

UniversitätsSpital Zürich
Institut für Hausarztmedizin
Direktor: Prof. Dr. med. Thomas Rosemann, PhD

Arbeit unter Leitung von PD Dr. med. Beat Knechtle

Länderspezifische Trends in der Teilnahme und Leistung am ‚Ironman Hawaii‘

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
Philippe Taro Dähler

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. Thomas Rosemann, PhD
Zürich 2015

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Zusammenfassung	3
2. Einleitung	5
3. Methode	7
4. Resultate	8
5. Diskussion	17
6. Literaturverzeichnis	22
7. Curriculum Vitae	25

1. Zusammenfassung

Hintergrund

Der ‚Ironman Hawaii‘ ist die Weltmeisterschaft dieses Ausdauerwettkampfes, welcher sich aus Schwimmen, Radfahren und Laufen zusammensetzt. Parallel zur steigenden Popularität der verschiedenen Ausdauersportarten hat sich eine breite Forschung auf diesem Gebiet entwickelt. So sind unter anderem der Einfluss des Geschlechtes, Alter, Körperbau, Trainingsumfang und bereits vorhandene Erfahrung auf die ‚Ironman‘ Leistung untersucht worden. Wie bereits für den Marathon und Ultramarathon aufgezeigt worden ist kann auch die Nationalität und der ethnische Hintergrund der Athleten eine Rolle spielen. Für den wichtigsten und bestbekanntesten Wettkampf im Langstrecken Triathlon ist jedoch das Wissen noch lückenhaft. Diese Studie untersuchte deshalb die länderspezifischen Trends in der Teilnahme und Leistung bei AbsolventInnen des ‚Ironman Hawaii‘, im Zeitraum zwischen 1985 und 2012.

Methoden

Mittels Ein- und Mehrebenenanalyse wurde die Assoziation der Nationalität und Wettkampfdauer von insgesamt 39,076 Absolventen aus 124 Ländern, welche zwischen 1985 und 2012 am ‚Ironman Hawaii‘ teilgenommen haben, analysiert.

Resultate

Die Mehrheit der Absolventen stammten aus den Vereinigten Staaten von Amerika (47.5%), gefolgt von Athleten aus Deutschland (11.7%), Japan (7.9%), Australien (6.7%), Kanada (5.2%), Schweiz (2.9%), Frankreich (2.3%), Grossbritannien (2.0%), Neuseeland (1.9%) und Australien (1.5%). Den stärksten Anstieg in der Anzahl von Absolventinnen zeigte sich bei Deutschen Frauen ($r^2 = 0.83$, $p < 0.0001$), gefolgt von Athletinnen aus Australien ($r^2 = 0.78$, $p < 0.0001$), Kanada ($r^2 = 0.78$, $p < 0.0001$) und den USA ($r^2 = 0.69$, $p < 0.0001$). Bei japanischen Frauen zeigte sich keine Veränderung in der Anzahl von Absolventinnen ($r^2 = 0.01$, $p > 0.05$). Bei den Männern zeigte sich den stärksten Anstieg bei den Triathleten aus Frankreich ($r^2 = 0.85$, $p < 0.0001$), gefolgt von Athleten aus Österreich ($r^2 = 0.68$, $p < 0.0001$), Australien ($r^2 = 0.67$, $p < 0.0001$), Brasilien ($r^2 = 0.60$, $p < 0.0001$), Grossbritannien ($r^2 = 0.46$, $p < 0.0001$), Deutschland ($r^2 = 0.26$, $p < 0.0001$), den Vereinigten Staaten von Amerika ($r^2 = 0.21$, $p = 0.013$) und der Schweiz ($r^2 = 0.14$, $p = 0.0044$). Bei den japanischen Athleten zeigte sich einen Rückgang in der Teilnahme ($r^2 = 0.35$, $p = 0.0009$). Die Anzahl von Teilnehmern aus Kanada ($r^2 = 0.02$, $p > 0.05$) und Neuseeland ($r^2 = 0.02$, $p > 0.05$) blieb unverändert. Hinsichtlich Leistung bei den Frauen wurde die grösste Verbesserung bei den japanischen Athletinnen beobachtet (17.3%). Im Jahre 2012 erreichten die US-Amerikanischen Frauen die schnellsten Wettkampfzeiten. Frauen aus Japan, Kanada, Deutschland, Australien und den Vereinigten Staaten von Amerika konnten Ihre Wettkampfzeiten verbessern. Bei den Männern wurde die grösste Verbesserung durch Absolventen aus Brasilien erreicht (20.9%), die schnellste Wettkampfzeiten wurden im Jahr 2012 von Deutschen Athleten geleistet. Die Wettkampfzeiten von Athleten aus Brasilien, Österreich, Grossbritannien, der Schweiz, Deutschland, Australien, Kanada, Japan, Neuseeland und Frankreich verkürzten sich. Die Wettkampfzeiten von Triathleten aus Australien und den Vereinigten Staaten von Amerika zeigte keine signifikante Veränderung. Wenn man die schnellsten je erreichten Wettkampfzeiten betrachtet zeigt sich, dass die schnellsten Frauen aus den Vereinigten Staaten von Amerika stammten (546 ± 7 min), gefolgt von Grossbritannien (555 ± 15 min) und der Schweiz (458 ± 8 min). Bei den Männern

stammten die schnellsten Triathleten aus den Vereinigten Staaten von Amerika (494 ± 7 min), gefolgt von Deutschland (496 ± 6 min) und Australien (497 ± 5 min).

2. Einleitung

Der Ironman Triathlon in Hawaii ist die Weltmeisterschaft dieser Disziplin, einer Ausdauersportart. Der Triathlon vereint Schwimmen, Radfahren und Laufen (1,2). Es sind verschiedene Distanzen etabliert, der sogenannte Ironman umfasst 3.8 km Schwimmen, 180.2 km Radfahren und 42.2 km Laufen (3). Der Ironman Hawaii wurde erstmals im Jahre 1978 durchgeführt und hat sich seither als Weltmeisterschaft, welche jeweils im Oktober stattfindet, fix im Wettkampfkalender etabliert (4). Da nur eine begrenzte Anzahl Startplätze vorhanden ist müssen sich die Athleten entweder an einem der weltweit offiziellen 32 Ironman oder an 7 Ironman 70.3 (1.9 km Schwimmen, 90 km Radfahren und 21.1 km Laufen, total 70.3 Meilen) Wettkämpfe qualifizieren (5). Die Startplätze werden gemäss einer geschlechts- und altersabhängigen Quote vergeben. Seit 1990 wird zudem eine kleine Anzahl Startplätze (205 im Jahre 2012) über eine Lotterie vergeben, wobei da die Athleten zusätzlich einen Leistungsausweis im Triathlon nachweisen müssen. Seit 2003 werden darüber hinaus einige wenige Startplätze (4 im Jahre 2012) in einer karitativen eBay Auktion an den höchsten Bieter vergeben. Seit dem Beginn konnte die Teilnehmerzahl kontinuierlich gesteigert werden und mittlerweile stellen sich dieser Herausforderung jährlich mehr als 1,800 Athletinnen und Athleten (4). Die ungebremsste Popularität von Langstreckenwettkämpfen zeigt sich auch darin, dass sich in den letzten Jahren Rennen über noch längere Distanzen, sogenannte Ultra-Triathlons, etabliert haben (6).

Zusammen mit dem sich ständig steigernden Interesse an Langstrecken Wettkämpfen hat sich eine breite Forschung über verschiedene Faktoren, die potentiell die Leistung beeinflussen, etabliert. So wurde zum Beispiel der Effekt des Geschlechtes (7,8), Alter (9-11), Körperbau (12-14), Trainingsumfang (15) und bereits vorhandene Erfahrung (16-18) auf die ‚Ironman‘ Leistung untersucht.

Ein weiterer Aspekt könnte die Herkunft der Athleten darstellen. Im Marathon ist schon lange bekannt dass ostafrikanische Läufer dominieren. Für Ultra-Marathon Wettkämpfe konnte Cejka et al. (19) bereits im Jahre 2013 zeigen dass auch die Nationalität der Athleten eine Rolle spielt. Auch für Mehrdisziplinswettkämpfen wie Triathlons haben verschiedene Studien die Aspekte der Nationalität in Langstreckenwettkämpfen wie den ‚Ironman‘ oder auch längeren Strecken bewertet (6,20-23). So hat zum Beispiel Jürgens et al. (21) gezeigt dass der ‚Ironman Switzerland‘ als einer der europäischen Qualifikationswettkämpfe für den ‚Ironman Hawaii‘ von zentraleuropäischen Triathleten dominiert wurde, und zwar sowohl was die Teilnahme als auch die Leistung betrifft. Rüst et al. (23) haben zudem gezeigt dass europäische Athleten den ‚Double Iron Ultratriathlon‘, welcher sich aus 7.6 km Schwimmen, 360 km Radfahren und 84.4 km Laufen zusammensetzt, dominierten. Dies ist bemerkenswert, gelten doch die Vereinigten Staaten von Amerika als Geburtsort dieser Disziplin und wurden die ersten Wettkämpfe in den USA durchgeführt. Lehnerr et al. (6) haben aufgezeigt dass europäische Athleten ca. 80% der Teilnehmer in allen ‚Double Iron‘ bis ‚Double Deca Iron Ultratriathlons‘ zwischen 1985 und 2011 darstellten und aus dieser Gruppe auch die meisten Gewinner stammten.

Aus einer Analyse von Babbitt (24) zum 25-jährigen Jubiläum des Ironman Hawaii ist bekannt dass amerikanische Triathleten den ‚Ironman Hawaii‘ zu Beginn dominiert haben. Die weitere Entwicklung hinsichtlich Teilnehmerzahl und Leistung ist jedoch unbekannt. Die Zielsetzung dieser Studie war es, die Entwicklung zwischen 1985 und 2012 sowohl der Teilnehmerzahl als auch der Leistung (gemessen als gesamte Wettkampfdauer) am ‚Ironman Hawaii‘ hinsichtlich der Nationalität der Athleten zu untersuchen. Die Hypothese war, dass Triathleten aus den Vereinigten Staaten von Amerika diesen

Wettkampf weiterhin hinsichtlich Teilnahme und Leistung dominieren, die Europäer den Unterschied über die Jahre jedoch reduzieren konnten.

3. Methode

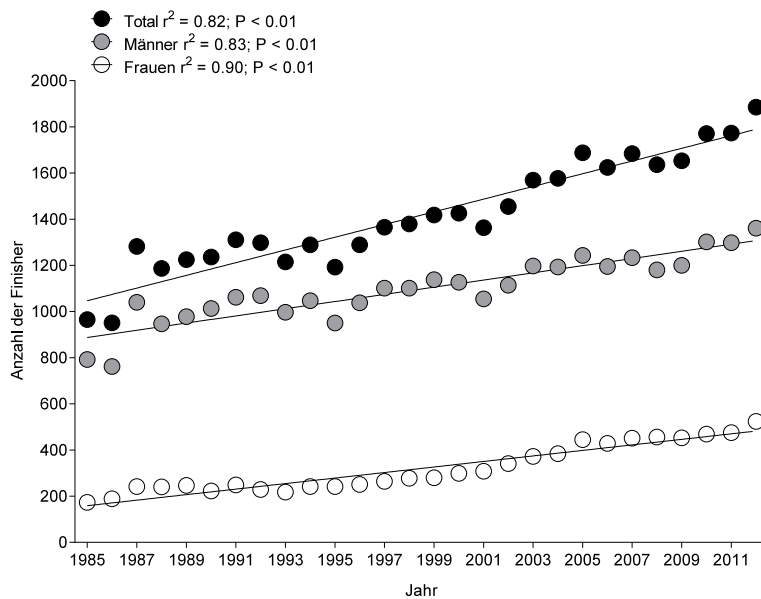
Es lag die Einwilligung der Ethikkommission des Kantons Sankt Gallen vor. Die Daten von allen Absolventen des ‚Ironman Hawaii‘ zwischen 1978 und 2012 waren auf der Homepage des Wettkampfs frei zugänglich (4). Die Wettkampfdauer sowie Nationalität war von insgesamt 39,695 Absolventen aus 124 Nationen stammend, darunter 8,973 Frauen und 30,722 Männern, erhältlich. Weil während den ersten sieben Jahren des Wettkampfes die Nationalität der Teilnehmer nicht in den Ranglisten registriert wurde, konnten nur die Daten ab 1985 berücksichtigt werden. Weil nicht jedes Jahr alle Teilnehmer, die zwar starteten, den Wettkampf aber nicht erfolgreich beenden konnten, rapportiert wurden konnten diese nicht ausgewertet werden. Bei 11 Männern fehlte die Angabe zur Nationalität und diese mussten deshalb von der Analyse ausgeschlossen werden. Alle Athleten aus Nationen welche jährlich und während 20 der insgesamt 28 untersuchten Jahre mindestens zehn weibliche und männliche Absolventen stellten wurden für die Analyse der Veränderung in Teilnahme und Leistung berücksichtigt. Aus Qualitätsgründen wurden Athleten aus Nationen, welche in mehr als einem Drittel der Jahre zwischen 1985 und 2012 weniger als 10 weibliche oder männliche Absolventen stellten aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Bei den Frauen konnten so Athletinnen aus Australien, Deutschland, Japan, Kanada und den Vereinigten Staaten von Amerika (85.1% aller weiblichen Absolventinnen) eingeschlossen werden. Bei den Männern wurden Athleten aus Australien, Brasilien, Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Japan, Kanada, Neuseeland, Österreich, Schweiz und den Vereinigten Staaten von Amerika (89.8% aller männlichen Absolventen) eingeschlossen. Aus jeder dieser Nationen wurden die zehn schnellsten Frauen und Männer bezüglich gesamter Wettkampfdauer und der Veränderung dieser gesamten Wettkampfdauer über die Jahre analysiert. Wenn weniger als zehn Absolventen pro Nation, Jahr und Geschlecht analysiert werden konnten wurde dieses Jahr nicht berücksichtigt. Aus 23 Nationen, welche total (alle Männer und Frauen) mehr als 100 Absolventen stellten (was 97.8% aller weiblichen und 96.8% aller männlichen Absolventen umfasst), wurden die gesamthaft zehn besten weiblichen und männlichen Absolventinnen und Absolventen bestimmt und bezüglich Leistungsunterschied analysiert.

Jedes Datenset vor der statistischen Auswertung auf Normalverteilung und Homogenität der Varianz geprüft, um die Zuverlässigkeit der Datenanalyse zu erhöhen. Die Normalverteilung wurde mit dem D’Agostino-Pearson Omnibus Test, Homogenität der Varianz mit dem Levene Test geprüft. Signifikante Änderungen einer Variablen zwischen den verschiedenen Jahren wurde mit einem linearen Regressionsverfahren berechnet. Unterschiede in der Leistung wurden mit Einfach- und Mehrebenen Regressionsanalyse untersucht. Ein hierarchisches Regressionsanalysenmodell wurde eingesetzt, um einen möglichen Cluster Effekt auf die Resultate, für den Fall dass ein Athlet mehr als einmal unter den top zehn abgeschlossen hat, zu verhindern. Eine Einwegvarianzanalyse mit anschliessender Turkey-Kramer post-hoc Analyse wurde angewandt, um Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen zu eruieren (z.B. Vergleich der Wettkampfzeit zwischen verschiedenen Nationen). Für die statistische Analyse wurde folgendes System benützt: IBM SPSS Statistics (Version 22, IBM SPSS, Chicago, IL, USA) und GraphPad Prism (Version 6.01, GraphPad Software, La Jolla, CA, USA). Signifikanz wurde bei $p < 0.05$ (beidseitig für t-Tests) angenommen. Die Daten werden im Text im folgenden Format dargestellt: Mittelwert \pm Standardabweichung (SD).

4. Resultate

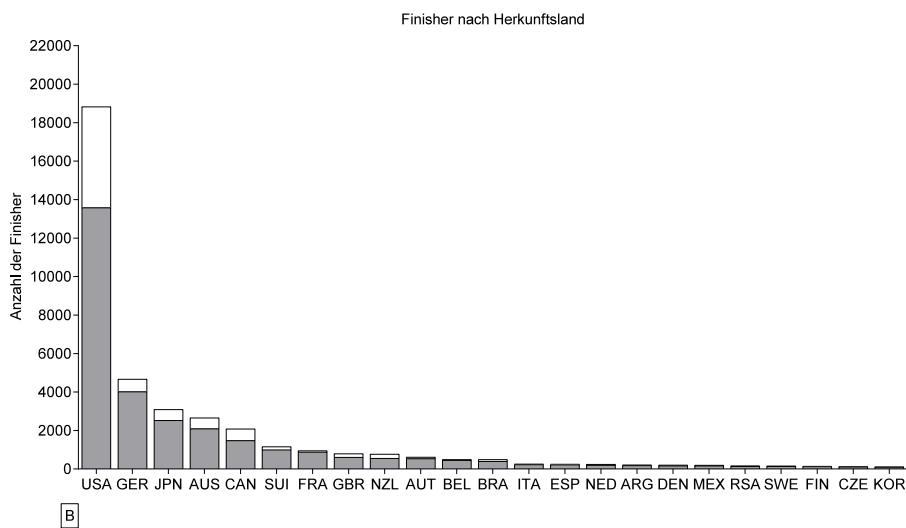
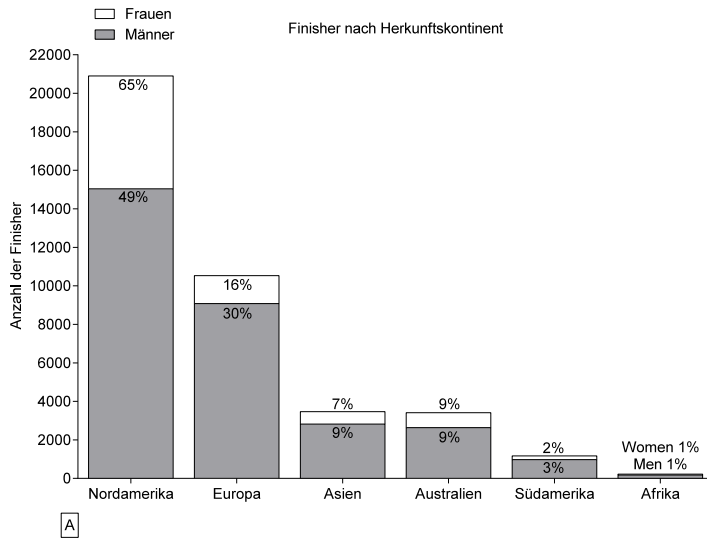
Trends in der Teilnahme

Zwischen 1985 und 2012 haben insgesamt 39,706 Triathleten den ‚Ironman Hawaii‘ erfolgreich absolviert, davon waren 8,973 Frauen (22.6%) und 30,733 Männer (77.4%). Im betrachteten Zeitraum haben insgesamt 12,904 Triathleten, 2,611 Frauen (20%) und 10,293 Männer (80%), den Wettkampf mehr als einmal erfolgreich beendet. Während den 27 Jahren hat sich die Gesamtzahl der Absolventen von 965 (1985) auf 1,885 (2012) erhöht. Bei den Frauen von 173 (1985) auf 524 (2012) und bei den Männern von 792 (1985) auf 1,361 (2012) (Graphik 1).



Graphik 1 Veränderung der jährlichen Anzahl AbsolventInnen des ‚Ironman Hawaii‘ zwischen 1985 und 2012 (Männer, Frauen und Total)

Graphik 2 zeigt die Anzahl der Absolventen hinsichtlich ihrer Herkunft, und zwar nach Kontinent (A) und Land (B). Wenn man alle weiblichen und männlichen Absolventen betrachtet, dann stammte die Mehrheit aus Nordamerika (Graphik 2A). Insgesamt 26.5% der Athleten stammten aus Europa, 8.7% Asien, 8.6% Australien, 2.9% Südamerika und 0.6% aus Afrika. Bei geschlechtsspezifischer Betrachtung war die Dominanz der nordamerikanischen Frauen mit 65% noch viel deutlicher. Bei den Männern waren es 49%, die aus Nordamerika stammten. Die zweitgrösste Gruppe stammte aus Europa, von wo 16% der weiblichen und 30% der männlichen Triathleten herkamen.



Graphik 2 Anzahl der weiblichen und männlichen AbsolventInnen am ‚Ironman Hawaii‘ nach Herkunftskontinent (Panel A) und Anzahl der weiblichen und männlichen AbsolventInnen nach Herkunftsland (Panel B), USA = Vereinigte Staaten von Amerika, GER = Deutschland, JPN = Japan, AUS = Australien, CAN = Kanada, SUI = Schweiz, FRA = Frankreich, GBR = Grossbritannien, NZL = Neuseeland, AUT = Österreich, BEL = Belgien, BRA = Brasilien, ITA = Italien, ESP = Spanien, NED = Niederlande, ARG = Argentinien, DEN = Dänemark, MEX = Mexiko, RSA = Südafrika, SWE = Schweden, FIN = Finnland, CZE = Tschechien, KOR = Korea

Die Analyse der Herkunftsländer der Athleten (Graphik 2B) zeigte, dass die grösste Anzahl Absolventen aus den folgenden zehn Nationen stammten: Vereinigte Staaten von Amerika (18,824; 47.5%), gefolgt von Deutschland (4,664; 11.7%), Japan (3,089; 7.9%), Australien (2,649; 6.7%), Kanada (2,077; 5.2%), Schweiz (1,152; 2.9%), Frankreich (942; 2.3%), Grossbritannien (784; 2.0%), Neuseeland (762; 1.9%) und Österreich (610; 1.5%). Die nordamerikanischen Triathleten stammten zur grossen Mehrheit aus den Vereinigten Staaten von Amerika (90%), während die grösste Europäische Gruppe aus Deutschland (45%) stammte. Auch alle anderen Kontinente zeigten die Dominanz einer Nation; in Afrika war dies die Republik Südafrika mit 80%, in Asien Japan mit 90%, in Ozeanien Australien mit 77% und in Südamerika Brasilien mit 41%.

Bei den männlichen Athleten zeigte sich zwischen 1985 und 2012 bei Absolventen aus vier Kontinenten (Europa, Australien, Südamerika und Afrika) einen signifikanten Anstieg der Teilnehmerzahl, nicht aber bei den Triathleten aus Nordamerika. Bei den Frauen zeigte sich ein

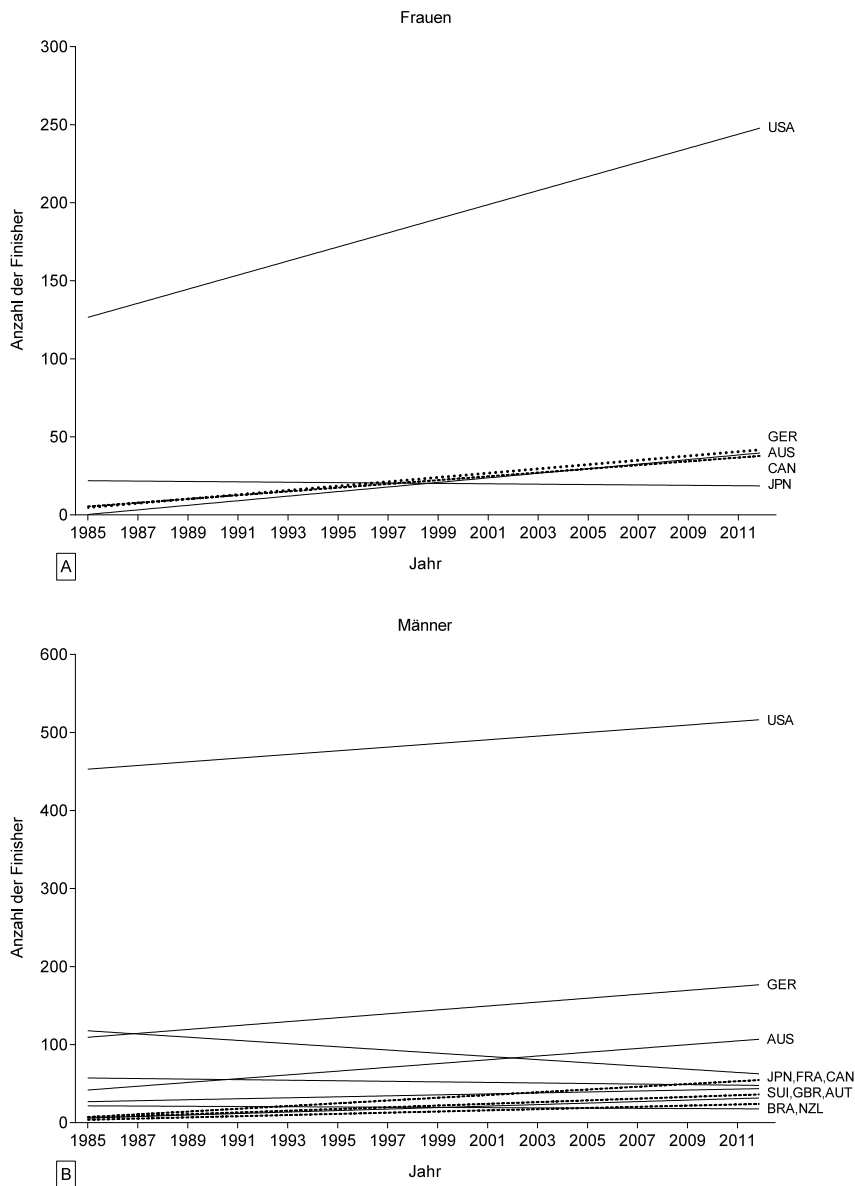
Anstieg der Absolventinnen aus fünf Kontinenten (Europa, Nordamerika, Australien, Südamerika und Afrika). Nordamerikanische Frauen stellten die grösste Gruppe von Absolventinnen (5,550; 66%) dar, gefolgt von Europäerinnen (1,350; 16%). Sowohl für Frauen als auch Männer zeigte sich bei Athleten aus Europa der grösste Anstieg. Die Teilnahme von Triathleten aus Afrika und Asien blieb unverändert. Trotzdem stellte Nordamerika auch im Jahr 2012 immer noch die grösste Gruppe von Athleten, gefolgt von den Europäern.

Graphik 3 zeigt die Zunahme in der Anzahl Absolventen bezüglich Herkunftsland über die Zeit, für Frauen (3A) und Männer (3B). Deutsche Athletinnen zeigten den grössten Anstieg von 0 (1985) auf 31 (2012) ($r^2 = 0.83$, $p < 0.0001$), gefolgt von Athletinnen aus Australien mit 3 (1985) auf 62 (2012) ($r^2 = 0.78$, $p < 0.0001$), Kanada mit 11 (1985) auf 38 (2012) ($r^2 = 0.78$, $p < 0.0001$) und den Vereinigten Staaten von Amerika mit 146 (1985) auf 269 (2012) ($r^2 = 0.69$, $p < 0.0001$) (Graphik 3A). Bei japanischen Frauen zeigte sich über die betrachtete Zeit keine Veränderung in der Anzahl Absolventinnen ($r^2 = 0.01$, $p > 0.05$), dies bei einer durchschnittlichen Anzahl von 20 Teilnehmerinnen.

Bei den Männern (Graphik 3B) zeigte sich der steilste Anstieg von Absolventen bei Triathleten aus Frankreich, von 1 (1985) auf 46 (2012) ($r^2 = 0.85$, $p < 0.0001$), gefolgt von Athleten aus Österreich mit 2 (1985) auf 24 (2012) ($r^2 = 0.68$, $p < 0.0001$), Australien mit 33 (1985) auf 164 (2012) ($r^2 = 0.67$, $p < 0.0001$), Brasilien mit 4 (1985) auf 36 (2012) ($r^2 = 0.60$, $p < 0.0001$), Grossbritannien mit 17 (1985) auf 52 (2012) ($r^2 = 0.46$, $p < 0.0001$), Deutschland mit 26 (1985) auf 116 (2012) ($r^2 = 0.26$, $p < 0.0001$), den Vereinigten Staaten von Amerika mit 511 (1985) auf 523 (2012) ($r^2 = 0.21$, $p = 0.013$) und der Schweiz mit 7 (1985) auf 39 (2012) ($r^2 = 0.14$, $p = 0.0044$). Die Anzahl japanischer Absolventen verkleinerte sich von 73 (1985) auf 33 (2012) ($r^2 = 0.35$, $p = 0.0009$). Die Anzahl von Männern aus Kanada blieb unverändert bei 53 Absolventen ($r^2 = 0.02$, $p > 0.05$) wie auch die Anzahl von Absolventen aus Neuseeland, welche unverändert bei 20 blieb ($r^2 = 0.02$, $p > 0.05$).

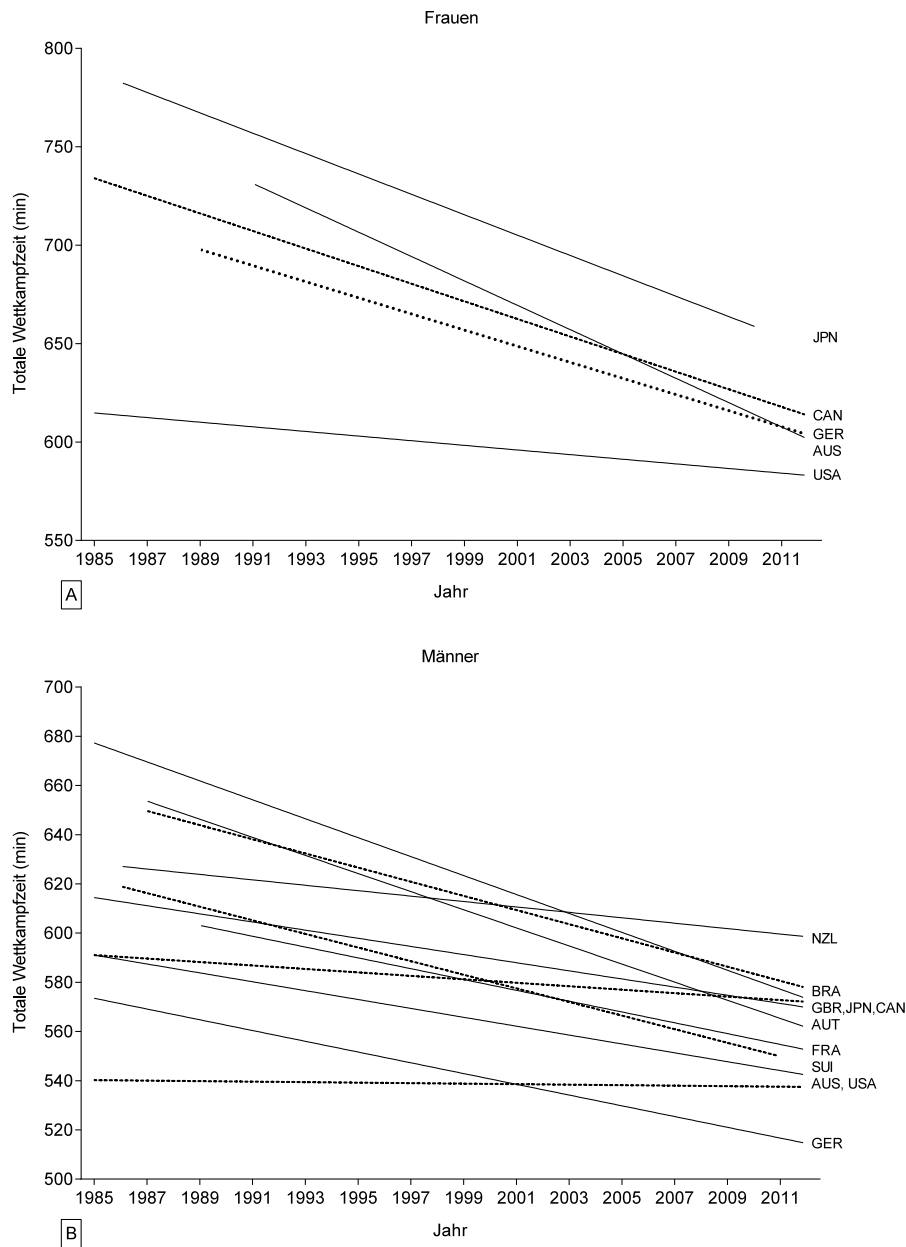
Leistungstrends

Graphik 4 zeigt die Veränderung in der Wettkampfdauer für die jährlich zehn schnellsten Frauen (A) und Männer (B). Bei den Frauen erreichten Japanerinnen die grösste Verbesserung der Leistung (Graphik 4A), welche zwischen 1985 und 2012 eine Verbesserung um 17.3% erreichten (Tabelle 1). Andererseits erreichten im Jahre 2012 US-Amerikanische Frauen mit 578 ± 14 min (Tabelle 1A) die schnellsten Wettkampfzeiten. Frauen aus Japan, Kanada, Deutschland, Australien und den Vereinigten Staaten von Amerika konnten ihre Wettkampfzeiten zwischen 1985 und 2012 verkürzen (Graphik 4A), auch nach Korrektur für Mehrfachteilnehmerinnen unter den 10 Besten (Tabelle 1B und 1C).



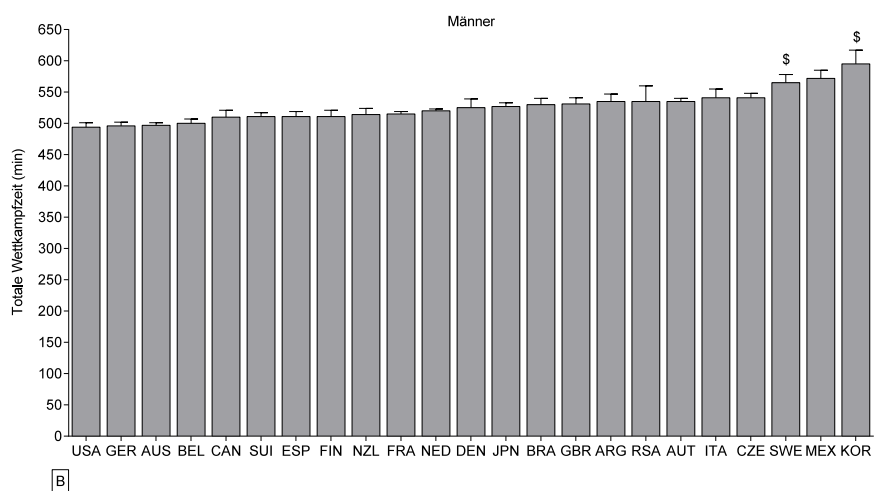
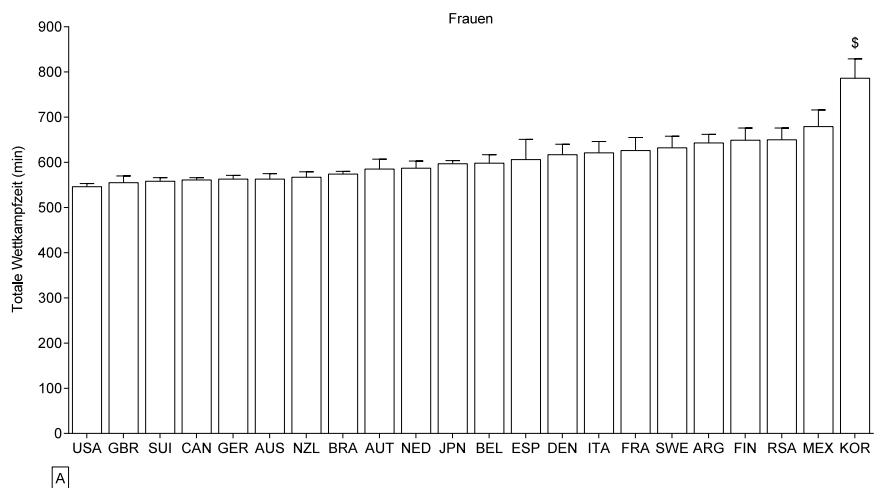
Graphik 3 Veränderung der jährlichen Anzahl von weiblichen (Panel A) und männlichen (Panel B) AbsolventInnen nach Herkunftsland

Bei Männern (Graphik 4B) wurde die grösste Verbesserung bei Athleten aus Brasilien erreicht (Tabelle 2A). Diese konnten Ihre Wettkampfzeiten zwischen 1985 und 2012 um 20.9% verkürzen, die schnellsten Wettkampfzeiten wurden im Jahre 2012 aber von deutschen Triathleten erreicht (Tabelle 2A). Die Wettkampfzeiten von Athleten aus Brasilien, Österreich, Grossbritannien, der Schweiz, Deutschland, Kanada, Japan, Neuseeland und Frankreich verkürzten sich zwischen 1985 und 2012 (Graphik 4B), auch nach Korrektur für Mehrfachteilnehmer unter den 10 Besten (Tabelle 2B und 2C). Die Wettkampfzeiten für Athleten aus Australien (567 ± 22 min) und den Vereinigten Staaten von Amerika (541 ± 18 min) zeigten hingegen über die betrachteten Jahre keine signifikante Veränderung.



Graphik 4 Veränderung der Wettkampfszeit der jährlich zehn schnellsten weiblichen (Panel A) und männlichen (Panel B) AbsolventInnen nach Herkunftsland

Graphik 5 zeigt die zwischen 1985 und 2012 erreichten schnellsten Wettkampfszeiten, aufgezeigt nach Nationen, sowohl für Frauen (A) als auch Männer (B). Bei den Frauen erreichten Triathletinnen aus den Vereinigten Staaten von Amerika die schnellsten Wettkampfszeiten (546 ± 7 min), gefolgt von Grossbritannien (555 ± 15 min) und der Schweiz (558 ± 8 min). Bei den Männern stammten die kürzesten Zeiten von Athleten aus den Vereinigten Staaten von Amerika (494 ± 7 min), Deutschland (496 ± 6 min) und Australien (497 ± 5 min).



Graphik 5 Gesamtwettkampfzeit der jährlich zehn schnellsten weiblichen (Panel A) und männlichen (Panel B) AbsolventInnen nach Herkunftsland. \$ = signifikant langsamer als die nächst besser Nation. USA = Vereinigte Staaten von Amerika, GER = Deutschland, JPN = Japan, AUS = Australien, CAN = Kanada, SUI = Schweiz, FRA = Frankreich, GBR = Grossbritannien, NZL = Neuseeland, AUT = Österreich, BEL = Belgien, BRA = Brasilien, ITA = Italien, ESP = Spanien, NED = Niederlande, ARG = Argentinien, DEN = Dänemark, MEX = Mexiko, RSA = Südafrika, SWE = Schweden, FIN = Finnland, CZE = Tschechien, KOR = Korea

Tabelle 1

A: Veränderung der Wettkampfzeiten der jährlich besten zehn weiblichen Athleten zwischen 1985 und 2012

Land	Wettkampfzeit 1985 (min)	Wettkampfzeit 2012 (min)	Veränderung absolut (min)	Veränderung prozentuell (%)
Japan #	869±97	718±124	-150±101	-17.3
Kanada	778±75	651±32	-127±51	-16.3
Deutschland *	712±68	613±28	-99±42	-13.9
Australien #	709±71	619±21	-89±52	-12.5
USA	651±16	578±14	-73±18	-11.2

B: Mehrebenen Regressionsanalyse der Veränderung der Wettkampfdauer der jährlich zehn besten Frauen zwischen 1985 und 2012

Land	β	SE (β)	Stand. β	T	P
Japan [#]	-5.152	0.528	-0.527	-9.763	< 0.001
Kanada	-4.932	0.521	-0.523	-9.472	< 0.001
Deutschland [*]	-4.310	0.422	-0.560	-10.205	< 0.001
Australien [#]	-6.441	0.642	-0.591	-10.034	< 0.001
USA	-1.180	0.192	-0.352	-6.149	< 0.001

C: Mehrebenen Regressionsanalyse der Veränderung der Wettkampfdauer der jährlich zehn besten Frauen zwischen 1985 und 2012 nach Korrektur für Mehrfachteilnahme

Land	β	SE (β)	Stand. β	T	P
Japan [#]	-5.152	0.528	-0.527	-9.763	< 0.001
Kanada	-4.932	0.521	-0.523	-9.472	< 0.001
Deutschland [*]	-4.310	0.422	-0.560	-10.205	< 0.001
Australien [#]	-6.441	0.642	-0.591	-10.034	< 0.001
USA	-1.180	0.192	-0.352	-6.149	< 0.001

* = Für deutsche Frauen war 1989 das erste Jahr mit mindestens 10 Absolventinnen, # = für australische Frauen war 1991 das erste Jahr mit mindestens 10 Absolventinnen, # = für japanische Frauen war 2010 das letzte Jahr mit mindestens 10 Absolventinnen

Tabelle 2**A: Veränderung der Wettkampfzeiten der jährlich besten zehn männlichen Athleten zwischen 1985 und 2012**

Land	Wettkampfzeit 1985 (min)	Wettkampfzeit 2012 (min)	Veränderung absolut (min)	Veränderung prozentuell (%)
Brasilien [#]	741±118	586±14	-155±31	-20.9
Österreich [*]	693±76	579±11	-114±24	-16.4
Grossbritannien	695±21	586±23	-109±24	-15.7
Schweiz [#]	652±39	549±21	-103±23	-15.5
Deutschland	627±34	537±24	-89±15	-14.2
Australien	629±19	540±22	-89±22	-14.1
Kanada	639±20	583±27	-56±21	-8.7
USA	576±19	538±17	-39±18	-6.7
Japan	651±19	617±16	-34±17	-5.2
Neuseeland [¶]	652±39	630±44	-22±39	-3.3
Frankreich [§]	569±33	551±23	-18±22	-3.1

B: Mehrebenen Regressionsanalyse der Veränderung der Wettkampfdauer der jährlich zehn besten Männer zwischen 1985 und 2012

Land	β	SE (β)	Stand. β	T	P
Brasilien [#]	-4.183	0.412	-0.472	-10.123	< 0.001
Österreich [*]	-3.872	0.387	-0.561	-9.999	< 0.001
Grossbritannien	-4.012	0.328	-0.646	-12.221	< 0.001
Schweiz [#]	-2.760	0.251	-0.565	-11.012	< 0.001
Deutschland	-2.360	0.203	-0.580	-11.647	< 0.001
Kanada	-1.765	0.244	-0.404	-7.237	< 0.001
Japan	-1.847	0.231	-0.439	-7.985	< 0.001
Neuseeland [¶]	-1.847	0.231	-0.439	-7.985	< 0.001
Frankreich [§]	-2.209	0.327	-0.408	-6.747	< 0.001

C: Mehrebenen Regressionsanalyse der Veränderung der Wettkampfdauer der jährlich zehn besten Männer zwischen 1985 und 2012 nach Korrektur für Mehrfachteilnahme

Land	β	SE (β)	Stand. β	T	P
Brasilien [#]	-4.183	0.412	-0.472	-10.123	< 0.001
Österreich [*]	-3.872	0.387	-0.561	-9.999	< 0.001
Grossbritannien	-4.012	0.328	-0.646	-12.221	< 0.001
Schweiz [#]	-2.760	0.251	-0.565	-11.012	< 0.001
Deutschland	-2.360	0.203	-0.580	-11.647	< 0.001
Kanada	-1.765	0.244	-0.404	-7.237	< 0.001
Japan	-1.847	0.231	-0.439	-7.985	< 0.001
Neuseeland [¶]	-1.847	0.231	-0.439	-7.985	< 0.001
Frankreich [§]	-2.209	0.327	-0.408	-6.747	< 0.001

[#] = für Schweizer Männer war 1988 das erste Jahr mit mindestens 10 Absolventen, ^{*} = für österreichische Männer war 1987 das erste Jahr mit mindestens 10 Absolventen, [§] = für französische Männer war 1989 das erste Jahr mit mindestens 10 Absolventen, [#] = für brasilianische Männer war 1987 das erste Jahr mit mindestens 10 Absolventen, [¶] = für neuseeländische Männer war 1986 das erste Jahr mit mindestens 10 Absolventen

5. Diskussion

Das Ziel dieser Studie war, die Entwicklung der Teilnahme und der Wettkampfdauer am ‚Ironman Hawaii‘ zwischen 1985 und 2012 im Hinblick auf die Nationalität der Athleten zu untersuchen. Wenn immer man die Demographie und die Leistung an diesem Wettkampf betrachtet muss man sich vor Augen halten dass es sich dabei um ein stark vorselektioniertes Teilnehmerfeld handelt, also Leistung an einem der weltweiten Qualifikationsrennen zur Teilnahme in Hawaii führt.

Die meisten Absolventen stammen aus den Vereinigten Staaten von Amerika

Gemäss dem Trend, der sich bei einer Vielzahl von Langstreckenwettkämpfen zeigt, ist das Interesse der Europäischen AthletInnen am Ironman Hawaii über den betrachteten Zeitraum grösser geworden, was sich in einer signifikanten Zunahme der Teilnahme sowohl bei den Frauen als auch den Männern niedergeschlagen hat. Nichtsdestotrotz wurde der Ironman Hawaii in der Anzahl Teilnehmer von Triathleten und Triathletinnen aus den Vereinigten Staaten von Amerika dominiert. Mögliche Gründe dafür könnten in der Lokalisation der Qualifikationswettkämpfe zu finden sein. Wie in Tabelle 3 ersichtlich fand im Jahre 2012 ein Grossteil dieser Anlässe in Nordamerika statt, insgesamt 16 Wettkämpfe mit einer Gesamtzahl von 777 Startplätzen für den Ironman Hawaii. Gefolgt von Europa mit bereits deutlich weniger Veranstaltungen (7 Wettkämpfe) und insgesamt 465 Startplätzen. In allen anderen Weltregionen gab es bedeutend weniger Gelegenheiten, einen der begehrten Startplätze zu ergattern.

Tabelle 3: Qualifikationswettkämpfe für den ‚Ironman Hawaii‘ im Jahr 2012

Kontinent	Ironman Hawaii Startplätze	Anzahl Wettkämpfe
Nordamerika	777	16
Europa	465	7
Australien/Ozeanien	250	5
Asien	120	3
Südamerika	100	2
Afrika	30	1
Total	1'742	30

Differenzen hinsichtlich Teilnahme und Leistung von Athleten am ‚Ironman Hawaii‘ und den Qualifikationswettbewerben wurden bereits untersucht (25,26). Betrachtet man die Nationalität der

Ironman Triathleten, welche sich für den ‚Ironman Hawaii‘ qualifizieren wollten, haben US-Amerikanische Athleten die Qualifikationswettbewerbe sowohl bezüglich Anzahl Teilnehmer als auch Leistung dominiert (25). Differenzen zwischen dem ‚Ironman Hawaii‘ und den Qualifikationswettkämpfen bezüglich Teilnahme und Leistung im Kontext verschiedener Altersgruppen wurden bereits beschrieben (26). Triathleten in der Altersgruppe 25-49 sowie Männer waren im ‚Ironman Hawaii‘ verglichen mit den Qualifikationswettbewerben generell untervertreten. Diese Athleten hatten möglicherweise geringere Qualifikationschancen im Vergleich zu Frauen oder jüngeren (<25 Jahre) sowie älteren (>50 Jahre) Athleten (26). Eine Erklärung dafür könnte sein, dass anders als bei den Qualifikationswettkämpfen an der Weltmeisterschaft in Hawaii eine Geschlechter- und Altersquote gilt und damit die geforderte Mindestleistungslimite für die grösste Athletengruppe (Männer und Alter zwischen 25-49) am höchsten liegt.

Die Grösse der Bevölkerung eines Landes ist allenfalls ein weiterer Grund für die Dominanz von Athleten aus einer bestimmten Nation. Deshalb wurde eine mögliche Korrelation der Bevölkerungsgrösse eines Landes im Jahre 2012 und der Anzahl Absolventen zwischen 1985 und 2012 untersucht (Tabelle 4). Es zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen Bevölkerungsgrösse und der Gesamtzahl Absolventen sowohl bei Frauen ($r = 0.89$, $p = 0.0006$) als auch Männern ($r = 0.91$, $p = 0.0002$). Ein Triathlet aus einem bevölkerungsreichen Land hatte damit eine grössere Chance auf einen Startplatz am ‚Ironman Hawaii‘. Angesichts der Grösse der Bevölkerung der Vereinigten Staaten von Amerika ein weiterer möglicher Grund für deren Dominanz.

Ein möglicher Grund für die Zunahme von Europäern könnte ein besonders grosses Interesse an Ironman Triathlons abbilden. Zentraleuropa ist mittlerweile die Region mit der höchsten Dichte von Qualifikationswettbewerben (5,25,26). Zudem konnte Jürgens et al. (21) zeigen, dass zwei Drittel der Teilnehmer an einem der Qualifikationswettbewerbe, dem ‚Ironman Switzerland‘, aus der Schweiz oder den angrenzenden Ländern stammten. Die geographische Lage der Schweiz im Zentrum Europas könnte dies erklären. Ein weiteres Zeichen für das grosse Interesse an Ironman Triathlons in Europa ist die Tatsache, dass gemäss unseren Daten eine stattliche Anzahl von Absolventen des ‚Ironman Hawaii‘ aus mehreren europäischen Ländern stammten, neben der grössten Gruppe aus Deutschland auch Athleten aus Ländern wie der Schweiz, Frankreich und Österreich. Ein anderer Grund für die Zunahme der Europäischen Teilnehmer könnte darin liegen, dass primär diese Gruppe die Leistung verbessern konnte und damit auch mehr Startplätze zugeteilt bekam. Man muss sich bewusst sein dass die Absolventen des ‚Ironman Hawaii‘ aus einer stark vorselektionierten Gruppe stammen (25,26). Startplätze werden an den Qualifikationswettbewerben nicht nach einem absoluten Massstab vergeben, dies nur schon weil die einzelnen Wettbewerbe unter anderem bezüglich Topographie und Klima nicht vergleichbar sind. Vielmehr werden die Startplätze basierend auf der jeweiligen individuellen Rangliste vergeben. Das würde es für einen potentiellen Ironman Hawaii Teilnehmer bedeuten, dass die Chancen durch geschicktes Auswählen eines Wettkampfes mit verhältnismässig geringer Konkurrenz die eigenen Chancen erhöhen. Damit dies möglich ist muss aber eine solche Option entweder in der Region verfügbar sein oder die finanziellen und zeitlichen Ressourcen zur Anreise dahin vorhanden sein. Das dürfte wiederum Athleten aus einkommensstarken Nationen (wie zum Beispiel aus Zentraleuropa) zu Gute kommen.

Die Daten zeigten zudem, dass die Teilnahme insgesamt signifikant zugenommen hat, sowohl bei den Frauen als auch den Männern. Dies ist im Kontext des weltweit zu beobachtenden Anstieges des Interesses an Ausdauersport zu sehen (27,28). Man könnte nun argumentieren dass die Teilnahme am ‚Ironman Hawaii‘ durch die limitierte Anzahl Startplätze begrenzt ist und eine Verallgemeinerung

dieser Tatsache nicht zulässig ist. Es ist aber nicht nur die Anzahl der Athleten an Qualifikationswettbewerben konstant grösser geworden, sondern auch die Anzahl dieser Wettkämpfe.

Dass der ethnische Hintergrund und die Nationalität einen Einfluss auf die Leistung haben kann ist bekannt und am Besten bei den Läufern aus Ostafrika erforscht. So dominieren Läufer aus Kenya die Mittel- und Langstreckenwettkämpfe, speziell die Weltmeisterschaften im ‚cross-country‘, seit vielen Jahren (29). Auch äthiopische Athleten sind in den internationalen Langstreckenwettkämpfen sehr erfolgreich (30). Wilbert und Pitsiladis (31) haben ein Multifaktoren-Modell vorgeschlagen, welches genetische, physiologische und psychologische Faktoren berücksichtigt. Es zeigte sich aber, dass sich die ostafrikanischen Läufer bezüglich Körperbau nicht signifikant von anderen Läufern unterscheiden. Onywera et al. (32) konnte in einer Studie aus dem Jahre 2006 zeigen, dass die kenyanischen Eliteläufer im Vergleich zur restlichen Bevölkerung aus einer einzigartigen, durch spezifische ethnische- und Umweltfaktoren definierten Nische, stammten. Der Grossteil stammte aus dem Rift Valley, welches auf über 2'000 Metern über Meer liegt, und spricht dieselbe lokale Sprache. Viele von Ihnen legten bereits in der frühen Kindheit den teilweise beträchtlichen Schulweg zu Fuss zurück. Für diese Athleten bietet eine erfolgreiche Läuferkarriere die einzigartige Möglichkeit, der Armut zu entkommen und die höchsten soziökonomischen Schichten ihres Landes zu erreichen. Es wurde denn auch gezeigt dass für diese Läufer der ökonomische Erfolg und die Möglichkeit, damit eine Familie zu ernähren, eine wichtige Motivation darstellt.

Beim Triathlon könnten jedoch gerade ökonomische Faktoren für viele Triathleten eine entscheidende Hürde darstellen. Die Teilnahme von Triathleten aus Südamerika und Afrika stieg sowohl bei Frauen als auch Männern nur leicht an. Triathleten aus Asien konnten die Anzahl der Teilnehmer über die Jahre nur knapp halten. So veränderte sich die Anzahl männlicher Athleten aus Japan nicht, währenddessen die Teilnahme bei den Frauen sogar zurückging. Soziökonomische Faktoren könnten ein Grund dafür sein. Die wenigen vorhandenen Daten über demographische Faktoren bei Triathleten zeigen, dass diese eine im Vergleich zur Durchschnittsbevölkerung höhere Bildung und Einkommen aufweisen (33,34). Dies könnte in vielen Regionen sogar eine Voraussetzung zur wettkampfmässigen Ausübung dieser Sportart darstellen. Da die Ironman Wettkämpfe weltweit ausgetragen werden, so zum Beispiel die Weltmeisterschaft in Hawaii, müssen genügend finanzielle Mittel zur Reise vorhanden sein. Um ein Leistungsniveau zu erreichen welches für eine Weltmeisterschafts-Qualifikation ausreicht sind lange Trainingsintervalle in allen drei Disziplinen nötig (12,13,17). Es ist deshalb wahrscheinlich, dass ambitionierte Amateurathleten ihr Arbeitspensum reduzieren und damit eine Einkommenseinbusse hinnehmen müssen. Es gibt aber auch Argumente welche die stagnierende Entwicklung der Teilnahme aus vielen Regionen mit sozioökonomischen Faktoren alleine zumindest fraglich erscheinen lassen. Die Teilnehmer aus Asien stammten zum grossen Teil aus Japan (90%), weitere je 4% aus Hong Kong und Singapore, alles industrialisierte Länder/Territorien mit hohen Durchschnittseinkommen (35). Dasselbe gilt für die Teilnehmer aus Afrika, wo die Südafrikanischen Athleten mit 80% dominieren. In Südamerika dominieren mit 41% Triathleten aus Brasilien, gefolgt von Argentinien und Mexico mit je 17%. Diese drei Länder sind durch die Weltbank als Nationen mit einem Medianeinkommen im mittleren Bereich definiert (36). Man könnte aber andererseits auch argumentieren dass das aus ökonomischen Gründen limitierte Potential in weniger entwickelten Ländern bereits ausgeschöpft ist und nicht auf das gesamte Talent zurückgegriffen werden kann.

Ein weiterer Grund könnte das Fehlen von geeigneten Trainingsanlagen, speziell für Schwimmen und Radfahren, darstellen. Zusätzlich könnten auch klimatische Faktoren eine Rolle spielen. Radfahren

und Schwimmen finden hauptsächlich unter freiem Himmel statt. Auch topographische Faktoren könnten eine Rolle spielen, so zum Beispiel das Fehlen von Steigungen.

Trend in der Teilnahme bei Frauen

Männer dominieren den Ironman Hawaii immer noch deutlich, auch wenn die Teilnahme von Frauen etwas stärker anstieg als jene der Männer. Mögliche Gründe dafür sind geschlechtsspezifische Faktoren im Konkurrenzverhalten. Soziokulturelle wie auch evolutionäre Faktoren sind beschrieben worden. Robert Deaner (37) hat in einer Arbeit 2011 das geschlechtsspezifische Konkurrenzverhalten in den Vereinigten Staaten von Amerika untersucht und dabei die These aufgestellt, dass Langstreckenläufe ein ideales Modell sind um dies zu untersuchen. Er kam zum Schluss dass Männer bei Langstreckenwettkämpfen eine relativ bessere Leistung erbringen als Frauen und dies primär auf die höhere Trainingsmotivation von Männern zurückzuführen ist. Dieses Verhaltensmuster war über die letzten Jahrzehnte erstaunlicherweise ziemlich stabil. Unsere Daten suggerieren nun jedoch eine gewisse Konvergenz des Konkurrenzverhaltens von Männern und Frauen, zumindest in Langstreckenwettkämpfen. Eine mögliche Erklärung dafür könnte die Tatsache darstellen, dass sich mit der sich veränderten Rolle der Frau in der modernen Gesellschaft, zum Beispiel vermehrter Zugang zu höherer Bildung oder Teilnahme am Arbeitsmarkt, auch das Konkurrenzverhalten verändert hat. Die immer noch verbleibende Differenz kann gemäss Robert Deaner (37) mit evolutionären Unterschieden erklärt werden.

US-Amerikaner erzielen die schnellsten Wettkampfzeiten

Triathleten aus den Vereinigten Staaten von Amerika dominierten die Wettkämpfe von Beginn weg und erzielten die schnellsten Wettkampfzeiten, waren aber andererseits im Zeitraum zwischen 1985 und 2012 nicht in der Lage ihre Leistung zu verbessern. Da eine erhebliche Anzahl von Athleten mehr als einmal am Ironman Hawaii teilgenommen haben, könnten solche Mehrfachteilnehmer die Resultate beeinflusst haben. Dies wurde jedoch berücksichtigt und die Resultate änderten sich auch nach Korrektur für die mehrfache Teilnahme desselben Athleten nicht. Die Dominanz der US-Amerikaner erstaunt nicht, wurde diese Disziplin doch in Nordamerika eingeführt und blickt mittlerweile auf eine reiche Tradition zurück. Diese Erfahrung hat sich in etablierten Strukturen (z.B. Sportverbänden) niedergeschlagen, welche den etablierten Athleten ein optimales Trainingsumfeld bieten und sich andererseits professionell um die Nachwuchsarbeit kümmern. Zudem sind genügend Vorbilder vorhanden um das Interesse einer grösseren Bevölkerungsschicht zu wecken.

Bei den Frauen waren die top zehn Triathletinnen aus den Vereinigten Staaten von Amerika in der Lage, Ihre Wettkampfzeiten signifikant zu verbessern und erreichten über den gesamten Zeitraum die schnellsten Wettkampfzeiten. Die Athletinnen aller fünf analysierten Nationen zeigten eine signifikante Verbesserung und die Resultate zeigten keine Veränderung auch nach Korrektur für die mehrfache Teilnahme derselben Athletin. Wie früher dargelegt ist auch die Teilnehmerzahl der Frauen ausgehend von einem relativ bescheidenen Niveau grösser geworden und Ausdruck der steigenden Popularität dieser Disziplin. Es zeigt sich nun dass dies wie zu erwarten auch Hand in Hand mit einer signifikanten Leistungssteigerung einherging.

Ein weiteres interessantes Resultat war dass die Deutschen top zehn männlichen Triathleten die zweitschnellsten Wettkampfzeiten erreichten. Deutsche Athleten konnten ihre Leistung im Vergleich zu den Konkurrenten aus den Vereinigten Staaten von Amerika stärker verbessern. Dies passt zur aufgezeigten steigenden Teilnahme von Europäern und ist wohl ein Zeichen der grossen Popularität dieser Disziplin in Europa. Der erste Ironman Wettkampf in Europa fand 1992 in Lanzarote, Spanien (38), statt. Schon viel früher wurden die Europameisterschaften im Triathlon in Roth, Deutschland (39), durchgeführt. Die ausgezeichnete Leistung der Deutschen Triathleten im ‚Ironman Hawaii‘ könnte deshalb mit der langen Tradition in dieser Disziplin erklärt werden. Ein weiterer Faktor könnte auch die Grösse der Bevölkerung darstellen. Deutschland hat die grösste Bevölkerung in Westeuropa (40) und damit ist auch die Auswahl von Talenten grösser als in anderen Europäischen Nationen. Für kleinere Länder ist es schwieriger die top zehn Triathleten hervorzubringen, welche analysiert worden sind. Die Tatsache, dass die Deutschen Triathleten ihre Wettkampfzeiten immer noch verbessern beweist, dass bisher noch keine physiologische Grenze erreicht worden ist.

Limitationen

Auch wenn es nur eine kleine Anzahl davon gab konnte der Einfluss der Ironman 70.3 Qualifikationswettkämpfe auf das Gesamtergebnis nicht berücksichtigt werden. Um die Zuverlässigkeit der Analyse zu gewährleisten konnten für die weitere Analyse nur die Nationen berücksichtigt werden, welche jedes Jahr eine Mindestanzahl Absolventen hervorgebracht haben. Auch wenn dies zum Einschluss der meisten Triathleten geführt hat so mussten doch zahlreiche Länder ausgeschlossen werden. Es ist deshalb denkbar, dass eine Nation eine zwar kleine, aber exzellente Gruppe von Triathleten stellt, welche in dieser Studie nicht berücksichtigt werden konnte. Zusätzlich kann die Wettkampfzeit der zehn schnellsten Athleten einer Nation nicht auf die gesamte Bevölkerung verallgemeinert werden. Die Nation für welche ein Athlet startet gibt keine weitere Information über den ethnischen Hintergrund dieser Person. Es ist deshalb denkbar dass die global zunehmende Migration die Resultate dieser Studie beeinflusst haben könnte. Auf Grund des Querschnittsdesigns der Studie konnten weitere Aspekte wie Alter (10,11), Training (13,15), frühere Erfahrung (18), Anthropometrie (12-14) und der Einfluss von Feldversuchen beim Ironman Training (41) nicht berücksichtigt werden.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Rüst CA, Lepers R, Stiefel M, Rosemann T, Knechtle B: **Performance in Olympic triathlon: changes in performance of elite female and male triathletes in the ITU World Triathlon Series from 2009 to 2012.** *Springerplus* 2013, **2**:685.
- 2 Lepers R, Knechtle B, Stapley PJ: **Trends in triathlon performance: Effects of sex and age.** *Sports Med* 2013, **43**:851-863.
- 3 Lepers R: **Analysis of Hawaii ironman performances in elite triathletes from 1981 to 2007.** *Med Sci Sports Exerc* 2008, **40**:1828-1834.
- 4 **Ironman World Championship Hawaii**, website <http://ironmanworldchampionship.com/>
- 5 **World Triathlon Corporation (WTC)**, website <http://ironman.com>
- 6 Lehnherr R, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R: **From Double Iron to Double Deca Iron ultra-triathlon – a retrospective data analysis from 1985 to 2011.** *Phys Cult Sport Stud Res* 2012, **54**:55-67.
- 7 Knechtle B, Wirth A, Baumann B, Knechtle P, Rosemann T: **Personal best time, percent body fat, and training are differently associated with race time for male and female ironman triathletes.** *Res Q Exerc Sport* 2010, **81**:62-68.
- 8 Rüst CA, Knechtle B, Rosemann T, Lepers R: **Sex difference in race performance and age of peak performance in the Ironman Triathlon World Championship from 1983 to 2012.** *Extrem Physiol Med* 2012, **1**:15.
- 9 Lepers R, Maffiuletti NA: **Age and gender interactions in ultraendurance performance: insight from the triathlon.** *Med Sci Sports Exerc* 2011, **43**:134-139.
- 10 Gallmann D, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R: **Elite triathletes in 'Ironman Hawaii' get older but faster.** *Age (Dordr)* 2014, **36**:407-416.
- 11 Stiefel M, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R: **The age of peak performance in Ironman triathlon: a cross-sectional and longitudinal data analysis.** *Extrem Physiol Med* 2013, **2**:27.
- 12 Knechtle B, Wirth A, Rosemann T: **Predictors of race time in male Ironman triathletes: physical characteristics, training, or prerace experience?** *Percept Mot Skills* 2010, **111**:437-446.
- 13 Knechtle B, Wirth A, Baumann B, Knechtle P, Rosemann T, Oliver S: **Differential correlations between anthropometry, training volume, and performance in male and female Ironman triathletes.** *J Strength Cond Res* 2010, **24**:2785-2793.
- 14 Knechtle B, Wirth A, Alexander Rüst C, Rosemann T: **The relationship between anthropometry and split performance in recreational male Ironman triathletes.** *Asian J Sports Med* 2011, **2**:23-30.
- 15 Neal CM, Hunter AM, Galloway SD: **A 6-month analysis of training-intensity distribution and physiological adaptation in Ironman triathletes.** *J Sports Sci* 2011, **29**:1515-1523.

- 16 Rüst C, Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Ellenrieder B, Rosemann T, Lepers R: **Personal best times in an Olympic distance triathlon and a marathon predict an Ironman race time for recreational female triathletes.** *Chin J Physiol* 2012, **55**:156-162.
- 17 Gulbin I, Gaffney PT: **Ultraendurance triathlon participation: typical race preparation of lower level triathletes.** *J Sports Med and Phys Fitness* 1999, **39**:12-15.
- 18 Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T, Lepers R: **Personal best times in an Olympic distance triathlon and in a marathon predict Ironman race time in recreational male triathletes.** *Open Access J Sports Med* 2011, **2**:121-129.
- 19 Cejka N, Rüst CA, Lepers R, Onywera V, Rosemann T, Knechtle B: **Participation and performance trends in 100-km ultra-marathons worldwide.** *J Sports Sci* 2013 Sep 9. [Epub ahead of print]
- 20 Jeffery S, Knechtle B, Rüst CA, Knechtle P, Rosemann T, Lepers R: **European dominance in triple iron ultra-triathlons from 1988 to 2011.** *J Sci Cycling* 2012, **1**:30-38
- 21 Jürgens D, Knechtle B, Rüst CA, Knechtle P, Rosemann T, Lepers R: **An analysis of participation and performance by nationality at 'Ironman Switzerland' from 1995 to 2011.** *J Sci Cycling* 2012, **2**:10-20.
- 22 Sigg K, Knechtle B, Rüst CA, Knechtle P, Lepers R, Rosemann T: **Central European triathletes dominate Double Iron ultratriathlon - analysis of participation and performance 1985-2011.** *Open Access J Sports Med* 2012, **3**:159-168.
- 23 Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Lepers R, Rosemann T, Onywera V: **European athletes dominate performances in Double Iron ultra-triathlons - A retrospective data analysis from 1985 to 2010.** *Eur J Sport Sci* 2014, **Suppl 1**:S39-S50.
- 24 Babbitt B: **25 years of the Ironman Triathlon World Championship**, Oxford: Meyer & Meyer; 2004:190-196.
- 25 Stiefel M, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T: **Analysis of performances at the 'Ironman Hawaii triathlon' and its qualifier events with respect to nationality.** *J Sci Cycling* 2013, **2**:27-34.
- 26 Stiefel M, Rüst CA, Rosemann T, Knechtle B: **A comparison of participation and performance in age-group finishers competing in and qualifying for Ironman Hawaii.** *Int J Gen Med* 2013, **6**:67-77.
- 27 Hoffman MD, Ong JC, Wang G: **Historical analysis of participation in 161 km ultramarathons in north America.** *Int J Hist Sport* 2010, **27**:1877-1891.
- 28 Lepers R, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T: **Analysis of ultra-triathlon performances.** *Open Access J Sports Med* 2011, **2011**:131-136.
- 29 Larsen HB: **Kenyan dominance in distance running.** *Comp Biochem Physiol* 2003, **136**:161-170.
- 30 Scott RA, Georgiades E, Wilson RH, Goodwin WH, Wolde B, Pitsiladis YP: **Demographic characteristics of elite Ethiopian endurance runners.** *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35**:1727-1732.

- 31 Wilber RL, Pitsiladis YP: **Kenyan and Ethiopian distance runners: what makes them so good?** *Int J Sports Physiol Perform* 2012, **7**:92-102.
- 32 Onywera VO, Scott RA, Boit MK, Pitsiladis YP: **Demographic characteristics of elite Kenyan endurance runners.** *J Sports Sci* 2006, **24**:415-422.
- 33 Hoffmann MD, Fogard K: **Demographic characteristics of 161-km ultramarathon runners.** *Res Sports Med* 2012, **20**:59-69.
- 34 TribeGroup LLC: **The Mind of the Triathlete**, website www.usatriathlon.org/news/articles/2009/04/passion-for-triathlongrowingaccording-to-new-participant-study.aspx
- 35 **The World Bank. Data, Countries and Economies**, website <http://worldbank.org>
- 36 **OECD Organization for economic co-operation and development.** website: <http://stats.oecd.org>.
- 37 Deaner RO: **Distance running as an ideal domain for showing a sex difference in competitiveness.** *Arch Sex Behav* 2013, **42**:413-428.
- 38 **Ironman Lanzarote**, website www.ironmanlanzarote.com
- 39 **Challenge-Roth**, website www.challenge-roth.com
- 40 **UNECE United Nations Economic Commission for Europe**, website www.unece.org/stats/profiles2011.html
- 41 Marongiu E, Crisafulli A, Pinna M, Ghiani G, Degortes N, Concu A, Tocco F. 2013. **Evaluation of reliability of field tests to predict performance during Ironman triathlon.** *Sport Sciences for Health* 2012, **9**:65-71