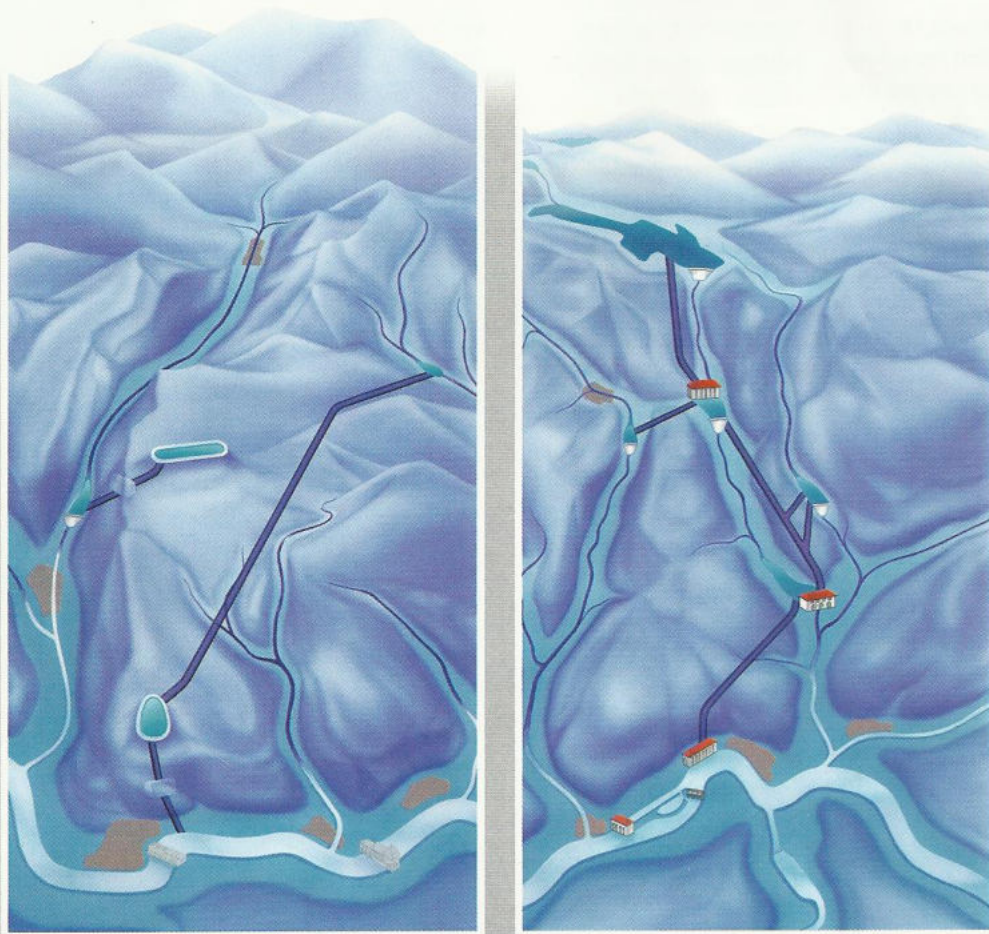


Wir lassen Wasser strömen, damit Strom fließt



Werksgruppe
Hotzenwald und
Werksgruppe
Schluchsee



Schluchseewerk
Aktiengesellschaft

Strom ist nicht speicherbar - aber Wasser!

Energiesicherung im Zusammenspiel verschie- dener Energiequellen und Energiesysteme

Elektrische Energie ist heute aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Eine flächendeckende Stromversorgung bedarf des Zusammenspiels aller Stromerzeuger. Daher sind die deutschen mit den westeuropäischen Kraftwerken so verbunden, daß Strom stets und ausreichend »fließt«.

Die Verbraucher bestimmen mit ihrem Bedarf, wieviel Strom erzeugt werden muß. Da Erzeugung und Verbrauch immer im Gleichgewicht sein müssen, ändern die Energieversorger laufend ihre Stromabgabe und passen sich dem ständig schwankenden Bedarf an.

Laufwasserkraftwerke und thermische Kraftwerke liefern nach Plan und können nur verzögert ihre Stromerzeugung verändern. Die entstehenden Unterschiede zwischen wechselnder Netzlast und Planerzeugung müssen jedoch laufend ausgeglichen werden. Dafür wurden die Pumpspeicherkraftwerke gebaut.

Im Verbund halten sie jede Spitze!

Pumpspeicherkraftwerke können innerhalb von Sekunden Spitzenstrom erzeugen. Sie sorgen für den erforderlichen Stromzufluß - sie sind das »Zünglein an der Waage«. Mit ihrer Hilfe erreichen die Schaltungingenieure tagein, tagaus, daß die Erzeugung dem tatsächlichen Verbrauch von elektrischer Energie angepaßt wird.

Energieträger Wasser

Fallhöhe und Durchflußmenge bestimmen die Energieausbeute, die aus Wasser gewonnen werden kann.



So wird im Generatorbetrieb die erforderliche Leistung der Turbinen geregelt; im Pumpbetrieb fahren die Maschinen mit gleichbleibender Leistung. Darüber hinaus halten die Pumpspeicherkraftwerke stets Reserveleistungen für den Fall auftretender Netzstörungen oder den Ausfall thermischer Kraftwerke vor.

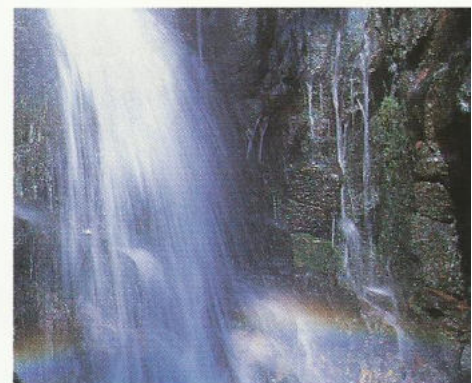
Weitere Aufgaben sind die Veredelung kostengünstiger Schwachlastenergie und die Bereitstellung von Blindleistung zur Spannungshaltung. Über 50.000 Maschineneinsätze im Jahr, die zentral von der Lastverteilung der Hauptschaltleitung in Kühmoos

gesteuert werden, zeigen die extrem hohe Beanspruchung, aber auch die Flexibilität der Kraftwerke. Eine gleichmäßige Netzfrequenz wäre ohne sie nicht möglich!

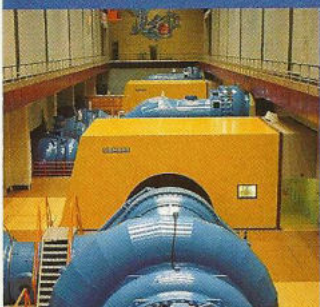


Seit Jahrhunderten nutzen die Bewohner des Schwarzwaldes die Kraft des Wassers zur Energieerzeugung...

... heute helfen diese natürlichen Ressourcen, den Energiebedarf im westeuropäischen Verbundnetz zu decken.



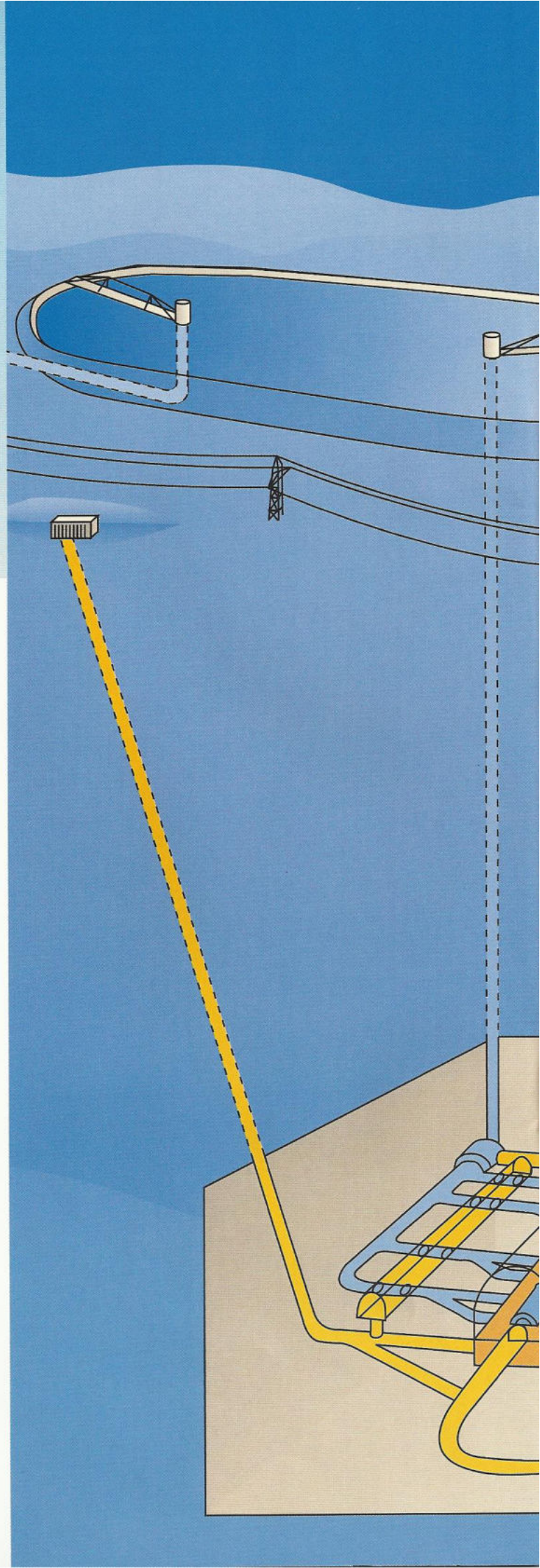
Wie funktioniert ein Pumpspeicherkraftwerk?

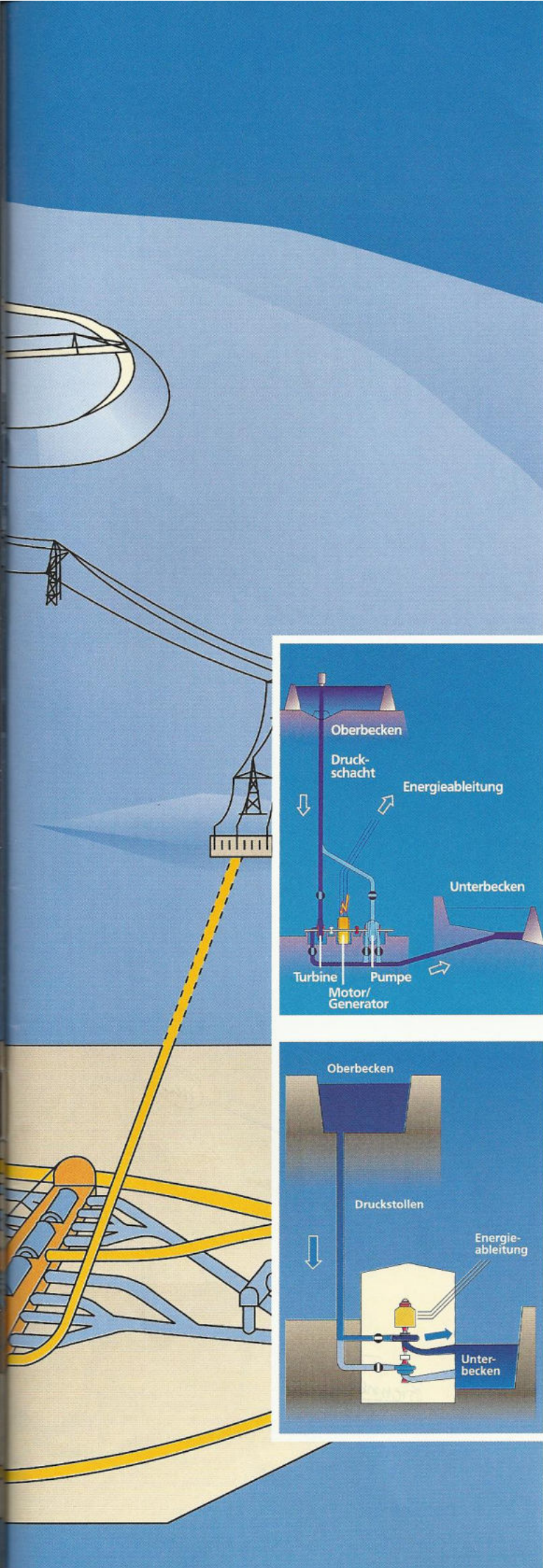


Wird Spitzenstrom vom Pumpspeicherkraftwerk abgerufen, schießt das Wasser von einem Oberbecken über den Druckstollen auf die Turbine. Diese treibt den Generator an: Strom wird erzeugt und in das Verbundnetz eingespeist. Das Wasser fließt weiter in ein Unterbecken.

In Schwachlastzeiten (zum Beispiel nachts oder an den Wochenenden) wird das Wasser mit dem überschüssigen Strom der thermischen Kraftwerke vom Unterbecken in das Oberbecken gepumpt. Dort wird das Wasser gespeichert bis zum nächsten Spitzenstromabruf.

DAS EINFACHE PRINZIP





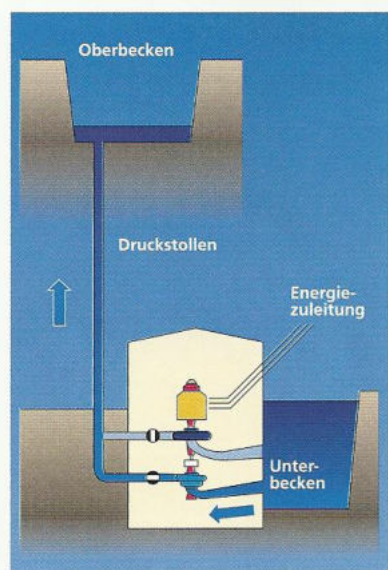
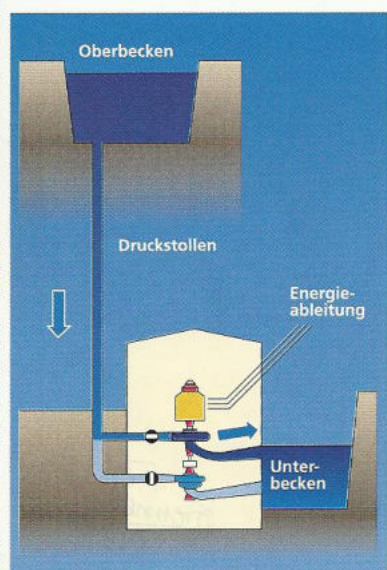
Dreidimensionale, schematische Darstellung eines Pumpspeicherkraftwerkes

- Generator/Motor
- Turbine
- Pumpe



Funktionsprinzip eines Pumpspeicherkraftwerkes mit horizontaler Wellenanordnung:

Bild links: Generatorbetrieb
Bild rechts: Pumpbetrieb



Funktionsprinzip eines Pumpspeicherkraftwerkes mit vertikaler Wellenanordnung:

Bild links: Generatorbetrieb
Bild rechts: Pumpbetrieb

Der südliche Schwarzwald, ein idealer Fall!

Die besonderen Gelände-verhältnisse mit der steil zum Hochrhein abfallenden Südflanke des Schwarzwaldes bieten besonders günstige Voraussetzungen für den Bau von Pumpspeicherkraftwerken.

Starke Winterabflüsse im Schwarzwald werden im Sommer durch alpine Schmelzwasser im Rhein abgelöst.

1928 wurde die Schluchseewerk AG mit Sitz in Freiburg gegründet. Ihre Aufgabe ist es, die Wasserkräfte des Schluchseegebietes und der benachbarten Wasserläufe zwischen Wehra und Wutach unter Ausnutzung ihrer Fallhöhe auszubauen und die fertiggestellten Kraftwerke zu betreiben.



Ideale Voraussetzungen für die Nutzung von Wasserkraft: Der südliche Schwarzwald.

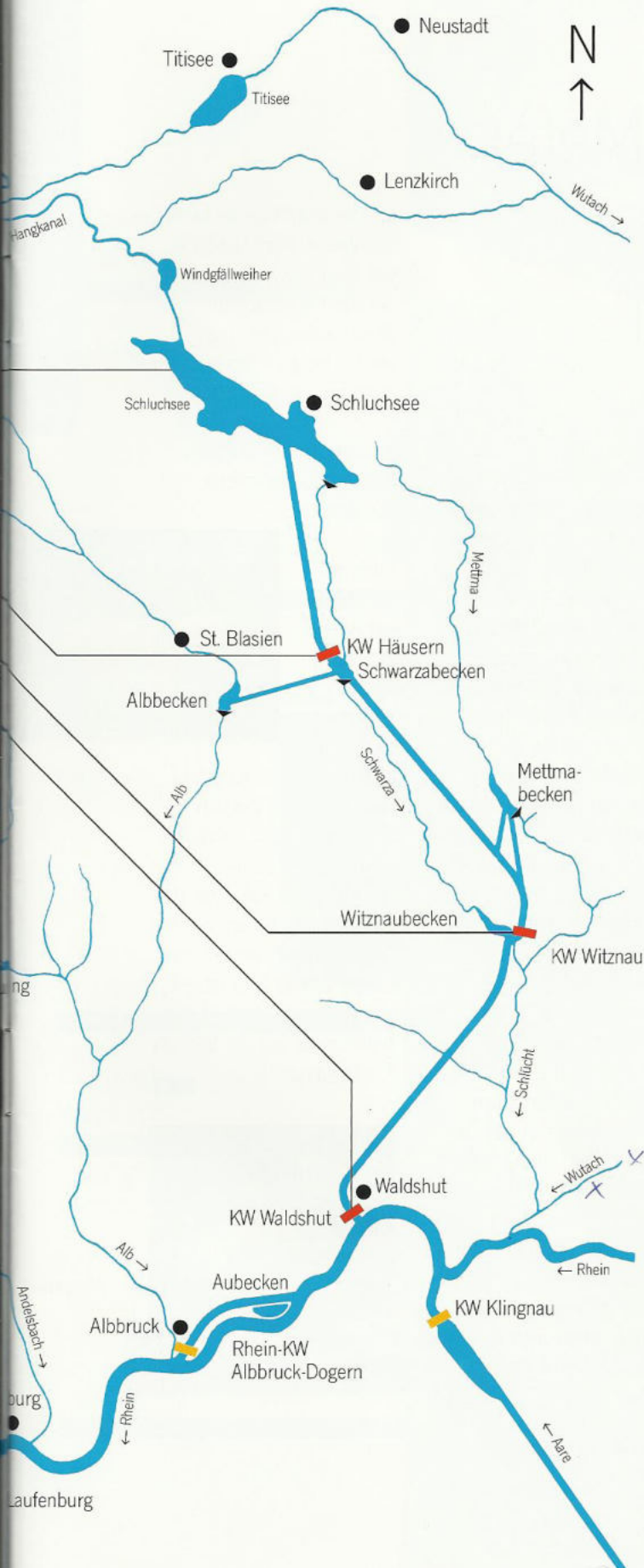
Intensive Niederschläge sorgen für starke Beckenzuflüsse. Der Wald der Einzugsgebiete schützt gegen Bodenabtrag und Verlandung

der Speicherseen. Der steile Abfall des Gebirges nach Süden zum Hochrhein ergibt nutzbare Fallhöhen von über 600 m. Die Hochtäler des Schwarzwaldes ermöglichen große Speicherbecken. Die Schwarzwaldflüsse und der Rhein ergänzen sich in der Wasserführung:

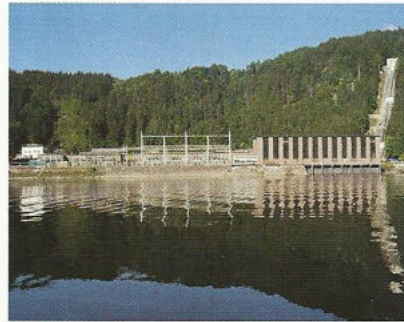


KW = Kraftwerk
Kav.-KW = Kavemenkraftwerk
1 2 3 4 5 km

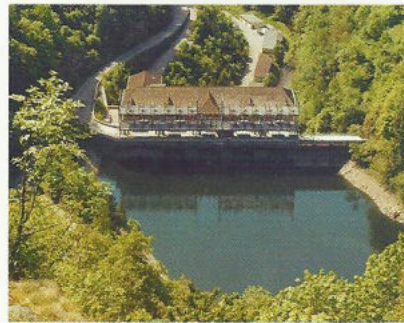
Werksgruppen Schluchsee und Hotzenwald



1 Der Schluchsee mit 108 Millionen m³ Inhalt ist das Oberbecken der Werksgruppe Schluchsee.



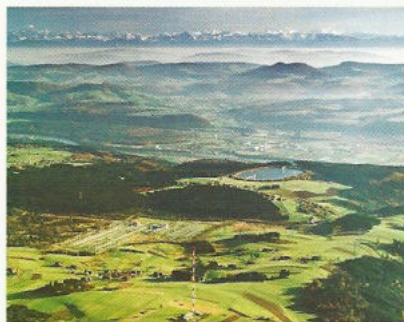
Werksgruppe Schluchsee mit den Pumpspeicherkraftwerken:
2 Häusern
3 Witznau
4 Waldshut



3



4



5

Werksgruppe Hotzenwald mit den Pumpspeicherkavernkraftwerken:
5 Säckingen
6 Wehr



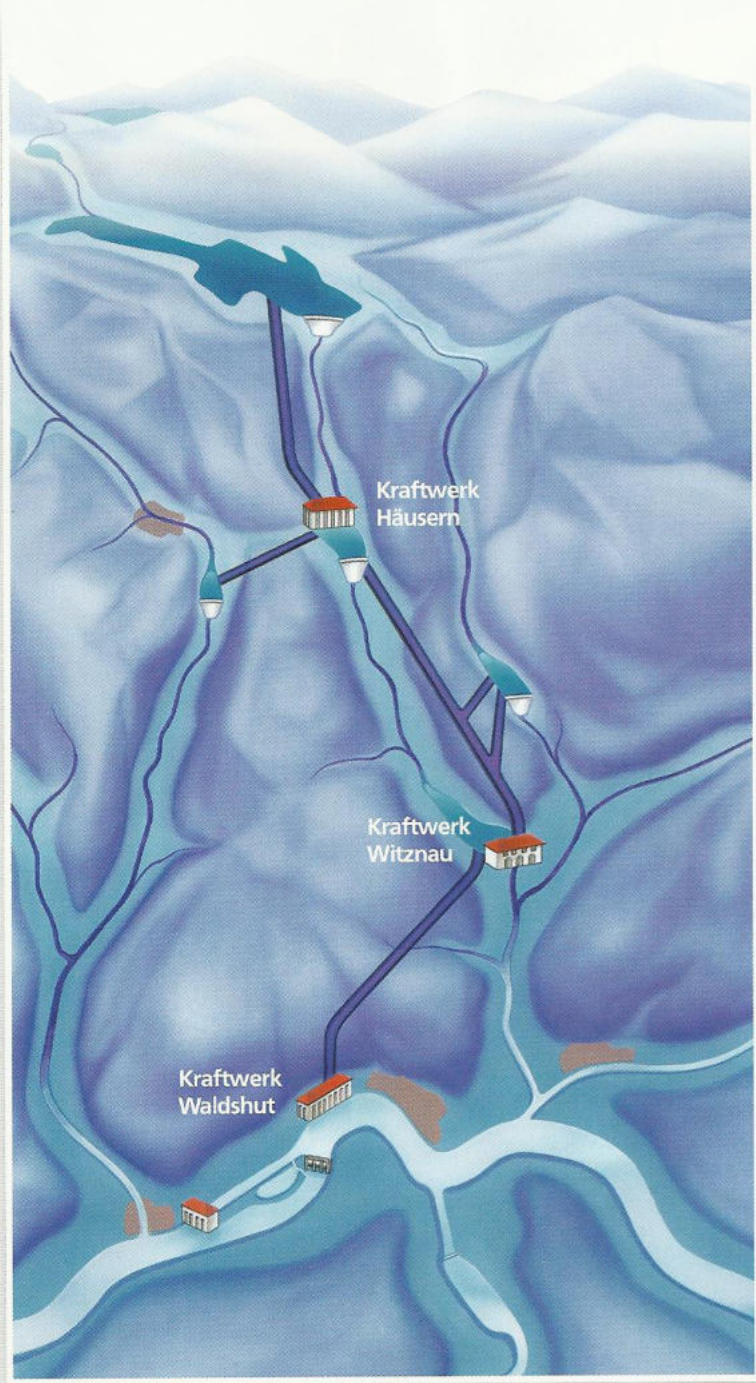
6

S C H L U C H S E E

Werksgruppe
Schluchsee

mit den
Pumpspeicher-
kraftwerken
Häusern, Witznau
und Waldshut

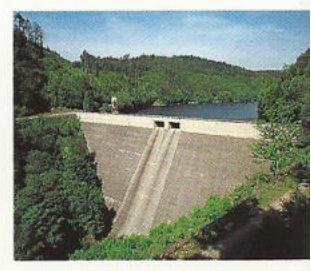
Bau der
Schwergewichts-
Staumauer am
Schluchsee



Schematisierte
Darstellung

Im Durchlaufbetrieb kann das Wasser vom Schluchsee über die Zwischenbecken bis hinab zum Rhein verwendet und wieder bis zum Schluchsee hinaufgepumpt werden.

Mettma- und Albbecken dienen als zusätzliche Ausgleichs- bzw. Sammelbecken für natürliche Zuflüsse. Nebenstehende Grafik



Mettmaecken

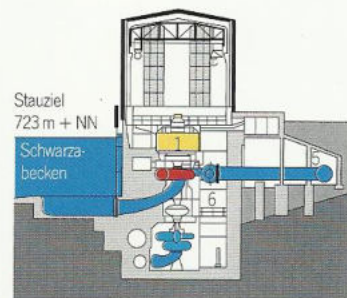
erläutert diesen Kreislauf des Wassers. Eine Vorstellung von der Größenordnung der Stollen vermittelt die Tatsache, daß der Rheintalstollen mit 6 m Durchmesser und 9,5 km Länge fast so lang ist wie der größte deutsche Eisenbahntunnel auf der Strecke Fulda-Kassel.



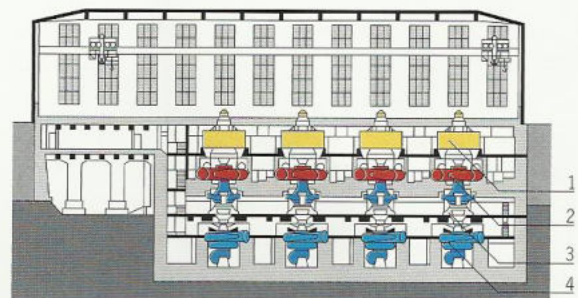
Werksgruppe
Schluchsee:
Kraftwerk-Systeme
und -Anlagen

Kraftwerk
Häusern

Quer- und
Längsschnitt

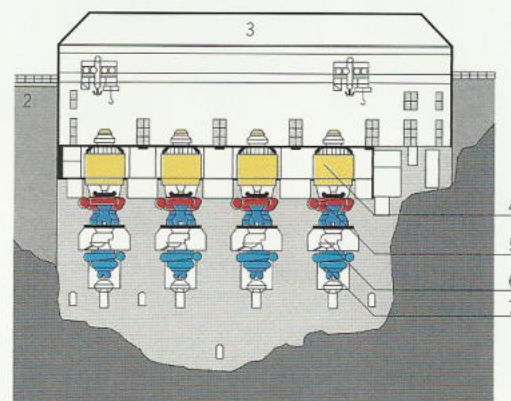
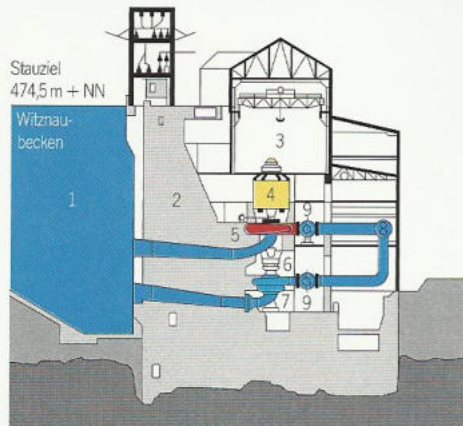


- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1 Generator/Motor | 4 Pumpe |
| 2 Turbine | 5 Verteilrohrleitung |
| 3 Kupplung | 6 Absperrorgan |



Kraftwerk
Witznau

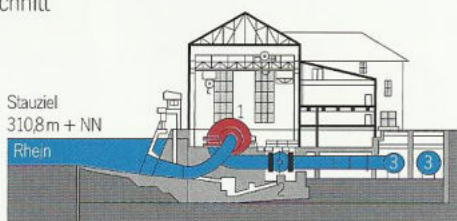
Quer- und
Längsschnitt



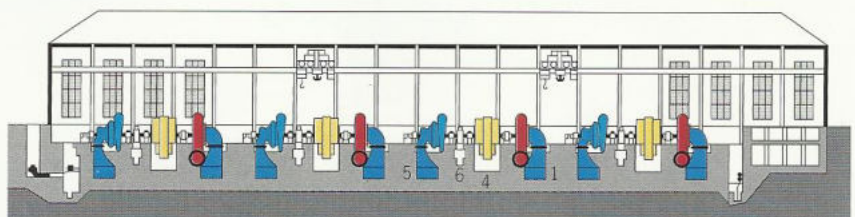
- | |
|----------------------|
| 1 Witznau-becken |
| 2 Witznausperre |
| 3 Maschinenhaus |
| 4 Generator/Motor |
| 5 Turbine |
| 6 Kupplung |
| 7 Pumpe |
| 8 Verteilrohrleitung |
| 9 Absperrorgane |

Kraftwerk
Waldshut

Quer- und
Längsschnitt



- | |
|----------------------|
| 1 Turbine |
| 2 Absperrorgan |
| 3 Verteilrohrleitung |
| 4 Generator/Motor |
| 5 Pumpe |
| 6 Kupplung |



Bau der
Schwergewichts-
Staumauer am
Schluchsee
von 1929 bis
1932

Der Schluchsee: Kopfspeicher der Werksgruppe Schluchsee

Die natürlichen Zuflüsse aus dem östlichen Feldberggebiet werden über einen 10 km langen Hangkanal, der zum Teil als Stollen, zum Teil als überdeckte Rohrleitung ausgeführt wurde, dem Windgfällweiher zugeleitet.

Dieser waldumsäumte kleine See wurde vor ca. 120 Jahren in der Senke eines wohl ursprünglichen Gletschensees als Triebwasserspeicher angelegt. Seit Baubeginn der Pumpspeicherkraftwerke ist der kleine See im Besitz der Schluchseewerk AG. Vom Windgfällweiher fließt das Wasser über ein 1,5 km langes Stein- und Holzgerinne zum Nordufer des Schluchsees bei Aha.

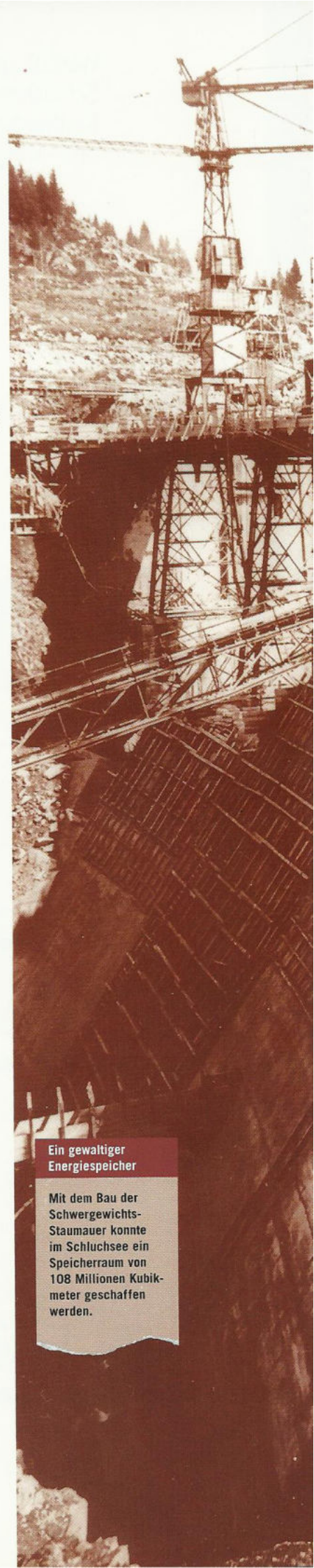
Mit der Errichtung einer Schwergewichts-Staumauer bei Seebrugg wurde der ursprünglich aus der Würmeiszeit (ihr Anfang liegt 70.000, ihr Ende rund 10.000 Jahre zurück) stammende Schluchsee um 30 m aufgestaut. Hierdurch konnte ein Speicherraum für 108 Millionen Kubikmeter Wasser geschaffen werden. Dieser dient zur Aufnahme der natürlichen Zuflüsse und des Pumpwassers.



Windgfällweiher

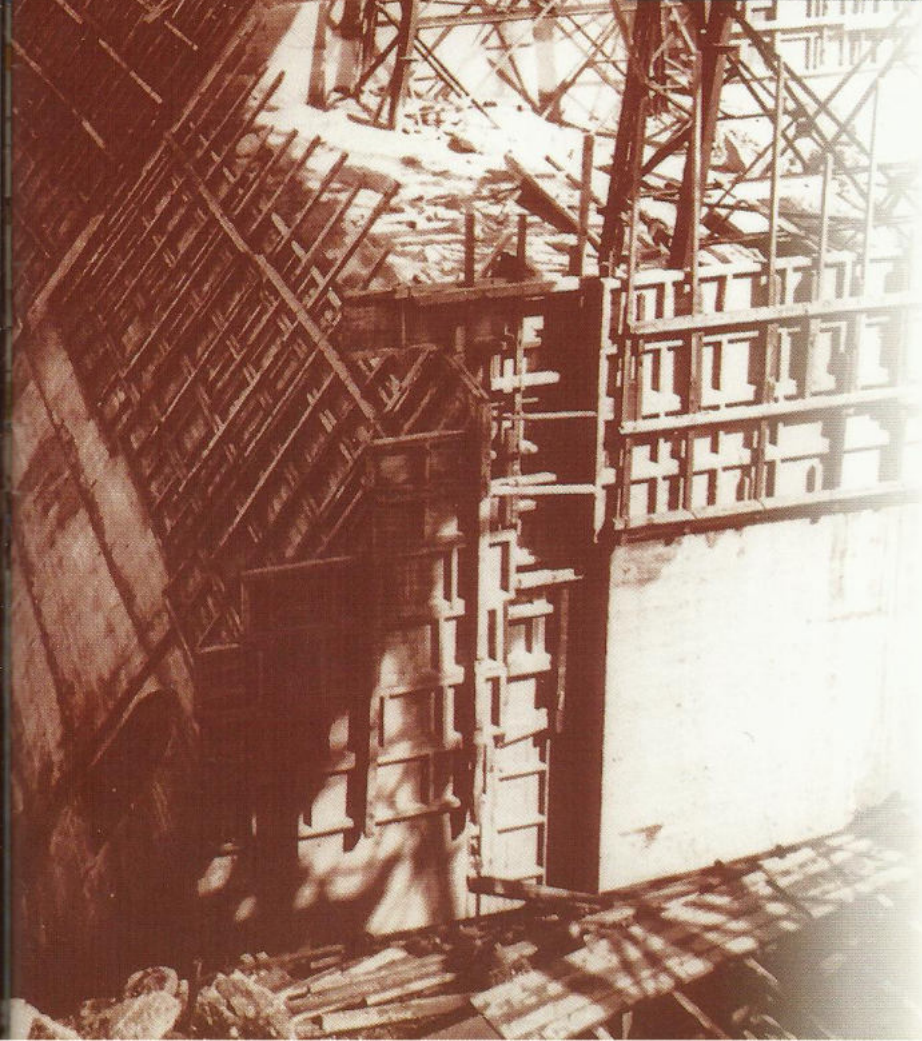


Hangkanal-
mündung



Ein gewaltiger
Energiespeicher

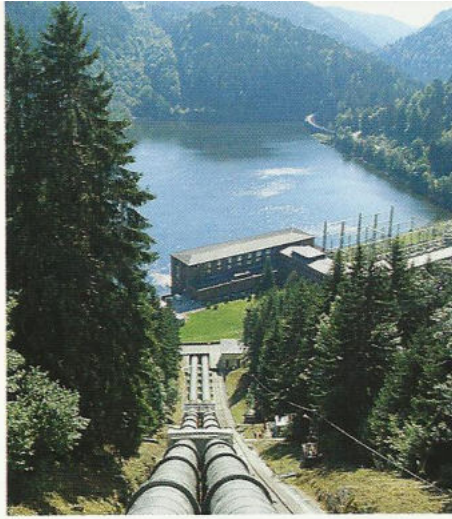
Mit dem Bau der Schwergewichts-Staumauer konnte im Schluchsee ein Speicherraum von 108 Millionen Kubikmeter geschaffen werden.



Schluchsee

Der Schluchsee ist Kopfspeicher der Werksgruppe Schluchsee und gab dem gesamten Werk seinen Namen. Bei Vollstau überdeckt er eine Fläche von 514 ha und ist damit der größte See im Schwarzwald.

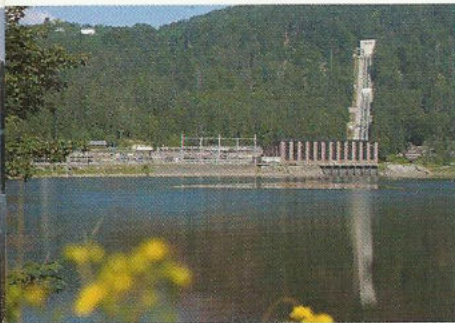
Im Landschaftsschutzgebiet des Hochschwarzwaldes gelegen, nimmt er als Reise- und Ferientziel bei Wanderern, Seglern, Surfern und Anglern einen hohen Stellenwert ein.



Kraftwerk
Häusern mit
Schwarza-
becken

Das Pumpspeicherkraftwerk Häusern

Oberstufe Häusern



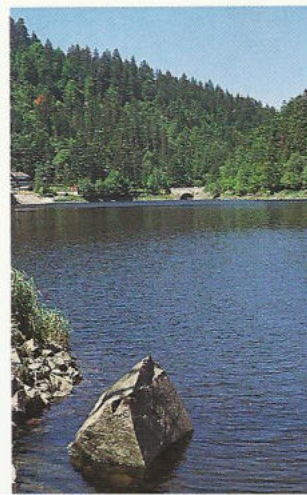
Kraftwerk
Häusern

Die vier Maschinensätze enthalten vertikale Wellen. Mit Hilfe einer besonderen Automatik kann bei Erzeugungsbetrieb in etwa 90 Sekunden von Stillstand auf Vollast gefahren werden, während der Übergang auf Pumpbetrieb etwa 3 Minuten in Anspruch nimmt. Das Anfahren der Pumpe erfolgt mit Hilfe einer hydraulisch-mechanischen Kupplung. Die Fördermenge einer Pumpe beträgt 10 Kubikmeter/Sekunde.

Es ist gleichzeitig Oberbecken für das Pumpspeicherkraftwerk Witznau. Außerdem dient es zur Aufnahme und Zwischenlagerung von beigeleitetem Wasser aus dem Albbecken.

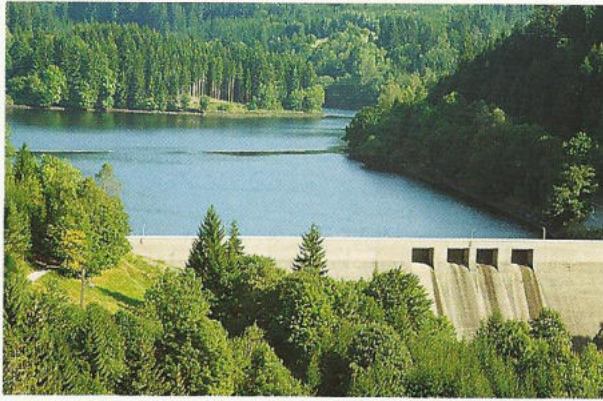


Das unterhalb des Kraftwerkes Häusern gelegene Schwarzabecken nimmt das im Turbinenbetrieb anfallende Wasser auf.

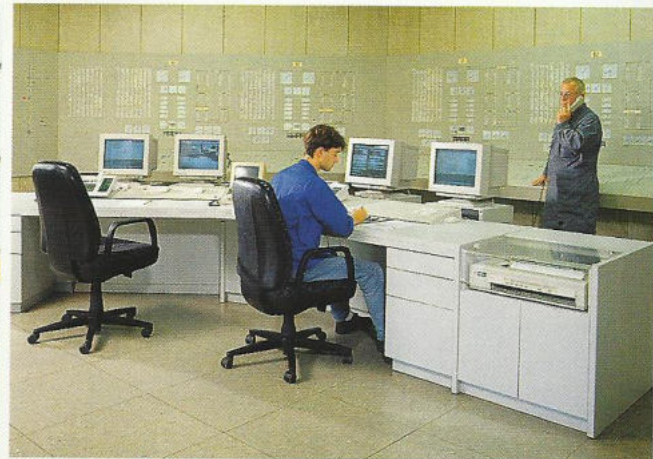


Schwarzabecken



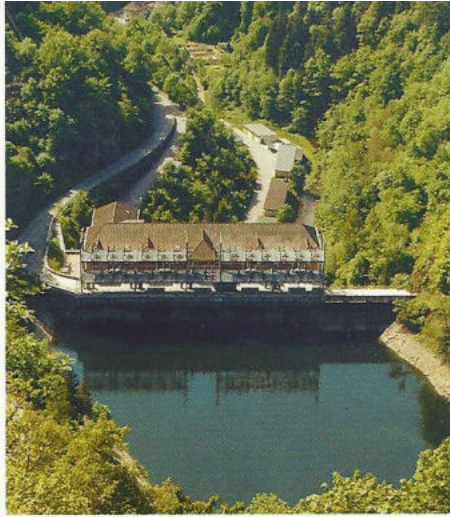


Alb Becken mit
Schwergewichts-
mauer



Warte
Kraftwerk
Häusern

Maschinenhalle
Kraftwerk Häusern

Kraftwerk Witznau
mit Witznaubecken

Das Pumpspeicherkraftwerk Witznau

Mittelstufe Witznau

Eingang
Kraftwerk Witznau

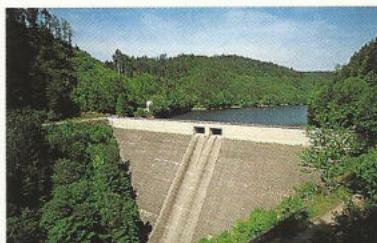
Das Mettmabecken im Osten der Werksgruppe Schluchsee ist, zusammen mit dem Schwarzabecken, das Oberbecken des Pumpspeicherkraftwerkes Witznau. Das Witznaubecken nimmt das Turbinenwasser des Pumpspeicherkraftwerkes Witznau auf und dient gleichzeitig als Oberbecken für das Pumpspeicherkraftwerk Waldshut.

Im langjährigen Mittel werden im Alb-, Schwarza-, Mettma- und Witznaubecken natürliche Zuflüsse von insgesamt 230 Millionen Kubikmeter aufgenommen und für die Stromerzeugung verwendet.

Einen bedeutenden natürlichen Zufluß von 120 Millionen Kubikmetern im Jahresmittel liefert hier die Alb. Ihr Wasser wird über einen Stollen in das Schwarzabecken eingeleitet.

In Witznau sind Krafthaus und Sperrmauer zu einem Bauwerk quer über das Schwarzatal vereinigt. Das Triebwasser der Turbinen wird über eine auf der Luftseite verdeckt liegende Verteilrohrleitung zugeführt und gelangt von den Turbinen durch die Sperrmauer in das flußaufwärts gelegene Witznaubecken. Die vier Maschinensätze sind wie in Häusern vertikal gebaut. Der Betriebsablauf entspricht dem des Pumpspeicherkraftwerkes Häusern.

Mettmabecken

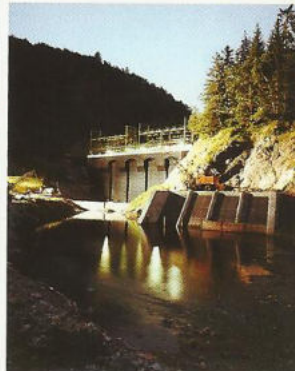




Witznaubecken



Warte Kraftwerk
Witznau



Witznausperre mit
Einlauf zum
Rheintalstollen

7

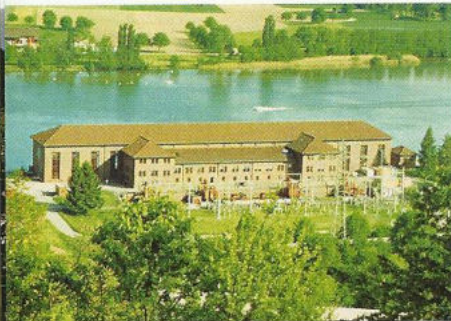
Maschinenhalle
Kraftwerk Witznau

Das Pumpspeicherkraftwerk Waldshut



Vier Maschinensätze, bestehend aus Turbine, Generator/Motor und Pumpe

Unterstufe Waldshut



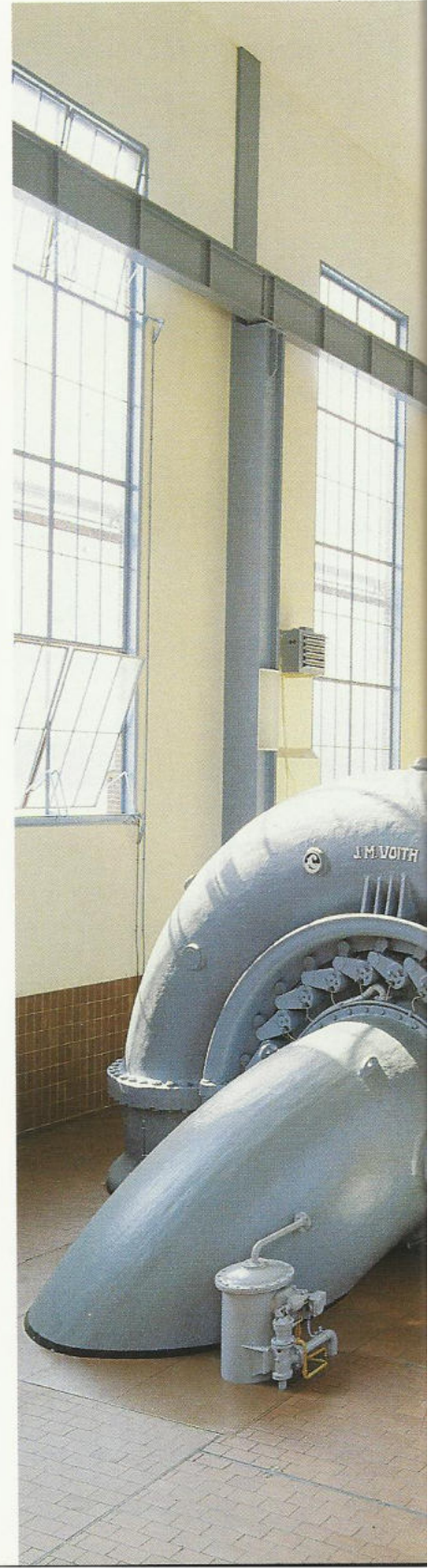
Kraftwerk Waldshut
mit Rhein

Der 9,5 km lange Rheintalstollen mit 6 m Durchmesser verbindet das Witznaubecken mit dem Pumpspeicherkraftwerk Waldshut bei einer Fallhöhe von 160 m. Für den Rheintalstollen mußten über 400.000 Kubikmeter Fels ausgebrochen und abtransportiert werden. Auf normale 15-Tonnen-Eisenbahnwaggons verladen, würden sie 60.000 Waggons füllen und aneinandergereiht eine Zuglänge von Basel bis Hannover ergeben. Durch diesen Rheintalstollen fließen bis zu 140 Kubikmeter Wasser in der Sekunde. Dies entspricht der mittleren Wasserführung des Neckars bei Heidelberg.

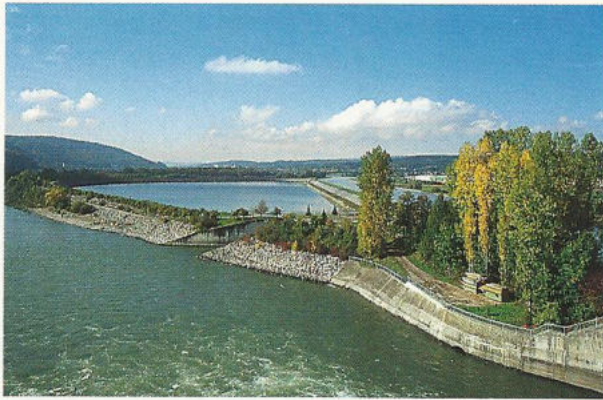
Die Maschinenhalle des Kraftwerkes Waldshut wurde entlang dem Rheinufer erbaut.

Die vier Maschinensätze haben horizontale Wellen, die Generatoren sind jeweils zwischen Turbine und Pumpe angeordnet.

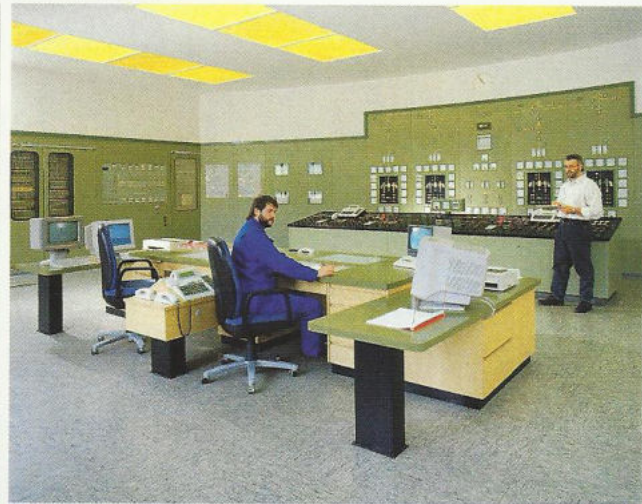
Die Förderleistung der Pumpen entspricht jener der oberhalb liegenden Kraftwerksstufen, so daß die gleiche Wassermenge durchgehend vom Rhein bis zum Schluchsee gepumpt werden kann.



Maschinenhalle
Kraftwerk
Waldshut

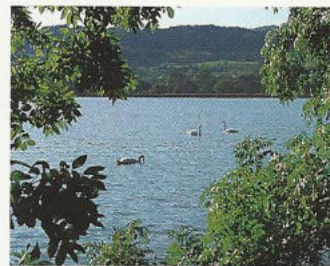


Das Aubecken, mit 2,2 Millionen m³ Inhalt – ein gewaltiges Aufnahme- bzw. Abgabe-Reservoir



Als Unterbecken dienen der Rheinstauraum und das Aubecken des Rheinkraftwerkes Albruck-Dogern.

Warte Kraftwerk Waldshut



Rheinstauraum des Rheinkraftwerkes Albruck-Dogern und Unterbecken des Kraftwerkes Waldshut

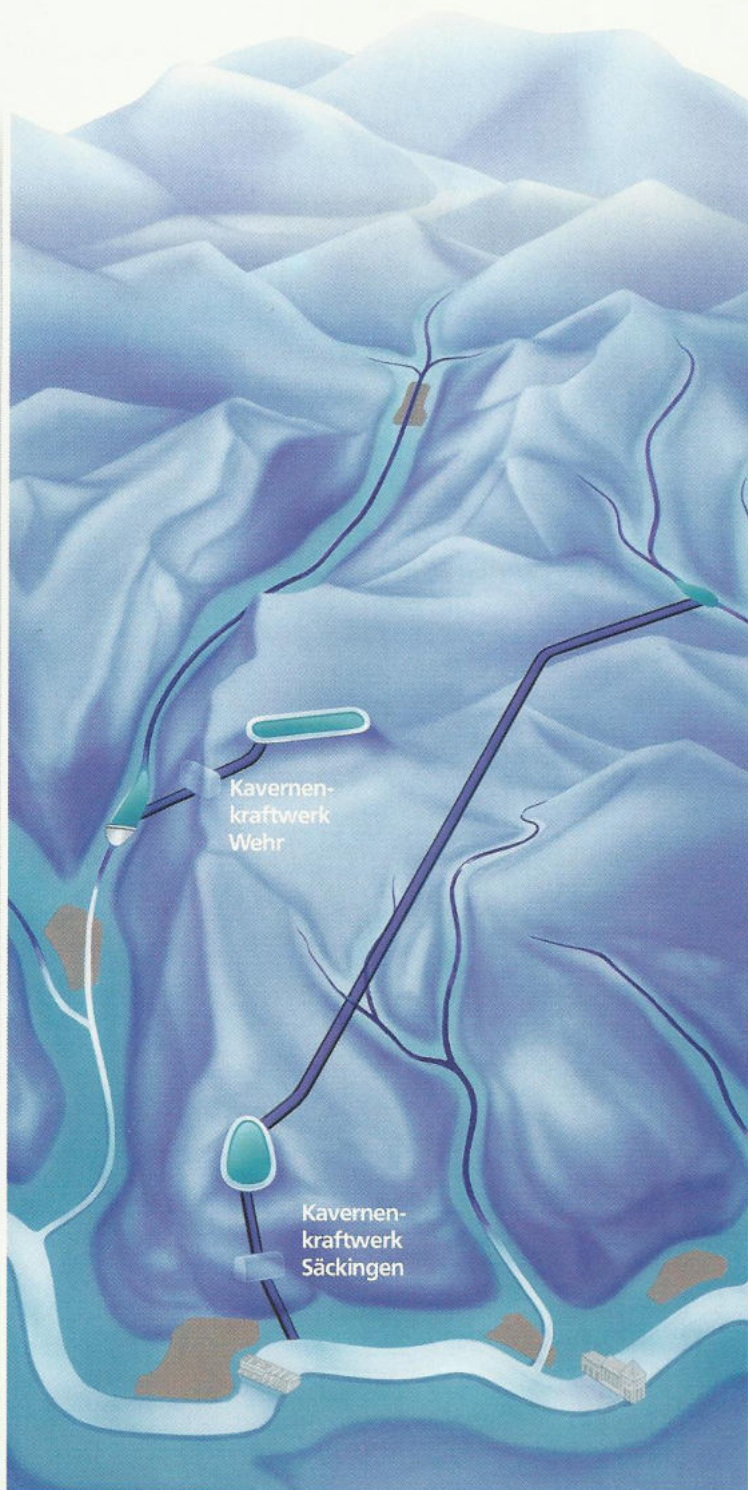
Die in den Generatoren erzeugte elektrische Energie wird über 110-kV-Freileitungen in die Hochspannungsnetze der RWE Energie AG in Tiengen und der Energie Baden-Württemberg AG in Gurtweil eingespeist.

Werksgruppe
Hotzenwald

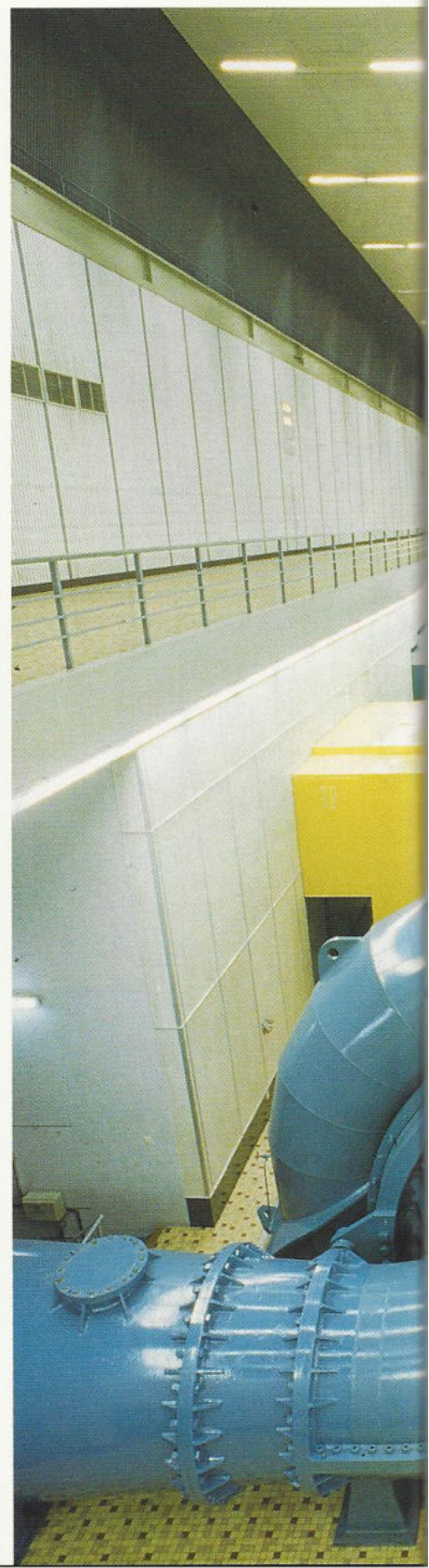
mit den
Pumpspeicher-
Kavernenkraft-
werken
Säckingen
und Wehr

Blick von der
Schweiz auf Rhein
(Unterbecken),
Rheinkraftwerk
Säckingen und
Eggbergbecken

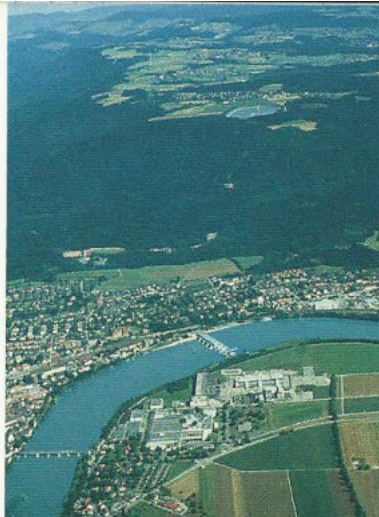
H O T Z E N W A L D



Schematisierte
Darstellung



Das Kavernenkraftwerk Säckingen



Blick von der Schweiz auf Rhein (Unterbecken), Rheinkraftwerk Säckingen und Eggbergbecken

wegweisend für die Zukunft!

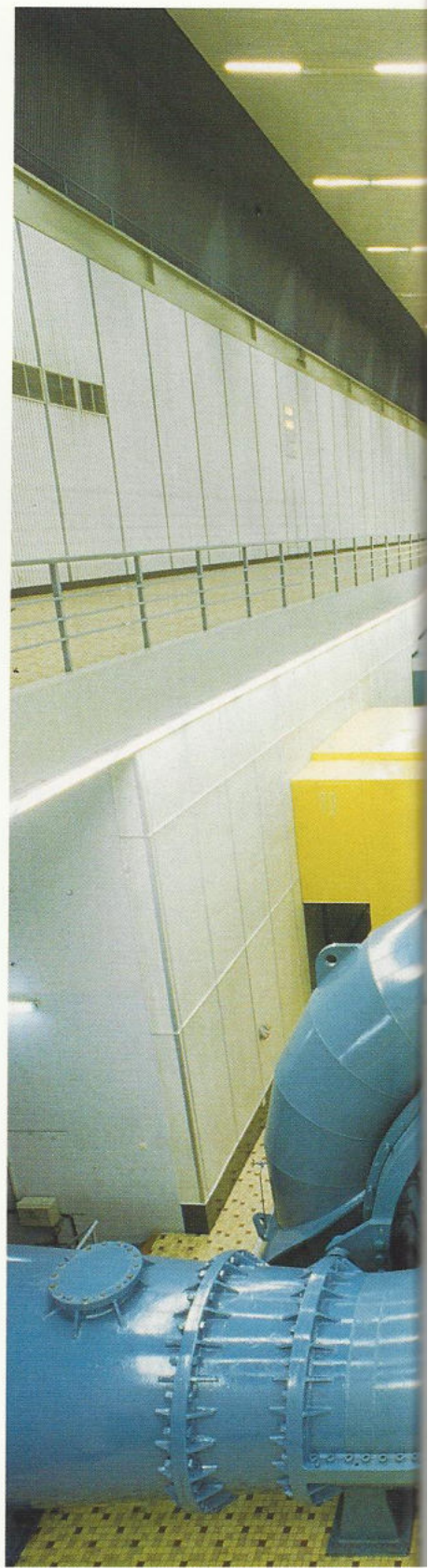
Das Kavernenkraftwerk Säckingen zählte während seiner Erbauung in den 60er-Jahren zu den größten Pumpspeichieranlagen Europas. In Deutschland war es das erste Pumpspeicherkraftwerk in Kavernenbauweise.

Das Eggbergbecken als Oberbecken wurde so angelegt, daß es sich heute nahtlos in die Landschaft einfügt. Da als Unterbecken der Rhein beim Rheinkraftwerk Säckingen um 45 cm über den Normalstau aufgestaut werden kann, mußte hier das Landschaftsbild nicht beeinträchtigt werden.

Die bei der Erstellung des Eggbergbeckens notwendigen landschaftlichen Eingriffe sind heute nicht mehr sichtbar.

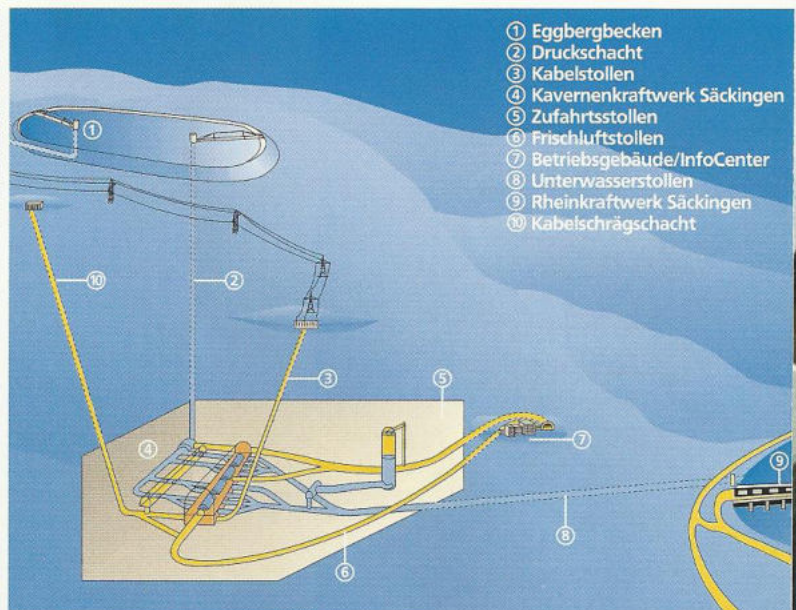
Während der Sanierungsmaßnahmen im Jahre 1992 wurde das Eggbergbecken entleert. Ein Teil der angesammelten Ablagerungen pumpte man in ein daneben ausgehobenes Absetzbecken. Dieses bildete sich zu einem Biotop aus und ergänzt reizvoll die Landschaft.

Das Eggbergbecken – ein künstlicher Wasserspeicher, hoch über dem Rheingraben (Oberbecken des Kavernenkraftwerkes Säckingen)

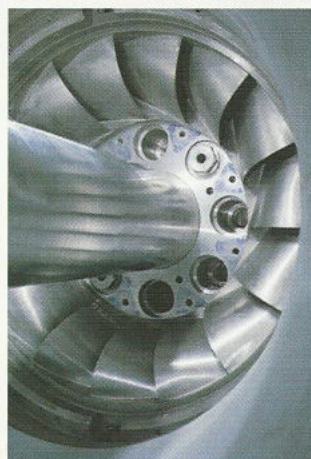




Die Pumpe A7 fördert 21.000 Liter Wasser in der Sekunde über 400 m in das Eggbergbecken.



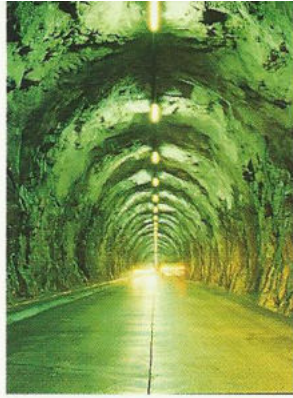
- ① Eggbergbecken
- ② Druckschacht
- ③ Kabelstollen
- ④ Kavernenkraftwerk Säckingen
- ⑤ Zufahrtsstollen
- ⑥ Frischluftstollen
- ⑦ Betriebsgebäude/InfoCenter
- ⑧ Unterwasserstollen
- ⑨ Rheinkraftwerk Säckingen
- ⑩ Kabelschrägschacht



Lauftrad einer Francis-Turbine

Schematische Darstellung Kavernenkraftwerk Säckingen

Die Maschinenkaverne: Vier Maschinensätze leisten insgesamt 370.000 Kilowatt. Das entspricht in etwa dem Bedarf einer Stadt wie Karlsruhe.



Zufahrtsstollen
zur Maschinen-
kaverne

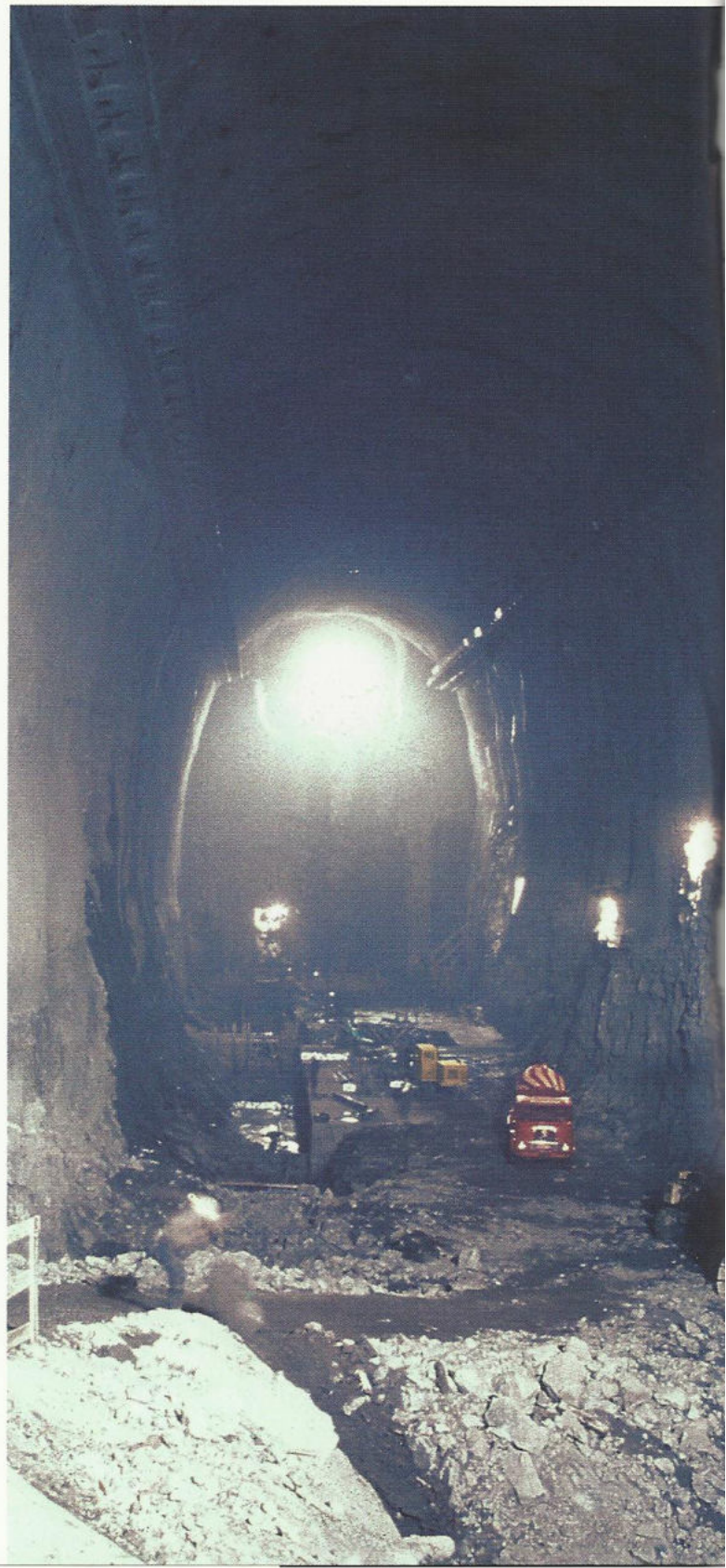
Die Maschinenkaverne

Die vier Maschinensätze stehen verborgen im Berg, in einem Felshohlraum, einer sogenannten Kaverne.

Die Dimensionen sind gewaltig: Länge 160 m, Breite 23 m, Höhe 33 m. Ein 1,5 km langer Zufahrtsstollen (6 m breit, 5,5 m hoch) verbindet die Kaverne mit der Außenwelt. Über diesen wurden etwa 60.000 Kubikmeter Gneis und Granit, das ist ein Teil des Kavernenausbruchs, aus dem Berg transportiert und für die Aufschüttung des Eggbergdammes verwendet. Jeder der Maschinensätze besteht aus Turbine, Pumpe und einer elektrischen Maschine, die als Generator oder Motor arbeiten kann. Die Turbine ist über eine mechanische Kupplung mit dem Generator verbunden. Die Pumpe wird mit einem hydraulischen Wandler angefahren und dann starr gekuppelt. Als Absperrorgane auf der Ober- und Unterwasserseite dienen riesige Kugelschieber. Das Anfahren der Turbine aus dem Stillstand bis auf volle Leistung dauert nur 90 Sekunden.

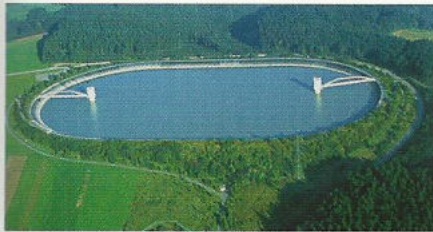
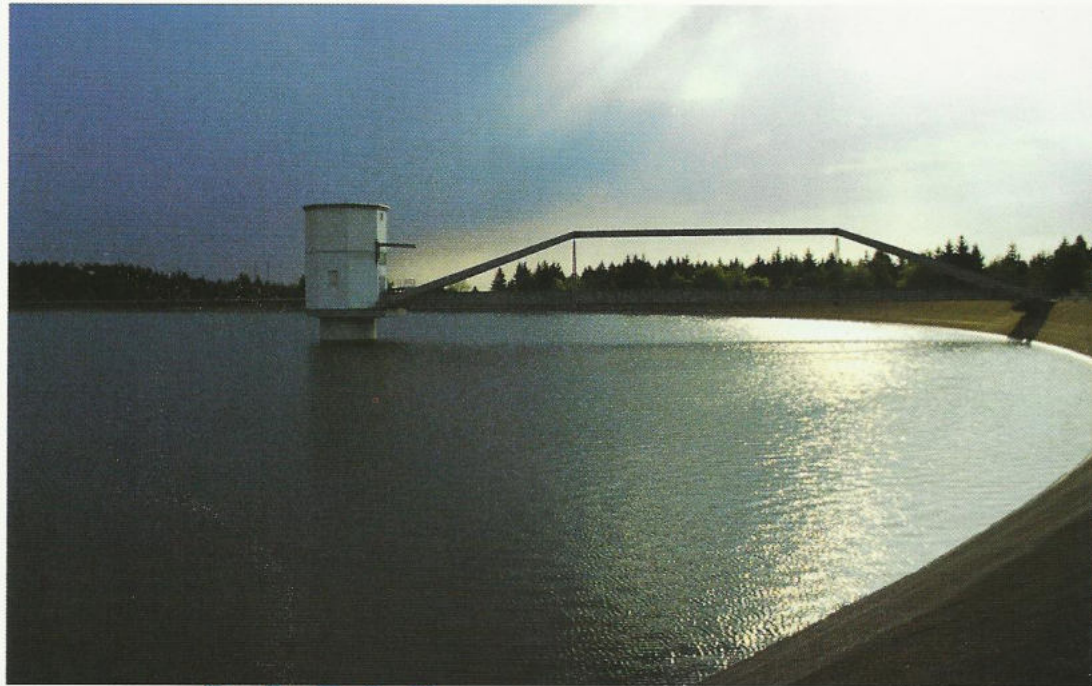
Der Unterwasserstollen zum Stauraum des Rheinkraftwerkes Säckingen ist 2 km lang und hat einen Durchmesser von 5,5 m. Der an die Oberwasserverteilrohrleitung anschließende gepanzerte Druckschacht mit 4,3 m Durchmesser und einer Länge von 408 m steigt senkrecht zum Eggbergbecken auf. Sowohl Unterwasserstollen als auch Druckschacht können selbst unter Strömung durch spezielle Schützen geschlossen werden. Von den Generatoren fließt nun der Strom zu den Transformatoren, von dort 636 m über Ölkabel auf eine 235.000-Volt-Freileitung zur Schaltanlage Kühmoos. Erst jetzt erfolgt die Anbindung an das westeuropäische Verbundnetz. In Kühmoos befindet sich außerdem die Lastverteilerwarte. Von dieser werden alle 20 Maschinensätze der Schluchseewerk AG ferngesteuert zu- und abgeschaltet. Von hier aus werden die Speicherbecken so bewirtschaftet, daß stets ausreichend Wasser für Generator- oder Pumpbetrieb vorhanden ist.

Die ausgebrochene Kaverne:
160 m lang,
23 m breit,
33 m hoch



Das Eggbergbecken

– der Wasserspeicher mit 400 m Fallhöhe. Auf einer Bergkuppe des Hotzenwaldes entstand am Rand zum Rheingraben das Eggbergbecken. Senkrecht über der Maschinenkaverne angelegt, schuf es optimale Bedingungen für den Wirkungsgrad. Das ausgehobene Erdmaterial wurde zusammen mit Felsmaterial aus dem Kavernenbereich zu einem Ringdamm aufgeschüttet und auf der Innenseite durch einen Asphaltbetonbelag abgedichtet. Das Fassungsvermögen des 500 m langen, 300 m



breiten und 23 m tiefen Beckens beträgt 2,1 Millionen Kubikmeter. Dies reicht für ca. 6 Stunden Vollastbetrieb bei maximaler Turbinenleistung. Das Oberbecken hat einen natürlichen Zufluß aus Ibach, Murg und Dorfbach, der im Jahresmittel bei 18% der Erzeugung liegt. Die Außenseite des Dammes wurde nach Fertigstellung mit Bäumen und Sträuchern bepflanzt. Sie fügt sich harmonisch in die Landschaft ein.

Der Rhein – das unsichtbare »Unterbecken«.

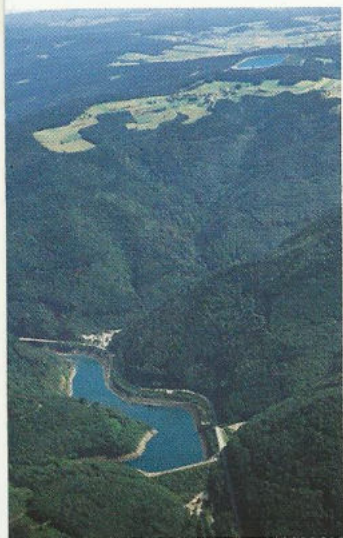
Als »Unterbecken« dienen die Rheinstauräume der Rheinkraftwerke Säckinggen und Ryburg-Schwörstadt. Das Fassungsvermögen dieses »Unterbeckens« beträgt 1,9 Millionen Kubikmeter. Bei Wasserführung über 800 Kubikmeter/Sekunde erlauben die behördlichen Bestimmungen Wasserentnahmen aus dem Rhein. Für die Schaffung des Stauraumes waren keinerlei Eingriffe in die Landschaft nötig.

Das Eggbergbecken (auf der Dammkronenlänge 500 m lang, 300 m breit) entstand von 1962 - 1967.

Das Kavernenkraftwerk Wehr

eine der modernsten
Anlagen Europas!

Hornbergbecken
(Oberbecken) ▼

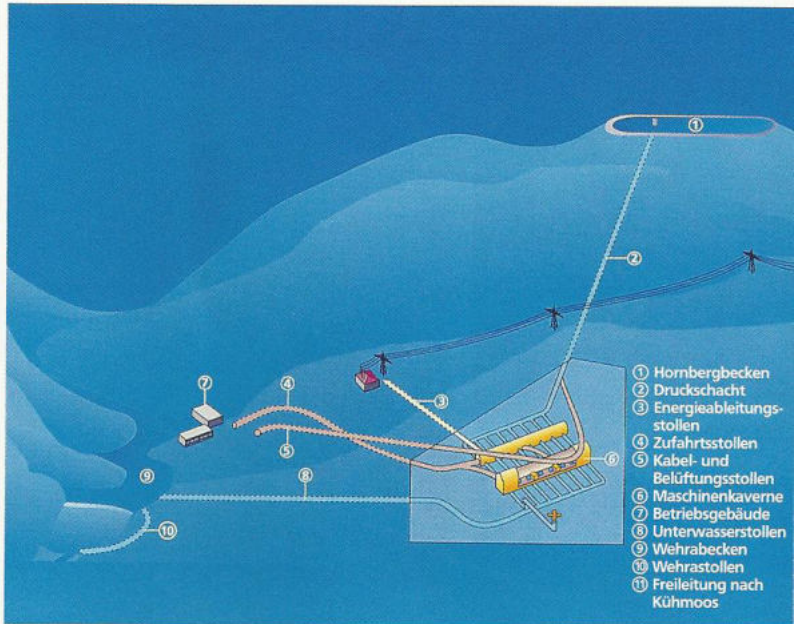


Wehrbecken ▲
(Unterbecken)

Weltweit gehört das Kavernenkraftwerk Wehr zu den größten Pumpspeichieranlagen. Darüber hinaus wurde durch die naturintegrierende Kavernenbauweise am Hornberg- und Wehrbecken praktikabler Naturschutz verwirklicht.

Umsichtige Planer und Ingenieure bauten ein Kraftwerk mit möglichst geringen Landschaftskorrekturen. Und bitte, die Natur war Partner von Anfang an: Nach 20 Jahren sind die damaligen Veränderungen nicht mehr erkennbar. Heute ist das Hornbergbecken fast nur noch von der Luft aus sichtbar; das Wehrbecken verzaubert als naturschöner Stausee.





Schematische Darstellung Kavernenkraftwerk Wehr



Montage einer Pumpe in der Maschinenkaverne

Die Maschinenkaverne: Vier Maschinensätze leisten insgesamt eine Million Kilowatt. Das entspricht dem Bedarf einer Stadt von einer Million Menschen.

Die
Maschinenkaverne:
Voraussetzung für
ein ökologisch
schonendes Konzept!



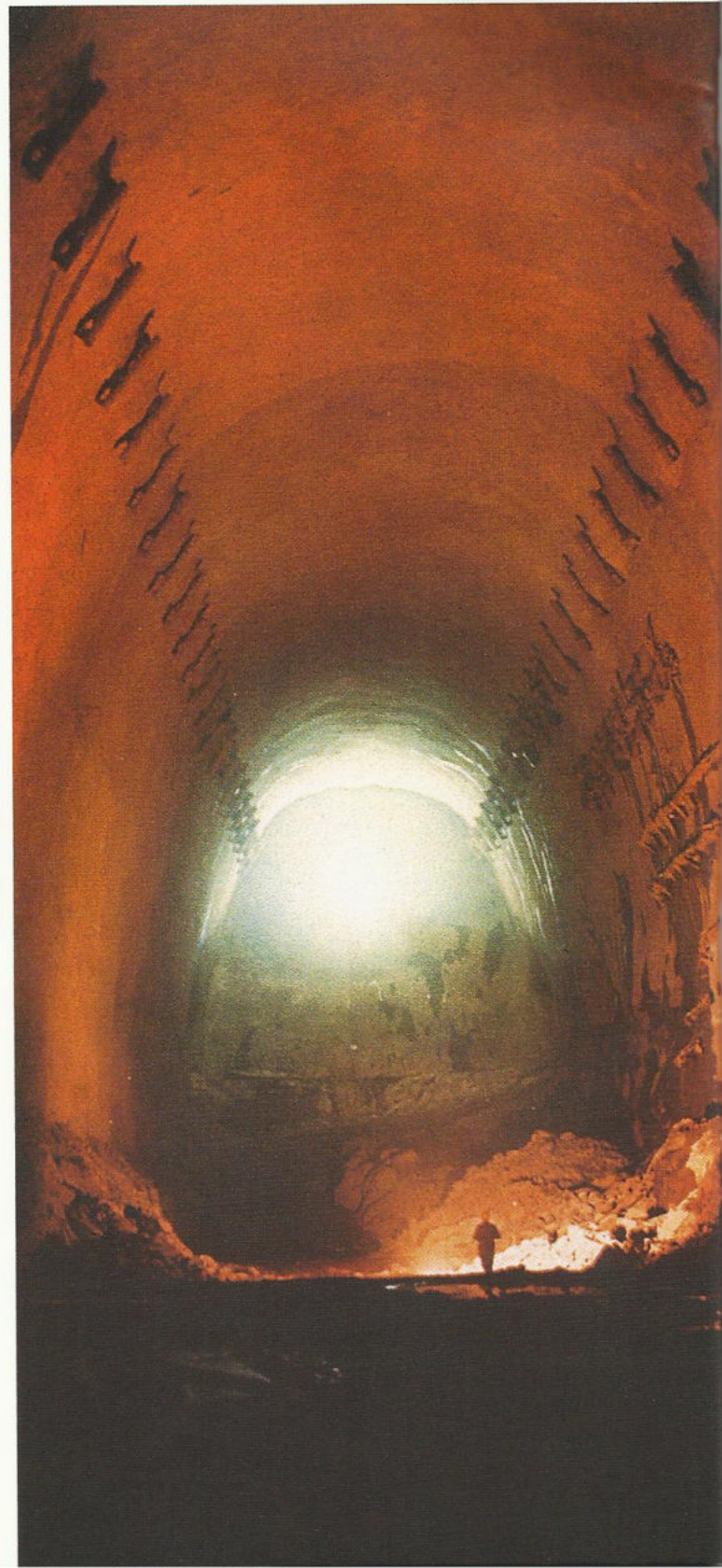
Zufahrtsstollen
zur Maschinen-
kaverne

175.000 Kubikmeter Granit und Gneis wurden aus der rechts abgebildeten Kaverne herausgehauen und für den Bau des Wehrdammes verwendet. Wie in Säckingen stehen auch hier vier Maschinensätze. Der 1,3 km lange Zufahrtsstollen – geeignet für gewaltige Transportfahrzeuge – verbindet die Außenwelt mit der Kaverne. Über diesen 7 m breiten und 5,5 m hohen Straßentunnel wurden unzählige Tonnen Materialien und Maschinen transportiert.

Jeder der vier Maschinensätze setzt sich aus Turbine, Pumpe und einer elektrischen Maschine zusammen. Diese Maschine kann sowohl als Generator als auch als Motor arbeiten. Durch eine mechanische Kupplung ist der Generator mit der Turbine verbunden. Die Pumpe wird mit einem hydraulischen Wandler angefahren und ist dann starr mit dem Motor gekuppelt.

Gewaltige Kugelschieber dienen auf der Oberwasser- und Unterwasserseite als Absperrorgane. Nur 100 Sekunden dauert das Anfahren der Turbine aus dem Stillstand bis auf volle Leistung!

Der Unterwasserstollen zum Wehrbecken ist 1,5 km lang und hat einen Durchmesser von 7 m. Er kann durch eine Rollschütze im Auslaufbauwerk selbst unter Strömung geschlossen werden. Der an die Oberwasserverteilerleitung anschließende gepanzerte Druckschacht mit 5,5 m Durchmesser und einer Länge von 1.385 m steigt mit 54 % zum Hornbergbecken auf.



Die ausgebrochene Kaverne:
219 m lang,
19 m breit,
35 m hoch

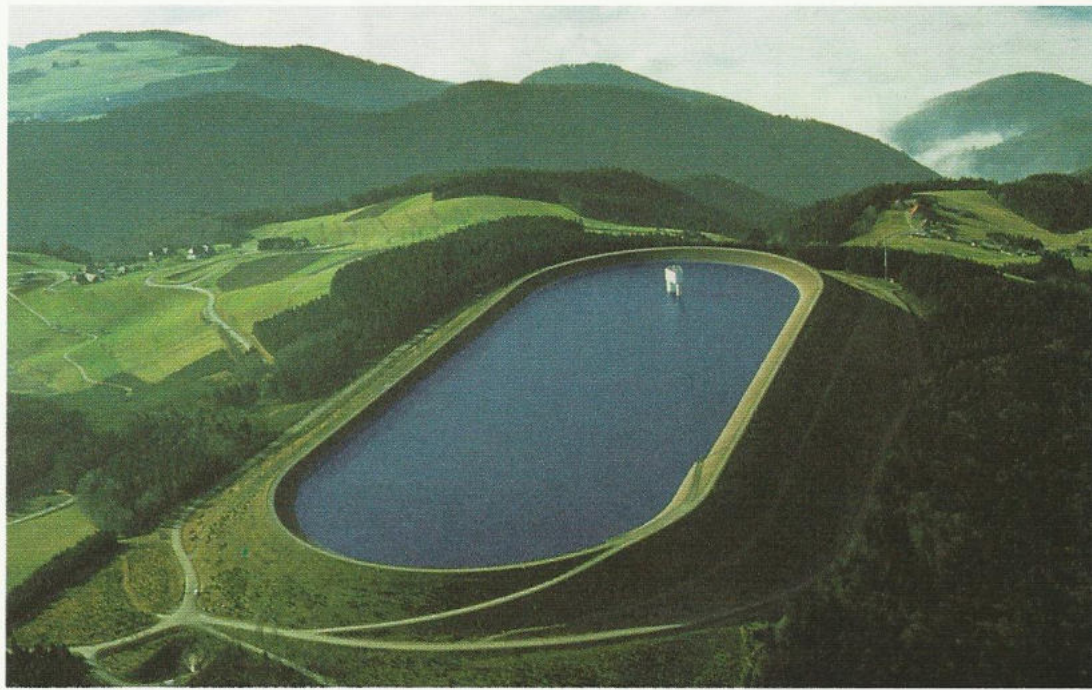
Das Hornbergbecken – fast nur von oben sichtbar!

Auf der höchsten Erhebung des Hotzenwaldes entstand das Hornbergbecken, das Oberbecken des Kavernenkraftwerkes Wehr. Das von der Kuppe des Lang Ecks ausgehobene Felsmaterial wurde zu einem Ringdamm aufgeschüttet und dieser auf der Innenseite durch einen Asphaltbetonbelag abgedichtet.

Das Fassungsvermögen des 46 m tiefen Beckens beträgt 4,4 Millionen Kubikmeter, was bei maximalem Turbinenbetrieb für etwa sieben Stunden ausreicht.

Der Einlauffurm enthält eine Zylinderschütze, die den darunterliegenden Druckschacht auch bei Strömung sicher abschließen kann. Das auf der Dammkrone 700 m lange und 300 m breite Becken wurde auf seiner Außenseite mit etwa 40.000 Bäumen und Sträuchern weiträumig bepflanzt.

Eine Maßnahme, die das Becken heute fast unsichtbar in die Waldlandschaft integriert.



Das Wehrbecken, ein friedlicher See – naturintegriert.



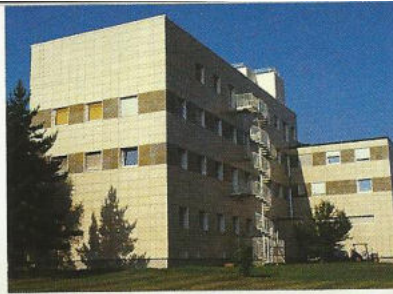
Das Wehrbecken heute: naturintegriert!

An einer Engstelle des Wehratales, oberhalb der Stadt Wehr, wurde ein 40,5 m hoher Damm für das Wehrbecken aufgeschüttet. Wie das Hornbergbecken erhielt auch diese Sperre auf der Innenseite eine Asphalt-dichtung und auf der Luft-seite eine

intensive Begrünung. Das dem Becken zufließende Wasser der Wehra wird über einen Stollen in das ursprüngliche Bachbett unterhalb der Talsperre abgeführt.

Das Hornbergbecken (auf der Dammkrone 700 m lang, 300 m breit) entstand von 1971 - 1975.



Hauptschaltleitung
Kühmoos

Die Hauptschaltleitung Kühmoos

Die Hauptschaltleitung ist für den Kraftwerkseinsatz, die Bewirtschaftung der Speicherbecken und die Betriebsführung der Schaltanlage zuständig. Sie besteht aus der Lastverteilung und der Schaltanlage.

Für den Kraftwerkseinsatz stehen 14 Speicherbecken zur Verfügung. Hierzu zählen auch vier Stauräume am Hochrhein.

Die Kraftwerke werden zentral von der Hauptschaltleitung Kühmoos eingesetzt.

Die Aufgaben der Lastverteilung

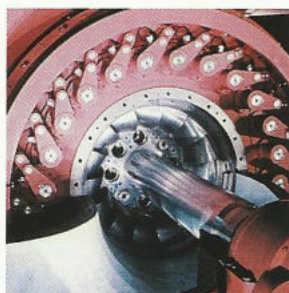
Das Wartengebäude der Hauptschaltleitung Kühmoos



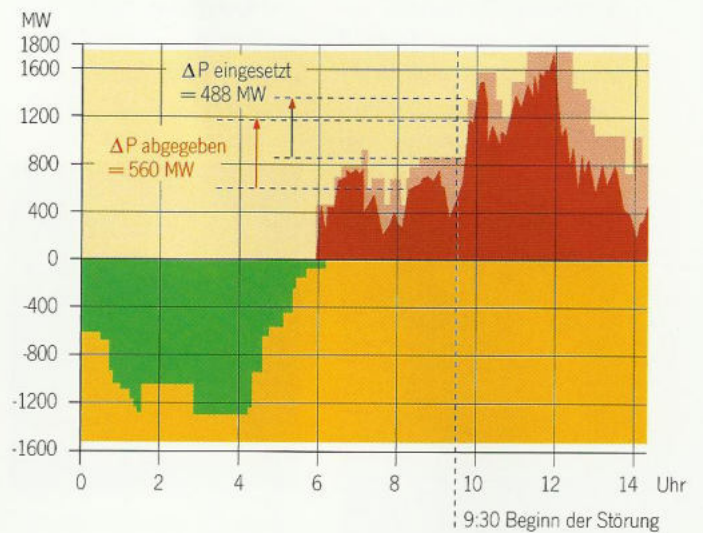
Die Lastverteilung ist Verbindungsstelle zu den Partnern RWE Energie AG und Energie Baden-Württemberg AG für die Betriebsführung und den Kraftwerkseinsatz. Hier wird die Fernsteuerung der einzelnen Maschinen, die Bedienung und Einstellung der Leistungsfrequenzregelung und die Bewirtschaftung aller Becken und Rheinstauräume unter Berücksichtigung der Konzessionsbedingungen vorgenommen.

Neben diesen Aufgaben werden auch Termine für lang- und mittelfristige Reparaturprogramme vereinbart. Es wird mit den Partnern die generelle Bewirtschaftung der Speicherbecken abgesprochen. Darüber hinaus werden wasserwirtschaftliche Untersuchungen, statistische Auswertungen sowie die Energie- und Wasserverrechnung durchgeführt.

Einsatzbefehle aus der Lastverteilung Kühmoos wirken auf den Leitapparat (siehe Abbildung) und regeln die Leistung der Maschinen.



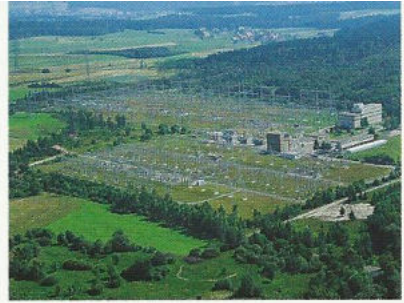
Kraftwerkseinsatz bei Ausfall von 750 MW im Verbundnetz



In den Kraftwerken empfängt eine Maschinenautomatik die Einsatzbefehle aus der Lastverteilung Kühmoos und steuert die Maschinen in die gewünschte Betriebsart. Der Belastungsgrad wirkt auf den Leitapparat und regelt über den Turbinendurchfluß die Leistung der Maschinen.

- Generator verfügbar
- Pumpe verfügbar
- Pumpe eingesetzt
- Generator eingesetzt
- Generator abgegeben

Die Kraftwerke sind so konzipiert, daß die Leistung der Maschinen den Änderungen des Belastungsgrades unverzüglich folgen kann.



Hauptschaltleitung
Kühmoos

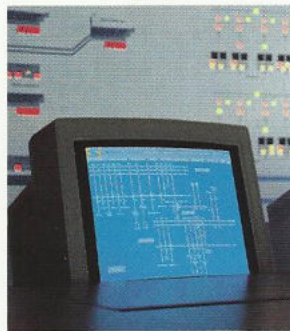
Die Warte und das Leitsystem der Hauptschaltleitung

Für die Betriebsführung steht eine moderne Warte zur Verfügung. Von hier wird der Kraftwerkseinsatz zentral geführt. Auch die Steuerung der Schaltanlage erfolgt von dieser Warte. Zwei Arbeitsplätze sind rund um die Uhr im Schichtdienst besetzt. Das Leitsystem ist die Schnittstelle zwischen dem Wartenpersonal und dem Prozeß (Kraftwerke, Stauräume, Schaltanlage).

Die Aufgaben des Systems sind:

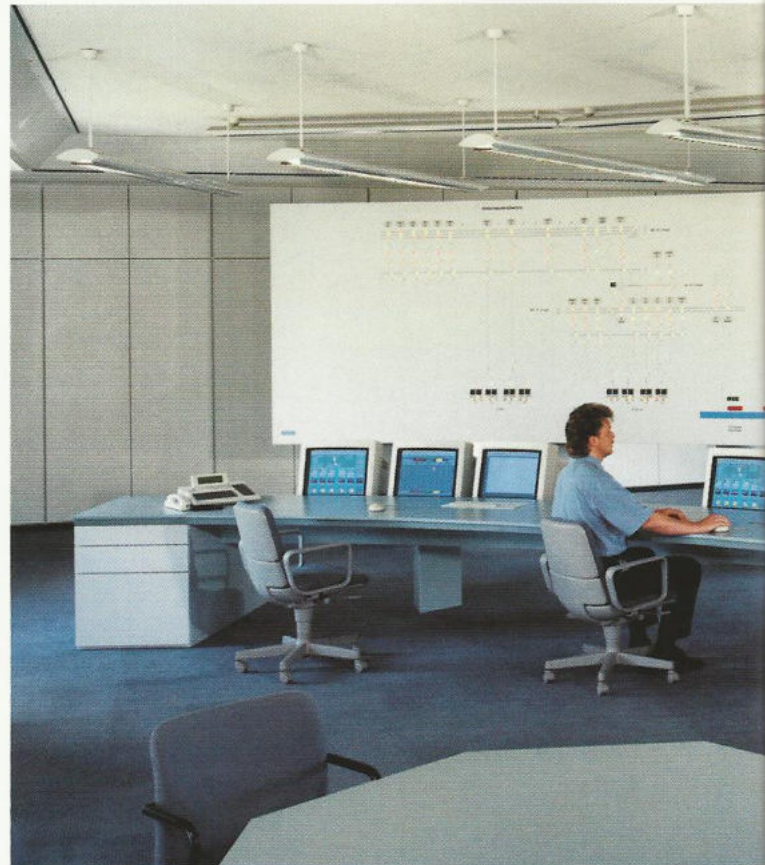
- Erfassen von Meldungen, Meßwerten und Zählwerten
- Verarbeiten und Archivieren der erfaßten Prozeßdaten
- Erstellen der Energie- und Wasserabrechnung
- Ausgeben von Steuerbefehlen für Betriebsartenwechsel
- Ausgeben von Steuerbefehlen und Sollwerten an die Automatisierungsgeräte
- Unterstützen des Personals beim Steuern mit Schalt- und Vorschlagsprogrammen
- Überwachen des Prozesses und der technischen Einrichtungen

- Anzeigen der Informationen auf hochauflösenden Bildschirmen in Form von Zustandsbildern, Ganglinien, Protokollen und Berichten
- Bereitstellen von Daten in einer Datenbank zur jederzeitigen Auswertung



Ziele des Leitsystems:

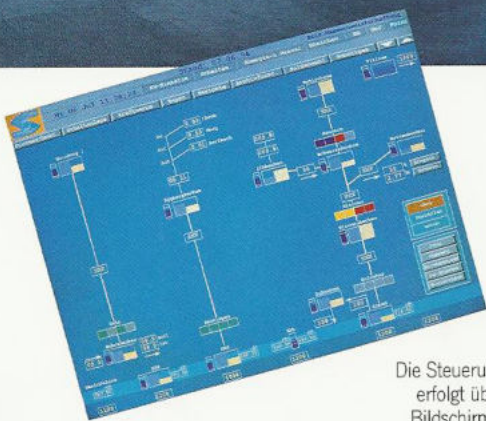
- Erhöhung der Sicherheit bei der Betriebsführung sämtlicher Anlagen
- Schnelleres Steuern der Betriebsmittel
- Optimierung des Einsatzes von Betriebsmitteln
- Hohe Flexibilität zur automatischen Erstellung von Protokollen, Berichten und Statistiken
- Sichere Überwachung der Anlagen
- Übersichtliche Darstellung des aktuellen Prozeßgeschehens
- Zugriff auf archivierte Prozeßdaten zur Beurteilung des Prozeßgeschehens



Die 220-/380-kV-Schaltanlage



Warte für den zentralen Kraftwerkseinsatz und Betriebsführung der Schaltanlage Kühmoos



Die Steuerung erfolgt über Bildschirme.

Die Schaltanlage Kühmoos ist eine Gemeinschaftsanlage der Energie Baden-Württemberg AG, der RWE Energie AG und der Schluchseewerk AG. Sie wurde 1966/67 errichtet und besteht heute aus einem 220-kV- und einem 380-kV-Anlagenteil, die durch einen 660-MVA-Kuppeltransformator miteinander verbunden sind.

Für die Kavernenkraftwerke Säcking und Wehr ist die Schaltanlage die Stromeinspeisestelle in das Verbundnetz. Der 220-kV-Anlagenteil umfaßt neben vier Maschinenfeldern, die dem Kraftwerk Säcking

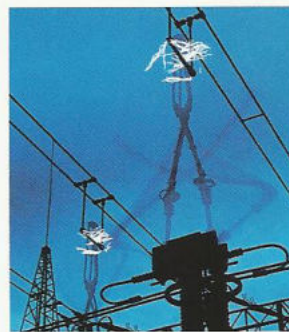
Eine Hilfsschiene mit Kupplung erlaubt bei Arbeiten im Schaltfeld einen Ersatzschalterbetrieb.

Im 380-kV-Anlagenteil sind neben den beiden Maschinenfeldern, an die das Kraftwerk Wehr angebunden ist, ein Kuppelfeld und



380-kV-Schalter

acht Leitungsfelder zu den benachbarten Schaltanlagen vorhanden. Drei Sammelschienen und eine Hilfsschiene in Rohrausführung ermöglichen eine große Freizügigkeit im Netzbetrieb.



Schalten eines Trenners

zugeordnet sind, fünf Leitungsfelder. Zwei Sammelschienen in Seilausführung stehen der RWE Energie AG und der Energie Baden-Württemberg AG als Betriebschienen zur Verfügung.

Der Energie-Knotenpunkt Kühmoos

Schema der Schluchseewerk AG mit Funktionsdarstellung des Informationsflusses sowie der Nutzung der Wasserressourcen und der Speichersysteme.

Westeuropäisches Verbundnetz
380-/220-/110-kV

RWE Energie AG

Werksgroupe Hotzenwald

Hornbergbecken

Pumpspeicher-Kraftwerk Wehr

380-kV

Wehrabecken

Eggbergbecken

220-kV

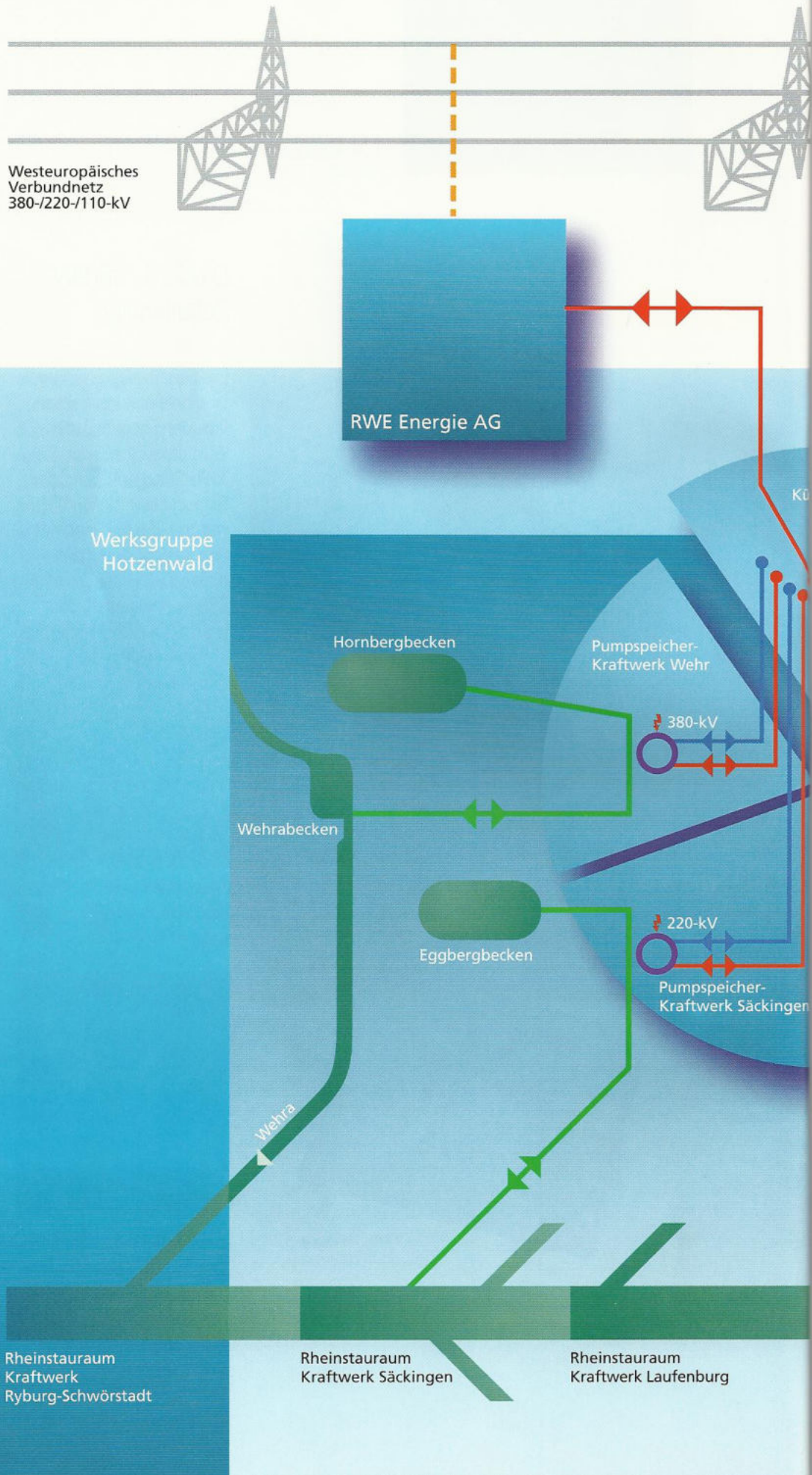
Pumpspeicher-Kraftwerk Säckingen

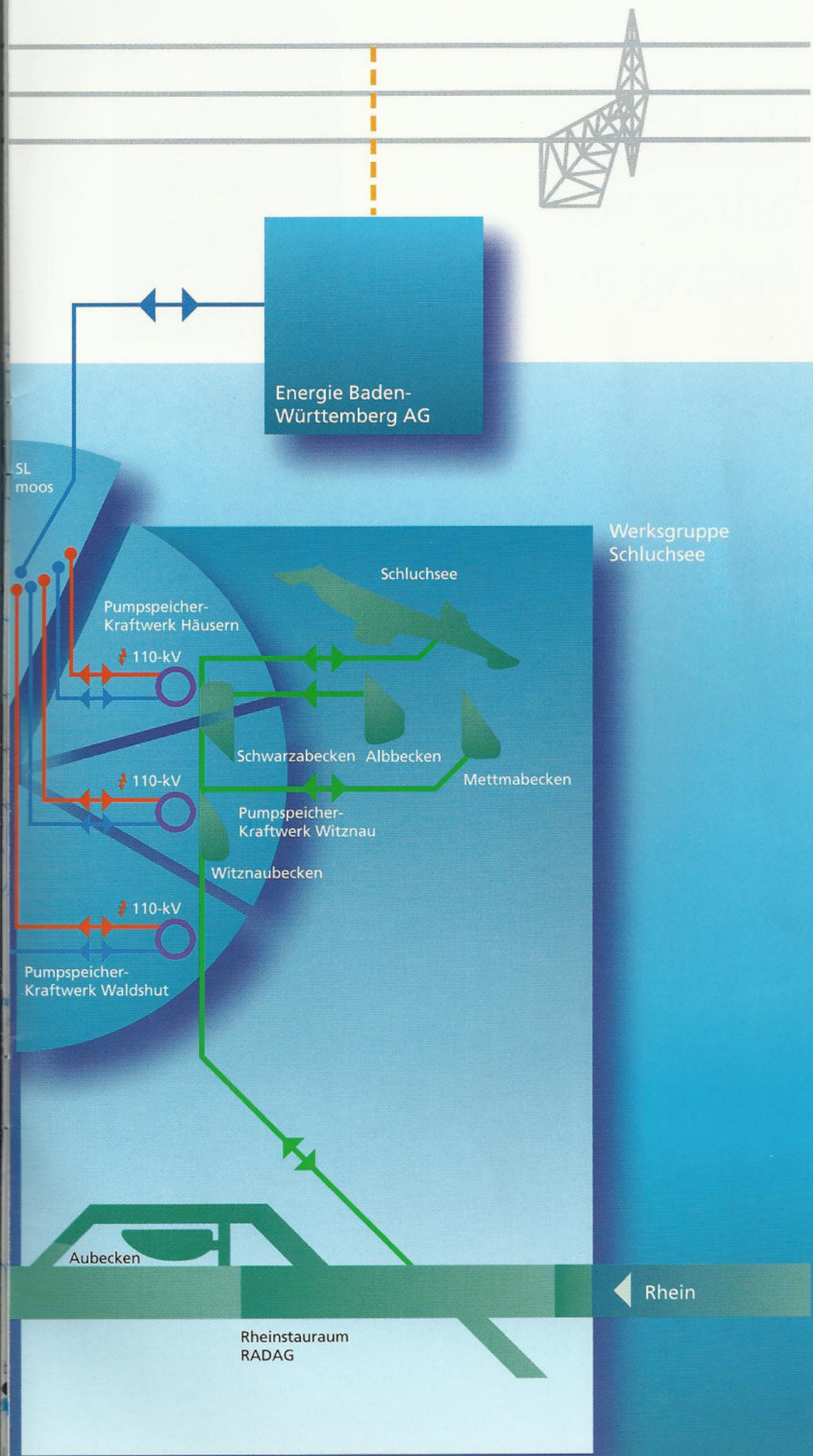
Wehra

Rheinstauraum Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt

Rheinstauraum Kraftwerk Säckingen

Rheinstauraum Kraftwerk Laufenburg

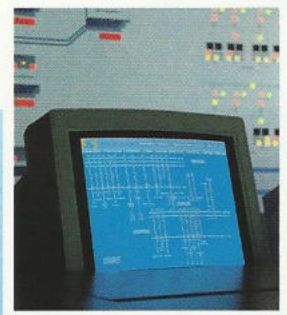




Energie Baden-Württemberg AG

SL moos

Werksgruppe Schluchsee



Über die Hauptschaltleitung Kühmoos erfolgen mittels Lastverteilung die Kraftwerkeinsätze, die Bewirtschaftung und Überwachung der Speichersysteme sowie die Anbindung an das westeuropäische Verbundnetz.

- Netzregelung erfordert Einsatz der Pumpspeicherkraftwerke
- Informationsfluß mittels Datenaustausch
- Speichersysteme und Wasserfluß
- Kraftwerke mit jeweils 4 Maschinensätzen, bestehend aus Turbine, Generator/Motor und Pumpe

Aubecken

◀ Rhein

Rheinstauraum RADAG

Die Natur: »Unser Partner von Anfang an«

Wasserkraft und Umweltschutz

Durch die Stromerzeugung aus Wasserkraft wurde 1994 weltweit der Ausstoß von etwa zwei Milliarden Tonnen CO₂ vermieden, der durch den Einsatz fossiler Brennstoffe, wie Kohle, Öl und Erdgas, zur Energiegewinnung der gleichen Menge Strom entstanden wäre. Dazu kommt die Reduzierung von Luftschadstoffen wie Schwefeldioxyd (SO₂) und Stickoxide (NO_x), die bei Wasserkraftanlagen nicht entstehen sowie die regenerative Eigenschaft von Wasser im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen.

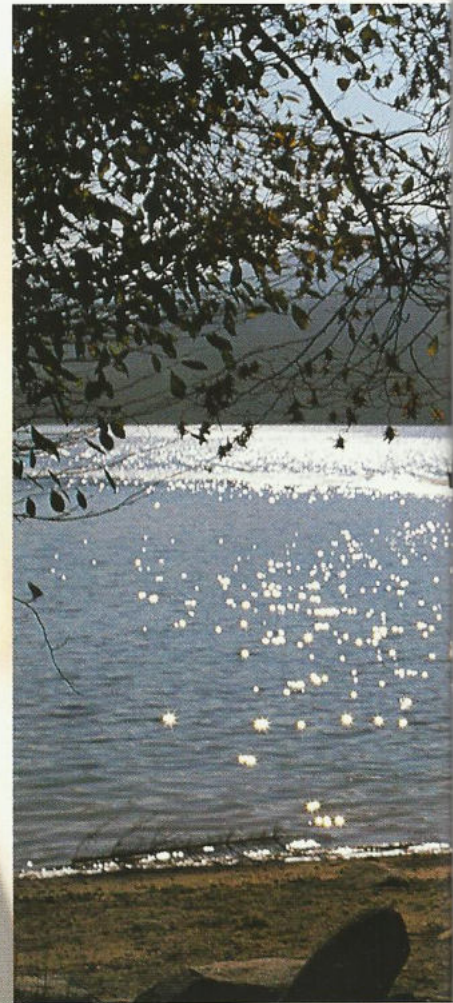
Man kann also sagen, daß Wasserkraftnutzung die umweltverträgliche Möglichkeit der Energiegewinnung ist. Die Schluchseewerk AG hat den Umweltschutz immer als wichtigen Faktor mitberücksichtigt – beim Bau wie beim Einsatz ihrer Anlagen.

Der Betrieb von Wasserkraftanlagen hat weitere gewichtige »Nebeneffekte« für Natur und Umwelt. Die Rechen in den Laufwasserkraftwerken halten Treibgut aller Art auf und dienen so der Reinhaltung der Flüsse und Bäche. Die Rheinkraftwerke beseitigen jährlich mehrere Tausend Tonnen Treibzeug und Geschwemmsel – darunter auch Zivilisationsmüll wie Plastik und andere Kunststoffe. In ganz Deutschland wird den Flüssen eine Schmutzfracht von ca. 2 Millionen Tonnen jährlich entnommen.

Laufwasser- wie Pumpspeicherkraftwerke sorgen auch für eine Sauerstoffanreicherung, die für den



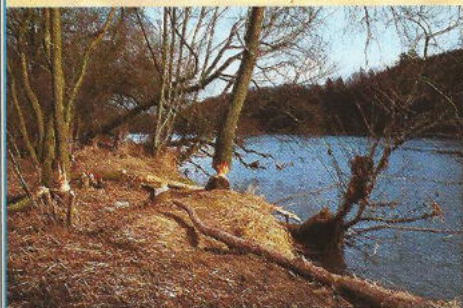
Kostbarer, alter Baumbestand am Rheinufer



Der Schluchsee: Natur, Freizeit und Erholung



Die wertvolle Flachwasserzone des Wehrrates



Selbst Biber fühlen sich hier wieder heimisch.



Selbstreinigungsprozess der Flüsse notwendig ist und die Fischpopulation erhöht. Fischtreppe tragen dazu bei, daß die Artenvielfalt im Rhein erhalten bleibt. Ufer- und Geländeschutz haben bei der Einrichtung der Rheinstauräume durch die Schluchseewerk AG immer eine vorrangige Stellung eingenommen.

Die Auszeichnung des künstlich vergrößerten Schluchsees als Landschaftsschutzgebiet mag als herausragendes Beispiel für die umweltschonende und rücksichtsvolle Nutzung der Wasserkraft durch die Schluchseewerk AG dienen. Hier sind die beim Bau entstandenen Wunden durch besondere Pflege sehr gut verheilt: Der Schluchsee wirkt sich inzwischen nicht nur positiv auf Flora und Fauna aus, sondern ist auch zum Erholungsgebiet für den Menschen geworden.



Mit Energie in die Zukunft

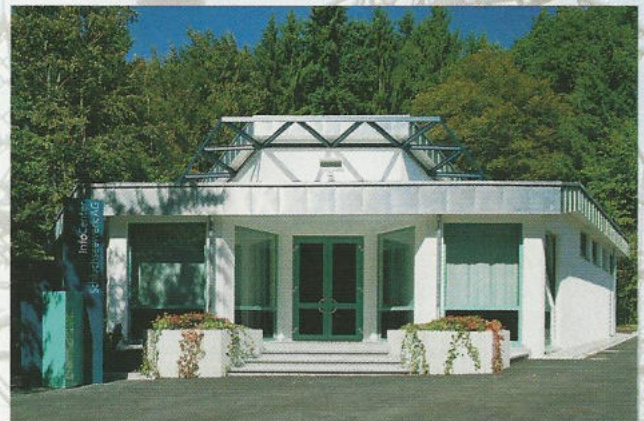
Die Energiesicherung nimmt auch in Zukunft einen hohen Stellenwert ein.

Das Wissen um die Bereitstellung und den Betrieb von Energiesystemen ist deshalb für jedermann, insbesondere aber für junge Menschen, von großer Bedeutung.

Die Schluchseewerk AG stellt sich dieser Aufgabe und unterhält unter dem Motto „Lernen durch Erleben“ Informationszentren in Häusern, Wehr und Bad Säcking. In einer umfassenden Multivisionsschau erlebt der Besucher Energiegewinnung aus den natürlichen Wasserressourcen des Südschwarzwaldes.

Führungen für Gruppen können Sie unter folgender Adresse anmelden:

Schluchseewerk AG
Rempartstraße 12-16
79098 Freiburg
Telefon (0761) 21 83-252
Telefax (0761) 21 83-299



Informationszentrum in Bad Säcking

Zahlen zählen: Die Daten der Schluchseewerk AG

Kraftwerke		Werksgruppe Schluchsee			Werksgruppe Hotzenwald	
		Häusern	Witznau	Waldshut	Säckingen	Wehr
Inbetriebnahme		1932	1943	1951	1967	1976
Fallhöhe	m	200	250	160	400	625
Turbinenart		4 x Francis vertikal	4 x Francis vertikal	4 x Francis horizontal	4 x Francis horizontal	4 x Francis horizontal
mittlere Generatorleistung	MW	100	220	150	360	910
mittlere Pumpleistung	MW	100	128	80	296	980
Durchfluß bei max. Generator-/Pumpbetrieb	m ³ /s	86/40	133/40	140/40	96/66	160/144
Druckstollen Länge	m	6.170	9.255	9.428	408	1.385
Druckstollen-Durchmesser	m	4,1-5,0	4,1-5,0	6	4,3	5,53
Mittlere Jahrerzeugung	MWh	72.500	164.700	125.900	287.200	603.700
Erzeugung aus natürl. Zufluß	MWh	gesamt: 267.750			56.500	0
Mittlere Zahl der Betriebsartenwechsel/Jahr		6.000	6.700	6.300	14.500	11.000

Hauptschaltleitung Kühmoos 220-kV-/380-kV-Schaltanlage

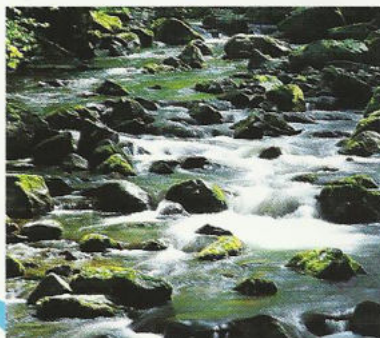
220-kV-Anlage: 11 Schaltfelder, 2 Sammelschienen, 1 Hilfsschiene Anbindung des Kraftwerkes Säckingen	380-kV-Anlage: 12 Schaltfelder, 3 Sammelschienen, 1 Hilfsschiene Anbindung des Kraftwerkes Wehr	Trafo 401: 3 Einphasen-Spartransformatoren Verbindung zwischen 220-kV- und 380-kV-Anlage, Leistung 660 MVA Gewicht je Pol: 215 t, 2 Netz-drosseln mit je 50 MVar
--	---	---

Stausee		Schluchsee	Schwarza-becken	Albbecken	Witznau-becken	Mettma-becken	Aubecken
Sperr-/Dammtyp		Schwerge-wichtsmauer	Schwerge-wichtsmauer	Schwerge-wichtsmauer	Schwerge-wichtsmauer	Schwerge-wichtsmauer	Steinschütt-damm
Stauziel	m+NN	930	723	736,5	474,5	717,5	310,82
Speicherinhalt	Mio. m ³	108	1,29	2,19	1,35	1,57	2,17
Stauseelänge	km	7,3	0,95	1,6	1,4	1,6	0,96
Stauseebreite	km	1,5	0,27	0,32	1,5	0,15	0,32
Einzugsgebiet	km ²	72,8	15,7	105	42,9	31,5	-
Höhe der Sperre/Damm	m	63,5	42	28,2	47,6	43,6	12

Stausee		Rheinstau-raum RADAG	Eggberg-becken	Rheinstau-raum RKS	Rheinstau-raum KRS	Hornberg-becken	Wehra-becken
Sperr-/Dammtyp		Dämme des Rhein.-KW	Steinschütt-damm	Dämme des Rhein.-KW	Dämme des Rhein.-KW	Steinschütt-damm	Steinschütt-damm
Stauziel	m+NN	310,82	700	289,28	280,72	1048	419
Speicherinhalt	Mio. m ³	1	2,1	1	0,9	4,4	4,1
Stauseelänge	km	-	0,5	-	-	0,7	1,95
Stauseebreite	km	--	0,3	-	-	0,3	0,41
Einzugsgebiet	km ²	Rhein	54,4	Rhein	Rhein	-	66,15
Höhe der Sperre/Damm	m	-	30,2	-	-	65	40,5

RADAG: Rheinkraftwerk Albruck-Dogern AG
RKS: Rheinkraftwerk Säckingen
KRS: Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt

Wasserkraft aus dem Schwarzwald



Schluchseewerk AG
Rempartstraße 12-16
79098 Freiburg
Postfach 1460
79014 Freiburg
Telefon (0761)2183-0
Telefax (0761)2183-299

Herausgeber: Schluchseewerk AG

Konzeption, Gestaltung, Realisation:
Hans Wagner, Werbeagentur
78467 Konstanz

Fotos: Archiv Schluchseewerk AG; Archiv
RADAG; Reiner Blunck; Walter Gruber;
Look, Bildagentur, S. 2/3; Pictor Inter-
national (Hintergrundbild) S. 26/27

Dieses Papier wurde aus chlorfrei
gebleichtem Zellstoff hergestellt; unser
Beitrag zum Gewässerschutz und zur
umweltverträglichen Entsorgung der
Papiere.

Printed in Germany 1998