

Zeitschrift: Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Baselland
Band: 18 (1948-1949)

Artikel: Die Oberflächengewässer, Grundwasservorkommen und Abwässer des untern Birstales
Autor: Schmassmann, Hansjörg / Schmassmann, Walter / Wylemann, Ernst
Kapitel: Q: Generelle Beurteilung der Abwassersanierung im unteren Birstal
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-676754>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

- b) die Infiltration von verunreinigtem Wasser aus der Birs und ihrer Nebenbächen, hauptsächlich aus dem Arlesheim Dorfbach.
5. Die hydrochemischen Untersuchungen haben ergeben, dass innerhalb des Grundwasserfeldes des Birstales die zonare Anordnung zahlreicher chemischer Werte dem Verlauf der diluvialen Rinne entspricht.
6. Der Grundwasserstrom wird zu einem grossen Teil durch Birs-
wasser gespeisen. Es ist dafür zu sorgen, dass in den Infiltrations-
gebieten keine Bauten oder Verbauungen erstellt werden, die eine
quantitative Beeinträchtigung des Grundwassers zur Folge haben.

Q. Generelle Beurteilung der Abwassersanierung im unteren Birstal

1. Die vorgesehenen Reinigungsanlagen

Um die Grundwasservorkommen und die Oberflächengewässer des unteren Birstales vor Verunreinigung zu schützen, ist es notwendig, sämtliche Abwässer des Gebietes durch Sammelkanäle zu erfassen, die sie zentralen Abwasserreinigungsanlagen zuführen.

Solche zentralen Reinigungsanlagen sind an folgenden Orten vorgesehen:

- a) unterhalb der Spinnerei Arlesheim («Schappe»);
b) unterhalb der «Wasserhäuser», Münchenstein.

Diese Anlagen werden nach den im Kapitel C gemachten Angaben im Jahre 2000 die Abwässer von ungefähr folgenden Einwohnern aufnehmen haben:

	Reinigungsanlage	
	Schappe	Wasserhäuser
Pfeffingen	700	—
Aesch	4 500	—
Dornach	5 500	—
Arlesheim	5 500	
Reinach	6 000	
	11 500	
Münchenstein	—	10 000
Total	19 900	12 300
BSB ₅ dieser Abwässer g/sec	12,4	7,7

2. Ziel der Abwasserreinigung

Das Ziel der Sanierung muss sein, die von den Sammelkanälen zugeführten Abwässer soweit zu reinigen, dass das Wasser des Vorfluters einen Reinheitsgrad besitzt, bei welchem

- a) die Infiltration zu keiner Beeinträchtigung der hygienischen und der chemisch-technologischen Beschaffenheit des Grundwassers führt,
- b) die Möglichkeit einer hygienisch unbedenklichen Benützung des Gewässers zum Baden besteht,
- c) die Anwohner vor Geruchsbelästigungen und übermässigen Ungezieferplagen geschützt sind,
- d) der Fischbestand nicht geschädigt wird.

Zur Erreichung dieses Ziels müssen nach den bei unseren Untersuchungen gemachten Erfahrungen folgende Anforderungen gestellt werden:

- a) Auf den Grundwasserinfiltrations-Strecken bei Aesch und bei Münchenstein sollte der BSB_5 den Wert von 2,0 mg/l nicht überschreiten.
- b) Im ganzen Gewässersystem sollte der BSB_5 an irgendeiner Stelle den Wert von 3,0 mg/l nicht überschreiten.
- c) Schliesslich sollten der Hauptwasserstrom und die vom St. Alban-Teich umflossene Birsstrecke dem Rhein ein Wasser übergeben, das höchstens einen BSB_5 von 2,0 mg/l besitzt.

Man wird sich allerdings fragen müssen, ob es wirtschaftlich zu verantworten ist, diese Anforderungen auch bei extrem niederen Abflussmengen zu stellen. Aus diesem Grunde wollen wir bei unseren nachfolgenden Überlegungen vorläufig von den extrem niederen Wasserständen absehen und die Voraussetzung machen, dass die oben genannten Grenzwerte an höchstens 14 Tagen des Normaljahres (= 4% aller Tage) überschritten werden dürfen.

3. Grundlagen für die Ermittlung des notwendigen Reinigungsgrades der zentralen Anlagen

a) Allgemeines

Bei der Ermittlung des notwendigen Reinigungsgrades der zentralen Anlagen muss das Selbstreinigungsvermögen des Vorfluters in Rechnung gesetzt werden.

Um die natürlichen Reinigungsvorgänge in fliessenden Gewässern rechnerisch erfassen zu können, haben wir versuchsweise den Begriff der

«wahren Oxydationskonstante» k' eingeführt (Kapitel D 5 e). Diese ist durch die Beziehung

$$B_{(1)} - B_{(2)} = B_{(1)} (1 - 10^{-k' \cdot T}) = B_{(1)} \cdot a$$

gegeben, wobei

$B_{(1)}$ = der Biochemische Sauerstoffbedarf an der Stelle (1) und

$B_{(2)}$ = der Biochemische Sauerstoffbedarf an der flussabwärts gelegenen, vom Fluss im Mittel nach T Tagen erreichten Stelle (2) ist.

Zur Ermittlung des Selbstreinigungsvermögens ist somit die Kenntnis des Biochemischen Sauerstoffbedarfs an der Stelle (1), der «wahren Oxydationskonstante» k' und der mittleren Fließzeit T notwendig:

$$B_{(2)} = B_{(1)} (1 - a)$$

b) Anwendung der «wahren Oxydationskonstante»

Bei diesem Verfahren ist berücksichtigt, dass der biochemische Abbau unter natürlichen Verhältnissen im allgemeinen rascher verläuft als im Laboratoriumsversuch bei der Bestimmung des BSB_5 . Dies ist unseres Erachtens der entscheidende Vorteil gegenüber den von IMHOFF (1941, S. 267 ff.) zitierten Verfahren.

Für k' wurde im Hauptwasserstrom sowohl am 11./12. 4. 1946 als auch am 15./16. 8. 1946 übereinstimmend ein Wert von ca. 0,8 ermittelt, obwohl an einem Tag mittlere Wassertemperaturen von nur $8,9^{\circ}$ (A 7) bis $9,7^{\circ}$ (A 24), am andern aber Werte von $16,4^{\circ}$ (A 7) bis $16,8^{\circ}$ (A 24) vorhanden waren. Selbst bei extrem hohen Temperaturen (30. 7. 1947) behält dieser Wert offenbar seine Gültigkeit noch bei. Keine Geltung hat er dagegen vermutlich bei Temperaturen, die nahe beim Nullpunkt liegen. Diese Untersuchungsergebnisse stimmen mit der Ansicht von VIEHL überein, nach welcher der Einfluss der Temperatur auf den aeroben Abbau organischer Substanzen verhältnismässig gering ist und erst bei sehr niederen Temperaturen deutlich erkannt werden kann. Immerhin möchten wir es nicht unterlassen, zu erwähnen, dass WASER, HUSMANN und BLÖCHLIGER (S. 319 ff.) bei ihren Untersuchungen in der Glatt zu einem abweichenden Resultat gelangt sind. So soll dort z. B. vom Mai bis zum Juni bei einer Zunahme der mittleren Wassertemperatur von $12,7$ auf $17,3^{\circ}$ und einer nur leichten Zunahme der Wasserführung die Strecke der Selbstreinigung auf etwa $\frac{1}{3}$ abgekürzt worden sein. Die günstigsten Monate für die Selbstreinigung sind in der Glatt nach den genannten Autoren Juni, Juli und August. Wir vermögen diese Ergebnisse nicht näher zu beurteilen, verweisen aber – was den Vorfluter des Birstales betrifft – auf unsere im Kapitel L gemachten Ausführungen.

Bei der vom Angensteiner Kanal umflossenen Birstrecke ergibt sich für k' ein Wert von etwa 1,3. Im oberen, sehr langsam fließenden Abschnitt der umflossenen Birstrecke von Dornachbrugg wurde k' zu 0,15 geschätzt, was grössenordnungsmässig der im Laboratoriumsversuch geltenden Beziehung entspricht. Im unteren, etwa zehnmal rascher fließenden Abschnitt derselben Strecke schätzten wir k' zu etwa 0,6. In der vom St. Alban-Teich umflossenen Birstrecke beträgt k' etwa 1,0.

Zusammenfassend erhalten wir für die verschiedenen Gewässertypen folgende k' -Werte:

Q m ³ /sec	v cm/sec	Charakter	k'
3 bis 6	um 50	verhältnismässig tief	0,8
0,2 bis 0,7	ca. 7–12	seicht	1,0 bis 1,3
ca. 0,02	ca. 0,4	seicht	0,6
ca. 0,02	ca. 0,1	seicht	0,15

Diese Werte gelten nicht für Temperaturen nahe dem Nullpunkt. Für den Winter kann k' auf Grund des Längsprofils vom 12. 12. 1945 im Mittel zu ungefähr 0,3 geschätzt werden.

c) Abflussmengen, Fliesszeiten und ursprünglicher BSB

Der an 14 Tagen pro Normaljahr bei Münchenstein unterschrittene Abfluss beträgt etwa 3,0 m³/sec. In der Regel findet diese Unterschreitung während der Sommermonate statt. Zur Beurteilung der Frage, wie das weiter oben gesetzte Ziel erreicht werden kann, haben wir deshalb die zu erwartende Selbstreinigung bei einem Sommer-Niederwasser von $Q_{\text{Münchenstein}} = 3,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ zu untersuchen. Der Abfluss bei Angenstein kann bei diesem Wasserstand auf etwa 2,7 m³/sec und derjenige der vom BBC-Kanal und vom St. Alban-Teich umflossenen Birsstrecken auf etwa 0,3 m³/sec geschätzt werden.

Als Fliesszeiten T haben wir für die vorliegenden grössenordnungsmässigen Berechnungen die auf Grund der bei einem Abfluss von $Q = \text{ca. } 4,5 \text{ m}^3/\text{sec}$ durchgeführten Messungen geschätzten mittleren Fliessgeschwindigkeiten eingesetzt.

Für die einzelnen zu prüfenden Gewässerstrecken können demnach auf Grund unserer Untersuchungen folgende Annahmen gemacht werden:

Gewässerstrecke	T	k'	1-a	Q
Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals bis zur Reinigungsanlage Schappe	0,144	0,8	0,77	2,7
Reinigungsanlage Schappe bis Elektra Birseck (Hauptwasserstrom)	0,075	0,8	0,87	2,7
Reinigungsanlage Schappe bis Elektra Birseck (umflossene Birsstrecke)	0,12	1,0	0,76	0,3
Elektra Birseck bis Reinigungsanlage Wasserhäuser	0,025	0,8	0,96	3,0
Reinigungsanlage Wasserhäuser bis Mündung in den Rhein (Hauptwasserstrom)	0,11	0,8	0,82	3,0
Reinigungsanlage Wasserhäuser bis Mündung in den Rhein (umflossene Birsstrecke)	0,43	1,0	0,37	0,3

Bei der Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals entspricht der BSB₅ heute infolge der oberhalb Angenstein stattfindenden Verunreinigungen demjenigen von etwa 20000 Einwohnern (= 12,5 g/sec).

Etwas schwierig ist es, den ursprünglichen eigenen BSB₅-Bedarf des Wassers der umflossenen und von Grundwasser gespiesenen Birsstrecken zu beurteilen. Unsere Untersuchungen haben auf diesen Strecken auch im noch nicht verunreinigten Wasser immer eine gewisse Sauerstoffzehrung gezeigt. Doch ist dabei zu berücksichtigen, dass die Proben naturgemäss offenbar reich an Organismen waren, die durchaus Reinwassercharakter besitzen können, deren organische Substanz im Zehrungsversuch dann zum oxydativen Abbau gelangt ist. Praktisch können wir den durch Abwässer bedingten BSB₅ in diesen Strecken als null annehmen.

4. Selbstreinigungsvermögen des Hauptwasserstromes ohne Abwasser-Einleitungen unterhalb Angenstein

Für die erste Berechnung wollen wir voraussetzen, dass die im Einzugsgebiet oberhalb Angenstein anfallenden Abwasser weder eine Reinigung noch eine Vermehrung gegenüber dem heutigen Zustand erfahren. Es soll weiter angenommen werden, dass im Birstal unterhalb Angenstein keinerlei Abwasser in den Hauptwasserstrom oder in die umflossenen Birsstrecken gelangen. Wir erhalten dann folgenden Gang der Selbstreinigung bei einem Abfluss von

Q Münchenstein = 3,0 m ³ /sec:	BSB ₅ g/sec	BSB ₅ mg/l
Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals = Grundwasserinfiltrations-Strecke Aesch	12,5	4,6
Reinigungsanlage Schappe	9,6	3,6
Elektra Birseck = Grundwasserinfiltrationsstrecke Münchenstein	8,3	2,8
Reinigungsanlage Wasserhäuser	8,0	2,7
Mündung in den Rhein	6,6	2,2

Wir sehen, dass die gesetzten Ziele im Hauptwasserstrom auch dann, wenn unterhalb Angenstein keine Abwasser eingeleitet würden, nicht erreicht werden können, sofern die im Birstal oberhalb Angenstein anfallenden Abwasser nicht gereinigt werden. Der BSB₅ würde bei dem noch an rund 14 Tagen des Normaljahres unterschrittenen Abfluss von 3,0 m³/sec etwa 4,6 mg/l betragen. Diesen Wert vermöchte die Selbstreinigung im Sommer bis zum Rhein nur auf etwa 2,2 mg/l abzubauen.

Eine Reinigung der Abwasser des Einzugsgebietes oberhalb Angenstein ist deshalb notwendig. Diese Reinigung sollte mindestens so weit erfolgen, dass die Birs bei der Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals höchstens an 14 Tagen pro Normaljahr einen 2,0 mg/l überschreitenden BSB₅-Wert besitzt.

Im Hinblick auf die kurz nach dieser Stelle stattfindenden Infiltrationen von Birswasser in den Grundwasserstrom stellt dies die Minimal-

forderung dar. Ihre Erfüllung würde es auch ermöglichen, die Reinigung der zusätzlich im unteren Birstal anfallenden Abwasser in wirtschaftlicher Weise durchzuführen.

Für die folgenden Berechnungen setzen wir voraus, dass die Abwasser des oberhalb Angenstein gelegenen Einzugsgebietes in dem geforderten Masse gereinigt werden. Zwischen der Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals und der Reinigungsanlage Schappe ergibt sich dann folgender Gang der Selbstreinigung:

Q Münchenstein = 3,0 m ³ /sec	BSB ₅ g/sec	BSB ₅ mg/l
Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals	5,4	2,0
Reinigungsanlage Schappe	4,1	1,5

5. Der notwendige Reinigungseffekt der Anlagen im unteren Birstal

Die folgenden zahlenmässigen Darstellungen des Selbstreinigungsvorganges sollen zeigen, wie stark die zu prüfenden Gewässer durch die gereinigten Abwasser der Anlagen Schappe und Wasserhäuser belastet werden dürfen, um die einleitend gestellten Anforderungen zu erfüllen.

In einer ersten Variante wird angenommen, die gereinigten Abwasser beider Anlagen würden in den Hauptwasserstrom eingeleitet:

Q Münchenstein = 3,0 m ³ /sec	BSB ₅ g/sec	BSB ₅ mg/l
Oberhalb Reinigungsanlage Schappe	4,1	1,5
Nach Einleitung Reinigungsanlage Schappe	6,9	2,5
Vor Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke bei Elektra Birseck	6,0	2,2
Nach Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke bei Elektra Birseck = Grundwasserinfiltrationsstrecke Münchenstein	6,0	2,0
Oberhalb Reinigungsanlage Wasserhäuser	5,8	1,9
Nach Einleitung Reinigungsanlage Wasserhäuser	7,3	2,4
Mündung in den Rhein	6,0	2,0

Die Zusammenstellung zeigt, dass die Belastungsmöglichkeit einzig durch die Forderung begrenzt ist, dass der BSB₅ auf den Grundwasserinfiltrations-Strecken und bei der Mündung in den Rhein den Wert 2,0 mg/l nicht überschreiten soll.

Bei dieser Variante wären für die beiden Anlagen folgende Reinigungsgrade vorzusehen:

Anlage	Möglicher BSB ₅ -Anfall in g/sec	Notwendiger Reinigungsgrad
Schappe	2,8	77%
Wasserhäuser	1,5	80%

In einer zweiten Variante soll angenommen werden, die gereinigten Abwasser beider Anlagen würden in die umflossenen Birsstrecken eingeleitet:

$Q_{\text{Münchenstein}} = 3,0 \text{ m}^3/\text{sec}$	BSB ₅ g/ sec	BSB ₅ mg/l
Hauptwasserstrom bei Reinigungsanlage Schappe . . .	4,1	1,5
Hauptwasserstrom bei Elektra Birseck vor Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke	3,6	1,3
Umflossene Birsstrecke nach Einleitung Reinigungsanlage Schappe	0,9	3,0
Umflossene Birsstrecke bei Elektra Birseck vor Vereini- gung mit dem Hauptwasserstrom	0,7	2,3
Hauptwasserstrom bei Elektra Birseck nach Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke	4,3	1,4
Hauptwasserstrom bei Reinigungsanlage Wasserhäuser .	4,1	1,4
Hauptwasserstrom bei Mündung in den Rhein	3,4	1,1
Umflossene Birsstrecke nach Einleitung Reinigungsanlage Wasserhäuser	0,9	3,0
Umflossene Birsstrecke bei Mündung in den Rhein . . .	0,3	1,1

Bei dieser Variante ist die Belastungsmöglichkeit einzig durch die Forderung begrenzt, dass der BSB₅ im ganzen Gewässersystem den Wert 3,0 mg/l nicht überschreiten soll.

Die notwendigen Reinigungsgrade sind:

Anlage	Möglicher BSB ₅ -Anfall in g/sec	Notwendiger Reinigungsgrad
Schappe	0,9	93%
Wasserhäuser	0,9	88%

Ein Vergleich der beiden besprochenen Varianten zeigt, dass die Einleitung der gereinigten Abwasser in den Hauptwasserstrom bei beiden Anlagen einen geringeren Reinigungsgrad erfordert als die Einleitung in die umflossenen Birsstrecken.

Es ist nun noch zu prüfen, ob die für Variante 1 ermittelten Reinigungsgrade auch im Winter genügend sein würden. Als Abflussmenge kann dabei eine solche von $Q_{\text{Münchenstein}} = 4,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ zu Grunde gelegt werden, die in diesen Monaten verhältnismässig selten unterschritten wird. Der Abfluss bei Angenstein wird bei diesem Wasserstand zu $3,6 \text{ m}^3/\text{sec}$ geschätzt und die «wahre Oxydationskonstante» zu $k' = 0,3$ angenommen. Ferner wird angenommen, der BSB₅-Anfall bei Angenstein sei gleich gross wie beim Sommer-Niederwasser:

Q Münchenstein = 4,0 m ³ /sec	Wert (1-a) der unterhalb der betreffenden Stelle liegenden Gewässerstrecke	BSB ₅ g/sec	BSB ₅ mg/l
Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals	0,91	5,4	1,5
Oberhalb Reinigungsanlage Schappe	—	4,9	1,4
Nach Einleitung Reinigungsanlage Schappe	0,95	7,7	2,1
Vor Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke bei Elektra Birseck	—	7,3	2,0
Nach Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke bei Elektra Birseck	0,98	7,3	1,8
Oberhalb Reinigungsanlage Wasserhäuser	—	7,1	1,8
Nach Einleitung Reinigungsanlage Wasserhäuser	0,93	8,6	2,1
Mündung in den Rhein	—	8,0	2,0

Die für Variante 1 ermittelten Reinigungsgrade können somit auch beim angenommenen Winter-Niederwasserstand als genügend betrachtet werden.

6. Die Möglichkeiten der Verminderung des notwendigen Reinigungseffektes durch eine Regulierung des Wasserhaushaltes

Sowohl der heutige Zustand der Birs als auch die notwendigen Reinigungseffekte der zu projektierenden Reinigungsanlagen sind weitgehend durch den ungünstigen Wasserhaushalt der Birs bedingt, welcher durch das Verhältnis zwischen der kleinsten zur grössten Abflussmenge von 1:350 hinreichend gekennzeichnet ist.

Eine Regelung dieses Wasserhaushaltes hätte verschiedene Vorteile. Zunächst soll vor allem die abwassertechnische Seite des Problems geprüft werden. Welche Auswirkungen auf die Reinigungsbedürfnisse würde es z. B. haben, wenn der sömmerliche Abfluss bei Münchenstein dauernd auf mindestens 6 m³/sec gehalten werden könnte?

Für die nachfolgende Prüfung dieser Frage soll angenommen werden, die Reinigung der Abwässer des Einzugsgebietes oberhalb Angenstein erfolge mindestens so weit, dass die Birs bei der Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals einen BSB₅ von höchstens 2,0 mg/l besitzt. Dabei wird der mögliche BSB₅-Anfall gegenüber den bei einem Abfluss von 3,0 m³/sec herrschenden Verhältnissen naturgemäss vergrössert und entsprechend der für die oberhalb Angenstein zu erstellenden Anlagen notwendige Reinigungsgrad vermindert.

Es soll ferner angenommen werden, der Abfluss bei Angenstein betrage bei diesem Wasserstand 5,5 m³/sec. Grössenordnungsmässig

dürften die k' - und T-Werte den für das Sommer-Niederwasser von $Q = 3,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ gültigen entsprechen.

$Q \text{ Münchenstein} = 6,0 \text{ m}^3/\text{sec}$	$BSB_5 \text{ g/sec}$	$BSB_5 \text{ mg/l}$
Wasserrückgabe des Angensteiner Kanals	11,0	2,0
Oberhalb Reinigungsanlage Schappe	8,5	1,5
Nach Einleitung Reinigungsanlage Schappe	13,8	2,5
Vor Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke bei Elektra Birseck	12,0	2,2
Nach Vereinigung mit der umflossenen Birsstrecke bei Elektra Birseck	12,0	2,0
Oberhalb Reinigungsanlage Wasserhäuser	11,5	1,9
Nach Einleitung Reinigungsanlage Wasserhäuser	14,6	2,4
Mündung in den Rhein	12,0	2,0

Der mögliche BSB_5 -Anfall würde bei der Reinigungsanlage Schappe $5,3 \text{ g/sec}$ und bei der Reinigungsanlage Wasserhäuser $3,1 \text{ g/sec}$ betragen.

Folgende Gegenüberstellung zeigt, dass sich durch eine Regulierung des Wasserhaushaltes eine erhebliche Erniedrigung des notwendigen Reinigungsgrades der Anlage erzielen liesse:

	Notwendiger Reinigungsgrad ohne Regulierung des Wasser- haushaltes	Notwendiger Reinigungsgrad im Sommer bei Regulierung auf einen dauernden Abfluss von mindestens $6 \text{ m}^3/\text{sec}$
Abwasser oberhalb Angenstein	55%	12%
Reinigungsanlage Schappe	77%	57%
Reinigungsanlage Wasserhäuser	80%	60%

Damit beurteilt werden kann, ob eine Regulierung des Wasserhaushaltes in dem hier vorausgesetzten Masse technisch und wirtschaftlich möglich erscheint, haben wir zusammen mit Herrn Ing. H. J. RAPP die durch die Erstellung von Rückhaltebecken zu erreichende Regulierung geprüft. Herr RAPP hat die Ergebnisse dieser Untersuchungen im nachfolgenden Abschnitt niedergelegt.

Die Ersparnis beim Bau von Reinigungsanlagen und der mögliche Gewinn an elektrischer Energie würden allein die Wirtschaftlichkeit einer Regulierung des Wasserhaushaltes noch nicht sichern. Eine solche Regulierung hätte jedoch auch noch andere materielle und ideelle Vorteile. So wäre eine dauernde und gleichmässige Speisung des besonders in Trockenzeiten stark beanspruchten Grundwassers gewährleistet. Eine von den getroffenen Annahmen abweichende Betriebsvorschrift der Rückhaltebecken würde es voraussichtlich auch erlauben, durch eine Regulierung die Hochwassergefahr erheblich zu vermindern. Ebenso ist denkbar, dass durch Verbesserungen des vorgelegten Projektes die Möglichkeit der Wasserentnahme aus dem Fluss zu landwirtschaftlichen Bewässerungszwecken in Trockenperioden geschaffen wird. Eine Ver-

grösserung des allein für die Abflussregulierung notwendigen Speichervolumens würde es erlauben, Talsperrenwasser zu Trink- und Gebrauchswasserzwecken zu verwenden. Schliesslich würde die Überbrückung von Niederwasserständen ganz allgemein den Lauf der Birs in hygienischer und ästhetischer Hinsicht verbessern.

7. Verbesserung des Wasserhaushaltes durch Rückhaltebecken

Von HANS JOACHIM RAPP

a) Aufgabe

Für die Bemessung aller Abwasserreinigungs-Anlagen, bei denen die Birs die Aufgabe des Vorfluters zu übernehmen hat, sind die Perioden mit geringster Wasserführung massgebend. Es ist denkbar, mit Hilfe von Rückhaltebecken im Einzugsgebiet der Birs in Zeiten grösserer Wasserführung Wasser aufzuspeichern und in Trockenperioden wieder abzugeben und dadurch die minimale Wasserführung zu erhöhen. Inwieweit ein solcher Vorschlag vom wirtschaftlichen Standpunkt aus vertretbar ist, wurde vorläufig nicht untersucht; immerhin wurde der durch solche Rückhaltebecken erzielbare Gewinn an elektrischer Energie abgeschätzt.

b) Topographische und geologische Möglichkeiten zur Anlage von Rückhaltebecken

Auf den ersten Blick scheint der von der Birs und ihren Zuflüssen durchzogene Teil des Kettenjuras reich zu sein an grossen, durch enge Sperrstellen abgeschlossenen Stauräumen. Die nähere Untersuchung zeigt jedoch, dass in den meisten Fällen die natürlichen Sperriegel aus durchlässigen Kalken gebildet werden oder dass Siedlungen und Verkehrswege die Nutzung des Stauraumes unmöglich machen. Die verbleibenden Stauräume wurden in zwei Gruppen unterteilt; die Becken der 1. Gruppe wurden als untersuchungswürdig betrachtet, während die Becken der 2. Gruppe zwar vom topographischen und geologischen Standpunkt aus als staufähig, vom baulichen Standpunkt aus jedoch als nicht mehr untersuchungswürdig bezeichnet werden mussten.

(A) Untersuchungswürdige Staubecken (Abb. 166)

(1) La Trame bei Le Fuet:

Topographie: Top. Atl. Bl. 105, Katastervermessung Kt. Bern 1:10000
Bl. 105.
Sperrstelle: 200 m oberhalb der obersten Häuser von Saicourt.

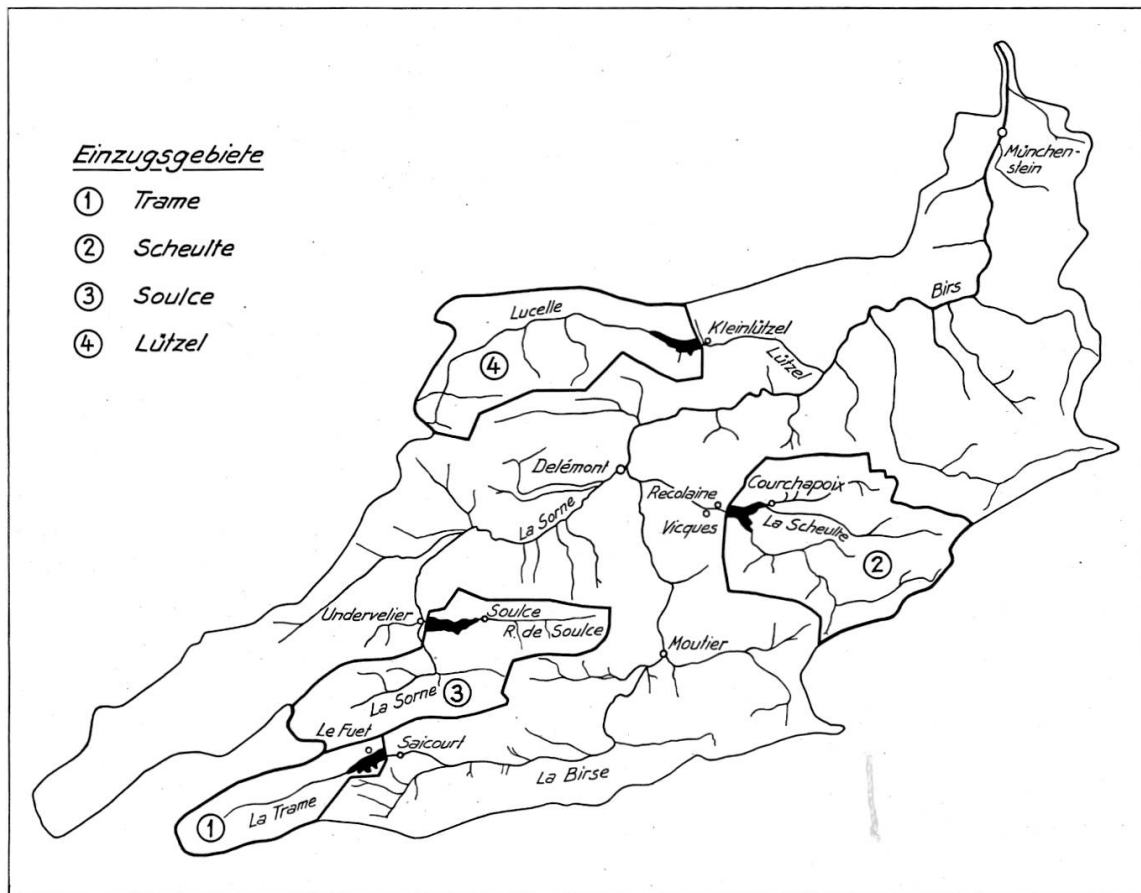


Abbildung 166. Übersichtskarte der untersuchten Rückhaltebecken mit Einzugsgebieten.
Masstab 1:500 000

Geologie: Sperrstelle: Delsberger Süswasserkalk.
Becken: Tertiärmulde von Court, oligocäne und miocäne Molasse (ROLLIER 1901).

Höchste Staukote: rd. 800 (R.P.N. 373,60), weil die Seezunge im Oberlauf der Trame durchlässige Malmkalke berührt.

Speicherinhalt: Kurve Abb. 167. Inhalt für Kote 800: 15,3 Mio. m³.

(2) La Scheulte zwischen Courchapoix und Vicques:

Topographie: Top. Atl. Bl. 95, Katastervermessung Kt. Bern, 1:10 000 Bl. 95.

Geologie: Sperrstelle: rd. 70 m unterhalb Mündung der Gabiare.
Becken: Vermutlich hauptsächlich undurchlässige Chattien-Mergel, am südlichen Dammende Delsberger Süswasserkalk (KELLER und LINIGER 1930).

Höchste Staukote: rd. 490 (R.P.N. 373,60) wegen bestehender Bauten in Courchapoix.

La Gabiare verläuft oberhalb Kote rd. 494 in durchlässigem Malmkalk.

Speicherinhalt: Kurve Abb. 167. Inhalt für Kote 490: 8,5 Mio. m³.

(3) L'Eau de Soulce zwischen Soulce und Undervelier:

Topographie:	Top. Atlas Bl. 103 und 106, Katastervermessung Kt. Bern 1:10 000 Bl. 103 und 106. Sperrstelle: oberhalb der obersten Häuser von Undervelier.
Geologie:	Sperrstelle: Oligocäne Molasse. Becken: Oligocäne Molasse (ROLLIER 1900, 1901, BIRKHÄUSER 1925).
Höchste Staukote:	rd. 593 (R.P.N. 373,60).
Speicherinhalt:	Kurve Abb. 167. Inhalt für Kote 593: 14.8 Mio. m ³ .
Einzugsgebiet:	Das natürliche Einzugsgebiet kann durch Zuleitung der Sorne erheblich vergrößert werden.

(4) Lützel oberhalb Kleinlützel:

Topographie:	Top. Atlas Bl. 93, Katastervermessung Kt. Solothurn 1:10 000, Gemeinde Kleinlützel. Sperrstelle: Unmittelbar oberhalb der Ortschaft Kleinlützel, rd. 100 m oberhalb des von Norden einmündenden Seitenbaches.
Geologie:	Sperrstelle: Oxford und Callovien. Becken: Undurchlässiges Oxford und wenig durchlässiges Callovien (KELLER und LINIGER 1930).
Höchste Staukote:	rd. 460, weil nördl. Dammende und Seezunge an die Grenze Oxford-Rauracien gelangen; ein Seitenarm des Sees berührt Hauptrogenstein.
Speicherinhalt:	Kurve Abb. 167. Inhalt für Kote 460: 13,7 Mio. m ³ .

(B) Nicht in die Untersuchung einbezogene Möglichkeiten der Anlage
von Staubecken

- (1) Ruisseau de Chaluet östlich Court,
- (2) Le Gaïbiat oberhalb Corcelles,
- (3) La Scheulte oberhalb Courchapoix,
- (4) L'Eau de Soulce oberhalb Soulce,
- (5) La Rouge Eau südlich Montavon,
- (6) Seebach zwischen Seewen und Grellingen.

c) Einzugsgebiete und Wassermengen

Die Einzugsgebiete wurden anhand der topographischen Karte bestimmt und planimetriert. Dabei ist nicht zu übersehen, dass die Wasserscheiden topographisch oft wenig deutlich ausgeprägt sind und dass vielfach die topographischen und hydrographischen Grenzen nicht zusammenfallen. Die angegebenen Einzugsflächen sind daher nicht absolut genau.

Im Einzugsgebiet der Birs bestehen zwei Wassermess-Stationen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft mit täglicher Angabe der Wassermenge, nämlich Moutier seit 1912 und Münchenstein seit 1917. Da sich der gewünschte Regulierungseffekt der Rückhaltebecken auf die

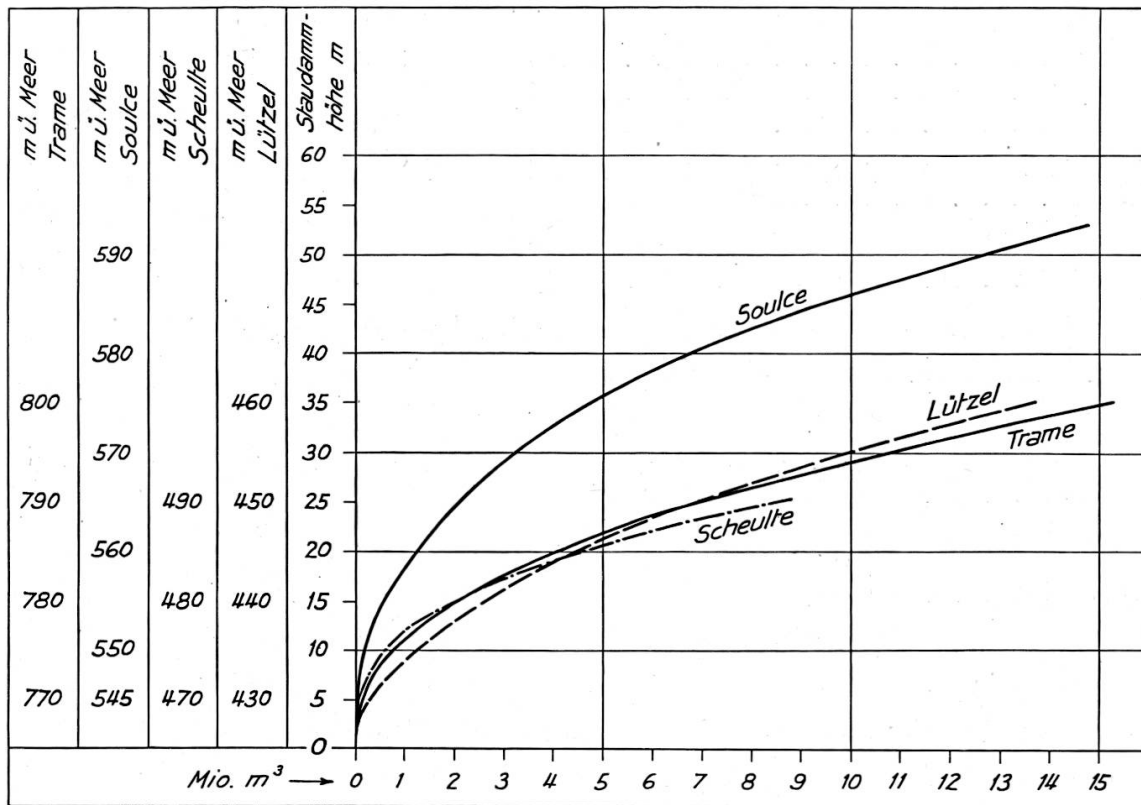


Abbildung 167. Speichereinhalte der untersuchten Rückhaltebecken in Funktion der Stauhöhe

Wasserführung der Birs unterhalb Angenstein bezieht, ergab sich die einfachste Berechnung durch die Annahme, die Zuflüsse der Teileinzugsgebiete seien stets genau proportional zu den in Münchenstein gemessenen Werten. Vergleiche zwischen den Stationen Moutier und Münchenstein lassen erkennen, dass die langjährigen mittleren spezifischen Abflüsse der oberen Station etwa um 10% grösser sind als diejenigen der unteren Station, was auf eine grössere spezifische Ertragsintensität der hochgelegenen Einzugsgebiete schliessen lässt. Die einzelnen aus den Monatsmitteln gewonnenen Verhältniszahlen weichen von der aus dem Jahresmittel berechneten Zahl nur wenig ab, so dass es erlaubt scheint, mit einem zeitunabhängigen einheitlichen Korrekturfaktor zu rechnen. Dieser Faktor f wird für jede Sperrstelle entsprechend der Höhenlage geschätzt, wobei vorsichtshalber auch für das höchstgelegene Einzugsgebiet der Trame kein höherer Wert als $f = 1,1$ angenommen wird.

Der Proportionalitätsfaktor a für die einzelnen Sperrstellen ergibt sich somit zu

$$a = f \cdot \frac{\text{Einzugsgebiet Sperrstelle}}{\text{Einzugsgebiet Münchenstein}}$$

Sperrstelle Messstelle	Höhe ü. M. m	E km ²	f	a
Trame	765	30,0	1,1	0,036
Scheulte	465	75,2	1,05	0,087
Soulce	540	66,2 ³⁸⁾	1,1	0,080
Lützel	425	63,8	1,0	0,070
Total		235,2	1,06	0,273
Münchenstein	275	911	1,0	1,000
Moutier	530	183	1,1	

Über das Verhältnis zwischen maximal möglichem Speicherinhalt und jährlichem Zufluss gibt folgende Tabelle Auskunft:

	max. Speicher- inhalt Mio. m ³	a	Mittel 1917—1948 Mio. m ³	Maximum 1939 Mio. m ³	Minimum 1921 Mio. m ³
Trame	15,3	0,036	16,8	31,7	6,9
Scheulte	8,5	0,087	40,5	76,6	16,6
Soulce	14,8	0,080	37,2	70,4	15,2
Lützel	13,7	0,070	32,6	61,6	13,3
	52,3	0,273	127,1	240,3	51,8
Münchenstein		1,00	466	880	190

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Stauräume Scheulte und Soulce auch im trockensten Jahr mindestens einmal gefüllt werden können, während dies für Lützel knapp nicht mehr zutrifft und für Trame nur noch etwa zur Hälfte möglich ist.

d) Der Wasserhaushalt nach Erstellung von Rückkaltebecken

Trägt man die Kurve der täglichen Abflusswerte in Münchenstein für eine längere Reihe von Jahren auf, so ist vor allem ihre Regellosigkeit auffallend. Im Gegensatz zu den Alpenflüssen mit rhythmischer Wiederholung einer wasserarmen Winter- und einer wasserreichen Sommerperiode folgen sich bei der Birs die Extreme in viel grösseren und unregelmässigeren Abständen. Beispielsweise wird der Abflusswert von 6 m³/s in Münchenstein während der dreijährigen Periode vom Oktober 1938 bis September 1941 nur an 138 Tagen unterschritten gegenüber 513 Tagen der gleich langen Periode vom Oktober 1946 bis Oktober 1949.

Eine Regulierung kann sich daher nicht nur auf den Wasserhaushalt einer 12monatigen Periode beschränken, sondern muss mehrere Jahre umfassen. Dies hat ganz allgemein eine unregelmässige und daher wenig intensive Nutzung der Becken zur Folge.

Für die Regelung des Wasserhaushaltes nach Erstellung der Becken sind unzählige Varianten denkbar. Das Hauptziel besteht darin, die

³⁸⁾ Inkl. Zuleitung der Sorne.

Wellentäler der Abflusskurve in Münchenstein gleichmässig und so hoch als möglich aufzufüllen. Andererseits muss man sich darüber klar sein, dass die strenge Befolgung dieser Vorschrift die Voraus-Kenntnis von Amplitude und Frequenz künftiger Wellentäler bedingt, praktisch also undurchführbar ist. In Wirklichkeit wird man versuchen, bei ganz oder nahezu ganz gefüllten Speichern die Birs in Münchenstein nicht unter einen gewissen Grenzwert q_a fallen zu lassen. Wird dabei ein bestimmter Restinhalt der Speicher unterschritten, so muss der Grenzwert, eventuell stufenweise, gesenkt werden.

Für die Füllung der Speicher soll die Annahme gelten, dass nur dann gestaut werde, wenn die Birs in Münchenstein einen zweiten bestimmten Grenzwert q_r überschreitet, wobei nur die dem Überschuss über q_r entsprechende Wassermenge in den Speichern zurückgehalten wird. Es bleibt somit auch in den Füllperioden stets mindestens die Wassermenge $a \cdot q_r$ in den einzelnen Wasserläufen als «Dotation».

Für $q_r = 8 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen diese Wassermengen:

Trame	0,29 m^3/s
Schulte	0,70 m^3/s
Soulce	0,64 m^3/s
Lützel	0,56 m^3/s

Durch diese Wassermengen werden die Interessen der unterhalb der Sperrstellen liegenden Birsanwänder vermutlich in genügendem Mass gewahrt; andere Lösungen des Dotationsproblems wären theoretisch möglich, hätten jedoch im vorliegenden Falle die Rechnung unnötig kompliziert.

Den nachfolgenden Berechnungen wurden die täglichen Abflusswerte der 20 Jahre, 1. Oktober 1929 bis 30. September 1949, zugrundegelegt. Diese Jahresreihe enthält die ganz aussergewöhnliche Trockenperiode des Sommers 1947. Ihr Einfluss wird verschärft durch die nachfolgende Trockenperiode des Jahres 1949, ohne dass das Zwischenjahr 1948 einen vollen Ausgleich geschaffen hätte.

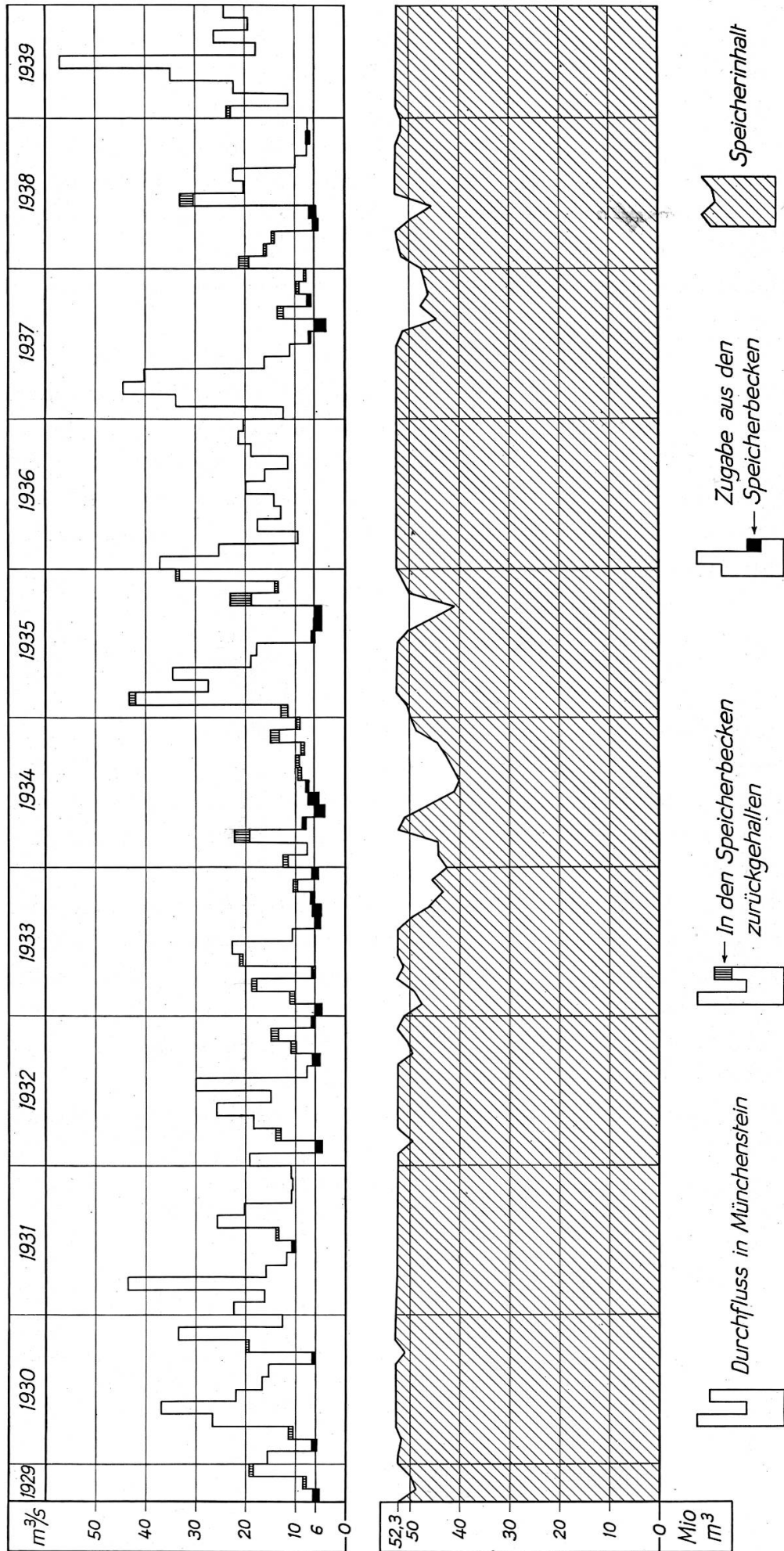
Der Wasserhaushalt wurde für zwei verschiedene Annahmen durchgerechnet:

1. Annahme: Speicherinhalt:	Trame	15,3 Mio. m^3
	Schulte	8,5 Mio. m^3
	Soulce	14,8 Mio. m^3
	Lützel	13,7 Mio. m^3
	Total	52,3 Mio. m^3

Grenzwert für den Zuschuss: $q_a = 6 \text{ m}^3/\text{s}$, keine Reduktion bei abgesenktem Speicherbecken

Grenzwert für den Stau: $q_r = 8 \text{ m}^3/\text{s}$

Das Ergebnis dieser Annahme ist in Abb. 168 dargestellt.



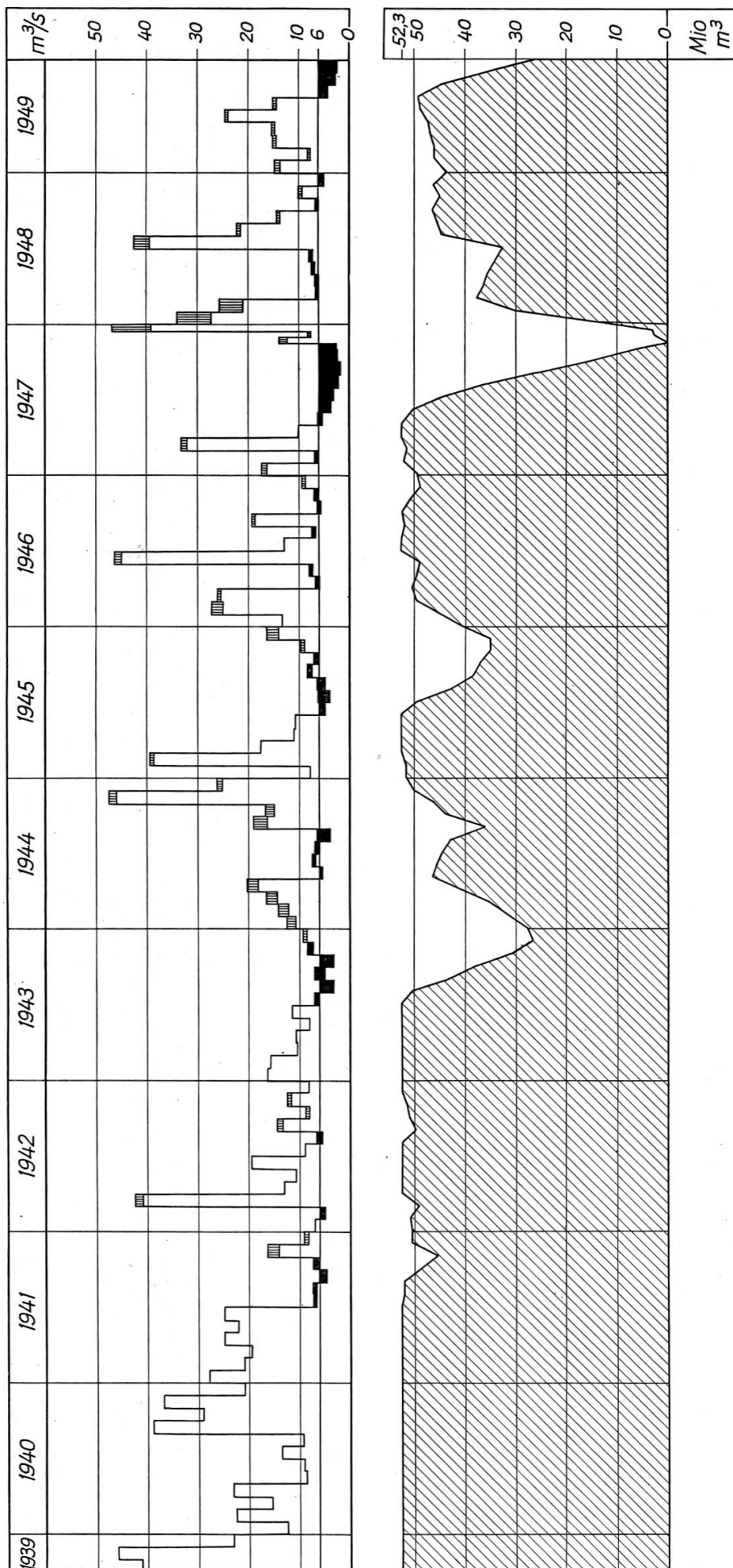
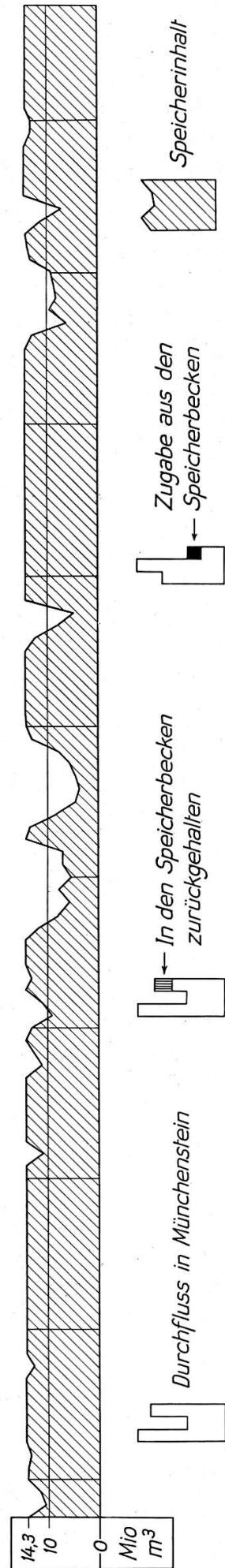
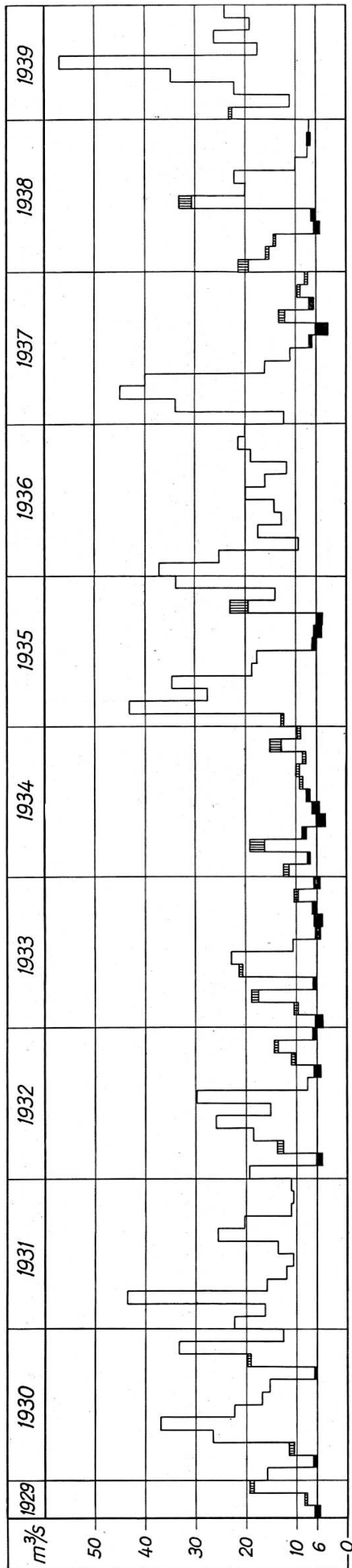


Abbildung 168. Regulierte Wasserführung der Birs in Münchenstein (Monatsmittel) und Wasserhaushalt der Speicherbecken für die Zeit vom 1. Oktober 1929 bis 30. September 1949 unter Voraussetzung eines Speicher-Nutzhaltendes von 52,3 Mio m^3



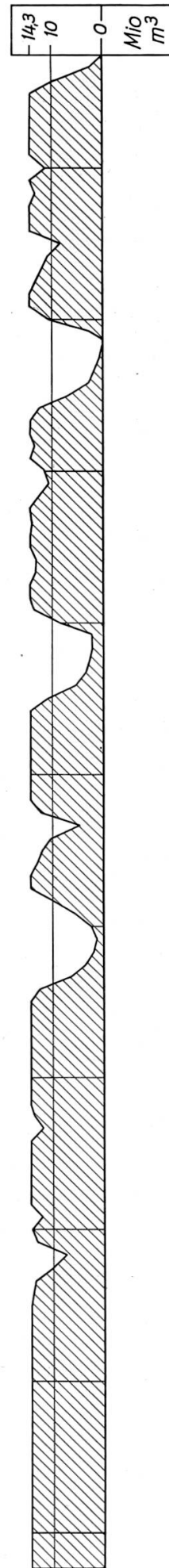
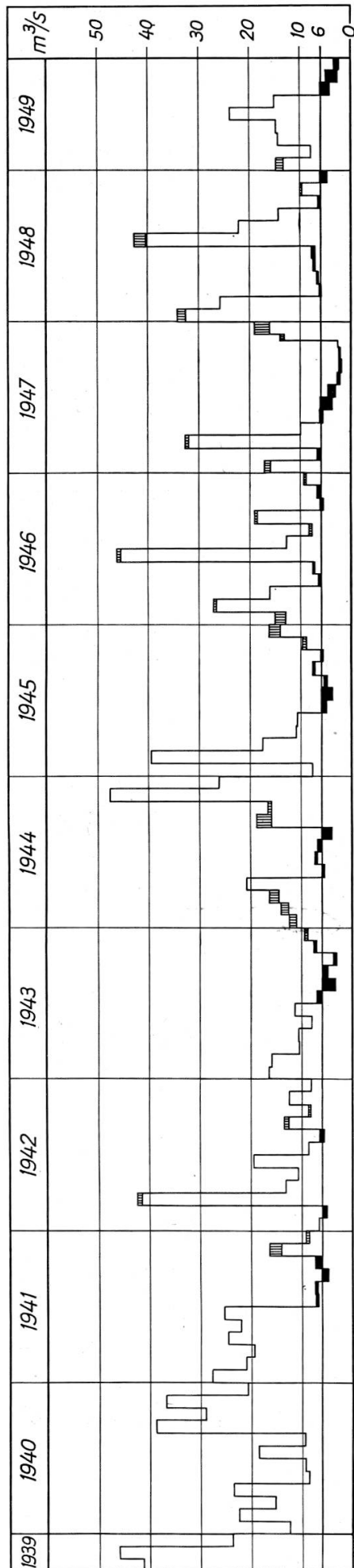


Abbildung 169. Regulierte Wasserführung der Birs in Münchenstein (Monatsmittel) und Wasserhaushalt der Speicherbecken für die Zeit vom 1. Oktober 1929 bis 30. September 1949 unter Voraussetzung eines Speicher-Nutzzinhalts von 14,3 Mio. m^3

Die Wassermenge von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ in Münchenstein wird nicht mehr unterschritten. Der Stauraum von $52,3 \text{ Mio. m}^3$ genügt gerade, um das Defizit des Jahres 1947 zu decken.

Der Stauraum wird innerhalb der Rechnungsperiode nur ein einziges Mal – im Herbst 1947 – vollständig beansprucht, in den übrigen Jahren bewegen sich die Schwankungen meist innerhalb von 50% des Stauraumes; die mittlere jährliche Nutzung der Speicherbecken beträgt nur rund $13 \text{ Mio. m}^3 = 25\%$ des gesamten Inhaltes. Es ist anzunehmen, dass die getroffene Annahme vom wirtschaftlichen Standpunkt aus kaum vertreten werden kann.

2. Annahme: Speicherinhalt:	Trame	1,9 Mio. m^3
	Scheulte	4,5 Mio. m^3
	Soulce	4,2 Mio. m^3
	Lützel	3,7 Mio. m^3
	Total	14,3 Mio. m^3

Der Speicherraum ist proportional den a-fachen Einzugsgebieten auf die einzelnen Speicher verteilt.

Grenzwert für den Zuschuss: $q_a = 6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Wenn der gesamte Speicherinhalt unter den Halbwert von $7,15 \text{ Mio. m}^3$ fällt, nimmt der Zuschuss q_a' proportional dem Restinhalt J ab.

$$q_a' = q_a \frac{J}{7,15}$$

Grenzwert für den Stau: $q_r = 8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Das Ergebnis dieser Annahme ist in Abb. 169 dargestellt. Der Wert von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ in Münchenstein kann im Mittel der Jahre während 339 Tagen, gegenüber 271 Tagen ohne Regulierung, aufrecht erhalten werden. Die mittlere jährliche Wasserabgabe beträgt rund $10 \text{ Mio. m}^3 = 70\%$ des gesamten Stauraumes. Die Speicher werden also viel intensiver als nach Annahme 1 ausgenutzt.

In Abb. 170 sind Dauerkurven der Birs in Münchenstein für die unter $8 \text{ m}^3/\text{s}$ liegenden Werte und für die Periode vom Oktober 1929 bis September 1949 aufgetragen, und zwar:

- für die unregulierte Birs;
- für die regulierte Birs unter Voraussetzung eines Speicher-Nutzhaltendes von $52,3 \text{ Mio. m}^3$ (Annahme 1);
- für die regulierte Birs unter Voraussetzung eines Speicher-Nutzhaltendes von $14,3 \text{ Mio. m}^3$ (Annahme 2).

Aus der Darstellung ist die Verbesserung der minimalen Wasserführung deutlich ersichtlich; die unterhalb $6 \text{ m}^3/\text{s}$ liegende Fläche verschwindet im Falle b gänzlich, während sie im Falle c auf rund 23% des ursprünglichen Wertes zurückgeht. Die absoluten Minimalwerte bleiben allerdings im Falle c nahezu dieselben wie im Falle a, da sich die Speicher

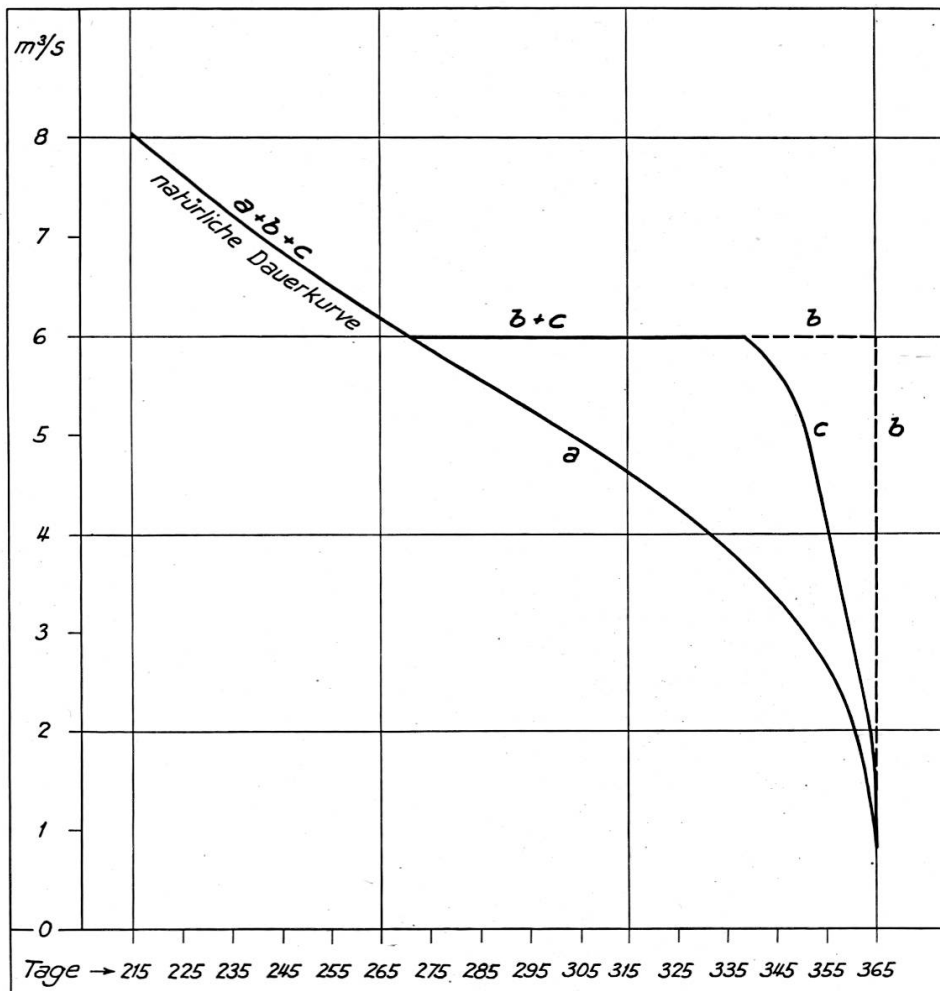


Abbildung 170. Dauercurve der Minimal-Wasserführung der Birs in Münchenstein für die Zeit vom 1. Oktober 1929 bis 30. September 1949; a) für die unregulierte Birs; b) für die regulierte Birs unter Voraussetzung eines Speicher-Nutzhalt von 52,3 Mio m³; c) für die regulierte Birs unter Voraussetzung eines Speicher-Nutzhalt von 14,3 Mio m³

nach sehr langen Trockenperioden trotz der gebremsten Zugabe eben doch erschöpfen. Das absolute Minimum der Berechnungsperiode tritt am 9. November 1947 mit 1,52 m³/s auf.

e) Energiegewinn aus den Rückhaltebecken

Es sind folgende Kategorien zusätzlicher elektrischer Energie zu unterscheiden:

- a) Energiegewinn in bestehenden Laufwerken;
- b) Energiegewinn in allfällig später zu erstellenden Laufwerken;
- c) Energieerzeugung in Werken, die in unmittelbarer baulicher Verbindung mit den Speicherbecken stehen.

Eine genaue Berechnung der Energiemengen setzt die Kenntnis von Ausbau, Nettogefälle und Wirkungsgrad jedes einzelnen Werkes voraus. Da sich der Aufwand für eingehende Erhebungen im Rahmen der vorliegenden Studie nicht rechtfertigen liess, wurden folgende vereinfachende Annahmen als zulässig betrachtet:

1. Bestand und Ausbau der Werke wurden der Statistik des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft «Die Wasserkräfte der Schweiz», Bd. 4 und 5, 1914, entnommen. Bei einigen grösseren Werken wurden die Angaben dem heutigen Stand angepasst.
2. Die Energie wurde für alle Werke aus Wassermenge und Nettogefälle mit einem einheitlichen Gesamt-Wirkungsgrad von 75% berechnet; das Nettogefälle wurde für jedes Werk geschätzt.
3. Für die Laufwerke der Kategorien a und b entspricht die massgebende zusätzlich nutzbare Jahreswassermenge dem mittleren jährlich genutzten Speicherinhalt, sofern der Ausbau mindestens einer Wassermenge von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ in Münchenstein entspricht. Ist der Ausbau kleiner, so sind die nutzbaren Wassermengen mit Hilfe der Dauerkurve zu reduzieren. Für den Fall b gilt diese Einschränkung als nicht mehr bestehend.
4. Da die Stauperioden in die Zeiten reichlicher Wasserführung fallen, in denen bei den meisten Werken die Ausbauwassermenge erreicht oder überschritten wird, und da ferner der Wasserentzug jeweils nur einen Teil des Werk-Einzugsgebietes erfasst, wurde die Energieeinbusse während der Stauperioden in den Werken der Kategorie a und b vernachlässigt.
5. Die Werke der Kategorie c verarbeiten die ihrem Einzugsgebiet entsprechende Jahreswassermenge. Da die Speicher voraussetzungsgemäss fast ständig voll sind, ist ein Ausgleich von Hochwasserspitzen theoretisch kaum möglich, die Werke wären also reine Laufwerke. In Wirklichkeit würde man jedoch voraussichtlich die Werke als Spitzenproduzenten mit Tages- oder Wochenausgleich betreiben. Der Ausbau wäre dementsprechend relativ hoch anzunehmen. Rechnet man mit einem Ausbau gleich der doppelten mittleren Jahreswassermenge, so fallen, ohne Berücksichtigung der Speicherkapazität der Becken, 20% der anfallenden Wassermengen als nicht fassbare Hochwasserspitzen ausser Betracht. Für einen Ausbau gleich der einfachen Jahreswassermenge wäre der Verlust sogar 40%. Die Energieberechnungen wurden mit 20% Verlust, also 80% Nutzwassermenge durchgeführt.
6. Das Gefälle der Werke der Kategorie c erstreckt sich im Prinzip vom mittleren Seespiegel bis zum Dammfuss, einzig für das Werk Soule wurde das Gefälle durch Einbezug der anschliessenden Strecke Undervelier-Berlincourt erweitert. Die bestehenden Werke von Blanches Fontaines und Forges d'Undervelier werden stillgelegt.

Die Energiemengen der einzelnen Kategorien sind für die beiden Varianten (Speicherinhalt 52,3 und 14,3 Mio. m^3) in der Tabelle 47 zusammengestellt.

f) Baukosten

Ohne eingehende Studien ist es unmöglich, verbindliche Zahlen über die Baukosten der Rückhaltebecken anzugeben. Die wichtigste Kostengrösse bildet die Sperre. Legt man diesem Bauwerk ein Normalprofil zugrunde und trifft einige Annahmen in bezug auf den notwendigen Fundamentaushub, so kann man die Grössenordnung der Baukosten abschätzen. Im vorliegenden Fall wurden als Sperrbauwerke Erddämme

Die mittleren jährlichen Wasser- und Energiemengen und die Baukosten der Rückhaltebecken

Tabelle 47

	Speicher-Nutzzinhalt 52,3 Mio. m³					Speicher-Nutzzinhalt 14,3 Mio m³				
	Trame	Scheulte	Soulce	Lützel	Total	Trame	Scheulte	Soulce	Lützel	Total
Speicherinhalt	Mio. m³	8,5	14,8	13,7	52,3	1,9	4,5	4,2	3,7	14,3
Als Zuschuss abgegeben	Mio. m³	3,8	3,9	3,6	13,8	1,3	3,2	2,9	2,6	10,0
Durchlaufende Wassermenge	Mio. m³	16,8	37,2	32,6	127,1	16,8	40,5	37,2	32,6	127,1
Nutzbare durchlaufende Wassermenge	Mio. m³	13,4	32,4	26,1	101,7	13,4	32,4	29,8	26,1	101,7
a) In bestehenden Werken nutzbares Gefälle	m	229	77	88	77	229	77	88	77	77
b) Mögliches nutzbares Gefälle	m	400	175	209	99	400	175	209	99	99
c) In den Speicherwerken nutzbares Gefälle	m	34	25	80	33	14	19	61	17	17
a) Gewinn an Laufenergie in bestehenden Werken	Mio. kWh	1,5	0,3	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	1,7
b) Möglicher Gewinn an Laufenergie	Mio. kWh	3,1	0,9	1,6	0,7	1,1	1,1	1,3	0,5	4,0
c) Energie aus den Speicherwerken	Mio. kWh	0,9	1,7	3,9 ¹⁾	1,8	0,4	1,2	2,8 ¹⁾	0,9	5,3
Summe Energie b + c	Mio. kWh	4,0	2,6	5,5	2,5	1,5	2,3	4,1	1,4	9,3
Baukosten Damm	Mio. Fr.	14,2	9,1	33,0	17,2	2,1	5,2	8,4	4,2	19,9
Baukosten Speicherwerke c	Mio. Fr.	0,1	0,1	1,3 ²⁾	0,1	0,1	0,1 ²⁾	1,3 ²⁾	0,1	1,6
Summe Baukosten	Mio. Fr.	14,3	9,2	34,2	17,3	2,2	5,3	9,7	4,3	21,5
Kosten pro m³ Speicherinhalt	Fr./m³	0,94	0,97	2,32	1,26	1,16	1,17	2,31	1,16	1,50
Kosten pro kWh ³⁾	Rp./kWh	17,9	17,7	31,2	34,6	7,3	11,5	11,8	15,3	11,6

¹⁾ Mit Abzug von 0,9 Mio. kWh für 2 stillgelegte Werke an der Sorne

²⁾ Inkl. Zuleitung der Sorne in den Speicher

³⁾ Jahreskosten zu 5% der Baukosten angenommen

mit Lehmkern angenommen. Die Kosten sind in Tabelle 47 zusammengestellt.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Kosten für den Kubikmeter Speicherraum der einzelnen Becken stark divergieren. Es ist zu bemerken, dass die den Berechnungen zugrunde gelegte Aufteilung des Stauraumes auf die einzelnen Becken keineswegs die wirtschaftlich günstigste Lösung darstellt. Eine Reduktion des spezifisch teuersten Stauraumes Soulee und eine weitergehende Nutzung des billigsten Stauraumes Trame wäre anzustreben, umsomehr als sich dieser dank seiner hohen Lage energiewirtschaftlich am günstigsten stellt. Andererseits darf nicht übersehen werden, dass Beckeninhalt und Einzugsgebiet aufeinander abgestimmt werden müssen, damit die Füllung der Becken keine Schwierigkeiten bereitet. In dieser Beziehung sind gerade dem Stauraum an der Trame enge Grenzen gesetzt.

Die Kosten der erzeugten Energie sind, für sich betrachtet, weit ausserhalb der Wirtschaftlichkeitsgrenze. Die Energieproduktion ist hier jedoch nur Nebenzweck; eine unbeschränkte Nutzung der Speicherbecken nur mit dem Ziel eines maximalen Energiegewinns würde ein Mehrfaches der angegebenen Energiemengen zu erzeugen gestatten.

g) Schlussfolgerungen

Die ausführlichen Berechnungen und Erwägungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Eine Aufhöhung der Birs-Niederwasser mit Hilfe von Rückhaltebecken im Einzugsgebiet erscheint technisch möglich.
2. Die Forderung einer Minimalwassermenge von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ in Münchenstein, die nie unterschritten werden darf, bedingt den Aufwand eines Stauraumes von 52,3 Mio. m^3 .
3. Die Verbesserung der minimalen Wasserführung derart, dass die Wassermenge von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ in Münchenstein im Mittel jährlich nur noch während 26 statt 94 Tagen unterschritten wird, kann mit einem Stauraum von 14,3 Mio. m^3 erreicht werden.
4. Der mögliche Gewinn an elektrischer Energie in bestehenden oder neu zu erstellenden Werken genügt zur Finanzierung der Becken nicht.
5. Das vorliegende Projekt ist in bezug auf Wasserhaushalt und Aufteilung des Speicherraumes auf die verschiedenen Becken verbesserungsfähig. Die entsprechenden Berechnungen setzen jedoch eingehende Studien der Sperrstellen und der Sperrbauwerke voraus.

Trotz allen Einwänden wirtschaftlicher Natur verdient der Gedanke der Rückhaltebecken weitere Beachtung. Die Ersparnisse beim Bau künftiger Abwasser-Reinigungsanlagen, die Notwendigkeit einer gleichmässigeren Speisung der Grundwasserströme und der Wunsch, den Lauf der Birs in hygienischer und ästhetischer Hinsicht zu verbessern, können eines Tages zu einer günstigeren Beurteilung der Bauwürdigkeit von Rückhaltebecken führen. Ihre Verwirklichung setzt die gemeinsame Beteiligung und Anstrengung der ganzen, mehrere Kantone umfassenden Region voraus.

8. Verregnung der gereinigten Abwässer

Die Zeiten extrem niedriger Wasserstände in der Birs sind zugleich Trockenperioden, während denen im allgemeinen für landwirtschaftliche Kulturen das Bedürfnis zusätzlicher Wassergaben besteht. In diesem Umstand liegt eine Möglichkeit, in der Birs auch bei Niederwasser oder bei einer nur beschränkten Regulierung des Wasserhaushaltes die einleitend als Ziel der Abwasserreinigung gestellten Anforderungen zu erfüllen.

Würde z. B. während der 14 Tage, an denen in Münchenstein ein Abfluss von $3,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ unterschritten wird, ein Teil der gereinigten Abwässer aller Anlagen oberhalb und unterhalb Angenstein durch Beregnung landwirtschaftlichen Kulturlandes vom Vorfluter ferngehalten, so wären die für einen Abfluss von $3,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ ermittelten Reinigungsgrade während der Sommermonate³⁹⁾ ausreichend. Die Menge des zu verregnenden Abwassers ergibt sich annäherungsweise wie folgt:

(1)	(2)	(3)	(4)
Abfluss m^3/sec	Zurückzuhaltender Anteil der Abwasser- menge als $\frac{1}{6}$	Häufigkeit pro Normaljahr ohne Regulierung	Produkt von Kol. (2) und Kol. (3) als $\frac{1}{6}$
0,5–1,0	5	1	5
1,0–1,5	4	1	4
1,5–2,0	3	2	6
2,0–2,5	2	4	8
2,5–3,0	1	6	6
		14	29

An den 14 Tagen wäre somit ein dem Gesamtanfall von $29/6 =$ etwa 5 Tagen entsprechende Abwassermenge zurückgehalten. Nehmen wir an, dass die Abwassergabe auf das zu beregnende Kulturland im Normaljahr 150 mm nicht überschreiten soll, so wären für die beiden

³⁹⁾ Während der Winter-Monate, in denen allerdings Niederwasserstände erheblich seltener sind als im Sommer, müssten voraussichtlich noch weitergehende Massnahmen angestrebt werden. Um die Berechnungen, die lediglich zu ersten Annäherungswerten führen sollen, nicht weiter zu komplizieren, wurde jedoch auf eine Berücksichtigung der Verhältnisse bei Winter-Niederwasserständen verzichtet.

Reinigungsanlagen im unteren Birstal folgende der Abwasser-Bewässerung zu erschliessenden Flächen notwendig:

Anlage	Abwasseranfall im Jahre 2000 m ³ /Tag	Flächenbedarf für Verregnung ha
Schappe	8 000	27
Wasserhäuser . . .	5 000	17
	13 000	44

Die Erschliessung der ermittelten Flächen für Zwecke der Abwasser-Verregnung wird in der Nähe der vorgesehenen Reinigungsanlagen voraussichtlich möglich sein. Zwischen der projektierten Reinigungsanlage Schappe und dem BBC-Areal befindet sich auf der unteren Terrassenstufe z. B. ein landwirtschaftlich genutztes Gebiet, das nach Ausscheidung einer Schutzzone für die dortigen Grundwasserpumpwerke eine Fläche von rund 40 ha umfasst. Dass es vom landwirtschaftlichen Gesichtspunkt aus wünschbar ist, dieses Land während Trockenzeiten zu bewässern, ergibt sich aus den bereits erwähnten Wasserentnahmen aus dem Unterlauf des Arlesheimer Dorfbaches (vgl. Kapitel F). Bei der Verregnung auf landwirtschaftliches Kulturland wird ausser der mechanischen und biologischen Reinigung jedenfalls auch eine Desinfektion des gereinigten Abwassers vorzusehen sein.

Da die biologisch gereinigten Abwasser noch grosse Mengen an Nährsalzen enthalten, die einerseits im Vorfluter zu einer unerwünschten Förderung des Pflanzenwachstums führen und andererseits wie das Wasser für landwirtschaftliche Kulturen wertvoll sind, ist zu überlegen, ob auch dann, wenn der unregulierte Abfluss der Birs mehr als 3 m³/sec beträgt, eine Verregnung vorgesehen werden sollte. Wenn das gereinigte Abwasser erst bei einem Abfluss von z. B. 6,0 m³/sec vollständig eingeleitet würde, so liesse sich ausser dem landwirtschaftlichen Nutzen eine wesentliche Verminderung des notwendigen Reinigungsgrades der einzelnen Anlagen erzielen. Für eine solche mit abnehmender Wasserführung des Vorfluters stufenweise verminderte Einleitung der gereinigten Abwasser können die zu verregnenden Abwasser-Anteile wie folgt geschätzt werden:

(1) Abfluss m ³ /sec	(2) Zurückzuhaltender Anteil der Abwasser- menge als 1/6	(3) Häufigkeit pro Normaljahr ohne Regulierung	(4) Produkt von Kol. (2) und Kol. (3) als 1/6
0-1	6	1	6
1-2	5	3	15
2-3	4	10	40
3-4	3	20	60
4-5	2	27	54
5-6	1	33	33
		94	208

Die an den 94 Tagen pro Normaljahr zurückzuhaltende Abwassermenge würde dem Gesamtanfall von $208/6 = \text{etwa } 34\frac{1}{2}$ Tagen entsprechen. Bei einer 150 mm/Normaljahr nicht überschreitenden Abwassergabe müssten bei der Anlage Schappe etwa 184 ha und bei der Anlage Wasserhäuser etwa 115 ha Kulturland der Abwasser-Bewässerung erschlossen werden.

Es wird schwierig sein, in der näheren und weiteren Umgebung der Reinigungsanlagen die für eine solche landwirtschaftliche Nutzung notwendigen Flächen zu finden.

Wir können somit einerseits feststellen, dass es zweckmässig sein wird, im Anschluss an die zentralen Reinigungsanlagen landwirtschaftliches Kulturland für die Beregnung zu erschliessen. Dies würde es ermöglichen, sowohl im Vorfluter selbst während extremer Niederrwasser-Perioden einen befriedigenden Reinheitsgrad zu erzielen als auch die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe zumindest teilweise nutzbar zu machen. Andererseits würden die Beregnungsanlagen allein nur dann eine wesentliche Verminderung des notwendigen Reinigungsgrades erlauben, wenn verhältnismässig grosse Flächen landwirtschaftlichen Kulturlandes zur Verfügung gestellt werden könnten.

9. Verregnung der gereinigten Abwässer in Verbindung mit einer Regulierung des Wasserhaushaltes

Die generelle Prüfung der Möglichkeiten einer Regulierung des Wasserhaushaltes hat gezeigt, dass mit einem Stauraum von 14,3 Mio. m³ erreicht werden könnte, dass der Abfluss von 6,0 m³/sec in Münchenstein nur noch während 26 Tagen pro Normaljahr unterschritten wird. Würde während diesen 26 Tagen ein Teil des gereinigten Abwassers verregnet, so wären die für eine Regulierung auf 6,0 m³/sec ermittelten Reinigungsgrade während der Sommermonate ausreichend. Die Menge des zu verregnenden Abwassers lässt sich schätzungsweise wie folgt ermitteln:

(1) Abfluss m ³ /sec	(2) Zurückzuhaltender Anteil der Abwasser- menge als $\frac{1}{6}$	(3) Häufigkeit pro Normaljahr mit Regulierung	(4) Produkt von Kol. (2) und Kol. (3) als $\frac{1}{6}$
1-2	5	1	5
2-3	4	4	16
3-4	3	4	12
4-5	2	5	10
5-6	1	12	12
		26	55

Ohne Regulierung wäre an 94 Tagen eine dem Gesamtanfall von etwa $34\frac{1}{2}$ Tagen, mit beschränkter Regulierung nur eine dem Gesamt-

anfall von $55/6 =$ etwa 9 Tagen entsprechende Abwassermenge durch Verregnung vom Vorfluter fernzuhalten. Bei einer 150 mm/Normaljahr nicht überschreitenden Abwassergabe wären für die beiden Reinigungsanlagen des unteren Birstales folgende der Abwasser-Beregnung zu erschliessende Flächen notwendig:

Anlage	Abwasseranfall im Jahre 2000 m ³ /Tag	Flächenbedarf für Verregnung ha
Schappe	8 000	48
Wasserhäuser	5 000	30
	13 000	78

Die Ergebnisse dieser generellen Prüfung zeigen, dass auch eine beschränkte Regulierung des Wasserhaushaltes eine Erniedrigung des notwendigen Reinigungsgrades der Abwasser-Reinigungsanlagen ermöglichen würde, wenn gleichzeitig eine Fläche für die Abwasser-Beregnung landwirtschaftlichen Kulturlandes ausgeschieden würde, deren Grösse unter den gegebenen Verhältnissen möglich erscheint.

10. Zusammenfassung

Die verschiedenen, generell geprüften Möglichkeiten der Abwasser-sanierung im unteren Birstal, ihre Wirksamkeit und die dabei notwendigen Massnahmen sind in folgender, den Vergleich erleichternder Tabelle nochmals zusammengestellt:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
In den zentralen Reinigungsanlagen zu erzielender Reinigungsgrad in %							
Abwässer oberhalb Angenstein .	0	12	55	12	12	55	12
Reinigungsanlage Schappe . .	100	57	77	57	57	77	57
Reinigungsanlage Wasserhäuser	100	60	80	60	60	80	60
Verregnung eines Teils der gereinigten Abwässer bei einem unterschrittenen Abfluss von m ³ /sec	—	—	—	—	6,0	3,0	6,0
Beregnungsfläche im unteren Birstal ha	—	—	—	—	300	44	78
Abflussregulierung							
Speichervolumen Mio. m ³ . . .	—	14,3	—	52,3	—	—	14,3
Anzahl der Tage, an denen die Ziele der Sanierung nicht erreicht werden:	ca. 125	26	14	0	0	0	0
(Abschnitt dieses Kapitels, in welchem die Variante näher erläutert ist)	(4)	(9)	(5)	(6)	(8)	(8)	(9)

Unter diesen Möglichkeiten dürften es vor allem die Varianten 6 und 7 sein, die einen gangbaren Weg der Abwassersanierung zeigen.