

Das Wissen

Wie Athleten Wind und Wasser austricksen – Physik im Sport

Von Aeneas Rooch

Sendung vom: Dienstag, 10. Februar 2026, 8.30 Uhr

Redaktion: Charlotte Grieser

Autorenproduktion

Produktion: SWR 2025

Profisportler nutzen alle Tricks der Physik, um noch schneller, windschnittiger und besser zu werden. Aber bringt das auch Amateuren was?

SWR Kultur können Sie auch im **Webradio** unter [swrkultur.de](https://www.swrkultur.de) und auf Mobilgeräten in der **SWR Kultur App** hören – oder als **Podcast** nachhören:

Bitte beachten Sie:

Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt. Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.

Die SWR Kultur App für Android und iOS

Hören Sie das Programm von SWR Kultur, wann und wo Sie wollen. Jederzeit live oder zeitversetzt, online oder offline. Alle Sendung stehen mindestens sieben Tage lang zum Nachhören bereit. Nutzen Sie die neuen Funktionen der SWR Kultur App: abonnieren, offline hören, stöbern, meistgehört, Themenbereiche, Empfehlungen, Entdeckungen ...
Kostenlos herunterladen: <https://www.swr.de/swrkultur/swrkultur-radioapp-100.html>

MANUSKRIFT

Atmo: Fahrrad; Wind

Autor:

Der härteste Gegner beim Fahrradfahren ist unsichtbar: die Luft. Denn die schnellsten Sportlerinnen und Sportler sind hier nicht unbedingt die, die am kräftigsten in die Pedale treten, sondern die, die sich geschickt mit der Luft zu arrangieren wissen. Auch in anderen Sportarten – beim Fußball, Golf, Schwimmen oder Kanufahren –, bei Profis wie bei Amateuren, geht es immer wieder um die Frage: Wie kann man durch clevere Körperhaltung, günstige Bewegungen und windschnittige Geräte mehr Leistung herausholen? So einfach die Frage gestellt ist – so komplex ist die wissenschaftliche Suche nach Antworten.

Ansage:

Wie Athleten Wind und Wasser austricksen – Physik im Sport. Von Aeneas Rooch.

Musikakzent

O-Ton 01 Sportschau, Michael Ostermann, Reporter:

Es ist ein Tag, an dem es zählt, so richtig – volle Konzentration gefordert im Einzelzeitfahren, im Kampf um den Tagessieg, genauso für die Top-Fahrer in der Gesamtwertung. 33 km lang ist die Strecke mit Start und Ziel in Caen, flache, lange Geraden, ein Kurs für echte Spezialisten.

Autor:

Beim Zeitfahren bei der Tour de France sieht man, wie sehr es auf Aerodynamik ankommt und wieviel Wissenschaft im Radsport steckt: Die Fahrer tragen klobige Helme – sie erinnern an Darth Vader – und sie liegen fast auf ihren niedrigen, länglich geformten Fahrrädern. Alles nur, um geschmeidig durch die Luft zu gleiten und sie möglichst wenig zu verwirbeln. Denn das bremst.

Im Kampf um Sekundenbruchteile kann all das entscheidend sein: Der stromlinienförmige Helm, die günstige Körperhaltung oder das perfekt durchgestylte Fahrrad. Das sagt Entwicklungsingenieur Robert Kessler. Er arbeitet am Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten in Berlin.

O-Ton 02 Robert Kessler, Entwicklungsingenieur:

Mittlerweile ist man ganz weit weg von Alu- und Stahl-Rundrohrprofilen, sondern da ist alles stromlinienförmig, da ist alles ausgefeilt.

O-Ton 03 Sportschau, Michael Ostermann:

Von den Podiumskandidaten für die Gesamtwertung am besten unterwegs: Remco Evenepoel. Die Frage: Reicht es für den Olympiasieger auch zur Bestzeit? Mehr als eine halbe Minute ist Remco Evenepoel schneller. Kommt an diese Leistung noch irgendwer sonst heran?

O-Ton 04 Robert Kessler:

Bestes Beispiel ist da Remco Evenepoel, der da wirklich einfach super aerodynamisch auf dem Rad sitzt, weil der sich komplett hinter seinen Armen verstecken kann und da quasi

gar kein Kopf mehr drübersteht, gefühlt zumindest, und im Allgemeinen auch relativ klein ist, da ist er ja wirklich aus aerodynamischer Sicht sehr gesegnet.

Autor:

Wer schnell Rad fahren will, muss sich also geschickt mit der Luft arrangieren. Muss sich um Aerodynamik kümmern – die „Bewegung der Luft“.

Lars Kalender ist Triathlon-Trainer beim Verein „SV Blau-Weiß Bochum“. In seiner Küche spannt er ein Fahrrad in eine Halterung, um hier auf der Stelle fahren zu können.

O-Ton 05 Lars Kalender, Triathlon-Trainer, und Ina Herrmann, Radfahrerin:

Lars Kalender: Die Ina hier, die war letztes Jahr noch ein Einsteiger auf dem Rennrad, und ja jetzt will sie mal sich 'n bisschen verbessern.

Ina Herrmann: Ich bin heute hier, um das Fahrrad mal zu testen, weil ich ein sehr günstiges Rad noch fahre und jetzt langsam umsatteln möchte, und jetzt teste ich mal das Rad.

O-Ton 06 Lars Kalender:

So, Ina, Schuhe an, aufs Rad!

Autor:

Ina Herrmann setzt sich auf den Sattel, klickt ihre Schuhe in die Pedale und tritt los. Lars Kalender, mit Kettenfett an Händen und im Gesicht, beobachtet sie: Wie strecken sich die Beine, wie bewegt sich die Hüfte, wohin zeigen die Knie, wie verläuft der Rücken?

O-Ton 07 Lars Kalender:

Am Anfang sitzt man in der Regel in den ersten Jahren recht aufrecht, heißt: Man ist mit der Stirnfläche sehr stark im Wind und man verschenkt natürlich gewisse Watts ...

Autor:

Man verschenkt Leistung, gemessen in der Einheit „Watt“. Leistung ist Energie pro Zeitintervall. Wenn man nicht windschnittig auf dem Rad sitzt, geht von der Leistung, mit der man in die Pedale tritt, unnötig viel dafür drauf, gegen den Luftwiderstand anzukämpfen.

O-Ton 08 Lars Kalender:

Je aufrechter man sitzt, umso leichter kann man natürlich in die Pedale treten. Jeder, der in Hollandrad fährt, weiß: Relativ gemütlich hier zu fahren. Wenn man sehr gedrunge sitzt, wenn man sich einmal die Tour de France sich ansieht, die machen sich ja richtig klein. Und dabei noch gescheit in die Pedale zu treten, das muss man über Jahre, Jahrzehnte trainieren.

Autor:

Kleinmachen und der Luft wenig Angriffsfläche bieten – das ist die Devise. Ina Herrmann beugt sich herunter und greift in den Unterlenker. Das sind die Griffe, die bei Rennrädern von der Lenkstange nach unten abzweigen.

O-Ton 09 Ina Herrmann:

Für mich war das halt sehr ungewohnt, weil ich so halt nicht Fahrrad gefahren bin am Anfang. Dieses wirklich sehr nah am Rad zu sein; sehr auch dann entsprechend an der Straße zu sein und auf einer ganz anderen Sitzposition zu sein, das musste ich halt

wirklich erst üben. Und gerade wenn man dann ein bisschen schneller fährt und nicht zum Einkaufen nur fährt, sondern mal so eine Straße runter fährt mit 45-50 km/h, dann war das für mich jetzt erst mal 'ne Mutprobe natürlich auch.

Autor:

So wie Ina richtig auf dem Rad zu sitzen, ist entscheidend fürs Tempo, sagt Entwicklungsingenieur Robert Kessler aus Berlin:

O-Ton 10 Robert Kessler:

Die Position ist extrem wichtig. Das ist mehr als die halbe Miete. Das ist wirklich das Wichtigste im Radsport in der heutigen Zeit, egal, im Straßen-Radsport, auf der Bahn, im Zeitfahren: Das ist die Position.

Autor:

Robert Kessler und seine Kolleginnen und Kollegen entwickeln für den Deutschen Olympischen Sportbund Geräte für den Spitzensport, etwa Messinstrumente, aber auch Schlitten und Boote. Kessler arbeitet an der optimalen Form eines Rennrads. Den perfekten Kompromiss aus Windschlüpfrigkeit und Stabilität will er am Computer berechnen lassen. Ein schwieriges Vorhaben, denn wie sich ein Mensch auf einem Fahrrad bewegt und wie Luft darum herumströmt und verwirbelt, das ist hochkomplex.

O-Ton 11 Robert Kessler:

Für Computerspiele oder sonst irgendwelche Animationen, das geht natürlich, dass man so was animiert. Aber darüber dann eine konkrete Berechnung laufen zu lassen, die wirklich Widerstände von dem Körper dann liefert, das ist im aktuellen Stand nicht möglich, zumindest mit keinen mir bekannten Tools. Was auf jeden Fall eine große Krux ist in der ganzen Sache.

Autor:

Die Herausforderung ist, das Rad so zu gestalten und den Fahrer so zu positionieren, dass der Fahrtwind in einem möglichst sanften, gleichmäßigen Strom herumgeleitet wird.

O-Ton 12 Robert Kessler:

Es geht alles darum, quasi wie eine Robbe auszusehen, zumindest auf dem oberen Teil des Fahrrads.

Musikakzent

Autor:

Luftwiderstand entsteht beim Radfahren auf verschiedene Arten: Zum einen muss man die Luft vor sich zur Seite schieben. Dadurch entsteht vorne – an Brust, Helm, Lenker – ein höherer Druck. Gegen den muss man extra antreten. Dann strömt die Luft um einen herum. Sie weicht sozusagen aus. Dazu muss sie schneller strömen. Und da, wo Luft schneller wird, sinkt ihr Druck und es entsteht Unterdruck. Dieser Unterdruck zieht einen gewissermaßen nach hinten. Außerdem reiben sich Luftmoleküle an Trikot, Helm, Beinen, Rahmen, einfach überall. Das zieht umso mehr Energie aus der Bewegung, je schneller man fährt.

Und dann gibt es noch Wirbel. An den Ecken und Kanten des Fahrrads oder an den knittrigen Falten des Trikots kann die Luft nicht sauber und sanft vorbeiströmen. Die

anliegende Strömung reißt ab, die Luft verwirbelt. Diese chaotischen Turbulenzen erzeugen kleine Unterdruckgebiete, die einen ebenfalls zurückziehen.

Alles spielt eine Rolle: Wie krumm oder gerade der Rücken ist, wie breit der Lenker, wie stark sich das Shirt wo durch Flaschen und Funkgeräte ausbeult, selbst wie das Auto geformt ist, das hinten mit den Ersatzrädern hinterherfährt, sogar die Speichen haben einen Einfluss. Hobby-Triathlet Lars Kalender in Bochum fährt bei Wettkämpfen mit speziellen Rädern mit dicken Felgen und kurzen Speichen.

O-Ton 13 Lars Kalender:

Die Felge ist mehrere Zentimeter in dem Fall jetzt 8 cm hochgezogen und sorgt dafür, dass der Wind mehr abgeleitet wird und nicht viel angreift und der Speicheneinfluss weniger wird.

O-Ton 14 Lars Kalender:

Meine Frau ist leider viel zu nah, um das zu hören. Also dieser Satz Reifen hat 1300 Euro gekostet geht aber preislich problemlos noch weiter, da ist, glaub ich, der Fantasie noch keine Grenze gesetzt.

O-Ton 15 Lars Kalender:

Die Arme sind auf Armschalen gelegt, so dass die Stirnfläche tiefer ist. Die Gabeln vom Reifen sind eher länglich gezogen. Es ist quasi wie ein Tragflügel und sorgt dafür, dass der Wind nicht angreift, sondern direkt abgeleitet wird und man wenig Windwiderstand hat.

Autor:

Längst bestehen Rennrad-Gestelle nicht mehr aus runden Metallrohren – die sind viel zu ungünstig im Wind. Flache und langgezogene Formen wie Flügel verwirbeln weniger Luft. Sie bringen nicht nur Vorteile beim Rahmen, sagt Entwicklungsingenieur Robert Kessler.

O-Ton 16 Robert Kessler:

Wenn man jetzt aber zum Beispiel Beine nur aus Tragflügelprofilen hätte, ist das natürlich aerodynamischer. Also wir betreuen ja auch Para-Athleten, Leute, denen ein Unterschenkel fehlt, die haben dann auch teilweise aerodynamisch geformte Prothesen, mit denen sie dann halt da in dem Fall besser oder schneller sind sogar, also nur aus der aerodynamischen Sicht gesprochen.

Autor:

Die mathematischen Gleichungen, die beschreiben, wie Gase und Flüssigkeiten strömen und verwirbeln, sind kompliziert. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Navier-Stokes-Gleichungen. Sie sind so komplex, dass sie selbst mit leistungsstarken Computern nur näherungsweise gelöst werden können – ob die Gleichungen überhaupt immer eine exakte Lösung haben, ist eine der großen offenen Fragen der Mathematik. Robert Kessler und seine Ingenieurskolleginnen und -kollegen erhalten durch ihre Berechnungen also nur Hinweise darauf, wie die Aerodynamik am Rad funktioniert, keine 100% genauen Antworten.

Deshalb beobachten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ganz praktisch in einem Windkanal, wie sich Luft verhält. Das ist das tägliche Geschäft von Windingenieur Frank Kemper, Professor an der RWTH Aachen. Er untersucht häufig Miniatur-Nachbauten von Brücken und Hochhäusern, hat aber als Fahrradfan auch ein Rennrad in seinen Windkanal montiert. In Originalgröße.

O-Ton 17 Frank Kemper, Windingenieur:

Wir haben mit uns selber natürlich getestet, weil wir einfach Freude an dem Thema haben. Aber wir haben tatsächlich auch einen professionellen Fahrer gehabt.

Atmo: Windkanal

Autor:

In so einem Windkanal ist ein riesiger Ventilator angebracht, der bis zur Decke reicht und Luft ansaugt. In diesem Luftstrom haben Frank Kemper und sein Team mit einer Kraftmesswaage ermittelt, welche Kräfte von vorn auf einen Radfahrer wirken, das heißt, gegen welchen Widerstand er antreten muss.

Hier sind zwei Größen wichtig: zum einen der Luftwiderstandsbeiwert c_D , der die Windschlüpfigkeit des Fahrers mit seinem Rad beschreibt, zum anderen die Fläche A , die sie dem Wind entgegensetzen. Das Produkt $c_D \cdot A$ gibt den Luftwiderstand von Rad und Fahrer an. Im Aachener Windkanal hat sich gezeigt: Der Radfahrprofi kann tatsächlich eine windschnittigere Haltung einnehmen als die Amateure, erzählt Frank Kemper.

O-Ton 18 Frank Kemper:

Die Werte waren auf jeden Fall beeindruckend. Macht also schon deutlichen Unterschied.

Autor:

Wer dem Wind wenig Angriffsfläche bietet, spart Kraft. Und wer in der Gruppe fährt.

O-Ton 19 Frank Kemper:

So eine Gruppe, die miteinander unterwegs ist, da spart sogar schon derjenige, der ganz vorne fährt, so ungefähr 5% gegenüber einer Fahrt, bei der er ganz allein unterwegs wäre. Und das finde ich schon mal so erstaunlich. Und wenn man dann weiter nach hinten geht, so schon in der vierten Reihe in etwa ist nur noch circa 50% der Leistung notwendig, die man ins ins Pedal bringt, um die gleiche Geschwindigkeit zu halten. 50% ist schon eine erhebliche Ersparnis.

O-Ton 20 Frank Kemper:

Und das liegt einfach daran, dass der der Wirbelnachlauf oder der Strömungsnachlauf, wenn also der Wind den ersten Fahrer überstrichen hat, dass der dann nicht mehr so einrollen kann, wie er es sonst könnte, sondern eben über die weiteren Fahrer hinweggeführt wird. Ja, und damit ist nicht mehr ganz so viel Kraftwirkung auf der Rückseite wirksam und dadurch kommt dieser Einspareffekt.

Autor:

Bei einzelnen Sportlerinnen und Sportlern rollen die Luftverwirbelungen über den Rücken direkt hinter das Rad. Sie bringen Druckschwankungen mit sich, und die bremsen, sie ziehen gewissermaßen von hinten.

Also: Wer auch als Amateur oder Alltagsfahrer möglichst schnell mit wenig Energieaufwand unterwegs sein möchte, legt sich am besten flach auf sein Rad und fährt schön im Windschatten von anderen. Wie Profis an ihrer Haltung arbeiten und ob es sich für Laien lohnt, ein windschnittiges Rad zu kaufen, dazu später mehr.

Atmo: Kanu-Training beginnt

Autor:

Erst schauen wir auf eine ganz andere Sportart. Es ist früher Abend am Kemnader Stausee im Ruhrgebiet. Für die 15- bis 17-Jährigen vom Kanuclub Wiking Bochum beginnt das Training. Die Jugendlichen schultern ihre Boote und tragen sie zum Ufer. Die Kanus sind länger als ein Auto und bloß hüftbreit. Judith Mühlenkamp ist 17 Jahre alt und erklärt die Form:

O-Ton 21 Judith Mühlenkamp, Kanutin:

Es geht einfach darum, dass man halt schneller durchs Wasser kommt, weil desto breiter das Boot ist, desto mehr Widerstand hat man im Wasser und dadurch ist man natürlich langsamer.

Autor:

Wie professionelle Rennräder sind auch Kanus stromlinienförmig, bis in die kleinsten Details.

O-Ton 22 Judith Mühlenkamp:

Desto länger das Boot ist, desto schneller ist es halt. Außerdem ist es halt ziemlich schmal gemacht, einfach auch um möglichst wenig Wasserfläche auf dem Wasser zu haben, wie es geht. Außerdem ist die Spitze angepasst, also die die Spitze ist nicht einfach, dass sie gerade runter geht, sondern eine Art Kurve, sodass das Wasser besser fließen kann. Jetzt hier zum Beispiel bei der Spitze sieht man halt, dass es hier nicht ganz gerade runtergeht, damit das Boot einfach besser durchs Wasser läuft.

Autor:

Ein schmales Kanu ist nichts für Anfänger.

O-Ton 23 Judith Mühlenkamp:

[...] Es ist halt einfach viel wackeliger, sich darin zu halten, vor allen Dingen dann noch mit der Bewegung. Das ist nur hüftbereit. Und deswegen fällt man halt einfach schnell ins Wasser.

Autor:

Deshalb gibt Trainer Philip Krämer Neulingen zu Anfang immer nur eine Aufgabe:

O-Ton 24 Philip Krämer, Kanu-Trainer:

Ach, erst mal im Boot bleiben, damit sind alle erst mal genug beansprucht. Also normalerweise 30 Sekunden hält keiner aus.

Autor:

Wenn man es schafft, im Boot zu bleiben, geht Kanufahren so:

O-Ton 25 Philip Krämer:

Der Mythos beim Paddeln ist ja immer, dass man versucht, das Paddel durchs Wasser zu ziehen und das ist genauso wenig richtig, wie dass man beim Laufen die Füße nach hinten bewegt. In Wirklichkeit bleibt beim Laufen ja der Fuß an derselben Stelle und man bewegt sich am Fuß vorbei. Und genau dasselbe ist im Boot natürlich auch so: Man setzt das Paddel ein, das Paddel bleibt die ganze Zeit an derselben Stelle und man schiebt das Boot am Paddel vorbei.

Autor:

Judith Mühlenkamp hat bei den Junior-Europameisterschaften Platz 6 erreicht. Sie verbringt in der Woche 14 Stunden hier auf dem See. Das Paddel, das sie in der Hand hält, ist gewölbt, wie ein Löffel.

O-Ton 26 Judith Mühlenkamp:

Das ist ein Sprinterpaddel jetzt gerade, das hat halt einfach eine längere Fläche aber hat halt auch bisschen Umfang. Das ist so ein bisschen an Flugzeugtragflächen angepasst. Die sind ungefähr ähnlich aufgebaut, das ist einfach dafür da, dass man schnellstmöglich durchs Wasser kommt. Je nachdem wie man die dann halt einsetzt, haben die halt eine schöne, sag ich jetzt mal, Hydrodynamik im Wasser.

Autor:

„Hydrodynamik“ ist hier das Stichwort, also das Strömungsverhalten des Wassers – analog zur Aerodynamik beim Radfahren, dem Strömungsverhalten der Luft. Kanurennsport und Radrennsport sind sich in dieser Hinsicht ähnlich. Natürlich muss man kräftig sein, aber dann geht es auch darum, sich gut mit Strömungen zu arrangieren, wenig Widerstand zu erzeugen und Wirbel zu vermeiden. Beim Kanu hat man es mit Strömungen und Wirbeln im Wasser zu tun. Das Paddel muss möglichst leicht und störungsfrei in den See und wieder heraus.

Sportlerinnen und Sportler haben individuell auf sie eingestellte Paddel – mit unterschiedlicher Länge und Blattform und unterschiedlichem Schaft und Winkel. Doch nicht nur das Gerät muss passen, auch die Technik: Zieht man das Paddel falsch aus dem Wasser, verursacht es einen Sog, der das Kanu bremst oder sogar nach unten zieht.

O-Ton 27 Judith Mühlenkamp:

Wenn ich da jetzt einen falschen Winkel habe, würde sich mein Paddel komisch ins Wasser reinziehen, und dadurch kann es dann halt dazu kommen, dass ich reinfalle oder dass einfach die Kraft verloren geht. Oder wenn ich einen falschen Winkel beim Paddeln mit meinem Körper einnehme, dann kann es halt einfach sein, dass ich nicht so viel Kraft habe und dass ich dementsprechend halt einfach langsamer bin.

Atmo: Boot losmachen

Autor:

Während die Jugendlichen ihre Kanus ins Wasser lassen und sich auf dem See in Position bringen, macht Trainer Philip Krämer sein Motorboot los. Er fährt neben den Jugendlichen her, beobachtet ihre Haltung und Technik und ruft ihnen Anweisungen und Tipps zu.

Atmo: Training auf dem Wasser

Autor:

Aerodynamik ist im Kanurennsport fast egal, aber nicht ganz: Wenn es zu windig wird, zieht Judith Mühlenkamp sich und ihrem Boot ein besonderes Kleidungsstück an: oben sitzt es wie eine Hose mit hohem Bund eng um ihre Taille, dann wird es nach unten breiter wie ein Rock, der sich über die Oberfläche des Bootes an der Stelle ausbreitet, wo die Öffnung zum Einsteigen liegt. So sind Athletin und Boot wie verbunden. Man nennt es Spritzdecke.

O-Ton 28 Judith Mühlenkamp:

Die macht man sich um das Boot herum. Einerseits damit es wärmer ist, andererseits aber auch, damit man halt einfach weniger Luftwiderstand hat, zum Beispiel wenn es sehr windig ist. Dann hat man die Spritzdecke drüber, damit nicht so viel Wind ins Boot kommt, weil das macht natürlich auch langsamer. Und mit der Spritzdecke wird das dann so ein bisschen abgeprallt und verhindert. Dadurch ist man halt aerodynamischer. Ich ziehe das so an. Dann mache ich das hinten über die Luke drüber und vorne über die Luke drüber, und dadurch bin ich halt windgeschützt innerhalb des Bootes.

Autor:

Boote und Paddel sind beim Kanurennsport so geformt, dass sie möglichst wenig Wasser verwirbeln. Wenig Wirbel – das ist auch das Geheimnis beim Kraulschwimmen.

Atmo: Schwimmen

Autor:

Beim Kraulen liegt der Körper flach und bietet dem Wasser wenig Fläche, an der es reiben, wirbeln und bremsen kann. Außerdem ist das Atmen günstiger, sagt der Bochumer Physiker Prof. Andreas Wieck:

O-Ton 29 Andreas Wieck, Physiker:

Beim Kraulschwimmen machen Sie das seitlich, verkippen den Kopf nur und legen den Mund – ich will nicht sagen: in den Windschatten – in den Wasserschatten vom Kopf sozusagen und damit holen Sie den Kopf ... und vor allen Dingen den Oberkörper weniger weit raus als beim Brustschwimmen ...

Autor:

Und Körperteile, die aus dem Wasser herausragen, kosten Energie:

O-Ton 30 Andreas Wieck:

Man macht Wellen, Oberflächenwellen, dort, wo der Kopf rauskommt, und diese Wellen tragen Energie davon. Und darum ist jedes Rauskommen aus dem Wasser energetisch ungünstig.

Autor:

Das wissen auch Schwimm-Profis, deshalb schreiben die Regeln beim Brustschwimmen vor: Nach der Unterwasser-Wende am Ende der Bahn darf man höchstens 15 Meter weit unter Wasser bleiben, weil man hier schneller ist als an der Oberfläche. Auch als Amateur kann man sich hier also abgucken: Je weniger man beim Schwimmen aus dem Wasser kommt, desto besser.

Für ein schnelles Vorwärtskommen – im Wasser wie an der Luft – ist es wichtig, stromlinienförmig zu sein. Fische und Meeressäuger wie Robben oder Wale besitzen eine stromlinienförmige Gestalt. Der Mensch jedoch wäre ein schlechter Fisch mit seinen abstehenden Gliedmaßen und Ohren. Mit einer schönen Glatze kann man da allerdings einiges wettmachen. Deshalb tragen Profis beim Schwimmen Badekappen. Auch die Industrie hat sich das Prinzip abgeguckt:

Atmo: Dampfer

Autor:

Große Schiffe haben unter Wasser vorne am Bug keine spitze Kante mehr, sondern eine wulstige, abgerundete Nase. Andreas Wieck erklärt:

O-Ton 31 Andreas Wieck:

Es ist eigentlich nicht logisch, weil man sich denkt, ein spitzes Objekt schneidet sich besser ins Wasser rein, aber ein spitzes Objekt verdrängt damit das Wasser seitlich ... das kostet mehr Reibungsarbeit als ein rundes Objekt.

Atmo: Autorennen

Autor:

Das gilt nicht nur für Schiffe, sondern auch für Autos. Aber beim Rennsport braucht man nicht nur eine windschlüpfrige Form, sondern auch besonders gute Bodenhaftung. Windingenieur Frank Kemper arbeitet an der RWTH Aachen an einem Rennwagen, zusammen mit dem studentischen Rennsport-Team.

O-Ton 32 Frank Kemper:

Und für die ist zum Beispiel ganz entscheidend, das war mir so ein bisschen neu, gar nicht so sehr wie das jetzt für mich als Radsportler interessant ist, dass ich auf der Graden mit möglichst wenig Kraft möglichst schnell unterwegs bin, für die war zum Beispiel besonders interessant, dass man, wenn man eine starke Kurve fährt, dass man dann die mit möglichst hoher Geschwindigkeit fahren kann und dabei die Räder nicht abheben. Da muss also hinten Anpressdruck auf die Hinterachse kommen. Und das ist auch ein aerodynamisches Thema. Da muss ich halt hinten den Flügel, den Spoiler, den es an den Fahrzeugen gibt, so einstellen, dass ich dann eben einen entsprechenden Druck auch produzieren kann und damit die Kurven-Geschwindigkeit erhöhe.

O-Ton 33 Frank Kemper:

Das ist quasi eine umgekehrte Tragflügelwirkung, wie man das Flugzeug hat. Da benutzt man die Tragflügel, damit man vom Boden abgehoben wird. Das erreicht man durch eine bestimmte aerodynamische Form des Flügelprofils. Und im Motorsport eben, jetzt für diesen Anwendungsfall zumindest ist das so, da ist die Flügel-Konfiguration gerade so gemacht, dass ich eben eine nach unten gerichtete Kraft bekomme, die mir einen Anpressdruck gewährleistet und dann die Traktion, die bei Kurvenfahrt dann erforderlich ist, eben verbessert.

Autor:

Widerstand und Reibung reduzieren – darum geht es immer da, wo man schnell sein will, ob beim Schwimmen im Wasser oder beim Radfahren an der Luft. Ein Fahrrad macht hier rund 1/4 des gesamten Luftwiderstands aus, für den Rest, für 75–80% des Widerstands, sorgt der Mensch auf dem Rad. Um sehr schnell zu fahren, muss man nicht nur stark und ausdauernd treten, sondern sich auch klein machen, wie wir schon zu Beginn dieser Das Wissen-Folge gehört haben, bei Triathletin Ina Herrmann. Schon bei ihr als Freizeitsportlerin spielt die Haltung eine Rolle, sagt Windingenieur Frank Kemper:

O-Ton 34 Frank Kemper:

Also die Haltung macht sehr, sehr viel aus. So eine aufrechte Haltung im Vergleich zu einer wirklich aerodynamischen Position, da kann ich circa 50 % im Windwiderstand einsparen.

Autor:

Wirklich wichtig wird es im Profibereich. Da lohnt es sich, eine solche Haltung zu trainieren, auch wenn es harte Arbeit ist:

O-Ton 35 Mieke Kröger, Rennradfahrerin:

Wie tief der Lenker ist, beziehungsweise wie eng der Hüftwinkel wird, ich finde, das merkt man immer stark in den Gesäßmuskeln. Also da ist dann halt mehr Spannung drauf. ...

Autor:

Das berichtet die Radrennfahrerin Mieke Kröger. Sie ist Europameisterin, Weltmeisterin und Olympiasiegerin.

O-Ton 36 Mieke Kröger:

Manchmal ist es auch, so dass die Blutversorgung in den Beinen dann nicht mehr so gut ist, wenn der Winkel zwischen Bein und Oberkörper zu eng ist. Es gibt sehr schnelle Positionen, die sehr anstrengend für die Oberarme sind zum Beispiel, wenn man weit nach vorne gerückt ist, muss man sehr viel in den Schultern halten. Ja, finde ich auch schwierig. Ich sitze auch gern komfortabel und schnell.

Autor:

Im Spitzensport sind es individuelle Kleinigkeiten, die darüber entscheiden, ob man ein paar Prozent mehr Leistung an die Luft verliert – oder sie umsetzen kann in Geschwindigkeit. Ein einheitliches Erfolgsrezept für alle gibt es nicht.

O-Ton 37 Mieke Kröger:

Man kann einstellen, wie breit die Arme auseinander sind, wie der Winkel der Unterarme ist, wie man seine Hände hält, wo der Kopf platziert ist, ob man den oben hat, ob man den unten hat und nur auf die Straße guckt, wo man auch sehr vorsichtig sein sollte, und auch, was man für Klamotten trägt, ob man das Trikot offen hat oder geschlossen.

Autor:

Im Hochleistungssport spielt es sogar eine Rolle, wo beim Rennanzug die Nähte sitzen. Wenn Mieke Kröger eine Kleinigkeit optimieren möchte, muss sie auf die Radrennbahn zum Test:

O-Ton 38 Mieke Kröger:

Man hat ein Setup, damit fährt man 8 bis 10 oder 12 Runden, es kommt ein bisschen drauf an, wie gleichmäßig man fahren kann. Je gleichmäßiger, desto besser für den Test und je gleichmäßiger, desto weniger Runden muss man fahren. Man fährt halt dann diese 8 bis 12 Runden auf Renngeschwindigkeit. Es ist auch anstrengend. Und wiederholt das Ganze dann noch mal, dass man zwei Tests mit einem Setup hat. Dann lädt man die Daten runter oder es geht über eine App, da gibt es verschiedene Systeme. Im Grunde schaut man sich an: Wie viel km/h bin ich gefahren und welche Leistung musste ich erbringen in Watt. Und dann ändert man was am Setup an der Position oder am Helm, an der Kleidung, an der Haltung und wiederholt den Test und schaut, ob es sich da was

getan hat. Wenn man die gleiche Geschwindigkeit fahren konnte mit weniger Leistung, dann kann man sagen: Die Position ist schneller. Und so testet man sich von Test zu Test und versucht halt, das schnellste Setup zu finden.

Autor:

Sein Fahrrad und seine Haltung aerodynamisch zu optimieren, bringt für die Fahrt zum Brötchenholen wenig. Erst ab einer Geschwindigkeit von 30 km/h macht sich Luftwiderstand krass bemerkbar. Darunter ist die größte Bremse: der Rollwiderstand der Reifen. Sagt Entwicklungsingenieur Robert Kessler aus Berlin:

O-Ton 39 Robert Kessler:

Der Widerstandswert oder -beiwert wächst exponentiell mit der Geschwindigkeit. D.h. Bergauf, wo ich nur, auch wenn es richtig schnell ist, nur 20 bis 30 km/h fahre, da hat die Aerodynamik dann doch eine untergeordnete Rolle im Verhältnis zum Gewicht, was man halt den Berg mithochschleppt.

Autor:

Das heißt: Bevor man sich als Amateur die Beine rasiert oder sich ein windschnittiges Profi-Fahrrad kauft, ist manchmal mehr gewonnen, wenn man einfach 2 Kilo abnimmt. Und die Reifen vernünftig aufpumpt.

Musikakzent

Autor:

Bei Profis ist das anders. Ihre Rennräder sind bis ins kleinste Detail aerodynamisch ausgeklügelt. Wie viel können Ingenieure wie Robert Kessler durch geschicktes, windschnittiges Design überhaupt noch gewinnen?

O-Ton 40 Robert Kessler:

Das das kann ich Ihnen sagen, wenn ich das nächste Fahrrad fertig gebaut habe. Ich hoffe natürlich auf viel, aber das ist wirklich ... Es wäre schön, wenn man 2–3 Prozent rausholen kann. Das wäre schon wirklich extrem viel.

Absage:

Das Wissen (über Soundbett)

Autor:

Wie Athleten Wind und Wasser austricksen – Physik im Sport. Autor und Sprecher: Aeneas Rooch. Redaktion: Charlotte Grieser.

Abbinder

Quellen:

Sportschau: Ein paar Gewinner und ein Verlierer im Zeitfahren von Caen, Michael Ostermann, <https://www.sportschau.de/radsport/tourdefrance/ein-paar-gewinner-und-ein-verlierer-im-zeitfahren-von-caen,etappe-5-tour-de-france-110.html>

Mensch auf dem Fahrrad macht in etwa drei Viertel des Luftwiderstands aus,

https://www.adfc.de/fileadmin/user_upload/Ueber-den-ADFC/Veroeffentlichungen/Radwelt/RW_1_Einblick_S27-29.pdf

<https://www.radsport-rennrad.de/service/aerodynamik/>

<https://www.bike-x.de/rennrad/ratgeber/aero-grundlagen-aerodynamik-was-macht-schnell/>

<http://www.pedalieri.de/2017/11/05/alles-nur-luft-welche-widerstaende-es-beim-rennrad-fahren-gibt/>

[https://www.physik.uni-](https://www.physik.uni-wuerzburg.de/fileadmin/11010700/ZULAs/HA_1622196_Bielmeier_Carsten.pdf)

[wuerzburg.de/fileadmin/11010700/ZULAs/HA_1622196_Bielmeier_Carsten.pdf](https://www.physik.uni-wuerzburg.de/fileadmin/11010700/ZULAs/HA_1622196_Bielmeier_Carsten.pdf)

<https://www.rennrad-news.de/news/aerodynamik-gravel-bike-jan-heine/>

<https://www.radsport-rennrad.de/wissenschaft/windschatten-bergauf/>