Sicher und effizient – Wahl der Fahrlinie in strömenden Gewässern

Franz Haunschmidt & Veronika Ebert

Viele Ruderclubs haben ihren Standort anströmenden Gewässern und rudern am Fluss. Ausfahrten am Strom sind im Normalfall "Genussfahrten". Man schätzt die Crew, die Ruhe, das Wetter, die Sonne, wenig Großschiffe und Motorboote, Wind und Wellen.



Abb. 1: Rudern am Strom – ein Erlebnis, das viel Fahrkönnen erfordert

Die Strömung macht das Rudern abwechslungsreicher, aber auch gefährlicher. Je stärker die Strömung, desto effizienter sind Steuermanöver mit Fuß- oder Handsteuer. Ein Boot lässt sich nämlich nur dann steuern, wenn es schneller als das umgebende Wasser ist.

Beim "Stromabwärtsschwappen" kann man daher ein Boot nicht steuern. Es sollte also darauf geachtet werden, dass das Boot immer von mindestens einer Person gerudert wird, damit der/die Steuernde die Kontrolle behält.

Das Boot reagiert aber anders als in ruhenden Gewässern – alles Gründe, warum man die elementaren Prinzipien des Stromruderns kennen sollte.

Dabei verfolgen Wanderruderer/innen zwei Ziele: einerseits wollen sie **sicher** und unbeschadet wieder heimkehren, andererseits macht es auch Freude, die Strömung auszunutzen, um möglichst **rasch und effizient** voran zu kommen.

Verlauf der Strömung und Fließgeschwindigkeit

Für die Wahl der Fahrlinie ist es wichtig zu verstehen, wie die Strömung im jeweiligen Abschnitt verläuft.



Abb.2: Strömungsgeschwindigkeit der Donau

Mittlere Strömungsgeschwindigkeit am Rand und am Ufer – lokal können die Geschwindigkeiten stark nach oben oder unten abweichen. Wanderruderboote (Großboote) bewegen sich im stehenden Gewässer durchschnittlich mit 12 km/h (2:30 min pro 500m), stromauf somit am Ufer mit 9 km/h, in der Strommitte mit 6 km/h. Stromab in der Strommitte ohne Rudern ("Schwappen") erreichen sie 6 km/h, mit Rudern 18 km/h. Bilder @ 2020 Maxar Technologies, Kartendaten @ 2020

So beträgt z.B. die Fließgeschwindigkeit der **Donau** in der Schifffahrtslinie zwischen **15 km/h** (frei fließend in der Wachau) und **0,5 km/h** (Stausee vor einem Kraftwerk).

Die Fließgeschwindigkeit hängt generell von der **Wassermenge**, vom **Gefälle** und von der **Breite** des Gewässers ab.

- Je größer die Wassermenge (z.B. bei Hochwasser) und je höher das Gefälle desto schneller fließt der Fluss.
- Je **breiter** der Fluss desto **langsamer** ist die Fließgeschwindigkeit, weil sich das vorhandene Wasser auf ein größeres Volumen verteilen kann.

Zusammentretende Ufer, Bauwerke im Fluss, Pontons oder Ähnliches bilden Flussengen, an denen es dann oberhalb der Enge zu einem Stau mit verlangsamter Strömung kommt (Rückstau), während das Wasser in der Enge selbst sehr schnell durchströmt.



Abb. 3: Rollfähre bei Klosterneuburg – die Uferanlage engt den Fluss ein, und beeinflusst die Strömung; (Bild © 2019 Google,Bilder European Space Imaging,Maxar Technologies, Kartendaten © 2019)

Die Donau hat von Passau bis zur Grenze in die Slowakei ein durchschnittliches Gefälle von 0,04% (40 cm pro km). Dieses recht hohe Gefälle verursacht eine kontinuierliche Änderung des Flussbetts, was immer wieder zu Anlandungen im Fahrwasser und somit zu Änderungen der Fließgeschwindigkeit führt.

Das Gestein am Boden wird durch die Strömung im Durchschnitt ca. 3 km/Jahr flussabwärts gezogen. Das Geräusch des Steingeschiebes ist insbesonders bei hohem Wasserstand im Boot gut zu hören, weil es durch das Wasser über den Bootsrumpf als "Lautsprecher" in das Bootsinnere übertragen wird.

Die Breite der Donau beträgt in Österreich zwischen **200** Meter (bei Passau) und **350** Meter (Nationalpark Donauauen).

Auf die Frage, ob das Wasser eines Flusses in der Mitte oder am Rand schneller strömt, gibt es keine eindeutige Antwort.

Es gilt die Grundregel:

Ein Fluss strömt dort am schnellsten, wo er am tiefsten ist.

Grund dafür ist die Reibung zwischen fließendem Wasser und dem Flussgrund – bei geringerer Wassertiefe macht sich dieser bremsende Effekt stärker bemerkbar.

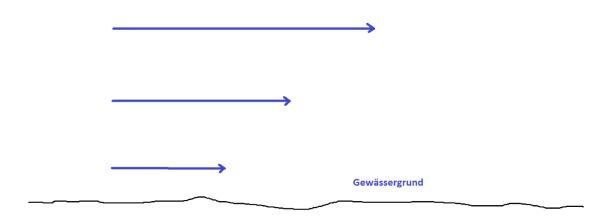


Abb.4: Reibung am Gewässergrund

Aufgrund der Reibung des Wassers am Gewässergrund ist die Fließgeschwindigkeit in Bodennähe geringer als weiter in Richtung Oberfläche.

Die tiefste Stelle der Donau in Österreich befindet sich in Grein (20 Meter).



Abb.5: Bei annähernd symmetrischem Bodengrund ist die größte Strömungsgeschwindigkeit in der Mitte (links). Bei asymmetrischem Bodengrund verschiebt sich die Zone mit der größten Strömung in Richtung des steileren Ufers (Mitte und rechts).

Daher gilt meist, dass die Fließgeschwindigkeit eines Flusses in der Mitte (genauer: in der Mitte der Schifffahrtslinie für die Großschifffahrt) meist höher ist als am Rand. Der Bereich mit der höchsten Fließgeschwindigkeit wird auch **Stromstrich** genannt.



Abb. 6: Stromstrich

Die Linie entlang eines Flusses, die alle Punkte mit der schnellsten Geschwindigkeit verbindet, wird Stromstrich genannt. Wer ihm stromab folgt, ist schnell unterwegs, stromauf gilt das Gegenteil. Bilder 2020 CNES / Airbus, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies, Kartendaten @ 2020

Wahl der Fahrlinie bei geraden Flussabschnitten

Stromab ist die (effizienteste) Fahrlinie auf geraden Strecken wegen der höheren Fließgeschwindigkeit somit klar – **im Stromstrich**, in der Regel in der Mitte, wo sich auch die Schifffahrtslinie für die Großschifffahrt befindet, und nicht zu sehr am Rand. Für eine Fahrtlinie in der Schifffahrtslinie spricht auch, dass dort keine Untiefen bzw. Hindernisse zu erwarten sind, und ein Auffahren auf Hindernisse mit hoher Geschwindigkeit vermieden werden kann. Natürlich muss der Großschifffahrt Vorrang gegeben werden, sie darf nicht behindert werden.

Bei Ruderfahrten stromab mit 18 km/h (Fließgeschwindigkeit 6 km/h + Rudergeschwindigkeit 12 km/h) braucht man für 1.000 Meter 3:20 Minuten und für 500 Meter 1:40 Minuten. Bei einer Fahrt von 18 km/h und einer Schlagzahl von 20 benötigt man für 30 Sekunden 10 Schläge und bewegt sich in diesem Zeitraum 150 m weit! Um eine Boje oder ein Boot zu erkennen, sollte man bei der Steuerung eines Bootes jedenfalls alle 30 Sekunden die Fahrlinie beobachten und auf Bojen, stromaufwärts fahrende Boote und andere Hindernisse achten.



Abb.7: Bojen sind (abhängig von Wellen, Spiegelungen, Sonne, Regen, Nebel) aus einer Entfernung von ca. 500 erkennbar. Standorte von Bojen können sich (durch starke Strömung, Baustellen) auch verändern. Kollisionsgefahr mit einer Boje oder anderen Hindernissen besteht, wenn diese bei Annäherung immer geradeaus vor dem Bug sichtbar sind und weder nach backbord noch nach steuerbord "wandern".

Bei **Stromverengungen** (z.B. Brückenpfeilern) sollte das Boot in der Mitte gehalten werden, dabei sollte, wenn möglich, weiter gerudert werden, um manövrierfähig zu bleiben. Ist die Durchfahrt jedoch so schmal, dass die Skulls lang genommen werden müssen, so ist vor der Enge so viel Fahrt aufzunehmen, dass in der Enge so lange gesteuert werden kann, bis die Skulls wiedereingesetzt werden können.

Schiffswellen stören beim Stromabrudern meist wenig. Bei niedrigen Wellen behält man die Fahrtrichtung (bei niedrigen Wellen) bei und lässt die Wellen "durchlaufen" bzw "kreuzt" sie. Bei hohen Wellen stellt man das Ruderboot parallel und "legt Blatt".

Beim Rudern **stromauf** ist es am effizientesten, **soweit wie möglich am Flussrand** zu rudern. Je knapper, desto geringer die Fließgeschwindigkeit – Paddler haben gegenüber Ruderern daher einen Vorteil, da Paddel kürzer als Ruder sind und sie dementsprechend näher am Ufer fahren können. Auf Untiefen in Ufernähe oder unter Wasser verborgende Hindernisse wie Steine muss natürlich geachtet werden.

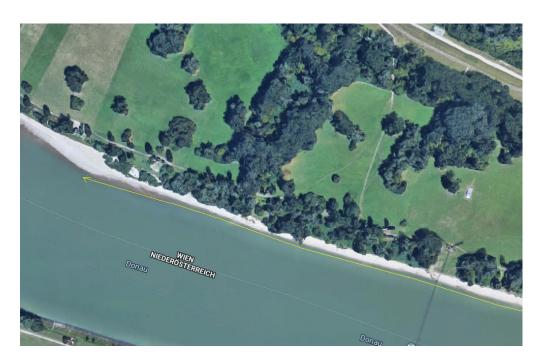


Abb.8: Stromauf in Ufernähe - dort ist die Strömung am geringsten. Bilder @ 2019 CNES /Airbus, European Space Imaging, Maxar Tehnologies, Kartendaten 2019

Gefahren beim Stromaufrudern am Flussufer bilden vorbeifahrende Schiffe, ankernde Boote, Fähren, Buhnen (Schlachten), Bootsstege, Schiffsanleger, hereinhängende Äste, Treibholz und Angler. Bojen stellen stromauf üblicherweise kein Problem dar.

Schiffe sind zwar üblicherweise auf größere Entfernung (z. B durch Bugwellen, Betriebsgeräusch) wahrzunehmen, sie nähern sie sich aber stromaufwärts schneller als Bojen oder Brücken.

Regelmäßiges Beobachten der Ruderstrecke in Fahrrichtung ist unumgänglich, um Gefahren bzw. Hindernisse zu erkennen.

Motorbetriebene Schiffe stören beim Stromaufrudern erheblich. Motorschiffe saugen durch die Bugwelle und ihre Schraube große Mengen Wasser von vorn und von beiden Seiten in Richtung Heck an und werfen es als wirbelndes Kielwasser rückwärts aus. Ein Ruderboot, das in der Strömung an einem Schiff vorbeifährt, wird infolge des Unterdrucks in Richtung Schiff gezogen - umso mehr, je stärker die Strömung ist und je näher das Boot an das Schiff herankommt. Der Sog kann so stark sein, dass ein breiter Flussstreifen bei der Schiffsannäherung zu trockenem Ufer wird.

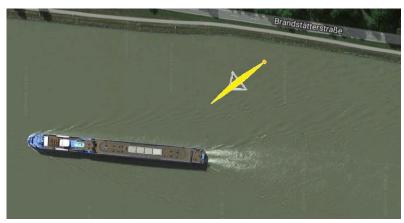


Abb. 9: Höhere Wellen: Das Boot wird parallel zur Welle aufgestellt, dann Blatt gelegt ("Ruder halt"), der Druck der Wellen wird durch Gegendruck mit dem zur einlaufenden Welle zeigenden Blatt "aufgefangen". Bilder © 2020 GeoBasis-DE/BKG, GeoContent, Geoimage Austria, Maxar Technologies, Kartendaten ©2020

Bei der Annäherung eines Motorschiffes ist der unmittelbare Uferbereich zu verlassen, um wegen des vorübergehenden Niedrigwassers nicht auf Grund zu laufen und wegen der anschließenden Heckwellen des Schiffs nicht an das Ufer gedrückt werden. Nach Verlassen des Uferbereichs stellt man entweder das Ruderboot parallel zu hohen Wellen und "legt platt" oder behält (bei niedrigen Wellen) die Fahrtrichtung bei und lässt die Wellen "durchlaufen" bzw "kreuzt" sie.

Wahl der Fahrlinie in Kurven

Wie aber rudert man in Kurven? Als Grundprinzip gilt, dass die **Fließgeschwindigkeit** in der Außenkurve - aufgrund des längeren Weges - höher ist als in der Innenkurve. Allerdings ist dort auch der Weg länger als in der Innenkurve.



Abb 10: Strömungsgeschwindigkeit in der Kurve

Da das Wasser in der Innenkurve und in der Außenkurve einen unterschiedlichen langen Weg zurücklegen muss, strömt es in der Außenkurve rascher. Bilder @ 2020 CNES / Airbus, Maxar Technologies, Kartendaten @ 2020

Dazu kommt, dass das Wasser eines Gerinnes wegen der Reibungskräfte an der Oberfläche schneller fließt als an der Sohle.

In Kurven beschleunigt das schnelle Wasser aufgrund der Fliehkräfte in die Außenkurve und verdrängt das sohlennahe Wasser zur Innenkurve (das sohlennahe Wasser hat mehr Reibung am Flussgrund und wird vom von der Außenkurve kommenden Wasser mit der höheren Fließgeschwindigkeit verdrängt.)

Der **Stromstrich** wandert daher in der **ersten Hälfte der Kurve nach außen**. Nach der Kurve wandert der Stromstrich wieder zur Mitte zurück.

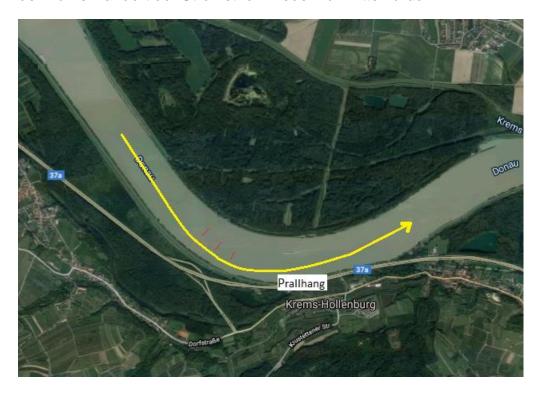


Abb.11: Verlauf des Stromstrichs in der Kurve

Am Beginn der Kurve wandert der Stromstrich von der Mitte nach außen und dann wieder in die Mitte zurück. Bilder @ 2020 CNES / airbus, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies, Kartendaten @ 2020

Es empfiehlt sich daher in der Kurveneinfahrt stromab zunächst etwas außerhalb der Strommitte zu fahren und erst dann ab der Mitte der Kurve in die Strommitte zu ziehen. Dadurch vermeidet man auch die Turbulenzen in der zweiten Hälfte der Kurve, wenn das schnelle Wasser ans Ufer "prallt" (Prallhang).

Durch die geringere Fließgeschwindigkeit in der Innenkurve kommt es vermehrt zu Ablagerungen von Sedimenten (Sand). In der Innenkurve besteht daher die **Gefahr von Untiefen**, die größere Schäden an Ruderbooten verursachen können. Stromab hat es auch in puncto Fahreffizienz keinen Sinn, Kurven zu schneiden. In der Innenkurve ist die Fließgeschwindigkeit geringer wodurch der Vorteil des kürzeren Weges wieder aufgehoben wird.

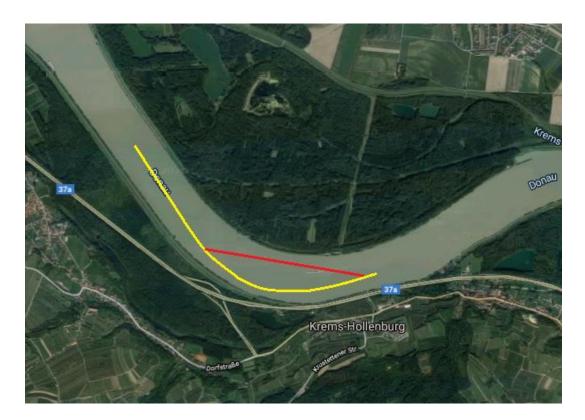


Abb. 12: Kurve schneiden bringt nichts

Beim Rudern entlang des Stromstrichs fahren (gelb), es bringt keine Fahrzeitgewinn, die Kurve zu schneiden (rot). In der Innenkurve besteht zudem die Gefahr des Auffahrens. Bilder @ 2020 CNES / airbus, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies, Kartendaten @ 2020

Bei Schiffswellen kann in die Innenkurve ausgewichen werden, weil dort die von Schiffen durch die Heckwelle ausgelösten Verwirbelungen meist geringer sind als in der Außenkurve.

Beim **Stromauffahren** gilt es, die kürzere Strecke der **Innenkurven** zu **nutzen**, da die Fließgeschwindigkeit dort üblicherweise geringer ist als in der Außenkurve, auch wenn man die Zeit des Übersetzens (Pendelns) zwischen den jeweiligen Innenkurven mitberücksichtigen muss. Vor Innenkurven bilden sich oft Kehrwasser, wo das Wasser manchmal sogar stromauf fließt und die Fahrzeit weiter verkürzt wird.



Abb.13: Stromauf in der Kurveninnenseite – dort ist weniger Strömung und der Weg ist kürzer. Als Beispiel soll hierzu die Schlögener Schlinge dienen. An der Schlinge wendet die Donau stromab in einer engen, nach links gezogenen Kehre um 180 Grad von südöstlicher auf nordwestliche Laufrichtung (Stromkilometer 2188 bis 2185). Der Innenradius dieser Kurve beträgt ca. 370 m, der Außenradius (bei einer Flussbreite von durchschnittlich 200 m) ca. 570 m. Die Weglänge im Innen-Halbkreis (r*\pi) beträgt somit ca. 1.162 m, in der Außenkurve 1.790 m. Für die längere Ruderstrecke von 628 m benötigt man stromauf in der Außenkurve bei einer effektiven Rudergeschwindigkeit von 9 km/h (12 km/h Boot – 3 km/h Fluss am Rand, ohne Berücksichtigung, dass die Flussgeschwindigkeit in der Außenkurve eigentlich höher als in der Innenkurve ist), das sind 2,5 m/sec, zumindest 250 Sekunden (= 4 Minuten und 10 Sekunden). Geht man davon aus, dass ein vorheriges Überqueren vom äußeren zum inneren Ufer bei einer Flussbreite von 200 m ca 1 Minute benötigt, erkennt man sofort den Vorteil der Innenkurve. Bilder @ 2020 CNES / Airbus, GeoBasis-DE/BKG, GeoContent, Geoimage Austria, Maxar Technolgies, Kartendaten @ 2020

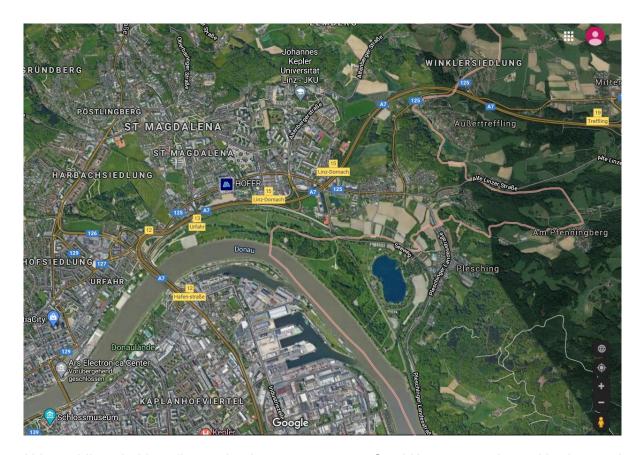


Abb.14: Mitten in Linz gibt es eine lang gezogene 90 Grad Kurve stromab von Nordost nach Südost (Stromkilometer 2134 bis 2132). Der Innenradius der Kurve beträgt ca. 900 m, der Außenradius (bei einer Flussbreite von durchschnittlich 200 m) ca 1.100 m. Die Weglänge im Innen-Viertelkreis (r*π/2) beträgt sohin 1.414 m, in der Außenkurve 1.728 m. Für die längere Ruderstrecke von 314 m benötigt man stromauf in der Außenkurve bei einer effektiven Rudergeschwindigkeit von 9 km/h (12 km/h Boot – 3 km/h Fluss am Rand, ohne Berücksichtigung, dass die Flussgeschwindigkeit in der Außenkurve eigentlich höher als in der Innenkurve ist), das sind 2,5 m/sec, zumindest 125 Sekunden (= 2 Minuten und 5 Sekunden). Google Maps Kartendaten 2020

Je breiter der Strom und je länger die Kurve (der Kurvenwinkel) desto größer ist der Vorteil in der Innenkurve. Bei einem Kurvenwinkel von 45 Grad und einer Breite der Donau von 200 m (Zeitersparnis: 1 min und 3 Sekunden) zahlt sich das Übersetzen auf die Kurveninnenseite meist nicht aus. Vor allem dann nicht, wenn man später wieder rückübersetzen muss.

Fahrlinie beim Übersetzen stromauf

Viele Ruderer versuchen beim Übersetzen stromauf ihre Höhe zu halten oder sogar an Höhe zu gewinnen. Warum eigentlich?

Der Zeitbedarf für das Übersetzen ohne Höhengewinn beträgt bei den in abb. 14 angenommenen Bedingungen und einer Flussbreite von 200 m etwa 1 Minute.

Die Geschwindigkeit des Übersetzens wird durch 2 Faktoren beeinflusst:

- Der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten in Ufernähe bzw. Flussmitte.
 Da die Strömungsgeschwindigkeit in Flussmitte größer ist, müsste es effizient sein, diesen Bereich möglichst rasch zu überwinden, d.h. im rechten Winkel zur Strömung zu rudern.
- Druck-/Sogprinzip (ähnlich wie beim Auftrieb eines Flugzeugs): Bei einem Uferwechsel hilft die Strömung mit. Der Bug des Bootes wird etwas gegen die Strömung in die Richtung des anderen Ufers gerichtet, die Strömung versetzt dann das schräg gerichtete, geruderte (in Fahrt befindliche) Boot zum anderen Ufer. Dieses Prinzip wird auch bei nicht fahrenden Fähren (Drahtseilbrücke Ottensheim, Rollfähre Spitz, Rollfähre Weißenkirchen) angewandt.

Da für Steuermanöver nur gelingen, wenn das Boot gegenüber der Strömung einen Geschwindigkeitsunterschied aufweist, ist es nur manövrierbar, wenn in einem spitzen Winkel zur Strömung übersetzt wird.

Dies bedeutet, dass beim Überqueren jedenfalls **gegen die Strömung** gerudert und in der Regel zumindest die **Höhe gehalten** werden sollte. Dann wird die Strömung für die Seitwärtsbewegung (das Druck-/Sogprinzip) effektiv genutzt. In einzelnen Fällen kann sogar ein Rudern mit Höhengewinn ein schnelleres Übersetzen ermöglichen.

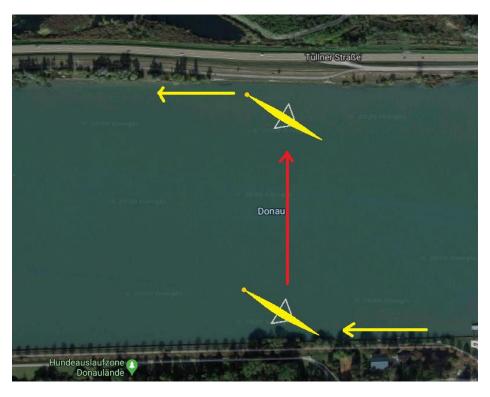


Abb.15: Übersetzen ohne Höhenverlust – die effizienteste Variante, Bilder @ CNES / Airbus, European Space Imaging, Maxar Technologies, Kartendaten @ 2020

Beim Übersetzen stromauf benötigt man für das Überqueren der Strommitte (100 m) im rechten Winkel zur Strömung bei einer Ruderbootgeschwindigkeit von 12 km/h 30 Sekunden und wird in diesem Zeitraum bei einer Fließgeschwindigkeit von 6 km/h 50 m zurückgetrieben. Für die 50 Meter braucht man in der Strommitte 15 Sekunden, um

stromauf zu rudern. Am Rand (Fließgeschwindigkeit 3 km/h) ist der Zeitbedarf für die 50 Meter lediglich 7,5 Sekunden.

Parameter für die Seitwärtsbewegung des Ruderbootes sind in erster Linie die Fließgeschwindigkeit des Flusses und die Fahrgeschwindigkeit des Bootes, dann der Anstellwinkel des Bootes, seine Lateralplan (seitliche Unterwasserfläche des Bootes inklusive Schwert und Kielleiste) sowie das Verhältnis von Länge zu Breite des Bootes.

Diese Einflussfaktoren bewirken, dass Im Einzelfall sogar ein Rudern mit Höhengewinn ein schnelleres Übersetzen ermöglichen kann.

Beim Übersetzen ist natürlich der Schiffsverkehr stromab und stromauf genau zu beobachten. Übersetzen sollte man immer **unterhalb** (stromab) von bzw. mit ausreichendem Abstand zu Brücken, Bojen und anderen Hindernissen, um bei Komplikationen (z. B. starker Strömung, "Krebs" oder Dollenbruch) nicht mit diesen zu kollidieren.