

# Warum man auch Boote aus Beton bauen kann.

## Einleitung

Boote gibt es schon sehr lange und heutzutage auch in den verschiedensten Formen und Materialien. Das Prinzip, warum Boote auf dem Wasser schwimmen und nicht untergehen stammt von vor über 2000 Jahren von Archimedes. Es ist das sogenannte „archimedische Prinzip“.

Laut diesem Prinzip ist „die Auftriebskraft, die ein Körper in einer Flüssigkeit erfährt genauso groß wie die Gewichtskraft des vom Körper verdrängten Mediums“.  
[1]

Bezieht man dieses Prinzip auf ein Boot, erhält man Auftrieb durch das verdrängen des Wassers.

In diesem Zusammenhang ist besonders die Formgebung wichtig, da sie vorgibt, wie das Wasser verdrängt wird. Ein weiterer wichtiger Punkt ist das Gewicht des Bootes. Dieses muss an die Form angepasst werden, damit die mittlere Dichte des Bootes nicht größer ist, als die des Wassers, damit das Boot nicht sinkt.

Damit der Auftrieb bei den Betonkanus sichergestellt werden kann, werden zusätzlich sogenannte Schwimmkörper oder auch Auftriebskörper eingebaut. Hierzu werden Hohlräume hergestellt, die entweder in dieser Form bestehen bleiben, mit Materialien wie beispielsweise Montageschaum gefüllt. Durch das Aneinanderreihen von solchen Schwimmkörpern können auch nahezu unsinkbare Plattformen entstehen, die gerade in der „Freien Klasse“ der Betonkanuregatta hilfreich seien können.

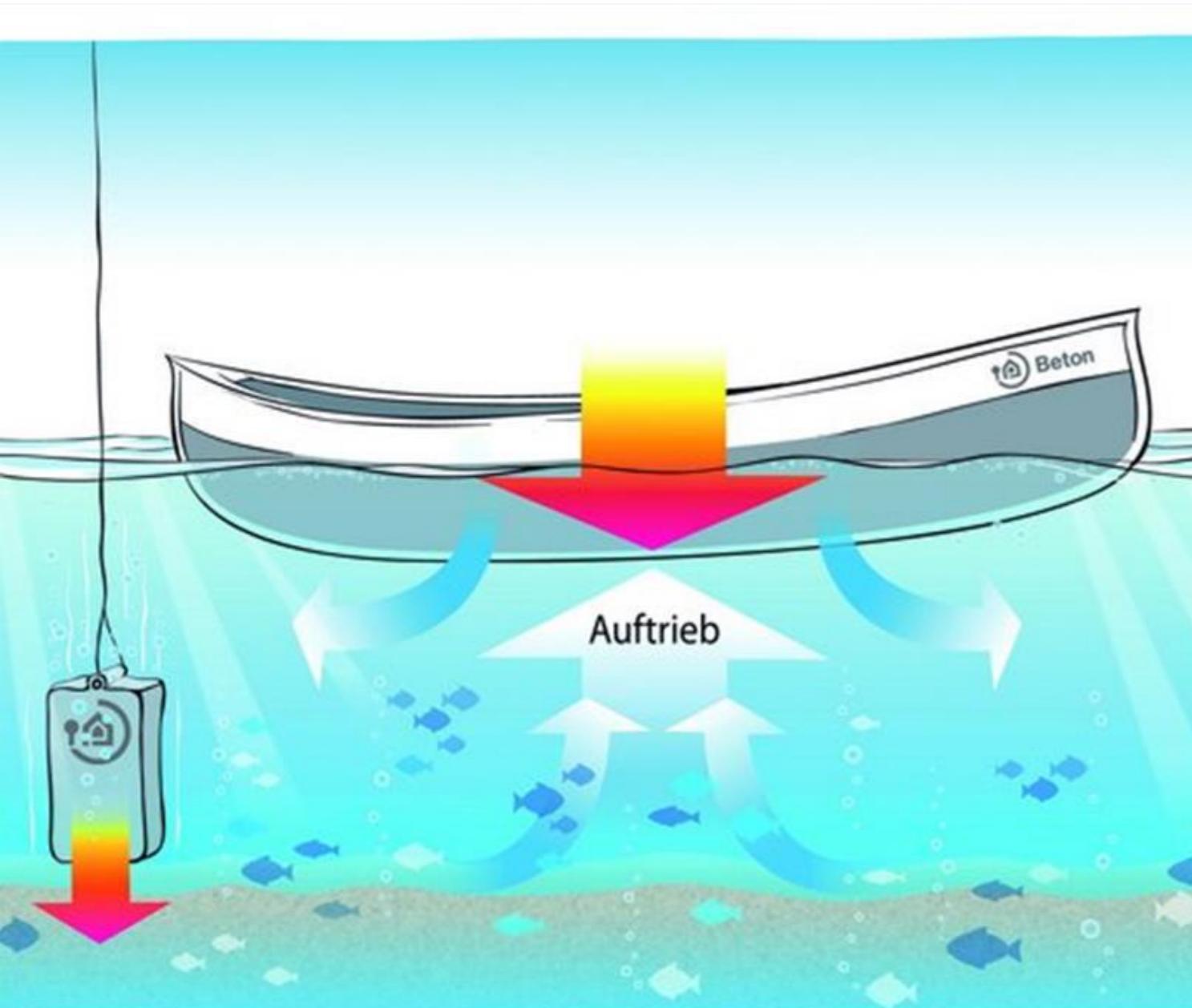


Abb. 1 Auftriebsprinzip [1]

## Schalung

Für die Herstellung eines Betonkanus ist nach der Formgebung die Schalung der nächste Schritt. Der Schalungstyp und die verwendeten Materialien sind abhängig von der gewünschten Form und welche Aspekte besonders wichtig sind.

Es gibt verschiedene Varianten Schalungen herzustellen. Manche brauchen einen Probekörper, andere können so hergestellt werden.

Die Variante, die sehr oft in Weimar bei der Sportklasse verwendet wurde, wird mithilfe eines Probekörpers hergestellt. Dieser Probekörper gibt die spätere Form des Kanus 1:1 wieder und wurde beispielsweise aus Styrodur gefertigt. Danach kann auf den Styrodurkörper mithilfe von glasfaserverstärktem Kunststoff und Harz die eigentliche Schalung herstellen werden. Nach einem ähnlichen Prinzip können auch Schalungen aus Montageschaum gemacht werden. Hier wäre als Probekörper auch ein früheres Betonkanu möglich, wodurch man Materialien einsparen könnte.

Neben den klassischen Schalungen gibt es auch andere Möglichkeiten. Beispielsweise Überlegungen die Schalung über einen 3D-Drucker zu erstellen. Hier müsste man vermutlich mehrere Schalungstücke drucken lassen, die später zu einem Ganzen zusammengefügt werden. Wichtig ist hier besonders das Zusammensetzen der einzelnen Teile und die Passgenauigkeit, um eine möglichst ebene Innenfläche zu ermöglichen.

Die vorherigen genannten Schalungen sind besonders für klassische Kanuformen geeignet. Falls die Form jedoch aus anderen Gründen vereinfacht werden würde, könnte man auch einen gewissen Teil der Schalung aus Holz oder Metall bauen. Beispielsweise für rechteckige Kastenformen.

## Formgebung

Besonders entscheidend für die freie Klasse ist, wie man an den Siegern der letzten Jahre ansehen kann, dass das Kanu viel Platz für Personen oder Aufbauten bietet. Das heißt, man braucht ein großes Boot, was aber auch nicht zu schwer sein darf. Dafür bietet sich eine Pontonbauweise oder ein Katamaran an.

### Pontonbauweise

Bei einer Pontonbauweise werden einzelne Schwimmkörper miteinander verbunden. Die Schwimmkörper bestehen aus einfachen, meist würfelartigen Formen. Die Schwimmkörper sind hohl, damit sie genug Auftrieb erzeugen. Der Vorteil so einer Bauweise ist, dass sie einfach zu verändern ist, denn man kann die Plattform durch die einzelnen Schwimmkörper beliebig anpassen. Außerdem kann man durch den guten Auftrieb große Lasten auf der Plattform anbringen. Diese Bauweise eignet sich deshalb besonders gut für große Aufbauten. Das Problem der Pontonbauweise ist allerdings, dass man die einzelnen Schwimmkörper sehr fest miteinander verbinden muss, da sonst die Konstruktion zu instabil wird.

### Katamaran

Ein Katamaran besteht aus 2 Kanus die miteinander verbunden werden, wodurch zwischen den Booten viel Platz entsteht, den man für eine Plattform verwenden kann. Die Vorteile einer solchen Konstruktion wären, dass durch seine Form eine hohe Stabilität gegenüber Kippen entsteht. Das Boot würde somit auch mit vielen Personen, die sich bewegen, nicht umkippen. Des Weiteren könnte man die Schalung zwei Mal verwenden, so dass man zwei exakt gleiche Boote erhält. Allerdings benötigt man die richtige Kanuform für einen Katamaran.

Es gibt verschiedene Kanutypen, die sich durch ihre Rumpfform, Krümmung, Steven und Vorschiff unterscheiden. Von der Rumpfform eines Kanus hängt ab, wie schnell ein Kanu durch das Wasser gleiten kann, denn der Reibungswiderstand des Rumpfes wird durch dessen Form bestimmt. Eine halbkreisartige Querschnittsform des Rumpfes sorgt für den geringsten Widerstand, hat aber dafür eine hohe Instabilität als Nachteil.

Daher sind Kanus mit dieser Form ausschließlich im Rennsportbereich für glatte Wasseroberflächen wiederzufinden. Ein Kanu mit flachem Boden hat die größte Reibungsfläche und ist somit auch langsamer. Dafür kann das Boot das größte Zuladungsgewicht vertragen und ist sehr wendig, kann also sehr schnell in jede Richtung mit dem Paddel gedreht werden.

Diese gute Manövriergängigkeit macht es aber für den Paddler schwieriger das Boot im einem guten Geradeauslauf zu halten. Ein guter Kompromiss zwischen diesen beiden Formen ist eine flache Bodenkrümmung. Das Boot liegt stabil im Wasser und ist recht gut auf geradem Kurs zu halten.

Siehe Bild (Rumpfformen).

Die Krümmung des Kiels ist die Längslinie des Boots Bodens von Bugspitze zur Heckspitze. Sie wirkt sich ebenfalls auf die Spurtreue und Manövriergängigkeit aus. Ein gerader Kiel, der vom Bug bis zum Heck reicht, gibt dem Kanu einen guten Geradeauslauf und lässt sich besonders leicht steuern, aber dafür recht schwer wenden.

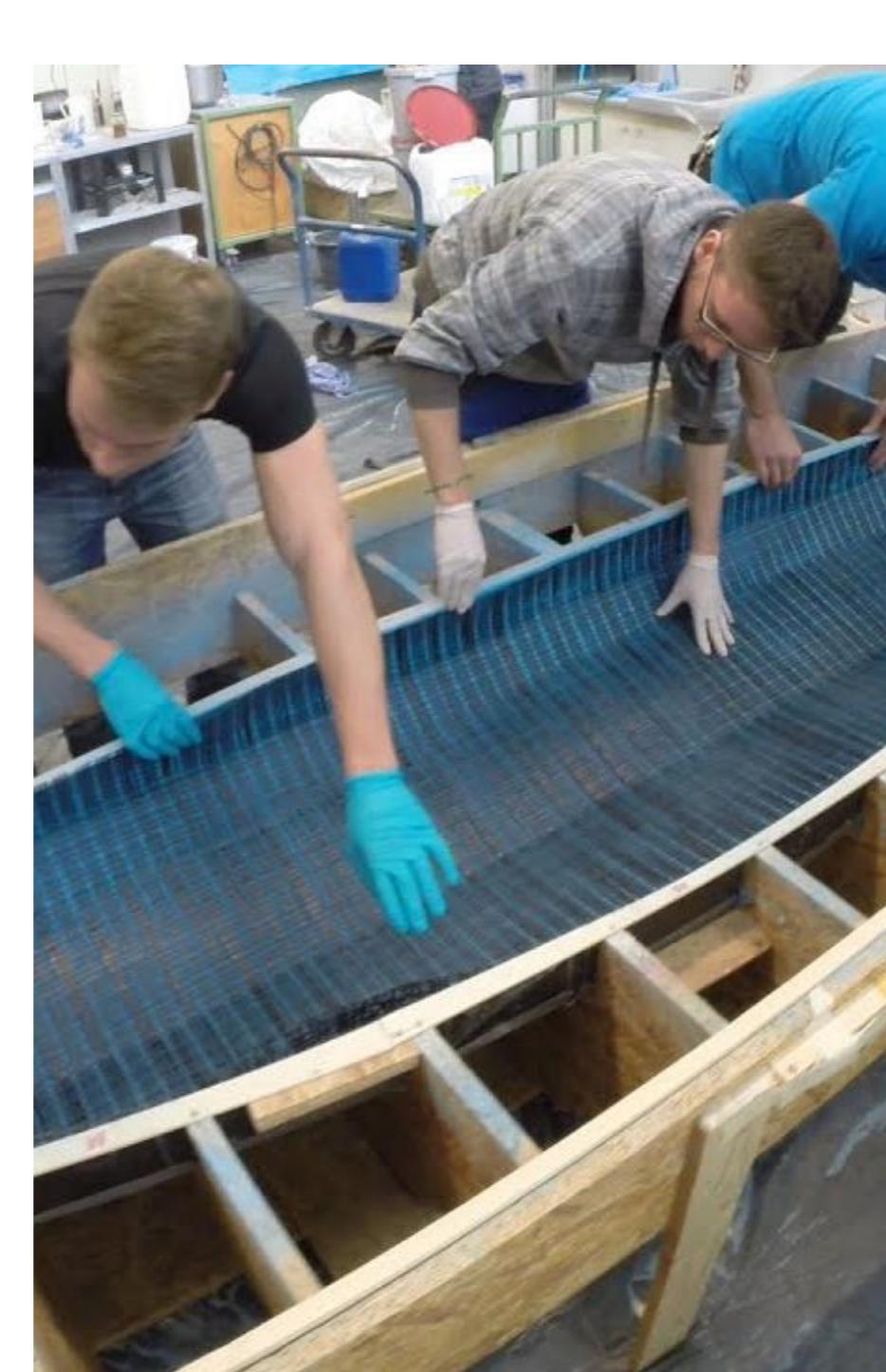


Abb. 4 Schalung der HTWG Konstanz [3]



Abb. 5 Schalung der TU Braunschweig [4]

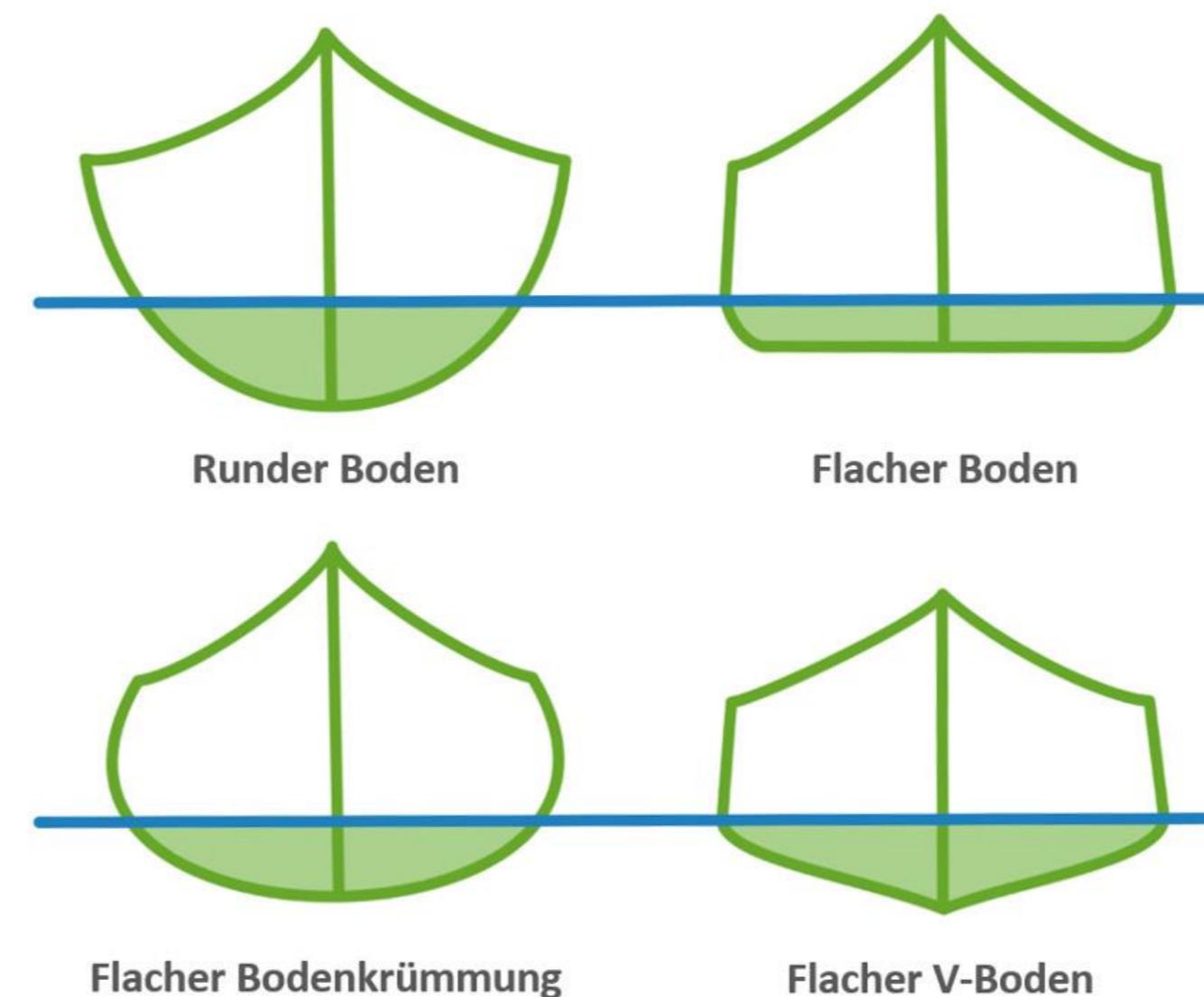


Abb. 2 Rumpfformen [2]

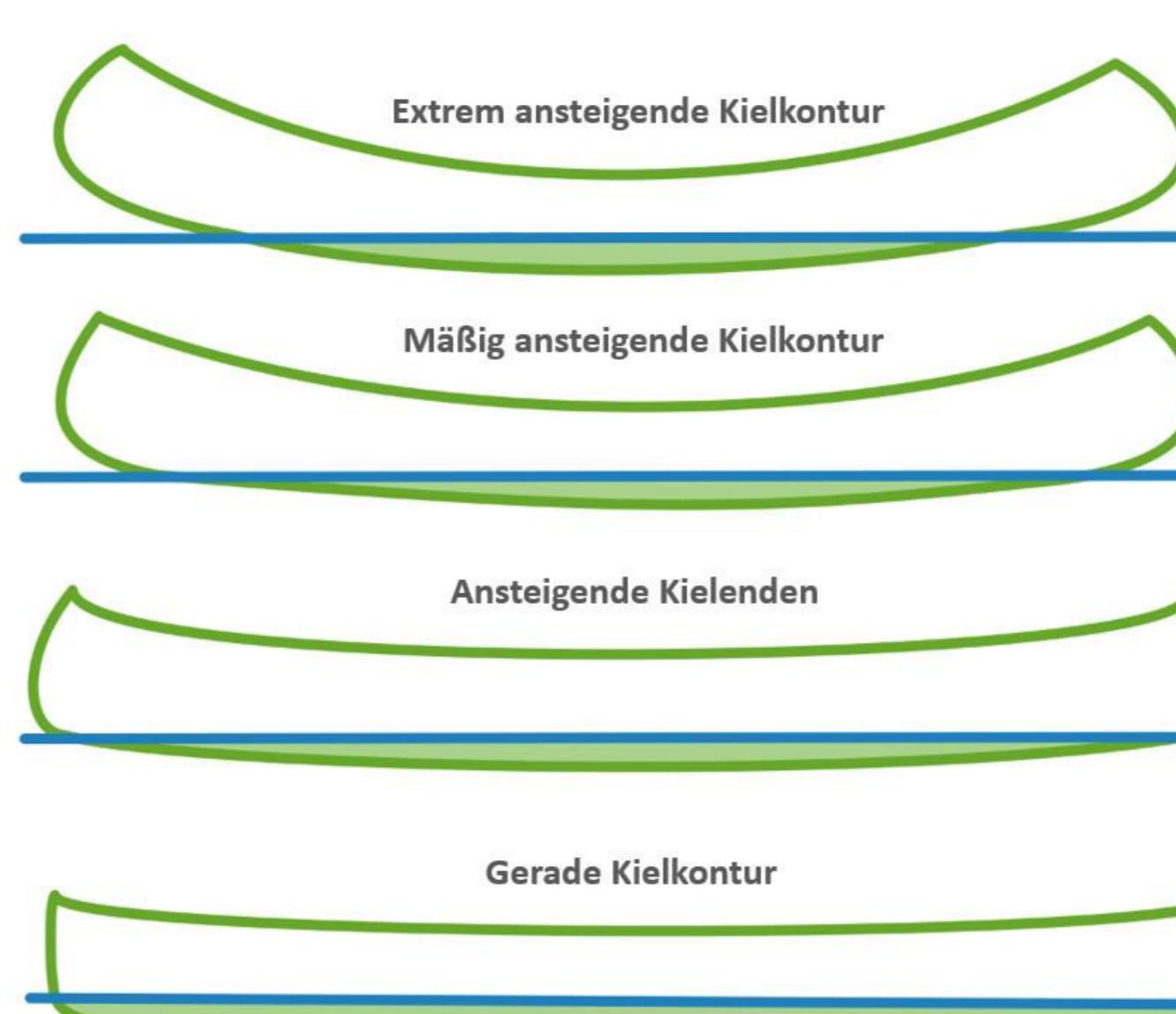


Abb. 3 Kielformen [2]

Je stärker die Kielkontur hingegen von der Bootsmitte zu den Enden ansteigt, desto kürzer wird die Wasserlinie und desto leichter lässt es sich drehen. Im Umkehrschluss bedeutet dies natürlich, dass die Bootsmitte die größte Last zu tragen hat und tiefer im Wasser einsinkt, was folglich zu einem stärkeren Reibungswiderstand im Wasser führt. Das Kanu wird entsprechend langsamer. Ein guter Kompromiss ist, dass lediglich die Kielenden leicht ansteigen.

Siehe Bild (Kielformen)

Der Steven eines Kanus bezeichnet die Bootsenden, also den Bug und das Heck. Ein stark einfallender Steven ist sehr charakteristisch für die traditionellen Kanus, macht das Boot aber dafür anfälliger für Seitenwind. Ein steiler Steven fällt direkt zur Wasserlinie ab und verlängert somit die effektive Wasserlinie des Bootes, woraus sich eine bessere Spurtreue ergibt. Für eine Katamaran Konstruktion wäre das von Vorteil.

Das Vorschiff bezeichnet den fordern Teil des Kanus. Für ein Katamaran wäre ein breites Vorschiff besser geeignet, da dieses mehr Platz bietet. Allerdings wird das Boot dadurch langsamer und man braucht mehr Kraft zum Rudern, weil mehr Wasser verdrängt werden muss. Da man aber in der freien Klasse nicht die Geschwindigkeit beachten muss, spielt dies keine Rolle.

Das Heck bezeichnet den fordern Teil des Kanus. Für ein Katamaran wäre ein breites Heck besser geeignet, da dieses mehr Platz bietet. Allerdings wird das Boot dadurch langsamer und man braucht mehr Kraft zum Rudern, weil mehr Wasser verdrängt werden muss. Da man aber in der freien Klasse nicht die Geschwindigkeit beachten muss, spielt dies keine Rolle.



Abb. 6 Schalung und Spachtelarbeit der Bauhaus-Universität Weimar

## Bewehrung

Die Bewehrung dient grundsätzlich zur Verstärkung des Tragverhaltens im Verbund mit dem Beton. Beton kann Druckkräfte aufnehmen, jedoch keine Zug- und Biegezugkräfte. Diese müssen von einer Bewehrung aufgenommen werden. Unbewehrter Beton kann vergleichsweise wenig Zugkräfte aufnehmen.

Bei der Nutzung des Betonkanus treten Biegemomente insbesondere infolge hoher Einzellasten auf. Ein Teil dieser Lasten kann infolge der Verformung des Kanubodens über Zugkräfte in die Bootswandung abgeleitet werden. Das Biegemoment ist für die Biegung von schlanken Körpern verantwortlich.

Grundlegende Voraussetzung ist eine gute Verbindung zwischen Bewehrung und Beton, um eine gute Rissverteilung und somit ein dichtes Kanu zu erlangen. Allgemeinen finden Glasfaser- oder Basaltbewehrungen im Kanu seine Verwendung, alternativ können aber auch Naturfasern eingesetzt werden. Exemplarisch für eine Naturfaser ist Baumwolle, Sisal oder Leinen, welche auch als Flachsfasern bezeichnet werden.

Die Bewehrung aus Naturfasern herzustellen hat einige Vorteile, wie beispielsweise der Dichte. Jedoch erreichen die Naturfasern bei Weitem nicht so eine hohe Steifigkeit und damit keine so hohe Biegebruchfestigkeit im Beton, wie es andere Textilfasern tun. Nachteilig ist dennoch auch, dass jene Naturfasern ein sehr hohes Vermögen an Feuchtigkeitsaufnahme besitzen.

Primär kann man jedoch festhalten, dass Bewehrungen mit Naturfasern mittels guter Verarbeitung und Verbund und einer schnellen Erhärtungsgeschwindigkeit auf positive Resultate in der Verwendung zielen und vielschichtig einsetzbar sind.

Im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit erweist sich Beton jedoch als umstrittener Baustoff. Die Herstellung des Bindemittels Zement verursacht einen extrem hohen CO2-Ausstoß, welcher für bis zu acht Prozent des globalen jährlichen Kohlenstoffdioxidausstoßes verantwortlich ist. Heutzutage forscht man weltweit an einer Alternative, beispielsweise an einer kohlenstoffdioxidneutralen Produktion, um die Fertigung von Beton nachhaltiger gestalten zu können. Doch im Hinblick auf das Betonkanu erweist sich der bedachte Einsatz des Baustoffes als besonders vorteilhaft, da die geringe Betonmenge sich auch in der Zementverarbeitung widerspiegelt, somit lässt sich wiederum also festhalten, dass die Reduktion der Betonverwendung sich ebenso positiv auf die Umwelt ausprägt.

Daraus resultiert, dass ein Kanu aus Beton durchaus optimal beschaffen sein kann und sämtliche technische Anforderungen erfüllt. Form, Schalung und Bewehrung sind der Schlüssel zu der Konstruktion, die schon im Mittleren 19. Jahrhundert ihren Ursprung fand und sich bis heute bewährt hat. Der Aufwand für Pflege und Reparatur sind gering und die Bauweise gestaltet sich als individuell, zeitlos und bald auch nachhaltig.



Abb. 7 Sisalfasern [5]

## Quellen

- [1] [www.beton.org](http://www.beton.org)
- [2] <https://www.paddleventure.de/kanadier/>
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=MXUTHe9AOj8>
- [4] <https://magazin.tu-braunschweig.de/m-post/ein-seeloewe-aus-beton-paddelt-um-die-wette/>
- [5] <https://www.baublatt.ch/baupraxis/veranstaltungstipp-sisal-robuste-naturfaser-26983>
- [6] Handbuch Betonkanu 202X
- [7] [https://www.frankfurt-university.de/fileadmin/standard/Hochschule/Fachbereich\\_1/LaboreUndWerstaetten/Baustoffe-Bauphysik/Dateien/Paper\\_Betonkanu-Bewehrung.pdf](https://www.frankfurt-university.de/fileadmin/standard/Hochschule/Fachbereich_1/LaboreUndWerstaetten/Baustoffe-Bauphysik/Dateien/Paper_Betonkanu-Bewehrung.pdf)
- [8] <https://betoniou.com/beton/?gclid=Cj0KCQjws>