



Trainieren wie die Weltelite

Eine Leistungsdiagnostik im Rad- und Rudersport



Leon Adamus, W4i
leonadamus@gmail.com
Haldenstrasse 28
CH-8142 Uitikon

Betreuer: David Bossard
Kantonsschule Enge
Steinentischstrasse 10
CH-8002 Zürich

Uitikon, 04.01.2021



Inhaltsverzeichnis

1. ZUSAMMENFASSUNG	1
2. VORWORT	2
2.1 GRÜNDE ZUR THEMENWAHL	2
2.2 DANKSAGUNG	2
3. EINLEITUNG	3
3.1 AUSGANGSLAGE/DEFINITION DES UNTERSUCHUNGSGEGENSTANDES	3
3.2 FRAGESTELLUNGEN/HYPOTHESEN	3
3.3 ZIEL DER ARBEIT	7
3.4 AUFBAU DER ARBEIT	7
4. AUF LEISTUNG GETRIMMT – DIE WATTKURVE.....	8
4.1 EINFÜHRUNG	8
4.2 METHODE	9
4.3 DARSTELLUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	9
4.3.1 <i>Wattwerte im Radsport</i>	9
4.3.2 <i>Wattwerte im Rudersport</i>	12
4.3.3 <i>Vergleich der Wattkurven</i>	15
4.4 FAZIT ZUM THEMENBEREICH DER WATTKURVEN	20
5. UMFRAGE MIT DER WELTELITE – DIE TRAININGSSTRUKTUR.....	21
5.1 EINFÜHRUNG.....	21
5.2 METHODE.....	23
5.3 DARSTELLUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	24
5.3.1 <i>Trainingsumfang</i>	24
5.3.2 <i>Häufigkeit der Trainings</i>	29
5.3.3 <i>Spezifisches Ausdauer- und Intervalltraining</i>	33
5.4 FAZIT ZUM THEMENBEREICH DER TRAININGSSTRUKTUREN.....	41
6. DIE PHYSIOLOGIE DER AUSDAUER-CHAMPIONS – DER VO₂-MAX	42
6.1 EINFÜHRUNG	42
6.2 METHODE	44
6.3 DARSTELLUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	45
6.3.1 <i>Absolute und Relative VO₂-max Werte</i>	45
6.3.2 <i>Aussagekraft des VO₂-max</i>	48
6.4 FAZIT ZUM THEMENBEREICH DER VO ₂ -MAX WERTE	51
7. SCHLUSSWORT.....	52
7.1 FAZIT.....	52
7.2 PERSÖNLICHE MEINUNG UND AUSBLICK	52
7.3 REFLEXION.....	53



8. QUELLENVERZEICHNIS	54
8.1 LITERATURVERZEICHNIS	54
8.1.1 Bücherquellen	54
8.1.2 Onlinequellen	54
8.1.3 Abbildungen	56
9. SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	57
10. ANHANG	58
10.1 ATHLETENVERZEICHNIS	58
10.1.1 Radsport	58
10.1.2 Rudersport	58
10.2 UMFRAGEVORLAGE	60
10.3 INTERVIEW	63



1. Zusammenfassung

Heutzutage gibt es im Bereich Leistungssport eine grosse Bandbreite an verschiedenen Methoden, die Leistungen der Athleten zu messen, zu analysieren und schliesslich versuchen zu verbessern. In dieser Arbeit werden drei zentrale Themen rund um den Leistungssport im Rad- und Rudersport vorgestellt und miteinander verglichen.

Das methodische Vorgehen unterscheidet sich in den drei Kapiteln der Arbeit. Der Hauptteil besteht aus einer Umfrage mit 19 Profisportlern. Die Literaturrecherche aus Büchern und Internetseiten sowie einem Interview dient der Informationsergänzung.

Das erste Thema der Leistungsmessung durch Watt und den zugehörigen unterschiedlichen Wattkurven pro Sportart gibt einen Einblick in die Ähnlichkeiten und Unterschiede der absoluten Leistungen der Rad- und Ruderprofis über Zeit. Die Fragestellung dieses Kapitels widmet sich den Verläufen der jeweiligen Wattkurven und, wie diese begründet werden können.

Die Wattkurven weisen neben einigen Gemeinsamkeiten viele signifikante Unterschiede auf. Radsportler sind im Sprint- sowie längeren Ausdauerbereich stärker, wobei Rudersportler im mittleren Zeitbereich leistungsstärker sind.

Die Fragestellung zum Thema der Trainingsanalyse lautet, inwiefern sich die Trainingsstrukturen der Profiruderer und -Radfahrer unterscheiden und, wie diese Differenzen begründet werden können.

Der gesamte Trainingsumfang aller Sportler ist ungefähr gleich gross, wobei Ruderer eine höhere Anzahl an monatlichen Trainings haben. Das Krafttraining sowie das alternative Cross-Training spielen im Rudersport eine grössere Rolle. Die Wichtigkeit des Intervalltrainings ist in beiden Sportarten gegeben und nimmt eine ähnliche Position ein.

Die dritte Fragestellung zum Thema der maximalen Sauerstoffaufnahmefähigkeit setzt sich aus den Aspekten der Aussagekräftigkeit des VO_2 -max sowie aus seiner intersportlichen Vergleichbarkeit zusammen.

Rudersportler haben höhere absolute VO_2 -max Werte, wobei der typische Radsportler einen höheren relativen Wert aufweist. Der VO_2 -max Wert erweist sich als guter Indikator der allgemeinen Leistungsfähigkeit eines Athleten. Doch gibt es weitere qualitative Faktoren, die einen massgebenden Einfluss auf die Ausdauerleistungsfähigkeit eines Athleten haben.



2. Vorwort

2.1 Gründe zur Themenwahl

Mir war schon früh bewusst, dass ich meine Maturitätsarbeit über ein Thema in der Fachschaft Sport schreiben würde. Ich habe mich schlussendlich für das Thema eines Trainings- und Leistungsvergleichs im Rad- und Rudersport entschieden, da ich selbst täglich Sport im Ruderclub Zürich treibe und der Rudersport tatsächlich sehr eng mit dem Radsport verbunden ist. Hinzukommt, dass es im Leistungssport noch enorm viele Themenbereiche gibt, die zurzeit praktisch unerforscht sind, aber ein extremes Potential für Sportler in den kommenden Jahren aufweisen.

Es ist bemerkenswert, dass sehr viele professionelle Ruderer auch überdurchschnittlich gute Radfahrer sind. Ein Beispiel hierfür bietet der frühere deutsche Leichtgewichtsruderer Jason Osborne, der mittlerweile einen Profivertrag im Radsport unterschrieben hat. Deshalb stelle ich mir schon seit Längerem die Frage, mit welchen Argumenten diese Kompatibilität zwischen den beiden genannten Sportarten begründet werden kann. Für den Themenbereich der sportartspezifischen Wattkurven habe ich mich aus persönlichem Interesse entschieden, da mit dieser Messmethode im heutigen Zeitalter der Sportanalyse sehr viel gearbeitet wird.

Die verschiedenen Trainingsumfänge und unterschiedlichen Trainingsarten sowie die Bedeutung von VO_2 -max Werten lassen sich mithilfe einer Trainingsanalyse von Sportlern aus den zwei genannten Sportarten kombinieren. Aus meinem eigenen Leben eines Leistungssportlers resultiert die Neugier und der Wunsch, verschiedene Trainingspläne zu vergleichen. Daneben sind manche Aspekte dieser Thematik noch relativ unerforscht, weshalb sie in der Sportart im Allgemeinen für hohe Aufmerksamkeit sorgen.

2.2 Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei allen Interviewpartnern, die sich für ein Gespräch zur Verfügung gestellt haben, sowie allen Umfrageteilnehmenden, die sich die Zeit genommen haben, meinen Fragebogen auszufüllen und mit mir zu teilen.

Speziell bedanken möchte ich mich zudem bei den Verbandspräsidenten Markus Pfisterer von Swiss Cycling, Christian Stofer von Swiss Rowing, sowie Toby Cheng, ehemaliger Trainer des Royal Hong Kong Yacht Club, die mir den Kontakt zu zahlreichen Athleten ermöglicht haben.

Ausserdem danke ich meinen Eltern, die sich mit meinem Maturitätsarbeitsthema auseinandergesetzt und mir hilfreiche Ideen geliefert haben. Besonders erwähnen möchte ich die Unterstützung, an einige Kontakte von Rad- als auch Ruderprofis zu gelangen.

Schliesslich möchte ich mich noch besonders bei meinem früheren Sportlehrer als auch meiner Betreuungsperson Herrn Bossard bedanken, mit dem sich die Zusammenarbeit als sehr produktiv, unkompliziert und inspirierend erwiesen hat.



3. Einleitung

3.1 Ausgangslage/Definition des Untersuchungsgegenstandes

Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts wird im Sport versucht, konkrete Leistungen und Fähigkeiten von Sportlern anhand von Leistungstests und Trainingsanalysen zu erklären. Mit der Verbesserung der Technik ist die Nachfrage nach solchen Leistungsanalysen einzigartig gestiegen. Aus diesem Grund werden zur heutigen Zeit Trainingsmethoden wie noch nie zuvor studiert, ausarbeitet aber auch hinterfragt.

Dabei gilt es, zwischen verschiedenen Auswertungsmethoden der Daten als auch unterschiedlichen Sportarten zu unterscheiden. Der Rad- und Rudersport eignen sich dabei hervorragend für einen Vergleich, da die Leistungen von Sportlern in diesen beiden Disziplinen stets mithilfe von sogenannten Wattwerten analysiert werden können. Die Messgrösse Watt (W) ist eine Einheit für die Leistung und beschreibt die absolute Leistungsfähigkeit eines Athleten über eine bestimmte Zeitdauer.

Um die Trainingsstruktur sowie die dazu führende Leistungsfähigkeit verschiedener Profiathleten in zwei unterschiedlichen Sportarten vergleichen als auch analysieren zu können, müssen diverse Messbereiche abgedeckt werden. Dazu gehören spezifische Wattwerte und komplette Wattkurven eines Sportlers oder einer Gruppe von Sportlern, Trainingsumfänge und ihre Strukturen.

Ergänzend zu diesen Themen spielen VO_2 -max Werte ebenfalls eine bedeutsame Rolle. Unter dem VO_2 -max vermag man im Sport die maximale Sauerstoffmenge, die vom Körper während einer maximalen Belastung aufgenommen werden kann. Anlässlich der unterschiedlichen Mess- und Vergleichsmethoden im Leistungssport ergeben sich verschiedene Fragestellungen zu jeweils unterschiedlichen, aber zusammenhängenden Thematiken zum Trainingsvergleich.

3.2 Fragestellungen/Hypothesen

Weil es sich beim Begriff der Leistungs- und Trainingsanalyse um ein äusserst komplexes Thema handelt, werden in dieser Arbeit drei verschiedenen Fragestellungen und ihre zugehörigen Hypothesen untersucht. Jede Fragestellung behandelt ein unterschiedliches Thema mit einem gemeinsamen arbeitsübergreifenden Zusammenhang.



1. Aus der wichtigsten Messgrösse zum Vergleichen zweier körperlich leistungsfokussierten Sportarten ergibt sich folgende erste Fragestellung:

Worin unterscheiden sich die Verläufe der Wattkurven im Ruder- und Radsport?

Hypothese 1.1:

Im Sprintbereich, der mit einer Dauer von bis zu 15 Sekunden definiert wird, weisen die Sportler der beiden Sportarten vergleichbare Wattzahlen auf. Im 1-5 Minuten Bereich weisen die Ruderer klare Vorteile auf. Ab einer Dauer von 7 Minuten sind die Radfahrer im Vergleich zu den Ruderern stärker.

Erklärung 1.1:

Sportler beider Sportarten müssen im Sprintbereich sehr stark sein, da dieser im Rudersport für einen Start- oder Schlusssprint und im Radsport für einen Antritt aus der Gruppe oder ebenfalls für einen Schlusssprint benötigt wird.

Im mittleren Bereich von 1-5 Minuten dominieren Ruderathleten, da dieser Zeitbereich einer Wettkampfzeit im Rudern von 5:30-7 Minuten sehr nahekommt.

Ab einer längeren Dauer sind Radsportler stärker vertreten, da dieser Ausdauerbereich im Rudersport für Wettkämpfe nur wenig in Anspruch genommen wird.

(Dennis Sandig; trainingsworld.com, 2016)

(Trainingsworld; trainingsworld.com, 2011)

2. Um die Trainingsstrukturen im Rad- und Rudersport besser kennenlernen und analysieren zu können, ist es essenziell, wichtige Schlussfolgerungen aus verschiedenen Trainingsplänen zu ziehen. Daraus lässt sich die zweite Fragestellung ableiten:

Wie unterscheiden sich gesamthafte Trainingsumfänge sowie die Gewichtung spezifischer Intensitätsbereiche im Intervalltraining als auch im Krafttraining in den beiden Sportarten, und wie können diese begründet werden?

Hypothese 2.1:

Der Gesamtumfang des Trainings ist im Radsport leicht höher, allerdings verteilt sich dieser Umfang auf weniger monatliche Trainingseinheiten als im Rudersport.

Erklärung 2.1:

Der Gesamtumfang ist aufgrund der viel längeren Wettkampfdauer im Radsport, welche der Grundausdauer einen höheren Stellenwert verschafft, höher als im Rudersport. Aufgrund dieser benötigten Grundausdauer im niedrigen Intensitätsbereich trainiert man im Radsport in deutlich längeren Trainingseinheiten als im Rudersport. Daraus ergibt sich insgesamt eine geringere Anzahl an Trainingseinheiten.

(Joe Beer; trainingsworld.com, 2019)

(Olympic; olympicchannel.com, 2018)



Hypothese 2.2:

Typischerweise lassen sich die Intensitätsbereiche im Sport in sieben unterschiedliche Zonen kategorisieren (siehe Kapitel 5.3.3).

Im Rudersport wird prozentual mehr in den höchsten Intensitätsbereichen (Wattzonen 5-7) trainiert als im Radsport. Im Radsport hingegen wird prozentual mehr Zeit in der langen Intervalltrainingszone (Wattzone 4) sowie in der Grundaussdauer (Wattzone 1) gearbeitet. Im etwas intensiveren Ausdauertraining (Wattzone 2) wiederum, verbringen Rudersportler mehr Zeit.

Wattzone 3, die einem Bereich zwischen dem Ausdauertraining und dem Intervalltraining entspricht, wird von Sportlern aus beiden Sportarten grundsätzlich vermieden.

Erklärung 2.2:

Im Radsport ist die Grundaussdauer von höherer Bedeutung, da ein Wettkampf oder eine Tour über eine längere Zeitdauer hinweg ausgetragen wird, weshalb die Grundaussdauer (Zone 1) im Radsport überwiegt.

Im Rudersport wird aufgrund der kürzeren Wettkampfdauer mehr Wert auf etwas intensiveres Ausdauertraining (Zone 2) gelegt.

Zone 3 wird von Sportlern aus beiden Sportarten wegen eines geringen Nutzens im Vergleich zu einer trotzdem starken Ermüdung vermieden.

Zone 4 ist geprägt von längeren Intervalltrainings im 20-30 Minuten Bereich. Dieses Gebiet wird in einem typischen Berganstieg oder einem Zeitfahren im Radsport in Anspruch genommen.

Im Rudersport hingegen haben Trainings in den hohen Wattzonen 5-7 hinsichtlich der bemerkenswert kürzeren Wettkampfdauer eine grössere Bedeutsamkeit.

Hypothese 2.3:

Krafttrainings besitzen im Rudersport einen deutlich höheren Stellenwert als im Radsport.

Erklärung 2.3:

Weil es sich beim Rudern um eine Kraftausdauer- und zudem einer Ganzkörpersportart handelt, haben Krafttrainings in dieser Sportart eine weitaus grössere Wichtigkeit.

Ausserdem muss jede zusätzliche Muskelmasse im Radsport, vor allem im Oberkörper, durch Sauerstoff versorgt werden, welcher primär nur in den Beinen benötigt wird. Man spricht auch von der relativen zusätzlichen erbrachten Leistung der antrainierten Muskelmasse, beziehungsweise des zusätzlichen Körpergewichts.

(Edgar Stüssi; Hans Gerber, 1988)

(Robert Wenk, 2020)



3. Neben den ersten beiden Fragestellungen ergibt sich eine weitere Methode, die absolute Leistung eines Athleten zu messen. Dabei handelt es sich um den sogenannten VO_2 -max Wert, ein Indikator für die Sauerstoffaufnahmefähigkeit eines Athleten.

Was sagen VO_2 -max Werte über die Leistungsfähigkeit eines Athleten aus, und wie können diese Werte in den beiden Sportarten verglichen werden?

Hypothese 3.1:

Ruderer weisen unter allen Profisportlern den höchsten maximalen O_2 Verbrauch auf. Radsportler weisen unter allen Profisportlern die höchsten relativen VO_2 -max Werte auf.

Erklärung 3.1:

Infolge der höheren durchschnittlichen Körpergrösse als auch des höheren durchschnittlichen Körpergewichts im Rudersport haben Athleten eine leicht grössere Lunge als Radsportler und können somit ihre maximale Sauerstoffaufnahme maximieren. Hinzukommt die Beteiligung aller grossen Muskelgruppen im Körper im Rudersport im Vergleich zum Radsport, weshalb in der ersten genannten Sportart der maximale Sauerstoffverbrauch erneut höher ist.

Weil Radsportler oftmals sehr leicht sind und vor allem bei Berganstiegen für die Geschwindigkeit auf ihr Körpergewicht achten müssen, besitzen sie die höheren relativen VO_2 -max Werte, welche auf das Kilo Körpergewicht hinuntergerechnet werden. Hinzukommt, dass jede Muskelmasse durch Sauerstoff unterhalten werden muss, weshalb ein starker Oberkörper im Radsport kontraproduktiv ist.

(Olympic; olympicchannel.com, 2018)

(Sascha Schwindling, 2016)

(Rolf F. Kroidl, 2015)

Hypothese 3.2:

Der VO_2 -max ist im Leistungssport das bedeutendste Bruttokriterium der Leistungsmessung. Durch ihn kann man auf die Ausdauerfähigkeit eines Athleten schliessen.

Erklärung 3.2:

Seit der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts führt man bei Profisportlern, zur Einschätzung ihrer Leistungsfähigkeit, VO_2 -max Tests durch. Dadurch, dass diese spiroergometrischen Tests auch heutzutage in der Zeit der modernen Trainingsanalyse durchgeführt werden, ist es klar, dass sie nicht an Aussagekräftigkeit verloren haben und stets ein wichtiger Standpunkt der Leistungsanalyse eines Sportlers darstellen.

(Sascha Schwindling, 2016)



3.3 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Maturitätsarbeit lässt sich aus mehreren Aspekten zusammensetzen. Zum einen will ich die Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Trainingsstruktur von Rad- und Rudersportlern aufzeigen und erklären können. Darüber hinaus ergeben sich Schlüsse über die Kompatibilität sowie die Ähnlichkeit in der Thematik der reinen körperlichen Belastung der Profisportler der untersuchten Sportarten. Des Weiteren sollen diese Erkenntnisse dazu anregen, mögliche Optimierungsmöglichkeiten dieser etablierten Trainingspläne zu überprüfen.

Schliesslich soll diese schriftliche Arbeit auch als Anreiz für jegliche Sportler dienen, die sich mit dem Thema der Trainingsstrukturplanung auseinandersetzen wollen. Das umfangreiche Gebiet des individualisierten Trainings wird in der nahen Zukunft sicher noch an Wichtigkeit gewinnen.

3.4 Aufbau der Arbeit

Im ersten Kapitel des Hauptteils wird das Thema der Leistungsmessung und Leistungsanalyse durch Wattwerte untersucht. Unter anderem werden die Daten der weltbesten Sportler beider vorgestellten Sportarten verglichen. Darüber hinaus folgt eine Schlussfolgerung über die wichtigsten Erkenntnisse aus der Analyse dieses Themas.

Im darauffolgenden zweiten Kapitel geschieht die Auswertung der Athletenumfrage und somit der Hauptbestandteil dieser Maturitätsarbeit mit dem Vergleich der verschiedenen Trainingsstrukturen der weltbesten Athleten der jeweiligen Sportart. Es folgt eine Interpretation der zusammengetragenen Daten mit jeweiligen Begründungen der Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Trainingsstrukturen der Rad- und Rudersportler.

Der letzte Teil der Arbeit besteht aus einer etwas anderen, aber dennoch durchaus essenziellen Thematik im Leistungssport, nämlich der VO_2 -max Messung und ihrer Wichtigkeit im Leistungssport. Zwei Sportler der jeweiligen Sportart werden sowie in ihren relativen als auch in ihren absoluten VO_2 -max Werten verglichen und ihre Werte interpretiert sowie begründet. Darüber hinaus werden auf diesen Bereich folgend Annahmen über mögliche Leistungsmessmethoden in der Zukunft getroffen.



4. Auf Leistung getrimmt – die Wattkurve

4.1 Einführung

Im modernen Leistungssport wird vermehrt bereits unter Amateuren oder Nachwuchssportlern die Leistungsmessung mithilfe von Wattwerten eingeführt und genauestens analysiert. Um diese bislang aussagekräftigste Messgrösse im Leistungssport verstehen und in den Kontext setzen zu können, werden in diesem ersten Hauptkapitel alle Unterthemen rund um die Leistungsanalyse mithilfe von Wattwerten und Wattkurven erläutert. Dabei handelt es sich bei den sogenannten Wattwerten um die einfachste Methode, die absolute Leistung verschiedener Sportler untereinander oder mit Sportlern aus anderen Sportarten zu vergleichen. Sowohl der Rad- als auch der Rudersport eignen sich optimal für einen solchen Vergleich der von äusseren Faktoren unabhängigen maximalen Leistung über eine bestimmte Zeitdauer. (Allen Hunter & Andrew Coggan, 2017)

Werte und Daten in diesem Hauptkapitel stützen sich auf verschiedene Internetquellen, unter anderem stammen viele Rohdaten sowohl von der UCI (Union Cycliste Internationale) als auch von der FISA (Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron). Ergänzt werden diese durch aktualisierte Internetquellen, die auf vollständig aufdatierte Werte Zugriff haben. Mit den neuen Trainingsmethoden werden fortlaufend neue Weltrekorde gefahren, sowohl im Rudersport als auch im Radsport.

Mithilfe der Daten, die zu diesem Hauptkapitel zusammengetragen werden, können verschiedene Aussagen über die Wattkurven der Sportler der beiden Sportarten gemacht werden. Schliesslich werden diese anhand von Interviewantworten, weiteren Internet- sowie Bücherquellen, als auch der Umfrageauswertung, begründet.

Unter dem Begriff «Watt» versteht man eine physikalische Grösse zur Messung der absoluten Leistungsfähigkeit eines Athleten. Wattzahlen können dabei über eine beliebig grosse Zeitspanne gemessen werden. Die Fähigkeit dieser einheitlichen Grösse lässt es zu, Sportler aus komplett verschiedenen Sportarten wie dem Rad- und Rudersport zu vergleichen und ihre Leistung zu analysieren.

«Wattkurven» bilden hierbei eine quantitative Darstellung von Wattwerten über eine bestimmte Zeitdauer. In den meisten Fällen werden Wattkurven mit einer Belastungsdauer von einer Sekunde bis einer Stunde begrenzt. Eine Sekunde ist die kürzeste Zeiteinheit, in der man mit der heutigen Technologie Watt messen kann. Eine Stunde bildet im Gegenzug die obere Grenze der Zeitdauer, über die bei maximaler Belastung eine Wattmessung durchgeführt wird. Längere maximale Belastungen werden nur sehr selten benötigt und auf der Wattkurve deswegen nicht mehr berücksichtigt. Zwischen diesem Minimum und Maximum der Belastungszeit werden für eine aussagekräftige Belastungsdauer die maximalen Wattwerte gemessen. Typisch gemessene Zeitabschnitte setzen sich meist aus einer Sekunde, fünf Sekunden, zehn Sekunden, einer Minute, fünf Minuten, 20-30 Minuten und zuletzt einer Stunde zusammen. Durch das Zusammentragen aller Werte ergibt sich nun diese sogenannte Wattkurve.

4.2 Methode

Die Rohdaten dieses Kapitels stützen sich auf eine allgemeine Literaturrecherche aus Büchern, diversen Artikeln und Internetseiten. Ausserdem werden zur Analyse von Sportlerdaten verschiedene Nutzerplattformen und ihre veröffentlichten Daten ausgewertet.

Unter anderem werden die offiziellen Webseiten des Swiss Cycling als auch des Swiss Rowing Verbands und der internationalen World Rowing Seite verwendet, um sich eine möglichst hohe Verifizierbarkeit zu verschaffen. Eine solche breit gefächerte Literaturrecherche erlaubt das Erlangen eines allgemeingültigen Überblicks über das Thema. Zudem werden dadurch die Chancen minimiert, dass allfällige nützliche Informationen übersehen werden.

Der zweite Teil dieses Kapitels stützt sich auf eine Interpretation der zusammengetragenen Nutzerdaten und erstellten Diagrammen. Begründungen der Interpretationen werden mit weiterer spezifischer Literaturrecherche als auch mit erlangten Erkenntnissen aus dem nächsten Hauptkapitel der Umfrageauswertung belegt.

4.3 Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

4.3.1 Wattwerte im Radsport

Die Wattmessung erfolgt im Radsport über unterschiedliche Technologien. Die bekannteste und zugleich einfachste Methode der Leistungsmessung auf dem Fahrrad geschieht über spezielle Pedale und Kurbeln mit eingebauten Wattmessern von diversen Marken. Diese erlauben eine objektive Leistungsanalyse auf dem Fahrrad, auch wenn man draussen trainiert. Zugleich gibt es die weitere Methode der Wattmessung im Indoortraining direkt über das statische Trainingsvelo. Watt können im Generellen bei stetigem Widerstand mithilfe einer höheren Kadenz, also einer höheren Umdrehungszahl, erhöht werden. Umgekehrt kann bei gleichbleibender Drehzahl durch verstärkten Druck auf die Pedale die Wattleistung erhöht werden.

(Allen & Coggan, 2010)

Die folgenden Abschnitte enthalten fast ausschliesslich Rohdaten und Interpretationen des Benutzerprogramms «Cycling Analytics», welches eine der bekanntesten Plattformen zum selbstständigen Analysieren von Wattkurven und Trainingsplänen darstellt. Dieses Programm wird sowohl von Hobbysportlern als auch von vielen Profisportlern genutzt.

Bei der Auswertung der Benutzerdaten wurde jeweils der höchste Wert für jede Zeitdauer auf der gesamten Plattform erfasst. Weil in dieser Arbeit zwei Wattkurven von unterschiedlichen Sportarten verglichen werden, spielt es keine Rolle, ob die höchsten Werte über die verschiedenen Zeiten von unterschiedlichen oder demselben Athleten gefahren worden sind.

Aus den höchsten gemessenen Werten an absoluten Wattzahlen über die festgelegte Zeitdauer ergibt sich folgende Tabelle für Radsportler:

Tabelle 1: Höchstgemessene Wattwerte über unterschiedliche Zeitdauern im Radsport (David Johnstone; cyclinganalytics.com, 2018)

Dauer	1s	5s	10s	1min	5min	20min	60min
Watt	2095	1850	1570	847	562	493	455

Zu erkennen ist die höchste Wattzahl bei der kürzesten Zeitdauer sowie die niedrigste Zahl bei der längsten Zeitdauer. Die Abnahme der Leistung geschieht nicht linear.

Aus Tabelle 1 der höchsten je gemessenen Werte der Messgrösse Watt ergibt sich folgende Wattkurve für den Radsport:

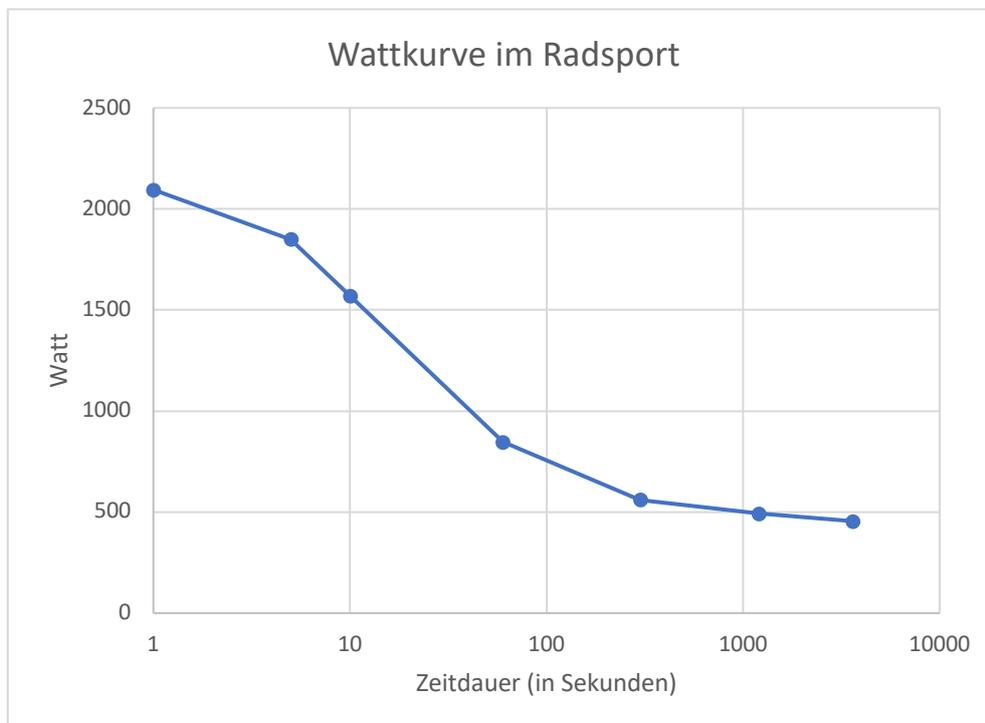


Diagramm 1: Wattkurve aus den Weltbestwerten im Radsport

In diesem Diagramm erkennt man eine Wattkurve, welche beim tiefsten Zeitwert ihren höchsten Stand hat und mit zusätzlicher Zeitdauer fortlaufend abnimmt. (David Johnstone, 2018; cyclinganalytics.com)



Anhand dieser Kurve ist die fast exponentielle Abnahme der Wattwerte über die Zeitdauer von einer Sekunde bis einer Minute erneut zu erkennen. Ab einer Dauer von fünf Minuten bis zu einer Stunde nimmt die maximale Leistung nur bedingt ab. Ein relativ geringer Unterschied ist zwischen den letzten beiden Punkten zu erkennen, welche einer Dauer von 20 Minuten und einer Stunde entsprechen. In diesem Bereich ist der Leistungsabfall folglich sehr gering. Im Ingesamten lässt sich sagen, dass die Kurve bis auf den kurzen Sprintbereich sehr kontinuierlich, aber regelmässig abnimmt, was darauf schliessen lässt, dass Radsportler in allen Disziplinen, im Sinne der unterschiedlichen Belastungszeiten, äusserst gut vertreten sind. Dies lässt sich wiederum mit den unterschiedlichen intrasportlichen Disziplinen wie den langen Touren, den Tagesrennen oder den kürzeren Zeitfahrten begründen. Radfahrer decken demnach eine hohe Leistungsfähigkeit in jeder Belastungszone vom Sprintbereich, zum immer noch relativ kurzen Mittelbereich, bis hin zum langen Ausdauerbereich, ab.

Begründet werden kann dieser Abfall der Werte durch die längere Zeitdauer, über die der Athlet jeweils die Leistung erbringen muss. Die ersten drei Quantitäten von einer Sekunde, über fünf Sekunden bis zehn Sekunden erfolgen aus der reinen anaeroben Sprintkapazität des Profisportlers, welche mit einer Dauer von rund 20-30 Sekunden ihre maximale Dauer erreicht hat. In der anaeroben Energiegewinnung erfolgt diese durch Milchsäuregärung aus reiner Kohlenhydratverbrennung. In dieser Phase gerät der Körper in eine Sauerstoffschuld. Er erbringt mehr Energie, als er langfristig durch die Sauerstoffaufnahme aufwenden kann. In dieser kurzen Phase der reinen anaeroben Energiebereitstellung ist die Leistungsabnahme aufgrund des nicht benötigten Sauerstoffs relativ gering. Durch die Milchsäuregärung entsteht allerdings Laktat in den Muskeln, welches bei längerer anaerober Intensität zu einer Übersäuerung der Muskeln führen kann. Eine hohe Laktatkonzentration im Blut führt zu Schmerzen in den Muskeln bis hin zum Leistungsabbruch. Deswegen kann diese anaerobe Schwelle nicht lange überschritten werden.

Die Zwischenwerte von einer bis fünf Minuten entsprechen einem Teilabschnitt, der zwischen der anaeroben und der aeroben Energiegewinnung liegt. Die aerobe Energiegewinnung erfolgt durch den Sauerstoffverbrauch aus der Kohlenhydrat- und Fettverbrennung. In diesen beiden Zeitabschnitten wird Energie aus beiden Bereichen bereitgestellt. Sobald die Energiegewinnung nicht mehr vollständig anaerob bereitgestellt wird, nimmt die maximale Leistung drastisch ab. Dies aus dem Grund, da nun ebenfalls Sauerstoff verbraucht wird, um die nötige Energie zum Antrieb der Muskelkraft zu gewinnen.

(Pieter Keulen; mtc.ch, 2020)



Ab einer längeren Zeitdauer, die den letzten beiden Werten aus der Tabelle und dem Diagramm entsprechen, geschieht die Energiegewinnung praktisch ausschliesslich aus dem aeroben Prozess. Sobald dieser Bereich erreicht wird, was ungefähr mit einer Belastungsdauer von zehn Minuten geschieht, ist die Leistungsabnahme über eine längere Zeitdauer nur noch relativ gering. Dieses Phänomen kann mit der fast reinen aeroben Energiebereitstellung begründet werden; der Körper kann nur so viel Energie verbrauchen, wie ihm durch den Sauerstoffverbrauch und demnach der Kohlenhydrat- und Fettverbrennung bereitgestellt wird. Die maximale Sauerstoffaufnahme-fähigkeit nimmt hierbei nie ab, nur die Muskelermüdung nimmt zu, welche zu der nur geringen Abnahme der Leistungsfähigkeit führt. Die Regel besagt im Allgemeinen: Je anaerober die Energiebereitstellung, desto kürzer die Dauer, über die die Leistung erbracht werden kann.

(Universität des Saarlandes; sportwissenschaften.info, 2020)

4.3.2 Wattwerte im Rudersport

Die Wattmessung im Rudern geschieht über den Ruder Ergometer im Training oder Wettkampf am Land. Seit einigen Jahren gibt es ebenfalls die Möglichkeit, die Wattmessung auf dem Ruderboot über die Dolle am Ausleger oder das Ruderblatt durchzuführen. Dabei wird die Kraft gemessen, mit welcher der Athlet im Boot an den Rudern zu ziehen vermag. Ebenfalls kann der Wasserwiderstand am Ruderblatt gemessen werden, welcher erneut auf die Zugkraft des Sportlers im Boot hinweist.

(Webasport, 2020; purecutdesign.net)

Die Dolle dient der Befestigung des Ruders am Ausleger des Ruderbootes. In modernen Sportruderbooten ist die Kunststoffdolle U-förmig. Nach dem Einlegen des Ruders wird die Dolle mithilfe eines Sicherungsbügels mit Schraubenverschluss geschlossen, damit das Ruder nicht aus der Dolle fallen kann.

Der Ausleger bildet eine Konstruktion an schmalen Ruderbooten, mit dem die Dolle am Ruderboot im erforderlichen Abstand befestigt wird. Je schmaler das Ruderboot ist, desto länger muss der Ausleger sein, damit das Ruder im gleichen Abstand zum Ruderer in der Dolle befestigt werden kann. Im modernen Rudersport bestehen die meisten Ausleger aus Aluminium oder Carbon.

Das Ruderblatt bildet das Ende jedes Ruders. Mit ihm wird das Boot angetrieben, indem das Blatt beim Ruderschlag im Wasser versenkt wird und dadurch der Ruderer im Boot mit einem Widerstand an den Rudergriffen am anderen Ende jedes Ruders ziehen kann.

(MisterSynergy; wikipedia.org, 2014 & 2016)



Allerdings hat sich die bereits seit vielen Jahren bekannte Methode der absoluten Leistungsmessung im Rudern auf dem Ergometer bewährt. Wettkämpfe im Rudern auf dem Trockenen werden immer auf dem gleichen Indoorrudergerät, nämlich dem Concept 2, ausgetragen. Weil es sich stets um das gleiche Gerät handelt, kann eine absolut gerechte Messung ohne Störvariablen gewährleistet werden. Viele Mannschaften können sich ausserdem die neuere Methode der Leistungsmessung auf dem Wasser nicht leisten, da es sich hierbei noch um eine vergleichsweise teure Methode handelt. Aus diesem Grund gibt es deshalb auch Ruderwettbewerbe auf dem Concept 2 Rudergerät, da hier nicht immer der schnellste Ruderer auf dem Wasser gewinnt. Dies ist auch in umgekehrtem Sinne wahr; nicht immer der schnellste Ergometerruderer gewinnt auf dem Wasser. Dies kommt durch den Fakt zustande, dass es sich beim Rudersport ebenfalls um eine technisch sehr anspruchsvolle Sportart handelt.

Die Daten aus den folgenden Abschnitten stammen bis auf wenige Ausnahmen vom World Rowing Verband oder den offiziellen Concept 2 Ergometerweltrekorden.

Aus den momentanen Weltrekordzeiten über die verschiedenen Zeitdauern oder Distanzen auf dem Concept 2 Rudergerät lassen sich folgende Wattwerte aus der Geschwindigkeit umrechnen:

Tabelle 2: Höchstgemessene Wattwerte über unterschiedliche Zeitdauern im Rudersport (Concept 2; concept2.com, 2020)

Distanz/ Dauer	1s	5s	100m (12.6s)	1min	4min	2000m (5:35.8min)	10000m (31:05min)	60min
Watt	1841	1662	1400	1038	612	592	432	403

Aus dieser Tabelle lässt sich beobachten, dass im Rudern nicht die gleichen Zeitabstände wie im Radsport gewählt werden. Dennoch ergibt sich der höchste Watt Wert bei der kürzesten Zeitdauer sowie umgekehrt der tiefste Wert bei der längsten Belastungszeit.

Die Zeitdauer ist im Vergleich zum Radsport teilweise etwas unüblich dargestellt, da sich die Wettkampfdauer im Ruder- und Radsport komplett unterscheidet. Zudem werden einige Wettkämpfe auf dem Ergometer, die über der üblichen Distanz von 2000m liegen, mit einer zu erbringenden Distanz limitiert und nicht wie im Radsport mit einer zu absolvierenden festgelegten Zeit, wie beispielsweise dem 20 Minuten Test. Dennoch lassen sich die Werte gut vergleichen, da ein zehn Kilometer Rennen im Rudern einem halbstündigen Test im Radsport sehr nahekommt. Das Gleiche gilt für den 100m Sprint im Rudern mit einer fast identischen Zeit wie dem zehn Sekunden Sprint im Radsport. Wenn die Wettkampflänge im Rudern durch eine Distanz definiert ist, steht die Weltbestzeit für diese Distanz in Tabelle 2 der Ruderweltbestzeiten auf dem Concept 2 Gerät in Klammern zu einem einfacheren Vergleich mit Tabelle 1 der Weltbestwerte im Radsport.

Aus Tabelle 2 der höchsten je gemessenen Werte der Messgrösse Watt ergibt sich folgende Wattkurve für den Rudersport:

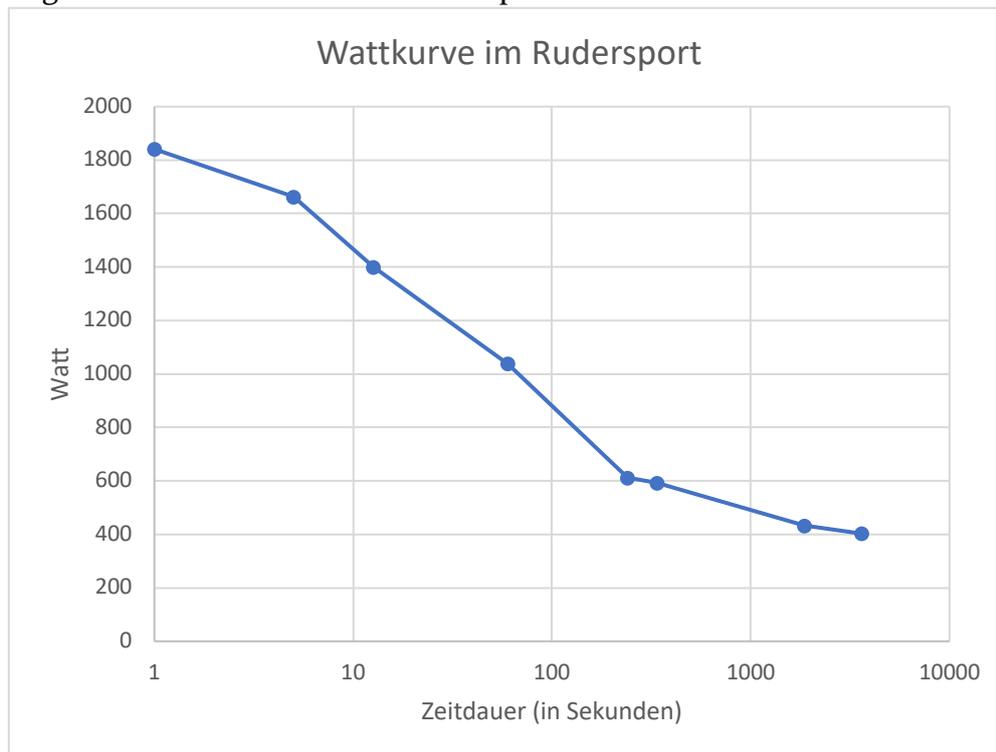


Diagramm 2: Wattkurve der weltbesten Rudersportler

In diesem Diagramm erkennt man eine relativ stetig abnehmende Wattkurve. Der höchste Wert befindet sich bei der kürzesten Zeitdauer und der tiefste Wert bei der längsten Belastungszeit.

(Concept 2; concept2.com, 2020)

Im Rudersport ist, wie in der Analyse der Tabelle 2 erwähnt, die olympische Wettkampfdistanz mit 2000m festgelegt. Erneut treffen auf die Wattkurve im Rudern die bereits erklärten Phänomene der zuerst anaeroben, später gemischten, und zum Schluss reinen aeroben Energiebereitstellung zu (siehe Kapitel 4.3.1).

(Universität des Saarlandes; sportwissenschaften.info, 2020)

Dadurch kann die grundsätzliche Leistungsabnahme über eine längere Belastungszeit begründet werden. In diesem Diagramm ist darüber hinaus zu erkennen, dass die maximale Leistung in den unterschiedlichen Sprintdauern relativ stark abnimmt. Danach nimmt die Leistung kontinuierlich bis zu den zwei sehr nahe beieinanderliegenden Punkten ab, welche der vier Minutenmarke und der Weltbestzeit über 2km von 5:35.8 Minuten entsprechen.

(Concept 2; concept2.com, 2018)

Die nächsten beiden Punkte kommen dem halbstündigen und der einstündigen Bestmarke gleich. Obwohl man sich in dieser Belastungszeit fast ausschliesslich in der aeroben Leistungsfähigkeit befindet, ist die Leistungsabnahme doch relativ hoch, was auf verschiedene Punkte zurückzuführen ist. Die Leistungsabnahme bis zur Wettkampfdisziplin von zwei Kilometern wird so gering wie möglich gehalten. Eine längere Belastungsdauer dient nur den Wettkämpfen auf dem Ruderergometer, wodurch die Leistungsdichte in diesem Bereich weniger hoch ist als bei der offiziellen Wettkampfdistanz. Aus der regelmässig, aber nicht drastischen Abnahme der Werte im Bereich von einer Sekunde bis zu den ersten fünfzehn Minuten, lässt sich schliessen, dass in dieser Zone alle Ruderer relativ bis sehr nahe an die Weltbestzeit heranfahren können. Die Leistungsdichte in diesem Zeitbereich ist sehr hoch. Sobald die olympische Distanz überschritten wird, ist der Leistungsabfall trotz gleichbleibender Energiebereitstellung kontinuierlich ziemlich hoch, da die Leistungsdichte aufgrund von fehlenden Wettkämpfen und damit fehlendem Nutzen der Leistungsfähigkeit in diesem Zeitbereich abnimmt.

4.3.3 Vergleich der Wattkurven

Zum Vergleich der Wattkurven ist ein Übereinanderlegen ihrer Werte die einfachste Methode, grössere Unterschiede direkt auf den ersten Blick zu erkennen.

Aus dem Vergleich der verschiedenen maximalen Wattwerte in beiden Sportarten ergibt sich folgende Tabelle:

Tabelle 3: Vergleichene maximale Wattwerte im Rad- und Rudersport (Concept 2; concept2.com, 2020 & David Johnstone; cyclinganalytics.com, 2018)

Dauer (in Sekunden)	1	5	10	12.6	60	240	300	336	1200	1865	3600
Radsport	2095	1850	1570		847		560		493		455
Rudersport	1841	1662		1400	1038	612		592		432	403

In dieser Tabelle der zu vergleichenden Wattwerte sind alle Wattzahlen in ihrem Wert unterschiedlich. Werte reichen von minimal rund 400 bis maximal über 2000 Watt.

Aus dem Kombinieren beider Wattkurven aus dem Rad- sowie dem Rudersport ergibt sich folgende Wattkurve für die beiden Sportarten:

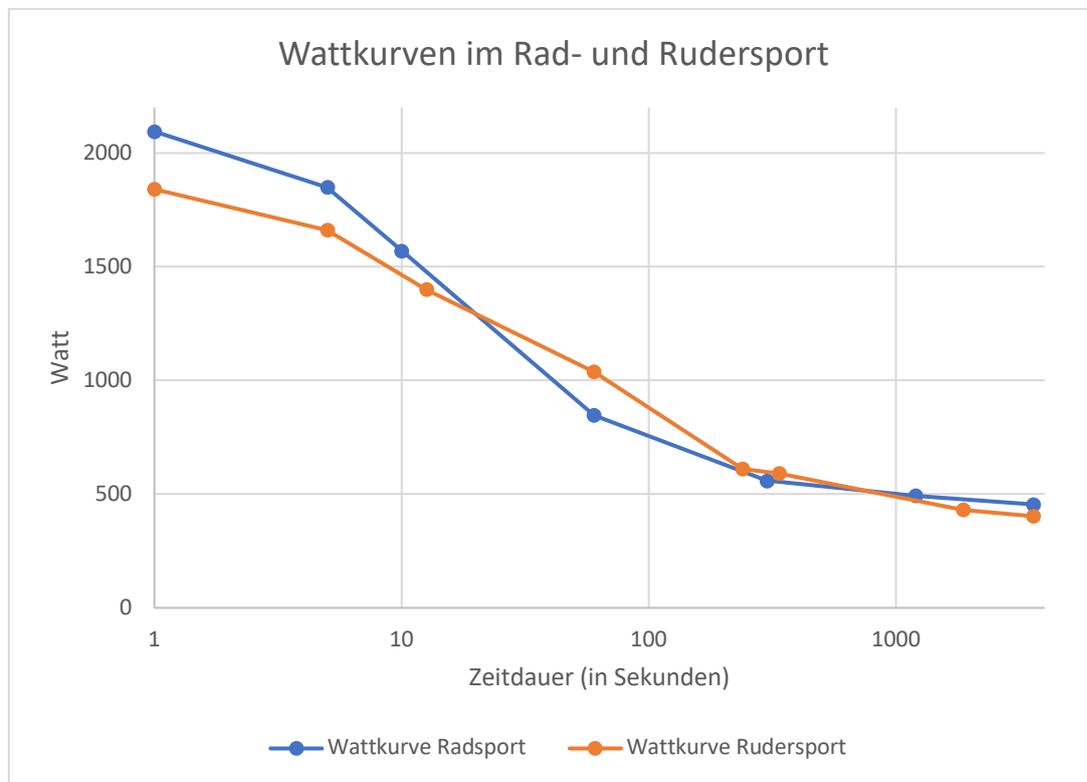


Diagramm 3: Übereinandergelegte Wattkurven des Rad- und Rudersports

In diesem Diagramm sind Wattkurven zweier verschiedener Sportarten zu erkennen, welche sich an mehreren Punkten schneiden.

Beim Betrachten dieses Diagramms lässt sich feststellen, dass die Wattkurven der weltbesten Wattwerte im Rad- und Rudersport mehrere Schnittpunkte bei jeweils unterschiedlichen Zeitangaben haben. Im Allgemeinen kann man aussagen, dass die Wattkurve der Radspportler sowohl bei einem höheren Wert anfängt als auch wieder bei einem höheren Wert als die der Rudersportler endet. Dies lässt sich vor allem mithilfe Tabelle 3 gut beobachten. Zwischen der kürzesten und längsten Dauer liegen drei Punkte der Kurve des Rudersports über der des Radspports. Hierbei ist die Rede vom 1-minütigen Wert, dem 4-minütigen Weltrekord sowie der Weltbestzeit über die 2000m.

Im kurzen Sprintbereich von 1-15 Sekunden sind die absoluten Werte der Radspportler höher als die der Rudersportler. In diesem Zeitbereich haben die Werte einen Unterschied von ungefähr 150-250 Watt, was im Bereich der Profisportler eine enorme Differenz darstellt. Sie bildet einen Unterschied von rund zehn bis fast 14 Prozent zwischen den beiden Sportarten.



Obwohl die Wettkampfdauer im Rudersport viel kürzer ist als die im Radsport, scheinen die Rudersportler die maximalen Wattwerte der Radfahrer nicht erreichen zu können. Dafür gibt es bei genauerem Betrachten mehrere Gründe. Zum einen differenzieren sich die Trainingseinheiten und Trainingsdauern, welche die Athleten aus den beiden Sportarten während des Trainings im Sprintbereich (Wattzone 7) verbringen kaum (siehe Kapitel 5.3.3). Nicht nur Rudersportler müssen aufgrund ihrer Wettkampfdistanz von 2000m und demnach kurzen Belastungszeit eine hohe Endschnelligkeit erbringen, sondern auch Radsportler, denn viele Etappen an einer grösseren Rundfahrt wie der Tour de France oder dem Giro d'Italia werden auf den letzten Kilometern im Schlusssprint entschieden. Eine ausgeprägte Sprintfähigkeit ist deshalb für alle Sportler dieser beiden Sportarten von hoher Wichtigkeit.

(Dennis Sandig; trainingsworld.com, 2016)

Weiter ist die Art der Ausführung der Sportart zu berücksichtigen. Während der Sportler auf dem Fahrrad primär seine Beinmuskulatur braucht und zum Erreichen einer höheren Wattzahl bei festgelegtem Widerstand die Trittfrequenz erhöhen muss, benötigt der Ruderer die gesamte Körpermuskulatur und muss zum Erhöhen der Wattzahl auf dem Concept 2 Rudergerät bei festgelegtem Widerstand entweder den Druck oder die Schlagzahl erhöhen. Die Schlagzahl im vorgestellten Wassersport sowie die Trittfrequenz im Radsport sagen aus, wie oft der Athlet pro Minute die Bewegung, die zum Ausführen der Sportart gebraucht wird, vollendet.

Im Radsport führt ein erhöhter Druck bei gleichem Widerstand automatisch zu einer höheren Trittfrequenz, da es sich um eine kreisförmige Bewegung handelt. Im Rudersport hingegen gibt es in jedem Schlag zwei Umkehrpunkte, somit führt ein erhöhter Druck bei gleichem Widerstand nicht automatisch zu einer höheren Schlagzahl. Zum Erreichen der höchsten Wattwerte müssen sowohl der Druck als auch die Schlagzahl erhöht werden. Je mehr Druck während dem Zug des Schlages verwendet wird, desto mehr Energie braucht es auch wieder, den Umkehrpunkt zum Ende des Schlages zu finden, mit dem die Erholung eingeleitet wird. Aus diesem Grund ist es ab einer gewissen Schlagzahl schwierig, eine effiziente Ruderschlagstruktur zu finden, womit die Schlagzahl im Rudern nach oben relativ schnell stark begrenzt ist. Dieser Faktor ist zum Erreichen von maximalen Wattwerten im kürzesten Sprint nicht förderlich. Nach der offiziellen Concept 2 Website sollte die Schlagzahl während eines Rennens auf dem Ruderergometer nicht über 36 Schlägen pro Minute liegen.

(Concept 2; concept2.de)



Die zwei Punkte, an denen sich die beiden Kurven schneiden, geschehen vor dem Messabschnitt von einer Minute und nach dem Abschnitt von fünfminhalb Minuten. Somit ist in diesem Bereich die Wattkurve des Rudersports höher, was bedeutet, dass Rudersportler in diesem Bereich im Vergleich zu Radfahrern in absoluten Wattzahlen stärker sind. Die Unterschiede in diesen Belastungsabschnitten reichen von 50 bis circa 190 Watt. Die Differenzen machen in diesem Teilabschnitt damit neun bis 22 Prozent aus. Die 22 Prozent Abweichung sind im Abschnitt von einer Minute aufzufinden. Bei längeren Abschnitten ab vier bis fast sechs Minuten reichen die Abweichungen von neun bis etwas mehr als zehn Prozent. Damit ist auch hier ein enormer Unterschied zwischen den Weltbestwerten der beiden Sportarten zu erkennen.

Der Hauptgrund dafür liegt in der Wettkampfzeit der Ruderer. Die Athleten trainieren ihre Muskulatur und ihre Ausdauerfähigkeit auf eine möglichst schnelle 2000m Zeit hin. Diese Distanz entspricht, je nach Bootskategorie etwas unterschiedlich, genau fünfminhalb bis knapp sieben Minuten. Ebenfalls ist die zuvor genannte Strecke die Einzige, die olympisch gefahren wird und die somit im Rudersport am stärksten ist. Auch wenn die maximalen Wattwerte auf dem Ruderergometer am Land gemessen werden, können sie direkt auf die Zeiten auf dem Wasser in einem Ruderboot übertragen werden, da die reine Belastungszeit dieselbe ist. Der zuvor genannte Faktor der limitierten Schlagzahl im Rudersport ist ab einer etwas längeren Zeitdauer aufgrund der tieferen Durchschnittswattzahlen nicht mehr relevant. Damit liegt der Unterschied in den Wattkurven in diesen Zeitabschnitten nicht an schlechteren Radsportlern, sondern an besonders gut trainierten Rudersportlern für diesen Zeitbereich. Dies ist ebenfalls am Verlauf der Wattkurve zu erkennen. Während der Graph der Radsportler nach der Sprintdauer relativ gleichmässig abnimmt und nach circa fünf Minuten wieder abflacht, weist die Kurve der Rudersportler keinen typischen Verlauf auf. Die Punkte der Sprintabschnitte zu den Bereichen von einer bis fünf Minuten nehmen weniger stark ab. Jedoch bleibt die Abnahme ab fünfminhalb Minuten Belastung relativ hoch im Vergleich zur fast ganz abflachenden Kurve der Radsportler.

In der längsten Zone ab 20 Minuten bis zu einer Stunde ist die Wattkurve der Radsportler erneut höher als die der Rudersportler. Die absoluten Unterschiede in den Wattwerten der Sportler scheinen sehr gering zu sein. Dieser Anblick täuscht allerdings, da zum einen die Wattzahlen in diesem Bereich im Insgesamt tiefer sind und die Y-Achse der Kurve an die höchsten gemessenen Wattwerte angeglichen wird, wobei die optische Differenz aus diesem Grund relativ gering scheint. Abweichungen zwischen den beiden Kurven in diesem längeren Ausdauerbereich liegen relativ konstant bei 50 Watt. Das entspricht bei dieser Zeitdauer einer Abweichung von ziemlich genau 13 Prozent.

Auch diese Differenz erweist sich zwischen den beiden Sportarten als sehr hoch, was wiederum auf einen zentralen Grund zurückführen lässt, der in Verbindung mit der letzten Erklärung steht. Weil die Wettkampfdauer im Rudersport meist eine obere Grenze von knapp sieben Minuten aufweist und die 2000m die einzige sowohl olympische als auch international gefahrene Distanz ist, besteht kein Anreiz dafür, auf eine längere Distanz auf dem Rudergerät möglichst stark zu sein. Natürlich spielt die Grundaussdauer auch im Rudern eine zentrale Rolle, allerdings wird diese in einem niedrigeren Intensitätsbereich trainiert und Wettkämpfe in dieser Zeitzone dienen meist nur zum Aufstellen neuer Weltrekorde, aber besitzen keine zentrale Funktionalität für Rudersportler. Im Radsport kann man genau das Gegenteil beobachten, da jeder Sportler auf alle Zeiten, die in einer Wattkurve gemessen werden, so gut wie möglich sein will. Der Grund dafür ist, dass viele Etappen, Eintagesrennen oder auch Zeitfahren von mindestens einer Stunde bis mehreren Stunden Dauer definiert sind.



Abbildung 1: Der Rotsee, auch "Göttersee", im schweizerischen Luzern dient als nationale und internationale Regattastrecke (SRG Zentralschweiz; srgd.ch, 2017)

Der Rotsee in Luzern ist knapp 2500m lang und gilt wegen seiner Lage in der Zentralschweiz als äusserst beliebte Regattastrecke. Aufgrund der Windstille wegen seines hügeligen Umlands sowie seiner minimaler Strömung bietet der Rotsee optimale Wettkampfbedingungen, weshalb er unter Rudersportlern auch «Göttersee» genannt wird. Viele internationale Wettkämpfe, unter anderem zahlreiche Weltcuprennen, sind auf diesem See jährlich zu beobachten. Ein Radsportler müsste in einem durchschnittlichen Eintagesrennen im direkten Vergleich mehr als 50 Mal die Distanz dieser Regattastrecke der Ruderer abfahren.

(MisterSynergy; wikipedia.org, 2015)

Mögliche Fehlerquellen in allen Zeitbereichen können darin liegen, dass es im Radsport im Generellen keine Wettkämpfe über die Sprintzeitdauer sowie über die restlichen Zeiten von einer bis fünf Minuten gibt. Somit werden für die Analyse der Wattkurve der Radsportler lediglich die besten je gemessenen Werte verwendet, auch wenn diese ausserhalb eines offiziellen Wettkampfes durch die Wattmesser am Fahrrad aufgezeichnet werden.

Die einzigen Ungenauigkeiten in der Wattmessung können aus einer fehlerhaften Kalibrierung oder von Geräten unterschiedlicher Marken stammen. Die Wattmessung auf dem jeweiligen Sportgerät ist nicht abhängig von der Luftfeuchtigkeit oder der Temperatur, da sie nur den «Output», also die Ausgabe eines Sportlers, misst und nicht den «Input», also den Aufwand des Sportlers. Zusätzlich würde man ausserordentlich hohe Wattwerte, die sich deutlich von der bisherigen Weltspitze absetzen, durch einen Vergleich mit anderen Elitesportlern derselben Sportart identifizieren können.

4.4 Fazit zum Themenbereich der Wattkurven

Die erste Fragestellung dieser Maturitätsarbeit lautet: «Worin unterscheiden sich die Verläufe der Wattkurven im Ruder- und Radsport?». Diese kann mithilfe der Analyse der Rohdaten des letzten Hauptkapitels beantwortet werden. Die Hypothese zu dieser Frage beinhaltet die These, dass Sportler aus beiden Sportarten im Sprintbereich gleich gut vertreten sind, die Rudersportler den Radsportlern im Zeitbereich von einer bis fünf Minuten überlegen sind sowie, dass die Radsportler klare Vorteile ab einer Dauer von sieben Minuten aufweisen. Die letzten beiden Teilaspekte dieser Hypothese können mit der Analyse der Wattwerte auf den vorherigen Seiten bestätigt werden. Allerdings muss der erste Aspekt der Hypothese falsifiziert werden, da Radsportler im Sprintbereich stärker vertreten sind als die Rudersportler aus den Gründen der Bewegungsabfolge beim Ausführen der Sportart und der falschen Interpretation über die Wichtigkeit des ganz kurzen Sprintbereiches im Radsport.

Zur Beantwortung der Fragestellung kann somit die Aussage formuliert werden, dass sich alle Bereiche der beiden Wattkurven unterscheiden. Wenn man die verschiedenen Zeitzonen der Wattkurven in drei Teile des anaeroben Sprintbereichs, des anaerob und aerob gemischten kurzen Ausdauerbereichs und des längeren hauptsächlich aeroben Ausdauerbereichs unterteilt, kann man jeden Teil einer Sportart zuordnen, welche in dieser Zone dominiert. Im kurzen Sprintbereich sind Radsportler stärker vertreten als Rudersportler. Im kurzen Ausdauerbereich von einer Minute bis gut fünf Minuten sind Ruderer klar stärker. Ab einer Belastungszeit von mehr als sieben Minuten sind Radsportler erneut besser als Rudersportler. Zusammengefasst kann man sagen, dass Radsportler auf einer grösseren Bandbreite und damit einer höheren Anzahl an einzelnen Zeiten stärker sind und, dass Rudersportler in dem für ihre Sportart nützlichen Bereich klar dominieren.



5. Umfrage mit der Weltelite – die Trainingsstruktur

5.1 Einführung

In diesem mittleren praktischen Teil, welcher zugleich das Kernstück dieser Maturitätsarbeit bildet, wird eine Umfrage analysiert, bei der 19 Weltklasseathleten im Rad- und Rudersport zu ihrer Trainingsstruktur sowie ihrem Trainingsumfang befragt wurden. Dazu gehören die Gewichtung spezifischer Intensitätsbereiche in den verschiedenen Trainingsplänen sowohl im Ausdauer- als auch im Intervalltraining als auch die Wichtigkeit des Krafttrainings in den beiden Sportarten. Die Analyse dieser Themen erlaubt es, Annahmen über die Kompetenzen eines Athleten bezüglich seiner Ausdauerfähigkeit, seiner anaeroben Bereitschaft sowie der Wichtigkeit des Krafttrainings zu treffen. Zusätzlich sollen mit diesen weiteren Erkenntnissen typische Trainingsstrukturen in den beiden Sportarten begründet und mögliche Bereiche der weiteren Trainingsentwicklung und -optimierung aufgedeckt werden können.

Alle Daten aus diesem zentralen Hauptkapitel stammen von einer selbstständig durchgeführten Umfrage mit verschiedenen Profileistungssportlern aus unterschiedlichen Ländern. Befragt werden nur Sportler, die jeweils der Weltelite ihrer Sportart angehören, damit die Resultate für einen Vergleich zwischen den beiden Sportarten aussagekräftig sind. Ausserdem werden absichtlich Profisportler aus unterschiedlichen Ländern befragt, um einen intersportartlichen Vergleich anstellen sowie die internationale Repräsentativität der Werte versichern zu können. Insgesamt werden elf Profiruderer und acht Profiradfahrer befragt. Bei 16 der 19 Sportler handelt es sich um Männer. Der Frauenanteil ist mit drei Befragten eher gering, was auf die Auswertung allerdings keinen Einfluss hat, da sich die Fragen der Umfrage auf keine Leistungswerte beziehen und im modernen Leistungssport alle Athleten gleich viel trainieren, unabhängig vom biologischen Geschlecht.

Die Erklärung verschiedener Datenanalysen aus der Umfrage stützt sich oft auf bekanntes Sportwissen aus dem vorherigen Hauptkapitel oder aus unterschiedlichen Bücher- und Internetquellen.



Abbildung 2: Der kroatische Ruderprofi Damir Martin an den Europameisterschaften 2018 (Michael Pavitt; insidethegames.biz, 2018)

Unter den befragten Sportlern befinden sich unter anderen Ruderprofi Damir Martin, zweifacher olympischer Silbermedaillengewinner sowie mehrfacher Welt- und Europameister und fünffacher Weltcup Sieger, dies jeweils in unterschiedlichen Bootsklassen. Auf der Seite der Radsportler zählen unter anderen Michael Albasini, zweifacher Schweizermeister, Europameister und mehrfacher Etappensieger grosser Rundfahrten als auch Mountainbikefahrer Nino Schurter, Olympiasieger, siebenfacher Schweizermeister, siebenfacher Weltcupsieger sowie achtfacher Weltmeister, zu den bekanntesten Namen. Die Gesamtübersicht aller befragten Athleten mit ihren Erfolgen befindet sich im Anhang.



Abbildung 3: Olympiasieger Nino Schurter auf dem Mountainbike (Bikepass; bikepass.ch, 2018)

Die Umfrageauswertung wird in verschiedene Unterkapitel wie dem Trainingsumfang, spezifischen Zonentrainings in Ausdauer- und Intervallbereichen und dem Krafttraining gegliedert.

5.2 Methode

Dieses zentrale Kapitel stützt sich im Generellen auf eine durchgeführte Umfrage. Im Frühsommer 2020 befragte ich mithilfe eines allgemeingültigen Fragebogens (siehe Anhang) für Rad- und Rudersportler einige Profisportler aus verschiedenen nationalen und internationalen Leistungskadern zu ihren Trainingsstrukturen. Bei den 19 Sportlern handelt es sich um Athleten der aktuellen oder früheren Weltspitze. Insgesamt haben 8 Profis aus dem Radsport und 11 Ruderprofis die Umfrage ausgefüllt.

Weil die Sportler zudem aus unterschiedlichen Ländern stammen, ergibt sich eine sinnvolle Durchmischung. International anerkannte Trainingsmethoden lassen sich dadurch erkennen und vergleichen.

Die Darstellung der Nutzerdaten und Umfrageauswertung erfolgt durch diverse Diagramme, um das umfangreiche Kapitel möglichst übersichtlich zu gestalten. Die Interpretation der Daten und Diagramme geschieht sowohl durch bekanntes Allgemeinwissen aus vorherigen Kapiteln als auch mithilfe einer Informationsergänzung durch weitere gezielte Literaturrecherche.



5.3 Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

5.3.1 Trainingsumfang

Unter dem Trainingsumfang versteht man im Ruder- und Radsport unterschiedliche Themenbereiche. Im Allgemeinen unterscheidet man in jeder Ausdauersportart zwischen drei verschiedenen Trainingsbereichen und deren Untergruppen; Ausdauertraining, Intervalltraining und Krafttraining. Die Auswertung dieses Hauptkapitels erfolgt in allen Gruppen des Trainingspensums und wird in die oben genannten Kategorien gegliedert.

In diesem ersten Unterkapitel werden die verschiedenen Trainingsumfänge der Sportler der beiden Sportarten in Themen wie der gesamten Zeitdauer des Trainingsumfangs in einem Monat sowie der durchschnittlichen Dauer eines Ausdauertrainings verglichen. Mit der gesamten Trainingsdauer in einem Monat lässt sich der absolute Trainingsumfang zwischen den Athleten am besten vergleichen. Hier ist es interessant zu wissen, in welcher Sportart man in der Regel mehr Zeit in das gesamte Training investiert.

Abgerundet wird dieses Unterkapitel mit einem Vergleich der Dauer des durchschnittlichen Ausdauertrainings in den unterschiedlichen Sportarten. Dieser Vergleich liefert wichtige Informationen für die nächsten beiden Unterkapitel 5.3.2 und 5.3.3 über die Art und Funktion des Ausdauertrainings.

Die absoluten Trainingsumfänge der Spitzenathleten, angegeben in der totalen Zeitdauer der Trainings über einen Monat verteilt, können im folgenden Diagramm gut gegenübergestellt werden:

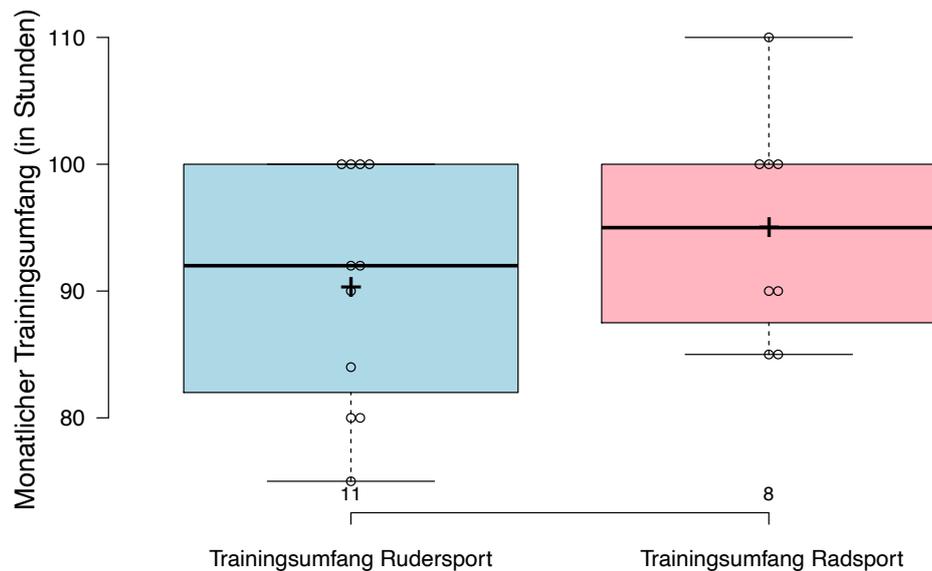


Abbildung 4: Vergleich des absoluten Trainingsumfangs der Rad- und Rudersportler

In diesem Diagramm sind zwei nebeneinandergestellte Boxplots zu erkennen. Bei dem linken Boxplot handelt es sich um den Trainingsumfang im Rudersport, beim rechten um denjenigen im Radsport.



Der ganze gefärbte Bereich des Boxplots entspricht jeweils den mittleren 50% der Werte, er besteht aus dem oberen und dem unteren Quartil. Darunter und darüber befinden sich die sogenannten «Whisker», sie sind gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie mit der horizontalen Geraden an ihrem Ende. Sie können benutzerdefiniert werden, aber haben meist alle Werte mitberücksichtigt, welche ausserhalb der mittleren 50% liegen und innerhalb eineinhalbfacher Länge ihres Quartils liegen. Unter den beiden Whisker gibt es teilweise sogenannte «Ausreisserwerte», welche zu weit weg von den beiden Quartilen liegen, um von den Whiskern eingefangen werden. Zwischen den beiden Quartilen in einem Boxplot befindet sich der Median, welcher durch die durchgezogene Linie gekennzeichnet wird. Er repräsentiert den Mittleren aller Werte. Das Kreuz im eingefärbten Bereich des Graphen kennzeichnet den Durchschnitt aller Werte. Je näher der Median am Durchschnitt liegt, desto näher liegen im Schnitt alle Werte zusammen und desto aussagekräftiger ist sind auch die Daten im dargestellten Diagramm.

Auch beide Graphiken aus Abbildung 1 auf den ersten Blick relativ unterschiedlich aussehen, weisen sie bei genauerem Betrachten und Analysieren der Messwerte nur kleinere Unterschiede auf. Alle im Interview befragten Rudersportler zeigen zusammen einen durchschnittlichen Trainingsumfang von 90 Stunden pro Monat auf, dabei liegt der Median, also der Mittlere aller Werte, bei 92 Stunden.

Der Durchschnitt aller Werte liegt bei den Radsportlern bei 95 Trainingsstunden pro Monat, wobei hier der Median genau dem Durchschnitt entspricht. Die meisten Werte, die zwischen dem Minimum und dem Maximum der beiden Sportarten liegen, sind unter den verschiedenen Sportarten absolut vergleichbar oder sogar identisch. Der Unterschied in der durchschnittlichen monatlichen Trainingsdauer wird also von den jeweiligen Ausreisserwerten in den beiden Sportarten am meisten beeinflusst. Der niedrigste Wert von 75 Trainingsstunden wurde im Rudersport gemessen, der höchste Wert von 110 monatlichen Stunden wurde im Radsport gemessen. Durch diese Unterschiede bei den tiefsten und höchsten Werten wird der Durchschnitt entsprechend erhöht oder gesenkt.

Vergleicht man nun die durchschnittlichen Trainingsstunden aller befragter Profisportler der beiden Sportarten fällt auf, dass der Unterschied des absoluten Trainingsumfang lediglich bei fünf Stunden monatlich liegt. Das entspricht wiederum einem Unterschied von lediglich etwas mehr als einer Stunde pro Woche. Dementsprechend können diese Werte sehr gut verglichen und als praktisch gleichwertig nebeneinandergestellt werden.



Der Grund für diese relativ ähnlichen absoluten Trainingsumfänge ist relativ einfach erklärbar. Man kann davon ausgehen, dass alle in diesem Interview befragten Sportler, die zu den Weltbesten ihrer Sportart gehören, ihre Betätigung hauptberuflich durchführen. Weil jedes Training und jede Belastung für die Muskeln und oder das Herzkreislaufsystem eine Erholung benötigt, ist es nachvollziehbar, dass man nicht unendlich lange und viel trainieren kann, bis der positive Trainingseffekt ausfällt. Bei einem zu grossen Trainingsumfang kann es zur Überlastung oder sogar zum Muskelabbau kommen. Somit gibt es für jeden menschlichen Körper, unabhängig von der ausgeübten Sportart, ein spezifisches Optimum an monatlichem Training in Stunden, bei welchem der positive Trainingseffekt am grössten ist. Daraus ergibt sich ein gleich langes und gleich umfangreiches Zeitpensum für jeden dieser Sportler, unabhängig von der Sportart. Kleinere Unterschiede in den Umfängen zwischen Sportlern der gleichen Sportart stammen aus einer unterschiedlichen Trainingsphilosophie, einer unterschiedlichen Gewichtung verschiedener Trainingsbereiche (siehe Unterkapitel 5.3.3) oder der unterschiedlichen Körperphysiognomie. Der Körper jedes Profisportlers reagiert auf andere Art und Weise auf bestimmte Trainingsumfänge, weshalb eine gewisse Individualisierung des Trainings für einen erfolgreichen Sportler die Voraussetzung ist.

In der nächsten Abbildung wird die Länge des durchschnittlichen Ausdauertrainings verglichen. Sie gibt neben der Dauer Informationen über den Stellenwert des Ausdauertrainings in den beiden Sportarten sowie über die allenfalls unterschiedliche Intensität des Grundlagentrainings.

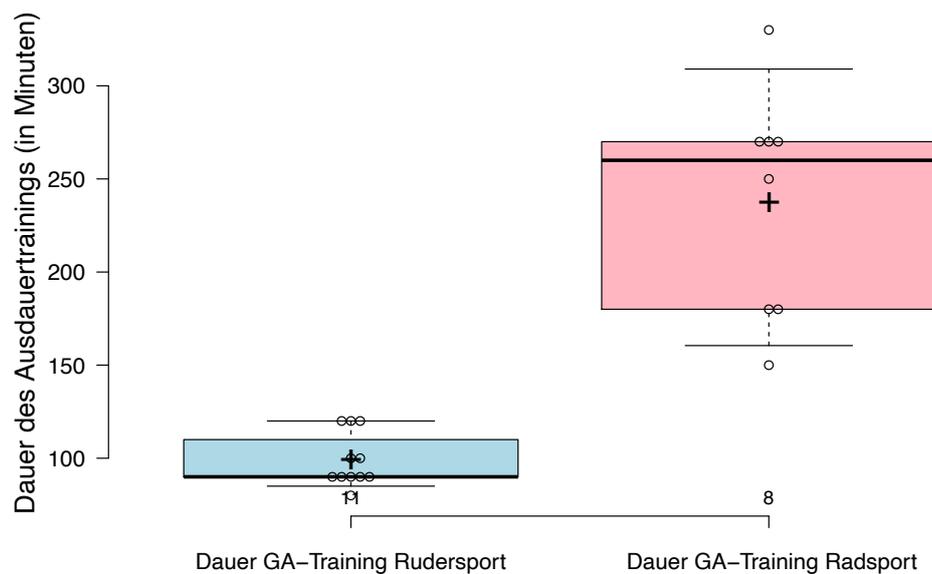


Abbildung 5: Länge des durchschnittlichen Ausdauertrainings der Sportler beider Sportarten

In dieser zweiten Abbildung ist erkennbar, dass die beiden zu vergleichenden Boxplots weit auseinanderliegen. Der blaue Boxplot ist sehr schmal, wobei der rosa Boxplot eine breitere Form besitzt. Die Abkürzung «GA-Training» steht für Grundaushaltertraining.

Auf den ersten Blick zu erkennen ist, dass die beiden angrenzenden Boxplots sehr weit auseinanderliegen und keinen einzigen Punkt haben, an dem sich einzelne Werte aus den beiden Datensätzen überschneiden. Der Boxplot der Antworten der Rudersportler liegt hierbei unter dem der Interviewantworten der Radsportler. Dies bedeutet, dass Ausdauertrainings im Rudersport deutlich kürzer sind als diejenigen im Radsport. Nicht einmal der oberste Wert im Rudersport, also die längsten Ausdauertrainings der befragten Rudersportler, kommen an die kürzesten GA-Trainings im Radsport heran. Der Durchschnitt des linken Graphen kommt mit 100 Minuten Belastung pro Trainingseinheit sehr nahe an den Median von 90 Minuten. Die Trainings im Radsport besitzen eine durchschnittliche Dauer von 240 Minuten und somit vier ganzen Stunden bei einem Median, der mit 260 Minuten etwas über dem Mittelmass liegt. Rein rechnerisch gesehen sind Ausdauertrainings im Radsport also gut doppelt bis fast viermal so lange wie im Rudersport.

Diese Gegebenheit kann zum einen auf die Art der Energiegewinnung im Ruderwettkampf und im Radrennen zurückgeführt werden als auch auf die Länge des Wettkampfes und somit der Dauer der maximalen Belastung (siehe Unterkapitel 4.3.3). Man kann davon ausgehen, dass die Energiegewinnung bei einem Ruderwettkampf zu circa 80% aerob und 20% anaerob bereitgestellt wird. Bei einem Radrennen spricht man allermeistes, ausser bei kürzeren Zeitfahren, von einer primär aeroben Energiebereitstellung, wobei lediglich 1-3% aus der anaeroben Kapazität stammen. Damit kann ausgesagt werden, dass das Ausdauertraining im Radsport einen noch höheren Stellenwert besitzt als im Rudersport. Denn in beiden Sportarten bildet die ausgeprägte Grundaesdauer die Grundlage für eine ebenfalls gute Sprintkapazität. Zudem ist die Wettkampfdauer im Rad- und Rudersport äusserst unterschiedlich mit einer deutlich längeren Belastungsdauer im Radsport, womit der grosse Unterschied in der Länge jedes einzelnen Ausdauertrainings erneut begründet werden kann. (Sascha Schwindling, 2016)

5.3.2 Häufigkeit der Trainings

Dieses Unterkapitel enthält alle Informationen zur Häufigkeit der verschiedenen Trainings. Im Gegensatz zum vorherigen Unterkapitel spielt hier die Dauer der einzelnen Trainings keine Rolle, sondern lediglich die absolute Anzahl der Einheiten verteilt über einen Monat. Verglichen werden die Sportler zum einen in der Anzahl Trainings insgesamt, aber auch in der Anzahl spezifisch definierter Intervalltrainings sowie der Anzahl Krafttrainings.

Durch die Messung der Anzahl Trainings in einem Monat lassen sich die gesamte Trainingsdauer mit der Menge der einzelnen Trainingseinheiten gegenüberstellen. Dadurch kann man schlussfolgern, wie lange im Schnitt eine Trainingseinheit dauert und welche Bedeutung diese Erkenntnis für das Thema des Krafttrainings hat. Zudem lassen sich viele wichtige Schlussfolgerungen für die Regenerationszeit ableiten.

Die folgende Abbildung enthält einen Vergleich über die Anzahl der monatlichen Trainings der befragten Athleten der beiden Sportarten:

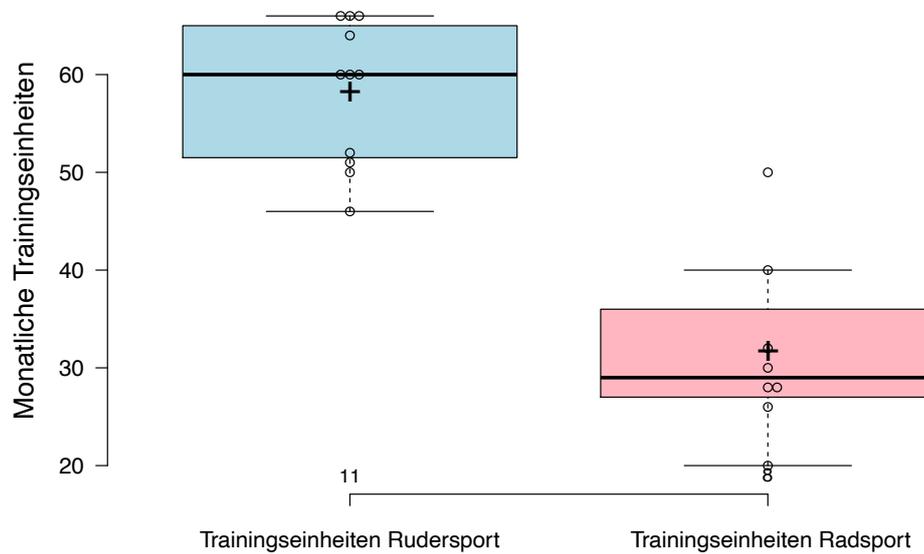


Abbildung 6: Anzahl monatlicher Trainingseinheiten der vorgestellten Profisportler

In dieser Abbildung sind zwei verschieden gefärbte Boxplots zu erkennen, welche sich nicht an der gleichen Position, gemessen an der Y-Achse, befinden. Der linke Boxplot liegt über dem rechten.

Beim Vergleich der absoluten Anzahl an monatlichen Trainingseinheiten ist zu erkennen, dass sich der Graph der Athleten des Rudersports weit über dem der Radprofis befindet. Der Durchschnitt an monatlichen Trainingseinheiten bei den Rudersportlern liegt bei 58, wobei der Median mit 60 nur ganz knapp darüber liegt. Der Durchschnitt der Radsportler befindet sich bei 32 Trainingseinheiten und einem Median von lediglich 29 Trainings, was ziemlich genau der Hälfte der Anzahl Trainings im Rudersport entspricht. Wie in Unterkapitel 5.3.1 zu den unterschiedlich langen GA-Trainings in den beiden Sportarten ist hier genau das Gegenteil zu erkennen; Rudersportler haben fast doppelt so viele monatliche Trainingseinheiten wie Radsportler, wobei Radsportler doppelt bis viermal so lange Grundaussdauertrainingseinheiten haben wie Rudersportler. Diese Erkenntnis ist darauf zurückzuführen, dass der gesamte Trainingsumfang der Profisportler in beiden Sportarten praktisch genau gleich hoch ist (siehe Unterkapitel 5.3.1).

Das Fazit lautet, dass Profisportler aus beiden Sportarten das gleiche Sportpensum betreiben. Dabei verteilen sich die Trainingsstunden im Radsport auf deutlich weniger Anzahl Trainingseinheiten. Gleichzeitig handelt es sich um längere und somit ausführlichere Trainings. Im Rudersport gilt Dasselbe in umgekehrter Weise. Das gleiche Trainingspensum wie bei den Radsportlern verteilt sich auf eine höhere und gleichzeitig viel kürzere Anzahl Trainings auf.

Allerdings muss bei diesen Berechnungen ein weiterer Faktor in Betracht gezogen werden, nämlich die Anzahl und somit die Wichtigkeit der monatlichen Krafttrainings. In der folgenden Abbildung wird der jeweilige Umfang der Krafttrainings dargestellt:

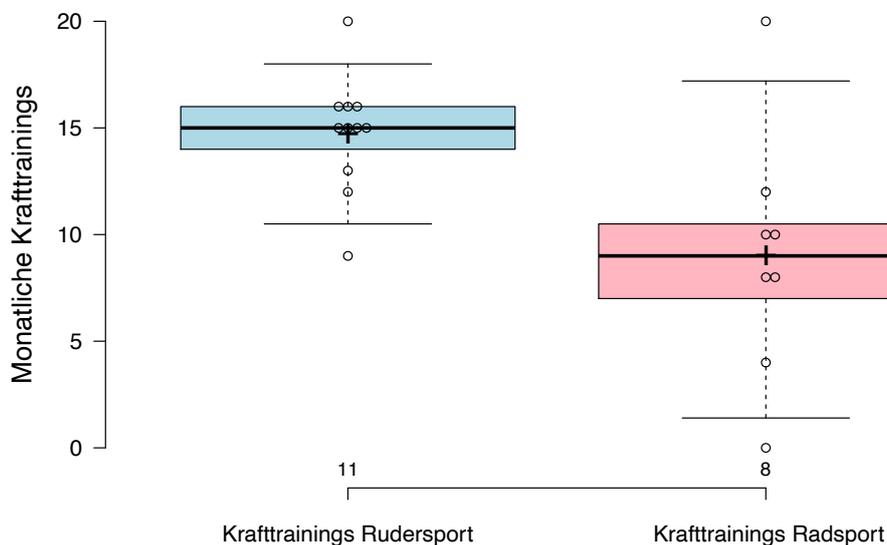


Abbildung 7: Anzahl monatlicher Krafttrainings der Profisportler im Rad- und Rudersport

Zu erkennen in dieser Abbildung sind zwei unterschiedliche, nebeneinandergelegte Graphen. Beide Boxplots sind eher schmal und liegen an unterschiedlichen Positionen.

Als Krafttraining gezählt werden alle Trainings, die ausserhalb der klassischen Ausdauer- und Intervalltrainings absolviert werden und dem gezielten Muskelaufbau dienen. Dazu gehören Stabilisations- sowie Rumpfübungen sowie das Heben von schweren Gewichten.



Zusammengefasst lässt sich beim Betrachten dieser Abbildung sagen, dass der blau gefärbte Boxplot, der den Daten der Rudersportler entspricht, höher liegt als derjenige der Radsportler. Dies bedeutet, dass Rudersportler monatlich eine höhere Anzahl an Krafttrainings absolvieren als Radsportler. Bei ihnen liegt der Durchschnitt bei 14 Einheiten, wobei der durchschnittliche Radprofi lediglich auf neun monatliche Krafttrainings gelangt. Dies entspricht einem Unterschied von über 50% zwischen den beiden Sportarten.

Ausserdem ist durch die verschiedenen Einzelwerte zu erkennen, dass die Normalverteilung im Rudersport viel näher beieinander liegt. Einzelwerte im Radsport reichen von null bis 20 monatliche Krafteinheiten, womit die Maxima und Minima viel weiter auseinander liegen als unter den Rudersportlern, wo sich neun der elf gemessenen Werten sehr nahe beieinander befinden.

Diese unterschiedliche Mengenverteilung der beiden Graphen lässt sich auf folgende Ursachen zurückführen. Aus den sehr dichten Datenpunkten der Athleten des Rudersports kann man schlussfolgern, dass die Wichtigkeit des Krafttrainings in dieser Sportart definiert und fest etabliert ist. Beim Rudern selbst handelt es sich, im Vergleich zum Radsport, einer reinen Ausdauersportart, um eine Kraft-Ausdauersportart. Das Krafttraining sollte also per Definition einen höheren Stellenwert haben als im Radsport, was durch Abbildung 7 bestätigt wird. Punkte im Boxplot der Daten der Radfahrer liegen sehr weit auseinander mit Werten von null bis 20 Krafttrainings, was unter anderem bedeutet, dass in dieser Sportart das Krafttraining im Vergleich zur vorherigen Erklärung noch einen viel weniger definierten Aspekt des ganzen Trainingsumfangs darstellt. Auch hier wird aber davon ausgegangen, dass man im Verlauf der nächsten Jahre in diesem Themenbereich noch auf einige interessante Faktoren stossen wird, welche dem Krafttraining auch im Radsport einen wichtigeren und eindeutigeren Stellenwert im gesamten Trainingspensum geben werden.

Entscheidende Faktoren sind vor allem die Analyse des Trainingsfortschritts mit einem erweiterten oder verminderten Krafttraining, bis das Optimum der Anzahl monatlicher Krafttrainings gefunden wird. Natürlich muss in diesem Zusammenhang noch angefügt werden, dass die Multidisziplinarität im Radsport um einiges höher ist als die im Rudersport. Es wird unterschieden zwischen spezialisierten Sprintern, Klassikern oder Bergfahrern. Im Rudersport versuchen alle Athleten, eine möglichst gute Zeit auf die festgelegte Wettkampfdistanz von 2000m zu erbringen. Diese drei Hauptgruppen von Radsportlern werden stets etwas unterschiedlich trainieren und somit auch ihr individuelles Krafttraining unterschiedlich gewichten. Trotzdem ist man sich im Radsport noch nicht im Klaren darüber, wie viel das Krafttraining für diese Sportart nun tatsächlich bringt.



Zu diesem Unterkapitel gehören nebst der Anzahl der gesamten Trainingseinheiten und der Anzahl Krafttrainings ebenfalls die Anzahl der sportartspezifischen Intervalltrainings. Dieser Themenbereich wurde in der durchgeführten Umfrage auch abgedeckt, wird in diesem Unterkapitel des Hauptteils aber nicht weiter analysiert oder dargestellt, weil die Werte aus beiden Sportarten praktisch identisch sind. Athleten kommen in beiden Sportarten im Durchschnitt auf zehn bis elf monatliche Intervalltrainings, womit die Unterschiede in der Analyse zur Frage der monatlichen Intervalltrainings vernachlässigt werden können.

Differenzen in diesem Themenbereich fallen so gering aus, weil der Bestandteil des Intervalltrainings in beiden Sportarten gleich wichtig ist. Der Grund dafür ist, dass man, im Gegensatz zu den Erkenntnissen im Krafttraining, das Trainingsoptimum im Intervallbereich bereits seit einigen Jahren gefunden hat. Man ist sich mittlerweile im Allgemeinen einig, dass mit zwei bis drei hochintensiven Trainings pro Woche, das Optimum am besten erreicht wird. Diese Zahl beinhaltet ein Intervalltraining an jedem zweiten Tag, dadurch garantiert man mindestens einen vollen Tag Pause zwischen zwei Intervalltrainings, was wiederum eine ausreichende Erholungszeit von 36 bis 48 Stunden nach einem hochintensiven Training versichert. Während dieser Erholungszeit zwischen zwei Intervalltrainings, werden normale Ausdauer- oder Krafttrainings durchgeführt.

5.3.3 Spezifisches Ausdauer- und Intervalltraining

In diesem dritten und letzten Unterkapitel zur Auswertung der Umfrage wird genauer auf den Trainingsumfang in verschiedenen Intensitätsbereichen eingegangen. Unter dem Intervalltraining gibt es verschiedene Intensitätszonen, die unterschiedlich abgedeckt werden. Aber selbst das Ausdauertraining kann in verschiedenen Trainingszonen stattfinden. Mithilfe dieser Analyse können Hauptunterschiede in der Intensität der Trainingsstruktur aufgedeckt werden sowie Erkenntnisse aus den beiden vorherigen Unterkapiteln besser begründet werden (siehe 5.3.1 sowie 5.3.2).

Die Trainingszone beschreibt, mit welcher Intensität man Sport betreibt, in diesem Beispiel also rudert oder Rad fährt. Das Trainieren in verschiedenen Bereichen bringt unterschiedliche körperliche Anpassungen ebenso wie gezielte Verbesserungen der Leistung mit sich. Das Trainieren nach diesem Zonenschema bietet einem Sportler, unabhängig davon, wie professionell er trainiert, die Möglichkeit, sein Training zu überwachen und die Verbesserung seiner Leistung in einer spezifischen Zone zu steigern.

(James Spragg; roadcycling.uk, 2014)

Im Allgemeinen unterscheidet man in den meisten Leistungssportarten zwischen sieben möglichen Intensitätsbereichen und somit auch sieben unterschiedlichen Trainings- und Wettkampfbereichen. Jede dieser sogenannten Trainingszone kann einem spezifischen Training und einem dazugehörigen Trainingseffekt zugeordnet werden. Im Allgemeinen gilt die Regel: Je intensiver das Training, desto höher die Definition der Zone, angegeben mit einer Zahl von eins bis sieben, und desto kürzer ist die in ihr verbrachte Zeit.

Die unterschiedlichen Trainingszonen, die sowohl im Rad- als auch im Rudersport allermeistens als Grundlage für die Erstellung eines Trainingsplanes gewählt werden, können in dieser Abbildung am besten übersichtlich dargestellt werden:

Zone	Name	% FTP Power	% Threshold HR	% Max HR
One	Active recovery	<55%	<68 [^]	50-60%
Two	Endurance	55-75%	68-83%	60-70%
Three	Tempo	76-90%	84-94%	70-80%
Four	Threshold	91-105%	95-105%	80-90%
Five	VO2	106-120%	>106%	90-100%
Six	Anaerobic	121-150%	n/a	n/a
Seven	Neuromuscular power	>150%	n/a	n/a

Abbildung 8: Spezifische Trainingsbereiche von Zone 1 bis Zone 7 absteigend (Global Admin; roadcycling.de)

In dieser Abbildung sind sieben verschiedene Trainingsbereiche zu erkennen, die mit einer jeweils Kategorie eigenen Intensität, angegeben in % der FTP Power oder in % des maximalen Pulses, gekennzeichnet sind.

Unter FTP versteht man die «Functional Threshold Power», was so viel wie die maximale Leistung über eine einstündige Belastung bedeutet. Oft wird sie durch die maximale Leistung über eine 20-minütige maximale Belastung minus 5% berechnet. Bei einer maximalen Leistung von 300 Watt über 20 Minuten läge die errechnete funktionelle Leistungsschwelle, die Leistung über eine Stunde, bei 285 Watt.

Zonen 1 und 2 beschreiben das klassische Ausdauertraining. Es wird definiert mit einer Intensität von grundsätzlich 50-75% der funktionalen Leistungsschwelle. Zonen 5-7 repräsentieren das typische Intervalltraining, je nach Dauer und Intensität des Intervalls befindet man sich in einer anderen Trainingszone. Alle Zonen von 5-7 sind Bereiche, in denen der Athlet bei einer ausreichend langen Belastung sogenannte «Schmerzen» empfindet, welche ihren Ursprung in der Laktatanreicherung in den Muskeln haben. Zone 4 bildet einen Bereich des längeren Intervalltrainings, daneben formt Zone 3 einen Bereich zwischen dem Ausdauer- und Intervalltraining.

In der Umfrage werden alle Sportler gefragt, wie viel Zeit sie in Prozent ihrer insgesamten Trainingszeit in welchem Intensitätsbereich verbringen. Für die Analyse dieser Werte in diesem Unterkapitel wird jeweils der Durchschnitt aller prozentualen Angaben berechnet. Somit ergibt sich jeweils eine durchschnittliche Prozentzahl am insgesamten Training für jede Trainingszone für den Rad- als auch den Rudersport.

Mithilfe der folgenden zwei Abbildungen kann der Trainingsumfang der Spitzenathleten der beiden Sportarten für einen Vergleich über die verschiedenen Wattzonen gegenübergestellt werden. Der Graph für die Trainingsverteilung des Radsports erfolgt vor dem Graphen der Antworten der Rudersportler.

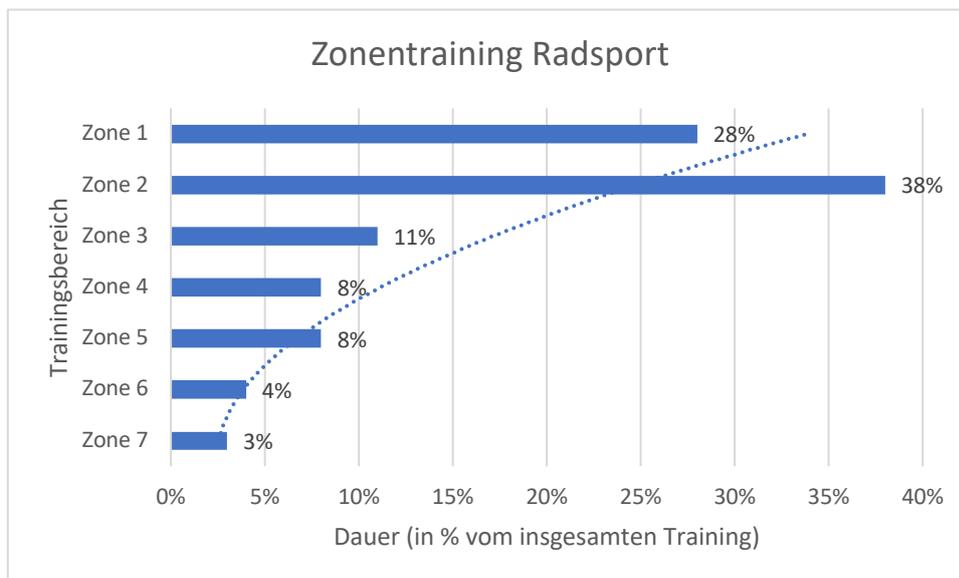


Diagramm 4: Trainingsumfang in spezifischen Intensitätsbereichen im Radsport

In diesem horizontalen Balkendiagramm sind Trainingsdauern in Prozent der gesamten Trainingsdauer der Radprofis angegeben. Zu erkennen sind sieben verschieden lange Balken. Darüber ist eine klare Trendlinie zu erkennen.

Deutlich zu sehen in diesem Diagramm für den Radsport ist, dass überwiegend in den Trainingsbereichen 1 und 2 trainiert wird. Dies ist insofern nicht weiter erstaunlich, da diese beiden Zonen das Grundausdauertraining bilden, in welchem ein Radsportler die meiste Zeit seines Trainingspensums verbringt. Erstaunlich ist die starke Abnahme in der Trainingszeit von Zone 2 zu Trainingszone 3, letztere wird so gut wie möglich vermieden. Dies ist daran zu erkennen, dass die insgesamte Dauer in Prozent in den oberen Zonen von 5-7 addiert höher ist, als die Dauer in Zone 3, welche durch weitaus weniger intensives Training und weniger Laktataufbau definiert ist.

In den Wattzonen 4 und 5 wird gleich häufig und lange trainiert, dies allerdings mit einer beachtlich hohen Prozentzahl am insgesamten Pensum. Das deutet auf regelmässige Intervalltrainings mit einer längeren Dauer von circa fünf bis 20 Minuten hin. Die Trendlinie deutet im Insgesamten auf eine stetige Abnahme in Trainingsdauer pro höhere Zone hin. Die einzige Ausnahme bildet der Anstieg des Umfangs von Intensitätszone 1 bis Zone 2 sowie die überproportional starke Abnahme von Zone 2 über Zone 3.

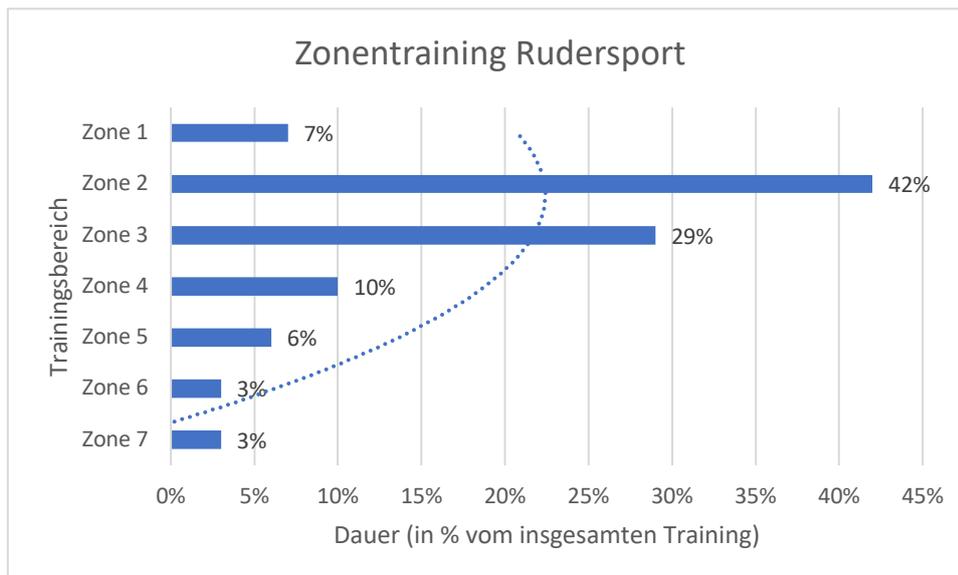


Diagramm 5: Trainingsumfang in spezifischen Intensitätsbereichen im Rudersport

Zu erkennen in diesem Balkendiagramm sind erneut sieben verschieden lange Balken, welche den Trainingsumfang pro Wattbereich ausdrücken. Die Trendlinie in dieser Abbildung entspricht einer parabelförmigen Kurve.

In diesem Diagramm ist zu erkennen, dass ein Grossteil des Trainings der Rudersportler in Zonen 2 und 3 absolviert wird. Diese Bereiche bilden den intensiven Teil des Ausdauertrainings, welcher im Vergleich zum Training in Zone 1 bereits zum Laktataufbau führt. In Zone 1 wird unter den Rudersportlern praktisch nie trainiert, dieser Bereich wird für die allermeisten Trainings sogar aktiv vermieden. Aufgrund der kurzen Dauer eines Ausdauertrainings (siehe Unterkapitel 5.3.1) würde der Trainingseffekt der durchschnittlichen Einheit in Bereich 1 zu gering ausfallen. Zudem wird dieser Bereich der lockeren Grundlagenausdauer nicht benötigt, da Wettkämpfe im Rudersport lediglich über eine Dauer von fünf bis gut sieben Minuten ausgetragen werden.

Der Trainingsumfang von Zonen 4-7 aufsteigend nimmt logischerweise mit anstrengender werdenden Intervalltrainings ab. Auffällig ist, dass auch hier mehr Zeit in den obersten drei Zonen kombiniert verbracht wird als im Trainingsbereich 4, da diese die Bestandteile des hochintensiven Trainings darstellen und für Rudersportler ein äusserst effektives Training sind. Die Trendlinie stellt den verallgemeinerten Verlauf des Trainingsumfangs pro Intensitätszone dar. Bis auf eine Höhe der zweiten Zone steigt die Kurve aufgrund des präferierten Ausdauertrainings in diesem etwas intensiveren Bereich an, bis sie damit beginnt, gegen die 0% Angabe zu verlaufen und die Trainingsumfänge pro Zone abnehmen.

Zum direkten Vergleich beider Diagramme und somit der Trainingsstruktur nach Zonenbereich der Profirudersportler und Profiradsportler lässt sich sagen, dass die Hauptunterschiede des Trainings in den Ausdauerbereichen zu erkennen sind. Während Athleten im Radsport ihre Grundaedauer in Zonen 1 und 2 trainieren und die dritte Zone aufgrund des stärkeren Ermüdungsfaktors und kleineren Trainingseffekts vermeiden, geschieht das Grundaedauertraining im Rudersport unter anderem genau in dieser Zone 3, zusätzlich zu einem grossen Anteil an Training in Bereich 2. Wattzone 1 wird hier eher vermieden, da das Training in diesem grundlegenden Bereich über eine kurze Dauer nur einen geringen bis fast keinen Trainingseffekt hat. Die Unterschiede in der Art und Intensität des Ausdauertrainings sind also hauptsächlich auf die unterschiedliche Länge des Ausdauertrainings (siehe Unterkapitel 5.3.1) als auch auf die deutlichen Unterschiede in der Wettkampfdauer (siehe Unterkapitel 4.3.3) zurückzuführen.

Der Trainingsanteil in Zone 4 ist relativ gut vergleichbar. Mit einer Abweichung von 2% der gesamten Trainingsdauer ist dieser Unterschied vernachlässigbar. Diese Zone ist geprägt von langen Intervalltrainings in einem Bereich von bis zu 20 Minuten Dauer, weshalb es grundsätzlich interessant zu sehen ist, dass auch Rudersportler mit einer deutlich kürzeren Belastung im Wettkampf relativ viel in diesem Zonenbereich trainieren. Grundlegend dafür ist der Fakt, dass die anaerobe Leistungsfähigkeit eines Sportlers limitiert ist durch seine aeroben Fähigkeiten. Besitzt ein Sportler keine gut ausgebildete Grundaedauer, so wird er in seinen anaeroben Fähigkeiten ab einem gewissen Punkt keine Fortschritte mehr machen. Die weniger intensiven Zonen im Intervalltraining bilden folglich die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Ausschöpfung des Potenzials in der nächsthöheren Zone.

Das Trainingspensum im Intervalltraining in den Zonen 5-7, das zum erheblichen Laktataufbau führt, ist bei allen Sportlern beider Sportarten gleich hoch. Wie im vorherigen Unterkapitel 5.3.2 zu sehen ist, haben Athleten aus beiden Sportarten eine gleiche oder sehr ähnliche Anzahl an monatlichen Intervalltrainings. Dies ist unter anderem auch darauf zurückzuführen, dass Athleten aus beiden Sportarten gut ausgeprägte Sprintfähigkeiten benötigen, um einen Wettkampf oder ein Rennen für sich entscheiden zu können.

Der letzte Vergleich der Trainingsstruktur von Spitzenathleten beider Sportarten erfolgt in der Auswertung der Angaben, in welchen Sportarten neben der jeweiligen Primärsportart noch trainiert wird. Diese Analyse gibt Informationen über die Kompatibilität eines Sportlers in anderen Sportarten, die nicht seiner Primärsportart entsprechen. Die Resultate können in den folgenden zwei Diagrammen anschaulich dargestellt werden.

Für den Radsport ergibt sich folgendes Balkendiagramm:

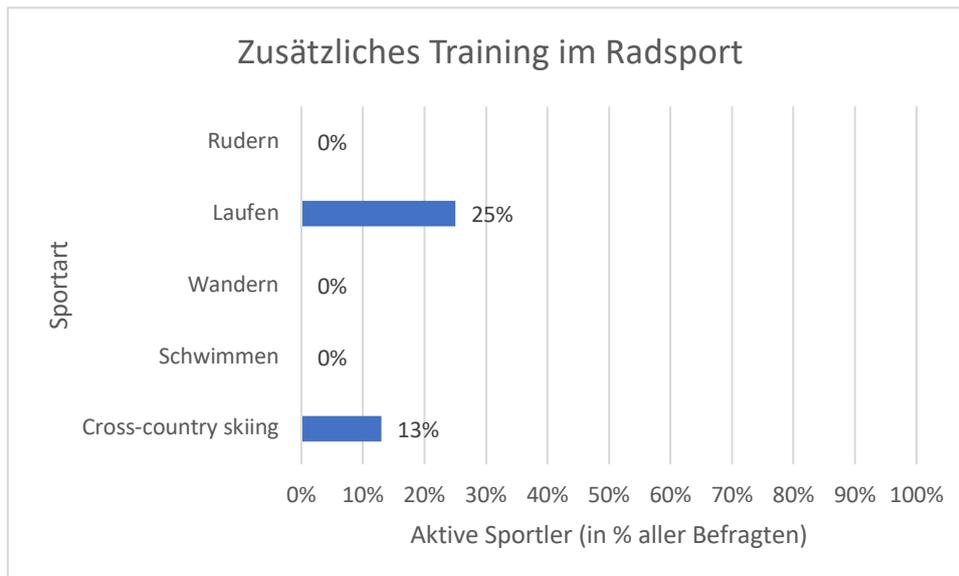


Diagramm 6: Training ausserhalb der Primärsportart im Radsport

In diesem Diagramm ist ein Balkendiagramm abgebildet, welches nur zwei Balken enthält. Drei der fünf Datenpunkte sind Nullwerte, weshalb dort kein Balken dargestellt ist.

Für den Rudersport ergibt sich folgendes Balkendiagramm:

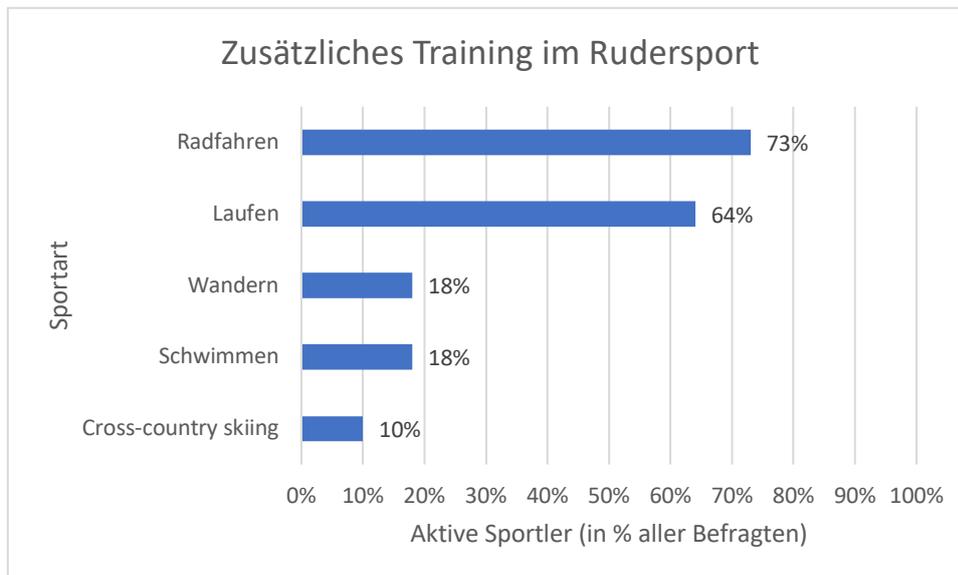


Diagramm 7: Training ausserhalb der Primärsportart im Rudersport

Dieses zweite Balkendiagramm enthält Informationen über das alternative Training der befragten Ruderprofis. Von den fünf zusätzlichen Sportarten nimmt die Häufigkeit der Ausübung stetig ab.

Beim Vergleich beider horizontaler Balkendiagramme ist direkt zu erkennen, dass sich die Daten, abgebildet in den zwei Graphen, sehr stark unterscheiden. Radsportler betreiben lediglich in zwei anderen Sportarten ein alternatives Training, im Laufsport sowie im Crosscountry-skiing. Ausserdem geben nur ein Viertel der Radsportler an, neben dem Radfahren noch laufen zu gehen, und nur einer der acht Befragten gibt an, während der Wintersaison den Ganzkörpersport Crosscountry-skiing auszuüben.

Das zweite Balkendiagramm der Rudersportler sieht damit verglichen anders aus. Jeder Rudersportler übt in irgendeiner Form und in unterschiedlichem Umfang eine andere Sportart neben dem Rudern aus. Ein dreiviertel aller Athleten geht regelmässig Radfahren, über 60% haben den Laufsport als alternatives Training angegeben und auch in den anderen drei angegebenen Sportarten vom Wandern, über das Schwimmen und das Crosscountry-skiing findet sich stets mindestens eine Person, die diese Sportart neben ihrer primären Sportart ausübt.



Begründet werden können diese Gegebenheiten nur teilweise. Da der Radsportler auf eine unnötig schwere Körpermasse aufgrund seines Gewichts, das in dieser Sportart für die Geschwindigkeit vor allem am Berg von hoher Wichtigkeit ist, verzichten möchte, üben Radsportler neben ihrem Primärsport praktisch keine Ganzkörpersportarten aus. Der Rudersportler hingegen übt mit dem Rudersport sowieso eine Sportart aus, bei welcher die gesamte Körpermuskulatur in trainiert wird. Deswegen macht es für ihn mehr Sinn, im alternativen Training auf andere Sportarten zurückzugreifen, welche ebenfalls einen Grossteil der Körpermuskulatur beanspruchen.

Zudem ist das Radfahren von den im Diagramm aufgeführten Sportarten die Einzige, welche man über mehrere Stunden hinweg mit einer gering bleibenden Anstrengung ausüben kann. Alle anderen Sportarten erfordern eine extrem hohe Konzentration oder fordern die gesamte Körpermuskulatur, weshalb der Ermüdungsfaktor weit höher ist. Weil der Rudersport generell einen viel höheren Ermüdungsfaktor hat als der Radsport, macht es Sinn, dass Rudersportler in ihrem alternativen Training viel Radfahren zur Verbesserung ihrer Grundaussdauer, aber umgekehrt die Radfahrer nicht rudern gehen. Da selbst bei den Ruderprofis praktisch alle Ausdauertrainings maximal zwei Stunden betragen, kann besser auf andere, eher intensive Sportarten zurückgegriffen werden.

Der Rudersport erlaubt also eine höhere Kompatibilität mit anderen Sportarten als der Radsport, was auch in der Realität gut zu betrachten ist. Viele ehemalige Ruderprofis widmen sich nach ihrer Karriere dem Radsport, da sie für diesen aufgrund der hohen Schmerzgrenze, der Laktattoleranz (siehe Unterkapitel 6.3.2), als auch wegen der gut trainierten Grundaussdauer, optimale Voraussetzungen mitbringen. Das eindrucklichste Beispiel ist der aktuelle deutsche Ruderprofi Jason Osborne, der auf das Ende der nächsten Saison im Jahr 2021 einen Vertrag als Radprofi mit einem Fahrradteam unterzeichnet hat.

(Tom Mustroph; [neues-deutschland.de](https://www.neues-deutschland.de), 2020)

Dennoch stellt sich die Frage, ob nicht auch im Radsport die Athleten in der Zukunft häufiger auf alternativen Ausgleichssport zurückgreifen werden, weil sich diese Trainingsart für zwei bis vier Trainings im Monat als durchaus sinnvoll erweist. Einen sogenannten «Ausgleichssport» zu betreiben, steigert sogar die Leistung in der Primärsportart des jeweiligen Athleten. Viele Rudersportler beispielsweise gehen in der zuvor genannten Häufigkeit laufen, um Hüftprobleme vorzubeugen, da es im Rudersport keine sogenannten Schläge auf die Gelenke als auch die Muskulatur gibt. Diese sind vor allem für Sportler in zunehmendem Alter wichtig. Das regelmässige Laufen erhöht unter anderem die Knochendichte und beugt somit der Bildung von Osteoporose vor.

(Tom Wall, [rowperfect.co.uk](https://www.rowperfect.co.uk), 2020)



5.4 Fazit zum Themenbereich der Trainingsstrukturen

Die Fragestellung dieses zentralen Hauptkapitels lautet wie folgt: «Wie unterschieden sich gesamthafte Trainingsumfänge sowie die Gewichtung spezifischer Intensitätsbereiche im Intervalltraining als auch im Krafttraining in den beiden Sportarten, und wie können diese begründet werden?»

Die erste Hypothese, gehörend zu der genannten zweiten Fragestellung dieser Arbeit, beinhaltet die These, dass der gesamte Trainingsumfang im Radsport leicht höher ist als derjenige im Rudersport, sich aber auf weniger monatliche Trainingseinheiten verteilt als im Rudersport. Diese Hypothese kann mit der Erklärung der unterschiedlichen Wettkampfdauer und somit auch der Dauer des durchschnittlichen Ausdauertrainings begründet werden, auch deshalb, weil die Radprofis ihr Ausdauertraining in einem niedrigeren Intensitätsbereich ausführen als die Ruderprofis. Somit kommt es zu Unterschieden im absoluten Trainingsumfang der Sportler der beiden vorgestellten Sportarten. Die erste Hypothese kann mit dieser Analyse somit verifiziert werden.

Die zweite Hypothese beinhaltete die Annahme, dass Rudersportler aufgrund der kürzeren Wettkampfdauer und der kürzeren Trainingseinheiten mehr Zeit in den Intensitätsbereichen 5-7 verbringen. Diese Aussage muss aufgrund der ebenfalls grossen Wichtigkeit des kurzen Intervalltrainings und des Sprintbereichs im Radsport falsifiziert werden. Sportler aus beiden Sportarten trainieren in diesem Bereich gleich viel. Dafür konnte bestätigt werden, dass Radsportler viel mehr Zeit in der Wattzone 1 trainieren und Sportler aus beiden Sportarten ungefähr gleich viel Zeit in der vierten Intensitätszone verbringen. Der letzte Teilaspekt, dass Zone 3 grundsätzlich von beiden Gruppen der Profisportler vermieden wird, muss ebenfalls teilweise falsifiziert werden. Dieser Bereich wird nur von den Radsportlern aktiv vermieden, da dieser für sie keinen grossen Nutzen bringt und trotzdem zu einer starken Ermüdung führt. Rudersportler trainieren überraschend viel in dieser Intensitätszone, da ihr Ausdauertraining im Generellen viel kürzer ausfällt als das der Radsportler. Somit kann über diese kürzere Zeit auch etwas intensiver gefahren werden.

Die letzte Hypothese, dass das Krafttraining aufgrund der unterschiedlichen Beteiligung verschiedener Muskelgruppen in den beiden Sportarten im Rudersport wichtiger ist als im Radsport, kann vollständig verifiziert werden. Da es sich beim Rudern um eine typische Kraftausdauersportart handelt und beim Radfahren um eine reine Ausdauersportart, wird im Rudersport das Krafttraining mit grosser Wahrscheinlichkeit stets einen höheren Anteil am gesamten Training haben. Trotzdem stellt sich die Frage, inwiefern sich die Wichtigkeit des Krafttrainings im Radsport über die nächsten Jahre mit weiterer Trainingsforschung verändern wird.

6. Die Physiologie der Ausdauer-Champions – der VO_2 -max

6.1 Einführung

Seit einigen Jahrzehnten bereits misst man die Leistungsfähigkeit eines Athleten anhand von seinen VO_2 -max Werten. Zur Messung der absoluten Leistungsfähigkeit ist nicht nur die Wattmessung von grosser Bedeutung, sondern auch die Analyse dieser zuvor genannten Messgrösse. Um die bisherigen Hauptkapitel zu unterschiedlichen Thematiken im Leistungssport abzurunden, wird in diesem letzten Hauptkapitel das Vorgehen bei der Messung dieser Werte erläutert sowie eine Stellungnahme zur wahrhaftigen Aussagekräftigkeit dieser Messgrösse gemacht. Dabei wird ebenfalls erklärt, inwiefern man von einzelnen solchen Zahlen auf die gesamte Leistungsfähigkeit eines Sportlers schliessen kann und wie diese noch von anderen Faktoren bedeutend beeinflusst wird.

Die Rohdaten und Informationen aus dem folgenden letzten Hauptkapitel stammen hauptsächlich aus diversen Bücherquellen verschiedener Universitäten Europas, unter anderem auch der ETH Zürich. Dabei wird Wert daraufgelegt, dass diese Bücherquellen aus verschiedenen Jahren und somit unterschiedlichen Zeiten der VO_2 -max Messung stammen, damit die Entwicklung und allenfalls veränderte Ansicht dieser Thematik ebenfalls zu erkennen ist. Des Weiteren erhält der Leser im Interview mit dem Schweizer Osteopathen Robert Wenk einen umfangreicheren Einblick in die Thematik.

Unter dem VO_2 -max Wert versteht man die maximale Sauerstoffaufnahme-fähigkeit eines Körpers bei maximaler Belastung. Er wird entweder in der absoluten Sauerstoffaufnahme in Litern O_2 /Minute angegeben oder aber auch in einem relativen Wert, der die Körpermasse jedes Athleten ebenfalls berücksichtigt. Dieser wird in Millilitern/Minute/kg Körpergewicht angegeben.

Der VO_2 -max ist ein Indikator für den Fitnesszustand eines Athleten. Je höher der Wert ist, desto höher ist auch die Leistungsfähigkeit des Sportlers. Laut dem Sportwissenschaftler und Leiter des Instituts für Leistungsdiagnostik Energysource, Christoph Näger, ist der VO_2 -max das «...Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit, also [die] Grundvoraussetzung, ob man gute Leistung erbringen kann. Für die Diagnostik und Trainingssteuerung ist der VO_2 -max von grosser Bedeutung, da man [...] die physiologischen Voraussetzungen [...]» des Sportlers sieht. Auch wenn diese Messgrösse je nach Lebensweise, Alter und Trainingszustand eines Sportlers variiert, ist sie demnach der Schlüssel zu einem individuell analysierten Fitnesslevel und gibt Informationen zum Fitnessniveau eines Sportlers an.
(Alexander Balow; gps.de, 2019)



Abbildung 9: Vierfacher Tour de France Gewinner Chris Froome während eines VO₂-max Tests (Ben Delaney; bikeradar.com, 2015)

Doktor Paul Schmidt-Hellinger, Arzt an der Berliner Charité in der Abteilung Sportmedizin, Langstreckenläufer sowie Verbandsarzt des Deutschen Leichtathletikverbandes, fasst die Messung des VO₂-max Werts in wenigen Worten gut zusammen. «[Der Wert] kann mithilfe der Spiroergometrie bestimmt werden. Das ist ein Sporttest im Labor, bei dem mithilfe einer Atemmaske die Sauerstoffaufnahme und die gleichzeitige Kohlenstoffdioxidabgabe gemessen wird. Das kann bei verschiedenen Bewegungsarten durchgeführt werden, wie beim Laufen, Radfahren oder Rudern. Die Vo₂-max wird [...] bei der höchsten, für die Testperson noch aushaltbaren, sportlichen Anstrengung gemessen. An diesem Punkt entwickelt sich bei der Sauerstoffaufnahme ein sogenanntes Plateau. Dieser Leistungstest [wird mithilfe eines] kurzen Rampenprotokoll[s] bestimmt. Das heisst, die Testperson sollte möglichst schnell auf die maximale Leistung gelangen. [...]»

Auch kann man den eigenen VO₂-max mithilfe einiger verschiedener Formeln berechnen, was sich aber bei einer sportartübergreifenden Untersuchung noch nicht als aussagekräftig genug und als ziemlich fehlerhaft erwiesen hat.

(Anna Baldig; beatyesterday.org, 2020)



Abbildung 10: Olympia Silbermedaillengewinner Damir Martin während eines VO₂-max Tests (Olympic; olympicchannel.com, 2018)

6.2 Methode

Die Literaturrecherche dieses Kapitels erfolgt im Allgemeinen von Beginn an durch eine gezielte Literaturrecherche. Daten stammen von der offiziellen Olympiawebseite als auch aus verschiedenen Berichten von diversen Sportanalysen.

Belegt werden die erlangten Erkenntnisse durch weitere Internetquellen als auch einem Interview, um die Leserführung durch das Kapitel zu maximieren. Ausserdem werden durch die vielen unterschiedlichen Quellen gleichzeitig mehrere Meinungsbereiche der Thematik abgedeckt.

Zuletzt dient das Interview mit einem bekannten Sportosteopathen der Informationserweiterung. Erwähnte und angeschnittene neue Themen werden erneut recherchiert und kurz zusammengefasst in der Arbeit erwähnt.



6.3 Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

6.3.1 Absolute und Relative VO_2 -max Werte

Der absolute VO_2 -max Wert wird häufig benutzt, um die absolute Leistung der Lungen sowie des Sauerstoffverbrauchs zu messen. Er beschreibt, wie viel reiner Sauerstoff der Körper unter maximaler Belastung aufnehmen kann. Dieser absolute VO_2 -max Wert ist abhängig von verschiedenen Faktoren, die jeweils unterschiedlich gewichtet werden müssen. Er wird beeinflusst vom Alter, Trainingszustand, der Lebensweise und der Körpergrösse sowie der Körpermasse des Athleten. Da davon ausgegangen wird, dass alle Sportler, die auf einem Weltklasseniveau trainieren und auch Wettkämpfe bestreiten, eine ähnliche Lebensweise haben, kann dieser Faktor vernachlässigt werden.

Damir Martin, ein kroatischer Profiruderer und einer der für diese Arbeit befragten Sportler, ist in diesem Hauptkapitel erneut eine repräsentative Figur in der Thematik der VO_2 -max Werte. In einer Leistungsanalyse im Auftrag des offiziellen «Olympic Channel», wessen Untersuchungen auf der Plattform «YouTube» zu sehen sind, wird Damir Martin auf seine physiologischen Fähigkeiten getestet. Nebst anderen Leistungsindikatoren für einen Rudersportler wird in einem Spiroergometrietest sein VO_2 -max gemessen. Dieser entspricht einem Aufnahmefähigkeitswert von 6.25 Litern reinem O_2 pro Minute maximaler Leistung. Mit dieser Messung liegen die Werte der Ruderer unter den Welthöchsten.

(Olympic; olympicchannel.com, 2018)

Mithilfe Damir Martins absoluten VO_2 -max soll im folgenden Abschnitt auf seinen relativen VO_2 -max Wert geschlossen werden, der ebenfalls die Körpermasse eines Athleten berücksichtigt. Das Körpergewicht des kroatischen Nationalruders betragt in der Rennsaison gemäss der offiziellen Website des Weltruderverbands 95 Kilogramm. Während des Winters liegt das Körpergewicht jedes Ruderathleten über seinem Wettkampfgewicht. Dies liegt sowohl an der etwas angepassten Trainingsstruktur, die das längere Ausdauertraining betont, als auch an der geringeren Wichtigkeit, den Anteil an Körperfett so niedrig wie möglich zu halten.

(World Rowing; worldrowing.com, 2020)



In dieser Rechnung wird vom persönlichen Optimalgewicht jedes Athleten ausgegangen, welches in diesem Fall das niedrigste Gewicht während einer Saison ist, mit dem der Profiruderer anschliessend auch an Wettkämpfen antritt. Weil der relative Wert dem absoluten Wert geteilt durch das Körpergewicht des Sportlers entspricht, ergibt sich für den relativen VO_2 -max Wert Damir Martins folgende kurze Rechnung. Das Volumen für den relativen Wert wird in Millilitern anstatt in Litern angegeben:

gemessener absoluter Wert: $6.25L/min \equiv \underline{6250 \text{ ml/min}}$

errechneter relativer Wert: $6250ml \div 95kg \cong \underline{65.8ml/min/kg}$

Mit diesem relativen Wert von rund $66ml/min/kg$ liegt Damir Martin als Eliteruderer im Vergleich zu seinem absoluten Wert relativ weit entfernt von der Weltspitze, sofern man diesen beispielsweise mit den Werten eines Radsportlers vergleicht (siehe Fortsetzung dieses Unterkapitels). Erklärungen dafür finden sich in den verschiedensten Thematiken des Rudersports und des typischen Rudersportlers. Auf die Begründung dieser beider Werte wird in der Fortsetzung dieses Unterkapitels eingegangen.

Im Radsport ist es schwierig, einen einzelnen Athleten mit dem höchsten VO_2 -max Wert herauszugreifen. Aufgrund der grossen Bandbreite an Radsportlern und der erhöhten Multidisziplinarität dieses Sports, welche durch die unterschiedlichen Unterdisziplinen selbst gegeben ist, kann man für diesen folgenden Abschnitt keinen eindeutigen Athleten ernennen. In den folgenden Absätzen zu den VO_2 -max Werten im Radsport werden die Messdaten von Chris Froome, vierfacher Sieger der Tour de France, zweifacher Sieger der Vuelta a España und einfacher Sieger des Giro d'Italia ausgewertet. Auch wenn es einzelne nachgewiesene Ergometrietests anderer Radsportler gibt, die höhere Werte aufweisen, werden die VO_2 -max Werte dieser Sportler in den folgenden Abschnitten nicht berücksichtigt, weil diese Tests entweder vor einer längeren Zeit durchgeführt wurden oder die Sportler bereits sehr früh ihre Profikarriere beendeten. Bei älteren Ergometrietests ist wenig über die Kalibrierung des Messgeräts sowie über die Verifizierbarkeit des Resultats bekannt. Oskar Svendsen, der Radsportler mit dem höchsten je gemessenen VO_2 -max Wert, beendete gerade einmal eineinhalb Jahre nach diesem neuen Weltrekordtest seine Profikarriere. Durch den VO_2 -max Wert als Untersuchungsgegenstand soll man, gegeben durch die Fragestellung, auf weitere vergleichbare und erfolgreiche Weltklasseathleten schliessen können, weshalb Chris Froome als äusserst erfolgreicher Fahrer für die kommende Untersuchung ausgewählt wird.

(Alex Hutchinson; outsideonline.com, 2019)



Chris Froome veröffentlichte nach seinem zweiten Sieg an der Tour de France im Jahr 2015 einige seiner Leistungs- und Blutwerte. Dies tat er zum einen als Antwort auf die starke Nachfrage an Leistungstests von Spitzenathleten, und zum anderen zur Entkräftigung allfälliger Dopinggerüchte. Unter diesen Testresultaten sind beispielsweise sowohl sein VO_2 -max als auch sein Gewicht vor jeweiligen Wettkämpfen oder Ergometrietests zu finden. Mithilfe von einigen Leistungsanalysen und VO_2 -max Tests lässt sich ableiten, dass Froome im Verlaufe seiner zweiten Tour de France im Jahr 2015 einen maximalen relativen VO_2 -max Wert von $88.2\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$ gehabt haben musste. Sein Gewicht zu dieser Zeit betrug, abgesehen von seiner Körpergrösse, ziemlich genau 67kg . Durch das Multiplizieren seines relativen VO_2 -max Werts mit seinem damaligen Körpergewicht gelangt man auf Froomes absolute Sauerstoffaufnahme-fähigkeit.

gemessener relativer Wert: $88.2\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$

errechneter absoluter Wert: $88.2\text{ml} \times 67\text{kg} = 5909.4\text{ml}/\text{min} \cong \underline{5.9\text{L}/\text{min}}$

Sowohl mit dem relativen als auch dem absoluten VO_2 -max Wert liegt Chris Froome unter den stärksten Athleten der Welt.

(RennRad Magazin; radsport-rennrad.de, 2015)

Beim Vergleichen der Werte der vorgestellten Ruder- und Radprofis fallen zwei Aspekte auf. Der Radsportler Chris Froome besitzt einen deutlich höheren relativen VO_2 -max Wert als der Rudersportler Damir Martin, wobei der zuletzt genannte Rudersportler über eine grössere absolute Sauerstoffaufnahme verfügt. Die erste Feststellung ist aufgrund des starken Gewichtsunterschieds nicht weiter sonderlich. Im Radsport wird viel mehr auf das Gewicht eines Athleten geachtet, womit auch sein Anteil an Körperfett im Vergleich zu seiner gesamten Körpermasse tiefer ist als der bei einem Rudersportler. Ebenfalls benutzt ein Radsportler während der Ausführung der benötigten Bewegungen für seine Sportart praktisch ausschliesslich die Beinmuskulatur. Ein Rudersportler dahingegen besitzt auch deshalb eine schwerere Körpermasse, da beim Rudern fast alle Muskeln des menschlichen Körpers gebraucht werden.

Weiter erkennt man, dass die Ausdauerleistung von schweren Personen mit einem Gewicht über 75.4kg unterschätzt wird. Dahingegen wird der VO_2 -max von leichten Personen, definiert mit einem Gewicht unter 67.7kg , in der Regel eher überschätzt. Der vorgestellte Rudersportler liegt klar in der Kategorie der schweren Personen, wobei der oben genannte Radsportler gerade in den Bereich der leichten Personen fällt. Somit müssten die auf diese Regel angepassten VO_2 -max Werte der beiden Profiathleten etwas näher beieinander sein.

(Rolf F. Kroidl, 2015)



Im Vergleich der absoluten Werte, im Gegensatz zu den relativen Werten, hat der Rudersportler Damir Martin mit 6.25 Litern maximale O₂-Aufnahme einen leicht höheren VO₂-max als der Radprofi Chris Froome mit rund 5.9 Litern. Beide diese Werte sind enorm hoch. Zum Vergleich: der Referenzwert des absoluten VO₂-max der WHO beträgt bei einer männlichen Person mit 180cm Grösse rund 3.3 Liter reine Sauerstoffaufnahme. Damit liegen die Werte der beiden Profisportler bei fast dem Doppelten. Unterschiede im absoluten VO₂-max Wert lassen sich normalerweise durch die unterschiedlichen Körpergrössen begründen. Allerdings sind beide Profisportler in diesem Beispiel gleich gross bis auf einen Zentimeter Unterschied. Damit ist Chris Froome ausserordentlich gross für einen Radfahrer und Damir Martin dafür eher etwas unterdurchschnittlich gross im Vergleich zu anderen Rudersportlern. Trotzdem kann die zuvor erlangte Erkenntnis mithilfe der Körpereigenschaften der beiden Personen begründet werden. Dabei geht es um den enormen Gewichtsunterschied von 28kg. Weil der Ruderer im Vergleich zum Radfahrer eine grössere absolute Muskelmasse sowie einen höheren Anteil der gesamten Körpermuskulatur für das Ausüben seiner Sportart benötigt macht es Sinn, dass dieser schlussendlich auch einen höheren absoluten VO₂-max besitzt.

(Rolf F. Kroidl, 2015)

6.3.2 Aussagekraft des VO₂-max

Um die Aussagekraft des VO₂-max zusätzlich zu den aufgeführten Bücher- sowie Internetquellen besser zu verstehen, ergibt sich dieses Interview mit dem Sportosteopathen Robert Wenk in Basel. Das Ziel ist es, realitätsnahe und unkomplizierte Antworten über die wissenschaftliche Ausdruckskraft des VO₂-max Werts zu erhalten. Die Fragen und Antworten des Interviews sind nachfolgend zusammengefasst aufgeführt:



Leon Adamus: «Sind Vo₂-max Werte unter einer homogenen Gruppe von Profisportlern aussagekräftig?»

Robert Wenk: «Nein, der Vo₂-max Wert ist lediglich ein Mass für die maximale Sauerstoffaufnahme des Körpers bei maximaler Belastung. Natürlich ist er in irgendeiner Form ein Indikator für die allgemeine Leistungsfähigkeit einer Person und sicher einfacher durchzuführen als andere Arten von Leistungstests. Allerdings berücksichtigt der VO₂-max beispielsweise nicht die Mitochondriendichte in den Muskeln, wobei die Mitochondrien schlussendlich ATP bereit stellen und das Kraftwerk jeder Zelle sind. Somit sind sie der Energieträger jeder Zelle, indem sie den aufgenommenen Sauerstoff verwerten.

[Es gilt: je grösser der Energiebedarf einer Zelle, desto mehr Mitochondrien werden gebildet und umgekehrt.]

(Janis Budde, primal-state.de, 2020)

Eine höhere Mitochondriendichte bedeutet eine ausgeprägtere Fähigkeit, den aufgenommenen Sauerstoff auch zu verwerten und benutzen. Man müsste also auch den Sauerstofftransport in die verantwortlichen Körperzellen und den effektiven Sauerstoffverbrauch messen.»

Leon Adamus: «Welche Faktoren haben sonst noch einen Einfluss?»

Robert Wenk: «Ebenfalls spielt eine Rolle, wie viele Muskeln insgesamt im Körper beansprucht werden. Radfahrer benutzen hauptsächlich ihre Beinmuskulatur, eine ausgeprägte Oberkörpermuskulatur wäre zu viel zusätzliches Gewicht im Vergleich zur zusätzlich erbrachten Leistung. Dahingegen ist das Rudern eine Sportart, bei der fast die gesamte Körpermuskulatur beansprucht wird. Somit fordern Ruderer im Totalen eine weitaus höhere Anzahl an Mitochondrien. Dies bedeutet, dass ihr Körper während voller Belastung mehr Sauerstoff benötigt als der Körper eines Radsportlers.»

Leon Adamus: «Was bedeutet dies für die jeweilige Sportart?»

Robert Wenk: «Oftmals ist nicht die Sauerstoffaufnahme, also der VO₂-max, der Faktor, der bei einer Sportart limitierend ist, sondern der Sauerstofftransport und die Sauerstoffverwertung. Dies ist vor allem im Radsport mit der relativ isolierten Nutzung der Beinmuskulatur der Fall. Im Rudersport kommt es noch eher zu einer Limitierung der Sauerstoffaufnahme, bedingt durch das menschliche Lungenvolumen, da der ganze Körper beansprucht wird und insgesamt eine höhere Anzahl an Körperzellen und Mitochondrien für das Ausüben der Sportart benötigt wird.



Ein ganz anderes Thema ist die individuelle Laktattoleranz. Jeder Mensch in seinem Körper besitzt eine andere Schmerzobergrenze, Laktat (Milchsäure) in den Muskeln auszuhalten, wobei diese Fähigkeit zum Teil genetisch vererbt wird und zum anderen relativ grossen Teil antrainiert werden kann. Ein Laktattoleranztest ist ein Gegenstück zu einem klassischen VO_2 -max Test. Dieser sagt aus, wie viel Laktat der Körper unter maximaler Belastung ertragen kann. Je höher dieser Wert, desto besser. Nun kann es sein, dass ein Athlet mit einem sehr hohen VO_2 -max aufgrund seiner relativ niedrigen Laktattoleranz schlechtere Leistungen erbringt als ein Sportler mit einem tieferen VO_2 -max und einer viel höheren Laktattoleranz.

Laktat wird aufgebaut, wenn man unter Sauerstoffschuld, also anaerob, trainiert oder Wettkämpfe bestreitet. Klassischerweise ist die Laktattoleranz bei Rudersportlern immens hoch, da die Wettkampflänge nur wenige Minuten beträgt.

Der VO_2 -max Wert sagt neben allen anderen möglichen Leistungstests also nicht genügend über einen Athleten aus, als dass man durch ihn auf seine eindeutige Ausdauerfähigkeit schliessen kann.»

(Robert Wenk, 2020)

Nach diesem Interview kann man zum Schluss kommen, dass die VO_2 -max Messung zwar ein guter Indikator für die allgemeine Ausdauerfähigkeit einer Person darstellt, aber im Vergleich zu einer homogenen Gruppe von Profisportlern nicht genügend Informationen liefert. Die nötige Sensitivität sowie die Abgrenzung des Tests der maximalen Sauerstoffaufnahme-fähigkeit zu anderen Methoden, die Leistungsfähigkeit eines Sportlers zu messen, genügt nicht, um eindeutige Resultate zu liefern.

(Sascha Schwindling, 2016)

Die Aussage über die Wichtigkeit des inneren Willens und der Motivation, seinen Körper zu Schmerzen und einer hohen Laktatkonzentration in den Muskeln zu trainieren, wird auch in einigen Büchern über die Spiroergometrie erwähnt.

(Rolf F. Kroidl, 2015)

Neben der eigenen Motivation, welche sich in der Laktattoleranz ausdrückt, gibt es noch mindestens eine weitere Variable, welche die Resultate von VO_2 -max Tests bei einem Vergleich zwischen den Sportarten massgebend beeinflusst. Dabei spricht man von der Technikaffinität, die eine Sportart in ihrem Ausüben besitzt. Es wird klar, dass man den Rad- und den Rudersport nicht direkt vergleichen kann, da beim Rudern neben der reinen Ausdauerfähigkeit noch weitere Aspekte der Kraft, neuromuskulären Koordination und der Technik dazukommen. Diese drei zusätzlichen Faktoren machen den Rudersport technisch weitaus schwieriger als den Radsport. Dies bedeutet, dass der Rudersportler mit der grössten Kraft oder besten Ausdauerfähigkeit nicht unbedingt auch der schnellste Athlet in einem Ruderboot sein muss.



Im Radsport gibt es aufgrund einiger anderer Faktoren ebenfalls kleine Verfälschungen. Allerdings ist dort viel öfters der ausdauerfähigste Fahrer auch gleichzeitig der schnellste Sportler auf dem Fahrrad.

Da diese benötigten Fähigkeiten als Ruderer in einem klassischen VO_2 -max Test unmöglich zu messen sind, lässt sich behaupten, dass solche spiroergometrischen Leistungstests bei Radfahrern im Allgemeinen aussagekräftiger sind als bei Rudersportlern.

(Lothar Ristau, 1982)

(Edgar Stüssi; Hans Gerber, 1988)

6.4 Fazit zum Themenbereich der VO_2 -max Werte

Zusammenfassend lassen sich folgende wesentlichen Punkte sowohl für den Amateursport als auch den Profisport rekapitulieren. Tatsächlich kann man durch die VO_2 -max Werte auf die Leistungsfähigkeit eines Athleten schliessen. Allerdings gibt es viele weitere Faktoren, welche die Aussagekraft massgebend verändern können.

Zur Beantwortung der ersten Hypothese lässt sich sagen, dass diese nach der Analyse in diesem Kapitel vollständig verifiziert werden kann. Sie besagt, dass Rudersportler einen grösseren absoluten VO_2 -max Wert aufweisen und Radsportler im Vergleich einen deutlich höheren relativen Wert haben.

Diese Erkenntnis kann aufgrund des typischen Grössen- sowie Gewichtsunterschieds unter Sportlern der beiden Sportarten begründet werden. Hinzukommt, dass Rudersportler eine grössere Anzahl an Muskeln für ihre Sportart beanspruchen, weshalb die logische Schlussfolgerung ist, dass sie auch den höheren absoluten Sauerstoffverbrauch aufweisen. Radsportler sind im Durchschnitt viel leichter als Rudersportler, weshalb in der Regel alle Athleten dieser Sportart über einen höheren relativen VO_2 -max Wert verfügen.

Die zweite Hypothese besagt, dass der VO_2 -max Wert das Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit ist, und seit seinem Messbeginn vor rund 100 Jahren nicht an Bedeutung verloren hat. Ebenfalls wird ausgesagt, dass man durch einen Spiroergometrietest auf die Ausdauerfähigkeit eines Sportlers schliessen kann.

Der erste Teil dieser Hypothese kann praktisch vollständig bestätigt werden. Die Messung des VO_2 -max ist auch heute noch von wichtiger Bedeutung und dient zur groben Einordnung der Leistungsfähigkeit eines Athleten.

Die zweite Aussage der Hypothese muss grundsätzlich falsifiziert werden, da aufgedeckt wird, dass ein reiner VO_2 -max Wert unter einer Gruppe von homogenen Leistungssportlern nicht dazu ausreicht, um auf seine detaillierte Leistungsfähigkeit zu schliessen. Es gibt zu viele Faktoren wie die persönliche Laktattoleranz oder die Technikaffinität eines Sportlers, die ein solches Ergebnis stark verfälschen können. Als Fazit lässt sich sagen, dass der Sportler mit dem höchsten VO_2 -max also nicht unbedingt auch der schnellste oder stärkste Athlet in seiner Disziplin sein muss.



7. Schlusswort

7.1 Fazit

Ein Fazit zu jedem der drei Hauptthemen dieser Arbeit befindet sich jeweils am Ende jedes Kapitels nach der Datenanalyse und Diskussion. Deswegen handelt es sich bei diesem Fazit um eine übergreifende Reflexion aller in dieser Arbeit behandelten Themen.

In den letzten Jahren hat sich die Leistungsdiagnostik betreffend des wattbasierten Trainings im Profi- als auch im erweiterten Leistungssport enorm entwickelt. Während früher eher puls basiert gearbeitet wurde, wird heutzutage der Puls eher als zusätzlicher Faktor angesehen. Der Puls dient mittlerweile als begrenzender Faktor, wobei die Zielgrösse durch die erbrachte Leistung über Zeit in Watt angegeben wird. Im Vordergrund stehen dabei die Wattkurve sowie die VO_2 -max Messung.

Sowohl im Ruder- als auch im Radsport werden dadurch entscheidende neue Erkenntnisse bezüglich des Trainingsumfangs, der Trainingsintensität und deren Wirkung möglich. Es wurde aufgezeigt, dass in beiden unterschiedlichen Sportarten erstaunlich viele Gemeinsamkeiten beobachtbar sind, nebst manchen markanten Unterschieden. Darüber hinaus lassen sich interessante Impulse zur jeweiligen möglichen Trainingsoptimierung ableiten. Auf jeden Fall ist das wattbasierte Training heute im Unterschied zu vor fünf bis zehn Jahren nicht mehr aus dem Trainingskalender eines Profis aus den beiden Sportarten wegzudenken.

7.2 Persönliche Meinung und Ausblick

Heutzutage hat man Zugriff auf eine riesige Auswahl an unterschiedlichen Arten von Leistungsanalysen. Dabei sind aber noch lange nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Auch wenn in den letzten Jahren bereits wesentliche analytische Fortschritte gemacht worden sind, bleiben verschiedene komplexere Zusammenhänge der körperlichen Leistungserbringung noch recht wenig erforscht, beziehungsweise sind sie mit dem heutigen Stand der Technik nur begrenzt messbar.

Dazu gehören beispielsweise die Fähigkeit zur Messung der Verarbeitung des aufgenommenen Sauerstoffs, wobei man wieder beim Thema der Mitochondriendichte angelangt wäre. Daneben sind die Aspekte der Laktattoleranz, der Laktatverarbeitung sowie der Laktatabbaufähigkeit noch relativ unerforscht. Zu guter Letzt haben die menschliche Psyche und der menschliche Wille einen entscheidenden Einfluss auf die körperliche Leistungsfähigkeit eines Athleten. Der unbedingte Wille zum Sieg oder anders ausgedrückt «das Gen des Gewinners» zu erlangen ist zwar einigermaßen trainierbar, jedoch kann man dies noch nicht wissenschaftlich nachweisen. Auch in diesem Bereich der Wissenschaft wird extrem viel geforscht und mit den Athleten gearbeitet. Somit kann man gespannt sein, welche allgemeingültigen Erkenntnisse sich in diesen Bereichen noch offenbaren werden.



7.3 Reflexion

Persönlich bin ich sehr zufrieden mit dem Endresultat meiner Arbeit, das bedeutet mir am meisten. Das Thema interessierte mich von Beginn weg bis zum Schluss und begleitete mich im eigenen Leben als Leistungssportler, weshalb mir beim Schreiben meiner Maturitätsarbeit nie langweilig wurde und mir dementsprechend die Recherche und das Verfassen der Arbeit stets Freude bereitete.

Der Arbeitsprozess verlief nicht immer perfekt, es gab einige kleinere Schwierigkeiten wie beispielsweise bei der Themeneingrenzung, bei gewissen Aspekten der Literaturrecherche oder in bedingter Weise auch mit der Zeitplanung. Das Thema hat sich im Laufe der Zeit als immer umfangreicher entpuppt. Ich liess mich dadurch aber nicht ablenken und behielt den Fokus auf dem Ziel. Den definierten Themenbereich wollte ich so beenden und auf das Papier bringen wie ursprünglich auch geplant.

Besonders gut gelungen sind mir meiner Meinung nach die Einhaltung eines roten Fadens durch die gesamte Arbeit. Hinzukommt die Aufdeckung einer völlig neuen Thematik im Leistungssport in Form eines Vergleichs des Rad- und Rudersports mittels der Durchführung einer Umfrage, eines Interviews sowie das Zusammenbringen verschiedener Rohdaten und Leistungsanalysen.

Zusammenfassend kann ich sagen, dass ich während des gesamten letzten Jahres, von der Literaturrecherche bis zum Verfassen und der Überarbeitung meiner Arbeit, sehr viel dazugelernt habe.



8. Quellenverzeichnis

8.1 Literaturverzeichnis

8.1.1 Bücherquellen

- Coggan, Andrew; Allen, Hunter. *Wattmessung. Im Radsport und Triathlon*. 7. Auflage. Hamburg 2017.
- Kroidl, Rolf F. *Kursbuch Spiroergometrie. Technik und Befundung verständlich gemacht*. 3. Auflage. Stuttgart 2015.
- Ristau, Lothar. *Das Verhalten spiroergometrischer Parameter bei Sportlerinnen und Sportlern*. 1. Auflage. Münster 1982.
- Schwindling, Sascha. *Leistungsdiagnostik im Radsport: Validität und Störeinflüsse*. 1. Auflage. Saarbrücken 2016.
- Stüssi, Edgar; Gerber, Hans. *Erfahrungen mit der biomechanischen Leistungs- und Technikdiagnostik im Rudersport. Konsequenzen*. 1. Auflage. Zürich 1988.

8.1.2 Onlinequellen

- Baldig, Anna. *VO₂ max – das Mass für deine Fitness. Deine Garmin-Uhr zeigt deinen VO₂max-Wert an. Dr. Paul Schmidt-Hellinger erklärt dir aus medizinischer Sicht, was der Wert über dich aussagt. Trailläuferin Andrea Diethers erzählt, wie sie ihn nutzt*. In <https://de.beatyesterday.org/active/running/vo2max-das-mass-fuer-deine-fitness/> 02.11.2020
- Balow, Alexander. *VO₂max – Fachgesimpel oder Fitnessindikator?*. In <https://gps.de/vo2max/> 06.11.2020
- Budde, Janis. *Mitochondrien stärken: Zelltraining für mehr Energie*. In <https://www.primal-state.de/mitochondrien-staerken/> 30.11.2020
- Beer, Joe. *Effektives Radsporttraining: Die Tipps der Profis*. In <https://www.trainingsworld.com/sportarten/radfahren/effektives-radsporttraining-1280212> 09.08.2020
- Concept 2. *New 2k World Record 5:35.8*. In <https://www.concept2.com/news/new-2k-world-record-5358> 17.12.2020
- Concept 2. *Wie Sie schneller rudern*. In <https://www.concept2.de/indoor-rowers/training/tipps-und-allgemeine-informationen/wie-sie-schneller-rudern> 06.12.2020
- Concept 2. *World Records*. In <https://www.concept2.com/indoor-rowers/racing/records/world%20> 13.06.2020
- CrossFit Games. *Loren Howard*. In <https://games.crossfit.com/athlete/121340%20> 23.06.2020
- Hutchinson, Alex. *The story of the Cyclist with the Highest-Ever VO₂ Max. A newly published scientific case report documents the rise (and fall) of cycling phenom Oskar Svendsen*. In <https://www.outsideonline.com/2398524/highest-ever-vo2max-cyclist-oskar-svendsen> 03.09.2020



- Johnstone, David. *How does your cycling power output compare?* In <https://www.cyclinganalytics.com/blog/2018/06/how-does-your-cycling-power-output-compare> 17.07.2020
- Keulen, Pieter. *Anaerobe Schwelle und die Übersäuerung des Muskels.* In <https://www.mtc.ch/blog/2014/10/anaerobe-schwelle-und-die-uebersauerung-des-muskels/> 16.12.2020
- MisterSynergy. *Ausleger (Bootsbau).* In [https://de.wikipedia.org/wiki/Ausleger_\(Bootsbau\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ausleger_(Bootsbau)) 03.09.2020
- MisterSynergy. *Dolle (Bootsbau).* In [https://de.wikipedia.org/wiki/Dolle_\(Bootsbau\)#Sportruderboote](https://de.wikipedia.org/wiki/Dolle_(Bootsbau)#Sportruderboote) 03.09.2020
- Mister Synergy. *Rotsee.* In <https://de.wikipedia.org/wiki/Rotsee> 08.12.2020
- Mustroph, Tom. *Ein Ruderer als Radprofi. Jason Osborne ist in den Leichtgewichtsbooten auf dem Wasser sehr erfolgreich. Nun vertritt er die deutschen Radsportler bei der ersten virtuellen Weltmeisterschaft.* In <https://www.neues-deutschland.de/artikel/1145352.jason-osborne-ein-ruderer-als-radprofi.html> 12.12.2020
- Olympic Channel. *Anatomy of a Rower: Does Martin have the strongest legs of any Olympian?. The Croatian double Olympic Silver medallist Damir Martin exhibits outstanding strength and endurance.* In <https://www.olympicchannel.com/en/original-series/detail/anatomy-of/anatomy-of-season-season-2/episodes/anatomy-of-a-rower-does-martin-have-the-strongest-legs-of-any-olympian/> 29.04.2020
- Pragg, James. *Six things you need to know about... training zones. What are your training zones and how do you use them?.* In <https://roadcyclinguk.com/how-to/six-things-need-know-training-zones.html> 14.10.2020
- Redaktion in Race. *Tour-Sieger veröffentlicht Watt-Zahlen und Blutwerte. Natürlich oder unnatürlich? Tour de France Sieger Froome hat seine Leistungsdaten veröffentlicht.* In <https://www.radsport-rennrad.de/race/chris-froome-leistungsdaten/> 08.11.2020
- Sandig, Dennis. *Schnelligkeit zählt – erst recht auf dem Rennrad!.* In <https://www.trainingsworld.com/sportarten/radsport/radsport-rennrad-sprinten-training-schnelligkeit-triathlon-6425245> 09.08.2020
- Trainingsworld. *Das Leben an der Spitze.* In <https://www.trainingsworld.com/sportarten/rudern/das-leben-an-der-spitze-1274772> 20.08.2020
- Universität des Saarlandes. *Grundlegende Definitionen. Grundlegende Definitionen zum Thema Ausdauertraining.* In <https://www.uni-saarland.de/einrichtung/hochschulsport/service/hochschulsport-online/tourplaner/theorie-zum-ausdauertraining/grundlegende-definitionen.html> 19.08.2020
- Wall, Tom. *Ausgleichssport zum Rudern – welcher ist der Beste?. Viele Sportarten halten Indoor-Rudern als eine Möglichkeit, zusätzliche Ausdauer-Einheiten in ihre Trainingspläne einzubauen, aber wie können Ruderer von anderen Sportarten profitieren?.* In <https://www.rowperfect.co.uk/de/ausgleichssport-zum-rudern/> 13.12.2020



Webasport. *Oar Power Meter. Use the new OarPowerMeter to manage performance and measure output watts.* In <https://www.purecutdesign.net/webasport/product/oar-power-meter-en/> 11.10.2020

World Rowing. *Fastest man in the world; Joshua Dunkley-Smith.* In <https://worldrowing.com/news/fastest-man-the-world-joshua-dunkley-smith> 16.06.2020

World Rowing. *Athletes.* In <https://worldrowing.com/athletes> 03.05.2020

8.1.3 Abbildungen

Admin, Global. *Etape du Tour: Die richtige Vorbereitung – Teil 2. Steigerung der Intensität.* In <https://roadcycling.de/ratgeber/training-und-ernaehrung/training-2015-etape-du-tour/2> 15.11.2020

Admin. *Rad WM 2020 und 2024 in der Schweiz.* In <https://www.bikepass.ch/2018/09/30/rad-wm-2020-und-2024-in-der-schweiz/> 07.12.2020

Delaney, Ben. *What is VO₂ Max? Explaining Chris Froome's physiological testing data. How pros differ from Joes, how it can be improved and how it matters.* In <https://www.bikeradar.com/advice/fitness-and-training/what-is-vo2-max-explaining-chris-froomes-physiological-testing-data/> 03.12.2020

Olympic Channel. *Anatomy of a Rower: Does Martin have the strongest legs of any Olympian?. The Croatian double Olympic Silver medallist Damir Martin exhibits outstanding strength and endurance.* In <https://www.olympicchannel.com/en/original-series/detail/anatomy-of/anatomy-of-season-season-2/episodes/anatomy-of-a-rower-does-martin-have-the-strongest-legs-of-any-olympian/> 29.04.2020

Pavitt, Michael. *Martin misses out on single sculls semi-finals at European Championships in Glasgow.* In <https://www.insidethegames.biz/articles/1068310/martin-misses-out-on-single-sculls-semi-finals-at-european-championships-in-glasgow> 05.12.2020

Peloton Magazine. In <https://pelotonmagazine.com> 07.12.2020

SRG Zentralschweiz. *Lucerne Regatta: Blick hinter die Kulissen. Was bedeutet es, den grössten Ruderanlass der Schweiz zu organisieren? Welche Massnahmen ergreift SRF, um dieses Sporthighlight zu übertragen? Auf einer Führung erhalten Mitglieder am 8. Juli die Antwort auf diese Fragen.* In <https://www.srgd.ch/de/regionen/srg-zentralschweiz/agenda/lucerne-regatta-blick-hinter-die-kulissen/> 24.08.2020

RCZ. *Willkommen beim Ruderclub Zürich.* In <https://www.rcz.ch> 06.12.2020



9. Selbstständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benützung anderer als der angegebenen Quellen oder Hilfsmittel verfasst bzw. gestaltet habe.“	
Uttikon, 6.12.	Leon Adamus, <i>Leon Adamus</i>
Ort, Datum	Name, Unterschrift

Textbox 1: Eigenständigkeitserklärung



10. Anhang

10.1 Athletenverzeichnis

10.1.1 Radsport

- I. Marlen Reusser (SUI)
 - 4x Schweizermeisterin im Zeitfahren und Strassenrennen, mehrere Silber- und Bronzemedallengewinnerin an Europa- und Weltmeisterschaften im Zeitfahren
- II. Nino Schurter (SUI)
 - Olympiasieger, Olympiazweiter, Olympiadritter im Mountainbike 2016, 2012, 2008, 7x Mountainbike-Weltcup Sieger, 8x Cross-Country Weltmeister, 3x Cross-Country Europameister
- III. Michael Albasini (SUI)
 - 2x Schweizermeister im Strassenrennen, U23 Europameister im Strassenrennen, mehrerer Etappensieger der Tour de France, Vuelta a España, Tour de Suisse, Schweizer Nationaltrainer ab 2021
- IV. Martin Elmiger (SUI)
 - 4x Schweizermeister im Strassenrennen, 7x Teilnehmer der Tour de France
- V. Marcel Wyss (SUI)
 - 3x U23 und Junioren Schweizermeister im Strassenrennen und Einzelzeitfahren, mehrfacher Teilnehmer der Tour de France
- VI. Fabian Lienhard (SUI)
 - 3x U23 Schweizermeister im Strassenrennen und Cross-Country, mehrfacher Etappengewinner kleinerer Rundfahrten
- VII. Ursin Spescha (SUI)
 - Bronzemedallengewinner an Schweizermeisterschaften im Mountainbike, mehrfacher Weltcup Teilnehmer
- VIII. Ralph Sigg (SUI)
 - 3x Gewinner der Haute Route Pyrenees, Sieg bei der TransAlp

10.1.2 Rudersport

- I. Fabienne Schweizer (SUI)
 - 5x Schweizermeisterin, 3x Vizeschweizermeisterin, 5x U23 und Elite Europameisterschaften Teilnehmerin und Silbermedallengewinnerin
- II. Pascale Walker (SUI)
 - 9x Elite und Junioren Schweizermeisterin, 6x Vizeschweizermeisterin, 2x U23 Weltmeisterschaften Silber- und Bronzemedallengewinnerin, Sieg an den U23 Europameisterschaften
- III. Damir Martin (CRO)
 - 2x Olympia Silbermedaillen Gewinner in 2016, 2012, 5x Weltcup Sieger, 2x Weltmeister, 2x Europameister, 3x Vizeeuropameister
- IV. Scott Bärlöcher (SUI)



- 4x Bronzemedailengewinner an Schweizermeisterschaften, Bronze an U23 Europameisterschaften
- V. Andri Struzina (SUI)
 - 7x Schweizermeister, U23 Weltmeister, U23 Weltbestzeithalter im leichten Doppelvierer
- VI. Jan Schäuble (SUI)
 - U23 Vizeweltmeister, mehrfacher Schweizermeister
- VII. Pete Wells (GBR)
 - Olympiateilnehmer 2004, mehrfacher Teilnehmer an Weltmeisterschaften und Weltcup Rennen
- VIII. Markus Kessler (SUI)
 - voraussichtlicher Olympiateilnehmer 2021, 2x Bronzemedailengewinner an Weltcup Rennen, Juniorenweltmeister
- IX. Leung Wing Wun (HKG)
 - Weltmeisterin 2019 im Coastal Rowing
- X. Chan Chi Fung (HKG)
 - Leichtgewichts-Weltbestzeit auf dem Ergometer über 30 Minuten, mehrfacher Teilnehmer an Weltmeisterschaften und Weltcup Rennen
- XI. Hin Chun Chiu (HKG)
 - Olympiateilnehmer 2016, mehrfacher Teilnehmer an Weltmeisterschaften und Weltcup Rennen



10.2 Umfragevorlage

Training diagnostics

Thank you for your participation and great support!

* Erforderlich

Name *

Meine Antwort

How many hours do you work out in an average month? *

Meine Antwort

How many trainings do you have in an average month in total? *

Meine Antwort



How many weight trainings (stability&core inclusive) do you have in an average month? *

Meine Antwort _____

How many interval or more intense trainings do you have in an average month during pre-race season? (>75% of max HR) *

Meine Antwort _____



What share of time do you train in each zone in percent of total training time *

FTP = Average power you can produce over the course of an hour (calculated by 20min max power minus 5%)

	0-5%	5-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	>50%
Zone 1 (<55% of FTP)	<input type="checkbox"/>						
Zone 2 (55-75% of FTP)	<input type="checkbox"/>						
Zone 3 (76-90% of FTP)	<input type="checkbox"/>						
Zone 4 (91-105% of FTP)	<input type="checkbox"/>						
Zone 5 (106-120% of FTP)	<input type="checkbox"/>						
Zone 6 (121-150% of FTP)	<input type="checkbox"/>						
Zone 7 (>150% of FTP)	<input type="checkbox"/>						



How long are your base endurance trainings in average in hours and minutes?
(<75% of max HR) *

Meine Antwort _____

What kind of other sports do you do on a regular basis besides your primary sport? *

Cycling

Rowing

Running

Swimming

Sonstiges: _____

10.3 Interview

Robert Wenk
SwissSportOsteo; Gründer, Geschäftsführer und CEO
r.wenk@phyiorama-bs.ch
+41 79 315 96 16

Die Aussagekräftigkeit der VO₂-max Werte

Uitikon (CH), 30.08.2020

Textbox 2: Interviewangaben



Leon Adamus: «Sind VO₂-max Werte unter einer homogenen Gruppe von Profisportlern aussagekräftig?»

Robert Wenk: «Nein, der VO₂-max Wert ist lediglich ein Mass für die maximale Sauerstoffaufnahme des Körpers bei maximaler Belastung. Natürlich ist er in irgendeiner Form ein Indikator für die allgemeine Leistungsfähigkeit einer Person und sicher einfacher durchzuführen als andere Arten von Leistungstests. Allerdings berücksichtigt der VO₂-max beispielsweise nicht die Mitochondriendichte in den Muskeln, wobei die Mitochondrien schlussendlich ATP bereit stellen und das Kraftwerk jeder Zelle sind. Somit sind sie der Energieträger jeder Zelle, indem sie den aufgenommenen Sauerstoff verwerten. Eine höhere Mitochondriendichte bedeutet eine ausgeprägtere Fähigkeit, den aufgenommenen Sauerstoff auch zu verwerten und benutzen. Man müsste also auch den Sauerstofftransport in die verantwortlichen Körperzellen und den effektiven Sauerstoffverbrauch messen.»

Leon Adamus: «Welche Faktoren haben sonst noch einen Einfluss?»

Robert Wenk: «Ebenfalls spielt eine Rolle, wie viele Muskeln insgesamt im Körper beansprucht werden. Radfahrer benutzen hauptsächlich ihre Beinmuskulatur, eine ausgeprägte Oberkörpermuskulatur wäre zu viel zusätzliches Gewicht im Vergleich zur zusätzlich erbrachten Leistung. Dahingegen ist das Rudern eine Sportart, bei der fast die gesamte Körpermuskulatur beansprucht wird. Somit fordern Ruderer im Totalen eine weitaus höhere Anzahl an Mitochondrien. Dies bedeutet, dass ihr Körper während voller Belastung mehr Sauerstoff benötigt als der Körper eines Radsportlers.»

Leon Adamus: «Was bedeutet dies für die jeweilige Sportart?»

Robert Wenk: «Oftmals ist nicht die Sauerstoffaufnahme, also der VO₂-max, der Faktor, der bei einer Sportart limitierend ist, sondern der Sauerstofftransport und die Sauerstoffverwertung. Dies ist vor allem im Radsport bei der relativ isolierten Nutzung der Beinmuskulatur der Fall. Im Rudersport kommt es noch eher zu einer Limitierung der Sauerstoffaufnahme, bedingt durch das menschliche Lungenvolumen, da der ganze Körper beansprucht wird und insgesamt eine höhere Anzahl an Körperzellen und Mitochondrien für das Ausüben der Sportart benötigt wird.»



Ein ganz anderes Thema ist die individuelle Laktattoleranz. Jeder Mensch in seinem Körper besitzt eine andere Schmerzobergrenze, Laktat (Milchsäure) in den Muskeln auszuhalten, wobei diese Fähigkeit zum Teil genetisch vererbt wird und zum anderen relativ grossen Teil antrainiert werden kann. Ein Laktattoleranztest ist ein Gegenstück zu einem klassischen VO_2 -max Test. Dieser sagt aus, wie viel Laktat der Körper unter maximaler Belastung ertragen kann. Je höher dieser Wert, desto besser. Nun kann es sein, dass ein Athlet mit einem sehr hohen VO_2 -max aufgrund seiner relativ niedrigen Laktattoleranz schlechtere Leistungen erbringt als ein Sportler mit einem tieferen VO_2 -max und einer viel höheren Laktattoleranz.

Laktat wird aufgebaut, wenn man unter Sauerstoffschuld, also anaerob, trainiert oder Wettkämpfe bestreitet. Klassischerweise ist die Laktattoleranz bei Rudersportlern immens hoch, da die Wettkampflänge nur wenige Minuten beträgt.

Der VO_2 -max Wert sagt neben allen anderen möglichen Leistungstests also nicht genügend über einen Athleten aus, als dass man durch ihn auf seine eindeutige Ausdauerfähigkeit schliessen kann.»