

Objekttyp: **AssociationNews**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 17

PDF erstellt am: **13.07.2024**

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

### **Haftungsausschluss**

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

Zu «Leistungen als Bausteine einer Entwicklung – 150 Jahre  
Sektion Bern», Heft 21/1985

## Besondere Anlagen und Objekte II

### Die 1. Juragewässerkorrektion-I. JGK

Wenn wir heute von Bern nach Biel oder Neuenburg sowie von Murten nach Ins durch das fruchtbare Seeland fahren, können wir uns kaum vorstellen, wie diese Gegend noch vor 100 Jahren aussah. Die Aare verstopfte mit ihrem Geschiebe ihren Lauf ab Aarberg und suchte sich immer wieder neue Wege, bald in Richtung Büren. Dieser Zustand gab während Jahrhunderten Anlass zu Diskussionen, Projekten, Gegenprojekten, Gutachten und Gegengutachten. Allein zwischen 1704 und 1830 wurden 10 Projekte zur Verbesserung der Verhältnisse aufgestellt. 1840 beriefen die Vertreter der betroffenen Regionen den bündnerischen Oberingenieur La Nicca, der schon 1842 ein Projekt vorlegte, welches folgende Arbeiten vorsah.

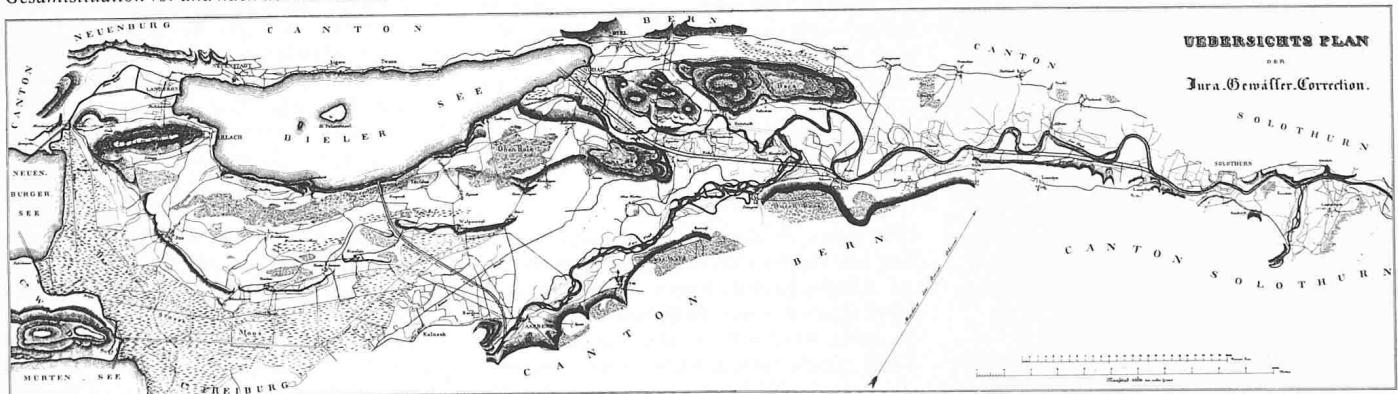
- Ableitung der Aare von Aarberg in den Bielersee
- Leitung der vereinigten Aare und Zihl vom Bielersee bis Solothurn
- Korrektur der Broye zwischen Murten- und Neuenburgersee und der Zihl zwischen Neuenburger- und Bielersee
- Entsumpfung des Grossen Moores durch Binnenkanäle

Jetzt ging der Expertenstreit erst recht los. In Volksversammlungen, Bittschriften und Gegenprojekte wurde dieses Projekt bekämpft. Angesichts der sich wiederholenden Überschwemmungen und der zunehmenden Armut in den betroffenen Gebieten, beschlossen die Regierungen der beteiligten Kantone (BE, FR, SO, VD, NE) das Projekt La Nicca

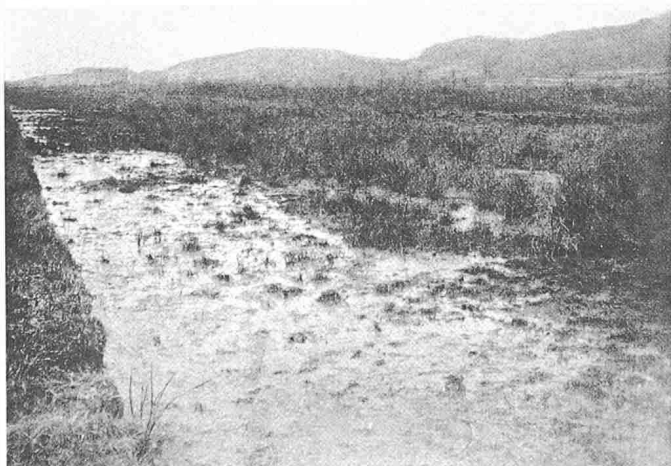
zu unterstützen, was auch seitens des Bundes durch eine Subvention von 5 Mio Fr. geschah.

1868 wurde mit den Arbeiten begonnen, obwohl die Landverhandlungen noch nicht abgeschlossen waren. Interessant sind die Arbeitsvorgänge beim Bau des Hagneck-Kanals. Nachdem der Einschnitt im Hügelrücken bei Hagneck bergmännisch abgeteufelt worden war, wurden zwischen Aarberg und Hagneck längs der zukünftigen Dämme kleine Kanäle mit Steinpflasterung auf der Dammseite erstellt. In den geraden Teilstücken hob man einen Leitkanal in der Mitte und in den Kurven auf der Aussenseite aus. Durch ein Hilfswehr bei Aarberg wurde sukzessive die Aare in den Leitkanal eingeleitet,

Gesamtsituation vor und nach der Korrektur



Das Seeland vor der Korrektur



Historisches Dokument aus dem Jahre 1843

**Erwiderung**  
des  
**Herrn Oberflieutenant Richard La Nicca**  
auf die  
von den Herren Dufour, Fraisse, Junod, Merian, Trechsel  
über  
seinen Plan der Jura-Gewässer-Korrektion gemachten Bemerkungen.

Bei der hier folgenden Erwiderung auf die Bemerkungen der mit der Begutachtung meines Planes der Jura-Gewässer-Korrektion beauftragten Herren Sachverständigen werde ich zu möglicher Vermeidung von Weitläufigkeiten, die verschiedenen Meinungen über den nämlichen Gegenstand unter eine Rubrik zusammen zu fassen suchen. Dadurch muß ich zwar vom gewöhnlichen Verfahren abweichen, das darin besteht, jedes Gutachten einzeln zu behandeln, wobei ohne Zweifel zwar die meiste Gründlichkeit statt finden könnte, dagegen aber auch viele Wiederholungen nicht auszuweichen wären.

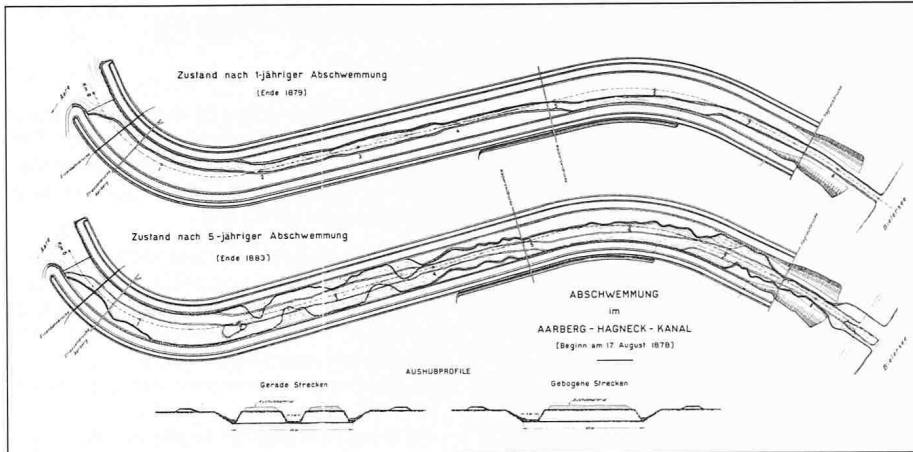
Im vorliegenden Fall wird das beobachtete Verfahren und das Uebergehen mancher unwichtiger Punkte um so mehr zu entschuldigen sein, weil das Schlussergebn immer das nämliche bleibt. Uebrigens werde ich es mir zur Pflicht machen, die angeregten wichtigen Gegenstände mit derjenigen bescheidenen Freimüthigkeit zu erörtern, welche die Achtung gebietet, die ich für die eben erwähnten Herren Experten hege, deren freundschaftliche Rücksicht ich auch zum Voraus in Anspruch nehme, wenn ich, entgegen meinem Bestreben, irgend einen Punkt ihres Vortrages unrichtig auffassen sollte.

was eine Abschwemmung des Kanal-Aushubmaterials (etwa 2 Mio<sup>3</sup>) in den Bielersee innert 8 Jahren zur Folge hatte. Zudem wurden noch 82 km Binnenkanäle für die Entwässerung des Grosses Moores erstellt.

Der Kostenvoranschlag von 1868 belief sich auf 14 Mio Fr. die Abrechnung 1801 auf 14,7 Mio Fr., obwohl zum Beispiel die Brücke bei Hagneck zufolge Unterspülungen der Widerlager zweimal zusammenstürzte.

In der II. JGK von 1967 bis 1973 wurden der Broye-, Zihl- und Nidau-Büren-Kanal nur verbreitert, und vertieft was aber 152 Mio Fr. kostete.

Adresse des Verfassers: Rudolf Merki, Oberingenieur des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern, Rathausplatz 1, 3011 Bern.



Abschwemmung im Aarberg-Hagneck-Kanal

## Die Wehranlage Port

Während der ersten Juragewässerkorrektion wurde oberhalb der Einmündung der Alten Zihl ein Regulierwehr eingebaut, um ein zu rasches Absinken der Juraseen zu verhindern. Dieses Wehr wurde bald baufällig und konnte bei Hochwassergefahr zu wenig rasch bedient werden.

Schon 1921 wurde ein Projekt für ein neues Regulierwehr mit Schiffschleuse unterhalb der Einmündung der Alten Zihl in den Nidau-Büren-Kanal ausgearbeitet. Dabei wurden auch ein Kraftwerk und ein Schiffshafen für Hochrheinschiffe in der Alten Zihl eingeplant.

Mangels Finanzen wurde erst 1936 mit einem überarbeiteten Projekt begonnen. Das Werk stand ganz im Zeichen der Arbeitsbeschaffung. Die Verwendung von Baggern und Kranen musste behördlich genehmigt werden, um möglichst viele Arbeitskräfte in Handarbeit einzusetzen. Der Bund leistete hierfür einen zusätzlichen Beitrag von 25% der Baukosten.

Schwierigkeiten ergaben sich aus den grossen Schwankungen der Aarewassermengen, die sich zwischen 80 m<sup>3</sup>/s bis 600 m<sup>3</sup>/s bewegten. Das eigentliche Regulierwehr besteht aus fünf Öffnungen von 13 m lichter Weite, die durch Doppelschützen (obere und untere Schütze) das Wasser entweder über oder unter den Schützen durchfliessen lassen. Die Doppelschützen können bei Hochwasser vollständig aus dem Wasser herausgehoben werden. Besonderes Gewicht wurde auf die Ästhetik und die Qualität gelegt.

Die Bauteile, die mit dem Wasser in Berührung kommen, sind mit Jurakalksteinen abgedeckt, was auch für die Treppenhäuser zur Windwerksbrücke gilt. Als einziges Wehr in der Schweiz weist das Wehr Port eine Schiffschleuse auf, die durch einen Schleusenwärter bedient wird. Seit dem Aufkommen der Aare-Schifffahrt bis Solothurn hat diese Schleuse an Bedeutung gewonnen, werden doch jährlich weit über 3000 Kurs- und

Privatschiffe kostenlos durchgeschleust. Durch die zunehmende Nutzung der Aare als Wasserkraft oder zu Kühlzwecken, sowie den Anliegen der Fischerei und des Naturschutzes, kommt dem Wehr eine immer grössere Bedeutung zu. Ein vom Bundesrat genehmigtes Wehrreglement schreibt die abgegebenen Wassermengen in Funktion des Wasserspiegels des Bielersees vor.

Seit 1975 wird die Wehranlage vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt in Bern ferngesteuert.

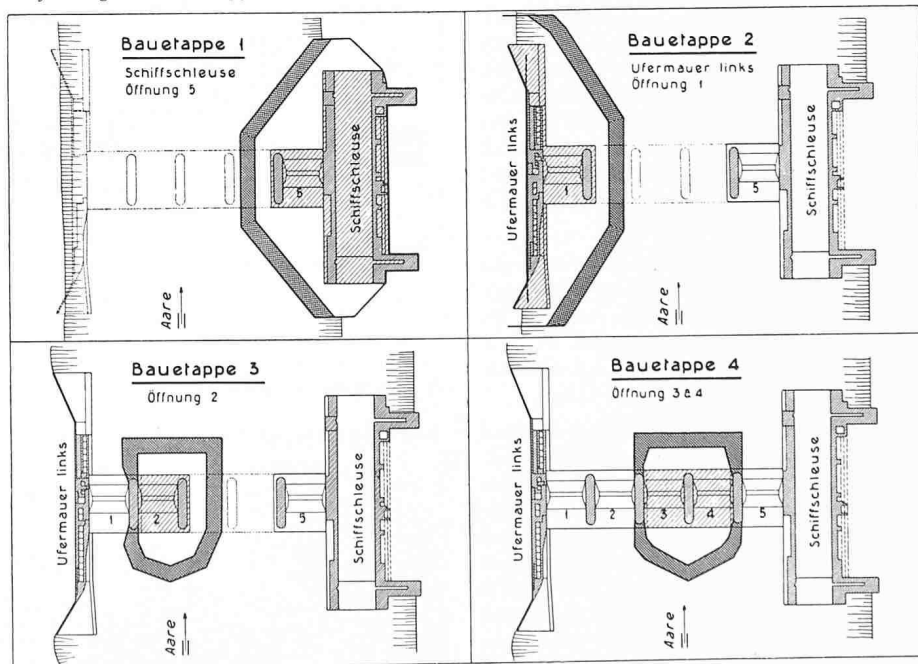
Der Kostenvoranschlag 1935 belief sich auf 4,3 Mio Fr., die Bauabrechnung auf 4,299 Mio Fr. Die Kosten gingen zulasten des Kantons Bern, der erhebliche Bundesbeiträge erhielt.



Die Wehranlage

Adresse des Verfassers: Rudolf Merki, Oberingenieur des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Berns, Rathausplatz 1, 3011 Bern.

Ausführung in vier Bauetappen



# Seewasserwerk für die Trinkwasserversorgung der Stadt Biel

Die Trockenheit im Herbst 1962 liess die Ergiebigkeit der Bieler Merlquelle auf 22% des Mittelwertes absinken, und die Wasserversorgung der Stadt konnte nur dank einem erhöhten Bezug aus dem Grundwasserstrom in Worben aufrechterhalten werden. Für die nächsten Jahre war bei einem neuerlichen starken Rückgang der Merlquelle ein Zusammenbruch der gesamten Wasserversorgung zu befürchten. Das Heranziehen entfernterer Grundwasservorkommen erwies sich infolge unverhältnismässig hoher Rohrleitungskosten als unwirtschaftlich. Dieser Umstand und der Wunsch, eine weitere Bezugsquelle zu erschliessen, führten zum Entschluss, Wasser aus dem Bielersee aufzubereiten. Hierzu wurde eingehend untersucht, inwieweit das Seewasser für die Trinkwasserversorgung der Stadt herangezogen werden kann.

Es zeigte sich, dass der gegenwärtige wie auch der künftig zu erwartende Zustand des Bielersees, angesichts der in Betracht gezogenen Trinkwasseraufbereitung, in hohem Masse für den vorgesehenen Zweck geeignet ist. Moderne Verfahren erreichen oder übersteigen sogar in vielen Fällen qualitativ die heute vielerorts stark strapazierten Quell- und Grundwasservorkommen.

## Baulicher Teil

Das Seewasserwerk-Bauvorhaben war im Erholungsgebiet «Strandboden Ipsach» anfänglich nicht erwünscht. Viele bekannte Beispiele von Seewasserwerken präsentierten sich immerhin als massive technische Bauten, die nicht zur Förderung eines Erholungsraumes beitragen. Nach eingehenden Vorstudien zeigten sich Möglichkeiten, die geplante Anlage zu integrieren. Vor allem wirkt sich die Schräglage des Werkes gegenüber der Uferlinie günstig aus. Vom See oder Uferweg aus treten die Baukörper praktisch nie frontal, sondern immer über eine Ecke perspektivisch mit fliehenden Seiten in Erscheinung.

Entgegen den anfänglichen Befürchtungen aktiviert das Seewasserwerk die Erholungszone durch die verschiedenen Anlagen, die erst durch seinen Bau ermöglicht wurden, wie: Brunnenplanschbecken, Grünflächen-Bepflanzung und das abgetreppte Ufer.

Die unterschiedlichen, funktionsbedingten Höhen ermöglichten eine Gliederung in verschiedene, teilweise sich durchdringende Baukörper. Die geschlossenen, meist fensterlosen Fronten werden durch die Gliederung einigermaßen aufgelöst. Um Massigkeit und Schwere weiter zu vermindern, sind anstelle vertikaler Betonmauern schräggestellte vorgefertigte Plattenwände für sämtliche Nord- und Südfronten gewählt worden. Die Wirkung dieser Formgebung ist eigenartig. Einerseits wird das Gewicht des Betons soweit reduziert, dass das Bauwerk sich in die Umgebung einpasst, andererseits weist der Bau eine gewisse selbstverständliche Monumentalität auf.

Die innere Gestaltung ist durch den Ablauf der Wasseraufbereitung vorgezeichnet. Die Leitungen in ihren Funktionsfarben bilden speziell im Rohrkeller eine Raumskulptur von besonderer Wirkung.

Der Baukörper des Seewasserwerkes bedeckt eine Grundfläche von 43,8 x 45,6 m und überragt an seiner höchsten Stelle den Erdboden um 5,3 m. Die Bauteile wurden nach Möglichkeit unterirdisch verlegt.

Als Bau-Ingenieurprobleme waren unter anderem zu lösen:

- Minimalisierung der Baukosten durch geeignete Fundation der setzungsempfindlichen Anlagenteile und Lösung der damit verbundenen Wasserhaltungsprobleme der Baugrube in Seenähe
- Anwendung von Sperrbeton anstelle einer aufwendigeren klassischen Grundwasserisolation
- Möglichkeit der unproblematischen Erweiterung der Anlage für eine zukünftige Kapazitätserhöhung

## Maschinelle Teile

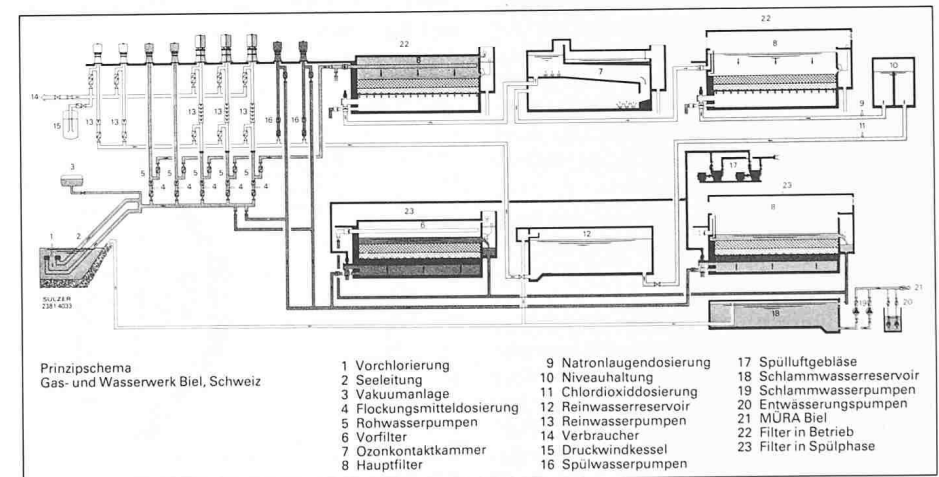
### Bielersee

Der Bielersee ist mit 74 m grösster Tiefe relativ flach. Deshalb ist durch Zu- und Abflüsse, wie Aare und Zihl, eine intensive Erneuerung des gesamten Seewassers gewährleistet. Die von der Aare und den Zuflüssen aus

dem Jura eingebrachten Schwebstoffe bewirken im ganzen See eine gewisse, durch mineralische Schwebstoffe verursachte Trübung. Durch die geringe Transparenz des Wassers wird die Produktion von Phytoplankton weitgehend gebremst. Das Phytoplankton ist deshalb nahezu nur in den oberen Wasserschichten zu finden. Da Wasser unter der mittleren Wassertiefe des Sees entnommen wird, ergibt sich eine geringere Einwirkung organischer Stoffe. Eine gewisse Überdüngung des Sees ist jedoch nicht auszuschliessen. In erster Linie begünstigt der relativ hohe Gehalt an gelöstem Phosphat das Wachstum gewisser Algen. Trotzdem ist die Menge an pflanzlichem Plankton gering. Die auftretenden Algenarten stellen für die Aufbereitung kein besonderes Problem dar. Das Algenwachstum ist jedoch einem starken jahreszeitlichen Wechsel unterworfen.

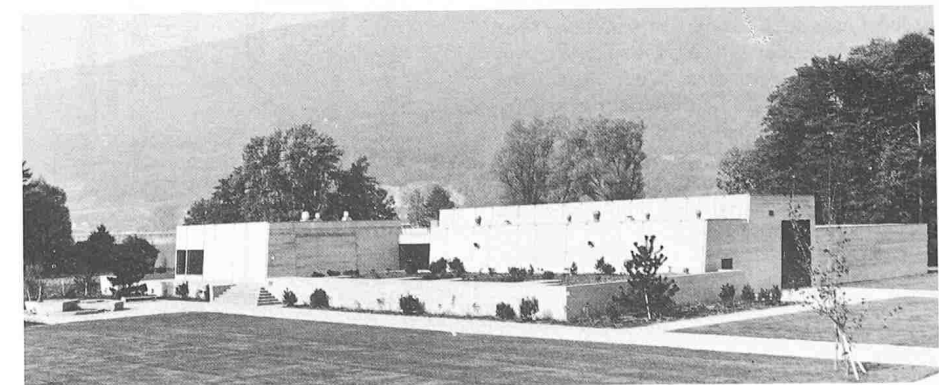
Die chemischen Eigenschaften des Bielerseewassers sind für eine Verwendung als Trinkwasser im ganzen gesehen günstig und erfordern keine wesentlichen Korrekturen. Die Karbonathärten liegen bei 13-19 °fH in einem sehr günstigen Bereich, so dass weder mit Kalkausscheidungen in den Kaltwasserleitungen wegen zu grosser Härte noch mit ausserordentlicher Aggressivität wegen zu geringer Härte gerechnet werden muss.

Der Gehalt an organischen Verbindungen sowie an Chlorid, Sulfat, Eisen und Mangan war relativ gering. Der zeitweise im Tiefenwasser auftretende Sauerstoffmangel wird durch die Aufbereitung auf normale Werte erhöht. Ebenso werden Nitrit und Ammoniak durch die Zwischenoxidation fast vollständig entfernt. Krebserrigende Substanzen konnten bei verschiedenen Wasserent-



Prinzipien-Schema der Seewasseraufbereitungsanlage

Ansicht des Betriebsgebäudes bei Ipsach



nahmen aus dem Bielersee in 35 bis 40 m Tiefe nicht nachgewiesen werden.

#### Pilotversuche

Der gesamte Aufbereitungsprozess für die Behandlung von Rohwasser, der sich aus einzelnen Verfahrensstufen zusammensetzt, ist so vielschichtig, dass rein theoretisch nur bedingt Voraussagen über die geeignetste und wirtschaftlichste Aufbereitungsart gemacht werden können. Deshalb wurden vor Beginn der Projektierung des Seewasserwerks eingehende Aufbereitungsversuche im halbtechnischen Massstab durchgeführt. Ausser eingehenden Filtrationsversuchen gehörten hierzu Flockungs-, Ozonisierungs- und Adsorptionsversuche mit Aktivkohle. Die Versuche zeigten, dass eine einfache Filtration keine genügende Reinigung des Bielerseewassers erreicht. Der Hauptgrund hierfür ist eine gewisse Belastung des Rohwassers mit feinsten anorganischen wie auch teilweise mit ungelösten und gelösten organischen Stoffen. Eine Mehrschichtfiltration als Flockungsfiltration auf Raum- und Oberflächenfilter mit anschliessender Aktivkohlefiltration und Zwischenoxidation mit Ozon dagegen entfernt alle vorhandenen Schwebstoffe restlos und ergibt qualitätsmässig ein Reinwasser, das auch den strengsten behördlichen Bestimmungen gerecht wird.

#### Verfahrenstechnik

Die Aufbereitungstechnik und der Aufbau der Anlage bringen eine Optimierung folgender Verfahrensstufen:

- *Vorchlorung* zur Bekämpfung der Wandermuschel und Vermeidung unerwünschter Ablagerungen
- *Vorflockung* mit Aluminiumsulfat (eventuell mit Flockungshilfsmittel) durch Mikroflokkung feinsten Verunreinigungen

- *Vorfiltration* über Zweischichtfilter mit gröberer, spezifisch leichterer Bimsaufschüttung und darunterliegendem Quarzsand zur Entfernung des geflokkten Materials, zur Raumfiltration und abschliessenden Oberflächenfiltration, die nahezu alle Schwebstoffe zurückhält
- *Oxidation* mit Ozon zur Mineralisierung organischer Verunreinigungen, zur Sauerstoffanreicherung und Schönung des Wassers
- *Haupt- oder Adsorptionsfiltration* über Zweischichtfilter mit spezifisch leichterer Aktivkohleaufschüttung und darunterliegendem Feinquarzsand zur Adsorption bzw. Feinstfiltration
- *Neutralisation* mit Natronlauge zum Abbinden der aggressiven Kohlensäure
- *Entkeimung* mit Chlordioxid zum Entfernen restlicher Keime und Bakterien, die nach der Aufbereitung noch vorhanden sind, sowie zum Schutz vor Nachinfektion im Verteilnetz

Damit wurde in dieser Anlage verfahrenstechnisch sowohl die Raumfiltration durch Mehrschichtfilter als auch die Doppelfiltration durch nachgeschalteten Aktivkohle-

Zweischichtfilter eingesetzt. So lassen sich plötzliche Schwankungen der Rohwasserqualität vollkommen ausgleichen.

#### Ausblick

Das Gesamtprojekt ist heute bereits so disponiert, dass eine symmetrische Erweiterung der Anlage – was die Vor- und Hauptfilter sowie das Pumpwerk und die Ozonanlage betrifft – möglich ist. Die Seeleitung und grosskalibrige Verbindungsleitungen in der Anlage selber sind ebenfalls bereits für eine

Erweiterung vorgesehen. Die elektrischen Einrichtungen sowie die gesamten Hilfsaggregate für Flockung und Chlorung können hierbei ohne zusätzliche Bauten sinngemäss erweitert werden.

#### Technische Daten

##### Seeleitung

Länge 750 m, Durchmesser NW 700 mm

##### Pumpen

4 kombinierte Roh-/Reinwasser-Pumpen je  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ , 2 singuläre Rohwasserpumpen je  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ , 2 singuläre Reinwasserpumpen je  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$

##### Vorfilter

4 Zweischichtfilter je  $58 \text{ m}^2$ , maximale Filtrationsgeschwindigkeit  $8 \text{ m/h}$

##### Hauptfilter

4 Aktivkohlefilter je  $58 \text{ m}^2$ , maximale Filtrationsgeschwindigkeit  $8 \text{ m/h}$ , 2 Spülwasserpumpen je  $Q = 1750 \text{ m}^3/\text{h}$ , 2 Spülluftgebläse je  $Q = 4500 \text{ m}^3/\text{h}$ , vollautomatische Spüleinrichtung

##### Ozonanlage

6 Einheiten für insgesamt  $5,4 \text{ kg O}_3/\text{h}$ , 2 Ozonkontaktkammern je  $140 \text{ m}^3$ , doppelte Unterwasserbegasung

##### Reservoir

2 Reinwasserreservoir je  $700 \text{ m}^3$ , 2 Schlammwasserreservoir je  $500 \text{ m}^3$

Adresse des Verfassers: Dr. R. Mathys, dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, Ernst-Schüler-Str. 5, 2502 Biel.

Quellen: Berichte von F. Lipp und H. Kubli, Sulzer AG Winterthur; Direktion Gas- und Wasserwerk Biel.

## ARA Bern-Neubrück, 1980–86

### Energiekonzept 1980–86

Energiekonzepte zu erstellen ist aktuell. Dies gilt für Einfamilienhäuser ebenso wie für Grossüberbauungen und Industrieanlagen. Wo grosse Energieumsätze stattfinden, wie beispielsweise in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA), ist dies geradezu zwingend. Hier wird viel Energie verbraucht, andererseits fällt auch viel Energie an, wenn auch in auf den ersten Blick ungewohnter Form. Die Energieflüsse zu erfassen, zu rezyklisieren, zu optimieren ist Aufgabe des Energiekonzeptes.

Ist es beispielsweise nicht sinnvoll, in Zukunft die aus dem Warmwasserhahn in der Küche oder im Bad wegfliessende Wärmemenge spätestens in der Kläranlage zurückzugewinnen? Ebenso sinnvoll ist es, die durch den Menschen mit der Nahrung aufgenommene Energie in umgewandelter Form im Abwasserschlamm zu nutzen. Hiermit sind die beiden «hauseigenen» Energieträger einer Kläranlage, das Abwasser und der Schlamm, angesprochen.

Das Berner ARA-Energiekonzept wurde Ende der siebziger Jahre konzipiert und wird bis 1986 verwirklicht.

Das Abwasser von rund 400 000 Einwohnern und Einwohnerequivalenten wird in vier Behandlungsstufen gereinigt. Danach fliesst das Abwasser – und somit ein grosses Energiepotential – praktisch ungenutzt in die Aare. Es sind dies rund 2000 Liter pro Sekunde, welche auch im Winter noch mindestens  $10^\circ \text{C}$  warm sind. Erst seit Herbst 1984 wird ein kleiner Teil dieses Wärmestromes genutzt und im Sinn der kalten Fernwärme nach Bremgarten zum Wärmekollektiv gepumpt. Hier wird in dezentralen Wärmepumpenanlagen dem Abwasser die zum Betrieb der Heizanlagen erforderliche Wärme entzogen; ein zukunftsweisendes Konzept, welches zurzeit auch für nahe der ARA gelegene Stadtteile geprüft wird.

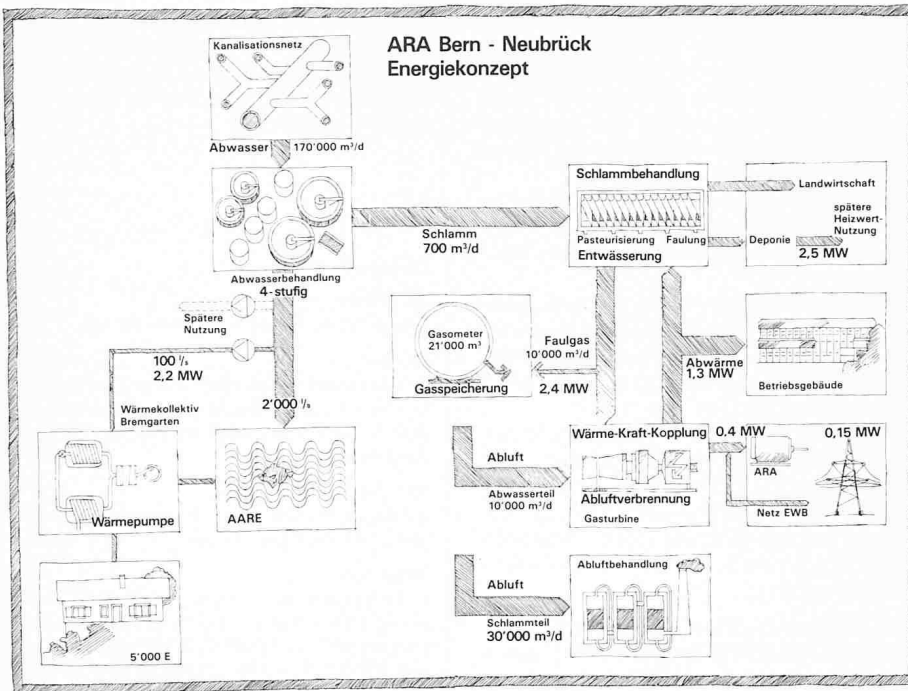
In allen Reinigungsstufen fällt als Endprodukt Schlamm an. Dieser wird auf der ARA in der Schlammbehandlungsanlage pasteurisiert und bei  $35^\circ \text{C}$  ausgefault. Der Faulschlamm kann entweder in flüssiger Form in der Landwirtschaft als Dünger verwertet

oder muss in Schlammzentrifugen entwässert und in einer Deponie beseitigt werden.

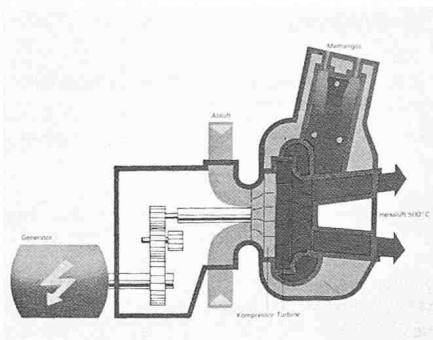
Täglich werden bei der Schlammfäulung rund  $10\,000 \text{ m}^3$  Faulgas produziert (Spitzenwerte bis zu  $15\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ ), die dem Energieinhalt einer äquivalenten Ölmenge von  $5000 \text{ kg}$  entsprechen. Ideen und Verfahren zur Verwertung des anfallenden Gases boten sich zwar in grosser Zahl, doch scheiterte die weitere Konkretisierung jeweils am Nachweis der Wirtschaftlichkeit. Schliesslich wurde eine Faulgasverwertung in einem Heizkraftwerk geprüft und ausgeführt.

Das Heizkraftwerk besteht aus zwei Grundkomponenten:

- der Gasturbine, die mit Faulgas oder im Notbetrieb mit Heizöl befeuert wird und die einen Wechselstromgenerator antreibt, welcher Strom erzeugt;
- dem Abhitzedampfkessel, in dem die  $500^\circ \text{C}$  heissen Abgase der Gasturbine auf etwa  $100^\circ \text{C}$  abgekühlt werden und mit der so zurückgewonnenen Abwärme Dampf und Warmwasser erzeugt wird. Als Verbrennungsluft kann ein relativ grosser Abluftstrom von ca.  $10\,000 \text{ m}^3$  pro Stunde aus dem mechanisch-biologischen Teil der Kläranlage angesogen und durch die Turbine geführt werden. Die hohen Tempera-



Energiekonzept, Schema



Faulgasverwertung mit Gasturbinen, Abluftverbrennung, Abwärmegenutzung, Stromerzeugung

turen von 800 bis 2000 °C in der Brennkammer sorgen für eine einwandfreie Verbrennung der in der Abluft enthaltenen Geruchstoffe. Dieses Verfahren erlaubt es, die Produktion von Wärme und von elektrischer Energie optimal zu verbinden (Wärme-Kraft-Kopplung) und ausserdem noch einen grossen Teil der Abluft aus der Kläranlage zu reinigen. Das anfallende Faulgas kann somit dreifach genutzt werden: zur Stromproduktion, zur Wärmeproduktion und zur Abluftverbrennung.

Es sind zwei Gasturbinenanlagen installiert, wobei mindestens eine Anlage in Dauerbetrieb steht. Die elektrische Leistung beträgt maximal netto je 380 kW. Ihre verwertbare Heizleistung erreicht je 1200 kW.

Der produzierte Strom wird vorwiegend für den Eigenbedarf genutzt. Stromüberschüsse werden ins städtische Elektrizitätsnetz eingespeisen. Während Spitzenbedarfszeiten wird der fehlende Strom aus dem Netz bezogen. Die erzeugte Wärme genügt, den Wärmebedarf der Frischschlamm-Pasteurierungsanlage und der Gebäudeheizung abzudecken.

Für den kontinuierlichen Betrieb der Gasturbine müssen die Schwankungen beim Anfall des Faulgases ausgeglichen werden. Dazu

dient ein Niederdruckgasometer von 3500 Nm<sup>3</sup> Inhalt sowie ein Hochdruckgasometer mit einem geometrischen Volumen von lediglich 800 m<sup>3</sup>, in welchem das Gas bis zu 27 bar verdichtet und somit bis zu 17 000 Nm<sup>3</sup> Faulgas aufnehmen kann.

Zukünftig soll nebst dem Energieinhalt des Faulgases auch die Energie der Schlammfeststoffe genutzt werden. Der getrocknete Schlamm kann beispielsweise in der Zement- oder Bitumenindustrie als Brennmaterial verfeuert und damit nicht regenerierbare Energieträger wie Schweröl oder Kohle – wenn auch in geringem Masse – substituiert werden.

Adressen der Verfasser: *Martin Meyer*, dipl. Ing. ETH/SIA, Tiefbauamt der Stadt Bern, Bundesgasse 38, 3000 Bern; *J. V. Aarburg*, dipl. Ing. ETH/SIA, c/o Ingenieurbüro Holinger AG, Brunnmattstr. 45, 3000 Bern 21.

### Filtrationsanlage 1980–86

Die Abflüsse unserer «konventionellen», d.h. mechanisch-biologischen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) enthalten noch weitere abbaubare Stoffe, die die vielfältige Nutzung unserer Vorfluter (Bäche, Flüsse und Seen) weiterhin beeinträchtigen. Durch die aus den Kläranlagen abfliessenden Phosphatverbindungen werden die Oberflächengewässer stark überdüngt. Die Folgen der Eutrophierung sind uns allzu bekannt: Durch die übermässige Algenproduktion in den Seen hat sich das aquatische Ökosystem grundlegend geändert.

Durch die Installation der dritten Reinigungsstufe, der Phosphatfällung, die nach der eidgenössischen Verordnung über die Abwassereinleitungen bei allen Kläranlagen im Einzugsgebiet von Seen obligatorisch ist, kann die Phosphorkonzentration in den Abflüssen weiterhin reduziert werden. Die erreichbaren Phosphatendkonzentrationen

(die meist zwischen 0,8–1,5 mg/l liegen) sind jedoch noch zu hoch, eine weitere Eutrophierung der Gewässer zu verhindern.

Mit der Entwicklung der Filtrationstechnik in der Abwasserreinigung steht bereits eine vierte Reinigungsstufe für die weitergehende Abwasserbehandlung in unseren Kläranlagen zur Verfügung. Durch die weitergehende Reinigung der Abflüsse sollen die Vorfluter noch besser vor der zunehmenden Überdüngung und Belastung durch organische Schwebstoffe geschützt werden. In diesem Bericht wird die Anlage der Flockung-filtration des mechanisch-chemisch-biologisch geringen Abwassers der ARA Bern-Neubrück vorgestellt.

Im Auftrag des Tiefbauamtes der Stadt Bern (TAB) hat die Ingenieurunternehmung Emch + Berger Bern AG in enger Zusammenarbeit mit der Verfahrens- und Lieferfirma, Gebrüder Sulzer AG, Winterthur, das Projekt für die vierte Reinigungsstufe ausgearbeitet und realisiert.

Die Anlage besteht (dem Wasserlauf folgend) im wesentlichen aus folgenden Teilen:

- zwei neuen Zulaufkanälen von den bestehenden Nachklärbecken in die neue Anlage
- einem Rohwasserhebwerk mit 5 Schneckenpumpen (Fördermengen je 1 m<sup>3</sup>/s) in einen überdeckten Pumpensumpf
- einer Antriebsstation für die Schneckenpumpen (5 Motoren mit je 90 kW installierter Leistung)
- dem Betriebsgebäude mit dem Kommandoraum und den Nebenanlagen (Gebläsestation, Flockungs- und Fällmitteldosierstation, Starkstromverteiler)
- der unterirdischen Filterhalle mit 2 × 9 Raumfilter (0 = 18 × 50 m<sup>2</sup>)
- dem Ablaufkanal mit der Abflussmengenmessung (Propellermeter) mit dem Anschluss an das bestehende Auslaufbauwerk in der Aare
- dem Rohrleitungstunnel als Verbindungsstollen zwischen der bestehenden Anlage und dem neuen Bauwerk
- der Schlammwasserleitung für die Rückführung des Filterspülwassers in den Zulauf der bestehenden Anlage
- in der Zufahrtsstrasse von der bestehenden ARA-Zufahrt zum Betriebsgebäude der neuen Anlage.

Als besonderes Charakteristikum ist zu erwähnen, dass aus Rücksicht auf die unter Denkmalschutz stehenden Bauten des Restaurants Neubrück und der Holzbrücke die neu zu erstellende Anlage weitgehend unterirdisch gebaut und die Umgebung mit einer standortgerechten einheimischen Bepflanzung versehen wurde.

Die Anlage wurde mit Bruttokosten von insgesamt rund 13 Mio Fr. realisiert. Die jährlichen Betriebskosten sind mit ca. 400 000.– Franken budgetiert.

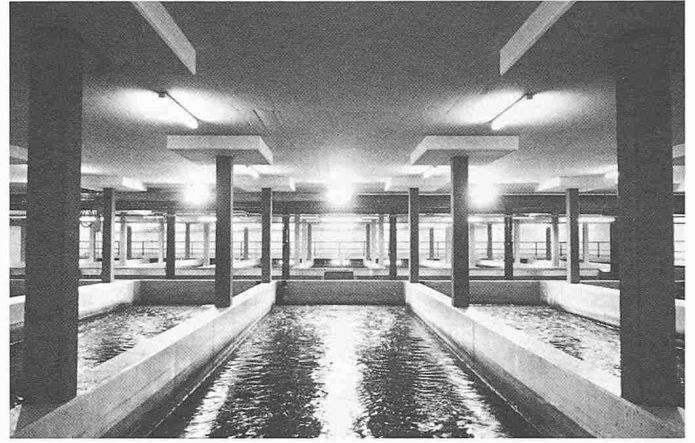
Die Filtrationsanlage ist auf folgende Wassermengen ausgelegt:

- bei Trockenwetter  
Q<sub>TWmin</sub> = 1000 l/s  
Q<sub>TW24</sub> = 2000 l/s  
Q<sub>TWmassg</sub> = 2500 l/s

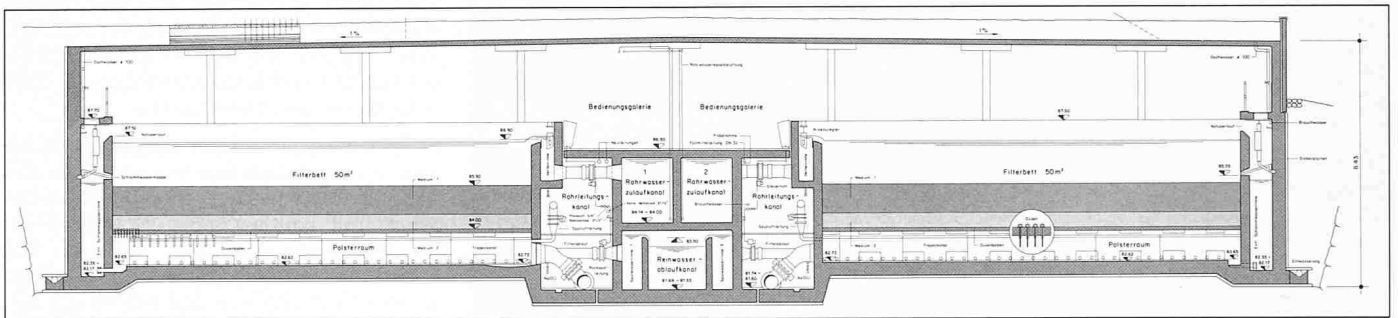
Der tägliche Trockenwetteranfall beträgt im Mittel Q<sub>TW</sub> = ca. 173 000 m<sup>3</sup>/d



Luftaufnahme



Filterhalle



Schnitt durch die Filteranlage

– bei Regenwetter  
 $Q_{RW} = 3800 \text{ l/s}$ .

Jährlich werden in der Anlage (inkl. Regenwasser, aber ohne systembedingtes Schlammwasser) etwa 70 Mio m<sup>3</sup> behandelt.

Die Anforderungen an das filtrierte Abwasser wurden nach Absprache mit dem Bundesamt für Umweltschutz (BUS), dem Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) und den Experten durch das TAB wie folgt festgelegt:

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen  
 $BSB_5 \text{ mg/l} \leq 10$   
 Totaler organischer Kohlenstoff  
 $TOC \text{ mg/l} \leq 17$   
 Gelöster organischer Kohlenstoff  
 $DOC \text{ mg/l} \leq 10$   
 Gesamter Phosphor  
 $P_{ges} \text{ mg/l} \leq 0,5$   
 Schwebestoffe  
 $SS \text{ mg/l} \leq 10$

Die Filtrationsstufe wird als Flockungsfiltration betrieben.

Zur Anwendung gelangen offene Zweischicht-Raumfilter, Patent Sulzer (Höhe der Filterschicht 1,5 m, Filtermedien Blähschiefer und Quarzsand). Die Flockungsfiltration gilt als das bestgeeignete Verfahren, um mineralische oder organische Restschwebstoffe aus dem biologisch gereinigten Abwasser zu entfernen. Durch die Zugabe eines geeigneten Fällmittels vor dem eigentlichen Filtrationsprozess kann ein grosser Teil des noch vorhandenen gelösten Phosphors in partikuläre Form übergeführt und in den Filtern zurückgehalten werden. Die Kombination der Verfahrensschritte Fällung, Flockung und Filtration ermöglicht es, die geforderte Abflusskonzentration an ungelösten Stoffen (SS), Phosphor (P), biochemischem Sauerstoffbedarf (BSB5) und organischen Kohlenstoffverbindungen (TOC und DOC) zu erreichen.

Die Filteranlage reinigt das Abwasser sichtbar. Dies wird bereits erkenntlich an der Farbe des in die Aare abgeleiteten vierstufig gereinigten Abwassers. Die früher braungraue Farbe wich zugunsten eines aareähnlichen Grüns. Auch die früher beobachteten Fetzen von Detergenzienschäum haben beträchtlich abgenommen.

Die erste grosse Abwasserfiltrationsanlage ist seit Anfang 1984 in Betrieb und konnte im Dezember letzten Jahres eingeweiht werden. Mit der Filtrationsanlage leisten die Stadt Bern und ihre angeschlossenen Agglomerationsgemeinden bezüglich Phosphor- und Schwefelstoffreduktion einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung des Wohlensees, der Aare und des Bielersees.

Adressen der Verfasser: *Jürg Christen*, dipl. Ing. ETH/SIA, c/o Emch + Berger AG, Gartenstr. 1, 3001 Bern; *Martin Meyer*, dipl. Ing. ETH/SIA, Tiefbauamt der Stadt Bern, Bundesgasse 38, 3000 Bern.

## Kehrichtverbrennungsanlage/Fernheizwerk Bern

Die Anforderungen an städtische Ver- und Entsorgungen haben in den letzten Jahrzehnten ständig – zum Teil sprunghaft – zugenommen. Der entsprechende Ausbau des Baukomplexes Kehrichtverbrennungsanlage/Fernheizwerk (KVA/FHW) Bern spiegelt die Entwicklungen. Im Zeichen verschärfter Massnahmen für den Umweltschutz entsteht zurzeit ein neuer Baustein: die Rauchgaswaschanlage.

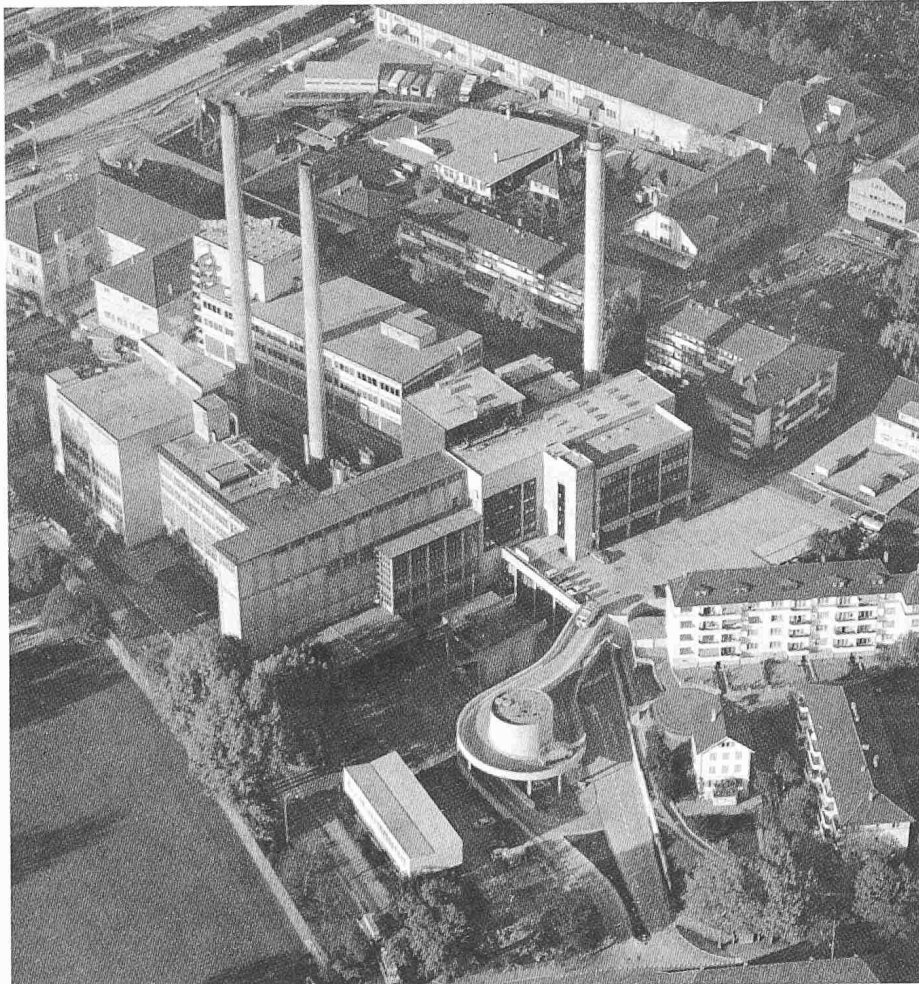
Als 1954 die KVA I in Betrieb ging, ahnte wohl kaum jemand, dass sich die jährlich zur Verbrennung anfallenden Kehrichtmengen in den folgenden 30 Jahren mehr als verdreifachen würden. Dennoch war man da-

mals weitsichtig genug, den Nutzwert der erzeugten Verbrennungswärme zu erkennen, und hatte daher einen Standort in nächster Nähe der Stadt gewählt, nur etwa 2 km vom Rand der Altstadt entfernt und in nur einigen hundert Metern Distanz zum heute wichtigsten Verbraucher von Fernwärme, dem Inselspital Bern.

Dem Ruf nach Fernwärme folgend ging schon 1964 ein vollwertiges Heizkraftwerk in Betrieb, das in den Anfängen auf der Basis von Kohle- oder Ölfuehrung Fernwärme oder – vor allem im Sommer – Strom bis zu 12,5 MW liefern konnte. Ausgehend vom Fernheizwerk wuchs das unterirdische Ka-

nalnetz zur Fernwärmeversorgung bis ins Herz der Altstadt. Heute werden über die rund 20 km Kanaltrassen weit über 200 Einzelabnehmer mit Fernwärme versorgt.

Steigender Fernwärmebedarf einerseits und wachsende Kehrichtmengen andererseits drängten zu weiteren Ausbaustufen. Mit rund vierfacher Kapazität der KVA I nahm 1975 die KVA II den Betrieb auf. Moderne Ofen- und Kesselanlagen konnten jetzt wesentlich zur Fernwärmegewinnung beitragen. Ferner konnten zum Schutze der Umwelt nunmehr durch Elektrofilter den Rauchgasen etwa 95% der Flugasche entzogen werden. Aber auch die Infrastruktur der Anlage wuchs: Diensträume für das Strasseninspektorat, Einstellhallen für die Kehrichtwagen, Lager- und Werkstatträume, Öltan-



Luftaufnahme 1976

kräume, Luftschutzanlagen, Waaganlagen, Wasserreservoir, Tankstelle usw.

Im Jahre 1980 schliesslich wurde die mit der Zeit kompliziert gewordene Gesamtanlage mit einer zentralen Betriebswarte, das FHW 1982 mit einem Elektrofilter und 1983 mit einem neuen Heisswasser-Röhrenkessel für den wahlweisen Betrieb mit Erdgas oder Leichtöl ausgestattet.

### Bauliche Aspekte

Die Luftaufnahme gibt einen Überblick über die wichtigsten Bauteile: von links nach rechts die Kamine von FHW, KVA I und KVA II. Im Bereich des Kamines der KVA II entsteht zurzeit ein neues Gebäude für die Rauchwaschanlage. Das heute verfügbare Areal ist somit weitgehend genutzt. Man erkennt die Eingliederung der Anlage in ein älteres städtisches Randgebiet: im Vordergrund das Sportfeld einer Schulanlage und eine reine Wohnzone, im Hintergrund eine Industrie- und Gewerbezone, durchsetzt mit einigen Wohnblöcken, sowie der Güterbahnhof Bern. Die einzelnen Bauteile des KVA/FHW-Komplexes zeichnen sich durch eine solide, schlichte Industriearchitektur aus, was eine harmonische Angliederung an das Wohn- und Gewerbequartier begünstigt. Auch erscheinen heute die im Laufe der Jahrzehnte von verschiedenen Architekten entworfenen Bauteile als gut aufeinander abgestimmt.

Natürlich müssen im Übergang von Industrie- und Wohnzonen die Schallimmissionen besonders beachtet werden. Durch zahlreiche primäre Massnahmen an den Schallquellen (Schalldämpfer, Schallschluckhauben oder -kabinen) sowie durch flankierende Massnahmen wie Verlagerung von Lärmquellen in Kellergeschosse oder Bau von schallabsorbierenden Fassaden ist heute im KVA/FHW-Bereich das Problem weitgehend gelöst.

Typisch für die ersten Bauteile der fünfziger Jahre (KVA I) ist die ausgeprägte Betonskelettbauweise, hier mit einer Fassadenausfachung in Kalksandsteinmauerwerk. Bei den späteren Bauteilen fallen mehr und mehr grossflächige Betonstrukturen ins Auge, wobei jedoch wichtige Fassaden durch metallverkleidete Fensterpartien aufgelöst sind. Schliesslich besteht das grossräumige Offenhause der KVA II im wesentlichen aus einem Stahlskelett mit vorgehängter Metallfassade in Sandwichbauweise.

### Die Rauchgaswäsche

Das seit etwa einem Jahrzehnt in der Öffentlichkeit erwachende Umweltschutzbedürfnis veranlasste den Bund unter anderem im Jahre 1982 zur Herausgabe neuer Richtlinien über die Luftreinhaltung. Seither liegen wiederum neue, nochmals verschärfte Richtlinien zur Vernehmlassung auf. Die Gas-, Wasser- und Fernwärmeversorgung der Stadt Bern (GWB) als Betreiber von

KVA/FHW ging beizeiten daran, Planung und Bau einer Rauchgaswäsche einzuleiten, die auch den neuesten Richtlinien gerecht werden soll. Das Projekt wurde vom Berner Souverän im Herbst 1984 fast ohne Gegenstimmen gutgeheissen.

Während die vorhandenen Elektrofilter seit Jahren nahezu alle Staubanteile der Rauchgase abscheiden, soll nun den verbleibenden gasförmigen und flüchtigen Luftschadstoffen zuleibe gerückt werden, insbesondere den Salzsäuregasen, aber auch dem Schwefeldioxid und dem in Spuren vorhandenen Fluor, Quecksilber, Kadmium, Blei und Zink. Die hierzu notwendige Technik der Rauchgaswäsche hat sich seit etwa 20 Jahren entwickelt, wird jedoch bei Kehrichtverbrennungen erst seit etwa 8 Jahren eingesetzt. In der Schweiz sind die ersten entsprechenden Anlagen seit Anfang der achtziger Jahre realisiert worden, bisher lediglich für die Kehrichtverbrennungsanlagen der Städte Genf, Lausanne und Luzern.

In Bern entsteht nun eine hochmoderne Anlage mit den heutzutage bestmöglichen Reinigungseffekten. Nach sorgfältiger technischer und kommerzieller Evaluation der verschiedenen möglichen Verfahren entschied man sich dabei in Bern für das sogenannte Nassverfahren und beauftragte eine Schweizer Firma, die Gesellschaft für Entstaubungstechnik AG (GFE) in Sursee, für die Lieferung der kompletten Anlage als Generalunternehmer. Obwohl erst im März 1985 mit den Bauarbeiten begonnen werden konnte, soll die erste der beiden Wäscherlinien noch in diesem Jahr den Betrieb aufnehmen.

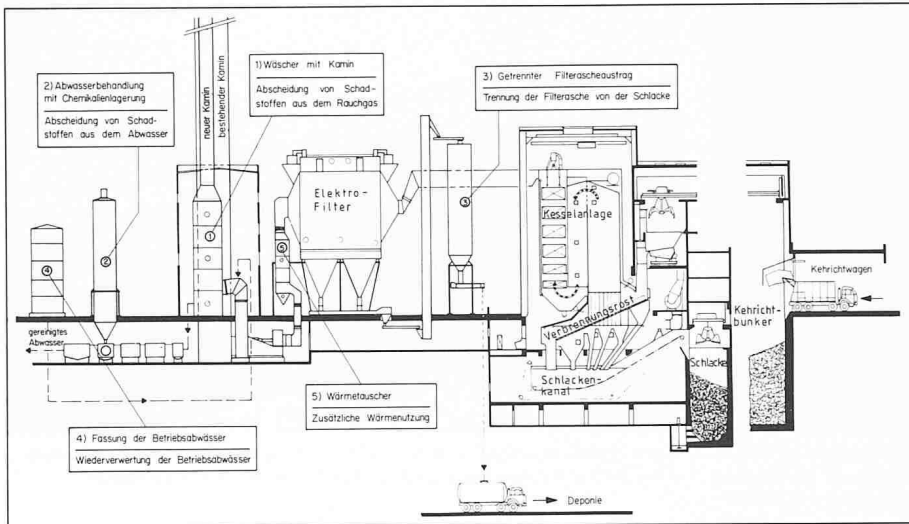
### Zum Prinzip der Rauchgaswäsche

Die schematische Darstellung zeigt die KVA II und die neue Rauchgas-Zusatzreinigungsanlage. Das Kernstück der Anlage, die beiden Wäscher, sind grosse, zum Teil ausgemauerte Behälter aus gummiertem Stahl. Sie enthalten verschiedene Einbauten, welche einen möglichst guten Kontakt zwischen der Waschflüssigkeit und den Rauchgasen sicherstellen. Während dem Durchströmen der Behälter werden die Rauchgase von etwa 180 auf 60 Grad abgekühlt und mit Wasser gesättigt.

Die im Abgas enthaltenen Schadstoffe werden im Washwasser angereichert und in der nachgeschalteten, speziell konzipierten Abwasserreinigungsanlage durch Kühlung, Neutralisation, Fällung, Flockung usw. wieder abgeschieden. Schliesslich sind die Schadstoffe in einer nahezu unlöslichen Gipsverbindung gebunden, die gefahrlos auf einer dafür geeigneten Deponie abgelagert werden kann. Pro Tonne verbranntem Kehricht werden etwa 2 bis 3 kg Rückstände aus der Rauchgasreinigung auf Deponie zu führen sein.

Die gereinigten und mit Wasser gesättigten Abgase werden nach den Wäschern in neue, gummierte und isolierte Stahlkamine geleitet, nachdem sie in verschiedenen Stufen von den mitgerissenen Tropfen befreit sind. Diese Stahlkamine werden parallel zum bestehenden Betonkamin auf die gleiche Höhe von etwa 80 m hochgezogen. Bedingt durch die niedrige Temperatur und Sättigung der Abgase mit Wasserdampf wird dauernd eine





Schema der KVA II mit den neuen Anlagen für die Rauchgas-Zusatzreinigung

Dampffahne sichtbar sein, wie sie während bestimmten Wetterlagen bereits heute beobachtet werden kann.

**Bauliche Probleme**

Während für die neue Abwasserreinigungsanlage noch Platz in der vorhandenen Einstellhalle gefunden wurde, war für die wichtigsten Installationen der Wäscheranlage ein neues Gebäude nötig. Dieses steht nun auf einer älteren, zweigeschossigen Unterkellerung, welche freilich für die neuen Gebäude- und Windlasten nicht ausgelegt war. Der gut zehnjährige Beton wies zum Glück Festigkeitsreserven auf, wurde doch gegenüber seiner Nennfestigkeit von 30 N/mm<sup>2</sup> heute eine durchschnittliche Festigkeit von 50 N/mm<sup>2</sup> gemessen. Zur Verstärkung und zum Ersatz fehlender Armierungen in den bestehenden Betonstrukturen bot sich das Aufkleben von Flacheisen an. Als Ergänzung der bestehenden Pfahlgründung wurden im Keller eingebaute Presspfähle eingesetzt.

Zur Gewichtersparnis kam für das eigentliche Wäschergebäude nur eine leichte Stahlkonstruktion mit Zwischendecken in Stahl-

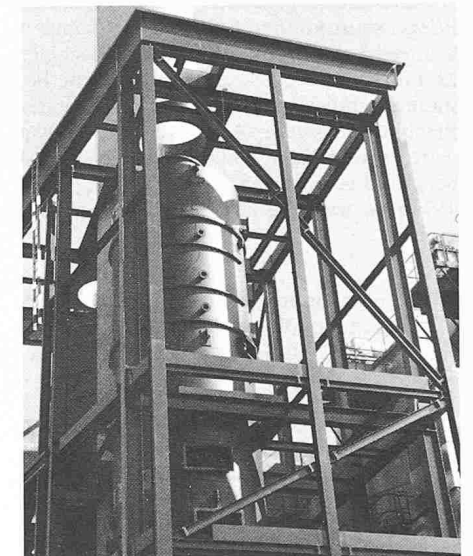
Beton-Verbundbauweise in Frage. Für die Auslegung der isolierten Blechfassaden waren wiederum Schallschutzforderungen massgebend. Da im Gebäudeinneren bei allfälligen Betriebsstörungen mit einer sauren, wassergesättigten Atmosphäre gerechnet werden muss, sind alle Stahlteile der Tragstruktur, aber auch die Deckenbleche und Fassadenkassetten mit besonders korrosionsfesten Beschichtungen versehen. Analog sind die Betonböden mit säurefesten Epoxybelägen geschützt.

Als besonders delikates Ingenieurproblem erwies sich die Ableitung der Windkräfte aus den neuen Kaminen in die Stahlstruktur des Gebäudes, galt es doch, die Relativdeformationen der «weichen» Stahlstrukturen auf ein Minimum zu beschränken. Da der lichte Abstand zwischen den neuen Stahlkaminen (Ø 1,8 m) und dem bestehenden Betonkamin (Ø 3,5 m) nur etwa 1,5 m beträgt, muss bei Windströmungen zwischen den Kaminen mit Turbulenzen gerechnet werden, die die schlanken Stahlkamine zu unerwünschten Schwingungen anregen könnten. Als Gegenmassnahme werden daher an den Spitzen der Stahlkamine spezielle Schwingungs-

dämpfer installiert, die Bewegungsenergien durch aufgehängte Zusatzmassen absorbieren können.

**Ausblick**

Die KVA/FHW-Betriebe haben durch die jüngsten Installationen und Baumassnahmen wieder den modernsten Stand der Technik, vor allem der Umweltschutz-Technik, erreicht. Weiteren Ausbautappen sind durch die Platzverhältnisse am Standort heute jedoch Grenzen gesetzt. Ob langfristig ein weiterer Ausbaubedarf überhaupt besteht, ist kaum vorauszusagen. Es bleibt zu hoffen, dass durch umweltbewussteres Leben jedes Einzelnen zumindest der immer noch steigenden Kehrichtflut Einhalt geboten wird.



Wäschergebäude, Bauzustand Juni 1985

Adresse des Verfassers: T. Krüger, c/o Emch + Berger Bern AG, Ingenieurunternehmung, Gartenstrasse 1, 3001 Bern.

Quellenangabe: Publikationen der Gas-, Wasser- und Fernwärmeversorgung der Stadt Bern

**Forstwesen**

**Gantrisch-Aufforstungen / Gürbeverbauungen**

Die Linie Selibuel-Gantrisch stellt die Wasserscheide zwischen Gürbe und Gantrischense dar. Ihre Wasser und Geschiebe führten besonders im letzten Jahrhundert immer wieder zu Überschwemmungen und Schäden.

Bereits um 1870 wurde versucht, die Gürbe mit einem kontinuierlichen System von Wildbachsperrern aus Holz zu zähmen (1. Sperrengeneration). Doch schon im folgenden Sommer spülte ein Hochwasser die Hälfte der Holzkasten wieder weg.

Auch die Mischbauweise (2. Sperrengeneration) aus Holz und Trockenmauern, deren

Steinblöcke dem Flussbett entnommen wurden, hatte wenig Erfolg: Verstärkte Tiefenerosion und Rutschbewegungen der Flyschhänge waren die Folge.

Wo genügend Transportmöglichkeiten für das Baumaterial bestehen, werden seit 1962 Sperren in Eisenbeton erstellt (3. Sperrengeneration). Die Bedürfnisse der Schwellenkorporation wurden daher in den forstlichen Erschliessungen der letzten Jahrzehnte vermehrt berücksichtigt. Der Oberingenieur des 2. Kreises hat in enger Zusammenarbeit mit der Bauführung im oberen Bezirk den Betonsperrentyp laufend weiterentwickelt. Statische Berechnungen sind kaum möglich: Dimensionierungen erfolgen aufgrund der Verankerungsmöglichkeiten, und Sperrlängen basieren auf Erfahrungswerten. Verbauungen allein können Wildbäche nicht bändigen. Dazu sind auch Aufforstungen notwendig, wie sie in der Gurnigelkette seit

1860 erfolgen. Zwischen 1887 und 1931 sind hier aus sechs Millionen Jungbäumen 1140 ha neuer Staatswald gewachsen.

Eisenbetonsperren im Gürbelauf ab 1962 (Projekt und Bauleitung Kreisoberingenieur II). Erstellungsrhythmus etwa zwei Sperren pro Jahr, Baukosten pro Werk: 250 000 Fr. bis 300 000 Fr. Foto: C. Küchli





Burstaufforstung 1984. Der Aufnahmewinkel entspricht demjenigen der historischen Fotografie. Die Bestände weisen sehr hohe Holzvorräte auf und müssen mit dem Ziel der Stabilisierung regelmässig durchforstet werden. Foto: C. Küchli



Burst- und Stüftenaufforstungen. Um 1930 von der Pfeife aus aufgenommen, Alter der Aufforstung zwischen 15 und 25 Jahren. Foto: F. Fankhauser

Waldbestände brauchen eine sorgfältige Pflege, sonst können bei dichten Beständen Schneedruckschäden oder kleinflächiger Zerfall auftreten. Durchforstungen zur Bestandesstabilisierung bedürfen genügender Erschliessungswege. Allein für die 1200 ha Aufforstungsfläche des Forstkreises Riggisberg sind gemäss den generellen Projekten 45 km lastwagenbefahrbare Forstwege notwendig.

Die Erfolge der nun bereits seit über 100 Jahre dauernden Wiederherstellungsarbeiten sind heute durch das Waldsterben akut bedroht.

Lambachkatastrophe in Kienholz bei Brienz, 1896. Murgang 3,5 km lang, Breite am Ende 120 m, Mächtigkeit 2,5 bis 4 m, Geschwindigkeit beim Kegelhals 120 m/min, sehr geringe Geschwindigkeit in Seenähe, so dass die Bauern vorweg heuen konnten



Links: Aufforstungs- und Verbauungsprojekte Urseren, Brienz (links) und Glyssibach (Bauherrschaft beider Projekte: Staat Bern). Urseren, Lawinerverbau: Kolktafeln zwischen den Bäumen auf dem Kamm zur Verhinderung der Gwächtenbildung, Stahl-Schneebrücken Voest-Alpine, Betonmauern und Schneenetze in Runsen mit Wasserabfluss. Glyssibach, Terrainverbau: Mauerterrassen (aufeinandergeschichtete Steinkisten und Steinkörbe) zur Beruhigung der Erosion, Aufforstung und Begrünung zwischen den Mauern (Foto: J. Chevalier)

### Aufforstungen und Verbauungen im Einzugsgebiet der Brienzer Wildbäche

Eines der eindrücklichsten Beispiele für den Wiederaufbau zerstörter Waldungen befindet sich im 14 km<sup>2</sup> grossen Einzugsgebiet der Brienzer Wildbäche. Grosse Waldzerstörungen, die bereits vor Jahrhunderten einsetzten, für die Gewinnung von Weideflächen bewirkten gewaltige Bodenerosionen. Nach der Wegschwemmung der Humusdecke kamen die Bergflanken (Trümmergestein) ins

Brienzer Wildbäche. Mauerterrasse, Trockenmauerwerk und Steinsäcke. Solange die Erosionskräfte wirken können, müssen sie immer wieder erhöht werden (Foto: C. Küchli)

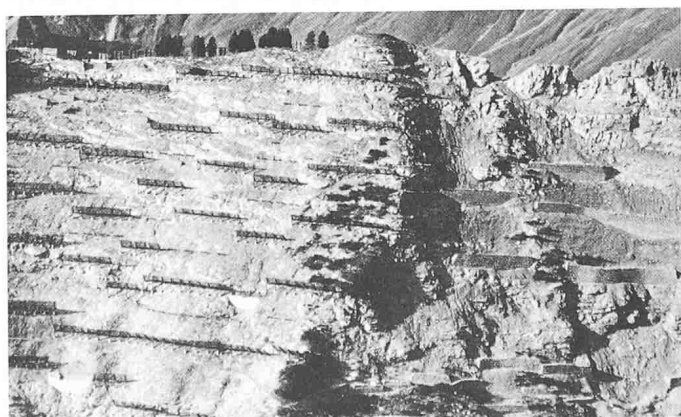
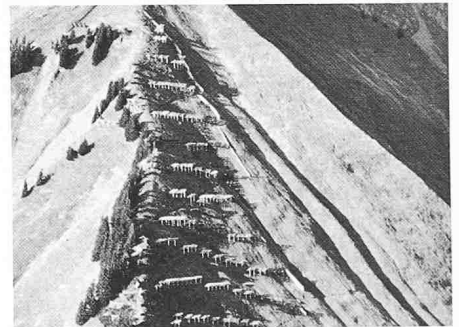


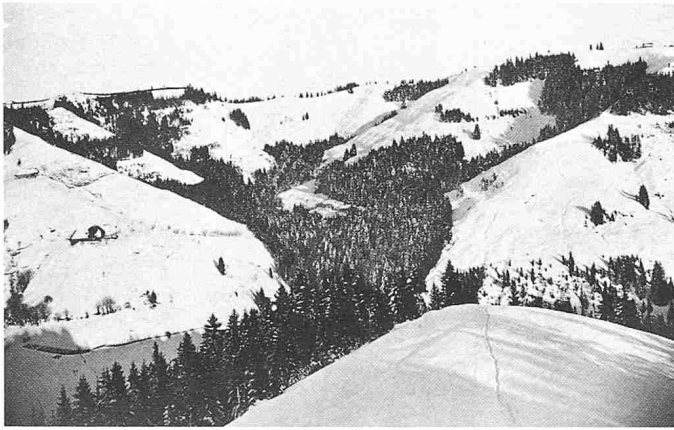
Rutschen und Hochwasserkatastrophen, eingeschüttete Häuser oder mit Geröll übersäte Felder waren die Folge. Ausserdem nahm die Lawinengefahr zu.

Ein Waldbann 1599 musste auf Druck der Bevölkerung wieder aufgehoben werden. Erste Sicherungsbauten um 1730 genügten nicht. Ab 1876 wurden mit enormem Aufwand wirkungsvolle Massnahmen ergriffen:

- 6000 m Mauerterrassen
- 9 Millionen Jungbäume, von denen nur jeder hundertste überlebte
- 10 Tonnen Gras- und Kräutersamen zur Bildung einer erosionshemmenden Grasnarbe

Aufforstungs- und Verbauungsprojekt Tanngrindel Brienz (Bauherrschaft: Gemeinde Brienz). Aluminium-Schneebrücken (heute werden im Oberland nur noch Stahlwerke verwendet). Rechts Betonmauern zum Schutz vor ausserhalb anreissenden Lawinen. Foto: J. Chevalier





Dicht bewaldeter Sperbelgraben (rechts), schwach bewaldeter Rappengraben (beide 1916) weltweit längste Messreihen der forstlichen Forschung

– 4000 m Stützverbauungen und 8000 m<sup>3</sup> Mauerwerk zur Verhinderung der Lawinenbildung im Anrissgebiet.

Für diese Arbeiten wurden in diesem Jahrhundert über 9 Mio Franken aufgewendet.

Im Zusammenhang mit dem Waldsterben wird oft argumentiert, man müsse den Wald eben durch Verbauungswerke ersetzen. Abgesehen davon, dass solche die Wirkungen des grünen Schutzgürtels nicht einmal annäherungsweise übernehmen können, ist dies aus finanziellen Gründen unmöglich: Lawinerverbauungen kosten heute durchschnittlich 750 000 Franken pro Hektare.

Das Beispiel von Brienz steht für eine gelungene Verbesserung der Abfluss- und Erosionsverhältnisse durch Wildbachsperrn, Verbauungen und Aufforstungen.

### Wasserabfluss-Messstationen Rappen- und Sperbelgraben

In seinem 1861 abgelieferten Bericht über den Zustand der Hochgebirgswälder hält der damalige ETH-Forstprofessor *Elias Landolt* fest: «Die Unregelmässigkeit der Wasserführung von Bächen und Flüssen ist eine Folge der starken Entwaldung der Gebirge.» Landolt und andere haben diese Erkenntnis aufgrund von Beobachtungen gewonnen, und das Forstgesetz von 1876 basierte auf solchen empirisch zustande gekommenen Entscheidungsgrundlagen.

Der exakte wissenschaftliche Beweis für den von Landolt erwähnten Sachverhalt kommt

erst Jahrzehnte später mit den Untersuchungen im schwach bewaldeten Rappen- und im waldüberzogenen Sperbelgraben zustande. Die Untersuchungen wurden 1902 aufgenommen und laufen auch heute noch. Jahrzehntelange Messreihen lassen folgende Schlüsse zu:

- Der Wald verbraucht mehr Wasser als Weide- und Ackerland, was zu einem kleineren jährlichen Gesamtabfluss aus dem Wald führt.
- Der Wald setzt die Hochwasserspitzen bei Gewitterregen, Dauerregen und der Schneeschmelze stark herab.
- In Trockenzeiten liefert der Wald mehr Wasser als das offene Land.
- Im schwach bewaldeten Rappengraben war die Bodenabschwemmung zwischen 1906 und 1942 um rund 70 Prozent grösser als im Sperbelgraben.

Dem Problemkreis «wissenschaftliche Entscheidungsgrundlagen – politische Entscheidungsfindung» kommt heute mit dem Waldsterben wiederum besondere Bedeutung zu.

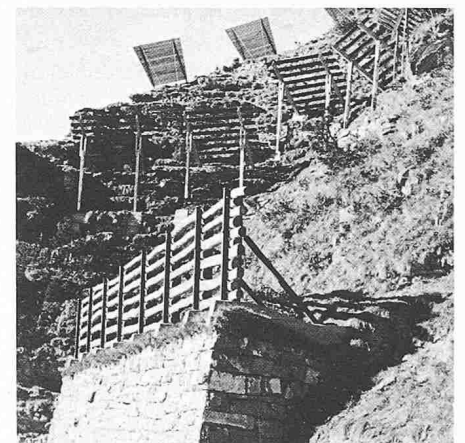
Die Herleitung von Kausalketten bzw. Kausalnetzen ist aber im Falle des Waldsterbens unendlich viel schwieriger als beim Nachweis der wasserregulierenden Wirkung des Waldes.

Adresse des Verfassers: *Christian Kächli* dipl. Forsting. ETH, Kanalgasse 1, 2502 Biel.

*Die Zusammenstellung von Berichten und Fotos wurde ermöglicht durch Beiträge des GS-SIA, der Forstdirektion des Kantons Bern, des Bernischen Forstvereins sowie von im Kanton Bern tätigen Forstingenieuren SIA.*



Wyhelfluhweg ob Brienz. Dem Gelände angeglichener Verlauf, Blöcke in Beton verlegt. Foto: FIO



Lawinerverbauungs- und Aufforstungsprojekt Niesen. Beispiel für Entwicklung der Werktypen: 30er Jahre Trockenmauern aus am Ort gewonnenen Steinen; 40er/50er Jahre Erhöhung mit Schnee Hag aus Eisenbahnschienen und Holzdruckrost (unten); ab 60er Jahre Schneebrücken aus Stahl (mitte); Kolktafeln zur Vermeidung der Gwächtenbildung (Foto: W. Schwarz)

## Die Wasserversorgung der Stadt Bern 1870–1985

### Die Brunnenversorgung des alten Bern

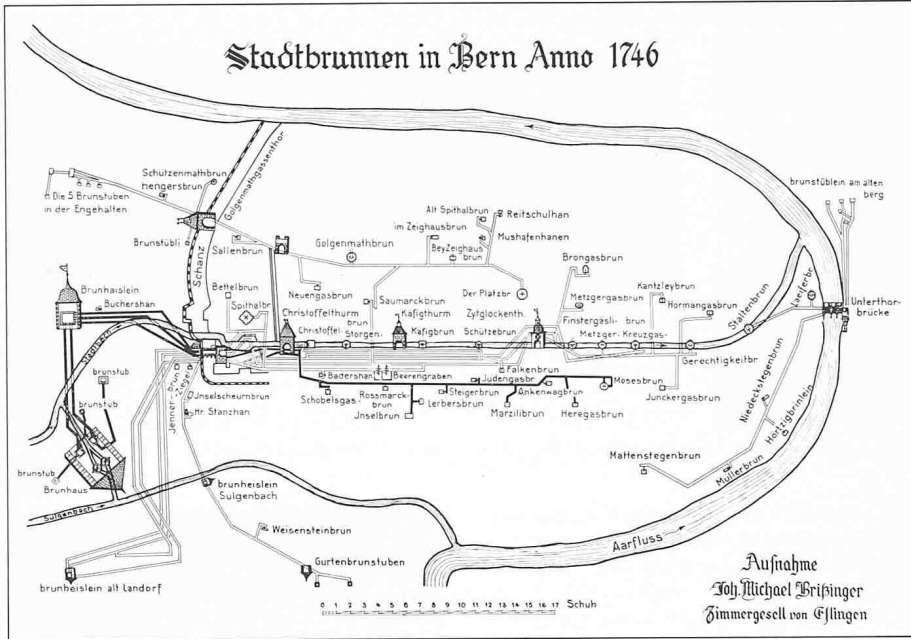
Der älteste Teil der Stadt Bern «unten an den Matten» bezog seit der *Stadtgründung im Jahre 1191 das Wasser aus der Aare* und aus dem längs über die Aarehalbinsel fließenden Stadtbach. Später kamen einige Sodbunnen hinzu, welche noch bis zur Typhusepidemie von 1873 benutzt wurden. Der Stadtbach wurde wegen seines Gefälles vorwiegend am Stalden für den Betrieb der

Mühlen benutzt. Bei Feuergefahr diente er als Wasserspender. Der Stadtbach wurde auch damals wie heute noch zur *Reinhaltung der Kloaken* benutzt.

Laufende Brunnen im Stadtgebiet gab es ursprünglich nur vier. Die Stadterweiterungen von 1228 und 1346 führten zu ungenügenden Trinkwasserverhältnissen, so dass Wasser von aussen zugeführt werden musste. 1380 wird urkundlich die erste Wasserzuleitung erwähnt. Der heisse Sommer 1393 mit seinem Wassermangel zwang zum Bau von für die damalige Zeit verhältnismässig lan-

gen Wasserzuleitungen. Aus solch weit entfernten Quellgebieten konnten im Laufe der Zeit insgesamt 21 sogenannte *Stockbrunnen* gespiesen werden.

Ein Wendepunkt brachte das Jahr 1585, als der Zürcher Pfarrer Niklaus Strasser von Stallikon die künstliche «Wassermaschine» aufstellte, mit welcher das Wasser einer sehr ergiebigen Quelle in der Brunnmatt gehoben und gegen die höher gelegenen Stadtteile zur Speisung laufender Brunnen geleitet werden konnte. 1643 wurde diese Anlage mit sechs Wasserpumpen versehen. Sie bestanden aus hölzernen Zylindern mit Kolben, welche durch ein im Stadtbach eingebautes Wasserrad angetrieben wurden.

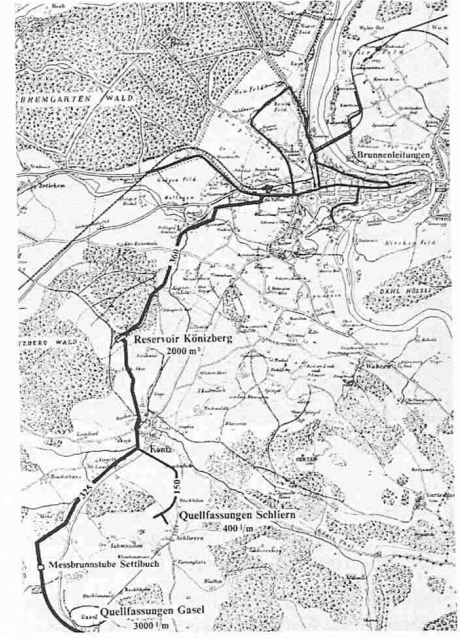
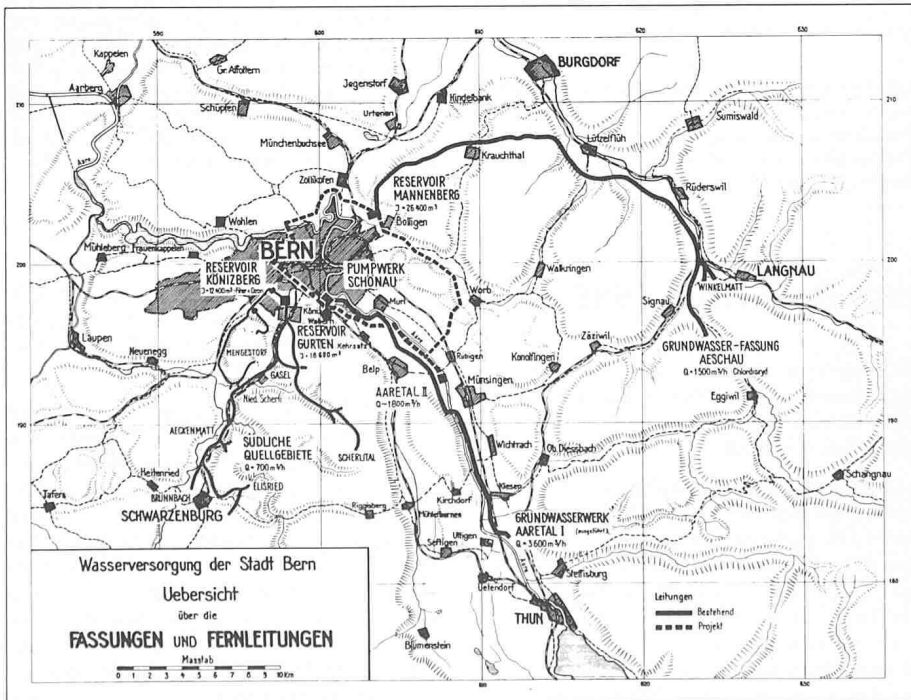


Stadtbrunnen in Bern

1742 erwarb der Grosse Rat das Eigentumsrecht auf Quellen herwärts Köniz. Im Jahre 1752 wurde der Versuch gemacht, das Gurtenwasser in einen im Schanzen- und Hirschengraben angelegten Gang einzuleiten, in der Absicht, alles «Unreine» absetzen zu lassen. Dies war gewissermassen das erste Reservoir.

1754 existierten innerhalb der Stadtmauern 38 Brunnen mit 70 Röhren. Das Stadtleitungsnetz bestand damals aus 5863 Dünkeln (Holzrohr, Holzkänel). Versuchsweise wurden im Jahre 1760 bei Reparaturarbeiten der Altenbergleitung «yserne» Dünkel verwendet. Die alten Brunnenleistungsanlagen erfuhr 1835 die letzte namhafte Erweiterung durch Zuleitung der grossen Könizquelle «Stadtbrunnen» oberhalb Köniz im schattig Landorf. Die Quelfassung wurde bereits 1829/30 durch den Vortrieb einer 290 m langen Mine erstellt.

Fassungen und Fernleitungen



Erste Druckwasserversorgung, erbaut 1867-70

Von der Mitte des 17. Jahrhunderts bis zum Bau der modernen Druckwasserversorgung litt die Stadt Bern häufig unter Wassermangel.

Die erste Druckwasserversorgung der Stadt Bern

Am 14. Dezember 1867 beschloss die Gemeinde die Einführung der zentralen Druckwasseranlage. Es lagen drei Ausbauprojekte vor, nämlich das Holligenprojekt (Quellwasser aus der Schlossmatte) sowie das Wangentalprojekt, beide von Ingenieur Robert Lauterburg, und das Gaselprojekt der Gaselgesellschaft. Da es darum ging, auch die höher gelegenen Quartiere mit Druckwasser versorgen zu können, schwang bei der Wahl das Gaselprojekt mit den höchst gelegenen Quellen oben aus.

Entwicklung bis heute

Mit der Fassung und Zuleitung von hoch gelegenen Quellen bei Gasel und Schliern in den Jahren 1866 bis 1869 nahm die zentrale Druckwasserversorgung der Stadt Bern ihren Anfang. Entsprechend dem stets ansteigenden Wasserbedarf mussten später neue Quellen erschlossen werden, so 1874 bis 1876 im Scherlital und 1891 bis 1896 bei Schwarzenburg. Diese Quelläufes von heute total 12 000 l/min Ergiebigkeit werden im Reservoir Könizberg, das nach dreimaliger Erweiterung 1879, 1897 und 1953 bis 1955 einen Speichereinhalte von 12 400 m<sup>3</sup> aufweist, gesammelt. Bis zur Jahrhundertwende (1906) genügten diese Anlagen allein.

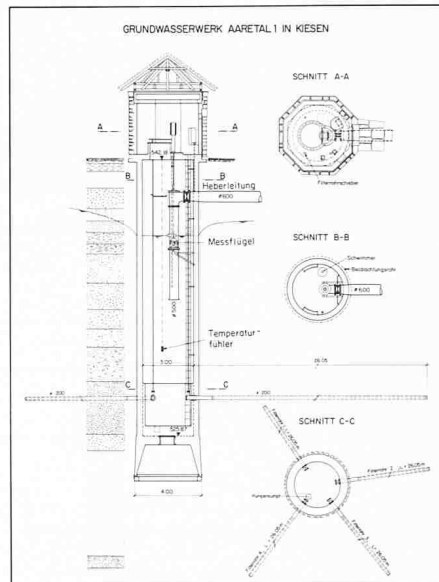
Die erste wesentliche Erweiterung war die Fassung von Quellwasser im Emmental (Emmenmatt und Äschau) von 22 800 l/min, 1902 bis 1906, mit zugehöriger Fernleitung Ø 500 bis 800 mm von 34 km Länge, die in das zugleich erstellte städtische Reservoir Mannenberg ob Bolligen mündet. Die Fassungsanlagen in Ramsei-Äschau erfuhr 1927/28 durch acht Schachtbrunnen eine Leistungssteigerung von 17 000 auf 25 000 l/min. Wegen des grossen Widerstandes von Emmeradwerkbesitzern (Besitzer von Mühlen und Sägereien mit Wasserrädern) wurde die Konzession für die Entnahme von Grundwasser aus dem Emmental von 1921 bis 1926 hinausgezögert. Auch das Reservoir Mannenberg wurde in zwei Ausbautetappen 1912/13 und 1932/33 von ursprünglich 1000 auf 26 400 m<sup>3</sup> Gesamteinhalte vergrössert.

Das Emmentalgrundwasser vermochte zusammen mit den schon erwähnten südlichen Quellen den Wasserbedarf Berns bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges zu decken.

1946 bis 1955 wurde die zweite grosse Erweiterung der Versorgungsanlagen realisiert. Mit dem 1950 vollendeten Grundwasserwerk Aaretal I wurde zusätzliches Wasser nach einer langen Planungsperiode (1922 bis 1944) erschlossen und mit dem Bau der Filter- und Ozonanlage Könizberg die Qualität des Quellwassers einwandfrei verbessert.

Das Grundwasser aus dem Aaretal stammt aus vier 17 bis 19 m tiefen Horizontalbrunnen und aus einem 100 m<sup>2</sup> grossen Caissonschachtbrunnen im Gebiet Kiesen-Heimberg, die bis zu 60 000 l/min einwandfreies Trinkwasser liefern. Dieses fliesst von Kiesen durch eine 19 km lange Leitung Ø 900 mm zum Hauptpumpwerk Schönau in Bern, wo es direkt ins Versorgungsnetz oder durch die Sekundärpumpwerke Burgernziel (24 000 l/min), Steinhölzli (10 000 l/min) und Sandrain (24 000 l/min) direkt in die Reservoirs Mannenberg, Könizberg und Gurten gefördert wird. Das Grundwasser sowohl im Emmental wie im Aaretal wird mit einem Heber aus der Tiefe an die Oberfläche gefördert.

Seit der letzten Erhöhung des Zuflusses durch den Bau des Aaretalwerkes I im Jahre 1950 hat der Wasserverbrauch infolge der Konjunktur rapid zugenommen. Die Zuwachsraten waren in den Jahren 1950 bis 1960 grösstenteils durch erhöhten Verbrauch innerhalb der Stadt Bern bedingt. In den letzten Jahren indessen gewann die Wasserlieferung an die Aussengemeinden an Bedeutung. Diese Gemeinden werden sich künftig dank ihrer Landreserve schneller entwickeln als die Stadt selber. Angesichts dieser Wasserbedarfssteigerung sah sich die



Schnitt Horizontalfilterbrunnen

städtische Wasserversorgung veranlasst, den Ausbau ihrer Anlagen eingehend zu planen. Als erste Massnahme wurde das Reservoir Gurten mit 17 900 m<sup>3</sup> Inhalt in den Jahren 1968 bis 1970 gebaut. Dadurch kann nun der

Jahr	Mittlerer Zufluss (l/min)	Reservoirvolumen (m <sup>3</sup> )	Netzlänge (km)
1870	2 124	2 000	14,9
1900	10 365	10 400	82,3
1950	75 000	37 500	315,5
1985	90 000	57 600	385

verfügbare Zufluss aus dem Aaretalwerk I ganz ausgenutzt werden, d. h. der Nachtüberschuss gespeichert und tagsüber beim Grosskonsum abgegeben werden. Um ferner den kommenden Anforderungen genügen zu können, ist der Bau eines zweiten Grundwasserwerkes im Aaretal vorgesehen. Dies um so mehr, als die Städtische Wasserversorgung auch in Zukunft regionale Versorgungsaufgaben übernehmen muss.

Adresse des Verfassers: H. Geiser, dipl. Ing. ETH, Chef der Wasserversorgung der Stadt Bern.

Sämtliche Beiträge aus den Heften 21/1985, 15/1986 und 17/1986 zum Anlass «150 Jahre Sektion Bern» werden zusammengefasst in einem Sonderdruck veröffentlicht. Erscheinungsdatum und Bezugsort werden im «Schweizer Ingenieur und Architekt» bekanntgegeben.

## Halbzeit bei der Zürcher S-Bahn

Zeitlich und im Baufortschritt steht das Projekt der S-Bahn Zürich derzeit in der Mitte zwischen der Volksabstimmung vom November 1981 und der Inbetriebnahme im Frühsommer 1990.

Die Anlagen gliedern sich in fünf Teile: Neubaustrecke, Fahrzeugbeschaffung, Fahrzeugbehandlung, Energieanlagen und übriges Netz der S-Bahn.

Der Projektleiter der S-Bahn, P. Zuber, und der Projektleiter für die Neubaustrecke, P. Hübner, gaben kürzlich eine Übersicht über den Stand der Arbeiten, während M. Glättli, Oberingenieur der Bauabteilung Kreis III der SBB, auf den zusätzlichen Infrastrukturausbau einging, der für das 380 km lange Netz der S-Bahn nötig ist.

### Neubaustrecke

Als notwendige Voraussetzung für die Inbetriebnahme der Zürcher S-Bahn umfasst die 12 km lange Neubaustrecke lediglich drei Prozent des S-Bahn-Netzes, doch werden fast alle S-Bahn-Züge über sie führen. Der Bau schreitet momentan auf 15 Grossbaustellen voran, fünf davon sind Tunnelbaustellen.

Am 15.2.1986 ist an einem Tag die Rekordmenge von 4731 t Aushubmaterial aus der Innenstadt auf sechs Bahnzügen zu den Kiesgruben im Rafzerfeld abtransportiert worden, was 315 nicht durchgeführten Lastwagenfahrten entspricht.

1986 ist wieder ein Jahr der Tunnel, betrifft doch der Hauptposten des Budgets mit 180 Mio. Fr. den Rohbau von 4000 m Tunnel und 1000 m Viadukten. Die Schwerpunkte sind (vgl. Bild 1):

Untertag-Aushub und Rohbau des 16 m tief gelegenen Perrongeschosses für die vier neuen Gleise der Erweiterung des Hauptbahnhofs.

Der Ausbruch der Untertunnelung der Limmat und des «Publicitas»-Hauses unter dem

erstellten Gefrierkörper erfolgt zwischen Frühjahr und Herbst 1986.

Der Vortrieb des Hirschengrabentunnels vom zentralen Angriffsschacht Mühlegasse aus ist in beiden Richtungen im Gang. Beim Central wird der Durchschlag 1986 erfolgen können, in Richtung Rämistrasse im folgenden Jahr.

Der Zürichbergtunnel ist zur Hälfte im Rohbau erstellt. Der Vortrieb im Fels von Stettbach her hat gegenwärtig etwas Vorsprung auf das Bauprogramm, bewältigt doch die zuvor in den Tunnels Gubrist und Heitersberg eingesetzte Fräsmaschine 15 m pro Tag.

Die beiden Viadukte im Glattal sowie der dazwischenliegende kurze Föhrlibucktunnel werden 1986 im Rohbau fertiggestellt.

### Arbeiten im Raum Stadelhofen

Mehrere anspruchsvolle Bauten stehen in entscheidenden Etappen der Realisierung.

### Unterfangung der Rämistrasse-Häuser

Im Bereich der Rämistrasse ist die Unterfan-