



1. Allgemeines
2. Die einzelnen Einflüsse auf den Wasserhaushalt
 - 2.1 Schleusungswasser
 - 2.2 Leckwasser an Schleusen
 - 2.3 Versickerung und Zusickerung
 - 2.4 Niederschlag und Verdunstung
 - 2.5 Künstliche Beeinflussung



1. Allgemeines

Der Wasserstand in einer abgeschlossenen Kanalhaltung (die Kanalstrecke wird von zwei Schleusen begrenzt) stellt sich als Fließgleichgewicht von Zufluss und Abfluss ein.

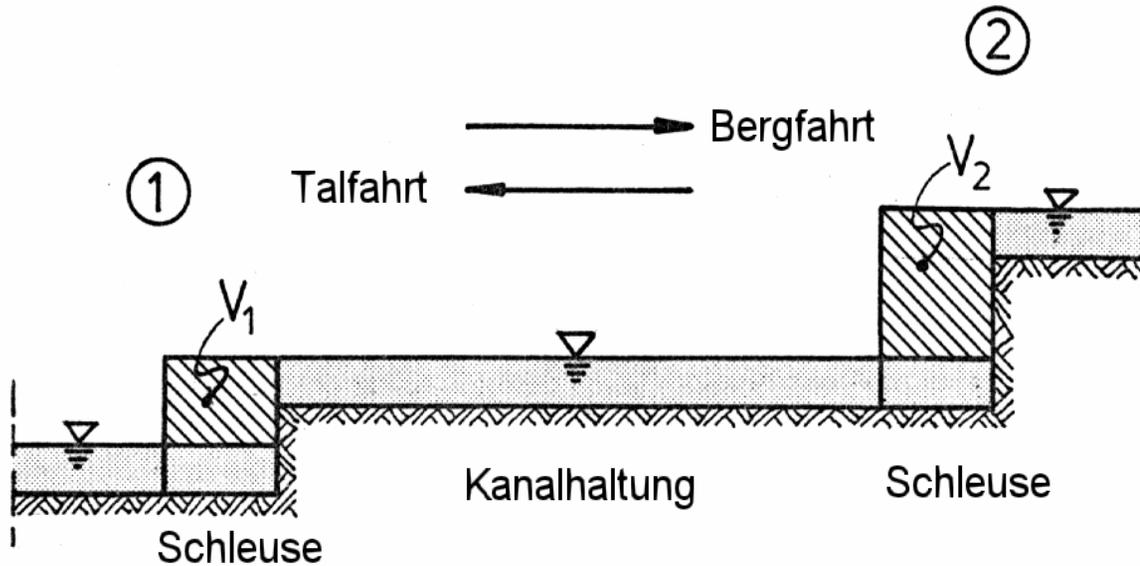
Folgende Zuflüsse (positiv) und Abflüsse (negativ) sind zu beachten:

	<u>Zulauf</u> <u>(positiv)</u>	<u>Ablauf</u> <u>(negativ)</u>
1. Schleusungswasser	von oben	nach unten
2. Leckwasser an Schleusen	von oben	nach unten
3. Sickerwasser	Zusickerung aus dem Grundwasser	Versickerung in das Grundwasser
4. Atmosphärische Einflüsse	Niederschlag	Verdunstung
5. Künstliche Beeinflussung	Einspeisungen	Entnahmen



2. Die einzelnen Einflüsse auf den Wasserhaushalt

2.1 Schleusungswasser



Bei der Bergfahrt (Richtung 1 - 2) wird bei gleicher Schiffsgröße und -abladung mehr Schleusungswasser benötigt als bei der Talfahrt (Richtung 2 - 1), vergl. nachfolgend.

Bei gleicher Zahl von Schleusungen:

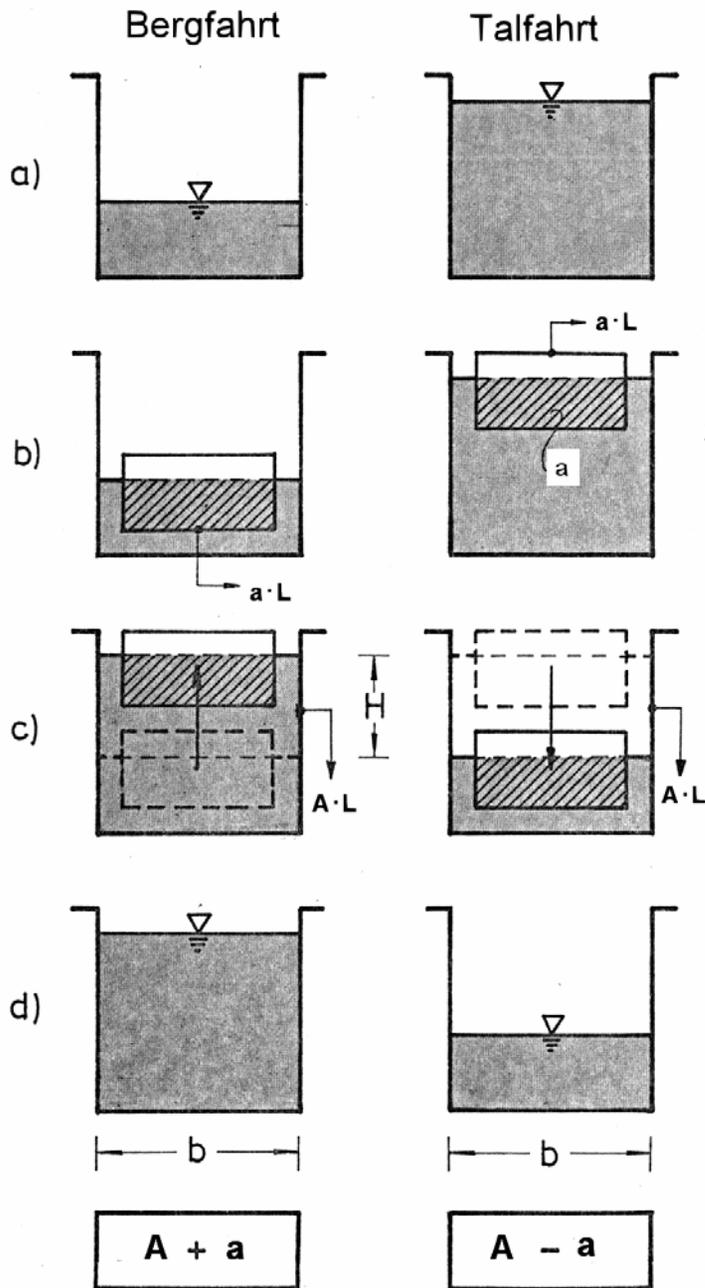
$$V_1 < V_2 = \text{Zulauf}$$

$$V_1 > V_2 = \text{Ablauf}$$

Daher ist anzustreben möglichst $V_1 \approx V_2$.

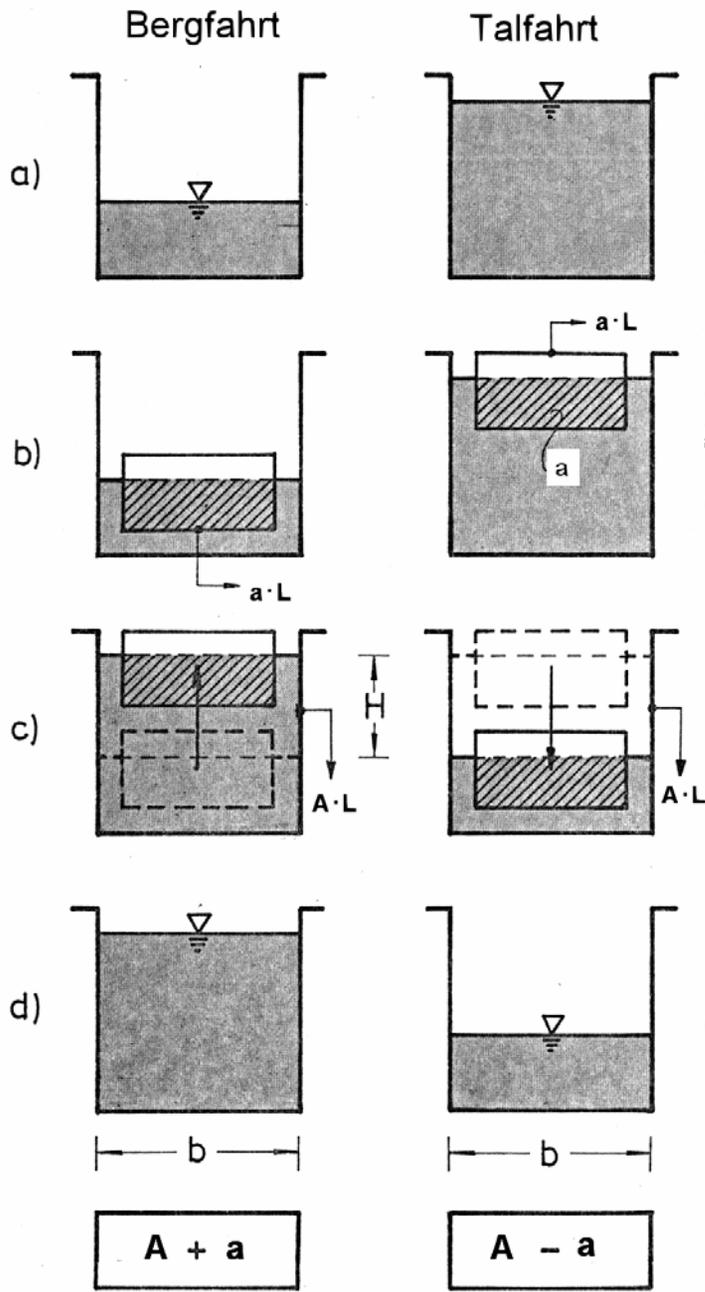
Ausnahmen:

- Zielverkehr (Hafen, Stichkanal) in der Haltung zwischen 1 und 2
- Frachtfahrt (Kohle, Erz) vorwiegend in nur einer Richtung



Bergfahrt:

- Untertor geöffnet, Wasserspiegel liegt auf Höhe der unteren Haltung
- Das Fahrzeug fährt ein und verdrängt (im Querschnitt) das Volumen $V \approx a \cdot L$ in das *Unterwasser*.
- Schleusungsvorgang; die Wassermenge V (prop. Schleusenlänge mal Schleusenhub H x Schleusenbreite b) wird der oberen Haltung entnommen und später in die *untere* abgegeben.
- Das Fahrzeug ist ausgefahren; aus der oberen Haltung ist zusätzlich zur Schleusenfüllung die Wassermenge $V \approx a \cdot L$ in die Schleusenkammer gelangt.



Ist $H \cdot b = A$ die dem Schleusenhub entsprechende Querschnittsfläche, so wurde für die Schleusung bei der Bergfahrt etwa die Querschnittsfläche

$A + a$ verbraucht.

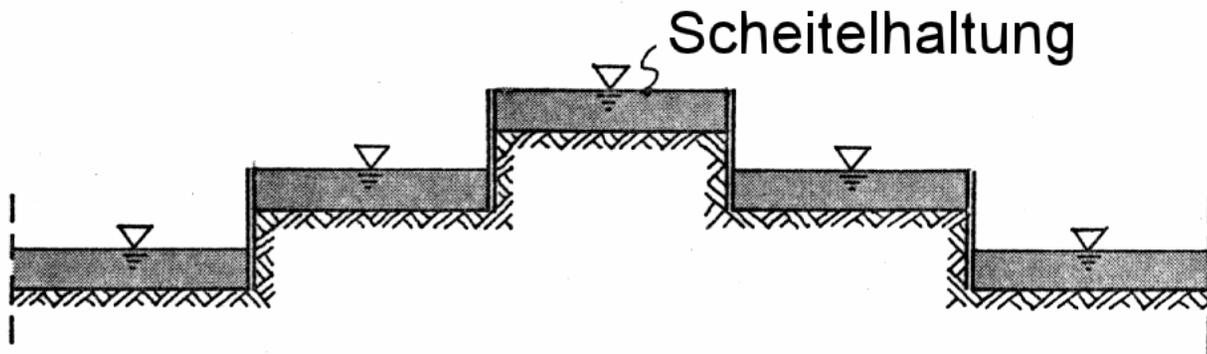
Talfahrt:

- a) Obertor geöffnet, Wasserspiegel liegt auf Höhe der oberen Haltung.
- b) Das Fahrzeug fährt ein; die Wassermenge $V \approx a \cdot L$ wird in das Oberwasser verdrängt.
- c) Schleusungsvorgang, wie bei der Bergfahrt, nur in umgekehrter Richtung.
- d) Das Fahrzeug ist ausgefahren; das Wasservolumen $V \approx a \cdot L$ in der Kammer wurde aus der unteren Haltung ergänzt. „Verbrauchter“ Querschnitt



Wichtig bei Schleusen kleiner Hubhöhe und starkem Verkehr.
Falls die Schleusenverluste zu groß für den Wasserhaushalt werden, muss entweder eine künstliche Einspeisung erfolgen oder es müssen

- a) Sparschleusen
 - b) Schiffshebwerke
- verwendet werden.



In einer *Scheitelhaltung* findet nur *Ablauf* durch Schleusungen statt. Es ist künstliche Einspeisung erforderlich.

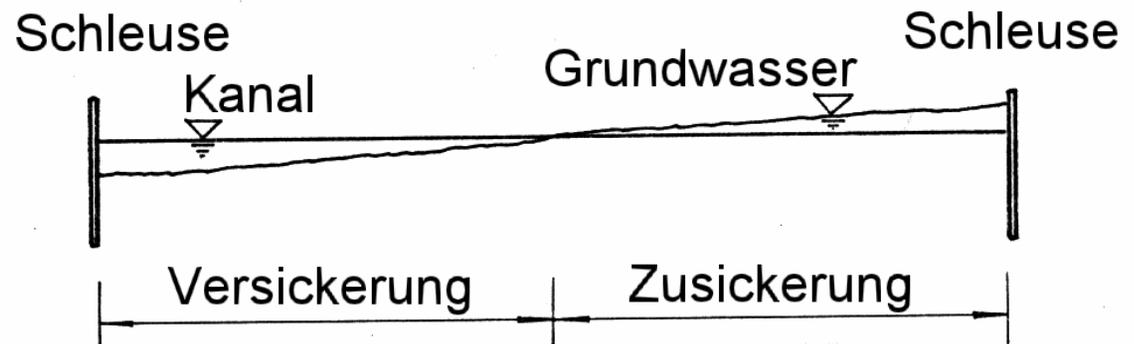


2.2 Leckwasser an Schleusen

Hängt erheblich von der Güte der Dichtungen an den Toren und den Verschlussorganen ab. Die Faustregel: 5 l/s je 1m Schleusenhub (Fallstufenhöhe) ist überholt. Mit modernen Dichtelementen kann fast vollständige Dichtigkeit erzielt werden. Bedeutungsvoll ist, dass dadurch auch unplanmäßige dynamische Beanspruchungen unterbunden werden, vergl. Kapitel Dichtungen.

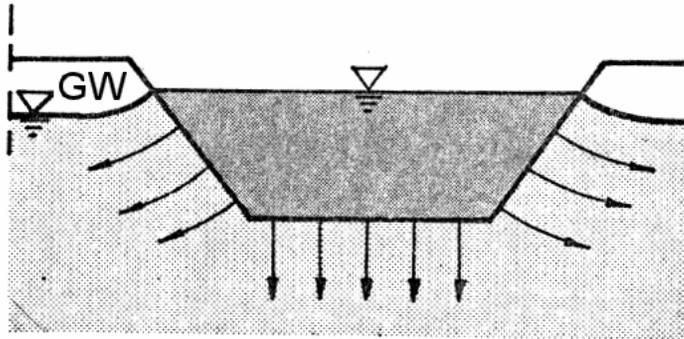
2.3 Versickerung und Zusickerung

Von entscheidender Bedeutung bei ungedichteten Kanälen und durchlässigem Untergrund. Kanalspiegel sollte in einer Haltung so festgelegt werden, dass Versickerung und Zusickerung einander ausgleichen:



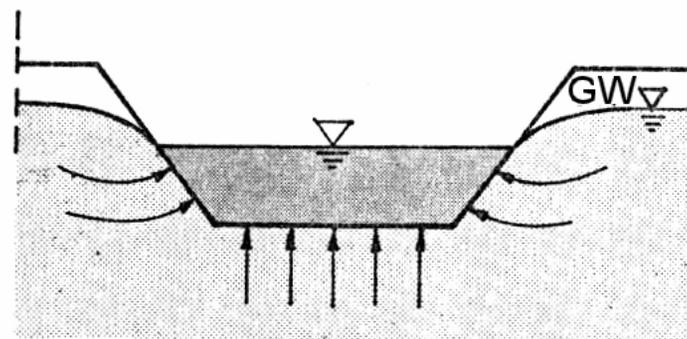


Zu beachten ist, dass der Grundwasserspiegel zeitlichen Änderungen unterworfen ist.



Versickerung

Kanal als Streckenquelle



Zusickerung

Kanal als Streckensenke

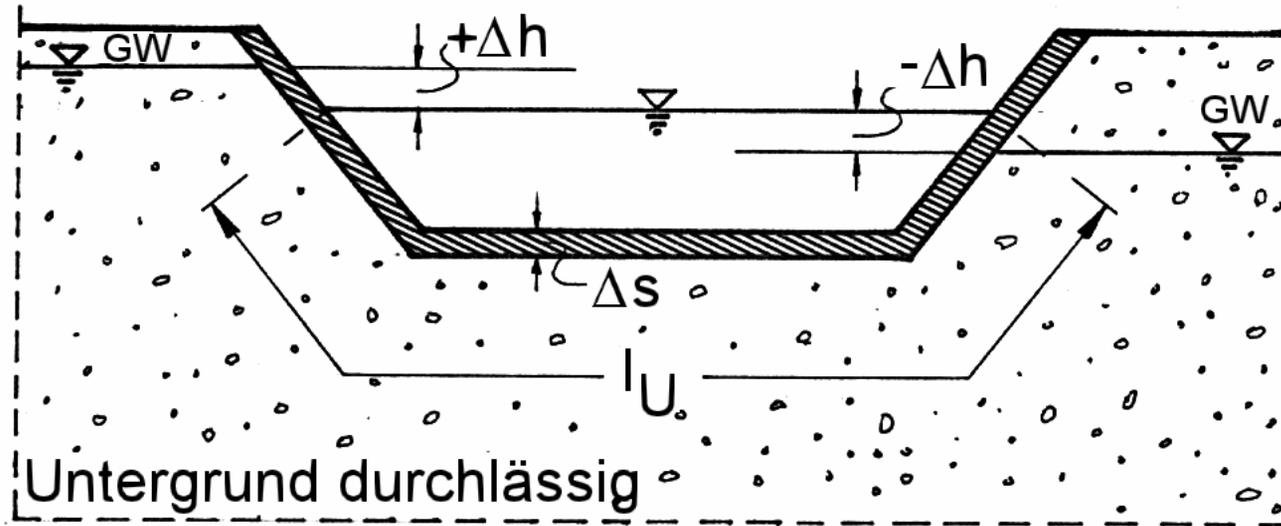
Die Folgen, insbesondere für Land- und Forstwirtschaft, müssen bei Planungen eingehend beachtet werden (Austrocknung bzw. Vernässung). Beweissicherung durch Grundwasserpegel; besser durch die Verfahren der *Pflanzensoziologie*.

Wenn der Wasserhaushalt nicht beherrschbar ist, müssen Dichtungen verwendet werden.



Teildurchlässige Dichtung:

Diese besteht aus einer Lehm- oder Tonschicht der Stärke Δs auf dem benetzten Umfang I_U des Kanalquerschnittes



Wenn Δh = Wasserstandsunterschied zwischen Kanal- und Grundwasserspiegel, ist nach DARCY die Filtergeschwindigkeit v_f

$v_f = k_f \cdot J = k_f \cdot \Delta h / \Delta s$ und der Durchfluss Q auf der Länge L

$Q = A \cdot v_f = I_U \cdot L \cdot k_f \cdot \Delta h / \Delta s$

mit k_f = Durchlässigkeitsbeiwert nach DARCY in m/s. Je nach Lage von Δh über dem Kanalspiegel (Zusickerung) oder unterhalb (Versickerung) wechselt das Vorzeichen von Q .



Beispiel : $L = 50 \text{ km} = 50\,000 \text{ m}$

$l_U = 55 \text{ m}$ (Elbe-Seitenkanal)

$A = 55 \cdot 50\,000 = 2,75 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

Angenommen: $\Delta h = 0,1 \text{ m}$, $\Delta s = 1 \text{ m}$

$$I = \Delta h / \Delta s = 0,1$$

a). Dichtungsmaterial lehmiger Sand (mit $k_f = 10^{-4} \text{ m/s}$)

$v_f = 10^{-4} \cdot 10^{-1} = 10^{-5} \text{ m/s}$; $Q = 2,75 \cdot 10^6 \cdot 10^{-5} = \underline{27,5 \text{ m}^3/\text{s}}$ **schlecht !**

b). Dichtungsmaterial Lehm (mit $k_f = 10^{-7} \text{ m/s}$)

$v_f = 10^{-7} \cdot 10^{-1} = 10^{-8} \text{ m/s}$; $Q = 2,75 \cdot 10^6 \cdot 10^{-8} = 0,0275 \text{ m}^3/\text{s}$

$= \underline{27,5 \text{ l/s}}$ **gut!**

Bei deutschen Kanälen liegt Q zwischen 10 und 20 l/s je km.

Δh i.A. bis $\pm 0,5 \text{ m}$, sonst künstliche Dichtungen (Beton, Asphaltbeton o. a.). (Problematisch am Elbe-Seitenkanal !)



2.4 Niederschlag und Verdunstung

Spielt in Mitteleuropa für den Wasserhaushalt von Kanalhaltungen nur eine untergeordnete Rolle. Verdunstung 800 bis 1000mm/Jahr entspricht etwa der Niederschlagsmenge. Verdunstung allerdings 75% des Jahresniederschlages in den Monaten April bis September, bis 2 l/s je km im Sommer.

In ariden Gebieten kann Verdunstung um Größenordnungen höher sein.

2.5 Künstliche Beeinflussungen

Schiffahrtskanäle können in Verbundplanung sowohl zur Entwässerung als auch für Bewässerungszwecke im landwirtschaftlichen Wasserbau verwendet werden.

Ebenso kann einer Kanalhaltung Brauchwasser für Industriezwecke entnommen und wieder zugeleitet werden, soweit die Wassergütequalität gewahrt bleibt.



Wichtig sind Einspeisungen für die Einhaltung der Mindestwassertiefe.

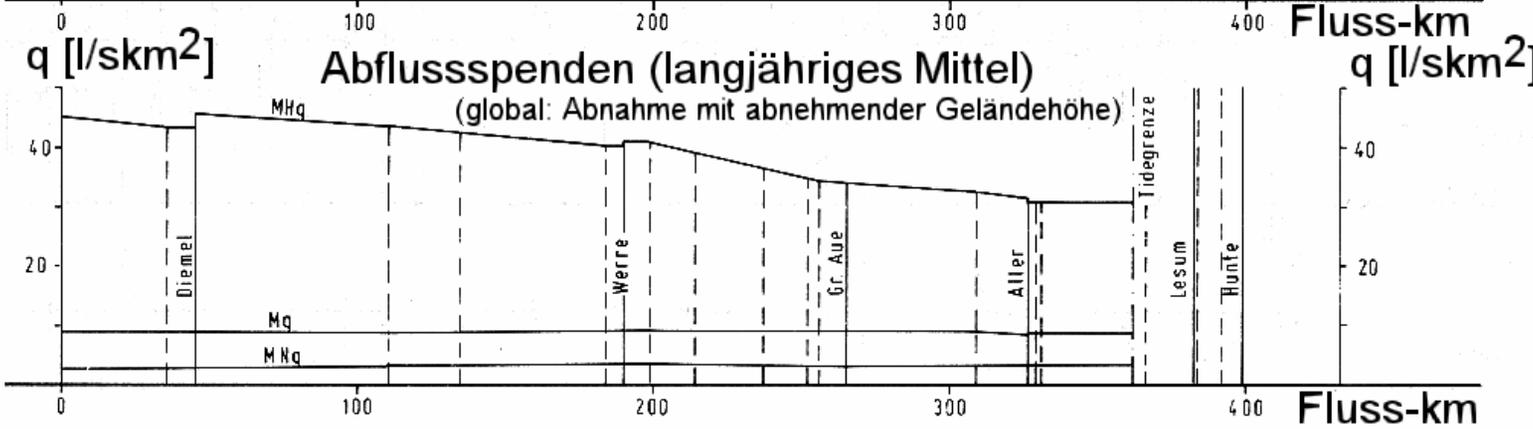
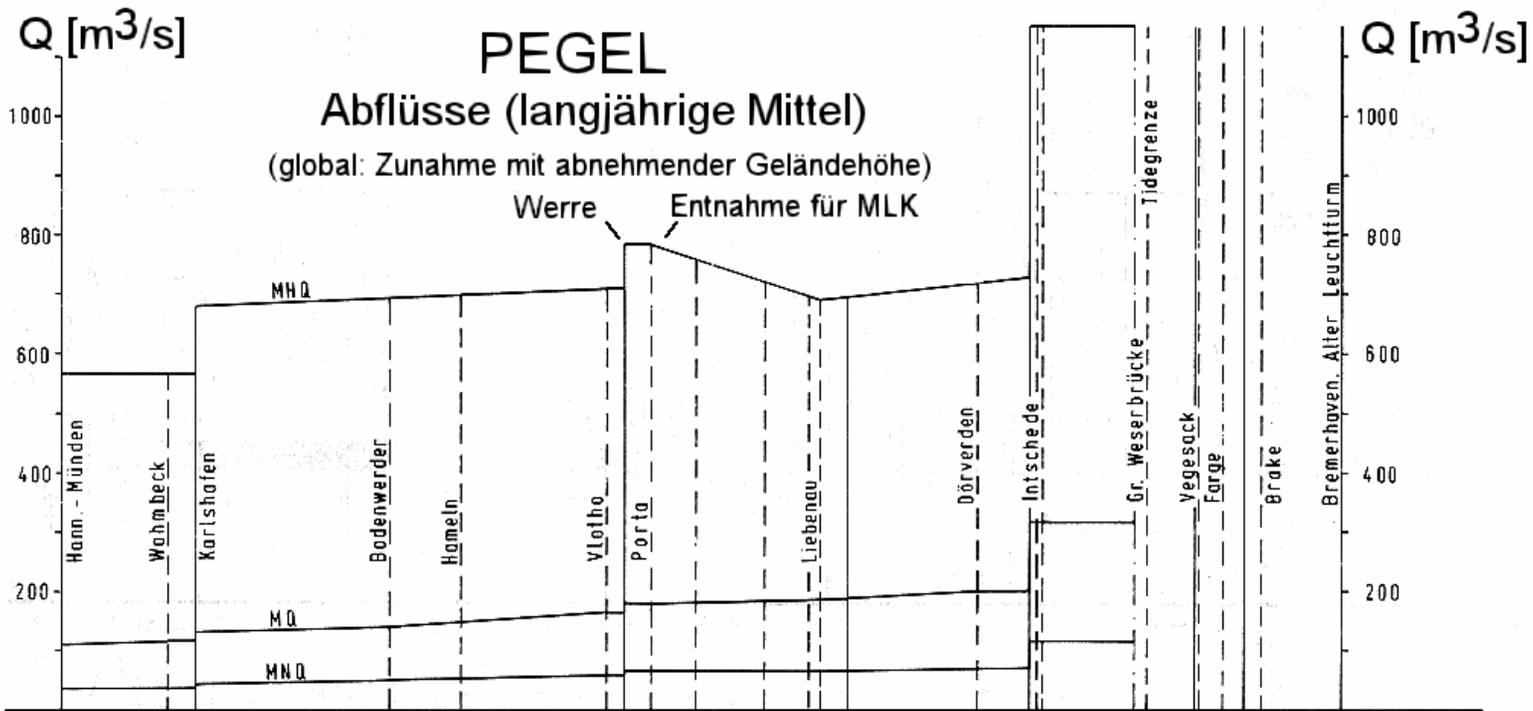
Sie können erfolgen als

- a) Einspeisungen aus natürlichem Gewässer (Flüssen)
- b) durch Pumpbetrieb.

Bei Einspeisungen aus Flüssen ist auf den Feststoffgehalt (Schwebstoffgehalt) zu achten. Pumpbetrieb findet meist an Schleusen aus der unteren in die obere Haltung statt (Nachtstrombetrieb).

Vor Ein- und Ausleitungsbauwerken dürfen die entstehenden Querströmungen im Kanal die Schifffahrt nicht gefährden.

Beim Mittellandkanal wird zeitweise durch Einspeisen wärmeren Flusswassers (aus der Weser bei Minden) die Eisbildung verzögert (auf der Haltung Münster - Anderten).



n. BfG Koblenz