

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	80 (1989)
Heft:	4
Artikel:	Die Festlegung der Restwassermengen aus der Sicht der Behörden
Autor:	Gartmann, R.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-903644

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: 26.01.2026

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

Die Festlegung der Restwassermengen aus der Sicht der Behörden

R. Gartmann

Anhand der für zwei konkrete Kraftwerkprojekte durchgeführten Untersuchungen werden die Möglichkeiten zur Beurteilung von Restwassermengen dargestellt. Der Autor weist gleichzeitig mit Nachdruck auf die Notwendigkeit der individuellen Beurteilung jedes Einzelfalls hin.

Les études réalisées grâce à deux projets concrets de centrales présenteront les possibilités permettant de juger quels sont les débits minimaux appropriés. Simultanément, l'auteur insiste sur la nécessité de juger chaque cas individuellement.

Leicht gekürzte Fassung eines Referates vom Internationalen Symposium «Wasserwirtschaft und Naturhaushalt – Ausleitungsstrecken bei Wasserkraftanlagen» vom 19./20. Januar 1989 in München

Adresse des Autors

Rudolf Gartmann, dipl. Ing. ETHZ,
Vorsteher Amt für Umweltschutz Graubünden,
Graubünden, Grabenstr. 1, 7001 Chur.

1. Rechtliche Grundlagen und Massgebliche Kriterien

Der heute geltende Wasserwirtschaftsartikel in der schweizerischen Bundesverfassung bezweckt u.a. die Sicherung angemessener Restwassermengen. Bei den geplanten Wasserentnahmen sind deshalb entsprechende Massnahmen, welche die nutzbare Wassermenge in der Regel beschränken, durch die zuständigen Behörden bereits im Konzessionsverfahren anzutragen.

Das sich auf den Wasserwirtschaftsartikel stützende Gewässerschutzgesetz, in welches neu nun auch konkrete Restwasservorschriften aufgenommen werden sollen, befindet sich zum Zeitpunkt der Niederschrift dieses Beitrages noch in der parlamentarischen Beratung.

Unabhängig vom Ausgang der parlamentarischen Beratung steht heute aber schon fest, dass bei Wasserentnahmen aus Fließgewässern mit ständiger Wasserführung angemessene Restwassermengen festzulegen sind und dass das Ausmass der unterhalb einer Wasserentnahme in einem Gewässer zu belassenden Wassermenge aufgrund der Beurteilung des Einzelfalles durch eine sorgfältige Abwägung der Interessen für und gegen die vorgesehene Wasserentnahme zu bestimmen ist. Um diese Interessenabwägung vornehmen zu können, ist die Behörde auf Unterlagen angewiesen, aus denen die konkreten Auswirkungen des Projektes auf die beiden Interessengruppen hervorgehen. Derjenige, der Wasser entnehmen will, hat dazu einerseits die Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen auf die Produktion von elektrischer Energie und deren Kosten darzulegen sowie anderseits – wenigstens für grössere Anlagen – aufgrund einer Um-

weltverträglichkeitsprüfung (UVP) im Sinne des Umweltschutzgesetzes die voraussichtlichen Beeinträchtigungen der Umwelt durch die Wasserentnahme und mögliche Massnahmen zur Verhinderung bzw. Verminderung der Umweltbelastung aufzuzeigen. Zu den Interessen gegen die Wasserentnahme sind insbesondere der Schutz des Gewässers als Lebensraum und Landschaftselement, die Erhaltung der Fischfauna, die Erhaltung einer Wasserführung, die trotz Wasserentnahmen und Abwassereinleitungen langfristig für die Einhaltung der Anforderungen an die Wasserqualität der Gewässer ausreicht, die Erhaltung eines ausgeglichenen Grundwasserhaushalts, der u.a. auch die künftige Trinkwassernutzung gewährleistet, sowie die Sicherstellung der landwirtschaftlichen Bewässerung zu zählen.

Am Beispiel der geplanten Nutzung des Bündner Rheins werden in diesem Beitrag die Ergebnisse von Modellrechnungen vorgestellt, die es der zuständigen Behörde erlauben, im Rahmen des Konzessionsverfahrens angemessene Restwassermengen in der wasserkräftbedingten Ausleitungsstrecke zahlenmäßig festzulegen. Dabei wird hier auf die Formulierung von Kriterien und auf eine Besprechung der Fragen bezüglich Erhaltung der bestehenden Lebensräume und -gemeinschaften am und im Flusslauf und der Lebensbedingungen für die Fischfauna verzichtet.

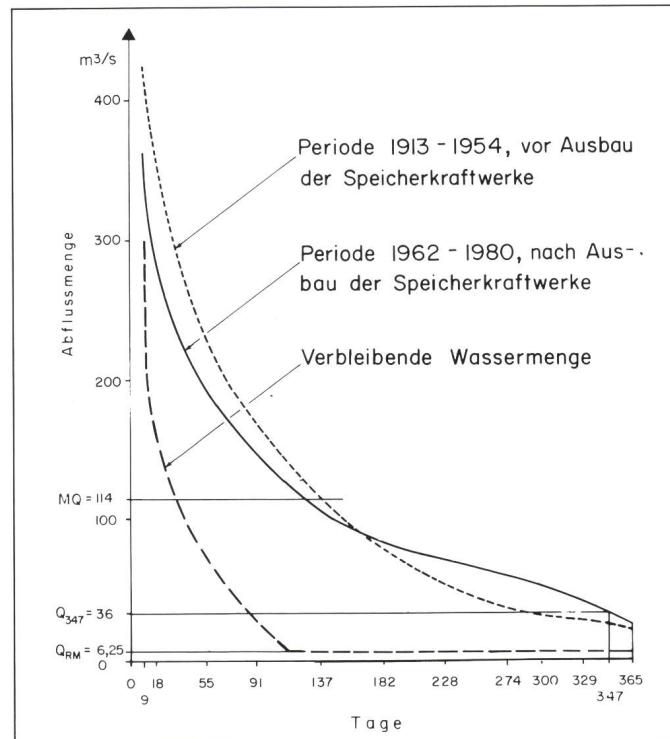
Für die Festlegung der Dotier- bzw. Restwassermengen des Bündner Rheins gelten außer den erwähnten die folgenden beiden massgeblichen Kriterien:

- Die Restwasserführung muss an jedem Punkt des Rheins so gross sein, dass die qualitativen Anforderungen an Oberflächengewässer im Sinne der eidgenössischen Verordnung

über Abwassereinleitungen (VAE) bei voller Auslastung der Kläranlagen (ARA) stets eingehalten werden.

- Die Speisung der in bezug auf Wassergüte und Menge sowie räumliche Ausdehnung des Grundwasserleiters bekannten Grundwasservorkommen im Rheintal muss soweit gewährleistet bleiben, dass die bestehende und die zukünftige Trinkwassernutzung sowie der Wasserhaushalt für die landwirtschaftliche Nutzung nicht wesentlich beeinträchtigt werden. Dies gilt insbesondere auch für die bestehenden und die geplanten Grundwasserpumpwerke (Fassungen).

Figur 1
Dauerkurven des
Rheins bei Felsberg



2. Die projektierten Rheinkraftwerke zwischen Domat/Ems und Fläsch

2.1 Zur Hydrologie des Alpenrheins

Die durchschnittliche Jahresabflussmenge (MQ) des Alpenrheins, d.h. des Rheins zwischen Reichenau und dem Bodensee, beträgt bei Felsberg 114 m³/s und bei Bad Ragaz, also nach der Einmündung der Hauptzuflüsse Plessur, Landquart und Tamina, 145 m³/s. Die für die Qualitätsziele für Fließgewässer und Flussstaue massgebende Wassermenge Q_{347} beträgt für die hydrographische Messstation Felsberg 36 m³/s. Die grösste Abflussmengenspitze wurde dort am 25. September 1927 mit 2200 m³/s beobachtet. Der bisher erfolgte Ausbau der verschiedenen Speicherkraftwerke im Einzugsgebiet des Rheins hat dank ihrer Stausecken eine Verschiebung der Abflüsse vom Sommer auf den Winter zur Folge gehabt, was die in Figur 1 dargestellten Dauerkurven der Abflüsse zeigen.

Der Bündner Rhein kann entsprechend seiner Belastung durch die in seinem Einzugsgebiet heute meist gesetzeskonform gereinigten Abwässer als mässig belastet angesprochen und damit der Gütekategorie II nach dem Sanprobiensystem zugeteilt werden, wie in der 1984 publizierten Arbeit «Die Wasserwirtschaft in der Arbeitsgemeinschaft Alpenländer» dokumentiert. In seinen kies- und sandreichen Talfüllungen wird der Rhein durch einen in mehreren Pumpwerken genutzten Grundwasserstrom von sehr guter Qualität begleitet. Die Grundwasserneubildung erfolgt dabei teils durch infiltrierendes Rheinwasser, teils durch unterirdische Hangzuflüsse

sowie, aber nur untergeordnet, durch versickernde Niederschläge.¹

Der Alpenrhein wird heute nur im Kraftwerk Reichenau der Patag AG zur Erzeugung von hydroelektrischer Energie genutzt. Das 2,6 km unterhalb des Zusammenflusses von Vorder- und Hinterrhein liegende Wehr staut den Fluss auf einer Länge von rund 3 km und erlaubt die Zuleitung einer Ausbaumenge von 120 m³/s über einen separaten Oberwasserkanal in die Kraftwerk-Zentrale Ems mit einer mittleren Jahresproduktion von rund 106 Mio kWh. Das Betriebswasser wird anschliessend wieder dem Rhein zurückgegeben. Für die Flussstrecke zwischen dem Wehr und der Wasserrückgabe besteht keine Restwasserverpflichtung.

2.2 Die verschiedenen Projekte

Seit einiger Zeit sind schon früher bekannte Studien für eine weitere Nutzung der Wasserkräfte des Alpenrheins wieder aktuell und auf den heutigen Stand der Technik gebracht worden. So liegen heute drei konkrete Projekte für die Strecke Domat/Ems –

Mastrils bzw. Fläsch vor (Fig. 2). Ausbauabsichten bestehen auch für die anschliessende sanktgallisch-liechtensteinische Rheinstrecke.

Das Projekt der Elektrowatt AG, Zürich, will bei acht zwischen Domat/Ems und Fläsch geplanten Kraftwerkstufen den Rhein über die ganze Strecke in seinem Flussbett belassen. Darum stellt sich bei diesem Projekt die Frage der Restwassermenge nicht, und es erübrigen sich hier weitere Ausführungen dazu.

In dem vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) geplanten Ausleitungs-Kraftwerk sollen jährlich je nach der festzulegenden Restwassermenge 230–250 Mio kWh, 59% im Sommer und 41% im Winter, erzeugt werden. Das Stauwehr mit der Wasserraffung ist rund 1 km unterhalb der Felsberger Brücke vorgesehen, ungefähr an der gleichen Stelle wie die oberste Stufe Felsberg im Projekt Elektrowatt. Der geplante Stau reicht flussaufwärts bis zur Wasserrückgabe des Kraftwerkes Reichenau. Vom Einlaufbauwerk im linken Rheindamm soll das Betriebswasser durch einen 15 km langen Stollen und einen kurzen Druckschacht zur projektierten Zentrale Mastrils geleitet werden. In dieser, nur wenig oberhalb der Grenze zum Kanton St. Gallen vorgesehenen Zentrale soll eine Wassermenge von 120 m³/s verarbeitet und über einen

¹ Vgl. dazu: «Der Grundwasserstrom des Alpenrheins», Sonderausgabe des Rheinverbandes, «Wasser, Energie, Luft» Heft 5/1978

Restwasser

kurzen Unterwasserkanal in den Rhein zurückgegeben werden. Bezuglich Dotierwasser im Rhein beim Wehr Felsberg werden vom Projektverfasser zwei Varianten gemäss Tabelle I vorgeschlagen.

Ein ähnliches, neueres Projekt der Patvag Kraftwerke AG sieht nun den Bau einer dem bestehenden Kraftwerk Reichenau überlagerten Kraftwerkstufe Reichenau/Ems-Mastrils vor. Dabei ist geplant, das Betriebswasser von bis zu $95 \text{ m}^3/\text{s}$ mittels eines neu zu errichtenden Einlaufbauwerks im bestehenden Stauraum zu entnehmen und in einen rund 19 km langen Druckstollen zu leiten. Die bestehende Zentrale Ems soll für die Verarbeitung der Restwassermenge genutzt werden. Mit dieser Auslegung der geplanten Anlage können weitere Bauten im Flusslauf selbst vermieden werden. Die Stromproduktion wird für die bestehende und die geplante Anlage zusammen etwa 300–360 Mio kWh betragen.

Bei der Erarbeitung des Konzessionsprojektes erfolgte die technische Projektierung gleichzeitig mit den Untersuchungen und Berechnungen im Hinblick auf den nach den Richtlinien des Amtes für Umweltschutz zu erstellenden Umweltverträglichkeitsbericht. Dieser in Zusammenarbeit zwischen den projektierenden Ingenieuren und den für die Umweltbelange verantwortlichen Fachleuten erarbeitete Bericht und das Konzessionsprojekt sind den zuständigen Behörden bis zur Niederschrift dieses Beitrages allerdings noch nicht eingereicht worden.

Aufgrund ihrer Umweltuntersuchungen und Abklärungen zur Wirtschaftlichkeit schlägt die Patvag Kraftwerke AG Dotierwassermengen, wie in Tabelle I zusammengestellt, vor.

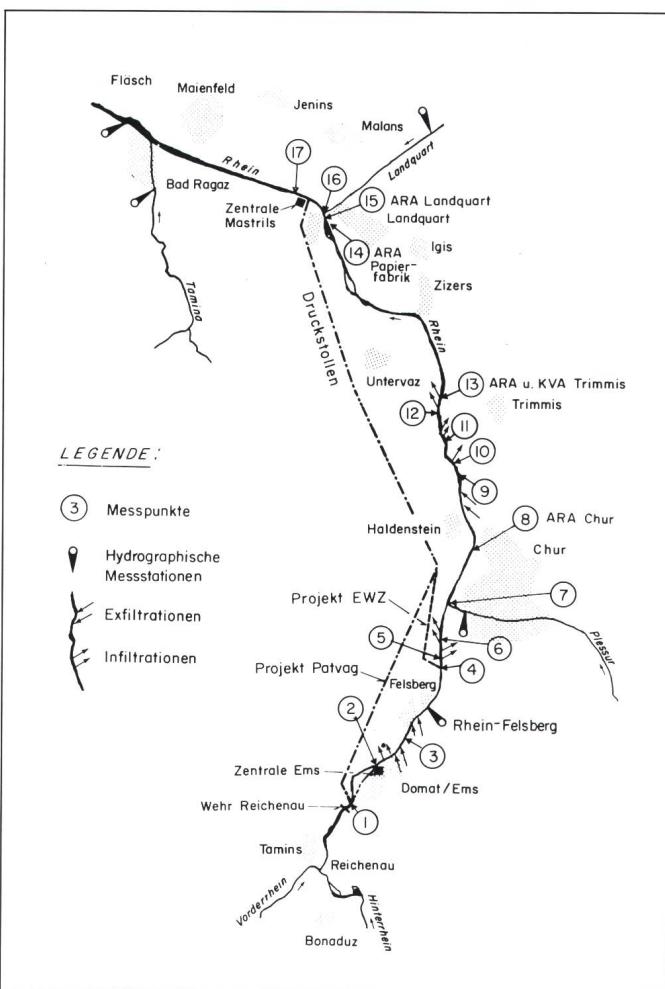
3. Ergebnis der Modellrechnungen

3.1 Randbedingungen

Für die beiden Projekte EWZ und Patvag wurden umfangreiche Modellrechnungen durchgeführt, die auf Analysen von Wasserproben aus dem Rhein und aus den Kläranlageabflüssen basieren. Im folgenden werden die Resultate der Berechnungen dargestellt und besprochen, für welche die nachstehenden ungünstigen Randbedingungen gelten:

- Abflussmenge im Rhein oberhalb der Plessurmündung: $Q_{347} = 36 \text{ m}^3/\text{s}$

Figur 2
Situation der Rheinstrecke Reichenau-Fläsch mit den geplanten Kraftwerkstufen



Restwasser Q_{RM} nach der Formel von Matthey	m^3/s	
	6,25	
Dotierwasser Q_D		
- gemäss Projekt EWZ		
ab Wehr Felsberg	Variante 1	Variante 2
November – März	10	18
April – Oktober	15	22
Mai – September	20	30
- gemäss Projekt Patvag		
ab bestehendem Wehr Reichenau		
ganzjährig		
ab Wasserrückgabe Zentrale Ems		
Oktober – April	3 (bisher 0)	
Mai – September		
	17	
	30	

Tabelle I Vorgeschlagene Dotier- bzw. Restwassermengen

Dotierwassermenge Q_D :

Wassermenge, die zur Sicherung der Restwassermenge bei der Wasserentnahme im Rhein zu belassen ist

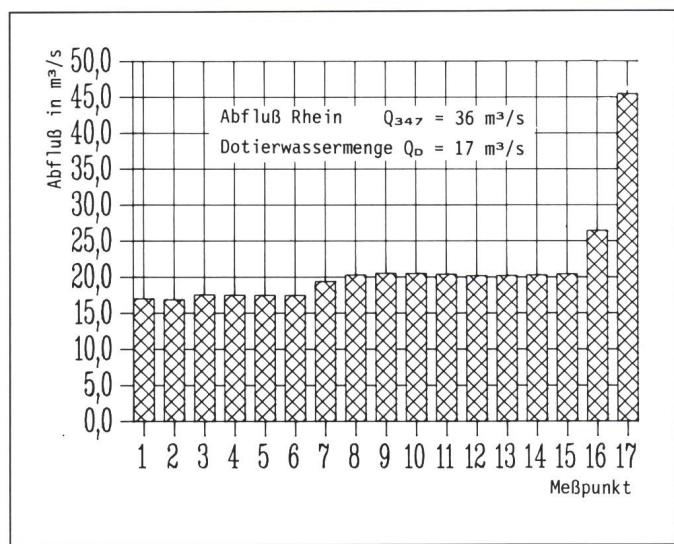
Restwassermenge Q_R :

Abflussmenge im Rhein, die nach der projektierten Wasserentnahme an einer bestimmten Stelle verbleibt

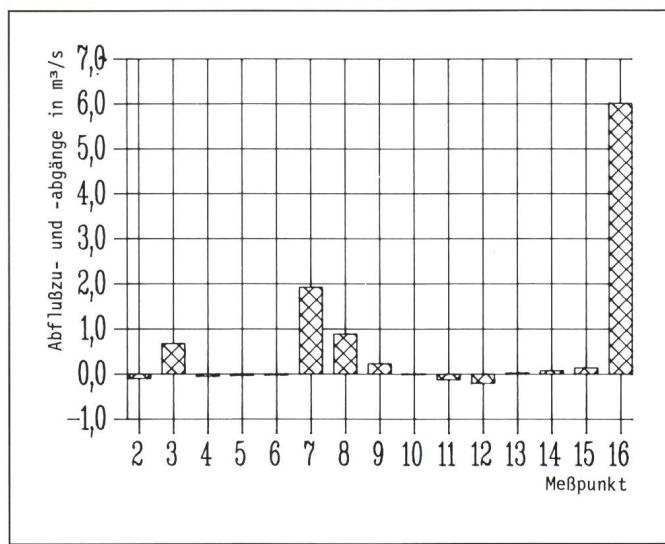
Abflussmenge Q_{347} :

Abflussmenge, die durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres vorhanden oder überschritten wird; für Felsberg $Q_{347} = 36 \text{ m}^3/\text{s}$

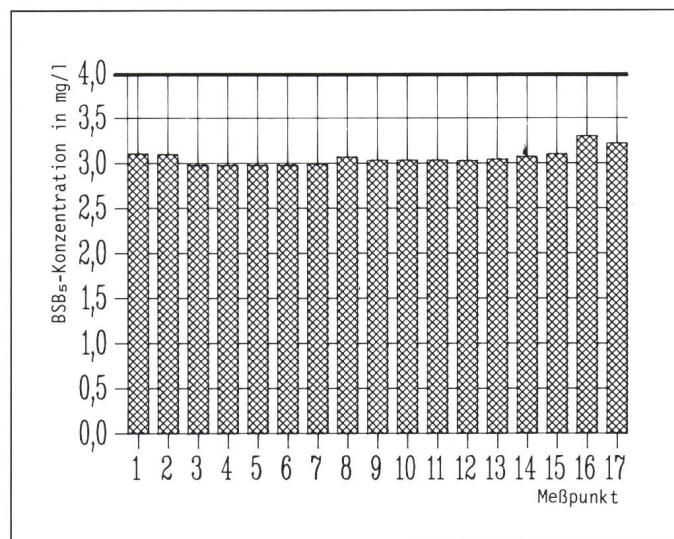
Restwassermenge Q_{RM} : Restwassermenge, berechnet nach der Formel von Matthey, $Q_{RM} = f(Q_{347})$; für Felsberg $Q_{RM} = 6,25 \text{ m}^3/\text{s}$



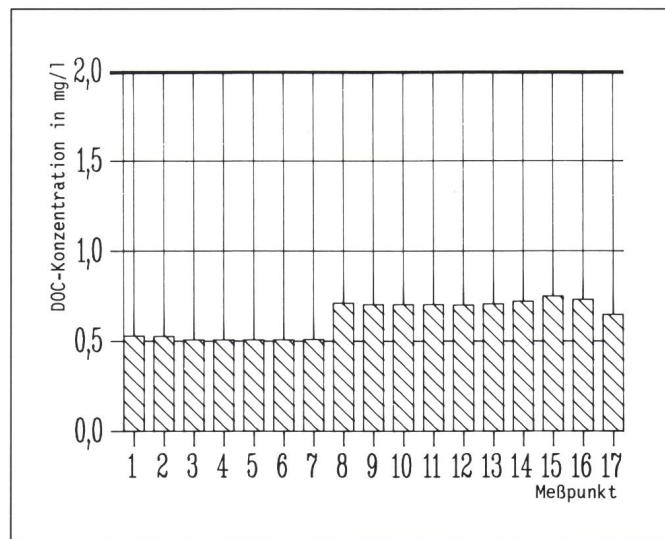
Figur 3 Abflüsse in der Ausleitungsstrecke bei einer Dotierwassermenge $Q_D = 17 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 4 Abflusszu- und -abgänge in der Ausleitungsstrecke



Figur 5 BSB₅-Konzentrationen in der Ausleitungsstrecke bei einer Dotierwassermenge $Q_D = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ (VAE-Grenzwert = 4 mg/l)



Figur 6 DOC-Konzentrationen in der Ausleitungsstrecke bei einer Dotierwassermenge $Q_D = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ (VAE-Grenzwert = 2 mg/l)

- Dotierwassermenge: $Q_D = 17 \text{ m}^3/\text{s}$
- Abflussmengen Q_{347} in den Rheinzuflüssen Plessur und Landquart
- Auslastung der Abwasserreinigungsanlagen: 100% bei Vollausbau
- Infiltration bzw. Exfiltration von Grundwasser
 - tiefer Grundwasserstand
 - Daten aus den langjährigen Untersuchungen des Amtes für Umweltschutz.

Die berücksichtigten Mess- bzw. Rechnungspunkte 1-17 in der Ausleitungs- bzw. Restwasserstrecke zwischen der Wasserentnahme (1) und der

Wasserrückgabe (17) sind in Figur 2, die Abflussmengen in Figur 3 dargestellt. Aus Figur 4 ergeben sich die Abflusszu- und -abgänge in der Ausleitungsstrecke, nämlich:

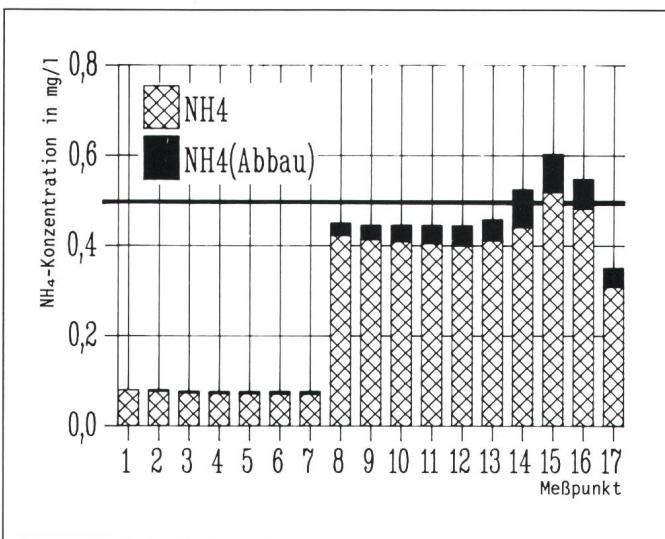
Messpunkt	Zu- bzw. Abfluss	Dotierwassermenge Q_D
1		
7		Plessur
8		ARA Chur
13		ARA und KVA Trimmis
14		ARA Papierfabriken
15		ARA Landquart
16		Landquart
17		Wasserrückgabe
2, 4, 5, 6, 10, 11 und 12	Infiltration ins Grundwasser	

3, 9

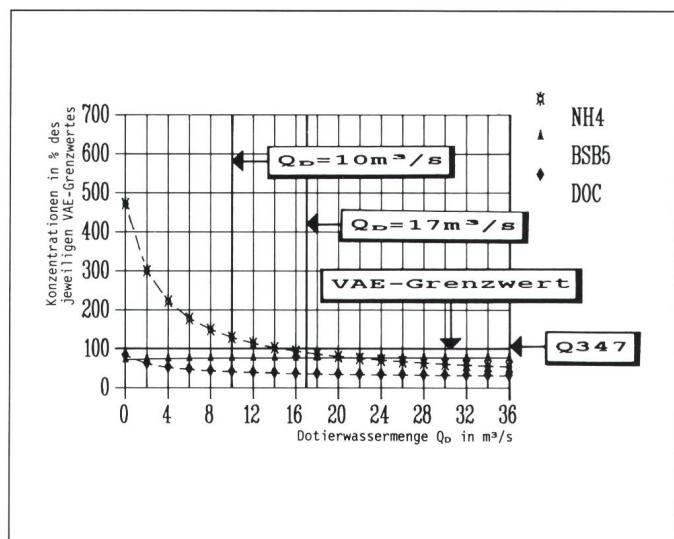
Exfiltration aus dem Grundwasser.

Gemäss Verordnung über Abwassereinleitungen sollen die folgenden Qualitätsziele (VAE-Grenzwerte) im Rhein bei Q_{347} nicht überschritten werden:

BSB ₅ (Biochemischer Sauerstoffbedarf)	4 mg O ₂ /l
DOC (Gelöster organischer Kohlenstoff)	2 mg C/l
NH ₄ (Ammonium)	0,5 mg N/l



Figur 7 NH₄-Konzentrationen in der Ausleitungsstrecke bei einer Dotierwassermenge Q_D = 17 m³/s (VAE-Grenzwert = 0,5 mg/l)



Figur 8 Schmutzstoffkonzentrationen als Funktion der Dotierwassermenge Q_D im Messpunkt 8 (ARA Chur)

3.2 Änderung des Fliessregimes der Ausleitungsstrecke

Die Berechnungen zeigen, dass bei einer Wasserentnahme von bis zu 95 m³/s mit den folgenden hauptsächlichsten Auswirkungen auf das Fliessregime des Rheins zu rechnen ist:

- Die heutigen durch Spitzentrieb der Speicherwerkste im Einzugsgebiet bedingten starken Tageschwankungen (im Winter zwischen rund 30 und 100 m³/s) werden geglättet.
- Die heute während durchschnittlich 8½ Monaten pro Jahr trockenliegende 1,3 km lange Strecke zwischen dem Wehr Reichenau und der Kraftwerkzentrale Ems wird ganzjährig mit 3 m³/s dotiert, was den Fischaufstieg in den Vorder- und Hinterrhein wieder ermöglicht.
- Die hydraulischen Werte (Wasserspiegel, benetzte Breite, Fliessgeschwindigkeiten u.a.) verändern sich entsprechend der Flussbettquerschnitte und Gefällsverhältnisse.
- Auf der Strecke zwischen der Wasserentnahme und Zizers sind Wasserspiegelabsenkungen von rund 0,5 bis 1,5 m zu erwarten, im Flussabschnitt zwischen Zizers und der Landquartmündung Absenkungen um 0,4 m bis 0,7 m. Die benetzte Breite wird um 10 m bis 30 m entsprechend 20 bis 40% abnehmen. Die Fliessgeschwindigkeiten reduzieren sich um etwa 10 bis 30%.

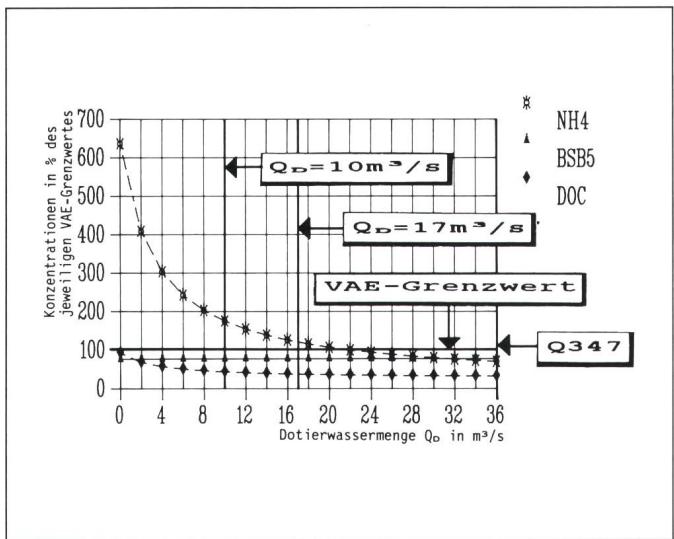
3.3 Schmutzstoffbelastung der Ausleitungsstrecke

Die berechneten Schmutzstoffbelastungen in den einzelnen Messpunkten für die von der Patag vorgeschlagene Winter-Dotierwassermenge Q_D = 17 m³/s sind aus den Figuren 5 (BSB₅), 6 (DOC) und 7 (NH₄) ersichtlich. Für die beiden Messpunkte 8 (ARA Chur) und 15 (ARA Landquart) sind die Konzentrationen für die genannten Schmutzstoffparameter noch in Funktion der Dotierwassermenge Q_D dargestellt (Fig. 8 und 9). Daraus lässt sich ablesen, in welchem Mass die Konzentrationen je nach Dotierwassermenge, verglichen mit der Situation bei Q₃₄₇, zunehmen würden.

Figur 9
Schmutzstoffkonzentrationen als Funktion der Dotierwassermenge Q_D im Messpunkt 15 (ARA Landquart)

Die Konzentrationen von BSB₅ und DOC liegen stets unter den VAE-Grenzwerten und sind damit nicht problematisch. Der kritische Schmutzstoffparameter ist ganz offensichtlich das Ammonium. Bei einer Dotierwassermenge Q_D kleiner als etwa 17 m³/s würde dessen Grenzwert jeweils bei den ARA-Einleitungen überschritten. Die kleinsten im Projekt EWZ vorgeschlagenen Dotierwassermengen Q_D = 10 m³/s (November bis März) und Q_D = 15 m³/s (April bis Oktober) würden demnach den Anforderungen für eine angemessene Restwassermenge nicht genügen.

Zu hohe Schmutzstoffkonzentrationen ergeben sich also beim Ammonium.



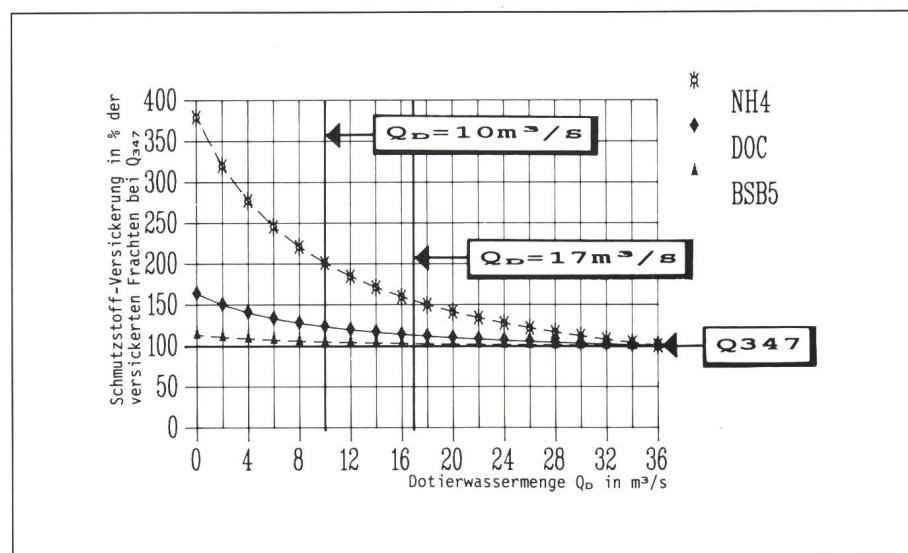
nium. Unterhalb der Einleitung der ARA Landquart würde der Ammoniumgrenzwert auch für $Q_D = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ merklich überschritten. Wird in die Berechnung aber noch das Selbstreinigungsvermögen des Rheins durch eine Abschätzung des NH₄-Abbaus durch Nitrifikation einbezogen (Fig. 7), bleiben auch die NH₄-Konzentrationen unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Rechnung praktisch immer unter den VAE-Grenzwerten bzw. Qualitätszielen. Die von der Patvag vorgeschlagene kleinste Dotierwassermenge $Q_D = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ (Oktober-April) ist damit als angemessene Restwassermenge zu betrachten.

3.4 Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt

Der Grundwasserspiegel im Projektgebiet ist im wesentlichen vom Wasserspiegel des Rheins abhängig. Da der Grundwasserleiter grossräumig gut durchlässig ist, werden sich die Grundwasserstände in vergleichbarem Ausmass wie die Rheinpegel absenken. Diese Grundwasserabsenkung beeinflusst die Trinkwasserpumpwerke aber nirgends stärker als die Niederwasserereignisse mit einer Wiederholungsperiode von etwa 5 Jahren.

Die direkte Abhängigkeit des Grundwasserspiegels vom Rheinpegel hat zur Folge, dass keine neuen Ex- und Infiltrationsverhältnisse vom Rhein in den Grundwasserspeicher geschaffen werden. Insbesondere wird der Anteil der Rheininfiltation nicht wesentlich vermindert. Vielmehr spielt sich der Wasseraustausch zwischen Rhein und Grundwasserleiter einfach auf einem tieferen Wasserstand ab.

In Figur 10 sind noch die errechneten ins Grundwasser infiltrierenden Frachten für die Schmutzstoffparameter BSB₅, DOC und NH₄ bei verschiedenen Dotierwassermengen in Prozent der versickernden Frachten bei Q_{347} dargestellt. Aus dem Bild ist ersichtlich, dass bei einer Dotierwassermenge $Q_D = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ die Werte für BSB₅ praktisch nicht, für DOC nur in geringem Massse und für NH₄ wohl etwas stärker zunehmen. Es darf aber angenommen werden, dass sich die Grundwasserqualität trotz der erhöhten Belastung des Rheins nicht signifikant verändert, da sich einerseits die Infiltration vom Rhein ins Grundwasser infolge tieferem Rheinwasserspiegel etwas verringert und andererseits die Stickstoffkomponenten im Grundwasserkörper weitgehend abgebaut werden.



Figur 10 Schmutzstoffversickerung ins Grundwasser als Funktion der Dotierwassermenge in Prozent der versickerten Frachten bei Q_{347}

ten Belastung des Rheins nicht signifikant verändert, da sich einerseits die Infiltration vom Rhein ins Grundwasser infolge tieferem Rheinwasserspiegel etwas verringert und andererseits die Stickstoffkomponenten im Grundwasserkörper weitgehend abgebaut werden.

Für die Trinkwasserpumpwerke ergibt sich als Folge der genannten Grundwasserabsenkung ein leicht erhöhter Pumpenaufwand, doch bleibt die Absenkung innerhalb der natürlichen gemessenen Niederwassersituation.

Alle landwirtschaftlich genutzten Böden im Projektgebiet liegen mehr als zwei Meter über dem mittleren Grundwasserspiegel. Da Grundwasser für Grün- und Ackerland auch in tiefgründigen Böden nur bis in eine Tiefe von höchstens 1,5 m wirksam ist, kann ein Einfluss einer Grundwasserabsenkung im erwähnten Masse auf die landwirtschaftliche Nutzung ausgeschlossen werden.

4. Schlussbemerkungen

Es wurde hier versucht, am konkreten Beispiel darzulegen, dass und wie die nötigen Restwassermengen aufgrund der analytischen Behandlung

des Einzelfalles bestimmt und festgelegt werden können. Ausser den besprochenen massgeblichen Kriterien, nämlich qualitativen Anforderungen an die Oberflächengewässer und Speisung der Grundwasservorkommen, gelten selbstverständlich noch die weiteren Kriterien, die sich auf die Erhaltung der Lebensräume und -gemeinschaften am und im Flusslauf und der Lebensbedingungen der Fischfauna beziehen. Die zur Zeit der Niederschrift dieses Beitrages noch nicht abgeschlossene Umweltverträglichkeitsprüfung wird – neben den Unterlagen zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit der gesamten Kraftwerksanlage gemäss Projekt Patvag – auch alle Daten liefern, die es den Behörden erlauben, angemessene Restwassermengen im Sinne des geltenden Rechts festzulegen.

Die beiden besprochenen Beispiele – aber auch die Erfahrungen bei der Beurteilung anderer Projekte – zeigen, dass eine Anwendung von empirischen Restwasserformeln, wie etwa diejenige von Matthey, nicht zu repräsentativen Werten führt. Sie bestätigen damit die Notwendigkeit der Beurteilung jedes Einzelfalles im Rahmen einer vollständigen Umweltverträglichkeitsprüfung.