1.100 m³/s nicht überschritten werden. Dieser Wert gilt auch für den Bereich Freising.

In München wurde am Mittwoch 24.08. etwa um 6:00 Uhr die Abflussspitze mit knapp 1.000 m³/s erreicht. Diese Spitze war auch geprägt durch das Hochwasser der Loisach, das in Eschenlohe zu großen Schäden geführt hat. Abgesehen von kleineren lokalen Schadenspunkten konnte München vor größeren Hochwasserschäden geschützt werden.



▲ Hochwasser 2005 am Deutschen Museum, München

Im Raum Freising - Moosburg führte die ablaufende Hochwasserwelle mit einer Abflussspitze von rund 860 m³/s zu Problemen bei der Standsicherheit der ca. 70 Jahre alten, noch nicht sanierten Deiche. Durch die mittlerweile lang gestreckte Hochwasserwelle - auch „künstlich verlängert“ durch die zügige Leerung des Sylvensteinspeichers - wurden in vielen Deichabschnitten hohe Sickerwasserausstritte mit lokalen Erosionsstellen bei den durchnässten Deichen festgestellt. Nur durch den konzentrierten und engagierten Einsatz der örtlichen Feuerwehren, des Technischen Hilfswerks und der Bundeswehr konnten die gefährdeten Deichabschnitte über mehrere Tage erfolgreich verteidigt werden. Neben der massiven Verwendung von Sandsäcken wurden dazu auch großflächige Auflastschüttungen am luftseitigen Dammfuß vorgenommen.

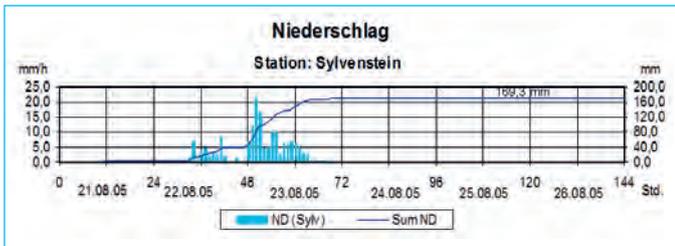
Als Ausgleich für den in die Isar einmündenden Loisachscheitel mit ca. 310 m³/s wurde am 25.08.05 die Abgabe aus dem Sylvensteinspeicher von 350 m³/s vorsorglich auf 300 m³/s reduziert. Die weitere sukzessive Drosselung der Speicherabgabe auf ca. 120 m³/s führte zur Entlastung der hydraulisch stark beanspruchten Deiche und entspannte die Situation auch im Raum Freising und Moosburg deutlich.



▲ Verteidigung der Isardeiche bei Eitting / Bereich Freising

Bewertung

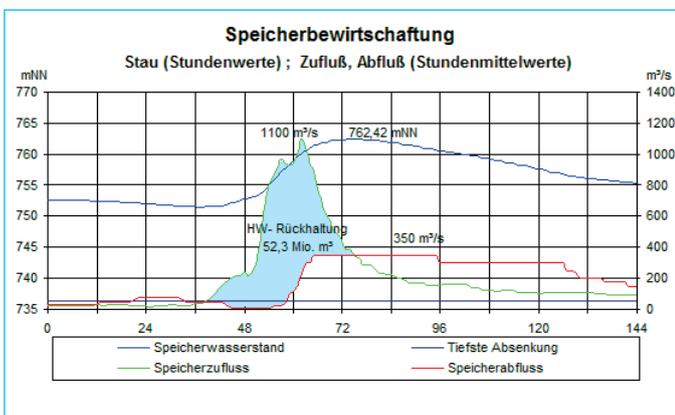
Das Hochwasser im August 2005 hat den Seewasserstand im Sylvensteinspeicher in bisher nicht gekannter Geschwindigkeit innerhalb von 37 Stunden um fast 11 m ansteigen lassen, der Hochwasserzulauf wird als etwa 300-jährliches Hochwasserereignis eingestuft.



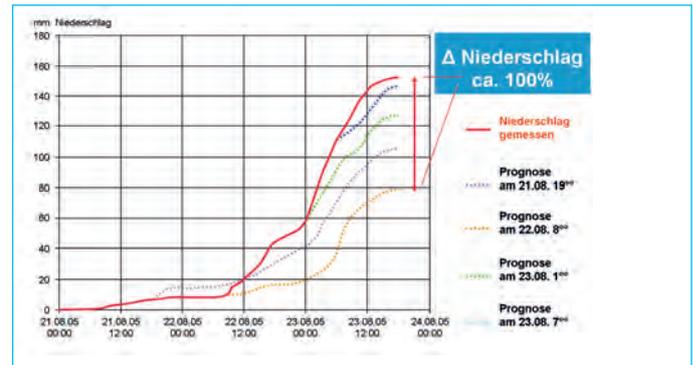
▲ Niederschlagsaufzeichnung der Station Sylvensteinspeicher zwischen 21.08. und 26.08.2005

Mit der Hochwasservorhersagezentrale Isar steht am Wasserwirtschaftsamt Weilheim ein effektives Managementinstrument zur Verfügung um die Hochwasserbewirtschaftung zu optimieren. Durch eine verantwortungsvolle und vorausschauende Bewirtschaftung des Sylvensteinspeichers konnten von der rund 72 Mio. m³ großen Fülle des Hochwassers insgesamt ca. 52 Mio. m³ (d.h. ca. 72 %) im Speicher zurückgehalten werden. Der Seewasserstand stieg bis auf 8 cm unterhalb der Überlaufschwelle der alten Hochwasserentlastung, somit wurde der bewirtschaftbare Hochwasser-Schutzraum zu 94 % genutzt. Bei der Bewirtschaftung ist immer ein Unsicherheitsbereich zu berücksichtigen, der sich vor allem aus der Niederschlagsprognose ergibt.

Ohne den Rückhalt im Sylvensteinspeicher wären katastrophale Spitzenabflüsse aufgetreten. In Bad Tölz wären bis zu 1.500 m³/s (vgl. Katastropheneignis 1940: ca. 900 m³/s) und in München bis zu 1.800 m³/s (vgl. 1940: 1.440 m³/s) abgeflossen. Die tatsächlichen Maximalabflüsse führten in Bad Tölz mit 650 m³/s lediglich zu Überschwemmungsschäden an wenigen Gebäuden und in München mit knapp 1.000 m³/s zu begrenzten Uferabbrüchen im renaturierten Stadtdurchgang der Isar sowie durch Treibholzansammlung zu Fundamentschäden an einer Fußgängerbrücke.



▲ Speicherzufluss und Hochwasserbewirtschaftung des Sylvensteinspeichers vom 21.08. - 26.08.2005



▲ Vergleich verschiedener Prognosen mit dem tatsächlich gemessenen Niederschlag

Erste Konsequenzen

Als Nachbearbeitung des Hochwassers wurde im Auftrag des Ministerrats vom Bayerischen Landesamt für Umwelt eine Studie „Hochwasserschutzkonzept für die Obere Isar“ erstellt. Folgende Möglichkeiten zum verbesserten Hochwasserrückhalt wurden aufgezeigt:

- weitere Dammerhöhung des Sylvensteinspeichers um 3 Meter
- Bau eines neuen Hochwasserspeichers an der Isar oberhalb des Sylvensteinspeichers
- Absenkung des Normalstaus im Sylvensteinspeicher um 2 Meter in der hochwassergefährdeten Zeit von Mai bis September

Seit Mai 2006 wird die Sommerabsenkung um 2 m im Probebetrieb praktiziert, das hierdurch gewonnene Hochwasserschutzvolumen beträgt ca. 7,6 Mio. m³. Als Ergänzung wurde eine vergleichbare Vorgehensweise (in Abstimmung zwischen Wasserwirtschaftsverwaltung, Landratsamt Bad Tölz und E.ON Wasserkraft) für den Walchensee gewählt. Abgestimmt auf die aktuelle Rückhaltewirkung der Talsperre werden unterhalb des Sylvensteinspeichers innerörtliche Ausbaumaßnahmen vorgenommen. In Bad Tölz wird dadurch die gesicherte Leistungsfähigkeit von ca. 450 m³/s auf 650 m³/s erhöht. Die Baumaßnahmen werden Ende des Jahres 2010 abgeschlossen sein. München kann künftig statt ca. 900 m³/s problemlos Abflüsse bis zu 1.100 m³/s verkratzen. Aber auch die langen Deichstrecken längs der Isar bei Freising und Moosburg werden ertüchtigt. Als langfristige Option - wenn sich die Klimaverhältnisse verschärfen und die Bemessungsansätze verändern sollten - blieben weiterhin verschiedene Varianten zur Vergrößerung des Speichervolumens im oberen Isareinzugsgebiet.



▲ Faller Klammbrücke beim Hochwasser 2005

Technische Daten

(Stand 2009)

Hydrologie

Einzugsgebiet	1.138 km ²
Mittlerer Jahresniederschlag	1.750 mm
Ableitungen zum Walchen- und Achensee i. M.	40 m ³ /s
Mittlere Jahreszu-/abflusssumme	570 Mio. m ³
Mittlerer Speicherzu-/abfluss	18 m ³ /s
Mittleres Jahresvolumen zur Niedrigwasseraufbesserung der Isar	18,6 Mio. m ³
100jährliches Hochwasser: Speicherzufluss	950 m ³ /s
1000jährliches Hochwasser: Speicherzufluss	1.400 m ³ /s
Größte Speicherzuflussspitze (2005)	1.100 m ³ /s

Staubecken

Hochwasserstauziel	767 mNN
Stauziel (SHJ/WHJ)*	750/752 mNN
Absenkziel	736,40 mNN
Gesamtstauraum	125 Mio. m ³
Hochwasserschutzraum (SHJ/WHJ)*	60/52 Mio.m ³
Retentionsraum für Katastrophenfälle	25 Mio. m ³
Niedrigwasserraum	30/37 Mio. m ³
Grundsee bei Absenkziel	4,4 Mio. m ³
Seefläche bei HW-Stauziel	6,7 km ²
Seefläche bei Stauziel (SHJ/WHJ)*	3,6/3,9 km ²
Wassertiefe bei Stauziel (SHJ/WHJ)*	25/27 m

Absperrbauwerk

Zonendamm mit Stützkörpern aus Sand/Kies und einem mittigen Dichtungskern aus Erdbeton (75 % Kiessand, 8 % Feinsand, 17 % Schluff und geringen Bentonitanteilen).

Untergrundabdichtung: die bis zu 100 m tiefe mit Geröll aufgefüllte und grundwasserdurchströmte Erosionsrinne wurde mit einer Ton/Zement/Wasserglas-Suspension verpresst; es entstand eine 5.000 m² große sogenannte Dichtungsschürze.

Talsperrenhöhe über Talsohle	44 m
Kronenlänge	180 m
Bauwerksvolumen	1,03 Mio. m ³

*SHJ = Sommerhalbjahr

*WHJ = Winterhalbjahr

Speicherabgabenanlagen

Grundablass:

(Stollen mit 4,9 m Durchmesser und 300 m Länge, Rollschützenverschluss und Tosbecken)
maximale Abflussleistung 370 m³/s

Triebwasserablass:

(Stollen mit 4 m Durchmesser und 325 m Länge, Rollschützenverschluss und Tosbecken)
maximale Abflussleistung 240 m³/s

Hochwasserentlastung 1:

(feste Überlaufschwelle, Stollen mit 5,1 m Durchmesser und 210 m Länge)
maximale Abflussleistung 200 m³/s

Hochwasserentlastung 2:

(feste Überlaufschwelle, Trapezstollen mit 8 m Höhe, 8 m Breite und 550 m Länge, Sprungschanze)
maximale Abflussleistung 400 m³/s

Kraftwerk 1: maximaler Durchfluss 11 m³/s

Kraftwerk 2: maximaler Durchfluss 15 m³/s

Minimale Speicherabgabe 5 m³/s

Wasserkraftanlagen

Kraftwerk 1: Francis-Spiralturbine

Nennleistung 2.600 kW
maximaler Durchfluss 11 m³/s
Fallhöhe im Mittel 26 m

Kraftwerk 2: Compact-Axial-Rohrturbine

Nennleistung 3.800 kW
maximaler Durchfluss 15 m³/s
Fallhöhe im Mittel 26 m

Mittlere Jahresstromerzeugung (beide Kraftwerke) 25 Mio. kWh

Bauzeit

Speicherbau 1954 - 1959
Nachrüstung 1994 - 2004

Kosten*

Speicherbau (Gesamt) 30,0 Mio. €

Nachrüstungsmaßnahmen:

Sanierung Damm-Kontrollsystem 1,3 Mio. €
Neue Hochwasserentlastung 11,5 Mio. €
Dammerhöhung 8,0 Mio. €
Kraftwerk 2 7,5 Mio. €
Kraftwerk 1 (Erneuerung) 1,7 Mio. €

Gesamtkosten 30,0 Mio. €

* Bei der Umrechnung in Euro ist die Inflation nicht berücksichtigt.

Staatliche Wasserspeicher

Bayerns staatliche Wasserspeicher

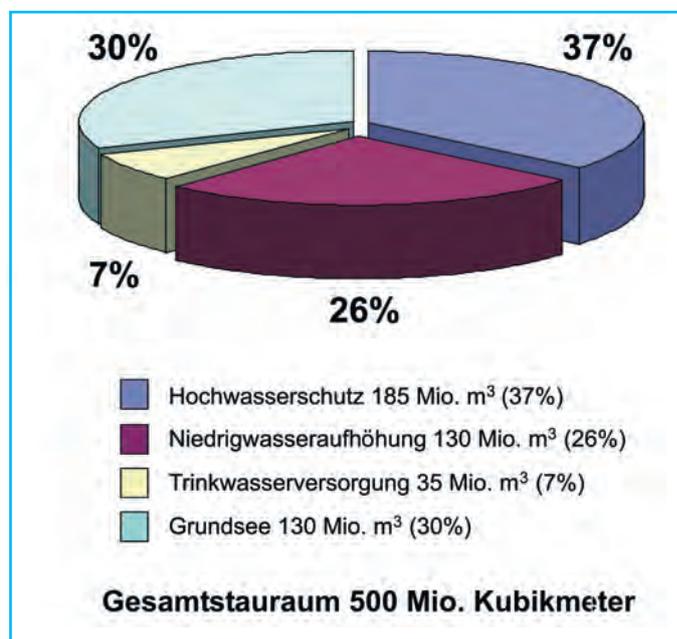
Bayerns staatliche Wasserspeicher dienen dem Wohl der Allgemeinheit. Sie schützen die Bevölkerung vor Hochwasser und verbessern bei Trockenheit durch die sogenannte Niedrigwasseraufhöhung den Abfluss von Flüssen und Bächen. In den Grundwassermangelgebieten des ostbayerischen Grundgebirges sichern sie die Trinkwasserversorgung und einige ermöglichen in begrenztem Rahmen auch die Stromproduktion. Neben ökologisch gestalteten Bereichen für Tiere und Pflanzen bieten viele Speicherseen darüber hinaus attraktive Freizeitmöglichkeiten.

Anfang der 1950er Jahre begann in Bayern die Ära des staatlichen Speicherbaus. Mittlerweile ist der 25. Speicher seiner Funktion übergeben worden. Hochwasserschutz ist der Zweck, dem jede dieser Anlagen - die in Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken unterschieden werden - zu entsprechen hat. So teilt sich der ca. 500 Mio. m³ umfassende Gesamtstauraum auf in etwa 37% (185 Mio. m³) die dem Hochwasserschutz dienen, ca. 26% (130 Mio. m³) die die Niedrigwasserverhältnisse von Gewässern verbessern und rund 7% (35 Mio. m³) die der Trinkwasserversorgung vorbehalten sind. Das Restvolumen beinhalten die nicht unmittelbar nutzbaren Grundseen. Natürlich bereichern alle diese Anlagen Natur und Landschaft, dienen Freizeit und Naherholung. Seit dem Baubeginn am Sylvensteinspeicher im Jahre 1954 wurde mit Bayerns Wasserspeichern ein Anlagenwert von 1,2 Milliarden € geschaffen.

Der Sylvensteinspeicher – Bayerns ältester staatlicher Wasserspeicher

Oft wurde in den vergangenen 50 Jahren bei der Planung und Ausführung auf die Erfahrungen vom Sylvensteinspeicher zurück gegriffen. Ein paar vergleichende Fakten ermöglichen seine Einordnung in Bezug zu den anderen bayerischen Wasserspeichern. Vom in staatlichen Wasserspeichern zur Verfügung gestellten Gesamtstauraum (500 Mio. m³) stellt der Sylvensteinspeicher immerhin 25%, d.h. rund 125 Mio. m³ zur Verfügung. Davon dienen etwa 29 Mio. m³ der Niedrigwasseraufhöhung, das sind etwa 20% des bayerischen Niedrigwasservolumens. Zum gesamten Hochwasserschutzvolumen in staatlichen Speichern (185 Mio. m³) leistet der Sylvensteinspeicher einen Beitrag von nahezu 50% (ca. 86 Mio. m³). Nur zur Trinkwasserversorgung Bayerns leistet er gar keinen Beitrag und das liegt nicht an der Wasserqualität!

Bayerns ältester staatlicher Wasserspeicher war bis zur Inbetriebnahme des Brombachspeichers im Jahre 1992 auch die größte Talsperre Bayerns. Diesen Spitzenplatz hat der Sylvensteinspeicher bei den meisten Bewertungskriterien bis heute behalten. Nicht nur beim bereits erwähnten Hochwasserschutzvolumen, dem spezifischen Schutzraum und dem Verhältnis von erforderlichem Dammvolumen zu erzieltm Stauraum findet er sich auf den vorderen Plätzen, sondern auch bei den Erstellungskosten pro Kubikmeter Gesamtstauraum. Gerade diese Kriterien bestätigen auch heute noch die Wahl des Standortes. Im Vergleich zu vielen deutschen und v.a. internationalen Anlagen ist er zu nächst eher weniger bedeutsam. Die Vielzahl von Fachleuten, die den Speicher seit seiner Errichtung besucht hat, belegt, dass er dennoch Besonderes zu bieten hat.



▲ Aufteilung des Stauraums nach Funktion der staatlichen Wasserspeicher

Im Sylvensteinspeicher ist im Sommer 1959 aus gewässerökologischer Sicht unstrittbar mehr als ‚ein Dorf‘ versunken. Die Behauptung, dass der alte Kirchturm aus dem Wasser ragen würde, gehört ins Reich der Fabeln, da es in Fall nie mehr als eine kleine turmlose Kapelle gegeben hat. (Der Gesuchte steht im Reschensee kurz hinter der österreichischen Grenze und gehörte zu dem alten südtiroler Dorf Graun.) Einen Eingriff in das Geschiebe-Regime der Isar stellt der Sylvensteinspeicher ganz sicher dar und so wird an mehreren Stellen in der Isar versucht, bei entsprechender Wasserführung Geschiebe durch gezielte Spülungen weiterzuleiten oder gegebenenfalls zu entnehmen und wieder einzubringen.

Die neu entstandene, fjordartige Landschaft im oberen Isarwinkel bietet längst ‚Natur aus zweiter Hand‘, die so wertvoll ist, dass sie Teil von Landschaftsschutz-, Naturschutz- und FFH-Gebiet ist. Ein beliebtes Bade- und ein veritables Fischgewässer ist er auch geworden. Den Freizeitkapitänen und Flößern sichert er meist eine stabile Wasserführung auf der anschließenden Isarstrecke, den Kläranlagen garantiert er eine ausreichende ‚Vorflut‘. Vom Speicherpersonal wird viel verlangt, oft auch, dass es bei der Bewirtschaftung möglichst auf die zahlreichen Baustellen an der Münchner Isar und die Badenden am Flaucher achte. Alle diese sich oft widersprechenden Wünsche lassen sich nicht gleichzeitig erfüllen – die Kernaufgaben des Sylvensteinspeichers waren, sind und bleiben die im Wasserrechtsbescheid festgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung und der Hochwasserschutz.



Bayerische Landeskraftwerke GmbH

Der Freistaat Bayern betreibt landesweit insgesamt 25 Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken. Diese Anlagen wurden vornehmlich in den 60er und 70er Jahren zum Zwecke des Allgemeinwohls errichtet. Die Anlagen erfüllen in aller Regel nicht nur ein Ziel, sondern dienen neben ihrem Hauptzweck Hochwasserschutz, Niedrigwasseraufhöhung oder Trinkwasserversorgung, auch noch Freizeit und Tourismuszwecken. Als die Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken gebaut wurden, besaßen die erneuerbaren Energien bei weitem noch nicht den heutigen Stellenwert. Die bayerische Wasserwirtschaft hatte jedoch bereits zur damaligen Zeit alle sinnvollen Möglichkeiten der regenerativen Energieerzeugung aus Wasserkraft konsequent genutzt.

Es entstanden im Laufe der Jahre insgesamt fünfzehn Wasserkraftanlagen, die den Talsperren auch als wichtige Betriebsauslassorgane dienen. Die Stromerzeugung stellt ein wirtschaftlich und ökologisch sinnvolles Nebenprodukt aus dem Betrieb der staatlichen Speicher dar. Die Kraftwerke werden ohne Gewinnerzielungsabsicht betrieben, da die wasserwirtschaftlichen Vorgaben für den Betrieb gegenüber dem finanziellen Aspekt der Stromerzeugung eindeutig im Vordergrund stehen.

Für den Betrieb und Unterhalt dieser Wasserkraftwerke wurde im Jahre 1963 ein eigener Staatsbetrieb, die "Bayerischen Landeskraftwerke", gegründet. Heute haben die Bayerischen Landeskraftwerke GmbH ihren Sitz in Regensburg. Die enge Verzahnung zwischen dem Speicher- und dem Kraftwerksbetrieb kommt auch bei der personellen und technischen Ausstattung der Anlagen zum Ausdruck. Wartung und Betrieb der Turbinen sowie der elektrischen Ausstattung werden vom örtlichen Talsperrenpersonal der jeweiligen Wasserwirtschaftsämter übernommen, da eigenes Personal für die Landeskraftwerke hierfür nicht zur Verfügung steht.

Die installierte Leistung aller Turbinen liegt bei rund 15.000 kW, wobei die Ausbaugröße der Kraftwerke von 40 kW bis 3.700 kW reicht. Bei einer mittleren Jahreserzeugung von 50 Mio. kWh könnte eine Stadt mit immerhin 50.000 Einwohnern mit Strom versorgt werden.



▲ Die staatlichen Wasserspeicher Bayerns und ihre primäre Funktion. An vielen Speicherstandorten erzeugen die Bayerischen Landeskraftwerke GmbH Strom.

Kraftwerk	Inbetriebnahme	Ausbauleistung	Bruttoerzeugung
Sylvenstein 1	2004	2.577 kW	5.000 MWh
Sylvenstein 2	2000	3.600 kW	20.000 MWh
Liebenstein	1968	130 kW	550 MWh
Tiefenbach	1968	90 kW	410 MWh
Surspeicher	1968	250 kW	1.010 MWh
Windach	1969	40 kW	110 MWh
Postmünster	1973	275 kW	1.290 MWh
Mauthaus	1975	685 kW	1.780 MWh
Eixendorf	1977	950 kW	3.960 MWh
Frauenau	1985	600 kW	3.510 MWh
Förmitz	1992	150 kW	390 MWh
Rottach	1993	450 kW	1.440 MWh
Hilpoltstein	1993	3.000 kW	7.000 MWh
Rothsee	1994	775 kW	2.000 MWh
Brombachsee	1996	300 kW	600 MWh
Summe		13.872 kW	49.050 MWh

“50 Jahre Sylvensteinspeicher” - hinter diesem Jubiläum verbirgt sich ein langer wasserwirtschaftlicher Prozess. Die Idee eines “Sylvensteinspeicher” wurde vor genau 100 Jahren erstmals veröffentlicht. Ihre Ausplanung und Umsetzung sollte genauso lange dauern, wie der Sylvensteinspeicher nun in Betrieb ist. Vor 55 Jahren wurde der Startschuss für den Bau des Sylvensteinspeichers gegeben. Zuvor musste die Wasserwirtschaftsverwaltung - damals vertreten durch die Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern - erhebliche Überzeugungsarbeit für den Bau eines Wasserspeichers im oberen Isartal leisten, da viele Bürger der betroffenen Gemeinden, aber auch verantwortliche Politiker des Bayerischen Landtages, die Notwendigkeit des Projektes nicht erkannten bzw. aus wirtschaftlichen Gründen ablehnten.

Seit 50 Jahren ist der Sylvensteinspeicher nun ein fester Bestandteil des Isartales und hat seinen Bewohnern gute und zuverlässige Dienste beim Hochwasserschutz erwiesen und für eine ausreichende Wasserführung der Isar gesorgt. Die Sicherheit der Anlage hat dabei stets höchste Priorität. Und so ist es für die Wasserwirtschaftsverwaltung selbstverständlich, dass die Anlagen des Speichers nicht nur sorgfältig überwacht, sondern auch die Bemessungsgrundlagen stets erneut überprüft werden. Gestiegene Sicherheitsanforderungen und Defizite der Anlage, die nach umfangreichen Untersuchungen aufgezeigt wurden, führten zu einem Paket von Nachrüstungsmaßnahmen. Auch in der Zukunft wird es Maxime des staatlichen Handelns bleiben, die Anlagen stets auf dem aktuellen Stand der Technik zu halten.

Viele Hände haben geholfen, die umfangreichen und teilweise komplizierten Maßnahmen in die Tat umzusetzen. Nicht nur die Ingenieure waren gefordert, sondern auch Biologen, Landschaftsplaner und Juristen. Eine Vielzahl fachkundiger Ingenieurbüros, Behörden, Firmen, Universitäten und Sachverständiger haben geholfen, den Speicher auf den aktuellen Stand zu bringen. Ihnen allen sei Dank gesagt. Ein besonderer Dank gilt dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, dem Landesamt für Umwelt, den Bayerischen Landeskraftwerken GmbH und insbesondere dem Wasserwirtschaftsamt Weilheim. Ihre Mitarbeiter haben mit großem Engagement maßgeblich zum Gelingen beigetragen.

Planung, Bau und Nachrüstung des Sylvensteinspeichers sind ein gutes Beispiel für weitsichtige und erfolgreiche Landespolitik. Trotz teilweise erheblicher Widerstände - insbesondere gegen die Dammerhöhung - haben die verantwortlichen Wasserwirtschaftsbehörden die notwendigen Schritte zielstrebig und konsequent umgesetzt, auch beflügelt von einem Leitsatz Erich Kästners: “Es ist besser frühzeitig Deiche zu bauen, als zu hoffen, dass die Natur Vernunft annimmt”.

Pfingsten 1999 und im August 2005 hat die Natur die verbesserte Schutzwirkung des Sylvensteinspeichers auf die Probe gestellt. Gott sei Dank, standen zu diesen Zeitpunkten bereits die neue Hochwasserentlastung und die wesentlichen Elemente der Dammerhöhung zur Verfügung, so dass in den Städten und Gemeinden des Isartals keine gravierenden Schäden auftraten. Dies bestätigte im Jahre 1999 auch die damalige Staatssekretärin Christa Stewens vom zuständigen Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, angesichts der verhinderten Schäden in Millionenhöhe, mit den Worten: “Selten hat sich eine Vorsorgemaßnahme gegen Naturkatastrophen so schnell bezahlt gemacht.”



Maßgeblichen Anteil am gelungenen Management dieser dramatischen Hochwasserereignisse hatte die Einrichtung einer Hochwasservorhersagezentrale Isar, die die Bewirtschaftung solcher Ereignisse erst möglich machen sollte. In Anbetracht des riesigen Schadenspotentials, das unterhalb des Sylvensteinspeichers besteht, kann der Wert dieser Hochwasserschutzanlage wohl nicht hoch genug eingestuft werden.

So visionär die Idee eines Sylvensteinspeichers vor 100 Jahren gewesen sein mag - die Ereignisse der Jahre 1999 und 2005 haben uns gelehrt, dass sie von unschätzbarem Wert war. Dank der stetigen Weiterentwicklung war es erst möglich, diese vor 100 und vor 50 Jahren unvorstellbaren Ereignisse zu bewältigen. Angesichts der zu erwartenden Klimaveränderung muss auch unsere Generation neue Visionen entwickeln. Dazu gehören nicht nur der Erhalt und die Pflege bestehender Anlagen wie des Sylvensteinspeichers, sondern auch die Beantwortung der Frage, ob die vorhandenen Schutzanlagen im Einzugsgebiet der Isar dem möglichen Klimawandel Rechnung tragen. Diese Frage gilt es nicht nur an der Isar mit all ihren Nebenflüssen zu beantworten, sondern an allen Flussgebieten Bayerns. Die Beherrschung von Hochwasserereignissen stellt keinen statischen Prozess dar, der nach immer gleichen Schemata zu bewältigen wäre, vielmehr gilt es, sich nach jedem großen Ereignis neu zu hinterfragen und nach Möglichkeiten der Verbesserung zu suchen. Wesentliche Bestandteile dieses stetigen Erneuerungsprozesses sind, neben ausreichender finanzieller und personeller Ausstattung, vor allem eigene Visionen, Mut und neue Ideen. Wird dieser Weg weiterhin konsequent beschritten, so wird das Multitalent Sylvensteinspeicher aus dem Blickwinkel eines Klimawandels auch für unsere Kinder noch eine verlässliche Schutzanlage im Oberen Isartal darstellen.

