

# **Anforderungen an vorgefertigte, schwimmende Ölsperren für Binnengewässer**

(GMBL G 3191 A, Nr. 14, S. 277, Bek. v. 8.3.99)

## **1 Zweck und Geltungsbereich**

## **2 Arten von schwimmenden Ölsperren**

2.1 Tauchwandsperren

2.2 Sonderformen

## **3 Werkstoffe**

## **4 Einsatz von Ölsperren**

4.1 Begriffe

4.2 Einsatzarten

4.3 Einsatzbereiche

4.3.1 Stehende und sehr langsam fließende Gewässer ( $v_F < 0,1$  m/s)

4.3.2 Schneller fließende Gewässer ( $0,1 < v_F = < 1,5$  m/s)

4.3.2.1 Anströmgeschwindigkeit  $0,1$  m/s  $< v_A < 0,35$  m/s

4.3.2.2 Anströmgeschwindigkeit  $v_A > 0,35$  m/s

4.3.3 Sehr schnell fließende Gewässer ( $v_F > 1,5$  m/s)

4.4 Wellenbeeinflusste Gewässer

## **5 Anforderungen**

5.1 Allgemeine Anforderungen / Eigenschaften

5.2 Werkstoffeigenschaften

5.3 Hydraulische Eigenschaften

5.3.1 Einfluß der Strömung

5.3.2 Erforderliche Tauchtiefe

5.3.3 Bei Anströmgeschwindigkeit  $v_A > 0,35$  m/s

5.3.4 Wirbelbildung

5.3.5 Kräfte

5.3.5.1 Strömungskräfte

5.3.5.2 Wellenkräfte

5.3.5.3 Windkräfte

5.3.5.4 Gesamtkraft

5.4 Handhabung

5.4.1 Abmessungen und Gewicht

5.4.2 Montage

5.4.3 Einbringen in Gewässer

5.4.4 Schleppen zum Einsatzort

5.4.5 Verankerung

- 5.4.6 Personaleinsatz
- 5.5 Bedienungsanleitung
- 5.6 Lagerung
- 5.7 Instandsetzung und Wartung
- 5.8 Reinigung
- 5.9 Überprüfung

## **1 Zweck und Geltungsbereich**

Ölsperren sollen die Ausbreitung und Verdriftung von Mineralölen und Mineralölprodukten begrenzen und deren möglichst schadlose Sammlung und Beseitigung ermöglichen. Hierzu müssen sie bestimmte Bedingungen hinsichtlich Funktionsweise, Materialeigenschaften und Handhabbarkeit erfüllen, die sich an einheitlichen und konkreten Mindestnormen orientieren. Die dafür formulierten „Anforderungen“ geben den mit der Beschaffung, Prüfung und Anwendung von Ölsperren befaßten Stellen Verfahrensregeln an die Hand, nach denen sie die Eignung einer Sperre beurteilen können.

Die „Anforderungen“ gelten nur für vorgefertigte, schwimmende Ölsperren, die auf Binnengewässern im Klimagebiet Mitteleuropas eingesetzt werden.

## **2 Arten von schwimmenden Ölsperren**

Schwimmende Ölsperren für Binnengewässer lassen sich nach ihrer technischen Ausführung wie folgt unterteilen:

### **2.1 Tauchwandsperrern**

Die Stabilität der Schwimmlage erhalten Tauchwandsperrern durch Eigenauftrieb, durch spezielle Luftkammern oder durch zusätzlich angebrachte Schwimmkörper sowie durch Eigengewicht oder zusätzlich angebrachte Gewichtselemente.

Zu unterscheiden sind:

- gelenkig miteinander zu verbindende, starre Sperrensegmente,
- miteinander zu verbindende, flexible Sperrensegmente

Bei letzteren unterscheidet man:

- Schläuche mit Kielflosse, die mit Luft, Luftschaum oder leichten Kunststoffen gefüllt sind und miteinander verbunden werden können,
- Sperrwände (Schürzen) mit Auftriebs- und Gewichtselementen.

### **2.2 Sonderformen**

Sonderformen sind ölaufsaugende Sperrern, die unter Verwendung von Ölbindern gefertigt sein können. Bei Einsatz von ölaufsaugenden Sperrern müssen vorab die Möglichkeiten der Beseitigung der Rückstände (Deponie, Verbrennen usw.) geklärt werden.

### 3 Werkstoffe

Als Werkstoffe zum Herstellen von Ölsperren und den dazugehörigen Verbindungselementen finden vor allem Kunststoffe, Metalle und Holz Verwendung. Die Werkstoffe müssen den unter 5.2 gestellten Anforderungen genügen.

### 4 Einsatz von Ölsperren

#### 4.1 Begriffe

Anstellwinkel	$\beta$	Winkel zwischen dem jeweiligen Sperrensegment und der dort herrschenden Fließrichtung
Anströmgeschwindigkeit	$v_A$	Fließgeschwindigkeitskomponente senkrecht zum jeweiligen Sperrensegment
Auftriebskörper		Schwimmelemente an einer Sperre, die den zusätzlichen Auftrieb gewährleisten
Blockageffekt		Die durch die Sperre bedingte Verengung des Fließquerschnitts des Gewässers wird berechnet als Verhältnis des von der Sperre blockierten Querschnitts zum Fließquerschnitt des Gewässers
effektive Tauchtiefe	$h_e$	Abstand des vertikalen Staupunkts von der Stillwasserlinie entspricht der Tiefe der Rezirkulationszone vor der Sperre bzw. der Rückstautiefe
Einbringwinkel	$\alpha$	Winkel zwischen der Sperrensehne $L_S$ und der Fließrichtung nach dem Auslegen der Sperre. $\alpha = 90^\circ$ , wenn die Sperrensehne $L_S$ rechtwinklig zur Fließrichtung verläuft
Freibord		Über die Wasseroberfläche ragender Teil der Sperre
Fließgeschwindigkeit	$v_F$	Geschwindigkeitskomponente in Fließrichtung eines Gewässers
Frontlinie		Oberstromige Begrenzung der Rezirkulationszone im Abstand $L_R$ von der Sperre
Frontzone		Bereich unmittelbar unterstrom der Frontlinie, wo die abtauchende Anströmung und die umgelenkte Rezirkulationsströmung einen flachen Trichter bilden, in dem sich Öl sammelt
Gewässerbreite	$B$	Abstand vom linken zum rechten Ufer

Leitbereich		Bereich einer Sperre, an der das Öl aus der Fließrichtung des Gewässers längs der Sperre umgelenkt wird
Nachlaufwalze		Wasserrezirkulation unterstrom der Sperre als Folge der Unterströmung der Sperre
Randwirbel		Wirbel am Übergang vom Leit- zum Staubereich einer Sperre
Rezirkulationszone		Zone mit der Länge $L_R$ zwischen Frontlinie und Sperre, wo Wasser und Öl gegen die Strömung umgelenkt werden
Rückstaubereich (Staubereich)		Bereich der Sperre zwischen den beiden Randwirbeln, wo das Öl gestaut wird
Rückstaubreite (Staubbreite)	$B_S$	Entfernung zwischen den beiden Randwirbeln
Rückstaulänge	$L_R$	Entfernung zwischen der Frontlinie und der Sperrwand
Rückstautiefe	$h_e$	Abstand des Staupunktes von der Stillwasserlinie, der effektiven Tauchtiefe bzw. der Tiefe der Rezirkulationszone vor der Sperre entspricht
Rückstauvolumen		Ölvolumen, das von einer Ölsperre durch Rückstau gebildet werden kann und das von Rückstaulänge $L_R$ , Rückstaubreite $B_S$ und Rückstautiefe $h_e$ abhängig ist
Schürze		Vertikaler Teil einer Tauchwandsperrre
Sperrrenlänge	$L$	Summe der Längen der einzelnen Sperrrensegmente
Sperrrenlinie		In der Sperrrenachse verlaufende Verbindung zwischen den Endpunkten der Sperre
Sperrrensehne		Gerade zwischen den beiden Schnittpunkten der Sperrrenlinie mit den Ufern bzw. zwischen einem Schnittpunkt und einem wasserseitigen Sperrrenende bzw. zwischen zwei wasserseitigen Sperrrenenden
Sperrrensehnenlänge	$L_S$	Länge der Sperrrensehne zwischen den Schnittpunkten mit den Ufern bzw. zwischen einem Schnittpunkt und einem wasserseitigen Sperrrenende bzw. zwischen zwei wasserseitigen Sperrrenenden

Staubereich		Bereich an der Sperre, an der das Öl rückgestaut wird, der sich zwischen den beiden Randwirbeln einer Sperre befindet
Staupunkt (vertikal)		Vertikale Stromtrennung im Punkt $S_v$ an einer getauchten Platte im Abstand $h_e$ von der Stillwasserlinie
Staupunkt (horizontal)		Horizontale Stromtrennung im Punkt $S_h$ vor einer getauchten Platte
Stillwasserlinie	SWL	Wasserspiegellinie der ungestörten Strömung
Stromtrennung		Trennung der Stromfäden an einem Hindernis in einer Strömung
Tauchtiefe	$h_t$	Abstand des tiefsten Punktes der Sperre von der Stillwasserlinie
Verdrängungsströmung		Strömung unter dem Staukörper „Sperre“ hindurch
Wassertiefe	$h$	Abstand der Stillwasserlinie von der Gewässer- sohle
Wellenhöhe	$H$	vertikale Entfernung zwischen Wellenberg und Wellental

Die Bilder 1, 2 und 3 verdeutlichen die Definitionen.

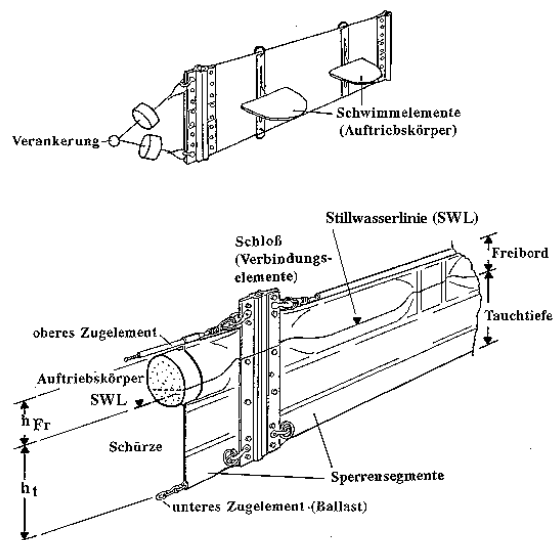


Bild 1: Ölsperren, schematische Darstellung (Beispiele aus Herstellerprospekten)

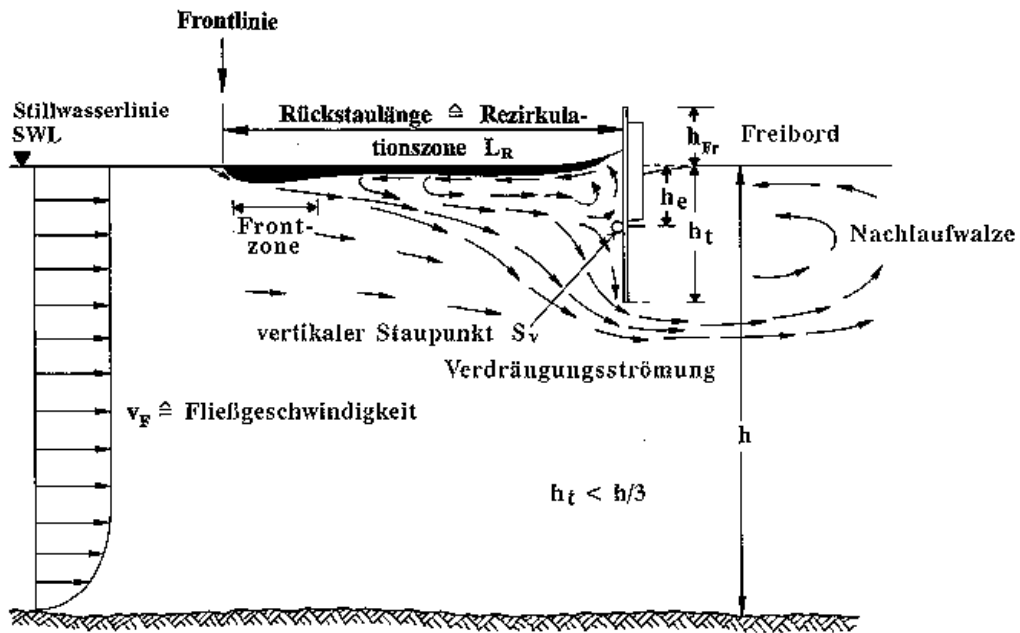


Bild 2: Rückhaltung von Öl vor einer Sperre (Seitenansicht)

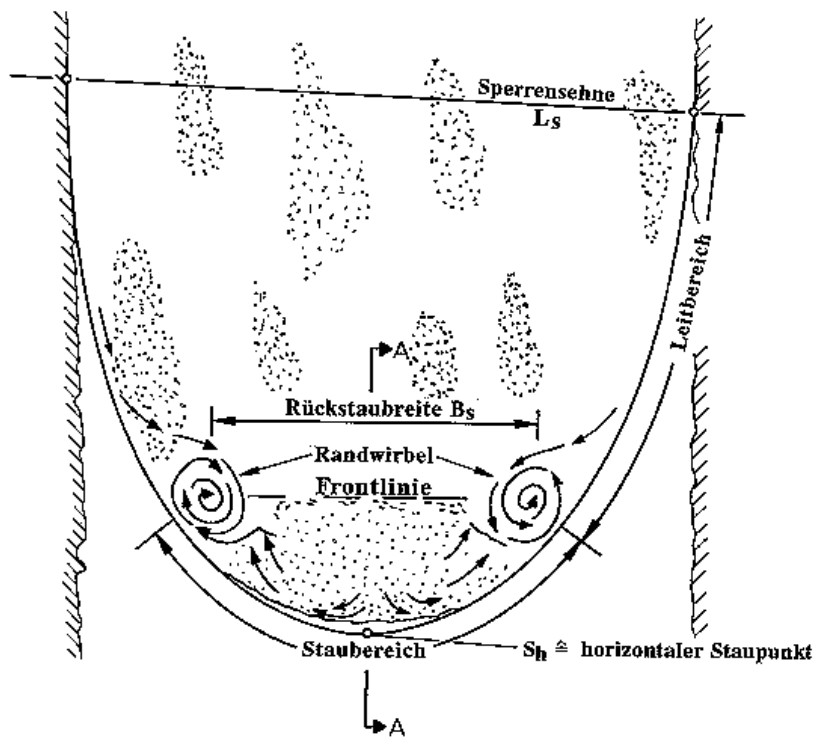


Bild 3: Rückhaltung von Öl vor einer Sperre (Draufsicht)

#### 4.2 Einsatzarten

Ölsperren können für folgende Einsatzmöglichkeiten bereitgehalten werden:

- Soforteinsatz an beliebigen sowie vorbereiteten Stellen mit transportablen Anlagen oder an

- der Einsatzstelle auf dem Ufer gelagerten Anlagen und
- Dauereinsatz an vorbereiteten Stellen mit stationären, schwimmenden Anlagen.

Grundsätzlich sind vier technische Einsatzarten möglich, an der Wasseroberfläche driftende Öllächen zu bekämpfen und zwar mittels:

- Stausperren (Bild 4a), die das Öl an seiner Fortbewegung in eine Vorzugsrichtung hindern und bei niedrigen Fließgeschwindigkeiten aufstauen,
- Sammelsperren (Bild 4b), die das mit der Strömung treibende Öl mit einer vorgegebenen Relativgeschwindigkeit mit der geschleppten Sperre an eine andere Stelle transportieren,
- Leit- oder Lenksperren (Bild 4c), die das Öl in eine vorher festgelegte Richtung abweichend von der natürlichen Transportrichtung umlenken und
- Trogsperren (Bild 4d), die mit der Strömung mitschwimmen und das Öl an einer bestimmten Stelle bei praktisch gleicher Geschwindigkeit eingrenzen und konzentrieren.

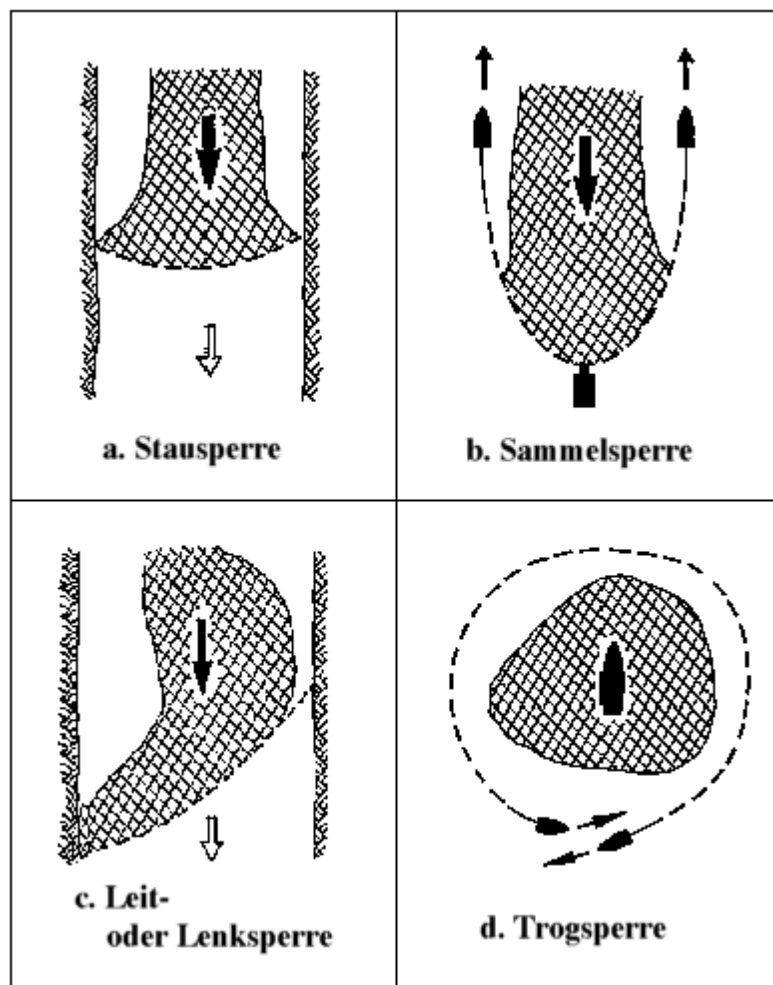


Bild 4: Einsatzarten von Ölsperren

### 4.3 Einsatzbereiche

Einsatzarten, konstruktive Ausbildung und Stau- bzw. Rückhaltevermögen schwimmender Ölsperren richten sich nach der Art der Gewässer, die von den unterschiedlichen geometrischen, hydraulischen und meteorologischen Bedingungen mitgeprägt werden.

#### 4.3.1 Stehende und sehr langsam fließende Gewässer ( $v_F < 0,1$ m/s)

Bei stehenden und sehr langsam fließenden Gewässern mit Fließgeschwindigkeiten  $v_F < 0,1$  m/s (Seen, Häfen, Kanäle, Stauhaltungen usw.) haben Wind und Wellen größeren Einfluß auf das Verhalten von aufgestauten Öllachen als die Strömung. Es fehlt z. B. die die Schwimmlage stabilisierende Strömungskraft auf die Sperrenschürze, so daß die auf den Freibord wirkenden Windkräfte Sperren kippen können. Zu beachten ist jedoch, daß in solchen Strömungsbereichen Sperren durch den Wind selbst verdriftet und entgegen der Strömungsrichtung bewegt werden können.

Aufgabe der Sperre ist hier primär, einer Ausbreitung des Öls oder seiner Verdriftung durch Wind entgegenzuwirken. Beim Einsatz von Sperren wird die auf der Wasseroberfläche driftende Öllache gegen die vertikale Sperrwand verfrachtet, an der Fortbewegung gehindert und zurückgestaut (siehe Kapitel 5.3.1). Es genügen daher Tauchtiefen einer Sperre, die der maximal zu erwartenden Ölschichtdicke entsprechen. Für diesen Bereich kommen Sammel- und Trogsperren in Frage.

#### 4.3.2 Schneller fließende Gewässer ( $0,1$ m/s $< v_F < 1,5$ m/s)

Für das Rückstauverhalten von schwimmenden Ölsperren (mechanischen Barrieren) in einem Fließgewässer ist die senkrecht zur Sperrlinie wirkende Fließgeschwindigkeitskomponente  $v_A$  von ausschlaggebender Bedeutung. Diese ist nur dann mit der Fließgeschwindigkeit  $v_F$  des Gewässers identisch, wenn die Sperrlinie senkrecht zur Fließrichtung verläuft (Anstellwinkel  $\beta = 90^\circ$ ). In allen anderen Fällen ist die Anströmgeschwindigkeit  $v_A$  eine Funktion der örtlichen Fließgeschwindigkeit  $v_F$  und des jeweiligen Anstellwinkels  $\beta$  des Sperrensegments zur Fließrichtung.

##### 4.3.2.1 Anströmgeschwindigkeit $0,1$ m/s $< v_A < 0,35$ m/s

Mit wachsender Fließgeschwindigkeit bzw. Anströmgeschwindigkeit wird die Öllache mit dem strömenden Wasser zur Sperre verfrachtet. Aufgabe der Sperre ist es nun, das Öl zurückzuhalten. In diesem Bereich können alle vier Einsatzarten von Sperren genutzt werden.

##### 4.3.2.2 Anströmgeschwindigkeit $v_A > 0,35$ m/s

Ab einer Anströmgeschwindigkeit von  $v_A \cong 0,35$  m/s im Staubereich der Sperre nimmt das Rückhaltevermögen schwimmender Ölsperren rasch ab, und die Sperren werden bei falsch gewähltem Anstellwinkel vom Öl unterlaufen. Um auch bei dieser Geschwindigkeit ein wirksames Zurückhalten und Sammeln von Öl zu ermöglichen, muß die Sperre schräg zur Fließrichtung ausgebracht werden (Leitsperre). Dadurch kann das Öl in jene Gewässerbereiche umgeleitet werden, wo die Anströmgeschwindigkeit unter die kritische Grenze von  $v_{Akrit} = 0,35$  m/s sinkt und das Zurückhalten,

Sammeln und Beseitigen wieder möglich wird. Das Rückhaltevermögen kann durch das Hintereinanderschalten mehrerer paralleler Sperren verbessert werden, wobei hier ein

ausreichender Abstand zwischen den Sperren (je nach Fließgeschwindigkeit und Anstellwinkel der Sperren) zwischen 6 m und 10 m einzuhalten ist. In diesem Bereich sind also nur noch Leitsperren sinnvoll einsetzbar.

#### 4.3.3 Sehr schnell fließende Gewässer ( $v_F > 1,5 \text{ m/s}$ )

Ab einer Fließ- bzw. Anströmgeschwindigkeit von  $v_f$  bzw.  $v_A = 1,5 \text{ m/s}$  ist auch bei dieser Einsatzart selbst bei sehr spitzem Anstellwinkel  $\beta$  ein wirksames Zurückhalten und Sammeln von Öl mittels Ölsperren jeder Art nicht mehr möglich.

#### 4.4 Wellenbeeinflusste Gewässer

Hier sind Ölsperren zu verwenden, die sich durch ihre Konstruktion und Installation der Wellenbewegung anpassen können:

- Ihre Vertikalbewegungen (Tauchung, Stampfen) müssen den Wellen soweit synchron folgen, daß das mit den Wellen an der Sperre nach oben bzw. nach unten bewegte Öl die Sperre weder überspülen noch unterlaufen kann. Das bedeutet, daß die Sperre in der Längsachse ausreichend flexibel sein und über genügende Auftriebsreserve verfügen muß.
- Die Roll-, Stampf- und Gierwinkel sollen  $15^\circ$ ,  $20^\circ$  bzw.  $30^\circ$  nicht übersteigen (Bild 5).

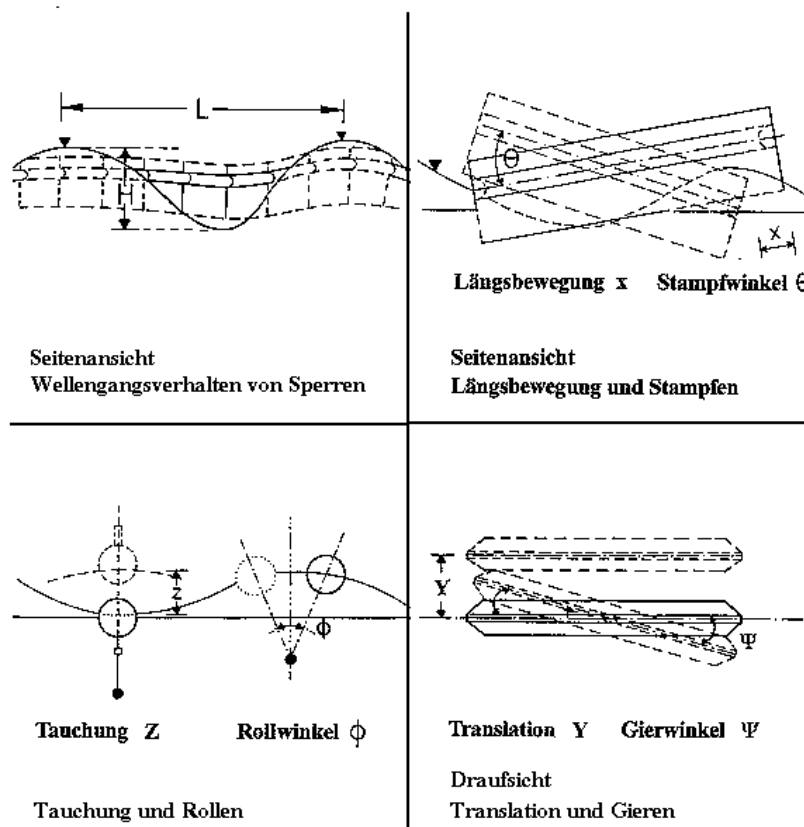


Bild 5: Bewegungsverhalten einer Sperre bei Wellengang

- Wird eine Sperre so eingebracht, daß die Sperrenachse der einzelnen Sperrensegmente senkrecht zur Wellenfortschrittsrichtung verläuft (Normalfall), werden die Sperrensegmente zu Querschwingungen (Gieren, Translation, Rollen) angeregt. Diese müssen zu den kreisförmigen Flüssigkeitsbewegungen in den Wellen soweit synchron sein, daß keine großen Relativbewegungen zwischen Sperre und Welle entstehen. Solche Relativbewegungen würden sonst zu überkritischen Fließgeschwindigkeiten an der Sperre und zu Ölverlusten durch Unterlaufen führen ( Bild 11 ).
- Durch die Einbringung der Sperrensegmente unter verschiedenen Winkeln zur Wellenfortschritts-richtung kommt es in dem abgesperrten Bereich zu Refraktionen der Wellen zu einem Zentrum. Das führt innerhalb des abgesperrten Bereichs zu unruhiger Wasseroberfläche und zum Transport des Öls zu diesem Refraktionszentrum (Bild 16).

Außerdem müssen die Ölsperren eine so große Festigkeit besitzen, daß sie die auftretenden Kräfte aufnehmen können. Gerade infolge der Einwirkung von Wellen können sehr große Zugkräfte entstehen.

## **5 Anforderungen**

### **5.1 Allgemeine Anforderungen**

Ölsperren müssen eine stabile Lage im Wasser bei Strömungs-, Wind- und Welleneinflüssen aufweisen. Die Schwimmfähigkeit muß über den vorgesehenen Einsatzzeitraum erhalten bleiben.

Die Auftriebsreserve an einem Sperrkörper sollte das 2,5fache seines Gewichts betragen.

Die hydraulischen Anforderungen gelten sinngemäß auch für andere Gewässerbereiche.

### **5.2 Werkstoffeigenschaften**

Für die Herstellung von Ölsperren sind Werkstoffe zu verwenden, die hinsichtlich der nachstehenden Eigenschaften auf die jeweilige Einsatzart abgestimmt sein müssen:

- Druckfestigkeit
- Zugfestigkeit
- Biegezugfestigkeit
- Knickfestigkeit
- Scherfestigkeit
- Stoßfestigkeit
- Schlagfestigkeit
- Abriebfestigkeit
- Witterungsbeständigkeit
- Beständigkeit gegen Mikroorganismen
- Beständigkeit gegen Mineralöle und Detergentien
- Brandverhalten
- Pflegeleichtigkeit (Reinigung)

Für besondere Einsatzzwecke bei Stoffen der Gefahrenklasse A1 sollten sämtliche Ölsperrenteile - insbesondere die Verbindungselemente - aus nicht funkenschlagerndem Material bestehen.

Vor allem bei der Verwendung von Kunststoffen sind bestimmte Auswahlkriterien zu berücksichtigen, von denen hier nur die wichtigsten genannt werden sollen. Im Hinblick auf den Einsatz und den Transport der Ölsperren bei niedrigen Temperaturen dürfen nur Kunststoffe mit entsprechenden Tieftemperatureigenschaften verwandt werden, die eine ausreichende Kälteflexibilität und Kältebruchtemperatur aufweisen. Ungeeignet sind deshalb Kunststoffe, deren Temperaturflexibilität und -elastizität durch ein spezielles Einstellen auf Ölbeständigkeit gemindert werden. Zu vermeiden ist die Verwendung von Kunststoffen, deren Resistenzfaktoren durch längeres Einwirken von Öl gemindert werden und deren Festigkeitsniveau bzw. deren Reißfestigkeit durch den Einbau von Flammenschutzmitteln herabgesetzt werden. Falls die Kunststoffe Flammenschutzmittel enthalten, dürfen diese nicht abdampfen. Abzulehnen sind auch Kunststoffe, deren Zeitstandfestigkeit sich durch längere Lagerung im Gewässer oder auf dem Ufer verringert.

Im Hinblick auf die Widerstandsfestigkeit des Materials für Ölsperren gegenüber schädigender Einwirkung durch Pflanzen und Tiere ist mit besonderer Sorgfalt bei der Auswahl von Textilien und Kunststoffen vorzugehen. Die Materialien sollen so beschaffen sein, daß sie sich unter dem Einfluß der Stoffwechselprodukte von Pflanzen und Tieren nicht zersetzen. Bei Verbleib im Wasser dürfen Algen- und Muschelbewuchs nicht zu nachteiligen Veränderungen der Materialeigenschaften führen.

Alle geforderten Eigenschaften sind vom Hersteller durch entsprechende Zertifikate zu belegen.

Handelt es sich um Sperren, die neben der Sperrwirkung auch gleichzeitig eine ölaufsaugende Wirkung haben sollen und deshalb entweder aus ölaufsaugenden Materialien bestehen oder mit ölaufsaugenden Materialien gefüllt sind, dann muß für diese Materialien ein Prüfzeugnis gemäß den „Anforderungen an Ölbinder“ (jeweils gemäß der gültigen Fassung) vorliegen. Solche ölaufsaugenden Materialien müssen Ölbinder der Typen I, II oder VI sein. Hierbei kann es sich vor allem um Granulate, Pulver, Vliese und Würfel handeln.

Die ordnungsgemäße Entsorgung der mit Öl beaufschlagten ölaufsaugenden Sperren muß gesichert sein.

### **5.3 Hydraulische Eigenschaften**

Wahl der Sperrentypen (Konstruktion), Einsatzart, Handhabung und das dadurch bedingte Stau- bzw. Rückhaltevermögen einer Ölsperre werden wesentlich durch die Einwirkungen von Strömungen, Wind und Wellen auf den Sperrkörper bestimmt. Im folgenden werden diese Zusammenhänge erläutert.

#### **5.3.1 Einfluß der Strömung**

Die Strömung eines Gewässers transportiert das Öl zur Sperre, wo es sich im Staubereich, d. h. dem Rückhaltebereich der Sperre, in einer Schicht sammelt, deren Fläche und Dicke von der Ölmenge und den hydraulischen Verhältnissen an der Sperre bestimmt werden (Bild 6).



Bei geringer Anströmgeschwindigkeit ( $0 < v_A < 0,1 \text{ m/s}$ ) staut sich das Öl an der Sperre mit sehr geringer Stauhöhe entsprechend dem Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit des gestauten Öls zu dessen Transportgeschwindigkeit gegen die Sperre, wobei es sich praktisch unbegrenzt stromauf ansammeln kann. In horizontaler Ebene wird das Öl am horizontalen Staupunkt  $S_h$  im Staubereich nach beiden Seiten der Sperre umgelenkt. Am Übergang zwischen dem Leit- und dem Staubereich der Sperre entstehen zwei Wirbel (Bilder 7, 8 und 9), die Randwirbel.

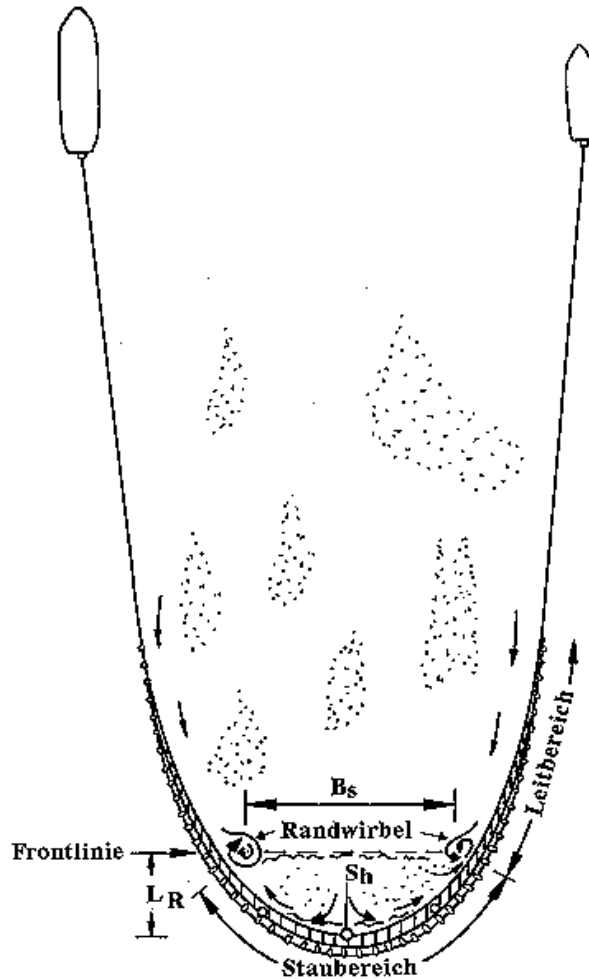


Bild 7: Stauen von Öl vor einer Sammelsperre

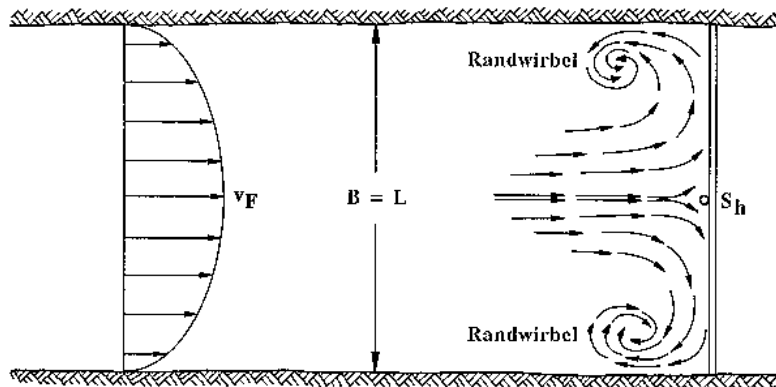


Bild 8: Stauen von Öl an einer Sperre (horizontale Stromtrennung)

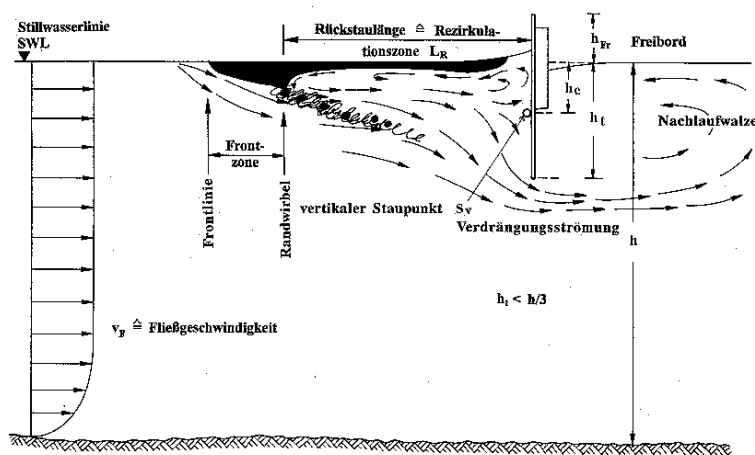


Bild 9: Stauen von Öl an einer Sperre (vertikale Stromtrennung)

Mit zunehmender Anströmgeschwindigkeit ( $0,1 \text{ m/s} < v_A < 0,25 \text{ m/s}$ ) rückt die gestaute Ölschicht an die Sperre heran. Gleichzeitig wird die Rücklaufgeschwindigkeit in der oberhalb des vertikalen Staupunkts  $S_v$  entstehenden Rezirkulationszone größer. An der Stelle, wo die Komponenten der Horizontalgeschwindigkeiten aus der Strömung und der Rezirkulation sich aufheben und nach unten umgelenkt werden (Bild 9), entsteht eine sich verdickende Ölschicht, die sogenannte Frontzone, unmittelbar stromunterhalb der sogenannten Frontlinie. Das Rückstauvolumen nimmt durch das Heranrücken der Ölschicht an die Sperre ab, denn der Staupunkt verändert seine Lage an der Sperrwand nicht. Die an beiden Übergängen des Staubereichs zum Leitbereich der Sperre entstehenden Randwirbel können nun so stark werden, daß mit ihnen Öl aus dem Staubereich unter der Sperre hindurchtransportiert wird.

Bei weiter gesteigerter Anströmgeschwindigkeit ( $0,25 \text{ m/s} < v_A < 0,35 \text{ m/s}$ ) rückt die Frontlinie näher an die Sperrwand heran und die Ölschicht in der Frontzone verdickt sich. Die Randwirbel transportieren nun ständig aus der gestauten Öllache herausgelöste Tröpfchen und Schlieren in die Verdrängungsströmung und unter der Sperre hindurch. Da der vertikale Staupunkt an der Sperrwand sich weiterhin nicht merklich abwärts bewegt, wird der für den Rückstau zur Verfügung stehende Raum ( $\sim L_R \cdot h_e \cdot B_S$ ) und damit das Rückstauvolumen noch kleiner (Bild 10).

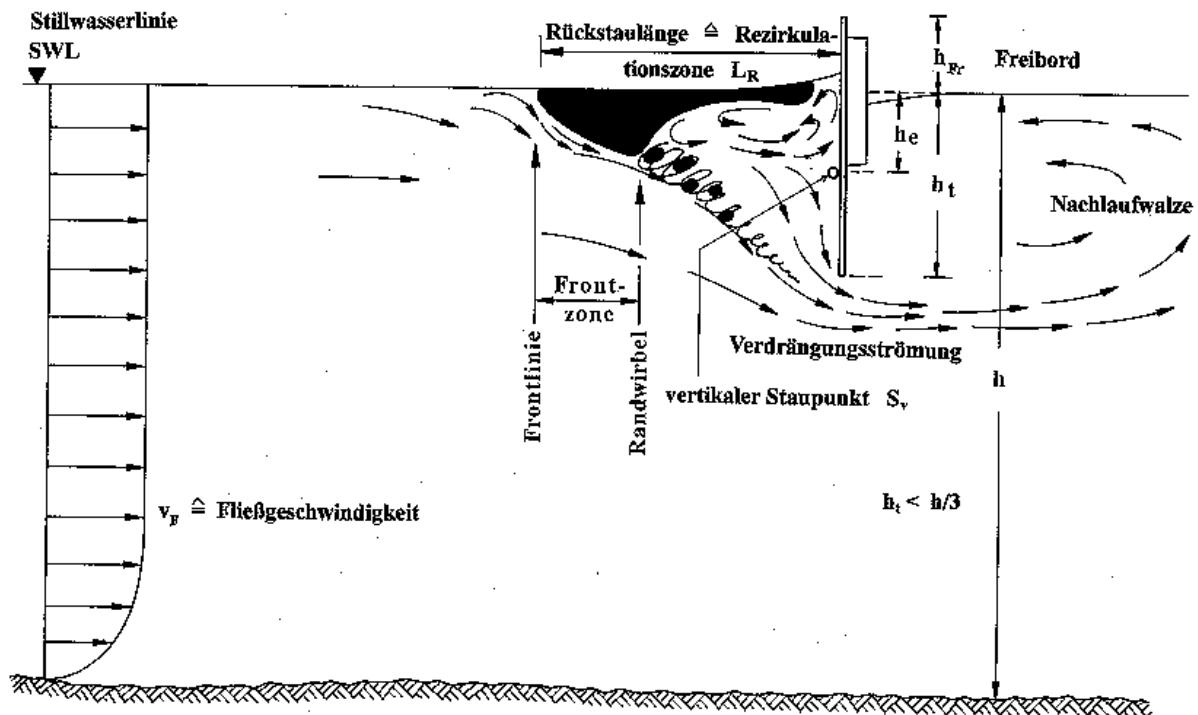


Bild 10: Stauen von Öl bei einer Anströmgeschwindigkeit  $0,25 \text{ m/s} < v_A < 0,35 \text{ m/s}$

Der durch die Rezirkulationsströmung direkt an der Sperre entstehende ölfreie Raum ist klar erkennbar. Starke Turbulenzen innerhalb der Rezirkulationsströmung erlauben der gestauten Ölschicht jedoch ständig, mit der Wand in Berührung zu kommen.

Übersteigt die herantransportierte Ölmenge das Rückstauvolumen oberstrom der Sperre, d. h. den von der Lage  $h_e$  des vertikalen Staupunkts  $S_v$ , der Rückstaulänge  $L_R$  und der Staubreite  $B_S$  gebildeten Raum, wird der Überschuss direkt unter der Sperrwand hindurchbefördert. Es ist also nicht möglich, durch Erhöhung der Tauchtiefe einer Sperre ein größeres Rückstauvermögen zu erreichen und dadurch größere Mengen an Öl durch eine Sperre zurückzuhalten, als durch das kritische Volumen gegeben ist, da ausschließlich die effektive Tauchtiefe  $h_e$  die vertikale Begrenzung des rückstaufähigen Volumens festlegt und diese ihre Lage über den gesamten Bereich von  $v_A = 0 \text{ m/s}$  bis zur kritischen Anströmgeschwindigkeit  $v_{\text{Akrit}} \cong 0,35 \text{ m/s}$  kaum ändert.

Meßdaten aus Natur- und Laborversuchen haben bestätigt, daß es eine kritische Anströmgeschwindigkeit von  $v_{\text{Akrit}} \cong 0,35 \text{ m/s}$  gibt, ab der Sperren das herandrifende Öl nicht mehr dauerhaft zurückhalten können.

### 5.3.2 Erforderliche Tauchtiefe

Um ein wirkungsvolles Zurückhalten und Sammeln von Öl zu gewährleisten, muß die Sperre eine Mindesttauchtiefe  $h_{tmin}$  erhalten. Diese muß so groß sein, daß die Sperre das Öl sicher aufstauen und zurückhalten kann. Die erforderliche Tauchtiefe entspricht dabei mindestens dem Abstand des vertikalen Staupunktes von der Wasserlinie an der Sperre, da das Rückstauvolumen der Sperre durch seine Position nach unten begrenzt wird, d. h.

$$h_{tmin} = h_e > 0,10 \text{ m.}$$

Treten Wellen auf, ist die Tauchtiefe um so größer zu wählen je höher die Wellen sind, um ein Unterschreiten der Sperrentauchtiefe durch ein Wellental zu vermeiden. Außerdem ist die Sperrentauchtiefe so auszulegen, daß bei der sich aus den angreifenden Strömungs-, Wind- und Wellenkräften einstellenden Neigung der Sperre  $h_{tmin}$  nicht unterschritten wird. Bei beschränkter Wassertiefe  $h$  sollte die Tauchtiefe der Sperre  $h_t$  einen Wert von

$$h_{tmax} = 2/3 h$$

nicht überschreiten, um Blockageeffekte der Strömung (erhöhte Abflußgeschwindigkeit durch verkleinerten Restquerschnitt unter der Sperre) möglichst klein zu halten (Bild 11). Sonst besteht die Gefahr, daß die Sperre auch bei geringeren Anströmgeschwindigkeiten ( $v_A < 0,35 \text{ m/s}$ ) vom Öl unterlaufen wird. Außerdem kann die Sperre vertikal zu schwingen beginnen (Drosseleffekt), wodurch sich das Unterlaufen noch verstärkt.

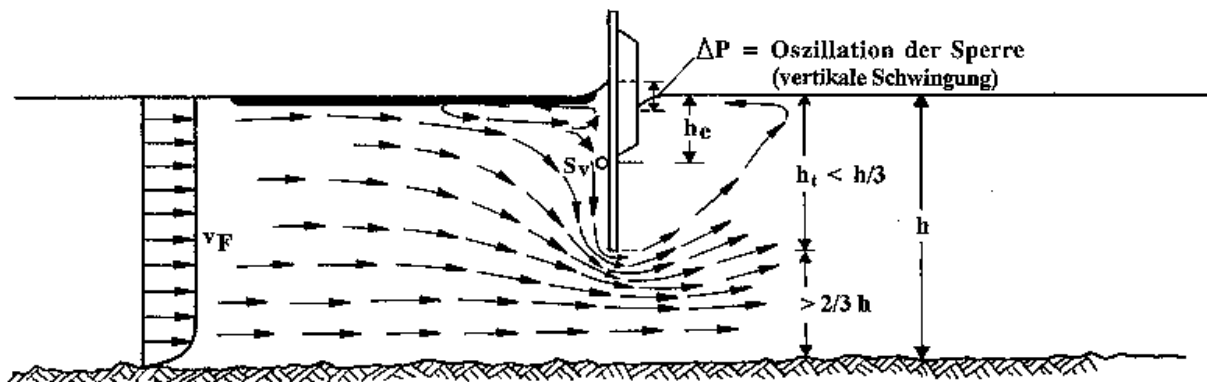


Bild 11: Kritische Tauchtiefe bei Ölsperren (Drosseleffekt)

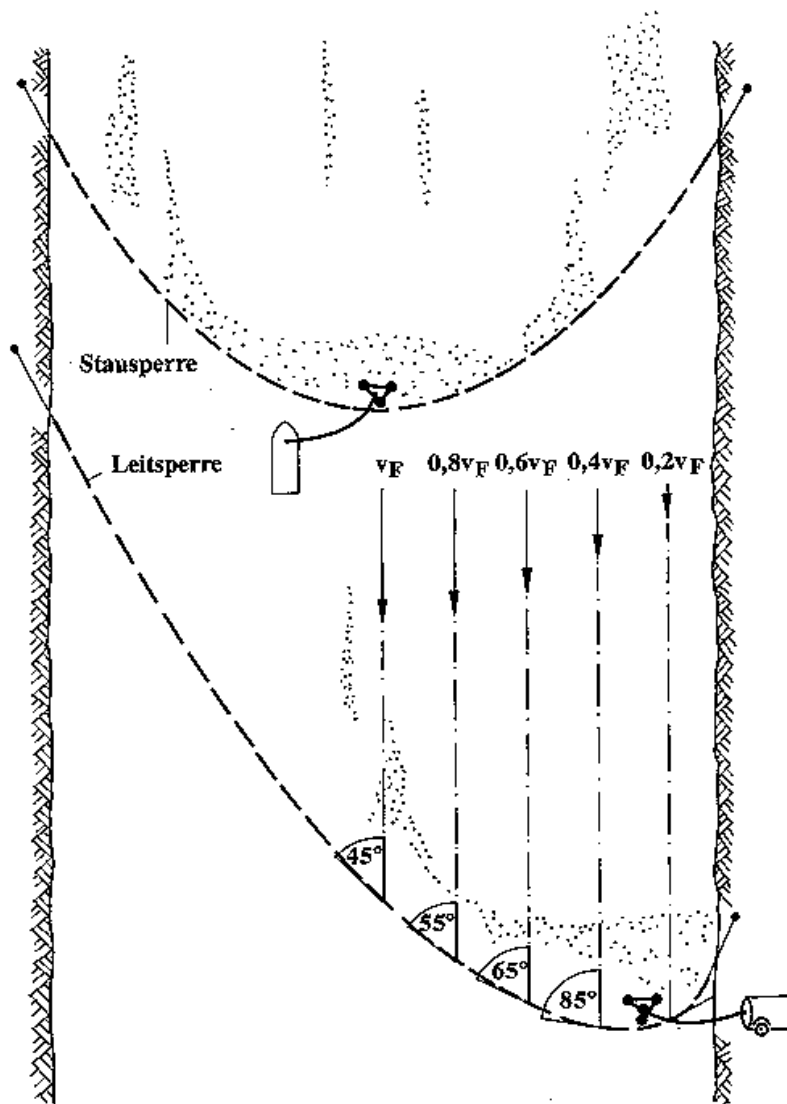


Bild 12: Funktion einer Leitsperre

### 5.3.3 Bei Anströmgeschwindigkeit $v_A > 0,35 \text{ m/s}$

Überschreitet die Anströmgeschwindigkeit einen kritischen Wert von  $v_{A\text{krit}} = 0,35 \text{ m/s}$ , versagen alle Stau- und Sammelsperren. In diesem Fall muß versucht werden, das herandriftende Öl mittels Leitsperren in Gewässerbereiche umzulenken, wo die aus der Fließgeschwindigkeit  $v_f$  resultierende Anströmgeschwindigkeit unter den Wert  $v_{A\text{krit}}$  sinkt und das Öl wieder wirkungsvoll gestaut werden kann. Die Umlenkung solcher Leitsperren ist dann eine Funktion des spitzen Winkels  $\beta$  zwischen der Achse des einzelnen Sperrensegmentes und der Richtung der Strömung (Bild 13). Übersteigt die Fließgeschwindigkeit im Staubereich den Wert  $v_{A\text{krit}} \cong 0,35 \text{ m/s}$ , so ist der

erforderliche Anstellwinkel  $\alpha$  überschlägig nach der Gleichung

$$\alpha = 20 v_F^{1,125}$$

zu berechnen. Die Kurve, die sich aus dieser Funktion ergibt, ist in Bild 13 dargestellt.

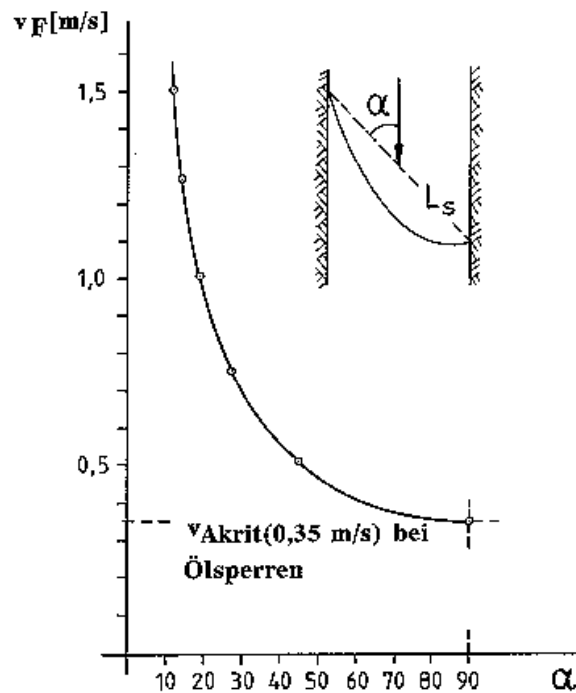


Bild 13: Einbringwinkel  $\alpha$  bei Leitsperren als Funktion der Fließgeschwindigkeit

Je kleiner der Winkel  $\alpha$ , desto besser ist das Umlenkvermögen der Sperre. Deshalb sollte  $\alpha$  höchstens so klein gewählt werden, daß die Sperrenlänge  $L$  nicht größer als etwa die zweieinhalbfache Sehnenlänge  $L_S$  wird:

$$1,15 < L/L_S < 2,5.$$

Ansonsten sollte eine Sperre so schlaff ausgebracht werden, daß die Sperrenlänge nicht kleiner als das 1,15fache der Sperrensehne ist.

Bis Fließgeschwindigkeiten von etwa 1,5 m/s kann Öl auf diese Weise mittels stationär gehaltener Sperren umgelenkt werden. Bei größeren Fließgeschwindigkeiten müssen die Sperren entweder in Strömungsrichtung geschleppt werden, um die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Staubereich der Sperre und der Fließgeschwindigkeit zu verringern, oder es sind mehrere Sperren in ausreichendem Abstand hintereinander auszulegen (Mehrfachsperrern), damit durchgebrochenes Öl in den stromab folgenden Zwischenräumen wieder aufsteigen kann (Bild 14).

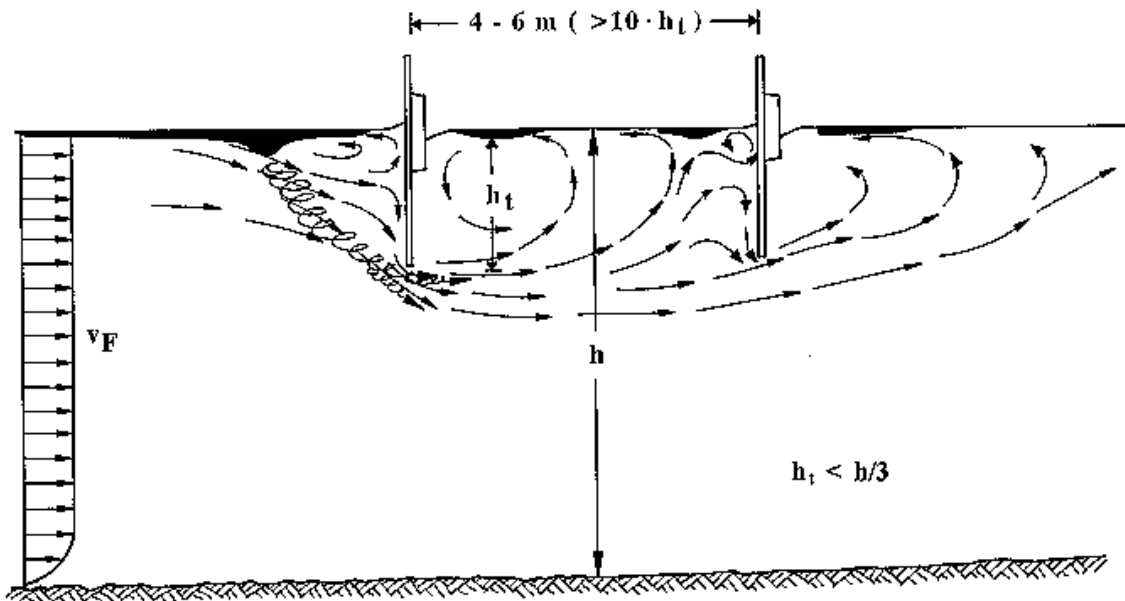


Bild 14: Verwendung von Mehrfachsperrern bei großer Fließgeschwindigkeit

#### 5.3.4 Wirbelbildung

Wie bereits in Kapitel 5.3.1 näher erläutert, treten Ölverluste an einer Sperre - selbst bei kleinen Anströmgeschwindigkeiten, d. h. ab  $v_A \cong 0,1$  m/s - durch Wirbelbildung an den äußeren Begrenzungen des Staubereichs auf (Randwirbel). Diese Wirbel können durch ungünstige Formgebung der Sperre (z. B. konkaves Vertikalprofil) verstärkt werden.

Wirbel bilden sich weiterhin an Profilversprüngen (z. B. Auftriebskörpern), an der Unterkante der Sperre bei Unterströmung sowie an den Verbindungen zwischen zwei relativ starren Sperrsegmenten (Knickpunkte). Das gilt besonders für Leitsperren. Die nach oberstrom gerichteten Flächen der Sperre einschließlich der Verbindungselemente müssen deshalb möglichst glatt sein und dürfen in der Längsachse nur schwach gekrümmt sein. Zu beachten ist dabei jedoch, dass  $L/L_S > 1,5$  gilt. Verbindungsstücke an Sperrsegmenten sollten sich übergangslos in die Sperrkörper einpassen.

#### 5.3.5 Kräfte

Für die Strömung ist eine Sperre ein Widerstandskörper, den sie zu beseitigen sucht. Die hierdurch auf die Sperre ausgeübte Kraft muß vom Konstruktionsmaterial und den Verankerungen aufgenommen werden.

Die auf die Sperre wirkende Kraft resultiert aus dem Strömungs-, dem Wellen- und dem Winddruck auf die jeweils ausgesetzten Teile der Sperre. Strömung und Wellen wirken auf die benetzte, d. h. getauchte Fläche der Sperre, der Wind auf ihren Freibord. In Fließgewässern treten die vom Wind erzeugten Kräfte zwar meist weit hinter die aus der Strömung und den Wellen resultierenden zurück, in Kombination können sie aber zur Zerstörung des Materials führen.

In sehr langsam fließenden und stehenden Gewässern besitzen die Windkräfte gegenüber denen aus der Strömung meist Vorrang.

### 5.3.5.1 Strömungskräfte

Das statische System einer beliebig in einer Strömung verankerten Sperre ist in Bild 15 dargestellt.

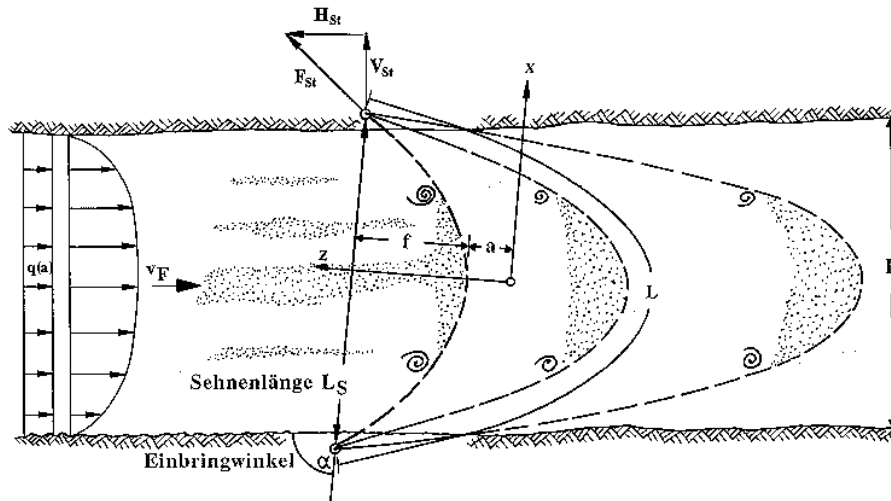


Bild 15: Statisches System einer Sperre

Da es sich bei Sperren in der Regel um flexible Ketten von Schwimmkörpern handelt, stellt das System eine von der Strömung beaufschlagte Seil- oder Kettenlinie dar. Die in der Längsachse wirkenden Seilzugkräfte sind dabei vom Einbringwinkel  $\alpha$  der Sperre, der Verteilung der Fließgeschwindigkeit  $v_{f(x)}$  über die Gewässerbreite und dem Durchhang  $f$  der Sperrenlinie abhängig. Da die Geschwindigkeitsverteilung, die Eigenbewegung der Sperre und ihr Durchhang voneinander abhängen und praktisch nie bekannt sind, ist eine exakte Berechnung der Seilzugkräfte und damit der Verankerungskräfte nicht möglich.

Nur wenn die maximale Strömungsgeschwindigkeit als gleichmäßig verteilt über der Sperrenlänge angenommen werden kann, ergibt sich für die Seilzugkraft folgende Beziehung:

$$F_{St} = q_A L_S^2 / 8 f \sqrt{1 + (8fx / L_S^2)^2} \sin \alpha$$

$$= (0,5 c_W \rho_W h_t L v_A^2) L_S / 8f \sqrt{1 + (8fx / L_S^2)^2} \sin \alpha \quad (1)$$

mit

- $q_A$  : über die Sperrensehne verteilte maximale Kraft aus der Anströmung,
- $c_W$  : empirischer Widerstandsbeiwert für die Umströmung der Sperre ( $c_W = 1,5$ ),
- $\rho_W$  : Dichte des Wassers ( $\rho_W = 102 \text{ [Ns}^2/\text{m}^4\text{]}$ ),
- $h_t$  : Tauchtiefe der Sperre [m],
- $L_S$  : Spannweite der Sperre [m] = Sperrensehnenlänge [m],
- $L$ : Sperrenlänge [m],

- $v_A$  : Anströmgeschwindigkeit [m/s],
- $v_{FM}$ : Querschnittsgemittelte Fließgeschwindigkeit [m],
- $f$  : Durchhang der Sperre ( $f = q_A L_S^2 / 8 H$  [m] für Kettenlinien),
- $\alpha$  : Einbringwinkel der Sperrenelemente.

Gleichung (4) zeigt, daß es praktisch nicht möglich ist, eine Sperre straff über ein Gewässer zu spannen. Dann würde der Durchhang  $f > 0$  sein und  $F_N$  gegen unendlich gehen. Als günstigstes Verhältnis der Sperrenlänge  $L$  zur Sperrensehnenlänge  $L_S$  hat sich

$$L/L_S = 2,5 \text{ bis } 1,15 \quad (2)$$

herausgestellt. Bei der mit Einbringwinkel  $\alpha = 90^\circ$ , d. h. senkrecht zur Strömung ausgebrachten Sperre, wird der Durchhang  $f$  dann

$$f = L_S^2 / 8 a \quad (3)$$

mit

$$a = L_S / \sqrt{4(6(L/L_S) - 1)} \quad (4)$$

Bei Ausbringung der Sperre senkrecht zur Strömungsrichtung wird  $L = B = L_S$   
Mit  $L/L_S = 1,15$  wird  $a = L_S / 2$  und  $f = L_S / 4$

Die maximale Zugkraft ergibt sich dann zu

$$\begin{aligned} F_{Stmax} &= (q_A) (L_S / 2) \sqrt{2} \sin 90^\circ \\ &= 0,7 q_A L_S \\ &= 0,35 c_W \rho_W h_t L v_F^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Entsprechend ergeben sich auch die horizontale und die vertikale Haltekraftkomponente  $H_{St}$  bzw.  $V_{St}$  zu

$$H_{St} = (q_A L_S^2) / 8f = (q_A L_S) / 2 \quad (6)$$

und

$$V_{St} = (q_A L_S) / 2 = H_{St} \quad (7)$$

Diese Kräfte müssen von der Sperre selbst als Zerreißkraft, aber auch von den Verankerungen aufgenommen werden.

Bei schräg zur Wasserströmung ausgebrachten Sperren verringert sich die Haltekraft um den Sinus des Einbringwinkel  $\alpha$ , erhöht sich aber gleichzeitig um die Länge  $L_S$ . Die maximale Zugkraft tritt dann an der Stelle der größten Winkeländerung der Sperre auf, d. h. im Scheitel der Sperrenlinie. Sie gilt über die gesamte Sperrenlänge.

Die Wasserströmung allein übt also bereits hohe Zugkräfte auf das Gesamtsystem der Sperre und ihre einzelnen Segmente aus. Wird die Sperre geschleppt oder manövriert, treten zusätzliche Kräfte auf, die durch einen Zuschlag von ca. 50 % berücksichtigt werden sollten.

### 5.3.5.2 Wellenkräfte

Wellenausbildung und -bewegung begrenzen in Abhängigkeit von Wellenhöhe und -länge die Wirksamkeit einer Ölsperre. Zum einen können Wellenkämme Öl durch Überspülen oder Brechen über den Freibord der Sperre hinwegheben; in Wellentälern kann das Öl unter der Sperre hindurchfließen. Zum zweiten regen Wellen die Sperre selbst zum Schwingen an, die dann ein eigenes Wellensystem erzeugt. Die dabei induzierten Übergeschwindigkeiten am Sperrenkörper erhöhen die Geschwindigkeit an der Unterseite der Ölschicht und wirken sich dadurch negativ auf das Rückstauverhalten aus. Zum dritten werden die Wellen durch die Sperre reflektiert und in Richtung des Scheitelpunktes der Sperrenlinie refraktiert (Bild 16).

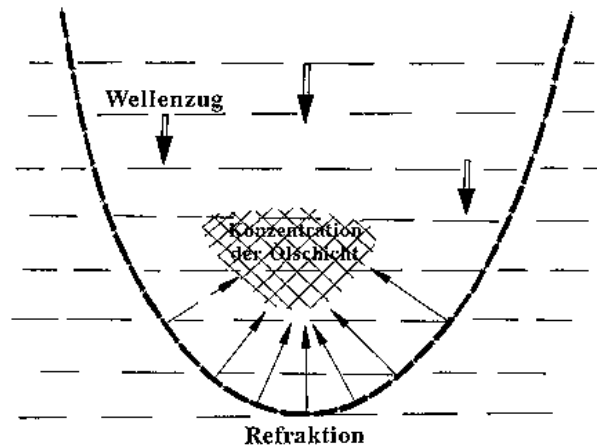


Bild 16: Refraktion von Wellen an einer Sperrlinie

Dabei entsteht eine sehr unruhige (kabelige) Wasseroberfläche, die den Rückstauvorgang weiterhin behindert.

Gleichzeitig führt die Pendelbewegung der Sperre zu zusätzlichen Belastungen des Materials und der Verankerungen. Die von den senkrecht zu ihrer Sehne in die Sperre einlaufenden Wellen ausgeübte Kraft beträgt analog zur Strömungskraft

$$F_W = 0,35 c_W \rho_W h_t L_S k_k (k u_x)^2$$

$$= F_{St} k_k (k u_x)^2 / v_F^2 \quad (8)$$

mit

- $k_k$ : Formparameter der Sperre ( $k_k = 1$  für Kettenlinien),
- $k$ : empirische Konstante der Sperrenumströmung ( $k = 0,7$ ),
- $u_x$ : horizontale Strömungskomponente der Welle [m/s].

Die horizontale Strömungskomponente  $u_x$  einer Welle läßt sich nicht exakt berechnen, so lange die Struktur der Welle nicht bekannt ist. Sie kann überschlägig nach

$$u_x = \pi H / T \cosh((z+h) / L_W) / \sinh(2\pi h / L_W) \quad (9)$$

ermittelt werden, mit

- $H$ : signifikante Wellenhöhe [m],
- $T$ : Wellenperiode [s],
- $L_W$ : Wellenlänge [m],
- $z$ : vertikale Koordinate, bezogen auf die Stillwasserlinie, =  $H/2$  [m].
- $h$ : Wassertiefe

Je höher und je kürzer die Wellen sind, umso größer sind die aufzunehmenden Kräfte. In Einzelfällen können die Wellenkräfte die strömungsbedingten Kräfte um ein Mehrfaches übersteigen.

Der Wirkungsgrad einer Ölsperre ist umso größer, je besser sich die Sperre der Wellenbewegung anpassen kann. Dies muß durch genügend Bewegungsfreiheit der Sperrensegmente untereinander, durch genügend große Auftriebsreserve und durch ausreichend lange Schlepp- oder Verankerungsleinen gewährleistet werden. Letztere sollten

etwa das Fünffache der Wassertiefe betragen.

### 5.2.5.3 Windkräfte

Wind hat sowohl auf die Verdriftung des Öls als auch auf die Stabilität der Sperre Einfluß. Die Verdriftung wird durch die vom Wind induzierte Scherkraft an der Öllache bestimmt. Ihre Geschwindigkeit beträgt auf ruhiger Wasseroberfläche ca. 3 % der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über dem Wasserspiegel. Die Verdriftungsrichtung kann von der Richtung der eigentlichen Wasserströmung abweichen und ihr sogar entgegengerichtet sein. Das ist besonders in Bereichen mit geringer Fließgeschwindigkeit des Wassers der Fall.

Vom Wind wird der aus dem Wasser ragende Freibord der Sperre beaufschlagt. Die ausgeübte Kraft beträgt analog zu der aus der Wasserströmung resultierenden

$$F_a = 0,35 c_a \rho_a h_{Fr} L_S v_a^2 \sin \alpha \quad (10)$$

mit

- $c_a$ : empirische Konstante ( $c_a \cong 2$ ),
- $\rho_a$ : Dichte der Luft ( $\rho_a = 0,000127 \text{ [Ns}^2/\text{m}^4]$ ),
- $h_{Fr}$ : Freibordhöhe der Sperre [m],
- $v_a$ : Windgeschwindigkeit [m/s].

Der Wind kann die Tauchtiefe der Sperre verringern, Sperren umkippen oder bei ungünstiger Verspannung leichte Sperren sogar von der Wasseroberfläche abheben.

### 5.3.5.4 Gesamtkraft

Die auf die Sperre infolge Strömungs-, Wellen- und Windangriff wirkende Gesamtkraft  $F_G$  entspricht der Addition der Einzelkräfte:

$$\begin{aligned} F_G &= F_{St} + F_W + F_a \\ &= F_{St} (1 + k_k (k u_x)^2 / v_A^2) + 0,35 c_a \rho_a t_F L_S v_a^2 \sin \alpha. \end{aligned} \quad (11)$$

## 5.4 Handhabung

Die Anforderungen an die Handhabung der Ölsperren richten sich nach den Einsatzarten (vergl. Abschnitt 4.2).

Die folgenden Anforderungen beziehen sich im wesentlichen auf die unter Abschnitt 4.2 genannten Ölsperren für den Soforteinsatz. Die vor allem für den stationären Einsatz vorgesehenen Ölsperren brauchen den folgenden Anforderungen nicht zu entsprechen, insbesondere, wenn zum Einbringen geeignete Hilfsmittel bzw. ausreichend Personal zur Verfügung stehen.

### 5.4.1 Abmessungen und Gewichte

Die einzelnen Sperrensegmente sollen nicht länger als 30 m sein. Nach Bedienungsanleitung verpackte Teile sollen ein Volumen von  $0,5 \text{ m}^3$  nicht überschreiten und nicht schwerer als 80 kg sein. Die Volumenangabe bezieht sich auf einen den unregelmäßigen Sperrkörper umschreibenden Rechteckkörper, dessen Einzelkantenlänge nicht mehr als 1,50 m betragen soll.

## **5.4.2 Montage**

Die zum Koppeln der Sperrenteile erforderlichen Verbindungsstücke sollen möglichst an den Sperrteilen befestigt oder in besonderen Behältern griffbereit vorhanden sein. Das jeweilige Verlängerungsteil muß sich mit einem schon im Wasser befindlichen Teil, das keinen Zugbeanspruchungen ausgesetzt ist, problemlos verbinden lassen. Die Verbindungsteile müssen konstruktiv so gestaltet und angeordnet sein, daß sie leicht und richtig gekoppelt werden können. Gegebenenfalls sind die zusammenpassenden Sperrenteile deutlich zu kennzeichnen.

Die Verbindungen der Ölsperren müssen auch im schwimmenden Zustand unter Zug leicht lösbar sein. Die Einzelsegmente müssen im entkoppelten Zustand schwimmfähig bleiben.

Aus Taschen für Ballast- bzw. Auftriebskörper muß das Wasser beim Herausnehmen der Sperre durch Öffnungen im Taschenboden ablaufen können. Sämtliches für die Montage, Demontage und das Zusammenlegen der Ölsperren erforderliche Zubehör muß mitgeliefert werden.

## **5.4.3 Einbringen in Gewässer**

Bei ordnungsgemäßem Einbringen in das Gewässer muß die Ölsperre sofort funktionsfähig sein. Eine gekippte oder verdrehte Ölsperre muß sich selbst aufrichten.

## **5.4.4 Schleppen zum Einsatzort**

Eine Sperre von 60 m Länge muß durch ein Arbeitsboot mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s (Fahrt durch das Wasser) geschleppt werden können. Hierfür erforderliche Schleppvorrichtungen und Befestigungen sind der Ölsperre beizugeben bzw. in sie einzuarbeiten. Sie sind so auszubilden, daß Leinen bzw. Zugmittel schnell, leicht und zweckmäßig befestigt und im Notfall auch schnell gelöst werden können.

Beim Schleppen mit Geschwindigkeiten von 2 m/s (Fahrt durch das Wasser) dürfen keine Beschädigungen auftreten. Die Funktionstüchtigkeit der Ölsperre muß nach dem Schleppmanöver gewährleistet bleiben. Durch eine strömungsgünstige Ausbildung der Sperrkörper kann der Schleppwiderstand gering gehalten werden.

## **5.4.5 Verankerung**

Ölsperren müssen am Ufer, an Bauwerken und an Schiffen befestigt werden können. Hierfür evtl. erforderliches Zubehör ist der Sperre beizugeben. Die Befestigungen und Verbindungsstücke sind so auszulegen, daß sie mindestens den aus Abschnitt 5.2 zu entnehmenden Belastungen standhalten.

Für verschiedene Uferformen muß eine wirksame Abdichtung zwischen Ufer und Sperrkörperstück möglich sein. Bei flach auslaufenden Ufern oder flachen Gewässern muß die Möglichkeit der Abdichtung durch an der Sperre befestigte, auf dem Gewässerboden verlegte Planen vorgesehen sein. Einfachen und möglichst vielseitig einsetzbaren Konstruktionen ist dabei der Vorzug zu geben.

#### **5.4.6 Personaleinsatz**

Jedes Ölsperrensegment muß sich im zusammengelegten und verpackten Zustand durch zwei Mann transportieren lassen. Das Koppeln der Sperrensegmente an Land soll ebenfalls von zwei Mann durchgeführt werden können.

#### **5.5 Bedienungsanleitung**

Jeder Ölsperre ist eine ausführliche Bedienungsanleitung beizugeben, aus der Handhabung, Reinigung, Instandsetzung und Lagerung ersichtlich sind und die auch einsatztaktische Hinweise geben soll. Außerdem soll sie eine Ersatzteilleiste, Reparaturanleitung und die Adressen von Reparaturfirmen enthalten.

#### **5.6 Lagerung**

Die Ölsperren müssen leicht zugänglich und vor Beschädigungen geschützt gelagert werden. Die Sperrenteile mit dem jeweils erforderlichen Zubehör müssen von zwei Mann verladen und platzsparend untergebracht werden können. Gegebenenfalls können auch mehrere Sperrenteile gekoppelt auf einem Transportfahrzeug, z. B. Anhänger oder Container, so untergebracht sein, daß die Ölsperren nach hinten oder seitlich abziehbar sind.

#### **5.7 Wartung und Instandsetzung**

Für kleinere Instandsetzungsarbeiten sollen den Ölsperren Ersatzteile, Werkzeug und Reparaturanleitung beigelegt werden.

#### **5.8 Reinigung**

Die Ölsperren müssen mit Hilfe eines Hochdruckreinigungsgerätes oder eines Dampfstrahlers bis zu Temperaturen von 40 bis 50 °C gereinigt werden können, ohne daß hierdurch Schäden an der Sperre entstehen.

Die Behandlung sollte nur mit erwärmten Wasser und dem vom Hersteller empfohlenen Reinigungsmitteln (keine Lösungsmittel) durchgeführt werden. Bei höheren Temperaturen können sich Weichmacher herauslösen. Die Nachbehandlung umfaßt:

- Trocknen,
- Talkumieren, um ein Zusammenkleben zu verhindern.

#### **5.9 Überprüfung**

Eine Ölsperre muß bei längerer Nichtbenutzung in einjährigem Abstand durch einen Probeinsatz auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden.

# MERKBLATT

## Schwimmende Ölsperren für Binnengewässer

zu Anforderungen und Prüfungen vorgefertigter, schwimmender Ölsperren für Binnengewässer. Bekanntmachung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 30. Juni 1992 - WA I 3 - 23074/18 - GMBI 33/1992, Seite 802.

Diese Druckschrift ersetzt das Merkblatt für den Einsatz vorgefertigter, schwimmender Ölsperren auf Binnengewässern (Stand: 1/1992). Bekanntmachung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 31. Aug. 1992 - WA I 3 - 23074/18 - GMBI 33/1992, Seite 814.

Erarbeitet vom LTWS-Fachausschuß GMAG, Fassung vom Oktober 1997

### **I n h a l t**

- 1. Allgemeines**
- 2. Geltungsbereich**
- 3. Vorbereitende Maßnahmen**
- 4. Grundsätze**
  - 4.1 Rückstau von Öl und Unterwanderung der Sperre
  - 4.2 Eintauchtiefe
  - 4.3 Einbringwinkel, Sperrenlänge und Zugkraft an der Verankerung bei verschiedenen Fließgeschwindigkeiten
  - 4.4 Einsatz in Flußkrümmungen
  - 4.5 Anordnung mehrerer Sperren
- 5. Einbringen von Ölsperren**
  - 5.1 Einschwimmen
  - 5.2 Verankerung
  - 5.3 Abdichtung am Ufer
- 6. Übungen**

## 1. Allgemeines

Dieses Merkblatt ist für den Personenkreis bestimmt, der mit der Bekämpfung von Ölunfällen auf Binnengewässern befaßt ist. Es soll dem Benutzer von Ölsperren Hinweise für deren wirksamen Einsatz geben. Darüber hinaus sind auch die Anweisungen der Hersteller zu beachten. Neben einer Beschreibung des praktischen Gebrauchs von Ölsperren wird auch besonders auf vorbereitende technische Maßnahmen eingegangen.

Auf die Bekanntmachung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 30. Juni 1992 (GMBI 1992, S. 802) "Anforderungen und Prüfungen vorgefertigter, schwimmender Ölsperren für Binnengewässer", die diesem Merkblatt zugrunde liegt, wird verwiesen. Diese Bekanntmachung enthält Angaben über Werkstoffe und Materialanforderungen, hydraulische Grundlagen und Prüfbedingungen für Ölsperren.

## 2. Geltungsbereich

Dieses Merkblatt behandelt die Rückhaltung von Mineralöl und Mineralölprodukten, die auf der Oberfläche stehender und fließender Binnengewässer schwimmen. Der Anwendungsbereich kann auf andere schwimmende Schadstoffe ausgedehnt werden, soweit das Sperrenmaterial und das Verhalten der Schadstoffe dies zulassen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß außer transportablen Ölsperren auch andere Arten von Ölsperren Anwendung finden. Dazu gehören schwimmende, nicht transportable und festeingebaute Ölsperren, z.B. Dammbalkenverschlüsse und andere.

## 3. Vorbereitende Maßnahmen

Für den wirkungsvollen Einsatz von Ölsperren ist die Erstellung eines Alarm- und Einsatzplans erforderlich. Dafür sind die Grundsätze nach Nr. 4 zu beachten. Der Einsatzplan soll folgende Einzelheiten enthalten:

- Gewässer im Zuständigkeitsbereich
- mögliche Gefahrenpunkte
- geeignete Einsatzstellen unter Beachtung von:
  - Fließrichtung und -geschwindigkeit
  - Gewässerbreite, Gewässertiefe und Beschaffenheit der Ufer
  - Vorlaufzeit (Alarmierung und Aufbau)
  - Zufahrtswegen, Arbeitsflächen und Zugang zu dem und auf das Gewässer
- ergänzende Hinweise:
  - Hilfsmittel zum Einbringen und Einbau (z.B. Boote, Seile, Greifzug, Hebezeuge, Anker)
  - Aufnehmen (Abpumpen, Binden, Zwischenlagern und Entsorgen).
- Sicherheitsregeln und Unfallverhütungsvorschriften sind beim Einsatz am und auf dem Gewässer einzuhalten
  - Sicherheit (Ex-Schutz, Brandschutz)
  - Tragen von Schwimmwesten (Unfallverhütungsvorschrift GUV 27.1 - C 25)

Der Einsatzplan ist in Zusammenarbeit mit allen für die Schadensabwehr zuständigen Behörden und Stellen zu erarbeiten.

## 4. Grundsätze

### 4.1 Rückstau von Öl und Unterwanderung der Sperre

Öl wird vor einer Sperre nicht in gleichmäßiger Schicht gestaut. Die größte Schichtdicke tritt nicht an der Sperre, sondern in der Kopfwelle auf. Absauggeräte sollten dort platziert werden, um das rückgestaute Öl wirksam aufnehmen zu können. Das Bild zeigt die Unterwanderung einer Ölsperre bei einer Anströmgeschwindigkeit von mehr als 0,3 m/s durch Ablösen von Öltröpfen an der Kopfwelle.

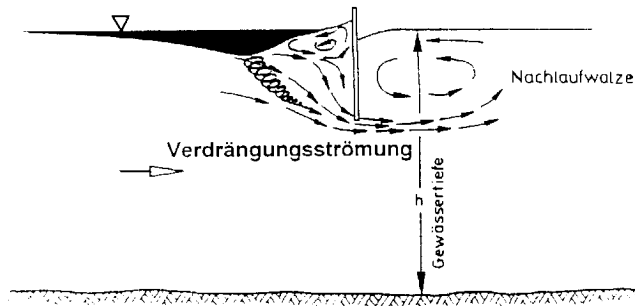


Bild 1: Rückstau von Öl und Unterwanderung einer Ölsperre

### 4.2 Eintauchtiefe

Handelsübliche Ölsperren für Binnengewässer haben eine Eintauchtiefe von 0,2-0,4 m. Größere Eintauchtiefen erhöhen die von der Verankerung.

Beim Einsatz in flachen, fließenden Gewässern ist darauf zu achten, daß der unter der Ölsperre verbleibende durchströmte Restquerschnitt des Gewässers nicht zu stark eingeengt wird, da sonst zu hohe Fließgeschwindigkeiten unter der Ölsperre auftreten. Es sollte eine Resttiefe von  $1/3$  der Gewässertiefe vorhanden sein.

Merke: Resttiefe bei Festlegung der Sperrstelle beachten.

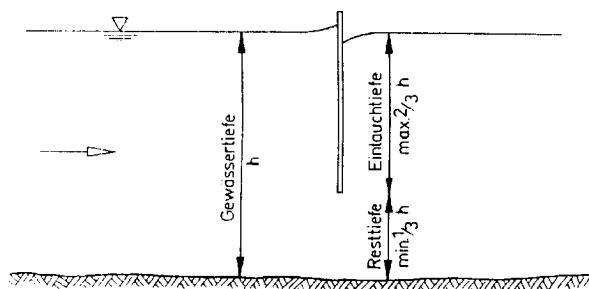


Bild 2: Eintauchtiefe

### 4.3 Einbringwinkel, Sperrenlängen und Zugkraft an der Verankerung bei verschiedenen Fließgeschwindigkeiten

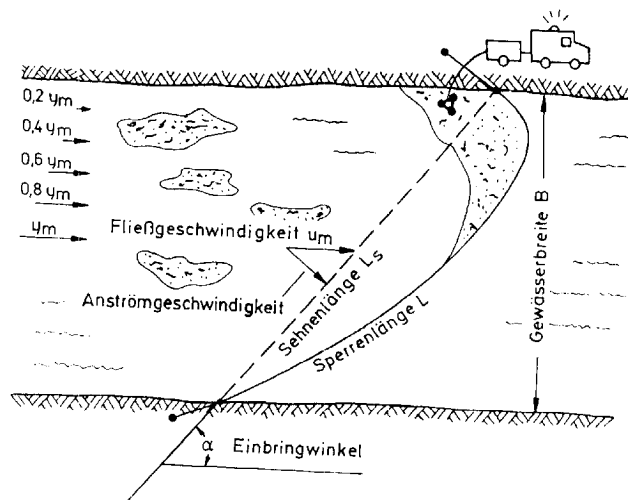


Bild 3: Definitionsskizze

Schwimmende Ölsperren können nur dann wirkungsvoll eingesetzt werden, wenn die senkrecht auf die Ölsperranlage wirkende Anströmgeschwindigkeit des Wassers ca. 0,3 m/s nicht übersteigt. Bei steigender Anströmgeschwindigkeit nimmt das Rückhaltevermögen der Ölsperranlage infolge von Unterwanderung ab.

Die Anströmgeschwindigkeit wird verringert, wenn die Ölsperranlage schräg zur Fließrichtung ( $<90^\circ$ ) eingebracht wird. Je spitzer der Winkel  $\alpha$  ist, desto geringer ist die Anströmgeschwindigkeit.

Durch das schräge Einbringen wird das ankommende Öl um Ufer in Bereiche mit Fließgeschwindigkeiten  $\alpha < 0,3$  m/s umgelenkt, wo es zurückgehalten und besser abgeschöpft werden kann. Deshalb empfiehlt sich diese Art der Sperraneinbringung auf jeden Fall.

Um die auf die Sperre und ihre Verankerungen wirkende Zugkraft nicht zu groß werden zu lassen, wird empfohlen, die Sperre nicht zu straff zu spannen, sondern so lose einzubringen, daß das Verhältnis von wirklicher Sperrenlänge  $L$  zum kürzesten Abstand zwischen den Verankerungspunkten (Sehnenlänge  $L_s$ ) je nach Einbringwinkel zwischen 1,15 und 1,45 beträgt.

Empfohlene Längenverhältnisse

bei

$$\begin{aligned} \alpha &= 90^\circ - 70^\circ & : L/L_s &= 1,45 \\ \alpha &= 70^\circ - 60^\circ & : L/L_s &= 1,25 \\ \alpha &< 60^\circ & : L/L_s &= 1,15 \end{aligned}$$

Alle folgenden Darstellungen sind schematisch und beispielhaft.

Merke: Niemals rechtwinklig in Fließgewässern einbauen.

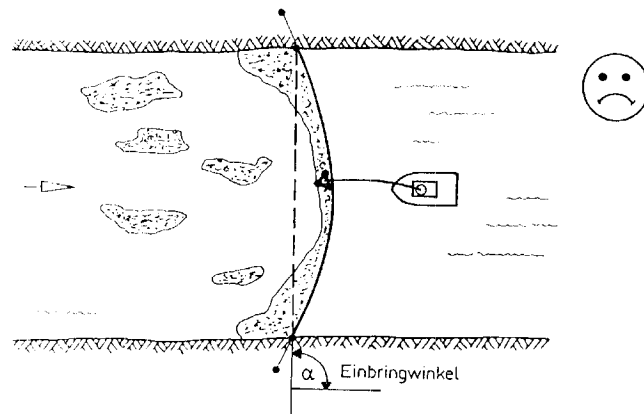


Bild 4: Ölsperre senkrecht zur Fließrichtung

Merke: Je schneller das Wasser, desto spitzer der Einbringwinkel.  
Umlenkung des Öls immer zum Ufer mit der geringsten Fließgeschwindigkeit (vgl. Bild 8).  
Ankommendes Öl sofort abschöpfen.

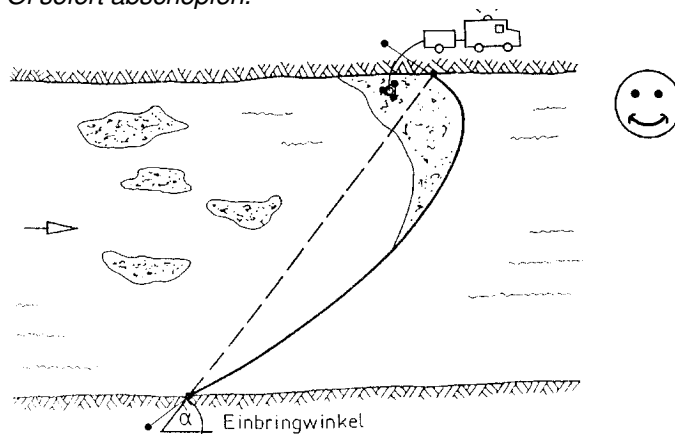


Bild 5: Ölsperre schräg zur Fließrichtung

Bild 6 zeigt den erforderlichen Einbringwinkel  $\alpha$  als Funktion der Fließgeschwindigkeit

Merke: Bei Fließgeschwindigkeiten  $> 0,5$  m/s werden Einbringwinkel  $\alpha < 50^\circ$  erforderlich.

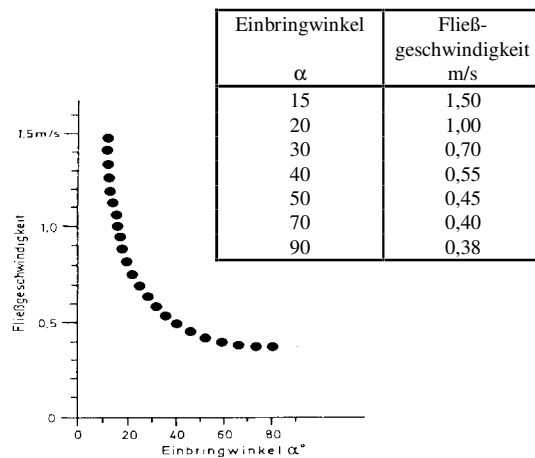
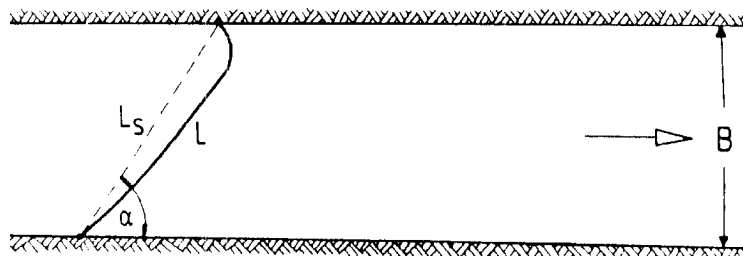


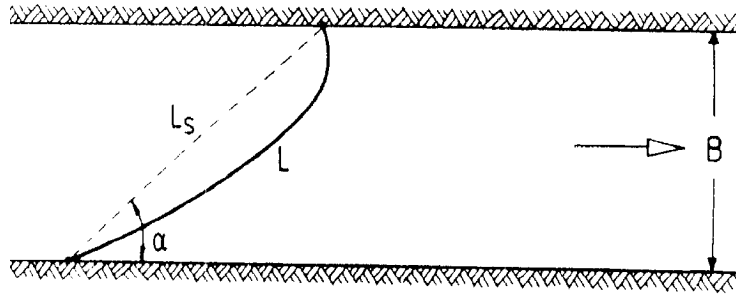
Bild 6: Einbringwinkel in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit.

Im folgenden sind für vier verschiedene Fließgeschwindigkeitsbereiche Anhaltswerte für den Einbringwinkel  $\alpha$  aufgelistet und vereinfachte Formeln für die sich daraus ergebende Sperrlänge  $L$  (m) und die Zugkraft  $F$  (N) an den Verankerungen in Abhängigkeit von der Gewässerbreite  $B$  (m) angegeben (10 N entsprechen dem Gewicht von 1 kg). Bei der Angabe der Zugkraft ist eine Eintauchtiefe der Ölsperre von 30 cm angenommen.

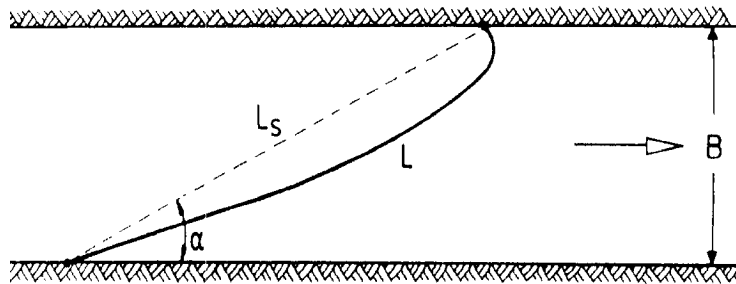
Bei Einhaltung des jeweils angegebenen Einbringwinkels wird erreicht, daß die Anströmgeschwindigkeit 0,3 m/s nicht übersteigt.



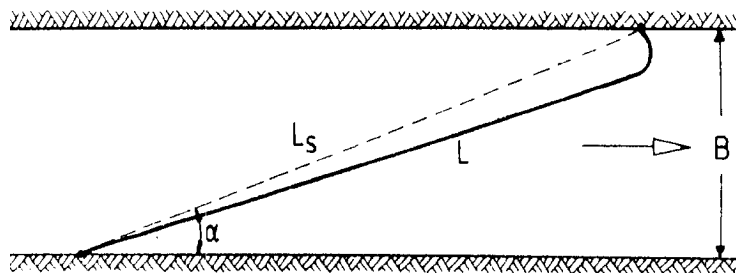
Fließgeschwindigkeit	0-0,5 m/s
Einbringwinkel	$\alpha \sim 45^\circ$
Sperrlänge	$L \sim B \times 1,5$ (m)
Zugkraft	$F \sim L \times 60$ (N) bzw. $F \sim B \times 90$ (N)



Fließgeschwindigkeit 0,5-1,0 m/s  
 Einbringwinkel  $\alpha \sim 30^\circ$   
 Sperrenlänge  $L \sim B \times 2$  (m)  
 Zugkraft  $F \sim L \times 60$  (N) bzw.  
 $F \sim B \times 120$  (N)



Fließgeschwindigkeit 1,0-1,5 m/s  
 Einbringwinkel  $\alpha \sim 20^\circ$   
 Sperrenlänge  $L \sim B \times 3$  (m)  
 Zugkraft  $F \sim L \times 60$  (N) bzw.  
 $F \sim B \times 180$  (N)



Fließgeschwindigkeit 1,5-2,0 m/s  
 Einbringwinkel  $\alpha \sim 15^\circ$   
 Sperrenlänge  $L \sim B \times 4$  (m)  
 Zugkraft  $F \sim L \times 60$  (N) bzw.  
 $F \sim B \times 240$  (N)

Bild 7: Einbringwinkel - Sperrenlänge - Zugkraft

#### 4.4 Einsatz in Flußkrümmungen

In Krümmungen muß die Ölsperre so verlegt werden, daß antreibendes Öl an das Ufer mit der geringsten Fließgeschwindigkeit gelenkt wird. In Ausnahmefällen kann auch im Prallhang in Stillwasserzonen (Hafenbecken, Einbuchtungen) Öl umgelenkt werden.

Merke: Absaugstelle immer an der Innenseite der Flußkrümmung vorsehen. Buchten und sonstige Stillwasserzonen sollten unbedingt genutzt werden, aber biologisch wertvolle Bereiche sind zu schützen.

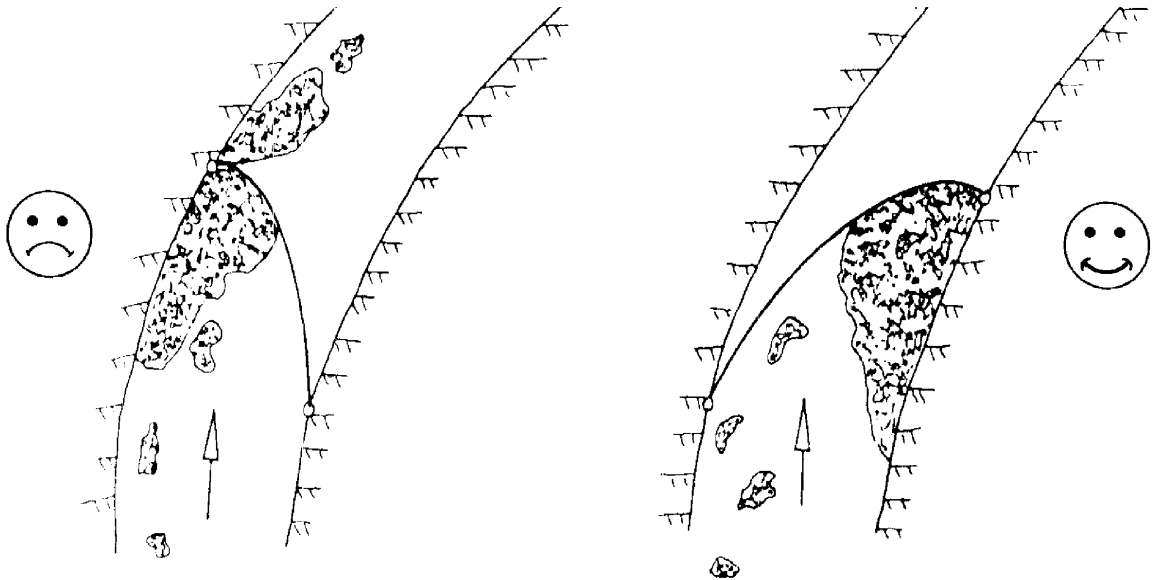


Bild 8: Einbringen in Flußkrümmungen

#### 4.5 Anordnung mehrerer Sperren

Das Zurückhalten von schwimmendem Öl kann durch die Anordnung mehrerer Ölsperren hintereinander verbessert werden. Der Abstand zwischen hintereinander angeordneten Ölsperren soll dann mindestens 6 m betragen, um dem Öl, das die oberhalb gelegene Sperre unterwandert hat, die Möglichkeit zu geben, vor der nachfolgenden Sperre wieder aufzutauchen.

Merke: Öl, das die vordere Sperre durchbricht, kann bei zu geringem Abstand von der dahinter angeordneten Sperre nicht zurückgehalten werden.

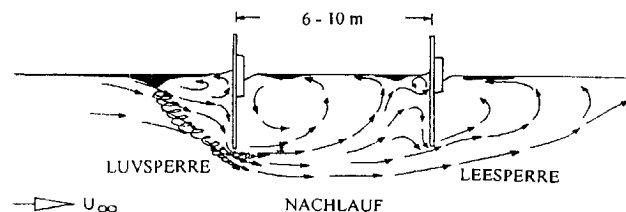


Bild 9: Anordnung mehrerer Sperren hintereinander

## 5. Einbringen von Ölsperren

Ölsperren sind jeweils an die örtlichen Verhältnisse (Fließgeschwindigkeit, Gewässertiefe, Gewässerbreite usw.) anzupassen. Für das Einbringen und Verankern müssen Zufahrtsmöglichkeiten und Uferbeschaffenheit geeignet oder gegebenenfalls vorbereitet sein. Die notwendigen Hilfsmittel müssen zur Verfügung stehen.

### 5.1 Einschwimmen

Bei schnellfließenden Gewässern mit einer Fließgeschwindigkeit  $> 0,5$  m/s hat sich folgende Vorgehensweise, die als Einschwimmen bezeichnet wird, bewährt. Als Hilfsmittel können Winde, Greifzug oder Boot eingesetzt werden. Auf die solide Verankerung aller Zugwerkzeuge (Winde, Greifzug) ist zu achten.

- 1) Haltepunkt 1
- 2) Haltepunkt 2
- 3) Haltepunkt 3
- 4) Zugseil
- 5) Hilfsseil
- 6) vorgesehene Sperrenlage

#### Schritt 1:

- Ölsperre uferparallel einbringen
- eingebrachte Sperre am Haltepunkt 1 verankern
- Sperre am Haltepunkt 2 sichern

#### Schritt 2:

- Zugseil 4 an der Sperre (Punkt 2) befestigen
- Sicherung lösen
- Zugseil 4 spannen
- Ölsperre zum Haltepunkt 3 ziehen

#### Schritt 3

- Ölsperre am Haltepunkt 3 verankern
- Zugseil 4 lösen
- Ölsperre funktionsbereit

Zum Einholen der Ölsperre:

- Haltepunkt 3 unterstrom lösen
- Ölsperre schwimmt an das gegenüberliegende Ufer

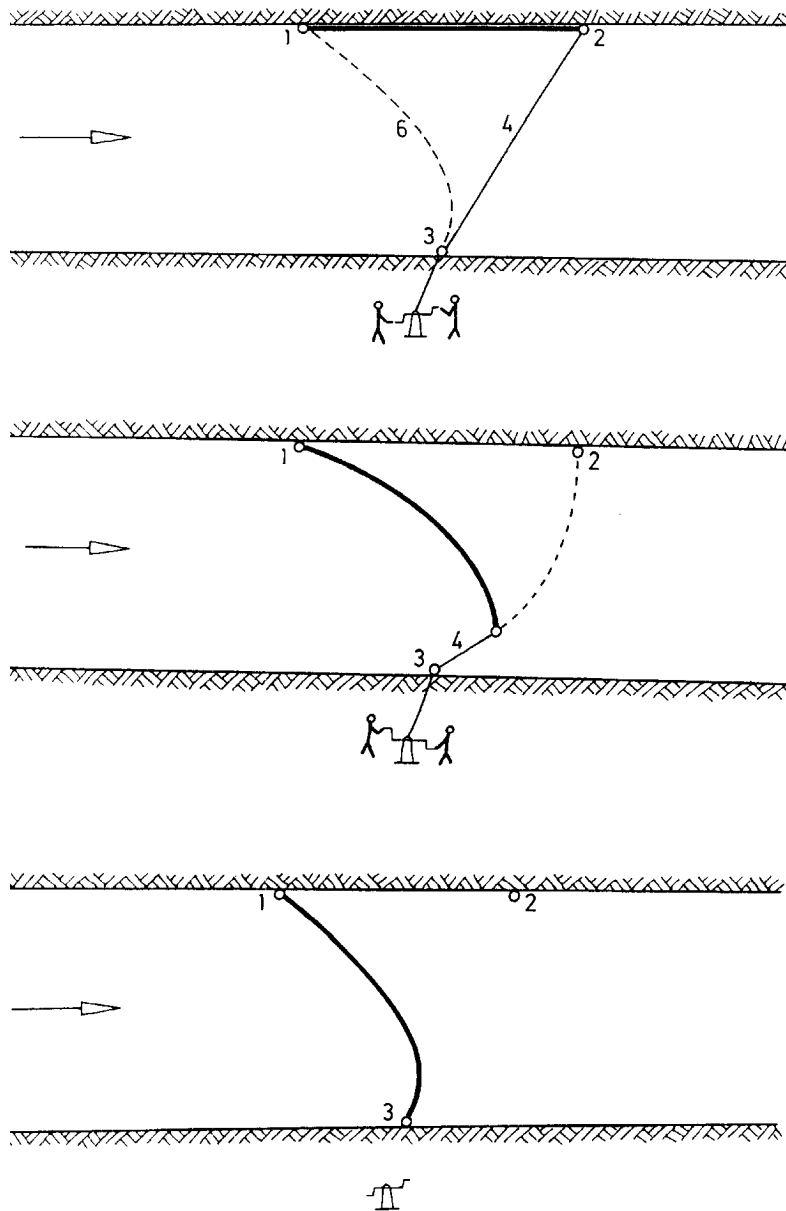


Bild 10: Einbringen in schnellfließendem Gewässer gegen die Strömung

Aus der uferparallelen Lage können Ölsperren auch mit der Strömung zum gegenüberliegenden Ufer gezogen werden. Allerdings darf bei großen Fließgeschwindigkeiten dies nur mit gestreckter Sperre erfolgen, um die einwirkenden Strömungskräfte beherrschen zu können. Gegebenenfalls können bei breiteren Gewässern Halteseile angebracht werden.

#### Schritt 1:

- Ölsperre uferparallel einbringen und an Haltepunkt 1 leicht lösbar befestigen
- Zugseil 4 spannen
- Hilfsseil 5 nachführen

#### Schritt 2:

- Ölsperre und Hilfsseil 5 zu Haltepunkt 2 ziehen
- Zugseil 4 und Halteseile 6 gleichzeitig regulieren

#### Schritt 3:

- Ölsperre am Haltepunkt 2 verankern
- Zugseil 4 und Hilfsseil 5 lösen
- Ölsperre funktionsbereit

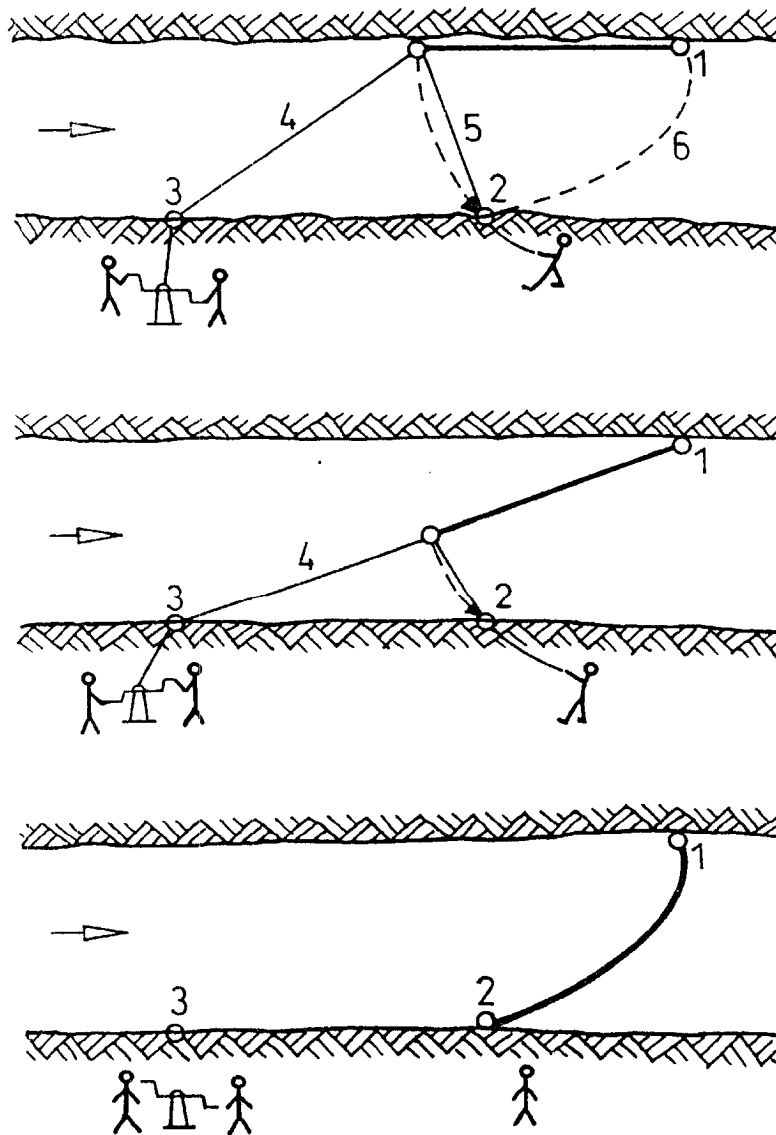


Bild 11: Einbringen in schnellfließendem Gewässer mit der Strömung

Problemlos und sicher lassen sich Ölsperren an vorbereiteten Stellen am schräg über das Gewässer gespannten Drahtseil ausbringen. Bei dieser technisch aufwendigeren Methode werden die Strömungskräfte vom Seil übernommen.

## 5.2 Verankerung

Für die Verankerung der Ölsperre am Ufer können vorhandene Festpunkte (Bäume, Poller) oder Erdnägel, Ankerplatten usw. benutzt werden. Auf die Zugkräfte, die auf die Verankerung wirken (Ziffer 4.3) wird verwiesen.

Merke: Die Verankerung an Fahrzeugen sollte unbedingt unterbleiben.

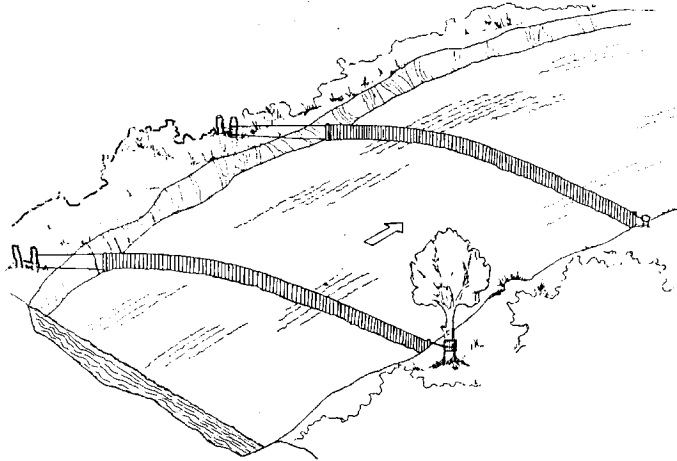


Bild 12: Verankerung

## 5.3 Abdichtung am Ufer

Die Sperrenenden sind gegen das Ufer abzudichten. Dies kann durch Eingraben der Sperrenenden in das Ufer, durch Abdichten mit Folien oder durch zusätzlich parallel zum Ufer verlegte Sperrerteile erreicht werden. Dabei ist auch das Ufer gegen Verschmutzung zu schützen (z.B. mit Vliestüchern).

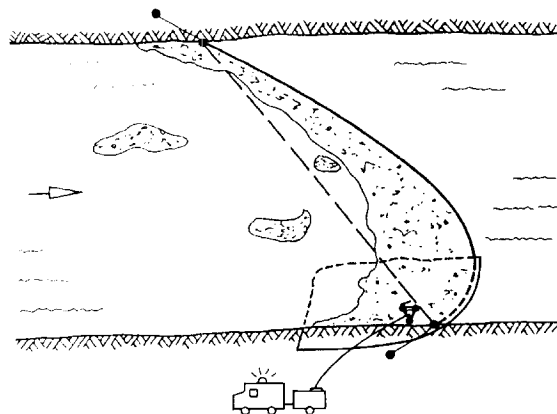


Bild 13: Abdichtung der Ölsperre am Ufer

## 6. Übungen

Nur häufige Übung mit dem Gerät bietet die Gewähr für den richtigen und raschen Einsatz, auch unter ungünstigen Bedingungen.

Übungen und Erprobungen mit Ölsperren auf Gewässern sind vorher der unteren Wasserbehörde anzuzeigen. Bei Bundeswasserstraßen ist auch das zuständige Wasser- und Schiffsamt zu verständigen.