

# **Leistungsentwicklungsanalyse in den Sportarten Schwimmen und Leichtathletik zwischen 2010 und 2021 anhand dreier Distanzbereiche**

Abschlussarbeit zur Erlangung des  
Master of Science in Sportwissenschaften  
Option Gesundheit und Forschung

eingereicht von

**Yannick Wey**

an der  
Universität Freiburg, Schweiz  
Mathematisch-Naturwissenschaftliche und Medizinische Fakultät  
Abteilung Medizin  
Department für Neuro- und Bewegungswissenschaften

in Zusammenarbeit mit der  
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent  
Prof. Jean-Pierre Bresciani

Betreuer  
PD Dr. sc. nat. Claudio Perret

Nottwil, April 2022



## **Dank**

Herzlichen Dank an die Sportmedizin Nottwil und speziell an Claudio Perret für die grosse Unterstützung während der Arbeit und die Möglichkeit die Arbeit überhaupt in Nottwil zu schreiben.

## **Zusammenfassung**

**Einleitung:** Der Schwimmsport und die Leichtathletik sind seit 1896 olympisch und gehören zu den grössten und populärsten olympischen Sportarten. Während im Schwimmen mit der Zeit immer mehr Disziplinen dazukamen, war in der Leichtathletik das Disziplinenangebot schon früh gross. Wettkämpfe für Frauen wurden in beiden Sportarten erst 1912 (Schwimmen) und 1928 (Leichtathletik) eingeführt. Die Frage stellt sich, wie sich die beiden Sportarten in den letzten Jahren entwickelt haben und welche Unterschiede sich daraus ergeben. Hat sich eine Sportartart leistungsmässig stärker verbessert? Sind die Frauen im Vergleich zu den Männern besser geworden? Wie hat sich die Leistungsdichte verändert?

**Methode:** Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wurden für jedes Jahr die Leistungen der 10 besten Athleten\*innen analysiert. Unterteilt wurde in Kurz-, Mittel- und Langdistanz, wobei dafür im Schwimmen die 100 m, 400 m und 1500 m (Freistil) und in der Leichtathletik die 400 m, 1500 m und 5000 m ausgewählt wurden. Zusätzlich wurden auch die (Corona-) Jahre 2019 bis 2021 analysiert.

**Resultate:** Die Schwimmleistungen haben sich stärker verbessert als die Leichtathletikleistungen. Dies ist in allen Disziplinen der Fall, ausser bei den Mitteldistanzen bei den Frauen. Auch verbesserten sich die Frauen in beiden Sportarten stärker im Vergleich zu den Männern in beiden Sportarten. Ausserdem verbreiterte sich die Leistungsdichte im Schwimmen deutlicher als in der Leichtathletik. Dies ist vor allem bei der erweiterten Weltspitze der Fall.

**Diskussion:** Es scheint, der Schwimmsport und die Frauen holen auf gegenüber der Leichtathletik und den Männern. Ein möglicher Grund dafür könnte das Alter der jeweiligen Kategorie sein. Der wettkampfmässige Frauensport sowie die meisten Disziplinen im Schwimmen sind «jünger» als der Männersport und die Leichtathletik. Bei jeder neuen Disziplin ist die Leistungssteigerung zu Beginn gross und flacht im Verlauf der Jahre ab. Der Schwimm- und Frauensport sind noch in einem «früheren Leistungsstadium» und können noch aufholen.

**Schlussfolgerung:** Die Frauen und die meisten Schwimmdisziplinen haben also noch mehr Entwicklungspotenzial als die Männer und die Leichtathletik. In wie weit dies in Zukunft noch möglich ist, wird sich zeigen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sie sich noch annähern. Ein Zusammenschluss der Leistungen, insbesondere bei den Frauen und Männern wird es aber mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit nicht geben.

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	6
1.1 Sportartenhintergrund.....	6
1.2 Leistungsentwicklung vor 2010 .....	8
1.3 Geschlechterunterschied.....	14
1.4 Athletenalter .....	17
1.5 Coronapandemie.....	17
1.6 Zukunft und Leistungserwartungen nach 2021 .....	18
1.7 Ziel der Arbeit .....	19
2 Methode.....	21
2.1 Datenerhebung .....	21
2.2 Analysezeitraum.....	21
2.3 Datenauswertung .....	21
3 Resultate .....	23
3.1 Disziplinenvergleich 2010-2019 .....	23
3.2 Geschlechtervergleich 2010-2019.....	29
3.3 Leistungsdichte.....	31
3.4 Coronajahre 2019-2021 .....	33
4 Diskussion .....	37
4.1 Distanzbereiche .....	37
4.2 Geschlechtervergleich .....	38
4.3 Leistungsdichte.....	39
4.4 Coronajahre 2019-2021 .....	40
4.5 Limitationen .....	41
4.6 Ausblick .....	42
5 Schlussfolgerung .....	44
Literaturverzeichnis.....	45

# 1 Einleitung

## 1.1 Sportartenhintergrund

Die Sportwelt und damit die Weltrekorde und Weltbestleistungen entwickeln sich stetig weiter. Dies gilt auch für die Sportarten Schwimmen und Leichtathletik. Schwimmen und Leichtathletik sind aktuell die beiden Sportarten mit den meisten zu vergebenden Medaillen und den meisten teilnehmenden Sportler\*innen an Olympischen Spielen. 2021 nahmen an den Olympischen Spielen in Tokio 2'041 Athleten\*innen in 48 Disziplinen in der Leichtathletik und 880 Athleten\*innen in 34 Disziplinen im Schwimmen (Becken) teil (olympics.com).

Beide Sportarten sind bei den Männern seit 1896 olympisch. Bis heute sind Schwimmen und Leichtathletik neben Kunstturnen und Fechten, die beiden einzigen Sportarten, die seither bei jeden Olympischen Spielen im Programm waren (olympics.com).

### 1.1.1 Schwimmen

Das Schwimmen der Männer ist seit den ersten Olympischen Spielen der Moderne in Athen 1896 Teil des Wettkampfs. In Athen 1896 wurden die ersten Schwimmdisziplinen im Freistil oder Bruststil durchgeführt und es wurden vier Disziplinen angeboten: 100 m Freistil, 500 m Freistil, 1200 m Freistil und 100 m Freistil für griechische Segler (Hill & Grand'Maison, 2017). Das Rückenschwimmen wurde an den Olympischen Spielen 1904 in St. Louis mit den 100 Metern eingeführt.

Das olympische Schwimmprogramm der Frauen wurde erst im Jahr 1912 an den Olympischen Spielen in Stockholm gestartet. Gleichzeitig mit dem Frauenschwimmen wurde 1912 auch die elektronische Zeitmessung eingeführt. Die beiden einzigen Disziplinen der Frauen waren 100 m Freistil und die 4x 100 m Freistil Staffel. Bei den Männern wurden zu dieser Zeit bereits sieben verschiedene Disziplinen durchgeführt, wobei es bei Olympia 1908 mit neun Disziplinen sogar noch zwei mehr waren. Die 50 m Freistil, 200 m Freistil, 800 m Freistil und die 4x 50 Yard Freistil Staffel wurden ab 1912 wieder abgeschafft, wobei die 200 m Brust und die 4x 200 m Staffel neu dazu kamen. Bis zu den Olympischen Spielen 1960 in Rom wurden mit acht Disziplinen bei den Männern und sieben Disziplinen bei den Frauen noch vergleichsweise wenig Disziplinen angeboten. Dieses Angebot wurde jedoch ab dieser Zeit stetig erweitert und steht heute bei einer Anzahl von je 18 Disziplinen bei beiden Geschlechtern. Bei den letzten Olympischen Spielen in Tokio 2021 wurde das Programm noch um je eine Disziplin und eine

gemischte Disziplin erweitert. Es waren das die 1500 m Freistil bei den Frauen, die 800 m Freistil bei den Männern und die 4x 100 m Lagen Mixedstaffel (olympics.com).

Im Schwimmen gab es in den Anfängen Disziplinen, welche nur eine kurze Zeit ins olympische Programm aufgenommen wurden. Es waren das beispielsweise 500 m, 1000 m, 1200 m, 5000 m Freistil, 400 m Brust, die 4x 50 Yard Freistilstaffel, 200 m Teamschwimmen, 200 m Hindernisschwimmen oder das Unterwasserschwimmen (olympics.com).

Bis zu den Olympischen Spielen 1928 in Amsterdam wurde das Schwimmen im offenen Wasser ausgetragen. 1896 in Athen schwammen die Athleten im Mittelmeer, 1900 in der Seine, 1904 in einem See und 1906 wieder im Mittelmeer. Erst in Amsterdam wurde das olympische Schwimmen erstmals in einem Becken von 50 Metern Länge ausgetragen (olympics.com).

### ***1.1.2 Leichtathletik***

Die Leichtathletik hat seit 1896 einen hohen Status in der Sportwelt und wie auch das Schwimmen ist die Leichtathletik seit 1896 Teil des olympischen Programms. Vierundsechzig Athleten aus zehn Ländern nahmen in zwölf verschiedenen Disziplinen an den ersten Olympischen Spielen der Moderne in Athen 1896 teil. Damit war die Leichtathletik zu Beginn die internationalste aller neun olympischen Sportarten. Sechs dieser zwölf Disziplinen in der Leichtathletik waren Laufevents, darunter auch der Marathon. Der Marathonlauf startete in Marathon und das Ziel war nach ungefähr 40 km in Athen. Die heutige Marathondistanz von 42.195 km wurde erst im Jahre 1921 am London Marathon eingeführt und standardisiert (Pop, 2016).

Die Frauen kamen in der Leichtathletik an den Olympischen Spielen 1928 in Amsterdam dazu, während der olympische Marathon jedoch erst 1984 in Los Angeles erstmals von den Frauen bestritten werden durfte.

Mit 30 Disziplinen hatte die Leichtathletik bei den Männern an den Olympischen Spielen 1912 in Stockholm ihren Höhepunkt. Diese Zahl verringerte sich bis 1928 auf 22 Disziplinen und stabilisierte sich dann ab 1948 auf 24 Disziplinen bis heute.

Die Frauen durften an Olympia 1928 in Amsterdam in der Leichtathletik in fünf Disziplinen an den Start, und zwar bei den 100 m, 800 m, der 4x 100 m Staffel, dem Hochsprung und Diskuswerfen. Die Anzahl der Disziplinen wurde bis heute stetig erweitert. Aktuell sind es wie bei den Männern 24 Disziplinen (Pop, 2016).

Bis zu den Olympischen Spielen 1928 in Amsterdam gab es in der Leichtathletik viele Disziplinen, die von kurzer Dauer waren und wieder verschwanden. Bei den Laufdisziplinen waren das beispielsweise die 60 m, 200 m Hürden, 2590 m, 2 Meilen, 4000 m, der Einzel- und Teamcrosslauf, das 4 Meilen-Teamrennen und noch viele weitere. Auch bei den Felddisziplinen

gab es einige, welche ab 1928 nicht mehr durchgeführt wurden. Dazu gehörten Standweitsprung, Ständdreisprung, Standhochsprung, 56-Pfundweitwurf, Diskuswurf nach Griechischer Art und mit beiden Händen, Speerwurf Freistil und mit beiden Händen und auch Kugelstossen mit beiden Händen (Pop, 2016).

Seit die beiden Sportarten Schwimmen und Leichtathletik olympisch sind, wurden die Leistungen der Sportler\*innen stetig weiterverbessert (Stanula et al., 2012). Jedoch werden nicht jedes Jahr neue Weltrekorde aufgestellt. Es stellt sich aber die Frage, ob das Leistungsniveaus der Sportler\*innen (grössere Leistungsdichte) trotzdem anhält und wenn ja, wie stark dieser Verbesserungstrend ist.

## **1.2 Leistungsentwicklung vor 2010**

### ***1.2.1 Schwimmen***

Seit 1900 wurde auf den 100 m Freistil im Schwimmen bei den Männern der Weltrekord 48 Mal verbessert, während auf der zeitlich vergleichbaren Disziplin in der Leichtathletik (400 m Lauf) der Weltrekord nur 21 Mal verbessert wurde (O’connor & Vozenilek, 2011). Wie gross jedoch die Verbesserungen in den jeweiligen Disziplinen wirklich sind, kann nicht aus den einzelnen Weltrekorden herausgelesen werden, da dies nur Leistungen von einzelnen Sportler\*innen sind. Ebenso kann man sich fragen, wieso im Schwimmen der Weltrekord mehr als doppelt so häufig gebrochen wurde wie auf den vergleichbaren 400 m in der Leichtathletik.

O’connor und Vozenilek (2011) analysierten die Leistungen im Schwimmen von 1990 bis 2010 und setzten sie in Relation zu den Laufdisziplinen. Auf den 100 m Freistil wurden die Männer in dieser Periode 5.86 % schneller, während sie sich in der 400 m Laufdisziplin nur 2.85 % verbesserten. Dies war nicht geschlechterspezifisch, da die Frauen 5.57 % schneller schwammen und nur 3.29 % schneller liefen. Ähnlich verhielt es sich bei den Männern auf den 800 m Freistil und im 3000 m Lauf. Hier resultierte eine Verbesserung von 5.76 % im Schwimmen beziehungsweise von 3.59 % im Laufen. O’connor und Vozenilek (2011) lieferten nur diese Zahlen und stellten keine umfangreicheren Analysen mit den Leistungen an. Jedoch stellten sie Spekulationen zu den Unterschieden in den Leistungsverbesserungen der beiden Sportarten an und einen möglichen Grund sahen sie in der steigenden Anzahl an Mitgliedschaften und Wettkampfsportler\*innen in Schwimmvereinen in diesem Zeitraum. Diese Zunahme stimmte aber nicht mit den Leistungsverbesserungen überein und so begründeten sie die Leistungsentwicklung mit den technologischen Fortschritten der Schwimmanzüge, die bis 2009 im Wettkampfschwimmen erlaubt waren.



Auch König et al. (2014) stellten umfangreiche Analysen zu den Leistungsveränderungen an Grossanlässen zwischen 1992 und 2013 an, und fanden eine konstante Leistungsveränderung über alle Disziplinen und bei beiden Geschlechtern. Vor allem bei den Frauen wurde festgestellt, dass in vielen Disziplinen die Leistungssteigerung gross war. Das wurde auch bei den Männern gezeigt, war jedoch nicht so deutlich wie bei den Frauen.

### ***1.2.2 Leichtathletik***

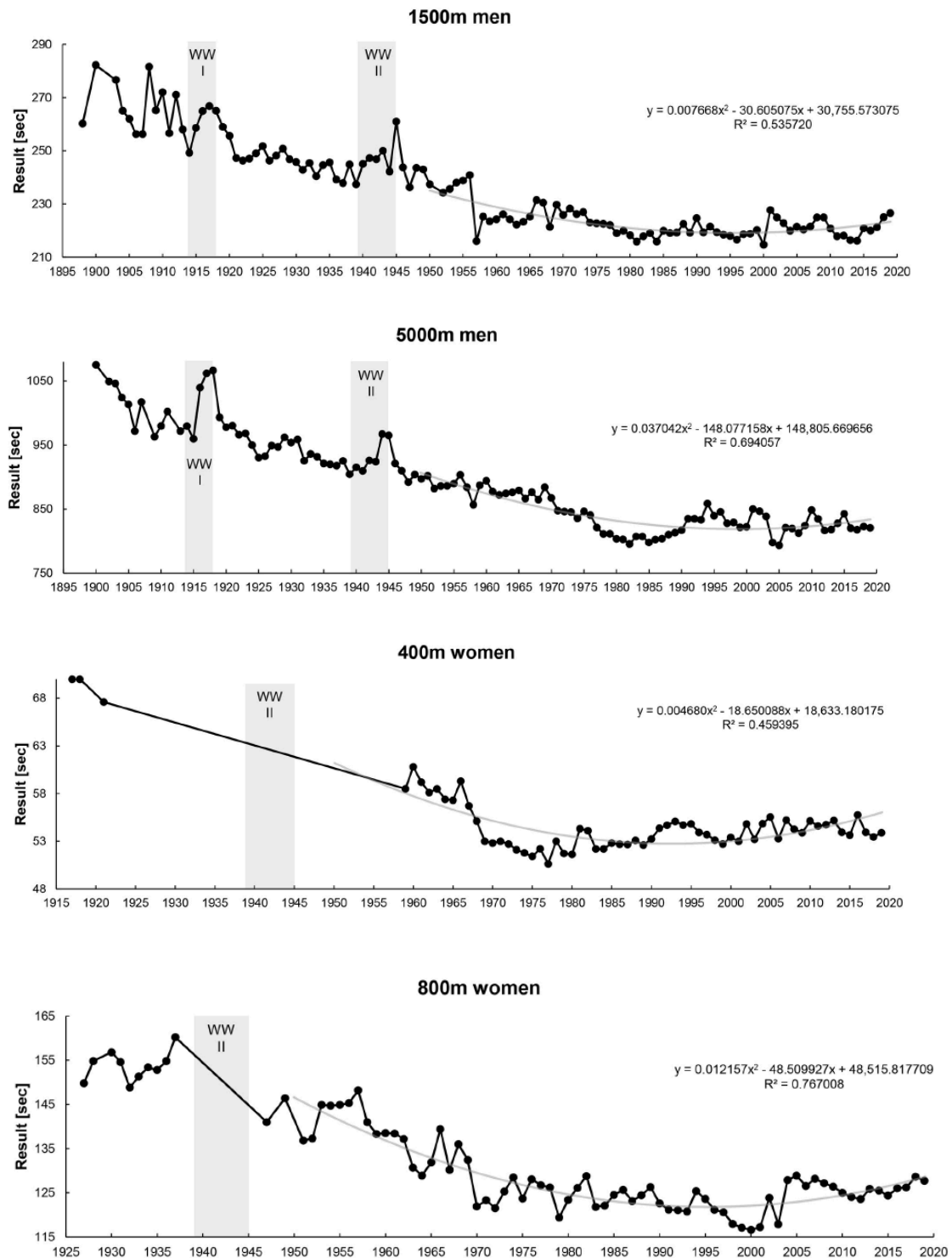
Im Gegensatz zum Schwimmsport fanden Ganse und Degens (2021) in Österreich einen Rückgang der Leistungen in den Laufdisziplinen von 100 m bis 10 km von 2000-2019, während in den Jahren 1980-1999 die Leistungen stetig verbessert wurden. Bei den Frauen war dieser Rückgang weniger ausgeprägt als bei den Männern. Den Grund dafür sahen sie in der kleineren Anzahl an Frauen in diesem Sport. Ein möglicher Grund für den Leistungsrückgang bei beiden Geschlechtern ab 2000 könnten aber auch die strikteren Kontrollen und verbesserten Methoden zum Nachweis von Dopingsubstanzen sein. Als Beispiel dafür dient der Nachweis des Peptidhormons Erythropoietin (EPO), welcher an den Olympischen Spielen in Sydney 2000 zum ersten Mal möglich war ([wada-ama.org](http://wada-ama.org)).

### ***1.2.3 Frühere Leistungseinbrüche / Leistungspeaks***

In allen Sportarten gibt es Perioden, in welchen die Leistungen stagnieren oder sogar einbrechen. In der Leichtathletik sieht man dies an den Beispielen der Disziplinen 1500 m und 5000 m der Männer (Abb. 1). Einschneidend waren die beiden Weltkriege von 1914-1918 und 1939-1945 (grau eingefärbt).

## Abbildung 1

### Leistungsentwicklung in verschiedenen Laufdisziplinen in Österreich



*Anmerkung.* Die Abbildung zeigt die durchschnittliche Leistungsentwicklung in zwei ausgewählten Laufdisziplinen der Männer und zwei Disziplinen der Frauen bis 2020 (Ganse & Degen, 2021). WW = Weltkrieg.

Seit den 1950er Jahren, als der Kalte Krieg zwischen der UdSSR und der USA begann, bekamen die sportlichen Erfolge auch politisch einen immer grösser werdenden Stellenwert, was die beiden Weltmächte dazu veranlasste, mehr in den Sport und die Sportler\*innen zu investieren. Die beiden Nationen sahen die Siege an den Olympischen Spielen als Prestige und die Sieger an den Spielen wurden als Propaganda genutzt. Dieser «Sportliche Kalte Krieg» brachte die Länder dazu, Experimente mit den Athleten\*innen zu machen. In der UdSSR mussten die Sportler\*innen teilweise ein ganzes Jahr in Trainingslagern verbringen, mit kurzen Pausen nach der Wettkampfsaison für Treffen mit der Familie. Dieses Regime und Trainingsprogramm wurde daraufhin von benachbarten Ländern wie der DDR, Bulgarien, Ukraine oder Polen kopiert und angewandt. Bis ins Jahr 1989 als die Berliner Mauer fiel, wurden in der DDR die Athleten und Athletinnen systematisch gedopt (Pop, 2016).

Im Westen auf der anderen Seite des Eisernen Vorhangs wurden die Athleten\*innen weniger durch den Staat gedopt, sondern mehr auf privater Ebene durch den medizinischen Staff. In den USA sagten mehrere Sportler aus, dass im Jahr 1968 während Trainingscamps für die Olympischen Spiele mehr als ein Drittel aller Leichtathleten mit anabolen Steroiden dopte (Pop, 2016). Vier Jahre später, nach den Olympischen Spielen in München, ergab eine inoffizielle Umfrage, dass 68 Prozent aller teilnehmenden Leichtathleten\*innen an den Olympischen Spielen im Training anabole Steroide zu sich nahmen (Pop, 2016). Die damit erzielte Leistungsverbesserung ist vor allem bei den Frauen auf den 400 m und 800 m zu sehen.

Eine kurze Periode der Leistungsver schlechterung ist in den Jahren nach 1980 zu sehen, als die USA infolge des Kalten Kriegs die Olympischen Spiele von 1980 in Moskau boykottierten und vier Jahre später die UdSSR an den Olympischen Spielen 1984 in Los Angeles dasselbe machten.

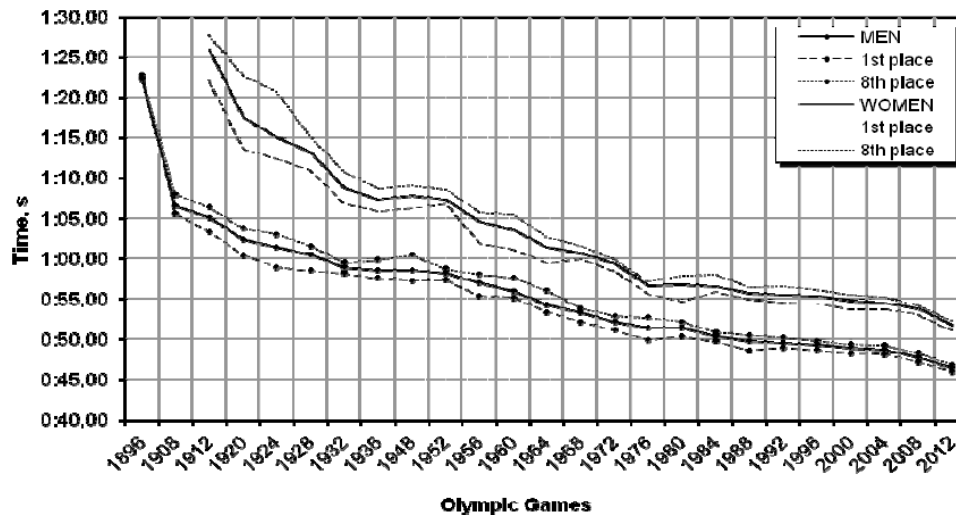
In den 1990er Jahren wurde das Verwenden von EPO bei Ausdauersportler\*innen sehr populär, was zu einer Verbesserung der Leistungen in den Ausdauersportarten führte (Hoberman, 2007). Markant ist die Leistungsver schlechterung im Jahr 2000 in den Ausdauerdisziplinen. Wie im vorhergehenden Kapitel schon kurz beschrieben, konnte an den Olympischen Spielen 2000 in Sydney EPO zum ersten Mal nachgewiesen werden, was offensichtlich zu einem deutlichen Abfall der Leistung in den ausdauerbetonten Disziplinen der Leichtathletik führte.

Wie auch in der Leichtathletik sind im Schwimmen Leistungseinbrüche bekannt. Bei den olympischen Distanzen im Pool sind diese jedoch nur auf den längeren Distanzen 800 m und 1500 m sichtbar (Abb. 3). Der erste Einbruch kam mit dem Ersten Weltkrieg, der zweite mit dem Zweiten Weltkrieg und ein kleiner dritter Einbruch in den Jahren von 1964 bis 1970 (Stanula

et al., 2012). Bei den 100 m Freistil scheint die Leistung kontinuierlich steigend zu sein ohne nennenswerte Leistungsver schlechterung (Abb. 2).

## Abbildung 2

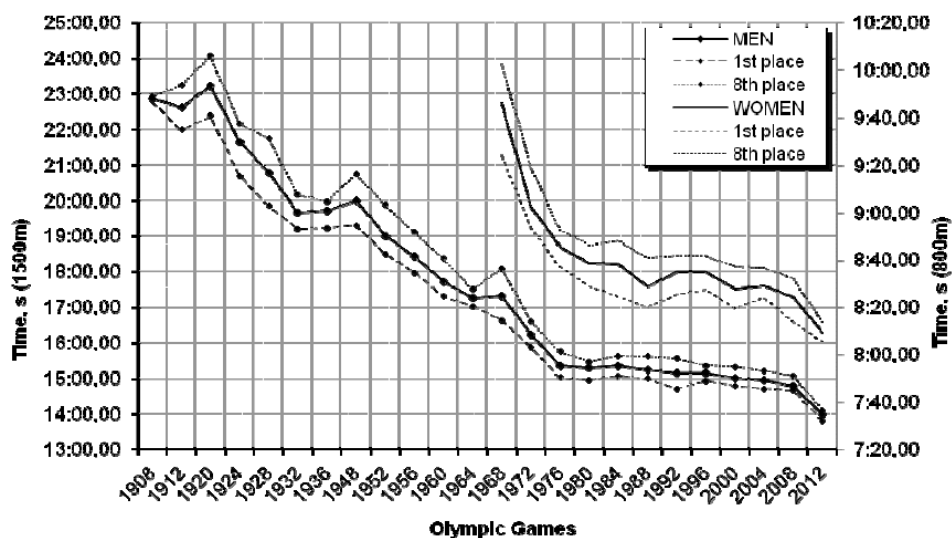
*Leistungsentwicklung im 100 m Freistil Schwimmen der Männer und Frauen*



*Anmerkung.* Die Abbildung zeigt die Leistungsentwicklung der Männer und Frauen bei den Olympischen Spielen auf den 100 m Freistil. Die je drei Graphen zeigen den Leistungsdurchschnitt und die Leistungen der Erst- und Achteplatzierten (Stanula et al., 2012).

## Abbildung 3

*Leistungsentwicklung im 800 m und 1500 m Freistil Schwimmen der Männer und Frauen*



*Anmerkung.* Die Abbildung zeigt die Leistungsentwicklung der Männer auf den 1500 m Freistil und der Frauen auf den 800 m Freistil bei den Olympischen Spielen. Die je drei Graphen zeigen

den Leistungsdurchschnitt und die Leistungen der Erst- und Achteplatzierten (Stanula et al., 2012).

#### ***1.2.4 Schwimmanzüge***

Die Hydrodynamik, das heisst wie sich ein Körper durch das Wasser bewegt, ist im Schwimmen von sehr grosser Bedeutung. Aufgrund dessen spielen (oder spielten) Schwimmanzüge bei den Schwimmern\*innen eine wichtige Rolle, um maximale Leistungen zu erreichen. Studien belegen, dass über 90 % der vom Schwimmer\*in aufgewendeten Energie dafür gebraucht wird, die Wasserwiderstandskraft zu überwinden. Der Wasserwiderstand oder Strömungswiderstand kann in drei verschiedene Bereiche aufgeteilt werden. Der Wellenwiderstand, der Flächenwiderstand, der sich auf die Form des im Wasser bewegten Körper bezieht, und der Reibungswiderstand der Haut. Der Flächenwiderstand soll bis zu 90 % des Strömungswiderstands im Wasser ausmachen. Für den Schwimmer\*in sind aber alle drei Komponente des Strömungswiderstand von grosser Bedeutung, unabhängig vom Schwimmstil. Die Grösse aller dieser Komponenten hängt von der Geschwindigkeit, von der Körperform und der Körpergrösse des Schwimmers\*in ab (Moria et al., 2010).

Im Jahr 1908 wurde von der australischen Schwimmerin Annette Kellerman der erste Ganzkörperanzug entwickelt, dazu wurden Badesocken getragen. Zum ersten Mal in der Geschichte des Schwimmsports wurden mit diesem Anzug aber die Knie und die Arme freigelassen. Mit der Zeit wurden die Anzüge immer kürzer und in den 1950er Jahren ersetzte der Bikini bei den Frauen den Ganzkörperanzug. Nach dem Zweiten Weltkrieg ersetzte Nylon die Stoffe Seide und Wolle und in den 1990er Jahren wurden die Anzüge so weiterentwickelt, dass eine Art zweite Haut geschaffen wurde. Zu dieser Zeit wurde auch das Elasthan eingeführt und in kurzer Zeit sehr populär. In den 2000er Jahren lancierte die Firma Speedo einen Ganzkörperschwimmanzug mit V-geformten Einkerbungen. Seitdem wurden die Anzüge immer weiterentwickelt, um den Strömungswiderstand zu verringern sowie die Auftriebskraft zu verbessern (Moria et al., 2010). Bei den Olympischen Spielen 2008 in Peking wurde das Schwimmen dann zu einer der zehn technologischsten Sportarten (Moria et al., 2011). Die grosse Bedeutung der Schwimmanzüge zeigte sich dann an den Schwimmweltmeisterschaften 2009 als in fast allen Disziplinen neue Weltrekorde aufgestellt wurden. Als Beispiel schwamm der Deutsche Paul Biedermann im 400 m Freistil-Rennen einen neuen Weltrekord, von dem man glaubt, er würde nie mehr gebrochen werden. Vor den Weltmeisterschaften war Biedermann ausserhalb der Top 20 der Welt und verbesserte dann im Finale seine persönliche Bestleistung um mehr als 7 Sekun-

den. Biedermann trug beim Weltrekord einen neu entwickelten Ganzkörperanzug aus Polyurethan (Partridge, 2011). Issurin et al. (2014) verglichen die Leistungen bei den Weltmeisterschaften 2011 mit denen von 2009. Bei den Weltmeisterschaften durften die Schwimmer und Schwimmerinnen nicht mehr mit Ganzkörperanzügen antreten, daher wurden deutlich tiefere Leistungen erwartet. Diese Erwartungen wurden dann auch von Issurin et al. (2014) bestätigt. Durch das Verbot der Ganzkörperanzüge wurden signifikant schlechtere Leistungen erzielt als 2009. Interessant war, dass der Nachteil bei den Männern signifikant grösser war als bei den Frauen. Die Männer verschlechterten sich stärker als die Frauen. Auch war ein Unterschied zwischen den Hochwiderstandsstilen (Brust, Schmetterling) und den Tiefwiderstandsstilen (Freistil, Rücken) zu sehen.

Insgesamt wurden bei den Weltmeisterschaften 2009 in Rom 42 Weltrekorde in 31 Disziplinen aufgestellt (fina.org). Nach diesen Weltmeisterschaften wurde ab der Saison 2010 das Tragen von Ganzkörperanzügen an Schwimmwettkämpfen verboten. Erlaubt sind bei den Männern nur noch Hosen, die nicht weiter reichen als bis zum Knie und dem Bauchnabel. Bei den Frauen dürfen der Nacken oder die Schultern nicht bedeckt sein und der Anzug darf ebenfalls nicht weiter reichen als die Knie (fina.org).

Aufgrund dieser Regeländerung des Verbots der Ganzkörperanzüge wurde das Anfangsjahr der Analyse dieser Arbeit auf das Jahr 2010 festgelegt. So wird verhindert, dass Veränderungen der Leistung durch das Anzugsverbot die Resultate verzerren.

## **1.3 Geschlechterunterschied**

### ***1.3.1 Leistungen***

Wolfrum et al. (2014) und Stanula et al. (2012) analysierten Schwimmleistungen von Finals an Grossanlässen und fanden heraus, dass der Geschlechterunterschied mit zunehmender Wettkampfdistanz kleiner wird. Dasselbe Phänomen wurde in den Laufdisziplinen gezeigt (Maggan et al., 2011). Ein möglicher Grund sehen sie in physiologischen und morphologischen Differenzen zwischen Männern und Frauen. Die Studie von Stanula et al. (2012) zeigte auf, dass sich die Frauen von 1912 (erstmal olympisch) bis 2008 stärker verbesserten als die Männer. Ein Grund dafür könnte sein, dass das Schwimmen bei den Frauen noch nicht so lange wettkampfmässig betrieben wird wie bei den Männern. Verschiedene Modelle prognostizieren sogar, dass die Frauen die Männer langfristig überholen. Dies scheint jedoch unwahrscheinlich (Stanula et al., 2012).

In den Laufdisziplinen ist die jährliche Verbesserung bei den Frauen tendenziell auch höher als bei den Männern. Weiss et al. (2016) zeigten eine jährliche Verbesserung von 0.5 % bei den Frauen und 0.2 % bei den Männern von 1896 bis 2012 in allen Laufdisziplinen, wobei die Saisonbestzeiten der Athleten\*innen in die Analyse einfluss. Auch die Breite der Leistungen von 1980-2013 bei den Männern wurde in den Disziplinen 5000 m, 10'000 m und Marathon grösser, da die Anzahl der olympischen Standards A und die Zeiten unter 2:10:00 h im Marathon zugenommen haben (Kruse et al., 2014).

### ***1.3.2 Wettkampfdistanzen***

Wie schon im vorherigen Kapitel beschrieben, scheint es, dass die Leistungen der Frauen den Männerleistungen näher kommen, je länger die Wettkampfdistanzen sind. Bei den Wettkämpfen im Swimmingpool bis 1500 m sind die Männer den Frauen noch überlegen. Jedoch waren bei Langdistanzrennen im Pool zum Beispiel bei einem 12 h-Rennen, die Leistungen der Frauen identisch zu denen der Männer (Knechtle et al., 2020).

Betrachtet man die Wettkämpfe im offenen Wasser, wo die Distanzen tendenziell länger sind als diejenigen im Pool, sind die Frauen gleich schnell wie die Männer oder überholen sie sogar. Bei den Rennen des «English Channel Crossing» zwischen 1875 und 2011 gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leistungen der beiden Geschlechter. Beim «Triple Crown of Open Water Swimming» mit dem «Catalina Channel Swim», dem «English Channel Swim» und dem «Manhattan Island Marathon Swim» waren die Frauen über alle Leistungen gesehen ~0.06 km/h schneller als die Männer. Beim «Catalina Channel Swim» war die schnellste Frau schneller als der schnellste Mann. Auch waren die zehn schnellsten Frauen auf eine Schwimmzeit von knapp 12.5 h ~1 min schneller als die zehn schnellsten Männer, wobei der Unterschied keine Signifikanz erreichte. Beim «Manhattan Island Marathon Swim» waren die zehn schnellsten Frauen ~12-14 % schneller als die zehn schnellsten Männer (Knechtle et al., 2014). Es scheint aber, dass die Männer in Wettkämpfen im offenen Wasser über kürzere Distanzen und bei wärmeren Wassertemperaturen einen Vorteil gegenüber den Frauen haben. Im «Marathon Schwimmen im Zürichsee» ist der Rekord der Männer 2.3 % schneller als derjenige der Frauen und bei den jährlichen Gewinnern waren die Männer ~11.5 % schneller (Eichenberger et al., 2013). In den meisten Untersuchungen zu Wettkämpfen in offenem Wasser waren jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen Frauen und Männern zu finden. Es scheint jedoch, dass die Leistungsunterschiede abhängig von der Distanz und der Wassertemperatur sind. Frauen können bessere Leistungen erzielen als die Männer. Am wahrscheinlichsten bei Distanzen von ~30 km und Wassertemperaturen unter 20 °C. (Knechtle et al., 2020).

### ***1.3.3 Physiologische Unterschiede***

Wells et al. (2006) untersuchten verschiedenen Parameter des menschlichen Körpers und verglichen diese zwischen den männlichen und weiblichen Eliteschwimmern\*innen. Männliche Schwimmer wiesen im Vergleich zu den Frauen eine grössere relative und absolute maximale Sauerstoffaufnahme auf, waren grösser, und hatten eine grössere Masse. Weiter hatten sie höhere Hämoglobin- und Hämatokritlevels, eine tiefere maximale Herzfrequenz und einen tieferen Blutdruck. Auch bei der respiratorischen Funktion gab es Unterschiede: Männer wiesen eine höhere maximale Ventilation auf und hatten eine tiefere maximale Atemfrequenz. Bezüglich dem Respiratorischen Quotienten gab es keine signifikanten Unterschiede, wobei die Frauen kleinere Residualvolumina und eine kleinere forcierte Vitalkapazität hatten. Weiter untersuchten Wells et al. (2006) die Kraft- und Powerunterschiede zwischen den Geschlechtern. Männer kamen auf höhere Werte in der Griffkraft, hatten eine grössere Sprungkraft und höhere Kraftwerte im Ellbogen- und Kniestrecker. Auch hatten die männlichen Schwimmer eine signifikant grössere beinschlagspezifische Kraft. Grösser war auch die beinschlagspezifische Ausdauer, jedoch erreichte diese keine Signifikanz. Die Schwimmerinnen wiesen im Vergleich zu den Männern einen signifikant höheren prozentualen Körperfettanteil auf. Im Gegensatz dazu kamen die Männer auf eine höhere Körperdichte als die Frauen. Auch waren bei den Männern die Brust- und Oberarmumfänge sowie die Schulterbreite grösser.

Knechtle et al. (2020) sehen einen möglichen Grund für die teilweise besseren Leistungen der Frauen in Langdistanzrennen im offenen Wasser bei der Körperkonstitution. Durch den höheren Körperfettanteil der Frauen sind sie besser vor kalten Wassertemperaturen geschützt als die Männer. Weiter haben die Frauen durch den höheren Körperfettanteil eine andere Körperform und dadurch eine andere Verteilung der Körpermasse, was auf längeren Distanzen ein Vorteil sein kann. Das Fett hat eine kleinere Dichte als Muskeln, daher kann die höhere Fettmasse den Frauen im Wasser mehr Auftrieb geben und den Wasserwiderstand reduzieren (Sandbakk et al., 2018). Weiter kann die generell kleinere Körpergrösse der Frauen den Wasserwiderstand reduzieren. Dasselbe gilt für die tendenziell kürzeren Gliedmassen, welche zusätzlich zu einer horizontaleren und stromlinienförmigeren Körperposition im Wasser führen (Lavoie & Montpetit, 1986). Auf den olympischen Wettkampfdistanzen im Pool überwiegen jedoch immer noch die physiologischen Vorteile der Männer, daher kommen die Frauen leistungsmässig auf diesen kürzeren Distanzen noch nicht an die Männer heran.

Ähnliche Körperkompositionen sind bei den Läufern und Läuferinnen zu sehen. Obwohl die Männer eine höhere maximale Sauerstoffaufnahme und grössere Kraft haben als die Frauen,



zeigte die Studie von Bam et al. (1997) bessere Leistungen der Frauen ab längeren Renndistanzen als 42.2 km. Frauen würden bei Ultramarathons eine bessere Ermüdungsresistenz aufweisen als die Männer. Auch Tiller et al. (2021) untersuchten die Geschlechterunterschiede bei Langdistanzrennen. Während der Unterschied zwischen den Männern und den Frauen bei «traditionellen» Distanzen wie dem Marathon bei ~10 % liegt, ist er bei Ultramarathondistanzen nur noch bei 4 % trotz des kleinen Anteils an teilnehmenden Frauen. Einen Grund für die bessere Ermüdungsresistenz der Frauen sehen Tiller et al. (2021) möglicherweise im grösseren Anteil an langsam kontrahierenden Muskelfasern als bei den Männern. Auch könnte die grössere Muskelmasse bei den Männern einen Nachteil bei Ultramarathondistanzen darstellen. Ein weiterer Grund könnte die höhere Fettmasse und damit der bessere Fettstoffwechsel der Frauen sein. Bei einer Leistung von ~65 % der maximalen Sauerstoffaufnahme konnte gezeigt werden, dass Männer 25 % mehr Muskelglykogen verbrauchen als die Frauen (Tarnopolsky et al., 1990). Auch ist die höchste Rate der Fettverbrennung bei den Frauen bei einer höheren relativen maximalen Sauerstoffaufnahme als bei den Männern, was den Läuferinnen bei Ultramarathondistanzen einen Vorteil gegenüber den Männern verschaffen könnte (Tarnopolsky et al., 1990).

#### **1.4 Athletenalter**

Die wissenschaftlichen Analysen beschäftigen sich auch mit dem Alter der Athleten und in welchem sie den Leistungspick oder Finals an Grossanlässen erreichen. Generell erhöht sich das Peak- und Finalalter mit der Länge der Wettkampfschwimmdistanz, wobei Frauen früher peaken als die Männer, aber das Leistungsfenster auf dem Peak für beide Geschlechter gleich gross ist (Allen et al., 2014; Rüst et al., 2014). Auch über die Jahre erhöhte sich das Alter der Olympia- und Weltmeisterschaftsfinalisten\*innen von 1992 bis 2013 in fast allen Disziplinen (König et al., 2014). Umgekehrt scheint es sich in den Laufdisziplinen zu verhalten, wo die Frauen später auf dem Peakalter sind als die Männer (Weippert et al., 2021).

#### **1.5 Coronapandemie**

Die im Jahr 2020 ausgebrochene COVID-19 Pandemie beeinflusste auch die Sportwelt. Unzählige Veranstaltungen und Wettkämpfe im Jahr 2020 wurden verschoben oder abgesagt, was für viele Athleten\*innen Unsicherheiten bezüglich ihrer Zukunft, Ängste und beschränkte Trainingsmöglichkeiten mit sich brachte. Die Athleten und Athletinnen litten nicht nur unter mentalen Stresssituationen, sondern die Pandemie beeinflusste auch die physische Leistungsfähigkeit. In einer Umfrage bei Elitesportler\*innen gaben daher 72 % an, dass sie in der Zukunft verschlechterte Leistungen erwarten (Tingaz, 2021).

Durch die Pandemie wurden vor allem auch die Schwimmer und Schwimmerinnen hart getroffen. Der Lockdown im Jahr 2020 hatte zur Folge, dass sie für eine gewisse Zeit nicht im Wasser trainieren konnten. Sie musste daher vermehrt auf Krafttraining und Training an Maschinen zurückgreifen. Durch dieses fehlende Training musste erwartet werden, dass dies eine Einschränkung der Leistungsfähigkeit zur Folge hatte (Costa et al., 2021).

Daneben konnte auch das Coronavirus selber die Leistungsfähigkeit der Athleten\*innen einschränken. Eine Infektion mit dem Coronavirus kann die Leistung akut beeinflussen, aber auch chronisch. Durch ein mögliches Long COVID-19 Syndrom könnten die Athleten und Athletinnen noch eine lange Zeit nach der eigentlichen COVID-19 Erkrankung an leistungseinschränkenden Symptomen leiden (Costa et al., 2021)

Csulak et al. (2021) analysierten die Leistungsveränderung der ungarischen Schwimmnationalmannschaft und stellten keine veränderte Leistungsfähigkeit von 2019 bis 2021 zwischen Schwimmern mit COVID-Erkrankung und Schwimmern ohne Erkrankung fest.

Auch Costa et al. (2021) beschäftigten sich mit den Auswirkungen der Coronapandemie auf die Leistung. Sie analysierten Leistungsveränderung ab dem Jahr 2015 bis 2020 und zeigten eine konstante Verbesserung bis zur Saison 2018/19. In der darauffolgenden Saison 2019/20 verschlechterten sich die Athleten\*innen signifikant.

## **1.6 Zukunft und Leistungserwartungen nach 2021**

Die Frage stellt sich, ob die Frauen in Zukunft die Männer überholen oder sich ihnen annähern können. Cheuvront et al. (2005) sehen die Männer in der Leichtathletik bis zur Marathondistanz auch in der Zukunft im Vorteil und dieser Vorteil soll ~10 % betragen. Aufgrund der grösseren Muskelmasse und maximalen Sauerstoffaufnahme der Männer werden die Frauen diese Leistungslücke kaum auf natürlichem Weg schliessen können. Jedoch sehen sie den Dopingmissbrauch der Frauen auf dem Vormarsch, was dazu führen kann, dass sie leistungsmässig aufholen können.

Auch im Schwimmen scheint es nicht so, dass die Frauen die Männer einholen können. Zumindest nicht auf den olympischen Distanzen im Pool. Zu stark überwiegen die Vorteile der Männer auf den kürzeren Distanzen. Durch die längeren Gliedmassen, die grössere Muskelmasse, die kleinere Fettmasse und die grössere maximale Sauerstoffaufnahme der Männer werden sie immer grosse biologische Vorteile haben. Die physiologischen Vorteile der Frauen vermögen bis zu Distanzen von 1500 m die Nachteile nicht zu kompensieren (Knechtle et al., 2020). Jedoch scheint es, dass die Frauen die Lücke auf den Distanzen im offenen Wasser schliessen und die Männer teilweise sogar überholen könnten (Knechtle et al., 2020).

In beiden Sportarten wurden also wissenschaftliche Analysen zu jährlichen Leistungsveränderungen von Athletenleistungen, Weltbestenlisten und Weltrekorden angestellt und auch Modelle zu zukünftigen Leistungen erstellt. Es gibt jedoch noch keine Studien, welche Schwimm- und Laufdisziplinen und deren Leistungsentwicklung der letzten Jahre vergleichen. So sind noch einige Fragen in diesem Bereich ungeklärt und diese sollen mit der vorliegenden Arbeit analysiert und beantwortet werden.

### **1.7 Ziel der Arbeit**

Diese Arbeit soll die Leistungsentwicklung in den Sportarten Leichtathletik und Schwimmen zwischen 2010 und 2019 beziehungsweise zwischen 2019 und 2021 aufzeigen und analysieren, wobei die beiden Sportarten in einzelnen Disziplinen (Kurz-, Mittel-, und Langstrecken) verglichen werden. In der Leichtathletik sind das die Distanzen 400 m, 1500 m und 5000 m und im Schwimmen 100 m, 400 m und 1500 m (Langbahn & Freistil). Die Disziplinen wurden so ausgewählt, dass die zu vergleichenden Distanzen bezüglich Endzeit möglichst nahe beieinander liegen und so ein Vergleich sinnvoll ist.

Auch soll zwischen den Geschlechtern verglichen und Unterschiede in der Entwicklung der Weltbestleistungen analysiert werden. Allfällige Abweichungen im Leistungsverlauf zwischen den Sportarten und den Geschlechtern sollen untersucht und Gründe dafür herausgearbeitet werden.

Weiter sollen durch die Analyse unterschiedlicher Anzahl Bestleistungen der Athleten und Athletinnen Aussagen darüber getroffen werden, inwiefern sich die Weltspitze verbreitert oder ggf. verkleinert hat und ob es in den letzten Jahren schwieriger wurde, an die Weltspitze zu kommen und dort zu verbleiben.

Relevant sind diese Ergebnisse für Trainer\*innen und Sportler\*innen an der Weltspitze oder jene auf dem Weg dorthin im Hinblick auf die Trainingsplanung und Zielsetzung. Weiter können die Resultate auch für die Talentselektion und den Juniorenbereich von Bedeutung sein, um Leistungslimiten zu definieren und Selektionen zu machen. Die Resultate dieser Arbeit sind auch für die Sportmedizin Nottwil von Bedeutung, um die Athleten, welche mit der Sportmedizin zusammenarbeiten, trainingswissenschaftlich besser unterstützen zu können und ihnen so zu helfen, an die Weltspitze zu kommen oder dort zu verbleiben.

Dies führt zu folgenden Fragestellungen und Hypothesen:

- Gibt es Unterschiede im Leistungsverlauf der beiden Sportarten und insbesondere zwischen den einzelnen Disziplinen (Kurz-, Mittel-, und Langstrecken) von 2010-2019? Wenn ja, wieso?  
→ Hypothese: Im Schwimmen sind die Leistungsverbesserungen grösser als in den Laufdisziplinen der Leichtathletik
- Gibt es Unterschiede im Leistungsverlauf der beiden Geschlechter?  
→ Hypothese: Die Frauen nähern sich leistungsmässig den Männern an, vor allem im Langstreckenbereich

Nebenfragestellungen:

- Inwiefern hat sich die Leistungsdichte in den beiden Sportarten verändert? Gibt es Unterschiede und wenn ja, wieso?  
→ Hypothese: Die Weltspitze hat sich vergrössert, d. h. es wird schwieriger dorthin zu gelangen und zu verbleiben
- Gibt es Unterschiede im Leistungsverlauf der beiden Sportarten und insbesondere zwischen den einzelnen Disziplinen (Kurz-, Mittel-, und Langstrecken) in den Coronajahren 2019-2021? Wenn ja, wieso?  
→ Hypothese: Beide Sportarten erlebten einen Leistungseinbruch, der Schwimmsport deutlicher als die Leichtathletik
- Gibt es Unterschiede im Leistungsverlauf der beiden Geschlechter von 2019-2021?  
→ Hypothese: Es gibt keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Geschlechtern

## **2 Methode**

### **2.1 Datenerhebung**

Die Athletendaten und -leistungen wurden mittels Internetrecherche auf den offiziellen Webseiten des internationalen Schwimmverbands FINA (fina.org) und des internationalen Leichtathletikverbands IAAF (worldathletics.org) erhoben. Für die Leistungsentwicklung wurde von jedem Athleten und jeder Athletin die beste Leistung der jeweiligen Saison in die Auswertung genommen. Pro Saison wurden in allen Disziplinen (Schwimmen Freistil: 100 m, 400 m, 1500 m; Leichtathletik: 400 m, 1500 m, 5000 m) die Leistungen der zehn besten Athleten\*innen pro Disziplin erhoben.

Für die Analyse der Leistungsdichte wurden drei Leistungsgrenzen festgelegt. Die mittlere Grenze war die Leistungsnorm der Olympischen Spiele von Tokio 2021, welche von den beiden Weltverbänden FINA und World Athletics festgelegt wurden. Zusätzlich wurde eine untere und eine obere Grenze festgelegt, in dem von der Olympia-Norm 1 % abgezogen beziehungsweise dazugerechnet wurde. Dies wurde für die Männer und Frauen in beiden Sportarten in allen sechs Disziplinen gemacht. 1 % wurde gewählt, damit der Unterschied zur Olympianorm genügend gross ist und so ein sichtbarer Effekt entsteht, aber nicht zu gross und so (fast) keine Athleten die obere Limite erreichen.

### **2.2 Analysezeitraum**

Die Weltbestleistungen wurden in allen Disziplinen von 2010 bis und mit 2021 erhoben und analysiert. In einem ersten Teil der Arbeit wurde der Zeitraum 2010 bis und mit 2019 analysiert, da durch die Coronapandemie ein grosser Teil der Wettkämpfe im Jahr 2020 abgesagt wurden und so dieses Jahr nicht vergleichbar ist mit den Jahren zuvor. Im Jahr 2021 wurden die meisten Wettkämpfe wieder durchgeführt. So konnten in einem weiteren Teil der Arbeit die Wettkampfleistungen von 2021 mit den Leistungen von 2020 und 2019 verglichen werden und die Effekte der Pandemie auf die sportlichen Leistungen analysiert werden.

### **2.3 Datenauswertung**

Die Leistungsentwicklung wurde innerhalb der Geschlechter zwischen jeweils zwei Disziplinen analysiert. Die sechs Disziplinen wurden in drei Kategorien unterteilt: Kurzdistanz, Mitteldistanz und Langdistanz. Die Disziplinen 100 m Schwimmen und 400 m Leichtathletik wurden in die Kurzdistanz, 400 m Schwimmen und 1500 m Leichtathletik in die Mitteldistanz, und

1500 m Schwimmen und 5000 m Leichtathletik in die Langdistanz eingeteilt. Die jeweiligen zwei Disziplinen innerhalb der gleichen Kategorien wurden mittels einer Regressionsanalyse in Microsoft® Excel (Version 16.42) ausgewertet. Die Signifikanz der Leistungsentwicklung von 2010 bis 2019 wurden in Jamovi® (Version 1.6.23.0) mittels T-Test ausgewertet. Weiter wurden die Daten auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) und Varianzhomogenität (Levene's Test) geprüft. Falls die Normalverteilung oder die Varianzhomogenität verletzt waren, wurden die Daten mit nichtparametrischen Verfahren wie dem Mann-Whitney-U-Test oder dem Welsch's T-Test ausgewertet.

Die Signifikanz der Leistungsentwicklung in den Jahren 2019, 2020 und 2021 wurden mittels einer One-Way Anova, gefolgt von einem Posthoc-Test in Jamovi® überprüft.

Die Leistungsentwicklung zwischen den Geschlechtern in der gleichen Disziplin wurden mittels einer Regressionsanalyse in Microsoft® Excel analysiert. Das Signifikanzniveau wurde bei  $p < 0.05$  festgelegt.

## 3 Resultate

### 3.1 Disziplinenvergleich 2010-2019

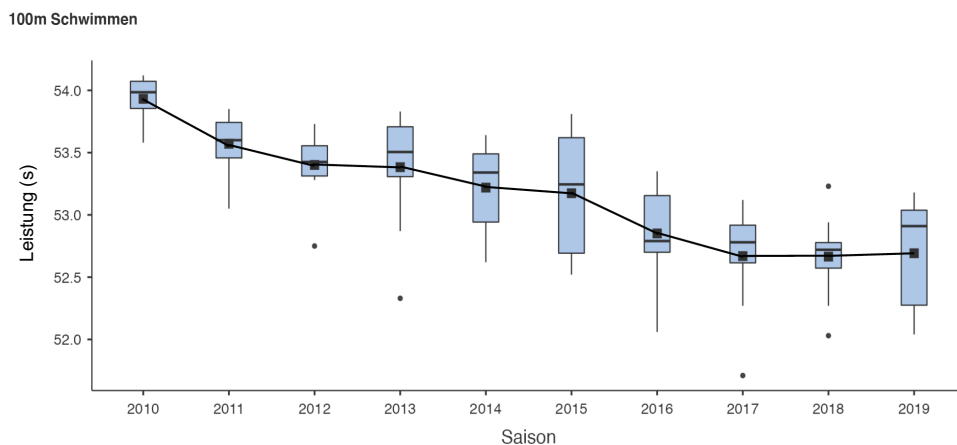
#### 3.1.1 Kurzdistanz

Die Frauen (Abb. 4) verbesserten sich auf den 100 m im Schwimmen im Durchschnitt signifikant um 2.3 % (Median: 1.98 %;  $p < .001$ ) von  $53.93 \pm 0.18$  s (Median: 53.98 s) im 2010 auf  $52.69 \pm 0.44$  s (Median: 52.91 s) im 2019. Auf den 400 m in der Leichtathletik verbesserten sich die Frauen um 0.78 % (0.32 %) von  $50.13 \pm 0.29$  s (50.07 s) auf  $49.74 \pm 0.89$  s (49.91 s). Diese Verbesserung war nicht signifikant ( $p = 0.225$ ).

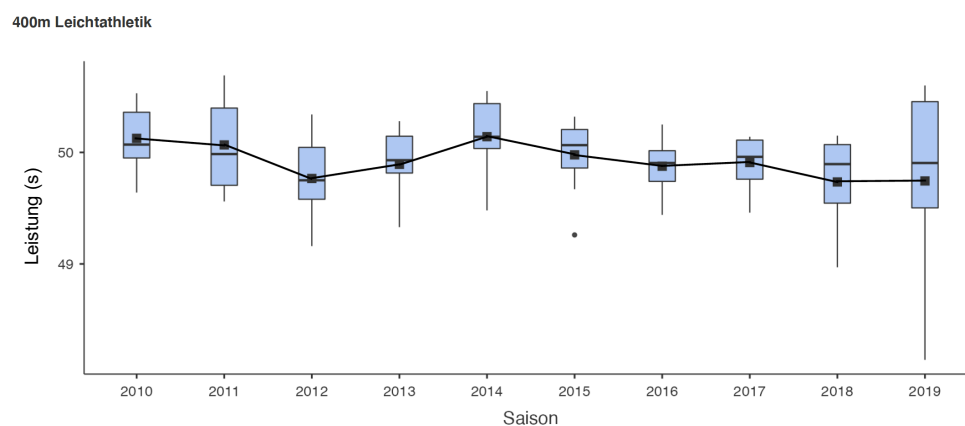
#### Abbildung 4

##### *Leistungsentwicklung der Frauen auf den Kurzdistanzen*

**A**



**B**



*Anmerkung.* Vergleich der Leistungsentwicklung auf den 100 m Schwimmen (A) und den 400 m Leichtathletik (B) bei den Frauen von 2010 bis 2019. Die einzelnen schwarzen Punkte

sind Ausreisser (alle Werte, die weiter als das 1.5-fache der Länge der Box von dieser entfernt sind).

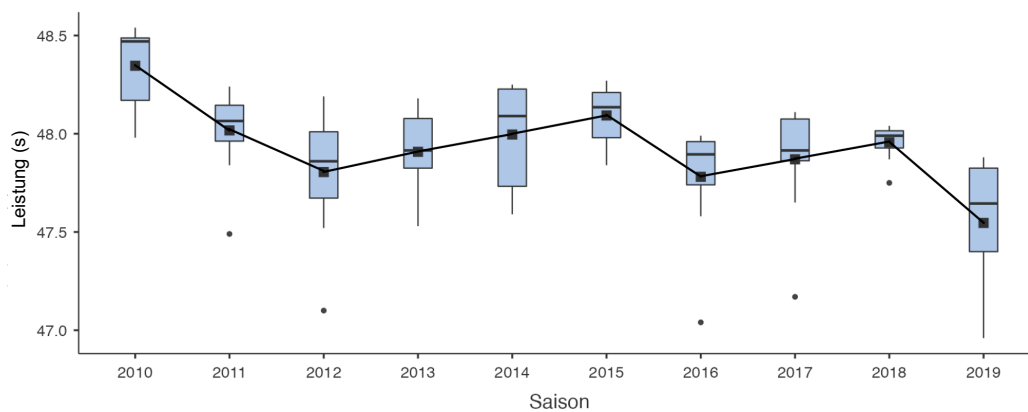
Die Männer (Abb. 5) verbesserten sich auf denselben Distanzen ebenfalls und in beiden Fällen signifikant ( $p < .001$ ). Im Schwimmen auf den 100 m um 1.65 % (Median: 1.71 %) von  $48.35 \pm 0.2$  s (Median: 48.47 s) auf  $47.55 \pm 0.33$  s (47.64 s) und auf den 400 m in der Leichtathletik um 1.3 % (1.05 %) von  $44.62 \pm 0.22$  s (44.7 s) auf  $44.04 \pm 0.36$  s (44.23 s).

## Abbildung 5

### Leistungsentwicklung der Männer auf den Kurzdistanzen

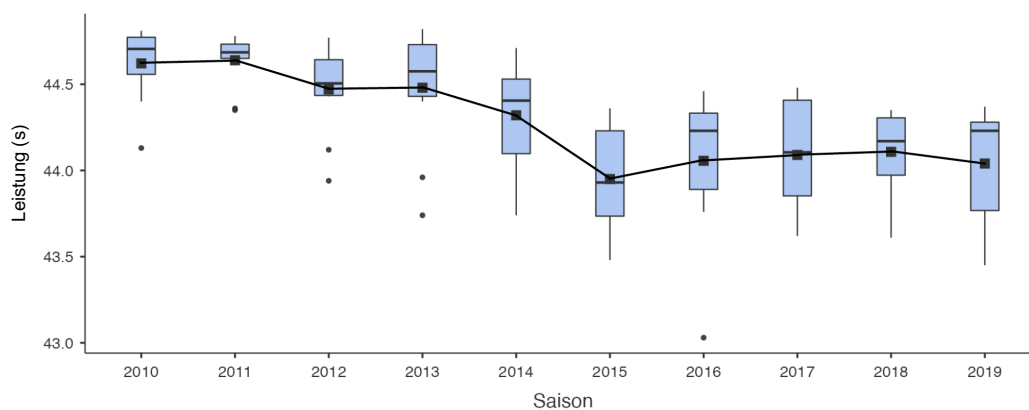
**A**

100m Schwimmen



**B**

400m Leichtathletik



*Anmerkung.* Vergleich der Leistungsentwicklung auf den 100 m Schwimmen (A) und den 400 m Leichtathletik (B) bei den Männern von 2010 bis 2019. Die einzelnen schwarzen Punkte sind Ausreisser (alle Werte, die weiter als das 1.5-fache der Länge der Box von dieser entfernt sind).



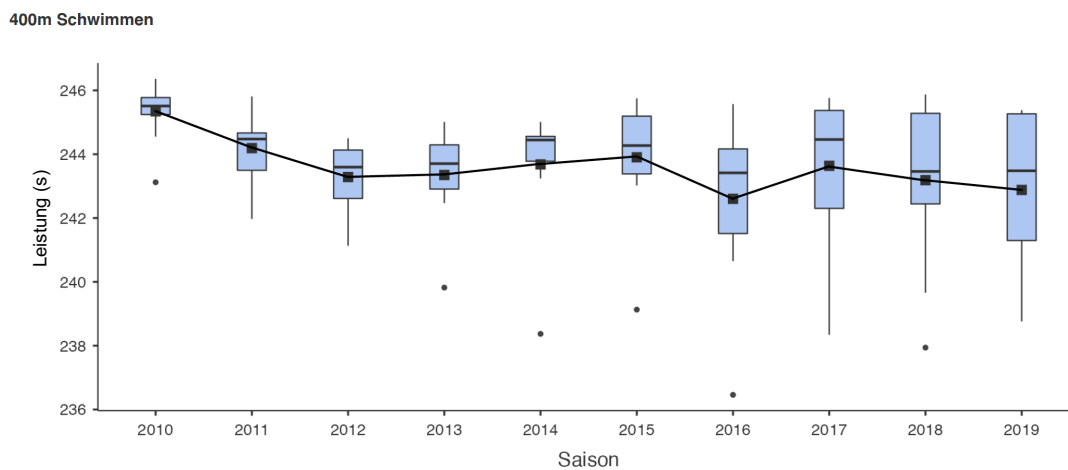
### 3.1.2 Mitteldistanz

Auf den Mitteldistanzen verbesserten sich die Frauen (Abb. 6) in beiden Disziplinen signifikant. Im 400 m Schwimmen lag die Verbesserung bei 1.00 % (Median: 0.83 %;  $p = 0.011$ ) von  $245.34 \pm 0.94$  s (Median: 245.51 s) auf  $242.88 \pm 2.56$  s (243.48 s). Auf den 1500 m in der Leichtathletik verbesserten sich die Athletinnen um 1.67 % (1.73 %;  $p < .001$ ) von  $239.84 \pm 0.63$  s (239.77 s) auf  $235.84 \pm 2.16$  s (235.62 s).

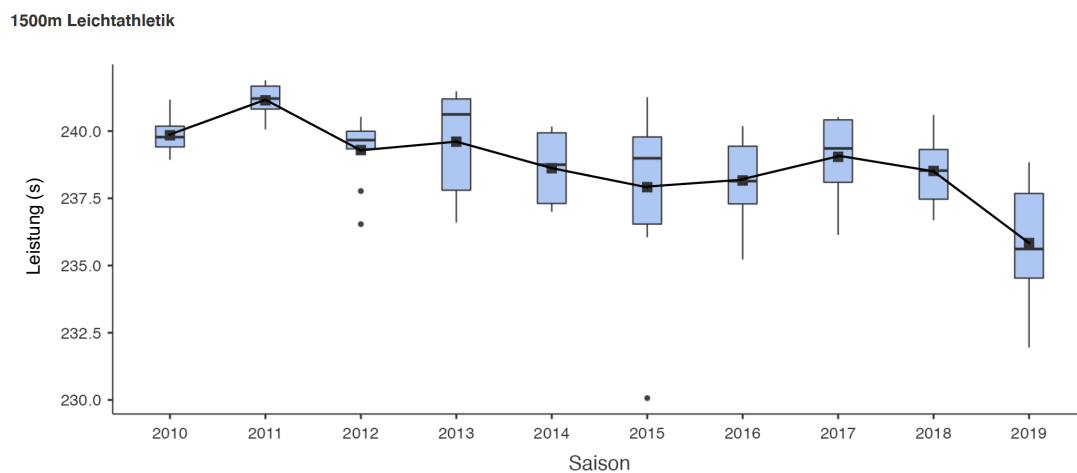
#### Abbildung 6

##### Leistungsentwicklung der Frauen auf den Mitteldistanzen

A



B



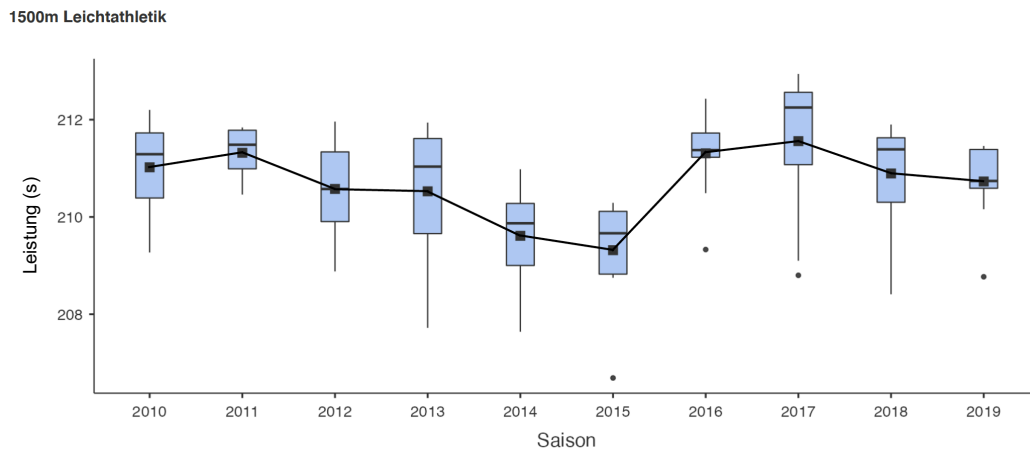
*Anmerkung.* Vergleich der Leistungsentwicklung auf den 400 m Schwimmen (A) und den 1500 m Leichtathletik (B) bei den Frauen von 2010 bis 2019. Die einzelnen schwarzen Punkte sind Ausreisser (alle Werte, die weiter als das 1.5-fache der Länge der Box von dieser entfernt sind).

Die Männer (Abb. 7) steigerten sich in beiden Disziplinen, im Schwimmen war die Steigerung signifikant ( $p = 0.019$ ), in der Leichtathletik wurde keine Signifikanz erreicht ( $p = 0.247$ ). Im Schwimmen lag die Steigerung bei 0.8 % (Median: 1.03 %) und die Athleten verbesserten sich von  $226.11 \pm 2.27$  s (Median: 226.84 s) auf  $224.29 \pm 1.17$  s (224.51 s). Die Verbesserung in der Leichtathletik betrug 0.13 % (0.26 %) von  $211.02 \pm 1.04$  s (211.29) auf  $210.73 \pm 0.82$  s (210.74 s) im 2019.

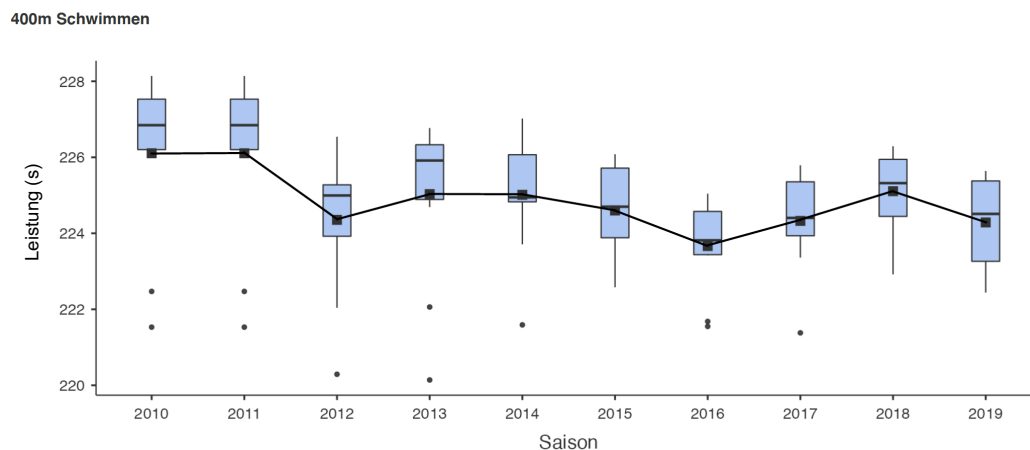
## Abbildung 7

### Leistungsentwicklung der Männer auf den Mitteldistanzen

**A**



**B**



*Anmerkung.* Vergleich der Leistungsentwicklung auf den 400 m Schwimmen (A) und den 1500 m Leichtathletik (B) bei den Männern von 2010 bis 2019. Die einzelnen schwarzen Punkte sind Ausreisser (alle Werte, die weiter als das 1.5-fache der Länge der Box von dieser entfernt sind).

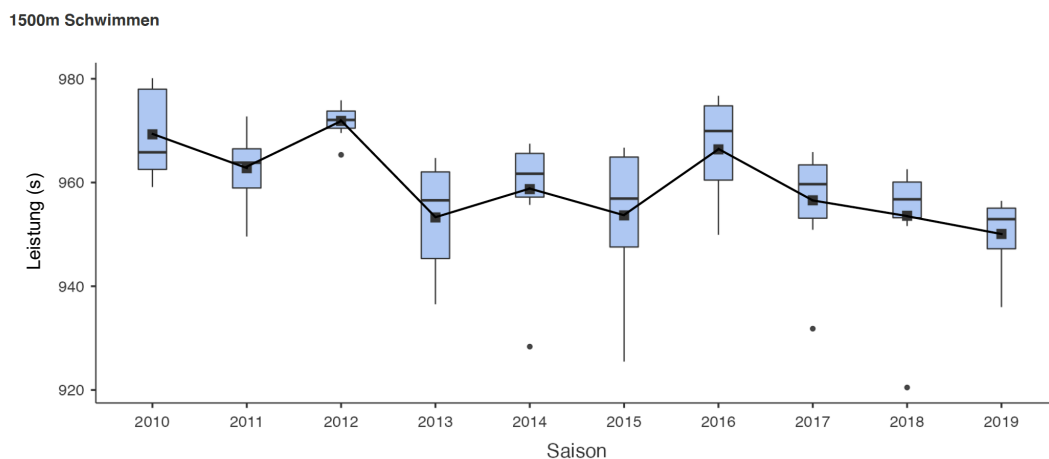
### 3.1.3 Langdistanz

Die Verbesserung in den beiden Langdistanzdisziplinen der Frauen (Abb. 8) betrug auf den 1500 m im Schwimmen 1.98 % (Median: 1.34 %;  $p < .001$ ) und auf den 5000 m in der Leichtathletik 0.50 % (0.39 %;  $p = 0.092$ ). Im Schwimmen verbesserten sich die Athletinnen von  $969.29 \pm 8.41$  s (Median: 965.83 s) auf  $950.08 \pm 7.01$  s (952.93 s). In der Leichtathletik lag die Durchschnittszeit im Jahr 2010 bei  $873.09 \pm 4.01$  s (871.91 s) und im 2019 bei  $868.75 \pm 6.62$  s (868.51 s).

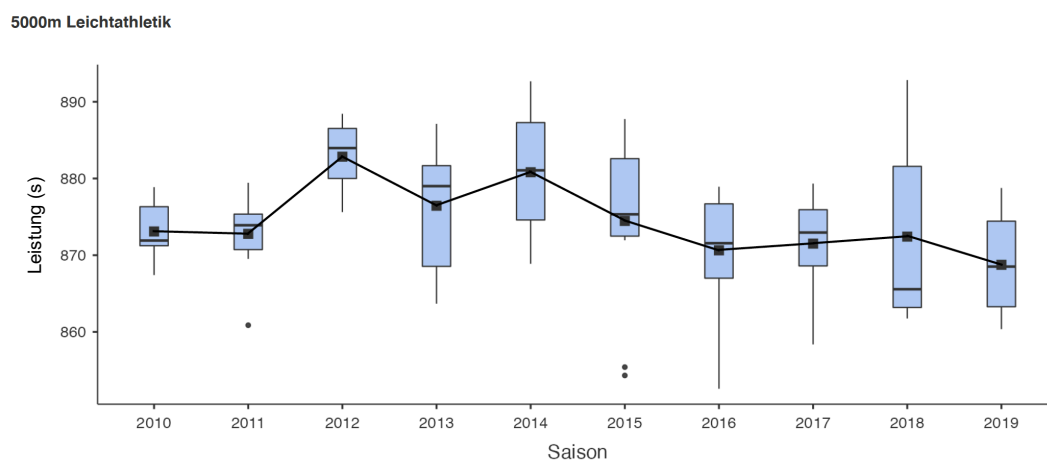
#### Abbildung 8

##### Leistungsentwicklung der Frauen auf den Langdistanzen

A



B



*Anmerkung.* Vergleich der Leistungsentwicklung auf den 1500 m Schwimmen (A) und den 5000 m Leichtathletik (B) bei den Frauen von 2010 bis 2019. Die einzelnen schwarzen Punkte sind Ausreisser (alle Werte, die weiter als das 1.5-fache der Länge der Box von dieser entfernt sind).

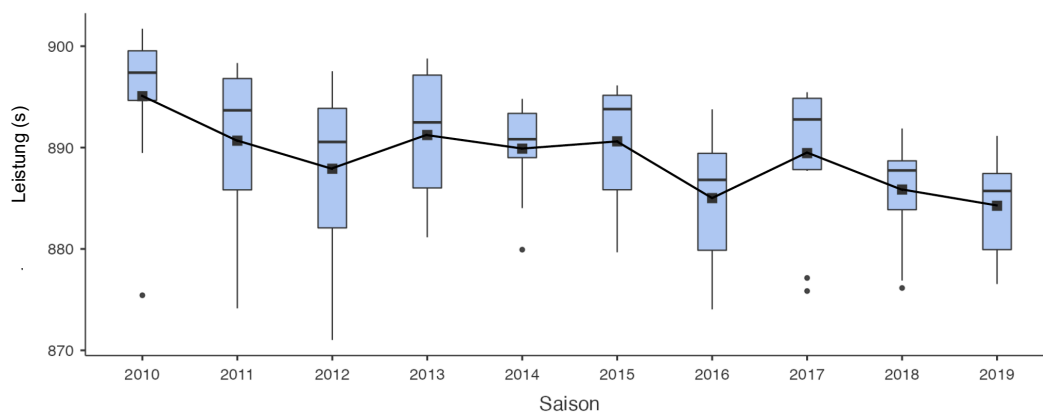
Die Männer (Abb. 9) verbesserten sich im Schwimmen um 1.21 % (Median: 1.3 %;  $p = 0.002$ ) und in der Leichtathletik verschlechterten sie sich um 0.34 % (0.41 %;  $p = 0.006$ ). Auf den 1500 m im Schwimmen steigerten sie sich von  $895.07 \pm 7.78$  s (Median: 897.39 s) auf  $884.26 \pm 5.01$  s (885.72 s) und auf den 5000 m in der Leichtathletik lag die Durchschnittszeit 2010 bei  $773.79 \pm 1.56$  s (773.78 s) und 2019 bei  $776.41 \pm 2.12$  s (776.94 s).

## Abbildung 9

### Leistungsentwicklung der Männer auf den Langdistanzen

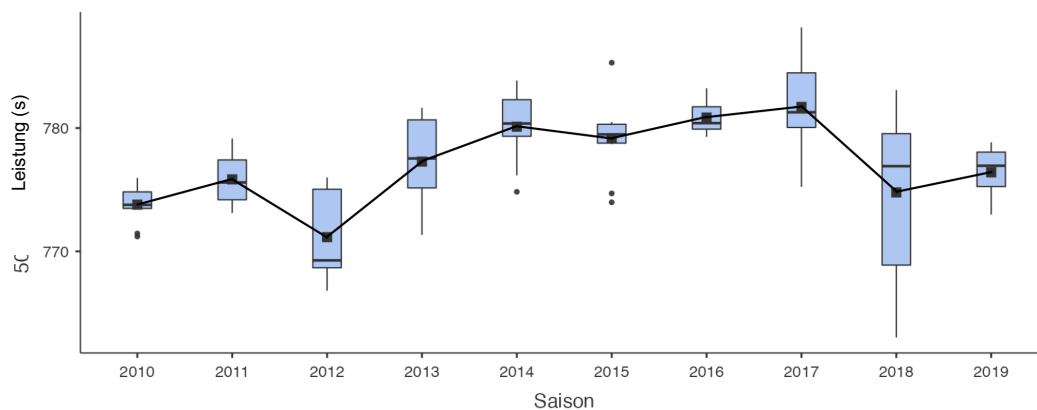
**A**

1500m Schwimmen



**B**

5000m Leichtathletik



*Anmerkung.* Vergleich der Leistungsentwicklung auf den 1500 m Schwimmen (A) und den 5000 m Leichtathletik (B) bei den Männern von 2010 bis 2019. Die einzelnen schwarzen Punkte sind Ausreisser (alle Werte, die weiter als das 1.5-fache der Länge der Box von dieser entfernt sind).

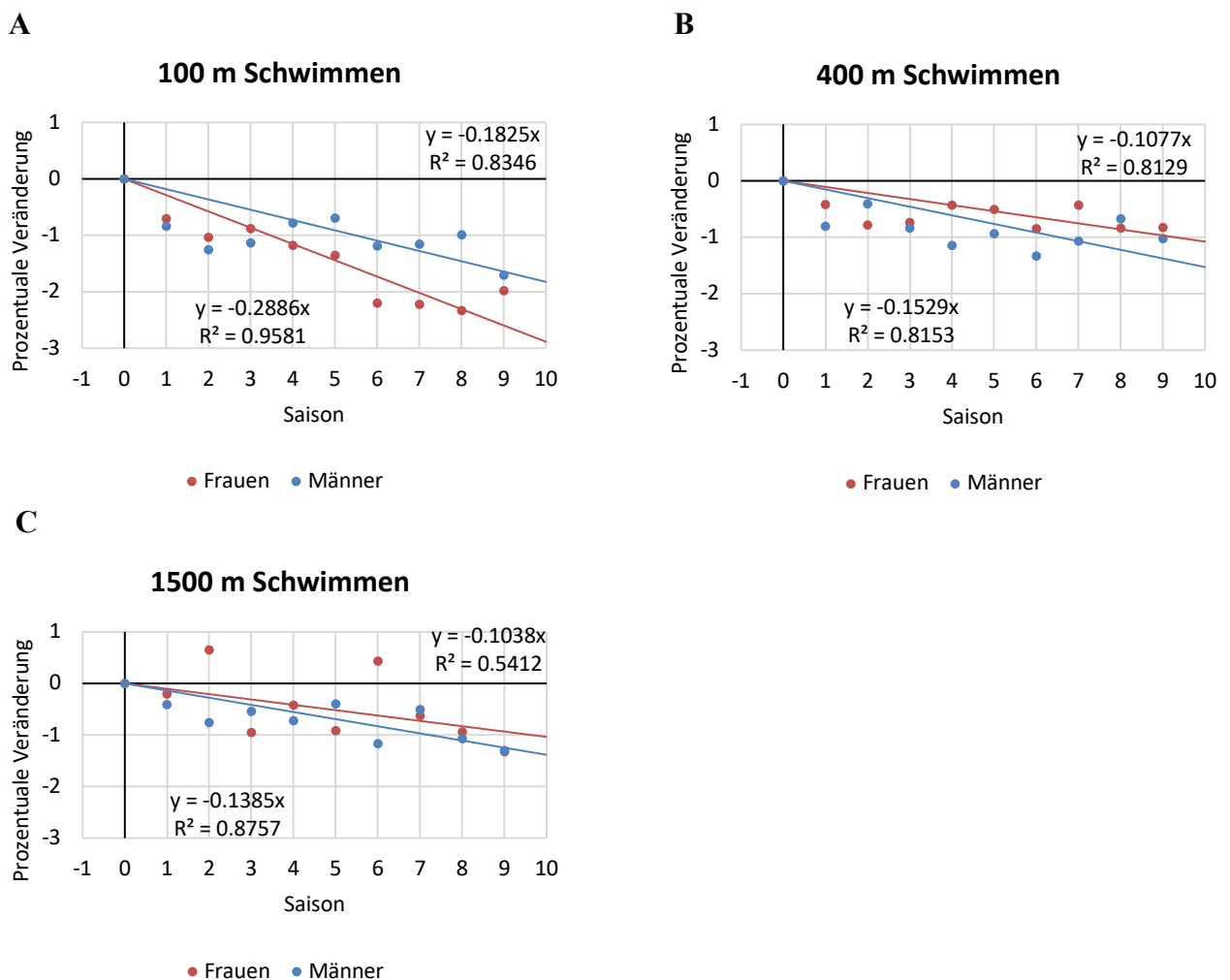
## 3.2 Geschlechtervergleich 2010-2019

### 3.2.1 Schwimmen

Die Verbesserung der zehn besten Athleten\*innen bis 2019 auf den 100 m betrug 1.98 % bei den Frauen und die Regressionsgerade wies eine Steigung von -0.29 auf, während sich die Männer um 1.71 % verbesserten und die Steigung -0.18 betrug. Auf den 400 m lag die Geradensteigung bei den Frauen bei -0.11 und bei den Männern bei -0.15. Auf der Langdistanz der Männer betrug die Steigung -0.14 und bei den Frauen -0.10.

### Abbildung 10

*Vergleich der Leistungsentwicklung zwischen Frauen und Männern im Schwimmen*



*Anmerkung.* Veränderungen des Medians der Leistungen der 10 besten Athleten\*innen pro Saison. Saison 0 = 2010, Saison 9 = 2019. Positive Veränderungen zeigen eine Verschlechterung der Leistung, negative Veränderungen eine Verbesserung.

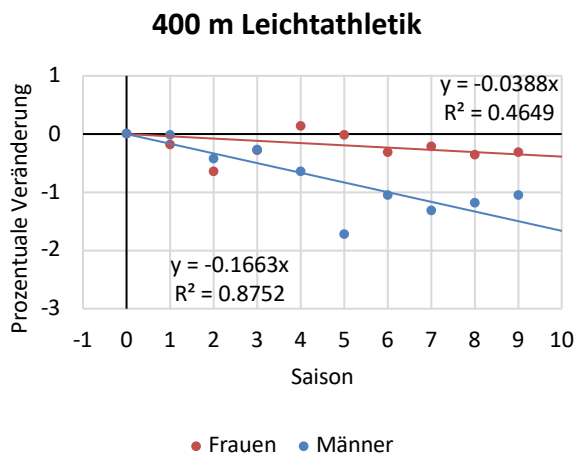
### 3.2.2 Leichtathletik

In der Leichtathletik lag der Verbesserungstrend bei den Frauen auf den 400 m mit einer Regressionsgeradensteigung bei -0.04 während er bei den Männern bei -0.17 war. Im Mitteldistanzbereich lag die Steigung bei den Männern bei -0.02 und bei den Frauen bei -0.09. Auf den Langdistanzen gab es einen positiven Trend bei beiden Geschlechtern. Bei den Frauen betrug die Steigung 0.01 und bei den Männern 0.09.

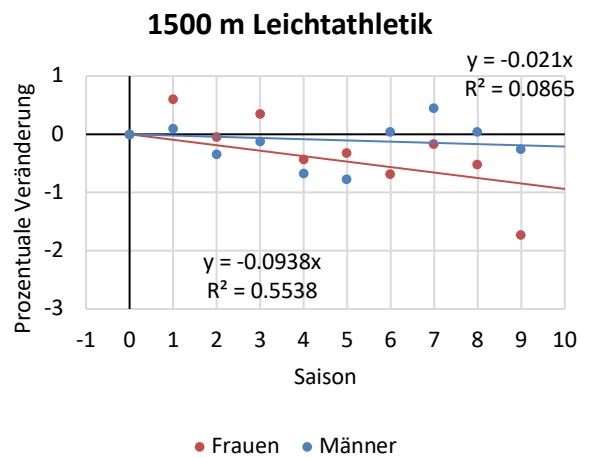
**Abbildung 11**

*Vergleich der Leistungsentwicklung zwischen Frauen und Männern in der Leichtathletik*

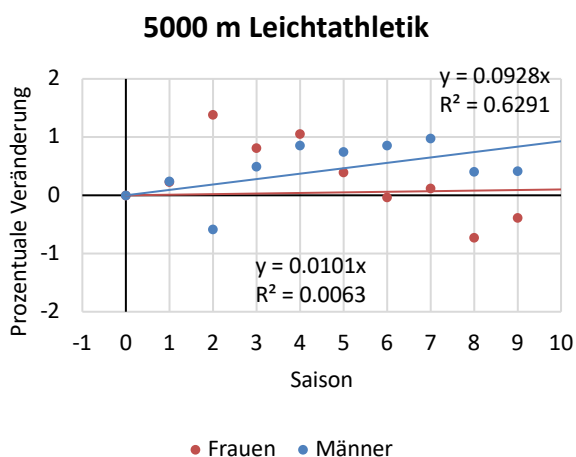
**A**



**B**



**C**



*Anmerkung.* Veränderungen des Medians der Leistungen der 10 besten Athleten\*innen. Saison 0 = 2010, Saison 9 = 2019. Positive Veränderungen zeigen eine Verschlechterung der Leistung, negative Veränderungen eine Verbesserung.

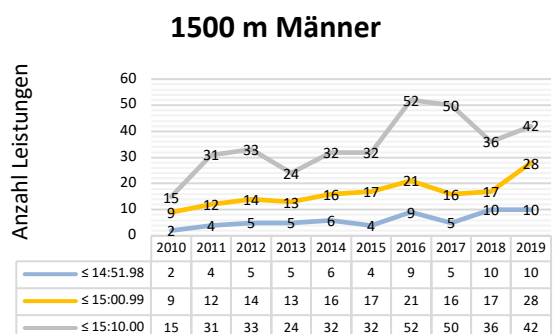
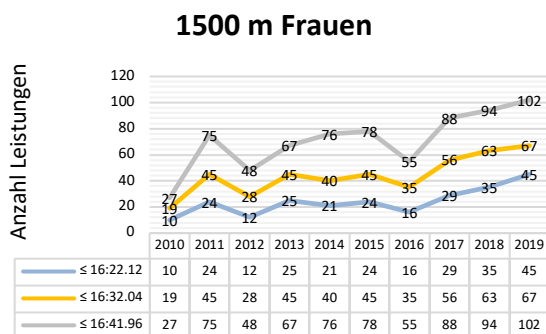
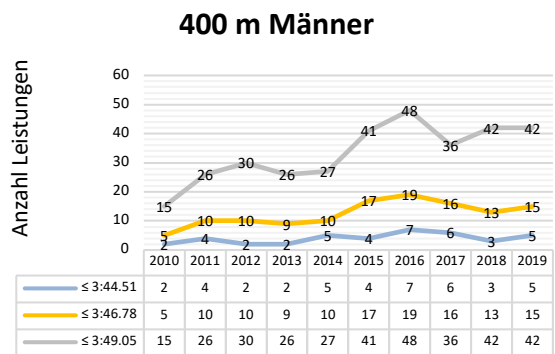
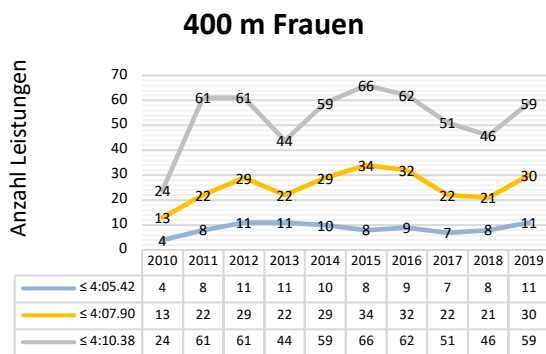
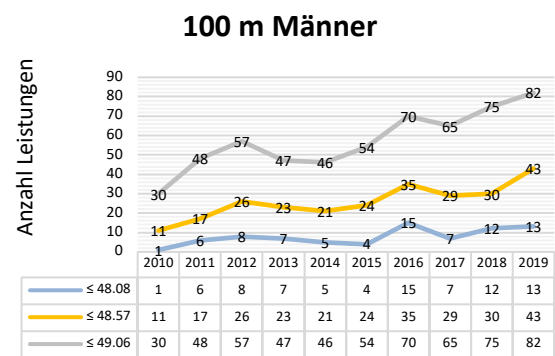
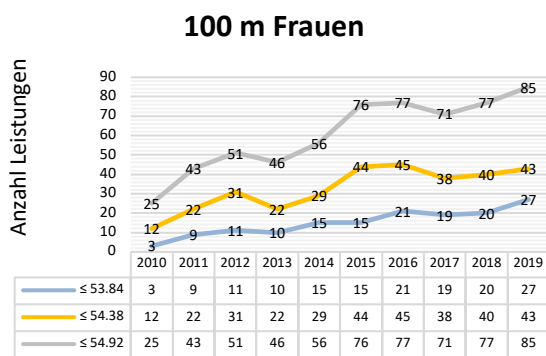
### 3.3 Leistungsdichte

#### 3.3.1 Schwimmen

Nachfolgend finden sich die Entwicklungen der Anzahl an Leistungen auf den 100 m, den 400 m und den 1500 m im Schwimmen unter dem Olympiastandard von Tokio 2021, -1 % und +1 % von diesem.

**Abbildung 12**

*Entwicklung der Leistungsdichte im Schwimmen von 2010 bis 2019*



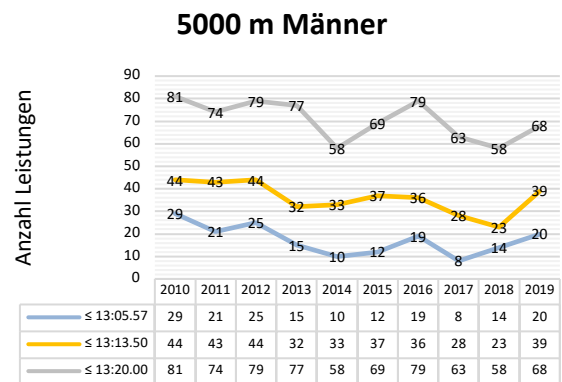
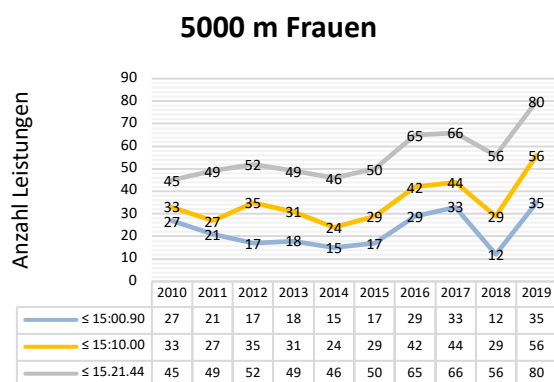
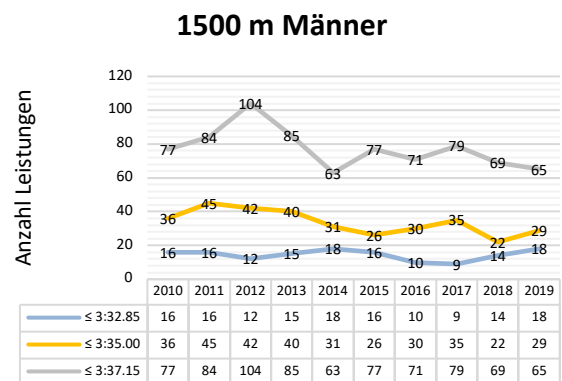
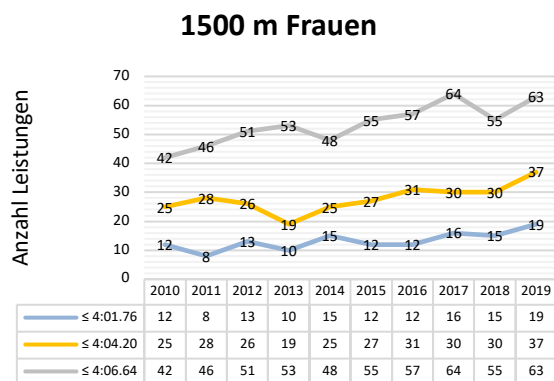
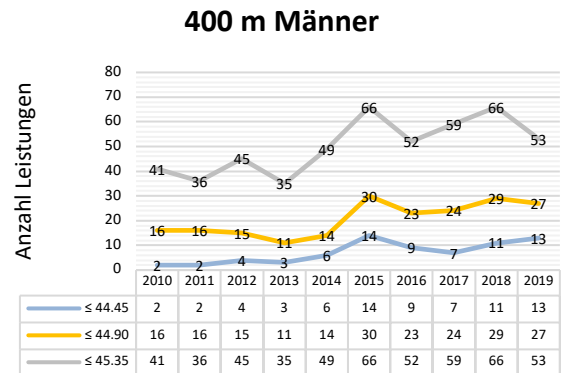
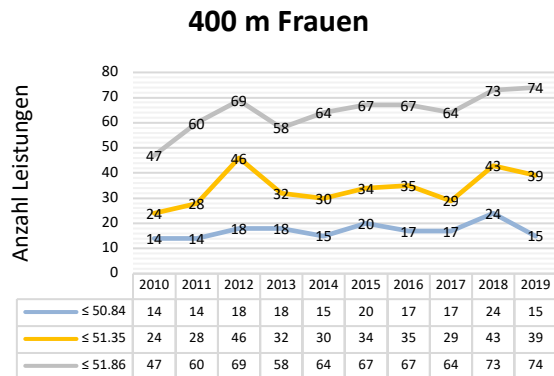
*Anmerkung.* Gelb = Olympiastandard Tokio 2021, Blau = -1 %, Grau = +1 %

### 3.3.2 Leichtathletik

Nachfolgend finden sich die Entwicklungen der Anzahl an Leistungen auf den 400 m, 1500 m und 5000 m unter dem Olympiastandard von Tokio 2021, -1 % und +1 % von diesem.

**Abbildung 13**

*Entwicklung der Leistungsdichte in der Leichtathletik von 2010 bis 2019*



Anmerkung. Gelb = Olympiastandard Tokio 2021, Blau = -1 %, Grau = +1 %



### 3.4 Coronajahre 2019-2021

#### 3.4.1 Disziplinenvergleich

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Veränderungen zwischen den Sportarten und Disziplinen in den Jahren 2019 bis 2021.

**Tabelle 1**

*Leistungsvergleich der verschiedenen Disziplinen in den Jahren 2019 bis 2021*

<b>Frauen</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Kurzdistanz</b>			
100 m Schwimmen	52.91	53.35 (+0.83 %)*	52.69 (-1.24 %)**
400 m Leichtathletik	49.91	51.17 (+2.52 %)**	49.48 (-3.30 %)**
<b>Mitteldistanz</b>			
400 m Schwimmen	239.96	246.30 (+2.64 %)*	242.35 (-1.60 %)**
1500 m Leichtathletik	235.62	240.25 (+1.97 %)**	237.16 (-1.29 %)**
<b>Langdistanz</b>			
1500 m Schwimmen	952.93	960.34 (+0.78 %)	946.74 (-1.41 %)
5000 m Leichtathletik	868.51	876.64 (+0.94 %)	866.51 (-1.16 %)

<b>Männer</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Kurzdistanz</b>			
100 m Schwimmen	47.64	48.33 (+1.45 %)**	47.48 (-1.76 %)**
400 m Leichtathletik	44.23	45.23 (+2.26 %)**	44.05 (-2.61 %)**
<b>Mitteldistanz</b>			
400 m Schwimmen	224.51	225.27 (+0.34 %)	223.91 (-0.61 %)*
1500 m Leichtathletik	210.74	211.60 (+0.41 %)	209.53 (-0.98 %)
<b>Langdistanz</b>			
1500 m Schwimmen	885.72	898.99 (+1.50 %)	889.74 (-1.03 %)
5000 m Leichtathletik	776.94	775.28 (-0.21 %)	772.61 (-0.34 %)

*Anmerkung.* Positive Veränderungen bedeuten eine Verschlechterung, negative Veränderungen eine Verbesserung der Leistung. Leistungen als Median. \*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001.

### 3.4.2 Geschlechtervergleich

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Veränderungen zwischen den Geschlechtern in den Jahren 2019 bis 2021.

**Tabelle 2**

*Geschlechtervergleich der verschiedenen Disziplinen in den Jahren 2019 bis 2021*

<b>Schwimmen</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>100 m</b>			
Frauen	52.91	53.35 (+0.83 %)*	52.69 (-1.24 %)**
Männer	47.64	48.33 (+1.45 %)**	47.48 (-1.76 %)**
<b>400 m</b>			
Frauen	239.96	246.30 (+2.64 %)*	242.35 (-1.60 %)**
Männer	224.51	225.27 (+0.34 %)	223.91 (-0.61 %)*
<b>1500 m</b>			
Frauen	952.93	960.34 (+0.78 %)	946.74 (-1.41 %)
Männer	885.72	898.99 (+1.50 %)	889.74 (-1.03 %)
<b>Leichtathletik</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>400 m</b>			
Frauen	49.91	51.17 (+2.52 %)**	49.48 (-3.30 %)**
Männer	44.23	45.23 (+2.26 %)**	44.05 (-2.61 %)**
<b>1500 m</b>			
Frauen	235.62	240.25 (+1.97 %)**	237.16 (-1.29 %)**
Männer	210.74	211.60 (+0.41 %)	209.53 (-0.98 %)
<b>5000 m</b>			
Frauen	868.51	876.64 (+0.94 %)	866.51 (-1.16 %)
Männer	776.94	775.28 (-0.21 %)	772.61 (-0.34 %)

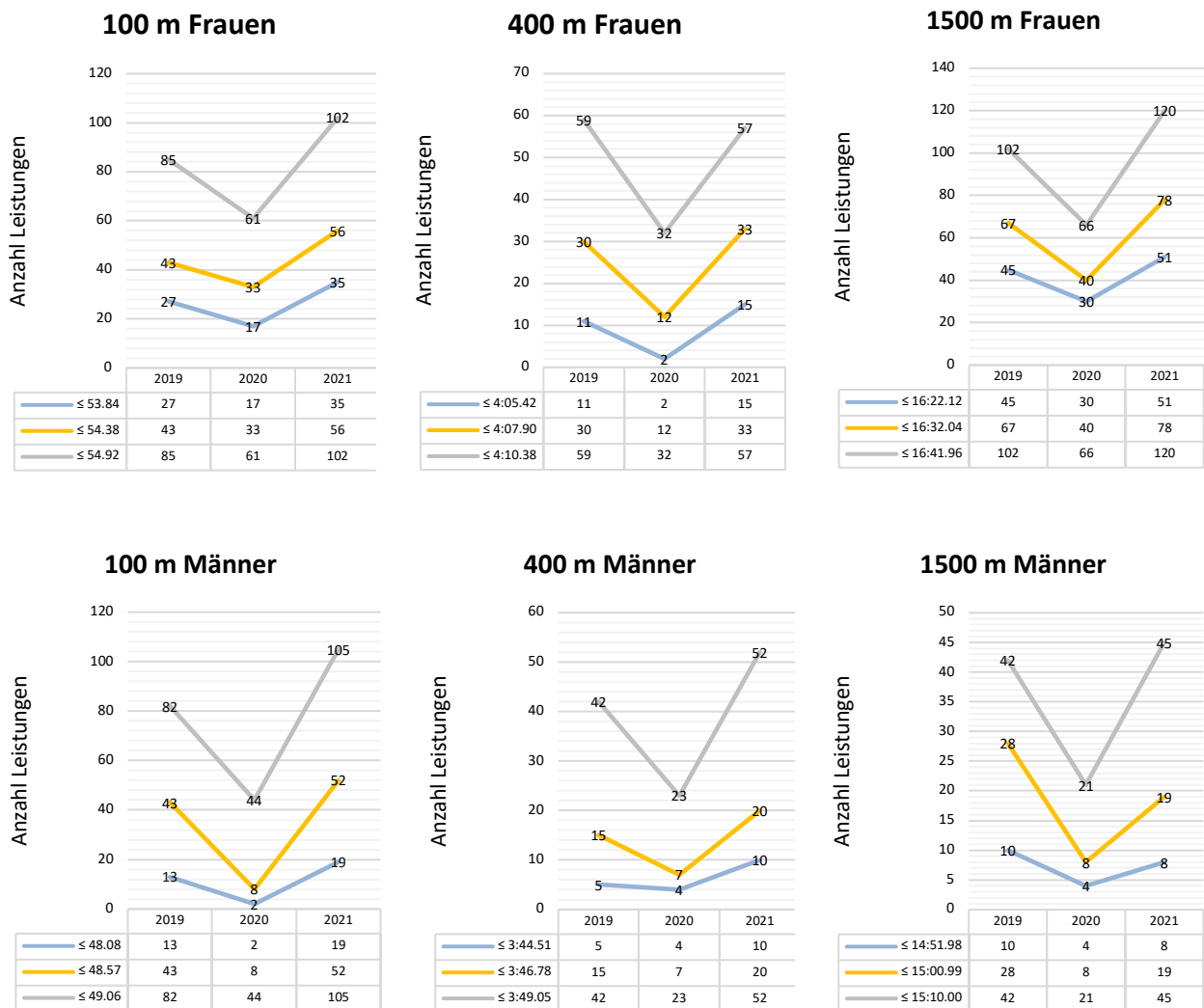
*Anmerkung.* Positive Veränderungen bedeuten eine Verschlechterung, negative Veränderungen eine Verbesserung der Leistung. Leistungen als Median. \*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001.

### 3.4.3 Leistungsdichte

Nachfolgend finden sich die Entwicklungen der Anzahl an Leistungen in den Schwimmdisziplinen 100 m, 400 m und 1500 m (Abb. 14) und Leichtathletikdisziplinen 400 m, 1500 m, 5000 m (Abb. 15) unter dem Olympiastandard von Tokio 2021, -1 % und +1 % von diesem.

#### Abbildung 14

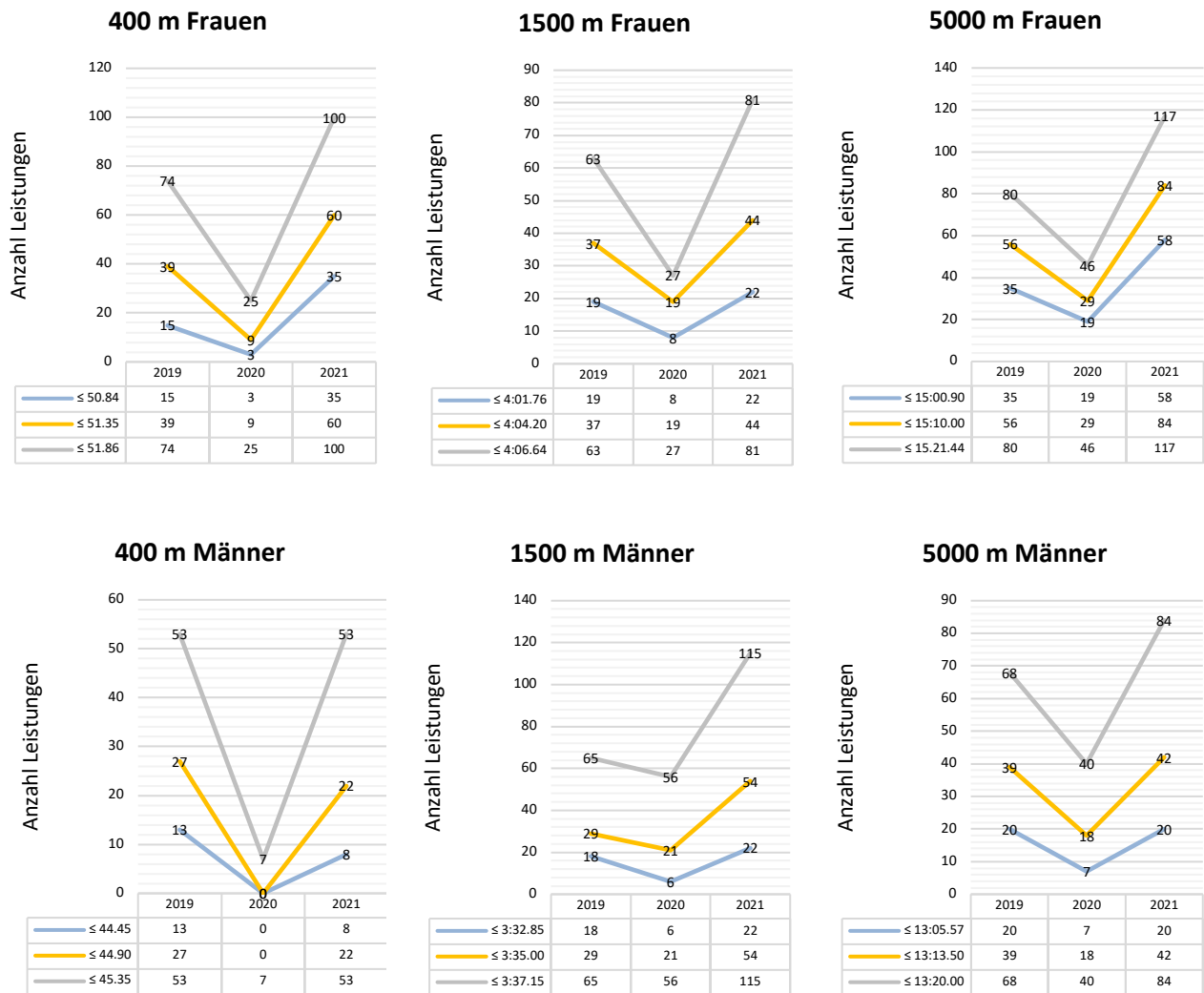
Entwicklung der Leistungsdichte im Schwimmen in den Jahren 2019 bis 2021



Anmerkung. Gelb = Olympiastandard von Tokio 2021, Blau = -1 %, Grau = +1 %.

## Abbildung 15

Entwicklung der Leistungsdichte in der Leichtathletik in den Jahren 2019 bis 2021



Anmerkung. Gelb = Olympiastandard von Tokio 2021, Blau = -1 %, Grau = +1 %.

## 4 Diskussion

### 4.1 Distanzbereiche

Bis 2019 wurden in den meisten Disziplinen Leistungsverbesserungen erzielt. Auffallend ist, dass in fast allen Disziplinen die Verbesserung im Schwimmen grösser war als in der Leichtathletik. Nur im Mitteldistanzbereich der Frauen konnten die Leichtathletinnen einen grösseren Fortschritt erzielen als die Schwimmerinnen. Jedoch war auf den 1500 m der Frauen bis und mit dem Jahr 2018 die Verbesserung noch nicht sehr gross, bis im Jahr 2019 ein starker Fortschritt erzielt wurde. Dies hängt damit zusammen, dass bei den Weltmeisterschaften in Doha 2019 ein sehr schneller 1500 m Final gelaufen wurde. Acht der neun Weltbestzeiten dieses Jahres wurden in jenem Final aufgestellt. Die Verbesserung bis ins Jahr 2018 betrug auf den 1500 m der Frauen nur 0.52 % (Median) während auf den 400 m Schwimmen die Verbesserung 0.84 % betrug.

In allen anderen Distanzbereichen ist die Verbesserung im Schwimmen teilweise deutlich grösser. Somit wird die Hypothese, dass sich das Schwimmen im Vergleich zur Leichtathletik stärker verbessert grösstenteils bestätigt. Berthelot et al. (2015) analysierten die Leistungen der Leichtathletik bis ins Jahr 2013 und fanden schon eine Stagnation ab den 90er Jahren, auch in den technischen Disziplinen wie dem Dreisprung. Klar gab es vereinzelt Weltrekorde, die zehn besten Leistungen pro Jahr verbesserten sich jedoch kaum. Im Schwimmen ist eine Stagnation ab 2011 zu sehen, dies beruht mit grosser Wahrscheinlichkeit auf dem Verbot der Ganzkörperanzüge. Seither konnte sich der Schwimmsport aber weiter verbessern und ist nun über dem Leistungsniveau von 2010. Berthelot et al. (2015) begründen die Stagnation damit, dass sich die Menschen (und auch die Tiere) ihrem Leistungslimit annähern. Da aber im Schwimmen sehr viele Disziplinen erst spät dazugekommen sind, ist es möglich, dass im Gegensatz zur Leichtathletik noch ein gewisses Potenzial vorhanden ist und sich so die Leistungen noch weiter verbessern.

Interessant ist im Schwimmen, dass vor allem in den Olympiejahren 2012 und 2016 die Verbesserung in vielen Disziplinen gross war. In der Leichtathletik ist dies nicht der Fall. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Finalläufe in der Leichtathletik tendenziell taktisch und damit die gelaufenen Zeiten nicht sehr schnell sind. Natürlich müssen die Athleten\*innen schon früher im Jahr die Olympialimiten laufen, jedoch sind dies keine Weltrekorde oder Weltbestleistungen. Anders ist dies im Schwimmen. Für alle Sportler\*innen sind die Olympischen Spiele der Saisonhöhepunkt und sie versuchen genau zu diesem Zeitpunkt in Topform zu sein. Da aber

bei den Schwimmwettkämpfen die Athleten\*innen in eigenen Bahnen schwimmen und die Rennen grundsätzlich nicht taktisch sind, werden sehr viele Welt- oder Olympiarekorde und damit Weltbestzeiten geschwommen. Warum dies jedoch auf den 400 m in der Leichtathletik nicht der Fall ist, ist unklar. Die Athleten laufen dort auch in eigenen Bahnen und die Rennen sind nicht taktisch. Daher würde es Sinn machen, wenn auch dort jeweils sehr schnelle Zeiten gelaufen werden, was jedoch nicht (regelmässig) passiert. Ein möglicher Grund könnten Unterschiede in der Beschaffenheit der Tartanbahn sein, da es schnellere und langsamere Bahnen gibt (McMahon & Greene, 1978). Auch andere äussere Umstände wie der Wind und die Lufttemperatur könnten eine Rolle spielen. Im Schwimmen sollten die Bedingungen immer identisch sein. Eine Variable ist die Wassertemperatur, jedoch ist auch diese geregelt und muss zwischen 25 und 28°C liegen (fina.org). Die Wasserhärte und die Beckentiefe sind andere Variablen, es finden sich jedoch keine wissenschaftlichen Belege, dass diese die Schwimmleistungen beeinflussen.

#### **4.2 Geschlechtervergleich**

Die Hypothese, dass sich die Frauen seit 2010 stärker verbessert haben als die Männer, konnte nicht klar bestätigt werden. Die Frauen kamen auf den 100 m Schwimmen näher an die Männer, verloren aber auf den 400 m an Boden und auf den 1500 m war die Verbesserung prozentual ein wenig grösser, der Verbesserungstrend ist jedoch bei den Männern grösser. Am Bestimmtheitsmass  $R^2$  sieht man aber, dass auf den 1500 m die Streuung bei den Frauen mit  $R^2 = 0.54$  viel grösser war als bei den Männern ( $R^2 = 0.87$ ). Die Frauen hatten in den Olympiajahren 2012 und 2016 zwei Leistungseinbrüche. In den Jahren danach konnten sie sich jeweils wieder stark verbessern. Ohne diese zwei Ausreisserjahre würde der Verbesserungstrend wahrscheinlich zugunsten der Frauen ausfallen. Ein möglicher Grund für diese Leistungsverschlechterung in diesen Jahren ist, dass die 1500 m der Frauen an den Olympischen Spielen noch nicht angeboten wurden. Diese Distanz wurde erst 2021 in Tokio eingeführt, wobei jedoch an den Weltmeisterschaften die 1500 m der Frauen schon 2001 eingeführt wurden (fina.org). Katie Ledecky (USA), die Jahresschnellste seit 2013 auf dieser Distanz, und andere Spitzenschwimmerinnen gingen in den Olympiajahren 2012 und 2016 über die 1500 m nie an den Start. Damit fehlten im 2012 und 2016 mehrere schnelle Zeiten und so kamen die Durchschnittleistungen der Top 10 Schwimmerinnen nicht an die Jahre zuvor und danach heran (fina.org).

In der Leichtathletik ist kein klarer Leistungstrend ersichtlich. Die Streuungen sind sehr unterschiedlich, dies sieht man am stark variierenden  $R^2$ . Auf den 400 m konnten sich die Männer relativ stark verbessern, während die Frauen nur eine kleine Verbesserung aufweisen können.

Auf den 1500 m müssen die Werte relativiert werden, da die Streuung bei beiden Geschlechtern sehr gross ist. Die Leistungssteigerung der Frauen kommt vor allem durch die sehr grosse Verbesserung im Jahr 2019 zu Stande. Bei den Männern liegt das  $R^2$  bei 0.086, was bedeutet, dass die Regressionsgerade nicht sehr aussagekräftig ist. Bis 2015 war ein Verbesserungstrend sichtbar, danach brach die Leistung aber wieder ein und lag 2019 nur knapp unter dem Ausgangswert von 2010. Auch auf den 5000 m liegt bei den Frauen eine sehr grosse Streuung vor. Bis 2019 resultierte eine kleine Verbesserung seit 2010, jedoch mit starken Schwankungen dazwischen. Bei den Männern ist die Streuung kleiner, bis auf das Jahr 2012 sind aber die Leistungen in allen Jahren schlechter als im Ausgangsjahr 2010.

Im Schwimmen scheint es also, als würden die Frauen aufholen gegenüber den Männern, in der Leichtathletik ist kein klarer Trend ersichtlich. Wainer et al. (2000) zeigten ähnliche Resultate in ihrer Studie bis ins Jahr 2000. Die Gründe dafür sahen sie ebenfalls darin, dass die Frauen noch nicht so lange kompetitiv sind wie die Männer, vor allem im Schwimmen. In jeder neuen Sportart steigen die Leistungen schnell stark an und stagnieren mit der Zeit. So war es auch bei den Männern. Die Leistungskurve flacht nun langsam ab. Da die Frauen aber später dazugekommen sind, sind sie noch in einem früheren «Leistungsstadium» und kommen so den Leistungen der Männer noch näher. Es kann davon ausgegangen werden, dass in der Zukunft die Frauenkurve auch abflachen und es mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit nicht zu einem Leistungszusammenschluss der beiden Geschlechter kommen wird.

#### **4.3 Leistungsdichte**

Im Schwimmen sieht man in der Leistungsdichte einen klaren Trend nach oben in allen Disziplinen und bei beiden Geschlechtern. Es schwimmen also mehr Athleten und Athletinnen unter gewissen Richtzeiten. Sehr auffallend ist, dass in den Olympiajahren 2012 und 2016 Leistungspeaks zu erkennen sind. Vor allem beim Olympiastandard und bei der 1 % langsameren Richtzeit sind diese Leistungssprünge zu sehen (Abb. 12). Der Grund dafür liegt wahrscheinlich in der 4-Jahresperiodisierung der Athleten und Athletinnen, um genau an Olympia oder im Olympiajahr in Höchstform zu sein. Dies sieht man auch daran, dass im Folgejahr nach Olympia meist wieder weniger Athleten\*innen die Richtzeiten erreichen und danach die Zahlen tendenziell wieder steigen. Interessant ist, dass die 1500 m bei den Frauen die einzige Disziplin ist, wo diese Aussage nicht zutreffend ist. Es scheint, dass dort genau das Gegenteil der Fall ist. In 2012 und 2016 scheint es ein Leistungstief gegeben zu haben. Wie schon im vorherigen Abschnitt erläutert, wurden die 1500 m der Frauen bei den Olympischen Spielen noch nicht angeboten, und so war der Anreiz in diesen Jahren viel in diese Distanz zu investieren kleiner als in

den anderen Jahren, in welchen die 1500 m bei den Weltmeisterschaften schon seit 2001 geschwommen werden.

In der Leichtathletik sieht der Trend nicht so deutlich aus. Hier stagnieren die Zahlen in den meisten Disziplinen oder gehen leicht zurück, vor allem bei den Männern auf der Mittel- und Langdistanz. Bei den Frauen ist doch ein leicht positiver Trend zu sehen, wenn auch nicht so deutlich wie im Schwimmen. Die Leistungsdichte wird also im Schwimmen immer grösser und es wird für junge Schwimmer\*innen immer schwieriger an die Weltspitze zu kommen. Und durch diese grosse Leistungsdichte wird es auch schwieriger für grosse Anlässe selektioniert zu werden, auch wenn zum Beispiel der Olympiastandard erreicht wurde. Mittlerweile ist die Zahl der erreichten Limiten für Grossanlässe so gross, dass nicht mehr alle Athleten\*innen, welche diese erreichen auch an den Grossanlässen teilnehmen dürfen. An die Olympischen Spiele dürfen jeweils nur 3 Athleten\*innen pro Nation. Im Jahr 2019 blieben auf den 100 m Freistil bei den Männern elf Athleten aus den USA unter dem Olympiastandard. 2016 waren es nur fünf, 2017 waren es sieben und 2018 waren es neun Athleten (fina.org). Natürlich ist dies auch von der Nationalität abhängig, aber es kann davon ausgegangen werden, dass diese Zahlen in einigen Ländern gestiegen sind. Wie stark dieser Leistungsanstieg für die Schweiz ist, könnte in weiteren Studien untersucht werden.

Ein Grund dafür, wieso sich das Schwimmen und die Frauen tendenziell stärker entwickeln als die Männer und die Leichtathletik könnte sein, dass das wettkampfmässige Schwimmen sowie die Frauenwettkämpfe noch nicht eine so lange Tradition haben wie die Leichtathletik und die Männerwettkämpfe (olympics.com). Somit sind diese schon weiter entwickelt und das Schwimmen beziehungsweise die Frauenleistungen hinken jenen der Männer und der Leichtathletik nach. Während nun die Leichtathletik und die Männer etwas stagnieren, scheint es, dass die Frauen und das Schwimmen aufholen können. Wie weit dies noch möglich ist, wird sich in den nächsten Jahren zeigen.

#### **4.4 Coronajahre 2019-2021**

In den Jahren 2019 bis 2021 sind die Unterschiede zwischen den beiden Sportarten nicht so deutlich wie in den zehn Jahren zuvor. Auf der Kurzdistanz verschlechterte sich die Leichtathletik sehr stark im 2020, verbesserte sich dann aber wieder umso mehr im 2021. Auf den Mittel- und Langdistanzen sind die Leistungsveränderungen zwischen den beiden Sportarten relativ ähnlich. Die Leichtathletik konnte also in den Coronajahren gegenüber dem Schwimmen aufschliessen. Ein möglicher Grund dafür könnten coronabedingte Trainingsrückstände im Schwimmen sein. Da aufgrund der Pandemie viele Hallenbäder schliessen mussten, hatten die



Schwimmer\*innen sehr eingeschränkte Möglichkeiten für Trainings im Wasser (Haddad et al., 2021).

Im Jahr 2020 verschlechterten sich die Disziplinen fast durchgehend. Einerseits hatte dies mit deutlich weniger angebotenen Wettkämpfen zu tun, andererseits auch mit weniger Teilnehmenden an diesen Wettkämpfen (Haddad et al., 2021). Interessant ist, dass sich die Männer auf den 5000 m in der Leichtathletik trotz Corona im 2020 verbessern konnten. Dies passierte in keiner anderen Disziplin. Die fünf besten Zeiten auf den 5000 m waren allesamt schneller als die Weltbestzeit im 2019. Und diese fünf Leistungen wurden bei drei verschiedenen Wettkämpfen aufgestellt. Erwähnenswert ist aber, dass die 10. beste Zeit im 2020 im Jahr 2019 nur auf dem 32. Platz wäre. Das heisst, dass die absolute Weltspitze 2020 sehr gut war, die Leistungsdichte in diesem Jahr aber bei Weitem nicht so hoch wie in anderen Jahren. Dies wird auch daran ersichtlich, dass in diesem Jahr nur 18 Athleten unter dem Olympiastandard von 13:13 min geblieben sind. 2019 und 2021 waren es 39 respektive 42 Athleten (Abb. 15). Wieso diese ganz schnellen Zeiten nur auf den 5000 m bei den Männern gelaufen wurden, ist unklar.

Interessant ist auch, dass sich die Leistungen auf den Kurzstanzdisziplinen und den Mitteldistanzdisziplinen der Frauen in den Coronajahren viel deutlicher und signifikant veränderten. Im 2020 verschlechterten sie sich signifikant, im 2021 machten sie wieder einen signifikanten Leistungssprung. Auf den Langdistanzen veränderten sich die Leistungen nicht signifikant. Es scheint also, dass diese Disziplinen durch Corona nicht so stark beeinflusst wurden. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass auf den Kurz- und Mitteldistanzdisziplinen die Kraftkomponente grösser ist als auf den Langdistanzen. Durch die Schliessung zahlreicher Fitnesszentren durch Covid-19 war für die Athleten\*innen auch diese Trainingsmöglichkeit beschränkt.

#### **4.5 Limitationen**

Anzumerken ist, dass die besten Leistungen nicht in allen Disziplinen im Jahr 2019 erzielt wurden. Vor allem in der Leichtathletik der Männer war auffallend, dass die Bestzeiten im Jahr 2015 oder früher gelaufen wurden. Aufgrund dessen widerspiegeln die Regressionsgeraden und Veränderungsangaben der Bestzeiten nicht immer den tatsächlichen Verlauf der Leistungen. Da die Auswertung nicht für jede Disziplin individuell geschehen konnte, wurde für alle Disziplinen das Jahr 2019 als «Stichjahr» gewählt und die Veränderung von 2010 bis 2019 aufgezeigt.

#### 4.6 Ausblick

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Leistungen im Schwimmen noch weiter verbessern werden. Vor allem bei den Frauen sind noch weitere Verbesserungen zu erwarten, nach einigen früheren Untersuchungen zu Folge speziell im Langstreckenbereich (Knechtle et al., 2020). In wie weit aber im Pool die Frauen an die Männer herankommen ist unklar. Da 1500 m die längste Distanz im Pool ist, werden wahrscheinlich die Männer bis zu dieser Distanz immer einen Vorteil gegenüber den Frauen haben. Auch die Ergebnisse der vorliegenden Studie haben gezeigt, dass die Frauen in den letzten Jahren auf den 1500 m nicht sehr stark aufgeholt haben. Da die Frauen aber einen Ganzkörperanzug tragen dürfen, besteht bei ihnen vielleicht bezüglich der Stofftechnologie noch ein grösseres Potential, um schnellere Zeiten zu Schwimmen als bei den Männern. Wie gross jedoch dieses Potential ist, muss in zukünftigen Studien noch untersucht werden.

In der Leichtathletik kann ebenfalls mittels Technologie sicher noch etwas herausgeholt werden, wie dies in den letzten Jahren unter anderem mit Karbonplatten in den Schuhen geschehen ist. Auch mittels Veränderungen der Bahn könnten noch Leistungsverbesserungen erzielt werden. Nach Aftalion und Trélat (2020) wäre eine breitere Bahn mit kürzeren Geraden und längeren Kurven von Vorteil für die Athleten und Athletinnen.

Jedoch gibt es hier bei der Technologie keinen Geschlechterunterschied. In wie weit die Frauen in Zukunft noch aufholen können, ist fraglich. Bis zur 5000 m Distanz überwiegen die physiologischen Vorteile der Männer jenen der Frauen (Bam et al., 1997). Jedoch zeigen die Ergebnisse dieser Studie einen Rückgang bei den Männern auf dieser Distanz und bei den Frauen eher eine Verbesserung, wobei diese Verbesserung aber nur auf den Jahren 2018 und 2019 beruht.

Ein weiteres Thema für die Zukunft ist Doping. In wie weit dies in den nächsten Jahren noch eine Rolle spielen wird, ist auch unklar. Auf diese Thematik wurde in dieser Studie nicht eingegangen, dies sollte aber in zukünftigen Studien noch genauer untersucht werden.

Männer neigen generell zu riskanterem Verhalten während Frauen vermehrt auf der sicheren und «gesünderen» Seite sind (Thibault et al., 2010). Mazzeo et al. (2019) verweisen darauf, dass Männer deutlich mehr dopen als Frauen. Jedoch hat das Einnehmen verbotener Substanzen im Frauensport in den letzten Jahren zugenommen (Mazzeo et al., 2019). Daher wird sich zeigen, wie sich der Frauensport in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten noch verändert.

Auch könnte in weiteren Untersuchungen die Entwicklung der Leistungen in der Schweiz genauer betrachtet werden. Sieht die Situation der Entwicklung in der Schweiz ähnlich aus oder ist das Gegenteil der Fall? Wird die Leistungsdichte in der Schweiz auch grösser? Wo steht die

Schweiz im internationalen Vergleich? Dies sind Fragen, welche in der Zukunft noch beantwortet werden könnten.

## 5 Schlussfolgerung

Der Schwimmsport verbesserte sich in den Jahren 2010 bis 2019 deutlicher als die Leichtathletik. Speziell auf den Langdistanzen ist dieser Trend sichtbar. Ein möglicher Grund dafür ist, dass die meisten Schwimmdisziplinen «jünger» sind als die Leichtathletikdisziplinen, und daher das Potential in der Leichtathletik annähernd ausgeschöpft ist. Der selbe Grund könnte dafür gelten, dass sich die Frauen innerhalb der Sportarten tendenziell stärker verbesserten. Der wett-kampfmässige Frauensport ist deutlich jünger als der Männersport.

Auch die Leistungsdichte ist im Schwimmen stärker angestiegen als in der Leichtathletik. Vor allem die erweiterte Weltspitze hat deutlich an Breite zugenommen und es wird schwieriger in die Weltspitze vorzustossen, während dies in der Leichtathletik in einigen Disziplinen stagniert hat. Wie sich die Leistungen im Schwimmsport und bei den Frauen noch weiterentwickeln werden, wird sich in der Zukunft noch zeigen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sich die Schwimmdisziplinen und vor allem die Frauen noch weiterverbessern. Einen Zusammenschluss der beiden Geschlechter wird es aber mit grosser Sicherheit nicht geben.

In den Coronajahren 2019 bis 2021 hat das Schwimmen leistungsmässig mehr verloren als die Leichtathletik. Ein möglicher Grund dafür sind trainingsbedingte Einbussen, da viele Schwimmhallen und Fitnesszentren wegen Corona schliessen mussten und die Athleten\*innen nur eingeschränktes Wasser- und Krafttraining absolvieren konnten.

## Literaturverzeichnis

- Aftalion, A. & Trélat, E. (2020). How to build a new athletic track to break records. *Royal Society open science*, 7(3), 200007. <https://doi.org/10.1098/rsos.200007>
- Allen, S. V., Vandenbogaerde, T. J. & Hopkins, W. G. (2014). Career performance trajectories of Olympic swimmers: benchmarks for talent development. *European Journal of Sport Science*, 14(7), 643–651. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.893020>
- Bam, J., Noakes, T. D., Juritz, J. & Dennis, S. C. (1997). Could women outrun men in ultra-marathon races?. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(2), 244–247. <https://doi.org/10.1097/00005768-199702000-00013>
- Berthelot, G., Sedeaud, A., Marck, A., Antero-Jacquemin, J., Schipman, J., Sauliere, G., Marc, A., Desgorces, F. D. & Toussaint, J. F. (2015). Has athletic performance reached its peak?. *Sports Medicine*, 45(9), 1263–1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0347-2>
- Cheuvront, S. N., Carter, R., Deruisseau, K. C. & Moffatt, R. J. (2005). Running performance differences between men and women: an update. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(12), 1017–1024. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535120-00002>
- Costa, M. J., Garrido, N. D., Marinho, D. A. & Santos, C. C. (2021). How Much the Swimming Performance Leading to Tokyo 2020 Olympic Games Was Impaired Due to the Covid-19 Lockdown?. *Journal of sports science & medicine*, 20(4), 714–720. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.714>
- Csulak, E., Petrov, Á., Kováts, T., Tokodi, M., Lakatos, B., Kovács, A., Staub, L., Suhai, F. I., Szabó, E. L., Dohy, Z., Vágó, H., Becker, D., Müller, V., Sydó, N. & Merkely, B. (2021). The Impact of COVID-19 on the Preparation for the Tokyo Olympics: A Comprehensive Performance Assessment of Top Swimmers. *International journal of environmental research and public health*, 18(18), 9770. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189770>
- Eichenberger, E., Knechtle, B., Knechtle, P., Rüst, C. A., Rosemann, T., Lepers, R. & Senn, O. (2013). Sex difference in open-water ultra-swim performance in the longest freshwater lake swim in Europe. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1362–1369. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318265a3e9>

- Ganse, B. & Degens, H. (2021). Declining track and field performance trends in recent years in the Austrian best results 1897-2019. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 21(2), 196–205.
- Haddad, M., Abbes, Z., Mujika, I. & Chamari, K. (2021). Impact of COVID-19 on Swimming Training: Practical Recommendations during Home Confinement/Isolation. *International Journal of Environmental Eeearch and Public Health*, 18(9), 4767. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094767>
- Hill, L. & Grand'Maison, V. (2017). Swimming, South Africa and the Olympics: A history of women's participation. *Olympika: The International Journal of Olympic Studies*, 26, 36-52.
- Hoberman J. (2007). History and prevalence of doping in the marathon. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(4-5), 386–388. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737040-00029>
- <https://fina.org/swimming/rankings> (abgerufen am 05.04.2022)
- <https://olympics.com> (abgerufen am 05.04.2022)
- <https://wada-ama.org/en/questions-answers/epo-detection> (abgerufen am 05.04.2022)
- <https://worldathletics.org/records/all-time-toplists> (abgerufen am 05.04.2022)
- Issurin, V., Pushkar-Verbitsky, V. & Verbitsky, O. (2014). Effect of high-tech swimsuits on the swimming performance in top-level swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(4), 383–388
- Knechtle, B., Dalamitros, A. A., Barbosa, T. M., Sousa, C. V., Rosemann, T. & Nikolaidis, P. T. (2020). Sex Differences in Swimming Disciplines-Can Women Outperform Men in Swimming?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3651. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103651>
- Knechtle, B., Rosemann, T., Lepers, R. & Rüst, C. A. (2014). Women outperform men in ultradistance swimming: the Manhattan Island Marathon Swim from 1983 to 2013. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 913–924. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0375>
- König, S., Valeri, F., Wild, S., Rosemann, T., Rüst, C. A. & Knechtle, B. (2014). Change of the age and performance of swimmers across World Championships and Olympic Games finals from 1992 to 2013 - a cross-sectional data analysis. *SpringerPlus*, 3, 652. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-652>

- Kruse, T. N., Carter, R. E., Rosedahl, J. K. & Joyner, M. J. (2014). Speed trends in male distance running. *PloS one*, 9(11), e112978. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112978>
- Mageean, A. L., Alexander, R. P. & Mier, C. M. (2011). Repeated Sprint Performance in Male and Female College Athletes Matched for VO<sub>2</sub>max Relative to Fat Free Mass. *International Journal of Exercise Science*, 4(4), 229–237.
- Mazzeo, F., Santamaria, S. & Montesano, P. (2019). Gender difference, nutritional supplements and drug use in sport to enhancing performance: An Italian revision over the last decade. *Sport Mont*, 17(1), 69-73. DOI: [10.26773/smj.190212](https://doi.org/10.26773/smj.190212)
- McMahon, T. A. & Greene, P. R. (1978). Fast running tracks. *Scientific American*, 239(6), 148–163. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican1278-148>
- Moria, H., Chowdhury, H., Alam, F. & Subic, A. (2011). An evaluation of swimsuit performance. *Procedia Engineering*, 13, 382-388. <https://doi.org/10.1016/j.pro-eng.2011.05.102>
- Moria, H., Chowdhury, H., Alam, F., Subic, A., Smits, A. J., Jassim, R. & Bajaba, N. S. (2010). Contribution of swimsuits to swimmer's performance. *Procedia Engineering*, 2(2), 2505-2510. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.023>
- Lavoie, J. M. & Montpetit, R. R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 3(3), 165–189. <https://doi.org/10.2165/00007256-198603030-00002>
- O'connor, L. M. & Vozenilek, J. A. (2011). Is it the athlete or the equipment? An analysis of the top swim performances from 1990 to 2010. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3239–3241. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182392c5f>
- Partridge, B. (2011). Fairness and performance-enhancing swimsuits at the 2009 swimming world championships: the 'asterisk' championships. *Sport, ethics and philosophy*, 5(1), 63-74. <https://doi.org/10.1080/17511321.2010.511248>
- Pop, C. L. (2016). Athletics at the Summer Olympic Games. *Marathon*, 8(2), 244-253.
- Rüst, C. A., Rosemann, T. & Knechtle, B. (2014). Sex difference in age and performance in elite Swiss freestyle swimmers competing from 50 m to 1,500 m. *SpringerPlus*, 3, 228. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-228>
- Sandbakk, Ø., Solli, G. S. & Holmberg, H. C. (2018). Sex Differences in World-Record Performance: The Influence of Sport Discipline and Competition Duration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 2–8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0196>

- Stanula, A., Maszczyk, A., Rocznio, R., Pietraszewski, P., Ostrowski, A., Zając, A. & Strzała, M. (2012). The development and prediction of athletic performance in freestyle swimming. *Journal of Human Kinetics*, 32, 97–107. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0027-3>
- Tarnopolsky, L. J., MacDougall, J. D., Atkinson, S. A., Tarnopolsky, M. A. & Sutton, J. R. (1990). Gender differences in substrate for endurance exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 68(1), 302–308. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.68.1.302>
- Thibault, V., Guillaume, M., Berthelot, G., Helou, N. E., Schaal, K., Quinquis, L., Nassif, H., Tafflet, M., Escolano, S., Hermine, O. & Toussaint, J. F. (2010). Women and Men in Sport Performance: The Gender Gap has not Evolved since 1983. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 214–223.
- Tiller, N. B., Elliott-Sale, K. J., Knechtle, B., Wilson, P. B., Roberts, J. D. & Millet, G. Y. (2021). Do Sex Differences in Physiology Confer a Female Advantage in Ultra-Endurance Sport?. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(5), 895–915. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01417-2>
- Tingaz, E. O. (2021). The psychological impact of COVID-19 pandemic on elite athletes, management strategies and post-pandemic performance expectations: a semi structured interview study. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (15), 73-81.
- Wainer, H., Njue, C. & Palmer, S. (2000). Assessing time trends in sex differences in swimming & running. *Chance*, 13(1), 10-15.
- Weippert, M., Petelczyc, M., Thürkow, C., Behrens, M. & Bruhn, S. (2021). Individual performance progression of German elite female and male middle-distance runners. *European Journal of Sport Science*, 21(3), 293–299. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1736182>
- Weiss, M., Newman, A., Whitmore, C. & Weiss, S. (2016). One hundred and fifty years of sprint and distance running - Past trends and future prospects. *European Journal of Sport Science*, 16(4), 393–401. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1042526>
- Wells, G. D., Schneiderman-Walker, J. & Plyley, M. (2006). Normal Physiological Characteristics of Elite Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 18(1), 30-52.



Wolfrum, M., Rüst, C. A., Rosemann, T., Lepers, R. & Knechtle, B. (2014). Changes in breast-stroke swimming performances in national and international athletes competing between 1994 and 2011 -a comparison with freestyle swimming performances. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 6, 18. <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-18>