



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Die Leistungsentwicklung im Schwimmsport bei österreichischen Staatsmeisterschaften von 2000 bis 2020.“

verfasst von / submitted by

Sascha Rott, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Science (MSc)

Wien, 2021 / Vienna 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

UA 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Dr. Christoph Triska, BSc MSc

## **Kurzzusammenfassung**

Das Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, wie sich die Leistung im österreichischen Schwimmsport hinsichtlich der geschwommenen Zeiten über sämtliche Freistildistanzen (50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m, 1500 m) in den A-Finalläufen der österreichischen Langbahnmeisterschaften in der allgemeinen Klasse vom Jahr 2000 bis einschließlich 2020 entwickelt hat. Leistungsdaten von 837 Damen und 834 Herren wurden statistisch unter Verwendung der einfaktoriellen Varianzanalyse oder für den Fall, dass die Voraussetzungen nicht gegeben waren unter Verwendung des Kruskal-Wallis Tests ausgewertet. Signifikante Unterschiede innerhalb des untersuchten Zeitraums wurden bei den Damen über 50 m Freistil ( $P < 0,001$ ), 100 m Freistil ( $P = 0,001$ ), 200 m Freistil ( $P = 0,001$ ) und 800 m Freistil ( $P = 0,006$ ) ermittelt. Bei den Herren konnten über 50 m Freistil ( $P < 0,001$ ), 100 m Freistil ( $P < 0,001$ ) und 200 m Freistil ( $P = 0,008$ ) signifikante Unterschiede über den untersuchten Zeitraum erhoben werden. Keine signifikanten Ergebnisse konnten demnach über 400 m Freistil ( $P = 0,051$ ) der Damen, und über 400 m Freistil ( $P = 0,591$ ) und 1500 m Freistil ( $P = 0,308$ ) der Herren ermittelt werden. Zusammenfassend konnten Damen in den letzten 20 Jahren über 50 m, 100 m, 200 m und 800 m Freistil eine Leistungsverbesserung erzielen, während Herren dies über 50 m, 100 m und 200 m Freistil gelang.

## **Abstract**

The aim of the present study was to investigate changes in performance in Austrian swimming with regard to the finishing times over freestyle distances (50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m, 1500 m) in the A-finals of the Austrian long track championships in the general class from the year 2000 up to and including 2020. Performance data from 837 women and 834 men were statistically evaluated using one-way ANOVA or, in the event that the normality was harmed, using the Kruskal-Wallis test. Significant differences within the examined period were found for women over 50 m freestyle ( $p < 0,001$ ), 100 m freestyle ( $p = 0,001$ ), 200 m freestyle ( $p = 0,001$ ) and 800 m freestyle ( $p = 0,006$ ). For men, significant differences were recorded over 50 m freestyle ( $p < 0,001$ ), 100 m freestyle ( $p < 0,001$ ) and 200 m freestyle ( $p = 0,008$ ) over the period investigated. Therefore, no significant results could be determined over 400 m freestyle ( $p = 0,051$ ) for women and over 400 m freestyle ( $p = 0,591$ ) and 1500 m freestyle ( $p = 0,308$ ) for men. To summarize, over the last 20 years women have been able to improve their performance in the 50 m, 100 m, 200 m and 800 m freestyle event, while men have achieved this in the 50 m, 100 m and 200 m freestyle event.

## **Vorwort**

Da ich bis 2012 selbst noch aktiver Leistungsschwimmer war und mittlerweile seit mehr als sieben Jahren Schwimmunterricht für Kinder, Jugendliche und Erwachsene gebe, war es mir ein großes Anliegen, mich auch in meiner Forschungsarbeit mit dem Schwimmsport auseinanderzusetzen. Auf der Suche nach einem passenden Thema kam ich durch meinen Betreuer in Kontakt mit dem Sportdirektor des österreichischen Schwimmverbandes, Walter Bär. Herr Bär schlug vor, die Leistungsentwicklung im österreichischen Schwimmsport der vergangenen Jahre zu untersuchen.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei den Personen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben.

Ich bedanke mich bei Herrn Dr. Christoph Triska für seine unterstützende und vor allem geduldige Betreuung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Walter Bär, für das Vorschlagen des Arbeitsthemas und das Bereitstellen der notwendigen Daten.

Ein besonderer Dank gilt meiner Freundin Julia Mayer, die mich bei der statistischen Auswertung der Daten unterstützt hat.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern und Großeltern bedanken, die mich immer und in jeder Hinsicht unterstützt und mir so mein Studium ermöglicht haben.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Forschungsstand	9
2.1	Die Ära der Fastskin Anzüge	10
2.2	Das Ende der Fastskin Ära	13
3	Schwimmen	16
3.1	Die Entwicklung des Sportschwimmens	17
3.2	FINA	17
3.2.1	FINA Punktwertung	19
3.3	Schwimmsport in Österreich	19
3.3.1	OSV	20
3.3.2	Österreichische Langbahn-Staatsmeisterschaften	20
4	Leistungskomponenten im Schwimmsport	21
4.1	Ausdauer	21
4.1.1	Anaerober Energieumsatz	23
4.1.1.1	Kreatinphosphatprozess	23
4.1.1.2	Der anaerobe Kohlenhydratumsatz	24
4.1.1.3	Laktat	24
4.1.2	Aerober Energieumsatz	26
4.1.2.1	Aerober Energieumsatz von Kohlenhydraten	26
4.1.2.2	Aerober Energieumsatz von Fetten	27
4.1.2.3	Maximale Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_{2max}$ )	27
4.1.3	Verhältnis von aerobem zu anaerobem Energieumsatz im Schwimmsport	28
4.2	Kraft	30
4.2.1	Allgemeine und spezielle Kraft	31
4.2.2	Maximalkraft	32
4.2.3	Schnellkraft	32
4.2.4	Reaktivkraft	33

4.2.5	Kraftausdauer	34
4.3	Schnelligkeit	34
4.4	Beweglichkeit	35
4.5	Koordination und Technik	35
4.5.1	Delfin	38
4.5.2	Rücken	39
4.5.3	Brust	40
4.5.4	Freistil	42
4.5.5	Der Start	43
4.5.5.1	Der Start vom Startblock	43
4.5.5.2	Der Rückenstart	48
4.5.6	Die Wende	51
4.6	Anthropometrie	53
4.7	Psychische Faktoren	54
4.8	Ausrüstung	55
5	Belastungs- und Trainingssteuerung im Schwimmsport	56
6	Leistungsdiagnostik im Schwimmsport	59
7	Trainingsplanung im Schwimmsport	60
8	Forschungsfrage, Begründung der Studie	62
9	Methodik	63
9.1	Studiendesign	63
9.2	Statistische Analyse	63
9.3	Forschungshypothesen	65
10	Ergebnisse	67
10.1	Leistungsentwicklung der Damen	67
10.2	Leistungsentwicklung der Herren	73
11	Diskussion	81
	Literaturverzeichnis	84

Abbildungsverzeichnis	89
Tabellenverzeichnis	91
Anhang	92

## 1 Einleitung

„Citius – Altius – Fortius“ (Henri Didon, 1891). Schneller, höher, stärker lautet das von Pierre de Coubertin 1894 im Rahmen der Gründung des Internationalen Olympischen Komitees vorgeschlagene olympische Motto (International Olympic Committee, 2020). Leistungssportler\*innen streben hinsichtlich ihrer erbrachten Leistungen danach schneller zu werden, sie wollen höher hinaus und sie wollen stärker werden. Man kann also davon ausgehen, dass das olympische Motto stellvertretend für das Ziel aller Leistungssportler\*innen steht, sportliche Höchstleistungen zu erbringen. Was aber versteht man unter dem Begriff Leistungssportler\*in? Wer Leistungssport betreibt, möchte persönliche Höchstleistungen erzielen (Röthig, 1983). Röthig (1983) unterscheidet weiter zwischen Leistungssport im engen oder weiten Sinn. Um von Leistungssport im engen Sinn zu sprechen ist ein enormer persönlicher Aufwand, sowohl von Zeit als auch von Fleiß und Disziplin notwendig (Röthig, 1983). Eine ausführlichere Definition für den Begriff Leistungssportler\*in, die im Rahmen der medizinischen und gesundheitswissenschaftlichen Forschung eingesetzt werden soll, geben Araújo und Scharhag (2016). Dabei verwenden sie synonym den Begriff Athlet\*in, da sie davon ausgehen, dass dieser von athlos stammt, der griechischen Bezeichnung für Leistung (Araújo & Scharhag, 2016). Um nach Araújo und Scharhag (2016) als Athlet\*in definiert zu werden, müssen folgende vier Kriterien gleichzeitig erfüllt werden: Das Ausführen von sportlichem Training um Leistung und Ergebnisse zu verbessern, die Teilnahme an Wettkämpfen, die Mitgliedschaft in einem Sportverband sowie die Tatsache, dass Training und Wettkampf den zentralen Lebensmittelpunkt bilden und die meisten Tage diesen Aktivitäten gewidmet werden, wobei andere berufliche Aktivitäten oder Freizeitaktivitäten oftmals vernachlässigt werden. Das Ziel ist also die Fokussierung auf den sportlichen Erfolg, um im Wettkampf beste Leistungen zu erreichen. Das bedeutet mehrmaliges Training in der Woche, Disziplin, körperliche Anstrengung, an die eigenen Grenzen zu gehen, oftmals auch die Vernachlässigung anderer Dinge, wie Freunde zu treffen oder auszugehen. Es gilt Prioritäten zu setzen und sich an diesen zu orientieren. Für den Hochleistungssport werden oftmals 30 bis 40 Stunden wöchentlich investiert (Nagel & Conzelmann, 2006).

In Österreich zählt Schwimmen zu den beliebtesten Sportarten (Weiß, Russo, Hilscher & Norden, 1999). Auch im Leistungsschwimmsport streben Athlet\*innen danach, die eigene Leistung regelmäßig zu verbessern, schneller zu schwimmen und Rekorde zu brechen. Sämtliche Leistungskomponenten, seien es konditionelle, koordinative, mentale, taktische oder technische, aber auch Aspekte wie anthropometrische Voraussetzungen, die Ausrüstung oder psychische Faktoren tragen dazu bei.

Der Fokus der Arbeit liegt deshalb darin, zu untersuchen, wie sich die Leistung im österreichischen Schwimmsport hinsichtlich der geschwommenen Zeiten über sämtliche Freistildistanzen (50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m, 1500 m) in den Finalläufen der österreichischen Langbahnmeisterschaften in der allgemeinen Klasse vom Jahr 2000 bis einschließlich 2020 entwickelt hat.

Während es dazu zahlreiche Untersuchungen über einen mehrjährigen Zeitraum auf internationaler Ebene bei Weltmeisterschaften und olympischen Spielen (Costa et al., 2010; König et al., 2014; Nevill et al., 2007; O'Connor & Vozenilek, 2011; Stanula et al., 2012) oder auch bei Masters Weltmeisterschaften (Knechtle et al., 2016; Knechtle et al., 2016; Knechtle et al., 2017; Nikolaidis & Knechtle, 2018; Unterweger et al., 2016) gibt, konnten keine Untersuchungen zur Leistungsentwicklung von Schwimmer\*innen auf nationaler Ebene gefunden werden. Aufgrund des aktuellen Forschungsstands auf internationaler Ebene wird erwartet, dass sich auch im österreichischen Schwimmsport die Leistung im Laufe des zu untersuchenden Zeitraums verbessert hat.

## 2 Forschungsstand

Die Leistungsentwicklung im Wettkampfschwimmen ist auf internationaler Ebene in zahlreichen Studien untersucht worden. Dabei wurden vor allem Freistil-Bewerbe, aber auch die anderen Schwimmstile, bei Weltmeisterschaften und olympischen Spielen für die Studien herangezogen. So wurden zum Beispiel die Ergebnisse aller Freistil-Finalbewerbe bei olympischen Spielen zwischen 1896 und 2008 (Stanula et al., 2012) analysiert. Stanula et al. (2012) haben herausgefunden, dass sich die von Damen in den 50 m Freistil-Finalbewerben geschwommenen Zeiten bei olympischen Spielen über einen Zeitraum von 20 Jahren durchschnittlich um 1,55 s verbessert haben, was einer Verbesserung von 6,0% entspricht. Über denselben Zeitraum konnte für Herren eine durchschnittliche Verbesserung von 1,28 s respektive 5,5% erhoben werden. Über 100 m Freistil haben Damen ihre Leistung über einen Zeitraum von 56 Jahren um durchschnittlich 13,58 s beziehungsweise 20,1% und Herren um durchschnittlich 10,84 s beziehungsweise 18,6% verbessert. Auch über 200 m Freistil konnten über einen Zeitraum von 40 Jahren sowohl von Damen (-17,38 s; 13,1%) als auch von Herren (-14,72 s; 12,3%) Verbesserungen erzielt werden. Dieser Trend der Leistungssteigerung wurde außerdem bei den 400 m Freistil-Finalbewerben über einen Zeitraum von 56 Jahren (eine Angabe der über den analysierten Zeitraum durchschnittlichen zeitlichen respektive prozentualen Verbesserung liegt weder für Damen noch für Herren vor), den 800 m Freistil-Finalbewerben der Damen über einen Zeitraum von 40 Jahren (-86,01 s; 14,7%) und den 1500 m Freistil-Finalbewerben der Herren über einen Zeitraum von 56 Jahren (-258,00 s; 22,6%) erhoben.

Costa et al. (2010) untersuchten die Leistungsentwicklung von Schwimmern, welche in der Saison 2007-2008 in der Weltrangliste unter den besten 150 Schwimmern der Welt platziert waren, anhand deren Bestleistungen in den olympischen Freistildistanzen über fünf Saisonen (2003-2008). „Im analysierten Zeitraum zeigte sich eine deutliche Leistungssteigerung“ (Costa et al., 2010). Die durchschnittliche Verbesserung (2003-2008) über 50 m lag bei 4,48%, über 100 m bei 3,58%, über 200 m bei 2,54%, über 400 m bei 3,33% und über 1500 m bei 3,16% (Costa et al., 2010).

Auch die Weltrekordentwicklung im Schwimmsport ist untersucht worden (Nevill et al., 2007; O'Connor & Vozenilek, 2011). Die Entwicklung der 100 m, 200 m und 400 m Freistil-Weltrekorde von 1957 bis 2006 war Gegenstand der Studie von Nevill et al. (2007). Dabei wurde untersucht, ob Weltrekorde im Schwimmen allmählich ein Plateau erreichen. Es wurde herausgefunden, dass die Schwimmgeschwindigkeiten bei Weltrekorden über die

Freistilbewerbe vom Ende der 1950er Jahre bis zum Anfang der 1970er Jahre stark verbessert wurden (Nevill et al., 2007). Grund für die Entwicklung in diesem Zeitraum scheinen Fortschritte im Verständnis der leistungsbestimmenden physiologischen, biomechanischen und psychologischen Faktoren, sowie neue trainingswissenschaftliche Erkenntnisse zu sein (Nevill et al., 2007). Aber auch Doping wird als Grund für die in diesem Zeitraum starke Verbesserung der Weltrekordzeiten angeführt. Mit Ende des 20. Jahrhunderts zeichnet sich ein Plateau bei den Weltrekordgeschwindigkeiten ab, welches laut Nevill et al. (2007) teilweise darauf zurückzuführen ist, dass der Stand der Wissenschaft und der Technologie im Schwimmsport ausgereift ist und auch angewendet wird und dass strengere Dopingkontrollen durchgeführt werden.

Die Entwicklungen hinsichtlich der Leistung der Finalist\*innen über sämtliche Bewerbe bei Weltmeisterschaften von 1994 bis 2013 und bei olympischen Spielen von 1992 bis 2012 standen im Fokus von König et al. (2014). Auch in diesen Untersuchungen konnte eine Leistungssteigerung festgestellt werden. Die Schwimmperformance konnte von Damen und Herren über alle Strecken und Distanzen sowohl bei den olympischen Spielen als auch bei den Weltmeisterschaften verbessert werden. Betrachtet man die Ergebnisse allerdings genauer, so fällt auf, dass die schnellsten Zeiten nicht etwa in den beiden letzten Jahren der Untersuchung geschwommen worden sind, sondern in den Jahren 2008 (olympische Spiele) und 2009 (Weltmeisterschaften) (König et al., 2014).

## **2.1 Die Ära der Fastskin Anzüge**

Mehrere Studien zeigen signifikante Leistungsverbesserungen in der Ära der Fastskin-Anzüge (Berthelot et al., 2010; Falcone et al., 2010; Foster et al., 2012; Issurin et al., 2014; O'Connor & Vozenilek, 2011). Dabei werden vor allem die Jahre 2000 mit der Einführung der Ganzkörperanzüge, 2008 mit der Einführung von Ganzkörperanzügen mit Polyurethaneinsätzen und 2009 mit vollständig aus Polyurethan hergestellten Ganzkörperanzügen als Meilensteine der Leistungsentwicklung im Schwimmsport hervorgehoben (Berthelot et al., 2010; Falcone et al., 2010; Foster et al., 2012).

Schon in den 1930er Jahren gab es erste Entwicklungen im Bereich der Wettkampfbekleidung im Schwimmsport. Statt der bisher üblichen Badeanzüge wurden leichtere und weniger Wasser aufnehmende Anzüge entwickelt. In den späten 90er Jahren wurden die ersten Schwimmanzüge mit verringertem hydrodynamischem Widerstand und fast vollständiger Körperbedeckung entwickelt (Foster et al., 2012). Im Jahr 1999 wurde die Verwendung

dieser Anzüge durch die FINA offiziell genehmigt (Berthelot et al., 2010; Falcone et al., 2010; Foster et al., 2012). Schon ein Jahr später gab es bei den olympischen Spielen in Sidney mit zehn neuen Weltrekorden in den Freistil Bewerbungen (Foster et al., 2012) eine für diese Zeit ungewöhnlich hohe Anzahl an Rekorden. Nichtsdestotrotz nahm die Materialschlacht in den Jahren 2008 und 2009 ihren absoluten Höhepunkt. Speedo brachte mit dem LZR im Jahr 2008 einen Anzug auf den Markt, wie es ihn in dieser Form bislang nicht gab. Das Besondere waren seine strategisch angeordneten Polyurethan-Paneele (Falcone et al., 2010; Foster et al., 2012) und seine nahtlose Herstellungstechnologie angelehnt an die Textur von Haifischschuppen (Berthelot et al., 2010). Im Jahr 2009 haben weitere Firmen ihre eigenen Schwimmanzüge auf den Markt gebracht. Statt einzelner integrierter Polyurethan-Paneele waren diese Anzüge allerdings vollständig aus diesem Material hergestellt, um den Widerstand noch effektiver zu reduzieren (Foster et al., 2012). Die Hersteller gaben an, dass die Anzüge leichter, resistenter gegen Chlor und deutlich wasserabweisender als andere Anzüge wären und dass sie eine deutliche Verringerung der verschiedenen Widerstandskräfte (selbst des Luftwiderstandes) bewirken (Falcone et al., 2010).

Besonders erwähnenswert hinsichtlich der Weltrekorde scheint deshalb die Leistungsentwicklung in den Jahren 2008 und 2009. Während Nevill et al. (2007) wie schon erwähnt im Jahr 2007 von einem Plateau bei den Freistil Weltrekordzeiten mit Ende des 20. Jahrhunderts ausgehen, belegen die Ergebnisse der 13. Fédération Internationale de Natation (FINA) Weltmeisterschaften im Jahr 2009 eine Verbesserung nahezu aller bis dahin aufgestellten Weltrekorde. Damen konnten in 17 von 20 Bewerbungen neue Rekorde aufstellen, Herren gelang dies in 15 von 20 Bewerbungen (O'Connor & Vozenilek, 2011). Um eine Erklärung für die Flut an Weltrekorden bei diesem Event zu finden, haben O'Connor und Vozenilek (2011) die Entwicklung im Schwimmen der Entwicklung im Laufbahnsport gegenübergestellt. Ähnlichkeiten der beiden Sportarten hinsichtlich der Dauer der Belastung, zum Beispiel zwischen dem 400 m Lauf und den 100 m Freistil waren dafür ausschlaggebend. Während sich Damen und Herren zwischen 1900 und 2010 im 400 m Lauf um 3,29% beziehungsweise 2,85% verbessert haben, gelang im gleichen Zeitraum über 100 m Freistil mit 5,57% beziehungsweise 5,86% eine vergleichsweise größere Verbesserung (O'Connor & Vozenilek, 2011). Nachdem Fortschritte in der Trainingswissenschaft, unterschiedliche physiologische Anforderungen, ein verbesserter Zugang zum Schwimmsport sowie das Phänomen eines Ausnahmetalents von O'Connor und Vozenilek (2011) als Erklärung ausgeschlossen wurden kamen sie zu dem Schluss, dass Ganzkörperanzüge eine bedeutende Rolle bei der Verbesserung der Weltrekorde spielten. Hinzu kommt, dass diese Fastskin-

Anzüge von allen Athlet\*innen, welche bei diesem Event einen neuen Weltrekord aufgestellt haben, getragen wurden (O'Connor & Vozenilek, 2011).

Die Untersuchungen von Foster et al. (2012), welche für ihre Berechnungen den Mittelwert der 25 besten jährlichen Leistungen ab dem Jahr 1990 verwendeten, haben gezeigt, dass die Performance in den Freistil-Bewerben im Jahr 2000 durch das Tragen eines Ganzkörperanzugs um bis zu 1,4%, im Jahr 2008 durch das Tragen eines Ganzkörperanzugs mit Polyurethan-Paneelen um zusätzlich bis zu 3,5% und im Jahr 2009 durch das Tragen eines Ganzkörperanzugs aus Polyurethan um zusätzlich bis zu 5,5% verbessert werden konnte. Darüber hinaus wurde erhoben, dass besonders in den Jahren 2000 (zehn neue Weltrekorde), 2008 (17 neue Weltrekorde) und 2009 (16 neue Weltrekorde) eine große Anzahl neuer Weltrekorde in den Freistil-Bewerben auf der Langbahn aufgestellt wurden (Abbildung 1).

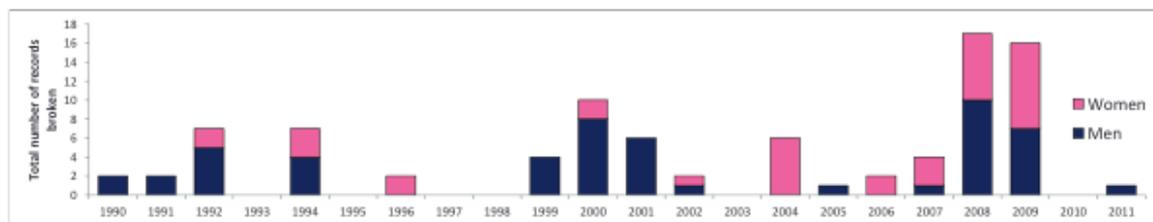


Abb. 1: Anzahl der von Damen und Herren aufgestellten Weltrekorde in den Freistil-Bewerben bei Langbahn-Events ab 1990 (Foster et al., 2012, S. 713).

Auch Falcone et al. (2010) sind in ihren Untersuchungen zu dem Schluss gekommen, dass sowohl die Einführung der Ganzkörperanzüge im Jahr 2000 als auch die Einführung der mit Polyurethan hergestellten Anzüge im Jahr 2008 eine deutliche Leistungssteigerung bewirkt haben. Dazu wurden die Gewinnerzeiten aller Weltmeisterschaften und olympischen Spiele und die Qualifikationszeiten für die Finale dazu, die in den Finali geschwommenen Zeiten von 1991 bis 2009 sowie die Weltrekordzeiten beginnend in den 80er Jahren bis inklusive 2009 herangezogen. Sowohl bezogen auf die Gewinnerzeiten als auch auf die Qualifikationszeiten und die in den Finali geschwommenen Zeiten als auch auf die Weltrekordzeiten konnten in den Jahren 2000 und 2008 deutliche Leistungssteigerungen erhoben werden.

Ein Zusammenhang zwischen der Einführung der neuen Anzüge und einer gleichzeitigen Leistungsverbesserung konnte in den Freistil-Bewerben (Foster et al., 2012) aber auch in allen anderen Bewerben (Bertholet et al., 2010; Falcone et al., 2010) sowohl für Damen als

auch für Herren hergestellt werden, wenngleich die Verbesserung auf Kurzstrecken (insbesondere 50 m und 100 m) größer ist als auf Langstrecken (800 m und 1500 m) (Bertholet et al., 2010; Foster et al., 2012).

## **2.2 Das Ende der Fastskin Ära**

Im Laufe der Jahre 2008 und 2009 kam es sogar so weit, dass immer mehr Athlet\*innen mehrere Anzüge übereinander trugen, um eine noch bessere Wasserlage zu erhalten und durch den damit erhaltenen Auftrieb den Widerstand noch weiter reduzieren zu können. Mit 1. Jänner 2010 kam schließlich der Wendepunkt. Die Verwendung von Hightech Ganzkörperanzügen im Wettkampfsport wurde von der FINA untersagt. Seit diesem Zeitpunkt dürfen Badehosen bei Herren nicht über den Nabel und unter die Knie reichen. Badeanzüge bei Damen dürfen den Nacken und die Schultern nicht bedecken und nicht unter die Knie reichen (FINA, 2009).

Aus diesem Grund haben Issurin et al. (2014) die Ergebnisse der sechs schnellsten Damen und Herren aller 50 m Bewerbe bei den Weltmeisterschaften 2009 (Hightech Schwimmanzüge wurden von allen Athleten getragen) mit jenen der Weltmeisterschaften 2011 (Hightech Schwimmanzüge waren zu diesem Zeitpunkt bereits wieder verboten) verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die sportliche Leistung über 50 m bei den Weltmeisterschaften 2011 durchschnittlich um  $0,44 \pm 0,12$  s verschlechtert hat, wobei für Lagen mit niedrigerem Widerstand (Freistil und Rückenschwimmen) eine größere Verschlechterung als für Lagen mit hohem Widerstand (Schmetterling und Brustschwimmen) ermittelt wurde (Tabelle 1). Issurin et al. (2014) schließen daraus, dass das Verbot der Ganzkörperanzüge durch die FINA zu einer signifikanten Abnahme der sportlichen Leistung führte.

Tab. 1: Durchschnittliche Zeiten der vier Untergruppen für den 50 m Wettkampf und die vier Lagen. Die Variablen werden als Mittelwert und Standardabweichung (SD) dargestellt. Quelle: mod. n. Issurin et al. (2014, S. 385)

Schwimm- lage und Ge- schlecht	Bewerbe	Weltmeisterschaft		P-Wert (ungepaar- ter t-Test)	Bonferroni- Holm korrek- tur P	
		2009	2011			
		Mittel ± SD	Mittel ± SD			
Lagen mit hohem Widerstand	Schmetterling (m)	Vorlauf	23,12 ± 0,20	23,45 ± 0,22	0,022	0,130
		Semifinale	22,95 ± 0,19	23,33 ± 0,09	0,001	0,018
		Finale	22,88 ± 0,15	23,34 ± 0,16	0,000	0,005
	Brust (m)	Vorlauf	27,15 ± 0,13	27,55 ± 0,22	0,003	0,028
		Semifinale	27,00 ± 0,20	27,28 ± 0,29	0,087	0,210
		Finale	26,88 ± 0,15	27,30 ± 0,21	0,003	0,028
	Schmetterling (w)	Vorlauf	25,70 ± 0,20	26,18 ± 0,26	0,005	0,042
		Semifinale	25,47 ± 0,25	25,91 ± 0,26	0,014	0,099
		Finale	25,59 ± 0,06	25,85 ± 0,11	0,000	0,006
	Brust (w)	Vorlauf	30,58 ± 0,29	30,76 ± 0,30	0,330	0,330
		Semifinale	30,51 ± 0,22	30,87 ± 0,29	0,034	0,134
		Finale	30,33 ± 0,24	30,65 ± 0,30	0,070	0,210
Lagen mit geringem Widerstand	Freistil (m)	Vorlauf	21,66 ± 0,17	22,15 ± 0,10	0,000	0,002
		Semifinale	21,34 ± 0,09	21,92 ± 0,12	0,000	0,000
		Finale	21,31 ± 0,16	21,87 ± 0,17	0,000	0,003
	Rücken (m)	Vorlauf	24,57 ± 0,06	25,09 ± 0,20	0,001	0,012
		Semifinale	24,43 ± 0,21	24,92 ± 0,16	0,001	0,016
		Finale	24,40 ± 0,24	24,75 ± 0,20	0,023	0,130
	Freistil (w)	Vorlauf	24,43 ± 0,17	25,00 ± 0,15	0,000	0,002
		Semifinale	24,27 ± 0,12	24,70 ± 0,12	0,000	0,002
		Finale	23,98 ± 0,16	24,47 ± 0,22	0,001	0,018
	Rücken (w)	Vorlauf	27,79 ± 0,14	28,37 ± 0,14	0,000	0,001
		Semifinale	27,52 ± 0,11	28,09 ± 0,11	0,000	0,000
		Finale	27,37 ± 0,25	27,99 ± 0,11	0,000	0,005

.m = männlich; w = weiblich.

Wie schon zuvor erwähnt, belegen auch die Ergebnisse von König et al. (2014), dass, unabhängig vom Geschlecht, 2008 und 2009 die bis dato für das jeweilige Ereignis erhobenen schnellsten durchschnittlichen Zeiten in allen Bewerben geschwommen wurden. Ereignisübergreifend wurden in fast allen Bewerben (mit Ausnahme der männlichen 400 m Freistil, 1500 m Freistil und 200 m Delfin) bei den Weltmeisterschaften 2009, verglichen mit den Jahren davor, die schnellsten durchschnittlichen Zeiten erhoben. Vergleicht man die von König et al. (2014) ermittelten Ergebnisse der Weltmeisterschaften 2011 und 2013 mit jenen von 2009, lassen sich 2011 in keinem Bewerb bessere Leistungen als 2009 erkennen, während 2013 bei den Damen nur über 1500 m Freistil, 200 m Brust und 400 m Lagen sowie bei den Herren nur über 1500 m Freistil bessere Ergebnisse erzielt wurden. Bei den olympischen Spielen konnten 2012 bessere Ergebnisse in fast allen Bewerben (mit Ausnahme der weiblichen 50 m Freistil sowie der männlichen 50 m, 100 m, 400 m und 800 m Freistil, 200 m Rücken, 100 m und 200 m Delfin sowie 400 m Lagen) als bei den Spielen 2008 beobachtet werden (König et al., 2014). Ereignisübergreifend wurden bei den olympischen Spielen 2012 einzig über 200 m Brust und 400 m Lagen der Damen sowie 1500 m Freistil

der Herren bessere Leistungen als bei den Weltmeisterschaften 2009 beobachtet. Umgekehrt wurden bei den Weltmeisterschaften 2011 und 2013 größtenteils (mit Ausnahme der 50 m, 200 m und 400 m Freistil der Damen sowie der 50 m, 100 m, 400 m und 1500 m Freistil, 100 m und 200 m Delfin und 400 m Lagen der Herren) bessere Ergebnisse als bei den olympischen Spielen 2008 beobachtet (König et al., 2014). Diese Ergebnisse bekräftigen die außerordentliche Leistungsentwicklung des Schwimmsports im Jahr 2008 vor allem aber im Jahr 2009. Aktuell stammen immer noch 16 Weltrekorde der Herren (Lang- und Kurzbahn) und 4 Weltrekorde der Damen (Lang- und Kurzbahn) aus den Jahren 2008 und 2009 (FINA, 2020).

### 3 Schwimmen

Die wahrscheinlich ältesten Aufzeichnungen schwimmerischer Aktivitäten stammen aus dem Jahr 4000 v. Chr. (Krauß, 2004). In einer in der Libyschen Wüste entdeckten Höhle wurden Felsmalereien gefunden, die wohl die ersten Schwimmbilder weltweit zeigen (Abbildung 2).



*Abb. 2: Menschen im Wasser: Höhlenzeichnung aus der Libyschen Wüste (4000 v. Chr.) (Krauß, 2004, S. 12).*

Die ersten Bilder, die eine dem Kraul schwimmen ähnliche Wechselschlagbewegung zeigen, konnten in der ägyptischen Geschichte etwa 3000 v. Chr. gefunden werden (Krauß, 2004; Pflesser, 1980). Erste eindeutige Kraulbewegungen sind auf einem Bild aus 880 v. Chr. abgebildet, welches einen fliehenden assyrischen Krieger zeigt. Zu dieser Zeit wurde das Schwimmen hauptsächlich zu kriegerischen Zwecken ausgeübt. Schwimmwettkämpfe waren noch nicht von großer Bedeutung (Krauß, 2004; Pflesser, 1980). Vor allem Badehäuser und Thermen waren im antiken Griechenland und Rom weit verbreitet. Nichtsdestotrotz wurde zu dieser Zeit das Schwimmen gelehrt und vor allem Legionäre des Heeres mussten schwimmen lernen, sogar mit Rüstung (Krauß, 2004). Im Mittelalter spielte das Schwimmen anfangs noch eine wichtige Rolle, wenngleich seine Popularität im Laufe der Zeit abnahm und aufgrund von Unzucht und Unsittlichkeit sogar mit Verboten und Strafen belegt wurde (Krauß, 2004; Pflesser 1980).

Das erste Schwimmlehrbuch weltweit wurde 1538 von Nicolas Wynman veröffentlicht. In Form eines Dialoges zwischen Lehrer und Schüler steht in erster Linie das Brustschwimmen im Vordergrund (Eder, 2000; Krauß, 2004; Pflesser, 1980). Die darauffolgende Zeit war allerdings, vor allem in Österreich, von Schwimm- und Badeverboten geprägt, wenngleich sich die Menschen dadurch nicht vom Schwimmen und Baden aufhalten haben lassen (Eder, 2000). Erst ab Mitte beziehungsweise Ende des 18. Jahrhunderts beginnt in Mitteleuropa die methodische Schwimmausbildung der breiten Bevölkerung (Eder, 2000). Bedeutendster Vertreter war zu dieser Zeit Johann Christoph Friedrich Guts-Muths. Die von ihm entwickelten Lehrmethoden waren etwa ein Jahrhundert lang Grundlage für den Schwimmunterricht in Österreich und Deutschland (Eder, 2000; Krauß, 2004; Pflesser, 1980). In Anlehnung an die Methoden Guts-Muths errichtete Ernst von Pfuel Anfang des 19. Jahrhunderts die erste Militärschwimmschule von Österreich in Prag und jene von Preußen-Deutschland in Berlin. Er war außerdem an der Errichtung der Wiener Militärschwimmschule am Kaiserwasser beteiligt (Eder, 2000; Krauß, 2004).

### **3.1 Die Entwicklung des Sportschwimmens**

Offizielle Schwimmwettkämpfe nach heutigem Verständnis wurden erstmals Ende des 18. Jahrhunderts beziehungsweise Anfang des 19. Jahrhunderts in Thüringen von Guts-Muths durchgeführt. In seinem Lehrbuch legte er Planung und Organisation von Wettkämpfen, zu schwimmende Strecken, die Einteilung der Schwimmer in Gruppen sowie die Preise fest (Pflesser, 1980).

Maßgeblichen Anteil an der Entwicklung des Sportschwimmens hatte England. 1842 entstand in Liverpool die erste öffentliche Badeanstalt und zehn Jahre später waren es in London schon 13 öffentliche Bäder. Der weltweit erste Schwimmverein wurde schließlich 1867 in London gegründet (Krauß, 2004). Im weiteren zeitlichen Verlauf entstanden zahlreiche Schwimmvereine, welche im Jahr 1876 schließlich den Dachverband „London Swimming Association“ gründeten und von nun an Schwimmwettkämpfe veranstalteten. Das war ausschlaggebend für die weltweite Verbreitung des Schwimmsports und der Gründung von weiteren Schwimmvereinen (Pflesser, 1980).

### **3.2 FINA**

Seit den ersten olympischen Spielen der Neuzeit 1896 in Athen ist Schwimmen ein Teil des olympischen Programms. Anlässlich der olympischen Spiele in London, wurde der

internationale Schwimmverband (FINA) 1908 durch die acht Staaten Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, England, Ungarn und Schweden gegründet (Colwin, 1992; FINA 2020).

Die Ziele der Vereinigung bei der Gründung waren:

- einheitliche Regeln für olympische Spiele und alle anderen internationalen Wettkämpfe festzulegen,
- das Überprüfen von Weltrekorden und das Führen einer Liste der aktuell gültigen Weltrekorde.
- das Leiten der Schwimmwettkämpfe bei den olympischen Spielen.

Im Jahr 1912 wurden erstmals Damenschwimmbewerbe bei den olympischen Spielen in Stockholm durchgeführt (FINA, 2020; Krauß, 2004). Seit 1956 finden auch Schwimmbe- werbe im Delfinschwimmen bei olympischen Spielen statt. Ein Jahr später wurden Weltre- korde nur noch in metrischen Einheiten gemessen. Schon im Jahr 1968 wurden die ge- schwommenen Zeiten zum ersten Mal elektronisch gemessen. Die ersten FINA Weltmeis- terschaften im Schwimmen wurden 1973 in Belgrad ausgetragen. Seit 1991 gibt es neben der Liste für Weltrekorde auf der Langbahn (50 m) auch eine Liste für Weltrekorde auf der Kurzbahn (25 m). Zwei Jahre später wurden FINA Weltmeisterschaften das erste Mal auf der Kurzbahn ausgetragen. 2008 holt der bis heute erfolgreichste Schwimmer bei olympi- schen Spielen, Michael Phelps, acht Goldmedaillen in Peking und beendet vier Jahre später bei den Spielen in London seine Karriere mit insgesamt 18 Goldmedaillen bei olympischen Spielen. (FINA, 2020).

Im Jänner 2018 zählt die FINA 209 Mitgliedsverbände verteilt auf alle fünf Kontinente. Die Entwicklungsförderung des Schwimmsports, das Sicherstellen eines fairen und doping- freien Schwimmsports, der Zugang zum Schwimmsport für alle Menschen unabhängig von Alter, Geschlecht oder Rasse, die Vorgabe einheitlicher Regeln und das Abhalten von Wett- kämpfen, die Organisation von Weltmeisterschaften, die Förderung der Errichtung von Schwimmsportstätten sowie weitere Aktivitäten zur Förderung des Schwimmsports zählen zusätzlich zu den Zielen der FINA (FINA, 2020). Schwimmen, Wasserspringen, Klippen- springen, Wasserball, Synchronschwimmen und Freiwasserschwimmen gehören heute zu den von der FINA betreuten Wassersportarten (FINA, 2020).

### 3.2.1 FINA Punktwertung

Um die Ergebnisse der Schwimmer\*innen bei verschiedenen Wettkämpfen miteinander vergleichen zu können, wurde die FINA-Punktetabelle entwickelt. Dazu werden bestimmte Leistungen mit einem bestimmten Punktwert bewertet. Die Tabelle reicht von 300 Punkten für langsamere geschwommene Zeiten bis zu 1100 Punkten für absolute Weltklasse Leistungen. Die Punkte (P) werden anhand der geschwommenen Zeit (T) und einer jährlich neu definierten Basiszeit (B) für alle Schwimmbewerbe, getrennt für Damen und Herren sowohl für Langbahnbewerbe als auch für Kurzbahnbewerbe berechnet (Formel 1).

$$P = 1000 \times (B/T)^3$$

Formel 1: Berechnung der FINA Punktetabelle (<https://www.fina.org/swimming/points>)

Die zur Berechnung herangezogene Basiszeit entspricht dabei dem bis zum jährlichen Stichtag aktuell gültigen Weltrekord in den einzelnen Disziplinen und Strecken. Ein erzielter Wert von 1000 Punkten ist demnach konform mit dem Erreichen eines Weltrekordes (FINA, 2021).

### 3.3 Schwimmsport in Österreich

Im Laufe des 19. Jahrhunderts entstanden auch in Österreich neben mehreren Bädern, errichtet für den zivilen Schwimmunterricht, die erste Damenschwimmschule Österreichs sowie die beiden ersten Hallenschwimbäder Österreichs (Eder, 2000). Im Jahr 1862 richtete der ein Jahr zuvor gegründete Erste Wiener Turnverein als Vorreiter die erste Vereinsschwimmschule am Kaiserwasser ein. Während weitere Turnvereine diesem Vorbild folgten, wurde auch immer mehr Soldaten in Militärschwimmschulen das Schwimmen beigebracht und Schüler\*inne\*n der Stadt Wien der Zugang zum Schwimmsport durch freien Eintritt im Ersten Wiener Kommunalbad ermöglicht. Es folgten regelmäßige Wettbewerbe für Damen, Herren und Jugendliche im Tempo- und Hindernisschwimmen, Tauchen und Springen. 1887 wurde der „Erste Wiener Amateur Schwimmclub“ gegründet, der ab diesem Zeitpunkt regelmäßige Meisterschaften mit Zeitmessungen veranstaltet hat. Mit dem Schwimmclub Austria (1894), dem Donau-Schwimmclub (1899), dem 1. Wiener Damen-Schwimmclub (1899), dem 1. Wiener Donau-Schwimmclub (1903), dem Danubia-Damenschwimmklub (1904) und dem Wiener Arbeiterschwimmclub (1909) wurden weitere Schwimmvereine in Wien gegründet. Mehrere Wettkämpfe wie zum Beispiel die erste und in weiterer Folge jährlich abgehaltene Donaumeisterschaft 1893, die erste Schwimm-

Europameisterschaft 1891, jährlich stattfindende Meeresmeisterschaften, die olympischen Spiele, internationale Länderkämpfe in ganz Österreich und das Schwimmen um den Kaiserpreis sind nur einige Beispiele der für die Verbreitung des Schwimmsports wichtigen Veranstaltungen zu dieser Zeit (Eder, 2000).

### **3.3.1 OSV**

Im Jahr 1899 haben sich die bis dahin in Österreich gegründeten Vereine zum Österreichischen Schwimmsportausschuss (ÖSA) zusammengeschlossen, aus welchem im Jahr 1908 der Verband österreichischer Schwimmvereine (VÖS) entstand (Eder, 2000). Neun Landesschwimmverbände (ein Verband pro Bundesland) gehören dem österreichischen Schwimmverband als Zweigvereine an. Insgesamt zählen 139 Schwimmvereine zu den neun Landesschwimmverbänden (OSV,2020).

### **3.3.2 Österreichische Langbahn-Staatsmeisterschaften**

Die Österreichischen Langbahn-Staatsmeisterschaften finden einmal jährlich in den Monaten Juli oder August an vier aufeinanderfolgenden Tagen als Freiluftwettkampf statt. Sie werden nach den Wettkampfbestimmungen des österreichischen Schwimmverbands durchgeführt, wobei diese in keinem Widerspruch zu den Bestimmungen der FINA stehen dürfen (OSV, 2020). Es finden Bewerbe über 50 m, 100 m und 200 m in den Disziplinen Rücken, Brust und Delfin statt. In der Freistildisziplin werden 50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m (Damen) und 1500 m (Herren) geschwommen. Darüber hinaus gibt es auch einen 200 m und 400 m Lagenbewerb und Staffelbewerbe. Mit Ausnahme der 800 m und 1500 m Freistilbewerbe sowie des 400 m Lagenbewerbes, welche als Zeitläufe durchgeführt werden, gibt es für alle Bewerbe Vorläufe. Bis einschließlich 2019 haben sich die schnellsten acht Schwimmer\*innen der Vorläufe für das A-Finale qualifiziert um in diesem um den Staatsmeistertitel zu schwimmen. Im Jahr 2020 wurde das A-Finale dank zehn vorhandener Schwimmbahnen auf zehn Plätze aufgestockt. In den Jahren 2000 bis 2019 haben sich die Schwimmer\*innen der Vorlaufplätze neun bis 16 für eine Teilnahme am B-Finale qualifiziert. Im Jahr 2020 qualifizierten sich die Sportler\*innen auf den Plätzen elf bis 20 für das B-Finale. Die Teilnehmer\*innen des B-Finales können, unabhängig von der geschwommenen Zeit, keine Endplatzierung unter den besten acht erreichen.

## **4 Leistungskomponenten im Schwimmsport**

Nach Schnabel et al. (2008) setzen sich sportliche Leistungen aus mehreren Komponenten zusammen. Neben den konditionellen Fähigkeiten, wie Ausdauer, Kraft und Schnelligkeit, zählen auch Beweglichkeit, Koordination und Technik, Anthropometrie, psychische Faktoren und die Ausrüstung zu den im Schwimmsport bedeutenden Leistungskomponenten.

Zu den grundsätzlichen konditionellen Fähigkeiten zählen Ausdauer, Schnelligkeit und Kraft. Diese drei Fähigkeiten sind ausschlaggebend für den muskulären Antrieb, nehmen Einfluss auf die mögliche Leistung und bilden demnach die energetische Grundlage der sportlichen Leistungsfähigkeit. Weder Ausdauer noch Schnelligkeit noch Kraft wirken während der sportlichen Ausübung individuell, sondern bilden Beziehungen zueinander. Daraus ergeben sich Kraftausdauer, Schnellkraft sowie Schnelligkeitsausdauer. Darüber hinaus kommt dem Zusammenspiel der konditionellen Fähigkeiten mit den leistungsbestimmenden Fähigkeiten Beweglichkeit, Koordination, Technik, Taktik und Psyche eine entscheidende Bedeutung hinsichtlich der zu erreichenden sportlichen Leistung zu (Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010).

### **4.1 Ausdauer**

Unter dem Begriff Ausdauer versteht man die Fähigkeit eines Menschen der Ermüdung durch körperliche Belastungen zu widerstehen. Das bedeutet, eine bestimmte Intensität möglichst lange aufrecht zu erhalten und die sportartspezifische Technik über den betroffenen Zeitraum möglichst stabil zu halten. Darüber hinaus führt eine ausgeprägte Ausdauer zu einer verbesserten Erholungsfähigkeit. Der Ausdauerfähigkeit kommt demnach auch eine entscheidende Bedeutung beim Zusammenspiel mit koordinativen, technischen und taktischen Fähigkeiten sowie psychischen Faktoren wie Willenskraft und Durchhaltevermögen zu (Reischle & Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010).

Während es mehrere verschiedene Arten der Ausdauer gibt, ist für den Schwimmsport vor allem eine Klassifizierung hinsichtlich der Belastungsdauer relevant. Unter Berücksichtigung der muskulären Energiebereitstellung wird weiter in aerobe und anaerobe Ausdauer differenziert. Weil es sehr selten zu einer reinen aeroben beziehungsweise anaeroben Energiebereitstellung kommt ergibt sich eine Aufteilung in Schnelligkeitsausdauer, Kurzeitdauer, Mittelzeitausdauer sowie Langzeitausdauer (Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010).

Während Weineck (2010) für die Schnelligkeitsausdauer einen Belastungszeitraum von bis zu 45 s angibt gehen Schnabel et al. (2011) von einer Belastung bis zu 35 s aus. Für die Kurzzeitausdauer geben sowohl Schnabel et al. (2011) als auch Reischle und Kandolf (2015) eine Belastungsdauer von 35 s bis zwei Minuten an. Weineck (2010) definiert die Kurzzeitausdauer mit einer Dauer von 45 s bis zu zwei Minuten. Die Mittelzeitausdauer wird mit einem Belastungszeitraum von 2-10 min angegeben (Reischle & Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010). Die Langzeitausdauer umfasst Belastungen von mehr als zehn Minuten (Reischle & Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010) wobei Schnabel et al. (2011) und Weineck (2010) weiter differenzieren in Langzeitausdauer 1 (10-35 min), Langzeitausdauer 2 (35-90 min) und Langzeitausdauer 3 (>90 min).

Für die Wettkampfdisziplinen 50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m und 1500 m im nationalen Schwimmsport ergibt sich anhand der Ergebnisse der jeweils schnellsten acht Schwimmer\*innen der 75. Österreichischen Staatsmeisterschaften auf der Langbahn (OSV, 2020) deshalb die folgende Einteilung:

- 50 m Bewerbe (Freistil, Delfin, Rücken und Brust) fallen in den Bereich der Schnelligkeitsausdauer.
- 100 m Bewerbe (Freistil, Delfin, Rücken und Brust) fallen in den Bereich der Kurzzeitausdauer.
- 200 m Bewerbe (Delfin, Rücken, Brust und Freistil), 400 m Bewerbe (Freistil und Lagen) und 800 m Freistil fallen in den Bereich der Mittelzeitausdauer.
- 1500 m Freistil fallen in den Bereich der Langzeitausdauer.

Orientiert man sich nun an der Klassifizierung hinsichtlich der Belastungsdauer gilt es natürlich die verschiedenen Formen der Energiebereitstellung in den einzelnen Bereichen zu betrachten. Dabei werden grundsätzlich drei Phasen beziehungsweise Systeme des Energiestoffwechsels unterschieden, wobei zwei davon ohne Sauerstoffzufuhr ablaufen und eines mit Sauerstoffzufuhr. Der Kreatinphosphatprozess oder die anaerob alaktazide Energiebereitstellung, die anaerobe laktazide Energiebereitstellung und die aerobe Energiebereitstellung (Maglischo, 2003; Wilke & Madsen, 2015).

Um Muskelkontraktionen zu ermöglichen ist der in der Muskelzelle in kleinen Mengen vorhandene Stoff Adenosintriphosphat (ATP) von besonderer Bedeutung. Er ist

Voraussetzung um Muskelarbeit zu realisieren. Weil der ATP-Speicher sehr klein ist, er besitzt rein theoretisch eine Einsatzdauer von zwei bis drei Sekunden und reicht für ein bis drei Muskelkontraktionen aus (Eisenhut & Fritz, 2013), muss er mithilfe der verschiedenen Stoffwechselsysteme, wieder aufgefüllt werden. Das passiert je nach Intensität und Dauer der Belastung durch die Spaltung von Kreatinphosphat (anaerob alaktazider Energieumsatz), durch Glykolyse bei welcher Muskelglykogen zu Milchsäure beziehungsweise Laktat aufgespalten wird (anaerob laktazider Energieumsatz), durch den Abbau von Kohlenhydraten mithilfe von Sauerstoff (aerober Energieumsatz) und durch den Abbau von Fetten mithilfe von Sauerstoff (aerober Energieumsatz) (Wilke & Madsen, 2015).

Diese Systeme nehmen gemeinsam Einfluss auf den ATP Speicher, arbeiten in Abhängigkeit voneinander und informieren sich gegenseitig. Wenn eine Veränderung hinsichtlich des ATP Speichers registriert wird, stehen alle Systeme im gemeinsamen Austausch um den Energiebedarf abzudecken (Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.1.1 Anaerober Energieumsatz**

Dazu zählen der Kreatinphosphatprozess (anaerob alaktazide Energiebereitstellung) und der anaerobe Umsatz von Kohlenhydraten (anaerob laktazide Energiebereitstellung). Die Beteiligung des anaeroben Energieumsatzes an der Energiegewinnung nimmt mit steigender Belastungsintensität zu, spielt aber grundsätzlich bei jeder Aktivität eine Rolle (Wilke & Madsen, 2015).

##### **4.1.1.1 Kreatinphosphatprozess**

Bei diesem Prozess wird der ATP Speicher vereinfacht gesagt durch die Spaltung von Kreatinphosphat aufgefüllt. Dabei wird weder Laktat gebildet noch Sauerstoff verbraucht (Maglisco, 2003; Wilke & Madsen, 2015), man spricht daher von einer anaeroben-alaktaziden Energiebereitstellung.

Bei maximaler Anstrengung wie zum Beispiel bei Sprints über etwa 12,5 m wird die Energie primär aus dem in den Muskelzellen gespeicherten ATP und dem Kreatinphosphatspeicher zur Verfügung gestellt. Während die ATP-Konzentration im Muskel bei dynamischer Arbeit nahezu konstant bleibt, nimmt die Kreatinphosphatkonzentration bei hohen Belastungen und ansteigender Dauer stark ab. Ist der Vorrat an Kreatinphosphat fast aufgebraucht, beginnt auch die ATP-Konzentration stark abzunehmen. ATP und Kreatinphosphat lassen

demzufolge eine Energieversorgung für Maximalbelastungen von 6-10 s zu. Die dadurch gewonnene Energie kann zwar sehr schnell und mit hohem Umsatz pro Sekunde geliefert werden, allerdings nur über eine sehr kurze Zeit. Je größer also die Kreatinphosphatkonzentration in den Muskelzellen ist, desto länger kann die Maximalgeschwindigkeit aufrechterhalten werden. Zusätzlich führt eine größere Konzentration außerdem zu einem höheren Umsatz pro Sekunde und folglich zu einer höheren Maximalgeschwindigkeit (Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.1.1.2 Der anaerobe Kohlenhydratumsatz**

Wenn die Schwimgeschwindigkeit so hoch ist, dass der Bedarf an Energie über den aeroben Stoffwechsel nicht ausreichend abgedeckt werden kann, bekommt die anaerobe Glykolyse, also die Spaltung des Muskelglykogens zu Glukose und in weiterer Folge, ohne Zufuhr von Sauerstoff, zu ATP und Milchsäure (Laktat und Wasserstoffionen) eine zentrale Bedeutung für die Wiederherstellung der ATP-Moleküle und der daraus resultierenden Auffüllung der Speicher (Maglischo, 2003; Wilke & Madsen, 2015). Dieser Prozess des anaeroben Energieumsatzes spielt darüber hinaus über jede Wettkampfdistanz zumindest zu Beginn des Rennens eine Rolle, da der Bedarf an ATP die Lieferkapazität der aeroben Systeme übersteigt, weil diese eine gewisse Zeit brauchen, etwa 8-10 s, um Energie zu liefern (Wilke & Madsen, 2015).

Etwa eine halbe Sekunde nach Start einer intensiven Belastung beginnt diese Form der Energiebereitstellung (Wilke & Madsen, 2015) und ist rund fünf Sekunden später die Hauptquelle für das Wiederherstellen von ATP (Maglischo, 2003). Auch bei diesem Prozess erfolgt die Energiebereitstellung schnell und mit hohem Umsatz pro Sekunde. Andererseits gilt er als sehr kohlenhydrataufwendig, weil nur 2-3 ATP pro Molekül Glukose geliefert werden können (Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.1.1.3 Laktat**

Aufgrund der gebildeten Milchsäure kommt es zu einer Abnahme des pH-Werts im Körper und infolgedessen zu einer Übersäuerung, was auch als Azidose bezeichnet wird. Die Leistungsfähigkeit wird deshalb durch eine verminderte Muskelkontraktionsfähigkeit negativ beeinflusst (Maglischo, 2003; Wilke & Madsen, 2015). Allerdings ist das Endprodukt Laktat kein reines Abfallprodukt, sondern dient unter anderem als Energielieferant in den Mitochondrien oder in benachbarten Muskelzellen. Darüber hinaus wird es zu Muskeln, Nieren

und Herz geliefert, wo es als Brennstoff dient und zur Leber um Glykogen erneut zu resynthesisieren. Diesen Prozess, in dem das produzierte Laktat verwertet wird, bezeichnet man als Laktatelimination. Bei einer steigenden Belastungsintensität produziert und eliminiert unser Körper mehr Laktat. Es kommt zunächst zu einem Gleichgewicht zwischen Produktion und Elimination und somit zu einer konstanten Laktatkonzentration obwohl die Schwimmggeschwindigkeit zunimmt. Man spricht in diesem Fall vom sogenannten Laktat steady state. Die höchstmögliche Belastungsintensität, bei welcher dieses Laktat steady state aufrechterhalten bleibt wird als individuelle anaerobe Schwelle oder maximales Laktat steady state bezeichnet. Die Belastungsintensität ist dabei zum einen anhand der objektiven Schwimmggeschwindigkeit (gemessen in m/s oder in Zeitvorgaben für eine bestimmte Strecke) und zum anderen anhand der subjektiven Anstrengung (gemessen an der Laktatkonzentration im Blut, an der Herzfrequenz oder an der maximalen Sauerstoffaufnahme) gekennzeichnet (Wilke & Madsen, 2015).

Die Laktatmessung erfolgt aus Gründen der Komplexität nicht in den Muskelfasern, sondern im Blut. Weil aber die Verteilung des Laktats eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, ist der Zeitpunkt der Blutentnahme entscheidend. Während bei eher geringen Belastungen (bis ca. 5 mmol/l) schon in den ersten beiden Minuten nach der Belastung die höchsten Laktatwerte im Blut gemessen werden, ist dies beispielsweise bei einem 100 m Freistil Rennen, bei welchem Werte von >20 mmol/l gemessen werden können, etwa erst in der siebten bis neunten Nachbelastungsminute der Fall. Je intensiver (und daher kürzer) eine Belastung desto später erhält man die maximalen Blutlaktatwerte (Wilke & Madsen, 2015).

Bei sehr kurz andauernden Belastungen (25 m) wird wenig Blutlaktat gemessen, weil hauptsächlich der Kreatinphosphatprozess für die Energiebereitstellung verantwortlich ist. Je länger die Belastung andauert, desto mehr Blutlaktat kann gemessen werden, wobei der Höchstwert bei Maximalbelastungen über eine Dauer von ein bis zwei Minuten (100 m, 200 m) gemessen wird. Aufgrund der erhöhten Beteiligung des aeroben Stoffwechsels nehmen die Werte bei weiter steigender Belastungsdauer (400 m, 800 m, 1500 m) langsam wieder ab (Wilke & Madsen, 2015).

Wie schnell das gebildete Laktat eliminiert werden kann, hängt davon ab, ob sich ein\*e Schwimmer\*in in der Nachbelastungszeit passiv oder aktiv verhält. Während die Halbwertszeit von Laktat bei passivem Verhalten ungefähr 15 Minuten beträgt, erfolgt die Eliminierung bei aktivem Verhalten doppelt so schnell. Unter aktivem Verhalten wird dabei ein 15 bis 30-

minütiges Ausschwimmen bei geringer Intensität von etwa 50-60% der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) verstanden um einen hohen Laktatumsatz zu erzielen und somit die Erholung zu fördern. Besondere Bedeutung findet die aktive Erholung vor allem bei Wettkämpfen, wenn innerhalb kurzer Zeit an mehreren Bewerben teilgenommen wird (Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.1.2 Aerober Energieumsatz**

Dazu gehört der Umsatz von Kohlenhydraten und Fetten. Beide Formen erfolgen unter Sauerstoffzufuhr und sind im Gegensatz zum anaeroben Energieumsatz lang andauernd, wenngleich die Produktionsrate langsamer ist.

##### **4.1.2.1 Aerober Energieumsatz von Kohlenhydraten**

Unter Mithilfe von Sauerstoff kommt es bei der aeroben Glykolyse zum Umsatz von Kohlenhydraten. Dabei werden 36-39 ATP-Moleküle pro Glucosemolekül erzeugt, was deutlich mehr ist als bei der anaeroben Glykolyse. Außerdem werden die beiden Endprodukte der anaeroben Glykolyse, Laktat und Wasserstoffionen, bei der aeroben Glykolyse vereinfacht gesagt zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert. Die aerobe Glykolyse ist deshalb die effizienteste Form der Energiegewinnung beziehungsweise der Wiederherstellung von ATP, weil die beiden Endprodukte Kohlendioxid und Wasser leicht vom Körper ausgeschieden werden können und weil die Azidose verzögert werden kann. Entscheidend ist dabei, wieviel Sauerstoff maximal aufgenommen und verbraucht werden kann. Je mehr Sauerstoff zur Verfügung steht, desto mehr Laktat und Wasserstoffionen können metabolisiert werden und desto höhere Schwimmgeschwindigkeiten können erzielt werden ohne gleichzeitig vermehrt Milchsäure zu bilden. Der Nachteil der aeroben Glykolyse ist, dass in der gleichen Zeit nur halb soviel Energie freigesetzt werden kann wie bei der anaeroben Glykolyse (Maglischo, 2003; Wilke & Madsen, 2015).

Wieviel ATP durch den Umsatz von Kohlenhydraten und Sauerstoff generiert werden kann, hängt genauso wie die Zeit bis zur Entleerung der Kohlenhydratspeicher zum einen von der Größe der Kohlenhydratspeicher und zum anderen von der Dauer und Intensität der Belastung ab. In Bezug auf die Entleerung der Speicher spielt darüber hinaus auch die Fähigkeit Fette umzusetzen eine Rolle. Kohlenhydratspeicher befinden sich in Muskulatur und Leber und sind bei gut ausdauertrainierten Athlet\*innen deutlich größer als bei untrainierten. Um eine Entleerung zu verhindern müssen die Speicher durch entsprechende Ernährung vor

allem direkt nach der Trainingseinheit wieder aufgefüllt werden. Das dauert unter optimalen Bedingungen zwischen zwölf und 24 Stunden (Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.1.2.2 Aerober Energieumsatz von Fetten**

Auch beim Umsatz von Fetten wird mithilfe von Sauerstoff neben ATP Kohlendioxid und Wasser gebildet, wobei für den Umsatz von Fetten etwa 10% mehr Sauerstoff benötigt wird als für den Umsatz von Kohlenhydraten bei gleicher ATP Produktion. Die Fettspeicher besitzen zwar die größte Gesamtenergiemenge und können eine Versorgung über mehrere Stunden sicherstellen, liefern aber verglichen mit den anderen Systemen deutlich weniger Energie pro Zeiteinheit. Fette werden im Körper in Form von Fettgewebe und in der Muskelzelle gespeichert (Maglisco, 2003; Wilke & Madsen, 2015).

Um die Entleerung der Kohlenhydratspeicher zu verzögern ist die Umsetzung von Fetten von entscheidender Bedeutung. Das ist vor allem bei Belastungen, die mehr als eine Stunde dauern wichtig. Deshalb spielt die Fähigkeit den Umsatz von Fetten zu forcieren vor allem im Training (Maglisco, 2003; Wilke & Madsen, 2015) eine entscheidende Rolle, weil es hier in der Regel zu einer Belastungsdauer von zwei Stunden kommt. Je länger eine Belastung andauert, desto größer wird der Anteil der Umsetzung von Fetten an der Energiebereitstellung.

Wenn allerdings das Kohlenhydratniveau generell niedrig ist, werden die Kohlenhydratspeicher schon sehr früh entleert und eine Energieversorgung über den Fettumsatz findet gezwungenermaßen statt. Das bedeutet, dass mehr Sauerstoff notwendig ist um die gleiche Energie wie beim Umsatz von Kohlenhydraten zu generieren. Das führt zu einer als anstrengender wahrgenommenen Belastung und einer langsameren Schwimmgeschwindigkeit (Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.1.2.3 Maximale Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_{2\max}$ )**

Die  $\dot{V}O_{2\max}$  entspricht der Menge Sauerstoff, die ein\*e Sportler\*in pro Minute maximal aufnehmen kann und ermöglicht eine Beurteilung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit. Sie hängt von der beteiligten Muskulatur, dem Alter, dem Geschlecht und dem Körpergewicht ab. Um einen Vergleich mehrerer Sportarten zu ermöglichen wird die  $\dot{V}O_{2\max}$  als Relativwert, also in Abhängigkeit vom Körpergewicht, angegeben. Für Leistungsschwimmer\*innen

liegt sie durchschnittlich bei 75 ml/min/kg bzw. 65 ml/kg/min (Wilke & Madsen, 2015) während sie für untrainierte Herren bei 40-55 ml/kg/min beziehungsweise Damen bei 32-40 ml/kg/min liegt (Weineck, 2010). Allerdings macht die Angabe von Absolutwerten (l/min) im Schwimmsport mehr Sinn, da das eigene Körpergewicht im Wasser nicht selbst getragen werden muss. Die  $\dot{V}O_{2max}$  spielt vor allem bei der Kurzzeit- Mittelzeit- und Langzeitausdauer eine wichtige Rolle (Weineck, 2010) und hat für Wettkampfdistanzen von 50 m eher geringe Bedeutung (Wilke & Madsen, 2015). Bei länger andauernden Belastungen nimmt der Anteil an aerober Ausdauer immer mehr zu, weshalb für die Energiegewinnung Sauerstoffbedarf besteht. Je mehr Sauerstoff zur Verfügung steht desto effizienter kann ATP produziert werden und desto effektiver kann die Muskulatur arbeiten.

Entscheidend für die Beurteilung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit anhand der  $\dot{V}O_{2max}$ , sind allerdings nicht allein die relativen beziehungsweise absoluten Maximalwerte, sondern auch in welchem Ausmaß der aufgenommene Sauerstoff ausgenützt werden kann. Es kann also sein, dass ein\*e Schwimmer\*in, mit geringerer  $\dot{V}O_{2max}$ , aber besserem Ausnutzungsgrad schneller schwimmen kann als ein\*e Schwimmer\*in mit höherer  $\dot{V}O_{2max}$  und schlechterem Ausnutzungsgrad (Maglischo, 2003; Weineck, 2010; Wilke & Madsen, 2015). Man spricht hier von der Ökonomie der Bewegung.

In jedem Fall sollte die Messung der  $\dot{V}O_{2max}$  sportartspezifisch durchgeführt werden, da die Sauerstoffaufnahme auch von der durchgeführten Aktivität abhängt und besonders im Schwimmsport eng in Verbindung mit Koordination und Technik steht. Deshalb sollten Messungen der  $\dot{V}O_{2max}$  im Schwimmsport sportartspezifisch im Becken oder in einer Gegenstromanlage durchgeführt werden (Weineck, 2010; Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.1.3 Verhältnis von aerobem zu anaerobem Energieumsatz im Schwimmsport**

Je nach Dauer und Intensität der Belastung decken der aerobe und der anaerobe Energieumsatz einen unterschiedlich großen Anteil am Energiebedarf ab. Während dem anaeroben System vor allem bei Wettkampfdistanzen bis zu 200 m große Bedeutung zukommt, steht das aerobe System bei 400 m, 800 m sowie 1500 m, vor allem aber im Training im Mittelpunkt (Wilke & Madsen, 2015).

Betrachtet man nun die einzelnen Wettkampfdistanzen, kann man anhand der Belastungsdauer den Anteil an aerober und anaerober Energiebereitstellung festlegen (Abbildung 3). Im Bereich der Schnelligkeitsausdauer erfolgt die Energieversorgung vor allem über das im Körper gespeicherte ATP und Kreatinphosphat sowie über Kohlenhydrate. Der Bedarf an Energie wird hauptsächlich über anaerobe Prozesse abgedeckt. Entscheidend sind in diesem Bereich also der Kreatinphosphatprozess und der anaerobe Kohlenhydratumsatz. In diesen Bereich der Ausdauer fallen 25 m und 50 m Sprints, wobei 25 m Sprints keine offizielle Wettkampfdistanz darstellen, sondern im Training von Bedeutung sind. Je länger die Belastung andauert, desto mehr nimmt die anaerobe Glykolyse zu und es kommt zur vermehrten Laktatbildung (Schnabel et al., 2011).

Für die Kurzzeitausdauer ergibt sich je nach Zeitbereich ein enger Bezug zur Schnelligkeitsausdauer oder Mittelzeitausdauer. Auch in diesem Bereich herrscht der anaerobe Stoffwechsel vor, wenngleich der aerobe Umsatz mit zunehmender Dauer immer mehr an Bedeutung gewinnt. Darunter fallen vor allem 100 m Bewerbe, aber auch 200 m Bewerbe, bei denen es zu einer maximalen Ausschöpfung der alaktaziden Energiebereitstellung kommt. Darüber hinaus spielt auch die anaerobe Glykolyse eine bedeutende Rolle und es kommt zu Höchstwerten bei der Laktatbildung. An der Grenze zur Mittelzeitausdauer ist das anaerobe System nach wie vor Hauptlieferant, obwohl auch das aerobe System mit immer größer werdendem Anteil Energie liefert. Das betrifft aber nur den aeroben Umsatz von Kohlenhydraten, nicht von Fetten (Maglischo, 2003; Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010).

Im Bereich der Mittelzeitausdauer ist der Anteil an anaerober und aerober Energiebereitstellung zunehmend ausgeglichen, wobei bei geringerer Zeitdauer noch die anaerobe Energiegewinnung dominiert und im oberen Zeitbereich die aerobe. In diesen Bereich fallen 400 m und 800 m Wettkampfbewerbe. Die Hauptenergiequelle über diese Distanzen bildet das Muskelglykogen. Während in der Startphase die anaeroben Prozesse den Energiebedarf abdecken, übernimmt in weiterer Folge das aerobe System die Versorgung und liefert die Energie durch die Umsetzung von Kohlenhydraten in Verbindung mit Sauerstoff. Auch hier kommt es zu einer erheblichen Laktatbildung. Je besser allerdings die aerobe Leistungsfähigkeit ist desto besser kann das gebildete Laktat schon während des Rennens wieder abgebaut werden (Maglischo, 2003; Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010).

In der Langzeitausdauer wird Energie hauptsächlich über das aerobe System gewonnen. Während das anaerobe System in der Langzeitausdauer I (LZA I) noch einen gewissen

Anteil an der Energiebereitstellung hat, nimmt diese Bedeutung mit zunehmender Dauer stark ab. In diesen Zeitbereich fällt die Wettkampfdistanz über 1500 m. Aufgrund der anaeroben Beteiligung kommt es ebenfalls zu einer Laktatbildung, allerdings in deutlich geringerem Ausmaß als in den Bereichen der Kurz- und Mittelzeitausdauer. Die Energie wird hauptsächlich aus dem Muskel- und Leberglykogen gewonnen. Erst mit andauernder Belastung also im Bereich LZA II und LZA III, oder wenn die Glykogenspeicher ausgeschöpft sind, kommt es zur Energieversorgung durch den Umsatz von Fetten (Maglisco, 2003; Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010).

Folglich hat das anaerobe System vor allem im Wettkampf, insbesondere für Sprinter\*innen, große Bedeutung, während das aerobe System vor allem im Training, unabhängig von den Wettkampfdistanzen, ausschlaggebend ist (Wilke & Madsen, 2015).

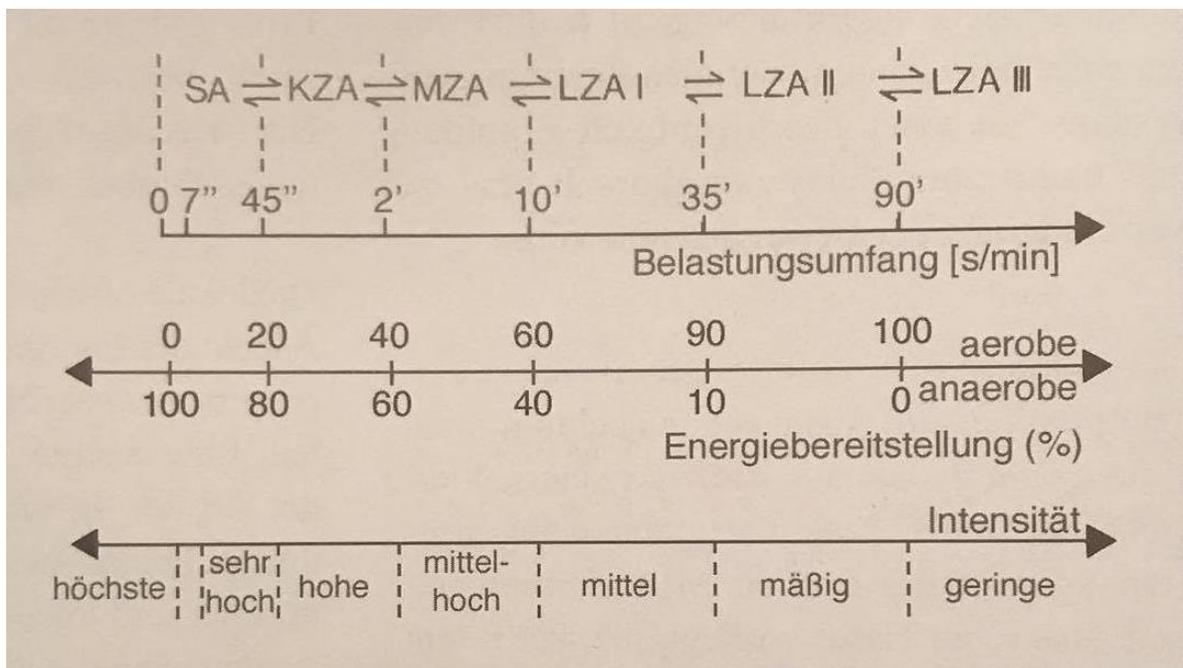


Abb. 3: Die verschiedenen Ausdauerfähigkeiten im Zusammenhang mit der Energiebereitstellung, dem Umfang und der Intensität der Belastung. SA = Schnelligkeitsausdauer, KZA = Kurzzeitausdauer, MZA = Mittelzeitausdauer, LZA = Langzeitausdauer (Weineck, 2010, S. 321).

## 4.2 Kraft

Neben der Ausdauer hat auch die Kraft als konditionelle Fähigkeit großen Einfluss auf die Leistung im Schwimmsport. Sie ist jene Fähigkeit, die es ermöglicht, durch Muskelkontraktion Widerstände zu überwinden, sie zu halten oder ihnen entgegenzuwirken (Reischle &

Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011). Weineck (2010) unterscheidet je nach Betrachtungsweise verschiedene Arten der Kraft. Für den Schwimmsport haben dabei vor allem die Unterteilung hinsichtlich des Anteils der beteiligten Muskulatur und der Sportartspezifität sowie die Unterteilung bezogen auf die motorischen Hauptbeanspruchungsformen und eine Unterteilung anhand der Arbeitsweise der Muskulatur große Bedeutung. Daraus ergibt sich die allgemeine und spezielle Kraft, die Maximalkraft, Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer und die dynamische und statische Kraft.

#### **4.2.1 Allgemeine und spezielle Kraft**

Unter allgemeiner Kraft versteht man jene Kraft, welche von den großen Muskelgruppen wie Rumpf- und Extremitätenmuskulatur entwickelt werden kann (Weineck, 2010) und mit welcher man motorische Alltagsaufgaben beziehungsweise Sportarten, ohne dafür zu trainieren, ausüben kann (Wilke & Madsen, 2015). Die Allgemeinkraft ist dabei Voraussetzung für die Durchführung von speziellem Krafttraining. Darüber hinaus führt ein Training der allgemeinen Kraft zu einem widerstandsfähigeren Bewegungsapparat (Reischle & Kandolf, 2015).

Der Begriff spezielle Kraft bezieht sich auf jene Muskelgruppen, die leistungsbestimmend an einem sportlichen Bewegungsablauf beteiligt sind (Weineck, 2010). Im Schwimmsport betrifft das vor allem Arm- und Beinmuskeln welche die Antriebsmuskulatur bilden und deshalb zu einer Verbesserung des Antriebs führen sollen. Zusätzlich ist auch die Rumpfmuskulatur von Bedeutung, um die Stabilisation zu erhöhen und dadurch zum einen eine optimale Körperlage hinsichtlich des Strömungswiderstandes bei den Tauchphasen nach Start und Wende zu ermöglichen. Zum anderen ist die Rumpfstabilität notwendig um den Antrieb der Arme und Beine zu unterstützen und ihn auf den gesamten Körper zu übertragen. Außerdem soll vor allem das Rumpfkrafttraining auch als Prävention dienen und muskuläre Dysbalancen verhindern und Gelenke schützen (Wilke & Madsen, 2015). Maximalkraft, Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer spielen eine wichtige Rolle, wobei das tatsächliche Ziel des Krafttrainings im Schwimmsport selbstverständlich die Ausbildung der über die Wettkampfdauer notwendigen Muskelkraft, also die Kraftausdauer bildet (Reischle & Kandolf, 2015; Wilke & Madsen, 2015).

### **4.2.2 Maximalkraft**

Nichtsdestotrotz gilt die Maximalkraft als Basisfähigkeit, weil ihre Entwicklung Voraussetzung für die Ausprägung von Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer ist (Reischle & Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011).

Als Maximalkraft wird die höchste Kraft bezeichnet, die bei willkürlicher Muskelkontraktion erreicht werden kann (Schnabel et al., 2011). Sowohl Schnabel et al. (2011), als auch Weineck (2010) unterscheiden hinsichtlich der Maximalkraft zwischen statischen und dynamischen Krafftähigkeiten. Statische Krafftähigkeiten kommen beispielsweise beim Startsprung, bei der Wende oder bezogen auf die Rumpfspannung beim Kraul- und Rückenschwimmen zum Einsatz und sind nach Schnabel et al. (2011) dadurch gekennzeichnet, dass durch Muskelanspannung Widerstand gegen eine äußere Kraft ausgeübt wird. Die Muskulatur kontrahiert dabei isometrisch, das bedeutet, dass sich die Muskelspannung, nicht aber die Muskellänge verändert. Auch dynamische Krafftähigkeiten kommen bei Startsprung und Wende und darüber hinaus beim gesamten Antriebsprozess für alle Schwimmarten durch Arme, Beine und Rumpf zum Einsatz. Sie sind nach Schnabel et al. (2011) durch eine überwindende (konzentrische) oder nachgebende (exzentrische) Beanspruchung gekennzeichnet. Die dynamisch exzentrische Phase bildet dabei zum Beispiel das Vorschieben des Armes beim Kraulschwimmen, gefolgt von der dynamisch konzentrischen Phase, also dem Überwinden des Wasserwiderstandes durch den Kraularmzug.

Die Ausprägung der Maximalkraft wird nach Reischle und Kandolf (2015) vom Muskelfaserquerschnitt, der Muskelfaserzusammensetzung und der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit bestimmt. Sie spielt im Schwimmen neben ihrer Bedeutung für Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer auch deshalb eine Rolle, da ihr Ausprägungsgrad entweder die Schwimmgeschwindigkeit begrenzt oder die erreichbare Schwimmstrecke verkürzt. Je kürzer die geschwommene Strecke ist, desto mehr Kraft wird pro Zug aufgewendet und desto wichtiger ist die Maximalkraft. Über längere Strecken ist sie entscheidend, wenn die Schwimmgeschwindigkeit so schnell wird, dass pro Armzug mehr als 30% der Maximalkraft beansprucht werden. Je höher die Maximalkraft ist, desto schneller kann geschwommen werden ohne die 30% zu überschreiten (Wilke & Madsen, 2015).

### **4.2.3 Schnellkraft**

Schnellkraft bedeutet, dass ein\*e Sportler\*in durch bewusste Muskelkontraktion seine\*ihre Kraft so schnell aktiviert, dass innerhalb kürzester Zeit ein maximales Kraftniveau erreicht

werden kann (Schnabel et al., 2011). Vor allem beim Startsprung, beim Abstoßen nach einer Wende oder beim Sprint, sei es eine kurze Wettkampfstrecke oder ein Endspurt kommt es im Schwimmen darauf an, dem Körper eine möglichst große Beschleunigung und folglich Endgeschwindigkeit zu erteilen (Reischle & Kandolf, 2015; Wilke & Madsen, 2015). Auch für die Schnellkraft stellt die Maximalkraft aufgrund der zu überwindenden Widerstandsgrößen die Basisfähigkeit dar (Schnabel et al., 2011). Sie ist dafür zuständig, kurzfristig möglichst viele Fasern eines Muskels anzuspannen (Wilke & Madsen, 2015).

Zwei weitere bedeutende Komponenten der Schnellkraft sind zum einen die Startkraft und zum anderen die Explosivkraft (Reischle & Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010). Unter Startkraft versteht man die Fähigkeit, zu Beginn der Muskelkontraktion einen möglichst hohen Kraftanstieg zu erreichen. Innerhalb kürzester Zeit soll eine maximale Anfangsgeschwindigkeit erzielt werden (Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010). Unter Explosivkraft versteht man die Fähigkeit den durch die Startkraft realisierten hohen Kraftanstieg maximal weiterzuentwickeln, also einen möglichst hohen Kraftanstieg pro Zeiteinheit zu erreichen (Weineck, 2010). Vor allem bei Start und Wende spielen Start- und Explosivkraft im Schwimmsport eine wichtige Rolle.

#### **4.2.4 Reaktivkraft**

Reaktivkraft ist die Fähigkeit, im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, also beim kurzzeitigen Zusammenwirken von exzentrischer und konzentrischer Muskelbeanspruchung, einen möglichst großen Kraftreiz zu erzielen (Reischle & Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011). Sie kommt vor, wenn eine Bewegung durch eine Ausholbewegung begonnen wird. Beispiele im Schwimmen sind etwa der Startsprung, der Wendenabstoß oder das Vorschieben des Arms vor Beginn des Armzugs (Wilke & Madsen, 2015).

Durch die Ausholbewegung wird die betroffene Muskulatur in einen Dehnungszustand versetzt. Beim Übergang zur Verkürzung herrschen isometrische Bedingungen, die sich positiv auf die folgende Kraftentwicklung auswirken. Die durch die Dehnung des Muskels gewonnene Energie kann in den elastischen Bestandteilen der Muskeln, Sehnen und Bänder gespeichert und als Anfangskraft für die konzentrische Muskelaktivität genutzt werden. Durch das Zusammenwirken der exzentrischen und konzentrischen Muskelkräfte kommt es zu einer höheren Gesamtkraft (Reischle & Kandolf, 2015; Schnabel et al., 2011; Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.2.5 Kraftausdauer**

Kraftausdauer beschreibt die Fähigkeit, die Ermüdung der Muskulatur bei lang andauerndem Krafteinsatz möglichst gering zu halten (Weineck, 2010), das bedeutet Bewegungen gegen einen Widerstand so lang wie möglich aufrecht zu erhalten oder so oft wie möglich zu wiederholen (Hohmann et al., 2010). Sie ist abhängig von der Maximalkraft, der Leistungsfähigkeit des Energiestoffwechsels und der Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung (Reischle & Kandolf, 2015).

Für den Schwimmsport bedeutet die Kraftausdauer beziehungsweise wettkampfspezifische Kraft, über eine bestimmte Strecke so schnell wie möglich, gleichzeitig aber mit möglichst gleichmäßigen Schwimgeschwindigkeiten vor allem auf der zweiten Hälfte der Distanz zu schwimmen. Ziel ist also die maximal mögliche Schwimgeschwindigkeit über die Dauer einer geschwommenen Strecke so gut wie möglich aufrecht zu erhalten. Je länger dabei die Strecke ist, desto wichtiger ist die Ausprägung der Kraftausdauer (Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.3 Schnelligkeit**

Hohmann et al. (2010) verstehen unter dem Begriff Schnelligkeit jene Fähigkeit, die es ermöglicht, ohne dass es dabei zu Ermüdung kommt, möglichst schnell motorisch zu reagieren beziehungsweise zu handeln. Sie dient dazu, schnellstmöglich auf Reize zu reagieren und Bewegungen auszuführen (Schnabel et al., 2011).

Die schwimmerische Grundschnelligkeit kennzeichnet die maximale Fortbewegungsgeschwindigkeit im Wasser und setzt sich aus der azyklischen Startschnelligkeit und der zyklischen Sprintschnelligkeit zusammen, wobei die Startschnelligkeit in Reaktionsschnelligkeit und Aktionsschnelligkeit unterteilt ist. Die Startschnelligkeit bezieht sich dabei beispielsweise auf den Startsprung, das bedeutet, auf das Startsignal so schnell wie möglich zu reagieren (Reaktionsschnelligkeit) und eine möglichst kurze Startzeit zu erreichen (Aktionsschnelligkeit). Auch beim Abstoßen nach der Wende oder beim Beschleunigen spricht man von der Startschnelligkeit. Unter der Sprintschnelligkeit versteht man einen auf die Startschnelligkeit folgenden kurzen Sprint. Die Startschnelligkeit bedingt also den Einsatz der Sprintschnelligkeit. Von der dadurch gebildeten schwimmerischen Grundschnelligkeit ist nur dann die Rede, wenn noch keine Ermüdung eintritt und keine Abnahme der Leistung messbar ist. Deshalb ist sie mit maximal 8-12 s sehr kurz bemessen. Auf die Startschnelligkeit fallen dabei etwa 3-4 s und auf die Sprintschnelligkeit etwa 5-8 s, weshalb eine

Strecke bis zu 25 m der schwimmerischen Grundschnelligkeit zugeordnet wird (Reischle & Kandolf, 2015; Wilke & Madsen, 2015).

#### **4.4 Beweglichkeit**

Unter Beweglichkeit versteht man das Vermögen, Bewegungen mit der notwendigen Schwingungsweite alleine oder mit Hilfe von äußeren Kräften in einem oder mehreren Gelenken auszuführen (Weineck, 2010). Sie ermöglicht einen Bewegungsspielraum, der es erlaubt Schwimmbewegungen so auszuführen, dass Energie nicht unnötig verbraucht wird (Wilke & Madsen, 2015). Dabei wird unter anderem allgemeine und spezielle (Reischle & Kandolf, 2015; Weineck, 2010) sowie aktive und passive Beweglichkeit (Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010; Wilke & Madsen, 2015) unterschieden. Aktive Beweglichkeit bezeichnet das durch Anspannen der beteiligten Muskulatur und gleichzeitiger Dehnung der Antagonisten größtmögliche Bewegungsausmaß. Passive Beweglichkeit ist jenes Bewegungsausmaß, welches durch äußere Kräfte wie die Schwerkraft, eine\*n Partner\*in, eigene Muskelkräfte von anderen Körperteilen oder Zusatzgeräte erreicht wird (Schnabel et al., 2011; Weineck, 2010; Wilke & Madsen, 2015). Von allgemeiner Beweglichkeit wird dann gesprochen, wenn Beweglichkeit sportartübergreifend betrachtet wird und alle Gelenke (Reischle & Kandolf, 2015), vor allem aber die wichtigsten Systeme wie Wirbelsäule, Schulter- und Hüftgelenk (Weineck, 2010) betroffen sind. Die spezielle Beweglichkeit hingegen bezieht sich auf jene Gelenke, die für die Bewegungen der jeweiligen Sportart von besonderer Bedeutung sind (Reischle & Kandolf, 2015; Weineck, 2010). Dazu gehört im Schwimmsport insbesondere die Beweglichkeit im Schulter- und Fußgelenk für alle Lagen sowie die Beweglichkeit im Hüftgelenk vor allem beim Brustschwimmen. Aber auch die Beweglichkeit in der Wirbelsäule besonders beim Delfin- und Brustschwimmen sowie bei der Rollwende haben große Bedeutung (Reischle & Kandolf, 2015).

#### **4.5 Koordination und Technik**

Nach Weineck (2010), versteht man unter Koordination die Interaktion von Zentralnervensystem und Skelettmuskulatur im Ablauf einer ausgeführten Bewegung. Koordinative Fähigkeiten ermöglichen es, sportliche Bewegungen schnell und einfach zu erlernen und ihren Ablauf sowohl geplant als auch ungeplant durchführen zu können. Es werden allgemeine und spezielle koordinative Fähigkeiten unterschieden. Allgemeine Koordinationsfähigkeiten entwickeln sich aus umfang- und abwechslungsreichen Bewegungserfahrungen in verschiedenen Sportarten während spezielle Koordinationsfähigkeiten vor allem innerhalb der betreffenden Wettkampfdisziplin entwickelt werden und sich auf die Technik der

betreffenden Sportart beziehen (Weineck, 2010). Zu den wichtigsten allgemeinen koordinativen Fähigkeiten gehören die Kopplungsfähigkeit, die Differenzierungsfähigkeit, die Gleichgewichtsfähigkeit, die Orientierungsfähigkeit, die Rhythmisierungsfähigkeit, die Reaktionsfähigkeit und die Umstellungsfähigkeit (Weineck, 2010). Diese allgemeinen Koordinationsfähigkeiten können den speziellen Fähigkeiten im Schwimmsport zugeordnet werden (Reischle & Kandolf, 2015). Der allgemeinen Kopplungsfähigkeit wird im Schwimmsport die simultane und sukzessive Komplexität als spezielle Kopplungsfähigkeit zugeordnet. Darunter versteht man beispielsweise bei Schwimmbewegungen die simultane Kopplung der Teilbewegungen von Armen und Beinen und bei Startsprüngen oder Wenden die sukzessive Kopplung der einzelnen Bestandteile wie Absprung oder Abstoß, Gleitphase und Beinschlag mit Übergang in die folgende Schwimmbewegung. Für die Differenzierungsfähigkeit stehen im Schwimmsport kinästhetische und taktile Informationsanforderungen, das bedeutet ein ausgeprägtes Bewegungs- und Wassergefühl zu entwickeln, um die Technik individuell optimal auszubilden, um ein Tempogefühl zu entwickeln oder um Zykluslänge und Zyklusfrequenz einzuhalten. Vestibuläre Informationsanforderungen werden der Gleichgewichtsfähigkeit zugeordnet und sind zum einen wichtig um statische Gleichgewichtsanforderungen beim Startsprung, also das Einnehmen und Einhalten der optimalen Startposition zu bewältigen. Zum anderen sind sie wichtig um dynamische Gleichgewichtsanforderungen während des Schwimmens, also das Einnehmen der optimalen Wasserlage, sie zu stabilisieren und bei Rotationen erneut einzunehmen, zu bewältigen. Im Sinne der Orientierungsfähigkeit spielen im Schwimmsport Situations-, Präzisions- und optische Informationsanforderungen bei allen Formen der Wende, beim Start und beim Anschlag eine bedeutende Rolle, um den Abstand zur Wand richtig einzuschätzen oder um beispielsweise nicht zu weit zu tauchen nach Start oder Wende. Für die Rhythmisierungsfähigkeit ist eine hohe Präzisionsanforderung von Bedeutung, das bedeutet, dass zum Beispiel Bein- und Armbewegung miteinander abgestimmt werden, dass eine optimale Zugfrequenz erreicht wird und dass dadurch die Bewegungsausführung ökonomisch gestaltet wird. Die Reaktionsfähigkeit ist im Schwimmsport vor allem beim Start, also beim Reagieren auf ein akustisches Startsignal von Bedeutung. Darüber hinaus spielt sie aber auch, unabhängig von akustischen Signalen, im Wettkampf, wenn man auf eine plötzliche Temposteigerung des Gegners reagieren muss, eine Rolle. Die Umstellungsfähigkeit ist im Schwimmsport durch eine Variabilitätsanforderung gekennzeichnet. Darunter versteht man die Fähigkeit, auf veränderte Bedingungen zu reagieren. Das betrifft sinngemäß den Endsprint im Wettkampf, wenn Ermüdung eintritt, veränderte Trainings- oder Wettkampfbedingungen wie etwa eine ungewohnte Wassertemperatur oder auch taktische Anpassungen während des Wettkampfes (Reischle & Kandolf, 2015).

Je höher das Trainingsalter im Schwimmsport desto wichtiger wird die spezielle Koordination und desto geringer fallen Bedeutung und Umfang der allgemeinen Koordination aus (Wilke & Madsen, 2015). Spezielles Koordinationstraining hat vor allem das Ziel, Bewegungen beziehungsweise Bewegungstechniken individuell und im Hinblick auf verschiedene Situationen entscheidend anzupassen und zu gestalten. Dazu gehören im Schwimmsport unter anderem individuelle anatomische Veränderungen des Körperbaus, unterschiedliche situative Trainings- oder Wettkampfgegebenheiten wie Freiluft oder Halle und Kurzbahn oder Langbahn und das Aufrechterhalten der Technik bei hohen konditionellen Belastungen (Reischle & Kandolf, 2015).

Eine ausgeprägte allgemeine Koordination gilt als Basis für alle Schwimmbewegungen im Wasser. Sie kann sportartübergreifend an Land oder elementbezogen im Wasser trainiert werden. Die spezielle Koordination spielt im Schwimmsport insbesondere beim Zusammenspiel einzelner Bewegungsabläufe eine entscheidende Rolle. Das betrifft etwa den Startsprung, die Wende mit Abstoß, Gleitphase und Beschleunigung durch Delfinbeinschläge und vor allem das Zusammenspiel von Armzug und Beinschlägen innerhalb der einzelnen Schwimmstile. Da die Koordination im Schwimmsport in engem Zusammenhang zur Technik steht, wird sie weiter in technikorientierte und technikspezifische Koordination unterschieden. Die technikorientierte Koordination steht für die Verbindung der einzelnen Teilbewegungen im Wasser, während die technikspezifische Koordination für den Einsatz von Schwerpunkten innerhalb einer Schwimmbewegung steht. Dabei sollen neue Bewegungserfahrungen ermöglicht werden und in weiterer Folge die Schwimmtechnik verfeinern und effektiver machen. Zum einen durch das Verbinden verschiedener Teilbewegungen wie zum Beispiel Rückenschwimmen mit Doppelarmzug in Kombination mit Delfinbeinschlägen und zum anderen durch den Einsatz verschiedener Geschwindigkeiten, Bewegungsumfänge oder Zugfrequenzen wie zum Beispiel 50 m Freistil schwimmen mit unterschiedlicher Anzahl an Armzügen aber gleichbleibender Endzeit (Reischle & Kandolf, 2015).

Nach Hohmann et al. (2010) sind Koordination und Technik besonders in den Ausdauersportarten von entscheidender Bedeutung, weil sie in energetischer Hinsicht zum einen ermöglichen, dass die Leistungsfähigkeit optimal ausgenutzt werden kann und zum anderen ökonomische Bewegungsabläufe sicherstellen. Darüber hinaus sind koordinative Fähigkeiten und eine gut ausgebildete Technik im Schwimmsport auch wichtig, um eine möglichst optimale Bewegungs- beziehungsweise Technikausführung auch unter Ermüdung, zum Beispiel am Ende einer Wettkampfdistanz zu ermöglichen (Reischle & Kandolf, 2015).

Gerade in der Ausdauersportart schwimmen hat die Technik einen hohen Einfluss auf die Leistung. Um während des Schwimmens Energie einzusparen ist eine optimal ausgeprägte Technik notwendig. Die dadurch zusätzlich zur Verfügung stehende Energie kann genutzt werden um schneller, oder bei gleicher Geschwindigkeit, länger schwimmen zu können (Wilke & Madsen, 2015).

Alle Schwimmarten sind im Bewegungsablauf durch den Antrieb, die Koordination und Körperlage, den Armzug und den Beinschlag gekennzeichnet. Für den Antrieb sind sowohl die Arme als auch die Beine als auch der Rumpf verantwortlich, weil es sich beim Schwimmen um eine Bewegung handelt, bei welcher der gesamte Körper miteinbezogen wird. Eine verbesserte Koordination und Körperlage dienen der Reduzierung von Widerständen und gleichzeitig wird der Antrieb in seiner Effektivität gesteigert. Um einen optimalen Antriebsweg zu ermöglichen werden die Bewegungsmöglichkeiten der Gelenke für den Armzug, also Schulter- Ellbogen- und Handgelenk, bestmöglich ausgenutzt. Dabei sind möglichst runde Bewegungen, besonders beim Übergang von der Antriebs- in die Rückholphase und von der Rückhol- in die Antriebsphase, entscheidend und plötzliche Richtungswechsel sollten vermieden werden. Das bedeutet, dass der Antriebsweg der Hand möglichst lang beziehungsweise weit nach hinten bis zum Oberschenkel ausfällt und die Rückholphase durch einen langen Armzug nach vorne beendet wird. Für einen bestmöglichen Antrieb durch den Beinschlag ist ein hohes Maß an Beweglichkeit in Hüfte und Fußgelenk entscheidend (Rudolph et al., 2014).

#### **4.5.1 Delfin**

Abbildung 4 zeigt die einzelnen Technikmerkmale im Bewegungsverlauf des Delfinschwimmens. Durch den aufeinander abgestimmten Einsatz von Schultern und Hüfte kommt es zu einem Wechsel zwischen hoher und mittlerer Körperlage. Der fast gestreckte Einsatz der Arme in Schulterbreite mit sehr langer Zug- und Druckphase führt zu einem sehr langen Antriebsweg (1-6). Die Zugphase (1-4) beginnt durch das symmetrische Greifen des Wassers nahe an der Wasseroberfläche, wobei sich die Schultern durch eine Überstreckung unter Wasser befinden und die Hände zeitlich vor den Ellbogen eintauchen (1). Gleichzeitig kommt es zu einem ersten Beinschlag beim Eintauchen der Arme beziehungsweise zu Beginn der Zugphase (2). Während der gesamten Zugphase (1-4) wird kontinuierlich ausgeatmet. In der Druckphase (4-6) kommt es zu einer nachdrücklichen Streckung des Ellbogengelenks und einer Steigerung der Handgeschwindigkeit. Außerdem kommt es zu einem erneuten Beinschlag und zur Einatmung. Der Beinschlag ist gekennzeichnet durch einen

rhythmischen Auf- und Abwärtsschlag wobei der Aufwärtsschlag der Beine (1, 3 & 4) sehr kraftvoll und durch eine Aufwärtsbewegung der Füße bis an oder leicht über die Wasseroberfläche gekennzeichnet ist. Beim Abwärtsschlag (2, 5 & 6) werden die Beine mit lockeren und nach innen gedrehten Füßen aktiv nach unten geschlagen. Während der Überwasserphase, also der Rückholphase, sollten die Arme möglichst entspannt wieder nach vorne bewegt werden und der Kopf wird zeitlich vor den Händen wieder in das Wasser eingetaucht (Reischle & Kandolf, 2015; Rudolph et al., 2014).

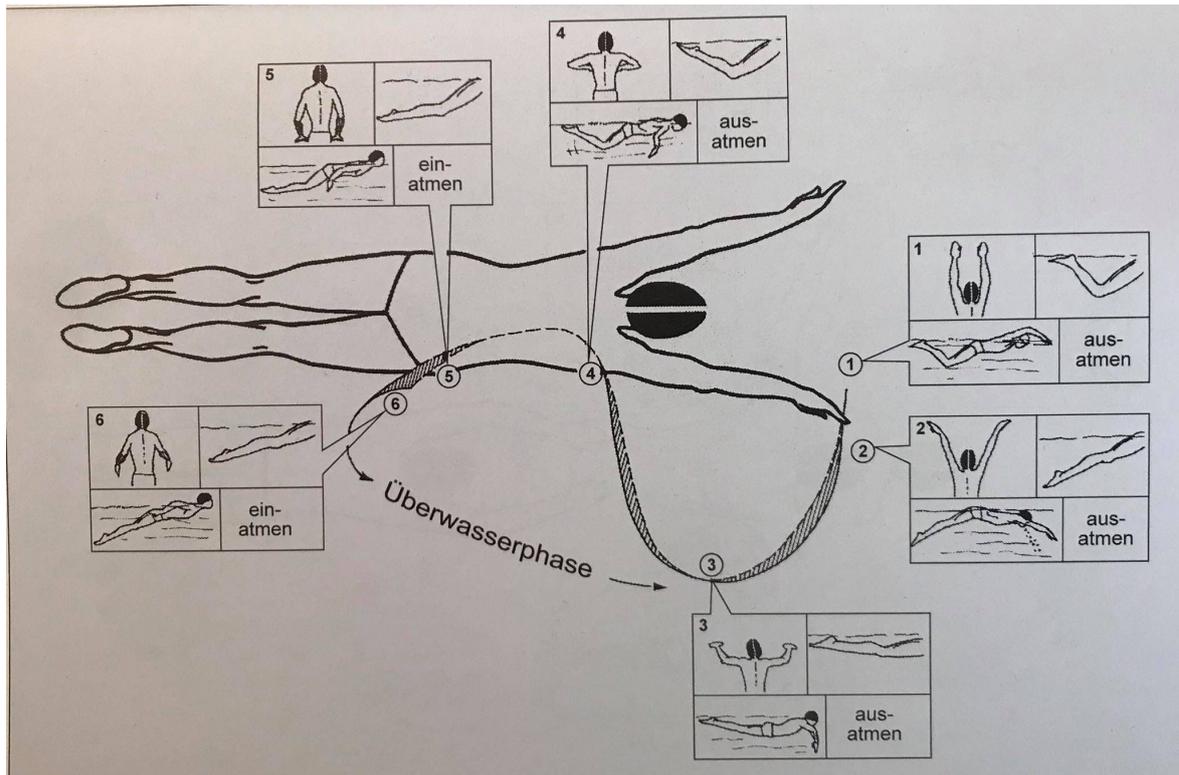


Abb. 4: Schwimmtechnik Delfin (Wilke & Madsen, 2015, S. 55).

#### 4.5.2 Rücken

Abbildung 5 zeigt die einzelnen Technikmerkmale im Bewegungsverlauf des Rückenschwimmens. Durch eine leichte Beugung im Hüftgelenk und eine über der Hüftgelenksachse liegende Schulterachse kommt es zu einer hohen Körperlage, wodurch der\*die Schwimmer\*in auf der Welle aufliegt. Die Füße befinden sich nahe an der Wasseroberfläche und der Kopf liegt auf dem Wasser. Der Körper behält dabei eine stabile Position, weshalb eine deutliche Rotation der Schulter um die Körperlängsachse für den Antriebsweg der Arme notwendig ist. Der lange Antriebsweg des Armes beginnt mit dem schulterbreiten Eintauchen des gestreckten Armes, wobei der Arm so gedreht wird, dass die Kleinfingerkante zuerst eintaucht (1). Gleichzeitig befindet sich die Schulter des anderen Armes

außerhalb des Wassers, weswegen die erwähnte Schulterrotation von besonderer Bedeutung ist (2). Die Zugphase (1-4) beginnt mit gestrecktem Ellbogengelenk, welches im weiteren Verlauf gebeugt wird um einen optimalen Antrieb durch die Handfläche zu erzielen. Für die Druckphase (4-7) wird das Ellbogengelenk möglichst körpfernah und mit großer Handgeschwindigkeit wieder gestreckt, um größtmöglichen Druck durch die Handfläche zu erreichen. In der Rückholphase (7-9) wird der Arm möglichst körpfernah aus dem Wasser gehoben bis er mit der Kleinfingerkante zuerst wieder eintaucht (1). Der Beinschlag (1-9) ist durch einen intensiven Auf- und Abwärtsschlag gekennzeichnet. Bei der Abwärtsbewegung bleibt das Kniegelenk zunächst gestreckt. In weiterer Folge wird es zu Beginn der Aufwärtsbewegung locker gehalten, durch den Wasserwiderstand leicht gebeugt und mit einem aktiven Aufwärtsschlag wieder gestreckt. Das Fußgelenk ist in jeder Phase locker und die Füße werden eingedreht (Reischle & Kandolf, 2015; Rudolph et al., 2014).

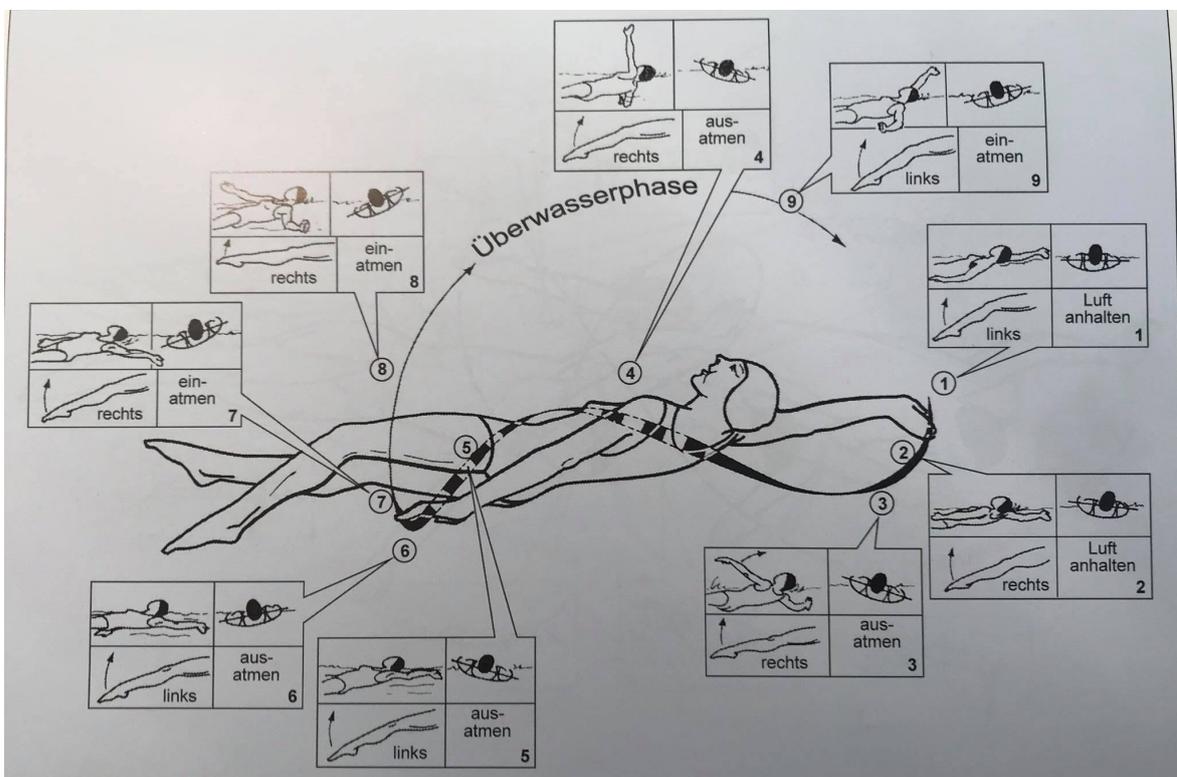


Abb. 5: Schwimmtechnik Rücken (Wilke & Madsen, 2015, S. 53).

#### 4.5.3 Brust

Abbildung 6 zeigt die einzelnen Technikmerkmale im Bewegungsverlauf des Brustschwimmens. Um den Wasserwiderstand möglichst gering zu halten, ist die Körperposition durch eine möglichst flache Wasserlage und eine möglichst geringe Hüftbeugung beziehungsweise eher durchgehende Hüftstreckung gekennzeichnet. Zu Beginn der Zugphase (1)

befinden sich die Hände und Schultern knapp unter der Wasseroberfläche. Es kommt zunächst zu einem sehr weiten symmetrischen Armzug, etwa bis zur doppelten Schulterbreite mit gleichzeitiger Innenrotation der Oberarme (2-3), wobei die Ellbogen ungefähr auf Höhe der Schulterachse gehalten werden (4). Im weiteren Verlauf (4-6) werden die senkrechten Unterarme und die Hände explosiv vor der Brust zusammengeführt, um die Rückholphase der Arme (6-8) einzuleiten. Diese ist durch das nach vorne Strecken der Arme gekennzeichnet, wobei die vollständige Armstreckung das Ende der Rückholphase (8) definiert. Die Beinbewegung gliedert sich in eine Rückholphase (4-7) und eine Schlagphase (7-8). In der Rückholphase der Beine werden die Fersen durch eine Beugung im Kniegelenk bei möglichst geringer Hüftbeugung zum Gesäß geführt. Diese Phase beginnt zeitlich kurz nach dem Beginn des Zusammenführens der Unterarme und Hände vor der Brust. Zu Beginn der Schlagphase der Beine (7) werden die Füße aufgestellt und nach außen gedreht. Eine öffnende Kreisbewegung der Füße mit später Streckung der Knie- und Fußgelenke soll einen optimalen Antrieb durch die Fußsohlen ermöglichen. Diese Phase findet während der Rückholphase der Arme statt. Am Ende der Schlagphase der Beine (8) sind die Beine und Füße gestreckt und die nächste Zugphase der Arme beginnt. Die Einatmung wird durch das Aufrichten des Oberkörpers während des Zusammenführens der Arme und Hände vor der Brust (4-6) eingeleitet und durch das Eintauchen während der Rückholphase der Arme (6-8) beendet (Reischle & Kandolf, 2015).

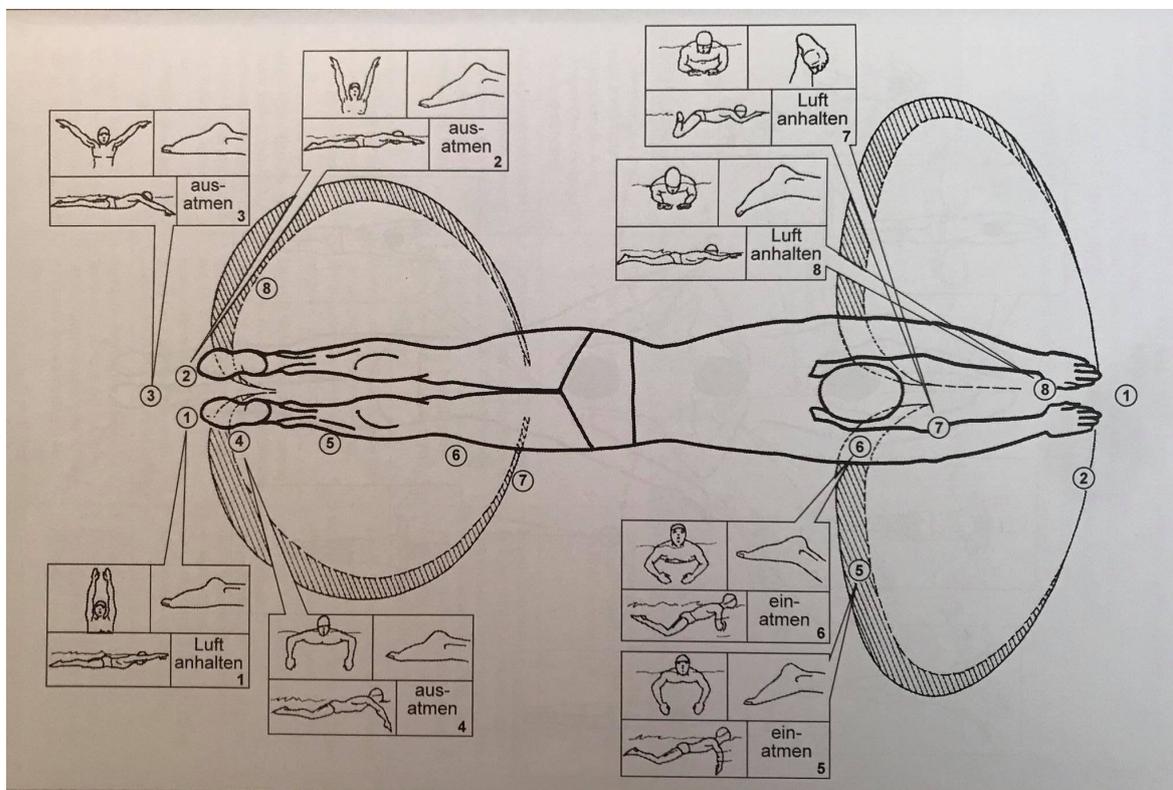


Abb. 6: Schwimmtechnik Brust (Wilke & Madsen, 2015, S. 57).

#### 4.5.4 Freistil

Abbildung 7 zeigt die einzelnen Technikmerkmale im Bewegungsverlauf des Kraulschwimmens. Eine hohe Oberkörperposition und der Einsatz der Füße an der Wasseroberfläche kennzeichnen die hohe Wasserlage und ermöglichen ein Aufliegen auf der Welle. Der Körper behält eine stabile Position, weshalb es beim Armeinsatz zu einer deutlichen Rotation der Schultern um die Längsachse des Körpers kommt. Der lange Antriebsweg des Armes beginnt mit dem schulterbreiten Eintauchen in Verlängerung der Schultern und einer Streckung des Ellbogens beziehungsweise einem nachstrecken des eingetauchten Armes (1). Die Zugphase (1-3) ist gekennzeichnet durch eine Innenrotation des Oberarmes (2) und eine Beugung des Ellbogens (3) bis zur Körpermitte um einen optimalen Antrieb durch die Handfläche zu erzielen. Für die Druckphase (3-5) wird der Ellbogen wieder gestreckt um einen möglichst langen Abdruck bis auf Höhe des Oberschenkels zu erreichen. In der Rückholphase (5-8) wird der Arm möglichst locker, mit hohem Ellbogen und nah am Körper wieder nach vorne bewegt, um die nächste Zug- und Druckphase einzuleiten. Der Beinschlag (1-8) ist durch einen intensiven Auf- und Abwärtsschlag gekennzeichnet. Während der Aufwärtsbewegung wird das Kniegelenk gestreckt. Bei der Abwärtsbewegung bleibt das Kniegelenk zunächst locker und wird durch den Wasserwiderstand gebeugt bevor ein aktiver Abwärtsschlag zu einer Streckung führt. Das Fußgelenk ist in jeder Phase locker und die Füße werden eingedreht. Die Einatmung beginnt mit dem Ende der Druckphase (5) und endet kurz bevor der Arm wieder in das Wasser eintaucht (7-8). Je nach Distanz wird dabei unterschiedlich oft geatmet. Während bei 50 m Rennen gar nicht oder nur einmal geatmet wird, wird bei Langstreckenrennen zum Beispiel nach jedem dritten Armzug Luft geholt (Reischle & Kandolf, 2015; Rudolph et al., 2014).

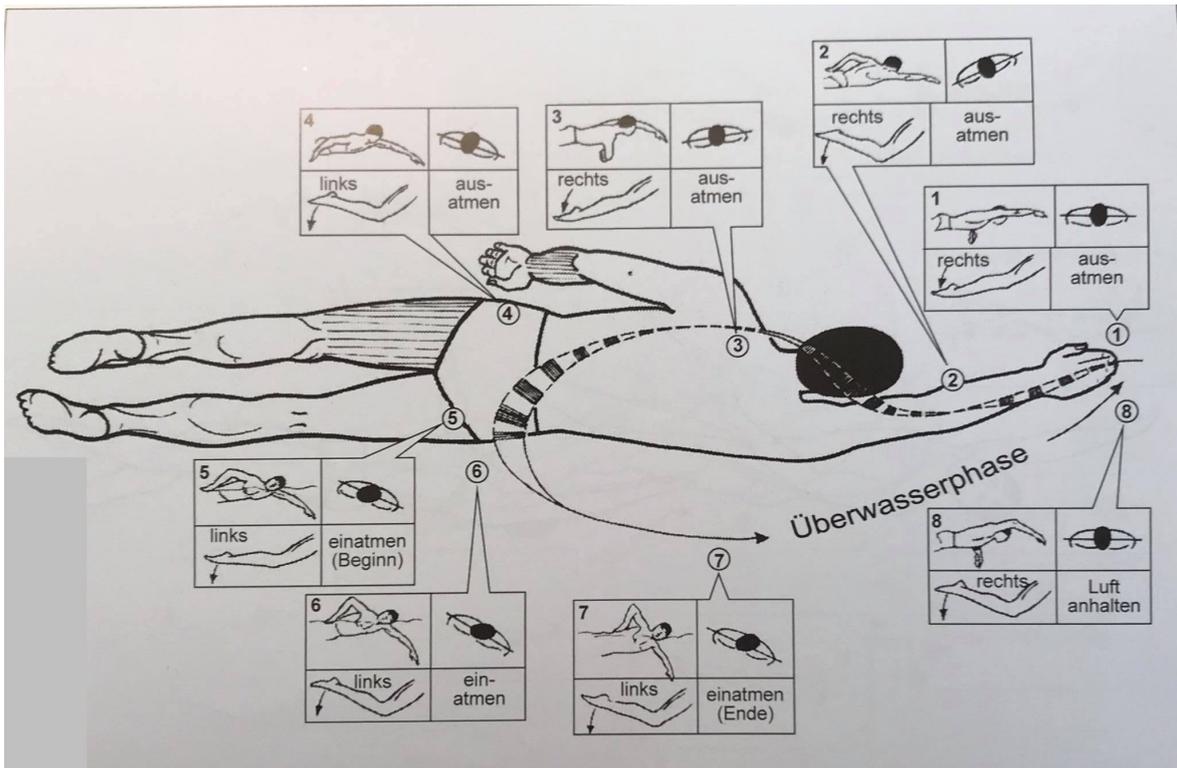


Abb. 7: Schwimmtechnik Freistil (Wilke & Madsen, 2015, S. 51).

#### 4.5.5 Der Start

Der Start erfolgt je nach Disziplin durch einen Startsprung von einem Startblock am Beckenrand (Delfin, Brust, Freistil) oder aus dem Wasser (Rücken). Er ist vor allem auf den Sprintdistanzen von entscheidender Bedeutung. Im Durchschnitt kann ein verbesserter Start die Endzeit um mindestens 0,1 s verbessern, was besonders über kurze Distanzen mit sehr geringen Zeitabständen für eine bessere Platzierung ausschlaggebend sein kann (Maglischo, 2003).

##### 4.5.5.1 Der Start vom Startblock

Beim Startsprung vom Startblock werden zum einen der Grabstart und zum anderen der Schrittstart unterschieden (Abbildung 8). Reischle und Kandolf (2015) unterscheiden fünf Phasen des Startvorgangs. Für die erste Phase, die Ausgangsposition, wird bei beiden Varianten mit den Händen an die Vorderkante des Startblocks gegriffen. Beim Grabstart befinden sich beide Füße an der Vorderkante des Startblocks und die Hände greifen entweder zwischen den Füßen oder neben den beiden Füßen zur Vorderkante. Beim Schrittstart befindet sich nur ein Fuß an der Vorderkante, während der andere Fuß in Schrittstellung am hinteren Ende des Startblocks platziert wird. In beiden Fällen greifen die Zehen der vorne

positionierten Füße die Vorderkante des Startblocks. Die zweite Phase bildet der Absprung. Als Reaktion auf das Startsignal wird bei beiden Varianten mit den Händen an der Vorderkante gezogen um sie dann vom Startblock zu lösen. Der Körperschwerpunkt wird in die Sprungrichtung bewegt und Hüft- Knie- und Fußgelenk werden beim Grabstart, in Verbindung mit einem Armschwung in Sprungrichtung, möglichst schnellkräftig gestreckt um abschließend die Füße vom Startblock zu lösen. Beim Schrittstart werden Knie- und Fußgelenk des hinten positionierten Beines gestreckt und jene des vorne platzierten Beines zunächst gebeugt. Nachdem der hintere Fuß von der Plattform gelöst wurde, beginnt auch die Streckphase des vorderen Beines. Die Arme werden möglichst weit nach vorne gestreckt und die Hände werden vor dem Kopf zusammengeführt um den Kopf dazwischen zu positionieren. Beim Lösen des vorderen Fußes wird das hintere Bein nach oben bewegt und der Oberkörper wird in eine horizontale Position gestreckt. In der dritten Phase, der Flugphase, ist der Körper unter Spannung vollständig gestreckt. Mit der Wasserberührung der Fingerspitzen beginnt die Phase des Eintauchens. Der Eintauchwinkel sollte etwa 40 Grad bis 45 Grad betragen und der gesamte Körper soll im durch die Hände gebildeten Eintauchloch eintauchen. Sobald sich der gesamte Körper im Wasser befindet beginnt die Übergangsphase. Beim Freistil- Rücken- oder Delfinschwimmen ist sie gekennzeichnet durch maximale Delfinbeinschläge über eine erlaubte Distanz von bis zu 15 m. Kurz vor dem Erreichen der Wasseroberfläche wird der Armzug eingesetzt und die Übergangsphase endet mit dem Einsetzen der jeweiligen Schwimmart. Beim Brustschwimmen wird in der Übergangsphase eine kurze Gleitphase gefolgt von einem Unterwasserzug durchgeführt. Dazu werden zunächst die gestreckten Arme ähnlich wie bei der Zugphase des Brustschwimmens nach hinten gezogen um anschließend in Verbindung mit einem Delfinbeinschlag einen Abdruck der Arme bis auf Hüfthöhe durchzuführen. Einer erneuten kurzen Gleitphase folgt ein Brustbeinschlag und das abschließende möglichst körpernahe nach vorne Führen der Arme (Reischle und Kandolf, 2015).

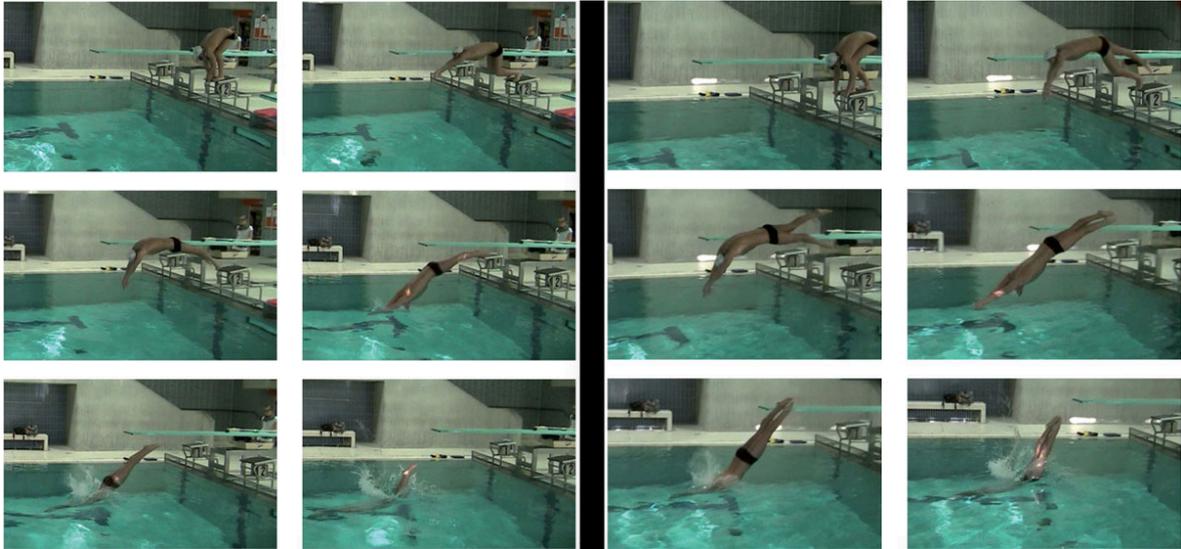


Abb. 8: Grabstart und Schrittstart (mod. nach Schneider, 2012, S. 130-131).

Honda et al. (2010) zufolge wurde der Schrittstart im Laufe der Zeit immer populärer und hat sich im internationalen Schwimmsport durchgesetzt bevor er im Jahr 2009 durch die Entwicklung eines neuen Startblocks (Abb. 9) revolutioniert wurde und zur Entstehung des Kickstarts (Abb. 10) führte. Das neue Modell wurde durch die FINA zugelassen und sollte ursprünglich schon bei den Weltmeisterschaften 2009 in Rom eingesetzt werden. Letztendlich wurde die Einführung nach hinten verschoben und mit Anfang 2010 verwirklicht (FINA, 2015). Der von der Firma Swiss Timing hergestellte OSB11 (Abb. 9) weist im Gegensatz zu den ursprünglichen Startblöcken mit 74x52 cm und 9 Grad Neigung eine verlängerte und steilere Plattform auf. Darüber hinaus kommen überarbeitete Handgriffe und eine zusätzliche Fußstütze zum Einsatz (Swiss Timing, 2019).



Abb. 9: OSB11 (<https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/osb-11>).

Beim sogenannten Kickstart (Abb. 10) liegt der hintere Fuß nicht auf der eigentlichen Plattform des Startsockels auf, sondern wird ähnlich wie bei einem Leichtathletikstart gegen die Fußstütze gestellt. Diese Fußstütze hat einen Winkel von 30 Grad zur Plattform und kann auf fünf Positionen nach hinten und nach vorne verstellt werden (Honda et al., 2010). Der Hersteller verspricht im Vergleich zu einem herkömmlichen Startblock explosivere Starts und schnellere Rennzeiten durch optimale Größe und Winkel der Plattform und der Fußstütze (Swiss Timing, 2020).

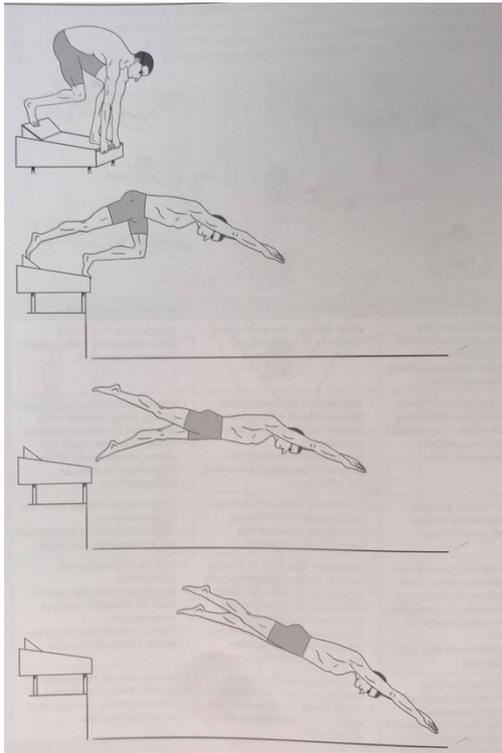


Abb. 10: Kickstart (Wilke & Madsen, 2015, S. 60).

Garcia-Hermoso et al. (2013) haben im Rahmen ihrer Studie 50 m und 100 m Freistil Bewerbe bei 26 internationalen Wettkämpfen analysiert um herauszufinden, ob es je nach Startblock einen Zusammenhang zwischen der Blockzeit, also der Zeit vom Ertönen des Startsignals bis zum Verlassen des Startblocks, und der Endzeit gibt. Während sowohl bei Damen als auch bei Herren über beide Distanzen kürzere Blockzeiten bei einem Startsprung vom neuen Startblock im Vergleich mit den Blockzeiten auf einem alten Startblock erhoben wurden, konnte ein Zusammenhang zwischen der Blockzeit und der Endzeit nur für Herren bei den 50 m Bewerben mit Start vom alten Block und für Damen bei den 50 m Bewerben vom neuen Block erhoben werden. Der ermittelte Zusammenhang bei den Damen war dabei allerdings umgekehrt. Die Autoren schließen daraus, dass bei Verwendung der neuen Startblöcke ein guter Impuls deutlich wichtiger ist als eine möglichst kurze Blockzeit.

Auch Honda et al. (2010) haben anhand von Tests mit 14 Elite-Schwimmer\*innen die Auswirkungen des OSB11 auf die Leistung im Vergleich zum traditionellen Startblock untersucht. Dazu wurden von allen Teilnehmer\*innen drei Kickstarts und drei Schrittstarts durchgeführt, wobei diese angewiesen wurden den Startsprung mit maximaler Anstrengung durchzuführen und nach dem Eintauchen ohne Bewegung so weit wie möglich zu gleiten.

Gemessen wurden die einwirkenden Kräfte mithilfe einer Kraftmessplatte auf der Plattform und der Fußstütze sowie die Zeiten nach 5 m und 7,5 m mit Hilfe von Hochgeschwindigkeitskameras und einem speziellen Videokamera Timing-System. Die von Honda et al. (2010) ermittelten Ergebnisse (Tab. 2) zeigen, dass der Kickstart dem Schrittstart in jeder Hinsicht überlegen ist. Sowohl die beim Kickstart erhobene Blockzeit als auch die gemessenen Zeiten über 5 m und 7,5 m waren signifikant schneller als jene beim Schrittstart. Auch die durchschnittliche Horizontalkraft war signifikant höher als jene beim Schrittstart. Daraus schließen Honda et al. (2010), dass der Startblock zum einen schneller und zum anderen mit einer höheren Geschwindigkeit verlassen werden konnte. Zusätzlich wurde ermittelt, dass mit Hilfe der Fußstütze Kraft in horizontaler Richtung aufgebracht werden kann wodurch die horizontale Startgeschwindigkeit signifikant schneller war. Das für die Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen 5 m und 7,5 m kein signifikanter Unterschied erhoben wurde, erklären die Autoren mit der größeren Widerstandskraft, während der ohne Bewegung durchgeführten Tauch- und Gleitphase durch die zuvor erreichte höhere Geschwindigkeit. Selbst wenn diese Studie während der Tauchphase ohne Beinschläge ausgeführt wurde, so zeigt sie dennoch den deutlichen Vorteil des Kickstarts gegenüber dem Schrittstart. Darüber hinaus gaben alle Teilnehmer\*innen an, den Kickstart als ihren schnelleren Start empfunden zu haben.

Tab. 2: Vergleich zwischen Kickstart und traditionellem Schrittstart. Mittelwerte und SD. Quelle: mod. n. Honda et al. (2010, S. 95).

Variablen	Kickstart	Schrittstart	P-Wert
Zeit bis 5 m (s)	1,62 ± 0,01	1,66 ± 0,01	0,002*
Zeit bis 7,5 m (s)	2,69 ± 0,02	2,73 ± 0,02	0,032*
Blockzeit (s)	0,77 ± 0,01	0,80 ± 0,01	0,001*
Horizontale Startgeschwindigkeit (m/s <sup>-1</sup> )	4,48 ± 0,04	4,41 ± 0,03	0,009*
Durchschnittliche Geschwindigkeit zwischen 5 m & 7,5 m (m/s)	2,39 ± 0,04	2,37 ± 0,04	0,644
Durchschnittliche Horizontalkraft (BW)	0,60 ± 0,01	0,57 ± 0,01	0,003*
Maximale Horizontalkraft am Block (BW)	1,13 ± 0,04	1,09 ± 0,04	0,151

\* Signifikanter Unterschied zwischen Kickstart und Schrittstart  $p < 0.05$

#### 4.5.5.2 Der Rückenstart

Auch der Rückenstart (Abb. 11) kann wie der Startsprung vom Startblock nach Reischle und Kandolf (2015) in fünf Phasen eingeteilt werden. In der Ausgangsposition hält sich der\*die Athlet\*in an den Handgriffen des Startblocks fest und platziert die Füße so an der Wand, dass die Zehenspitzen leicht aus dem Wasser schauen. Mit dem Kommando „auf die Plätze“ wird der Oberkörper näher zur Wand gezogen um die Phase des Absprungs einzuleiten. Zu Beginn des Absprungs werden die Arme schwungvoll nach oben hinten gebracht und es kommt zuerst zu einer Streckung im Hüftgelenk gefolgt von einem kräftigen Abstoß von der Wand durch eine Streckung im Knie- und Fußgelenk. Mit dem Lösen der

Füße von der Zeitmessplatte beginnt die Flugphase. Während der Flugphase befindet sich der angespannte Körper in einer Lordose Haltung und der Kopf wird zwischen den Armen eingeklemmt um eine optimale Eintauchphase zu ermöglichen. Dabei tauchen Finger, Arme, Kopf, Rumpf und Beine durch ein Eintauchloch ins Wasser ein. In der darauffolgenden Übergangsphase wird der Körper unter maximaler Spannung gestreckt und es werden maximale Delfinbeinbewegungen durchgeführt um kurz vor der Wasseroberfläche mit der spezifischen Schwimmbewegung zu beginnen (Reischle & Kandolf, 2015; Rudolph et al., 2014).



Abb. 11: Rückenstart (mod. n. Rudolph et al., 2014, S. 150).

Auch beim Rückenstart gab es ähnlich wie beim Startsprung vom Startblock Materialentwicklungen, welche zu einer Revolution des Rückenstarts führten. Am 29. November 2014 wurde der Einsatz der sogenannten OBL2 Pro Backstroke Ledge (Abb. 12) durch die FINA offiziell erlaubt (FINA, 2016). Das ebenfalls von der Firma Swiss Timing hergestellte Produkt ist ein erweiterter Aufsatz für den Startblock OSB11 und seine Folgemodelle. Dabei handelt es sich um eine Leiste mit rutschfester Oberfläche für einen besseren Halt beim Rückenstart. Der Hersteller gibt an, durch den Einsatz der Rückenstartleiste neue Bestleistungen in den Rückendisziplinen erzielen zu können. Neben einem verbesserten Abstoß von der Wand und einer besseren Flugkurve während der Flugphase führt der Einsatz laut Hersteller auch zu einem größeren Winkel der Beine zur Wasseroberfläche kurz vor Verlassen der Wand. Dadurch soll es während der Flugphase zu weniger Wasserkontakt durch die Beine und Füße kommen (Swiss Timing, 2015).



Abb. 12: OBL2 Pro (<https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/obl2-pro>).

Sowohl Ikeda et al. (2017) als auch Gordon et al. (2018) haben die Auswirkungen der Rückenstartleiste OBL2 pro und die Unterschiede zu einem Rückenstart ohne OBL2 pro untersucht. Beide Studien wurden mithilfe von wettkampferfahrenen Rückenschwimmer\*innen durchgeführt. Im Rahmen der Studien wurden von allen Teilnehmer\*innen jeweils sechs Rückenstarts, drei ohne Rückenstartleiste und drei mit Rückenstartleiste, durchgeführt. Mithilfe von Kraftmessplatten (Gordon et al., 2018) und hochauflösenden Kameras über und unter der Wasseroberfläche (Ikeda et al., 2017; Gordon et al., 2018) wurden zum einen der horizontale Kraftimpuls, der vertikale Kraftimpuls, die Startgeschwindigkeit, der Startwinkel, die Distanz bis zum Eintritt des Kopfes in das Wasser, die Zeit bis zum Erreichen einer Entfernung von 10 m und die Zeit bis zum Beginn der Hüft- und Kniestreckung gemessen (Gordon et al., 2018). Zum anderen wurden die Positionsveränderung des Körperschwerpunktes während dem Startvorgang, Winkelveränderungen und Geschwindigkeiten der Schulter- Hüft- und Kniegelenke, sowie die Zeit bis zum Erreichen einer Entfernung von 5 m und 15 m gemessen (Ikeda et al., 2017). In beiden Studien konnten unter Verwendung der Rückenstartleiste im Vergleich zu den Rückenstarts ohne Rückenstartleiste

signifikant kürzere Zeiten über 10 m beziehungsweise 5 m und 15 m erhoben werden. Darüber hinaus konnten Ikeda et al. (2017) nachweisen, dass bei einem Rückenstart mit Rückenstartleiste eine höhere Hüftposition zum Zeitpunkt des Wassereintritts der Fingerspitzen erreicht werden konnte. Dadurch wird das Eintrittsloch, durch welches der gesamte Körper in das Wasser eintaucht kleiner und es kommt zu einer Verringerung des Wasserwiderstands. Durch den verringerten Wasserwiderstand kurz nach dem Körpereintritt in das Wasser wurden sowohl die horizontalen als auch die vertikalen Geschwindigkeiten des Körperschwerpunkts erhöht, weshalb schnellere 5 m Zeiten zustande kamen (Ikeda et al., 2017). Gordon et al. (2018) konnten unter Verwendung der Rückenstartleiste außerdem eine signifikant größere Distanz bis zum Eintreten des Kopfes in das Wasser nachweisen. Die Ergebnisse dieser beiden Studien zeigen demnach, dass der Einsatz der OBL2 pro zu einer verbesserten Leistung beim Startvorgang führt.

#### **4.5.6 Die Wende**

Die Wende dient dem schnellstmöglichen Wechsel der Richtung, wobei dieser je nach geschwommener Lage mit oder ohne Handkontakt an der Beckenwand stattfindet. Mit Handkontakt spricht man von der Kippwende und ohne Handkontakt von der Rollwende. Eine Ausnahme bildet die Wende in den Lagendisziplinen beim Übergang vom Rücken- auf das Brustschwimmen, welche als Rollwende mit Handkontakt durchgeführt wird (Rudolph et al., 2014).

Beim Delfin- und Brustschwimmen wird eine Kippwende durchgeführt (Abb. 13, a). Kurz vor der Wende sollte die Beckenwand ohne Reduzierung der Geschwindigkeit angeschwommen werden. Es muss mit beiden Händen gleichzeitig angeschlagen werden und der Handkontakt sollte möglichst kurz sein. Die Knie werden so schnell wie möglich angezogen um die Beine zur Wand zu bewegen. Gleichzeitig wird durch das Aufrichten und seitliche Kippen des Oberkörpers die Richtungsänderung eingeleitet, wobei ein Arm über Wasser in die neue Richtung bewegt wird. Noch in Seitenlage werden die Füße an der Wand positioniert und die Arme in eine Streckhaltung gebracht um unter Streckung der Beine die Wand mit höchstmöglicher Geschwindigkeit zu verlassen. Nach dem Abstoßen und einer kurzen Gleitphase unter maximaler Körperspannung mit gleichzeitiger Drehung des Körpers in Bauchlage, beginnt die für die jeweilige Lage spezifische Tauchphase. Beim Delfinschwimmen werden direkt nach dem Abstoßen Delfinbeine durchgeführt. Beim Brustschwimmen folgt, genauso wie nach dem Startsprung, der Unterwasserzug. In den Lagendisziplinen erfolgt der Abstoß nach der Delfinwende in Rückenlage für das anschließende

Rückenschwimmen. Auch die Einleitung der Rollwende beim Kraulschwimmen (Abb. 13, b) ist durch ein Anschwimmen mit möglichst hoher Geschwindigkeit gekennzeichnet. Während ein Arm neben dem Körper bleibt, wird die Drehung durch den Zugarm, ein nach vorne Beugen des Kopfes, die Hüftbeugung und einen Delfinkick eingeleitet. Während der Drehbewegung kann der Körper um die Breitenachse rotiert werden, sodass die Füße in seitlicher Körperposition an der Wand anschlagen. Alternativ erfolgt die Drehung ohne Rotation um die Breitenachse, sodass die Füße in Rückenlage an der Wand anschlagen. Mit gestreckten Armen erfolgt der Abstoß von der Wand mit gleichzeitiger Drehung des Körpers in Bauchlage. Unmittelbar nach dem Abstoß werden kräftige Delfinbeinschläge durchgeführt. Die Rollwende beim Rückenschwimmen (Abb. 13, c) wird technisch ähnlich durchgeführt. Die Wand wird in Rückenlage angeschwommen um kurz davor durch eine Rotation um die Längsachse in die Bauchlage zu wechseln. Die Drehbewegung wird exakt wie jene bei der Kraulwende durchgeführt. Der Abstoß erfolgt mit gestreckten Armen in Rückenlage, unmittelbar gefolgt von kräftigen Delfinbeinschlägen. Beim Lagenwechsel von Rücken auf Brust (Abb. 13, d) ist der Bewegungsablauf jenem bei der Rückenwende sehr ähnlich. Die Beckenwand wird in Rückenlage angeschwommen allerdings ohne folgende Rotation in Bauchlage. Nach einem kurzen Handkontakt mit der Beckenwand kommt es zu einer Rückwärtsdrehung des Körpers über die Breitenachse. Sobald die Füße Kontakt zur Wand haben folgt der mit gestreckten Armen durchgeführte Abstoß, eine kurze Gleitphase unter maximaler Körperspannung und der Unterwasserzug (Reischle & Kandolf, 2015; Rudolph et al., 2014).

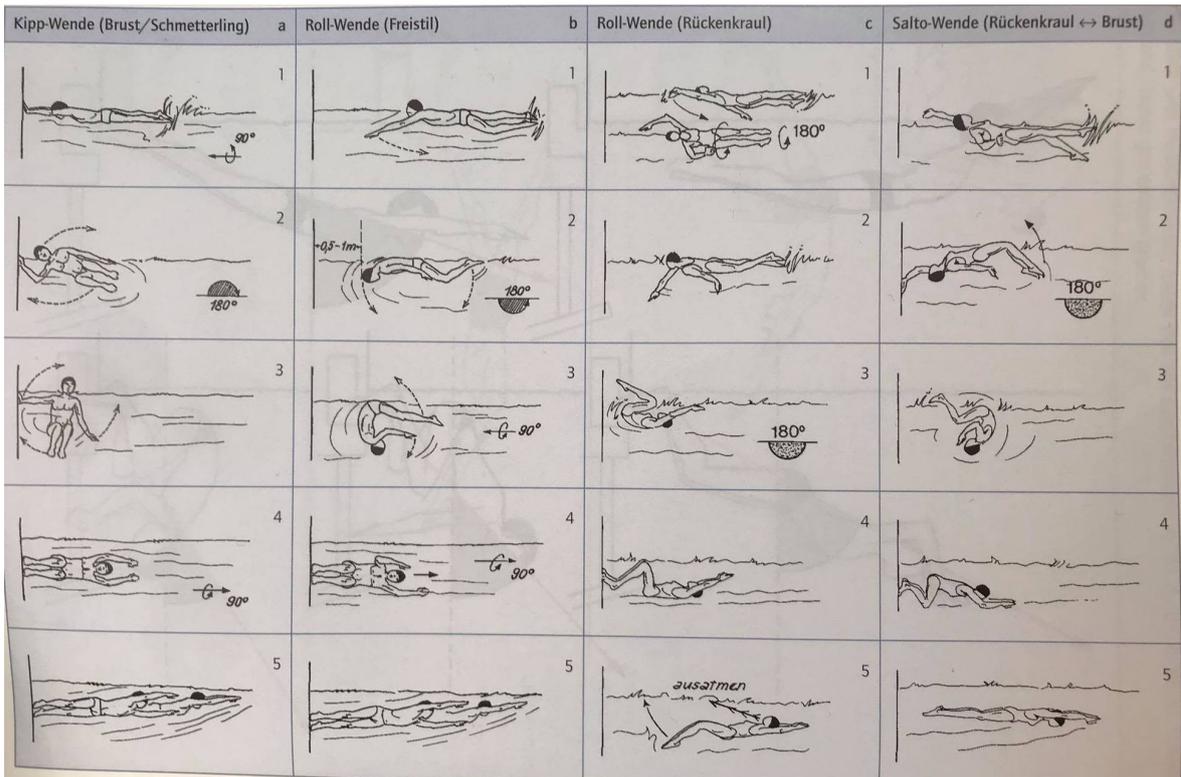


Abb. 13: Die verschiedenen Formen der Wende (Wilke & Madsen, 2015, S. 62).

## 4.6 Anthropometrie

Wilke und Madsen (2015) nennen unter anderem eine überdurchschnittliche Körpergröße, einen schlanken Körperbau, lange Hände und Füße als große Antriebsflächen und lange Extremitäten um weite Bewegungsamplituden zu erreichen als anthropometrisch wichtige Voraussetzungen für erfolgreiche Schwimmer\*innen.

In mehreren Studien (Geladas et al., 2005; Lätt et al., 2010; Rozi et al., 2018) konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Spannweite der Arme und der 100 m Freistil Zeit nachgewiesen werden. Darüber hinaus konnte auch die Körpergröße als entscheidender anthropometrischer Faktor in Bezug auf die 100 m Freistil Zeit bestimmt werden. Die Studienautoren gehen davon aus, dass größere Schwimmer\*innen eine größere Spannweite der Arme aufweisen, wodurch eine größere Zuglänge der Arme zustande kommt und man besser durch das Wasser gleiten kann. Folglich können dadurch schnellere 100 m Freistil Zeiten geschwommen werden (Geladas et al., 2005; Lätt et al., 2010; Rozi et al., 2018). Darüber hinaus haben Geladas et al. (2005) auch einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Hand- beziehungsweise Fußlänge und der 100 m Freistil Zeit bei

männlichen Testpersonen und zwischen der Handlänge und der 100 m Freistil Zeit bei weiblichen Testpersonen nachgewiesen.

#### **4.7 Psychische Faktoren**

Rudolph et al. (2014) zufolge nehmen drei leistungsbestimmende Faktoren zu gleichen Teilen Einfluss auf die Wettkampfvorbereitung. Dazu gehören die physische Vorbereitung, die technisch-taktische Vorbereitung und die psychische Vorbereitung. Die Sportpsychologie verfolgt das Ziel, deren Glaubwürdigkeit und positiven Einfluss auf die sportliche Leistung anzuerkennen (Simões et al., 2012). Da das Interesse, sportpsychologische Techniken zur Verbesserung der Wettkampfleistung anzuwenden, in den letzten zehn Jahren stark zugenommen hat (Meggs & Chen, 2019) werden diese Ziele durchaus erfüllt. In mehreren Studien wurde der Einfluss psychologischen Trainings auf die Wettkampfleistung im Schwimmsport untersucht (Hatzigeorgiadis et al., 2014; Meggs & Chen, 2019; Simões et al., 2012). Die psychologischen Interventionen umfassten zum einen Zielsetzungsmethoden (Meggs & Chen, 2019; Simões et al., 2012) und zum anderen Selbstgespräch-Techniken (Meggs & Chen, 2019; Hatzigeorgiadis et al., 2014). In allen drei Studien konnten positive Effekte der sportpsychologischen Interventionen, im Sinne einer Verbesserung der Wettkampfleistung, nachgewiesen werden.

Ganz allgemein sehen Rudolph et al. (2014) das Zeitmanagement, die Motivation, das Feedback durch den\*die Trainer\*in, mentales Training und den Grad der Erregtheit beziehungsweise Stress als einflussnehmende Komponenten auf das psychische Befinden im Schwimmsport. Zeitmanagement ist entscheidend, weil neben täglichem Training selbstverständlich auch schulische Verpflichtungen zu bewältigen sind. Der durch die entstehende Zeitknappheit aufkommende Druck kann zu einer starken psychischen Belastung der Sportler\*innen führen. Die Motivation spielt im Schwimmsport eine besondere Rolle, da vor allem das Schwimmtraining durch Monotonie geprägt ist und psychische Belastungsercheinungen hervorrufen kann. Neben dem Motiv, die hohen Belastungen des Trainings als unumgänglich anzuerkennen um die Leistung zu verbessern, zählen auch das Leistungsmotiv, also das Streben nach Leistungszielen und das Machtmotiv, also den\*die Gegner\*in besiegen zu wollen, als wichtigste Motive im Schwimmsport. Das Feedback durch den\*die Trainer\*in spielt vor allem bei Wettkämpfen eine entscheidende Rolle im Hinblick auf das psychische Befinden des\*der Sportlers\*Sportlerin. In diesen für eine\*n Sportler\*in sehr emotionalen Situationen ist es wichtig das Selbstwertgefühl des\*der Athleten\*Athletin nicht zu verletzen und ihn\*sie dadurch einer psychischen Belastung auszusetzen. In diesem

Sinne ist es förderlich, den\*die Sportler\*in in den Feedbackprozess miteinzubeziehen und gemeinsam das Rennen einzuschätzen. Als besonders wichtig im Schwimmsport, heben Rudolph et al. (2014) mentales Training beziehungsweise Visualisierung hervor. Darunter versteht man das Beobachten einer sportlichen Handlung und die anschließende Beschreibung und Vorstellung dieser Beobachtung. Mentales Training hat das Ziel, komplexe Bewegungsformen zu erlernen aber auch taktische Anweisungen umzusetzen. Dadurch ist es außerdem möglich, sich besser auf die Bedingungen und Gegner\*innen einzustellen und die eigenen Leistungsziele zu visualisieren. Abschließend spielt auch Stress eine wichtige Rolle im Rahmen eines Schwimmwettkampfes. Wenn ein Gleichgewicht zwischen der Leistungsanforderung und den individuellen Leistungsvoraussetzungen vorliegt, besteht ein optimaler Grad der Erregtheit und Höchstleistungen können erzielt werden. Bei einem Ungleichgewicht kommt es zu Stress und der\*die Schwimmer\*in empfindet eine psychische Belastung. Der optimale Erregungszustand kann zum Beispiel durch Selbstgespräch-Techniken, durch Entspannungs- oder Aktivierungsverfahren, durch Musik oder Konzentrationsübungen erreicht werden. In jedem Fall muss er aber für jede\*n Sportler\*in individuell bestimmt werden (Rudolph et al., 2014).

#### **4.8 Ausrüstung**

Neben Trainingsmaterialien wie Schwimmbrett, Pullbuoy, Paddles, Flossen, Badehaube und Schwimmbrille hat vor allem die Bekleidung im und außerhalb des Wassers während Training und Wettkampf besondere Bedeutung im Schwimmsport. Ziel der Bekleidung außerhalb des Wassers ist das Warmhalten des Körpers. Durch das Tragen eines Trainingsanzuges, eines Wärmemantels, warmer Socken, von Schuhen oder Badeschlapfen und bei Trainings oder Wettkämpfen im Freien oft auch von Hauben und Handschuhen soll ein Auskühlen und damit verbundener Energieverlust verhindert werden (Wilke & Madsen, 2015). Während des Trainings werden enganliegende Badeanzüge oder Badehosen getragen, bei speziellen Trainingseinheiten zusätzlich Widerstandshosen. Im Wettkampf wurden bis 2010 sogenannte Fastskin-Anzüge getragen, welche immer wieder weiterentwickelt wurden und nachgewiesene Leistungssteigerungen ermöglichten. Seit dem 1. Jänner 2010 dürfen von Herren nur noch Fastskin-Hosen und von Damen Fastskin-Anzüge getragen werden, welche streng geregelten Auflagen der FINA unterliegen

## 5 Belastungs- und Trainingssteuerung im Schwimmsport

Was mit einer Trainingseinheit erreicht werden soll ist die grundlegende Zielsetzungsfrage für die Gestaltung jeder Trainingseinheit. Im Rahmen des Schwimmtrainings haben die einzelnen Einheiten das vordergründige Ziel, die konditionellen Fähigkeiten zu verbessern (Wilke & Madsen, 2015). Um die Trainingsbelastung anzupassen stehen verschiedene Belastungsfaktoren zur Verfügung. Zu den wichtigsten gehören laut Wilke und Madsen (2015) die Belastungsintensität, die Trainingsmethode, die Gesamtdauer des Trainings, die Dauer der einzelnen Teilstrecken, die Anzahl der Wiederholungen, die Dauer der Pausen, die Bewegungsform und äußere Bedingungen. Hinsichtlich der Belastungsintensität wird unterschieden zwischen Belastung, dazu gehört etwa die Schwimmgeschwindigkeit und Beanspruchung, wie Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz, Laktatbildung und subjektives Belastungsempfinden.

Je nach Zielsetzung müssen die verschiedenen Trainingseinheiten aufgrund der verschiedenen Ausdauerarten hinsichtlich der Belastungsdauer vor allem aber hinsichtlich der unterschiedlichen muskulären Energiebereitstellungssysteme des menschlichen Körpers individuell noch differenzierter gestaltet werden. Dahingehend beschreiben Wilke und Madsen (2015) acht verschiedene Belastungszonen, deren Grundlage die vier Energieliefernden Prozesse bilden. Folglich bestehen für jede Belastungszone eine klar definierte Zielsetzung und daraus abgeleitete Belastungsfaktoren (Wilke & Madsen, 2015).

In der Belastungszone 1 gilt die Regeneration beziehungsweise die Nachbereitung von Belastungen als Hauptzielsetzung. Die Energiegewinnung erfolgt aerob hauptsächlich über den Umsatz von Fetten um den Wiederaufbau der Kohlenhydratspeicher sicherzustellen. Die Intensitäten der Beanspruchungsparameter liegen bei 45-65% der  $\dot{V}O_{2max}$ , 55-75% der  $HF_{max}$ , 0,8-1,5 mmol/l Laktat und einem Belastungsempfinden von 1-3 auf einer Skala von 1-10. Ähnlich ist die Belastungszone 2 definiert. Auch hier bildet der aerobe Umsatz von Fetten die dominante Form der Energiegewinnung. Die Hauptzielsetzung ist die Verbesserung der Fettverbrennung und die beschleunigte Laktatelimination nach intensiven Trainingseinheiten oder Wettkämpfen. Die  $\dot{V}O_{2max}$  sollte 65-80%, die  $HF_{max}$  75-85% und die Laktatkonzentration 1,5-2,5 mmol/l betragen und das Belastungsempfinden sollte einen Wert von 3-5 widerspiegeln. In Belastungszone 3 erfolgt die Energiegewinnung überwiegend durch den aeroben Umsatz von Kohlenhydraten, mit dem Ziel die aerobe Kapazität zu verbessern und daraus resultierend über längere Dauer an der individuellen anaeroben Schwelle schwimmen zu können. Die Maße für die innere Intensität liegen bei 80-87% der

$\dot{V}O_{2\max}$ , bei 85-90% der  $HF_{\max}$ , bei 2,5-4,0 mmol/l Laktat und bei einem Belastungsgrad von 5-6. Ein Training in der 4. Belastungszone hat die Verbesserung der Geschwindigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle als Hauptziel. Die Energiegewinnung erfolgt ausschließlich durch die Umsetzung von Kohlenhydraten in erster Linie aerob aber durch die hohe Intensität leicht oberhalb des maximalen Laktat Steady-States auch anaerob. Das Laktatgleichgewicht kann auf Dauer nicht mehr aufrechterhalten werden und es kommt zur Anhäufung von Laktat. 87-94% der  $\dot{V}O_{2\max}$ , 90-95% der  $HF_{\max}$ , 4,0-6,0 mmol/l Laktat und ein Belastungsempfinden von 6-7 bilden die Maße für die innere Belastungsintensität dieser Zone. Die Steigerung der  $\dot{V}O_{2\max}$  ist das Hauptziel in der Belastungszone 5. Darüber hinaus soll durch das Training in dieser Belastungszone die Fähigkeit Laktatkonzentrationen von 6-8 mmol/l über einen längeren Zeitraum zu tolerieren verbessert werden. Auch hier wird die Energie beinahe ausschließlich durch den Umsatz von Kohlenhydraten gewonnen allerdings sowohl durch aerobe als auch durch anaerobe Form. Die Sauerstoffaufnahme und die Herzfrequenz liegen mit Werten von 94-100% der  $\dot{V}O_{2\max}$  und 95-100% der  $HF_{\max}$  sehr nah an den Maximalwerten. Hinzu kommen Werte von 6,0-8,0 mmol/l La und 7-9 auf der Belastungsskala für die Bemessung der inneren Intensität. Durch ein Training in der 6. Belastungszone soll insbesondere die Säuretoleranz, also das Tolerieren von höheren Laktatkonzentrationen verbessert werden. Die Energiegewinnung erfolgt ausschließlich durch den Umsatz von Kohlenhydraten, überwiegend anaerob laktazid. Als Maß für die innere Belastungsintensität zählen in den Belastungszonen 6-8 die Laktatkonzentration und das persönliche Belastungsempfinden. Darunter fallen maximal tolerierbare Laktatkonzentrationen bis zu 24 mmol/l und Werte von 9-10 auf der Belastungsskala. Das Hauptziel einer Trainingseinheit in der Belastungszone 7 ist die Verbesserung der Fähigkeit, mehr ATP pro Zeiteinheit zu generieren. Ähnlich wie in der Belastungszone 6 erfolgt die Energiegewinnung durch den Umsatz von Kohlenhydraten, allerdings aufgrund der kürzeren Belastungsdauer ausschließlich anaerob laktazid. Die kürzere Belastungsdauer bedingt darüber hinaus ähnlich hohe aber eben nicht maximale Laktatwerte von 10-18 mmol/l und ein subjektives Belastungsempfinden von 8-9. Die Zielstellung in der 8. Belastungszone ist die Verbesserung der spezifischen Schnelligkeit. Insbesondere der Kreatinphosphatumsatz soll durch ein Training in dieser Zone verbessert werden. Durch sehr kurze maximale Belastungen wird der Kreatinphosphatspeicher vollständig geleert und anschließend wieder aufgefüllt. Durch diese sehr kurze Belastungsdauer mit maximaler Intensität erfolgt die Energiebereitstellung ausschließlich anaerob alaktazid. Je nach Dauer der Belastung kommt es zu einer geringen Anhäufung von 2-8 mmol/l La und einem Belastungsempfinden von 3-5 (Wilke & Madsen, 2015).

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass ein Training in den Belastungszonen 1-5 der Entwicklung der aeroben Ausdauer dient. Das Training in den Belastungszonen 1-3 bildet bei eher geringer bis mittlerer Intensität, gleichzeitig aber höherer Gesamtdauer die Grundlage der aeroben Ausdauer. Diese Grundlage ist notwendig, um das Training in der Belastungszone 4 und 5 bei geringerer Gesamtdauer aber höheren Intensitäten knapp oberhalb der individuellen anaeroben Schwelle besser bewältigen zu können. Das Training in den Belastungszonen 6-8 mit sehr kurzer Gesamtdauer aber sehr hoher Intensität dient der Entwicklung der anaeroben Ausdauer. Während das Training in den Zonen 1-4 vor allem durch Dauer-, Intervall- und Fahrtspielmethoden gekennzeichnet ist, kommt in der Belastungszone 5 hauptsächlich die Intervallmethode und in den Belastungszonen 6-8 hauptsächlich ein Tempotraining zum Einsatz (Wilke & Madsen, 2015).

## **6 Leistungsdiagnostik im Schwimmsport**

Zielorientiertes Training muss als Basis für die Planung und Steuerung bereits vor Beginn und, um die Wirksamkeit zu bewerten, währenddessen von einer Beurteilung der aktuellen Leistungsfähigkeit beziehungsweise des Leistungszustandes begleitet sein (Schnabel et al., 2008). Die Ergebnisse einer Leistungsdiagnostik helfen dabei, Stärken und Schwächen bezüglich einzelner Leistungskomponenten zu erkennen (Schnabel et al., 2008), lassen Rückschlüsse auf den Ist-Zustand des\*der Sportler\*in zu und erlauben einen Ist-Soll Vergleich. Dabei kommen standardisierte Verfahren zum Einsatz, welche Objektivität (die Ergebnisse sind unabhängig von jeglichen Einflüssen), Reliabilität (die Ergebnisse sind so zuverlässig, dass eine Wiederholung der Messung unter denselben Umständen zu den gleichen Ergebnissen führen würde) und Validität (es wird tatsächlich das gemessen, was gemessen werden soll) voraussetzen. Mit Hilfe von verschiedenen Tests kann und muss der Leistungszustand hinsichtlich Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit, sowie Technik, Start und Wende ermittelt und kontrolliert werden (Rudolph et al., 2014).

## 7 Trainingsplanung im Schwimmsport

Die Trainingsplanung im Schwimmsport sollte ein langfristig geplanter und fortlaufender Prozess sein, durch die Wechselwirkung von Training und Wettkampf bestimmt werden und den\*die Sportler\*in miteinbeziehen (Rudolph et al., 2014). Rudolph et al. (2014) zufolge muss der Ist-Zustand bestimmt werden um den Soll-Zustand, also Ziele und Teilziele zu bestimmen. In weiterer Folge müssen trainingsmethodische Schwerpunkte festgelegt, erzieherische Maßnahmen abgeleitet und ein optimales Umfeld gesichert werden. Die wichtigste Form der Trainingsplanung im Schwimmsport ist der Jahresplan (Rudolph et al., 2014). Er ist ausgerichtet auf einen Hauptwettkampf und mehrere Nebenwettkämpfe. Inhaltlich werden das Ziel für den Jahreshöhepunkt, Ziele hinsichtlich konditioneller und technischer Leistungsvoraussetzungen, Trainingskennziffern wie beispielsweise der Trainingsumfang in Stunden und Kilometern, schulische, berufliche oder universitäre Verpflichtungen, materielle Anforderungen sowie sportmedizinisch, ernährungsphysiologisch und sportpsychologisch relevante Aspekte erfasst. Der Jahresplan wird zyklisch gestaltet und dahingehend in Makrozyklen, Mesozyklen, Mikrozyklen und Trainingseinheiten strukturiert (Rudolph et al., 2014).

Der Makrozyklus wird aus mehreren Mesozyklen gebildet, dauert von einigen Monate bis zu einem Jahr und wird auch als großer Trainingszyklus bezeichnet (Schnabel et al., 2008). Jeder Makrozyklus ist durch trainingsmethodische Schwerpunkte gekennzeichnet und schließt oft mit einem Wettkampf und einer nachfolgenden aktiven Erholungswoche ab. Ob der Jahresplan in zwei-, drei-, oder vier Makrozyklen unterteilt wird, ist individuell anhand verschiedener Faktoren, wie beispielsweise dem internationalen Wettkampfkalender, zu entscheiden (Rudolph et al., 2014).

Der Mesozyklus besteht aus mehreren Mikrozyklen und ist ein mittelfristiger Trainingsabschnitt (Rudolph et al., 2014; Schnabel et al., 2008). Die Inhalte eines Mesozyklus sind auf die trainingsmethodischen Schwerpunkte des zugehörigen Makrozyklus abgestimmt und umfassen vor allem die Entwicklung von Fähigkeiten wie allgemeiner Kraft, Grundlagenausdauer, Schnelligkeit und Technik. Aber auch die spezielle Wettkampfvorbereitung oder Regenerationsmaßnahmen können Inhalte eines Mesozyklus sein.

Der Mikrozyklus besteht aus mehreren Trainingseinheiten (Schnabel et al., 2008) und bezieht sich in der Regel auf einen Wochenplan (Rudolph et al., 2014). Mit Hilfe des

Mikrozyklus soll vor allem ein optimales Verhältnis zwischen Belastung und Erholung sichergestellt aber auch der Trainingsumfang einer Woche festgelegt werden. Um den Trainingsumfang von mindestens 20 Stunden pro Woche im Schwimmsport (Rudolph et al., 2014) zu erfüllen, müssen unter Berücksichtigung entsprechender Pausen zwischen den Einheiten und sonstiger Verpflichtungen des\*der Schwimmer\*in, an mehreren Tagen zwei Trainingseinheiten angesetzt werden. Ausgehend von den Inhalten des zugehörigen Mesozyklus wird das Ziel für die jeweilige Woche, die Trainingsinhalte und die Belastungskomponenten definiert. Dabei sollten für die Wochenschwerpunkte zumindest zwei Haupttrainingseinheiten mit hohen Belastungen zum Beispiel am Dienstag und Freitag geplant werden (Rudolph et al., 2014).

Die Trainingseinheit stellt die kleinste Organisationseinheit der Trainingsstruktur dar (Rudolph et al., 2014; Schnabel et al., 2008). Grundlage für die Gestaltung der Trainingseinheit bilden die Vorgaben des Mikrozyklus. Für jede Trainingseinheit müssen in Abhängigkeit von der Zielsetzung der Inhalt, die Trainingsmittel und die einzelnen Belastungsfaktoren festgelegt werden. Nach Rudolph et al. (2014) wird sie in der Regel in ein Einschwimmen, einen Hauptteil und ein Ausschwimmen unterteilt.

## **8 Forschungsfrage, Begründung der Studie**

Auf internationaler Ebene gibt es zahlreiche Untersuchungen über einen mehrjährigen Zeitraum zur Leistungsentwicklung von Damen und Herren bei Weltmeisterschaften und olympischen Spielen (Costa et al., 2010; König et al., 2014; Nevill et al., 2007; O'Connor & Voznilek, 2011; Stanula et al., 2012) oder auch bei Masters Weltmeisterschaften (Knechtle et al., 2016; Knechtle et al., 2016; Knechtle et al., 2017; Nikolaidis & Knechtle, 2018; Unterweger et al., 2016). Vergleichbare Studien auf nationaler Ebene konnten bislang nicht gefunden werden.

Um dem entgegenzuwirken wird in dieser Studie die Leistungsentwicklung bei österreichischen Staatsmeisterschaften untersucht.

Die Forschungsfragen wurden deshalb wie folgt formuliert:

1. Gibt es einen Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen in den Freistildistanzen bei österreichischen Staatsmeisterschaften vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020?
2. Gibt es einen Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren in den Freistildistanzen bei österreichischen Staatsmeisterschaften vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020?

## **9 Methodik**

### **9.1 Studiendesign**

Für die Untersuchung wurden die notwendigen Daten für die Jahre 2003 und 2004 sowie 2007 bis inklusive 2020 über die Homepage von MSECМ (<https://www.msecm.at/de>) zusammengetragen. MSECМ war in diesen Jahren für die Zeitmessung bei den österreichischen Staatsmeisterschaften verantwortlich. In den Jahren 2000, 2001, 2002, 2005 und 2006 war dies nicht der Fall. Die Ergebnisse dieser Jahre wurden aus dem Archiv des österreichischen Schwimmverbandes zur Verfügung gestellt. Nachdem die Ergebnisprotokolle für alle Jahre zur Verfügung standen, wurden die Ergebnisse der Finalist\*innen aller Freistilbewerbe (50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m, 1500 m) für die Studie herangezogen. Berücksichtigt wurden sowohl bei den Damen als auch bei den Herren ausschließlich jene Zeiten, welche im A-Finale der jeweiligen Bewerbe geschwommen wurden. In den Jahren 2000 bis 2019 haben sich jeweils acht Teilnehmer\*innen für das A-Finale qualifiziert. Im Jahr 2020 haben sich dank Vorhandensein von zehn Schwimmbahnen jeweils zehn Teilnehmer\*innen für das A-Finale qualifiziert. Da es in den 800 m und 1500 m Bewerben keine Finalläufe gibt wurden über diese Distanzen die jeweils acht Schnellsten für die Untersuchung herangezogen. Zeiten von Schwimmer\*innen die in den Finalläufen disqualifiziert wurden, wurden für die statistische Berechnung nicht berücksichtigt. Außerdem fanden im Jahr 2002 keine 800 m Freistil der Damen statt und über 1500 m Freistil sind in mehreren Jahren weniger als acht Schwimmer angetreten.

Somit ergibt sich eine Stichprobengröße von insgesamt 837 Daten bei den Damen und 834 Daten bei den Herren. Davon entfallen bei den Damen 191 Zeiten auf den Jahrescluster 2000-2004, 200 Zeiten auf den Jahrescluster 2005-2009, 199 Zeiten auf den Jahrescluster 2010 - 2014 und 247 Zeiten auf den Jahrescluster 2015-2020. Bei den Herren entfallen jeweils 196 Zeiten auf die Jahrescluster 2000-2004 und 2005-2009, 199 Zeiten auf den Jahrescluster 2010-2014 und 243 Zeiten auf den Jahrescluster 2015-2020.

### **9.2 Statistische Analyse**

Um die Fragestellung zu beantworten wurde die empirische Methode gewählt. Die Problemstellung ist als Längsschnittstudie quantitativ untersucht worden. Die Daten wurden mit dem Programm SPSS ausgewertet. Vor Durchführung der statistischen Analyse wurden die Variablen auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov Test und auf Varianzhomogenität mittels Levene Test überprüft. Für die Überprüfung der Normalverteilung wurde

ein Signifikanzniveau von 0,05 und für die Überprüfung der Varianzhomogenität ein Signifikanzniveau von 0,10 angenommen. Wenn sowohl Normalverteilung als auch Varianzhomogenität gegeben waren, wurde die statistische Analyse mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Wenn die untersuchten Variablen nicht normalverteilt waren oder keine Varianzhomogenität vorgelegen ist, wurde der Kruskal-Wallis Test als Alternative für die statistische Analyse herangezogen. Bei signifikanten Effekten wurden mittels Bonferroni post-hoc Verfahren bzw. wenn keine Normalverteilung gegeben war mittels paarweiser Vergleiche, angepasst durch die Bonferroni Korrektur, Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern nachverfolgt. Die daraus gewonnenen Ergebnisse wurden anschließend präsentiert und diskutiert.

Um eine einheitliche Darstellung der Ergebnisse zu gewährleisten werden alle Ergebnisse, unabhängig von der Normalverteilung der Daten, in den Tabellen anhand des Medians, des Minimums und des Maximums dargestellt. Der Median ist der in einer größtmäßig geordneten Reihe genau in der Mitte vorkommende Wert. Man spricht auch vom Zentralwert. Das bedeutet, dass sich unterhalb und oberhalb dieses Zentralwertes genau gleich viele Werte befinden, also das 50% der Werte kleiner gleich des Medians und 50% der Werte größer gleich des Medians sind. Der Median ist demnach weniger anfällig für Ausreißer beziehungsweise extreme Grenzwerte und besser geeignet bei nicht normalverteilten Daten. (Wätzig et al., 2009).

Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgt mittels Boxplot. Dabei wird die sogenannte Box, bestehend aus dem Median (2. Quartil), dem 1. Quartil (25% der Werte liegen unter diesem Wert) und dem 3. Quartil (75% der Werte liegen unter diesem Wert), die Antennen (sie kennzeichnen das Minimum und das Maximum, sofern keine Ausreißer vorhanden sind) sowie mögliche Ausreißer in Form von Kreisen (einfache Ausreißer) oder Sternen (extreme Ausreißer) dargestellt. Die Box beschreibt dabei den Quartilsabstand (Q). Dieser setzt sich zusammen aus der Differenz zwischen dem dritten und dem ersten Quartil. Je kleiner der Quartilsabstand ist, desto näher liegen 50% aller Werte beisammen. Darüber hinaus kann die sogenannte Spannweite (R) abgelesen werden. Sie beschreibt die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Wert, und steht demnach für jenen Bereich, indem sich alle Werte befinden (Wätzig et al., 2009).

### 9.3 Forschungshypothesen

Der zu untersuchende Zeitraum wurde für die Überprüfung der Forschungshypothesen in vier Zyklen unterteilt. Der erste Zyklus umfasst die Jahre 2000, 2001, 2002, 2003 und 2004. Der zweite Zyklus umfasst die Jahre 2005, 2006, 2007, 2008 und 2009. Der dritte Zyklus umfasst die Jahre 2010, 2011, 2012, 2013 und 2014. Der vierte Zyklus umfasst die Jahre 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 und 2020.

Die Forschungshypothesen wurden deshalb wie folgt formuliert:

1. Gibt es einen Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen in den Freistildistanzen bei österreichischen Staatsmeisterschaften vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020?

- 2.

H0/1.1: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 50 m Freistil.

H1/1.1: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 50 m Freistil.

H0/1.2: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 100 m Freistil.

H1/1.2: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 100 m Freistil.

H0/1.3: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 200 m Freistil.

H1/1.3: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 200 m Freistil.

H0/1.4: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 400 m Freistil.

H1/1.4: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 400 m Freistil.

H0/1.5: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 800 m Freistil.

H1/1.5: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Damen über 800 m Freistil.

3. Gibt es einen Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren in den Freistildistanzen bei österreichischen Staatsmeisterschaften vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020?

4.

H0/2.1: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 50 m Freistil.

H1/2.1: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 50 m Freistil.

H0/2.2: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 100 m Freistil.

H1/2.2: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 100 m Freistil.

H0/2.3: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 200 m Freistil.

H1/2.3: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 200 m Freistil.

H0/2.4: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 400 m Freistil.

H1/2.4: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 400 m Freistil.

H0/2.5: Es besteht kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 1500 m Freistil.

H1/2.5: Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Herren über 1500 m Freistil.

## 10 Ergebnisse

Für die Stichprobe der Damen über 50 m Freistil (Jahrescluster 2015-2020), 100 m Freistil (Jahrescluster 2005-2009) und 400 m Freistil (Jahrescluster 2005-2009) und die Stichprobe der Herren über 200 m Freistil (Jahrescluster 2000-2004 und 2010-2014) und 1500 m Freistil (Jahrescluster 2010-2014) liegt keine Normalverteilung vor. Darüber hinaus liegt über 50 m Freistil und 100 m Freistil der Herren keine Varianzhomogenität vor. Bei nicht normalverteilten Daten wird der Median in Kombination mit Minimum und Maximum dem Mittelwert und der Standardabweichung vorgezogen.

### 10.1 Leistungsentwicklung der Damen

Die Auswertung der Daten zeigt, dass es bei den Damen über 50 m Freistil, 100 m Freistil, 200 m Freistil und 800 m Freistil signifikante Unterschiede im Zeitraum von 2000 bis 2020 gibt (Tab. 3). Deshalb wird für diese Bewerbe die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen. Lediglich über 400 m Freistil konnte kein signifikanter Unterschied erhoben werden und die Nullhypothese wird beibehalten.

Tab. 3: Median der Schwimmzeiten der Damen über die Freistildistanzen bei den österreichischen Staatsmeisterschaften.

Bewerb	Cluster	Median (min; max)
50 m Freistil	2000-2004	00:27,98 (00:25,58; 00:29,58) <sup>§, \$</sup>
	2005-2009	00:27,84 (00:25,71; 00:29,15) <sup>§, \$</sup>
	2010-2014	00:27,19 (00:25,75; 00:28,38) <sup>*, #</sup>
	2015-2020	00:27,03 (00:25,35; 00:28,31) <sup>*, #</sup>
100 m Freistil	2000-2004	01:00,52 (00:56,59; 01:04,54) <sup>§, \$</sup>
	2005-2009	00:59,32 (00:55,82; 01:02,92)
	2010-2014	00:58,79 (00:55,85; 01:01,83) <sup>*</sup>
	2015-2020	00:59,26 (00:55,60; 01:05,93) <sup>*</sup>
200 m Freistil	2000-2004	02:10,41 (02:03,76; 02:19,23) <sup>§, \$</sup>
	2005-2009	02:09,53 (01:59,17; 02:25,80)
	2010-2014	02:08,68 (01:59,81; 02:16,03) <sup>*</sup>
	2015-2020	02:07,21 (01:59,60; 02:17,52) <sup>*</sup>
400 m Freistil	2000-2004	04:37,09 (04:22,16; 05:01,41)
	2005-2009	04:35,98 (04:10,73; 04:50,70)
	2010-2014	04:35,65 (04:15,60; 04:51,39)
	2015-2020	04:32,78 (04:12,05; 04:54,88)
800 m Freistil	2000-2004	09:39,69 (08:47,31; 10:24,69) <sup>§, \$</sup>
	2005-2009	09:31,50 (08:38,48; 09:58,92)
	2010-2014	09:26,99 (08:44,82; 09:58,99) <sup>*</sup>
	2015-2020	09:24,09 (08:43,85; 10:06,59) <sup>*</sup>

\*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

## 50 m Freistil

In der statistischen Auswertung wurde für 50 m Freistil der Damen mit einem Signifikanzwert von  $P < 0,001$  ein signifikanter Unterschied zwischen den Jahren 2000 bis 2020 erhoben. Die Nullhypothese wird deshalb verworfen und die Alternativhypothese angenommen.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass sich die Leistung im Cluster 2000-2004 signifikant von jener im Cluster 2010-2014 ( $P = 0,007$ ) und 2015-2020 ( $P < 0,001$ ) unterscheidet. Auch im Jahrescluster 2005-2009 unterscheidet sich die Leistung signifikant von der Leistung in den Clustern 2010-2014 ( $P = 0,029$ ) und 2015-2020 ( $P = 0,002$ ).

Betrachtet man nun die Medianwerte in Tabelle 3 sowie die Lage der Boxplots in Abbildung 14, so erkennt man, dass die geschwommenen Zeiten in den Jahresclustern 2010-2014 und 2015-2020 schneller waren als in den Clustern 2000-2004 und 2005-2009. Demnach liegt eine signifikante Verbesserung der Leistung für diese Zeiträume vor. Darüber hinaus gibt es über den untersuchten Zeitraum eine kontinuierliche Leistungsverbesserung hinsichtlich des Medians. Dieser liegt für den Cluster 2000-2004 bei 00:27,98 min, für den Cluster 2005-2009 bei 00:27,84 min, für den Cluster 2010-2014 bei 00:27,19 min und für den Cluster 2015-2020 bei 00:27,03 min. Der Quartilsabstand  $Q$  nimmt von Cluster 2000-2004 ( $Q = 1,41$  s), zu Cluster 2005-2009 ( $Q = 1,23$  s), zu Cluster 2010-2014 ( $Q = 1,08$  s) zu Cluster 2015-2020 ( $Q = 1,02$  s) kontinuierlich ab. Das bedeutet, dass 50% der im A-Finale geschwommenen Zeiten über den untersuchten Zeitraum immer näher zusammenrücken und im letzten Cluster innerhalb von nur 1,02 s liegen. Die Spannweite  $R$  hingegen nimmt zunächst von Cluster 2000-2004 ( $R = 4,00$  s) zu Cluster 2005-2009 ( $R = 3,44$  s) zu Cluster 2010-2014 ( $R = 2,63$  s) ab bevor sie im Cluster 2015-2020 ( $R = 2,96$  s) wieder zunimmt.

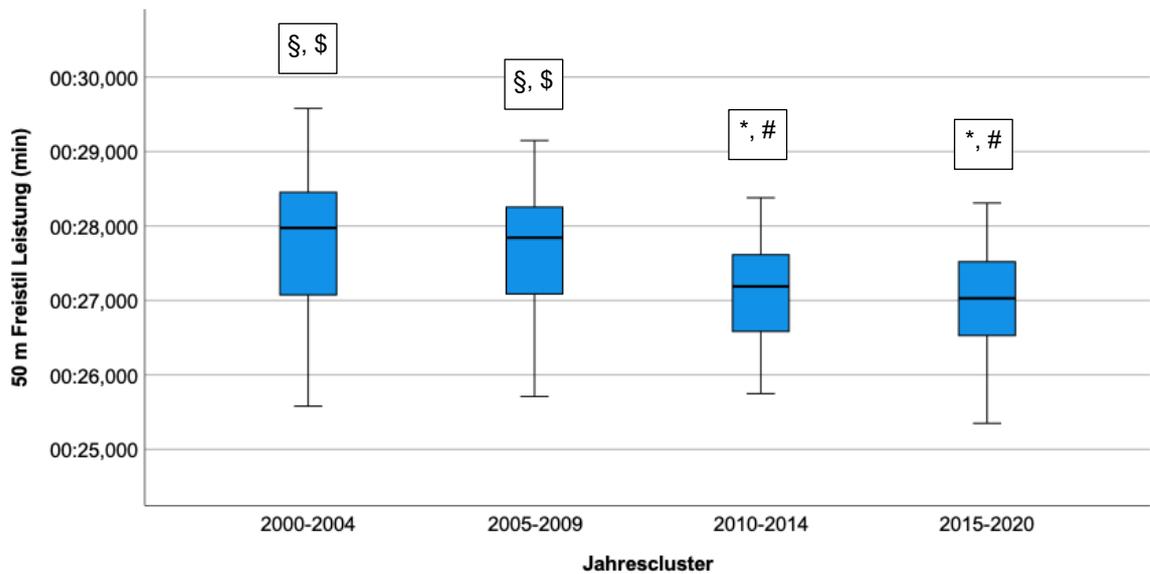


Abb. 14: Leistungsentwicklung der Damen über 50 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

### 100 m Freistil

Der erhobene Signifikanzwert von  $P = 0,001$  zeigt, dass es über 100 m Freistil der Damen einen signifikanten Unterschied in der Leistungsentwicklung von 2000 bis 2020 gibt und die Nullhypothese abgelehnt werden muss.

Die post-hoc Analyse ergibt, dass sich die Leistung im Jahrescluster 2000-2004 signifikant von jener in den Jahresclustern 2010-2014 ( $P = 0,002$ ) und 2015-2020 ( $P = 0,011$ ) unterscheidet.

Betrachtet man die Medianwerte in Tabelle 3 sowie die Lage der Boxplots in Abbildung 15, so erkennt man, dass die Performance in den Clustern 2010-2014 und 2015-2020 besser war als im Cluster 2000-2004. Das bedeutet, dass es in den Clustern 2010-2014 und 2015-2020 eine signifikante Leistungssteigerung verglichen mit dem Cluster 2000-2004 gibt. Darüber hinaus zeigt sich hinsichtlich des Medians eine zunächst kontinuierliche Leistungsverbesserung, bevor es im Zeitraum 2015-2020 zu einer Verschlechterung kommt. Der Quartilsabstand  $Q$  des Clusters 2000-2004 ( $Q = 2,45$  s) ist geringer als jener des Clusters 2005-2009 ( $Q = 3,13$  s). Im Vergleich zu diesem nimmt er im Cluster 2010-2014 ( $Q = 2,54$  s)

erneut ab, bevor er im Cluster 2015-2020 ( $Q = 2,95$  s) wieder zunimmt. Die Spannweite  $R$  hingegen nimmt zunächst von Cluster 2000-2004 ( $R = 7,95$  s) zu Cluster 2005-2009 ( $R = 7,10$  s) und zu Cluster 2010-2014 ( $R = 5,98$  s) ab, ehe sie aufgrund eines Ausreißers im Cluster 2015-2020 ( $R = 10,33$  s) wieder größer wird. Das bedeutet, dass das gesamte Teilnehmerfeld der einzelnen Cluster über den untersuchten Zeitraum immer näher zusammenrückt, mit Ausnahme des letzten Clusters.

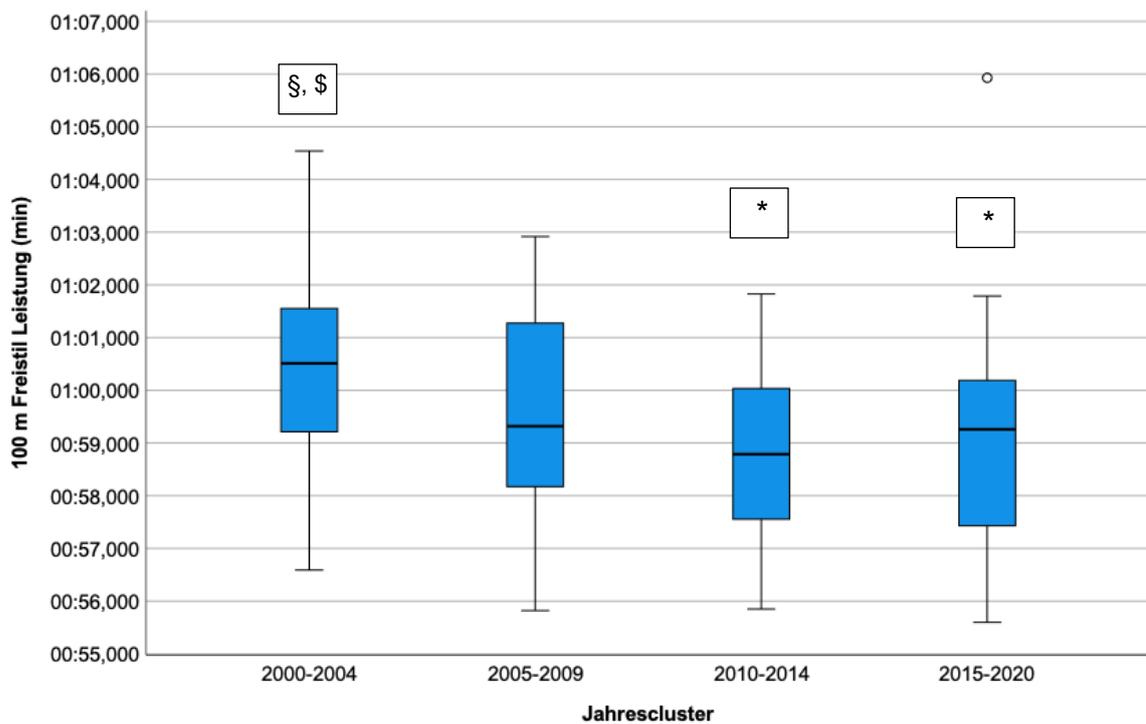


Abb. 15: Leistungsentwicklung der Damen über 100 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

## 200 m Freistil

Die statistische Auswertung hat für 200 m Freistil der Damen mit einem Signifikanzwert von  $P = 0,001$  einen signifikanten Unterschied zwischen den Jahren 2000 bis 2020 ergeben. Aus diesem Grund wird die Alternativhypothese angenommen.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass sich die Leistung im Jahrescluster 2000-2004 signifikant von jener im Zeitraum 2010-2014 ( $P = 0,021$ ) und jener im Cluster 2015-2020 ( $P = 0,001$ ) unterscheidet.

Abbildung 16 zeigt anhand der Lage der Boxplots, dass die Leistung in den Clustern 2010-2014 und 2015-2020 besser war als jene im Cluster 2000-2004, weshalb für diese Zeiträume eine signifikante Leistungssteigerung vorliegt. Außerdem zeigt sich eine kontinuierliche Leistungsverbesserung der 200 m Freistil Zeit der Damen über den untersuchten Zeitraum hinsichtlich des Medians. In Bezug auf den Quartilsabstand Q zeigt sich, dass im Cluster 2000-2004 50% aller geschwommenen A-Final Zeiten innerhalb von  $Q = 5,59$  s liegen. Im Cluster 2005-2009 innerhalb von  $Q = 7,66$  s, im Cluster 2010-2014 innerhalb von  $Q = 6,43$  s und im Cluster 2015-2020 innerhalb von  $Q = 7,15$  s. Die Spannweite R nimmt zunächst von Cluster 2000-2004 ( $R = 15,47$  s) zu Cluster 2005-2009 ( $R = 26,63$  s) aufgrund eines Ausreißers zu, ehe sie im Cluster 2010-2014 ( $R = 16,22$  s) wieder abnimmt. Im Cluster 2015-2020 liegen alle geschwommenen A-Final Zeiten innerhalb von  $R = 17,92$  s, es kommt demnach erneut zu einer Vergrößerung der Spannweite im Vergleich mit dem Cluster davor.

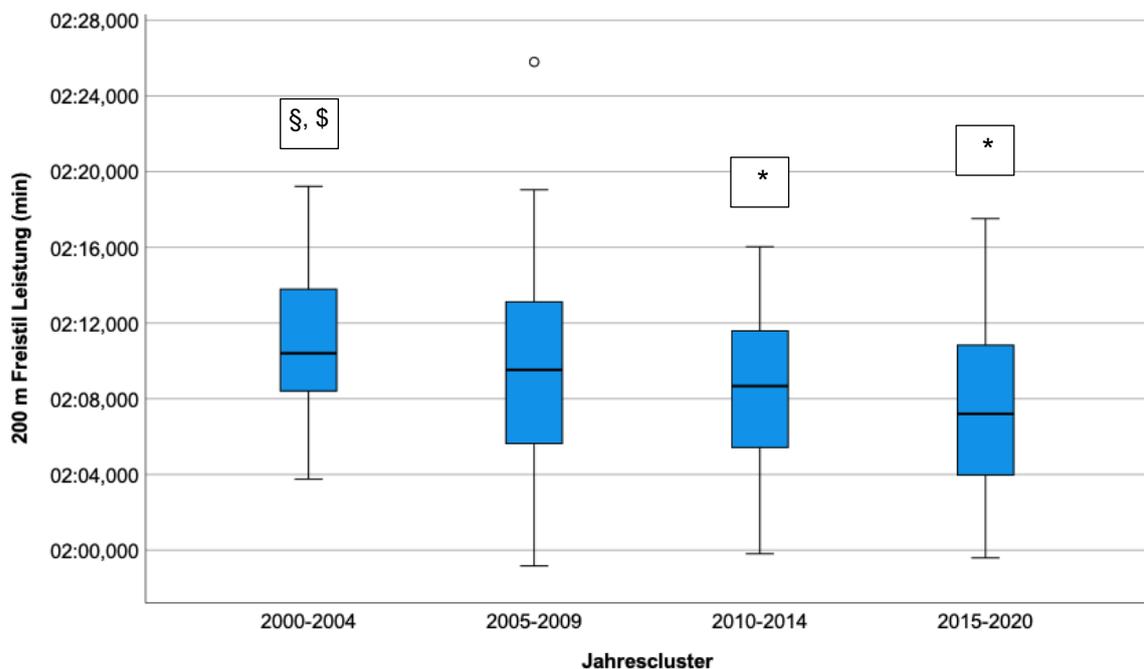


Abb. 16: Leistungsentwicklung der Damen über 200 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

#### 400 m Freistil

Bei einem Signifikanzwert von  $P = 0,051$  konnte für 400 m Freistil der Damen kein signifikanter Unterschied über den untersuchten Zeitraum erhoben werden. Deshalb wird die Nullhypothese beibehalten.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass sich keiner der Cluster signifikant von einem anderen Cluster unterscheidet, wenngleich sich der Median für den untersuchten Zeitraum kontinuierlich verringert.

In Abbildung 17 lässt sich diese kontinuierliche, wenngleich nicht signifikante, Leistungsverbesserung hinsichtlich des Medians erkennen. Hinsichtlich des Quartilsabstands Q, liegen im Cluster 2000-2004 50% aller geschwommenen A-Final Zeiten innerhalb von  $Q = 16,07$  s. Im Vergleich dazu kommt es im Cluster 2005-2009 ( $Q = 12,56$  s) zu einer Verringerung dieses Werts. Im Cluster 2010-2014 ( $Q = 17,16$  s) nimmt dieser Wert erneut zu, während er im Cluster 2015-2020 ( $Q = 13,61$  s) wieder abnimmt. Die Spannweite R beträgt im Cluster 2000-2004  $R = 39,25$  s, im Cluster 2005-2009  $R = 39,97$  s, im Cluster 2010-2014  $R = 35,79$  s und im Cluster 2015-2020  $R = 42,83$  s.

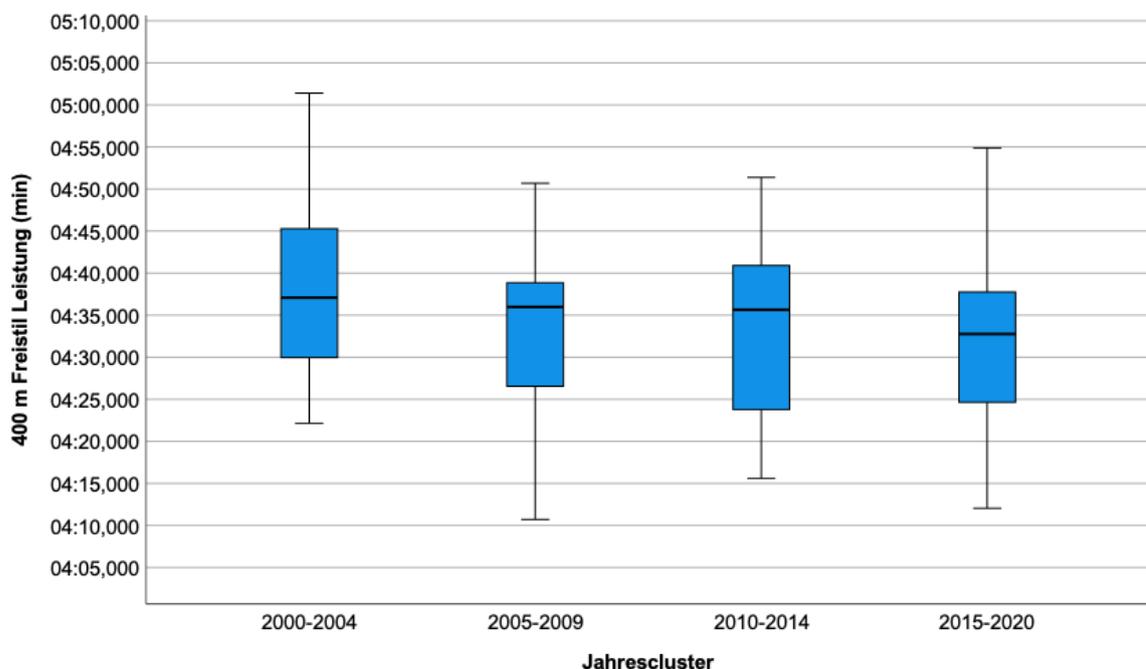


Abb. 17: Leistungsentwicklung der Damen über 400 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften.

### 800 m Freistil

In der statistischen Auswertung wurde für 800 m Freistil der Damen mit einem Signifikanzwert von  $P = 0,006$  ein signifikanter Unterschied zwischen den Jahren 2000 bis 2020 erhoben. Die Nullhypothese wird verworfen um die Alternativhypothese anzunehmen.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass sich die Leistung im Cluster 2000-2004 signifikant von jener in den Clustern 2010-2014 ( $P = 0,016$ ) und 2015-2020 ( $P = 0,007$ ) unterscheidet.

Betrachtet man nun die Medianwerte in Tabelle 3 sowie die Lage der Boxplots in Abbildung 18, so erkennt man, dass die geschwommenen Zeiten in den Jahresclustern 2010-2014 und 2015-2020 schneller waren als im Cluster 2000-2004. Demnach liegt für diese Zeiträume eine signifikante Verbesserung der Leistung vor. Darüber hinaus gibt es über den untersuchten Zeitraum eine kontinuierliche Leistungsverbesserung hinsichtlich des Medians. Der Quartilsabstand  $Q$  beträgt im Cluster 2000-2004  $Q = 28,83$  s und verringert sich im Vergleich dazu im Cluster 2005-2009 auf  $Q = 19,31$  s. Im Cluster 2010-2014 ( $Q = 28,30$  s) steigt er erneut an bevor er im Cluster 2015-2020 ( $Q = 24,08$  s) wieder geringer wird. Die Spannweite  $R$  nimmt zunächst von Cluster 2000-2004 ( $R = 1:37,38$  min) zu Cluster 2005-2009 ( $R = 1:20,44$  min) und zu Cluster 2010-2014 ( $R = 1:14,17$  min) ab, ehe sie im Cluster 2015-2020 ( $R = 1:22,74$  min) wieder zunimmt.

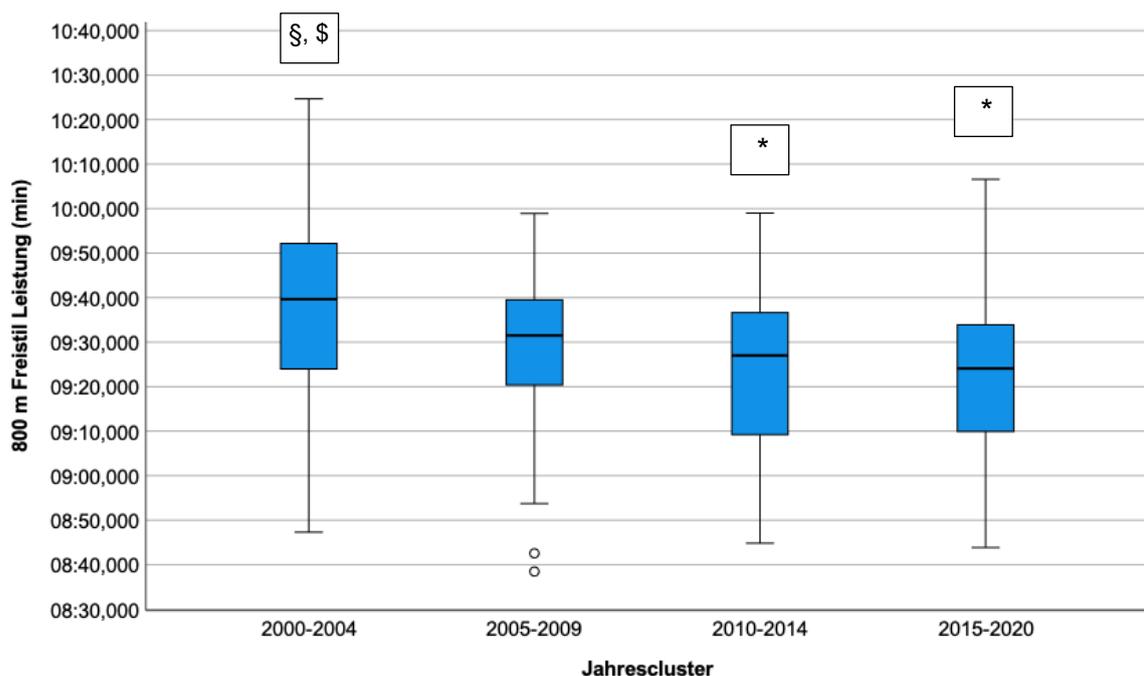


Abb. 18: Leistungsentwicklung der Damen über 800 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

## 10.2 Leistungsentwicklung der Herren

Bei den Herren zeigt die Auswertung der Daten, dass es signifikante Unterschiede über 50 m Freistil, 100 m Freistil und 200 m Freistil für den Zeitraum von 2000 bis 2020 gibt (Tab.

4). Deshalb wird für diese Bewerbe die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen. Für die Bewerbe 400 m Freistil und 1500 m Freistil konnten keine signifikanten Unterschiede erhoben werden, weshalb die Nullhypothese beibehalten wird.

Tab. 4: Median der Schwimmzeiten der Herren über die Freistildistanzen bei den österreichischen Staatsmeisterschaften.

Bewerb	Cluster	Median (min; max)
50 m Freistil	2000-2004	00:24,64 (00:23,27; 00:25,57) <sup>§, \$</sup>
	2005-2009	00:24,35 (00:23,01; 00:26,42) <sup>§</sup>
	2010-2014	00:23,96 (00:23,10; 00:24,99) <sup>* , \$</sup>
	2015-2020	00:23,38 (00:22,46; 00:24,38) <sup>* , # , \$</sup>
100 m Freistil	2000-2004	00:54,14 (00:50,86; 00:56,67) <sup># , § , \$</sup>
	2005-2009	00:52,44 (00:50,18; 00:56,40) <sup>* , \$</sup>
	2010-2014	00:52,33 (00:51,04; 00:54,47) <sup>*</sup>
	2015-2020	00:51,61 (00:49,60; 00:54,24) <sup>* , #</sup>
200 m Freistil	2000-2004	01:57,44 (01:50,38; 02:27,50) <sup>#</sup>
	2005-2009	01:54,88 (01:48,15; 02:05,57) <sup>*</sup>
	2010-2014	01:57,12 (01:50,41; 02:07,05)
	2015-2020	01:56,65 (01:47,16; 02:03,85)
400 m Freistil	2000-2004	04:10,80 (03:57,98; 04:39,44)
	2005-2009	04:09,97 (03:50,55; 04:26,47)
	2010-2014	04:09,11 (03:53,25; 04:31,04)
	2015-2020	04:09,42 (03:45,60; 04:28,34)
1500 m Freistil	2000-2004	16:49,47 (15:31,68; 19:06,95)
	2005-2009	16:34,77 (15:24,66; 19:09,55)
	2010-2014	16:24,47 (15:38,78; 18:36,49)
	2015-2020	16:43,70 (15:37,69; 18:06,44)

\*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

### 50 m Freistil

Im Rahmen der statistischen Auswertung wurde für 50 m Freistil der Herren mit einem Signifikanzwert von  $P < 0,001$  ein signifikanter Unterschied für den untersuchten Zeitraum (2000-2020) erhoben. Deshalb wird die Alternativhypothese angenommen.

Die post-hoc Analyse zeigt mehrere signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Jahresclustern. Die Leistung im Cluster 2000-2004 unterscheidet sich signifikant von jener in den Clustern 2010-2014 ( $P = 0,004$ ) und 2015-2020 ( $P < 0,001$ ). Im Cluster 2005-2009 unterscheidet sie sich signifikant von jener im Cluster 2015-2020 ( $P < 0,001$ ). Auch im Jahrescluster 2010-2014 unterscheidet sie sich signifikant von jener des Jahresclusters 2015-2020 ( $P < 0,001$ ).

Betrachtet man nun die Medianwerte in Tabelle 4 sowie die Lage der Boxplots in Abbildung 19, so erkennt man, dass die geschwommenen Zeiten über den untersuchten Zeitraum kontinuierlich schneller wurden. Demnach liegt für den Cluster 2010-2014 eine signifikante Verbesserung verglichen mit dem Cluster 2000-2004 vor. Für den Cluster 2015-2020 liegt eine signifikante Verbesserung verglichen mit allen anderen Clustern vor. Der Quartilsabstand Q wird über den gesamten Zeitraum von Cluster 2000-2004 (Q = 1,00 s) zu Cluster 2005-2009 (Q = 0,84 s) zu Cluster 2010-2014 (Q = 0,75 s) und zu Cluster 2015-2020 (Q = 0,64 s) immer geringer. Das bedeutet, dass jeweils 50% der im A-Finale geschwommenen Zeiten über den untersuchten Zeitraum immer näher zusammenrücken und im Cluster 2015-2020 innerhalb von 0,64 s liegen. Die Spannweite R beträgt im Cluster 2000-2004 R = 2,30 s, im Cluster 2005-2009, bedingt durch Ausreißer, R = 3,41 s, im Cluster 2010-2014 R = 1,89 s und im Cluster 2015-2020 R = 1,92 s.

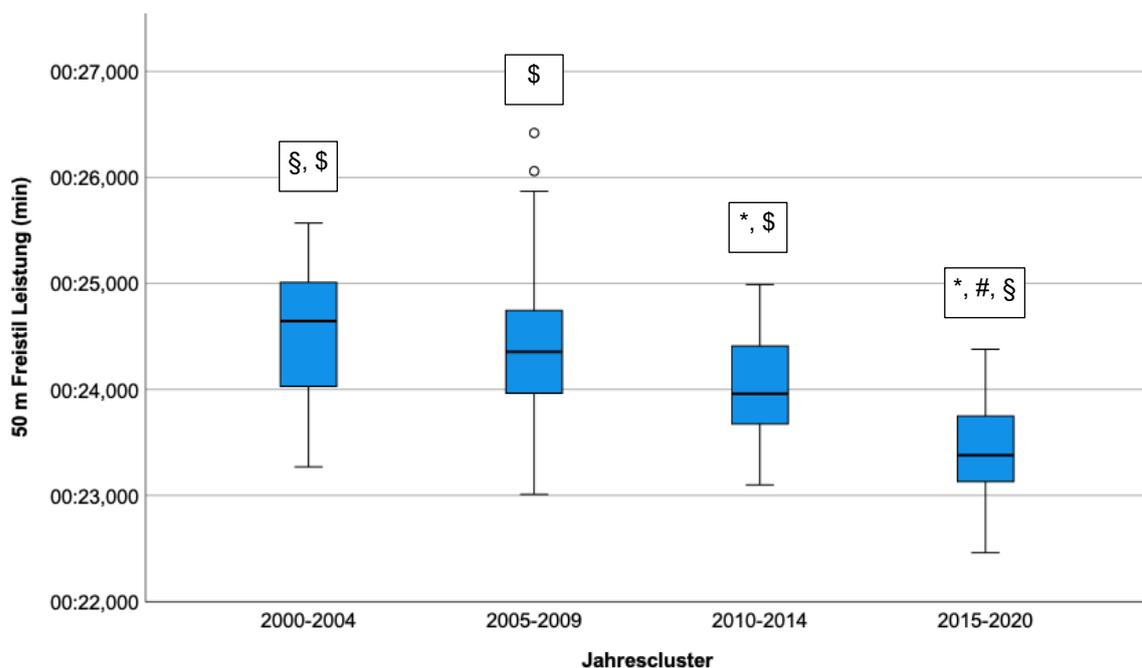


Abb. 19: Leistungsentwicklung der Herren über 50 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

### 100 m Freistil

Der erhobene Signifikanzwert von  $P < 0,001$  zeigt, dass es über 100 m Freistil der Herren einen signifikanten Unterschied in der Leistungsentwicklung von 2000 bis 2020 gibt und die Nullhypothese abgelehnt werden muss.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass sich die Leistung über 100 m Freistil im Zeitraum 2000-2004 signifikant von jener im Zeitraum 2005-2009 ( $P = 0,024$ ), jener im Zeitraum 2010-2014 ( $P = 0,001$ ) und jener im Zeitraum 2015-2020 ( $P < 0,001$ ) unterscheidet. Darüber hinaus unterscheidet sie sich im Cluster 2005-2009 signifikant von der Leistung im Cluster 2015-2020 ( $P = 0,003$ ).

Die Medianwerte in Tabelle 4 sowie die Lage der Boxplots in Abbildung 20 zeigen eine kontinuierliche Leistungssteigerung über den untersuchten Zeitraum. Demnach hat sich die Leistung in den Clustern 2005-2009, 2010-2014 und 2015-2020 verglichen mit dem Cluster 2000-2004 signifikant verbessert. Im Vergleich zu Cluster 2005-2009 gibt es eine signifikante Leistungsverbesserung im Cluster 2015-2020. Der Quartilsabstand  $Q$  beträgt im Cluster 2000-2004  $Q = 1,92$  s, im Cluster 2005-2009  $Q = 2,14$  s, im Cluster 2010-2014  $Q = 1,02$  s und im Cluster 2015-2020  $Q = 1,55$  s. Im Cluster 2000-2004 liegen alle Werte hinsichtlich der Spannweite  $R$  innerhalb von  $R = 5,81$  s, im Cluster 2005-2009 innerhalb von  $R = 6,22$  s, im Cluster 2010-2020 innerhalb von  $R = 3,43$  s und im Cluster 2015-2020 innerhalb von  $R = 4,64$  s.

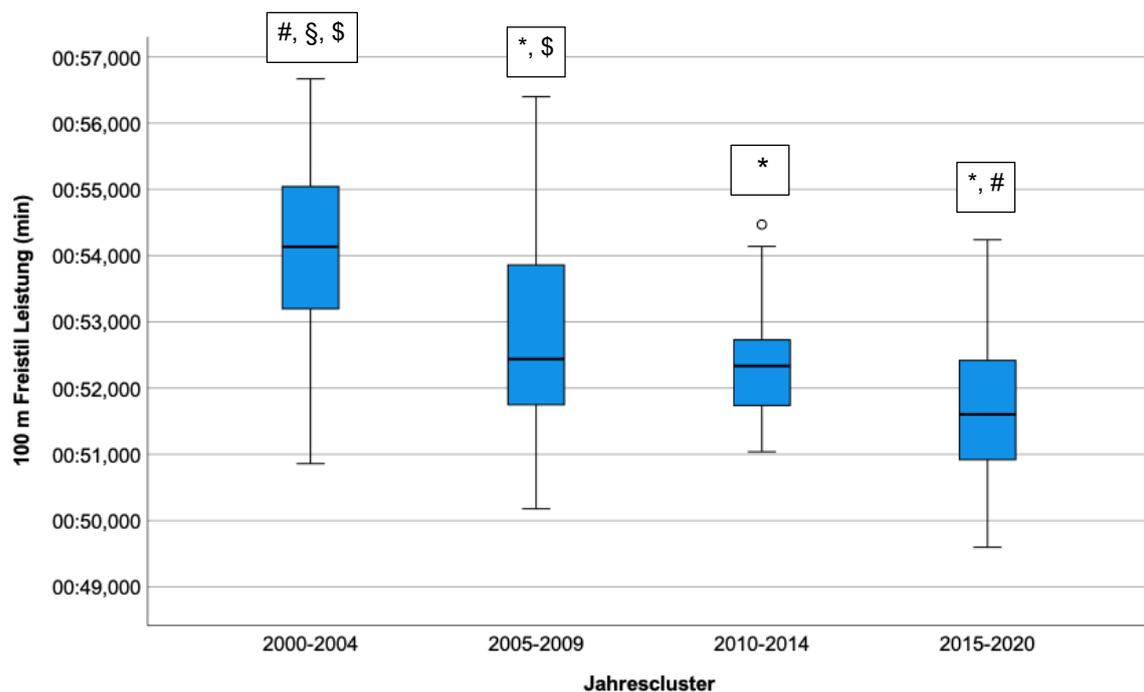


Abb. 20: Leistungsentwicklung der Herren über 100 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020

## 200 m Freistil

Die statistische Auswertung hat für 200 m Freistil der Herren mit einem Signifikanzwert von  $P = 0,008$  einen signifikanten Unterschied für den untersuchten Zeitraum ergeben. Aus diesem Grund wird die Nullhypothese abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass sich die Leistung über 200 m Freistil der Herren im Cluster 2000-2004 signifikant von jener im Cluster 2005-2009 ( $P = 0,004$ ) unterscheidet.

Betrachtet man die Medianwerte in Tabelle 4 sowie die Lage der Boxplots in Abbildung 21, lässt sich erkennen, dass die Leistung im Cluster 2005-2009 besser war als im Cluster 2000-2004. Somit gibt es im Cluster 2005-2009 eine signifikante Leistungssteigerung verglichen mit dem Cluster 2000-2004. Einer Regression im Zeitraum 2010-2014 folgt eine erneute Leistungssteigerung im Cluster 2015-2020, wenngleich diese nicht signifikant sind. Während der Quartilsabstand  $Q$  von Cluster 2000-2004 ( $Q = 5,99$  s), zu Cluster 2005-2009 ( $Q = 6,57$  s) und zu Cluster 2010-2014 ( $Q = 7,94$  s) immer größer wird, nimmt er im Cluster 2015-2020 ( $Q = 6,91$  s) wieder ab. Die Spannweite  $R$  beträgt im Cluster 2000-2004 aufgrund eines extremen Ausreißers  $R = 37,12$  s. Im Cluster 2005-2009 ( $R = 17,42$  s) ist sie deutlich geringer und wird auch im darauffolgenden Cluster 2010-2014 ( $R = 16,64$  s) nochmals kleiner. Im Cluster 2015-2020 hat die Spannweite mit  $R = 16,69$  s ein dem vorangegangenen Cluster ähnliches Ausmaß.

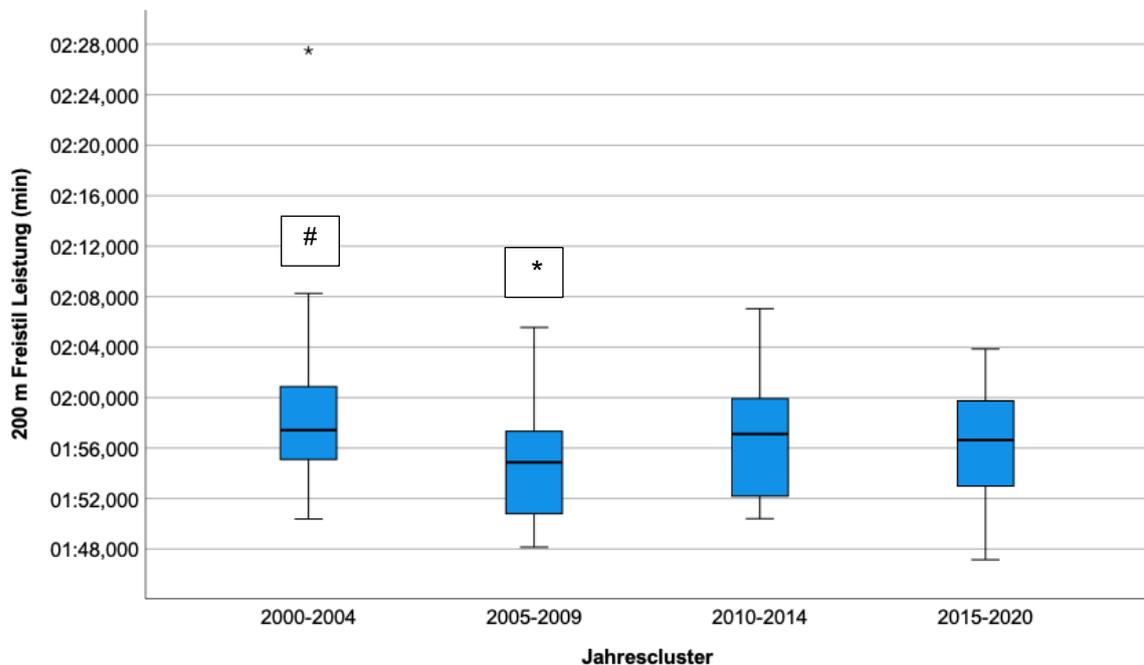


Abb. 21: Leistungsentwicklung der Herren über 200 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009

#### 400 m Freistil

Im Rahmen der statistischen Datenauswertung konnte mit einem Signifikanzwert von  $P = 0,591$  kein signifikanter Unterschied für 400 m Freistil der Herren von 2000 bis 2020 erhoben werden. Deshalb wird die Nullhypothese beibehalten.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass zwischen den einzelnen Clustern keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden.

Die Medianwerte in Tabelle 4, sowie die Lage der Boxplots in Abbildung 22 zeigen ein nahezu gleichbleibendes Leistungsniveau über den untersuchten Zeitraum. Einem Quartilsabstand von  $Q = 13,54$  s im Cluster 2000-2004, folgt ein Anstieg in den Clustern 2005-2009 ( $Q = 21,44$  s) und 2010-2014 ( $Q = 22,17$  s), ehe er im Cluster 2015-2020 ( $Q = 14,33$  s) wieder kleiner wird. Die Spannweite  $R$  beträgt im Cluster 2000-2004  $R = 41,46$  s und nimmt im darauffolgenden Cluster 2005-2009 ( $R = 35,92$  s) ab, bevor sie in den Clustern 2010-2014 ( $R = 37,79$  s) und 2015-2020 ( $R = 42,74$  s) wieder größer wird.

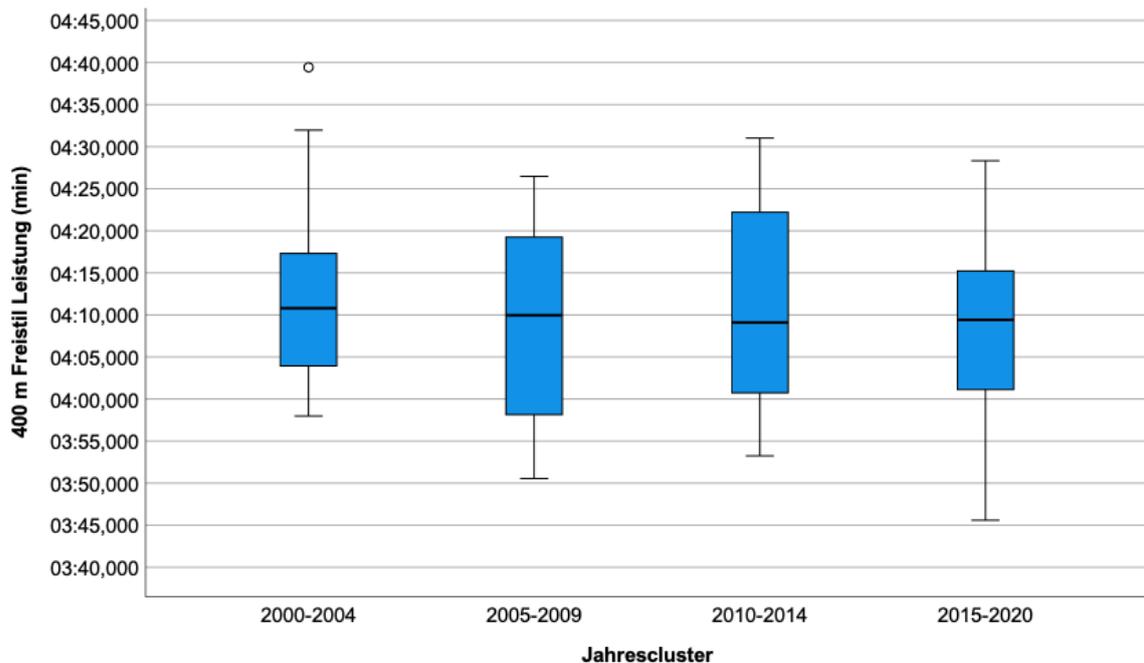


Abb. 22: Leistungsentwicklung der Herren über 400 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften.

### 1500 m Freistil

Bei einem Signifikanzwert von  $P = 0,308$  konnte für 1500 m Freistil der Herren kein signifikanter Unterschied über den untersuchten Zeitraum erhoben werden. Darum wird die Nullhypothese beibehalten.

Die post-hoc Analyse zeigt, dass auch für den 1500 m Freistil Bewerb der Herren keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern festgestellt werden konnten.

Betrachtet man die Medianwerte in Tabelle 4 und Abbildung 23, so zeigt sich zunächst eine kontinuierliche Leistungsverbesserung, bevor es im Cluster 2015-2020 zu einer Leistungsverschlechterung kommt. Der Quartilsabstand  $Q$  wird von Cluster 2000-2004 ( $Q = 1:03,74$  min), zu Cluster 2005-2009 ( $Q = 1:09,41$  min) und zu Cluster 2010-2014 ( $Q = 1:11,81$  min) immer größer, ehe er im Cluster 2015-2020 ( $Q = 45,14$  s) den über den untersuchten Zeitraum geringsten Wert aufweist. Die Spannweite  $R$  wird in den Clustern 2000-2004 ( $R = 3:35,27$  min) und 2005-2009 ( $R = 3:44,89$  min) von Ausreißern beeinflusst. Im Vergleich dazu ist sie in den Clustern 2010-2014 ( $R = 2:57,71$  min) und 2015-2020 ( $R = 2:28,75$  min) kleiner.

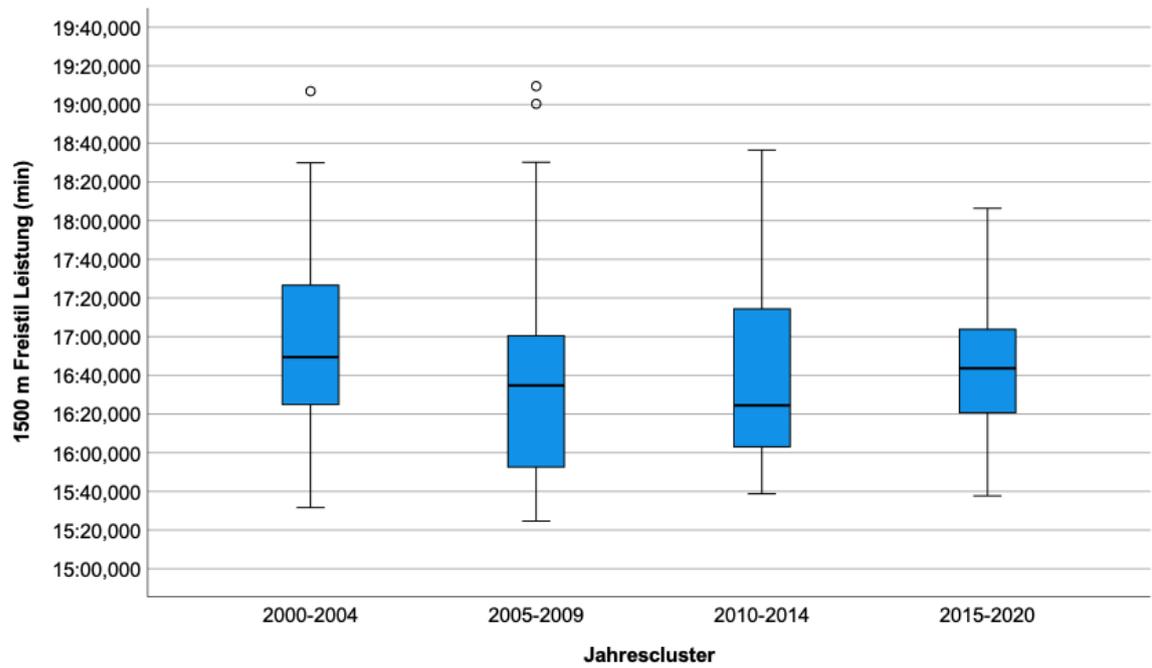


Abb. 23: Leistungsentwicklung der Herren über 1500 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften.

## 11 Diskussion

Um Ergebnisse hinsichtlich der Leistungsentwicklung österreichischer Schwimmer\*innen über einen mehrjährigen Zeitraum zu erhalten, wurden die bei österreichischen Staatsmeisterschaften im A-Finale geschwommenen Zeiten über sämtliche Freistildistanzen von 2000 bis 2020 statistisch ausgewertet. Aufgrund der Ergebnisse vorangegangener internationaler Untersuchungen (Nevill et al., 2007; Costa et al., 2010; Stanula et al., 2012 & König et al., 2014) wurden auch für diese Studie Leistungsverbesserungen der Schwimmer\*innen erwartet.

Sowohl für Damen als auch für Herren konnten über den untersuchten Zeitraum signifikante Unterschiede erhoben werden. Die Schwimmerinnen haben sich im Laufe der Jahre über 50 m, 100 m, 200 m und 800 m Freistil signifikant verbessert. Die Schwimmer haben eine signifikante Verbesserung über 50 m, 100 m und 200 m Freistil erreicht. Weder Damen noch Herren haben sich über eine der untersuchten Distanzen signifikant verschlechtert. Diese Ergebnisse stimmen mit den, dieser Studie zugrunde liegenden, Forschungshypothesen überein, welche basierend auf den Ergebnissen internationaler Studien formuliert wurden (Nevill et al., 2007; Costa et al., 2010; Stanula et al., 2012; König et al., 2014).

Mehrere Faktoren scheinen ausschlaggebend für andauernde sportliche Leistungsverbesserungen zu sein. Dazu zählt in erster Linie ein immer besser ausgebildetes fundiertes Wissen und wissenschaftlich belegte Erkenntnisse im Bereich der Trainingswissenschaft, um durch optimale Trainingsplanung und -steuerung die einzelnen Leistungskomponenten bestmöglich auszubilden. Auch neue Erkenntnisse in Bereichen der Sportmedizin, der Ernährung oder der Sportpsychologie tragen dazu bei (Maglischo, 2003 & Rudolph et al., 2014).

Ein weiterer wichtiger einflussnehmender Faktor sind Charles und Bejan (2009) zufolge, anthropometrische Eigenschaften wie die Körpergröße und das Körpergewicht. In ihrer Studie konnten sie eine Proportionalität zwischen der Körpergröße und der Schwimmleistung belegen. Je größer die Athlet\*innen sind, desto besser sind ihre Schwimmleistungen (Charles & Bejan, 2009). Allerdings bestätigen die Daten der vorliegenden Studie diese Proportionalität nicht, weil dahingehend keine Daten erhoben und Untersuchungen durchgeführt wurden.

Weitere Faktoren, welche zu einer Verbesserung der Schwimmleistungen beitragen, sind immer wieder neu eingeführte Entwicklungen und Reglements durch die FINA, wie beispielsweise der 2010 eingeführte neue Startblock (Honda et al., 2010). Die Wettkampfbestimmungen der österreichischen Staatsmeisterschaften dürfen in keinem Widerspruch zu den Bestimmungen der FINA stehen (OSV, 2020). Sofern bei den österreichischen Staatsmeisterschaften der neue Startblock, ab dessen Einführung, verwendet wurde, kann zumindest angenommen werden, dass sich die Startzeiten in den Clustern 2010-2014 und 2015-2020 verbessert haben und somit die Endzeit beeinflusst haben könnten. Es ist allerdings zu beachten, dass in der vorliegenden Studie weder untersucht wurde, ob der Startblock OSB11 zum Einsatz kam, noch ob ein Start von diesem Block Einfluss auf die geschwommene Zeit hatte.

Auch die Schwimmausrüstung ist ein wichtiger Faktor um Höchstleistungen zu erzielen. Die 2008 bzw. 2009, von der FINA zugelassenen, Ganzkörperanzüge führten zu signifikanten Leistungsverbesserungen (Berthelot et al., 2010; Falcone et al., 2010; Foster et al., 2012; Issurin et al., 2014; O'Connor & Vozenilek, 2011). Betrachtet man die Ergebnisse der vorliegenden Studie, so fällt auf, dass die im Cluster 2005-2009 schnellste geschwommene Zeit über jede Disziplin, sowohl bei den Damen als auch bei den Herren, schneller war als die schnellste geschwommene Zeit im darauffolgenden Cluster 2010-2014. Bei den Damen war die in dem Cluster 2005-2009 schnellste geschwommene Zeit über 200 m, 400 m und 800 m Freistil darüber hinaus auch die über alle Cluster gesehene schnellste Zeit. Bei den Herren trifft das auf den Bewerb 1500 m Freistil zu. Das könnte zumindest ein Hinweis darauf sein, dass das Tragen eines Ganzkörperanzugs, sofern denn einer getragen wurde, auch in dieser Studie eine Auswirkung auf die Leistung zur Folge hatte, wenngleich beachtet werden muss, dass es nicht gesichert ist, ob die für die Untersuchung herangezogenen Schwimmzeiten in Ganzkörperanzügen geschwommen wurden.

Auffallend bei den Ergebnissen der Herren ist, dass signifikante Verbesserungen ausschließlich über 50 m, 100 m und 200 m Freistil erreicht wurden. Die Ergebnisse über 200 m Freistil sollten hier allerdings eher differenziert betrachtet werden, da es nach einer signifikanten Verbesserung im Cluster 2005-2009 verglichen mit dem Cluster 2000-2004, in den darauffolgenden Clustern zu keiner signifikanten Verbesserung gekommen ist. Es scheint demnach so, als ob im Rahmen des untersuchten Zeitraums in der Gesamtheit ein vermehrter Trainingsfokus auf die Kurzstrecken durch Trainer\*innen und Sportler gelegt wurde. Man könnte in dieser Hinsicht von einem Trend weg von Langstrecken hin zu

Kurzstrecken im österreichischen Schwimmsport der Herren ausgehen. Bei den Damen lässt sich dieser Trend anhand der Ergebnisse nicht erkennen. Signifikante Verbesserungen wurden über alle Distanzen mit Ausnahme der 400 m Freistil erzielt, wenngleich auch in diesem Bewerb Leistungsverbesserungen über den untersuchten Zeitraum erzielt wurden.

Es gilt zu berücksichtigen, dass sich diese Studie damit befasst, ob und wie sich die Leistung österreichischer Schwimmer\*innen verändert hat. Über die Gründe der Veränderungen können demnach nur Annahmen anhand der Forschungstheorie und -literatur getroffen werden. Eine Empfehlung für weitere Forschung ist daher, aufbauend auf den Erkenntnissen dieser Studie, eine weitere Studie durchzuführen, die sich mit den Gründen für die statistisch erhobenen signifikanten Leistungsverbesserungen befasst.

Als weitere Limitation sei erwähnt, dass ein Großteil der untersuchten Variablen nicht normalverteilt war, weshalb in diesem Fall für die statistische Untersuchung das Alternativverfahren herangezogen werden musste. Abhängig davon konnten für die Darstellung der Ergebnisse nicht der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben werden. Stattdessen wurden diese mittels Median sowie Minimum und Maximum präsentiert.

Zusammenfassend wurde ermittelt, dass sich sowohl die Leistung der Schwimmerinnen (50 m, 100 m, 200 m und 800 m Freistil) als auch die Leistung der Schwimmer (50 m, 100 m und 200 m Freistil) bei österreichischen Staatsmeisterschaften über den untersuchten Zeitraum signifikant verbessert hat. Über keine der untersuchten Strecken (50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m und 1500 m Freistil) kam es zu einer signifikanten Verschlechterung der Leistung. Über 400 m Freistil der Damen und 400 m sowie 1500 m Freistil der Herren konnte weder eine signifikante Verbesserung noch eine signifikante Verschlechterung erhoben werden.

## Literaturverzeichnis

- Araújo, C. G. S. & Scharhag, J. (2016). Athlete: a working definition for medical and health sciences research. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(1), 4-7. <https://doi.org/10.1111/sms.12632>
- Berthelot, G., Len, S., Hellard, P., Tafflet, M., El Helou, N., Escolano, S., ... Toussaint, J. (2010). Technology & swimming: 3 steps beyond physiology. *materialstoday*, 13(11), 46-51. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(10\)70203-0](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(10)70203-0)
- Charles, J. D. & Bejan, A. (2009). The evolution of speed, size and shape in modern athletics. *The Journal of Experimental Biology*, 212, 2419-2425. <https://doi.org/10.1242/jeb.031161>
- Colwin, C. M. (1992). *Swimming into the 21st Century*.
- Costa, M. J., Marinho, D. A., Reis, V. M., Silva, A. J., Marques, M. C., Bragada, J. A. & Barbosa, T. M. (2010). Tracking the performance of world-ranked swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 411-417. Zugriff am 17. März 2020 unter <https://www.jssm.org/volume09/iss3/cap/jssm-09-411.pdf>
- Eder, E. G. (2000). Schwimmen. Zur Geschichte einer Sportart in Wien. [Beiheft]. *Wiener Geschichtsblätter*, 2000 (2).
- Eisenhut, A. & Zintl, F. (2013). *Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung*. (8. Aufl.).
- Falcone, I., Nagni, G. & Demarie, S. (2010). Analysis of High Level Swim Performance in Relationship with the Introduction of New Race Swimsuits. *Sport Science Review*, 19(1-2), 177-186.
- FINA. (2009, 31. Juli). FINA Requirements for Swimwear Approval. Zugriff am 16. April 2020 unter <https://www.yumpu.com/en/document/read/22233083/fina-requirements-for-swimwear-approval-swimming-counties->
- FINA. (2015, 07. Juni). PR 21 - FINA Bureau Meeting. Zugriff am 29. Oktober 2020 unter <http://www.fina.org/news/pr21-fina-bureau-meeting>
- FINA. (2016, 30. November). PR 99 - FINA Extraordinary Congress - DOHA 2014. Zugriff am 5. November 2020 unter <http://www.fina.org/news/pr-99-fina-extraordinary-congress-doha-2014>
- FINA. (2020). Swimming Records. Zugriff am 16. April 2020 unter <http://www.fina.org/fina-rankings/filter/records>
- FINA. (2020). Overview and History. Zugriff am 13. September 2020 unter <http://www.fina.org/content/overview-and-history>
- FINA. (2021). Swimming Points. Zugriff am 18. Mai 2021 unter <https://www.fina.org/swimming/points>

- Foster, L., James, D. & Haake, S. (2012). Influence of full body swimsuits on competitive performance. *Procedia Engineering*, 34, 712-717. <https://doi.org/10.1016/j.pro-eng.2012.04.121>
- Garcia-Hermoso, A., Escalante, Y., Arellano, R., Navarro, F., Dominguez, A.M. & Saavedra, J.M. (2013). Relationship Between Final Performance and Block Times with the Traditional and the New Starting Platforms with A Back Plate in International Swimming Championship 50-M and 100-M Freestyle Events. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 698-706.
- Geladas, N. D., Nassis, G. P. & Pavlicevic, S. (2005). Somatic and Physical Traits Affecting Sprint Swimming Performance in Young Swimmers. *International Journal of sports medicine*, 26(2), 139-144. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817862>
- Hatzigeorgiadis, A., Galanis, E., Zourbanos, N. & Theodorakis, Y. (2014). Self-talk and Competitive Sport Performance. *Journal of Applied Sport Psychology*, 26(1), 82-95. <https://doi.org/10.1080/10413200.2013.790095>
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2010). Einführung in die Trainingswissenschaft.
- Honda, K.E., Sinclair, P.J., Mason, B.R. & Pease, D.L. (2010). A biomechanical comparison of elite swimmers start performance using the traditional track start and the new kick start. *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, 94-96.
- Ikeda, Y., Ichikawa, H., Nara, R., Baba, Y. & Shimoyama, Y. (2017). Does installation of the backstroke start device reduce 15-m start time in swimming? *Journal of Sports Sciences*, 35(2), 189-195. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2016.1161204>
- International Olympic Committee. (2020). The Olympic Motto. Zugriff am 23. April 2020 unter <https://www.olympic.org/the-olympic-motto>
- 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., Nikolaidis, P. T., König, S., Rosemann, T. & Rüst, C. A. (2016). Performance trends in master freestyle swimmers aged 25–89 years at the FINA World Championships from 1986 to 2014. *AGE*, 38(18), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11357-016-9880-7>
- Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T. & Rüst, C. A. (2016). Performance Trends in Age Group Breaststroke Swimmers in the FINA World Championships 1986–2014. *Chinese Journal of Physiology*, 59(5), 247-259. <https://doi.org/10.4077/CJP.2016.BAE406>
- Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T. & Rüst, C. A. (2017). Performance Trends in Master Butterfly Swimmers Competing in the FINA World Championships. *Journal of Human Kinetics*, 57, 199-211. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0061>

- 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), 1-13. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-652>
- Krauß, M. (2004). Schwimmen: Geschichte, Kultur, Praxis.
- Lätt, E., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Rämson, R., Haljaste, K., Keskinen, K. L., Rodriguez, F. A. & Jürimäe, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. Journal of Sports Science and Medicine, 9(3), 398-404.
- Lucero, B. (2012). Schneller schwimmen durch Krafttraining. Steigern Sie Ihre Schnelligkeit, reduzieren Sie Ihre Ermüdung, beugen Sie Verletzungen vor.
- Maglischo, E. W. (2003). Swimming fastest. The essential reference on technique, training, and program design. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Meggs, J. & Chen, M. A. (2019). Competitive Performance Effects of Psychological Skill Training for Youth Swimmer. Perceptual and motor skills, 126(5), 886-903. <https://doi.org/10.1177/0031512519852533>
- Nagel, S. & Conzelmann, A. (2006). Zum Einfluss der Hochleistungssport-Karriere auf die Berufskarriere – Chancen und Risiken. Sport und Gesellschaft – Sport and Society, 3(3), 237-261. <https://doi.org/10.1515/sug-2006-0303>
- Nevill, A. M., Whyte, G. P., Holder, R. L. & Peyrebrune, M. (2007). Are There Limits to Swimming World Records? International Journal of Sports Medicine, 28, 1012-1017.
- Nikolaidis, P. T. & Knechtle, B. (2018). Performance trends in individual medley events during FINA World Master Championships from 1986 to 2014. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 58(5), 690-698.
- 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>
- OSV. (2020). 75. Österr. Staats-, Junioren- und Nachwuchsmeisterschaften. Zugriff am 22. September 2020 unter <https://ergebnisse.schwimmverband.at/Modules/Schedule/ScheduleShow.aspx?MeetYear=2018&Lang=de-DE>
- OSV. (2020). Aktive, Vereine, Landesverbände. Zugriff am 04. Dezember unter <https://ergebnisse.schwimmverband.at/Modules/Clubs/States.aspx>
- OSV. (2020, 19. September). Wettkampfbestimmungen Schwimmen (WKBSW). Zugriff am 04. Dezember unter

[http://www.schwimmverband.at/fileadmin/OSV/Dokumente/Verband/Wettkampfbestimmungen/2020\\_2021\\_WETTKAMPFBESTIMMUNGEN\\_SCHWIMMEN\\_OSV.pdf](http://www.schwimmverband.at/fileadmin/OSV/Dokumente/Verband/Wettkampfbestimmungen/2020_2021_WETTKAMPFBESTIMMUNGEN_SCHWIMMEN_OSV.pdf)

- Pflessner, W. (1980). Die Entwicklung des Sportschwimmens: mit dem großen statistischen Anhang. Meister, Sieger, Rekorde.
- Reischle, K. & Kandolf, W. (2015). Wege zum Topschwimmer. Band 1 Schwimmartarten lernen Grundlagen trainieren.
- Rozi, G., Thanopoulos, V., Geladas, N., Soultanaki, E. & Dopsaj, M. (2018). Anthropometric characteristics and physiological responses of high level swimmers and performance in freestyle swimming. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, 101, 3-7. <https://doi.org/10.1051/sm/2018007>
- Röthig, P. (1983). Sportwissenschaftliches Lexikon. (5., neu bearb. Aufl.).
- Rudolph, K., Achter, M., Embacher, F., Henneberg, B., Hetzer, S., Hobert, C., Küchler, J., Pohl, S., Warnatzsch, N. & Witt, M. (2014). Wege zum Topschwimmer. Band 3 Hochleistungstraining. Hofmann.
- Schnabel, G., Harre, H. D. & Krug, J. (Hrsg.). (2011). Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf. (2., aktualisierte Aufl.).
- Schneider, R. (2012). Schwimmen: Wassergewöhnung - Technik und Methodik der 4 Hauptlagen - Starts und Wenden.
- Simões, P., Vasconcelos-Raposo, J., Silva, A. & Fernandes, H. (2012). Effects of a Process-Oriented Goal Setting Model on Swimmer's Performance. *Journal of human kinetics*, 32(2012), 65-76. <https://doi-org.uaccess.univie.ac.at/10.2478/v10078-012-0024-6>
- Stanula, A., Maszczyk, A., Roczniok, R., Pietraszewski, P., Ostrowski, A., Zajac, A. & Strzala M. (2012). The Development and Prediction of Athletic Performance in Freestyle Swimming. *Journal of Human Kinetics*, 32, 97-107. Zugriff am 17. März 2020 unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3590874/>
- Swiss Timing. (2015, November). OBL2 Pro - Backstroke Ledge. Zugriff am 5. November 2020 unter [https://www.swisstiming.com/fileadmin/Resources/Data/Datasheets/DOCM\\_AQ\\_OBL2\\_Pro\\_1015\\_EN.pdf](https://www.swisstiming.com/fileadmin/Resources/Data/Datasheets/DOCM_AQ_OBL2_Pro_1015_EN.pdf)
- Swiss Timing. (2019, März). OSB11 - Swimming Starting Block. Zugriff am 05. November 2020 unter [https://www.swisstiming.com/fileadmin/Resources/Data/Datasheets/DOCM\\_AQ\\_OS11\\_anTiSlip\\_0519.pdf](https://www.swisstiming.com/fileadmin/Resources/Data/Datasheets/DOCM_AQ_OS11_anTiSlip_0519.pdf)
- Swiss Timing. (2020, März). OSB11. Swimming Starting Block. User's Manual. Zugriff am 29. Oktober 2020 unter [https://www.swisstiming.com/fileadmin/Resources/Instruction\\_Manuals/3454.504.02.pdf](https://www.swisstiming.com/fileadmin/Resources/Instruction_Manuals/3454.504.02.pdf)

- Unterweger, C. M., Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T. & Rüst, C. A. (2016). Increased participation and improved performance in age group backstroke master swimmers from 25–29 to 100–104 years at the FINA World Masters Championships from 1986 to 2014. SpringerPlus, 5(645), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2209-2>
- Wätzig, H., Mehnert, W. & Bühler, W. (2009). Mathematik und Statistik kompakt. Grundlagen und Anwendungen in Pharmazie und Medizin.
- Weineck, J. (2010). Sportbiologie. (10., überarb. und erw. Aufl.).
- Weiß, O., Russo, M., Hilscher, P. & Norden, G. (1999). Sport 2000. Entwicklungen und Trend im österreichischen Sport. In P. Hilscher, G. Norden, M. Russo & O. Weiß (Hrsg.), Entwicklungstendenzen im Sport (S. 61-77).
- Wilke, K. & Madsen, Ø. (2015). Wege zum Topschwimmer. Band 2 Aufbau- und Anschluss-training.
- Zeitprofi. (2020). Sporttechnik. Wassersport. Schwimmen. OBL2 PRO. Zugriff am 29. Oktober 2020 unter <https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/obl2-pro>
- Zeitprofi. (2020). Sporttechnik. Wassersport. Schwimmen. OSB11. Zugriff am 29. Oktober 2020 unter <https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/osb-11>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anzahl der von Damen und Herren aufgestellten Weltrekorde in den Freistil-Bewerben bei Langbahn-Events ab 1990 (Foster et al., 2012, S. 713).	12
Abb. 2: Menschen im Wasser: Höhlenzeichnung aus der Libyschen Wüste (4000 v. Chr.) (Krauß, 2004, S. 12).	16
Abb. 3: Die verschiedenen Ausdauerfähigkeiten im Zusammenhang mit der Energiebereitstellung, dem Umfang und der Intensität der Belastung. SA = Schnelligkeitsausdauer, KZA = Kurzzeitausdauer, MZA = Mittelzeitausdauer, LZA = Langzeitausdauer (Weineck, 2010, S. 321).	30
Abb. 4: Schwimmtechnik Delfin (Wilke & Madsen, 2015, S. 55).	39
Abb. 5: Schwimmtechnik Rücken (Wilke & Madsen, 2015, S. 53).	40
Abb. 6: Schwimmtechnik Brust (Wilke & Madsen, 2015, S. 57).	41
Abb. 7: Schwimmtechnik Freistil (Wilke & Madsen, 2015, S. 51).	43
Abb. 8: Grabstart und Schrittstart (mod. nach Schneider, 2012, S. 130-131).	45
Abb. 9: OSB11 ( <a href="https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/osb-11">https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/osb-11</a> ).	46
Abb. 10: Kickstart (Wilke & Madsen, 2015, S. 60).	47
Abb. 11: Rückenstart (mod. n. Rudolph et al., 2014, S. 150).	49
Abb. 12: OBL2 Pro ( <a href="https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/obl2-pro">https://www.zeitprofi.at/sporttechnik/wassersport/schwimmen/obl2-pro</a> ).	50
Abb. 13: Die verschiedenen Formen der Wende (Wilke & Madsen, 2015, S. 62).	53
Abb. 14: Leistungsentwicklung der Damen über 50 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. *signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020	69
Abb. 15: Leistungsentwicklung der Damen über 100 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. *signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020	70
Abb. 16: Leistungsentwicklung der Damen über 200 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. *signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020	71

Abb. 17: Leistungsentwicklung der Damen über 400 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. 72

Abb. 18: Leistungsentwicklung der Damen über 800 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020 73

Abb. 19: Leistungsentwicklung der Herren über 50 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020 75

Abb. 20: Leistungsentwicklung der Herren über 100 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009; §signifikant unterschiedlich zu Cluster 2010-2014; \$signifikant unterschiedlich zu Cluster 2015-2020 76

Abb. 21: Leistungsentwicklung der Herren über 200 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. \*signifikant unterschiedlich zu Cluster 2000-2004; #signifikant unterschiedlich zu Cluster 2005-2009 78

Abb. 22: Leistungsentwicklung der Herren über 400 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. 79

Abb. 23: Leistungsentwicklung der Herren über 1500 m Freistil bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. 80

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchschnittliche Zeiten der vier Untergruppen für den 50 m Wettkampf und die vier Lagen. Die Variablen werden als Mittelwert und Standardabweichung (SD) dargestellt.

Quelle: mod. n. Issurin et al. (2014, S. 385) 14

Tab. 2: Vergleich zwischen Kickstart und traditionellem Schrittstart. Mittelwerte und SD.

Quelle: mod. n. Honda et al. (2010, S. 95). 48

Tab. 3: Median der Schwimmzeiten der Damen über die Freistildistanzen bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. 67

Tab. 4: Median der Schwimmzeiten der Herren über die Freistildistanzen bei den österreichischen Staatsmeisterschaften. 74

## Anhang

### Verarbeitete Fälle

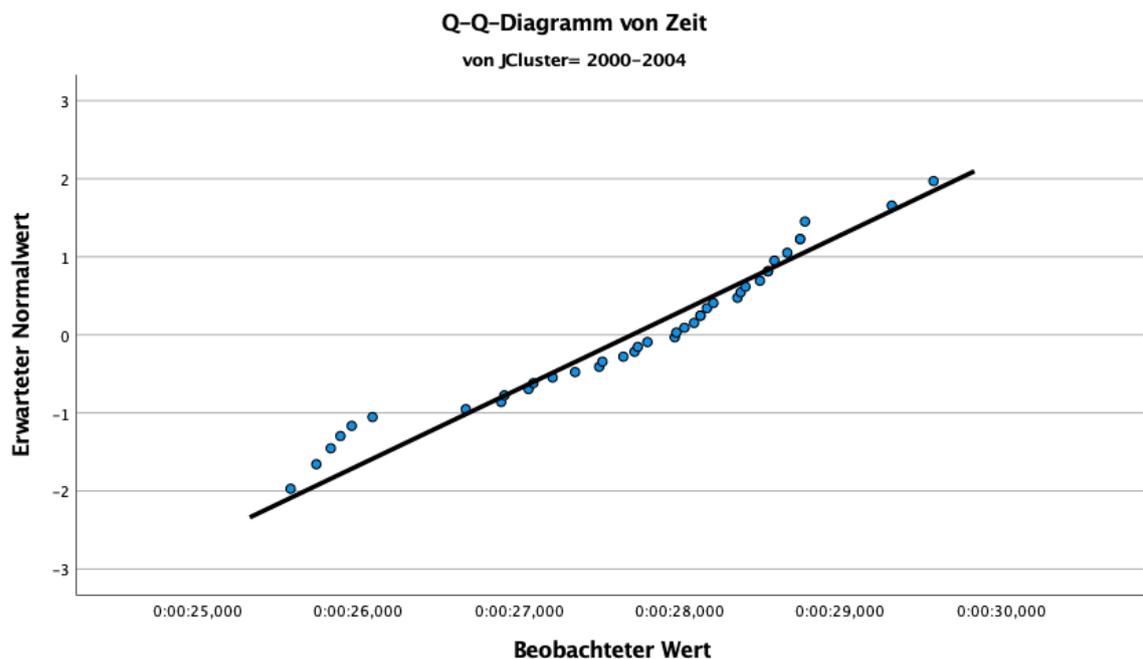
	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Tests auf Normalverteilung

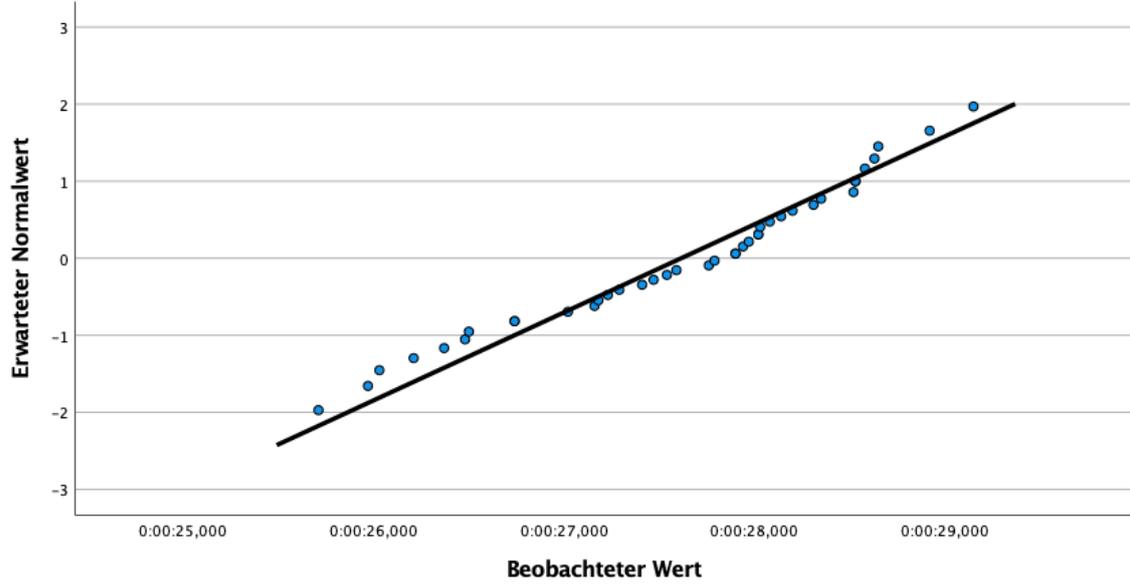
Zeit	Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
	2000-2004	,129	40	,093	,943	40	,043
	2005-2009	,128	40	,097	,960	40	,166
	2010-2014	,105	40	,200*	,962	40	,197
	2015-2020	,125	50	,050	,972	50	,285

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

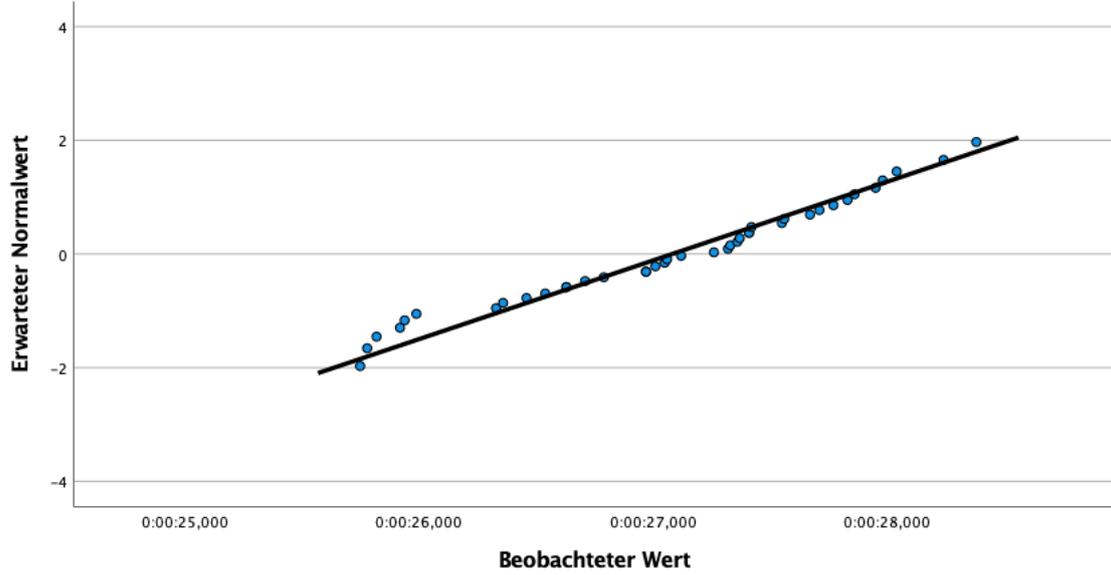
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors



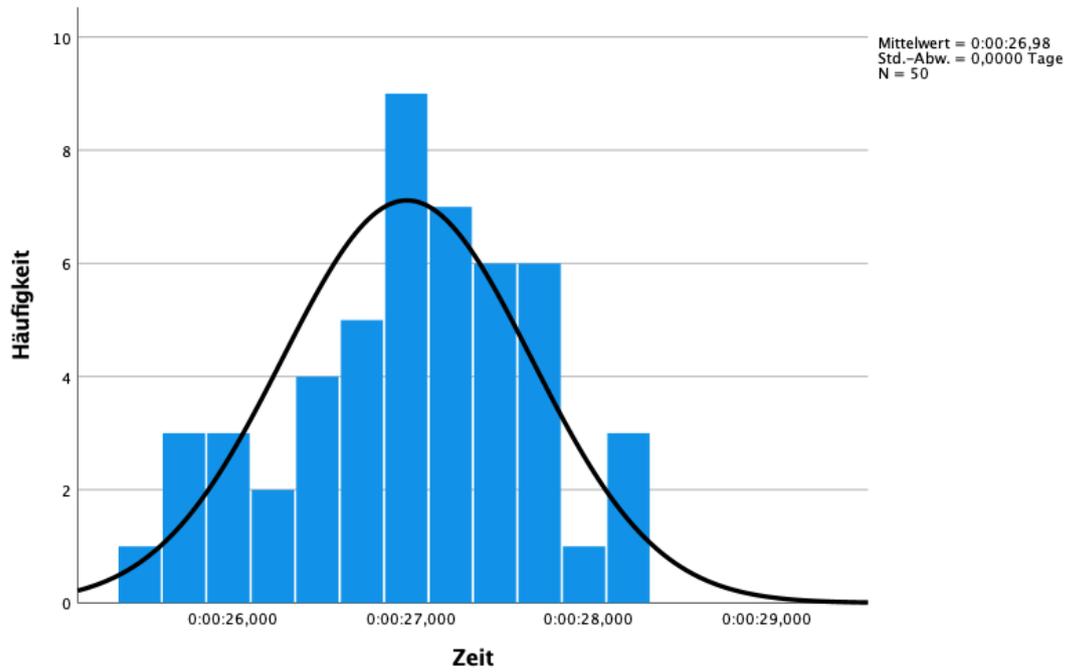
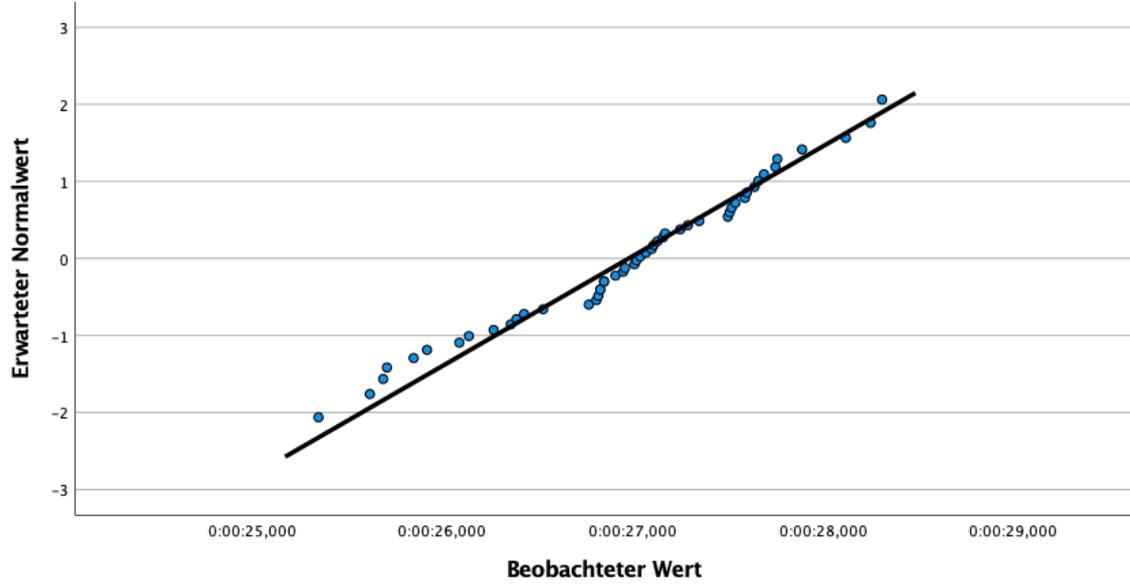
Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2005-2009



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2010-2014



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2015-2020



### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Entscheidung
1	Die Verteilung von Zeit ist über die Kategorien von Jahrescluster identisch.	Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben	,000	Nullhypothese ablehnen

a. Das Signifikanzniveau ist ,050.

b. Asymptotische Signifikanz wird angezeigt.

### Zusammenfassung des Kruskal-Wallis-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	170
Teststatistik	24,685 <sup>a</sup>
Freiheitsgrad	3
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,000

a. Die Teststatistik wird für Bindungen angepasst.

### Paarweise Vergleiche von Jahrescluster

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standardfehler	Standardteststatistik	Sig.	Anp. Sig. <sup>a</sup>
2015-2020-2010-2014	6,600	10,441	,632	,527	1,000
2015-2020-2005-2009	37,600	10,441	3,601	,000	,002
2015-2020-2000-2004	42,500	10,441	4,071	,000	,000
2010-2014-2005-2009	31,000	11,005	2,817	,005	,029
2010-2014-2000-2004	35,900	11,005	3,262	,001	,007
2005-2009-2000-2004	4,900	11,005	,445	,656	1,000

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind.

Asymptotische Signifikanz (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,050.

a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

### Verarbeitete Fälle

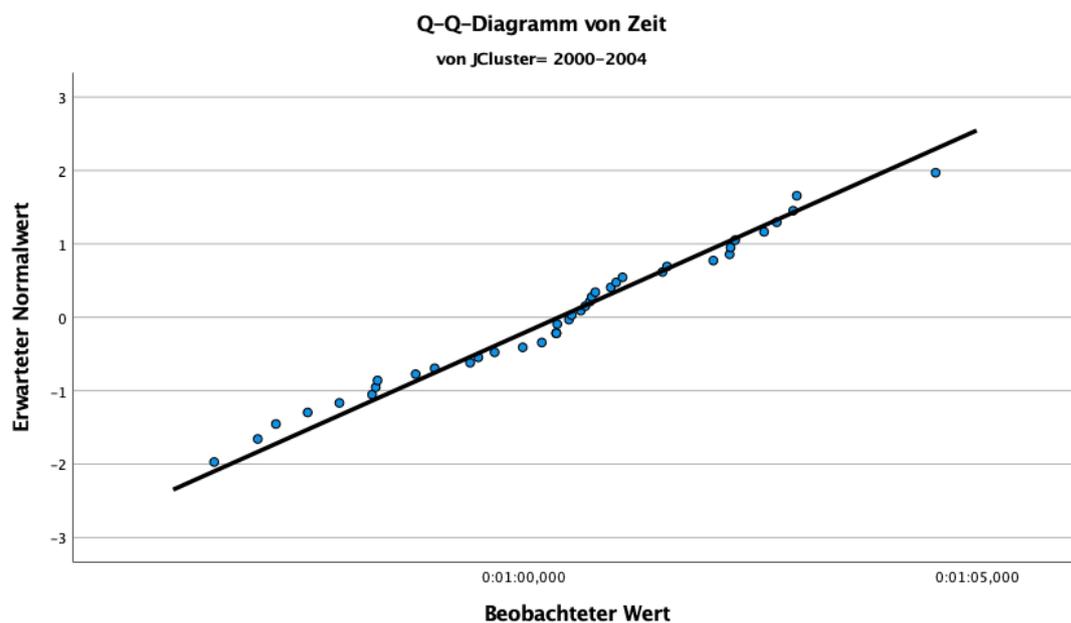
	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2015-2020	49	100,0%	0	0,0%	49	100,0%

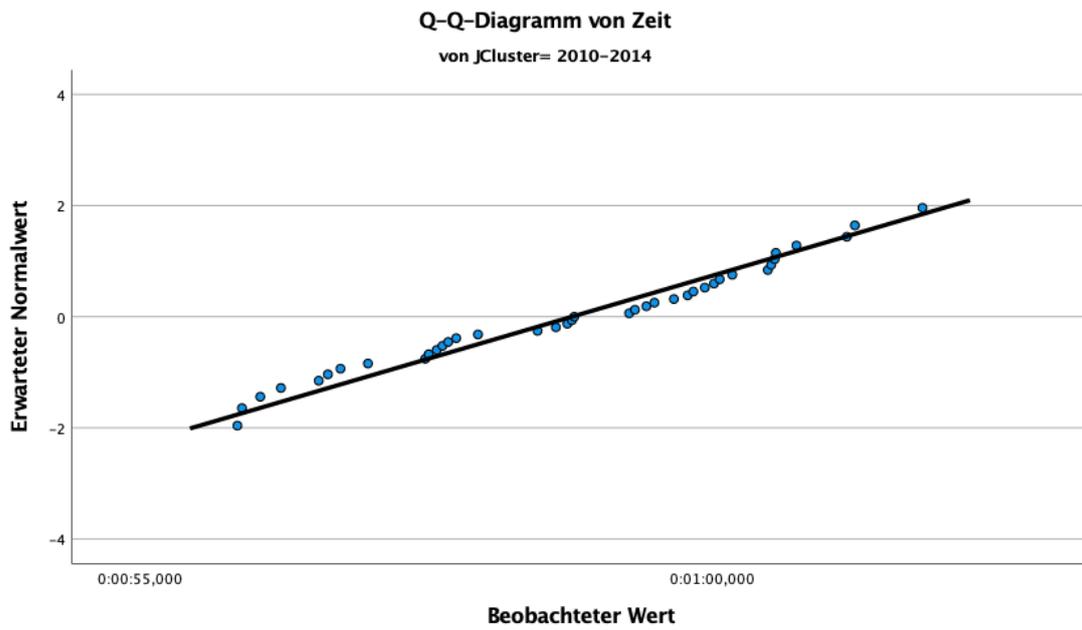
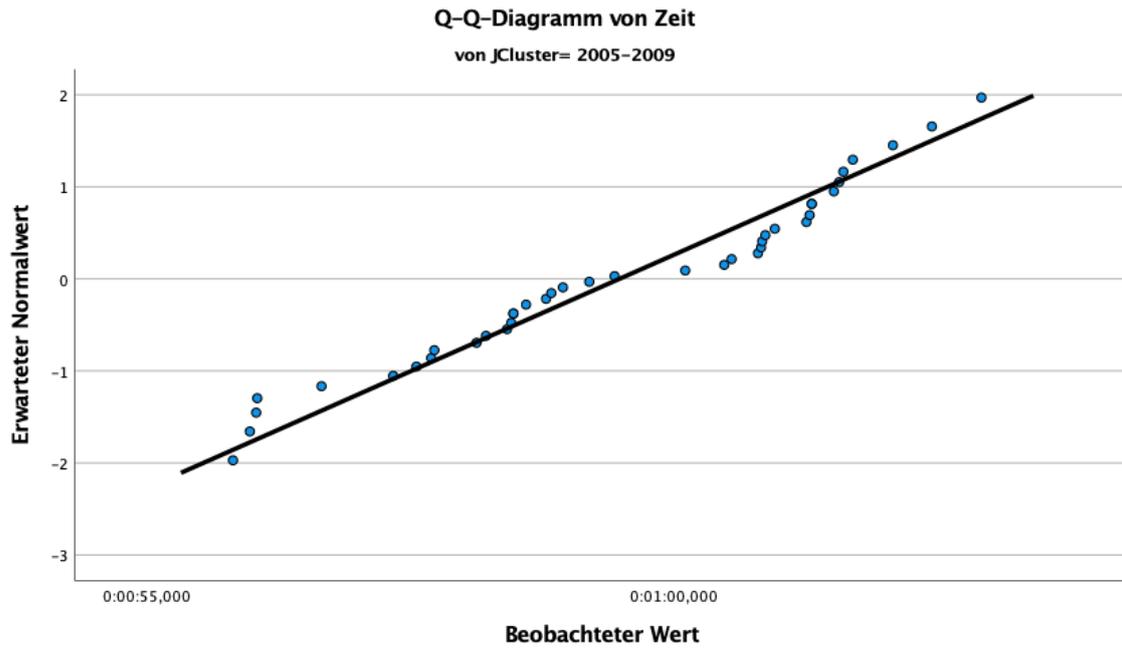
### Tests auf Normalverteilung

Zeit	Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifi- kanz	Statistik	df	Signifi- kanz
Zeit	2000-2004	,120	40	,155	,980	40	,687
	2005-2009	,148	40	,028	,947	40	,059
	2010-2014	,106	39	,200*	,960	39	,173
	2015-2020	,083	49	,200*	,950	49	,038

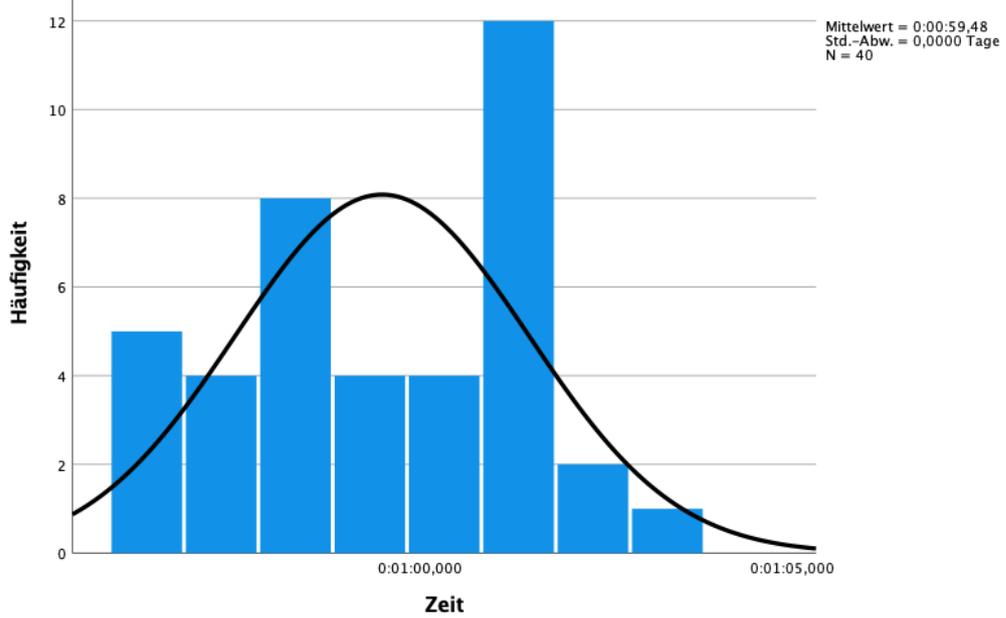
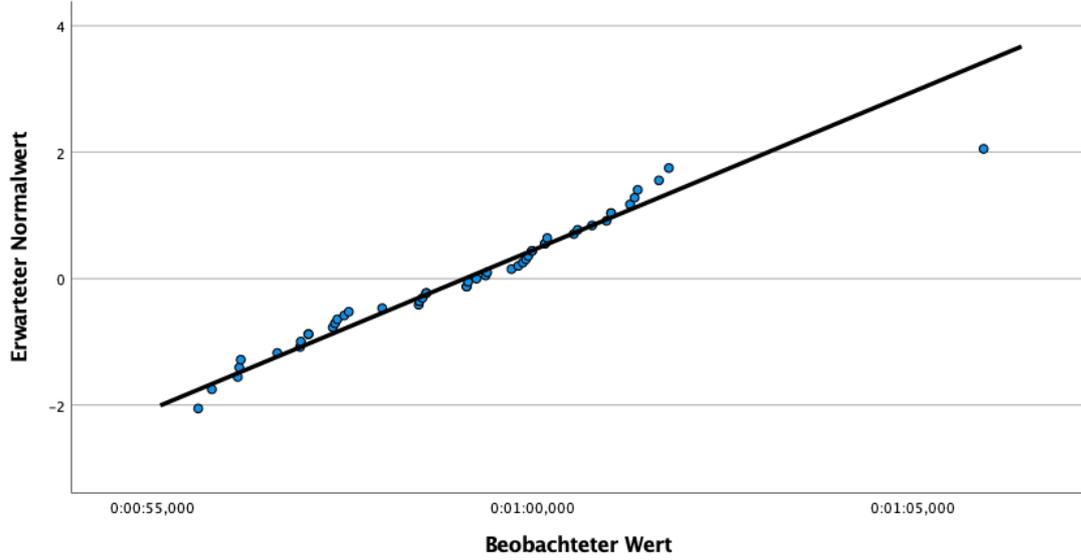
\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors





Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2015-2020



### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Entscheidung
1	Die Verteilung von Zeit ist über die Kategorien von Jahrescluster identisch.	Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben	,001	Nullhypothese ablehnen

- a. Das Signifikanzniveau ist ,050.  
 b. Asymptotische Signifikanz wird angezeigt.

### Zusammenfassung des Kruskal-Wallis-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	168
Teststatistik	15,478 <sup>a</sup>
Freiheitsgrad	3
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,001

- a. Die Teststatistik wird für Bindungen angepasst.

### Paarweise Vergleiche von Jahrescluster

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standardfehler	Standardteststatistik	Sig.	Anp. Sig. <sup>a</sup>
2010-2014-2015-2020	-7,443	10,438	-,713	,476	1,000
2010-2014-2005-2009	20,211	10,946	1,846	,065	,389
2010-2014-2000-2004	39,648	10,946	3,622	,000	,002
2015-2020-2005-2009	12,767	10,365	1,232	,218	1,000
2015-2020-2000-2004	32,205	10,365	3,107	,002	,011
2005-2009-2000-2004	19,438	10,876	1,787	,074	,444

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind.

Asymptotische Signifikanzen (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,050.

- a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

### Verarbeitete Fälle

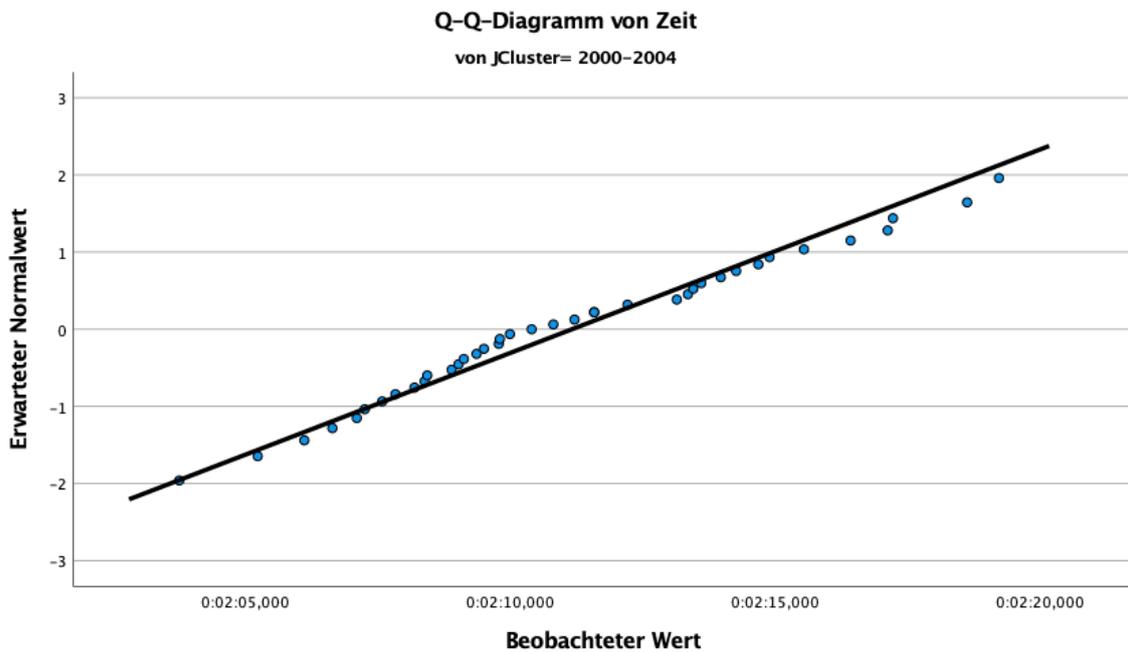
	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Tests auf Normalverteilung

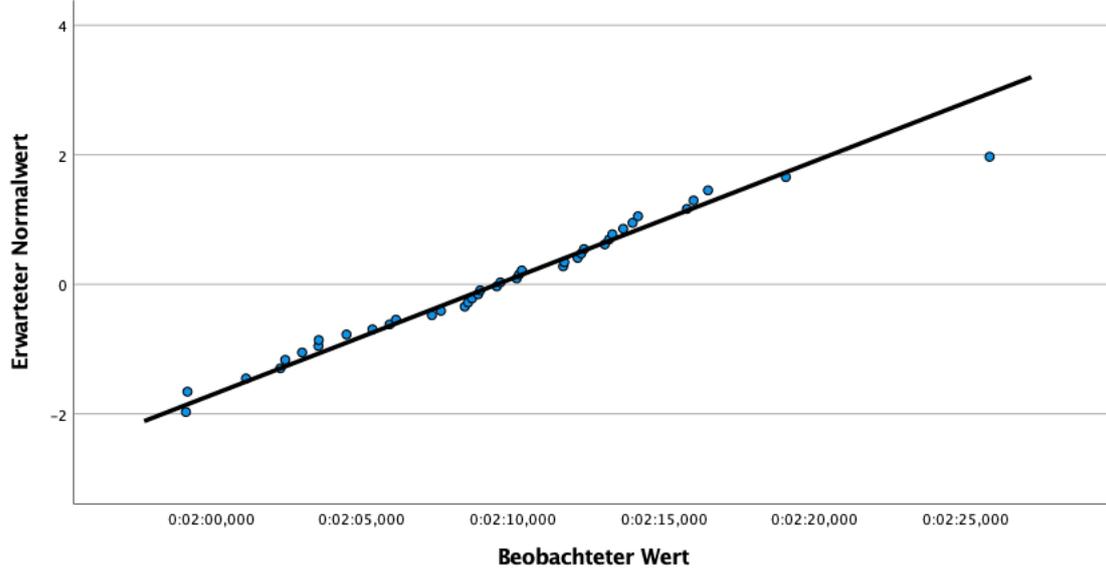
Zeit	Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
	2000-2004	,108	39	,200*	,977	39	,589
	2005-2009	,074	40	,200*	,976	40	,530
	2010-2014	,093	40	,200*	,982	40	,748
	2015-2020	,087	50	,200*	,982	50	,619

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

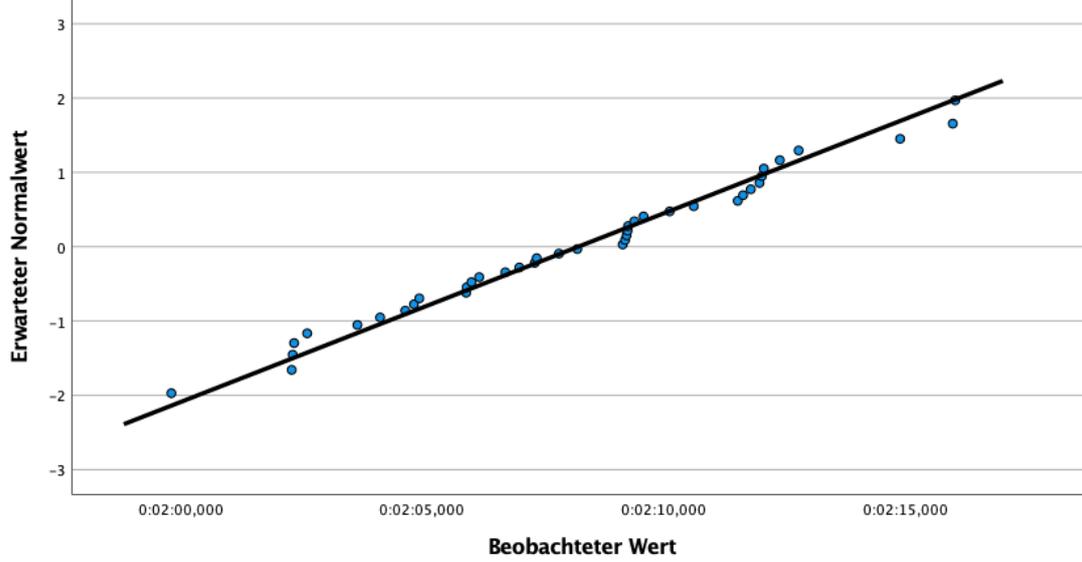
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

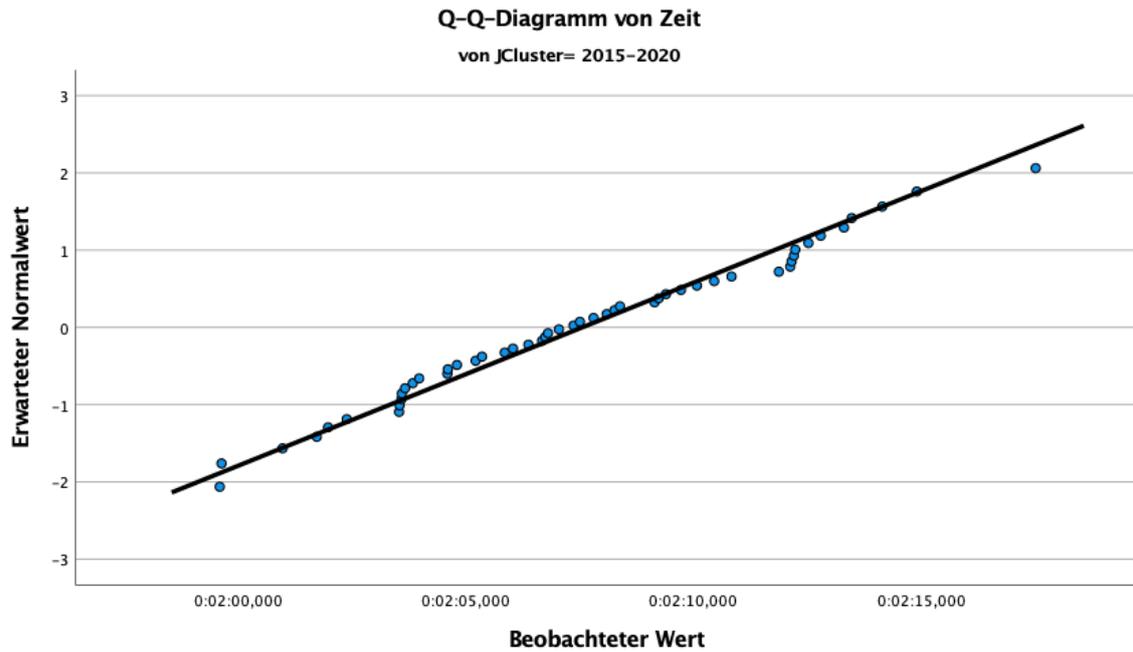


Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2005-2009



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2010-2014





### Deskriptive Statistik

Zeit

	N	Mittelwert	Std.-Ab- weichung	Std.-Feh- ler	95% Konfidenzinter- vall des Mittelwerts		Minimum
					Unter- grenze	Ober- grenze	
2000-2004	39	02:11.17	00:03.79	00:00.61	02:09.94	02:12.40	02:03.76
2005-2009	40	02:09.47	00:05.53	00:00.88	02:07.70	02:11.24	01:59.17
2010-2014	40	02:08.23	00:03.94	00:00.62	02:06.97	02:09.49	01:59.81
2015-2020	50	02:07.56	00:04.22	00:00.60	02:06.36	02:08.76	01:59.60
<b>Gesamt</b>	<b>169</b>	<b>02:09.00</b>	<b>00:04.59</b>	<b>00:00.35</b>	<b>02:08.31</b>	<b>02:09.70</b>	<b>01:59.17</b>

### Deskriptive Statistik

Zeit

	Maximum
2000-2004	02:19.23
2005-2009	02:25.80
2010-2014	02:16.03
2015-2020	02:17.52
<b>Gesamt</b>	<b>02:25.80</b>

### Tests der Varianzhomogenität

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
Zeit	Basiert auf dem Mittelwert	1,604	3	165	,190
	Basiert auf dem Median	1,593	3	165	,193
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	1,593	3	141,033	,194
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	1,632	3	165	,184

### ANOVA

Zeit

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen den Gruppen	320,318	3	106,773	5,475	,001
Innerhalb der Gruppen	3218,054	165	19,503		
Gesamt	3538,372	168			

### Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Zeit

	(I) Jahrescluster	(J) Jahrescluster	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall	
						Untergrenze	Obergrenze
Tukey-HSD	2000-2004	2005-2009	00:01.70	00:00.99	,323	-00:00.9	00:04.28
		2010-2014	00:02.94*	00:00.99	,018	00:00.36	00:05.52
		2015-2020	00:03.61*	00:00.94	,001	00:01.16	00:06.06
	2005-2009	2000-2004	-00:01.7	00:00.99	,323	-00:04.3	00:00.88
		2010-2014	00:01.25	00:00.99	,588	-00:01.3	00:03.81
		2015-2020	00:01.91	00:00.94	,177	-00:00.5	00:04.35
	2010-2014	2000-2004	-00:02.9*	00:00.99	,018	-00:05.5	-00:00.4
		2005-2009	-00:01.2	00:00.99	,588	-00:03.8	00:01.32
		2015-2020	00:00.67	00:00.94	,892	-00:01.8	00:03.10
	2015-2020	2000-2004	-00:03.6*	00:00.94	,001	-00:06.1	-00:01.2
		2005-2009	-00:01.9	00:00.94	,177	-00:04.3	00:00.52
		2010-2014	-00:00.7	00:00.94	,892	-00:03.1	00:01.76
Bonferroni	2000-2004	2005-2009	00:01.70	00:00.99	,538	-00:00.0	00:04.35
		2010-2014	00:02.94*	00:00.99	,021	00:00.29	00:05.60

	2015-2020	00:03.61*	00:00.94	,001	00:01.09	00:06.13
2005-2009	2000-2004	-00:01.7	00:00.99	,538	-00:04.4	00:00.96
	2010-2014	00:01.25	00:00.99	1,000	-00:01.4	00:03.88
	2015-2020	00:01.91	00:00.94	,256	-00:00.6	00:04.42
2010-2014	2000-2004	-00:02.9*	00:00.99	,021	-00:05.6	-00:00.3
	2005-2009	-00:01.2	00:00.99	1,000	-00:03.9	00:01.39
	2015-2020	00:00.67	00:00.94	1,000	-00:01.8	00:03.17
2015-2020	2000-2004	-00:03.6*	00:00.94	,001	-00:06.1	-00:01.1
	2005-2009	-00:01.9	00:00.94	,256	-00:04.4	00:00.59
	2010-2014	-00:00.7	00:00.94	1,000	-00:03.2	00:01.83

\*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe 0.05 signifikant.

		Zeit		Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		Jahrescluster	N	1	2
Tukey-HSD <sup>a,b</sup>	2015-2020		50	02:07.56	
	2010-2014		40	02:08.23	
	2005-2009		40	02:09.47	02:09.47
	2000-2004		39		02:11.17
	Sig.			,199	,298

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 41,823

b. Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet. Fehlerniveaus für Typ I werden nicht garantiert.

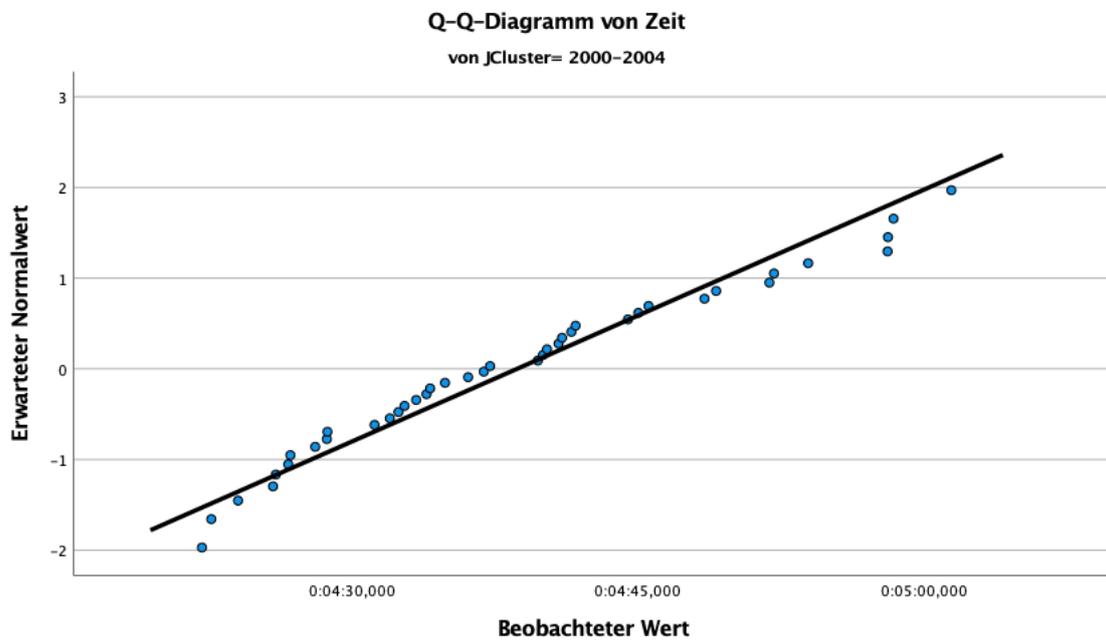
		Verarbeitete Fälle					
		Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Tests auf Normalverteilung

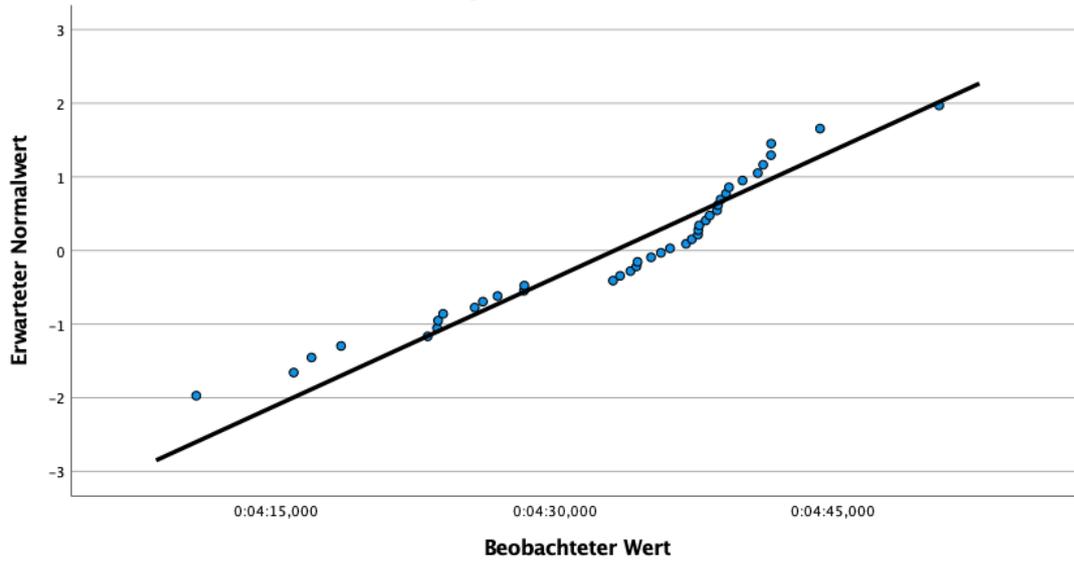
Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Zeit 2000-2004	,088	40	,200*	,955	40	,113
2005-2009	,172	40	,005	,929	40	,014
2010-2014	,120	40	,149	,950	40	,074
2015-2020	,080	50	,200*	,980	50	,539

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

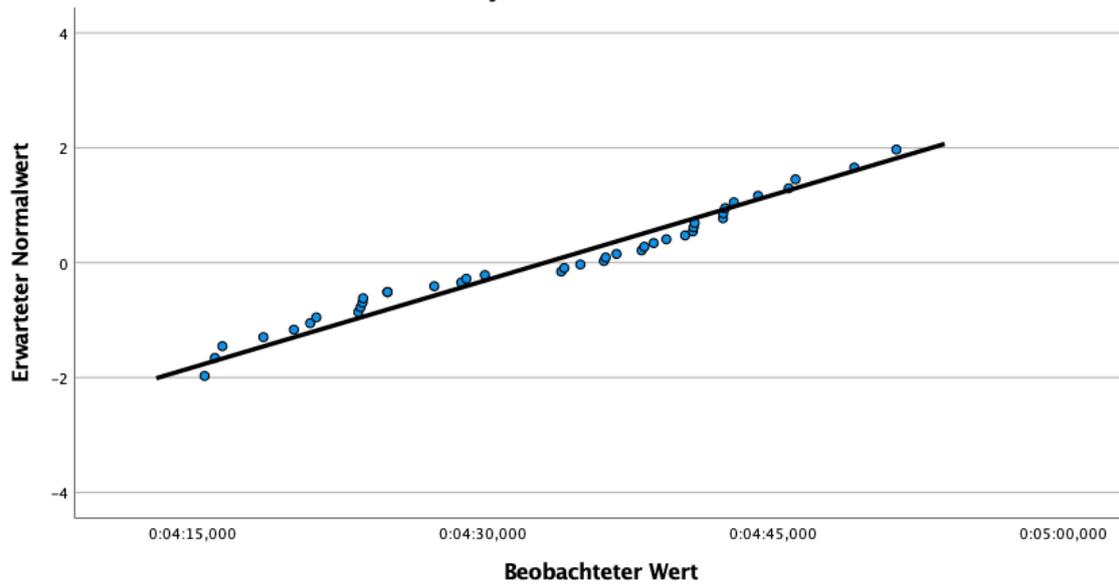
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

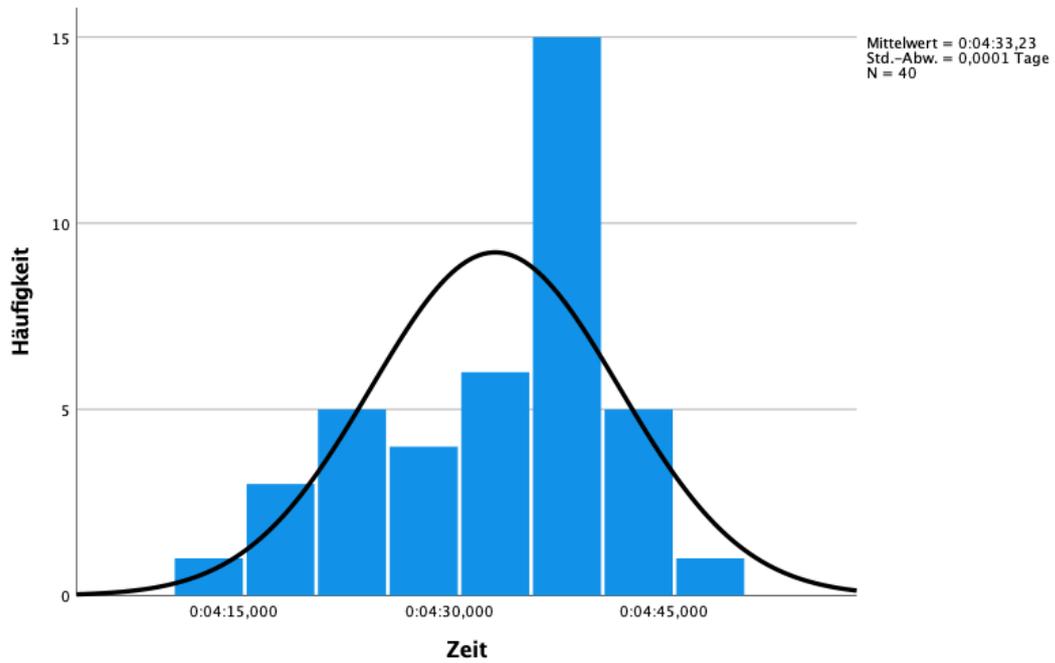
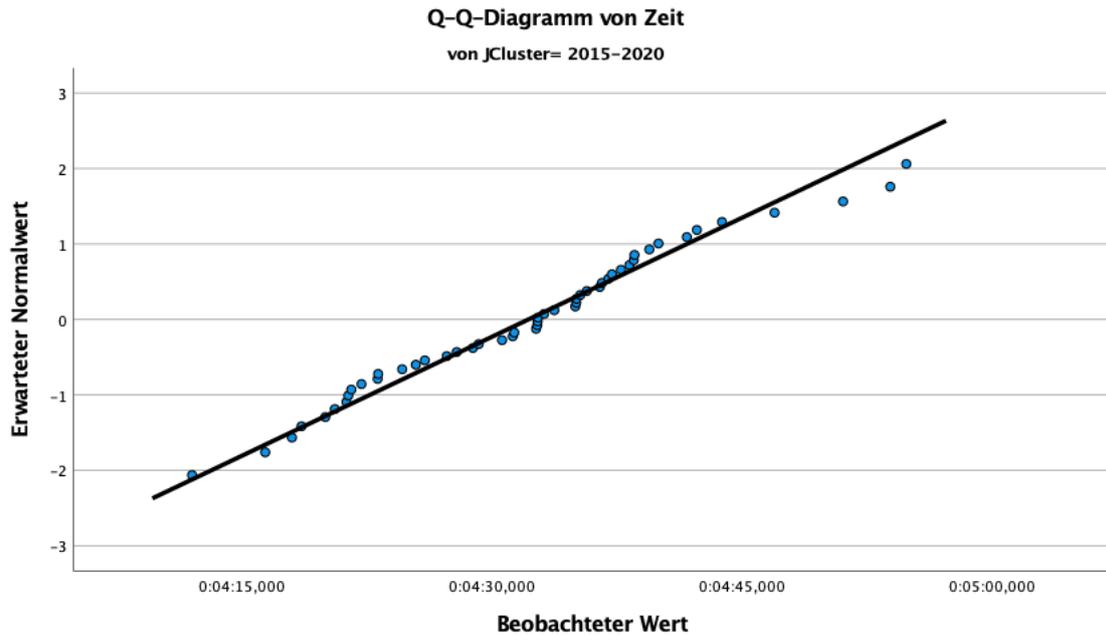


Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2005-2009



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2010-2014





### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Entscheidung
1	Die Verteilung von Zeit ist über die Kategorien von Jahrescluster identisch.	Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben	,051	Nullhypothese beibehalten

a. Das Signifikanzniveau ist ,050.

b. Asymptotische Signifikanz wird angezeigt.

### Zusammenfassung des Kruskal-Wallis-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	170
Teststatistik	7,751 <sup>a,b</sup>
Freiheitsgrad	3
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,051

a. Die Teststatistik wird für Bindungen angepasst.

b. Mehrfachvergleiche wurden nicht durchgeführt, weil der Gesamtttest keine signifikanten Unterschiede zwischen Stichproben aufweist.

### Verarbeitete Fälle

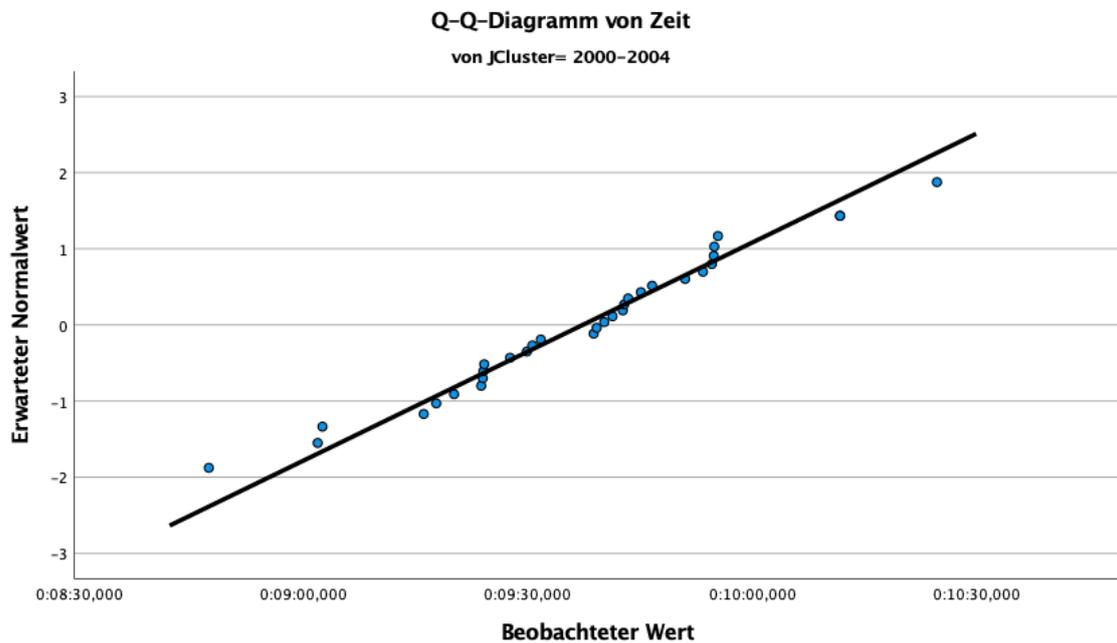
	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	32	80,0%	8	20,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	48	100,0%	0	0,0%	48	100,0%

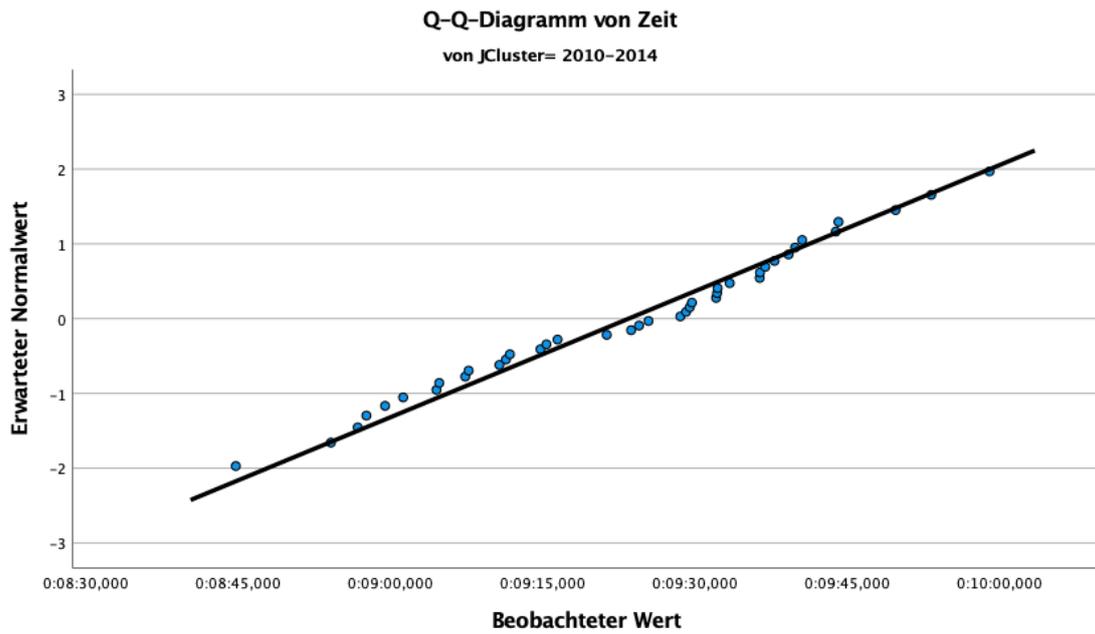
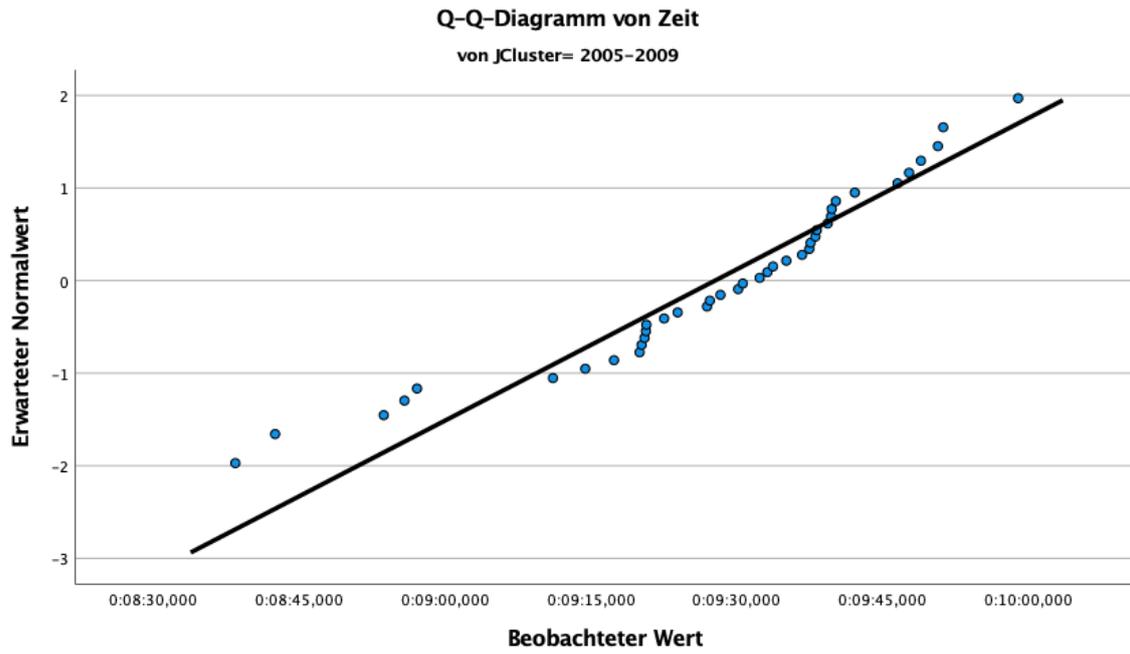
### Tests auf Normalverteilung

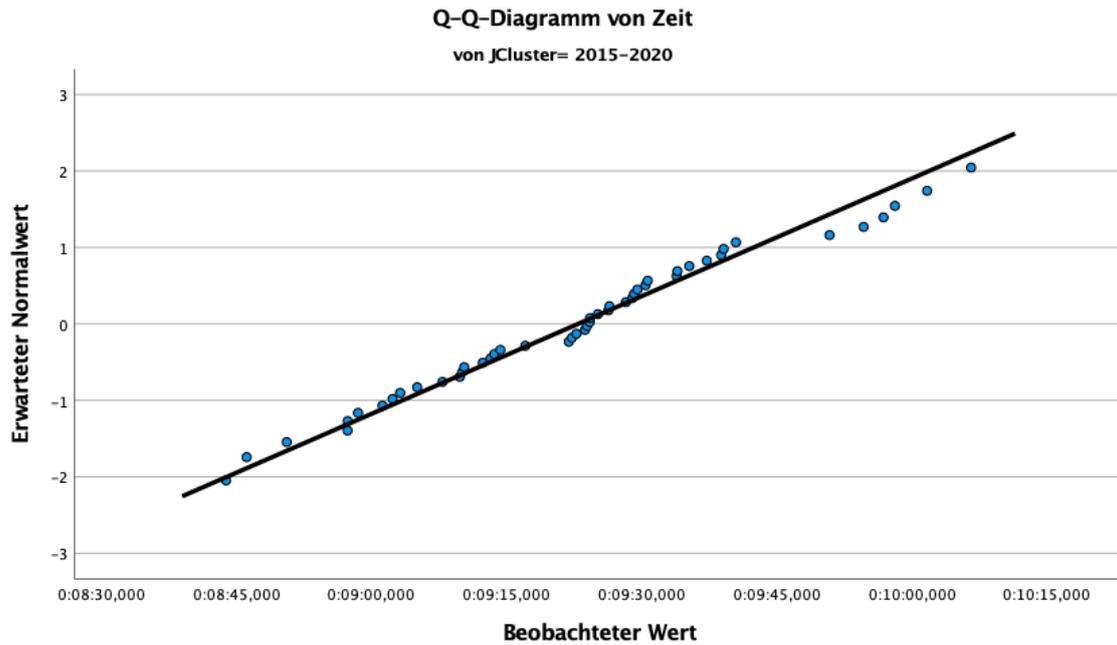
Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Zeit 2000-2004	,100	32	,200*	,983	32	,876
2005-2009	,137	40	,058	,925	40	,011
2010-2014	,113	40	,200*	,979	40	,638
2015-2020	,084	48	,200*	,981	48	,605

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors







### Deskriptive Statistik

Zeit

	N	Mittelwert	Std.-Abweichung	Std.-Fehler	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Minimum
					Untergrenze	Obergrenze	
2000-2004	32	09:37.30	00:20.96	00:03.70	09:29.74	09:44.85	08:47.31
2005-2009	40	09:27.76	00:18.34	00:02.90	09:21.89	09:33.62	08:38.48
2010-2014	40	09:23.46	00:17.77	00:02.81	09:17.77	09:29.14	08:44.82
2015-2020	48	09:22.91	00:19.50	00:02.81	09:17.25	09:28.57	08:43.85
<b>Gesamt</b>	<b>160</b>	<b>09:27.14</b>	<b>00:19.69</b>	<b>00:01.56</b>	<b>09:24.06</b>	<b>09:30.21</b>	<b>08:38.48</b>

## Deskriptive Statistik

Zeit

	Maximum
2000-2004	10:24.69
2005-2009	09:58.92
2010-2014	09:58.99
2015-2020	10:06.59
Gesamt	10:24.69

### Tests der Varianzhomogenität

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
Zeit	Basiert auf dem Mittelwert	,258	3	156	,855
	Basiert auf dem Median	,255	3	156	,857
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,255	3	151,411	,857
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,285	3	156	,836

### ANOVA

Zeit

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen den Gruppen	4717,932	3	1572,644	4,310	,006
Innerhalb der Gruppen	56922,450	156	364,888		
Gesamt	61640,382	159			

### Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Zeit

	(I) Jah- rescluster	(J) Jah- rescluster	Mittelwert- differenz (I-J)	Std.- Fehler	Sig.	95% Konfidenzinter- vall	
						Unter- grenze	Ober- grenze
Tukey- HSD	2000-2004	2005-2009	00:09.54	00:04.53	,156	-00:02.2	00:21.31
		2010-2014	00:13.84*	00:04.53	,014	00:02.08	00:25.61
		2015-2020	00:14.39*	00:04.36	,007	00:03.07	00:25.71
	2005-2009	2000-2004	-00:09.5	00:04.53	,156	-00:21.3	00:02.22
		2010-2014	00:04.30	00:04.27	,746	-00:06.8	00:15.39
		2015-2020	00:04.84	00:04.09	,638	-00:05.8	00:15.46
	2010-2014	2000-2004	-00:13.8*	00:04.53	,014	-00:25.6	-00:02.1
		2005-2009	-00:04.3	00:04.27	,746	-00:15.4	00:06.79
		2015-2020	00:00.55	00:04.09	,999	-00:10.1	00:11.17
	2015-2020	2000-2004	-00:14.4*	00:04.36	,007	-00:25.7	-00:03.1
		2005-2009	-00:04.8	00:04.09	,638	-00:15.5	00:05.78
		2010-2014	-00:00.5	00:04.09	,999	-00:11.2	00:10.07
Bonfer- roni	2000-2004	2005-2009	00:09.54	00:04.53	,221	-00:02.6	00:21.65
		2010-2014	00:13.84*	00:04.53	,016	00:01.73	00:25.95
		2015-2020	00:14.39*	00:04.36	,007	00:02.74	00:26.04
	2005-2009	2000-2004	-00:09.5	00:04.53	,221	-00:21.6	00:02.56
		2010-2014	00:04.30	00:04.27	1,000	-00:07.1	00:15.71
		2015-2020	00:04.84	00:04.09	1,000	-00:06.1	00:15.77
	2010-2014	2000-2004	-00:13.8*	00:04.53	,016	-00:25.9	-00:01.7
		2005-2009	-00:04.3	00:04.27	1,000	-00:15.7	00:07.12
		2015-2020	00:00.55	00:04.09	1,000	-00:10.4	00:11.47
	2015-2020	2000-2004	-00:14.4*	00:04.36	,007	-00:26.0	-00:02.7
		2005-2009	-00:04.8	00:04.09	1,000	-00:15.8	00:06.08
		2010-2014	-00:00.5	00:04.09	1,000	-00:11.5	00:10.38

\*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe 0.05 signifikant.

		Zeit		Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		Jahrescluster	N	1	2
Tukey-HSD <sup>a,b</sup>	2015-2020		48	09:22.91	
	2010-2014		40	09:23.46	
	2005-2009		40	09:27.76	09:27.76
	2000-2004		32		09:37.30
	Sig.			,676	,125

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 39,184

b. Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet. Fehlerniveaus für Typ I werden nicht garantiert.

#### Verarbeitete Fälle

		Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	38	100,0%	0	0,0%	38	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

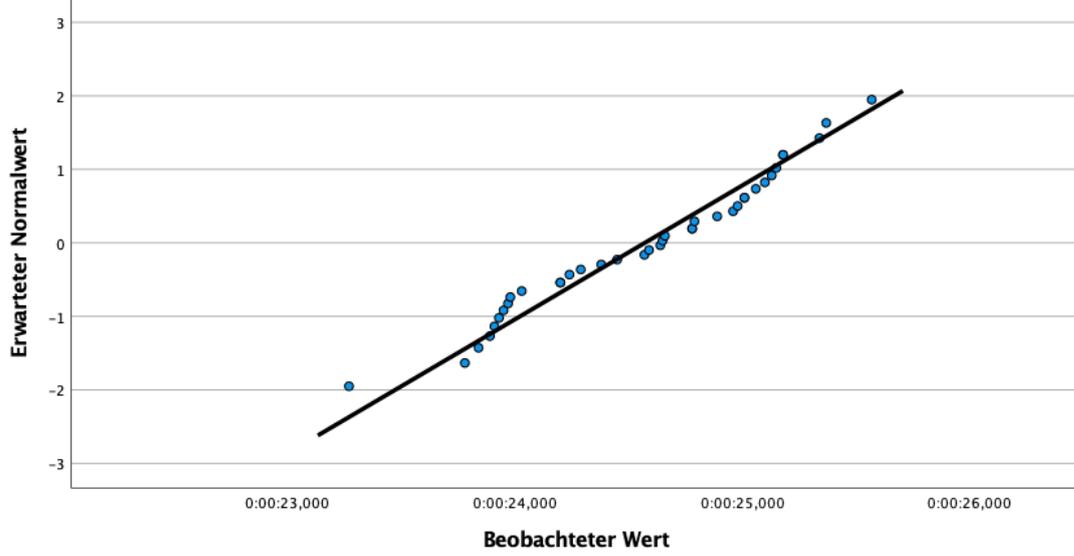
#### Tests auf Normalverteilung

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifi- kanz	Statistik	df	Signifi- kanz
Zeit	2000-2004	,103	38	,200*	,963	38	,240
	2005-2009	,090	40	,200*	,968	40	,311
	2010-2014	,083	40	,200*	,977	40	,596
	2015-2020	,072	50	,200*	,987	50	,852

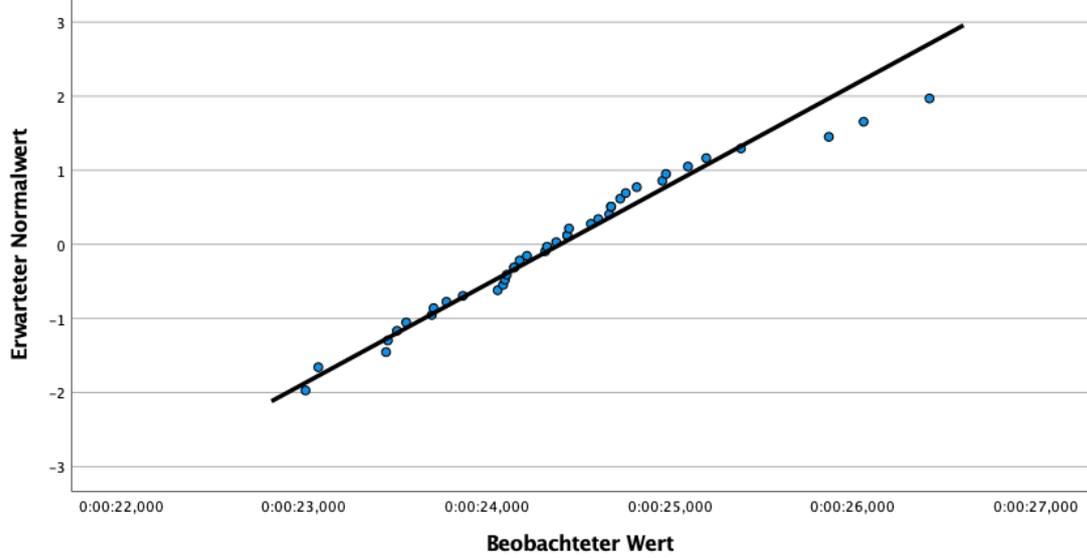
\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

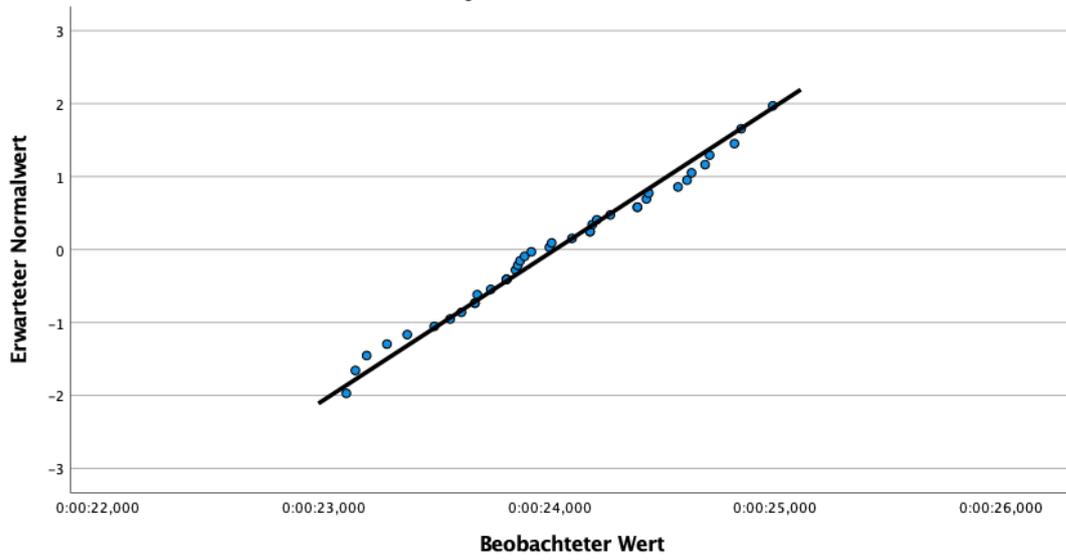
Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2000-2004



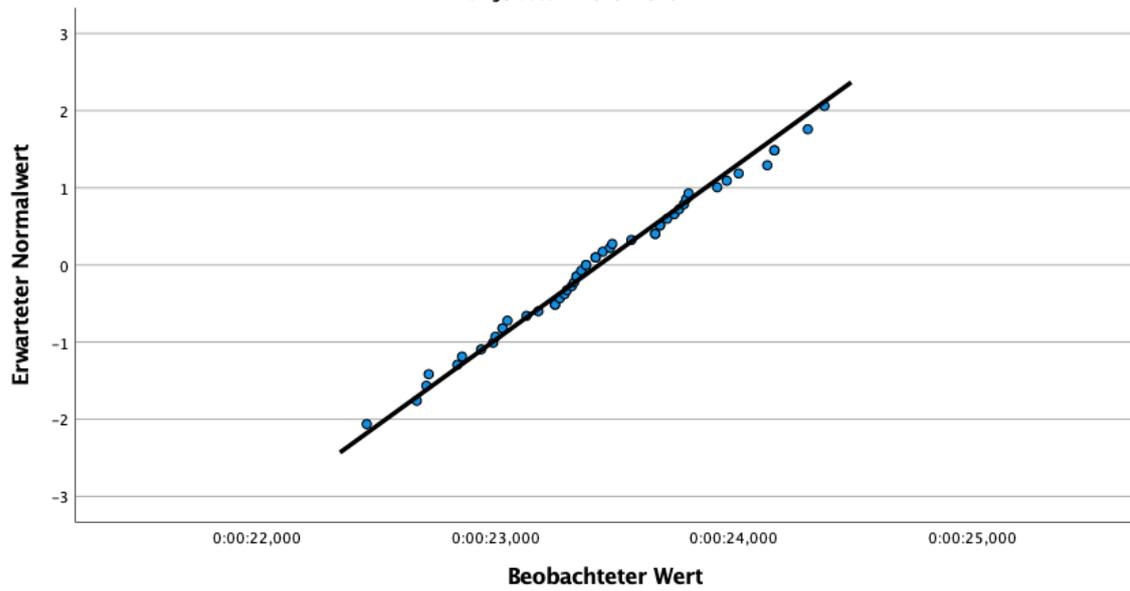
Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2005-2009



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2010-2014



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2015-2020



### Deskriptive Statistik

Zeit

	N	Mittelwert	Std.-Abweichung	Std.-Fehler	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Minimum
					Untergrenze	Obergrenze	
2000-2004	38	00:24.57	00:00.55	00:00.09	00:24.39	00:24.75	00:23.27
2005-2009	40	00:24.40	00:00.75	00:00.12	00:24.16	00:24.64	00:23.01
2010-2014	40	00:24.02	00:00.50	00:00.08	00:23.87	00:24.18	00:23.10
2015-2020	50	00:23.43	00:00.45	00:00.06	00:23.31	00:23.56	00:22.46
Gesamt	168	00:24.06	00:00.72	00:00.06	00:23.95	00:24.17	00:22.46

### Deskriptive Statistik

Zeit

	Maximum
2000-2004	00:25.57
2005-2009	00:26.42
2010-2014	00:24.99
2015-2020	00:24.38
Gesamt	00:26.42

### Tests der Varianzhomogenität

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
Zeit	Basiert auf dem Mittelwert	2,942	3	164	,035
	Basiert auf dem Median	2,835	3	164	,040
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	2,835	3	124,688	,041
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	2,895	3	164	,037

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Entscheidung
1	Die Verteilung von Zeit ist über die Kategorien von Jahrescluster identisch.	Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben	,000	Nullhypothese ablehnen

a. Das Signifikanzniveau ist ,050.

b. Asymptotische Signifikanz wird angezeigt.

### Zusammenfassung des Kruskal-Wallis-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	168
Teststatistik	71,176 <sup>a</sup>
Freiheitsgrad	3
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,000

a. Die Teststatistik wird für Bindungen angepasst.

### Paarweise Vergleiche von Jahrescluster

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standardfehler	Standardteststatistik	Sig.	Anp. Sig. <sup>a</sup>
2015-2020-2010-2014	43,435	10,318	4,210	,000	,000
2015-2020-2005-2009	65,648	10,318	6,362	,000	,000
2015-2020-2000-2004	81,294	10,468	7,766	,000	,000
2010-2014-2005-2009	22,213	10,876	2,042	,041	,247
2010-2014-2000-2004	37,859	11,018	3,436	,001	,004
2005-2009-2000-2004	15,647	11,018	1,420	,156	,934

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind.

Asymptotische Signifikanzen (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,050.

a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

### Verarbeitete Fälle

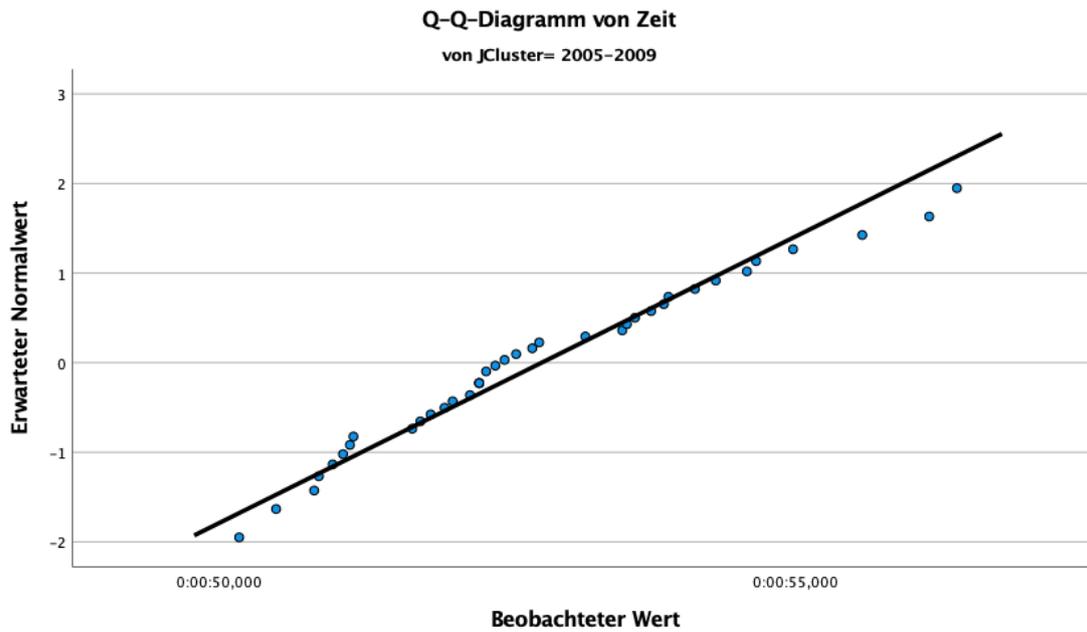
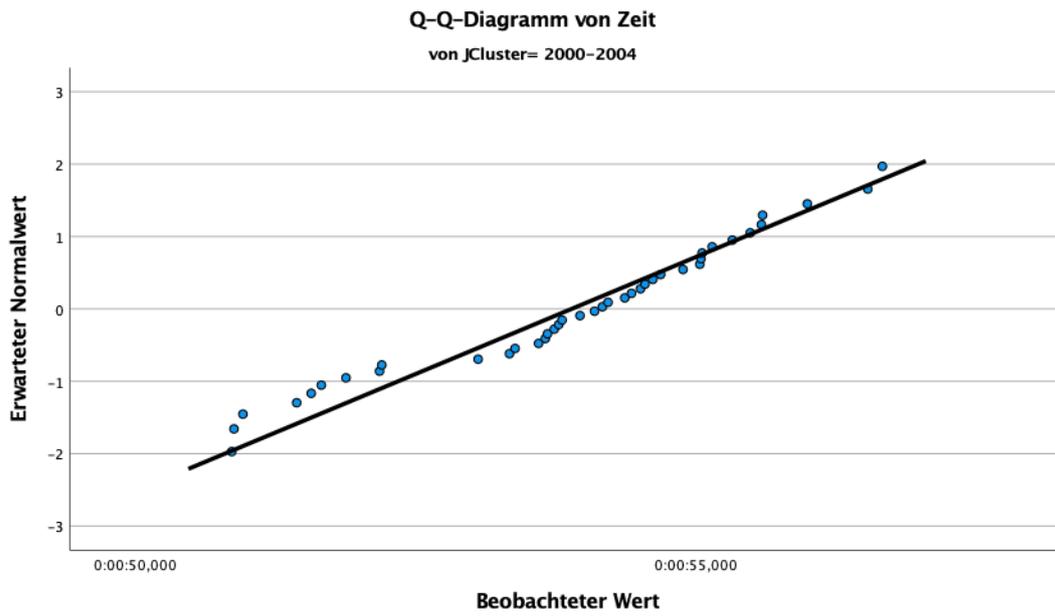
	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	38	100,0%	0	0,0%	38	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

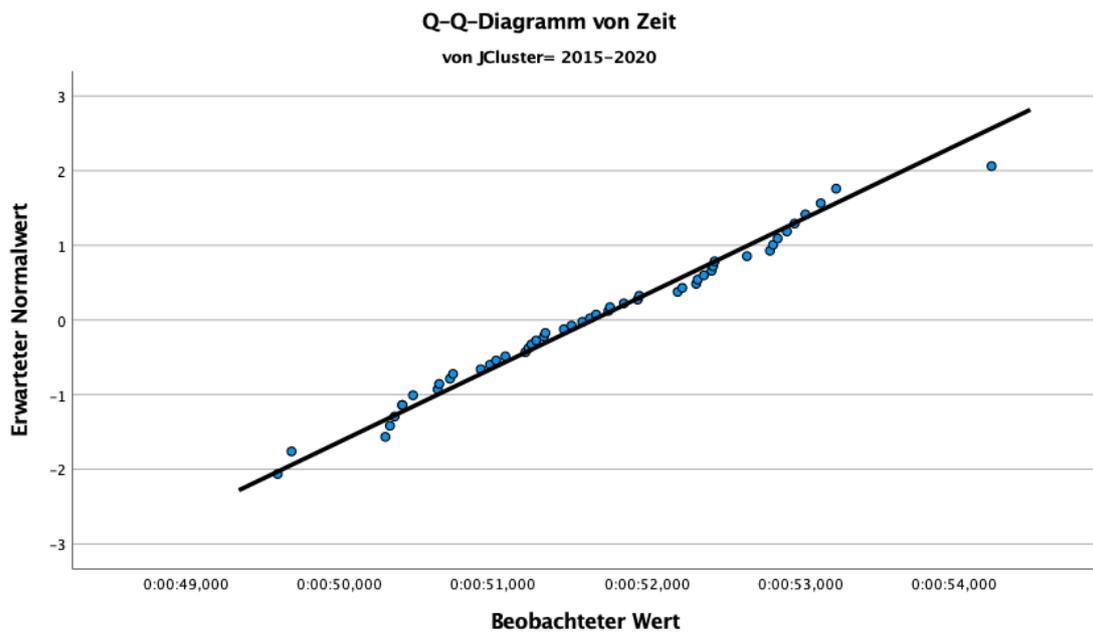
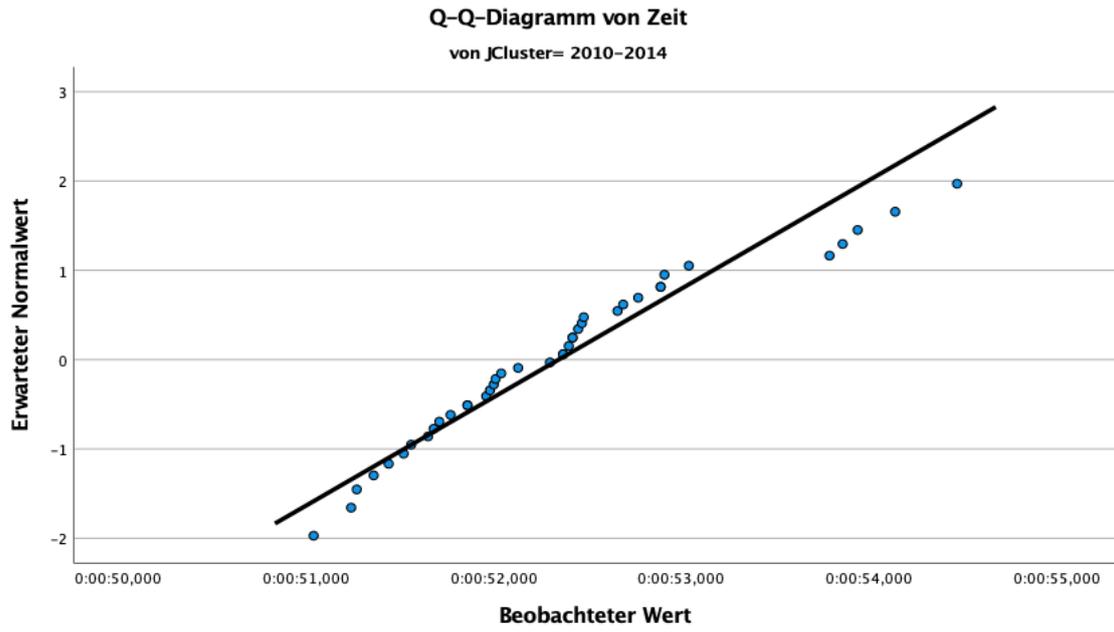
### Tests auf Normalverteilung

Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz	
Zeit	2000-2004	,125	40	,117	,952	40	,086
	2005-2009	,110	38	,200*	,965	38	,282
	2010-2014	,135	40	,064	,935	40	,023
	2015-2020	,068	50	,200*	,984	50	,729

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors





### Deskriptive Statistik

Zeit

	N	Mittelwert	Std.-Abweichung	Std.-Fehler	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Minimum
					Untergrenze	Obergrenze	
2000-2004	40	00:53.89	00:01.55	00:00.24	00:53.40	00:54.39	00:50.86
2005-2009	38	00:52.80	00:01.56	00:00.25	00:52.29	00:53.31	00:50.18
2010-2014	40	00:52.35	00:00.82	00:00.13	00:52.08	00:52.61	00:51.04
2015-2020	50	00:51.65	00:01.01	00:00.14	00:51.36	00:51.94	00:49.60
Gesamt	168	00:52.61	00:01.50	00:00.12	00:52.38	00:52.84	00:49.60

### Deskriptive Statistik

Zeit

	Maximum
2000-2004	00:56.67
2005-2009	00:56.40
2010-2014	00:54.47
2015-2020	00:54.24
Gesamt	00:56.67

### Tests der Varianzhomogenität

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
Zeit	Basiert auf dem Mittelwert	7,127	3	164	,000
	Basiert auf dem Median	5,743	3	164	,001
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	5,743	3	125,727	,001
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	6,867	3	164	,000

### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Entscheidung
1	Die Verteilung von Zeit ist über die Kategorien von Jahrescluster identisch.	Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben	,000	Nullhypothese ablehnen

a. Das Signifikanzniveau ist ,050.

b. Asymptotische Signifikanz wird angezeigt.

### Zusammenfassung des Kruskal-Wallis-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	168
Teststatistik	44,103 <sup>a</sup>
Freiheitsgrad	3
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,000

a. Die Teststatistik wird für Bindungen angepasst.

### Paarweise Vergleiche von Jahrescluster

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standardfehler	Standardteststatistik	Sig.	Anp. Sig. <sup>a</sup>
2015-2020-2010-2014	26,413	10,318	2,560	,010	,063
2015-2020-2005-2009	36,242	10,468	3,462	,001	,003
2015-2020-2000-2004	67,888	10,318	6,579	,000	,000
2010-2014-2005-2009	9,830	11,019	,892	,372	1,000
2010-2014-2000-2004	41,475	10,876	3,813	,000	,001
2005-2009-2000-2004	31,645	11,019	2,872	,004	,024

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind.

Asymptotische Signifikanzen (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,050.

a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

### Verarbeitete Fälle

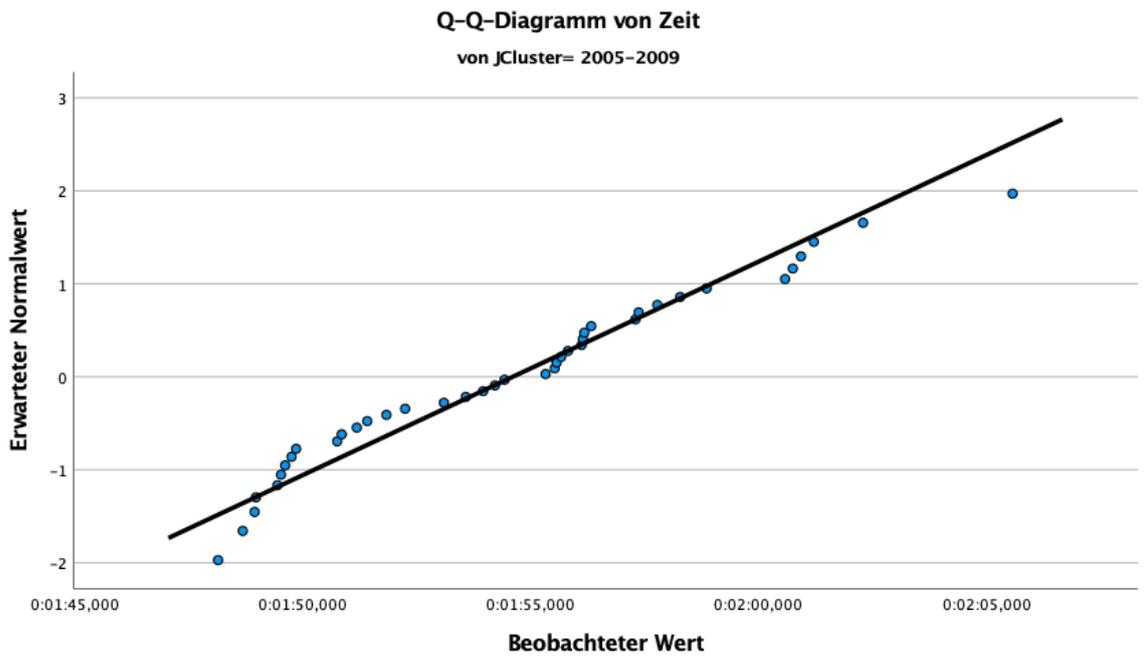
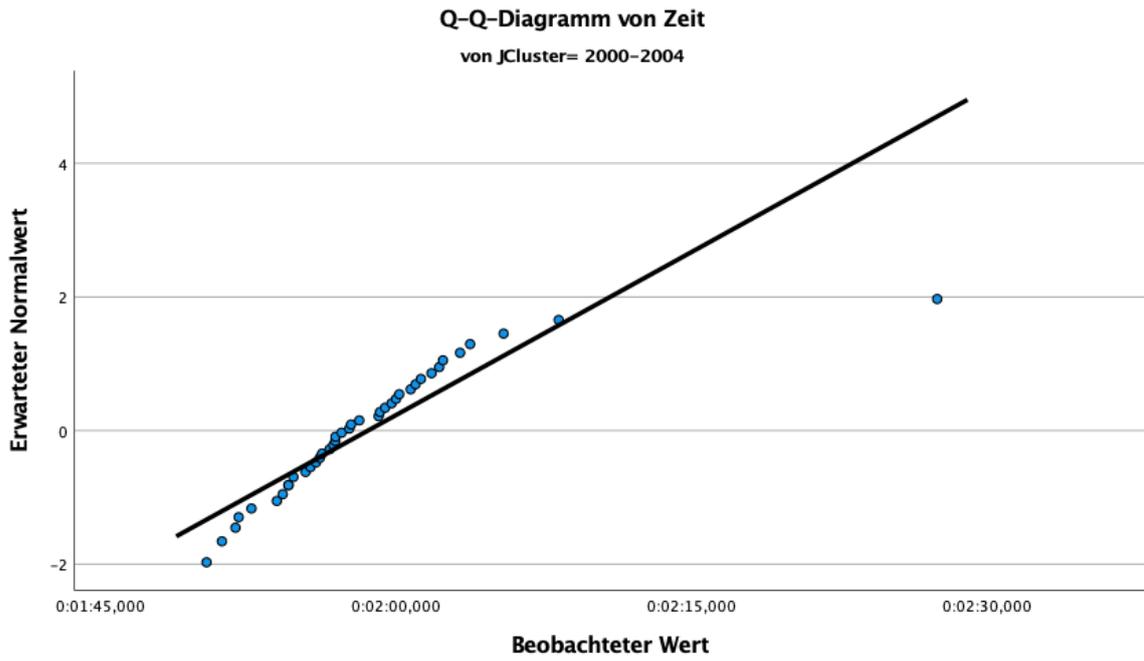
	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2015-2020	49	100,0%	0	0,0%	49	100,0%

### Tests auf Normalverteilung

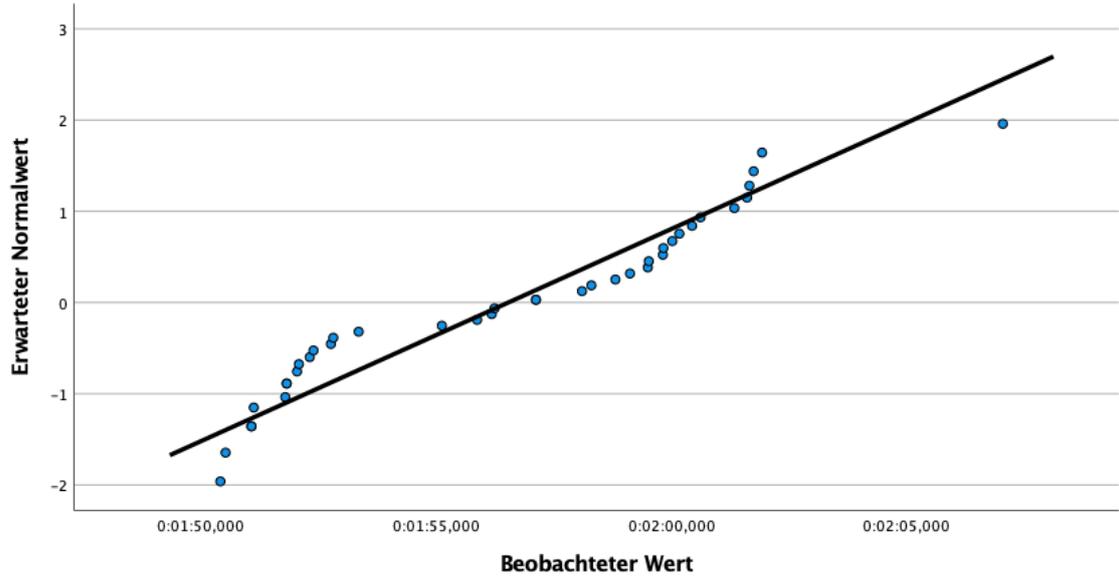
	Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Zeit	2000-2004	,143	40	,040	,776	40	,000
	2005-2009	,093	40	,200*	,956	40	,124
	2010-2014	,165	39	,009	,920	39	,009
	2015-2020	,092	49	,200*	,966	49	,175

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

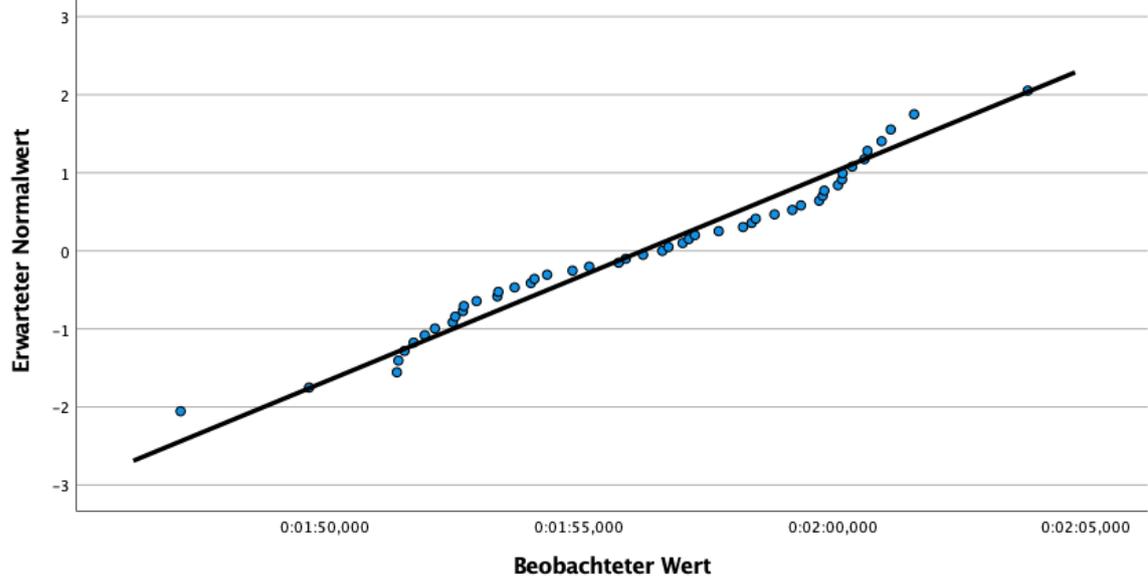
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

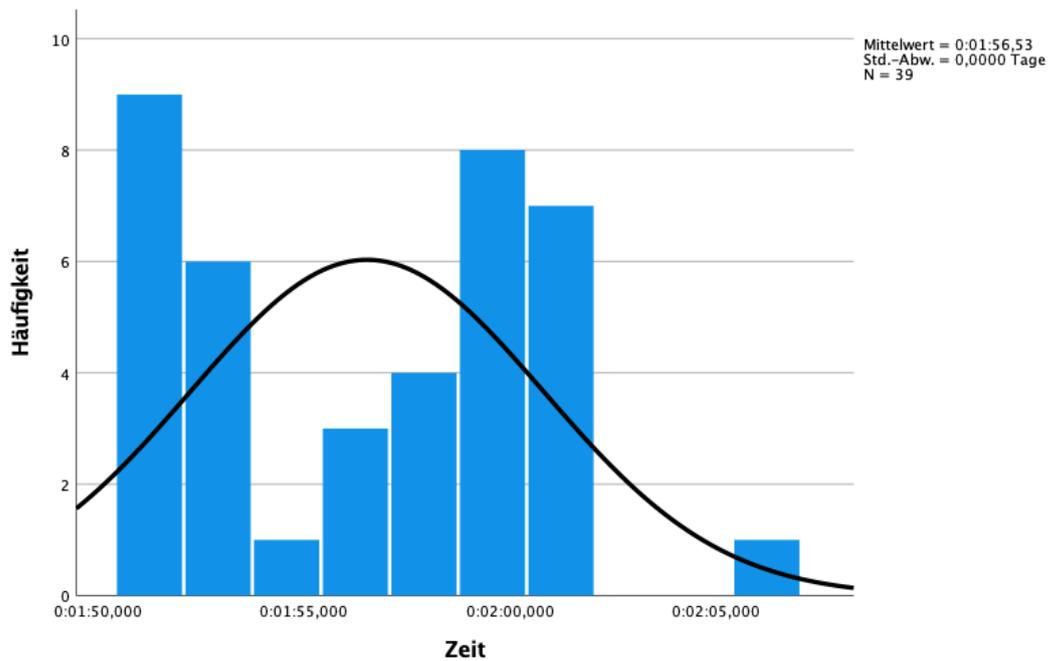
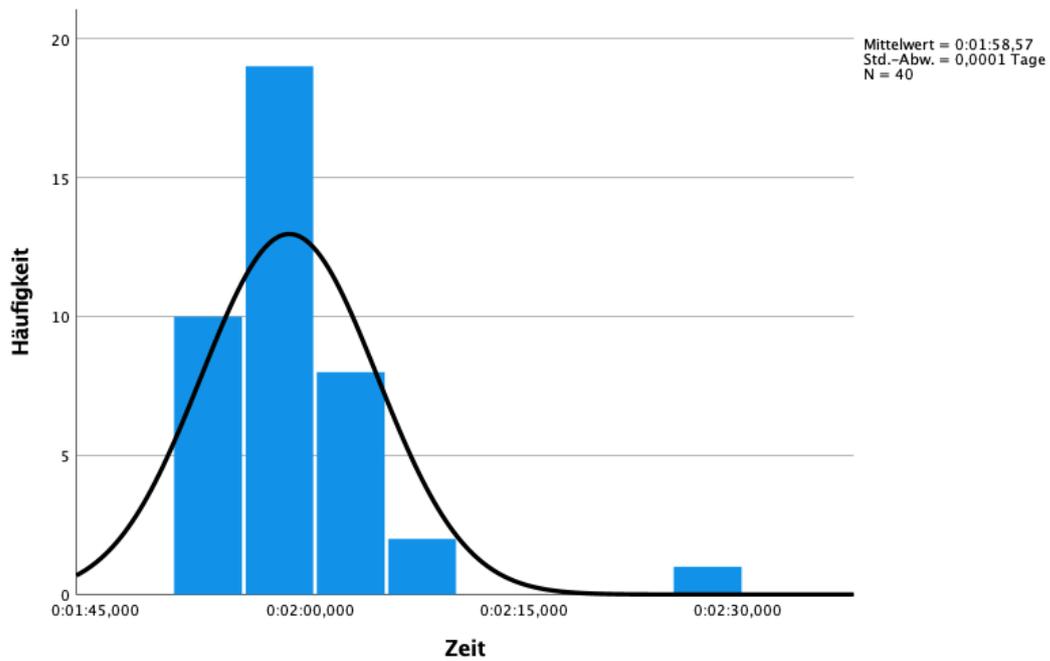


Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2010-2014



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2015-2020





### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Entscheidung
1	Die Verteilung von Zeit ist über die Kategorien von Jahrescluster identisch.	Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben	,008	Nullhypothese ablehnen

a. Das Signifikanzniveau ist ,050.

b. Asymptotische Signifikanz wird angezeigt.

### Zusammenfassung des Kruskal-Wallis-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	168
Teststatistik	11,852 <sup>a</sup>
Freiheitsgrad	3
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,008

a. Die Teststatistik wird für Bindungen angepasst.

### Paarweise Vergleiche von Jahrescluster

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standard fehler	Standardteststatistik	Sig.	Anp. Sig. <sup>a</sup>
2005-2009-2015-2020	-20,106	10,365	-1,940	,052	,314
2005-2009-2010-2014	-21,813	10,946	-1,993	,046	,278
2005-2009-2000-2004	37,263	10,877	3,426	,001	,004
2015-2020-2010-2014	1,707	10,438	,164	,870	1,000
2015-2020-2000-2004	17,156	10,365	1,655	,098	,587
2010-2014-2000-2004	15,450	10,946	1,411	,158	,949

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind.

Asymptotische Signifikanzen (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,050.

a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

### Verarbeitete Fälle

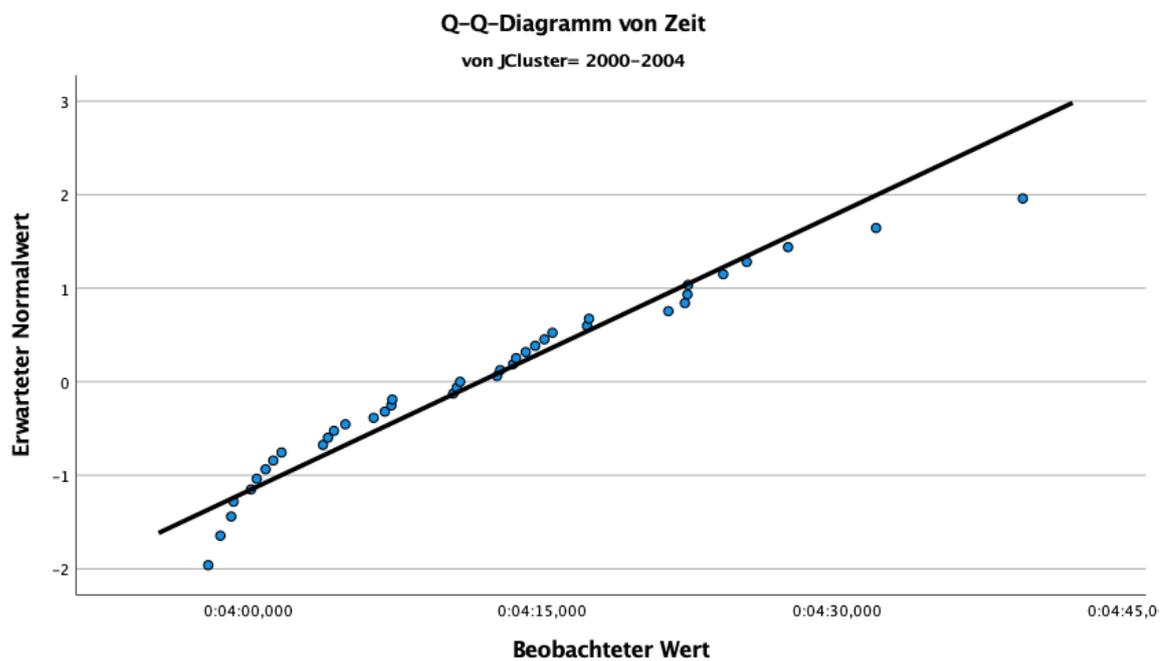
	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

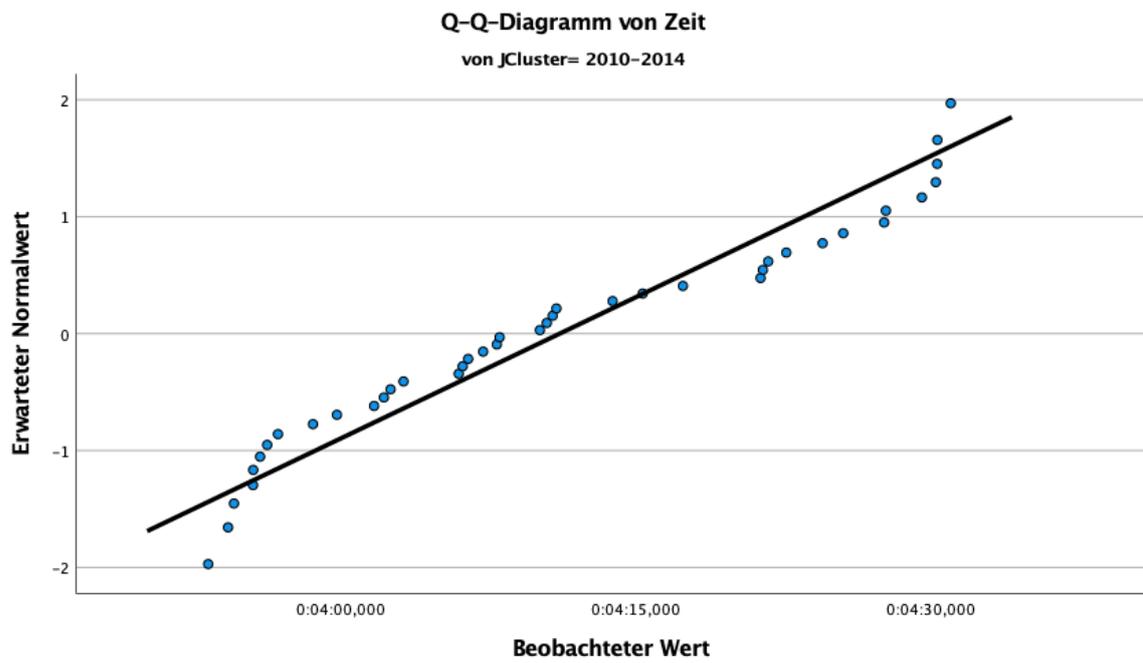
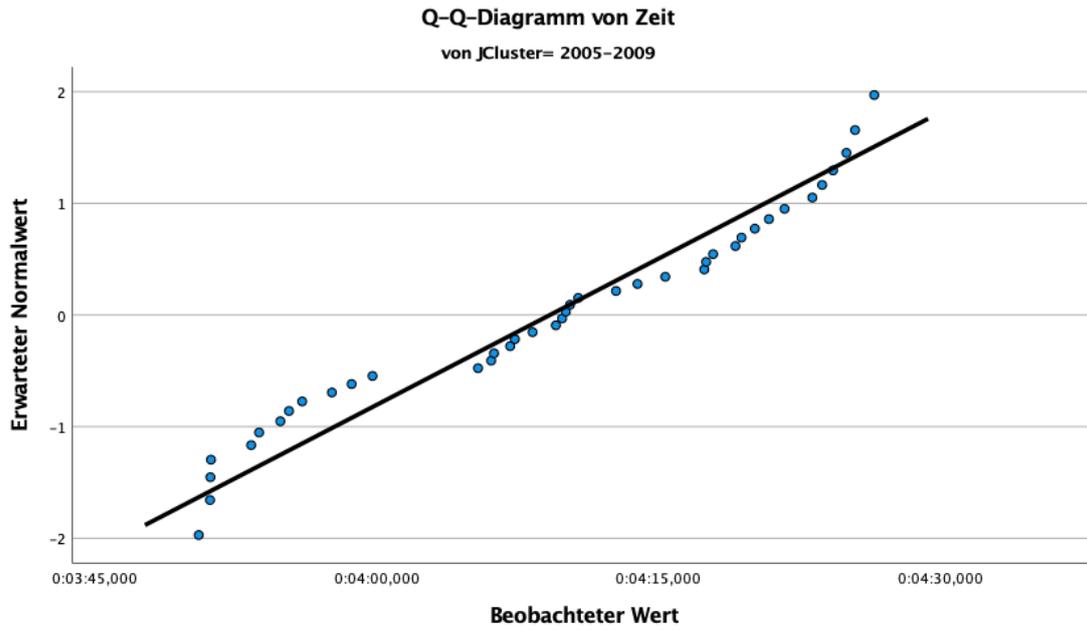
### Tests auf Normalverteilung

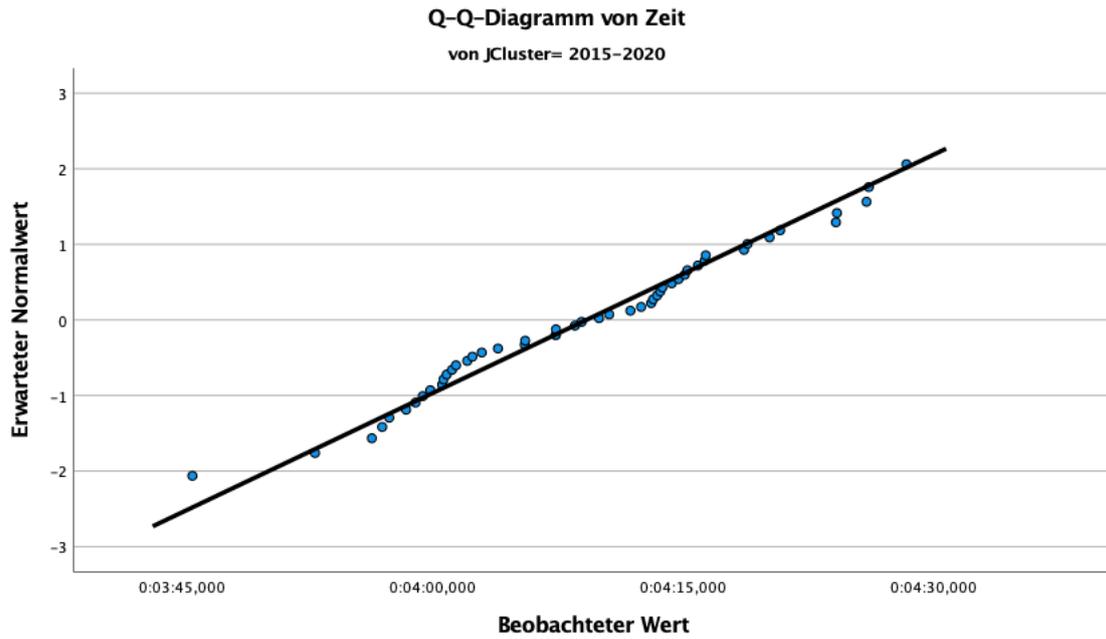
	Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Zeit	2000-2004	,106	39	,200*	,948	39	,071
	2005-2009	,114	40	,200*	,931	40	,018
	2010-2014	,120	40	,153	,921	40	,008
	2015-2020	,085	50	,200*	,982	50	,620

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors







### Deskriptive Statistik

Zeit

	N	Mittelwert	Std.-Ab- weichung	Std.-Feh- ler	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts		Minimum
					Unter- grenze	Ober- grenze	
2000- 2004	39	04:11.80	00:10.11	00:01.62	04:08.52	04:15.08	03:57.98
2005- 2009	40	04:09.22	00:11.44	00:01.81	04:05.56	04:12.88	03:50.55
2010- 2014	40	04:11.13	00:12.43	00:01.97	04:07.16	04:15.11	03:53.25
2015- 2020	50	04:09.17	00:09.50	00:01.34	04:06.47	04:11.87	03:45.60
<b>Gesamt</b>	<b>169</b>	<b>04:10.25</b>	<b>00:10.82</b>	<b>00:00.83</b>	<b>04:08.61</b>	<b>04:11.90</b>	<b>03:45.60</b>

## Deskriptive Statistik

Zeit

	Maximum
2000-2004	04:39.44
2005-2009	04:26.47
2010-2014	04:31.04
2015-2020	04:28.34
Gesamt	04:39.44

### Tests der Varianzhomogenität

		Levene-Statistik	df1	df2	Sig.
Zeit	Basiert auf dem Mittelwert	2,093	3	165	,103
	Basiert auf dem Median	1,825	3	165	,145
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	1,825	3	159,375	,145
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	2,048	3	165	,109

### ANOVA

Zeit

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zwischen den Gruppen	225,586	3	75,195	,638	,591
Innerhalb der Gruppen	19443,062	165	117,837		
Gesamt	19668,648	168			

### Mehrere Vergleiche

Abhängige Variable: Zeit

	(I) Jahrescluster	(J) Jahrescluster	Mittelwertdifferenz (I-J)	Std.-Fehler	Sig.	95% Konfidenzintervall	
						Untergrenze	Obergrenze
Tukey-HSD	2000-2004	2005-2009	00:02.58	00:02.44	,716	-00:03.8	00:08.92
		2010-2014	00:00.67	00:02.44	,993	-00:05.7	00:07.01
		2015-2020	00:02.63	00:02.32	,670	-00:03.4	00:08.65
	2005-2009	2000-2004	-00:02.6	00:02.44	,716	-00:08.9	00:03.76
		2010-2014	-00:01.9	00:02.43	,859	-00:08.2	00:04.38
		2015-2020	00:00.05	00:02.30	1,000	-00:05.9	00:06.02
	2010-2014	2000-2004	-00:00.7	00:02.44	,993	-00:07.0	00:05.67
		2005-2009	00:01.92	00:02.43	,859	-00:04.4	00:08.22
		2015-2020	00:01.96	00:02.30	,830	-00:04.0	00:07.94
	2015-2020	2000-2004	-00:02.6	00:02.32	,670	-00:08.6	00:03.39
		2005-2009	-00:00.0	00:02.30	1,000	-00:06.0	00:05.93
		2010-2014	-00:01.0	00:02.30	,830	-00:07.9	00:04.02
Bonferoni	2000-2004	2005-2009	00:02.58	00:02.44	1,000	-00:03.9	00:09.11
		2010-2014	00:00.67	00:02.44	1,000	-00:05.9	00:07.19
		2015-2020	00:02.63	00:02.32	1,000	-00:03.6	00:08.82
	2005-2009	2000-2004	-00:02.6	00:02.44	1,000	-00:09.1	00:03.94
		2010-2014	-00:01.9	00:02.43	1,000	-00:08.4	00:04.57
		2015-2020	00:00.05	00:02.30	1,000	-00:06.1	00:06.19
	2010-2014	2000-2004	-00:00.7	00:02.44	1,000	-00:07.2	00:05.86
		2005-2009	00:01.92	00:02.43	1,000	-00:04.6	00:08.40
		2015-2020	00:01.96	00:02.30	1,000	-00:04.2	00:08.11
	2015-2020	2000-2004	-00:02.6	00:02.32	1,000	-00:08.8	00:03.57
		2005-2009	-00:00.0	00:02.30	1,000	-00:06.2	00:06.10
		2010-2014	-00:01.0	00:02.30	1,000	-00:08.1	00:04.19

Zeit			Untergruppe für Alpha = 0.05.
	Jahrescluster	N	1
Tukey-HSD <sup>a,b</sup>	2015-2020	50	04:09.17
	2005-2009	40	04:09.22
	2010-2014	40	04:11.13
	2000-2004	39	04:11.80
	Sig.		,686

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 41,823

b. Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet. Fehlerniveaus für Typ I werden nicht garantiert.

#### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2005-2009	38	100,0%	0	0,0%	38	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	44	100,0%	0	0,0%	44	100,0%

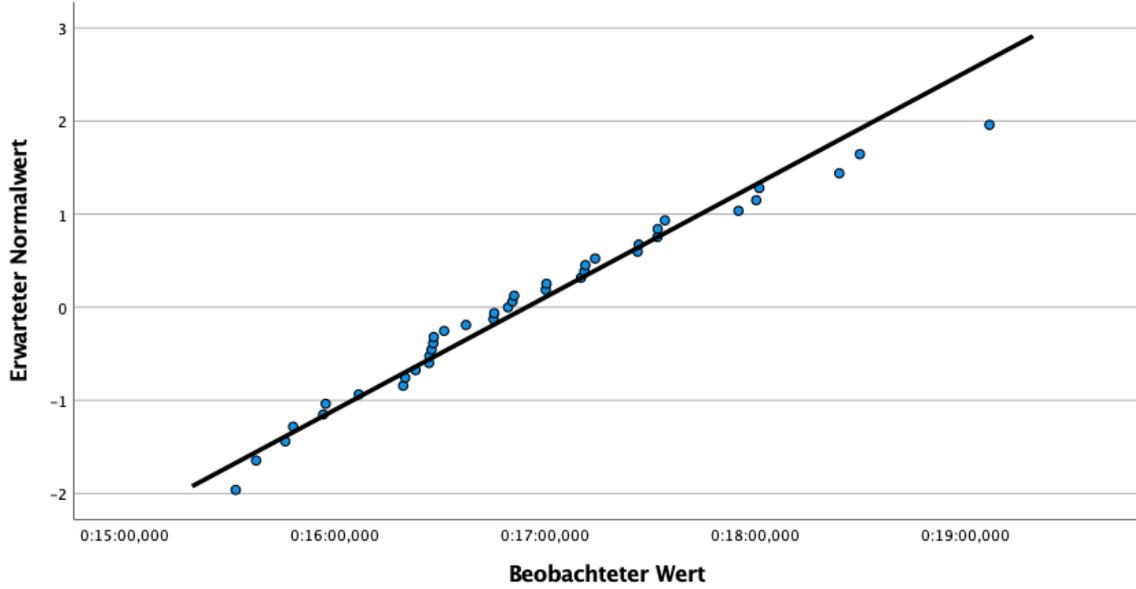
#### Tests auf Normalverteilung

	Jahrescluster	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Zeit	2000-2004	,092	39	,200*	,970	39	,370
	2005-2009	,133	38	,087	,916	38	,008
	2010-2014	,146	40	,032	,927	40	,013
	2015-2020	,077	44	,200*	,969	44	,271

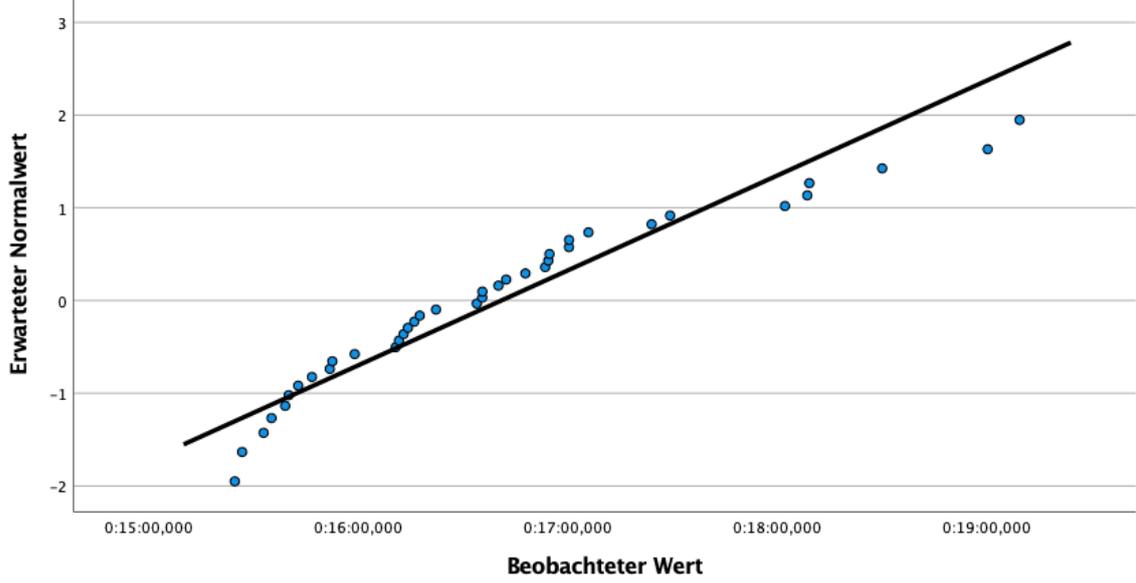
\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

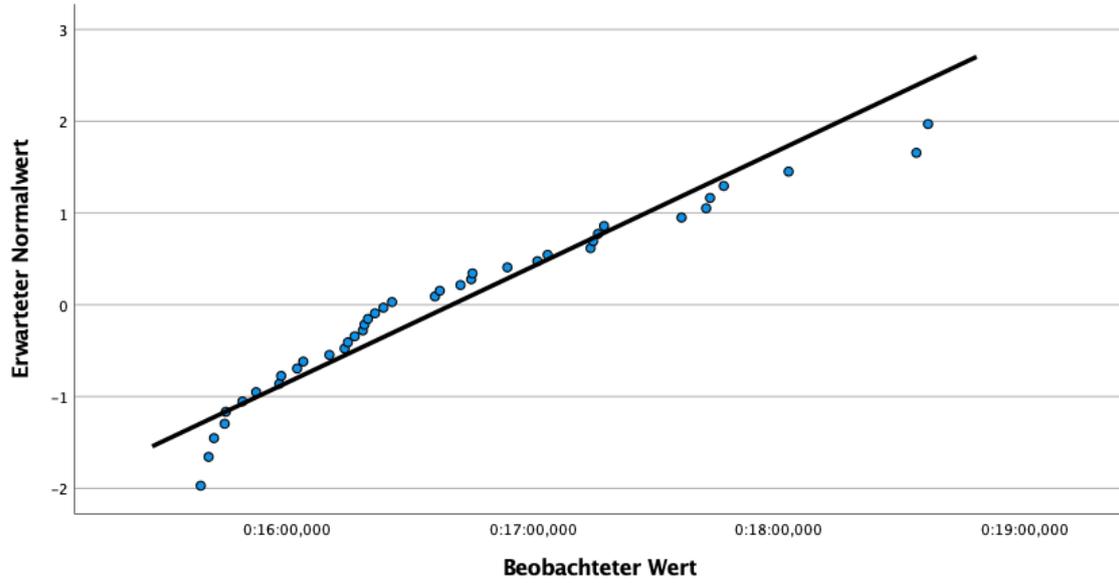
Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2000-2004



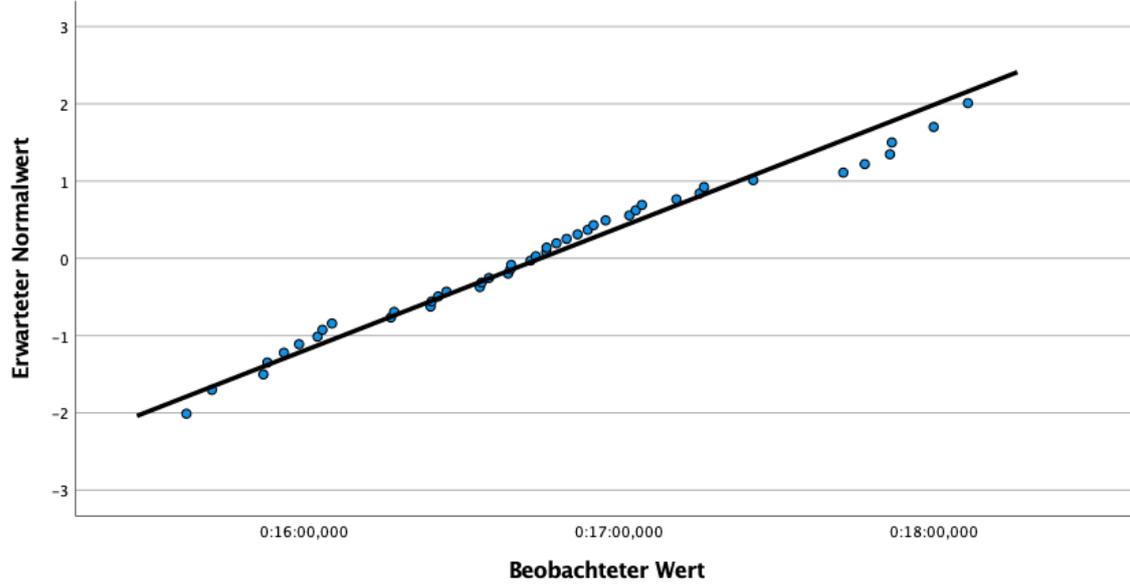
Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2005-2009

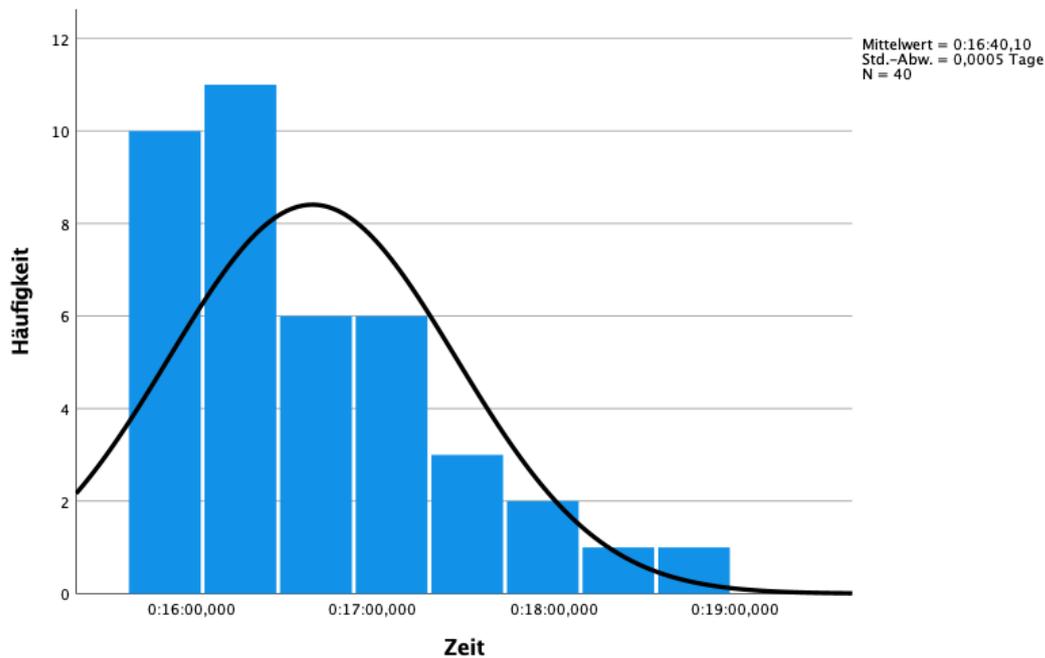


Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2010-2014



Q-Q-Diagramm von Zeit  
von JCluster= 2015-2020





#### Hypothesentestübersicht

	Nullhypothese	Test	Sig. <sup>a,b</sup>	Entscheidung
1	Die Verteilung von Zeit ist über die Kategorien von Jahrescluster identisch.	Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben	,308	Nullhypothese beibehalten

- a. Das Signifikanzniveau ist ,050.  
b. Asymptotische Signifikanz wird angezeigt.

#### Zusammenfassung des Kruskal-Wallis-Tests bei unabhängigen Stichproben

Gesamtzahl	161
Teststatistik	3,597 <sup>a,b</sup>
Freiheitsgrad	3
Asymptotische Sig. (zweiseitiger Test)	,308

- a. Die Teststatistik wird für Bindungen angepasst.  
b. Mehrfachvergleiche wurden nicht durchgeführt, weil der Gesamtttest keine signifikanten Unterschiede zwischen Stichproben aufweist.

### Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit * Jahrescluster * Bewerb	837	99,1%	8	0,9%	845	100,0%

### Bericht

Zeit

Jahrescluster	Bewerb	Median	Minimum	Maximum
2000-2004	50 m Freistil	00:27.98	00:25.58	00:29.58
	100 m Freistil	01:00.52	00:56.59	01:04.54
	200 m Freistil	02:10.41	02:03.76	02:19.23
	400 m Freistil	04:37.09	04:22.16	05:01.41
	800 m Freistil	09:39.69	08:47.31	10:24.69
	Insgesamt	02:09.51	00:25.58	10:24.69
2005-2009	50 m Freistil	00:27.84	00:25.71	00:29.15
	100 m Freistil	00:59.32	00:55.82	01:02.92
	200 m Freistil	02:09.53	01:59.17	02:25.80
	400 m Freistil	04:35.98	04:10.73	04:50.70
	800 m Freistil	09:31.50	08:38.48	09:58.92
	Insgesamt	02:09.53	00:25.71	09:58.92
2010-2014	50 m Freistil	00:27.19	00:25.75	00:28.38
	100 m Freistil	00:58.79	00:55.85	01:01.83
	200 m Freistil	02:08.68	01:59.81	02:16.03
	400 m Freistil	04:35.65	04:15.60	04:51.39
	800 m Freistil	09:26.99	08:44.82	09:58.99
	Insgesamt	02:09.15	00:25.75	09:58.99
2015-2020	50 m Freistil	00:27.03	00:25.35	00:28.31
	100 m Freistil	00:59.26	00:55.60	01:05.93
	200 m Freistil	02:07.21	01:59.60	02:17.52
	400 m Freistil	04:32.78	04:12.05	04:54.88
	800 m Freistil	09:24.09	08:43.85	10:06.59
	Insgesamt	02:07.05	00:25.35	10:06.59
Insgesamt	50 m Freistil	00:27.36	00:25.35	00:29.58
	100 m Freistil	00:59.58	00:55.60	01:05.93
	200 m Freistil	02:09.15	01:59.17	02:25.80
	400 m Freistil	04:35.06	04:10.73	05:01.41
	800 m Freistil	09:28.76	08:38.48	10:24.69
	Insgesamt	02:08.90	00:25.35	10:24.69

## Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Eingeschlossen		Ausgeschlossen		Insgesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit * Jahrescluster * Bewerb	834	100,0%	0	0,0%	834	100,0%

## Bericht

Zeit

Jahrescluster	Bewerb	Median	Minimum	Maximum
2000-2004	50 m Freistil	00:24.64	00:23.27	00:25.57
	100 m Freistil	00:54.14	00:50.86	00:56.67
	200 m Freistil	01:57.44	01:50.38	02:27.50
	400 m Freistil	04:10.80	03:57.98	04:39.44
	1500 m Freistil	16:49.47	15:31.68	19:06.95
	Insgesamt	01:57.44	00:23.27	19:06.95
2005-2009	50 m Freistil	00:24.35	00:23.01	00:26.42
	100 m Freistil	00:52.44	00:50.18	00:56.40
	200 m Freistil	01:54.88	01:48.15	02:05.57
	400 m Freistil	04:09.97	03:50.55	04:26.47
	1500 m Freistil	16:34.77	15:24.66	19:09.55
	Insgesamt	01:54.88	00:23.01	19:09.55
2010-2014	50 m Freistil	00:23.96	00:23.10	00:24.99
	100 m Freistil	00:52.33	00:51.04	00:54.47
	200 m Freistil	01:57.12	01:50.41	02:07.05
	400 m Freistil	04:09.11	03:53.25	04:31.04
	1500 m Freistil	16:24.47	15:38.78	18:36.49
	Insgesamt	01:57.12	00:23.10	18:36.49
2015-2020	50 m Freistil	00:23.38	00:22.46	00:24.38
	100 m Freistil	00:51.61	00:49.60	00:54.24
	200 m Freistil	01:56.65	01:47.16	02:03.85
	400 m Freistil	04:09.42	03:45.60	04:28.34
	1500 m Freistil	16:43.70	15:37.69	18:06.44
	Insgesamt	01:55.79	00:22.46	18:06.44
Insgesamt	50 m Freistil	00:24.01	00:22.46	00:26.42
	100 m Freistil	00:52.37	00:49.60	00:56.67
	200 m Freistil	01:56.25	01:47.16	02:27.50
	400 m Freistil	04:10.13	03:45.60	04:39.44
	1500 m Freistil	16:39.34	15:24.66	19:09.55
	Insgesamt	01:56.17	00:22.46	19:09.55

### Verarbeitete Fälle

Zeit	Jahrescluster	Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Deskriptive Statistik

Zeit	Jahrescluster	Statistik	Standard Fehler		
Zeit	2000-2004	Mittelwert	00:27.70	00:00.16	
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:27.38	
			Obergrenze	00:28.03	
		5% getrimmtes Mittel	00:27.72		
		Median	00:27.98		
		Varianz	1,034		
		Standard Abweichung	00:01.02		
		Minimum	00:25.58		
		Maximum	00:29.58		
		Spannweite	00:04.00		
		Interquartilbereich	00:01.41		
		Schiefe	-,584	,374	
		Kurtosis	-,352	,733	
		Zeit	2005-2009	Mittelwert	00:27.61
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze			00:27.33	
	Obergrenze			00:27.89	
5% getrimmtes Mittel	00:27.63				
Median	00:27.84				
Varianz	,767				
Standard Abweichung	00:00.88				
Minimum	00:25.71				
Maximum	00:29.15				
Spannweite	00:03.44				
Interquartilbereich	00:01.23				
Schiefe	-,481			,374	
Kurtosis	-,590			,733	
Zeit	2010-2014			Mittelwert	00:27.08

	95% Konfidenzintervall	Untergrenze	00:26.85	
	des Mittelwerts	Obergrenze	00:27.31	
	5% getrimmtes Mittel		00:27.09	
	Median		00:27.19	
	Varianz		,521	
	Standard Abweichung		00:00.72	
	Minimum		00:25.75	
	Maximum		00:28.38	
	Spannweite		00:02.63	
	Interquartilbereich		00:01.08	
	Schiefe		-,309	,374
	Kurtosis		-,768	,733
2015-2020	Mittelwert		00:26.98	00:00.10
	95% Konfidenzintervall	Untergrenze	00:26.78	
	des Mittelwerts	Obergrenze	00:27.18	
	5% getrimmtes Mittel		00:26.99	
	Median		00:27.03	
	Varianz		,491	
	Standard Abweichung		00:00.70	
	Minimum		00:25.35	
	Maximum		00:28.31	
	Spannweite		00:02.96	
	Interquartilbereich		00:01.02	
	Schiefe		-,387	,337
	Kurtosis		-,264	,662

### Perzentile

		Jahrescluster	Perzentile				
	Zeit		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit	2000-2004	00:25.74	00:25.90	00:27.07	00:27.98	00:28.48
		2005-2009	00:25.97	00:26.23	00:27.05	00:27.84	00:28.28
		2010-2014	00:25.78	00:25.92	00:26.56	00:27.19	00:27.64
		2015-2020	00:25.66	00:25.86	00:26.51	00:27.03	00:27.52
Tukey-Angelpunkte	Zeit	2000-2004			00:27.07	00:27.98	00:28.45
		2005-2009			00:27.09	00:27.84	00:28.25
		2010-2014			00:26.59	00:27.19	00:27.62
		2015-2020			00:26.53	00:27.03	00:27.52

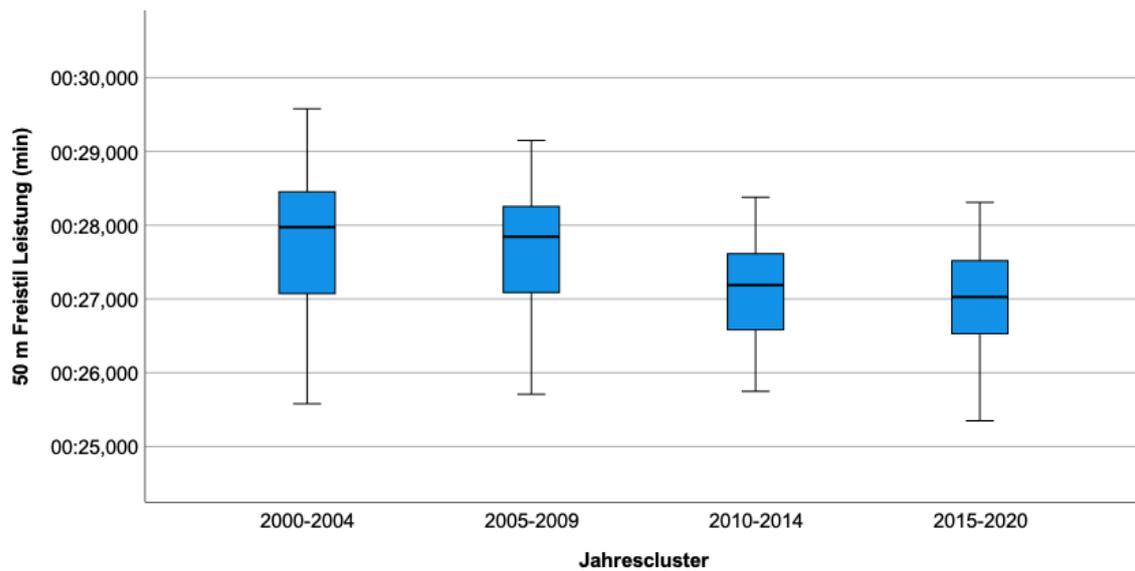
### Perzentile

		Jahrescluster	Perzentile	
	Zeit		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit	2000-2004	00:28.75	00:29.29
		2005-2009	00:28.62	00:28.91
		2010-2014	00:27.98	00:28.23
		2015-2020	00:27.76	00:28.18
Tukey-Angelpunkte	Zeit	2000-2004		
		2005-2009		
		2010-2014		
		2015-2020		

### Extremwerte

		Jahrescluster	Fallnummer		Wert
	Zeit		Größte Werte	Kleinste Werte	
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	8	00:29.58
			2	7	00:29.32
			3	6	00:28.78
			4	5	00:28.75
			5	243	00:28.75
	2005-2009	Größte Werte	1	482	00:29.15
			2	481	00:28.92
			3	159	00:25.83
			4	81	00:25.89
			5	236	00:25.96
2010-2014	Größte Werte	1	1	00:25.58	
		2	316	00:25.74	
		3	159	00:25.83	
		4	81	00:25.89	
		5	236	00:25.96	
2015-2020	Größte Werte	1	482	00:29.15	
		2	481	00:28.92	
		3	159	00:25.83	
		4	81	00:25.89	
		5	236	00:25.96	

		3	641	00:28.65
		4	403	00:28.63
		5	562	00:28.58
	Kleinste Werte	1	555	00:25.71
		2	396	00:25.97
		3	713	00:26.03
		4	714	00:26.21
		5	715	00:26.37
2010-2014	Größte Werte	1	877	00:28.38
		2	957	00:28.24
		3	799	00:28.04
		4	798	00:27.98
		5	876	00:27.95
	Kleinste Werte	1	1110	00:25.75
		2	870	00:25.78
		3	1030	00:25.82
		4	792	00:25.92
		5	950	00:25.94
2015-2020	Größte Werte	1	1593	00:28.31
		2	1274	00:28.25
		3	1431	00:28.12
		4	1592	00:27.89
		5	1197	00:27.76
	Kleinste Werte	1	1190	00:25.35
		2	1584	00:25.62
		3	1347	00:25.69
		4	1585	00:25.71
		5	1504	00:25.85



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2015-2020	49	100,0%	0	0,0%	49	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	01:00.38
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze: 00:59.81 Obergrenze: 01:00.96
		5% getrimmtes Mittel	01:00.39
		Median	01:00.52
		Varianz	3,276
		Standard Abweichung	00:01.81
		Minimum	00:56.59
		Maximum	01:04.54
		Spannweite	00:07.95
		Interquartilbereich	00:02.45

	Schiefe		-,123	,374
	Kurtosis		-,238	,733
2005-2009	Mittelwert		00:59.48	00:00.31
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:58.85	
		Obergrenze	01:00.11	
	5% getrimmtes Mittel		00:59.50	
	Median		00:59.32	
	Varianz		3,895	
	Standard Abweichung		00:01.97	
	Minimum		00:55.82	
	Maximum		01:02.92	
	Spannweite		00:07.10	
	Interquartilbereich		00:03.13	
	Schiefe		-,256	,374
	Kurtosis		-,986	,733
2010-2014	Mittelwert		00:58.77	00:00.27
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:58.23	
		Obergrenze	00:59.31	
	5% getrimmtes Mittel		00:58.78	
	Median		00:58.79	
	Varianz		2,748	
	Standard Abweichung		00:01.66	
	Minimum		00:55.85	
	Maximum		01:01.83	
	Spannweite		00:05.98	
	Interquartilbereich		00:02.54	
	Schiefe		-,186	,378
	Kurtosis		-1,028	,741
2015-2020	Mittelwert		00:59.10	00:00.28
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:58.53	
		Obergrenze	00:59.68	
	5% getrimmtes Mittel		00:59.05	
	Median		00:59.26	
	Varianz		3,979	
	Standard Abweichung		00:01.99	
	Minimum		00:55.60	
	Maximum		01:05.93	
	Spannweite		00:10.33	
	Interquartilbereich		00:02.95	
	Schiefe		,527	,340
	Kurtosis		1,372	,668

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile				
		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	00:57.08	00:57.66	00:59.12	01:00.52	01:01.57
	2005-2009	00:55.98	00:56.11	00:58.15	00:59.32	01:01.28
	2010-2014	00:55.89	00:56.23	00:57.52	00:58.79	01:00.06
	2015-2020	00:55.95	00:56.16	00:57.41	00:59.26	01:00.36
Tukey-An-gelpunkte	Zeit 2000-2004			00:59.22	01:00.52	01:01.55
	2005-2009			00:58.17	00:59.32	01:01.27
	2010-2014			00:57.56	00:58.79	01:00.03
	2015-2020			00:57.43	00:59.26	01:00.19

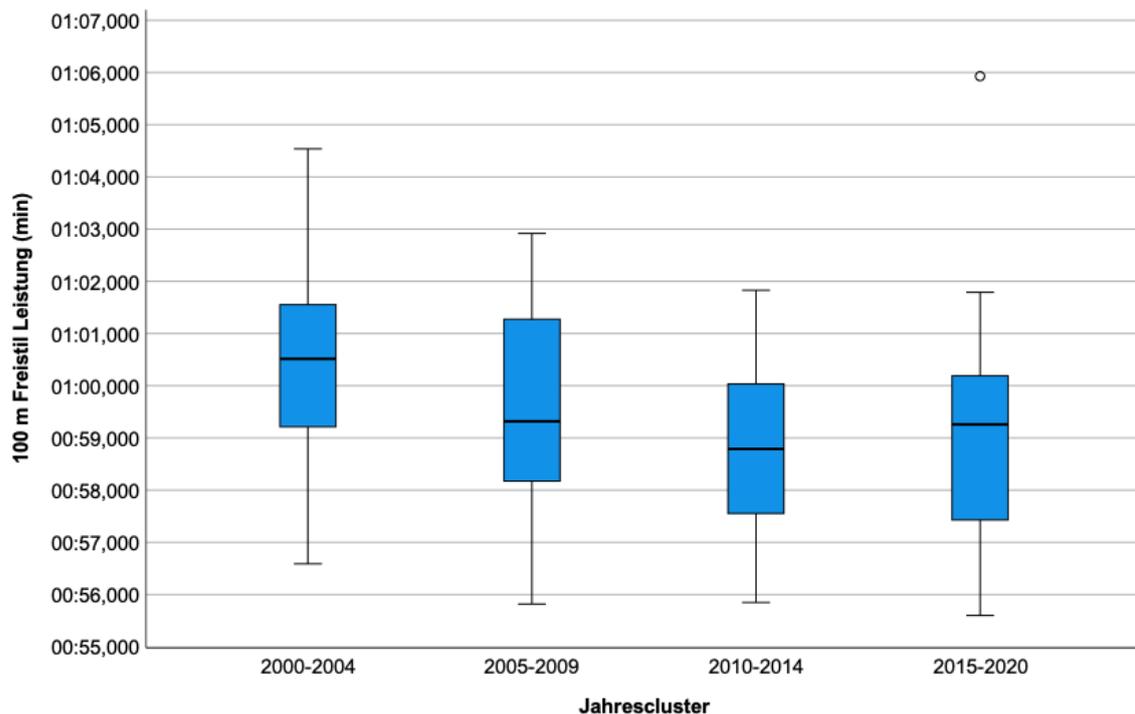
### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile	
		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	01:02.78	01:03.01
	2005-2009	01:01.69	01:02.43
	2010-2014	01:00.73	01:01.24
	2015-2020	01:01.34	01:01.72
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004		
	2005-2009		
	2010-2014		
	2015-2020		

### Extremwerte

Zeit	Jahrescluster		Fallnummer		Wert
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	259	01:04.54
			2	24	01:03.01
			3	339	01:02.97
			4	338	01:02.79
			5	23	01:02.65
		Kleinste Werte	1	17	00:56.59
			2	332	00:57.07
			3	252	00:57.27
			4	174	00:57.62
			5	253	00:57.97

2005-2009	Größte Werte	1	498	01:02.92
		2	419	01:02.45
		3	418	01:02.08
		4	578	01:01.70
		5	497	01:01.61
	Kleinste Werte	1	729	00:55.82
		2	730	00:55.98
		3	650	00:56.04
		4	731	00:56.05
		5	732	00:56.66
2010-2014	Größte Werte	1	1053	01:01.83
		2	814	01:01.24
		3	893	01:01.17
		4	973	01:00.73
		5	1052	01:00.55
	Kleinste Werte	1	1126	00:55.85
		2	808	00:55.89
		3	1127	00:56.05
		4	886	00:56.23
		5	1046	00:56.56
2015-2020	Größte Werte	1	1447	01:05.93
		2	1527	01:01.79
		3	1290	01:01.66
		4	1446	01:01.38
		5	1613	01:01.34
	Kleinste Werte	1	1604	00:55.60
		2	1206	00:55.78
		3	1363	00:56.12
		4	1520	00:56.14
		5	1440	00:56.16



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	02:11.17
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze 02:09.94 Obergrenze 02:12.40
		5% getrimmtes Mittel	02:11.11
		Median	02:10.41
		Varianz	14,376
		Standard Abweichung	00:03.79
		Minimum	02:03.76
		Maximum	02:19.23
		Spannweite	00:15.47
		Interquartilbereich	00:05.59

	Schiefe		,323	,378
	Kurtosis		-,558	,741
2005-2009	Mittelwert		02:09.47	00:00.88
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	02:07.70	
		Obergrenze	02:11.24	
	5% getrimmtes Mittel		02:09.32	
	Median		02:09.53	
	Varianz		30,632	
	Standard Abweichung		00:05.53	
	Minimum		01:59.17	
	Maximum		02:25.80	
	Spannweite		00:26.63	
	Interquartilbereich		00:07.66	
	Schiefe		,346	,374
	Kurtosis		,733	,733
2010-2014	Mittelwert		02:08.23	00:00.62
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	02:06.97	
		Obergrenze	02:09.49	
	5% getrimmtes Mittel		02:08.19	
	Median		02:08.68	
	Varianz		15,500	
	Standard Abweichung		00:03.94	
	Minimum		01:59.81	
	Maximum		02:16.03	
	Spannweite		00:16.22	
	Interquartilbereich		00:06.43	
	Schiefe		-,002	,374
	Kurtosis		-,505	,733
2015-2020	Mittelwert		02:07.56	00:00.60
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	02:06.36	
		Obergrenze	02:08.76	
	5% getrimmtes Mittel		02:07.53	
	Median		02:07.21	
	Varianz		17,808	
	Standard Abweichung		00:04.22	
	Minimum		01:59.60	
	Maximum		02:17.52	
	Spannweite		00:17.92	
	Interquartilbereich		00:07.15	
	Schiefe		,171	,337
	Kurtosis		-,623	,662

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile				
		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	02:05.24	02:06.65	02:08.39	02:10.41	02:13.98
	2005-2009	01:59.32	02:02.32	02:05.49	02:09.53	02:13.16
	2010-2014	02:02.30	02:02.38	02:05.18	02:08.68	02:11.61
	2015-2020	02:00.38	02:02.02	02:03.95	02:07.21	02:11.10
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004			02:08.41	02:10.41	02:13.80
	2005-2009			02:05.63	02:09.53	02:13.12
	2010-2014			02:05.42	02:08.68	02:11.58
	2015-2020			02:03.98	02:07.21	02:10.84

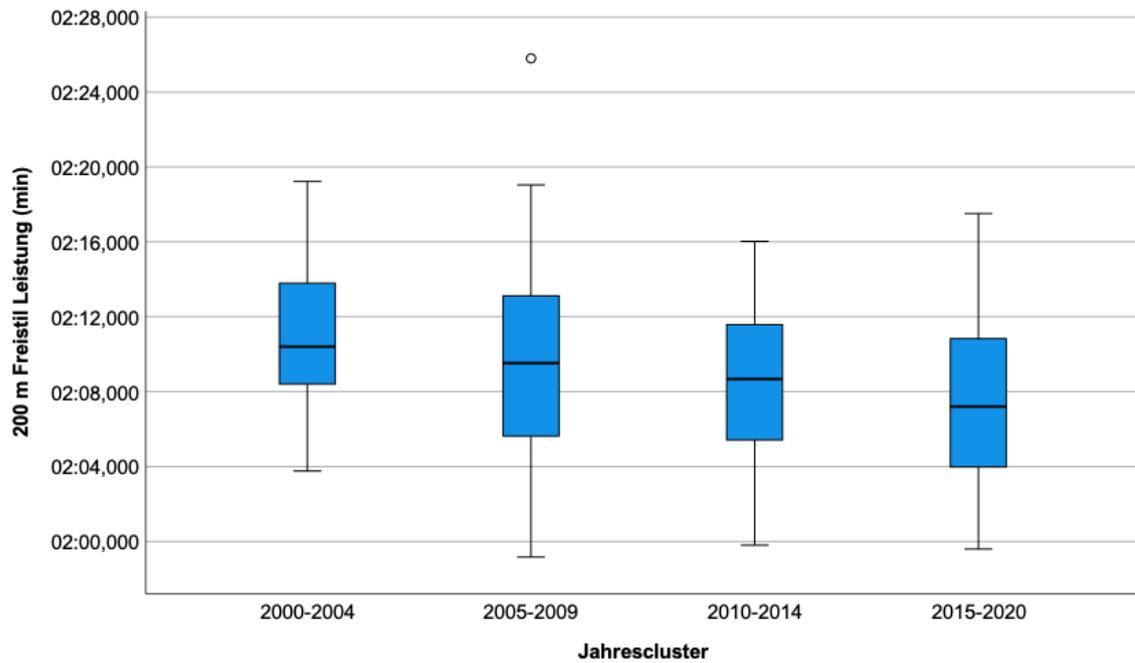
### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile	
		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	02:17.13	02:18.63
	2005-2009	02:15.97	02:18.92
	2010-2014	02:12.75	02:15.93
	2015-2020	02:13.26	02:14.49
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004		
	2005-2009		
	2010-2014		
	2015-2020		

### Extremwerte

	Jahrescluster		Fallnummer	Wert	
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	275	02:19.23
			2	274	02:18.63
			3	197	02:17.23
			4	355	02:17.13
			5	354	02:16.43
		Kleinste Werte	1	268	02:03.76
			2	190	02:05.24
			3	348	02:06.12
			4	112	02:06.65
			5	269	02:07.11
	2005-2009	Größte Werte	1	593	02:25.80
			2	435	02:19.05

		3	434	02:16.47
		4	514	02:15.99
		5	513	02:15.77
	Kleinste Werte	1	666	01:59.17
		2	744	01:59.22
		3	745	02:01.16
		4	586	02:02.30
		5	667	02:02.46
2010-2014	Größte Werte	1	989	02:16.03
		2	1069	02:15.98
		3	1149	02:14.89
		4	1068	02:12.79
		5	1067	02:12.40
	Kleinste Werte	1	1142	01:59.81
		2	823	02:02.30
		3	1062	02:02.32
		4	902	02:02.35
		5	982	02:02.62
2015-2020	Größte Werte	1	1633	02:17.52
		2	1463	02:14.91
		3	1462	02:14.15
		4	1386	02:13.48
		5	1632	02:13.31
	Kleinste Werte	1	1624	01:59.60
		2	1221	01:59.64
		3	1625	02:00.98
		4	1222	02:01.73
		5	1536	02:01.98



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	04:38.66
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze 04:35.21 Obergrenze 04:42.11
		5% getrimmtes Mittel	04:38.38
		Median	04:37.09
		Varianz	116,369

	Standard Abweichung		00:10.79	
	Minimum		04:22.16	
	Maximum		05:01.41	
	Spannweite		00:39.25	
	Interquartilbereich		00:16.07	
	Schiefe		,461	,374
	Kurtosis		-,667	,733
2005-2009	Mittelwert		04:33.23	00:01.37
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	04:30.46	
		Obergrenze	04:35.99	
	5% getrimmtes Mittel		04:33.54	
	Median		04:35.98	
	Varianz		74,919	
	Standard Abweichung		00:08.66	
	Minimum		04:10.73	
	Maximum		04:50.70	
	Spannweite		00:39.97	
	Interquartilbereich		00:12.56	
	Schiefe		-,746	,374
	Kurtosis		,172	,733
2010-2014	Mittelwert		04:33.20	00:01.58
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	04:30.00	
		Obergrenze	04:36.40	
	5% getrimmtes Mittel		04:33.22	
	Median		04:35.65	
	Varianz		99,979	
	Standard Abweichung		00:09.00	
	Minimum		04:15.60	
	Maximum		04:51.39	
	Spannweite		00:35.79	
	Interquartilbereich		00:17.16	
	Schiefe		-,193	,374
	Kurtosis		-1,125	,733
2015-2020	Mittelwert		04:32.21	00:01.34
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	04:29.51	
		Obergrenze	04:34.91	
	5% getrimmtes Mittel		04:31.97	
	Median		04:32.78	
	Varianz		90,371	
	Standard Abweichung		00:09.51	
	Minimum		04:12.05	

	Maximum	04:54.88	
	Spannweite	00:42.83	
	Interquartilbereich	00:13.61	
	Schiefe	,231	,337
	Kurtosis	-,014	,662

### Perzentile

		Jahrescluster	Perzentile				
			5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit	2000-2004	04:22.72	04:25.89	04:29.35	04:37.09	04:45.42
		2005-2009	04:16.02	04:18.99	04:26.35	04:35.98	04:38.90
		2010-2014	04:16.15	04:18.80	04:23.78	04:35.65	04:40.94
		2015-2020	04:17.32	04:20.10	04:24.29	04:32.78	04:37.90
Tukey-Angelpunkte	Zeit	2000-2004			04:29.97	04:37.09	04:45.28
		2005-2009			04:26.54	04:35.98	04:38.87
		2010-2014			04:23.78	04:35.65	04:40.92
		2015-2020			04:24.65	04:32.78	04:37.77

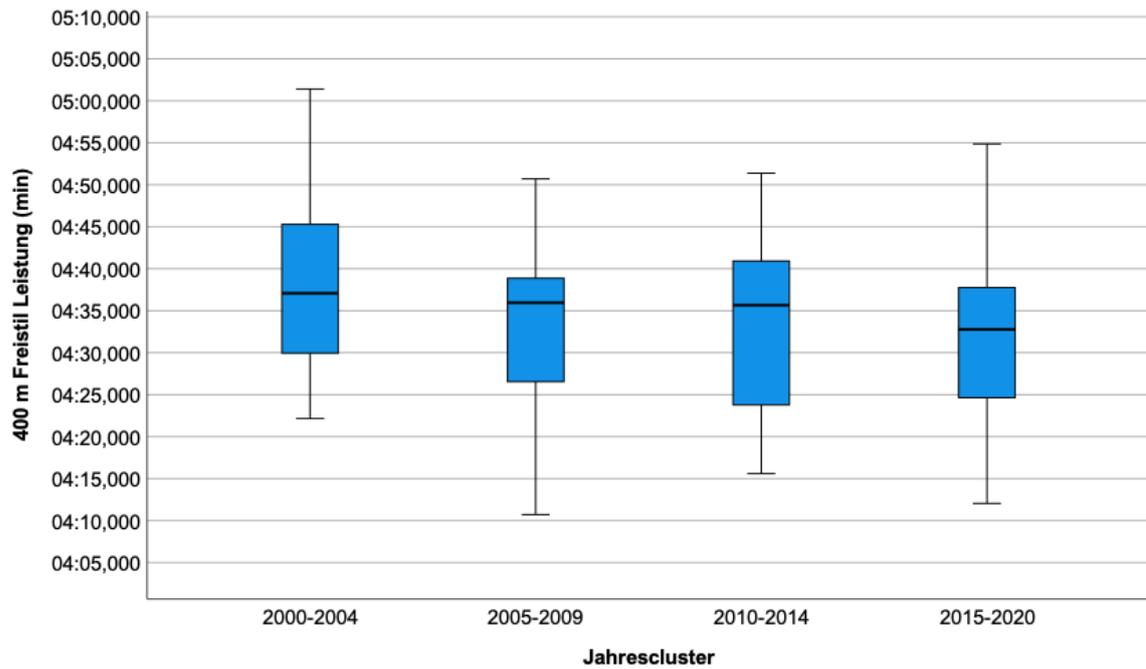
### Perzentile

		Jahrescluster	Perzentile	
			90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit	2000-2004	04:57.65	04:58.37
		2005-2009	04:41.61	04:44.16
		2010-2014	04:45.66	04:49.06
		2015-2020	04:43.68	04:52.36
Tukey-Angelpunkte	Zeit	2000-2004		
		2005-2009		
		2010-2014		
		2015-2020		

### Extremwerte

		Jahrescluster	Fallnummer		Wert
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	291	05:01.41
			2	290	04:58.38
			3	289	04:58.09
			4	288	04:58.07
			5	371	04:53.91
		Kleinste Werte	1	284	04:22.16

		2	206	04:22.65
		3	364	04:24.05
		4	285	04:25.88
		5	127	04:26.03
2005-2009	Größte Werte	1	451	04:50.70
		2	450	04:44.29
		3	530	04:41.66
		4	529	04:41.65
		5	528	04:41.23
	Kleinste Werte	1	682	04:10.73
		2	602	04:15.97
		3	760	04:16.93
		4	523	04:18.52
		5	761	04:23.18
2010-2014	Größte Werte	1	925	04:51.39
		2	845	04:49.21
		3	1165	04:46.17
		4	844	04:45.82
		5	1005	04:44.23
	Kleinste Werte	1	918	04:15.60
		2	838	04:16.13
		3	1158	04:16.52
		4	1159	04:18.64
		5	1078	04:20.22
2015-2020	Größte Werte	1	1479	04:54.88
		2	1478	04:53.92
		3	1653	04:51.09
		4	1477	04:46.98
		5	1322	04:43.83
	Kleinste Werte	1	1644	04:12.05
		2	1552	04:16.44
		3	1645	04:18.04
		4	1646	04:18.61
		5	1237	04:20.04



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	32	80,0%	8	20,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	48	100,0%	0	0,0%	48	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	09:37.30
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze: 09:29.74 Obergrenze: 09:44.85
		5% getrimmtes Mittel	09:37.41
		Median	09:39.69
		Varianz	439,168
		Standard Abweichung	00:20.96

	Minimum		08:47.31	
	Maximum		10:24.69	
	Spannweite		01:37.38	
	Interquartilbereich		00:28.83	
	Schiefe		-,098	,414
	Kurtosis		,386	,809
2005-2009	Mittelwert		09:27.76	00:02.90
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	09:21.89	
		Obergrenze	09:33.62	
	5% getrimmtes Mittel		09:28.86	
	Median		09:31.50	
	Varianz		336,535	
	Standard Abweichung		00:18.34	
	Minimum		08:38.48	
	Maximum		09:58.92	
	Spannweite		01:20.44	
	Interquartilbereich		00:19.31	
	Schiefe		-,996	,374
	Kurtosis		,884	,733
2010-2014	Mittelwert		09:23.46	00:02.81
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	09:17.77	
		Obergrenze	09:29.14	
	5% getrimmtes Mittel		09:23.53	
	Median		09:26.99	
	Varianz		315,768	
	Standard Abweichung		00:17.77	
	Minimum		08:44.82	
	Maximum		09:58.99	
	Spannweite		01:14.17	
	Interquartilbereich		00:28.30	
	Schiefe		-,183	,374
	Kurtosis		-,687	,733
2015-2020	Mittelwert		09:22.91	00:02.81
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	09:17.25	
		Obergrenze	09:28.57	
	5% getrimmtes Mittel		09:22.73	
	Median		09:24.09	
	Varianz		380,179	
	Standard Abweichung		00:19.50	
	Minimum		08:43.85	
	Maximum		10:06.59	

Spannweite	01:22.74	
Interquartilbereich	00:24.08	
Schiefe	,193	,343
Kurtosis	-,189	,674

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile				
		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	08:56.77	09:06.57	09:23.97	09:39.69	09:52.80
	2005-2009	08:43.13	08:55.99	09:20.31	09:31.50	09:39.61
	2010-2014	08:54.31	08:57.85	09:08.49	09:26.99	09:36.79
	2015-2020	08:48.13	08:57.35	09:09.87	09:24.09	09:33.95
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004			09:23.00	09:39.69	09:52.20
	2005-2009			09:20.38	09:31.50	09:39.53
	2010-2014			09:09.25	09:26.99	09:36.66
	2015-2020			09:09.94	09:24.09	09:33.92

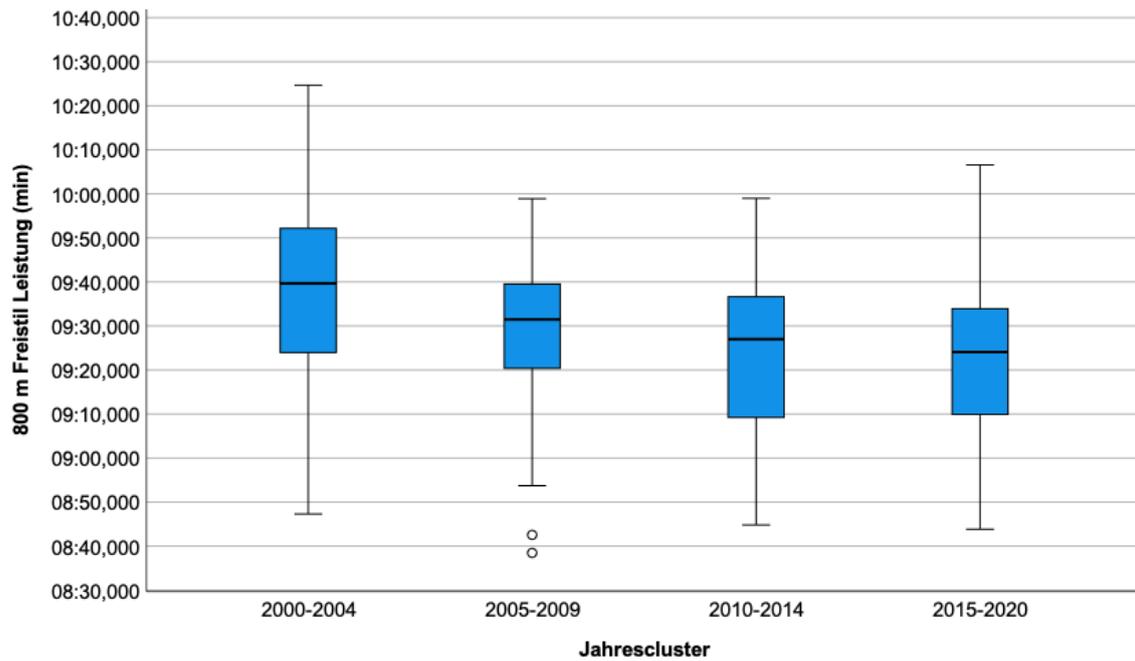
### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile	
		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	10:06.83	10:16.27
	2005-2009	09:48.81	09:51.19
	2010-2014	09:44.09	09:53.07
	2015-2020	09:54.87	10:00.09
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004		
	2005-2009		
	2010-2014		
	2015-2020		

### Extremwerte

Zeit	Jahrescluster	Größte Werte	Fallnummer		Wert
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	150	10:24.69
			2	306	10:11.73
			3	307	10:11.73
			4	72	09:55.40
			5	387	09:54.91
		Kleinste Werte	1	380	08:47.31
			2	300	09:01.87

		3	301	09:02.51
		4	143	09:16.05
		5	381	09:17.73
2005-2009	Größte Werte	1	467	09:58.92
		2	466	09:51.22
		3	625	09:50.67
		4	783	09:48.93
		5	782	09:47.71
	Kleinste Werte	1	698	08:38.48
		2	699	08:42.57
		3	776	08:53.73
		4	539	08:55.86
		5	618	08:57.15
2010-2014	Größte Werte	1	941	09:58.99
		2	940	09:53.25
		3	939	09:49.74
		4	1101	09:44.12
		5	861	09:43.86
	Kleinste Werte	1	854	08:44.82
		2	1014	08:54.18
		3	934	08:56.82
		4	1015	08:57.67
		5	1016	08:59.51
2015-2020	Größte Werte	1	1495	10:06.59
		2	1494	10:01.70
		3	1493	09:58.13
		4	1492	09:56.86
		5	1575	09:54.65
	Kleinste Werte	1	1664	08:43.85
		2	1253	08:46.13
		3	1568	08:50.58
		4	1331	08:57.34
		5	1665	08:57.35



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	38	100,0%	0	0,0%	38	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	00:24.57
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze: 00:24.39 Obergrenze: 00:24.75
		5% getrimmtes Mittel	00:24.58
		Median	00:24.64
		Varianz	,302
		Standard Abweichung	00:00.55
		Minimum	00:23.27
		Maximum	00:25.57
		Spannweite	00:02.30
		Interquartilbereich	00:01.00

	Schiefe		-,265	,383
	Kurtosis		-,754	,750
2005-2009	Mittelwert		00:24.40	00:00.12
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:24.16	
		Obergrenze	00:24.64	
	5% getrimmtes Mittel		00:24.37	
	Median		00:24.35	
	Varianz		,556	
	Standard Abweichung		00:00.75	
	Minimum		00:23.01	
	Maximum		00:26.42	
	Spannweite		00:03.41	
	Interquartilbereich		00:00.84	
	Schiefe		,596	,374
	Kurtosis		,725	,733
2010-2014	Mittelwert		00:24.02	00:00.08
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:23.87	
		Obergrenze	00:24.18	
	5% getrimmtes Mittel		00:24.03	
	Median		00:23.96	
	Varianz		,247	
	Standard Abweichung		00:00.50	
	Minimum		00:23.10	
	Maximum		00:24.99	
	Spannweite		00:01.89	
	Interquartilbereich		00:00.75	
	Schiefe		,035	,374
	Kurtosis		-,733	,733
2015-2020	Mittelwert		00:23.43	00:00.06
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:23.31	
		Obergrenze	00:23.56	
	5% getrimmtes Mittel		00:23.43	
	Median		00:23.38	
	Varianz		,200	
	Standard Abweichung		00:00.45	
	Minimum		00:22.46	
	Maximum		00:24.38	
	Spannweite		00:01.92	
	Interquartilbereich		00:00.64	
	Schiefe		,092	,337
	Kurtosis		-,402	,662

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile				
		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	00:23.75	00:23.89	00:24.02	00:24.64	00:25.02
	2005-2009	00:23.10	00:23.46	00:23.92	00:24.35	00:24.75
	2010-2014	00:23.14	00:23.29	00:23.67	00:23.96	00:24.42
	2015-2020	00:22.69	00:22.84	00:23.11	00:23.38	00:23.75
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004			00:24.03	00:24.64	00:25.01
	2005-2009			00:23.96	00:24.35	00:24.75
	2010-2014			00:23.68	00:23.96	00:24.41
	2015-2020			00:23.13	00:23.38	00:23.75

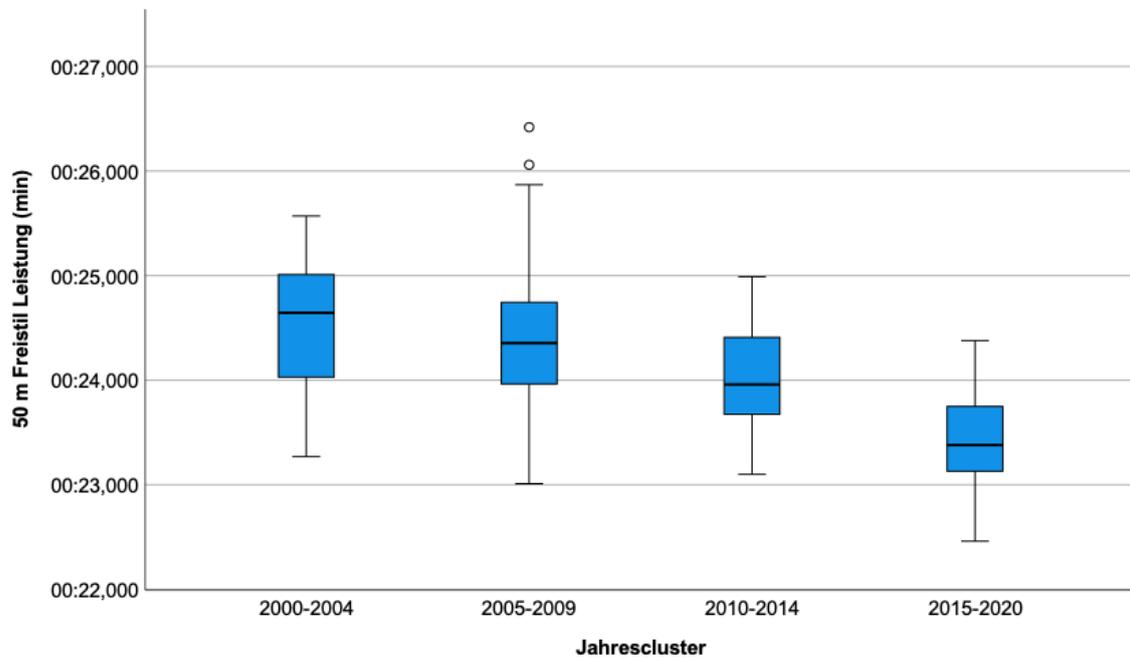
### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile	
		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	00:25.20	00:25.38
	2005-2009	00:25.37	00:26.05
	2010-2014	00:24.71	00:24.85
	2015-2020	00:24.13	00:24.23
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004		
	2005-2009		
	2010-2014		
	2015-2020		

### Extremwerte

	Jahrescluster		Fallnummer	Wert	
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	251	00:25.57
			2	173	00:25.37
			3	172	00:25.34
			4	15	00:25.18
			5	16	00:25.18
		Kleinste Werte	1	89	00:23.27
			2	244	00:23.78
			3	245	00:23.84
			4	167	00:23.89
			5	168	00:23.91
	2005-2009	Größte Werte	1	490	00:26.42

		2	489	00:26.06
		3	488	00:25.87
		4	487	00:25.39
		5	486	00:25.20
	Kleinste Werte	1	721	00:23.01
		2	722	00:23.08
		3	404	00:23.45
		4	723	00:23.46
		5	563	00:23.51
2010-2014	Größte Werte	1	807	00:24.99
		2	806	00:24.85
		3	965	00:24.82
		4	1045	00:24.71
		5	885	00:24.69
	Kleinste Werte	1	800	00:23.10
		2	878	00:23.14
		3	958	00:23.19
		4	1118	00:23.28
		5	1038	00:23.37
2015-2020	Größte Werte	1	1362	00:24.38
		2	1361	00:24.31
		3	1602	00:24.17
		4	1603	00:24.17
		5	1360	00:24.14
	Kleinste Werte	1	1512	00:22.46
		2	1513	00:22.67
		3	1514	00:22.71
		4	1594	00:22.72
		5	1432	00:22.84



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	38	100,0%	0	0,0%	38	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	00:53.89
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	
		Untergrenze	00:53.40
		Obergrenze	00:54.39
		5% getrimmtes Mittel	00:53.91
		Median	00:54.14
		Varianz	2,397
		Standard Abweichung	00:01.55
		Minimum	00:50.86
		Maximum	00:56.67

	Spannweite		00:05.81	
	Interquartilbereich		00:01.92	
	Schiefe		-,454	,374
	Kurtosis		-,482	,733
2005-2009	Mittelwert		00:52.80	00:00.25
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:52.29	
		Obergrenze	00:53.31	
	5% getrimmtes Mittel		00:52.74	
	Median		00:52.44	
	Varianz		2,440	
	Standard Abweichung		00:01.56	
	Minimum		00:50.18	
	Maximum		00:56.40	
	Spannweite		00:06.22	
	Interquartilbereich		00:02.14	
	Schiefe		,514	,383
	Kurtosis		-,292	,750
2010-2014	Mittelwert		00:52.35	00:00.13
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:52.08	
		Obergrenze	00:52.61	
	5% getrimmtes Mittel		00:52.30	
	Median		00:52.33	
	Varianz		,679	
	Standard Abweichung		00:00.82	
	Minimum		00:51.04	
	Maximum		00:54.47	
	Spannweite		00:03.43	
	Interquartilbereich		00:01.02	
	Schiefe		,860	,374
	Kurtosis		,423	,733
2015-2020	Mittelwert		00:51.65	00:00.14
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	00:51.36	
		Obergrenze	00:51.94	
	5% getrimmtes Mittel		00:51.64	
	Median		00:51.61	
	Varianz		1,019	
	Standard Abweichung		00:01.01	
	Minimum		00:49.60	
	Maximum		00:54.24	
	Spannweite		00:04.64	
	Interquartilbereich		00:01.55	

	Schiefe	,141	,337
	Kurtosis	-,385	,662

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile				
		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	00:50.88	00:51.45	00:53.13	00:54.14	00:55.05
	2005-2009	00:50.48	00:50.87	00:51.73	00:52.44	00:53.87
	2010-2014	00:51.24	00:51.37	00:51.73	00:52.33	00:52.75
	2015-2020	00:50.03	00:50.37	00:50.88	00:51.61	00:52.42
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004			00:53.20	00:54.14	00:55.05
	2005-2009			00:51.75	00:52.44	00:53.86
	2010-2014			00:51.74	00:52.33	00:52.73
	2015-2020			00:50.92	00:51.61	00:52.42

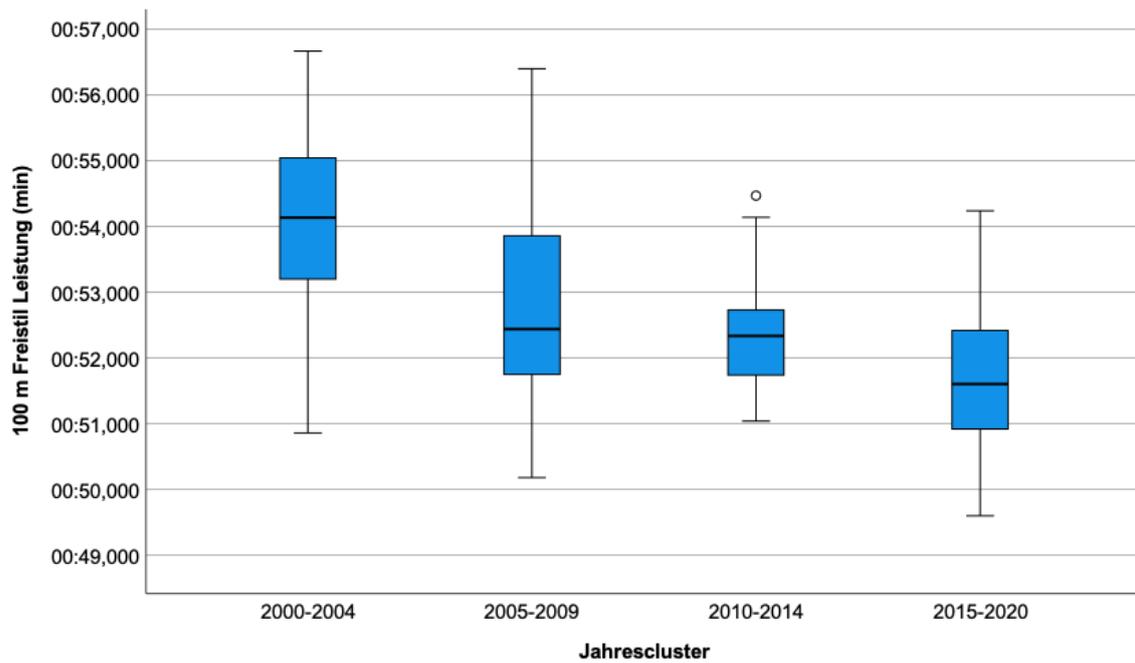
### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile	
		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	00:55.60	00:56.51
	2005-2009	00:55.04	00:56.17
	2010-2014	00:53.85	00:54.13
	2015-2020	00:52.95	00:53.17
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004		
	2005-2009		
	2010-2014		
	2015-2020		

### Extremwerte

	Jahrescluster	Fallnummer	Wert	
Zeit	Größte Werte	1	32	00:56.67
		2	31	00:56.54
		3	347	00:56.00
		4	189	00:55.60
	Kleinste Werte	5	188	00:55.59
		1	340	00:50.86
		2	182	00:50.88
		3	260	00:50.96
		4	341	00:51.44

		5	183	00:51.57
2005-2009	Größte Werte	1	665	00:56.40
		2	427	00:56.16
		3	426	00:55.58
		4	506	00:54.98
		5	425	00:54.66
	Kleinste Werte	1	737	00:50.18
		2	579	00:50.50
		3	738	00:50.83
		4	739	00:50.87
		5	658	00:50.99
2010-2014	Größte Werte	1	981	00:54.47
		2	1061	00:54.14
		3	980	00:53.94
		4	979	00:53.86
		5	978	00:53.79
	Kleinste Werte	1	815	00:51.04
		2	894	00:51.24
		3	974	00:51.27
		4	1134	00:51.36
		5	1135	00:51.44
2015-2020	Größte Werte	1	1298	00:54.24
		2	1535	00:53.23
		3	1220	00:53.13
		4	1623	00:53.03
		5	1455	00:52.96
	Kleinste Werte	1	1528	00:49.60
		2	1614	00:49.69
		3	1448	00:50.30
		4	1529	00:50.33
		5	1371	00:50.36



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2015-2020	49	100,0%	0	0,0%	49	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	01:58.57
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze: 01:56.61 Obergrenze: 02:00.54
		5% getrimmtes Mittel	01:57.93
		Median	01:57.44
		Varianz	37,842
		Standard Abweichung	00:06.15
		Minimum	01:50.38
		Maximum	02:27.50
		Spannweite	00:37.12

	Interquartilbereich		00:05.99	
	Schiefe		2,740	,374
	Kurtosis		11,950	,733
2005-2009	Mittelwert		01:54.61	00:00.69
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	01:53.21	
		Obergrenze	01:55.00	
	5% getrimmtes Mittel		01:54.43	
	Median		01:54.88	
	Varianz		18,954	
	Standard Abweichung		00:04.35	
	Minimum		01:48.15	
	Maximum		02:05.57	
	Spannweite		00:17.42	
	Interquartilbereich		00:06.57	
	Schiefe		,429	,374
	Kurtosis		-,442	,733
2010-2014	Mittelwert		01:56.53	00:00.69
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	01:55.13	
		Obergrenze	01:57.92	
	5% getrimmtes Mittel		01:56.42	
	Median		01:57.12	
	Varianz		18,486	
	Standard Abweichung		00:04.30	
	Minimum		01:50.41	
	Maximum		02:07.05	
	Spannweite		00:16.64	
	Interquartilbereich		00:07.94	
	Schiefe		,180	,378
	Kurtosis		-,926	,741
2015-2020	Mittelwert		01:56.25	00:00.53
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	01:55.18	
		Obergrenze	01:57.32	
	5% getrimmtes Mittel		01:56.31	
	Median		01:56.65	
	Varianz		13,904	
	Standard Abweichung		00:03.73	
	Minimum		01:47.16	
	Maximum		02:03.85	
	Spannweite		00:16.69	
	Interquartilbereich		00:06.91	

	Schiefe	- ,183	,340
	Kurtosis	- ,749	,668

### Perzentile

		Jahrescluster	Perzentile				
			5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit	2000-2004	01:51.19	01:52.08	01:54.95	01:57.44	02:00.94
		2005-2009	01:48.70	01:49.03	01:50.78	01:54.88	01:57.35
		2010-2014	01:50.52	01:51.07	01:52.08	01:57.12	02:00.02
		2015-2020	01:50.56	01:51.57	01:52.86	01:56.65	01:59.78
Tukey-Angelpunkte	Zeit	2000-2004			01:55.10	01:57.44	02:00.88
		2005-2009			01:50.81	01:54.88	01:57.34
		2010-2014			01:52.19	01:57.12	01:59.92
		2015-2020			01:52.99	01:56.65	01:59.74

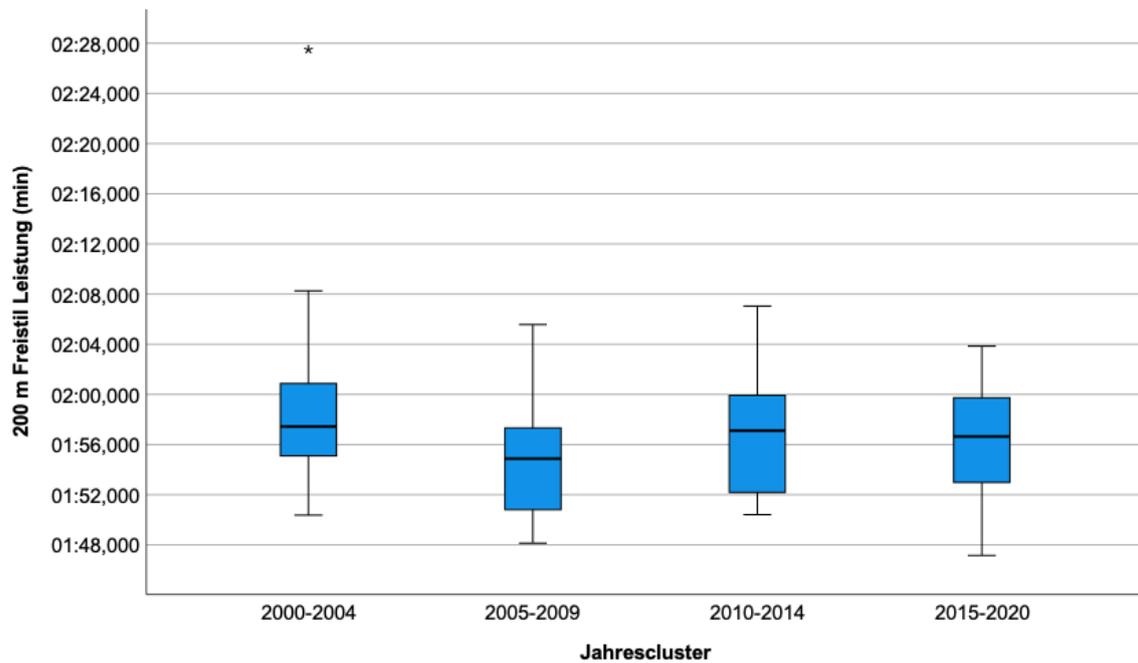
### Perzentile

			Perzentile	
		Jahrescluster	90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit	2000-2004	02:03.72	02:08.13
		2005-2009	02:00.91	02:02.24
		2010-2014	02:01.66	02:01.93
		2015-2020	02:00.69	02:01.38
Tukey-Angelpunkte	Zeit	2000-2004		
		2005-2009		
		2010-2014		
		2015-2020		

### Extremwerte

		Jahrescluster	Fallnummer		Wert
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	363	02:27.50
			2	283	02:08.27
			3	362	02:05.47
			4	361	02:03.77
			5	205	02:03.26
		Kleinste Werte	1	276	01:50.38

		2	198	01:51.16
		3	199	01:51.85
		4	119	01:52.01
		5	356	01:52.66
2005-2009	Größte Werte	1	443	02:05.57
		2	522	02:02.29
		3	681	02:01.21
		4	442	02:00.93
		5	441	02:00.75
	Kleinste Werte	1	752	01:48.15
		2	594	01:48.69
		3	595	01:48.95
		4	753	01:48.98
		5	674	01:49.45
2010-2014	Größte Werte	1	997	02:07.05
		2	1077	02:01.93
		3	917	02:01.75
		4	837	02:01.66
		5	1157	02:01.61
	Kleinste Werte	1	910	01:50.41
		2	1150	01:50.52
		3	1151	01:51.07
		4	1070	01:51.07
		5	990	01:51.12
2015-2020	Größte Werte	1	1236	02:03.85
		2	1471	02:01.61
		3	1470	02:01.15
		4	1235	02:00.97
		5	1551	02:00.69
	Kleinste Werte	1	1634	01:47.16
		2	1229	01:49.69
		3	1635	01:51.42
		4	1464	01:51.45
		5	1230	01:51.57



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2005-2009	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	04:11.80
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze 04:08.52 Obergrenze 04:15.08
		5% getrimmtes Mittel	04:11.22
		Median	04:10.80
		Varianz	102,287
		Standard Abweichung	00:10.11
		Minimum	03:57.98
		Maximum	04:39.44
		Spannweite	00:41.46
		Interquartilbereich	00:13.54

	Schiefe		,667	,378
	Kurtosis		,044	,741
2005-2009	Mittelwert		04:09.22	00:01.81
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	04:05.56	
		Obergrenze	04:12.88	
	5% getrimmtes Mittel		04:09.31	
	Median		04:09.97	
	Varianz		130,899	
	Standard Abweichung		00:11.44	
	Minimum		03:50.55	
	Maximum		04:26.47	
	Spannweite		00:35.92	
	Interquartilbereich		00:21.44	
	Schiefe		-,214	,374
	Kurtosis		-1,228	,733
2010-2014	Mittelwert		04:11.13	00:01.97
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	04:07.16	
		Obergrenze	04:15.11	
	5% getrimmtes Mittel		04:11.01	
	Median		04:09.11	
	Varianz		154,512	
	Standard Abweichung		00:12.43	
	Minimum		03:53.25	
	Maximum		04:31.04	
	Spannweite		00:37.79	
	Interquartilbereich		00:22.17	
	Schiefe		,226	,374
	Kurtosis		-1,303	,733
2015-2020	Mittelwert		04:09.17	00:01.34
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	04:06.47	
		Obergrenze	04:11.87	
	5% getrimmtes Mittel		04:09.21	
	Median		04:09.42	
	Varianz		90,309	
	Standard Abweichung		00:09.50	
	Minimum		03:45.60	
	Maximum		04:28.34	
	Spannweite		00:42.74	
	Interquartilbereich		00:14.33	
	Schiefe		-,022	,337
	Kurtosis		-,426	,662

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile				
		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	03:58.60	03:59.27	04:03.82	04:10.80	04:17.36
	2005-2009	03:51.15	03:51.41	03:57.89	04:09.97	04:19.33
	2010-2014	03:54.28	03:55.53	04:00.27	04:09.11	04:22.44
	2015-2020	03:54.81	03:57.48	04:01.06	04:09.42	04:15.39
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004			04:03.94	04:10.80	04:17.31
	2005-2009			03:58.16	04:09.97	04:19.25
	2010-2014			04:00.75	04:09.11	04:22.21
	2015-2020			04:01.14	04:09.42	04:15.23

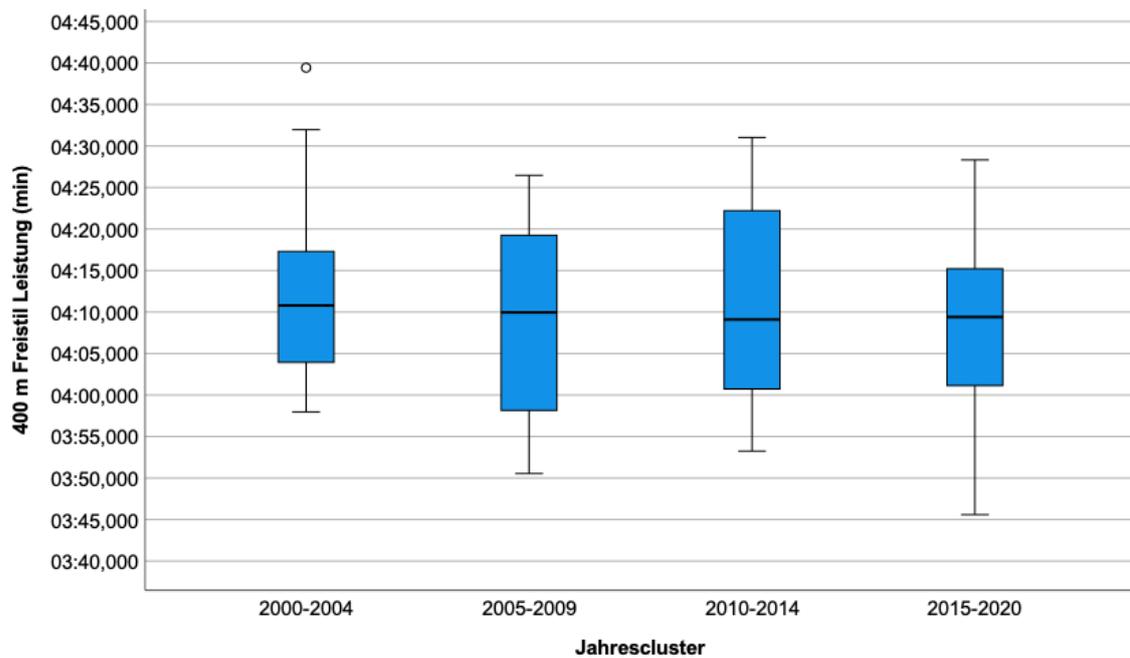
### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile	
		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	04:25.39	04:31.97
	2005-2009	04:24.22	04:25.43
	2010-2014	04:30.21	04:30.36
	2015-2020	04:23.79	04:26.01
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004		
	2005-2009		
	2010-2014		
	2015-2020		

### Extremwerte

Zeit	Jahrescluster		Fallnummer		Wert
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	64	04:39.44
			2	379	04:31.97
			3	220	04:27.49
			4	63	04:25.39
			5	378	04:24.19
		Kleinste Werte	1	214	03:57.98
			2	292	03:58.60
			3	57	03:59.15

		4	293	03:59.27
		5	135	04:00.16
2005-2009	Größte Werte	1	459	04:26.47
		2	617	04:25.45
		3	458	04:24.99
		4	697	04:24.28
		5	775	04:23.70
	Kleinste Werte	1	610	03:50.55
		2	768	03:51.15
		3	690	03:51.17
		4	769	03:51.20
		5	691	03:53.34
2010-2014	Größte Werte	1	1013	04:31.04
		2	1173	04:30.36
		3	1012	04:30.35
		4	1172	04:30.28
		5	1171	04:29.57
	Kleinste Werte	1	926	03:53.25
		2	846	03:54.26
		3	1166	03:54.56
		4	927	03:55.53
		5	1167	03:55.54
2015-2020	Größte Werte	1	1252	04:28.34
		2	1487	04:26.09
		3	1486	04:25.95
		4	1409	04:24.18
		5	1330	04:24.12
	Kleinste Werte	1	1654	03:45.60
		2	1245	03:52.94
		3	1560	03:56.34
		4	1480	03:56.96
		5	1655	03:57.38



### Verarbeitete Fälle

	Jahrescluster	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Zeit	2000-2004	39	100,0%	0	0,0%	39	100,0%
	2005-2009	38	100,0%	0	0,0%	38	100,0%
	2010-2014	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
	2015-2020	44	100,0%	0	0,0%	44	100,0%

### Deskriptive Statistik

Jahrescluster		Statistik	Standard Fehler
Zeit	2000-2004	Mittelwert	16:54.70
		95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze: 16:38.59 Obergrenze: 17:10.80
		5% getrimmtes Mittel	16:52.81
		Median	16:49.47
		Varianz	2467,822
		Standard Abweichung	00:49.68
		Minimum	15:31.68
		Maximum	19:06.95
		Spannweite	03:35.27
		Interquartilbereich	01:03.74

	Schiefe		,579	,378
	Kurtosis		,149	,741
2005-2009	Mittelwert		16:40.97	00:09.51
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	16:21.70	
		Obergrenze	17:00.25	
	5% getrimmtes Mittel		16:37.15	
	Median		16:34.77	
	Varianz		3439,635	
	Standard Abweichung		00:58.65	
	Minimum		15:24.66	
	Maximum		19:09.55	
	Spannweite		03:44.89	
	Interquartilbereich		01:09.41	
	Schiefe		,950	,383
	Kurtosis		,373	,750
2010-2014	Mittelwert		16:40.10	00:07.50
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	16:24.92	
		Obergrenze	16:55.27	
	5% getrimmtes Mittel		16:37.06	
	Median		16:24.47	
	Varianz		2251,249	
	Standard Abweichung		00:47.45	
	Minimum		15:38.78	
	Maximum		18:36.49	
	Spannweite		02:57.71	
	Interquartilbereich		01:11.81	
	Schiefe		,804	,374
	Kurtosis		-,033	,733
2015-2020	Mittelwert		16:45.05	00:05.68
	95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	16:33.60	
		Obergrenze	16:56.50	
	5% getrimmtes Mittel		16:44.31	
	Median		16:43.70	
	Varianz		1418,722	
	Standard Abweichung		00:37.67	
	Minimum		15:37.69	
	Maximum		18:06.44	
	Spannweite		02:28.75	
	Interquartilbereich		00:45.14	
	Schiefe		,367	,357
	Kurtosis		-,332	,702

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile				
		5	10	25	50	75
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	15:37.51	15:48.09	16:23.06	16:49.47	17:26.80
	2005-2009	15:26.65	15:34.95	15:52.42	16:34.77	17:01.83
	2010-2014	15:40.78	15:44.66	16:02.71	16:24.47	17:14.52
	2015-2020	15:44.99	15:54.66	16:18.96	16:43.70	17:04.10
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004			16:24.98	16:49.47	17:26.63
	2005-2009			15:52.60	16:34.77	17:00.44
	2010-2014			16:03.08	16:24.47	17:14.36
	2015-2020			16:20.69	16:43.70	17:03.81

### Perzentile

	Jahrescluster	Perzentile	
		90	95
Gewichtetes Mittel (Definition 1)	Zeit 2000-2004	18:01.22	18:29.94
	2005-2009	18:11.39	19:00.86
	2010-2014	17:46.24	18:32.07
	2015-2020	17:49.20	17:57.93
Tukey-Angelpunkte	Zeit 2000-2004		
	2005-2009		
	2010-2014		
	2015-2020		

### Extremwerte

	Jahrescluster		Fallnummer		Wert
Zeit	2000-2004	Größte Werte	1	395	19:06.95
			2	80	18:29.94
			3	235	18:24.08
			4	158	18:01.22
			5	315	18:00.33
		Kleinste Werte	1	229	15:31.68
			2	151	15:37.51
			3	308	15:45.85
			4	388	15:48.09
			5	152	15:56.68
2005-2009	Größte Werte	1	474	19:09.55	

		2	473	19:00.40
		3	472	18:30.17
		4	554	18:09.30
		5	553	18:08.71
	Kleinste Werte	1	626	15:24.66
		2	706	15:26.76
		3	784	15:32.91
		4	547	15:35.18
		5	627	15:39.11
2010-2014	Größte Werte	1	1109	18:36.49
		2	1108	18:33.63
		3	1107	18:02.42
		4	1189	17:46.58
		5	1029	17:43.23
	Kleinste Werte	1	862	15:38.78
		2	863	15:40.71
		3	942	15:42.02
		4	1022	15:44.63
		5	1182	15:44.91
2015-2020	Größte Werte	1	1423	18:06.44
		2	1266	17:59.92
		3	1422	17:51.96
		4	1265	17:51.60
		5	1264	17:46.80
	Kleinste Werte	1	1672	15:37.69
		2	1261	15:42.54
		3	1673	15:52.34
		4	1339	15:53.09
		5	1674	15:56.24

